ARS ET LABOR 3

«Lo studio delle scienze applicate è in generale più facile quando si segua nella loro esposizione l'ordine cronologico del loro sviluppo e del loro perfezionamento. Il cammino faticosamente percorso dai primi studiosi rimane sempre, o quasi, il più adatto alla comprensione dei risultati, perché anche le collettività, inconsapevolmente, progrediscono seguendo la via meno scabrosa. È per questo che la teoria segue quasi sempre la pratica, anzi nasce da questa: figlia prodigiosa per l'aiuto che porge alla madre.
E non è vero che le più brillanti applicazioni scientifiche siano frutto del caso: esse sono il risultato del lavoro di molti studiosi e sperimentatori, risultato raggiunto grado a grado attraverso pazienti e tormentose ricerche e studi severi. La storia, diciamo così, ufficiale del telefono ce ne offre esempio notevole.»

da Il Telefono *di Giacinto Motta*

Un grande modello di Manuale Hoepli, rivolto a un pubblico di ingegneri e di imprenditori, a firma di un tecnico di alto livello e all'insegna del rigore e dell'aggiornamento dei dati.

Giacinto Motta (1874 -1956) è un protagonista maggiore dell'Italia industriale del Novecento. Ingegnere, laureato e docente al Politecnico di Milano, consulente di imprese elettriche e telefoniche è stato progettista di impianti come la centrale di Grosotto dell'Azienda elettrica milanese. Presidente negli anni Venti della Banca nazionale di credito, fu dal 1916 alla guida della Edison, la maggiore impresa italiana fra le due guerre, dapprima come suo direttore, poi nel ruolo di consigliere delegato e infine di presidente.

Vittore Armanni si è occupato delle vicende dell'industria elettrica in Italia prima della nazionalizzazione nel 1962. Tra i suoi ambiti di ricerca più recenti anche la storia dell'industria editoriale tra Otto e Novecento.

ISBN 978-88-488-0904-7

€ 23,00

ARS ET LABOR 3

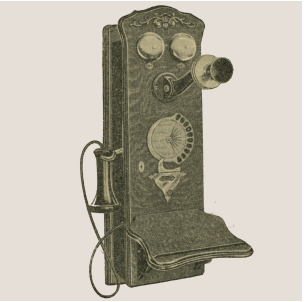
Giacinto Motta

IL TELEFONO

lampi di stampa

Giacinto Motta

Il Telefono



Prefazione
di
Vittore Armanni

lampi di stampa

ARS ET LABOR
3

Giacinto Motta

Il Telefono

Prefazione
di
Vittore Armanni

Lampi di stampa

Ars et Labor è una collana del sito web "Milano città delle scienze" (www.milanocittadellescienze.it) che si propone di presentare in edizione anastatica testi di carattere scientifico e tecnico inquadrati da una introduzione storico culturale. Frutto della collaborazione tra l'Università di Milano - Bicocca, la Biblioteca Nazionale Braidense e la Biblioteca comunale Sormani di Milano, essa beneficia del contributo di Fondazione Cariplo.

Si riproduce l'edizione:
Il Telefono
Ulrico Hoepli, Milano 1904.
Il volume è riprodotto in edizione anastatica
su licenza della Casa Editrice Hoepli S.p.A., Milano

Elaborazione grafica
David Rossato

Copyright © 2009 Eredi Giacinto Motta
Copyright della prefazione © 2009 Università degli Studi di Milano - Bicocca

Lampi di stampa
via Conservatorio, 30 - 20122 Milano
ISBN 978-88-488-0904-7
lampidistampa@lampidistampa.it
www.lampidistampa.it

In copertina: *Posto d'abbonato Sistema Strowger*, da G. Motta, *Il Telefono.*

Indice

VII *Prefazione*
di Vittore Armanni

1 *Il Telefono*

Prefazione
di Vittore Armanni

La telefonia è specialmente il trionfo dell'ingegnosità, e della cura paziente dei dettagli.
Giacinto Motta

Osservata con gli occhi dei posteri l'Italia umbertina che termina bruscamente con la rivoltellata di Bresci e rapidamente si converte, grazie alla svolta in senso liberale rappresentata nel 1903 dal governo Zanardelli, nella lunga età giolittiana, ci può suscitare sentimenti contrastanti, che vanno dalla condanna dell'avventurismo coloniale e dell'autoritarismo maldestramente prussiano del re e dei premier di fine secolo, fino all'ammirazione per i progressi che, con fatica e un'ingenua positivistica fiducia nell'avvenire, un paese di tarda unificazione compiva a partire dagli anni Ottanta dell'Ottocento.

Il lungo periodo di pace, dall'entrata delle truppe italiane a Roma nel 1870 sino allo scoppio della guerra mondiale, come è noto non può essere così drasticamente separato in due tronconi, di cui il primo è occupato da un Paese arretrato, agricolo, ottocentesco e il secondo testimonia l'avvento di un Paese improvvisamente moderno che coglie al volo la seconda rivoluzione industriale e si lancia nel novero delle nazioni più progredite facendo leva sulla ben nota triade elettricità-chimica-meccanica.

Le premesse della cosiddetta età giolittiana sembrano al contrario tutte contenute nell'ultimo ventennio del XIX secolo. Gli aspetti salienti di questo rinnovamento sono in particolare: la nascita del partito socialista dei lavoratori italiani nel 1892, la prima industrializzazione concentrata soprattutto nel nord della Penisola, lo sviluppo della rete ferroviaria e delle comunicazioni terrestri e navali e l'estendersi degli scambi commerciali. È soprattutto durante quelle due decadi che una nuova generazione di tecnici, quasi tutti formatisi nei Politecnici di Milano e Torino, vive gli anni della propria formazione e istruzione.

Sul ruolo e la funzione degli istituti tecnici superiori nella storia del nostro Paese, dopo un silenzio durato decenni, si è finalmente posata l'attenzione degli studiosi. Sappiamo dunque sempre di più e sempre meglio come e perché, grazie all'operato di pochi lungimiranti apostoli della scienza e della tecnologia, fu possibile innescare un lento e faticoso processo di formalizzazione e razionalizzazione dell'istruzione tecnica nonostante le resistenze di una parte dell'opinione pubblica – se così si può chiamare, vista l'esiguità degli alfabetizzati – contraria all'industrializzazione del paese.

La centralità dell'istruzione tecnica, non sempre compresa dai ministeri competenti, fu invece tenuta in massima considerazione dalle personalità più eminenti delle scienze applicate, tra le quali le maggiori figure di riferimento sono rispettivamente Galileo Ferraris con il suo migliore allievo Riccardo Arnò per l'area piemontese e, per la Lombardia, Giuseppe Colombo con Francesco Brioschi.

È diventato quasi un luogo comune ricordare il contributo essenziale dato da Colombo all'industria e alla società milanese, nonché allo sviluppo dell'istruzione tecnica e finanche alla divulgazione scientifica; Colombo, "uno de' più autentici pilastri del *noster Politeknik*" secondo la celebre e sorniona sintesi di Carlo Emilio Gadda, fu in una certa misura l'archetipo dell'ingegnere che affiancava agli interessi nella ricerca, stimolati dall'insegnamento universitario, una spiccata attitudine all'applicazione pratica della conoscenza e un'attenzione costante all'innovazione e al trasferimento di tecnologia, come dimostrano il precoce accoglimento dell'elettricità "sistema Edison" all'inizio degli anni Ottanta e ancor prima l'invito al giovane ex allievo Giovanni Battista Pirelli, tra i primi laureati dell'Istituto tecnico superiore, a dedicarsi non alle macchine tessili, bensì alla nuova e promettente industria della gomma.

A questa apertura al nuovo, al moderno, allo scambio di conoscenze (in questa fase asimmetrico a svantaggio del nostro

Paese) fa riscontro a Milano la presenza di imprenditori stranieri emigrati dalla Svizzera, dalla Francia, dalla Germania, che in molti casi sono portatori di *capabilities* di cui il nostro Paese è ancora sprovvisto, oppure di innovazioni di prodotto o infine, più semplicemente, di approcci eterodossi nell'ambito di professioni tradizionali.

Un mirabile incrocio tra la necessità di divulgazione della cultura scientifica, così poco praticata anche dalle classi colte, e una concreta iniziativa imprenditoriale avviene dal 1870 con l'arrivo a Milano dai Grigioni di Ulrico Hoepli, destinato a fondare la grande casa editrice. Se la divulgazione tecnica e scientifica era alla ricerca di un editore, ora l'aveva trovato: inaugurata col *Manuale del Tintore* di Lepetit, la collana dei "Manuali Hoepli" beneficiava ben presto del contributo di docenti del Politecnico, tra i quali lo stesso Colombo, autore del fortunatissimo *Manuale dell'ingegnere*, un volume di cui i tecnici, allora come oggi, non potevano fare a meno.

Hoepli porta con sé una ventata di novità; la Svizzera, a differenza dell'Italia, fa parte dei *second comers*, e mette a disposizione dello sviluppo industriale il prestigio delle proprie scuole tecniche e in particolare della più famosa: il Politecnico di Zurigo, i cui corsi nei settori dell'industria elettrica ed elettromeccanica, allora di assoluta eccellenza, lo rendono un polo di attrazione per il perfezionamento dei giovani laureati europei.

L'aggiornamento è il principale viatico alla modernità per i nuovi ceti in ascesa nelle grandi città del nord dell'Italia, e agisce da potente stimolo soprattutto per coloro che si sentono destinati al ruolo, fino a qual momento riservato principalmente a notabili e professionisti di formazione umanistica (e vale la pena ricordare che ben oltre il Novecento la camera dei deputati risulterà composta per oltre la metà da laureati in legge), di classe dirigente del Paese, una nuova classe dirigente più moderna e più attenta alle necessità della produzione, dell'innovazione e del progresso tecnico.

Sulla scia di Colombo si forma dunque – ed è questo un altro aspetto che ci preme sottolineare – un gruppo selezionato di tecnici e imprenditori che si è formato sui banchi dei Politecnici di Milano e Torino, sul *Manuale dell'ingegnere* e sulle altre, anche se meno celebrate, pubblicazioni tecnologiche della casa editrice Hoepli, e che si sposta progressivamente (ma più rapidamente a Milano) dalla tradizionale figura dell'ingegnere civile a quella, completamente nuova, dell'ingegnere industriale. E qui ci colpisce un altro aspetto significativo della questione: al di là infatti e oltre i "padri spirituali" come Colombo, che in qualche modo hanno mostrato la strada della necessaria curiosità per le nuove tecnologie e le nuove industrie, l'elettricità, la meccanica di precisione, l'elettromeccanica e più lentamente anche la chimica – tutte acquisizioni recenti alla fine dell'Ottocento – sono affidate a una schiera, ancora limitata nel numero, ma agguerrita nella volontà di mettersi in luce, di giovani laureati. Spesso neppure trentenni, sono questi nuovi ingegneri, attraverso il ricorso prevalente al *learning by doing* (ancora troppo labili sono infatti i legami tra il mondo universitario e la ricerca applicata nell'industria, e ancora troppo generica la preparazione accademica), a dare vita a nuove professionalità per nuovi settori industriali: imprenditori, consulenti, tecnici, docenti universitari, tutti concorrono a creare i prerequisiti per l'inedito sviluppo economico che di lì a qualche anno sarà la caratteristica più significativa e sorprendente dell'età giolittiana agli occhi dei contemporanei, ma non solo.

Le sfide del nuovo percorso, ancora in larga parte ignoto, che il nostro Paese si trova a fronteggiare per non perdere l'occasione da un lato di affrancarsi dalle condizioni di arretratezza e povertà alle quali la storia recente e meno recente l'hanno condannato, e, dall'altro, di cercare di assumere un ruolo più incisivo nello scacchiere europeo, sono affrontate da una ancor fragile e numericamente esigua classe dirigente. Non sarà superfluo, a questo proposito, ricordare la fascinazione che il modello

prussiano, ancor prima che "tedesco", esercita negli ultimi decenni dell'Ottocento su ampi settori della società italiana: dai parlamentari fautori della Triplice Alleanza e della politica di potenza di Crispi, sino ai tecnici ammirati dagli impetuosi progressi della scienza, della tecnologia e della scienza in Germania, il cui sviluppo industriale nel giro di pochi decenni ha raggiunto e superato quello della Gran Bretagna.

Accanto alla tradizionale simpatia per la Francia e la cultura francese, rinforzata dal mito di Parigi capitale dell'Europa continentale, prende quota nel mondo della produzione – e le esposizioni milanesi del 1881 e 1906 non fanno che confermare la tendenza – la volontà di confrontarsi con la primazia tedesca in una prospettiva di sostituzione delle importazioni nei comparti tecnologicamente più avanzati, un'ambizione che, pur ottenendo qualche risultato, si rivelerà tanto generosa quanto vana.

Il luogo simbolo, a Milano, della formazione post-laurea per gli ingegneri è l'Istituzione elettrotecnica Carlo Erba (Iece), costituita con una donazione del noto industriale chimico nel 1886. La sua esemplarità è manifesta per una serie di motivi: anzitutto non è, come accade a Torino in un ente similare, una scuola di specializzazione aperta a tutti gli ingeneri industriali, ma solo a un ristretto e selezionato numero di allievi. Ciò che dunque si intende preparare e preformare è l'élite dell'élite (si pensi al numero già molto basso dei candidati), un nucleo ristretto di perfezionandi che sono per certi aspetti già predestinati a cimentarsi con uno dei settori industriali più dinamici del tempo.

A fronte di una ricerca che nonostante il magistero di Galileo Ferraris non riesce a essere sempre all'altezza dei paesi più evoluti, le energie migliori della città (e non a caso Carlo Erba aveva intuito il potenziale di sviluppo delle nuove tecnologie partecipando con una quota alla costituzione a Milano, nel 1884, della Società Generale Italiana di Elettricità Sistema Edison) si muovono in una logica di sussidiarietà rispetto alla ancor debole consapevolezza, a livello di governo centrale, dell'importanza di

sostenere le istituzioni formative dell'area tecnica. In questo frangente si può tentare di provvedere autonomamente all'aggiornamento e alla sperimentazione svincolandosi in parte dalla tutela estera anche in materia di formazione: non è più strettamente irrinunciabile, insomma, recarsi a Zurigo o all'Istituto Montefiore di Liegi per completare la propria preparazione. D'altra parte è significativo che un filo rosso si tenda ancora tra Milano e Liegi: sarà proprio Luigi Zunini, che per breve tempo aveva diretto l'istituto belga, ad assumere la direzione della Iece.

Se poi volessimo, alla fine di questa sintetica ricognizione, miscelare il mito di Milano capitale morale, l'Esposizione Nazionale del 1881, la Milano positivista del Ballo Excelsior, il Politecnico e la sua rete in fieri di istituti collegati, la Società Edison e le prime esperienze di imprese per l'esercizio della rete telefonica, otterremmo tutti i punti che, una volta uniti, ci farebbero comparire la figura di uno dei manager più rappresentativi della prima metà del Novecento italiano: Giacinto Motta.

Motta nasce nel 1870 non a Milano o a Torino, ma a Mortara, "capitale" della Lomellina. La collocazione eccentrica del luogo d'origine non era allora un elemento di poco conto se si pone mente alla difficoltà degli spostamenti, anche i più brevi, e al netto contrasto tra il sostanziale immobilismo delle campagne e il dinamismo delle amministrazioni cittadine in età umbertina, caratterizzato, soprattutto negli anni Ottanta, da ambiziosi piani regolatori (non sempre lucidi, valutati con criteri moderni) destinati a modificare inp rofondità l'assetto urbano.

La formazione che riceverà il giovane mortarese gli consentirà, grazie all'intelligenza brillante e alla costante applicazione negli studi, di trovarsi a poco più di vent'anni, dopo una breve esperienza alla Scuola superiore navale di Genova e dopo essersi laureato al Politecnico di Milano, proiettato ex abrupto nell'ambito di una professione emergente e ricca di opportunità. Compagno

di corsi di Ettore Conti, Giuseppe Gadda, Bernardino Nogara, Motta si mette rapidamente in evidenza nell'ambiente accademico divenendo nel 1895 assistente incaricato di Misure elettriche, insegnamento affidato a Zunini. La nomina è tanto più significativa poiché si configura come un temporaneo rilancio della Iece, alla quale viene assegnato il neo-assistente, mentre per Motta è il viatico per iniziare, grazie a Zunini e con l'aiuto e l'incoraggiamento di altri docenti del Politecnico, un'attività di consulente che nel tempo, unitamente all'assunzione di incarichi tecnico-manageriali in alcune imprese lombarde, come si dirà più avanti, gli consentirà di garantirsi un'esistenza più che dignitosa.

Proprio il binomio insegnamento-libera professione sembra il tratto più saliente del giovane Motta: come è noto nei settori di sua competenza – in questa fase l'elettrotecnica, a breve la telefonia – la formazione accademica è necessaria ma non sufficiente, e la soluzione di problemi teorici avviene spesso sul campo confrontandosi con le più recenti acquisizioni della ricerca estera ibridate con le soluzioni tecniche – alcune realmente ingegnose – via via sperimentate dagli ingegneri italiani.

L'esperienza di Motta è in questa prospettiva paradigmatica, pur dovendo riconoscergli una versatilità e flessibilità non comuni che gli consentono di muoversi con pari sicurezza tra telefonia e elettricità. Giovanissimo – siamo nel 1895 – segue Zunini a Pavia per una consulenza alla Società pavese di elettricità Alessandro Volta, che gli offre la carica di direttore tecnico. Motta declina l'offerta e l'anno seguente è di nuovo con Zunini, questa volta in Liguria, per effettuare il rilievo del bacino del fiume Orba, poi sfruttato convenientemente, all'inizio del Novecento, grazie alla costituzione della Società per l'utilizzazione delle forze idrauliche della Liguria.

Non di sola elettrotecnica si alimenta l'attività di Motta in questi primi anni della sua carriera. Nella storia industriale italiana, il suo nome è quasi sempre associato al ruolo da lui svolto alla guida della Edison, il maggior gruppo industriale

privato italiano tra le due guerre. Ma non è meno interessante anche la sua esperienza d'inizio secolo nel settore telefonico, nella duplice veste di tecnico prominente e di abile manager.

I brevetti del "sistema Bell" (telefono) e del "sistema Edison" (elettricità), depositati quasi in contemporanea, avviano una storia parallela che in Italia si declina in modalità diverse a seconda dei periodi storici che si prendono in considerazione. La fase pionieristica è per entrambe queste due nuove tecnologie ricca di opportunità, anche se povera di capitali. Si può tuttavia parlare di una sostanziale differenza sotto il profilo della titolarità delle imprese, che vedono prevalere i privati nel settore elettrico (almeno fino all'avvento delle prime municipalizzate di inizio Novecento), mentre nella telefonia si assiste a una alternanza tra Stato e privati, con la conseguenza che già negli anni Novanta si colgono i segni di una decisa frenata nell'incremento degli abbonati al servizio telefonico, in controtendenza rispetto al promettente avvio.

L'incertezza legislativa e i regolamenti spesso contraddittori non aiutano l'affermazione di imprese che paventano l'avocazione della gestione allo Stato dietro ogni scadenza delle concessioni, mentre negli anni Novanta le società per la produzione e distribuzione di energia elettrica di diritto privato, e la Edison sopra tutte, possono dedicarsi alla soluzione di problemi tecnici cruciali. In particolare, il trasporto a distanza dell'energia di derivazione idroelettrica viene superato brillantemente, con una buona dose di prudente empirismo, grazie alla linea collegante Milano alla centrale idroelettrica costruita a Paderno sull'Adda, la maggiore linea elettrica nell'Europa del tempo, risultato di una proficua collaborazione tra tecnici tedeschi e ingegneri italiani, e dal 1898 vanto dell'elettrotecnica italiana.

Per un tecnico di grande valore come il giovane Motta entrambi i settori elettrico e telefonico potevano offrire opportunità interessanti. D'altro canto, proprio la possibilità, anzi la necessità

di cimentarsi con sempre nuovi problemi tecnici, da solo o avvalendosi dei suoi migliori allievi al Politecnico, costituirà per Motta, ingegnere ancor prima che manager e finanziere, un potente stimolo a privilegiare ora la telefonia ora l'elettricità, riuscendo a guadagnarsi, non solo entro i confini lombardi, una sempre più solida reputazione anche sul piano della correttezza e lealtà professionale.

Appena ventisettenne, Motta lavora per la Società telefonica per l'Alta Italia che gli commissiona l'esecuzione di alcune linee non distanti dalla centrale di commutazione collocata all'imbocco della Galleria Vittorio Emanuele II, quello stesso monumento, simbolo del potere monarchico, che aveva sperimentato per primo l'illuminazione elettrica cittadina, resa possibile a Milano dalla costruzione nel 1883 della centrale termica di Santa Radegonda.

Spaventati dai costi delle linee aeree, oltreché dalle ricadute polemiche in seno all'opinione pubblica per il deturpante effetto estetico dei cavi sospesi, i gestori della Società telefonica per l'Alta Italia chiedono a Motta di studiare una soluzione che preveda l'interramento dei cavi. Questa prima prova è da lui superata brillantemente basandosi su un sistema perfezionato in Svezia al quale apporta alcuni interventi migliorativi propedeutici a una successiva espansione a raggiera della rete: ancora una volta, insomma, il trasferimento tecnologico diventava non un punto di arrivo, ma momento di avvio per il perfezionamento delle conoscenze teoriche e pratiche acquisite.

All'attivismo di Motta non fa tuttavia riscontro un pari interesse per questo aspetto dell'interramento dei fili da parte del consiglio di amministrazione della società telefonica, che i ristretti termini di scadenza della concessione spingono ad avviare un programma di lavori in grado di assicurare nel più breve tempo possibile l'acquisizione di nuovi clienti. È a seguito di tale disinteresse che Motta presenterà le dimissioni solo un anno dopo.

Non vi è dubbio, a conclusione della breve vicenda, che

l'ingegnere di Mortara aveva raggiunto, almeno a livello locale, una discreta notorietà in ragione del consenso pubblico raccolto dal sistema di interramento dei cavi da lui messo a punto. Ne abbiamo prova quando, ammaestrato dalla politica ondivaga della Società telefonica per l'Alta Italia troverà il sostegno in figure di primo piano del Politecnico come Cesare Saldini e Giuseppe Ponzio per fondare una nuova impresa: la Cooperativa telefonica milanese, che nelle intenzioni dei promotori era destinata ad agire in regime di concorrenza con l'Alta Italia, e che non ottenne però la concessione sperata.

Ben più interessanti sviluppi dovevano invece derivare dai contatti con Luigi Bertarelli, consigliere all'inizio del Novecento dell'Unione telefonica lombarda, costituita nel 1883, in qualche modo obbligata a mettere in preventivo l'interramento dei cavi che al momento si diramavano ancora in collegamenti aerei. E qui si delinea un altro momento cruciale nella vita di Motta, che solo un anno prima aveva rifiutato un incarico dirigenziale nella Edison di Carlo Esterle: la direzione dell'Unione telefonica lombarda, assunta nel 1903. È anche da qui che egli si conferma uno tra i massimi esperti, e dunque il candidato ideale per redigere un manuale della telefonia in Italia.

La pubblicazione del *Telefono*, per quanto si riscontra dalle fonti di archivi, si inserisce nei rapporti privilegiati tra il Politecnico di Milano e la casa editrice. Divenuto assistente confermato di elettrotecnica al Politecnico di Milano nel 1900, Motta, come si è visto, non abbandona ma anzi incrementa l'attività di libero professionista, ma non per questo riesce a sottrarsi alla richiesta che Ulrico Hoepli gli fa, l'anno successivo, di redigere un aggiornamento (così nelle intenzioni dell'editore) del precedente manuale sull'argomento uscito nell'ormai lontano 1884. Dilazionata la consegna per i pressanti impegni di lavoro dell'autore, il nuovo manuale compare nelle librerie nel 1904, ed è quello che qui si presenta. Al di là degli aspetti tecnici, che danno conto dello stato dell'arte della tecnologia all'epoca, e che

comunque sono presentati "in piccola mole ed in forma piana" nello stile dei "Manuali Hoepli", colpisce l'accuratezza della ricostruzione storica e, come è stato rilevato, l'assenza in Motta di ogni rigurgito nazionalistico nel richiamare la nota disputa Meucci-Bell sull'invenzione del telefono, qui considerata un aspetto del tutto secondario. Ciò che più importa all'autore è mettere a disposizione uno strumento rigoroso e completo sulla gestione dell'esercizio telefonico, che consenta a tutti coloro che si avvicinano al settore di acquisire le conoscenze tecniche e organizzative necessarie. Ancora un volta è il tecnico che ci parla, è l'ingegnere, è il futuro grande manager della Edison che applica un approccio scientifico, meticoloso, informato, a ogni problema che la vita gli pone di fronte.

Si ringraziano Gianmario, Paola, Pietro Alessandro, Maria Elisa Motta per la generosa autorizzazione a riprodurre l'opera e Luciano Segreto, autore di *Giacinto Motta. Un ingegnere alla testa del capitalismo industriale italiano* (Laterza-Enel, 2004), per la cortese collaborazione.

IL TELEFONO

ING. GIACINTO MOTTA

IL
TELEFONO

Con 149 incisioni e 1 tavola

(Sostituisce il Manuale « IL TELEFONO » di D. V. Piccoli)

ULRICO HOEPLI
EDITORE LIBRAIO DELLA REAL CASA
MILANO
—
1904

PROPRIETÀ LETTERARIA

Milano, 1904 - Tipografia Umberto Allegretti, Via Orti, 2.

Al Commendatore
TOMASO BERTARELLI
che fra i primi volse l'ingegno operoso a diffondere e migliorare la telefonia in Italia

INDICE

CENNI STORICI . . . . . pag. 1
PRELIMINARI 12

PARTE PRIMA.

L'Apparecchio Telefonico.

CAPITOLO I.

Il trasmettitore e la bobina d'induzione.

1. Il Microfono 19
   Microfono Delville 21
   Microfono White o Solid-back 23
   Microfono della Bell Mfg. Cy. 26
   Microfono Grünenwald 27
   Microfono Berliner ivi
2. Funzionamento del microfono 28
3. Microfoni fondati su principî diversi 33
4. La bobina d'induzione ivi
5. Funzionamento della bobina d'induzione 36

CAPITOLO II.

Il ricevitore, o telefono propriamente detto.

6. Il telefono. 41
   Telefono Bell unipolare 43
   Telefono Bell bipolare 44
   Telefono a cuffia (per commutatoristi) 46
   Telefono Berliner 47
   Microtelefoni ivi
7. La membrana 48
8. Il campo magnetico 50

9. Sensibilità del telefono . . . . . pag. 53
10. Movimenti della membrana 54
11. Teoria del telefono 55

CAPITOLO III.

Apparecchi trasmettitori e ricevitori della chiamata.

12. Trasmettitori di chiamata 58
13. Ricevitori di chiamata 60

CAPITOLO IV.

L'apparecchio telefonico e gli apparecchi ausiliari.

14. Apparecchio telefonico 64
Gancio commutatore 65
Shunt automatico. 71
15. Pile 78
16. Apparecchi ausiliari 80
Protettori ivi
Sonerie supplementari. 85
Deviatori 88

PARTE SECONDA.

La Linea.

CAPITOLO I.

Le perturbazioni nel circuito telefonico a semplice e a doppio filo.

17. Circuito a semplice filo 93
18. Circuito a doppio filo 100
Traslatori 102
Linee dirette 104
Linee omnibus 106

CAPITOLO II.

I materiali e la costruzione delle linee telefoniche.

19. I conduttori 109
Fili d'acciaio ivi
Fili di bronzo 110
Filo bimetallico 113
Fili d'alluminio ivi
Giunzioni 116

20. Isolatori e ferri porta-isolatori . . . . . pag. 120
21. Sostegni — calcolo della stabilità 122
22. Posa delle linee aeree — calcolo della stabilità . . . 130
23. Cavi telefonici. Generalità 141
24. Cavi aerei 147
25. Cavi sotterranei 152
26. Descrizione di alcuni tipi di cavi 157
1. Tipo Paterson ivi
2. Tipo Felten e Guillaume 158
3. Cavi telefonici a coppie, Pirelli 159

APPENDICE ALLA PARTE SECONDA 164

PARTE TERZA.

La commutazione telefonica.

27. Generalità. 169

CAPITOLO I.

Il tavolo semplice.

28. Tavolo svizzero 174
29. Tavolo standard a semplice filo 177
30. Tavolo standard a doppio filo 181
31. Avvisatori a rilievo automatico del cartellino . . . 183
32. Avvisatore a rilievo meccanico del cartellino . . . 186
33. Segnalazione luminosa 188

CAPITOLO II.

Il multiplo.

34. Generalità. 195
35. Costruzione dei multipli. 199
36. Multiplo a semplice filo in serie 201
37. Multiplo a doppio filo in serie 204
38. Multiplo in derivazione a doppio filo ed avvisatore a rilievo automatico 207

CAPITOLO III.

Sistemi decentralizzati.

39. Generalità. 211
40. Sistema Sabin e Hampton 213

CAPITOLO IV.

Sistemi a batteria centrale (common battery).

41. Generalità . . . . . pag. 220
42. Sistema della Western Electric Cy 224
1. Impianto di Brescia ivi
2. Impianto di Londra 234
43. Sistema Siemens e Halske 245
Impianto di Milano ivi

CAPITOLO V.

Sistemi a linee collettive.

44. Generalità. 258
45. Linee collettive della prima categoria 259
46. Linee collettive della seconda categoria 265

CAPITOLO VI.

Il quadro di smistamento.

47. Generalità 266
48. Permutatore Hibbard ivi
49. Permutatore dell'impianto di Brescia 274

CAPITOLO VII.

Sistemi automatici.

50. Generalità 277
51. Sistema Strowger 278

APPENDICI.

APPENDICE I 295
APPENDICE II — Evoluzione dei servizi telefonici nei vari Stati d'Europa 311

PREFAZIONE

Affidandomi l'incarico di compilare un Manuale di telefonia, in sostituzione di quello pubblicato nel 1884 da D. V. Piccoli, l'Editore ha senz'altro definito lo scopo e l'importanza del lavoro.

Il lettore che sfoglierà queste pagine non si imagini dunque di trovarvi la trattazione matematica dei complessi problemi che interessano la telefonia.

Autore ed Editore hanno inteso soltanto di offrire in piccola mole ed in forma piana un riassunto degli elementi su cui si eresse e si svolse la tecnica attuale.

La telefonia è specialmente il trionfo dell'ingegnosità più sottile, e della cura paziente nei dettagli; e vi sono molti motivi per credere che si sia tuttora lontani da una soluzione tecnica definitiva. Però nella compilazione del Manuale ho tenuto conto degli ultimi perfezionamenti, valendomi essenzialmente delle più recenti pubblicazioni inglesi ed americane.

Ho aggiunto in appendice qualche discussione matematica sulle trasmissioni telefoniche come furono studiate dal Pupin, dal Wietlisbach, dal Breisig.

L'AUTORE.

CENNI STORICI

Lo studio delle scienze applicate è in generale più facile quando si segua nella loro esposizione l'ordine cronologico del loro sviluppo e del loro perfezionamento. Il cammino faticosamente percorso dai primi studiosi rimane sempre, o quasi, il più adatto alla comprensione dei risultati, perchè anche le collettività, inconsapevolmente, progrediscono seguendo la via meno scabrosa. È per questo che la teoria segue quasi sempre la pratica, anzi nasce da questa: figlia prodigiosa per l'aiuto che porge alla madre.

E non è vero che le più brillanti applicazioni scientifiche siano frutto del caso; esse sono il risultato del lavoro di molti studiosi e sperimentatori, risultato raggiunto grado a grado attraverso pazienti e tormentose ricerche e studi severi. La storia, diciamo così, ufficiale del telefono ce ne offre esempio notevole.

Nel 1837 il prof. Page, di Salem (Massachusset) scopre il modo di tradurre in vibrazioni acustiche le variazioni elettriche di un circuito avvolgente un bastoncino di ferro.

Nel 1854 il francese Bourseul prevede chiaramente il fenomeno della trasmissione telefonica quasi come avviene attualmente; egli scrisse: « Supponete un uomo « che parli davanti a un disco mobile sufficientemente « flessibile perchè nessuna vibrazione sonora vada per-

« duta; supponete che questo disco *chiuda* ed *apra* il « circuito di una pila, per effetto delle vibrazioni; si « potrà avere a distanza un altro disco il quale ripeta « simultaneamente le stesse vibrazioni » (1).

Nel 1861 il tedesco Reiss, di Friedrichsdorf, basandosi sulle indicazioni di Bourseul e sulla scoperta di Page costruì un apparecchio che egli denominò: *telefono musicale*. Il *trasmettitore* (2) apriva e chiudeva il circuito di una pila mercè le vibrazioni prodotte su due laminette di platino dalle onde sonore; il *ricevitore* era un'asta di ferro attorno a cui si avvolgeva una porzione del circuito di pila del trasmettitore. Le variazioni magnetiche che avvengono nella sbarretta, per causa delle variazioni elettriche nel circuito, provocano delle variazioni nell'orientazione molecolare del ferro, le quali, alla loro volta, producono un suono la cui tonalità od altezza dipende dalla *frequenza* delle variazioni elettriche, ossia dalla tonalità delle onde sonore trasmettitrici.

Il ricevitore ed il trasmettitore di Reiss sono rappresentati nella figura 1.

Nel 1876 finalmente il prof. Alessandro Graham Bell e il prof. Elisha Gray, quasi simultaneamente riuscirono a costruire degli apparecchi capaci di trasmettere la parola. Il prof. Bell, profondo nelle teorie dell'acustica, aveva dapprima ideato, ma non costruì mai, un *telefono ad arpa* in cui l'organo fondamentale sarebbe stato costituito da una serie di piccole molle d'acciaio di diversa lunghezza, fissate ai poli da una calamita permanente. Ogni molla avrebbe dovuto entrare in vibrazione per effetto del suono semplice che le corri-

(1) Kempster Miller, *American Telephone Practice*; e Civita, *Il Telefono*.

(2) Chiamiamo sempre *trasmettitore* l'apparecchio al quale si parla; *ricevitore* l'apparecchio incaricato della riproduzione dei suoni.

spondeva ed il suo movimento avrebbe prodotto una corrente ondulatoria nel rocchetto che circondava la calamita; tale corrente, trasmessa al rocchetto di un altro apparecchio identico avrebbe portato in vibrazione la molla corrispondente. Si vede qui abbozzato il principio della trasmissione telefonica come è inteso og-

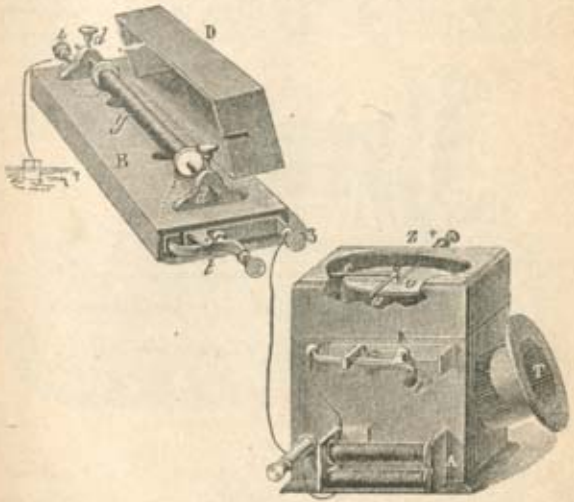


Fig. 1.

gidì: i suoni composti sarebbero stati trasmessi mediante la vibrazione di tutte quelle molle che per loro virtù fossero entrate in movimento, nell'apparecchio trasmettitore, per effetto diretto del suono da trasmettere, e nell'apparecchio ricevitore, per effetto delle attrazioni e repulsioni prodotte sulle medesime dalle correnti ondulatorie in quello originate.

Due cose sono essenzialmente da notare in questo procedimento: l'assenza di pile dal circuito elettrico, e la identica costruzione dei due apparecchi: trasmettitore e ricevitore. La sostituzione del *diaframma libero* alle *laminette fisse* fu suggerita al Bell dalla costruzione dell'orecchio umano, e si ebbe così il telefono nella sua forma attuale. Le figure 2 e 3 rappresentano il ricevitore e il trasmettitore originali del prof. Bell. Il

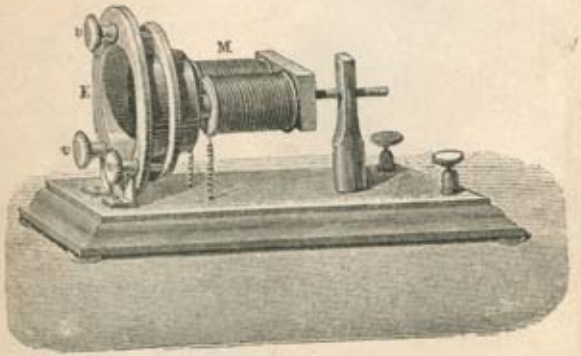


Fig. 2.

14 febbraio del 1876 il prof. Bell presentava la sua famosa domanda di brevetto e nello stesso giorno il professore Gray presentava i disegni di un apparecchio trasmettitore il cui funzionamento era basato sulle variazioni causate nella corrente di un circuito elettrico dalla maggiore o minore immersione di un estremo (metallico) del circuito medesimo nell'altro estremo (liquido), variazioni di immersione alla loro volta prodotte dalla vibrazione di un diaframma contro cui giungono le onde sonore. Il ricevitore del Gray era affatto analogo a quello del Bell.

Il principio dell'apparecchio trasmettitore del Gray è — poco su poco giù — quello medesimo che regge il funzionamento degli attuali *microfoni*, come avremo occasione di vedere; per ciò, non a torto abbiamo abbinato il nome di questi due illustri fisici.

Per i tribunali americani si trascinò lungamente una spiacevole contesa tra il Bell ed il Gray per disputarsi la priorità dell'invenzione del telefono. Ai più non par

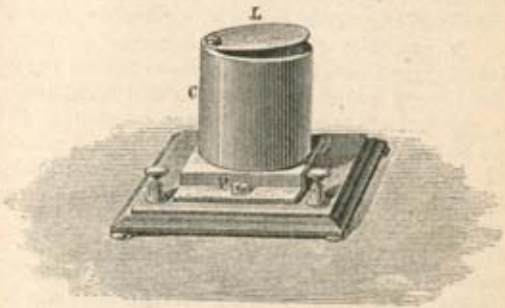


Fig. 3.

dubbio che la soluzione avuta della vertenza, secondo cui fu proclamato inventore il Bell, sia conforme a verità e a giustizia, se al vocabolo *telefono* attribuiamo il significato ristretto che gli è oggidì riconosciuto; tuttavia l'eco delle polemiche non è spenta neppure oggi, e tratto tratto sui giornali tecnici d'oltre Atlantico i sostenitori dell'uno o dell'altro inventore sfoderano articoloni piramidali per rinfocolare la questione.

A noi poco importa di indagare se vi siano maggiori o minori motivi di malcontento intorno al pronunciato di quei giudici; e pur rilevando la sospettosa contemporaneità delle domande e l'ancor più strana identità

degli apparecchi ricevitori, riconosceremmo volentieri a ciascun contendente il merito di aver indicato uno dei due principî fondamentali che reggono la costruzione dei moderni apparati telefonici se, per sentimento di nazionalità, non ci corresse l'obbligo di citare — almeno — l'opinione di molti studiosi secondo la quale tanto il Bell quanto il Gray avrebbero semplicemente sfruttato la invenzione di un italiano: Antonio Meucci. Infatti dallo svolgimento di un processo sostenuto nel 1884 dalla *Globe Telephone Cy.* contro la *Bell Telephone Cy.*, sarebbe risultato pienamente provato che il Meucci aveva inventato il telefono fin dal 1849; che il brevetto era poi stato registrato agli Stati Uniti nel 1871; che nel 1872 il Meucci aveva presentato la sua invenzione, perchè venisse sperimentata, ad una Compagnia americana di telegrafi; dalla quale, dopo due anni di dilazioni non era riuscito neppure ad ottenere la restituzione dell'incarto.

Sembra poi che precisamente nel 1874, stretto dalle necessità finanziarie, il Meucci abbia ceduto molti dei suoi apparecchi rudimentali, e che per tale via la sua invenzione giungesse, press'a poco contemporaneamente, fino al Bell ed al Gray. Ma durante il processo il Meucci — dicesi — fu tacitato con una forte somma di denaro, e fu gloria dell'invenzione sarebbe per ciò rimasta ai due fisici americani.

Qualunque sia la verità — e speriamo che, se realmente esiste, il merito del Meucci possa venir luminosamente provato — conviene tener presenti ugualmente tutte le opinioni, chè non sarebbe dato a noi — nè sarebbe questo il luogo opportuno — di far ricerche speciali sull'argomento. Notiamo però subito che l'apparecchio brevettato dal Bell rimase, si può dire, invariato attraverso gli anni, ed è ancora esclusivamente usato come ricevitore.

Non si può dire altrettanto invece del trasmettitore,

la cui evoluzione nota, fu molto più laboriosa. Il Gray fu il primo a tracciare la via, e successivamente il Berliner, l'Edison e l'Hugues vi lasciarono orme indelebili. Il trasmettitore, basato com'è oggi sulla variazione di resistenza di un circuito elettrico, fu dapprima battezzato col nome di *telefono elettrico* per contrapposto all'apparecchio di Bell che si chiamava *magnetico;* ora invece ha ricevuto la denominazione generale di *microfono* (1).

Dicemmo già che il Gray imaginò il suo apparecchio nel 1876.

Nel 1877 Emilio Berliner, di Washington, costruì un apparecchio basato su un principio precedentemente indicato dal Du Moncel e secondo il quale la resistenza elettrica del contatto fra due corpi dipende in modo inverso dalla pressione con cui il contatto è effettuato; in tale apparecchio il contatto era costituito da una sferettina e da un disco metallico. Nello stesso anno Edison sostituiva al metallo il *carbone*. Hugues dimostrò quasi contemporaneamente che ai contatti prementi e rigidi sono preferibili i contatti sciolti, dipendenti cioè dal semplice appoggio di un estremo del circuito sull'altro, per azione della gravità. E si raggiunse quasi di colpo la maggior possibile perfezione col dimostrare che fra tutte le sostanze adatte allo scopo di determinare i contatti mobili, la preferibile è senza alcun confronto il carbone.

Fig. 4.

(1) L'Hugues diede tale nome all'apparecchio da lui ideato, credendo di aver con esso trovato, in acustica, l'equivalente del microscopio nell'ottica. In realtà i microfoni non aumentano l'intensità dei suoni che a loro giungono attraverso l'aria ambiente, anzi la affievoliscono; invece ripetono, amplificati, i suoni a loro trasmessi mediante corpi solidi nelle loro immediate vicinanze.

L'apparecchio di Gray può essere rappresentato schematicamente nella fig. 4, ed una idea della sua costruzione può esser data dalla fig. 5. L'apparecchio del Berliner è rappresentato nella fig. 6.

Il più semplice dei trasmettitori a contatto variabile ideato dall'Hugues è quello rappresentato nella fig. 7.

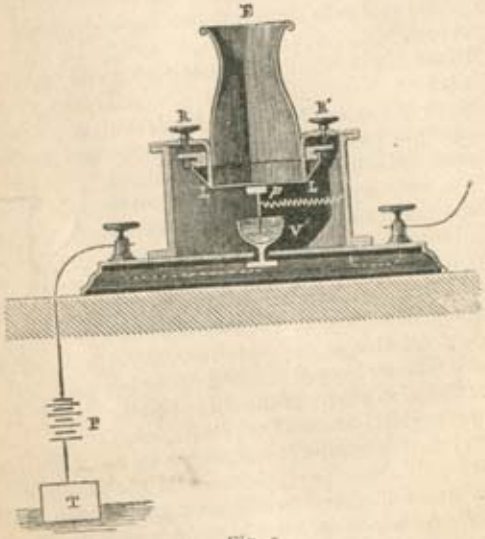


Fig. 5.

Il primo dei microfoni, anche perchè così fu battezzato dall'Hugues stesso, è rappresentato dalla fig. 8.

Gli inventori, veri o fittizi, che contendono al Bell la gloria di aver donato al mondo il telefono si possono contare a decine. È diventata anche questa, come tante altre, una questione di nazionalità nella quale

ognuna vuole avere il primato. Un professore inglese non ha persino tentato di trovare una priorità all'invenzione della pila di Volta?

Così i tedeschi attribuiscono tutto il merito al Reiss di cui il cosidetto *telefono musicale* non riuscì mai a trasmettere la parola.

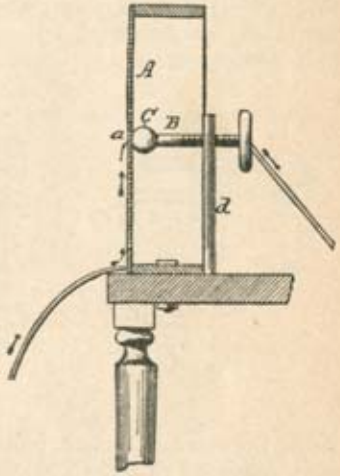


Fig. 6.

Gli americani tenacemente respingono gli assalti dei non americani e si contentano di perpetuare la lotta fra *Bellisti* e *Gravisti*. I francesi tengono assai a Bourseul e ad Hugues. Noi italiani, oltre al Meucci di cui sopra dicemmo, ed in favore del quale depongono veramente delle circostanze pressochè inoppugnabili, possiamo mettere innanzi anche il nome di certo Manzetti, ~~di Aosta~~, che nel 1865 avrebbe inventato un apparecchio affatto simile a quello del Bell. Anche del diritto di priorità del Manzetti si vantano prove degne di serio esame.

Ma la credenza universale — errata od esatta non importa — è che veramente l'invenzione spetti al Bell.

Il telefono di Bell varcò l'Atlantico nel 1877 a mani di William Thomson ora Lord Kelvin. Da allora, in poco più di 20 anni, quanto cammino! Non appena uscito dai laboratori degli studiosi, il telefono divenne

uno degli organi indispensabili della civiltà moderna. E non avrebbe potuto essere diversamente, data la rapidità e la precisione della trasmissione della parola. Nessuna delle difficoltà dapprima affacciatesi valsero a rallentare il suo rapido sviluppo. Dalle brevi linee urbane, si passò timidamente alle linee intercomunali, poscia alle internazionali ed oggidì la trasmissione di un telefonogramma a qualsiasi distanza, purchè non si

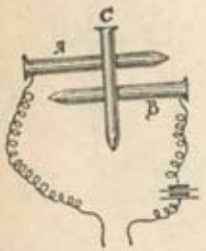


Fig. 7.

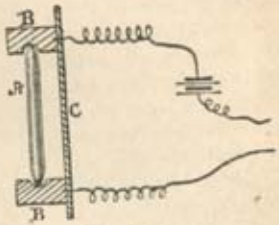


Fig. 8.

debba attraversare il mare, è diventata una pura e semplice quistione di tornaconto finanziario, perchè le difficoltà tecniche sono vinte aumentando la sezione dei conduttori di linea. L'accentramento del servizio nelle città industriali, che ha impensierito i primi tecnici, fu esso pure raggiunto collo studio ingegnoso e la cura meticolosa di ogni minimo particolare, talchè si può dire senza tema d'errare che oggidì non ci siano limiti in tale accentramento. Gli esempi di uffici di commutazione per 10.000 e più abbonati, aumentano ogni giorno, anzi qualche amministrazione ha predisposto uffici per 20.000 abbonati.

Ma l'ideale verso cui, finora inutilmente, si appuntarono gli studi degli scienziati e dei tecnici, è la realizzazione della telefonia transoceanica per la quale, se grandi sono le difficoltà tecniche, grandissime appaiono le responsabilità finanziarie, e queste forse più di quelle si oppongono ad ogni tentativo.

Ma anche su questa via sembrano disegnarsi gli albori della vittoria, e gli studi del Kelvin, di S. P. Thompson, del Reed, e segnatamente quelli del Roeber e dell'americano Pupin, hanno forse incamminato il problema verso la sua soluzione definitiva; la scienza moderna ci ha abituato ormai a non disperare più di nulla; col tempo verrà anche la telefonia transoceanica.

PRELIMINARI

1. — L'invenzione del telefono non poteva avere applicazione industriale a servizio pubblico se non munendo chiunque desiderasse fruirne, di una *posta* completa installata al domicilio del richiedente e rilegata mediante una linea metallica ad un *posto* od *ufficio centrale* in cui appositi impiegati *stabilissero* e *togliessero* le comunicazioni a seconda del desiderio dei singoli utenti. Si vennero così a costituire le *reti telefoniche urbane*.

Ogni rete generalmente ha un solo *ufficio centrale*. Quando però il numero degli utenti supera un certo limite allora gli uffici centrali di una sola rete possono essere molti. Così a Berlino con circa 36.000 utenti alla fine del 1897 vi erano quattro uffici centrali; a New-York con soli 18.000 utenti vi erano alla stessa epoca *sei* uffici centrali principali (1).

La maggioranza degli Stati avocò a sè l'esclusivo diritto di stabilire comunicazioni telefoniche, e per ciò che concerne il servizio pubblico alcuni esercitarono direttamente tale diritto, altri invece, fra cui l'Italia, ne affidarono l'esercizio a privati *col sistema delle con-*

(1) Vedi l'Appendice statistica in fondo al volume.

cessioni. In compenso del servizio offerto, lo Stato, o in sua vece il concessionario, richiede o una quota annuale fissa ed invariabile qualunque sia l'uso che l'utente fa del proprio apparecchio, ed allora gli utenti od abbonati sono divisi in categorie a ciascuna delle quali compete un diverso canone annuo; oppure richiede una tariffa unica per ogni comunicazione *effettuata*. Il primo sistema è generalmente seguito per le comunicazioni che si scambiano nei limiti del territorio di un solo Comune o più precisamente di una sola rete. Il secondo per le comunicazioni che si scambiano sulle *linee interurbane* fra due reti urbane distinte. Non è però detto che non si faccia talvolta anche il contrario, tanto per le reti urbane quanto per le linee interurbane, ma il sistema più diffuso è l'accennato.

2. — Dunque un impianto di telefonia, considerato nella sua generalità, consta essenzialmente delle seguenti parti:

I posti telefonici, o — come si usa anche dire — le *poste telefoniche* da cui si trasmette ed a cui si riceve la parola; presso i quali insomma ha luogo la conversazione.

L'ufficio di commutazione, nel quale ha luogo la *commutazione* ossia il collegamento, l'abbinamento, delle poste telefoniche che debbono essere messe in comunicazione.

Le *linee* metalliche, le quali servono a collegare le singole poste telefoniche con l'ufficio centrale che deve eseguire i collegamenti.

Di queste tre parti di qualsiasi impianto telefonico, l'ufficio di commutazione è evidentemente inutile quando le poste telefoniche si riducono a due; ma può non essere necessario anche quando esse sono in numero alquanto maggiore (al massimo 20). In quest'ultimo caso, però, bisogna ricorrere a degli artifici di collegamento o a convenzioni di chiamata o a sistemi speciali di apparecchi.

Perchè il servizio possa effettuarsi senza inconvenienti, si vede subito la necessità che tanto presso ciascuna posta quanto presso l'ufficio, esistano gli organi di *trasmissione* e di *ricezione* della parola, nonchè speciali dispositivi per effettuare la *chiamata*, e *ricevere l'avviso* che altri desidera parlare.

All'ufficio di commutazione poi, per poco che ci si pensi, si intravede la necessità di un organo che informi l'operatore del *momento in cui la conversazione è finita*, e nei grandi uffici, di speciali dispositivi atti ad informare tutti i commutatoristi, qualunque ne sia il numero, che le due poste parlanti essendo occupate, *non devono essere disturbate* durante la conversazione, cioè *finchè dura il collegamento*.

3. — Questa semplice analisi delle necessità del servizio telefonico, ci mette in grado di tracciare a grandi tratti il nostro programma ed indicare nello stesso tempo la via da tenersi nel suo svolgimento.

Noi dunque ci occuperemo dapprima degli organi essenziali di una posta telefonica, accennando a tempo debito alla teoria del funzionamento di ciascuno, e a qualche norma di costruzione; e precisamente — in ordine didattico — parleremo del *trasmettitore*, altrimenti detto *microfono;* del *ricevitore*, o anche semplicemente *telefono;* degli organi che effettuano la *chiamata* e di quelli che *avvisano* che altri chiama.

Esamineremo i diversi modi di collegare fra loro tali elementi, o per esprimerci più rapidamente, vedremo i diversi *schemi di collegamento* interno; descriveremo infine i tipi più diffusi e per ciò stesso migliori di apparecchi.

Studieremo in seguito il circuito telefonico e le cause che turbano la trasmissione telefonica; esamineremo la costruzione delle linee nelle loro varietà, cominciando dalle aeree con filo di ferro o di bronzo fosforoso, a semplice o a doppio filo, urbane o di campagna, passando poi alle sotterranee entro tubi di ghisa o canali di cemento, con cavi sotto piombo o con cavi armati.

Passeremo poi ai diversi e numerosissimi tipi di uffici di commutazione raggruppandoli possibilmente in categorie, per dare di ciascuna le idee fondamentali, costruttive e di funzionamento, e per descriverne qualche esempio.

Vedremo così: i tavoli di commutazione cosidetti « standard » o *semplici*, e i *tavoli multipli*, i quali sono: *in serie* per semplice e per doppio filo; *in derivazione*, a rilievo automatico del cartellino, a segnalazione luminosa.

Parleremo altresì dei sistemi telefonici con batteria centrale tanto per la chiamata che per la conversazione ed infine dei sistemi automatici.

PARTE PRIMA

L'APPARECCHIO TELEFONICO.

CAPITOLO I.

Il trasmettitore e la bobina d'induzione

1. — Il microfono.

Chiamasi *trasmettitore telefonico* qualsiasi apparecchio capace di convertire le vibrazioni meccaniche di una membrana colpita dalle onde sonore suscitate nell'aria da un corpo sonoro, in variazioni elettriche in un circuito, per modo che ad ogni suono di un determinato carattere corrisponda una variazione elettrica di un solo e determinato e corrispondente carattere.

Gli ordinari trasmettitori telefonici constano tutti attualmente e sostanzialmente di uno o più contatti elettrici imperfetti, creati ad arte in immediata vicinanza di un diaframma sottile contro cui vengono ad urtare le onde sonore, ed inseriti nel circuito di una pila. Essi hanno ricevuto la denominazione comune di microfono.

La sostanza che serve a realizzare i contatti imperfetti, novanta volte su cento è il carbone.

Le ragioni di tale scelta parrebbero molteplici.

Si dice per esempio che il carbone ha la preziosa proprietà di variare la sua resistenza elettrica inversamente alla compressione a cui è soggetto, sicchè per l'urto delle onde sonore contro il diaframma verificandosi al-

ternatamente delle compressioni e delle espansioni, si hanno corrispondentemente delle alternative di minore e maggiore resistenza, con variazioni inverse nella corrente del circuito.

Ma esperimenti accurati hanno dimostrato che, *se i contatti sono realizzati in condizioni invariabili* cioè se variando la pressione non varia la superficie di contatto, la pressione sulla massa del carbone non ha influenza sulla sua conduttività.

Si vuole inoltre trovare il vantaggio del carbone nel fatto che, decrescendo la sua resistenza coll'aumentare della temperatura, ed avendo l'aumento di pressione l'effetto di aumentare la corrente (perchè diminuisce la resistenza del contatto) ossia di aumentare la temperatura, questa concorre in secondo grado, diciamo così, ad abbassare la resistenza e ad aumentare perciò la corrente. Ma a questo proposito giustamente osserva il Kempster Miller che il vantaggio di tale proprietà risiede soltanto in ciò che il riscaldamento del microfono, provocato dal lungo uso, non aumenta anzi diminuisce la sua resistenza complessiva, contrariamente a ciò che accadrebbe con altri conduttori, epperciò migliora le condizioni del suo funzionamento.

Il Wietlisbach ritiene, con altri, che la vera ragione della superiorità del carbone stia nel suo grande potere aderente per l'aria, in virtù del quale un sottile velo d'aria è sempre presente nei contatti, e questa funziona da mezzo elastico repellente o attraente a seconda della maggiore o minore temperatura assunta dal carbone pel passaggio della corrente. Egli fa notare a sostegno di tale tesi che la reversibilità del microfono (la quale del resto si manifesta soltanto in determinate condizioni e dà sempre effetti acustici debolissimi) non può essere spiegata che con le azioni termomolecolari delle oscillazioni di corrente, ed inoltre che nell'aria umida il microfono a carbone funziona meno bene che nell'aria secca.

La ragione migliore sta forse in ciò, che dovendosi ricercare le cause della variazione di resistenza nella variazione di superficie di contatto, il carbone riunisce in sè i requisiti di una elasticità relativamente grande e di una conduttività non esagerata, che permettono insieme di ottenere la maggiore prontezza di ripristino, e la più grande intensità di effetto utile a parità di causa agente.

Oltracciò devesi tener conto dei vantaggi tutt'altro che trascurabili che il carbone presenta dal punto di vista pratico e commerciale: a buon mercato, facilmente lavorabile, conservabile indefinitamente, ecc.

I microfoni a carbone si possono dividere in due grandi classi: microfoni *a contatti*, quando il numero di questi è limitato e determinato; microfoni *granulari* od *a polvere di carbone*, quando il numero dei contatti è grande ed indefinito.

Appartengono alla prima categoria i microfoni Blake, Ader, D'Arsonval, Clamond, Turnbull, Colacicchi, Gomer, Bell ed altri mille.

Appartengono alla seconda i microfoni Hunning, Berliner-Universal, Hipp, Delville, Ericsson, White o Solid-back, Western, Grünenwald ecc.

Diamo qui sotto la descrizione di qualcuno della seconda categoria che è di gran lunga ormai la più diffusa.

Microfono Delville.

Consta di una membrana metallica *B* (v. fig. 9) del diametro di 55 mm. circa e dello spessore di 0.3 mm. circa, davanti la quale si parla mediante l'imboccatura *A*, munita, generalmente sul fondo, di una rete metallica a maglie di 2 mm. di lato, che non è rappresentata nella figura, e che serve ad impedire l'introduzione di

corpi estranei. La membrana, che dalla parte verso l'imboccatura è verniciata, appoggia al suo bordo, coll'intermediario di un anello di carta, sopra una scatola di ottone, e al centro contro un blocco cilindrico di carbone *E* del diametro di 22 mm. circa e dell'altezza di 9 mm., nel quale è praticata una cavità cilindrica di circa 12 mm. di diametro e 3 mm. circa di profon-

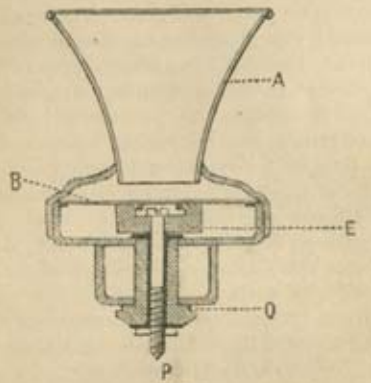


Fig. 9.

dità, ripiena di granuli di carbone. Questi granuli hanno meno di 1 mm. di diametro e si trovano in numero di 250 circa nella cavità.

Il blocco di carbone è fissato alla scatola metallica mediante una vite *P* lunga 45 mm. circa; blocco e vite sono isolati dalla scatola metallica. La vite è munita di dado e controdado per tenerla serrata e la sua punta è destinata ad appoggiare contro una molla connessa a un polo della pila, mentre l'altro polo è connesso a un anello destinato a impegnarsi nella scanalatura *Q*, in modo che questo polo è in comunicazione colla membrana.

Microfono White o Solid-back.

Questo microfono (v. fig. 10) assai usato specialmente per la telefonia a grandi distanze perchè sopporta correnti di intensità relativamente notevole senza scaldarsi eccessivamente, consta di una custodia metallica composta di una parte piana *F* e di una calotta sferica *C*.

Alla parte piana è avvitata una imboccatura in ebanite *M*. La membrana vibrante è in alluminio del diametro di circa 63 mm. e dello spessore di mm. 0.55 circa ed appoggia all'orlo sulla custodia metallica coll'intermediario di un anello di gomma molto dolce a sezione in forma di *u*. Gli elettrodi di carbone duro sono sostenuti dal sopporto *P* mediante il blocco metallico *W* cavo internamente; la parete periferica della cavità è rivestita di carta *i*.

L'elettrodo di carbone posteriore *B* (circa 17 mm. di diametro e 1.5 mm. di spessore) è fissato ad una faccia del pezzo metallico *a* che è avvitato, mediante un'appendice filettata, al blocco *W*.

L'elettrodo anteriore *E* (circa 16 mm. di diametro e 1.5 mm. di spessore) è portato dal pezzo metallico *b*, sul lato *p* del quale è applicato un disco di mica *m* (sottilissimo e di circa 21 mm. di diametro) tenuto a posto dalla madrevite *u*. Il disco di mica è grande abbastanza per coprire la cavità del blocco *W*. Fra i due elettrodi che distano circa 1 mm. uno dall'altro, si trova della polvere di carbone la quale riempie anche lo spazio che rimane fra gli elettrodi e la parete metallica rivestita di carta *i* il cui diametro è alquanto maggiore di quello dei dischi di carbone. Il tutto è tenuto a posto dalla ghiera *c* che si avvita sul pezzo *W*. Il pezzo *b* porta un'asticina filettata che passa per un foro della lamina d'alluminio ed è tenuto a posto mediante due piccole

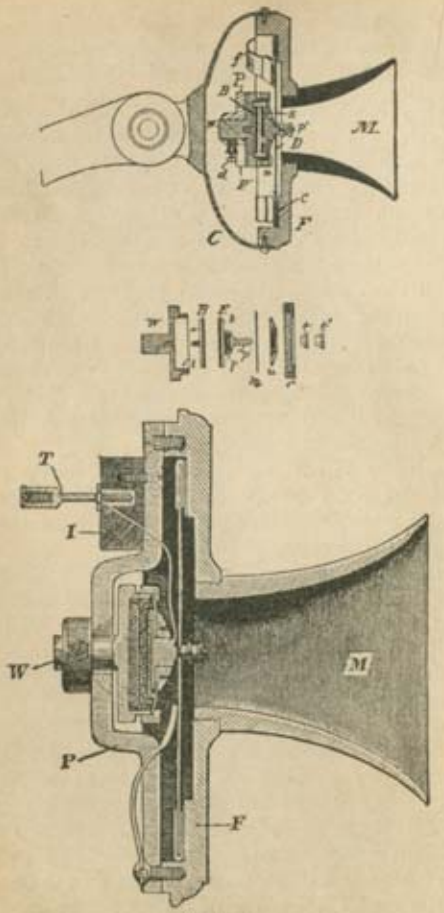


Fig. 10.

madreviti. Così le vibrazioni della lamina vengono trasmesse, grazie alla flessibilità della mica, alla polvere di carbone. Uno dei morsetti del microfono è in *T* ed è connesso al carbone *E* mediante un filo flessibile sottilissimo saldato alla madrevite *u*. L'altro morsetto è costituito dalla custodia metallica dell'apparecchio (a cui in qualche modo si adatta il conduttore) la quale è in connessione metallica coll'elettrodo *B* mediante il sopporto *P* e il pezzo *W*. Due molle *ff* la cui estremità è rivestita di gomma e di feltro, appoggiando l'una sull'anello di gomma che circonda l'orlo della membrana d'alluminio, l'altra direttamente sulla membrana appena fuori dell'anello di gomma, servono a impedire, a guisa di sordine, le vibrazioni troppo forti della membrana.

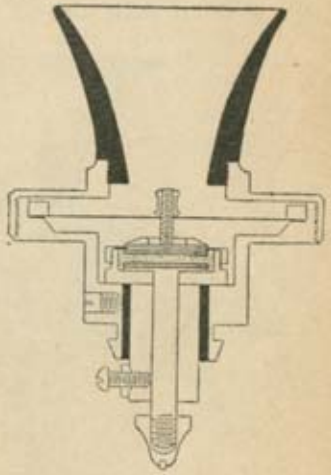


Fig. 11.

Il microfono Solid-back è costruito anche su un modello più piccolo (v. fig. 11) ma è in tutto analogo al precedente.

Microfono della Bell Mfg. Telephone Cy.

Davanti a una ordinaria imboccatura si trova una membrana d'ottone (v. fig. 12) di 52 mm. di diametro circa, al centro della quale è fissata una piastrina di

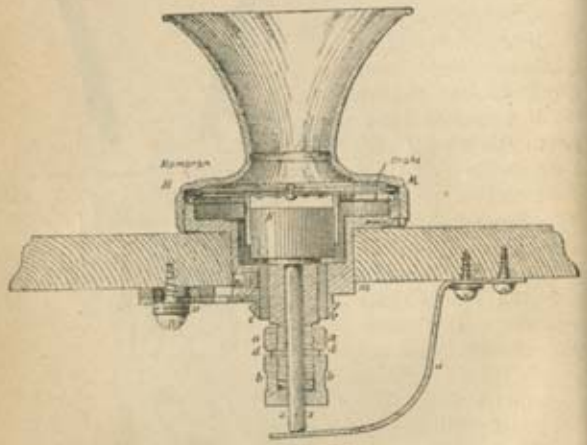


Fig. 12.

rame di circa 25 mm. di diametro che porta 37 sporgenze disposte su due circonferenze. Dalla parte delle sporgenze la lamina appoggia sopra la polvere di carbone contenuta nella cavità di un blocco cilindrico di carbone duro di 22 mm. di diametro circa. Tale cavità è divisa in tre parti concentriche di cui l'esterna porta 12 forellini. L'altezza del blocco è di circa 15 mm.

Il carbone è sostenuto da una vite isolata la quale

è destinata ad essere messa in comunicazione con un polo della pila mentre l'altro polo vien connesso alla custodia metallica con cui la membrana comunica mediante un filo (*Draht* nella figura). L'orlo esterno della membrana è circondato da un anello di gomma molle a sezione di *u* per impedire le vibrazioni troppo forti.

Microfono Grünenwald.

Questo microfono adottato dalla Società Telefonica Alta Italia, comporta: una membrana di carbone di 55 mm. di diametro e dello spessore di circa 0.2 mm.; una pastiglia di carbone (v. fig. 13) isolata dalla custodia dell'apparecchio avente il diametro di mm. 27.5 e l'altezza di 11 mm.; nella pastiglia sono praticati 5 fori di 7 mm. di diametro disposti ai vertici di un pentagono di 10 mm. di lato, e ripieni di granuli di carbone.

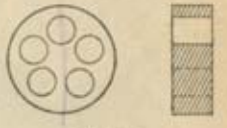


Fig. 13.

Microfono Berliner.

In questo tipo di microfono (v. fig. 14) la membrana è costituita da una pastiglia di carbone disposta su una lamina di mica, del diametro di circa 55 mm. Sotto la membrana si trova un blocco di carbone munito di scanalature concentriche che in sezione si presentano come dei *V* della profondità di 2.5 mm. e di 3 mm. circa di apertura. Il blocco ha un diametro di 24 mm.; le sue scanalature sono riempite di polvere di carbone la cui caduta è impedita da un anello di feltro che circonda il blocco; esso ha lo spessore di circa 4 mm.

e l'altezza stessa del blocco, cioè 12 mm. circa. Il blocco è isolato mediante fibra dalla custodia metallica, sul cui fondo è fissato, e colla quale è invece in comunicazione, come al solito la membrana.

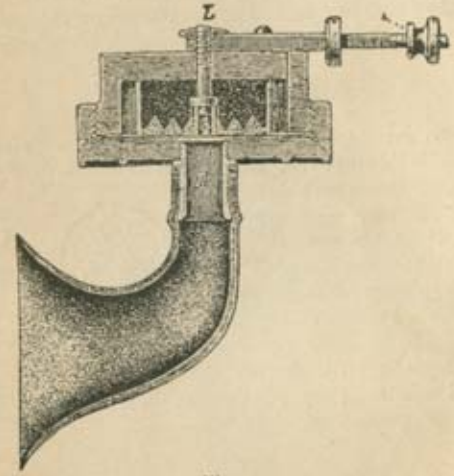


Fig. 14.

In America è molto diffusa una montatura speciale del microfono; esso è portato alla estremità di un braccio metallico snodato per modo da poterlo alzare od abbassare secondo la statura di chi parla (v. fig. 15).

2. — Funzionamento del microfono.

Dopo esserci formato un concetto della costruzione pratica, diciamo rapidamente due parole sulla teoria del funzionamento.

Una vera e propria teoria non esiste. Vi sono, è vero, molte ipotesi, ma nessuna ha acquistato la consistenza, la sicurezza, la generalità necessarie a diventar teoria.

E pur troppo questo che ora diciamo del microfono dovremo ripeterlo più tardi del telefono. Infatti la costruzione degli apparecchi è tutt'ora affidata alle regole pratiche, è diretta dalle norme che suggerisce l'esperienza; nessuna delle ipotesi avanzate ha portato il minimo contributo al perfezionamento degli apparecchi, cosicchè ciò che pare studio teorico della questione, nella maggior parte dei libri di telefonia, è semplicemente la classificazione, coordinata a criteri scientifici, dei risultati che alla pratica furono acquisiti con sistematiche regolari variazioni dei principali elementi costruttivi.

Fig. 15.

Non mancarono tuttavia scienziati insigni che si occuparono dei fenomeni che presiedono al funzionamento del microfono. Il loro còmpito però fu generalmente limitato a scoprire sperimentalmente le relazioni che legano fra loro le variabili del fenomeno.

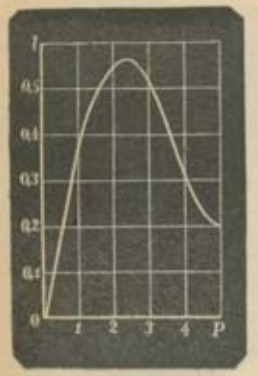


Fig. 16.

Fra queste relazioni la più importante è quella esistente fra la pressione e l'intensità di corrente che circola nel microfono.

Si ottiene generalmente, qualunque sia la sostanza determinante il contatto imperfetto, una curva analoga a quella della fig. 16 la quale rappresenta, colle sue ordinate, le correnti (corrispondenti alle pressioni portate sulle ascisse) ottenute in un microfono del tipo Blake (1), dal Sabine di S. Francisco.

Sono importanti, dal punto di vista scientifico, gli studi fatti in questo ordine di idee dal Cross. È degna di rimarco la conclusione pratica uscita fuori da molte di simili esperienze, che cioè la trasmissione telefonica è migliore quando la pressione sia leggermente superiore al valore che rende minima la resistenza di contatto. Anche questa constatazione però non è feconda di risultati pratici perchè da una parte nei microfoni a contatto (che vanno man mano

(1) È un microfono a contatto unico (punta di platino e carbone) la cui pressione è regolabile regolando la tensione di una molla a balestra che porta il carbone.

scomparendo dall'uso) tali migliori condizioni erano e sono realizzate inconsapevolmente senza conoscere la natura del fenomeno, per il modo stesso con cui tali trasmettitori sono regolati in posto; ed in secondo luogo nei microfoni a polvere di carbone, od a granuli, dove la pressione non è misurabile, nè determinata, nè regolabile a mano, la trasmissione avviene in modo egualmente buono anzi quasi sempre migliore.

Un suono, comunque sia composto, è rappresentabile da una curva: la sua curva fonografica. Il còmpito del microfono è quello di modificare la corrente elettrica del circuito che lo contiene, variandone l'intensità per modo che la rappresentazione grafica delle variazioni della corrente in funzione del tempo, dia una curva perfettamente simile alla curva fonografica del suono.

Siccome però la corrente nel microfono può variare di intensità, ma la sua direzione non può mutare, così la sua rappresentazione grafica — a differenza della curva fonografica — non ha ordinate negative.

Ora può darsi che le variazioni di intensità siano prodotte preferibilmente dalla variazione *della superficie di contatto*, piuttosto che dalla variazione *dello spessore del velo di gas* che si interpone fra le superfici stesse, o meno probabilmente *dalla variazione di pressione nella massa di carbone* — quantunque, ripetiamo, la nostra simpatia sia tutta per la prima di queste ipotesi. Ma sarebbe se non errato, ozioso, scindere il problema per cercare quali siano i fenomeni specifici ed esclusivi che trasmettono rispettivamente l'*altezza*, l'*intensità* e il *timbro* dei suoni, perchè una sola delle cause sopra elencate, purchè vari di intensità nel tempo, identicamente al suono, deve necessariamente produrre una corrente ondulata rispecchiante esattamente le tre caratteristiche del suono medesimo; e perchè inoltre le stesse cause sono assolutamente inscindibili nella loro sede.

Le cose dette non darebbero lume a giudicare la bontà dei vari tipi, nè quindi si potrebbe estrarne *criteri di scelta;* la quale invece è ormai facile da effettuare perchè la pratica degli ultimi anni ha, essa, giudicato. I tipi a contatti semplici o multipli sono di regolazione difficile quando la loro costruzione presenta il modo di variare la pressione di contatto. Essi funzionano con delle correnti minori che i microfoni granulari ed hanno una trasmissione, a parità di circostanze, più delicata, alterante meno il timbro, ma piuttosto debole; inoltre presentano facilmente il difetto di *craquer* (cioè di scrosciare o scricchiolare) appena la f. e. m. del circuito microfonico sia superiore alla richiesta. Diciamo qui, giacchè se ne presenta l'occasione, che nel circuito di tali microfoni basta di solito inserire una pila del tipo Leclanché tanto a liquido che secca. Per i microfoni però a contatti multipli può anche occorrere di usarne due in serie. I microfoni a polvere o a granuli sono senza dubbio i più potenti ed anche i più semplici, perchè è assolutamente esclusa ogni regolazione, è diminuito l'inconveniente dello spezzarsi dei contatti, ecc. Negli ultimi anni questi microfoni sono andati man mano sostituendosi agli altri tipi di cui tra poco non esisterà forse che il ricordo.

In Italia un tipo molto diffuso è il tipo Grünenwald perchè adottato in tutte le reti principali essendo prodotto da una Società Belga interessata fortemente negli impianti telefonici italiani.

I microfoni ad un solo contatto hanno una resistenza media di 5 a 6 Ohm; funzionano, come sopra si disse, benissimo con un solo elemento Leclanché e richiedono per conseguenza in media una corrente di 0.2 a 0.25 Ampère. La variazione di resistenza che essi possono subire parlandovi davanti non supera generalmente 1 Ohm.

I microfoni granulari hanno delle resistenze alquanto

minori, anche soltanto 2,5 ÷ 3 Ohm, epperciò con un elemento solo consumano in media 0.5 Ampère, e con due elementi Leclanché, quasi un Ampère.

3. — Microfoni fondati su principî diversi.

Non è da credersi che nessun tentativo sia stato fatto dagli inventori per sottrarsi all'uso del carbone nei trasmettitori telefonici. I più svariati principî furono messi a contributo; fu proposto e costruito un trasmettitore al bismuto [1]; un trasmettitore a vuoto [2]; il Pierard ha dimostrato che basta la f. e. m. di contatto a trasmettere il suono. Si variò e si modificò in infiniti modi il funzionamento degli ordinari microfoni a carboni: recentemente Payne e Gharky brevettarono perfino un microfono che potesse, non solo variare la intensità, ma altresì cambiare la direzione della corrente. Ma tutti questi tentativi non ebbero finora alcuna sanzione pratica ed i microfoni comuni, specialmente quelli a granuli di carbone, sono di gran lunga i più diffusi.

4. — La bobina d'induzione.

Abbiamo più sopra definito il còmpito del microfono; esso consiste nel produrre delle variazioni nella intensità di corrente del circuito elettrico in cui il microfono trovasi inserito. E poichè tali variazioni devono poi azionare l'apparecchio ricevitore, o telefono, e dalla loro grandezza dipende la bontà della audizione, così è interessante di renderle massime. Ma perchè ciò ac-

[1] *Electrician*, XXXV, pag. 167.
[2] *Electrician*, XLII, pag. 598.

cada conviene rendere massime le variazioni di resistenza prodotte dalle compressioni del diaframma. Ora l'importanza della variazione di resistenza elettrica che sopraggiunge, è tanto maggiore quanto minore è la resistenza esistente prima della variazione.

In altre parole il microfono trasmetterà tanto meglio la conversazione quanto più piccola è la resistenza del suo circuito elettrico.

Ora se per realizzare la trasmissione noi inseriamo in serie col microfono: la pila, la linea che porta al ricevitore e il ricevitore stesso, la resistenza rispetto alla quale devono essere grandi le variazioni del microfono è la somma delle resistenze di tutti quei diversi elementi. E si capisce che con una linea appena appena lunga è facile portar la resistenza totale ad un valore così grande che le variazioni possibili causate dal microfono, in suo confronto siano trascurabili, ed allora la trasmissione sarà grandemente difficoltata.

Per rimediare a simile inconveniente nel 1881 Edison, ripigliando un concetto già messo innanzi dal Gray nel 1875, ricorse all'uso della *bobina d'induzione*. È questo un apparecchio notissimo in fisica: esempio classico di bobina di induzione è il rocchetto di Ruhmkorff, al quale, del resto, la bobina d'induzione del telefono è affatto analoga. L'avvolgimento primario è, tanto nell'uno che nell'altro apparecchio, percorso da una corrente continua (a polarità costante); l'*interruttore* del rocchetto di Ruhmkorff è sostituito, nel caso della nostra bobina d'induzione, dal microfono, e siccome questo non interrompe la corrente ma ne varia la intensità, così la corrente nel primario, anzichè intermittente, è ondulatoria; in entrambi gli apparecchi la corrente nel secondario è alternante. Ma quel che più importa è che mentre l'avvolgimento primario è di piccola resistenza, cosicchè le variazioni di resistenza del microfono, riportate alla resistenza dell'intero circuito primario, sono notevoli — l'avvolgimento secondario consta di un numero di spire molto maggiore, per la qual cosa la corrente microfonica viene trasformata, nel secondario, ad una tensione più elevata, più adatta quindi a superare la resistenza della linea.

Lo schema del circuito microfonico diventa dunque il seguente: *B* (fig. 17) rappresenta la bobina di induzione di cui i due capi *SS* devono poi riunirsi alla linea, e quindi all'apparecchio ricevitore. *P* è la pila; *M* il microfono.

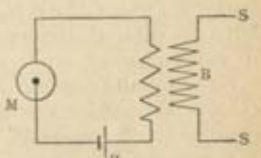


Fig. 17.

Ecco la costruzione pratica di uno dei tipi più comuni (v. fig. 18).

L'ossatura della bobina, che si presenta esternamente come un comune rocchetto di cotone cucirino è formata dal nucleo interno di ferro e dalle testate di legno.

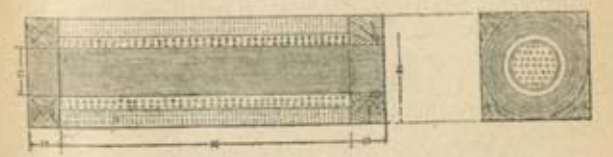


Fig. 18.

Nel modello grande il primo è costituito da un fascio cilindrico di fili di ferro dolce di Svezia (diametro $^{6}/_{10}$ di mm.), lungo 11 cm. e avente un diametro complessivo di circa 12 mm. Esso è rivestito con materiale isolante e pesa circa 100 gr. Le testate in legno hanno forma parallelepipeda con una base di 35 mm. in quadro

e uno spessore di 10 mm. talchè rimane disponibile per gli avvolgimenti una lunghezza netta di 90 mm.

Il *primario* che è sempre interno e ha una resistenza di 0.25 Ohm e conta 250 spire circa, è formato con filo di rame di 1.25 mm. di diametro rivestito di seta.

Il *secondario* ha una resistenza di circa 150 Ohm e conta circa 5000 spire; è formato con filo di rame di 0.25 mm. circa. L'avvolgimento misura esternamente circa 30 mm. di diametro ed è ricoperto con un foglio di carta grossa.

Nel modello piccolo il filo primario è un po' più piccolo e la lunghezza totale è ridotta a 70 mm.; il nucleo ha un diametro di 8 mm.

Il secondario ha un numero di spire inferiore a quello del grande modello.

Serve generalmente per apparecchi destinati al servizio di linee private e non eccessivamente lunghe.

5. — Funzionamento della bobina d'induzione.

Abbiamo già detto quale sia il funzionamento generico della bobina d'induzione, e abbiamo pure accennato — di volo — alla differenza sostanziale esistente fra la natura delle correnti microfoniche e la natura delle correnti indotte nel secondario della bobina d'induzione.

Le prime hanno direzione costante e grandezza variabile, rientrano cioè nella categoria delle correnti *ondulate;* delle seconde invece, per le note leggi della induzione elettromagnetica non solo varia la grandezza o intensità, ma anche la direzione, per cui tali correnti rientrano nella categoria delle *alternative.*

Un telefono che fosse inserito direttamente nel circuito di un microfono sarebbe dunque soggetto a delle variazioni magnetiche affatto diverse da quelle che in esso avverrebbero se fosse collegato col secondario di una bobina d'induzione di cui il primario contenga il microfono.

È innegabile che il telefono funziona tanto nel primo quanto nel secondo caso, ma è anche indubitato che, a parità di ricevitore e di linea, la trasmissione risulta più robusta nel secondo, e perciò nella grandissima maggioranza degli impianti moderni, la necessità sopra dimostrata di ricorrere alla bobina di induzione ha confinato alle applicazioni domestiche l'uso di microfoni direttamente inseriti sul circuito del telefono. L'unica applicazione industriale di questo sistema fu l'impianto di Brescia che cessò di funzionare nel 1903 per cedere il posto ad un sistema più moderno, a *batteria centrale.*

Riassumendo: l'uso della bobina d'induzione aumenta l'efficacia delle variazioni microfoniche, le mette sotto forma più adatta a superare la resistenza della linea e a impressionare il telefono; inoltre regolarizza la trasmissione, nel senso che mentre il telefono usato come trasmettitore favorisce i toni alti (1) ed il microfono i bassi, con la bobina d'induzione accompagnata ai microfoni, sono press'a poco trattati ugualmente i toni alti ed i bassi.

Un suono potente lanciato contro il microfono può anche produrre, con un numero medio di vibrazioni — 500 al minuto secondo — una f. e. m. di poco meno che un centinaio di volt nel secondario di una bobina d'induzione comune; ma per effetto della caduta di tensione nel secondario stesso, la differenza di potenziale agli estremi, anche con suoni e microfoni molto potenti non supera una diecina di volt, e per la voce umana, in generale, è difficile raggiungere qualche volt.

Si è tentato da molti di giungere, col sussidio della

(1) Vedi l'Appendice in fondo al volume.

matematica, ad una migliore determinazione dei suoi elementi costruttivi, segnatamente resistenza e numero di spire dei due avvolgimenti. Ma il problema è di natura sua così complesso che non si possono, se non a stento, ben definirne le condizioni, le quali dipendono ad un tempo e dalle caratteristiche del trasmettitore — segnatamente dalla potenza della pila — e da quelle della linea e del ricevitore.

L'unica deduzione logica, prevedibile anche senza uno studio analitico, è che conviene *per la delicatezza della trasmissione*, star molto lontani dalla saturazione magnetica del nucleo di ferro della bobina d'induzione. Perciò per microfoni a contatto, tipo Blake, esso è costituito di fili di ferro, e solitamente ha 10 mm. di diametro ed è lungo 60 mm. Per microfoni granulari bisogna raddoppiare il volume di ferro, ed anche quadruplicarlo (giungendo anche a 18 ÷ 20 cm.³ circa) se tali microfoni funzionano con due elementi.

Naturalmente per eliminare le *perdite per correnti di Foucault* dovute alle variazioni di grandezza e di direzione del magnetismo indotto, i singoli fili del nucleo devono essere sottili più che sia possibile, e — meglio ancora — verniciati.

La teoria porterebbe a dare ai singoli elementi della bobina d'induzione valori speciali per ogni caso, ma naturalmente la pratica non potrebbe seguirla, anche se i risultati fossero certi. Perciò si costruiscono, e si fanno servire per tutti i casi, uno o due tipi solamente.

In base ad alcune esperienze eseguite dal compianto Wietlisbach, due di questi tipi sarebbero così costruiti, per combinazione con microfoni Blake:

Resistenza della spirale primaria	Ohm	0.5 ÷ 0.6	oppure 1.20
Diametro del filo . . .	mm.	1.2	» 1.2
Numero di spire		116	» 232

Resistenza della spirale secondaria	Ohm	250	oppure 300
Diametro del filo	mm.	0,16	» 0,16
Numero di spire		3950	» 4420

Per microfoni granulari si è trovato conveniente di aumentare alquanto il diametro del filo primario. Il Wietlisbach ha misurato per molti tipi di bobine i coefficienti L_1 L_2 ed M di *autoinduzione* del primario e del secondario e di *mutua induzione*. Non per dare delle cifre precise, ma per indicare l'ordine di grandezza di tali elementi, si può ritenere

$$M = 0.03 \text{ Henry}; \quad L_1 = 0{,}03 \div 0{,}05 \text{ H.}$$
$$\text{e } L_2 = 0{,}3 \div 0{,}5 \text{ H.}$$

L'importanza della bobina d'induzione, che pareva indiscussa fino a qualche anno fa (e che fu solo oppugnata dall'Hipp, il quale ci ha dato un microfono a grande resistenza applicato a Brescia con esito tutt'altro che soddisfacente, nell'impianto ora cessato, come abbiamo detto) accenna attualmente ad essere meno considerata per lo sviluppo che vanno prendendo i sistemi detti a batteria centrale (common battery).

In questi sistemi infatti la bobina d'induzione non sarebbe a rigore necessaria, ma i suoi vantaggi si fanno sentire anche con questi sistemi, come vedremo nel Capo IV, Parte III, e a tali vantaggi noi crediamo, e sosteniamo che gli artifici ideati per sostituirla, finora non diedero un risultato adeguato.

La scelta del tipo più conveniente di microfono e di bobina d'induzione non può esser fatta che praticamente, come si è già detto, ed ancora conviene usare molte precauzioni per ottenere un risultato veramente genuino ed attendibile.

Non facciamo un elenco delle condizioni necessarie

per una ricerca sicura, perchè basta un po' di buon senso tecnico a formularle.

Accenniamo solo alle più importanti:

Si adoperi un solo ricevitore ed un solo microfono, se si tratta di esperimentare su bobine, ma si esperimenti su diverse lunghezze di linea; non si sostituisca la linea con resistenze di laboratorio perchè gli effetti sarebbero ben diversi. Non si ripeta la stessa frase con diverse bobine o con diversi microfoni: è preferibile di ricorrere invece al sistema di dettare frasi diverse *ma eufonicamente analoghe* servendosi possibilmente di lingue la cui ortografia sia difficile a dedursi dalla pronuncia — per esempio l'inglese — e si ritenga migliore il microfono o la bobina che permise al ricevente di equivocare meno; ecc., ecc.

CAPITOLO II.

Il ricevitore, o telefono propriamente detto

6. — Il telefono.

Chiamasi *ricevitore telefonico*, o più semplicemente *telefono*, qualsiasi apparecchio capace di trasformare in vibrazioni acustiche le variazioni elettriche di un circuito in cui sia inserito un trasmettitore di qualsiasi tipo, per modo che ad ogni speciale variazione elettrica corrisponda una sola e determinata vibrazione acustica.

Gli ordinari ricevitori telefonici constano tutti di una sbarra magnetica, una estremità della quale è formata da un pezzo di ferro dolce avvolto con una bobinetta inserita nel circuito del trasmettitore, e trovasi affacciata ad una sottile membrana pure di ferro dolce, opportunamente fissata per modo da poter vibrare.

In sostanza tutti i ricevitori telefonici attuali derivano dal primitivo del Bell, mediante modificazioni costruttive che non ne alterarono menomamente le caratteristiche principali.

Per effetto del magnetismo che il polo del magnete induce nel diaframma questo diventa pure un magnete e rimane sollecitato da una certa forza che tende ad avvicinarlo alla estremità della sbarra. Quando l'intensità di magnetizzazione di questa aumenta, la membrana

si avvicina di più, se diminuisce se ne allontana. Se tali variazioni avvengono rapidamente, la membrana, purchè opportunamente fissata, le seguirà senza ritardo. Perciò se nella bobinetta del polo si fa circolare una corrente di intensità costante questa ha per solo effetto di avvicinare o allontanare di una quantità determinata la membrana, ma se la corrente è variabile, e precisamente — come abbiamo visto — è alternante, verrà successivamente aumentato e diminuito il magnetismo totale della sbarra, epperò la membrana dovendo seguire fedelmente tali variazioni, entrerà in movimento e riprodurrà meccanicamente nello stesso ordine l'andamento della corrente nella bobina; se tale andamento traduce fedelmente le vibrazioni acustiche del trasmettitore secondo il procedimento spiegato al capitolo precedente, la membrana del telefono riprodurrà le identiche vibrazioni acustiche.

Ma mentre — come abbiamo detto — il trasmettitore non è reversibile se non in condizioni speciali, ed in ogni caso la riproduzione dei suoni fatta dai microfoni è sempre molto debole, il telefono invece è reversibile per sua natura e funziona, in principio, ugualmente bene come trasmettitore e come ricevitore.

Le onde sonore che colpiscono il diaframma del telefono producono degli avvicinamenti e degli allontanamenti del medesimo al polo del magnete rinforzandone o indebolendone il magnetismo; per ciò esse inducono delle correnti nelle spirali che avvolgono la estremità polare, e tali correnti inviate nella bobina di un secondo apparecchio identico permettono di riprodurvi i suoni del primo.

Una analisi elementare del fenomeno di trasmissione così realizzato mediante due telefoni (uno trasmettitore, l'altro ricevitore) conduce facilmente a dedurre che se si trascura il ritardo della corrente sulla f. e. m. causato dall'autoinduzione del circuito, nel momento in cui

la membrana del primo passa per la posizione mediana, la membrana del secondo è ad uno degli estremi della vibrazione; fra questi due movimenti alternativi esiste dunque uno spostamento di fase di quasi un quarto di periodo, chiamando *periodo* il tempo necessario ad uno degli organi mobili per ritornare alla posizione di partenza, dopo aver percorso l'intero cammino.

I telefoni comunemente adoperati si possono dividere in due grandi categorie: quella dei telefoni *unipolari* e quella dei *bipolari*. I primi sono caratterizzati dalla presenza di un magnete rettilineo davanti ad uno dei poli del quale è collocata la membrana. I secondi invece sono essenzialmente costituiti da una calamita piegata a ferro di cavallo molto allungato. In tal caso i due poli portano una bobina ciascuno.

I tipi del commercio non presentano differenze importanti; essendo solo modificata la forma — più che altro — delle varie parti, e specialmente della scatola che serve di impugnatura. Noi ne descriveremo alcuni.

Telefono Bell unipolare.

Questo telefono (v. fig. 19) è composto essenzialmente di un magnete diritto *M* lungo circa 11 centimetri costituito da quattro sbarre separatamente magnetizzate e coi poli affacciati. Fra esse è fissata una estremità polare *P* che termina in un pezzo cilindrico del diametro di 6 mm. circa intorno a cui è disposto un rocchetto di legno del diametro esterno di circa 26 mm. e dell'altezza di 1 cm. circa. All'altra estremità è pure montato fra le sbarre magnetizzate un pezzo *Q* foggiato in modo da appoggiarsi contro il fondo della custodia di ebanite *A* e da ricevere una vite *E* che tiene in posto il magnete.

Il rocchetto, su cui è avvolto un filo i cui capi sono

fissati ai morsetti *J J* (resistenza dell'avvolgimento circa 75 Ohm) si trova dalla parte del padiglione *B* avvitato alla custodia, il quale tiene in posto una membrana metallica *D*, verniciata alla parte anteriore, del diametro di circa 58 millimetri e di $^1/_4$ di millimetro circa di spessore. Il diametro della porzione di membrana libera di oscillare, è di circa 45 mm. La lunghezza totale dell'istrumento è 18 cm. circa e il suo peso varia da gr. 200 a 250.

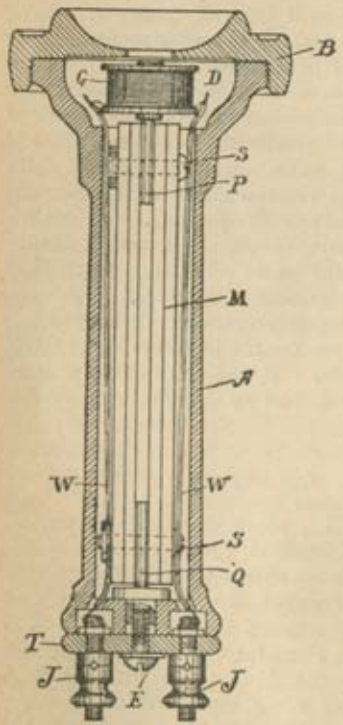


Fig. 19.

Telefono Bell bipolare.

In una custodia *A* (v. fig. 20) munita di un padiglione *B*, dietro il quale è disposta una membrana metallica *D*, è collocato un magnete a ferro di cavallo costituito da due paia di sbarre separatamente magnetizzate *F F* e *F' F'* unite da un blocco di ferro dolce *I* ad una estremità, fissato alla custodia

mediante una vite *E* la quale serve altresì alla regolazione della distanza fra il magnete e la membrana metallica. All'altra estremità è disposto fra le branche del magnete un pezzo di ebanite *H* e fra questo e cia-

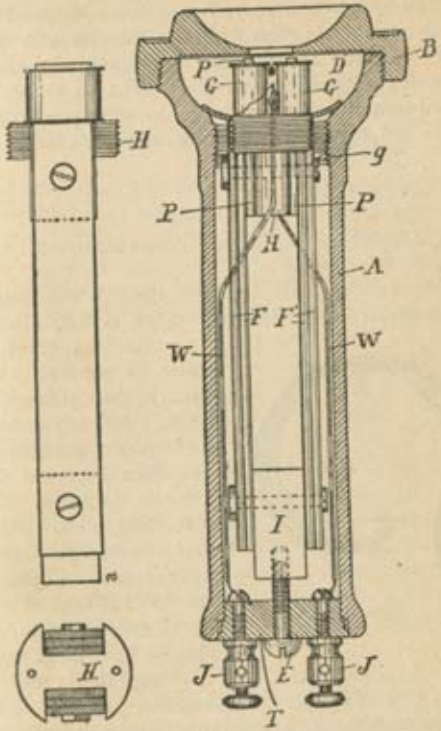


Fig. 20.

scuna delle branche è interposta un'estremità polare. Queste hanno una sezione di mm. 15 × 2, sporgono nella parte più larga della custodia giungendo assai vicino alla membrana metallica e sono circondate ciascuna da una bobinetta oblunga avvolta con filo proveniente da uno dei morsetti *f* dell'apparecchio. La resistenza di ciascuna bobina è di circa 50 Ohm. Le dimensioni generali dell'apparecchio sono presso a poco le stesse del telefono unipolare, ma pesa circa 100 gr. di più.

Telefono a cuffia (per commutatoristi).

Consiste (v. fig. 21) di una scatola di alluminio del diametro esterno di 55 mm. circa e dell'altezza di 17 mm. circa, che porta a guisa di coperchio un ordinario padiglione acustico da telefono; questo tiene in posto una membrana metallica di 52 mm. di diametro e $^1/_6$ di mm. di spessore. Sul fondo della scatola è fissato mediante viti il magnete, costituito da un anello di 47 mm. di diametro esterno, 10 mm. di larghezza e 3 mm. circa di spessore. Agli estremi di un diametro dell'anello sono fissati due pezzi diritti che vengono verso il centro e si ripiegano verso la membrana; hanno la sezione di mm. 10 × 2 e portano due bobinette avvolte con filo che fa capo a due serrafili disposti all'esterno della scatola. A questa possono essere fissate mediante una vite due molle d'acciaio piegate a cerchio che, opportunamente disposte e adattate, formano una cuffia rudimentale colla quale l'apparecchio viene comodamente fissato all'orecchio dell'operatore. Le estremità libere delle molle si riuniscono sotto a un bottone imbottito e guarnito di pelle, del diametro di circa 35 mm. che si appoggia alla tempia dell'operatore.

Fig. 21.

Telefono Berliner.

In questo telefono il padiglione e la membrana hanno dimensioni alquanto maggiori che nel tipo precedentemente descritto. La distanza della membrana dalle bobine si regola avvitando più o meno la custodia che porta la membrana, sul fondo filettato della scatola, e fissandola nella posizione voluta mendiante una ghiera filettata.

I *microtelefoni* sono una combinazione puramente meccanica di un microfono e di un telefono circolare che per comodità di chi usa l'apparecchio, sono disposti alle estremità di un manico di ebanite lungo circa 25 cm. Impugnando questo manico e disponendolo in modo che il telefono sia vicino all'orecchio, l'imboccatura del microfono viene a trovarsi a qualche centimetro dalla bocca dell'operatore; l'apparecchio è munito di lungo cordone flessibile in modo che la conversazione può farsi stando seduti ad uno scrittoio od anche aggirandosi per una stanza.

Di fronte alla semplicità della teoria elementare del funzionamento del telefono, quale fu da noi presentata al principio di questo capitolo, e che fu enunciata tale e quale dallo stesso Bell, e di fronte alla semplicità costruttiva dell'apparecchio, costrurre un *buon* telefono è cosa ben diversa dal fare un telefono. Sono molte

le quistioni di dettaglio che i pratici hanno dovuto affrontare, e se l'esperienza è riuscita a dirci l'ultima parola, dobbiamo purtroppo riconoscere — come già dicemmo per i microfoni — che la teoria ben poco vi ha contribuito.

Non sarà però inutile una breve e complessiva esposizione delle difficoltà vinte.

7. — La membrana.

La membrana è soggetta a delle azioni esterne destinate a farla entrare in vibrazione, e poichè essa ha anche un periodo proprio di oscillazione che dipende dalle sue dimensioni e dalla sua natura e costituisce il suo *suono* fondamentale, così i costruttori devono preoccuparsi di rendere minima l'azione perturbatrice di tale suono fondamentale la quale consiste essenzialmente nell'alterare il timbro dei suoni trasmessi sovrapponendosi ai medesimi. A limitare questo effetto contribuisce notevolmente la proprietà che le vibrazioni proprie della membrana sono facilmente ammortite dalla sua forma medesima, e che solitamente il suo suono fondamentale appartiene ai toni più alti della voce umana, dal che nasce una trasmissione migliore di quella concessa a membrane di suono fondamentale basso.

Perchè poi il diaframma vibri non soltanto con lo stesso tono della causa agente ma anche ne riproduca con fedeltà il timbro, occorre che le ampiezze delle vibrazioni si mantengano equabilmente proporzionali alle forze agenti, ossia il rapporto fra l'ampiezza all'origine e l'ampiezza all'arrivo di ognuno dei singoli suoni componenti rimanga immutato per tutti.

A ciò si prestano tanto meglio le membrane in generale quanto più grande è la loro elasticità e più piccola l'inerzia; ora siccome per ottenere effetti intensi converrebbe aumentare le forze agenti e quindi anche le dimensioni delle membrane, e con esse l'inerzia, ed al di là di certi limiti le ampiezze di vibrazione crescono meno rapidamente delle forze agenti, così se ne deduce che *la forza* o *intensità* della trasmissione nei telefoni magnetici è in certo modo contraria alla *chiarezza* o *fedeltà* della medesima.

Devesi però ritenere che la chiarezza sia di gran lunga più importante, perchè se la potenza della trasmissione è desiderabile, pure non è assolutamente necessaria.

Tuttavia quando il telefono funziona da trasmettitore si usano membrane più spesse e più pesanti, le quali non sarebbero adatte per i ricevitori perchè la causa delle vibrazioni non è più in questi ultimi il suono della voce, ma è costituita dalle correnti circolanti nella bobinetta polare, e queste correnti hanno certamente una energia mille volte minore [1].

Le dimensioni che il Wietlisbach indica come più vantaggiose, sono: mm. 50 a 60 di diametro per i ricevitori e mm. 80 a 90 per i trasmettitori. Lo spessore dovrebbe dipendere dalla intensità del campo magnetico in cui la membrana è immersa. Solitamente è di mm. $0{,}2 \div 0{,}3$ per ricevitori e mm. 0,4 per trasmettitori.

Nella costruzione effettiva del telefono interessa assai che la membrana sia piana, liscia, non arrugginita, di spessore uniforme, e che essa appoggi completamente su tutta la periferia. Per difenderla dalla ruggine essa è solitamente verniciata all'esterno, ma di uno strato il più leggero possibile ed uniforme.

La membrana è costituita generalmente di lamierino di ferro dolce. Si sono adoperati anche altri metalli in

[1] Secondo Siemens tale energia sarebbe 10.000 volte minore.

sostituzione, ma naturalmente l'effetto che si ottiene a parità di causa, è molto minore.

Sulla influenza della natura della membrana, delle sue dimensioni, del suo suono fondamentale, del suo montaggio, ha eseguito esperimenti sistematici importantissimi il Mercadier. Le sue conclusioni si possono così riassumere:

Per ogni determinato campo magnetico esiste uno spessore ed un diametro di membrana che dànno il massimo effetto utile.

Fra tutti i metalli il preferibile è il ferro dolce.

Il suono fondamentale della membrana conviene sia il più alto possibile.

8. — Il campo magnetico.

Teoricamente presenta molto interesse la determinazione dello spessore e del diametro della membrana in funzione della intensità del campo in cui deve agire. Ma la determinazione analitica di tali elementi si presenta così complessa che vano sarebbe tentarne la soluzione. Si fecero invece molti esperimenti importanti. Il Mercadier, tenendo costante il magnete e variando lo spessore della membrana riescì a dimostrare come effettivamente il massimo di sensibilità nei ricevitori sia ottenuto con un certo determinato spessore.

La cosa si può spiegare osservando che al di sotto di tale valore per la eccessiva saturazione magnetica le variazioni prodotte dalle correnti della bobina rapportate al valore dell'induzione magnetica perdono ogni importanza; ed al di sopra — quantunque cotesto rapporto diventi più grande — l'inerzia della membrana è quella che si oppone alla sensibilità.

È notevole di rilevare la grande analogia di forma tra i diagrammi sperimentali del Mercadier che dànno

la sensibilità di un telefono in funzione dello spessore della membrana (o — ciò che fa lo stesso — dell'induzione magnetica media della medesima) ed i diagrammi che dànno la variazione della permeabilità in funzione della forza magnetizzante.

Esperimentando sul telefono impiegato come trasmettitore il Cross ha tracciato dei diagrammi che dànno l'intensità della corrente indotta nella bobina in funzione della intensità del campo magnetico; tali diagrammi hanno grande analogia con la curva della permeabilità in funzione dell'induzione.

Seguendo la via tracciata dal Wietlisbach è facile persuadersi che la forza con cui una membrana è allontanata dalla posizione d'equilibrio che essa occupa rispetto al magnete per effetto delle correnti che percorrono il rocchetto avvolto sulla estremità polare del medesimo, è proporzionale al prodotto delle intensità del momento magnetico permanente e del momento variabile.

Esattamente la relazione sarebbe:

$$F = k(2M + m)m$$

dove M rappresenta il momento magnetico permanente, m il momento magnetico variabile e k è la costante d'induzione magnetica; ma se M è molto grande rispetto ad m (praticamente ciò è sempre vero) si può scrivere:

$$F = 2 k m M.$$

Questa formola può servire egregiamente a spiegare alcune delle affermazioni più indietro fatte.

Se fosse invece $M = 0$ si avrebbe $F = km^2$; e se $m = 0$ sarebbe $F = zero$, cioè la membrana rimarrebbe deviata di una quantità costante.

Nel caso di M grande rispetto ad m, la F varia nello stesso modo con cui varia il momento m, e se tale

momento dipende da correnti alternative anche F cambia di segno e di intensità *colla identica frequenza*, e la membrana oscillerà dall'una e dall'altra parte della posizione di equilibrio.

Nel caso di $M = 0$ la forza F sarebbe invece sempre attrattiva anche quando m avesse cambiato di segno, per cui la membrana oscillerebbe da una parte sola della posizione d'equilibrio; il suo spostamento diventerebbe massimo tanto negli istanti in cui m è massimo positivo quanto negli istanti in cui è massimo negativo, e quindi le oscillazioni della membrana avrebbero frequenza doppia di quella delle correnti agenti.

Il primo caso, cioè M grande rispetto a m, è quello interessante per la pratica.

Perchè il funzionamento del telefono sia il migliore possibile, interessa che le variazioni magnetiche abbiano a disperdere la minor quantità possibile d'energia. Per ciò è norma comunemente seguita di munire l'estremità polare della sbarra magnetica con un nucleo di ferro dolcissimo il quale, come è noto, è il migliore fra i materiali magnetici; per la stessa ragione è necessario che la membrana sia di ferro dolce, come più sopra si disse.

È quasi generalmente adottato, ormai, il telefono bipolare in cui le due estremità polari del magnete piegato a ferro di cavallo molto allungato sono entrambe affacciate alla membrana e ciascuna è rivestita di una bobina.

La ragione di tale preferenza non è tanto nella maggior sensibilità del telefono — perchè identica si potrebbe ottenere con un polo solo più che doppiamente potente — quanto nella migliore magnetizzazione della membrana che ne è la conseguenza. Ma non è indifferente di avvolgere sui nuclei di ferro dolce delle bobine di forma qualunque. Poichè tali bobine devono esser percorse da correnti debolissime non si guadagna molto nell'aumentare il numero degli avvolgimenti che interessa invece siano il più possibile vicini al nucleo di ferro dolce; solitamente esse hanno una resistenza di 75 ÷ 100 Ohms ciascuna, e constano di filo di 10 ÷ 15 centesimi di mm. di diametro.

9. — Sensibilità del telefono.

È consuetudine di confondere, parlando di tale sensibilità, due idee e due fatti perfettamente distinti. Altro è la minima corrente *sufficiente* a suscitare un suono nel telefono senza limitazione di tempo, altro è invece la corrente *necessaria* a portare prontamente il telefono in vibrazione, com'è richiesto per una buona riproduzione della parola. Per ciò che riguarda la sensibilità galvanoscopica, diciamo, del telefono, essa è veramente sbalorditiva. Quantunque i diversi sperimentatori non diano risultati concordanti data l'estrema piccolezza della quantità da misurare, pure si può ritenere che una corrente di un centomillesimo di microampère sia ancora apprezzabile col telefono nel senso che essa basti a produrre, in un tempo più o meno lungo, un movimento oscillatorio della membrana percepibile dall'orecchio.

Pellat ha calcolato che l'energia necessaria a mantenere tale debolissimo suono diventa uguale ad una caloría soltanto dopo un funzionamento ininterrotto di diecimila anni.

Ma per ciò che si riferisce alle necessità della audizione comune, le bobine del telefono devono essere percorse da una corrente molto maggiore, che si può ritenere sia dell'ordine di un decimo di milliampère.

10. — Movimenti della membrana.

La stessa grande disparità di risultati, anzi forse una maggiore, regna nella conoscenza dell'ampiezza di vibrazione della membrana.

I metodi impiegati per tale ricerca, la quale presenta un interesse esclusivamente teorico, sono svariati, e necessariamente tutti ingegnosi.

Fröhlich, che occupa forse il primo posto fra coloro che si dedicarono a tali pazienti determinazioni, ricorse a due disposizioni distinte.

Secondo una di queste egli raccoglieva su uno specchio girante le vibrazioni di una fiamma opportunamente alimentata col gas illuminante passante attraverso un piccolo serbatoio di cui una parete era costituita da una membrana telefonica; secondo l'altra disposizione egli proiettava un raggio luminoso su uno specchietto fissato alla membrana, dirigendo il raggio riflesso su uno specchio poligonale girante con velocità tale da far apparire immobili sul medesimo le curve rappresentative del movimento della membrana. La velocità di rotazione dà la periodicità del movimento; la forma della curva immobile dà invece la forma della vibrazione della membrana.

L'ufficio tecnico del Ministero delle poste tedesco ricorse invece alle striscie di interferenza con un metodo che non interessa di descrivere, ed a cui ricorse anche un fisico americano: Barus.

I risultati ottenuti variano da 0,000052 mm. (Ministero tedesco) a 0,00001 (Barus) a 0,035 (Fröhlich). L'incertezza è grande perchè tanto la prima che la terza cifra si riferirebbero, secondo gli sperimentatori, a suoni della conversazione comune.

11. — Teoria del telefono.

Analiticamente il problema della trasmissione telefonica può essere studiato da un duplice punto di vista. Col primo si considera esclusivamente il comportamento meccanico della membrana di fronte alla forza esterna che sulla medesima agisce, e si dimostra che le vibrazioni della membrana constano, in linea generale, della sovrapposizione di due movimenti, uno corrispondente alla forza attiva, l'altro alla nota fondamentale propria della membrana. Col secondo [1] si esamina il comportamento elettrico della trasmissione telefonica e si giunge a dimostrare che il valore massimo della corrente variabile indotta cresce coll'aumentare della frequenza della vibrazione, cioè che i suoni alti sono meglio trasmessi dei suoni bassi, e che perciò la trasmissione non può teoricamente essere perfetta. La imperfezione sarebbe tanto minore quanto minore è la resistenza della linea e maggiore invece la sua induttanza.

Il Wietlisbach ha calcolato una tabella che indica le ampiezze relative dei suoni trasmessi con diverso numero di vibrazioni su linee aventi induttanza costante di *un quadrante* e resistenza rispettivamente di 100, 1000 e 10.000 Ohm.

---

[1] Vedi l'appendice in fondo al volume.

Ecco la tabella in discorso che riportiamo perchè molto istruttiva:

Numero delle vibrazioni al 1"	RESISTENZA		
	100 Ohm	1000 Ohm	10000 Ohm
65	0,97	0,39	0,04
125	0,99	0,62	0,08
250	1,—	0,84	0,16
500	1,—	0,95	0,31
1000	1,—	0,99	0,53
2000	1,—	1,—	0,79

Per apprezzare l'importanza del diverso indebolimento che una stessa linea produce sui diversi toni, conviene ancora aggiungere che l'intensità dei suoni riprodotti è proporzionale al quadrato dell'ampiezza delle oscillazioni.

Non si deve però prendere alla lettera e senza precauzione l'insegnamento che dalla teoria deriverebbe, quello cioè di aumentare la induttanza per diminuire l'imperfezione, perchè la pratica ha mostrato che in tal modo si creano inconvenienti di altra natura ma di importanza — non che paragonabile — superiore a quelli dovuti alla resistenza — come avremo occasione di dire brevemente nel seguito.

Abbiamo così esposto succintamente quanto credevamo indispensabile. Dovremmo ora completare il capitolo con l'indicazione *di criteri di scelta dei tipi*. Ma qui proprio i criteri sono poco caratteristici. Però si

tenga presente che il telefono bipolare ha quasi dappertutto sostituito il monopolare; che ad evitare facili sregolazioni che portino troppo lontana o troppo vicina alle estremità polari la membrana di ferro dolce, sono preferibili le custodie metalliche e in ogni caso conviene che il magnete sia fissato alla scatola esterna in un punto vicino il più possibile al diaframma e libero all'altra estremità; che la resistenza di ciascuna bobina magnetizzante non deve superare 100 Ohm; che il magnete deve essere il più perfetto possibile; che infine, volendosi eseguire degli esperimenti di confronto sulla bontà della trasmissione, bisogna procedere con le stesse cautele indicate per i microfoni.

Quando il telefono deve funzionare su una linea montata in prossimità di linee elettriche per trasporto d'energia a potenziale notevole, conviene adottare dei tipi di ricevitori in cui la scatola esterna consti di ebanite e non sporga alcun pezzo metallico. Molti di questi tipi sono stati studiati negli ultimi anni; notevoli sono le disposizioni della Siemens, della casa Berliner di Hannover, della Ericsson di Stoccolma, della Western, ecc. Grande cura deve essere infine portata al cordoncino flessibile unito al telefono, perchè costituisce una delle più frequenti cause di guasti — guasti caratterizzati da una natura capricciosa perchè scompaiono e riappaiono pel più piccolo movimento del cordoncino.

CAPITOLO III.

Apparecchi trasmettitori e ricevitori della chiamata

Abbiamo già brevemente spiegata la necessità che al telefono e al microfono siano accoppiati degli apparecchi che permettano di effettuare la chiamata e di riceverne l'avviso.

Ora vogliamo dire brevemente della loro natura, costruzione e funzionamento.

12. — Trasmettitori di chiamata.

Gli apparecchi trasmettitori sono sostanzialmente dei generatori di elettricità. Sul principio si ricorse alle ordinarie pile e parve geniale la soluzione in quanto permetteva di utilizzare la stessa sorgente tanto per la chiamata che per il microfono; ma l'aumento della distanza di trasmissione fece ben presto comprendere la necessità di separare nettamente i due organi generatori separandone conseguentemente il circuito locale, e solo ritenendo comune la linea. Attualmente la chiamata è quasi universalmente fatta sia dalle singole poste di abbonato sia dall'ufficio di commutazione, mediante macchine magneto-elettriche. La figura 22 rappresenta chiaramente uno di tali generatori.

Si tratta di una minuscola dinamo in cui il campo induttore è costituito da due o più magneti permanenti a foggia di *U* tra le estremità polari dei quali, munite di espansioni cilindriche di ferro dolce, può girare una armatura Siemens a doppio *T* su cui è avvolto il filo indotto. Per effetto della rotazione in ognuna delle spire avvolte sul nucleo si sviluppa una f. e. m. la quale cambia di segno due volte per ogni giro. Le f. e. m. di tutte le spire si sommano, e nei buoni tipi usati nei moderni apparecchi, colla velocità di rotazione ottenibile col movimento a mano della coppia di ingranaggi di cui essi sono muniti si può avere agli estremi della bobina una differenza di potenziale variabile da 45 a 70 Volts con una frequenza di 6 ÷ 10 cicli al secondo circa.

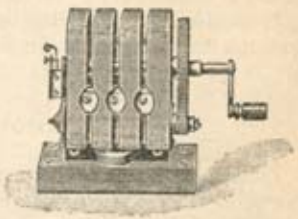


Fig. 22.

La bobina ha solitamente da 400 a 650 Ohm di resistenza, il diametro del filo è di mm. 0,15 a 0,20 il numero delle spire da 4000 a 6000, e la occorrente intensità del campo magnetico è ottenuta con tre magneti.

I generatori magneto-elettrici quantunque incaricati di una funzione importante a predisporre la conversazione pure non presentano difficoltà o fenomeni degni di rilievo. Le norme che devono presiedere alla loro costruzione sono in generale quelle stesse che reggono la costruzione di tutte le dinamo.

Si deve dunque cercare la bontà e la permanenza dei magneti; la piccolezza dell'intraferro; la dolcezza del ferro di cui consta l'armatura, meglio ancora se questa consterà di un pacco di lamierini; il buon rivestimento del filo indotto, ecc.

Solo essi devono essere costruiti in modo che allo stato di riposo l'avvolgimento indotto sia in corto circuito sulla massa, e che tale corto circuito sia automaticamente interrotto durante il movimento di rotazione.

Il motivo di tale dettaglio ed i modi di realizzarlo saranno brevemente indicati nel capitolo seguente.

13. — Ricevitori di chiamata.

Quanto ai ricevitori, presso le singole poste telefoniche si ricorre esclusivamente ad avvisatori acustici, i quali cioè producono alla stazione ricevitrice un suono che attiri l'attenzione di chi è chiamato, ed essi sono altresì impiegati nei piccoli uffici centrali di commutazione, segnatamente quelli che disimpegnano il servizio telefonico interno in uno stabilimento od amministrazione qualsiasi. Ma negli uffici di commutazione per servizio pubblico, la segnalazione della chiamata è esclusivamente ottica e quanto più è possibile silenziosa, chè non potrebbesi tollerare il frastuono che deriverebbe dalla contemporaneità di molte chiamate, specie nei grandi uffici.

Tanto nell'uno quanto nell'altro caso però, almeno per la grande maggioranza degli impianti moderni, si tratta di utilizzare pel segnale la corrente alternata prodotta dalla magneto-elettrica. Se si vuole ottenere una segnalazione acustica si costruiscono perciò delle suonerie *a nucleo polarizzato*. La figura 23 ne mostra un tipo. Constano essenzialmente di un elettro-magnete a ferro di cavallo sulle cui branche sono avvolte, in senso contrario, come al solito, due bobine; esse hanno complessivamente una resistenza di 150 Ohm circa, e sono percorse dalla corrente alternata del generatore magneto-elettrico.

Davanti ai due poli può oscillare a guisa di bilancere, intorno a un asse normale alla direzione dei nuclei, una armatura di ferro dolce la quale porta un martelletto che oscillando può urtare contro due timpani che lo fiancheggiano. Una piccola calamita a *C* provoca la polarizzazione del nucleo dell'elettro-magnete i poli del quale acquistano un identico nome con l'opportuna disposizione della calamita; questa infatti ha una delle branche del *C* avvitato (v. fig. 23)

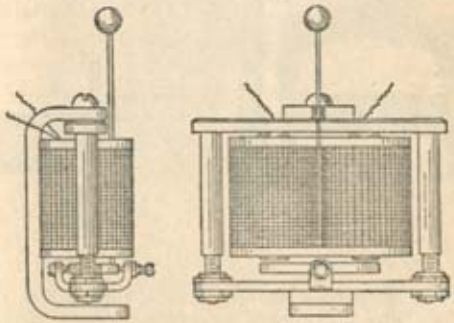


Fig. 23.

sul punto di mezzo del giogo dell'elettro-magnete, mentre l'altra branca è libera. La branca libera costituisce quindi uno dei poli mentre l'altro si biforca nei due nuclei delle bobine. Quando la corrente del generatore percorre la spirale dell'elettro-magnete, essa tende alternativamente a rinforzare l'uno o l'altro dei suoi estremi indebolendo rispettivamente il secondo od il primo; talchè l'armatura risente alternativamente un effetto di attrazione e ripulsione che la obbliga ad oscillare provocando lo scampanio. Le dimensioni principali dell'apparecchio sono le seguenti:

La calamita permanente è una sbarra di 100 mm. circa di lunghezza, della sezione di 20×2,5 mm., piegata a *C* in modo che la distanza fra le branche è di circa 48 mm.; il diametro delle bobine è di circa 25 mm. quello dei loro nuclei di 8,5 mm. circa; la lunghezza è di 32 mm. circa. L'armatura oscillante misura circa 37 × 10 × 2,5 millimetri. La lunghezza del *trembleur* è di 70 mm. circa. La fig. 24 tolta dal Kempster Miller mostra chiaramente la forma del campo magnetico che si viene a creare se l'elettro-magnete non ha forma di ferro di cavallo ma è rettilineo.

Fig. 24.

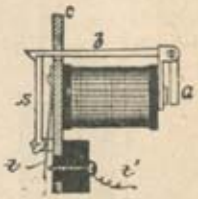


Fig. 25.

Se si vogliono invece ottenere delle segnalazioni ottiche, come accade agli uffici di commutazione, l'elettro-magnete è solitamente rettilineo ed orizzontale.

L'armatura (v. fig. 25) è imperniata alla sua parte superiore, e porta saldata, normalmente al proprio piano, un'asticina terminante a guisa di uncinetto. Questo tiene rilevato, agganciandolo, un cartellino montato all'altra estremità dell'elettro-magnete; sollevando l'uncino (e tale sollevamento è provocato dalla corrente che percorre la bobina) il cartellino gira intorno al proprio asse di rotazione e si rovescia lasciando vedere la faccia polare che prima era nascosta, e sulla

quale è solitamente scritto un numero. Per questo motivo l'avvisatore della figura 25 è anche chiamato dai pratici *un numero;* questo numero poi è precisamente quello che distingue la linea su cui l'apparecchio è inserito. Quando molti di simili apparecchi sono montati

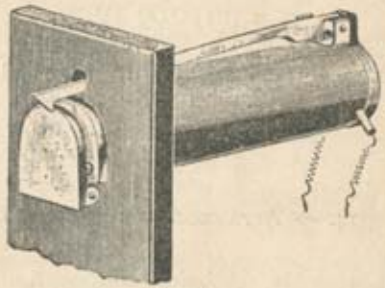


Fig. 26.

vicini l'uno all'altro, come la strettezza dello spazio impone sulle tavole di commutazione, per effetto della impedenza di ciascuno e del fatto che il circuito magnetico non è chiuso, accade che le conversazioni che attraversano un circuito sono spesso udite in un altro. Per evitare simile inconveniente, che — si noti bene — è proprio degli avvisatori così detti *fine di conversazione,* di cui diremo più avanti, se ne costruiscono dei tipi in cui esternamente alla bobina è infilato un tubo di ferro chiuso ad una estremità e che dall'altra, per effetto della armatura, viene pure ad essere quasi completamente chiuso. Il circuito magnetico di tali elettro-magneti (v. fig. 26) elimina il lamentato inconveniente.

Quando ci occuperemo delle tavole di commutazione, accenneremo ad altri tipi di avvisatori di chiamata.

CAPITOLO IV.

L'apparecchio telefonico e gli apparecchi ausiliari

14. — Apparecchio telefonico.

Un apparecchio telefonico, altrimenti detto anche posta telefonica, è necessariamente costituito degli apparecchi trasmettitori e ricevitori della chiamata e della conversazione, cioè: di un microfono con la relativa bobina d'induzione e la pila, di un telefono, di un generatore magneto-elettrico, di un avvisatore di chiamata.

Per formarsi un'idea chiara del come tali elementi devono essere collegati fra loro, basterà tener presente:

a) che naturalmente conviene utilizzare tanto per la chiamata quanto per la conversazione una sola linea;

b) che per quanto abbiamo detto e vedremo meglio nel seguito, interessa ridurre al minimo la resistenza e l'induttanza del circuito di trasmissione epperciò conviene eliminare, quando si parli, gli apparecchi di chiamata.

Gancio commutatore.

Il problema si può dunque risolvere con un deviatore il quale consenta di lasciare la linea inserita sull'avvisatore *in via normale*, di metterla sul generatore *per chiamare*, e sugli apparecchi di conversazione *per corrispondere*. Per non complicare fuori misura la soluzione, si possono ridurre le posizioni del commutatore o deviatore a due sole, mettendo in serie il generatore e l'avvisatore, ma per non dover in tal caso vincere soverchia resistenza nel chiamare, si deve munire il generatore di un corto circuito finchè esso sta in riposo, ed ecco la ragione della disposizione accennata nell'ultimo capitolo.

Per ottenere poi che la commutazione avvenga senza alcun atto volitivo del corrispondente, la manovra del deviatore è fatta dal peso del ricevitore che necessariamente deve portarsi all'orecchio per ascoltare. Il deviatore è perciò generalmente costituito da una leva metallica un estremo della quale, foggiato a bidente, può sostenere il telefono. Quando questo è appeso, il *gancio commutatore* (è questo il nome tecnico di tale leva) stabilisce la conversazione fra la linea e il gruppo degli apparati di chiamata. Staccando il telefono dal gancio, questo — per l'azione di una molla — stabilisce il collegamento fra la linea e gli apparecchi di conversazione. Oltre a questo, il gancio adempie ad un altro importante ufficio: nella posizione di riposo esso rompe il circuito del microfono e nella posizione di lavoro lo chiude, per la qual cosa la pila è ridotta a funzionare nel solo tempo per quale dura la conversazione.

Due schemi generali di collegamento possono essere seguiti per realizzare i circuiti come sopra si disse.

Col primo, che è rappresentato dalla fig. 27, il gancio, quando stabilisce il contatto con la soneria ed il generatore, *rompe* il contatto col circuito del telefono e viceversa.

Col secondo, che è rappresentato dalla fig. 28, il gancio, quando stabilisce la comunicazione con la soneria ed il generatore, *mette in corto circuito* il telefono — e viceversa — mediante un filo di piccola resistenza.

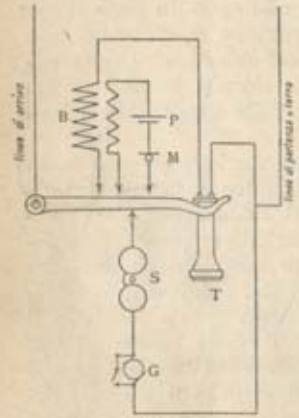


Fig. 27.

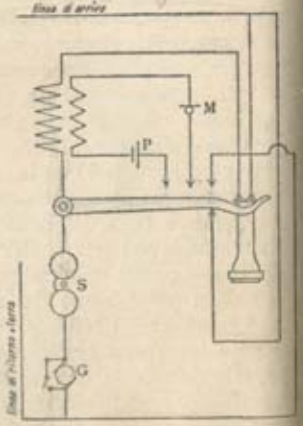


Fig. 28.

Il primo metodo presenta, teoricamente, lo svantaggio che un contatto imperfetto fatto dal gancio guasta la conversazione e la chiamata, e può renderle impossibili.

Il secondo invece ha il vantaggio teorico che un contatto imperfetto non impedisce la conversazione nè la chiamata, perchè il circuito è continuo; praticamente

tanto l'uno che l'altro metodo sono indifferentemente

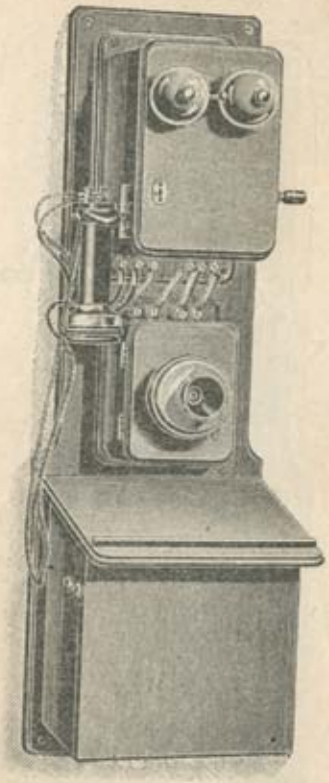


Fig. 29.

adoperati e se la costruzione è accurata, il primo metodo vale quanto il secondo.

Le figure 29, 30 e 31 dànno l'idea dell'aspetto esterno ed interno di un apparecchio telefonico completo.

Fig. 30.

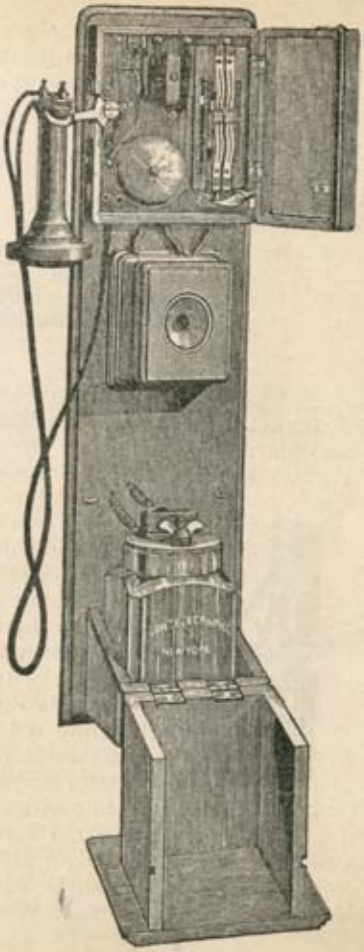


Fig. 31.

L'organo meccanico più importante è senza dubbio il *gancio commutatore*. Sono numerosissimi i tipi adottati. Nei migliori, i contatti sono muniti di dischettini

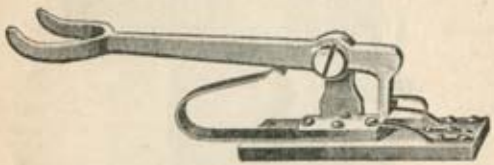


Fig. 32.

di platino. È importante che per disposizione costruttiva il contatto sia stabilito mediante sfregamento di una parte rispetto all'altra, principalmente se non è usato il platino; in tali casi conviene anche che i due metalli siano diversi; una buona combinazione è ottenuta usando molle d'argentana e facendo il gancio di ottone. È pure importante che il circuito non sia completato attraverso il pernio del gancio per eliminare la resistenza di contatto sempre malsicura in tali posizioni ed a questo scopo è raccomandabile di saldare un corto filo flessibile a guisa di ponte fra la leva e il sopporto del pernio. Le figure 32 e 33 mostrano due tipi di ganci commutatori con le relative molle.

Fig. 33.

Shunt automatico.

Abbiamo più sopra accennato all'opportunità, ormai tramutatasi in necessità, di munire il generatore di un corto circuito che si rompa automaticamente all'atto di mettere in movimento l'armatura. Molti sistemi sono usati per raggiungere questo scopo, ed ognuno potrebbe inventarne al bisogno.

Solitamente si procede così: uno dei capi del filo indotto è saldato all'asse metallico della parte girante,

Fig. 34.

l'altro è saldato ad un anello metallico terminante a guisa di punta l'alberello medesimo ma isolato dalla massa mediante osso o ebanite o fibra, come è mostrato nella figura 34. Contro la punta isolata appoggia permanentemente una molla che funziona da collettore (v. fig. 35). L'estremo connesso alla massa è rappresentato con la lettera *a'* nella figura 36; l'altro estremo è rappresentato con la lettera *a*. L'albero della ruota dentata che trasmette il movimento al pignone porta un piolo *p* che si appoggia contro una incavatura del mozzo della ruota dentata; questa, per una piccola porzione di giro, è folle sull'albero a cui è legata soltanto pel piolo *p*; l'albero inoltre è permanentemente sollecitato, dalla molla spirale che si vede nella figura, ad appoggiarsi contro la molla *O* sicchè allo stato di riposo l'albero *S* forma corto circuito sull'indotto. Ma

appena si giri la manovella il piolo *p* scorre nella cavità in cui è allogato e vince l'azione della molla ossia

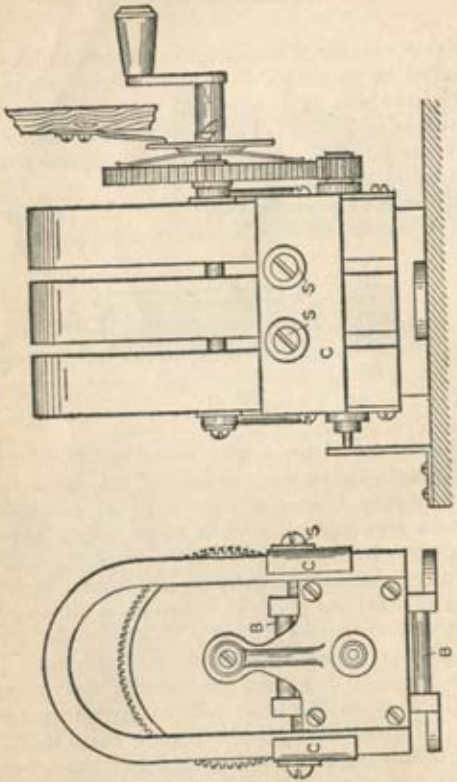


Fig. 35.

rompe il contatto con *O* e quindi interrompe il corto circuito.

La figura 37 mostra un altro tipo di *shunt* automatico che è comprensibile senza spiegazioni.

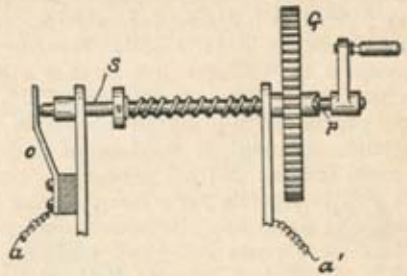


Fig. 36.

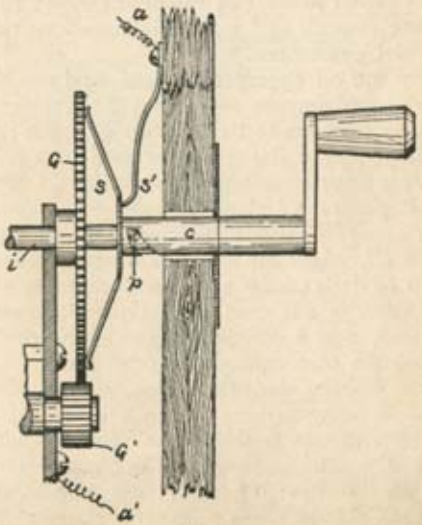


Fig. 37.

Abbiamo detto che le figure 27 e 28 rappresentano i due schemi di connessione più diffusi degli apparecchi telefonici. Dobbiamo ora aggiungere che tali schemi si riferiscono ai cosidetti *apparecchi in serie*, nei quali l'avvisatore è messo in serie sulla linea, epperciò è escluso durante la conversazione oppure è messo in corto circuito. Ma vi sono degli apparecchi in cui le connessioni procedono alquanto diversamente, per renderli specialmente adatti al servizio su linee che ne rilegano molti insieme. Su tali linee, che gli americani designano con la formula *party lines*, conviene moltissimo (quando ci siano apposite convenzioni per differenziare le diverse poste collegate, mediante diverse combinazioni di colpi di soneria) di inserire gli apparecchi in derivazione sulla linea nel qual caso gli avvisatori devono avere una resistenza molto maggiore, ed è bene disporli essi stessi in derivazione rispetto al circuito del generatore.

Nelle poste od apparecchi adatti a tal uso si notano dunque essenzialmente tre circuiti derivati rispetto alla linea: uno comprende l'avvisatore di molta resistenza ed è indipendente dal gancio commutatore, per cui l'avvisatore è permanentemente sulla linea. L'altro comprende il generatore al quale però deve essere applicato un apparecchio automatico che funzioni in modo contrario allo *shunt* più indietro descritto; esso deve chiudere la derivazione soltanto durante la rotazione della manovella e lasciarla aperta quando la manovella è in riposo; non è difficile pensare come simile commutazione sia meccanicamente ottenuta.

Il terzo circuito derivato, infine, comprende gli apparecchi di conversazione (secondario della bobina di induzione e ricevitore telefonico). Esso è chiuso, per scatto, dal gancio commutatore quando il telefono sia portato all'orecchio; il gancio, naturalmente, in questo movimento chiude come sempre il circuito della pila sul microfono e sul primario della bobina d'induzione.

Gli apparecchi telefonici dell'industria sono generalmente costrutti per essere appoggiati ad una parete verticale, e le disposizioni effettive dei vari elementi costitutivi si riducono a due. O si impiegano tre cassette o scatole distinte fissate su uno stesso schienale,

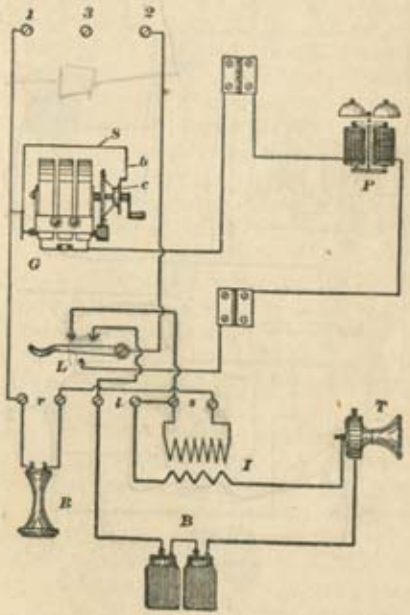


Fig. 38.

ed allora, in una sono collocati gli apparecchi di chiamata col gancio, nell'altra il microfono e la bobina, nella terza la pila. Oppure se ne impiegano due, e cioè in una si installa la pila, nell'altra tutto il rimanente, escluso il ricevitore che fa sempre da sè.

Perchè le connessioni siano facili, gli estremi dei circuiti sono sempre portati a dei morsetti collocati fuori delle cassette o dell'incastellatura. Così, essendo quasi sempre montata più in alto la cassetta del gene-

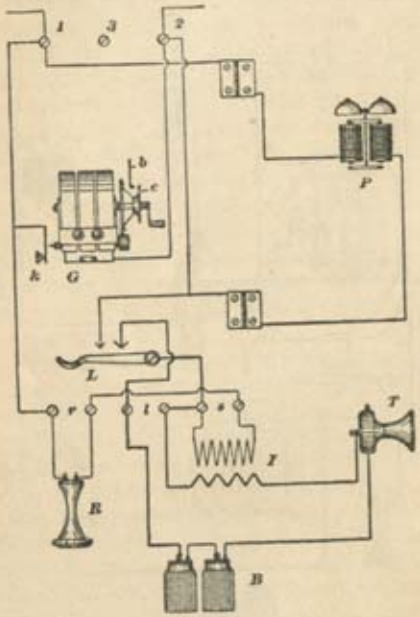


Fig. 39.

ratore, questa porta superiormente i morsetti della linea esterna che sono sempre almeno due (possono essere di più quando si desidera avere nel circuito altri avvisatori di chiamata) ed inferiormente 6 morsetti. Se in una cassetta a parte sono collocati gli apparecchi microfonici,

due sono per il ricevitore, due pel secondario della bobina, uno per un estremo del primario, il sesto per un polo della pila. Se tutti gli apparecchi sono contenuti nella cassetta del generatore allora invece di 6 morsetti, inferiormente, se ne hanno soltanto quattro: due pel telefono e due per la pila. Quando all'apparecchio siano annessi due ricevitori telefonici, questi possono essere tanto in serie che in parallelo. Per chiarire quanto abbiamo or ora detto, il lettore può osservare le fig. 38 e 39 che rappresentano le disposizioni di un apparecchio in serie e di uno in derivazione. In quest'ultimo tipo di connessione è da osservare che durante la conversazione i due avvisatori dei due apparecchi conversanti sono in derivazione sulla linea ma ad onta di ciò non deriva alcun nocumento sensibile alla trasmissione, se la loro resistenza è elevata, come più indietro si disse.

I diversi elementi che compongono la stazione telefonica sono fra loro connessi con fili di rame; è interessante che questi fili siano rivestiti di buon materiale isolante e che fin dove è possibile i contatti siano saldati o quanto meno formati stringendo insieme i due fili fra due ranelle metalliche.

La protezione dell'apparecchio dal fulmine è affidata a degli scaricatori. Generalmente essi hanno una forma a pettine e sono montati fra i due morsetti di linea alla parte superiore dell'apparecchio. La figura 40 ne mostra un tipo semplicissimo.

Negli ultimi tempi molte ditte completarono la protezione con l'uso di una piccola valvola montata allato dello scaricatore ed inserito sul filo di linea. Queste valvole dovrebbero aver l'ufficio di impedire che l'apparecchio sia danneggiato per l'eventuale contatto della sua linea con qualche filo di illuminazione o distribuzione di energia elettrica.

Esse fondono solitamente con correnti variabili da

0,3 a 0,6 Ampère, ma la loro efficacia è molto limitata, e la pratica ha ormai dimostrato che conviene riunire

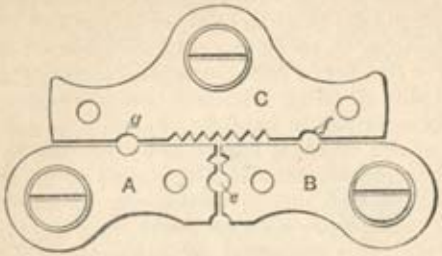


Fig. 40.

insieme gli apparecchi di protezione e montarli separati dall'apparecchio telefonico. — Ne riparleremo più avanti.

15. — Pile.

Prima di abbandonare il capitolo degli apparecchi conviene dire due parole sulle pile dei microfoni. E l'argomento merita certamente la nostra attenzione, perchè — ad onta dell'indirizzo attuale della telefonia urbana che pare tutto rivolto ai sistemi così detti *a batteria centrale*, i quali sopprimono qualche volta anche il generatore magnetico ma sempre le pile presso gli abbonati, come vedremo nel seguito — l'impiego che se ne fa negli impianti esistenti e la loro manutenzione obbligano a considerarle come una delle maggiori cause di spesa.

Abbiamo già detto che la corrente microfonica deve essere di circa 0,2 Ampère e che la resistenza del primario della bobina d'induzione è di circa 5 Ohm. Ne

deriva che potendo disporre di 1 Volt a 1,5 Volt, con le ordinarie pile, la resistenza interna delle medesime non deve oltrepassare un Ohm.

Fra le prime pile impiegate si deve certamente annoverare la Leclanché tipica — al sale ammoniaco; essa ha una forza elettro-motrice di 1,45 ÷ 1,50 Volts e se ben costruita la sua resistenza non supera 0,6 a 0,8 Ohm.

Le si rimprovera il difficile maneggio e il conseguentemente facile spandimento di liquido, ma chi scrive la ritiene meno costosa di qualsiasi altro tipo.

Di parere affatto contrario sembrano essere moltissime amministrazioni telefoniche che le preferiscono o l'uno o l'altro dei numerosi tipi di pile a secco.

Queste ultime hanno raggiunto un grado di diffusione insperato; suppergiù sono tutte identicamente costruite, e dànno infatti risultati pochissimo differenti alla sola condizione che siano assolutamente confezionate senza la più piccola goccia di acido.

È per questo che la prova pratica migliore di una pila a secco è forse quella di lasciarla in riposo qualche mese dopo l'acquisto per vedere se, trascorso questo tempo, essa è ancora in grado di dare il numero di Ampère-ora, o meglio di Watt-ora ottenibile immediatamente dopo l'acquisto. Volendo fare uno studio accurato conviene chiudere la pila in un circuito di 5 ÷ 10 Ohm e registrarne la differenza di potenziale ai morsetti in funzione del tempo, e la resistenza al principio e alla fine dell'esperienza. Questa può tralasciarsi quando la tensione si sia abbassata a 6 o 7 decimi di Volt.

La fig. 41 rappresenta tre curve ottenute eseguendo delle esperienze di questo genere.

La prima rappresenta la variazione della tensione ai morsetti di una pila a secco « Volta » chiusa su un circuito di 10 Ohm. L'esperienza è stata fatta all'Istituto Tecnico Superiore di Milano.

La seconda curva e la terza si riferiscono a due tipi di pile a secco costrutte dalla Hydra-Werke di Klosterneuburg, pure chiuse in circuito su 10 Ohm.

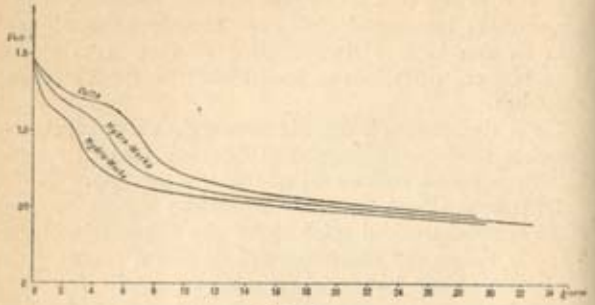


Fig. 41.

Si può ritenere che un buon elemento sia in grado di fornire corrente a un microfono di uso non esageratamente intensivo, per un anno circa.

16. — Apparecchi ausiliari.

Tra gli apparecchi ausiliari occupano certamente il primo posto, dal punto di vista pratico, quelli per la protezione contro le scariche ed i contatti con altre condutture, e le sonerie supplementari intese ad avvisare la chiamata in locali lontani da quelli del telefono.

Protettori.

La protezione contro le scariche atmosferiche non è cosa molto grave di per sè, perchè i guasti che si verificano negli apparecchi sono quasi sempre dovuti ai contraccolpi e quasi mai a fulminazioni dirette.

Si impiegano solitamente degli scaricatori a pettine come quelli rappresentati dalle fig. 42 e 43; due dei tre morsetti sono collegati ai due fili di linea, il terzo alla terra.

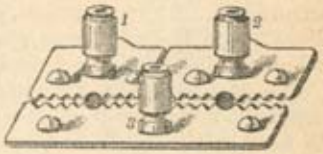


Fig. 42.

Talvolta si affacciano due lastrine striate in modo che le striature abbiano direzioni ad angolo retto e che la distanza che separa le facce prospicienti striate, sia di un decimo di millimetro o due. Una delle piastrine è collegata alla linea, l'altra alla terra.

È buono il tipo usato dalla Antwerp Telephon Mfg. Cy.: i due fili di linea sono connessi a due lastrine metalliche disposte sullo stesso piano, a fianco di una terza

Fig. 43.

che è messa a terra; gli orli affacciati delle tre lastrine sono dentati a punta e sulle tre appoggia una quarta lastrina da cui esse sono divise mediante sottile foglio di mica (0,1 mm.).

È notorio che nessun scaricafulmine può dare la sicurezza della protezione; accade quindi sovente che, pur funzionando il parafulmine, una porzione residua dell'elettricità convogliata dalla scarica attraversa ugual-

mente l'apparecchio — principalmente se il ritorno per la terra è usato a chiudere il circuito telefonico — e determina molte volte la rovina dell'apparecchio.

Ad impedire che questo accada per fusione di una porzione del sottile filo di rame di cui sono generalmente costruiti gli apparecchi, conviene di inserire sulla linea, dopo la derivazione per lo scaricatore, una porzione di filo facilmente fusibile.

Questa precauzione raggiunge anche lo scopo di proteggere l'apparecchio da eventuali contatti fra il filo di linea e altri fili di distribuzione di energia elettrica, specialmente i fili di trolley degli impianti di trazione aventi ritorno per le rotaie.

La corrente di fusione delle valvole telefoniche deve essere inferiore a tre Ampère, perchè una corrente simile può produrre la fusione del filo di rame impiegato negli apparecchi telefonici.

È assai diffuso un tipo di valvola che fonde a 0,5 ÷ 0,6 Ampère; ma se si deve riconoscere che la protezione cresce di sicurezza col diminuire la corrente di fusione, è pure da osservare che tali valvole fondono con soverchia facilità durante i temporali estivi, e causano perciò interruzioni nel servizio per sè stesse spiacevoli, giustificando con ciò l'opinione dei sostenitori di valvole meno sensibili.

Chi scrive ha riconosciuto sperimentalmente la gravità di quest'ultima osservazione, tanto più che anche là dove valvole poco sensibili sono montate, anche senza l'uso di bobine termiche, non ha avuto modo di riscontrare alcun inconveniente altrettanto grave.

Le così dette *bobine termiche* hanno lo scopo di salvare l'apparecchio dall'azione delle correnti di intensità insufficiente a provocare la fusione delle valvole, ma aventi durata tale da aumentare in modo pericoloso la temperatura dei rocchetti attraversati.

Un apparecchio che raccolga insieme i tre dispositivi: scaricatore, valvola e bobina termica, ha ricevuto il nome di *protettore*.

Un protettore completo di funzionamento perfetto è quello costruito dalla Western Electric Cy. Esso è montato su una base di porcellana di cm. 18 × 10 (vedi fig. 44). La valvola bipolare consta di due tubi di fibra vulcanizzata posti a 75 mm. circa di distanza fra loro e lunghi circa 13 cm. e del diametro di 13 mm. circa. Ciascuno di essi racchiude un filo fusibile *F* (fig. 45) di lega speciale, circondato da una treccia di amianto *A* per impedire la proiezione di scintille. La sezione del filo è calcolata per una corrente *di fusione* di 5 Ampère. Il tubo è munito alla sua estremità di un pezzo di attacco *H* per il collegamento all'estremità della linea. Verso l'altra estremità si trova un anello *EE*. Un secondo pezzo di attacco *J* termina il tubo e serve al collegamento coll'apparato telefonico. Tra l'anello *EE* e questo pezzo *J* si trova la bobina termica *M*. Questa è costituita (v. fig. 46) da un piccolo tubo *M* di metallo su cui è avvolto un filo d'argentana *R* (resistenza circa 27 Ohm). Nel tubo si trova un'asticella di vetro *V* premuta da una molla a spira *S* contro un disco *Q*, saldato da una parte a mezzo di una lega molto fusibile *L* al tubo *M* e dall'altra al filo *F* della valvola. La corrente passando pel filo *R*

Fig. 44.

scalda il tubo, e se è pericolosa fonde la lega *L* cosicchè il disco *Q* non più collegato al tubo *M* può essere allontanato dall'asta *V* sollecitata dalla molla *S*. La connessione del filo *F* colla bobina termica e col parafulmine resta così interrotta e la linea è isolata automaticamente.

Fig. 45.

La ghiera *E E* di cui abbiamo parlato serve a stabilire la derivazione verso il parafulmine. L'anello *E E* infatti si impegna (v. fig. 47) in una molla a forchetta connessa al parafulmine. Questo è del tipo a placche di carbone con strato d'aria e goccia fusibile.

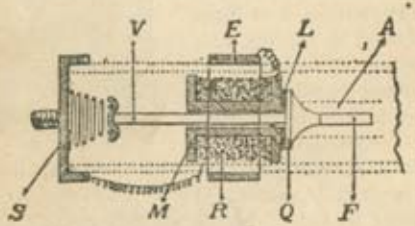


Fig. 46.

Le fig. 47 e 48 rappresentano entrambe una metà del parafulmine. Le due metà, separate dalla piastra metallica *B* connessa colla terra, constano ciascuna di due placche di carbone *C* di circa 32 × 9 × 5 mm. separate una dall'altra da una laminetta di mica *N* tagliata in forma di *U*. Lo spessore della mica regola la

sensibilità del parafulmine; l'esperienza ha dimostrato che uno spessore di 0,14 mm. assicura la scarica fra i due blocchi di carbone quando la differenza di potenziale fra i blocchi è di 350 Volt.

L'apertura dell' *U* in mica deve essere rivolta verso il basso perchè la polvere di carbone possa uscire facilmente.

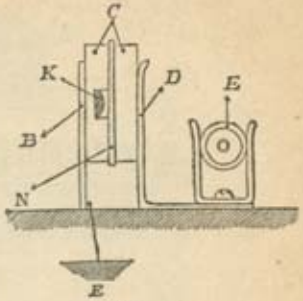


Fig. 47.

In una delle piastre è innicchiata una goccia di metallo fusibile *K* che non affiora alla superficie di carbone. Se dopo la scarica si ha un arco, questo fonde la goccia *K*, il metallo fuso collega le due lastre di carbone e allora il filo di linea corrispondente viene automaticamente messo a terra.

Sonerie supplementari.

Le *sonerie supplementari* sono costruite per funzionare tanto con correnti alternate quanto con correnti continue.

Nel primo caso esse sono delle semplici sonerie magnetiche costrutte identicamente a quelle degli apparecchi telefonici. Esse possono essere inserite sul circuito insieme all'apparecchio ed allora rimangono inserite anche durante la conversazione, oppure possono inserirsi non già sulla linea esterna ma sulla connessione interna dell'apparecchio che riunisce insieme la soneria e il generatore elettro-magnetico. In tal modo la cassetta che contiene questi due elementi deve es-

sere munita di due morsetti ausiliari a cui condurre gli estremi della soneria e dell'elettromagnete, e da

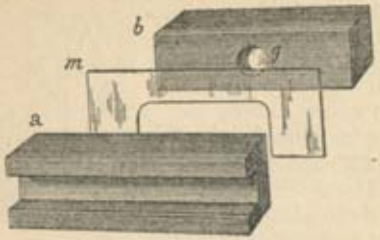


Fig. 48.

questi morsetti, con due fili, si raggiunge il locale in cui è desiderata la soneria supplettoria. La spesa e la com-

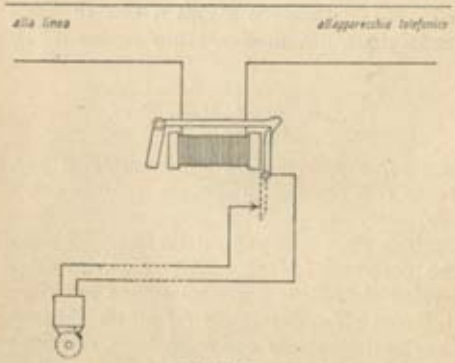


Fig. 49.

plicazione dell'impianto è alquanto maggiore ma si ha il vantaggio che il circuito di conversazione non è arricchito nè di resistenza nè di autoinduzione.

Nel secondo caso si usano le sonerie comuni da campanelli elettrici, inserite in un circuito locale contenente una pila. Il circuito, che ordinariamente è aperto, si chiude per effetto di un elettro-magnete, o *numero*, inserito sulla linea dell'apparecchio telefonico. Quando

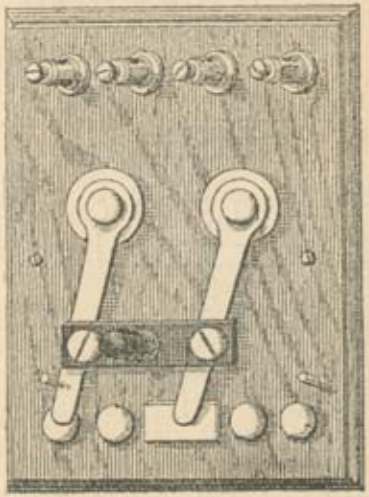


Fig. 50.

una chiamata giunge sui fili di linea, l'elettro-magnete funziona ed il cartellino cadendo chiude il circuito della soneria come è indicato nell'unito schema (vedi fig. 49).

Deviatori.

Fra gli apparecchi ausiliari si potrebbero anche annoverare alcuni tipi di *deviatori* o *commutatori* più o meno complicati, i quali servono, caso per caso, a rea-

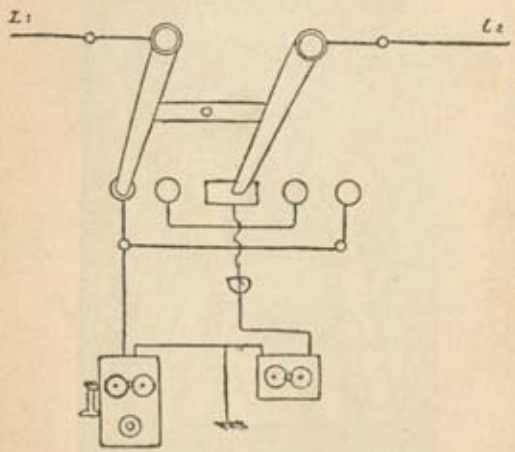


Fig. 51.

lizzare semplicemente le diverse combinazioni richieste dal servizio.

È abbastanza comune un tipo di impianto telefonico in cui tre poste sono insieme collegate, ed interessa allora di poter facilmente stabilire la comunicazione fra due qualunque dei tre posti lasciando però il terzo posto connesso ad una soneria installata presso uno dei tre, che funziona in certo modo da posto principale.

Sono numerose le soluzioni proposte. Tra le più semplici, quando è usato il ritorno per la terra, è molto usata la seguente:

Al posto principale è installato un commutatore speciale (vedi fig. 50 e 51) che passando dalla posizione estrema di sinistra alla centrale e alla posizione destra, stabilisce i seguenti collegamenti:

sinistra:	posto	1	col	posto	2	— e posto	3	sulla soneria
centro:	»	2	»	»	3	— »	1	isolato
destra:	»	1	»	»	3	— »	2	sulla soneria.

PARTE SECONDA

LA LINEA.

CAPITOLO I.

Le perturbazioni nel circuito telefonico a semplice e a doppio filo

Perchè la conversazione avvenga regolarmente fra la posta trasmettente e quella ricevente, occorre di rilegarle metallicamente insieme per modo che le correnti prodotte nel secondario della bobina d'induzione, nella prima, abbiano ad attraversare le bobine del telefono ricevitore, nella seconda. È dunque necessario di usare due fili di collegamento perchè il circuito sia chiuso e la corrente possa circolare. Ma è possibile — notoriamente — di sopprimere uno dei due fili riducendo la spesa d'impianto, per quanto riguarda il filo, della metà. Basta sostituire uno dei due fili con due connessioni a terra, come è mostrato nella fig. 52.

17. — Circuito a semplice filo.

La terra negli impianti elettrici funziona da vero e proprio conduttore di ritorno, e non da serbatoio di livello costante come taluno sostiene. Si ha una prova di ciò nel fatto che fra due connessioni di terra qualunque esiste sempre una certa resistenza ohmica che si può agevolmente misurare.

Se *A* e *B* sono le due prese si può imaginare tracciato sulla superficie e nella massa della terra un numero indefinito di filetti elementari che congiungono *A* con *B*, e che costituiscono altrettanti conduttori messi in parallelo fra loro. La corrente in ciascuno deve essere, come è noto, inversamente proporzionale alla propria resistenza ohmica, talchè il fenomeno della conduzione è particolarmente sensibile nei punti della superficie e della massa terrestre vicini ai punti *A* e *B* — ed ove si tratti di alti potenziali *la scossa* è appunto tanto più forte quanto più ci si avvicini alla presa di terra.

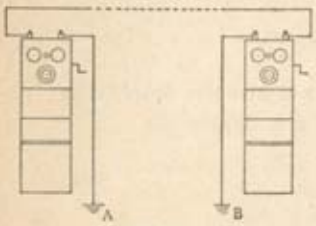


Fig. 52.

Poichè la resistenza complessiva del fascio di filetti è sempre piccola non ostante la scarsa conducibilità dei materiali che generalmente compongono la massa terrestre, il ritorno per la terra non permette soltanto di risparmiare un conduttore; ma ha perciò stesso il merito di diminuire notevolmente la resistenza ohmica del circuito.

Però negli ultimi anni l'uso della terra come ritorno è andato man mano cedendo il posto al circuito completamente metallico. Le ragioni di questo cambiamento sono molteplici ed a ben comprenderle gioverà premettere una rapida esposizione degli inconvenienti cui dà luogo il tipo di circuito a semplice filo.

Essi possono avere la loro origine in due serie distinte di fenomeni:

1° l'influenza delle variazioni di potenziale assoluto, da punto a punto, della terra, e delle variazioni del magnetismo terrestre. Queste cause, perchè naturali, sono inevitabili; che i loro effetti si possano eliminare con l'uso del circuito metallico è evidente;

2° l'influenza dei circuiti elettrici vicini, sia che utilizzino la terra per la chiusura del circuito, o siano invece completamente isolati.

Tre sono le cause che possono in tal caso disturbare la trasmissione, e cioè:

derivazione attraverso la terra;
induzione elettro-magnetica;
induzione elettro-statica.

Le discussioni sulla importanza relativa di queste tre cause e sul modo di eliminarne gli effetti, hanno formato per qualche tempo il tema obbligatorio dei tecnici; ed avversari e sostenitori dell'una e dell'altra non tralasciarono argomenti nè esperienze per dimostrare l'esattezza delle loro affermazioni.

Oggi che il tempo ha aggiunto qualche nuovo elemento di fatto, la discussione teorica sarebbe di poco semplificata. Pare indubbio però che la più importante delle tre cause elencate sia l'induzione elettro-statica.

Sono notevoli a questo riguardo le esperienze compiute dall'americano Carty nell''89 e nel '91 che noi riferiremo in succinto tra breve.

Quanto alle derivazioni è chiaro che esse possono acquistare la prevalenza sulle due altre forme di disturbi se la linea perturbatrice usa essa pure la terra come ritorno. È per questo motivo principalmente che il servizio telefonico a semplice filo fu man mano abbandonato nelle città servite da un esteso impianto di trazione elettrica.

È notorio che in tali impianti molti abbonati possono distintamente ascoltare nel loro ricevitore tutti i movimenti delle carrozze dei tram cittadini; è specialmente percettibile la variazione di velocità della vettura e la interruzione della corrente.

Tali effetti possono veramente spiegarsi — e forse meglio — pensandoli come conseguenza dell'induzione magnetica fra il filo di trolley e il filo telefonico (1).

L'induzione magnetica è specialmente temibile sulle linee telefoniche a filo semplice quando i fili perturbatori vicini convogliano della corrente alternata.

Allora la rapidità e l'importanza delle variazioni del campo magnetico che avvolge il conduttore telefonico diventano tali che la trasmissione si fa presto impossibile. Basta che i due circuiti siano paralleli per pochi metri perchè l'effetto sia sensibile; con mezzo chilometro di parallelismo il disturbo diventa in molti casi intollerabile.

Per effetto della induzione elettro-statica il filo perturbatore che porta la corrente alternata ed il filo telefonico ad esso parallelo messo a terra alle due estremità, sono da considerarsi come le due armature di un condensatore. Ad ogni cambiamento di segno del potenziale del primo filo, nel secondo cambia di segno la carica indotta, e questo produce una corrente alternativamente di segno contrario che dal mezzo del filo si porta a terra alle due estremità del medesimo, e viceversa (v. fig. 53).

Il fenomeno noto che due circuiti telefonici a semplice filo, paralleli per lungo tratto di strada, si influenzano reciprocamente per modo che le conversazioni scambiate su uno sono intese sull'altro filo, dipende assai più dall'induzione elettro-statica che non dalla elettro-magnetica — come è invece comunemente cre-

(1) Il lettore che volesse formarsi su tale questione un concetto chiaro e completo, ricorra alla relazione presentata dal Wietlisbach al Congresso degli Elettricisti tenuto alla Esposizione di Ginevra del 1896; essa è stampata sull'*Éclairage Electrique* del 1896, tomo 8°, pag. 385 e contiene utilissime osservazioni sull'azione complessa dell'isolamento imperfetto e della induzione elettro-magnetica.

duto. Tale fenomeno acquista importanza specialissima nei cavi sotterranei a semplice filo.

Fig. 53.

Ed ecco qui l'esperimento con cui il Carty ha dimostrato la verità di simile affermazione fino dal 1889. I

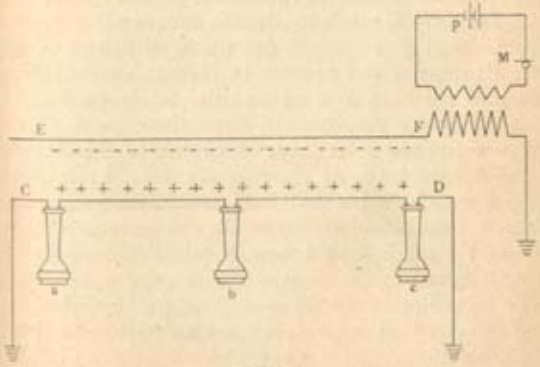


Fig. 54.

due fili $C\,D$ ed $E\,F$ (v. fig. 54) erano lunghi circa 60 metri ciascuno, paralleli e distanti fra loro $^1/_8$ di

pollice. I suoni prodotti davanti al microfono *M* sono perfettamente intesi nei ricevitori *a* e *c ma non nel ricevitore b se questo è proprio collocato nel punto di mezzo del filo CD*. Essendo il filo *EF* isolato in *E*, il fenomeno non può spiegarsi se non ricorrendo alla induzione elettro-statica poichè di elettro-magnetica non ne esiste — e se esistesse, anche il ricevitore *b* dovrebbe essere azionato. Mettendo a terra il filo *EF* in *E*, l'effetto dei ricevitori *a* e *c non è affatto aumentato*. Interrompendo il filo *CD* nel punto di mezzo, *gli effetti in a* e *c rimangono inalterati*.

Sperimentando su una linea telefonica a doppio filo, in perfetto stato, lunga 500 metri, stesa parallelamente ad una linea di trasporto di energia, trifase, 11.000 V. tra i fili — l'autore di questo manuale ha dovuto convincersi della importanza dei fenomeni di capacità.

Disponendo le cose come è mostrato nella fig. 55 *a*) il ricevitore si manifesta rumoroso. Disponendole come nella fig. 55 *b*) il telefono diventa ancora più rumoroso. Montando ai due estremi del tratto di linea due telefoni, l'intensità del rumore in ciascuno parrebbe minore che nel caso *a*) e se uno dei telefoni è messo in corto circuito il rumore nell'altro diminuisce.

Non esistendo sulla linea alcun difetto di isolamento nè dei fili tra loro, nè rispetto alla terra, è pur d'uopo riconoscere che soltanto l'induzione elettro-statica può spiegare i fenomeni osservati da chi scrive.

Quanti e quali sono i rimedi validi contro un simile stato di cose?

Per impedire la mutua audizione fra circuiti a semplice filo che corrano paralleli per un tratto non troppo lungo, è stato proposto, dapprima nel Belgio, l'impiego di un ritorno metallico comune a tutti i fili del fascio da correggere.

Tale filo di ritorno — ordinariamente di diametro maggiore degli altri fili — sostituisce la terra ed avrebbe

lo scopo di evitare la forte spesa di munire ogni circuito del filo di ritorno. La pratica ha indicato che l'efficacia del rimedio dipende moltissimo — come del resto anche teoricamente si spiega — dalla posizione del filo di ritorno rispetto agli altri; la maggior sezione

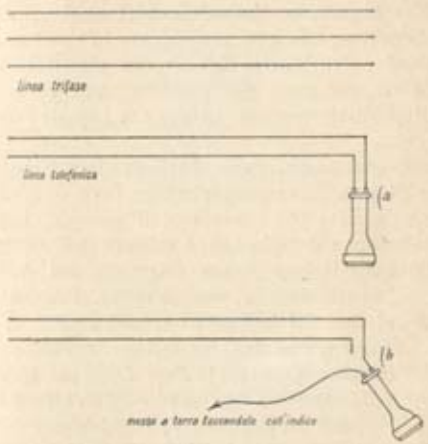


Fig. 55.

è giustificata dal fatto che il ritorno di ciascuna linea è costituito non solo dal filo di ritorno, ma anche da tutti gli altri in parallelo e che perciò, se il ritorno comune non è sufficientemente conduttivo, il suo funzionamento da *shunt* — o corto circuito — non è perfetto e le conversazioni possono ancora essere udite su altri fili.

La difficoltà di collocare il filo di ritorno nella posizione teoricamente migliore, e la non completa eliminazione del difetto dovuto all'autoinduzione hanno impedito che l'uso di questo sistema si diffondesse.

18. — Circuito a doppio filo.

Oggidì si ricorre senz'altro all'uso del circuito completamente metallico, l'adozione del quale poi è assolutamente necessaria per proteggere la linea telefonica dalle azioni perturbatrici dei circuiti elettrici vicini.

Tale adozione però va quasi sempre corretta con alcuni dispositivi speciali, primo tra i quali l'uso degli *incroci*.

L'effetto esercitato, per induzione elettro-magnetica, da parte di una linea perturbatrice (una conduttura di corrente alternata per trasporto di energia) sopra una linea telefonica a doppio filo, è minore dell'effetto esercitato dalla medesima sopra ciascuno dei due fili, e può anche, teoricamente, essere nullo. Poichè, infatti, le azioni sui due fili hanno lo stesso senso, e poichè i due fili fanno parte del medesimo circuito, le due azioni (o, in altre parole, le due f. e. m. indotte) si sottraggono; basterebbe quindi che i due effetti fossero, comunque, uguali in grandezza, perchè essi si annullassero. Ora questo non potrebbe avvenire se non nel caso in cui i due fili della linea telefonica occupassero posizioni perfettamente simmetriche rispetto alla linea perturbatrice. Ma come realizzare in pratica questa condizione? Col sistema degli incroci.

Imaginiamo una linea telefonica a doppio filo che corra per lungo tratto — p. es. 20 km. — parallelamente ad una linea industriale a corrente alternata; se noi dividiamo quel tratto della linea telefonica in due parti uguali (p. es. di 10 km.) e colleghiamo il filo sostenuto dagli isolatori *a* (alti) della prima metà, col filo sostenuto dagli isolatori *b* (bassi) della seconda metà, e viceversa — o in altre parole: se in corrispondenza

al punto di mezzo del tratto di linea portiamo il filo *a* sugli isolatori *b*, e viceversa — *incrociando* i fili — otteniamo questo risultato: che mentre nella prima metà del tratto l'azione perturbatrice era maggiore, p. es., nel filo *a* e minore nel filo *b*, nella seconda metà avviene il contrario; di più (v. fig. 56) l'azione sul filo *a* nella seconda metà di linea ha precisamente la stessa grandezza che aveva prima sul filo *b*, e viceversa; co-

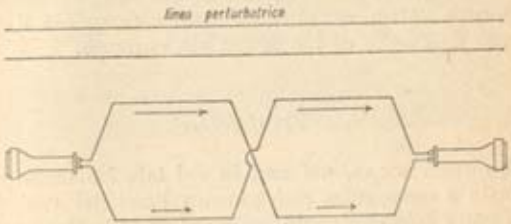


Fig. 56.

sicchè l'azione per l'intero tratto risulta uguale nei due fili, e l'azione totale sul circuito telefonico è zero. Bisogna però che la causa perturbatrice rimanga la stessa per l'intero tratto, e cioè che la corrente nella linea sia costante; questa condizione potrebbe non essere soddisfatta, e non lo sarebbe p. es. se dalla linea perturbatrice ad un certo punto, compreso nel tratto considerato, si staccasse una diramazione.

Ma contro l'induzione elettro-statica l'incrocio non è altrettanto valido; esso riduce bensì la importanza del disturbo, ma non lo annulla, e per avvicinarsi all'annullamento completo conviene aumentarne grandemente il numero.

Gli americani, che furono i primi a proporre gli incroci, se ne trovano soddisfattissimi.

In Europa, molti dei tecnici più eminenti non rico-

nobbero agli incroci l'importanza che veramente hanno e questi furono dapprincipio alquanto negletti; ma fu errore, perchè l'esperienza ha mostrato quali buoni risultati se ne possono ottenere.

È fuori di dubbio però che non si può esser sicuri di tali risultati se l'isolamento della linea non è molto accurato e sopratutto uniforme.

Perchè l'isolamento sia uniforme, non solo è necessario che l'isolamento totale di un filo sia uguale a quello dell'altro, ma altresì che in ciascun filo l'isolamento dell'unità di lunghezza sia costante.

Traslatori.

A questo scopo, nei casi in cui tale isolamento sia difficile a conseguire può giovare l'uso dei così detti *traslatori telefonici*, principalmente per le linee molto lunghe [1].

Essi non sono altro che piccoli trasformatori.

Il circuito magnetico dei traslatori è solitamente chiuso a differenza delle bobine d'induzione in cui è solitamente aperto [2].

Una delle forme più comuni e migliori, anche sotto il punto di vista del rendimento, è mostrata nella figura 57. Essa rappresenta il tipo detto *a mantello*. Il nucleo è formato con un fascio di fili di ferro, i quali alle estremità sono ripiegati in modo da coprire completamente il filo di rame; le due ghiere di ottone che

[1] V. relazione già citata del Wietlisbach (Éclairage Électrique).

[2] Un circuito magnetico, in realtà, è sempre chiuso; ma ormai si sono radicate nell'uso le espressioni: *circuito chiuso*, usata quando il percorso del flusso magnetico ha luogo tutto entro materiale magnetico; *circuito aperto*, quando una porzione ha luogo entro materiale non magnetico.

si vedono sulla figura nascondono i capi liberi dei fili ripiegati, e li fissano in modo stabile l'uno contro l'altro per chiudere il circuito magnetico.

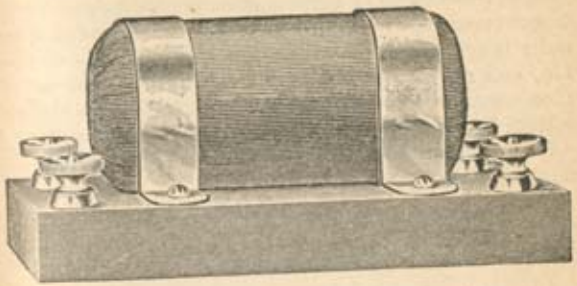


Fig. 57.

La funzione principale dei traslatori è quella di permettere il collegamento di una linea a doppio filo con una a semplice filo, e perciò solitamente i due circuiti

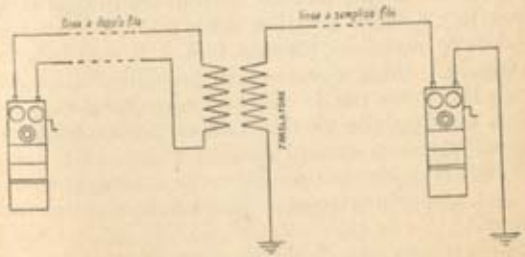


Fig. 58.

dei traslatori sono identici per resistenza e per numero di spire; in alcuni casi però i due circuiti sono diversamente costruiti.

Le connessioni sono fatte come dimostra la fig. 58.

Come più sopra si disse, i traslatori servono altresì ad impedire che gli effetti di un isolamento manchevole si trasmettano a tutta la linea telefonica guastando la conversazione; molte volte servono anche a diminuire la spesa d'impianto consentendo di fare a doppio filo, con o senza incroci, il solo tratto di linea telefonica soggetta alle perturbazioni di altre linee. In entrambi i casi il traslatore funziona come un vero e proprio sezionatore di linea e gli effetti che se ne ottengono non sono disprezzabili.

Linee dirette.

Noi abbiamo fino ad ora implicitamente supposto che oggetto dei nostri ragionamenti fossero i circuiti telefonici tesi al di sopra del suolo a servizio di due soli apparecchi disposti alle loro estremità, anzi più precisamente abbiamo sempre sottinteso che si discorresse di uno solo di tali circuiti. Fermiamo in ogni modo il risultato cui siamo giunti, e che si può così riassumere: Il circuito metallico (doppio filo) è il solo adatto ad eliminare i difetti che possono provenire alla trasmissione telefonica per la sua eccessiva lunghezza o per colpa e fatto della vicinanza di altre linee telefoniche, telegrafiche o di circuiti elettrici industriali; nei casi più difficili il circuito metallico va accompagnato agli incroci, opportunamente disposti e convenientemente numerosi.

Supponiamo ora di dover costruire una linea con due o più circuiti telefonici, parallela ad una linea di trasmissione d'energia. Se si volessero disporre su ciascun circuito telefonico gli incroci in modo identico per identicamente proteggerli dalla linea industriale si cadrebbe nell'inconveniente di una forte induzione

mutua dei circuiti telefonici. Per evitare questa, bisogna che ciascuna linea sia munita di diverso numero di incroci, ma si deve rispettare il seguente principio: In ogni tratto compreso fra due derivazioni della linea industriale (ammesso che le derivazioni non camminino sugli stessi pali della linea principale) il numero degli incroci equidistanti di ciascuna linea telefonica deve essere dispari, o in modo più generale, ciascuna linea telefonica deve presentare alla linea industriale — in ogni tratto compreso fra due derivazioni di quest'ultima — una faccia per metà percorso, e per l'altra metà la faccia opposta.

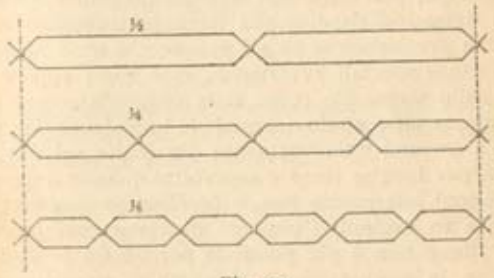


Fig. 59.

Per esemplificare, dovendosi tracciare tre linee telefoniche parallele ad una linea industriale, una disposizione di incroci accettabile sarebbe quella indicata nella figura 59. È evidente, senza dimostrazione, che le varie linee sono diversamente protette contro l'induzione elettro-statica pur essendolo ugualmente contro l'elettro-magnetica.

Quando non ci fosse la linea perturbatrice allora la protezione mutua fra le varie linee deve essere fatta in modo che gli incroci di una linea qualunque non abbiano riscontro nelle linee vicine.

Linee omnibus.

Per le necessità delle comunicazioni intercomunali può accadere che vengano inserite su una stessa linea più stazioni oltre alle due estreme; allora la linea prende il nome di linea *omnibus* per analogia colle linee telegrafiche. In questo caso anche se la linea è a doppio filo, ed è stata neutralizzata cogli incroci, e l'isolamento è uniforme, può darsi che non sia raggiunta la necessaria simmetria rispetto alla linea perturbatrice e ciò avviene precisamente se gli apparecchi sono messi in serie senza speciali avvertenze, cioè cogli apparecchi tutti sullo stesso filo come si fa ordinariamente, o in qualunque altro modo nel quale le impedenze non vengano a trovarsi uniformemente distribuite sui due fili.

Ora per lunghe linee e sopratutto quando il numero di stazioni intermedie non è piccolissimo (per esempio per 8 a 10 stazioni) l'impiego di apparecchi posti in derivazione non è più possibile perchè fra le stazioni estreme la conversazione riuscirebbe evidentemente difficile.

Il professor Angelo Banti, in un articolo apparso il 1° gennaio 1904 sul giornale *L'Elettricista* addita un mezzo per ovviare, cogli apparecchi in serie, all'inconveniente della disimmetria.

Egli propone di scomporre ciascun apparecchio da collegare, in due parti elettricamente e magneticamente uguali, e dispone una di queste in serie sopra un filo e l'altra sull'altro. Così per esempio gli avvolgimenti dei due rocchetti di una soneria polarizzata dovranno essere inseriti uno su un filo e l'altro sull'altro della linea, previamente *neutralizzata* coll'incrocio, come lo mostra la fig. 60. In tal modo la simmetria geometrica della linea non viene alterata mentre d'altra parte non

risulta alcuna differenziazione tra le costanti elettriche dei due conduttori.

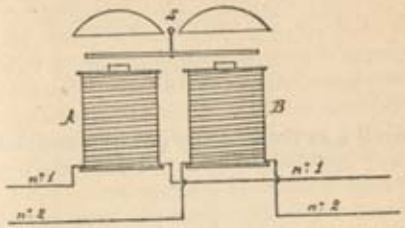


Fig. 60.

Il prof. Banti afferma di avere sperimentato con successo questo metodo sulle linee a grande distanza della Società Telefoni Italia Centrale.

CAPITOLO II.

I materiali e la costruzione delle linee telefoniche

Tracciando il programma del nostro manuale abbiamo già assegnato la funzione delle linee negli impianti telefonici. Esse rilegano nella grande maggioranza dei casi una posta telefonica ad un Ufficio di commutazione.

Le linee telefoniche, come in generale tutte le linee di impianti elettrici possono essere aeree, sotterranee e subacquee.

Le linee telefoniche aeree si suddividono in due grandi categorie perfettamente distinte: *linee di campagna* che comprendono per lo più le linee telefoniche intercomunali ed internazionali, e linee *urbane;* quelle sono caratterizzate dall'uso di sostegni costituiti da *pali di legno* e generalmente corrono in numero limitato su appoggi comuni; queste sono contraddistinte dalla natura dei sostegni che sono quasi sempre costruzioni in ferro infisse sulle case d'abitazione su cui corrono formando fasci importanti, perfino di 500, 600 e più fili. Le linee sotterranee sono quasi esclusivamente usate negli impianti urbani, e pochi esempi si hanno di linee sotterranee intercomunali.

Le subacquee per converso sono impiegate forzatamente per le sole linee intercomunali.

19. — I CONDUTTORI.

I materiali elettricamente conduttori impiegati per la costruzione delle linee telefoniche sono: il ferro e l'acciaio, generalmente zincati; il bronzo fosforoso o silicioso; il rame, e negli ultimi tempi l'alluminio.

Il ferro e l'acciaio e il bronzo fosforoso si usano per le linee aeree, come anche l'alluminio; il rame per le linee sotterranee e subacquee. Ma i più usati sono — in ordine di diffusione — per le linee aeree: il bronzo fosforoso, il ferro zincato e l'acciaio; per le linee sotterranee esclusivamente il rame.

Fili di acciaio. — Erano esclusivamente adoperati al principio della telefonia; ora hanno ceduto il posto al bronzo fosforoso e al bimetallico.

Un buon filo d'acciaio deve presentare i seguenti requisiti:

1° Essere zincato in modo tale che su ogni m.^{2} di superficie si trovino depositati circa 170 grammi di zinco.

Cinque o sei immersioni successive, di un minuto ciascuna, in bagno di solfato di rame al 17 % non bastino ad arrossarlo pel deposito galvanico di rame che è prodotto dalle immersioni; inoltre lo zinco non si deve sfogliare quando il filo venga avvolto a spira su un tondino otto o dieci volte più grosso.

2° Sopportare un carico di rottura di almeno chilogrammi 120 per mm.^{2}

3° Allungarsi non più del 5 % alla rottura e non rimanere allungato permanentemente se lo sforzo di trazione è inferiore o tutto al più uguale a $^3/_4$ del carico di rottura.

4° Tollerare almeno cinque piegature ad angolo retto sulle ganasce di piombo di una morsa comune.

La zincatura può resistere moltissimi anni in luoghi appropriati; negli impianti urbani per piccoli fili ha fatto però cattiva prova; il filo arrugginisce, si assottiglia, si rompe e cade. Gli attuali impianti di trazione elettrica hanno centuplicato l'importanza di tali inconvenienti ed ormai il filo d'acciaio non è quasi più usato se non per piccoli impianti e per linee brevi.

A ciò contribuirono fortemente le qualità elettriche e magnetiche dell'acciaio. In primo luogo la sua *resistività* — resistenza elettrica specifica — è molto grande (undici volte quella del rame); in secondo luogo le sue proprietà eminentemente magnetiche oltre che disperdere dell'energia per effetto dell'*isteresi* aumentano in misura notevole l'*induttanza* della linea, e per entrambi i motivi la trasmissione telefonica rimane peggiorata.

Fili di bronzo. — Per eliminare i tre inconvenienti dei fili di acciaio (ruggine, resistenza elettrica troppo alta, proprietà magnetiche dannose) non si sarebbe potuto far di meglio che ricorrere al rame; ma il rame ha un difetto grave: la piccola tenacità, che lo rende poco adatto all'uso telefonico. Il bisogno è lo stimolo della vita; i telefonisti trovarono modo di aumentare la tenacità del rame allegandovi insieme degli altri corpi. Cromo, silicio, fosforo, sono tra i più usitati; però aumentando la tenacità si diminuisce la conduttività elettrica, ma non nella stessa proporzione.

La figura 61 presenta una curva di cui le ascisse rappresentano i valori della tenacità ottenibili quando la conduttività sia rappresentata dalle ordinate. Tale curva vale per il materiale Lazare Weiler, non per tutte le fabbriche, ma dà l'idea generale del fatto. Fra tutte le leghe quella col bronzo è la preferita. Essa si ottiene incorporando nel rame una certa quantità di fosfuro di rame, il quale in virtù delle sue proprietà riducenti impedisce durante la fusione la formazione di ossidi e rende perciò il prodotto più omogeneo e più resistente.

Fra tutte le combinazioni possibili quelle con alta conduttività si riservano per le linee intercomunali o di campagna dove le tesate non sono molto lunghe e i diametri relativamente grossi; quelle con alta resistenza meccanica per le linee urbane dove si verificano le condizioni contrarie, specie pel diametro.

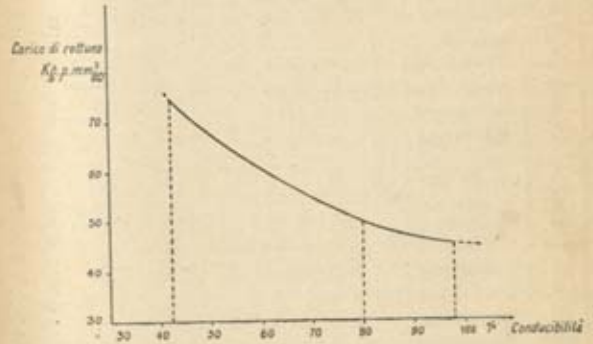


Fig. 61.

È difficile dare un'idea delle condizioni cui deve soddisfare un buon filo, perchè esse dipendono dal tenore della lega.

Diamo qui una tabella che può valere allo scopo per la fabbrica Carlo Berg; aggiungiamo che è praticamente assai consigliabile il tipo n. 3 della tabella medesima, per i diametri piccoli (inferiori a 2 mm.) ed il tipo n. 2 per i diametri grandi.

Numero	Conducibilità	5 mm.		4 mm.		3 mm.		2,5 mm.		2 mm.		1,5 mm.		1,25 mm.		1 mm.		Allungamento
		Flebbevole		Flebbevole	Res. mecc.	Flebbevole	Res. mecc.	Flebbevole	Res. mecc.	Flebbevole	Res. mecc.	Flebbevole	Res. mecc.	Flebbevole	Res. mecc.	Flebbevole	Res. mecc.	
	%	volts	kg.	volts	kg.	volts	kg.	volts	kg.	volts	kg.	volts	kg.	volts	kg.	volts	kg.	%
1	95	7	45	7	46	7	50	9	51	10	52	13	53	14	54	16	55	1 1/2
2	90	7	46	7	50	7	51	9	52	10	53	13	54	14	55	16	56	1 1/2
3	60	6	50	6	52	6	55	7	60	7	63	11	70	13	71	15	72	1
4	40	5	58	5	60	5	63	6	68	7	71	10	78	11	79	12	80	1
5	30	5	63	5	65	5	68	6	73	7	76	10	83	11	84	12	85	1
6	90	—	—	—	—	9	50	10	51	11	52	22	53	25	54	35	55	1 1/2
bronzo doppio	70	—	—	—	—	8	57	9	62	10	65	20	70	25	71	35	72	1

Raggio di curvatura per le piegature: 70 mm. per fili di 5 a 4 mm. diam.; 50 mm. » » » 3 a 1 mm. »

Due vantaggi sensibilissimi del filo di bronzo stanno nella possibilità di poter adoperare un diametro minore perchè la patina di ossido di rame che si forma alla superficie salvaguarda la massa da ulteriore ossidazione contrariamente a quanto avviene per l'acciaio, e nella conseguente economia di sopporti che a pari lunghezza di tesate ne deriva, principalmente pei fasci numerosi, perchè il peso del filo da sostenere è notevolmente minore.

Filo bimetallico. — È costituito di un'anima di acciaio rivestito con una camicia di rame. Non ha acquistato grande diffusione. Dal punto di vista elettrico è pregevole pel fatto che riunisce i vantaggi del filo di rame e di quello d'acciaio, cosa che del resto fino a un certo limite è raggiunta anche dal filo di bronzo. Il Wietlisbach osserva giustamente che la maggior induttanza del filo bimetallico in confronto del filo di bronzo a pari conduttività, potrebbe preconizzarne l'impiego nei casi in cui è un inconveniente la capacità della linea, come nei lunghi cavi, essendo noto che l'induttanza elettro-magnetica è — diremo così — l'antidoto contro la capacità elettro-statica.

Fili d'alluminio. — Negli ultimi tempi il rincaro subito dai fili di rame ha fatto pensare all'alluminio come un suo sostituto. Nel 1901 i giornali riportarono la notizia che a Berlino il Governo tedesco aveva ordinata la sostituzione. Il Guillaume riassume nell'*Éclairage Électrique* del 3 marzo 1900, le cifre di confronto pubblicate dagli studiosi del problema.

Terminiamo questi brevi cenni sui conduttori telefonici con la tavola qui unita, in cui sono notati, per i fili di acciaio, rame ed alluminio, e per diametri di decimo in decimo di mm. fino a 5 mm.: la sezione in mm^2; il peso per km.; la resistenza elettrica a 0° per km.

A maggior schiarimento diamo a pag. 116 uno specchio di dati su alcuni dei quali la tabella è basata.

Diametro del filo mm.	Sezione mm²	ALLUMINIO		RAME		ACCIAIO ZINCATO	
		Peso p. km. kg.	Resistenza p. km. Ohm. a 0° C.	Peso p. km. kg.	Resistenza p. km. Ohm. a 0° C.	Peso p. km. kg.	Resistenza p. km. Ohm. a 0° C
1,0	0,78	2,10	37,02	6,99	20,34	6,03	203,4
1,1	0,95	2,55	30,60	8,46	16,81	7,30	168,1
1,2	1,13	3,03	25,72	10,06	14,13	8,62	141,3
1,3	1,33	3,55	21,91	11,81	12,04	10,20	120,4
1,4	1,54	4,12	18,90	13,70	10,38	11,80	103,8
1,5	1,77	4,73	16,45	15,73	9,04	13,58	90,4
1,6	2,01	5,38	14,50	17,89	7,95	15,42	79,5
1,7	2,27	6,08	12,85	20,20	7,04	17,42	70,4
1,8	2,54	6,82	11,42	22,67	6,28	19,55	62,8
1,9	2,83	7,60	10,25	25,23	5,63	21,78	56,3
2,0	3,14	8,42	9,25	27,96	5,08	24,15	50,8
2,1	3,46	9,28	8,40	30,83	4,61	26,60	46,1
2,2	3,80	10,18	7,63	33,83	4,20	29,20	42,0
2,3	4,15	11,13	6,99	36,98	3,84	31,90	38,4
2,4	4,52	12,12	6,42	40,26	3,53	34,70	35,3
2,5	4,91	13,15	5,92	43,69	3,25	37,70	32,5
2,6	5,31	14,18	5,47	47,25	3,01	40,75	30,1
2,7	5,72	15,29	5,07	50,96	2,79	43,90	27,9
2,8	6,15	16,45	4,71	54,80	2,59	47,30	25,9
2,9	6,60	17,64	4,41	58,79	2,42	50,75	24,2

Diametro del filo mm.	Sezione mm²	ALLUMINIO		RAME		ACCIAIO ZINCATO	
		Peso p. km. kg.	Resistenza p. km. Ohm. a 0° C.	Peso p. km. kg.	Resistenza p. km. Ohm. a 0° C.	Peso p. km. kg.	Resistenza p. km. Ohm. a 0° C.
3,0	70,7	18,88	4,10	62,91	2,25	54,25	22,5
3,1	7,55	20,15	3,90	67,17	2,12	57,90	21,2
3,2	8,04	21,48	3,62	71,58	1,99	61,80	13,9
3,3	8,55	22,85	3,44	76,12	1,87	65,60	18,7
3,4	9,08	24,24	3,22	80,80	1,76	69,60	17,6
3,5	9,62	25,70	3,02	85,63	1,66	73,95	16,6
3,6	10,18	27,20	2,86	90,59	1,57	78,20	15,7
3,7	10,75	28,70	2,72	95,69	1,49	82,50	14,9
3,8	11,34	30,27	2,57	100,9	1,41	87,00	14,1
3,9	11,95	31,90	2,44	106,3	1,34	91,60	13,4
4,0	12,57	33,54	2,32	111,8	1,27	96,50	12,7
4,1	13,20	35,25	2,20	117,5	1,21	101,4	12,1
4,2	13,85	37,00	2,09	123,3	1,15	106,4	11,5
4,3	14,52	38,80	2,02	119,2	1,10	111,5	11,0
4,4	15,20	40,60	1,91	135,3	1,05	116,8	10,5
4,5	15,90	42,45	1,82	141,5	1,00	122,0	10,0
4,6	16,62	44,40	1,74	147,9	0,961	127,8	9,61
4,7	17,35	46,30	1,68	154,4	0,923	133,3	9,23
4,8	18,09	48,30	1,61	161,0	0,883	139,0	8,83
4,9	18,86	50,30	1,54	167,8	0,847	144,8	8,47
5,0	19,63	52,40	1,49	174,7	0,814	150,8	8,14

	Alluminio	Rame	Acciaio zincato	Bronzo
Peso specifico . .	2,68	8,93	7,70	8,9
Conduttività . . .	55,—	100,—	10,70	97 ÷ 42
Coefficiente di variazione per la temperatura, per grado	—	0,00388	—	0,0013
Resistenza alla rottura per trazione, kg. per mm^2	20,—	25,—	120,—	45 ÷ 75

Giunzioni. — Qualunque sia il materiale di cui il filo consta, le singole matasse, come giungono dalla trafila hanno un peso variabile da 50 ad 80 kg. Per fili di bronzo solitamente vale la prima cifra; ne deriva che in una matassa la lunghezza del filo è limitata a 3 km. come massimo pei fili molto sottili.

Le giunzioni che perciò si rendono necessarie sono fatte secondo una grande varietà di modelli. L'atten-

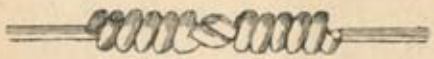


Fig. 62.

zione è rivolta ad un intento solo; quello di diminuire più che sia possibile la resistenza di contatto. Perciò qualunque sia il tipo di giunzione adottato lo si completa mediante saldatura a stagno. Le figure 62 e 63 rappresentano due tipi diversi di legature impiegate comunemente. È importante di notare che tanto per la

esecuzione delle legature di giunzione quanto per fissare il filo agli isolatori, come vedremo dopo, è consigliabile adoperare filo della stessa natura del filo di linea — e cioè rame per rame e ferro per ferro e ciò per evitare l'effetto della eventuale forza elettromotrice di contatto che può anche produrre lentamente la

Fig. 63.

distruzione di uno dei due metalli, e precisamente adoperando ferro con rame — del primo.

Negli ultimi anni acquistò favore un tipo di giunzione fatto senza saldature. I due estremi da legare sono introdotti nei due fori di un tubetto di rame avente sezione a 8, uno dall'una e l'altro dall'altra parte; poi mediante una pinza speciale, i due fili e il

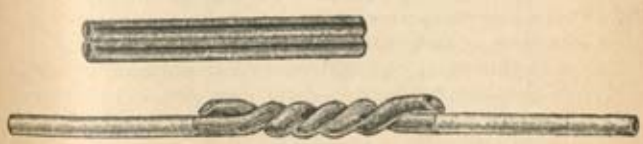


Fig. 64.

tubetto che li contiene sono attorcigliati insieme. La pratica ha mostrato che questi giunti si mantengono bene, ma facilmente i tubetti durante la torcitura si fendono: indizio di rame cattivo. La figura 64 rappresenta uno di questi giunti.

Alle giunzioni devesi portare la massima attenzione; una giunzione malfatta introduce nel circuito un con-

tatto cattivo specialmente perchè è variabile la sua resistenza, talchè solitamente con tempo bello la trasmissione telefonica peggiora perchè l'umidità e la pioggia rendono migliore il contatto della giunzione.

Ecco quali sono le norme che la Direzione delle costruzioni telegrafiche e telefoniche dello Stato ha stabilito per ciò che riguarda le giunzioni.

« Le giunture si devono fare col sistema Britannia « leggermente modificato, nel senso che le due estre- « mità del filo di bronzo non debbono essere ripiegate

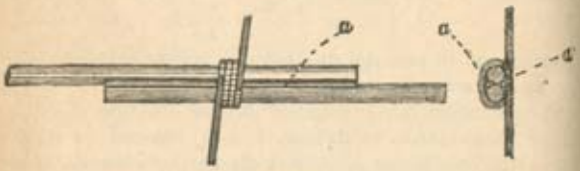


Fig. 65.

« ad uncino. Le ripiegature hanno per iscopo di assi- « curare meccanicamente le giunture anche quando « mancasse o fosse difettosa la saldatura; ma poichè « nei circuiti telefonici è di somma importanza assicu- « rare il contatto elettrico delle giunture, è indispen- « sabile la perfetta saldatura, della quale si ha la prova « quando i fili, senza avere gli estremi ripiegati, non « sfuggono dalla spirale che li avvolge.

« Nella giuntura del filo di 4 mm. riesce difficile di « riempire di saldatura tutto lo spazio compreso fra i « fili e la legatura; in quello spazio debbono perciò « essere collocati due pezzi di filo di rame stagnato di « mm. 1,5 ciascuno, indicati con *a* nella fig. 65, lungo « quanto il tratto nel quale combaciano i due fili di « linea, cioè per 6 cm.

« Per la legatura sarà da adoperarsi il filo di rame

« stagnato di mm. 2 o di mm. 1,5 secondo che il filo « di linea è di mm. 4 o di mm. 3 e di mm. 2; esso « sarà avvolto a spire strettissime sulle parti da con- « giungere. La forma della giuntura completa è rap- presentata dalla fig. 63.

« Prima di procedere alla giuntura bisogna ben pu- « lire i capi del filo di bronzo ed il filo di rame sta- « gnato per la legatura. La soluzione del cloruro di « zinco dovrà adoperarsi con cautela speciale, bagnando « soltanto quella parte della giuntura strettamente ne- « cessaria, e, se del caso, si toglierà subito con un « pezzo di lana il liquido adoperato in eccesso. La so- « luzione dovrà essere preparata con tutta cura presso « le Sezioni, e fornita agli agenti nelle apposite boc- « cette per acidi.

« La saldatura da adoperarsi dev'essere composta di « tre parti di stagno e di una di piombo.

« I fili dovranno essere saldati esclusivamente al sal- « datoio, riscaldato al carbone di legna, e con pron- « tezza, impiegando il minimo calore sufficiente a li- « quefare la saldatura e a farla fluire tra le spire della « legatura.

« La giuntura sarà poscia ripulita con un pezzo di « lana bene asciutta, e nel far ciò si deve badare di « non piegare menomamente nè la giuntura stessa, nè « le contigue parti del filo di linea. A tale scopo ne- « cessita che il filo sia mantenuto fermo da una parte « della giuntura dall'agente incaricato di ripulirla e che « un secondo agente lo tenga fermo dall'altra parte. « Potrà anche essere adoperato un piccolo cavalletto « in legno, risparmiandosi così l'opera di un agente. « È opportuno che le giunture siano fatte sempre dallo « stesso agente.

« Fatta la saldatura, occorre proteggerla da un ra- « pido raffreddamento tenendola fasciata per un certo « tempo con un pezzo di lana.

« Importa molto che la saldatura sia perfetta affinchè « nella giuntura non vengano alterate le condizioni « elettriche e meccaniche del filo ».

20. — Isolatori e ferri porta-isolatori.

Come abbiamo visto nel capitolo precedente, interessa moltissimo che il circuito telefonico tanto a semplice quanto a doppio filo, ma specialmente nel primo caso, sia bene isolato dalla terra; l'esistenza di una derivazione a terra fra i due estremi di una linea a semplice filo avrebbe infatti per effetto di impedire che la conversazione trasmessa da una stazione giunga all'altra.

L'isolamento delle linee telefoniche è ottenuto, come per ogni altra linea elettrica, mediante *isolatori di porcellana*, od anche di *vetro*. Sono infiniti i tipi adottati. Una tendenza generale della pratica dei primi anni dello sviluppo della telefonia, era quella di usare isolatori piccini per diminuire la spesa di impianto. È un errore grave, principalmente per le lunghe linee intercomunali; infatti le resistenze di isolamento dei singoli isolatori sono *in parallelo* sulla linea, e quindi se il loro valore unitario non è gran fatto elevato, presto (cioè col tempo e con la lunghezza di linea) si giunge a valori della resistenza di isolamento della linea per cui il servizio necessariamente è pessimo.

La preoccupazione della spesa e dello spazio è scusabile negli impianti urbani dove lo spazio fa veramente molte volte difetto; non si deve tollerare negli impianti interurbani perchè lo spazio non è scarso mai e il prezzo influisce pochissimo sul costo totale (meno del 5 %).

In Europa sono quasi esclusivamente usati gli isolatori di porcellana; in America sono molto usati quelli di vetro ad onta dei difetti che noi vi vogliamo riscontrare: fragilità ed igroscopicità.

Il merito o valore degli isolatori di porcellana è maggiore se la loro superficie è smaltata, cioè resa più dura e liscia. Anzi per questo motivo negli ultimi tempi gli isolatori destinati alle linee ad alta tensione, non alle linee telefoniche, sono fatti di vari pezzi, ciò che mette in serie fra il filo ed il porta-isolatore un maggior numero di strati superficiali più densi e più isolanti.

La forma degli isolatori dovrebbe essere studiata in modo da impedire l'accumularsi della polvere sul filo, come tutti gli isolatori, dal più al meno, tendono ad

Fig. 66.

Fig. 67.

Fig. 68.

opporsi a che un velo di umidità passi dal filo al sostegno metallico.

Una linea ben costrutta dovrebbe avere almeno un megohm di resistenza di isolamento, per chilometro. Se l'isolamento scende molto al disotto di questo valore, le linee aeree funzionano egregiamente da barometro — dice giustamente il Wietlisbach — buone col bel tempo, cattive col tempo umido e piovoso. Un buon isolatore deve avere almeno 300 Megaohm di resistenza di isolamento. Le figure 66, 67, 68 rappresentano vari tipi di isolatori.

La parte interna di tutti gli isolatori è munita d'una cavità cilindrica assiale più o meno profonda, solitamente munita di filettatura a vite, nella quale entra il *ferro porta-isolatore*.

Quando si tratta di costruire una singola linea, o poche linee su sostegni comuni, questo ferro ha la forma di *gancio* (v. fig. 69) a sezione rotonda, o rettangolare nella parte curvata. Esso ha una estremità filettata a vite mordente per legno, o con bullone passante, o foggiata a zanca da muro, e da questa estremità viene fissata al sostegno; l'estremità opposta ha una forma leggermente conica, a superficie scabra, di diametro medio poco inferiore al diametro interno dell'isolatore, che vi è fissato mediante avvolgimento di corda di canapa oppure mediante gesso.

Fig. 69.

Quando si tratta di linee urbane il ferro porta-isolatore si riduce ad una semplice spina conica in ferro munita di graffiature ad unghia e fissata alle traverse in ferro dei sostegni.

21. — Sostegni — calcolo della stabilità.

Per la costruzione di linee intercomunali sono quasi esclusivamente adoperati *pali* o *paloni* di *larice*, di *abete*, di *castagno* o di *rovere*.

Ecco le dimensioni più comunemente adottate per i pali di castagno selvatico, che in Italia sono i più usati per le linee telefoniche.

Altezza	Circonferenza alla cima.	Circonferenza a 2 m. dal piede.
m. 6,50	cm. 30	cm. 50
» 7,50	» 32	» 56
» 8,00	» 34	» 58
» 8,50	» 36	» 60
» 10,00	» 40	» 70
» 12,00	» 45	» 80

Pel larice rosso, a pari lunghezza le circonferenze aumentano di 4 cm. circa.

I pali devono essere in buone condizioni, esenti da carie, e possibilmente diritti. Si tollera però una piccola curva in un senso solo. In questo caso, tirata una corda dalla sommità del palo fino a m. 1,5 dalla base, è bene che la saetta non oltrepassi i 20 cm.

I pali di castagno selvatico devono preferibilmente essere tagliati in novembre o dicembre; si usano però anche quelli tagliati in gennaio o febbraio. Per le linee telefoniche ad uso pubblico costruite su strade provinciali, le Amministrazioni Provinciali Italiane prescrivono solitamente che il filo più basso si trovi a 6 m. da terra. I pali hanno allora una altezza minima di 7,5 ÷ 8 m. La parte infissa entro terra non è conveniente sia meno di m. 1,50, e per aumentarne la conservazione si raccomandano diversi procedimenti: la carbonizzazione; la spalmatura di carbolineum, di catrame; il trattamento col solfato di rame o col cloruro di zinco.

La distanza a cui sono collocati è in relazione con le dimensioni ed il numero dei fili da sostenere, ma praticamente varia da 50 ÷ 60 metri in rettifilo a 40 ÷ 30 metri in curva.

Un palo di castagno ha una durata media di dieci anni purchè non sia infisso in terreno esageratamente

umido. Un tipo di palo molto usato per linee telefoniche di non grande importanza è quello di 8 metri. Esso costa in media undici a tredici lire; la sua infissione, compresa la distribuzione lungo strade di pianura può costare dalle 3 alle 5 lire.

Per la costruzione delle linee urbane invece i sostegni devono presentare dei requisiti tali che l'uso dei pali di legno è limitatissimo in Europa; negli Stati Uniti invece se ne fa largo uso.

In primo luogo il numero dei fili da sopportare è solitamente rilevante; in secondo luogo lo spazio è deficiente. I sostegni sono perciò costruiti essenzialmente in ferro; in qualche impianto anche importante fu in passato adottato un tipo di costruzione mista in ferro e legno; ma oggidì è abbandonata.

I sostegni per grossi fasci di fili, detti anche *cavalletti*, sono delle vere e proprie costruzioni in ferro da calcolare secondo le norme della scienza delle costruzioni, e la loro posa non è facile.

In Italia la legge 7 aprile 1892 modificata con la legge 15 febbraio 1903 e pubblicata in testo unico col decreto 3 maggio 1903 stabilisce la servitù di appoggio; quindi le società concessionarie di servizi telefonici pubblici hanno il diritto di collocare i sostegni tanto sui tetti quanto sulle facciate delle case; ma i proprietari si prestano generalmente di mala voglia a subire tale imposizione ed aumentano non poco le già grandi difficoltà di erigere delle costruzioni solide e sicure.

I cavalletti consistono essenzialmente in una intelaiatura di cui le parti principali sono formate dai *piedritti* e dalle *traverse*. Queste ultime portano le spine su cui si devono fissare gli isolatori. I singoli isolatori, e quindi anche le singole traverse, distano verticalmente fra loro di 20 ÷ 30 centimetri, ed orizzontalmente da 15 a 10.

Quest'ultima dimensione serve a fissare la distanza

delle *spine* per gli isolatori delle singole traverse, perchè evidentemente tale distanza dipende dall'angolo esistente fra la direzione dei fili e il piano del cavalletto. Per lasciare agli operai il modo di penetrare nel fascio per le eventuali riparazioni, gli isolatori più prossimi ai piedritti distano fra loro di 30 cm. almeno.

L'appoggio del sostegno sull'edificio merita speciale attenzione. Possibilmente si cercherà di ammarrare i piedritti in un muro maestro ed i saettoni sulle grosse travi; si deve evitare che l'acqua piovana penetri lungo i piedritti nel sottotetto, perciò conviene saldare alla base dei piedritti dei cappelli di lamiera.

La distanza media a cui si collocano i sostegni nelle reti urbane, dipende molto dalle consuetudini; nel Belgio si fanno tesate anche di 200 m.; una buona cifra è quella di 100 m. Naturalmente bisogna accettare le variazioni che sono imposte dalla disposizione degli edifici e ne risultano per ciò solitamente tesate ineguali.

Gli sforzi a cui i sostegni sono sottoposti sono di due specie: il peso dei fili e la loro tensione; si deve inoltre tener conto del vento. Il primo agisce verticalmente e richiede che il sostegno sia calcolato per resistere alla pressione; la seconda si può ritenere agisca orizzontalmente, e perciò in suo confronto il sostegno deve essere calcolato per flessione come un solido incastrato ad un estremo.

Ricordiamo brevemente le note formole che servono allo scopo.

Per la resistenza alla compressione, siano:

P il peso totale da sopportare, in kg.;

h la distanza media dal piede, del punto di applicazione di P, in mm.;

E il modulo di elasticità del materiale di cui il sostegno è fatto;

I il momento d'inerzia della sezione;

k_p il carico di sicurezza.

Si ha allora:

$$P = \frac{\pi^2}{4} \frac{E I}{h^2} \frac{1}{k_f}$$

Per il legno si può ritenere:

$E = 1100$ per mm^2. $k_f = 10$.

Per il ferro si può ritenere:

$E = 20.000$ per mm^2. $k_f = 6$.

Per la ghisa si può ritenere:

$E = 10.000$ per mm^2. $k_f = 8$.

Dato il peso P si deduce dalla formola il momento d'inerzia I, e *si verifica* se esso si accorda con le dimensioni progettate, sapendo che:

Per sezione circolare di diam. d

$$I = \frac{\pi}{64} d^4$$

Per sezione anulare di diam. d e D

$$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$$

Per sezione quadrata di lato a

$$I = \frac{a^4}{12}.$$

Per la resistenza alla flessione, essendo F, in kg. il valore della forza che tende a piegare il sostegno (vedremo più avanti come è ottenuta); k_f in kg. per mm^2. la sollecitazione massima ammissibile pel materiale

nella sezione che si considera; h in mm. la distanza fra il punto d'applicazione di F e la sezione che si considera; M il momento resistente della sezione medesima $= \frac{I}{z}$; si avrà:

$$k_f = \frac{F h}{M}$$

dove:

$M = 0{,}098\, d^3$ per la sezione circolare di diam. d

$M = 0{,}098 \frac{D^4 - d^4}{D}$ » » anulare di diam. d e D

$M = 0{,}167\, a^3$ » » quadrata di lato a

Il coeff. k_f si può ritenere = 0,75 kg. p. mm.^{2} p. il legno
= 7,00 » » il ferro
= 2,50 » » la ghisa

Per tener conto dell'azione del vento, lo sforzo F va aumentato geometricamente della quantità F_v ottenuta con la formula approssimata:

$$F_v = 0{,}122\, S\, v^2 \operatorname{sen} a$$

dove S è la superficie, in m.^{2}, del sostegno (compresi i vani); v la velocità del vento in m. al secondo ed a è l'angolo formato dalla direzione del vento colla superficie colpita.

Le formole che noi abbiamo riportate servono raramente in pratica pei sostegni posati sui tetti delle case; ma sono assolutamente indispensabili per il calcolo delle *colonne* o torri che devono portare qualche grosso telaio in posizioni in cui, essendo esso richiesto, non esistono case di abitazione.

Quando il numero dei fili da fissare ad un sostegno

si abbassa sotto al centinaio, le difficoltà di appoggio scemano grandemente e si possono anche costruire delle mensole da infiggere sulle facciate delle case. Le norme che presiedono al calcolo di tali mensole sono le stesse più sopra citate. Le mensole consistono solitamente di uno o due montanti formanti le nervature verticali di un telaio, ai quali sono fissati i bracci di infissione a muro.

Per gli indispensabili lavori di posa e di manutenzione, gli operai devono forzatamente appoggiarsi ai bracci delle mensole; questi devono perciò presentare robustezza esuberante.

Un caso speciale nello studio dei sostegni è quello presentato dal sostegno centrale; quello a cui arrivano dall'Ufficio di commutazione tutti i fili dell'impianto. Con l'estendersi degli impianti sotterranei di cui più avanti diremo, tale *sostegno* o *armatura centrale* ha perduto alquanto della sua importanza; ma in molti impianti esso ha assunto proporzioni colossali.

La fig. 70 rappresenta la torre di uscita dei fili dall'Ufficio centrale di Stockolm, che è forse la più importante. Essa è costruita per 8000 fili. La condizione speciale in cui si trovano i sostegni centrali a differenza degli altri è che i fili tendono da una sola parte rispetto all'isolatore perchè dall'altra parte è fatto l'attacco coi cavi interni dell'Ufficio.

Sarebbe assai consigliabile però che i sostegni fossero *tutti* calcolati nell'ipotesi che i fili da una parte si rompessero, perchè in tal modo ogni accidente sarebbe evitato.

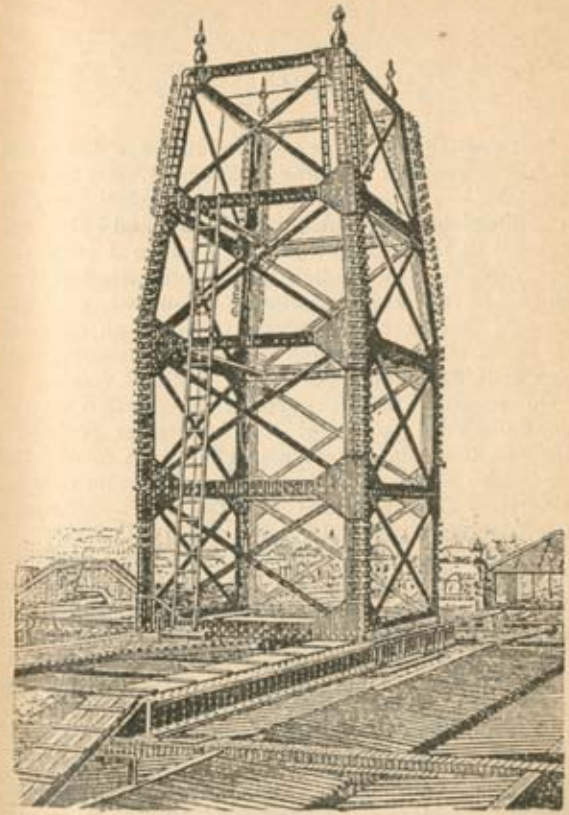


Fig. 70.

22. — Posa delle linee aeree. Calcolo della stabilità.

Le linee telefoniche devono soddisfare a due ordini distinti di requisiti — come in generale tutte le linee elettriche — devono cioè presentare i voluti caratteri di conduttività e di isolamento elettrici, ed i necessari caratteri di resistenza meccanica. Quanto ai primi abbiamo già detto più indietro come interessi di ridurre minima la resistenza, massimo l'isolamento, e rimandiamo il lettore che desideri conoscere gli elementi per la trattazione matematica della trasmissione elettrica sulla linea, all'appendice in fondo al volume.

Qui vogliamo invece occuparci dei caratteri meccanici delle linee parendoci conveniente far precedere simili nozioni alla esposizione delle poche regole che presiedono alla posa delle linee, perchè la loro durata in servizio dipende oltre che dalla natura del materiale, dai criteri meccanici messi a base della loro posa.

È notorio che un filo pesante di materiale qualsiasi, liberamente sospeso fra due punti, per quanto fortemente teso non si dispone mai secondo una retta ma sempre secondo una curva speciale detta *catenaria* che, nei casi che a noi interessano, può venir confusa senza grande errore con una *parabola;* questo avviene precisamente quando — come è in pratica — la *freccia* (il cosidetto *ventre* dell'arco) sia piccola relativamente alla distanza degli appoggi.

La geometria analitica insegna che fra gli elementi fisici e geometrici della catenaria, quando i punti di appoggio sono sulla medesima orizzontale corrono certe relazioni algebriche che qui riportiamo.

Se indichiamo:

con d la distanza fra gli appoggi in cm.;

con l la lunghezza effettiva del filo in cm.;

con f la freccia (distanza fra il punto più basso della curva e la retta congiungente i punti d'appoggio) in cm.;

con p il peso in kg. per cm. di lunghezza;

con T_o la tensione in kg. in corrispondenza al punto più basso della catenaria;

le relazioni accennate si riducono alle seguenti:

$$l = d + \frac{8 f^2}{3 d}$$

$$f = \frac{p d^2}{8 T_o}$$

da cui si ricava

$$l = d + \frac{p^2 d^3}{24 T_o^2}$$

La tensione T_1 a cui il filo è sottoposto al punto di appoggio è data da

$$T_1 = T_o + p f$$

la quale diventa minima quando la freccia abbia il valore $0{,}33\ d$.

Con l'aiuto di queste formole si dovrebbero risolvere tutti i problemi della pratica. — Cominciamo però col notare che esse non tengono conto della temperatura, la quale fa certamente variare la lunghezza del filo e con questa la freccia e con la freccia la tensione cui il filo è sottoposto. Volendo si può introdurre nelle formole la temperatura quando si conosca il coefficiente di dilatazione lineare del materiale di cui il filo

consta; chiamando T_1 la tensione corrispondente alla temperatura t'; T quella corrispondente alla temperatura t (minore di t' p. es.), si può scrivere essendo a il coefficiente di dilatazione lineare del filo (per ogni grado di temperatura):

$$l\,a\,(t'-t)=\frac{p^2 d^2}{24}\left(\frac{1}{T_1^2}-\frac{1}{T^2}\right)$$

e approssimatamente

$$a\,(t'-t)=\frac{p^2 d^2}{24}\left(\frac{1}{T_1^2}-\frac{1}{T^2}\right).$$

Poichè l'effetto della temperatura è evidentemente quello di diminuire la tensione quando essa aumenta, e viceversa, quando la linea sia posata con una temperatura maggiore della minima bisogna aver cura di non tirare il filo eccessivamente, perchè l'abbassamento di temperatura potrebbe poi provocare degli aumenti di tensione tali da mettere in pericolo la sicurezza dei sostegni.

Nelle formole che abbiamo riportato, T rappresenta sempre la tensione totale a cui il filo lavora; essa è quindi uguale a $k\,S$ dove sia k la tensione di sicurezza per mm.^{2} e S la sezione in mm.^{2} — I materiali che presentano il maggior valore di k, ossia i più tenaci, non sono però sempre quelli che permettono le tesate più lunghe a parità di freccia, perchè conviene ancora tener conto del peso p per unità di lunghezza. La distanza d fra gli appoggi è infatti direttamente proporzionale alla radice quadrata della tensione T, ma è inversamente proporzionale alla radice quadrata del peso p; perciò è soltanto per un determinato materiale che il numero degli appoggi è inversamente proporzionale alla radice quadrata del carico di rottura.

Nella formula

$$T=\frac{p\,d^2}{8f}+p\,f$$

che dà la tensione agli appoggi espressa in kg., quando le dimensioni lineari siano espresse in cm. e p in kg. per cm. di lunghezza di filo, introduciamo i valori di T e p in funzione della sezione.

Sia dunque

$$T=k\,S$$
$$p=m\,S$$

dove k è il carico di sicurezza in kg. per mm.^{2}; S è la sezione in mm.^{2}; m è il peso in kg. per cm. di lunghezza e per mm.^{2} di sezione.

Sarà

$$k=\frac{m\,d^2}{8f}+m\,f. \qquad (a)$$

Dicemmo già che k diventa minima quando $\frac{d}{f}=$ circa 3.

Introducendo questo valore avremo

$$k=3\,\frac{m\,d}{8}+m\,f=m\left(\frac{3}{8}\,d+\frac{1}{3}\,d\right)=\frac{17}{24}\,m\,d$$

dalla quale

$$d=\frac{24}{17}\,\frac{k}{m}$$

Questa formola dà la massima distanza degli appoggi supposti sulla medesima orizzontale.

Tenendo:

per l'acciaio $k=14\div 20$ kg.; $m=7{,}7\times 10^{-3}$ kg.
per il bronzo $k=8\div 13$ kg.; $m=8{,}9\times 10^{-3}$ kg.
per l'alluminio $k=3\div 5$ kg.; $m=2{,}6\times 10^{-3}$ kg.

si ottiene:

per l'acciaio $d = 3700$ metri
pel bronzo $d = 2000$ »
per l'alluminio $d = 2800$ »
} al massimo, con $^1/_6$ di sicurezza.

Accontentandosi di ridurre ad $^1/_2$ il coefficiente di sicurezza si avrebbero distanze doppie, semprechè la freccia sia $^1/_8$ della portata.

Se invece fossero dati dalle condizioni del problema la distanza degli appoggi e la freccia, allora la formola *(a)* darebbe la sollecitazione effettiva per mm.^{2} e quindi fornirebbe criterio di scelta per il materiale.

Quando si volesse che la freccia fosse tutto intero il dislivello fra gli appoggi, allora il valore di d da introdurre nel calcolo precedente deve essere il doppio della distanza effettiva fra gli appoggi.

È interessantissimo, per le conseguenze pratiche che esso può avere, il calcolo dei sovraccarichi che richiedono, per metro lineare, i fili più comunemente usati, per rompersi con una determinata portata. La formola da adoperare è questa:

$$p = \frac{8 f k S}{d^2}$$

Ma il problema è ancora più istruttivo se presentato in altra forma. Dato che il sovraccarico sperimentalmente constatato sia di p_n kg. al metro, qual'è la portata massima tollerabile da un filo di qualità e sezione data, e teso con una freccia data, perchè non avvenga la rottura?

Ora il Pierard ha trovato che su un filo di diametro 1,5 mm. il sovraccarico di neve per metro raggiunse gr. 46,5. Arrotondiamo la cifra in 50 grammi.

Allora; p = kg. 0,050 + 0,016 (peso del filo) = 0,066

Ammettiamo che si tratti di un impianto urbano, e che si adoperi quindi filo di bronzo, avente un carico di rottura k di 80 kg. per mm.^{2} Essendo la sezione $S = 1{,}77$ mm.^{2}, supponiamo $f = 2$ m. La rottura avverrà pel seguente valore di d:

$$d = \frac{8 \times 2 \times 80 \times 1{,}77}{0{,}066} = 34300$$

$d = 185$ metri circa.

Ora se si pensa che difficilmente la freccia dei fili di bronzo nelle grandi tesate urbane raggiunge i due metri, questo semplice calcolo permette di dedurre una importante norma pratica per la posa dei sostegni in paesi dove nevica abbondantemente, e mentre giustifica quanto abbiamo più sopra asserito, che cioè non sia cosa lodevole di superare per la portata la lunghezza di 100 metri, spiega i non infrequenti disastri invernali.

L'uso delle formole per il calcolo della freccia o della tensione che devono corrispondere ad una certa portata, praticamente fissata o dalla necessità o dalla consuetudine, non è molto comodo nella pratica. Tuttavia le amministrazioni telefoniche di alcuni paesi hanno munito gli operai di due apparecchi semplici che permettono ai medesimi di fare la posa secondo ordini precisi dedotti dal calcolo.

In Italia questi metodi sono quasi sconosciuti; eppure essi non sono complicati!

Per la misura della freccia gli operai sono muniti di due sagome a foggia di ⊏ il cui lato verticale può variare di dimensione a seconda della freccia desiderata. Sui due isolatori di appoggio di ciascuna campata si appoggiano le due sagome e si tende il filo finchè la visuale che passa per le estremità inferiori delle medesime risulti tangente alla convessità della catenaria formata.

È ancora più semplice di munire gli operai di dinamometri a molla da inserire nel prolungamento della tenaglia o meglio della corda con cui vien tirato il filo. Si continua a tirare finchè il dinamometro non segni la cifra voluta che deve dipendere dalla portata, dalla freccia e dalla temperatura, oltre che dalla qualità del materiale.

Affinchè si abbiano sott'occhio dei calcoli fatti, estraiamo dalle tabelle del Wietlisbach alcune cifre indicanti la tensione e la freccia da dare ai fili di bronzo di alta e di bassa conduttività — che sono i più diffusi attualmente — in dipendenza della portata e della temperatura.

Le tabelle valgono per qualunque diametro di fili e dipendono soltanto dal coefficiente di sicurezza, che si è assunto sia $^1/_4$.

FILO DI BRONZO

Resistenza alla rottura = 80 kg. p. mm.²
Conduttività = 42 %.

Portata	50 m.		100 m.		150 m.		200 m.	
Temperatura in centigradi	Freccia in cm.	Tensione in kg. p. mm.²	Freccia in cm.	Tensione in kg. p. mm.²	Freccia in cm.	Tensione in kg. p. mm.²	Freccia in cm.	Tensione in kg. p. mm.²
— 20°	5	55	35	31	85	30	195	26
— 10°	8	35	43	26	102	24	196	23
0°	10	27	50	22	113	22	209	22
+ 10°	13	21	55	20	123	20	220	20
+ 20°	15	19	60	19	129	19	231	19

FILO DI BRONZO

Resistenza alla rottura = 45 kg. p. mm.²
Conduttività = 97 %.

Portata	50 m.		100 m.		150 m.	
Temperatura in centigradi	Freccia in cm.	Tensione in kg. p. mm.²	Freccia in cm.	Tensione in kg. p. mm.²	Freccia in cm.	Tensione in kg. p. mm.²
— 20°	10	28	61	19	135	19
— 10°	15	19	72	16	160	16
0°	19	15	82	14	180	14
+ 10°	23	12	92	12	200	12
+ 20°	26	11	100	11	220	11

Le frecce indicate dalle tabelle devono ritenersi dei minimi. È notevole di rilevare che regolando le tensioni di due tesate successive e diversamente lunghe, in modo che esse siano uguali, a 10° — se questa temperatura si abbassa la tensione aumenta nella campata più lunga in misura minore che nella più breve.

Ora il sostegno che divide le due tesate diversamente lunghe può non essere in grado di sopportare questa diversità di tensione se esso fu calcolato soltanto per resistere al peso dei fili, ed allora accadrebbe che esso si ripiegherebbe rompendosi dalla parte della tesata meno lunga.

Quando l'aumento di tensione invece che dalla temperatura fosse esclusivamente prodotto da un sovraccarico, allora l'aumento maggiore si verificherebbe nella

tesata più lunga, sicchè per effetto delle nevicate invernali è una azione differenziale quella che si manifesta sui sostegni.

Esaminato così brevemente il tipo e le qualità dei materiali di linea ed indicati i procedimenti del calcolo dei sostegni, non ci resta, per ciò che riguarda le linee aeree, che descrivere sommariamente il lavoro effettivo di posa.

La posa dei sostegni degli impianti urbani non presenta una serie metodica di operazioni che rimanga invariata come accade per i pali delle linee di campagna, e sarebbe difficile farne un elenco. I pali, invece, dopo essere stati scortecciati e lavorati grossolanamente ad appianare gli eventuali nodi se sono di rovere o di castagno, si armano solitamente con qualche giro di filo d'acciaio alla sommità, foggiando quest'ultima a guisa di cono molto appiattito, e molte volte munendola di cappelletto di lamiera per impedire la filtrazione dell'acqua piovana. Una squadra di terrazzieri prepara le buche ed un'altra infigge i pali più o meno profondamente a seconda della loro altezza, costipando poi il terreno all'ingiro.

Qualche volta il palo è imprigionato in una gettata di calcestruzzo o in un blocco di muratura, e ciò accade in terreni soverchiamente umidi.

Gli isolatori, coi relativi ferri, sono solitamente montati sui pali da una squadra speciale di operai che precede la squadra dei tirafili.

Pei sostegni urbani si segue press'a poco lo stesso procedimento, perchè le spine portaisolatori sono solitamente fissate sulle traverse prima di montare il sostegno, e gli isolatori molto tempo prima di stendere il filo.

I ganci portaisolatori sarebbe preferibile fissarli sui pali a guisa di bolloni passanti. Invece generalmente si impiegano ganci filettati con mordente a legno, che

si avvitano quando il palo è già infisso, o — indifferentemente — quando è ancora a terra.

I ganci avvitati devono avere forma tale che il collo dell'isolatore a cui solitamente è fissato il filo sia sul prolungamento del gambo filettato perchè in caso contrario una inuguale tensione del filo potrebbe far girare il ferro svitandolo.

In rettifilo, il filo è montato indifferentemente sulla testa o sul collo dell'isolatore, ma in curva è sempre sul collo che vien fissato, e dalla parte esterna alla curva. Le fig. 71 e 72 rappresentano due tipi di legature comunemente usate; in Italia però è assai più diffuso il secondo tipo.

Qualcuno raccomanda di sopprimere il filo di legatura e di piegare a nodo, attorno al collo dell'isolatore, il filo stesso di linea. Questo procedimento non ha alcun vantaggio se il filo di legatura è dello stesso materiale di quello di linea; rende invece difficile la regolazione della tensione che sarebbe raccomandabile di fare mediante dinamometro a molla, come abbiamo detto più sopra.

La distanza minima tra i fili non dovrebbe scendere sotto ai 40 cm. ma è comunemente adoperata anche una distanza di 20 cm., e meno ancora, negli impianti urbani, dove la quistione dello spazio si impone; ed anche per le linee di campagna, quando più fili si appoggiano agli stessi pali, la distanza scende fino a 25 cm.

Due osservazioni importanti si devono fare. La prima riguarda il disturbo che può venire agli abitanti delle case su cui insistono sostegni telefonici per il suono e le vibrazioni cui sono soggetti i fili sotto l'azione del vento. Per rimediare a questo inconveniente si usano apparecchi detti *sordine*. Queste sono basate su due principi: o rendere assolutamente immobile il pezzetto di filo aderente all'isolatore affinchè le vibrazioni non

siano da quello trasmesse a questo; oppure ammortirne le vibrazioni con un intermediario flessibile. Il

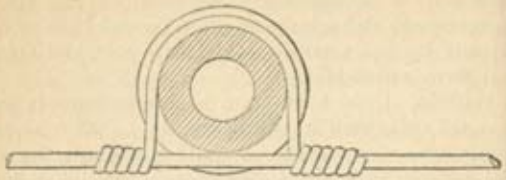


Fig. 71.

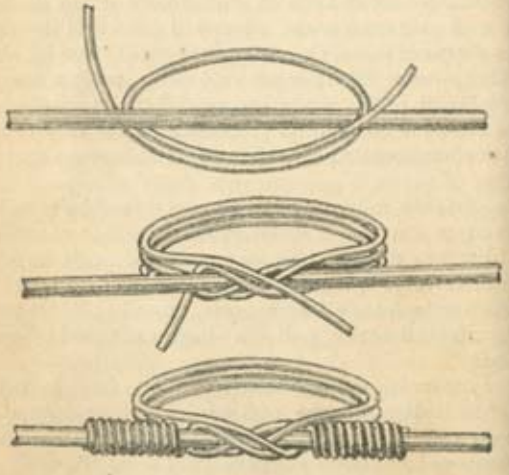


Fig. 72.

secondo principio ha dato i risultati migliori. Fra le

sordine, ottime sono quelle costituite semplicemente da un tubo di gomma che si appoggia contro l'isolatore infilandolo sul filo dopo averlo tagliato lungo una generatrice, e forse migliori quelle costituite da un pezzetto di catenella che sostituisce il filo per un quarto di metro da ogni parte dell'isolatore.

Quest'ultimo tipo richiede che per la continuità elettrica del circuito le due campate tra cui è inserita la catenella siano congiunte mediante un pezzo di filo saldato vicino alle due estremità delle medesime che si congiungono alla catena.

La seconda osservazione riguarda il modo con cui suddividere un grosso fascio di fili in fasci minori. Tale suddivisione deve esser fatta senza incroci di fili, e per ottenerla, da una parte conviene che i grossi sopporti siano molto più estesi orizzontalmente che non verticalmente, ciò che è anche favorevole alla loro stabilità, — e dall'altra, che il numero delle traverse orizzontali dei sopporti rimanga il più possibile costante. Quando quest'ultima condizione non può mantenersi, i fili degli isolatori più bassi del sopporto è conveniente adibirli al collegamento di poste telefoniche installate nelle vicinanze del sopporto medesimo.

I fili telefonici devono mantenersi sempre molto lontani da ogni oggetto estraneo, come sarebbero rami d'alberi, murature, ecc., perchè le oscillazioni provocate dal vento non abbiano a produrre derivazioni a terra, dal più al meno sempre dannose.

23. — Cavi telefonici. — Generalità.

I circuiti telefonici, fino a pochi anni sono, erano in grandissima maggioranza formati mediante linee aeree. In casi singoli però si è sempre manifestata la

necessità di sotterrare i circuiti. Per proteggerli ad esempio contro l'eventualità di contatti con linee industriali ad alta tensione; molte volte per disposizioni governative, imponenti che l'attraversamento di una strada ferrata o di una linea telegrafica non potesse aver luogo con linea aerea; si ricorse appunto all'uso di *cavi telefonici*.

Si chiama *cavo telefonico* un *fascio di fili* telefonici appartenenti allo stesso od a diversi circuiti, protetti e separati fra loro con sostanza isolante (carta paraffinata, fibre tessili, carta comune ad aria secca, guttaperca, okonite, ecc.) ed insieme avvolti in modo da costituire una specie di fune. Questa è poi protetta all'esterno tanto elettricamente che meccanicamente mediante rivestimenti di fibre tessili, o di isolanti, accoppiati, o non, con coperture metalliche. Per queste ultime si ricorre o al filo d'acciaio, nel qual caso il cavo si dice *armato*, oppure a nastri d'acciaio, o infine ai tubi di piombo.

Quando l'enorme sviluppo raggiunto dagli impianti urbani condusse i tecnici a progettare e costruire dei fasci colossali di fili, le difficoltà insorte nella risoluzione puramente teorica del problema, ma più ancora nella sua realizzazione pratica, fecero pensare ai cavi telefonici non più come ad un espediente inteso a superare una difficoltà locale del tracciato, ma come ad un nuovo sistema di conduttura.

E qui sorsero due modi distinti di usarne.

Col primo si trattano i cavi a guisa di conduttori aerei, ricorrendo all'uso di funi d'acciaio e di ferro per la loro sospensione mediante ganci appositi; tale procedimento richiedendo che i cavi non siano troppo pesanti generò la costruzione di tipi speciali in cui dapprincipio emerse la Ditta Felten & Guillaume. Col secondo si collocano direttamente i cavi sotterra, oppure si introducono in apposite tubazioni sotterranee di ghisa, di cemento, di terra cotta, di legno, ecc., ecc.

I due sistemi di posa dei cavi sono ugualmente usati e fra i sotterranei quelli specialmente hanno acquistato grande importanza ed accennano a maggiormente diffondersi che permettono di introdurre ogni singolo cavo in un condotto allo stesso esclusivamente destinato.

Il predominio del circuito a semplice filo su quello a doppio filo ha portato necessariamente dapprincipio alla costruzione di cavi in cui ogni conduttore è destinato ad un circuito speciale, ed alle due estremità, dopo aver attraversato gli apparecchi, è collegato alla terra.

Ma due gravi inconvenienti si manifestano in simili tipi di cavi (quando non sia stata opportunamente studiata la loro costruzione) tosto che si adoperino per delle lunghezze eccedenti qualche centinaio di metri.

In primo luogo la voce giunge più o meno affievolita ed il timbro ne è alterato più o meno profondamente. In secondo luogo la conversazione attiva su un filo è più o meno perfettamente udita sui fili vicini, ciò che rende presto impossibile il servizio (fenomeno della mutua audizione).

Le ragioni teoriche del primo fenomeno sono principalmente da ricercare nelle speciali proprietà elettriche dei conduttori quando sono avvicinati a guisa di cavo. In una conduttura elettrica qualsivoglia quattro sono gli elementi caratteristici che la definiscono univocamente, e cioè: la *resistenza ohmica*, l'*induttanza*, la *capacità*, l'*isolamento*. In un cavo telefonico, di questi elementi il meno importante è l'induttanza ed è per converso importantissima la capacità; la resistenza deve essere forzatamente notevole giacchè per ragioni economiche e tecniche i singoli fili non hanno quasi mai un diametro superiore ad 1 mm., e l'isolamento pure deve essere elevato se vuolsi un buon funzionamento.

Quando all'estremo di una conduttura simile è immessa un'onda alternativa rappresentata da una curva

ben definita, essa non si trasmette inalterata ma vi subisce delle modificazioni più o meno notevoli e nella *ampiezza*, che diminuisce, e nella *fase*.

Le alterazioni poi non dipendono solo dalle proprietà della conduttura ma altresì dalla *frequenza* dell'onda.

Lo studio teorico del fenomeno diventa dunque così complesso che sarebbe fuor di luogo occuparcene. Basterà solo accennare che trascurando l'*induttanza* e supponendo l'*isolamento* infinitamente grande, si può dimostrare essere l'alterazione della corrente, cioè la diminuzione della intensità e lo spostamento della fase tanto maggiore quanto minore è il prodotto dei tre fattori: *frequenza* dell'onda; *capacità* del filo; sua *resistenza*.

I suoni acuti, che hanno frequenze elevate, sono dunque più fortemente affievoliti e modificati che non i suoni gravi, e poichè la voce umana anche solo emettendo le vocali semplici risulta da una miscela di suoni elementari aventi frequenze diverse, non solo arriva affievolita ma non può neanche conservare il *timbro*, che è appunto l'univoca definizione della miscela.

Il fenomeno, come fu esposto, accade per qualsivoglia conduttura quindi anche per le linee aeree ma mentre in queste esso riesce appena percettibile ha invece importanza notevole nei cavi a filo semplice; e se opportune norme costruttive non furono osservate può diventare proibitivo pel loro impiego anche a distanze modeste, in grazia essenzialmente della *capacità* dei singoli conduttori.

Interessa dunque di rendere minima tale capacità o meglio di rendere minimo il suo prodotto con la resistenza. Cura speciale si deve dunque dedicare alla scelta dell'isolante il quale sarà tanto migliore quanto meno alto il suo potere induttore specifico, e quanto meno polarizzabile. Sotto questo punto di vista l'aria

secca e la carta sono di gran lunga gli isolanti preferibili. E difatti negli ultimi anni, specialmente per le installazioni importanti, si può dire che esclusivamente furono impiegati dei cavi in cui l'isolamento è ottenuto con l'aria secca. I singoli conduttori sono rivestiti di due spire di carta avvolte in senso contrario ma non aderenti alla superficie del filo; fra la carta e il filo viene così a costituirsi un inviluppo di aria a cui è mantenuto il potere isolante mediante iniezioni di aria secca sotto pressione quando il bisogno si manifesti.

L'ozokerite e la paraffina sono preferibili per questo motivo alla guttaperca e al caoutchouc.

È altresì utilissimo per sminuire l'effetto pernicioso della capacità di ricorrere al doppio filo. Infatti quando ogni circuito telefonico sia costituito da due conduttori, l'effetto della capacità di uno è contrario a quello dell'altro e se la medesima, e quindi anche l'isolamento, fosse rigorosamente uguale ed uniforme nei due fili il sistema si comporterebbe come se ne fosse privo. Praticamente questo risultato perfetto non è raggiungibile ma è di assai avvicinato, tanto che il Wietlisbach non esita ad affermare che mediante il doppio filo la principale difficoltà della telefonia attraverso i cavi è ridotta alla polarizzabilità del dielettrico.

Anche il fenomeno della mutua audizione infatti è completamente soppresso con l'uso del circuito metallico; alla sola condizione che i due fili di ciascun circuito siano mantenuti il più possibile prossimi, o meglio ancora siano avvolti insieme a spirale.

Le cause del fenomeno possono risiedere in tre ordini distinti di fatti e cioè: la derivazione diretta per deficienza di isolamento; l'induzione elettromagnetica e l'induzione elettrostatica.

Nei cavi telefonici a semplice filo la seconda causa ha importanza trascurabile; invece è principale l'ultima. La sua azione è facilmente compresa quando si ten-

gano presenti le esperienze di Carty riferite al § 17, pagina 97, parlando delle perturbazioni cui va soggetto il circuito aereo. Tale azione è tanto più energica quanto migliore è l'isolamento nei cavi a semplice filo, talchè in un cavo simile, quando l'isolamento è cattivo la voce arriva bensì affievolita ma in compenso la mutua audizione perde importanza. E che il doppio filo vi possa completamente rimediare si capisce osservando che l'induzione elettrostatica su un terzo filo è la differenza delle azioni di ciascuno dei due conduttori su cui avviene la conversazione, dacchè in questi la corrente ha segno contrario, e poichè i medesimi sono vicinissimi, anzi intrecciati, la differenza delle loro azioni è assai prossimamente nulla. La pratica infatti mostra la verità di questa deduzione, ad una condizione tuttavia, e cioè che l'isolamento dei fili sia uguale ed uniforme per tutta la loro lunghezza. In caso contrario infatti le due correnti di carica indotte per capacità non potrebbero esattamente compensarsi.

Quando si tratti di cavi a semplice filo l'ostacolo opposto al loro uso dal fenomeno di cui ci intratteniamo è tanto grave che fu giuocoforza studiare dei dispositivi di costruzione atti a diminuire l'inconveniente. Già un notevole vantaggio la pratica ha dimostrato possiedono i cavi per molti fili in confronto di quelli per pochi, atteso che l'azione condensante complessiva subita da ciascun conduttore è la differenza fra l'induzione (che diremo di primo grado) del filo percorso da corrente e l'induzione (che diremo di secondo grado) di tutti gli altri fili, le cui cariche, di segno contrario a quella del filo percorso da corrente, hanno effetto contrario. Ma il rimedio più efficace sta nel circondare ogni conduttore (dopo che esso fu rivestito con l'isolante prescelto) con un inviluppo metallico che funziona da riparo contro le cariche elettrostatiche. Esso è solitamente ottenuto avvolgendo a spirale un sottile foglio

di stagnola; in alcuni casi ogni conduttore è introdotto in un piccolissimo tubo di piombo. Gli inviluppi metallici dei singoli conduttori devono poi essere messi a terra francamente. A questo scopo qualche costruttore dispone nella massa del cavo due o tre fili di rame nudo che vengono in contatto con gli inviluppi metallici e che sono poi messi a terra alle estremità libere.

24. — Cavi aerei.

I vantaggi tecnici inerenti all'impiego dei cavi aerei sono essenzialmente da ricercare nella maggiore facilità di posa.

Economicamente i cavi aerei non diventano vantaggiosi rispetto alle linee aeree se non quando si tratti di doppio filo e di cavi contenenti non meno di cinquanta circuiti e lunghi almeno qualche centinaio di metri.

I cavi aerei, abbiamo già detto, sono sostenuti a delle funi di ferro o di acciaio mediante ganci metallici distanziati di 40 a 70 centimetri secondo il peso e la rigidità del cavo. Le funi devono essere calcolate con metodo analogo a quello esposto parlando dei fili quando si supponga però che il peso che figura nella formola comprenda il peso della fune e quello del cavo.

I ganci sono costruiti in fogge svariatissime e con metalli diversi. Sono raccomandabilissimi, prezzo a parte, i ganci in alluminio. Del resto qualunque metallo purchè ben protetto contro l'ossidazione può servire allo scopo. Le figure 73, 74, 75 e 76, rappresentano alcuni tipi di ganci.

Per diminuire il costo della posa è bene che il gancio fasci strettamente il cavo in modo da poterlo fissare sul medesimo mentre si svolge dalla bobina, e possa poi scorrere sulla fune (dopo esservi stato agganciato) applicando la forza di trazione al cavo.

I requisiti elettrici di un buon cavo telefonico, abbiamo già detto, devono risiedere in una capacità piccola ed in un buon isolamento. Pei cavi telefonici aerei è anche interessante che il peso sia il minore possibile, pur essendo la protezione esterna sicura, e per questo motivo si costruiscono cavi speciali in cui l'involucro esterno è ottenuto esclusivamente con fibre tessili e gomma interposta.

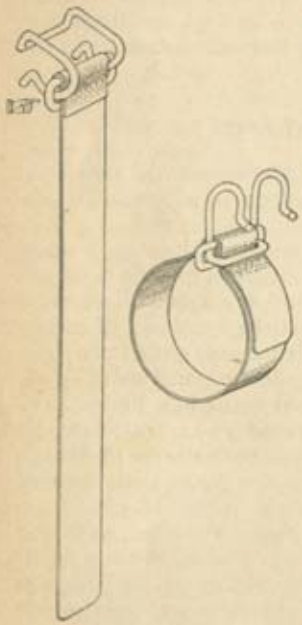


Fig. 73.

Dal punto di vista dell'isolante per i piccoli impianti dove mancano in generale i mezzi di verificare frequentemente anzi sistematicamente l'isolamento, non conviene installare cavi ad aria secca

Fig. 74.

anche per evitare la spesa d'impianto e d'esercizio di una pompa d'aria per la manutenzione. Sono in tal caso preferibili i cavi in cui l'isolamento è ottenuto con sostanze solide, in generale fibre tessili paraffinate o impregnate di miscele a cui ogni fabbricante attribuisce un nome speciale. E quanto alla copertura esterna, ad onta del peso, è pur sempre preferibile ricorrere ad un involucro di piombo. Non è detto però che non si costruiscano cavi con protezione esterna leggera. Ve n'ha di quelli in cui sono adoperate soltanto fibre tessili e tessuti o maglie; di quelli in cui ai tessuti ed alle fibre è accoppiato un involucro di gomma, oppure anche una spirale di nastro d'acciaio o entrambe insieme.

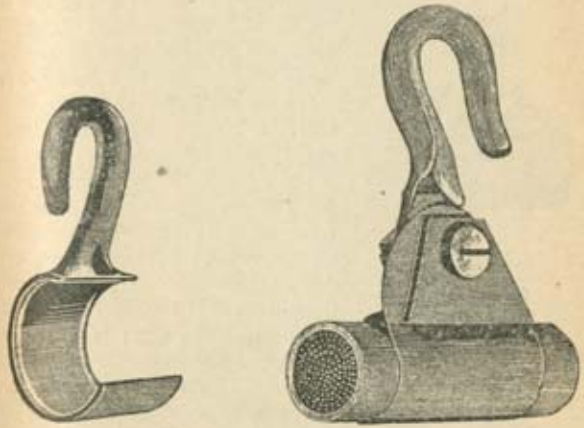


Fig. 75.

Prima della posa ogni cavo deve essere provato per constatare se non vi è deficienza di isolamento fra conduttore e conduttore, e fra conduttore e involucro, nonchè per constatare se non vi siano conduttori interrotti.

Il modo di procedere è semplice e non ha bisogno di essere additato. Piuttosto è da ricordare che per l'esecuzione di queste prove si debbono usare delle pile

e non delle macchine magneto elettriche perchè la capacità del cavo basterebbe a far funzionare la soneria.

Quando il cavo deve posarsi per una lunghezza superiore alla massima ottenibile dal fabbricante (e questa non è limitata che dal suo *peso)* bisogna ricorrere alle giunzioni.

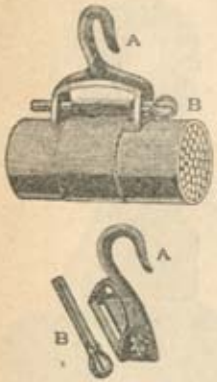


Fig. 76.

Per eseguire una *giunzione* si scoprono i due estremi da congiungere privandoli della protezione esterna per una lunghezza variabile da 20 a 50 centimetri secondo che il cavo ha un numero piccolo o grande di circuiti (se ne costruiscono anche con 300 circuiti) ed avendo cura di conservare la stratificazione dei conduttori. Si infila su uno dei due cavi un tubo di piombo sufficientemente lungo perchè si possa ricoprire tutta la giunzione. Poi si procede alla saldatura dei singoli conduttori accoppiando bene le paja, se si tratta di cavi a doppio filo. La saldatura si fa dopo avere attortigliati insieme i fili per una lunghezza di tre o quattro centimetri avendo anche preventivamente infilato su uno dei fili un tubetto di carta che a saldatura compiuta deve venire a ricoprirla. Si devono distribuire le giunture in modo che esse non capitino tutte nella stessa sezione traversale del cavo.

Terminato l'accoppiamento si versa abbondantemente e ripetutamente con un mestolo della paraffina fusa sul fascio di fili e quando tutto s'è raffreddato si porta a suo posto il tubo di piombo coprigiunto che si salda ai suoi due estremi.

Le estremità dei cavi, là dove devono congiungersi con le linee aeree sono munite di apparecchi speciali dette *cassette di distribuzione*, o anche di *teste di cavo*.

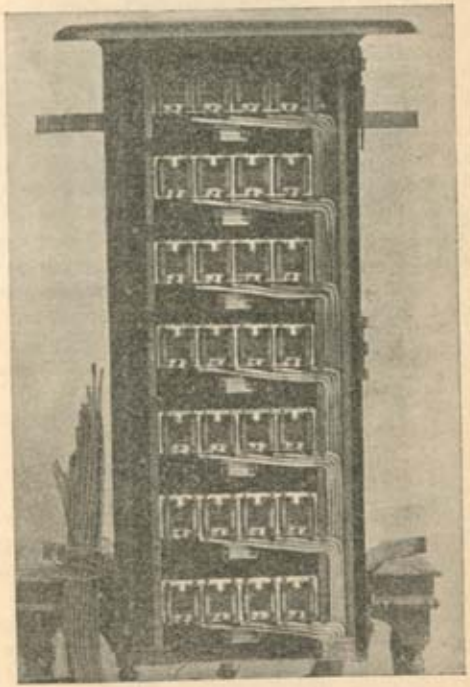


Fig. 77.

Le cassette di distribuzione (vedi fig. 77) sono solitamente in lamiera di ferro. Dal di sotto penetra il cavo

ed escono i singoli circuiti; è bene siano provviste di valvole fusibili affine di proteggere il cavo contro le correnti industriali che potrebbero raggiungere per contatto i fili delle linee aeree connesse al medesimo, e di scaricatori per difenderlo contro gli effetti delle scariche atmosferiche.

In America le teste di cavo hanno soltanto il compito di *distribuire* i fili del cavo non di *proteggerli*. Esse sono costituite di cassette di ghisa in cui penetra il cavo. Le pareti sono attraversate da tanti morsetti quanti sono i fili; ogni morsetto è isolato dalla massa della cassetta e questa è completamente riempita, a giunzione finita, con paraffina. La protezione del cavo è poi fatta sui singoli conduttori dopo che essi sono usciti dalla testa di cavo. La fig. 78 rappresenta un tipo di testa di cavo di forma circolare, disposta alla sommità di un palo. Il cavo entra per di sotto, alla destra della figura, e i singoli fili uscendo dalla cassetta si distribuiscono sugli isolatori, due dei quali sono rappresentati nella figura.

25. — Cavi sotterranei.

Quando ragioni estetiche si impongono o il numero dei circuiti da installare mediante cavi aerei sia tale da richiedere la posa di parecchie unità, od anche solo di una unità ma con diametro esteso e peso notevole, allora si deve ricorrere alla posa nel sottosuolo la quale del resto è sovente imposta e voluta dalle autorità.

La posa dei cavi nel sottosuolo può effettuarsi direttamente cioè senza la costruzione di condotti speciali, quando però si pensi a provvedere il cavo di una protezione meccanica esterna sufficiente ad impedire che esso sia guastato tanto per azione lenta degli agenti

chimici esistenti nel sottosuolo, quanto per disattenzione degli operai che dovessero per altri scopi procedere ad un nuovo scavo, sul tracciato del cavo. Molte

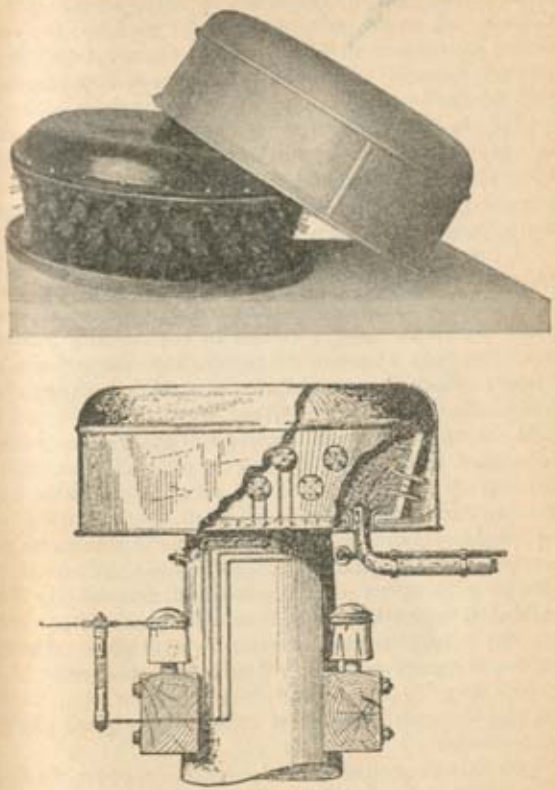


Fig. 78.

volte simile protezione è ottenuta *armando* il cavo cioè rivestendolo con un involucro di fili d'acciaio che si dispone, di solito, esternamente al piombo, intermediario uno strato di fibre tessili o tessuti imbevuti di materie isolanti, idrofughe, ecc. Il cavo così costituito può venire interrato senza altra precauzione, che non sia quella di posarlo almeno a settanta centimetri sotto la superficie — ma è prudente sempre di ricoprire il cavo almeno con tegole, mattoni, tavole di legno od altro, non fosse che per mettere sull'avviso gli scavatori al momento di un nuovo scavo.

Si può invece semplicemente collocare il cavo sotto piombo, tutt'al più rivestito con nastratura di juta tannata o catramata, dentro una cassetta di legno riempiuta poi di catrame e chiusa di coperchio superiore. Anche si possono usare dei tegoloni di cemento armato disposti sopra il cavo oppure dei tubi di gres sezionati longitudinalmente a metà, ecc. ecc.

Molte volte invece si ricorre ad una vera e propria tubazione sotterranea. Questa è ottenuta con tubi o cassette di ghisa, di cemento, ecc. La tubazione è solitamente costituita di una serie di tratti rettilinei separati da pozzetti di manovra (specie di camerette sotterranee) destinati a dar posto agli operai che provvedono alla posa in opera ed alle giunzioni, nonchè alle riparazioni. I pozzetti hanno dimensioni variabili; è bene che un paio d'uomini possano trovarvi posto ed anche lavorarvi senza soverchio impaccio; una sezione in pianta di m. 2×1 ed un'altezza di 2 m. sono raccomandabili come minimi; si costruiscono quasi sempre in cemento.

Con tale procedimento, che è diffuso, p. es., in Svizzera, l'utilizzazione dello spazio nel sottosuolo è la maggiore possibile, purchè la posa avvenga con grandi precauzioni specialmente intese ad impedire che i cavi si dispongano in linee sinuose, invece che parallele,

accavallandosi reciprocamente, perchè ciò limiterebbe la capacità della tubazione. Inoltre quando un cavo venisse a guastarsi e richiedesse una riparazione, questa sarebbe materialmente impossibile ed il cavo dovrebbe abbandonarsi non potendosi neanche pensare alla sua estrazione per il peso soverchio che vi è addossato, escluso l'ultimo strato messo in opera. Infine i cavi a circolazione d'aria secca, ora diffusi, e che sono generalmente *soffici* non si potrebbero impunemente ammonticchiare in modo simile, senza deformarli al punto da non poter che difficilmente attirare il ricambio dell'aria a scopo di manutenzione.

Gli inconvenienti della tubazione unica hanno portato necessariamente all'adozione dei condotti multitubolari nei quali ogni cavo è posato in una cavità speciale ad esso destinata. Moltissimi sono i tipi di canalizzazioni sotterranee polifore adottati nei vari paesi. L'Hultman adottò pel primo a Stoccolma un tipo di tubazione polifora in cemento che l'Autore sperimentò nel 1898 a Milano. I blocchi di cemento lunghi un metro ciascuno sono longitudinalmente muniti di fori nel numero voluto; ogni foro ha un diametro di 90 mm.; lo spessore di due fori è di $20 \div 30$ mm. I blocchi appoggiano alle testate su cuscini in cemento annegati in una platea di calcestruzzo.

In America sono diffusissimi dei condotti formati con travotti di legno a sezione quadrata forati longitudinalmente, provvisti di giunzione a maschio e femmina, lunghi $2 \div 3$ metri e disposti in numero talora grandissimo in trincea con la semplice precauzione di un letto e di un riempimento ai fianchi, in calcestruzzo. Sono pure molto diffusi e furono usati anche per il recente impianto di Milano, dei corti tubi di grès (figura 79) che si annegano completamente nel calcestruzzo.

Questi tipi di tubazione hanno il grande vantaggio

della assoluta indipendenza dei singoli cavi; permettono le riparazioni e gli ingrandimenti senza operazioni a cielo aperto che impediscano o disturbino la viabilità. Quando siano impermeabili, affinchè i cavi non siano soggetti all'azione dell'umidità del sottosuolo, (e sotto questo punto di vista il grès è un materiale eccellente, ma bisogna eseguire accuratamente le sin-

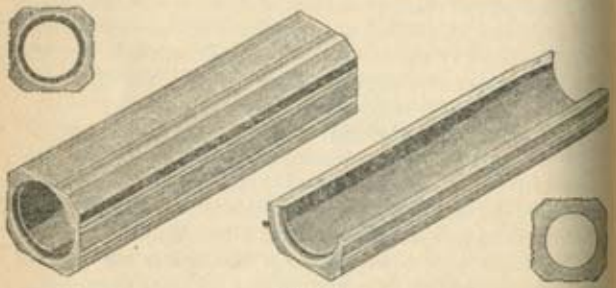


Fig. 79.

gole giunzioni dei tubi) si può dire che rappresentino la miglior possibile soluzione attuale al problema delle condutture sotterranee. Per mantenere il rettifilo durante la posa si usano dei grossi *mandrini* cilindrici di legno lunghi il doppio almeno di un tubo. Il mandrino è introdotto nella tubazione ad ogni nuovo tubo aggiunto, e poichè il suo diametro è pochissimo inferiore al diametro interno dei singoli tubi, questi vengono forzatamente a trovarsi in rettilineo uno coll'altro.

Interessa grandemente che i tratti della tubazione compresi fra due pozzetti di introduzione oltre che essere rettilinei abbiano lunghezze non eccedenti 100 o 120 metri al massimo, perchè l'introduzione del cavo non sia troppo difficoltata dal suo peso.

La posa del cavo nelle tubazioni sotterranee si effettua introducendo prima nel foro da occupare un filo d'acciaio relativamente rigido e rettilineo; al filo d'acciaio si connette poi la fune che deve trascinare il cavo. È conveniente che il piombo del cavo rimanga nudo, e perchè l'attrito sia ancor minore si può spalmarlo con vaselina. La trazione della fune può essere fatta a mano o mediante arganello.

Si deve fare attenzione al pericolo dell'elettrolisi. Questa può verificarsi nelle città dotate di servizio tramviario a ritorno per la terra, essendo allora possibile che una porzione della corrente percorra il piombo del cavo; essa lo corroderebbe nel punto in cui (secondo le note convenzioni riguardanti la sua direzione) abbandona il cavo per entrare nel suolo.

Si mette in evidenza l'inconveniente con ricerche sistematiche lungo tutto il cavo, per determinare in quali punti il suo potenziale è positivo rispetto al potenziale dei conduttori vicini.

Vi si rimedia collegando mediante grosso filo di rame il cavo, nel punto in cui la differenza di potenziale è massima, con la tubazione di acqua potabile o di gas o altra rete metallica vicina.

Quanto al tipo di cavo da adottare valgono gli stessi criteri già indicati più sopra a proposito dei cavi aerei; la costruzione di cavi sotterranei non differisce affatto nel tipo a circolazione d'aria da quella degli aerei, se non perchè il tubo di piombo vi è alquanto più spesso.

26. — Descrizione di alcuni tipi di cavi.

1. — Tipo *Paterson* a semplice filo. — Questo tipo di cavo è isolato con paraffina; ciascun conduttore di rame viene dapprima avvolto con un doppio strato di fili di cotone, indi l'intero fascio di fili di cui dovrà essere costituito il cavo viene cordato e poi nuovamente ri-

vestito di cotone. Il cavo così ottenuto viene portato in una stufa di essiccazione a 80° C., e quando il cotone è perfettamente essiccato viene immerso in una vasca contenente paraffina liquida. Il cotone secco assorbe la paraffina, e l'eccesso si fa sgocciolare. Dopo di ciò il cavo viene rivestito di piombo il che si fa oggigiorno quasi esclusivamente introducendo il cavo in un apparecchio per la fabbricazione di tubi di piombo in modo che il rivestimento di piombo si vada formando sopra il cavo stesso.

Da ultimo viene introdotto della paraffina negli interstizi rimasti tra il cavo e il rivestimento di piombo; la paraffina liquida viene spinta nel cavo alla pressione di 5 sino ad 8 kg per cm.^{2} mediante anidride carbonica gasosa. Questo sistema ha l'inconveniente di diminuire la capacità del cavo perchè nella paraffina rimangono delle bollicine di gas il cui potere induttore specifico è minore di quello della paraffina. La diminuzione però non è che di pochi percento.

Questi cavi a semplice filo non sono privi di induzione, quindi non conviene usarli per lunghezze superiori ad 1 km. Con lunghezze maggiori interviene il fenomeno della mutua audizione.

2. — Tipo *Felten e Guillaume* a semplice filo, anti-induttivo. — In questo tipo di cavo ogni filo di rame è rivestito con un nastro continuo di una carta resistente speciale; l'avvolgimento è fatto in modo da lasciare dell'aria fra il filo e la carta; esteriormente si attorcigliа un nastrino di stagnola; nel fascio di fili così preparato si trovano giustamente distribuiti alcuni conduttori di rame nudo che devono poi essere messi a terra alle due estremità. Esso è rivestito di un tubo di caoutchouc dello spessore di 2,5 a 3 mm. al disopra del quale è tessuta una treccia di cotone imbevuta di ossido di zinco. Una spirale di lamiera di ferro dello spessore di 1 mm. e della larghezza di 25 a 30 mm.

riveste la treccia di cotone ed è alla sua volta ricoperta da un'altra treccia verniciata con biacca di zinco.

3. — *Cavi telefonici a coppie* costruiti dalla ditta Pirelli e C. di Milano.

a) Tipo ad aria secca e carta (Paterson). — Il filo elementare è protetto da un tubetto di carta speciale di un diametro esterno molto maggiore di quello del filo di rame, cosicchè fra il rame e la carta avvi uno spazio anulare d'aria secca.

La capacità di ciascun filo rispetto a tutti gli altri messi a terra in un cavo a coppie è approssimatamente in microfarad:

$$C = \frac{0{,}025}{\log. \frac{d}{\delta}} \text{ per } 1000 \text{ m.}$$

dove δ è il diametro del rame e d è il diametro esterno del tubetto di carta, in millimetri.

In generale pei cavi di reti urbane si esige una capacità di 0,06 microfarad.

L'isolamento di questi cavi è elevatissimo: (in fabbricazione può assumere il valore di 10 a 15 mila megohm per km. a 15°) ma se rimangono solo qualche ora colla testa aperta (cioè solo il tempo di fare le misure elettriche) l'aria in essi perde subito l'enorme grado di secchezza che prende in fabbricazione e l'isolamento si abbassa sino a diventare qualche migliaio di megohm, isolamento del resto più che sufficiente per l'esercizio, e che si conserva se si mantiene una perfetta chiusura delle teste.

La tabella seguente dà il diametro e il peso dei cavi descritti, da 20 a 200 coppie. La capacità e l'isolamento essendo indipendenti dal numero di coppie, non si istituirono nella tabella colonne corrispondenti.

Il diametro del rame più comunemente usato per le reti urbane è di 0,7 mm. e la capacità di 0,06 μ.

vestito di cotone. Il cavo così ottenuto viene portato in una stufa di essiccazione a 80° C., e quando il cotone è perfettamente essiccato viene immerso in una vasca contenente paraffina liquida. Il cotone secco assorbe la paraffina, e l'eccesso si fa sgocciolare. Dopo di ciò il cavo viene rivestito di piombo il che si fa oggigiorno quasi esclusivamente introducendo il cavo in un apparecchio per la fabbricazione di tubi di piombo in modo che il rivestimento di piombo si vada formando sopra il cavo stesso.

Da ultimo viene introdotto della paraffina negli interstizi rimasti tra il cavo e il rivestimento di piombo; la paraffina liquida viene spinta nel cavo alla pressione di 5 sino ad 8 kg per cm.^{2} mediante anidride carbonica gasosa. Questo sistema ha l'inconveniente di diminuire la capacità del cavo perchè nella paraffina rimangono delle bollicine di gas il cui potere induttore specifico è minore di quello della paraffina. La diminuzione però non è che di pochi percento.

Questi cavi a semplice filo non sono privi di induzione, quindi non conviene usarli per lunghezze superiori ad 1 km. Con lunghezze maggiori interviene il fenomeno della mutua audizione.

2. — Tipo *Felten e Guillaume* a semplice filo, anti-induttivo. — In questo tipo di cavo ogni filo di rame è rivestito con un nastro continuo di una carta resistente speciale; l'avvolgimento è fatto in modo da lasciare dell'aria fra il filo e la carta; esteriormente si attorcigliа un nastrino di stagnola; nel fascio di fili così preparato si trovano giustamente distribuiti alcuni conduttori di rame nudo che devono poi essere messi a terra alle due estremità. Esso è rivestito di un tubo di caoutchouc dello spessore di 2,5 a 3 mm. al disopra del quale è tessuta una treccia di cotone imbevuta di ossido di zinco. Una spirale di lamiera di ferro dello spessore di 1 mm. e della larghezza di 25 a 30 mm.

riveste la treccia di cotone ed è alla sua volta ricoperta da un'altra treccia verniciata con biacca di zinco.

3. — *Cavi telefonici a coppie* costruiti dalla ditta Pirelli e C. di Milano.

a) Tipo ad aria secca e carta (Paterson). — Il filo elementare è protetto da un tubetto di carta speciale di un diametro esterno molto maggiore di quello del filo di rame, cosicchè fra il rame e la carta avvi uno spazio anulare d'aria secca.

La capacità di ciascun filo rispetto a tutti gli altri messi a terra in un cavo a coppie è approssimatamente in microfarad:

$$C = \frac{0{,}025}{\log. \frac{d}{\delta}} \text{ per } 1000 \text{ m.}$$

dove δ è il diametro del rame e d è il diametro esterno del tubetto di carta, in millimetri.

In generale pei cavi di reti urbane si esige una capacità di 0,06 microfarad.

L'isolamento di questi cavi è elevatissimo: (in fabbricazione può assumere il valore di 10 a 15 mila megohm per km. a 15°) ma se rimangono solo qualche ora colla testa aperta (cioè solo il tempo di fare le misure elettriche) l'aria in essi perde subito l'enorme grado di secchezza che prende in fabbricazione e l'isolamento si abbassa sino a diventare qualche migliaio di megohm, isolamento del resto più che sufficiente per l'esercizio, e che si conserva se si mantiene una perfetta chiusura delle teste.

La tabella seguente dà il diametro e il peso dei cavi descritti, da 20 a 200 coppie. La capacità e l'isolamento essendo indipendenti dal numero di coppie, non si istituirono nella tabella colonne corrispondenti.

Il diametro del rame più comunemente usato per le reti urbane è di 0,7 mm. e la capacità di 0,06 μ.

CAVI A COPPIE CON ISOLAMENTO IN CARTA ED ARIA (Tipo Patterson)

di fabbricazione Pirelli & C. - Milano

Numero delle coppie di conduttori	RAME $^{7}/_{10}$				RAME $^{9}/_{10}$			
	Cavo in Piombo nudo		Cavo armato		Cavo in Piombo nudo		Cavo armato	
	Diametro sul piombo	Peso per 1000 m.	Diametro esterno	Peso per 1000 m.	Diametro sul piombo	Peso per 1000 m.	Diametro esterno	Peso per 1000 m.
	mm.	Kg.	mm.	Kg.	mm.	Kg.	mm.	Kg.
20	20,-	1370	30,5	2670	22,4	1620	33,-	2975
30	24,-	1800	34,-	3350	26,5	2120	37,4	3800
50	30,-	2500	4,0-	4550	33,5	3050	44,-	5300
75	36,-	3500	46,-	6100	40,1	4120	51,-	7100
100	40,5	4200	51,-	7200	45,9	5140	56,7	8800
150	49,-	5800	60,-	9900	55,5	7100	66,5	12130
200	56,-	7300	67,-	12200	63,5	9980	74,5	16300

Numero delle coppie di conduttori	RAME $^{9}/_{10}$				RAME $^{10}/_{10}$			
	Cavo in Piombo nudo		Cavo armato		Cavo in Piombo nudo		Cavo armato	
	Diametro sul piombo	Peso per 1000 m.	Diametro esterno	Peso per 1000 m.	Diametro sul piombo	Peso per 1000 m.	Diametro esterno	Peso per 1000 m.
	mm.	Kg.	mm.	Kg.	mm.	Kg.	mm.	Kg.
20	24,7	1900	35,5	3400	27,-	2170	38,-	3880
30	29,5	2500	40,4	4400	32,5	2880	43,3	5050
50	36,1	3600	48,-	6150	41,-	4200	51,8	7250
75	44,6	4920	55,7	8451	43,4	5750	60,3	9525
100	51,1	6150	62,2	10550	56,5	7250	67,5	12425
150	61,9	8450	73,-	14550	68,5	10130	79,7	17350
200	70,9	10900	82,-	18580	78,5	12950	89,7	22200

b) Cavi telefonici a coppie, tipo R (1). — Il conduttore elementare è protetto con 2 strati di carta speciale molto compressa intorno al filo e formanti uno spessore di 0,6 mm. circa.

Il cavo formato colle *n* coppie di conduttori così isolato è fasciato con tessili, asciugato ed imbevuto, nel vuoto, di materie isolanti, e protetto con piombo.

L'isolamento di tali cavi raggiunge facilmente 500 a 1000 megohm per km. a 15°; si potrebbe ottenere di più aumentando l'essiccazione dei materiali; ciò che però non è consigliabile, essendo un maggior isolamento inutile nella pratica.

La capacità è più elevata che in quelli con carta ed aria e cioè:

$$C = \frac{0{,}065}{\log. \frac{\delta + 1{,}2}{\delta}}$$

(1) L'autore adoperò questo tipo per l'impianto di Brescia.

e per un cavo coi fili di rame di 0,8 mm. di diametro arriva a circa 0,2 microfarad.

Anche questi cavi per quanto possano rimanere a teste aperte per molto tempo, esigono delle perfette chiusure durante l'esercizio continuo se si vuole conservare un altissimo isolamento.

L'armatura dei cavi sotto piombo consiste in:

1° spalmatura del piombo con sostanza isolante ed atta ad impedirne la ossidazione;

2° due strati di carta alternata con spalmatura della predetta miscela;

3° uno strato di juta catramata e spalmatura di pece minerale;

4° due nastri di ferro avvolti a spirale nello stesso senso, sì che il secondo fa da coprigiunto al primo;

5° uno strato di juta catramata e spalmatura doppia di miscela di pece e catrame.

La tabella di pag. 163 dà il diametro e il peso dei cavi tipo *R* da 20 a 200 coppie.

CAVI A COPPIE CON ISOLAMENTO IN TESSILI IMBEVUTI - Tipo R.
di fabbricazione Pirelli & C. - Milano

Numero delle coppie di conduttori	RAME 3/10				RAME 9/10				RAME 10/10			
	Cavo in Piombo nudo		Cavo armato		Cavo in Piombo nudo		Cavo armato		Cavo in Piombo nudo		Cavo armato	
	Diametro esterno	Peso per 1000 m.	Diametro esterno	Peso per 1000 m.	Diametro esterno	Peso per 1000 m.	Diametro esterno	Peso per 1000 m.	Diametro esterno	Peso per 1000 m.	Diametro esterno	Peso per 1000 m.
	mm.	Kg.	mm.	Kg.	mm.	Kg.	mm.	Kg.	mm.	Kg.	mm.	Kg.
20	22,5	1840	33,-	3300	23,5	2000	34,-	3530	24,5	2150	35,-	3700
30	27,-	2440	37,5	4300	28,-	2650	38,5	4600	29,-	2880	40,-	4900
50	33,5	3540	44,-	5850	35,-	3850	46,-	6300	36,5	4250	47,-	6900
75	40,5	4740	51,-	7750	42,-	5320	53,-	8500	44,-	5850	55,-	9100
100	46,-	6080	56,-	9700	48,-	6700	59,-	10700	50,-	7400	61,-	11600
150	55,5	8570	66,-	13300	58,-	9400	69,-	14400	61,-	10400	72,-	15600
200	64,-	10800	75,-	16300	67,-	12000	78,-	17660	69,5	13300	81,-	19200

APPENDICE ALLA PARTE II

Riteniamo interessante riportare le norme emanate dall'Ing. Brunelli, Direttore delle costruzioni telegrafiche e telefoniche dello Stato, sull'uso degli incroci.

« Come è noto, un circuito telefonico di una certa importanza deve « essere interamente metallico, cioè costituito da due fili: uno per « l'andata, l'altro per il ritorno, abolendo la terra; ma il doppio filo « non è sempre sufficiente per assicurare una buona corrispondenza « telefonica, se non si adottano criteri speciali nella disposizione dei « fili. Gli scopi da raggiungere sono due:

« 1° Prevenire i disturbi di induzione derivanti da correnti di « fili telegrafici vicini o da altre correnti industriali.

« 2° Prevenire l'induzione tra i diversi circuiti telefonici collo- « cati sugli stessi sostegni.

« Entrambi gli scopi sono raggiunti qualora si mettano i due fili « costituenti ciascun circuito telefonico nelle identiche condizioni di « distanza per rapporto ai fili disturbatori di qualsiasi natura.

« La disposizione e la simmetria di costruzione sono perciò della « massima importanza, come pure è indispensabile che i due fili siano « egualmente e bene isolati, affinchè un circuito telefonico riesca ef- « fettivamente immune dai disturbi di altre correnti.

« Vediamo perciò quali siano le disposizioni da adottarsi.

« Il caso generale che servirà come tipo per tutte le future costru- « zioni, è quello di considerare un gruppo, che diremo *elementare*, di « due circuiti telefonici, cioè di quattro fili.

« Questi fili devono essere collocati ai vertici di un quadrato, di- « sponendo i due fili componenti ciascun circuito (1-2) e (3-4) secondo « le due diagonali, come è indicato nella figura 80. La distanza orizzontale e verticale fra i diversi fili, assunta come tipo nelle nostre « costruzioni e corrispondente al lato del quadrato, è di 30 centimetri. « Per far sì, poi, che i 4 fili di un quadrato si trovino nelle identiche « condizioni di distanza per rispetto ad altri fili disturbatori posti sugli « stessi sostegni, o poco lontani, si ricorre al sistema degli incroci,

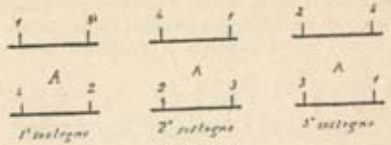


Fig. 80.

« praticati lungo tutto il percorso della linea, a distanze uguali come « si dirà in seguito: si fanno così girare i fili di ciascun circuito l'uno « intorno all'altro per una semirotazione, in modo che la loro posizione « reciproca risulti scambiata per rapporto ai fili disturbatori.

« L'incrocio si forma scambiando di un posto la posizione di cia- « scun filo per tre sostegni successivi, sempre nello stesso senso, come « è indicato nella figura 80, nella quale il movimento « avviene nel verso delle lancette di un orologio. « Come si vede, la posizione dei fili ha subito una « semirotazione; infatti il circuito (1-2) occupa sul « primo sostegno la diagonale da sinistra a destra « verso il basso, sul secondo la diagonale da destra a « sinistra in basso, e sul terzo sostegno la diagonale « primitiva in senso inverso cioè diretta in alto. Es- « sendo nello stesso modo girata l'altra diagonale del « circuito (3-4) si vede che entrambi i circuiti hanno « invertita la posizione dei loro fili, e restano per en- « trambi eliminati i disturbi di induzione provenienti « da altri fili.

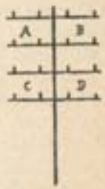


Fig. 81.

« Ma con l'aver disposti i due circuiti in diagonale, abbiamo inoltre « l'altro vantaggio che essi non possono influenzarsi reciprocamente « giacchè le distanze di ogni filo di un circuito da due fili dell'altro « si mantengono costantemente uguali.

« Per il gruppo elementare di due circuiti sono così raggiunti en- « trambi gli scopi dianzi accennati. Il secondo scopo però non sarebbe

« interamente conseguito qualora sulla stessa palificazione si trovas-
« sero altri gruppi elementari di due circuiti ciascuno, se non si prov-
« vedesse con un artificio ad eliminare l'induzione di un gruppo sul-
« l'altro. Ciò si raggiunge variando la posizione degli incroci per cia-
« scun gruppo.

« Nella fig. 81 è segnata schematicamente la disposizione di quattro
« quadrati elementari: *A*, *B*, *C*, *D*; l'incrocio per ciascun quadrato
« viene effettuato su tre appoggi successivi nel modo spiegato per la
« fig. 80 ma mentre per il quadrato *A* l'incrocio deve fermarsi ad

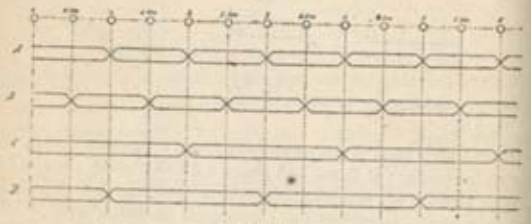


Fig. 82.

« ogni chilometro preciso, per il gruppo *B* il primo incrocio si farà
« a mezzo chilometro, il secondo a chilometri 1,500 e così processiva-
« mente alla distanza di 1 chilometro l'uno dall'altro. Per il gruppo *C*
« gli incroci si faranno ad ogni due chilometri precisi, cioè ai km. 2,
« 4, 6, ecc.; per il gruppo *D*, infine, il primo incrocio si farà al km. 1,
« gli altri ai km. 3, 5, 7 ecc., cioè alla distanza di due km. tra di
« loro. Nella fig. 82 sono segnati schematicamente questi incroci con
« le distanze rispettive per ciascun gruppo.

« Nel caso in cui si dovessero aggiungere altri gruppi sulla stessa
« palificazione, si ripeterà successivamente la disposizione ora indicata.

« Queste norme generali dovranno essere sempre scrupolosamente
« osservate lungo l'intero percorso dei circuiti telefonici, indipenden-
« temente dai limiti delle varie Sezioni, limiti che per nessuna ragione
« dovranno interrompere la continuità e la regolarità delle distanze
« negli incroci, e il verso della rotazione dei fili. Accordi preventivi
« e precisi dovranno perciò intervenire fra i vari ispettori, i quali in-
« cominceranno preferibilmente la posa dei fili dai confini delle loro
« Sezioni ».

PARTE TERZA

LA COMMUTAZIONE TELEFONICA.

27. — Generalità.

Abbiamo già visto nei preliminari quale sia l'organizzazione generale del servizio telefonico e che cosa si intenda colla denominazione di ufficio centrale telefonico e quale sia la funzione del medesimo.

Quantunque siano stati ideati dei sistemi automatici di commutazione telefonica pure nella grande maggioranza degli impianti essa è realizzata mediante l'opera manuale di appositi incaricati risiedenti appunto all'Ufficio Centrale. Anzi generalmente per questo lavoro è assunto personale femminile che assume la denominazione di *telefonista* o, forse meglio ancora, di *commutatorista*.

Gli organi costitutivi del tavolo di commutazione devono provvedere alle seguenti esigenze, che bastano anzi a definirli completamente:

1° Ogni utente deve poter annunciare la sua chiamata all'impiegata preposta al servizio — ma l'avviso non potrebbe essere acustico, perchè la centralizzazione del servizio producendo necessariamente la contemporaneità di molte chiamate, specie nelle ore del giorno consacrate alla trattazione degli affari, ne deriverebbe un frastuono ed una confusione intollerabili all' ufficio. — Gli avvisatori di chiamata devono dunque essere basati su una segnalazione ottica: il movimento di un pistoncino metallico (Siemens); la caduta di uno sportellino; l'accensione di una minuscola lampada elettrica ecc. ecc.

2° La telefonista per rispondere alle chiamate degli utenti deve potersi mettere in comunicazione con gli stessi; deve inoltre poterli chiamare ed infine collegarli a due a due fra di loro.

Dunque ogni operatore deve disporre di una posta completa (telefono, microfono, generatore di chiamata) la quale possa facilmente connettersi con una qualunque delle linee affidate al suo servizio.

A questo scopo evidentemente occorre che ogni circuito di abbonato sia munito di *una parte metallica fissa* foggiata per modo che sia facile connetterla ad *un organo mobile* (che denomineremo appunto *di collegamento*) mediante il quale ciascuna linea di utente possa congiungersi sia con la posta della telefonista sia con un'altra linea qualunque.

3° L'impiegata deve essere avvisata tosto che la conversazione fra due utenti sia finita, affinchè possa liberare le linee relative dalla connessione che le riunisce. L'avviso deve provenire dagli utenti stessi, e l'apparecchio che lo riceve è solitamente inserito nell'organo mobile di collegamento e si chiama appunto *avvisatore di fine conversazione.*

4° Infine, quando gli abbonati sono moltissimi, e di conseguenza gli impiegati addetti all'ufficio centrale sono più d'uno, necessita che una volta stabilita per parte di un'impiegata la comunicazione fra l'abbonato *A* e l'abbonato *B* questa comunicazione non possa venire interrotta, non solo, ma neanche disturbata da un'altra telefonista la quale dall'abbonato *C* sia stata richiesta di comunicazione coll'abbonato *A* o coll'abbonato *B*.

Dunque gli organi fondamentali che costituiscono il *tavolo di commutazione* sono:

1° l'avvisatore di chiamata;

2° l'organo mobile di collegamento e quello fisso di presa;

3° il posto telefonico dell'operatore;

4° l'avvisatore di fine conversazione;

5° per gli uffici importanti, il *circuito* o *dispositivo di saggio*, inteso ad informare tutti gli impiegati se una linea è occupata.

Ma un esame appena più profondo del funzionamento pratico di un ufficio centrale ci mostrerà facilmente come a questi, che sono gli elementi essenziali della commutazione telefonica, sia necessario aggiungere altri organi e come debbano essere soddisfatte altre esigenze del servizio.

In primo luogo se gli abbonati sono molti non si potrebbe distinguerli col loro nome; nascerebbe confusione tra gli omonimi, e ricercarli nelle tavole diventerebbe un problema di impossibile soluzione dacchè la loro distribuzione nell'ufficio dipende essenzialmente dalla ubicazione del loro domicilio, mentre la classificazione sola possibile dovrebbe basarsi sulla lettera iniziale dei loro nomi.

È assai più semplice ricorrere ai numeri; ogni utente è controdistinto da un numero d'ordine, il quale diventa per così dire patrimoniale per l'abbonato e deve seguirlo nei suoi cambiamenti di domicilio. Diciamo *deve*, perchè sebbene sia senza dubbio assai più semplice per l'ufficio centrale di adibire al servizio di un abbonato un numero diverso a seconda del punto della rete in cui egli si trasporta, invece l'esperienza ha insegnato che il cambiamento del numero è di grave danno agli utenti nel disbrigo dei loro affari, tanto che la maggioranza si oppone ad ogni modificazione.

Ora la necessità di conservare il numero ad un abbonato anche quando esso si trasporta in un punto lontano della rete, conduce all'aggiunta di un altro organo all'Ufficio Centrale. Quando un abbonato cambia domicilio, cambia evidentemente la linea *esterna* che congiunge il suo apparecchio all'ufficio di commuta-

zione, ma poichè, per quanto si è detto, non deve cambiare il numero, non cambia la sua *linea interna* all'ufficio. Occorre dunque che sia predisposto, per ogni abbonato, un tratto di conduttura flessibile e facilmente spostabile a volontà, che serva a collegare in ogni evenienza una determinata linea interna con una qualunque esterna. Si viene così a costituire ciò che si chiama il *tavolo di distribuzione* o di *smistamento* (*distributing board*).

A costituire un tavolo di smistamento bastano evidentemente due serie distinte di morsetti montate in modo opportuno su una ossatura di legno o meglio di ferro. Ad una serie fanno capo le linee interne all'ufficio, cioè in ultima analisi, i *numeri* dei tavoli di commutazione; all'altra serie fanno capo le linee esterne, che vi sono collegate in modo stabile. Fra le due serie di morsetti esistono tante connessioni volanti quanti sono gli abbonati. Ciò che distingue l'un sistema costruttivo dall'altro, nei tavoli di smistamento, è il modo di disporre tali connessioni volanti, le quali, è naturale, hanno pur bisogno nel loro apparente stato di provvisorietà, di essere convenientemente ordinate.

Gli organi essenziali della commutazione che abbiamo più sopra definito, ed anche molti accessori, escluso naturalmente il quadro di smistamento, sono di solito raggruppati in un solo complesso costruttivo che prende il nome di *tavolo di commutazione*. Finchè l'ufficio è piccolo, cioè è piccolo il numero degli utenti da servire, basta un solo impiegato, il quale si colloca dinanzi ad un tavolo (detto *semplice* o « standard ») di cui vedremo tra poco lo schema ed il funzionamento. Se il numero degli abbonati è molto grande, per es., supera alcune centinaia, l'esperienza ha mostrato che non basta, per un servizio regolare e sollecito, disporre all'ufficio il numero necessario di tavoli standard l'uno accanto all'altro; ma bisogna ricorrere ad un sistema

alquanto più complesso, che ha preso il nome di *commutazione multipla*, perchè *multipli* si dicono i tavoli che lo realizzano.

La genesi e la giustificazione dei due diversi schemi di commutazione e la costruzione ed il funzionamento degli organi che li costituiscono vedremo nei capitoli seguenti.

CAPITOLO I.

Il tavolo semplice

Un tavolo di commutazione si dice *semplice* od anche con parola inglese *standard*, quando tutte le linee che vi arrivano sono munite di avvisatore di chiamata.

Un ufficio costituito di tavoli semplici si dice esso pure *semplice*; la caratteristica di un tale ufficio è la seguente:

Ogni linea d'abbonato è munita di un solo organo fisso di presa talchè la chiamata diretta di un utente non può generalmente essere effettuata che dalla telefonista locale (quella che serve il tavolo cui esso appartiene) o tutt'al più dalle due laterali; per quelle più lontane la chiamata deve aver luogo con l'intermediario della telefonista locale e con l'aiuto di linee interne di collegamento fra le varie tavole.

28. — Tavolo svizzero.

Il primo, cronologicamente, fra i sistemi di tavoli semplici per le linee a semplice filo è dato dal *tavolo svizzero* tuttora relativamente diffuso negli uffici telegrafici, ma ormai abbandonato pel servizio telefonico.

L'organo fisso di presa di ciascuna linea è formato

da una sbarra d'ottone avente una sezione di millimetri 12 × 3 circa. Tutte le sbarre di abbonato sono disposte parallelamente in un piano solo a distanza mutua di circa un centimetro.

Per effettuare il collegamento fra due linee di abbonato, il tavolo è munito di un'altra serie di sbarre

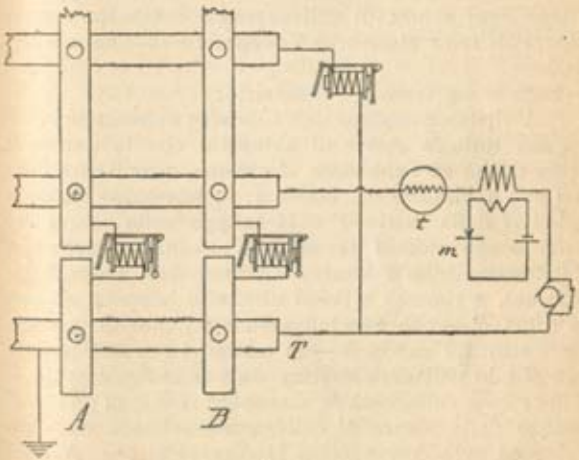


Fig. 83.

parallele fra loro e analoghe alle prime, ma disposte ortogonalmente alle medesime in un piano diverso. Nei punti in cui si incrociano, le sbarre dei due sistemi sono forate a giusto riscontro talchè collocando opportunamente due spine metalliche nei due fori di una sbarra di collegamento corrispondenti alle linee dei due abbonati *A* e *B* si viene a realizzare la connessione metallica fra le medesime e con ciò a rendere possibile la conversazione (v. fig. 83).

Una delle sbarre di collegamento forata come le altre (*T*) è connessa a terra; e nei suoi fori, nella posizione di riposo, si trovano infisse tutte le spine del tavolo (tante quanti sono gli abbonati). La sbarra immediatamente vicina a quella di terra è connessa alla posta telefonica dell'operatrice. Fra le due in ogni sbarra d'abbonato, è inserito l'avvisatore di chiamata. Infine ogni sbarra di collegamento comunica con la sbarra di terra attraverso l'avvisatore di fine conversazione.

Ecco come si svolge il servizio:

A riposo completo dell'Ufficio le spine coniche rilegano tutte le sbarre di abbonato con la sbarra di terra talchè se l'abbonato *A* chiama, cade il cartellino del suo avvisatore di chiamata; la telefonista toglie la spina *A* dalla sbarra *T* e la infigge nella sbarra del proprio apparecchio per mettersi in comunicazione con l'abbonato. Udito il numero o il nome dell'utente *B* desiderato, e rimessa a posto di riposo la spina *A*, con la spina *B* — che essa infiggerà nel punto di incrocio della sbarra *T* con la *B* — si metterà in comunicazione con *B* e lo chiamerà informandolo della richiesta di *A*. Allora essa collocherà le due spine *A* e *B* su una qualunque delle sbarre di collegamento libere da altre spine ed avrà così stabilita la comunicazione. A conversazione finita, funzionerà il segnale di fine, inserito fra la sbarra di collegamento usata e la terra in derivazione sulla linea di conversazione, e la telefonista rimetterà nella posizione di riposo le due spine *A* e *B*.

Come abbiamo già detto i tavoli svizzeri sono quasi completamente allontanati dal servizio telefonico; è per ciò che non ci siamo soverchiamente dilungati a descriverli; gli avvisatori di chiamata e di fine conversazione poi non differiscono affatto da quelli impiegati con gli altri sistemi di tavoli epperciò tralasciamo di parlarne qui.

29. — Tavolo standard a semplice filo.

Invece dei tavoli svizzeri si usano oggidì dei quadri o tavoli detti *inglesi* perchè furono per primi costruiti in Inghilterra.

L'organo più importante dei tavoli attualmente in uso e che ritiene ancora nella sua denominazione il battesimo del paese di nascita è il *jack* o *spring jack*. Esso è costituito da una specie di presa a molla a cui fa capo o meglio attraverso cui passa ciascuna linea di abbonato e che, per essere fissato alla parte per lo più verticale del tavolo di commutazione, rimane a portata dell'operatore.

L'organo mobile di collegamento è un cordone conduttore, flessibile, che termina con due spine. La connessione si effettua infiggendo una spina nel *jack* di un abbonato e l'altra nel *jack* dell'altro.

Consideriamo dapprima un tavolo costruito per circuiti a semplice filo od a ritorno per la terra. Allora il jack prende la forma rappresentata in sezione dalla figura 84 in cui è visibile anche la spina infissa nella posizione di funzionamento. Il jack consta essenzialmente: di un pezzo di bronzo *a* che termina, sul davanti del tavolo *A*, in forma di ghiera per ricevere la spina. Alla parte posteriore del pezzo *a* è fissata la molla *c* la cui estremità libera è terminata ad uncino. La molla *c* quando il jack è a riposo si appoggia alla vite *p* opportunamente isolata dal pezzo *a* e connessa alla terra mediante un filo *g* attraverso all'avvisatore di chiamata, cosicchè il filo di linea che arriva in *l* essendo per tal modo in comunicazione colla terra, il circuito di ciascun abbonato è a riposo, con jack libero pronto per la chiamata.

L'avvisatore di chiamata a caduta di cartellino, è un

apparecchio assai semplice che consiste in un piccolo elettro-magnete il quale quando viene eccitato attira un'armatura *a* (v. fig. 25, pag. 62) che fa parte di una leva ad angolo, l'altro braccio *b* della quale trattiene, ad elettro-magnete diseccitato, colla sua estremità ad uncino il cartellino *s*. Quando l'armatura viene attratta il cartellino rimane libero e ribalta intorno al perno

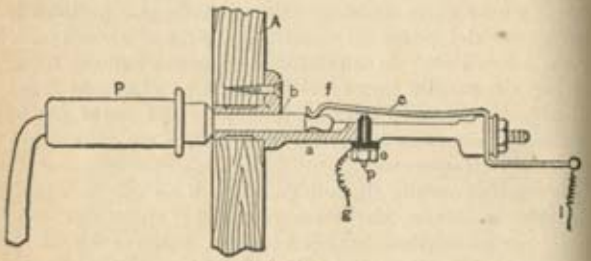


Fig. 84.

inferiore, mostrando all'impiegato il numero dell'abbonato che ha fatto la chiamata. La molla *l* premuta dall'appendice inferiore del cartellino contro la vite isolata *l'* è destinata a chiudere il circuito di un campanello che richiama l'attenzione dell'impiegato durante la notte allorchè difficilmente sarebbe avvertita la caduta del cartellino.

La spina non presenta nulla di speciale, trattandosi di circuito a ritorno per la terra. È una semplice estremità metallica con una testa sferica detta *punta* della spina e destinata a far buon contatto coll'estremità della molla *c* (fig. 84). Il cordone è mantenuto in tensione da un contrappeso, e in condizione di riposo le spine sono schierate verticalmente davanti all'impiegato, essendo guidate colla loro base entro appositi fori.

Ciò posto possiamo vedere senz'altro lo schema com-

pleto di un tavolo semplice a ritorno per la terra, (vedi fig. 85). In questo schema sono rappresentate le linee di due abbonati (*subscribers lines*), linee che, come abbiamo detto, vanno a terra attraverso ai rispettivi avvisatori di chiamata (*line drops*). Un'altra cosa è da notare in questo schema; il cordone, che sino a qui

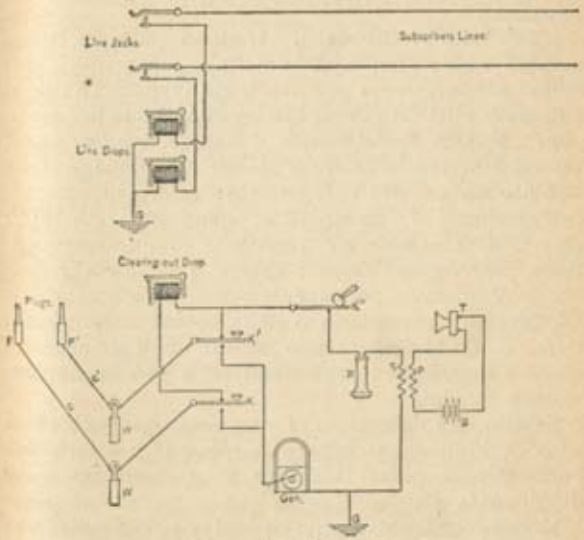


Fig. 85.

abbiamo supposto volante e terminato da due spine (*plugs*), è spezzato in due; sono in sostanza due cordoni che insieme fanno l'ufficio del cordone volante di cui abbiamo sempre parlato, e che hanno un'estremità terminata da una spina e l'altra fissata ad appositi morsetti sul tavolo. Ciò per rendere possibile

un'operazione indispensabile da cui fino ad ora avevamo potuto fare astrazione, per semplicità e senza pregiudizio della chiarezza di quanto avevamo ad esporre, cioè per permettere all'operatore di chiamare l'abbonato col quale un altro abbonato desidera esser messo in comunicazione. Colla scorta del nostro schema, ecco quale è la serie delle operazioni che si compiono.

L'abbonato *A* chiama, il cartellino portante il suo numero cade; l'impiegato rimette a suo posto il cartellino (descriveremo più avanti gli avvisatori a rilievo automatico del cartellino) e infigge una spina per esempio *P*, nel jack dell'abbonato *A* (uno dei due *line jacks*). Ciò fatto preme la *chiave d'ascollo K'''*. Rimane allora stabilito un circuito così formato: terra; apparecchio dell'abbonato *A;* linea; jack; spina *P;* cordone *C;* chiave di chiamata *K;* avvisatore di fine conversazione (*clearing-out drop*) ; chiave d'ascolto *K'''*; ricevitore *R* (adattato permanentemente, all'orecchio dell'impiegato); secondario *S* della bobina d'induzione; terra. Così l'impiegato può sentire dall' abbonato *A* quale è il numero ch'egli desidera, e può anche conversare con lui.

Sentito che l'abbonato *A* vuol conversare coll'abbonato *B*, l'impiegato infigge la spina *P'* nel jack dell'abbonato *B*, rialza la chiave *K''* e preme la chiave di chiamata *K'*.

Notiamo incidentalmente che col tavolo semplice non è necessario alcun dispositivo speciale che indichi se un numero è libero o no. Evidentemente i numeri nei cui jack è infissa una spina sono occupati, gli altri sono liberi.

Rimane allora stabilito un circuito analogo al precedente, soltanto che in luogo del telefono dell' impiegato è compreso in circuito il generatore di corrente (*Gen.*) dell' ufficio centrale, che può essere continuamente mantenuto in movimento mediante un motorino elettrico negli uffici importanti, oppure mosso a mano negli uffici piccoli. Una corrente allora percorrendo il circuito aziona la soneria di chiamata dell'abbonato *B*.

Rialzata la chiave *K''* rimangono in comunicazione i due abbonati *A* e *B* attraverso l'avvisatore di fine conversazione. Questo avvisatore di fine conversazione è affatto analogo all'avvisatore di chiamata. Quando la conversazione è terminata basta che uno degli abbonati metta in azione la propria magneto-elettrica, perchè il cartellino dell'avvisatore di fine conversazione cada.

I jack e gli avvisatori di chiamata sono tanti quanti sono gli abbonati; delle spine ve ne sono generalmente dieci paia per ogni cento abbonati, e vi è un avvisatore di fine conversazione e una chiave d'ascolto per ogni paio di spine, e infine vi è una chiave di chiamata per ogni spina.

30. — Tavolo standard a doppio filo.

Quando il circuito è completamente metallico, cioè a doppio filo, i singoli organi e lo schema delle connessioni, sono alquanto diversi.

Anzitutto il jack, che è rappresentato dalla fig. 86, è costituito da un pezzo *a* (a cui è avvitata l'imboccatura *b)* che è connesso con uno dei fili di linea (*line*) al quale è attaccato anche uno dei capi dell'avvolgimento dell'avvisatore di chiamata. La molla *d* è connessa alla sua parte posteriore coll' altro filo di linea (*line*), ma ordinariamente appoggia sulla vite isolata che mediante l'asta *g* è connessa all'altro capo dell'avvisatore di chiamata (*coil*), cosicchè nella posizione di riposo, anche qui la linea esterna è chiusa sull'avvisatore di chiamata.

Il cordone flessibile contiene due conduttori uno dei quali è connesso colla *punta* della spina, e l'altro con una ghiera metallica che ricopre la parte cilindrica della spina ed è isolata dalla punta, e che chiameremo *manicotto* della spina. La punta al solito fa contatto colla

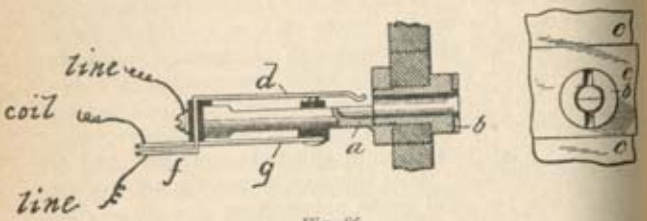


Fig. 86.

molla *d* del jack mentre il manicotto fa contatto con la ghiera del jack.

Lo schema delle connessioni del tavolo semplice a circuito metallico è rappresentato dalla fig. 87. La sua

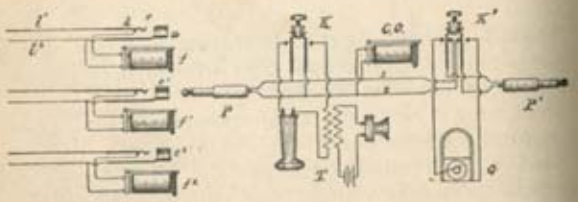


Fig. 87.

intelligenza non è difficile: *P* e *P'* sono due spine; *T* è il telefono dell'impiegato, *K* è la chiave d'ascolto, *K''* quella di chiamata; *c. o.* l'avvisatore di fine conversazione; *G* il generatore. La serie delle operazioni è la stessa che nel caso del ritorno per la terra. È da

notare che *P* è la spina da infiggere nel jack dell'abbonato che ha chiesto la comunicazione e *P'* quella da infiggere nel jack dell'abbonato che deve essere chiamato.

È pur da notare che l'avvisatore di fine conversazione, anzichè in serie è in derivazione sul circuito che, durante la conversazione, collega gli apparecchi dei due abbonati.

Inoltre, circa la chiave di chiamata *K''*, è da notare — a schiarimento della figura — che nella posizione di riposo le due molle toccano le due punte interne, mettendo così in comunicazione le due spine *P* e *P'* fra loro, e quando la chiave è abbassata le due molle si staccano dalle punte interne e vanno ad appoggiarsi sulle esterne, cosicchè il circuito di *P* resta chiuso sull'avvisatore di fine conversazione e nel circuito di *P'* viene lanciata la corrente di chiamata prodotta dal generatore.

31. — Avvisatori a rilievo automatico del cartellino.

Abbiamo già accennato all'esistenza di avvisatori a rilievo automatico del cartellino.

Questi avvisatori risparmiano molto tempo agli impiegati e rendono quindi più rapido e in ultima analisi migliore il servizio, anzi permettono di ridurre il numero strettamente necessario di impiegati e quindi di ridurre il costo della commutazione.

La fig. 88 rappresenta uno dei tipi più comuni di avvisatore a rilievo automatico; *a* è un elettromagnete la cui armatura *C* è imperniata in *c* e porta un braccio c^3 che termina con un uncino c^4; il braccio è molto più lungo dell'elettromagnete e sporge davanti

ad un secondo elettromagnete *d* posto di seguito al primo, verso la parte esterna del quadro. L'elettromagnete *d* è a sua volta munito di un'armatura *e* imperniata alla sua estremità inferiore. Davanti a questa armatura è disposto il cartellino *g* imperniato, contrariamente al solito, al suo lato superiore. Quando l'armatura dell'elettromagnete *a* viene attratta — all'atto della chiamata — il braccio c^3 si alza e lascia libera l'armatura *e* la quale cadendo spinge in fuori il cartellino che col suo movimento attira l'attenzione dell'impiegato.

Questo tipo di avvisatore si può usare soltanto col circuito a doppio filo. L'avvolgimento dell'elettromagnete

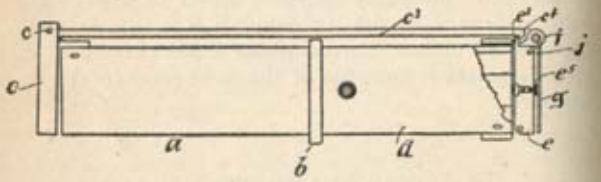


Fig. 88.

d fa parte di un circuito locale comprendente una pila, che serve al rilievo automatico, come vedremo.

Il jack e la spina vengono alquanto modificati; la ghiera del jack si divide in due parti, due anelli isolati fra loro; le molle sono due, una viene a toccare la punta della spina, l'altra un manicotto isolato dalla punta. Un altro manicotto è disposto sulla spina in modo da poter collegare elettricamente i due anelli del jack. La fig. 89 dà uno schema completo dei circuiti.

k k' sono gli anelli del jack;

i i' le molle;

l è la punta della spina, connessa ad uno dei fili;

l_2 è il manicotto connesso all'altro filo;

l_2 è il manicotto che toccando gli anelli chiude il circuito locale.

Tutti gli anelli *k* sono collegati fra loro; l'ultimo di essi è unito a un polo di una pila k^3 che ha l'altro polo a terra. Gli anelli *k'* sono pure connessi fra di loro.

L'avvolgimento dell'elettromagnete *d* è connesso da una parte alla terra e dall'altra, in tipi vecchi, all'a-

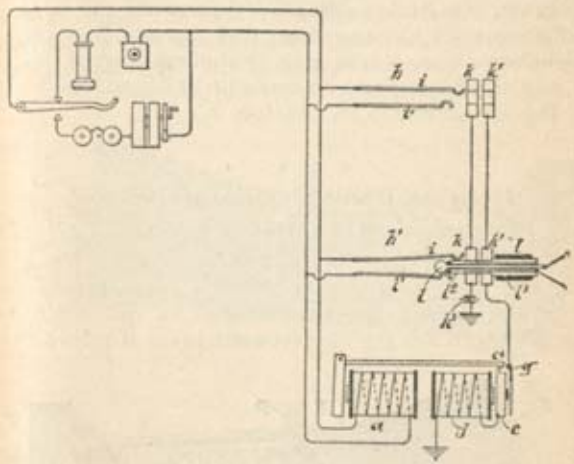


Fig. 89.

nello *k'*. In questo modo però si aveva l'inconveniente che il circuito locale rimaneva chiuso per tutto il tempo che la spina rimaneva infissa nel *jack*, con forte consumo della pila. Lo schema che abbiamo dinanzi rappresenta una modificazione importante di questo sistema. Infatti un capo dell'avvolgimento di *d* è connesso all'armatura *e* e l'anello *k'* è connesso al cartellino *g*.

Ecco dunque come funziona l'apparecchio:

Quando l'armatura dell'elettromagnete *a* è attratta,

l'uncino c^4 si alza e lascia libera di cadere l'armatura *e*; questa cadendo sposta il cartellino *g* toccandolo colla propria punta. Se allora si infigge la spina nel jack si chiude il circuito così formato: terra; pila k^3; anello *k*; anello *k'*; cartellino *g*; armatura *e*; elettromagnete *d*; terra.

Eccitato così l'elettromagnete *d* esso attrae la propria armatura *e* la quale risollevandosi permette che il cartellino *g* torni al suo posto; così facendo il circuito viene interrotto, e non può richiudersi, perchè fra *e* e *g* si trova interposto un dischetto di materia isolante e^5 (fig. 88) attaccato all'armatura *e*.

32. — Avvisatore a rilievo meccanico del cartellino.

Per risparmiare il secondo elettromagnete, necessario negli avvisatori a rilievo automatico fin qui descritti, furono ideati dei tipi di avvisatori in cui il rilievo del

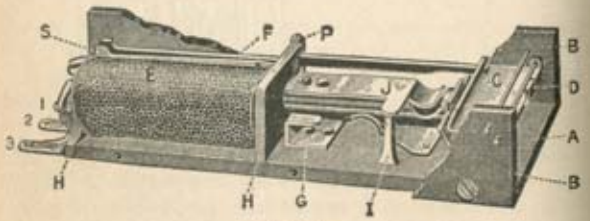


Fig. 90.

cartellino è ottenuto con mezzi meccanici. Caratteristica di questi apparecchi è quella di riunire in un solo dispositivo l'avvisatore ed il jack.

La fig. 90 rappresenta il tipo costrutto dalla Western

Telephon Construction Cy. *E* è l'elettromagnete dell'avvisatore; *F* la leva, imperniata in *P*, destinata a disimpegnare il cartellino *C* quando l'armatura dell'elettromagnete viene attratta contro l'azione di una molla antagonista *S*. Il jack si trova fra l'elettromagnete e il cartellino; quando questo è caduto, in seguito alla chiamata, (v. fig. 91) l'impiegata prende una spina, spinge con essa il cartellino, rialzandolo, e continuando a mandare innanzi la spina la infigge nel jack, la cui molla superiore è rappresentata in *f*. Quando la spina è infissa nel jack viene interrotto, come al so-

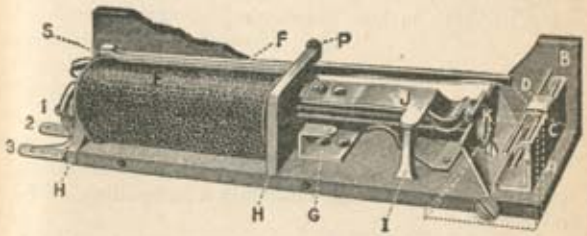


Fig. 91.

lito, il circuito comprendente l'elettromagnete *E*; allora la molla *S* riporta la leva (che oscilla orizzontalmente intorno alla vite *P*, da sinistra a destra e da destra a sinistra) nella posizione rappresentata dalla fig. 90, e l'avvisatore è pronto per una nuova chiamata.

Il perno intorno a cui oscilla il cartellino *C* non è altro che uno dei fili di un circuito comprendente la soneria per la chiamata notturna. Quando il cartellino cade, esso viene a toccare colla sua appendice *D*, l'altro filo, che si vede benissimo nella fig. 91, e così chiude il circuito della soneria.

Non si può negare a questo dispositivo una grande

semplicità; il fatto poi che l'avvisatore ed il jack occupano lo stesso punto del tavolo, ha il vantaggio che la telefonista può rispondere più rapidamente alla chiamata dell'abbonato richiedente, perchè appena avvertita la caduta del cartellino, senza bisogno di leggere il numero e di ricercare in altra parte del tavolo il jack corrispondente, infigge immediatamente la spina nel jack, come si è visto.

Così è tolta anche una causa di errore, oltre che di perditempo.

Questo sistema ha però l'inconveniente che le molle del jack sono forzatamente assai corte, cosicchè facilmente perdono la loro elasticità.

33. — Segnalazione luminosa.

Ci rimane ora da parlare della segnalazione luminosa, ossia degli avvisatori di chiamata a lampadina ad incandescenza.

Questo sistema pare sia stato proposto pel primo da J. J. O' Connell di Chicago. Esso presenta parecchi vantaggi, quantunque l'accensione di una lampadina forse non attiri l'attenzione dell'impiegato così facilmente come la caduta d'un cartellino; non vi sono organi meccanici complicati; il sistema ha una compattezza maggiore del più semplice degli apparecchi elettromeccanici; il suo funzionamento è essenzialmente automatico; il ritorno alle condizioni normali, che non è altro che lo spegnersi della lampadina, avviene da sè appena cessa la corrente di chiamata; il significato del segnale può venire esteso e moltiplicato facendo uso di vetri colorati; una lampadina è subito ricambiata quando è guasta od abbruciata; infine il sistema è meno costoso, d'impianto, dei sistemi a cartellino.

Di fronte a questi vantaggi il sistema ha pure degli svantaggi notevoli. Primo fra tutti la facilità estrema con cui si rompe il filamento di tali minuscole lampadine, e l'elevato costo di ricambio. La spesa di manutenzione diventa talmente elevata che alcune Società non esitarono ad abbandonare per questo solo motivo, il sistema.

Due sono i modi di combinare la lampadina colla linea dell'abbonato per effettuare la chiamata.

Uno consiste nell' inserire direttamente la lampadina nel circuito dell'abbonato facendo in modo che la lampadina si accenda per una variazione di resistenza del circuito pel solo fatto che l'abbonato toglie il telefono dal gancio.

L'altro consiste nel disporre un circuito locale contenente la lampadina, e comandato, per mezzo di relais, dalla linea dell'abbonato.

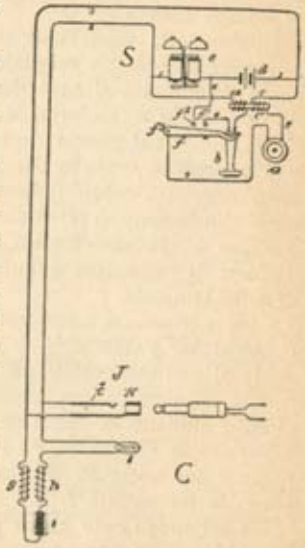


Fig. 92.

Il primo metodo è illustrato dalla fig. 92; *S* è il posto di un abbonato; *C* l'ufficio centrale o per meglio dire gli apparecchi di commutazione relativi a quell'abbonato; cioè: il jack *j*; la lampadina di chiamata *l* in serie sul filo 2 (il circuito è completamente metallico); una resistenza induttiva *h* e una pila *i*; sul filo 3 è inserita un'altra resistenza induttiva *g*. Quando il ri-

cevitore dell'abbonato è appeso al gancio, allora la corrente della pila *i* deve attraversare la soneria *e* e la pila locale *d*. Del fatto che la corrente attraversa questa pila locale si è saputo trarre profitto in modo assai ingegnoso, per evitare interruzioni nel funzionamento, ma il descriverlo ci porterebbe fuori del modesto campo di questo manuale.

Quanto alla soneria *e* essa ha una resistenza che può raggiungere un migliaio di ohm cosicchè la tensione disponibile ai capi del filamento della lampada non basta per accenderla. Ma quando l'abbonato toglie il telefono *b* dal gancio *f* questo tocca i contatti f^1 e f', e la soneria si trova in parallelo con un circuito di piccola resistenza comprendente il secondario c^2 della bobina d'induzione, il telefono *b*, il filo *4*, i contatti f^1 e f' e il filo *6*. Questo circuito può avere una quarantina di ohm di resistenza quindi la pila *i* basta ad accendere la lampada.

Così la chiamata è senz'altro effettuata, in modo assai comodo per l'abbonato.

Ma si incontra subito un inconveniente nel fatto che non si trovano in una stessa rete due abbonati i cui circuiti abbiano la stessa resistenza; si è costretti allora a variare la resistenza *g* ed *h* e la resistenza della soneria *e* per poter avere una opportuna corrente attraverso la lampadina *l*.

Un inconveniente ancor più grave, nel caso di linee aeree, è questo, che se due fili si toccano per una causa qualunque, l'intensità della corrente può crescere fino a bruciare la lampada.

Questo pericolo, che è escluso se si tratta di linee sotterranee, in alcuni casi è stato motivo sufficiente per l'abbandono del sistema.

Il secondo metodo è illustrato dallo schema della figura 93. In esso sono rappresentati tre posti d'abbonato S S^1 S^2 connessi all'ufficio centrale con linee a

doppio filo *1*, *2*. Il filo *1* di ogni linea passa alla molla

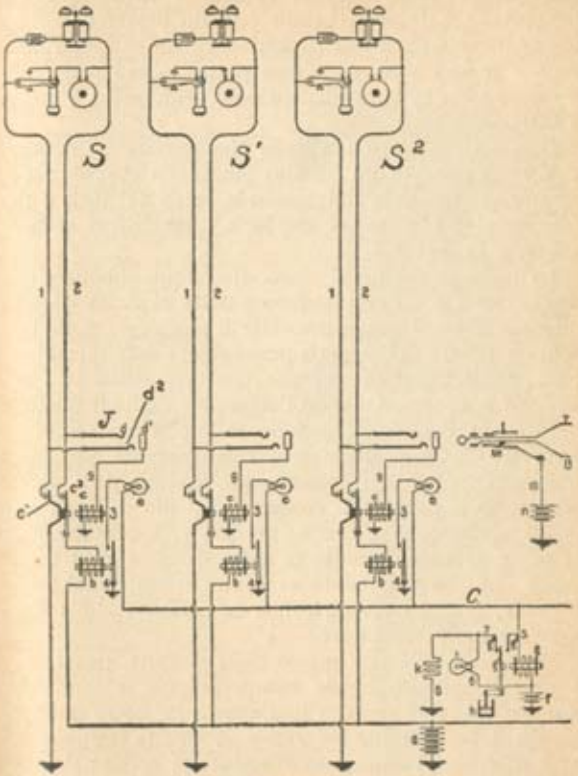


Fig. 93.

d^2 del rispettivo jack *J* e di qui attraverso il contatto c^1 del relais *c* va alla terra. Il filo *2* va alla molla *d* e di

qui passando pel contatto c^2 del relais c per l'avvolgimento del relais b e per la pila a va a terra. La lampada e è inserita in un circuito locale comprendente il contatto 4 del rispettivo relais (il quale contatto è messo a terra da una parte) e una pila f comune a tutte le lampade, un polo della quale è messo a terra.

Il relais c di ciascuna linea che comanda i contatti c^1 e c^2 fa parte di un circuito locale con ritorno per la terra, che si chiude infiggendo la spina nel jack e che comprende: la ghiera d^1 del jack, il manicotto m della spina, e la pila n.

La linea si chiude al posto di ciascun abbonato con una soneria e un condensatore della capacità di 0,75 microfarad circa, così è possibile il passaggio della corrente alternata di chiamata proveniente dall'ufficio centrale, mentre per la corrente continua della pila a il circuito è aperto. Quando l'abbonato toglie il telefono dal gancio, il circuito contenente la pila a vien chiuso attraverso ad una resistenza relativamente piccola e quindi si ha una corrente che provenendo da a circola attraverso il relais b, il contatto c^2 il filo di linea 2, il posto telefonico S e ritorna pel filo 1, il contatto c^1, e la terra. Questa corrente fa agire il relais b ed è evidente che contrariamente a ciò che avveniva col primo metodo, non è necessario che la corrente abbia esattamente un certo valore.

Eccitato il relais b questo colla propria armatura 4 chiude il circuito locale comprendente la lampada: non occupiamoci per ora dell'effetto prodotto dal passaggio della corrente nel relais g. Ora la lampada e è accesa. Allora l'impiegato introduce la spina nel jack; così facendo chiude un altro circuito locale comprendente la pila n, il filo 10, il manicotto m della spina, la ghiera d^1 del jack, il filo 9, il relais c, ritornando per la terra.

Il relais c eccitato, attrae la propria armatura cioè apre le chiavi c_1 e c_2 e quindi interrompe il circuito della pila a ottenendo così il doppio scopo di diseccitare il relais b, la cui armatura ricadendo apre il circuito locale della lampada e la spegne, e di togliere ogni comunicazione fra la pila a e i fili di linea il che è importante.

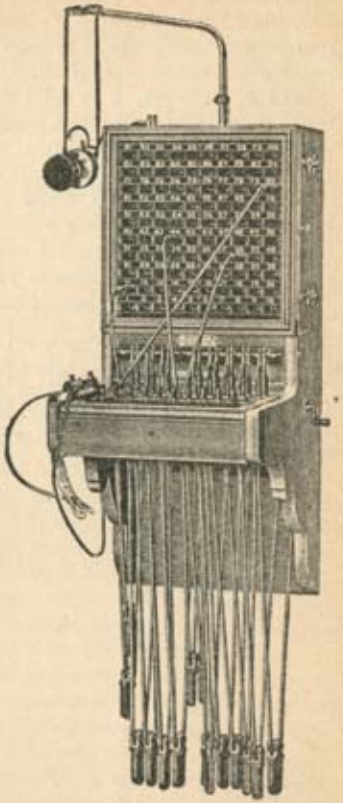


Fig. 94.

Veniamo al relais g; questo ha per ufficio l'accensione della cosidetta *lampada pilota*.

Si è trovato conveniente che l'impiegato sia avvertito indirettamente della presenza di lampade accese, allo scopo di non dimenticarne alcuna. La lampada pilota è destinata a rimanere accesa fino a tanto che in un certo gruppo di numeri si trova accesa anche una sola lampada. La lampada pilota, che deve dare una luce più forte delle altre, è rappresentata in i ed ordinariamente è messa

in corto circuito dal tasto g_1, g_2. Quando una lampada di chiamata e si accende, come abbiamo visto circola una corrente attraverso l'avvolgimento del relais g, questo attira la propria armatura g', e allora una corrente circola attraverso il filo 6, la lampada i, la resistenza k, la terra, e la pila f. Quando l'armatura g' tocca il contatto g_2 il relais resta messo in corto circuito quindi abbandona l'armatura, ma questa si muove lentamente a motivo dello smorzatore h e quindi prima di arrivare a toccare g_2 viene di nuovo attratta dal relais g; insomma il relais g rimane per un tempo assai breve in circuito, e quindi non può influenzare colla propria caduta di tensione la luce della lampada e.

Le lampade ad incandescenza a scopo di segnalazione si costruiscono generalmente per tensioni da 10 a 20 volt, e la tendenza è piuttosto di accrescere la tensione che di abbassarla; in origine si usarono lampade da 2 a 4 volt, ma con tensioni così basse è difficile avere buoni contatti e questi come si è visto sono numerosi.

Perchè il lettore abbia un'idea dell'aspetto esterno di un tavolo semplice, riproduciamo nella fig. 94 l'insieme di un tavolo semplice per 100 numeri sistema Western.

CAPITOLO II.

Il multiplo

34. — Generalità.

Nei primordi dell'industria telefonica aumentando il numero degli utenti di una rete si aumentava proporzionalmente il numero di tavoli semplici all'ufficio centrale, e per eseguire le connessioni fra abbonati serviti da tavoli lontani si utilizzavano cordoni a due spine predisposti in una percentuale conveniente fra i tavoli stessi. Ma questo ripiego non convenientemente studiato obbligava l'impiegato dell'abbonato richiedente a gridare il nome richiesto (l'uso del *numero* data, in realtà, dalla introduzione del tavolo multiplo) al collega corrispondente, ed è facile immaginare il frastuono di voci che riempiva gli uffici importanti nelle ore di massimo lavoro, e quali e quanti fossero gli errori e i ritardi che ne nascevano. Si cercò di migliorare la soluzione trattando i circuiti di collegamento fra i vari tavoli come altrettante linee di abbonati e cioè munendoli di jack ed avvisatore di chiamata; ma il miglioramento che se ne ottenne non fu tale da dar vita al sistema. Era pur sempre necessaria una doppia manovra all'ufficio centrale per eseguire una connessione; ed il tempo richiesto dalla medesima superava gene-

ralmente il limite naturale della pazienza degli utenti. In tempi più recenti le stessa idea fu ripresa per altre ragioni, come vedremo parlando dei sistemi *decentralizzati*. Ma oggidì quando il numero degli abbonati supera i cinquecento non è più consigliabile di ricorrere ai tavoli semplici e si devono invece installare i cosidetti *tavoli multipli*.

Un tavolo multiplo consta essenzialmente di due parti distinte: In una che è detta *locale* esso non è niente diverso da un tavolo standard; cioè vi sono tanti avvisatori di chiamata (e quindi tanti jack) quanti sono i circuiti che vi giungono, nell'altra invece che è detta *generale* vi sono soltanto dei jack, e precisamente tanti quanti sono gli utenti di tutto l'ufficio.

Dunque un tavolo si dice multiplo quando contiene tanti *jack generali* quanti sono gli utenti di tutta la rete e tanti *jack locali* quanti sono gli utenti che al medesimo tavolo sono muniti di avvisatore di chiamata.

Il numero degli avvisatori di chiamata, e quindi dei jack locali di un tavolo multiplo, varia praticamente da 200 a 300 ed al loro servizio sono preposte due o tre impiegate a seconda dell'intensità del traffico.

Ne deriva che, mentre soltanto gli utenti dei jack locali possono chiamare gli operatori del tavolo, questi invece possono direttamente chiamare e conversare con qualunque abbonato della rete.

Ma tale semplicità e rapidità di servizio è raggiunta a prezzo di una complessità notevole di impianto la quale è giustificata dal gran numero di volte che uno stesso circuito od apparecchio dev'essere ripetuto.

Consideriamo infatti un multiplo per 10000 utenti che si supponga diviso in 50 sezioni di 200 ciascuna. Saranno dunque 10200 jack per ogni tavolo e perciò 510000 per tutto l'ufficio. Si pensi ora ai cavi che devono riunire fra loro questo enorme numero di jack, alle viti, ai morsetti, alle saldature richieste da ciascuno; e si

avrà un'idea dell'importanza che praticamente assume e delle difficoltà che si oppongono alla realizzazione di un concetto in sè abbastanza semplice qual'è quello del tavolo multiplo.

La caratteristica dell'ufficio multiplo è dunque la seguente: ogni linea d'abbonato dopo aver attraversato il *permutatore* o quadro di smistamento passa in ciascuna sezione del multiplo con un jack generale, per terminare al jack locale ed all'avvisatore di chiamata nel tavolo che contiene il numero dell'utente.

Il diverso modo di connettere fra loro le molle dei jack generali di una stessa linea dà motivo a distinguere i multipli in due categorie.

Il collegamento più usato è quello in *serie*, ma è forse preferibile il collegamento in *derivazione*.

Nel primo il filo di linea, se si tratta di un impianto a ritorno per la terra, oppure uno dei due fili di linea se si tratta di un impianto a circuito metallico, è interrotto tante volte quante sono le sezioni del multiplo, dovendo entrare ed uscire dai jack generali corrispondenti in ciascuna sezione.

Nel secondo i jack generali sono derivati dalla linea, la quale corre senza interruzione lungo tutte i tavoli.

Col primo sistema si ha una molto maggior probabilità di interruzioni di linea, dovute alle difficoltà di mantenere in buono stato i contatti dei jack, sia per indebolimento delle molle, sia per interposizione fra le stesse di sostanze estranee non conduttrici, come la polvere. Col secondo sistema non solo è eliminato simile inconveniente, ma si rende anche possibile l'impiego dell'*avvisatore di chiamata a rilievo automatico*, ciò che rappresenta pure un sensibile miglioramento nel servizio, dacchè l'impiegata non deve più preoccuparsi di rimettere a posto i cartellini ad ogni chiamata, come abbiamo visto a suo tempo.

Ma qualunque sia il tipo di connessione dei jack ge-

nerali, il funzionamento del multiplo non sarebbe perfetto senza il *dispositivo di saggio* a cui abbiamo accennato in principio della parte terza, e che, giova ripeterlo, è destinato a fornire agli impiegati il mezzo per riconoscere se un numero qualunque sia libero oppure impegnato. Oltracciò è necessario, nella effettiva esecuzione dei circuiti, di osservare una regola assai importante che si può così enunciare: Percorrendo la linea dell'abbonato dal suo ingresso in ufficio, si devono ordinatamente incontrare dapprima i dispositivi di protezione, poi il permutatore e l'eventuale quadro o tavolo per gli allacciamenti con linee interurbane, quindi tutti i jack generali della linea, e per ultimi il jack locale e l'avvisatore di chiamata. L'ordine sopra enunciato non può essere modificato ed è specialmente importante per ciò che si riflette agli impianti in serie ed all'avvisatore di chiamata. Ove questo non si trovasse all'ultimo posto accadrebbe (nei multipli in cui la segnalazione di fine è trasmessa dall'utente con la stessa operazione della chiamata) di vedere funzionare insieme l'avvisatore di fine sulla tavola che operò il collegamento e quello di chiamata sulla tavola locale dell'altro utente, ciò che turberebbe in misura notevole il regolare andamento del servizio. Ma anche mancando il funzionamento, l'avvisatore di chiamata non cesserebbe di costituire una derivazione permanente sul circuito attivo e di peggiorare con ciò la trasmissione telefonica. Nei sistemi in serie dunque la linea deve sempre arrivare a quella fra le molle del jack generale che prende contatto con la spina, affinchè questa, distaccandola dall'altra molla, interrompa automaticamente la continuità della linea interna nel punto stesso in cui effettua la presa dell'esterna.

Nei sistemi in derivazione dove non è generalmente facile di raggiungere in modo così netto lo scopo, si riduce quanto è possibile la sottrazione di corrente ricorrendo ad avvisatori di impedenza elevata; e per impedirne il funzionamento, l'ora del segnale di fine, ogni sistema ha ideato artifici speciali che vedremo a suo tempo.

35. — Costruzione dei multipli.

I jack non vengono montati sul tavolo uno per uno; ma sono raggruppati in regoli o sezioni che ne contengono *10* a *20* ciascuna; ogni sezione è montata sopra una *reglette* di gomma indurita, ed il complesso di tutte le *reglette*, ordinatamente collocate una vicino all'altra, costituisce poi il tavolo multiplo. Quando le *ghiere d'imboccatura* di tutti i jack, o *anelli di guardia*, vengono disposte su un piano verticale, il tavolo si chiama appunto *verticale*. Quando le molle dei jack vengono disposte verticalmente, con che l'imboccatura di tutti i jack occupa un piano orizzontale, allora il tavolo si chiama *orizzontale*.

Questa seconda disposizione è preferita quando si voglia costituire ciascuna sezione del multiplo con gran numero di abbonati perchè permette allora di adibire al servizio di ciascuna sezione un più grau numero di commutatoriste che non il tavolo verticale, dato che esse possono collocarsi ai due lati della fila di tavoli, come i commensali di un banchetto.

La fig. 95 rappresenta la vista anteriore e posteriore di una *reglette* contenente *20* jack; la stessa *reglette* vista dal di sopra e dal di sotto è rappresentata rispettivamente nelle figure 96 e 97. Un altro tipo di *reglette* con 20 jack è quella rappresentata dalla fig. 98.

Un particolare importante è il modo con cui i jack vengono collegati colle linee interne dell'Ufficio. La fig. 99 è la sezione verticale di un multiplo da cui si

vede come i fili uscenti dai cavi collocati posteriormente al tavolo, vanno ad attaccarsi ai singoli jack.

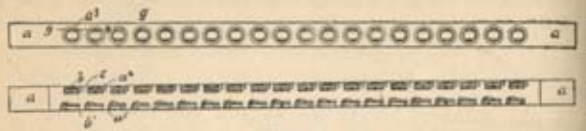


Fig. 95.

Orizzontalmente questa disposizione prende l'aspetto

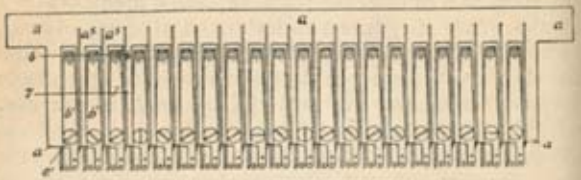


Fig. 96.

— e il nome — di un *pettine* come si può vedere dalla fig. 100.

Fig. 97.

Passiamo ora ad esaminare in dettaglio i principali sistemi di multipli telefonici.

36. — Multiplo a semplice filo in serie.

Lo schema generale delle connessioni di un multiplo a semplice filo in serie è rappresentato dalla fig. 101.

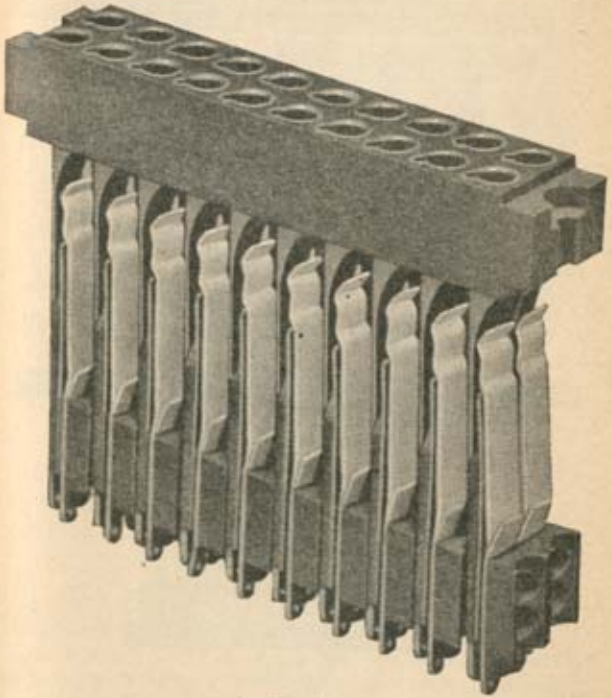


Fig. 98.

In essa sono disegnate due sole sezioni ed in ogni sezione

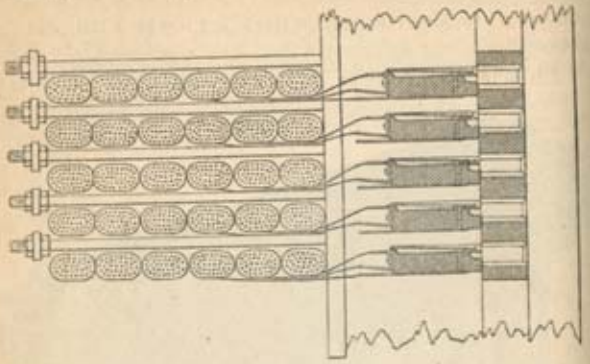


Fig. 99.

tre soli jack; invece vi manca il dettaglio del circuito

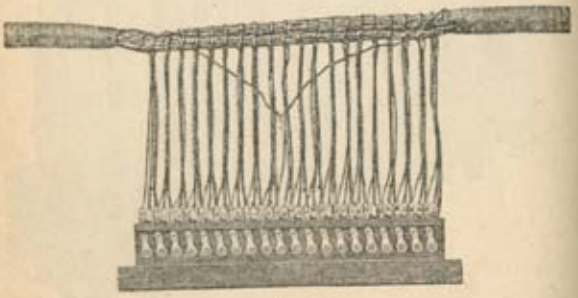


Fig. 100.

di collegamento mediante i cordoni perchè non è per nulla differente da quello rappresentato nella fig. 85.

Insieme a ciascun filo di linea corre un filo ausiliario segnato a linea punteggiata sulla figura. Questo filo è connesso colla massa di tutti i jack relativi ad un certo abbonato e perciò stesso con la ghiera esterna dei jack. Al filo che rilega insieme i manicotti delle spine è connessa, attraverso ad una resistenza induttiva, una pila, di cui l'altro polo è a terra.

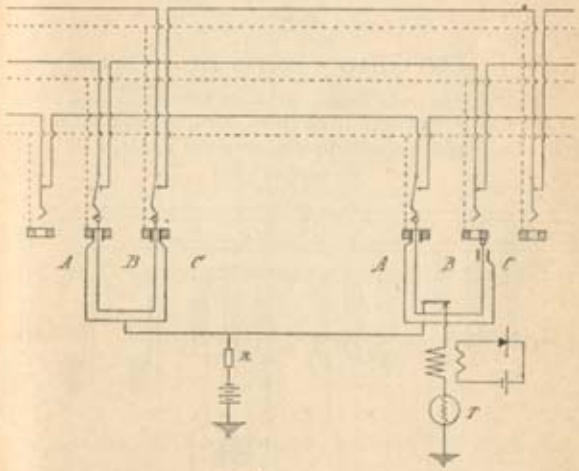


Fig. 101.

Quando l'abbonato *A* chiede la comunicazione coll'abbonato *B*, l'impiegato deve dapprima toccare colla testa o punta della spina la ghiera del jack generale della propria sezione, portante il numero dell'abbonato *B* ed abbassare la chiave d'ascolto. Se l'abbonato *B* è già in comunicazione per es. coll'abbonato *C*, per effetto delle operazioni accennate viene ad essere chiuso

un circuito comprendente la pila ed il telefono dell'operatore.

Giunge all'orecchio dell'impiegato un suono secco che i pratici chiamano *rumore di terra* e che si ripete ogni qualvolta si tocca la ghiera con la testa della spina.

La telefonista è così avvertita che la linea dell'abbonato richiesto è occupata e ne informa il richiedente.

37. — Multiplo a doppio filo in serie.

Quando si impiega il circuito completamente metallico non è più necessario disporre nel *cablage* del mul-

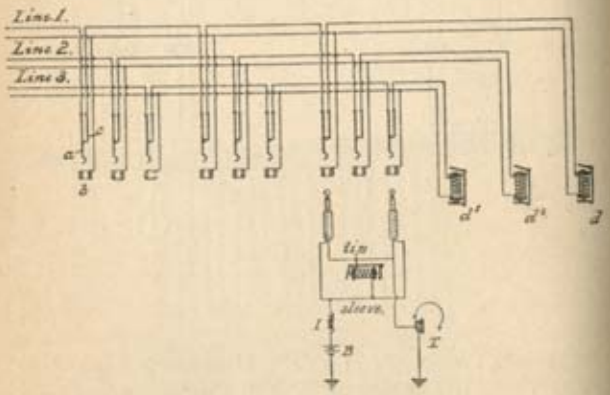


Fig. 102.

tiplo un terzo filo ausiliario pel dispositivo di saggio perchè serve all'uopo uno dei due fili stessi della linea.

Lo schema delle connessioni è rappresentato nella

fig. 102 (*line* = linea; *tip* = punta; *sleeve* = manicotto). Sono in essa disegnate tre sezioni del multiplo con tre jack generali in ciascuna ma lo schema del circuito locale comprendente la posta dell'operatore è semplificato per rendere più chiaro il funzionamento del dispositivo di saggio; esso è d'altra parte disegnato completamente nella fig. 103.

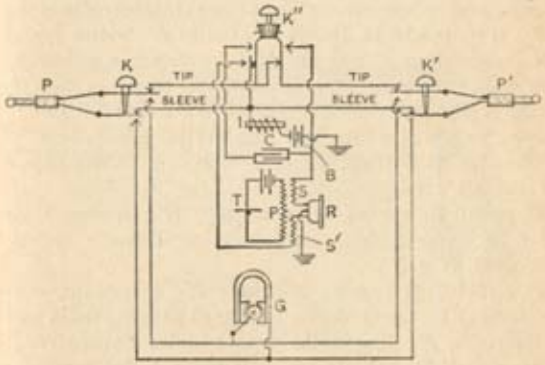


Fig. 103.

Si osservi ora l'andamento dei due fili di linea nella fig. 102.

Uno di essi attraversa in serie i jack generali entrando per una delle molle isolata dalla massa ed uscendo dall'altra; il secondo filo corre ininterrotto lungo tutte le sezioni ed è connesso con altrettante derivazioni alla massa dei jack; si ripetono dunque identicamente le connessioni del multiplo in serie a semplice filo, talchè il funzionamento del multiplo rimane lo stesso.

Sotto questo aspetto dunque lo stesso multiplo può indifferentemente servire per un impianto a semplice e per uno a doppio filo.

Ma è diverso il dettaglio delle connessioni dei cordoni del dispositivo di saggio. Nello schema che vi si riferisce (fig. 103) K e K' sono le chiavi di chiamata; *tip* è il conduttore connesso alla punta della spina; *sleeve* è il conduttore connesso al manicotto della spina.

Premendo le chiavi K e K' si mette in comunicazione il generatore G colla spina P o colla spina P'. In posizione di riposo le molle delle chiavi stabiliscono una connessione metallica ininterrotta fra P e P'. Premendo la chiave d'ascolto K'' viene inserito il condensatore C nel filo che connette le punte delle due spine e contemporaneamente la posta dell'operatore viene ad essere derivata fra i due fili del cordone di collegamento per modo da permettere alla telefonista di corrispondere coll'uno o l'altro con entrambi gli utenti.

Il punto di mezzo del ricevitore R è messo a terra ed il secondario della bobina di induzione è diviso in due parti S e S'.

Il circuito di saggio, a chiave K'' abbassata, è così costituito: in un cordone, quello di saggio, dalla punta della spina P' alla molla destra della chiave K''; di qui pel contatto di destra, alla metà S del secondario della bobina di induzione e quindi, attraverso ad una metà dell'avvolgimento del ricevitore, a terra. Nell'altro cordone, quello attivo, dalla terra alla pila B e di qui, attraverso alla resistenza induttiva I, al manicotto della spina P. Invece della spina P' è indifferente usare la spina P del cordone di saggio purchè si tocchi sempre colla punta l'anello di prova, e ciò perchè la connessione a terra nel cordone attivo è fatta sul filo dei manicotti. Nella figura non è disegnato l'avvisatore di fine conversazione; esso però dovrebbe essere inserito fra i due fili del cordone.

38. — Multiplo in derivazione a doppio filo ed avvisatore a rilievo automatico.

Lo schema generale dei circuiti di questo multiplo è dato dalla fig. 104 che ne rappresenta tre sezioni in ciascuna delle quali sono disegnati i jack generali di tre linee di abbonato.

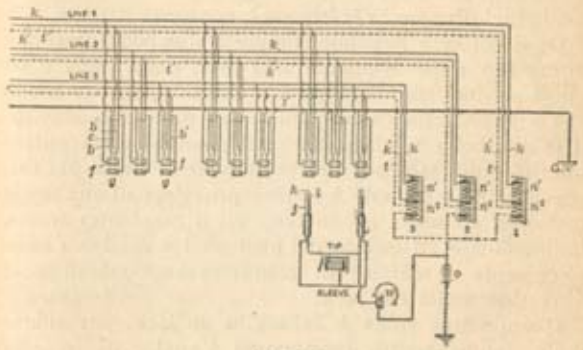


Fig. 104.

Si osservi in primo luogo che i due fili di linea corrono ininterrotti lungo tutte le sezioni per terminare all'avvisatore di chiamata del loro tavolo locale.

Insieme a tali fili ne corre un terzo, segnato punteggiato nella figura, il quale soddisfa insieme ai due requisiti di permettere il rilievo automatico dell'avvisatore e di realizzare il circuito di saggio o di prova.

Il jack è costituito di tre molle e due ghiere. (Vedi fig. 105).

Delle due ghiere, l'esterna ha un diametro maggiore

dell'altra per modo che quando la spina è infissa nel jack essa non ne viene in contatto ed è collegata con una delle due molle lunghe (nel disegno la superiore) alla quale giunge una derivazione presa dal filo di prova.

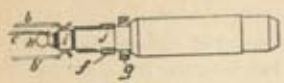


Fig. 105.

I due fili di linea sono connessi in derivazione alla molla più corta *c* (nel disegno quella centrale) ed alla ghiera interna *f*. L'altra molla (nel disegno la inferiore) è connessa a terra.

Ogni cordone flessibile comporta due conduttori che terminano rispettivamente alla testa della spina e ad uno dei due manicotti di cui è provvista, per modo che a spina infissa i due conduttori prendono contatto il primo colla molla corta *c*, il secondo colla ghiera interna *f* del jack per così prolungare la linea. Ma ciascuna spina terminale è inoltre provvista di una fascia metallica collocata fra la testa ed il manicotto attivo, indipendente ed isolata dai medesimi e destinata semplicemente a mettere in comunicazione metallica le altre due molle del jack.

Quando una spina è infissa in un jack, per effetto delle sopradescritte connessioni l'anello di guardia esterno del medesimo risulta dunque messo francamente a terra e con esso tutti gli anelli di guardia della linea così occupata.

Si aggiunga ora che il terzo filo o filo di prova di ciascuna linea (su cui sono derivati tutti gli anelli di prova), si rende a terra dopo aver attraversato in serie il secondo avvolgimento dell'avvisatore ed una pila *O* (vedi fig. 104) e si vedrà che l'infissione della spina in un jack qualunque non solo mette a terra tutti gli anelli di prova della linea corrispondente ma chiude attraverso alla terra il circuito che comprende la pila e l'avvolgimento del *rilievo automatico* talchè questo si effettua nel modo già descritto.

Se, essendo una linea occupata, cioè essendo infissa una spina in uno dei suoi jack, un operatore volesse saggiarla, egli dovrebbe colla punta di una delle due spine toccare l'anello di prova; udrebbe nel proprio ricevitore il rumore caratteristico dovuto alla chiusura del circuito che si viene ad effettuare pel fatto che il conduttore di punta di tutti i cordoni è connesso a

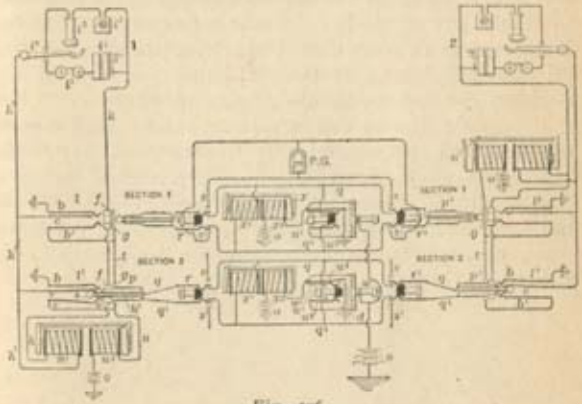


Fig. 106.

terra attraverso una metà dell'avvolgimento del ricevitore e la pila.

È necessario che in questa messa a terra sia ancora inserita una pila (che può essere la stessa degli avvisatori) perchè, lo si ricordi, la corrente che ha operato il rilievo cessa e la pila è distaccata.

Lo schema completo e dettagliato dei collegamenti di un tavolo multiplo a rilievo automatico è dato nella fig. 106 (*section* = sezione).

Esso dopo quanto abbiamo premesso deve essere al lettore perfettamente intelligibile. Notiamo solo che il

generatore è solitamente unico in tutti i grandi uffici ed è azionato da un motore elettrico in modo continuo; che al medesimo giungono in parallelo tutti i contatti s (a un polo) ed i contatti s' (all'altro polo) delle chiavi di chiamata; che l'avvisatore di fine, esso pure a rilievo automatico ed analogo a quelli di chiamata, è connesso in derivazione fra i conduttori del cordone, ed una volta che abbia funzionato è rimesso alla posizione di riposo premendo la chiave di conversazione, ciò che è necessario di fare affinchè la telefonista si assicuri se gli abbonati hanno realmente finito o se uno di essi desideri eventualmente un'altra connessione.

Il segnale di fine conversazione è dato dagli utenti, come per gli altri sistemi visti, ripetendo quello di chiamata; ma esso aziona soltanto l'avvisatore di fine e non quello di chiamata perchè le spine che si trovano nei jack delle linee connesse, non sì tosto il cartellino cade, ne provocano automaticamente il ritorno alla posizione di riposo.

CAPITOLO III.

Sistemi decentralizzati

39. — Generalità.

L'accentramento del servizio coi moderni sistemi di commutazione multipla applicata alle grandi reti, presenta il grave inconveniente di richiedere all'ufficio centrale una spesa d'impianto per ogni utente, che cresce col numero degli utenti in misura tale da diventare proibitiva contro la sua estensione al di là di un certo limite.

Il numero di jack richiesti per ognuno degli N abbonati di un multiplo che sia diviso in sezioni di 200 abbonati ciascuna è dato dall'espressione $\frac{N}{200}+1$; il numero totale dei jack è dunque per tutto l'ufficio rappresentato da

$$\left(\frac{N}{200}+1\right)N=\frac{N^2}{200}+N$$

Supponendo N rispettivamente uguale a

600 1000 2000 5000 10000 20000

il numero dei jack per utente è di

4 6 11 26 51 101

ed il numero dei jack totali è di

2400 6000 22000 130000 510000 2020000

Si può dunque ritenere che il numero dei jack cresca quasi in proporzione al quadrato del numero degli utenti. Di pari passo coll'aumento dei jack procede pure la spesa del loro collegamento talchè si comprende facilmente come al di là di un certo numero di utenti, che la pratica ha press'a poco fissato intorno ai 10000, non sia più economicamente tollerabile l'ulteriore accentramento. A rendere ancora meno giustificabile questa immobilizzazione di capitale concorre la circostanza che raramente il numero delle comunicazioni contemporanee supera il 10 % e quasi mai il 20 % degli abbonati connessi, ciò che permette ai costruttori di munire i tavoli multipli di un numero di cordoni limitato e variabile appunto fra 10 e 20 paia per ogni sezione di 200 abbonati. Dunque soltanto il 40 % dei jack dell'ufficio è in funzione contemporaneamente, ma questa cifra è da ritenersi un massimo superiore ai valori più alti che si verificano nelle ore di maggior lavoro. Ne deriva che per la rimanente percentuale tanto la spesa di impianto dell'ufficio quanto quella della linea sono infruttifere.

Per diminuire simile inconveniente si possono costituire le sezioni con 300 abbonati, e qualche sistema a tavolo orizzontale anzi — come il Siemens installato a Milano — ha le sezioni di 750 abbonati ciascuna. Però anche scegliendo delle sezioni composte con un gran numero di abbonati si giunge presto al limite della convenienza economica tantochè nelle grandi capitali dove il numero di utenti è superiore ai 20 o 30 mila, l'ufficio centrale non è più unico ed i diversi uffici sono collegati fra loro da un certo numero di linee ausiliarie.

Ma una volta su questa via, la soluzione più radicale è quella dei sistemi così detti *decentralizzati* o *di trasporto* (transfer systems) nei quali gli abbonati raggruppati per quartiere (o per categoria) sono allacciati

a degli uffici — o tavoli — secondari del tipo *standard* o *semplice*, e sono tali uffici (o tavoli) secondari che si allacciano poi ad un ufficio o tavolo centrale col sistema dei multipli mediante delle linee che nel numero e nel funzionamento sostituiscono i cordoni di commutazione dei tavoli ordinari.

40. — Sistema Sabin e Hampton.

Fra i sistemi di trasporto l'esempio più importante è offerto dall'Express-System di Sabin e Hampton che ha funzionato con successo a S. Francisco ed a Chicago con un numero di abbonati superiore a 6000.

Il concetto fondamentale dell'Express-System è la divisione dei tavoli di commutazione in due categorie che chiameremo *A* e *B*. Le linee che provengono dagli abbonati raggruppate a centinaia sono allacciate ai tavoli *B* o tavoli secondari dove attraversano un solo jack e l'avvisatore di chiamata per ogni abbonato perchè questi tavoli sono del tipo standard.

Ognuno dei tavoli *B* riceve cento linee di abbonato ed è allacciato ai tavoli della seconda categoria o tavoli centrali con due specie di linee: le une, che chiameremo linee *A*, sono terminate da spine tanto dalla parte dei tavoli *B* che dalla parte dei tavoli *A*; le altre, che chiameremo linee *B*, terminano con una spina dalla parte dei tavoli *B* e con un jack dalla parte dei tavoli *A*. Questi che si trovano in generale in un locale separato da quello dei tavoli *B* costituiscono il vero *ufficio centrale* del sistema e sono del tipo multiplo essendo ripetuto in ogni sezione il numero totale dei jack allacciati alle stazioni *B*. Per ogni tavolo secondario vi sono tante linee del tipo *A* che terminano ad una sola sezione del centrale, quante del tipo *B* che

invece sono disponibili con altrettanti jack generali in tutte le sezioni del multiplo.

Quando l'abbonato vuol chiamare l'ufficio (1°) non deve fare altro che distaccare il telefono dal gancio. In virtù di questo movimento (vedi fig. 107) l'abbonato chiude attraverso alla linea (*subscribersline*) e alle molle *a* e *b* del proprio jack, posto su uno dei tavoli *B* (B *Boards*)

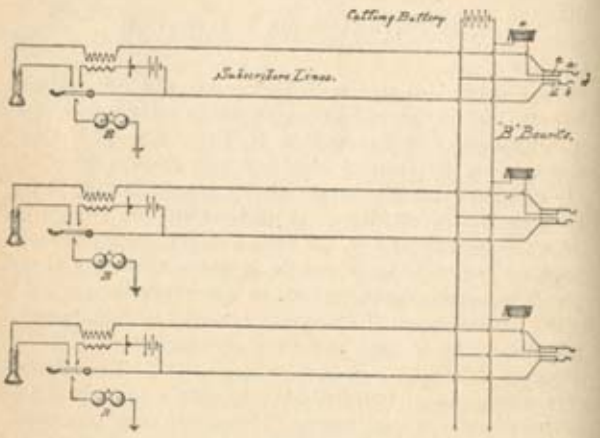


Fig. 107.

un circuito comprendente una pila locale (*calling battery* ossia pila di chiamata) posta nell'ufficio secondario ed un avvisatore a rilievo automatico *e*. È questo un semplice elettromagnete dalla cui armatura, che costituisce uno dei bracci di una leva angolare, dipende il cartellino avvisatore che forma l'altro braccio. La telefonista, avvertita la chiamata, prende una spina del tipo *A* e la infigge nel jack attivatosi. In virtù di questo movimento, in primo luogo le molle del jack

si allontanano dai contatti *c* e *d* e l'elettromagnete di chiamata, rimanendo così diseccitato, permette al cartellino di rimanere nella posizione di riposo. Notiamo a questo proposito che simile dispositivo è vantaggioso nel senso che se la telefonista per errore dovesse levare la spina prima che la conversazione fosse terminata e che perciò il gancio fosse riappeso, il cartellino tornerebbe ad animarsi e la telefonista sarebbe avvertita dell'errore commesso. In secondo luogo la telefonista del centrale, preposta al servizio del tavolo secondario (1°) vede illuminarsi una lampadina bianca accanto alla spina del circuito *A* adoperato dalla telefonista secondaria (1ª).

Allora l'impiegato del centrale premendo una chiave d'ascolto si mette in comunicazione coll'abbonato richiedente, ed udito il numero col quale egli vuol conversare lo comunica all'impiegato di quello dei tavoli *B* a cui l'abbonato richiesto appartiene. Questo impiegato a sua volta indica al primo quale è la linea *B* che conviene adoperare ed allora l'impiegato del tavolo *A* infigge la spina *illuminata* nel jack corrispondente alla linea indicatagli. Nello stesso tempo l'impiegato del tavolo *B* infigge la spina della stessa linea *B* nel jack dell'abbonato richiesto e lo chiama premendo una chiave.

La comunicazione desiderata è dunque ottenuta mediante l'intervento di tre impiegati il primo dei quali per altro non ha che da infiggere una spina in un jack.

In ogni modo questo è un inconveniente del sistema perchè può darsi che il secondo impiegato (quello del tavolo *A*) debba attendere alquanto la risposta del 3° impiegato (quello addetto al tavolo *B* dell'abbonato richiesto) nel caso che questo sia occupato a fare altre comunicazioni.

La fig. 108 dà lo schema completo (ma alquanto semplificato) del sistema. In alto è rappresentato il

posto dell'abbonato richiedente (*subscriber calling*), abbasso quello dell'abbonato richiesto (*subscriber called for*). A sinistra si vedono i jack del tavolo *B* (B *Board*) a cui appartiene l'abbonato richiedente e più sotto quelli del tavolo *B* dell'abbonato richiesto.

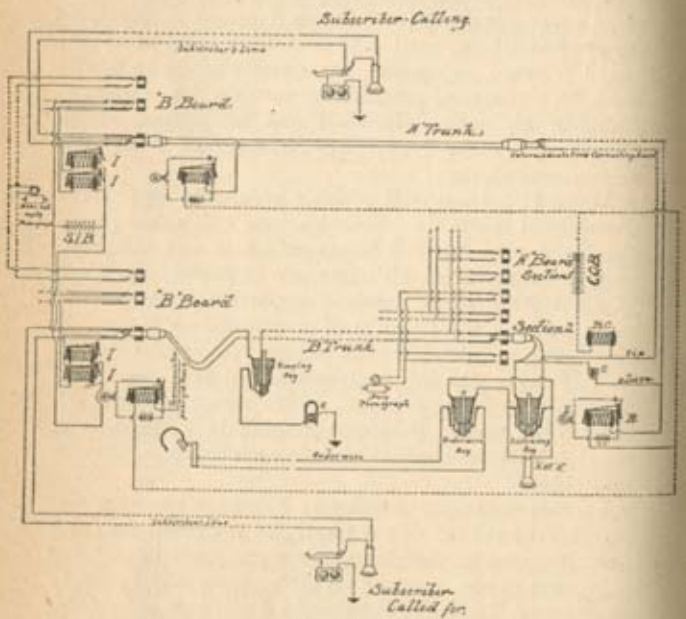


Fig. 108.

A destra si vedono i jack del tavolo *A* (A *Board*); *R* è il relais che serve all'accensione della lampadina di avviso mediante un circuito locale. *R* è compreso in un circuito derivato attraverso alla pila *C. O. B.* fra i

due fili della linea *A* (A *trunk*) che si vede in alto; qui sono segnati anche una spina ed un jack intermediari; mà di essi non è necessario che ci occupiamo

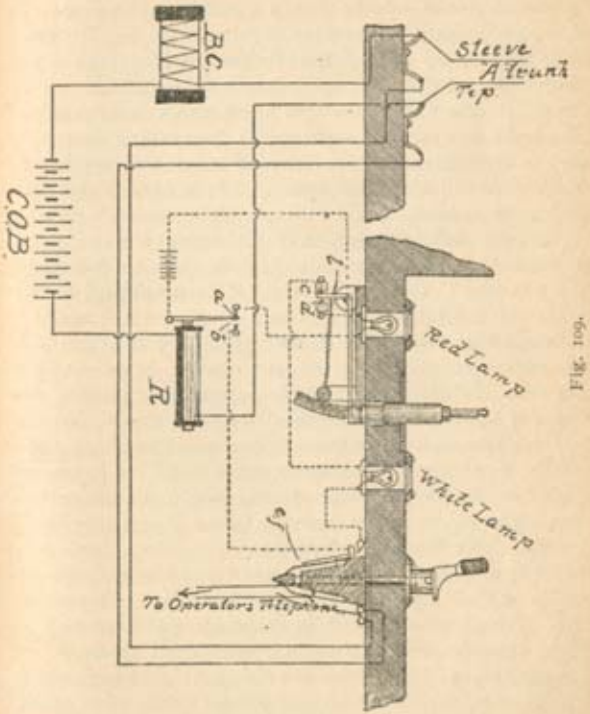


Fig. 109.

(*Listening key* è la chiave d'ascolto; *ringing key* la chiave di chiamata, ecc.).

La fig. 109 mostra una parte del tavolo *A*. Da questo

schema appare: 1° che quando l'armatura del relais *R* è attratta si accende la lampada bianca (*white lamp*); 2° che quando la chiave d'ascolto è premuta, la lampadina bianca si spegne interrompendosi il circuito in *e f*; 3° che rimettendo la chiave d'ascolto nella posizione di riposo la lampadina bianca si riaccende, il che è assai opportuno perchè nel frattempo l'impiegato potrebbe essersi dimenticato quale è la spina da manovrare; 4° che nel togliere la spina dalla sua sede per infiggerla nel jack opportuno, la lampadina bianca si spegne definitivamente e, per effetto di una molla spirale rappresentata nella figura, la leva *l* passa dal contatto *c* al contatto *d*. Per questo fatto, quando, a conversazione finita, l'abbonato richiedente appende il telefono al gancio, aprendo così il circuito comprendente la pila *C. O. B.* ed il relais *R* l'armatura di questo passa dal contatto *b* al contatto *a* e perciò si accende la lampadina rossa (*red lamp*). Questo è il segnale di *fine* conversazione. L'impiegato rimette la spina nella sua sede e questa pel proprio peso riporta da *d* a *c* la leva *l* e spegne la lampadina rossa.

Il segnale di fine conversazione per l'impiegato del tavolo *B* relativo all'abbonato richiedente ha luogo nel medesimo tempo e nello stesso modo mediante una lampadina ed un relais derivato come il precedente sui due fili della linea *A* (A *trunk*).

Il segnale di fine conversazione per l'impiegato del tavolo *B* dell'abbonato richiesto è un po' più complicato. L'impiegato nel fare la chiamata, per mezzo di un relais accende una lampadina. Quando l'abbonato richiesto stacca il suo telefono dal gancio, la lampadina si spegne ed un cartellino comandato da un altro relais, si solleva. Quando a conversazione finita l'abbonato richiesto riappende il telefono al gancio, il cartellino ritorna nella sua posizione normale.

Ciò che è notevole in questo sistema e vale a compensare alquanto la complicazione dei 3 impiegati, è che tutti i segnali sono automatici e quindi assolutamente indipendenti dalla volontà degli impiegati e degli abbonati.

Come abbiamo detto, i jack del tavolo *A* sono connessi in multiplo perchè qualunque impiegato possa avere sottomano i jack della linea provenienti da qualunque tavolo *B*; è perciò che l'impiegato del tavolo *A* deve venire informato da quello del tavolo *B* chiamato, circa la linea *B* da usare, ossia circa il jack in cui infiggere la spina connessa all'abbonato richiedente.

È ovvio che sarebbe preferibile che l'impiegato *A* potesse fare un saggio e, scelta una linea libera, indicarne esso il numero all'impiegato del tavolo *B*, insieme col numero dell'abbonato richiesto; si eviterebbe un perditempo.

Ma questo non avviene nell'Express-System; invece è adottata un'altra semplificazione che consiste in ciò: se l'impiegato del tavolo *A* apprende che l'abbonato richiesto è occupato, ne rende avvertito l'abbonato richiedente coll'infiggere la relativa spina in un apposito jack che si trova in ogni sezione del tavolo multiplo *A*; il quale jack è perennemente connesso con un microfono davanti al quale un fonografo ripete continuamente la parola *occupato* (*busy phonograph*, fig. 109); l'impiegato ritira la spina dal jack quando vede accendersi la lampadina rossa. Così pure quando l'impiegato del secondo tavolo *B* si accorge che l'abbonato richiesto non risponde, toglie la spina dal jack dell'abbonato e la infigge nel jack di un fonografo che ripete continuamente la parola: *non risponde* (*does not reply phonograph*, fig. 109) e così l'abbonato richiedente, attraverso la linea *A*, il tavolo *A* e la linea *B* è di ciò informato senz'altro.

CAPITOLO IV.

Sistemi a batteria centrale (common battery)

41. — Generalità.

Nei sistemi telefonici fin qui descritti la pila destinata all'alimentazione dei microfoni è collocata presso gli utenti, anzi forma parte necessaria dell'apparecchio.

La conservazione in buono stato delle pile è elemento indispensabile al regolare funzionamento di un impianto e siccome la durata in servizio di una pila a secco del commercio non supera in media un semestre e siccome la maggioranza dei microfoni moderni vuol essere collegata con due elementi, principalmente in vista delle comunicazioni interurbane, così ne deriva una spesa annua di sostituzione e di manutenzione tutt'altro che indifferente.

La soppressione di tale spesa fu il primo stimolo ed il più efficace nello studio dei sistemi di cui vogliamo ora parlare.

Essi hanno tutti per principio l'alimentazione dei microfoni attraverso ai fili stessi di linea mediante una unica batteria di accumulatori installati all'ufficio di commutazione.

Molti anzi raggiungono colla batteria unica un altro

scopo e precisamente quello di sopprimere presso gli utenti il generatore di chiamata effettuando quest'ultima con l'aiuto di speciali dispositivi al centrale, che entrino in funzione appena l'abbonato distacchi il telefono dal gancio. Così, oltre all'economia di esercizio dipendente dalla soppressione delle pile, questi sistemi realizzano anche un risparmio notevole nella spesa di impianto semplificando assai gli apparecchi presso gli utenti.

E non soltanto il lavoro dell'abbonato per richiedere una comunicazione nei sistemi a batteria centrale è ridotto al minimo possibile, ma anche quello degli impiegati all'ufficio riesce diminuito ed in misura tale che per riflesso consente di adibire un numero di operatori minore di quello voluto dai sistemi ordinari, con avvisatori a ritorno non automatico.

I sistemi a batteria centrale si possono distinguere in due grandi categorie.

Nell'una è soppressa la bobina di induzione cosicchè tipicamente l'apparecchio presso l'abbonato si riduce ad un circuito in derivazione doppia sulla linea; una derivazione comprende l'avvisatore di chiamata e l'altra, disposti in serie, il microfono e il telefono.

Nella seconda categoria la bobina di induzione è conservata (ciò che costringe ad una alquanto maggiore complicazione dei circuiti) ma il suo ufficio in alcuni sistemi può essere diverso da quello comune, di elevare cioè la tensione elettrica delle variazioni microfoniche, come vedremo più avanti.

Fra i sistemi senza bobina di induzione accenneremo ai seguenti:

1° *A semplice filo* (fig. 110).

La batteria è inserita nel cordone flessibile che stabilisce la comunicazione fra i jack degli utenti. Se essa ha una resistenza sufficientemente piccola è possibile di derivare ai suoi estremi altri cordoni flessibili per

eseguire altre connessioni senza che le conversazioni di un circuito si trasmettano sugli altri.

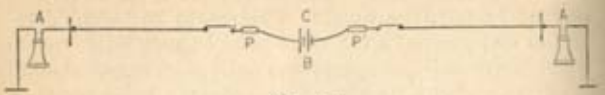


Fig., 110.

2° *A doppio filo* (fig. 111).

La batteria alimenta in derivazione due cordoni a doppio filo e se ne possono imaginare parecchi perchè è supposta, come si disse più sopra, di resistenza sufficientemente piccola. In tal caso le fluttuazioni di corrente di un circuito producono agli estremi della batteria delle fluttuazioni di potenziale così piccole che non sono avvertite dagli altri circuiti.

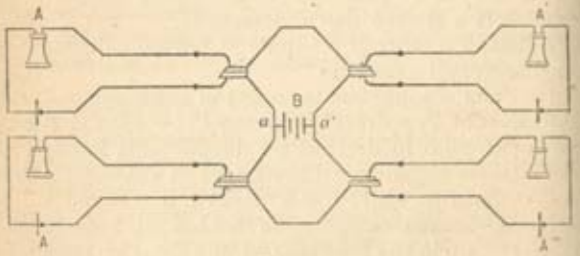


Fig. 111.

Se nei punti a ed a' esistessero due tratti di conduttore di sezione deficiente e di lunghezza notevole, comuni a tutti i cordoni, allora sarebbe possibile che la conversazione scambiata su uno si intendesse perfettamente anche sugli altri circuiti.

Nel sistema Stone (fig. 112) la pila è derivata sui due fili del cordone che connette le spine, coll'intermediario di due bobine di reazione.

Queste bobine hanno una piccola resistenza ohmica quindi la corrente della batteria vi trova una debole

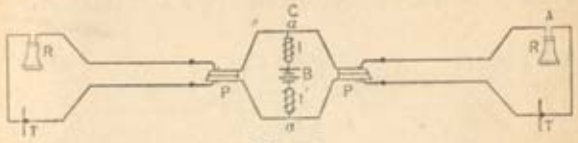


Fig. 112.

ostruzione. Se la resistenza del microfono T aumenta, aumenta la resistenza composta dei due circuiti che sono in parallelo sulla pila. Allora la corrente complessiva fornita dalla batteria diminuisce e quindi aumenta la differenza di potenziale fra i punti a ed a'

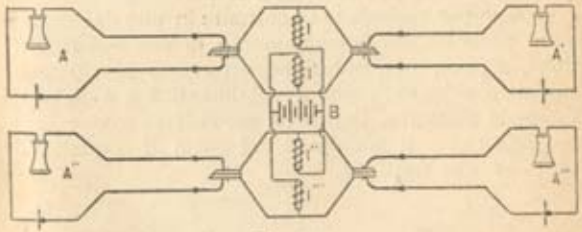


Fig. 113.

quindi il circuito del posto A' viene percorso da una corrente maggiore. In questo modo la parola si trasmette da A ad A'. Il sistema è applicabile a più circuiti come mostra la fig. 113. Una variazione di corrente nel circuito AA' non può trasmettersi al circuito $A'A''$ perchè dovrebbe attraversare le quattro bobine di induzione I, I'' e I', I'''.

Il sistema H. V. Hayes (1892) è rappresentato nella fig. 114 e forma la base di alcuni dei più riusciti impianti a batteria centrale.

K e *K'* sono due bobine di ripetizione (traslatori) aventi ciascuna due avvolgimenti *k* e *k'*. I due avvolgi-

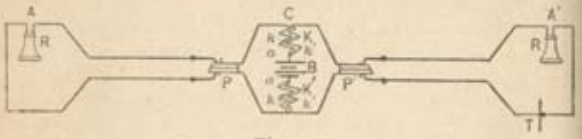


Fig. 114.

menti della bobina *K* sono uniti insieme nel punto *a* che è connesso al polo positivo della batteria *B*. Gli altri estremi dei due avvolgimenti sono connessi ciascuno a uno dei contatti delle spine *P* e *P'*; connessioni analoghe si hanno per la bobina *K'*.

Qualunque variazione di corrente in uno dei due circuiti, prodotta dal funzionamento di uno dei trasmettitori, agisce, per induzione attraverso al ripetitore, sull'altro circuito. I due avvolgimenti *k* e *k'* agiscono l'uno da primario, l'altro da secondario o viceversa a seconda che è il microfono del posto *A* o quello del posto *A'* che funziona.

42. — Sistema della Western Electric Cy.

1. — *Impianto di Brescia.*

L'impianto di Brescia è il primo esempio in Italia di piccolo impianto in cui sia stato adottato il sistema a batteria centrale; finora è anche l'unico essendo stato inaugurato nel corso del 1903. Esso fu studiato dalla Western El. Cy. che vi adattò il proprio sistema.

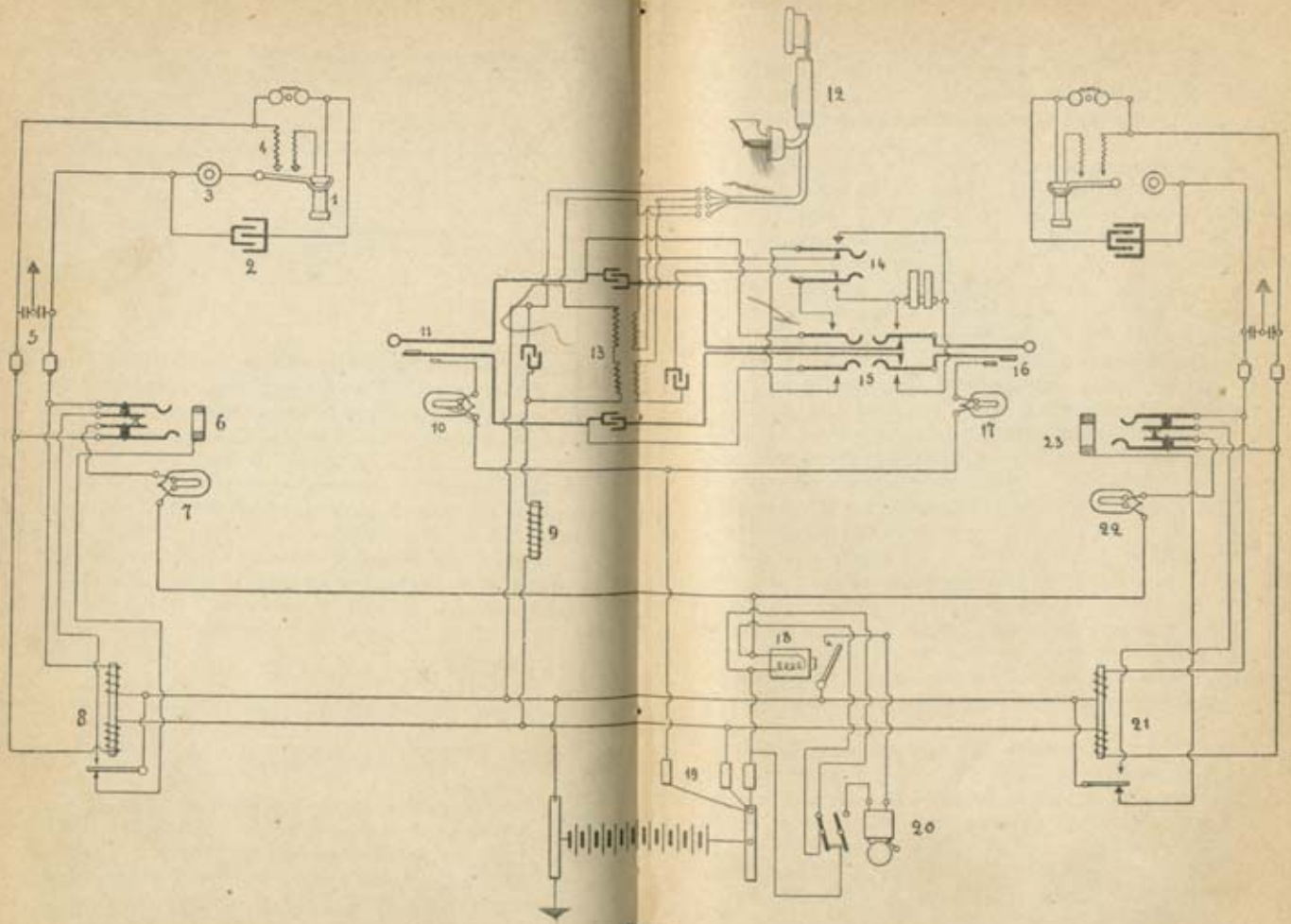


Fig. 115.

L'impianto è attualmente disposto pel servizio di 200 abbonati, per cui l'ufficio comporta un solo *tavolo semplice*; ma è possibile l'ingrandimento fino a 600 abbonati, aggiungendo altri due tavoli semplici identici al primo.

La batteria centrale consta di 11 elementi Tudor da 20 Ampère-ora, il cui polo negativo è messo francamente a terra. Tale messa a terra, che a prima vista può apparire necessaria soltanto per le reti miste, cioè aventi dei circuiti a semplice e dei circuiti a doppio filo, in realtà ha dei vantaggi notevoli anche per le reti che, come quella di Brescia, sono completamente a doppio filo. In primo luogo essa è efficace nel combattere il così detto *cross-talk* dovuto specialmente alla resistenza interna della batteria che non è mai assolutamente trascurabile e che appunto perciò può produrre miscuglio di voci ossia mutua audizione.

In secondo luogo, essa serve a mantenere l'equilibrio elettrostatico in tutto il sistema, impedendo le perturbazioni che potrebbero accadere in seguito alla messa a terra di una linea od a contatti con potenziali elevati. Inoltre semplifica le connessioni, principalmente per quegli organi del tavolo che devono avere un collegamento metallico col polo messo a terra, perchè basta collegare tali organi colla loro massa e questa mettere a terra. Infine essa permette di rilevare immediatamente i gravi difetti di isolamento sulle linee, perchè producono l'accensione delle lampadine di chiamata.

Il funzionamento generale del sistema risulta chiaramente dalla fig. 115 nella quale sono rappresentati due posti d'abbonato nonchè jack, relais, lampadine; ed un cordone di connessione col posto d'operatore.

Posto d'abbonato (vedi fig. 116). — Il posto d'abbonato manca del generatore di chiamata perchè questa si effettua semplicemente distaccando il telefono dal

gancio. Gli apparecchi costitutivi dell'apparecchio sono, oltre al gancio, i seguenti:

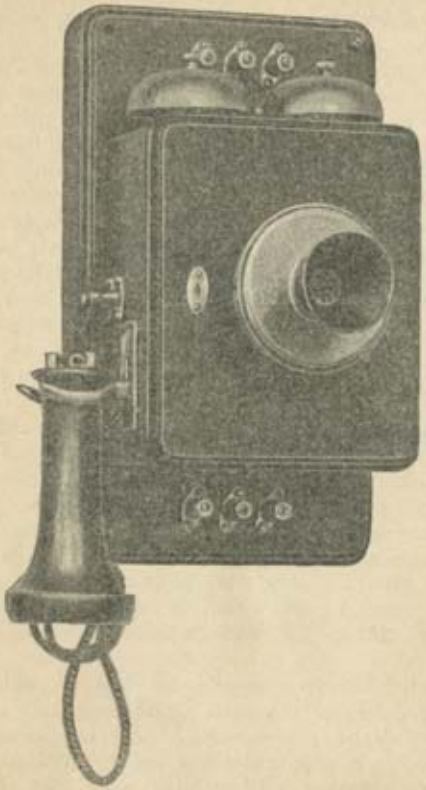


Fig. 116.

Un microfono o trasmettitore di tipo multicellulare a granuli di carbone (n. 3 della fig. 115);

Una bobina d'induzione il cui primario comporta 1320 spire di filo $^{30}/_{100}$ della lunghezza complessiva di 113 metri, ed ha una resistenza di 18 ohm; il secondario ha 600 spire di filo $^{70}/_{100}$ che misura 47 metri e ha 25 ohm di resistenza (n. 4 della fig. 115);

Un telefono o ricevitore — resistenza 60 Ohm — (n. 1 della fig. 115);

Una soneria polarizzata (resistenza 1000 Ohm);

Un condensatore — capacità 2 microfarad — (n. 2 della fig. 115).

Quando il telefono è appeso al gancio, la soneria rimane derivata sulla linea attraverso il condensatore, sicchè può funzionare sotto l'impulso di una corrente alternativa che giungesse dall'ufficio centrale.

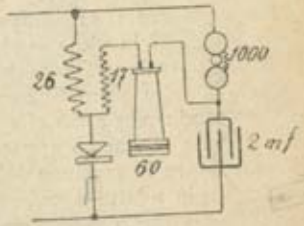


Fig. 117.

A telefono distaccato dal gancio la linea riesce chiusa attraverso un arco doppio, i cui lati sono così costituiti: nel primo, il microfono e il primario della bobina d'induzione; nel secondo, il condensatore e la soneria; il punto di connessione tra microfono e primario nel primo lato è congiunto al punto di connessione tra soneria e condensatore nel secondo, attraverso il secondario della bobina ed il ricevitore.

L'apparecchio durante la conversazione costituisce dunque un vero ponte di Wheatstone completo (fig. 117).

Per tal modo la corrente continua proveniente dal centrale, che non può attraversare il condensatore, attraversa totalmente invece il microfono, poi si biforca: una piccolissima parte attraversa il secondario della bobina e il ricevitore; ma la più gran parte passa attraverso il primario della bobina.

La corrente alternativa che determina la trasmissione telefonica, giunta al punto d'unione della soneria col primario della bobina, non può più proseguire se non in piccolissima parte attraverso la soneria per l'elevata impedenza della medesima, e nella più gran parte percorre il primario della bobina d'induzione, per rendersi poi all'altro filo di linea, principalmente attraverso il microfono. Per effetto della corrente che percorre il primario, il secondario della bobina d'induzione diventa sede di una forza elettromotrice, che agendo nel circuito chiuso comprendente il ricevitore, il condensatore ed il microfono, produce la corrente necessaria a sensibilizzare il telefono.

Per vero dire, il funzionamento dell'apparecchio può forse spiegarsi in altro modo; ma le due spirali della bobina d'induzione hanno delle resistenze, e quindi dei numeri di spire, poco differenti fra di loro (1 a 2 circa); si deve dedurre perciò che la funzione della bobina d'induzione in questo apparecchio non sia già quella di aumentare la tensione della energia microfonica per renderla più adatta a superare la resistenza di linea; ma soltanto quella di traslare l'energia stessa dalla linea in un circuito chiuso localmente non solo sul telefono, ma anche su un condensatore disposto in serie col medesimo nell'intento di compensare l'induttanza del circuito stesso.

Il posto d'abbonato è protetto da una valvola bipolare con parafulmine, pure bipolare, a carbone (n. 5 delle fig. 115), analogo al tipo descritto a pagina 83.

Circuito dei cordoni. — Nella parte centrale della fig. 115 sono rappresentate a tratti più grossi le connessioni del tavolo in quanto riflettono l'operazione di collegamento, in altre parole il circuito dei cordoni. Esso è interrotto da un condensatore collocato su ciascun dei due fili e cioè allo scopo di impedire che a connessione stabilita fra due abbonati, e per un eventuale incrocio o scambio della polarità delle due molle di un jack la batteria si trovi in corto circuito sui cordoni.

Le due spine (n. 11 e 16) sono analogamente costruite; esse prendono contatto con le due molle esterne del jack, inoltre con un altro conduttore prendono contatto all'anello di guardia del jack (n. 6 e 23) e lo collegano attraverso una lampada al polo positivo della batteria, per costituire il segnale di fine.

Il ricevitore della telefonista (che fa parte del microtelefono n. 12) può essere inserito in derivazione sui due conduttori principali dei cordoni premendo un'apposita chiave, e per questo motivo la *risposta* alla chiamata di un abbonato può essere fatta con una qualunque delle due spine di un cordone; ma poichè invece la *chiamata* deve normalmente farsi con una determinata spina perchè la chiave che la effettua interrompe la continuità metallica dei cordoni, così ne deriva che l'altra spina è preferibilmente riservata alla risposta e prende nome di spina di risposta.

Circuiti di chiamata e di conversazione. — Quando l'abbonato stacca il telefono dal gancio, viene a chiudersi un circuito così costituito: il secondario della bobina d'induzione, un filo di linea, uno degli avvolgimenti (300 Ohm) del relais dell'avvisatore di chiamata, la batteria centrale (f. e. m. 24 Volt); l'altro avvolgimento (300 Ohm) del relais di chiamata, l'altro filo di linea, e l'apparecchio dell'abbonato.

Il relais di chiamata (n. 8 e 21 nella fig. 115), attirando la sua armatura chiude un circuito comprendente la batteria centrale e la lampada di chiamata (n. 7 e 22 nella fig. 115), attraverso alle 2 molle interne del jack ed all'avvolgimento di un relais pilota di cui parleremo in seguito. — La lampada si accende e questo è il segnale di chiamata. L'operatore introducendo una spina di risposta (n. 11 nella fig. 115) nel jack corri-

spondente alla lampadina accesa e che è collocata in sua immediata vicinanza, provoca automaticamente il suo spegnimento perchè l'infissione della spina obbliga le due molle interne del jack ad allontanarsi, e il circuito che alimenta la lampada rimane interrotto.

Premendo la chiave d'ascolto (n. 15 a sinistra nella figura 115) la telefonista mette il proprio apparecchio in derivazione sulla linea attraverso a una chiave di cui per ora non ci occupiamo, e a un condensatore di 2 mf. e riceve gli ordini dall'abbonato. Avuta comunicazione del numero desiderato l'operatore introduce l'altra spina del cordone (n. 16 nella fig. 115) nel jack dell'abbonato richiesto e preme la chiave di chiamata (n. 15 a destra nella fig. 115); con ciò vien chiuso un circuito, per mezzo del jack e della spina, sulla linea dell'abbonato richiesto e comprendente il generatore di chiamata che l'operatore mette subito in azione. La comunicazione è così stabilita.

Nella figura è rappresentato un altro organo che se è necessario nelle comunicazioni interurbane non è altrettanto indispensabile nelle comunicazioni urbane. Intendiamo parlare della chiave per *richiamare* l'abbonato richiedente. Qualora l'abbonato richiedente, aspettando la comunicazione avesse riappeso il telefono al gancio, l'ufficio centrale può richiamarlo, dopo effettuata la comunicazione richiesta. Per far ciò l'operatore preme l'apposita chiave (n. 14 nella fig. 115) chiudendo così un circuito comprendente il generatore magneto-elettrico e derivato sulla linea dell'abbonato richiedente, la cui soneria viene così messa in azione.

Abbiamo detto che il circuito della lampada di chiamata si chiude attraverso all'avvolgimento del relais pilota (n. 18 nella figura). L'ufficio di questo relais è analogo a quello della *lampada pilota* di cui abbiamo parlato più sopra. A questo relais pilota, come alla batteria, sono connessi tutti i circuiti delle lampade di

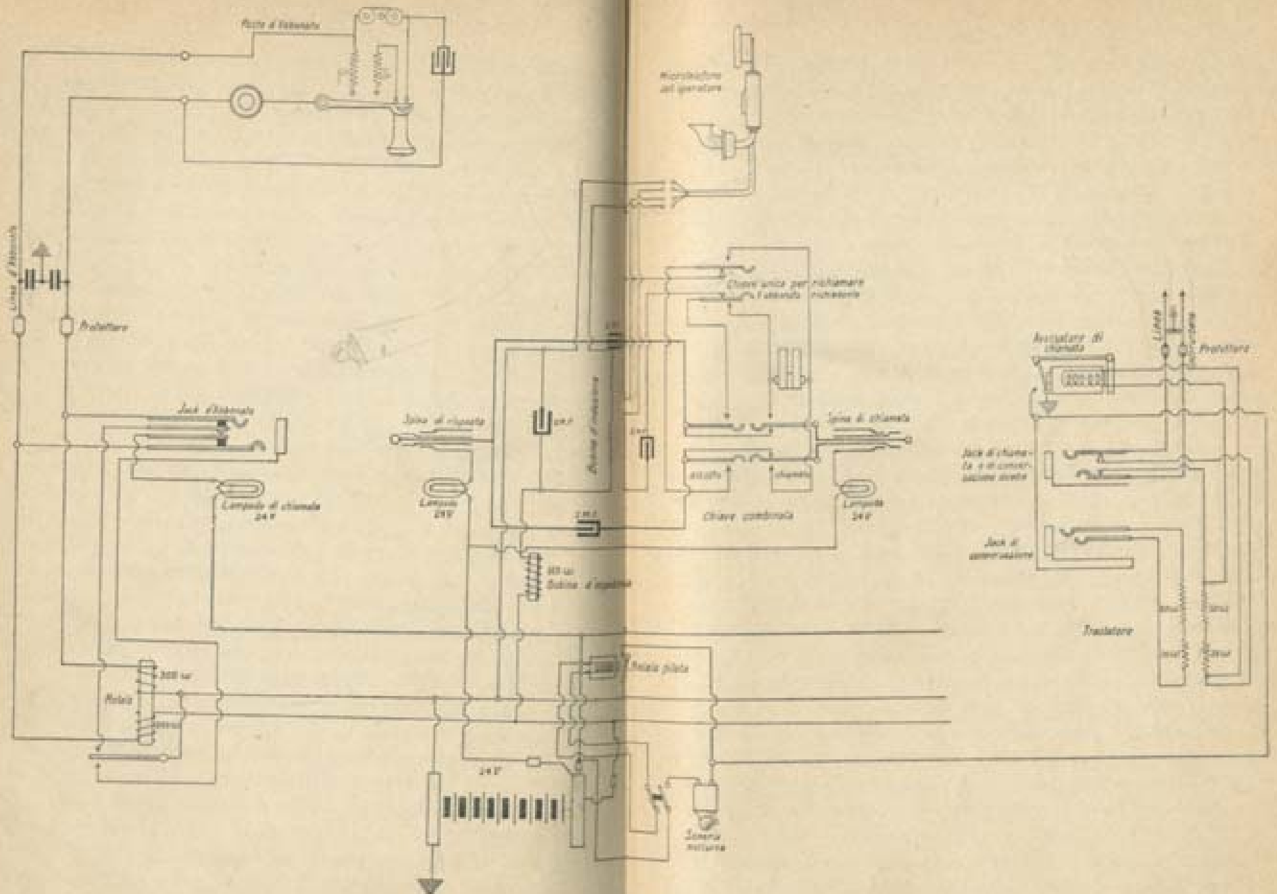

Posto d'abbonato
Linea d'abbonato
Protettore
Jack d'abbonato
Lampada di chiamata
24 V
Spina di risposta
Lampada
24 V
Bobina d'induzione
Microtelefono dell'operatore
Chiave unica per richiamare l'abbonato richiedente
Spina di chiamata
ascolto
chiamata
Chiave combinata
Lampada
24 V
Bobina d'impedenza
Relais
Relais pilota
24 V
Soneria notturna
Avvisatore di chiamata
Linea
Protettore
Jack di chiamata e di conversazione diretta
Jack di conversazione
Traslatore

Fig. 118.

chiamata di tutti i jack; esso trattiene quindi la propria armatura fintantochè almeno una lampada di chiamata è accesa. A differenza però delle lampade pilota che funzionano anche durante il giorno, brillando di luce più viva che le lampade di chiamata, il relais pilota durante il giorno è in corto circuito. Durante la notte, mediante un commutatore rappresentato nella figura 115, il corto circuito viene aperto e nello stesso tempo si viene a predisporre un circuito comprendente una soneria (n. 20 nella figura) e la batteria, circuito che si chiude allorchè l'armatura del relais viene attratta.

Fintantochè, adunque, la soneria è attiva, l'operatore è avvertito che vi è ancora qualche chiamata inevasa e fa ricerca delle lampade ancora accese, che di notte potrebbero sfuggire alla sua attenzione a motivo della illuminazione generale del locale dell'ufficio.

L'operatore non toglie la comunicazione fra i due abbonati se non quando entrambi hanno effettuato il segnale di fine conversazione che ha luogo appendendo il telefono al gancio. Con ciò infatti viene ricondotta l'armatura del relais di chiamata alla posizione di riposo, e provocata quindi l'accensione della lampada di fine (n. 10 e 17 nella figura). La telefonista estraendo le spine ne produce poi lo spegnimento.

Durante tutta la conversazione il circuito contenente il relais di chiamata è rimasto chiuso attraverso al gancio. Quando l'abbonato riappende il telefono al gancio l'armatura del relais cade e cadendo chiude un circuito locale così costituito: armatura del relais, ghiera del jack, contatto della spina, (quello dei 3 contatti che nella figura è disegnato più in basso e con un tratto più corto, tocca appunto, quando la spina è infissa, la ghiera del jack), lampada di fine conversazione, la batteria e da questa di nuovo all'armatura del relais.

Togliendo la spina dal jack la lampada si spegne.

Comunicazioni interurbane. — La figura 118 mostra

il meccanismo delle comunicazioni interurbane. Se la chiamata è fatta da un abbonato urbano le cose si passano nel modo descritto per le conversazioni urbane. Se la chiamata invece è fatta da una città vicina essa ha luogo per mezzo di un avvisatore di chiamata a caduta di cartellino che ha 500 ohm di resistenza. Di notte il cartellino cadendo chiude un circuito locale costituito da: la terra; il cartellino, la soneria, la batteria, la terra, e la chiamata diviene acustica. La soneria però è la stessa che serve da pilota.

La linea interurbana è munita di due jack uno per la chiamata e per la conversazione diretta e l'altro per la conversazione attraverso ad un trasformatore i cui avvolgimenti hanno ciascuno la resistenza di 40 ohm.

Il segnale di fine conversazione da parte dell'abbonato urbano ha luogo nel modo già descritto; da parte della linea interurbana esso si effettua come segue: il cartellino dell'avvisatore di chiamata viene rialzato a mano dall'operatore prima di effettuare la connessione col jack di conversazione *indiretta;* allora se l'abbonato dell'altra città vuole dare il segnale di fine conversazione deve suonare il campanello come per la chiamata; il cartellino cade e chiude un circuito così formato: la terra, il cartellino, la ghiera del jack di conversazione, il manicotto della spina di chiamata, la lampadina di fine conversazione, la batteria, la terra.

La figura 119 rappresenta una fotografia del tavolo semplice di commutazione. È un mobile di 90 cm. circa di larghezza, 1,5 m., circa di altezza e circa 70 cm. di profondità massima. È costruito per due posti di operatore e contiene 20 cordoni (40 spine) per le comunicazioni urbane e 3 cordoni (6 spine) per le interurbane.

Le lampade di fine conversazione sono 40 in tutto per ogni 200 jack (due per cordone).

Fig. 119.

2. — *Impianto di Londra.*

L'impianto del Post-Office di Londra che serve attualmente 5400 abbonati circa, all'ufficio centrale, ma è predisposto per un ingrandimento sino a 14400 abbonati nel medesimo, è eseguito esso pure secondo il sistema a batteria centrale della Western Electric Cy e rappresenta fuori dubbio uno dei migliori impianti oggidì funzionanti.

Il sistema appartiene alla categoria dei multipli in derivazione e tra i sistemi a batteria centrale si distingue essenzialmente per ciò, che all'ufficio sono installate due batterie distinte: uno per la chiamata dall'abbonato all'ufficio (9 elementi ≡ 18 volt) ed una per la conversazione (12 elementi ≡ 24 volt).

La sua zona d'azione è vasta al punto che non si è creduto conveniente di accentrare tutte le linee in un solo ufficio ma si preferì raggrupparle in uffici distinti, di cui uno è il *central exchange*, o ufficio centrale propriamente detto, e gli altri sono detti *district-exchanges*, o uffici secondari.

Ogni ufficio è munito di batteria propria ed è collegato cogli altri mediante un certo numero di linee ausiliarie. Per gli abbonati di una certa zona, però, l'ufficio secondario funziona come un vero e proprio ufficio centrale in tutto simile all'ufficio centrale propriamente detto.

Il diagramma delle connessioni fra il posto di un abbonato e l'ufficio è dato dalla fig. 120 la quale mostra lo schema dell'apparecchio, dei jack generali e degli organi di chiamata e di sostituzione delle batterie.

Posto d'abbonato. — Il posto d'abbonato (*subscriber's station* nella figura) è affatto analogo a quello

dell'impianto di Brescia; ne diversifica per le resistenze degli avvolgimenti della bobina d'induzione che sono di 15 ohm pel primario e di 30 ohm pel secondario.

Anche qui l'apparecchio manca del generatore, e la chiamata si effettua staccando il telefono dal gancio.

Funzionamento del sistema (abbonati collegati allo stesso ufficio). — Quando l'abbonato toglie il telefono dal gancio, chiude un circuito che comprende all'ufficio centrale il relais di chiamata (*line relay*, fig. 120) su un filo, e sull'altro una lampadina (*resistance lamp*) di cui vedremo la funzione. Il relais chiude il circuito della lampada di chiamata (*calling lamp*) e questa è posta immediatamente sotto al suo jack locale (*calling jack*). La vicinanza della lampada al jack locale è vantaggiosa alla rapidità del servizio perchè l'impiegata non deve fare alcuno sforzo di attenzione per trovare il jack corrispondente come accadrebbe se tutti i jack locali fossero insieme raggruppati e gli avvisatori pure.

L'impiegata inserisce una spina *di risposta* (*answering peg* fig. 121) nel jack designato dalla lampadina accesa, preme la chiave d'ascolto del cordone adoperato, riceve gli ordini dell'abbonato, e — se il numero richiesto fa capo allo stesso ufficio — provvede a stabilire la connessione voluta, dopo aver fatto colla spina *di chiamata* appaiata alla precedente, l'assaggio della linea richiesta nel modo che abbiamo descritto parlando dei tavoli multipli.

Se la linea è libera inserisce la spina *di chiamata* nel jack corrispondente e chiama premendo apposita chiave. L'inserzione della spina per chiamare produce l'accensione di una lampadina che è la stessa destinata al segnale di fine conversazione, come vedremo, e che si spegne quando l'abbonato richiesto abbia distaccato il telefono dal gancio.

È questo il segnale che la chiamata ebbe buon esito e l'impiegata premendo un bottone la registra su due

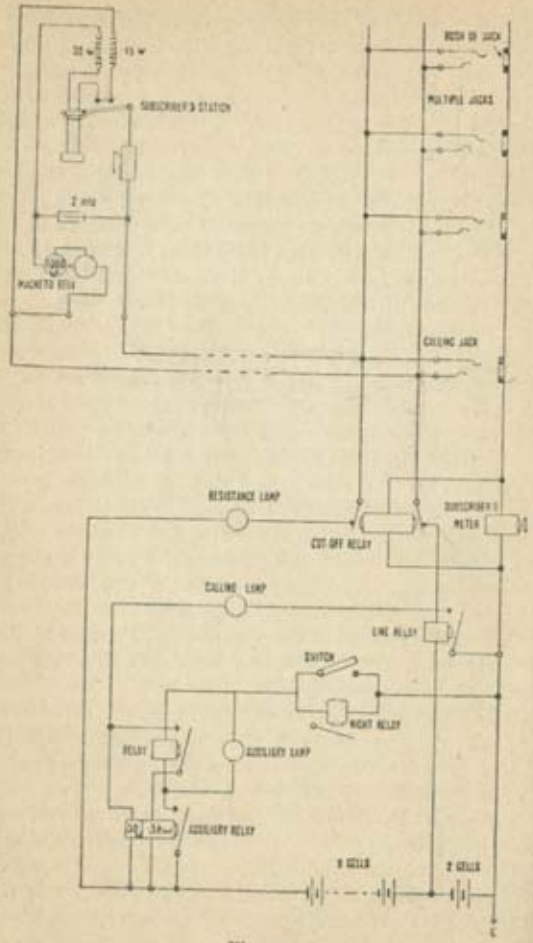


Fig. 120.

contatori distinti: uno dà il numero dei collegamenti eseguiti dall'impiegata; l'altro il numero delle conversazioni effettuate dall'abbonato richiedente. A conversazione finita gli utenti riappendono il telefono al gancio; entrambe le lampade di fine si accendono e l'impiegata può così togliere la connessione.

Lampada pilota di chiamata. — Una diposizione specialmente importante del sistema Western è l'uso di una *lampadina pilota* o *lampada ausiliaria di chiamata* (*auxiliary lamp* nella figura 120) per ogni posto di operatore.

Ecco come tale disposizione è realizzata.

Il circuito della lampada di chiamata di ciascun abbonato contiene un avvolgimento di 30 ohm di resistenza che fa parte di un *relais ausiliario comune a tutti gli abbonati serviti dal medesimo operatore.* Questo relais (*auxiliary relay*, fig. 120) attraendo la sua armatura, chiude un circuito locale che dal polo positivo raggiunge il negativo della batteria attraverso un relais di 0,9 ohm (che nella notte aziona una soneria ma di giorno è messo in corto circuito) ed una lampadina ausiliaria o pilota, messa in parallelo con un relais di 250 ohm. Tale apparecchio ha lo scopo di mettere in parallelo coll'avvolgimento di 30 ohm del relais ausiliario un avvolgimento di 0,38 ohm disposto sul medesimo nucleo. Mentre l'avvolgimento di 30 ohm è necessario per *attrarre* l'armatura del relais ausiliario, basta l'avvolgimento di 0,38 ohm per *mantenere* l'armatura stessa in posizione di lavoro.

Senza questo dispositivo, se parecchi abbonati chiamassero contemporaneamente, la resistenza dell'avvolgimento comune cagionerebbe una caduta di tensione troppo grande, a motivo della forte corrente, e le lampade di chiamata non si accenderebbero bene.

Anche se una sola chiamata rimane senza risposta la lampada pilota continua ad ardere e di notte il campanello continua a suonare.

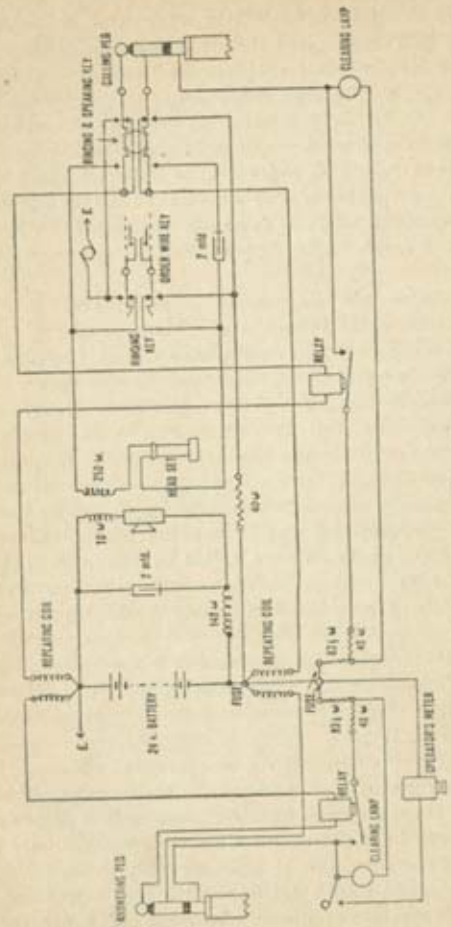


Fig. 121.

Ci rimane a vedere perchè nello schema della figura 120 alla batteria di chiamata di 18 volt sia aggiunta una sezione di 4 volt a partire dal polo positivo, e quale sia la funzione della lampada inserita su uno dei fili di linea. Se si verifica per caso una *terra* sul filo negativo della linea, si chiude un circuito fra il polo positivo della batteria, la terra, il difetto, la lampada di 60 ohm di resistenza ed il polo negativo della pila. L'accensione di tale lampada richiama allora l'attenzione sul difetto verificatosi.

Supponiamo ora che vada a terra la linea positiva; la sezione a 5 volt funziona ancora lanciando una corrente attraverso la terra, il difetto, il relais di chiamata ed il punto di connessione fra il 2° ed il 3° elemento della batteria. L'impiegato si accorge dunque della terra sul filo positivo perchè si accende la lampadina di chiamata senza che l'utente l'abbia voluto. Anche un corto circuito sulla linea accende la lampada di chiamata.

Sostituzione automatica della batteria di conversazione a quella di chiamata. — Il dispositivo che realizza la sostituzione è il seguente (vedi fig. 120 e 121). Infiggendo nel jack la spina di risposta (*answering peg*) la linea dell'abbonato è messa in derivazione sulla batteria di conversazione (24 volt) perchè le due molle del jack prendono contatto con la punta ed il fusto della spina, che sono appunto collegati agli estremi della batteria attraverso un relais (*relay* fig. 121) e due traslatori (*repeating coil*). Il relais, funzionando, chiude un circuito così formato: la terra (*E* fig. 121) — la batteria di 24 volt — l'armatura del relais — il manicotto inferiore della spina di risposta — la ghiera del jack (*calling jack* fig. 120) — la linea delle ghiere dei jack generali — l'avvolgimento del relais interruttore (*cut-off relay*) — la terra (*E*). Così il *cut-off relay* funziona, e attraendo le due armature interrompe la comunica-

zione fra la linea dell'abbonato e la batteria di chiamata (di 9 elementi). Perciò la lampada di chiamata si spegne, e si spegne anche la lampada ausiliaria, salvo il caso in cui rimanga inevasa la chiamata di qualche altro abbonato.

Circuito dei cordoni ed operazioni relative (fig. 121). — Ogni cordone, che termina a due spine di uso perfettamente distinto, una di risposta l'altra di chiamata, contiene tre conduttori distinti: due servono al collegamento dei due circuiti che richiedono la comunicazione, l'altro ai servizi accessori (segnale di fine, assaggio delle linee, conteggio delle chiamate, ecc.).

Ciascuno dei primi due contiene i due avvolgimenti ($r = 2 \times 40$ ohm) di una bobina di ripetizione; entrambi attraversano la chiave mista di chiamata e di ascolto e sono derivati dai poli della batteria di conversazione (24 volt) nei punti di mezzo delle bobine di ripetizione; su quello che unisce le due punte delle due spine sono inseriti i due relais (*relay* nella figura) di esclusione (uno per ciascuna spina).

Il terzo filo congiunge i manicotti inferiori delle spine attraverso un arco doppio così costituito: su un lato (permanentemente chiuso) le lampade di fine (120 ohm) e due resistenze di 83,5 ohm ciascuna derivate nel loro punto comune mediante fusibili da un polo della batteria; sull'altro lato (che è chiuso solamente quando i relais d'esclusione sono eccitati) le armature dei due relais, due resistenze di 40 ohm ciascuna e le due resistenze di 83,5 ohm già accennate.

Dei due relais, quello di risposta eccitandosi quando la spina relativa viene infissa nel jack del circuito richiedente, oltre a produrre la sostituzione della batteria di 18 V. con quella di 24, mette in parallelo con la lampada di fine (*clearing lamp*) la resistenza di 40 ohm che ne impedisce l'accensione.

Infiggendo la spina di chiamata nel numero richiesto, si accende la seconda lampada di fine del cordone adoperato ma quando l'abbonato risponde e distacca il telefono dal gancio questa lampada si spegne. Entrambe si riaccendono a conversazione finita e la telefonista soltanto in tal caso toglie la comunicazione.

Le connessioni dell'apparecchio *a cuffia* dell'impiegata sono rappresentate al centro del diagramma.

La chiave di conversazione e di chiamata è rappresentata a destra.

Premendo la chiave (da destra a sinistra nella figura) l'impiegato si mette in comunicazione coll'abbonato richiedente. Dopo inserita la spina nel jack dell'abbonato richiesto, l'impiegato manovra ancora la chiave (premendola da sinistra a destra nella figura) con ciò disgiunge il circuito dell'abbonato richiesto da quello del richiedente e dal proprio apparecchio e lo connette invece al generatore di chiamata che ha un polo a terra. Abbandonando la chiave la connessione fra i due abbonati è completa.

Per registrare la chiamata l'impiegato preme la chiave disegnata a sinistra nella figura.

Comunicazioni fra uffici diversi. — Le comunicazioni fra due uffici qualunque si stabiliscono mediante linee ausiliarie, le quali all'ufficio richiesto terminano, con l'intermediario di traslatori, a delle spine disposte su un tavolo speciale detto *di giunzione*, ed all'ufficio richiedente fanno capo ad altrettanti jack disposti in servizio multiplo sulle sezioni stesse del tavolo *locale*. Sul tavolo di giunzione di ogni ufficio sono poi multiplati i jack di tutti gli abbonati connessi al medesimo.

Dunque le linee che servono alle comunicazioni *in partenza* da un ufficio sono assolutamente distinte dalle linee *di arrivo* allo stesso; quelle dipendono dalle telefoniste del multiplo, queste dalle impiegate del tavolo di giunzione.

È però da notare che al tavolo di giunzione dell'uf-

ficio centrale propriamente detto fanno capo anche delle linee *in partenza* dal medesimo e ciò perchè non tutti gli uffici secondari possono comunicare direttamente tra di loro ma alcuni devono ricorrere per intermediario all'ufficio centrale.

La conversazione fra l'abbonato *A* di un ufficio (1°) e l'abbonato *B* di un altro ufficio (2°) si stabilisce nel seguente modo. L'impiegata del tavolo a cui giunge la linea *A* premendo una apposita chiave (*order-wire key*, vedi fig. 121) entra senz'altro in comunicazione

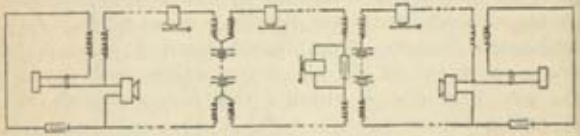


Fig. 122.

con un'impiegata del tavolo di giunzione all'ufficio richiesto; si fa indicare una qualunque delle linee ausiliarie libere in quel momento e trasmette il numero dell'abbonato *B* richiesto. Infigge allora la spina di chiamata del cordone adoperato nel jack della linea ausiliaria indicatale, e con questa operazione provoca sul tavolo di giunzione del 2° ufficio l'accensione di una lampadina (*clearing lamp* della fig. 123) collocata vicino alla spina da adoperare. La telefonista del tavolo di giunzione ha già nel frattempo, manovrando la stessa spina, saggiata la linea *B* e provvede alla chiamata nel modo ordinario.

La fig. 122 dà lo schema semplificato delle connessioni che permettono la conversazione di un abbonato dell'ufficio centrale con un altro di un ufficio secondario; in essa è chiaramente rappresentata la discontinuità metallica del circuito prodotta dal traslatore del tavolo di giunzione.

La figura 123 rappresenta lo schema del posto d'operatore al tavolo di giunzione dell'ufficio centrale. La medesima mostra che, mentre la conversazione avviene attraverso il traslatore, vi è invece connessione metallica per ciò che riguarda i segnali.

Supponiamo che l'ufficio richiedente sia il secondario, semplicemente rappresentato, a sinistra della figura, coi jack multipli di una linea ausiliaria; appena in uno di questi jack viene infissa una spina, la corrente della batteria dell'ufficio secondario eccita il relais *R* di 12000 ohm; questo relais chiude un circuito comprendente la batteria dell'ufficio centrale, una lampada di fine conversazione, una resistenza di 40 ohm, un'altra di 80 ohm e la terra. Infiggendo la spina di chiamata (*calling plug*) nel jack dell'abbonato richiesto, e premendo la chiave di chiamata (*ringing key*) la linea dell'abbonato viene connessa al generatore di chiamata attraverso un interruttore rotativo (*interrupter*); si ha così automaticamente, una chiamata intermittente. Appena l'abbonato richiesto stacca il telefono dal gancio, la resistenza del circuito diminuisce e quindi la corrente basta a far funzionare un relais che libera automaticamente la chiave di chiamata.

Inoltre l'inserzione della spina di chiamata nel jack, chiude un circuito comprendente la terra, la linea dei jack, il manicotto di base della spina, il relais R_2 (83,5 ohm di resistenza), la lampada di fine conversazione, la batteria, e di nuovo la terra; il relais R_2 attraendo la propria armatura mette in parallelo colla lampada una resistenza di 40 ohm, cosicchè la lampada si spegne appena inserita la spina. Allo stesso tempo, attraverso la chiave di chiamata venuta in posizione di riposo, la punta e il manicotto mediano della spina si trovano connessi ciascuno con una delle bobine di ripetizione, e si eccita il relais R_1 la cui armatura chiude il circuito comprendente l'avvolgimento di 20 ohm del

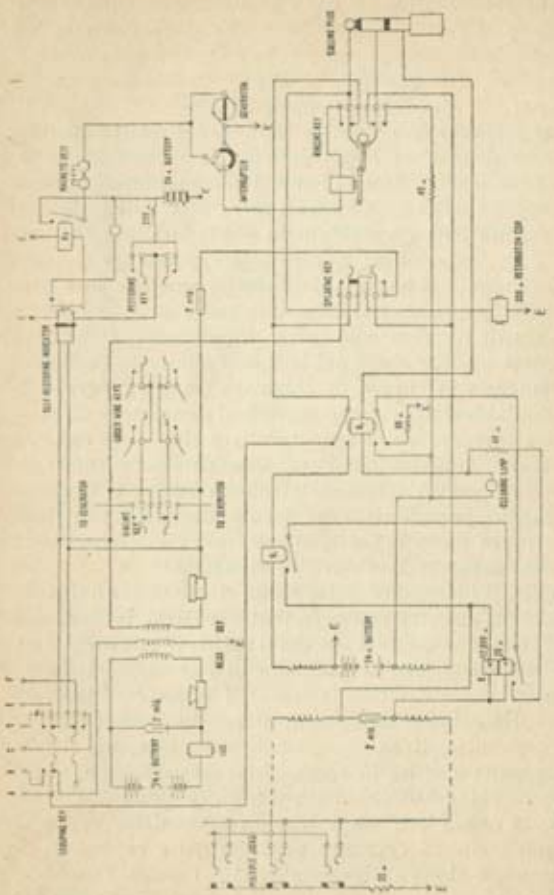


Fig. 123.

relais R; allora la corrente proveniente dall'ufficio secondario cresce e quindi aziona il relais presso l'ufficio stesso spegnendo la lampada di fine conversazione. Allora il circuito è pronto per la conversazione fra gli abbonati e corrisponde schematicamente alla fig. 122.

Se l'impiegato deve parlare con uno dei due abbonati, basta che prema la chiave di conversazione che si vede sul diagramma. Se l'impiegato si accorge che l'abbonato richiesto è occupato, inserisce la spina in un apposito jack producendo una serie di oscillazioni nella luce della lampada di fine conversazione; così attira l'attenzione dell'impiegato dell'ufficio secondario il quale dopo aver appurato il segnale premendo la chiave di conversazione, informa l'abbonato richiedente che l'abbonato richiesto è occupato e toglie la comunicazione. Un segnale analogo viene trasmesso se l'abbonato richiesto non risponde. Questi segnali sono automaticamente trasmessi in forma acustica all'abbonato.

Senza estenderci oltre nei dettagli diamo una pianta del tratto di città servita dall'impianto descritto (vedi fig. 124). Le condutture sono sotterranee.

43. — Sistema Siemens e Halske.

Impianto di Milano.

La casa Siemens ha installato a Milano un sistema telefonico a batteria centrale caratterizzato da ciò, che la batteria serve esclusivamente a fornire la corrente ai microfoni, e a produrre il segnale di fine mentre la chiamata dall'utente all'ufficio, contrariamente a quanto avviene negli impianti a batteria centrale precedentemente descritti, si effettua a mezzo del generatore magneto-elettrico.

L'ufficio centrale è munito di tavoli multipli *orizzontali* del tipo in serie.

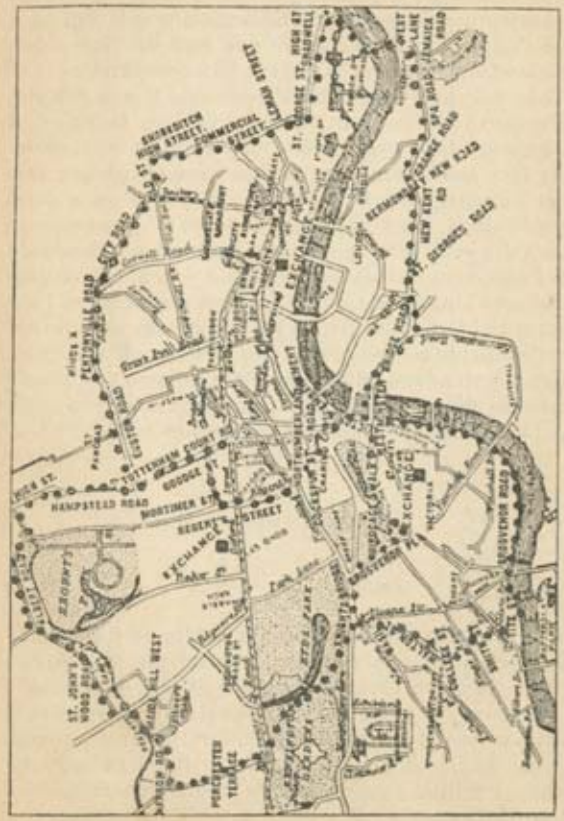


Fig. 124.

La Tav. I è uno schema generale del sistema in cui sono segnate per semplicità due sole linee d'abbonato coi posti relativi *I* e *II*, e l'ufficio centrale è rappresentato da 5 tavoli multipli. La linea l_1 dell'abbonato *I* è a semplice filo e di essa fa parte una resistenza non induttiva *r;* l'abbonato *II* è invece connesso coll'ufficio centrale mediante una linea a doppio filo l'_2 l''_2; i_1 e i_2 sono i jack individuali dei due abbonati; A_1 e A_2 gli avvisatori di chiamata; g_1 i jack generali dell'abbonato *I* e g_2 quelli dell'abbonato *II*. *R* è un ripartitore speciale inserito fra i jack generali e i jack individuali di ciascun tavolo e che serve ad ovviare all'inconveniente di avere sullo stesso tavolo, per combinazione, dei numeri che lavorino moltissimo e sovraccarichino perciò le telefoniste. Per poter approfittare di questo ripartitore è necessario sacrificare l'ordine della numerazione dei jack individuali, ma questo non è un inconveniente perchè l'avvisatore di chiamata forma un solo complesso col relativo jack. L_1 L_2 sono lampade pilota, alimentate dalle pile P_1 P_2. G_1 G_2 sono jack generali dei due abbonati, che si trovano su un tavolo chiamato tavolo di intercomunicazione di cui diremo più avanti.

Lo schema comprende inoltre il posto d'operatore di un tavolo multiplo, nonchè i tavoli e le linee necessari alle conversazioni interurbane, come vedremo.

Avvisatore di chiamata. — I jack individuali sono separati dai jack generali e ciascuno è meccanicamente raggruppato con uno speciale avvisatore di chiamata che è detto *a caviglia* perchè all'atto della chiamata una caviglia o pistoncino metallico munito di capocchia viene a sporgere sul piano orizzontale del tavolo, attirando così l'attenzione della commutatorista. Questo avvisatore è costituito essenzialmente da una calamita a ferro di cavallo la cui armatura porta la caviglia. Attorno ai poli della calamita è avvolta una

spirale la quale per effetto della chiamata è percorsa da una corrente che indebolendo la magnetizzazione permette ad una molla antagonista di spingere la caviglia fuori dell'anello di guardia del jack. Contemporaneamente si accende una lampada *pilota*, unica in ciascun tavolo, che resta accesa finchè ci siano caviglie sporgenti sul tavolo. Infiggendo la spina di risposta nel jack, la caviglia ritorna alla posizione di riposo; la lampada pilota, se nessun'altra caviglia è sporgente, si spegne, e la calamita trattiene di nuovo la sua armatura, cosicchè quando, a conversazione finita, la telefonista ritira la spina, l'apparecchio è pronto per una nuova chiamata.

Alveoli di polarizzazione. — In sostituzione dei condensatori che abbiamo incontrato in altri sistemi, sono usati nel sistema Siemens dei piccoli apparecchi chiamati *alveoli di polarizzazione* e costituiti da due elettrodi filiformi di platino racchiusi in un piccolo vaso di vetro contenente acqua acidulata con acido citrico.

Inserendo in circuito un certo numero di questi alveoli si può ottenere una forza controelettromotrice sufficiente a compensare la tensione di una batteria qualunque: un alveolo fa equilibrio alla tensione di 1,8 volt.

Mediante l'uso opportuno di tali alveoli è anche ottenuto il segnale di fine conversazione, come vedremo.

Posto d'abbonato. — Il posto d'abbonato comprende: un microfono (m_1 m_2 nella figura); un telefono di 120 ohm di resistenza (t_1 t_2); una bobina d'induzione (b_1 b_2 — primario: 3 ohm; secondario 200 ohm); una soneria (150 ohm); un generatore magnetoelettrico (500 ohm) e 13 alveoli di polarizzazione (a_1 a_2). Il loro modo di collegamento è quello rappresentato nella figura.

Quando il telefono è appeso al gancio (h_1 h_2) i fili di linea fanno capo alla sola diramazione comprendente

la soneria, il generatore e *nove* alveoli; la chiamata si fa quindi nel modo ordinario azionando il generatore.

Quando il telefono è distaccato dal gancio la linea si chiude attraverso a un arco doppio di cui un lato comprende il telefono, il secondario della bobina e *tre* alveoli, e l'altro lato comprende una bobina d'induttanza (100 ohm) e si divide in due rami di cui uno contiene il primario della bobina e il microfono, e l'altro *un* alveolo.

A telefono distaccato dal gancio, la corrente proveniente dalla batteria non può attraversare che il microfono; durante la conversazione le ondulazioni prodotte dalle variazioni di resistenza del microfono, non possono portarsi direttamente sui fili di linea, a motivo dell'impedenza offerta dalla bobina d'induttanza e devono chiudersi nel circuito locale costituito dal microfono, dal primario della bobina e dall'alveolo, cosicchè esse passano sulla linea per mezzo della bobina d'induzione, cioè vi giungono ad una tensione maggiore di quella a cui furono generate. La bobina d'induzione ha dunque in questo apparecchio la sua funzione ortodossa.

È interessante il confrontare lo schema dell'apparecchio con quello dell'apparecchio Western già descritto, ed è perciò che si sono entrambi rappresentati nella fig. 125, col telefono staccato dal gancio e disposti in modo che il confronto riesca facile.

Il problema di alimentare il microfono colla batteria centrale mediante gli stessi fili destinati alla conversazione, è stato risolto nei due apparecchi in diverso modo; infatti mentre nell'apparecchio Western si è formato un circuito chiuso locale comprendente il telefono, nell'apparecchio Siemens il circuito locale comprende invece il microfono; e mentre la bobina di induzione trasla l'energia dalla linea al circuito locale, nel Western — trasla invece l'energia dal circuito locale alla linea, nel Siemens.

Posto d'operatore. — Nello schema del posto d'operatore di un tavolo multiplo per servizio urbano (Tav. I) si è segnata per semplicità una sola chiave e un solo paio di spine. S_r è la spina di risposta S_c la spina di chiamata.

La chiave è stata scomposta per maggiore chiarezza in quatto tasti C_1 C_2 C_3 C_4. Nella posizione di riposo il tasto è sul contatto di destra; nella posizione di conversazione il tasto è sul contatto di sinistra; il contatto intermedio corrisponde alla posizione *di ascolto* della chiave. *BC* è la batteria centrale; *M* è il generatore magnetoelettrico che serve — coll'intermediario del tasto T_1 T_2 T_3 — tanto per richiamare l'abbonato richiedente quanto per chiamare l'abbonato richiesto; *F* è il galvanometro pel segnale di fine conversazione.

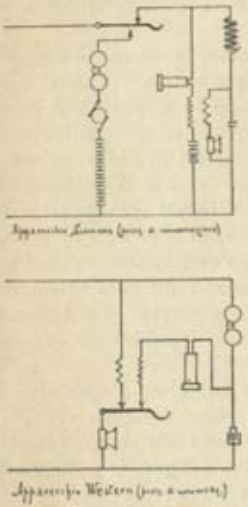


Fig. 125.

Passando all'esame dei circuiti supporremo che l'abbonato *I* voglia parlare coll'abbonato *II*.

Circuito di chiamata. — Azionando il generatore del proprio apparecchio l'abbonato *I* lancia una corrente alternata nel circuito seguente: il generatore — i nove alveoli — la linea l_1 — i jack generali g_1 — il ripartitore R_1 — i fili *1-2* — la molla del jack individuale i_1 — l'avvolgimento dell'avvisatore di chiamata A_1 — i fili *3-4* — il ripartitore — la terra fino all'apparecchio dell'abbonato — il gancio h_1 — la soneria s_1 e di nuovo il generatore.

La corrente aziona, nel modo già descritto, l'avvisatore A_1 la cui caviglia spostandosi preme il tasto k_1 e chiude il circuito della lampada pilota L_1.

Circuito di risposta. — L'operatore scorgendo il segnale di chiamata infigge la spina di risposta S_r nel nel jack i_1. La caviglia dell'avvisatore rientra; l'armatura della calamita riprende il proprio posto e la lampada L_1 si spegne — a meno che non vi siano delle chiamate ancora inevase ossia delle altre caviglie sporgenti dal tavolo. La commutatorista deve mettersi agli ordini dell'abbonato indicandogli il proprio numero, e ciò avviene attraverso il circuito seguente: manicotto della spina di risposta S_r — ghiera del jack individuale i_1 — fili *5-6* — ripartitore — linea delle ghiere dei jack — resistenza *r* — terra fino all'apparecchio dell'abbonato (il quale nel frattempo avrà staccato il telefono dal gancio) — gancio h_1 — secondario della bobina b_1 — ricevitore t_1 — alveoli — linea l_1 — linea delle molle dei jack — ripartitore — fili *1-2* — molla del jack i_1 — punta della spina S_r — galvanometro di fine *F* — tasto C_3 — filo *7* — tasto T_1 — alveolo e bobina d'induzione dell'apparecchio d'operatore — avvolgimento v_1 del telefono a cuffia — tasto T_2 — filo *8* — tasto C_4 — e di nuovo il manicotto della spina S_r. Così l'operatore e l'abbonato possono conversare insieme. La corrente microfonica è fornita dalla batteria centrale, alla quale conducono — attraverso a bobine di reattanza — due fili derivati uno su uno e l'altro sull'altro dei due conduttori del cordone.

Circuito di verifica. — Avuto il numero dell'abbonato *II*, l'operatore fa l'assaggio, per sapere se la linea richiesta è libera. Perciò egli tocca colla punta della spina di chiamata S_c l'anello di guardia del jack g_2 del proprio tavolo.

Se l'abbonato è occupato si chiude un circuito così formato: la terra — una porzione della batteria cen-

trale — il manicotto della spina (non disegnata) mediante la quale è occupato l'abbonato richiesto — la ghiera del jack occupato (che può essere anche il jack individuale) — la linea delle ghiere fino a quella che si tocca — la punta della spina S_c — il tasto C_4 — il filo 9 — il tasto T_3 — l'avvolgimento v_2 del telefono (nel quale si produce il *toc* caratteristico) e di nuovo la terra.

Circuito di conversazione. — Se l'abbonato richiesto, che abbiamo supposto essere il *II*, non è occupato, l'operatore infigge la spina S_c nel jack g_2 del proprio tavolo, e chiama l'abbonato *II* portando i tasti T_1 T_2 T_3 sul contatto di destra. Si chiude allora il circuito seguente: dal morsetto destro del generatore *M* al filo 10 — il tasto T_3 — il filo 9 — il tasto C_4 — la punta della spina S_c — la molla del jack g_2 — la linea l_2 fino all'apparecchio dell'abbonato — la soneria s_2 — il gancio h_2 — la linea l_2 — la linea delle ghiere g_2 — il manicotto della spina S_c — il cordone — il tasto C_3 della chiave — il filo 8 — il tasto T_2 (contatto di destra) — il filo 11 — il morsetto sinistro del generatore *M*. Questa operazione può venire anche omessa e allora la chiamata vien fatta dall'abbonato richiedente dopo effettuata la comunicazione; però a Milano in generale si lascia che la chiamata sia fatta dall'ufficio.

Per effettuare il circuito di conversazione l'operatore porta la chiave nella posizione corrispondente al contatto di sinistra dei tasti segnati nella figura. La chiamata da parte dell'ufficio può aver luogo anche dopo questa manovra della chiave; allora il circuito si modifica un poco; in luogo dei tasti T_3 e C_4 e del filo 9 — la connessione della linea col morsetto destro del generatore *M* è fatta mediante i tasti T_1 e C_3 e il filo 7. Il circuito così modificato serve anche a *richiamare*, occorrendo, l'abbonato *I*.

Il circuito di conversazione è il seguente: dalla linea l_1 alla punta della spina S_r — il cordone — il segnale di fine *F* — il cordone — il tasto C_4 della chiave, (contatto di sinistra) — il cordone — la punta della spina S_c — linea dell'abbonato *II* — ritorno — manicotto della spina S_c — cordone — manicotto della spina S_r — linea di ritorno dell'abbonato *I*.

Sopra questo circuito è derivata, attraverso le bobine di reattanza già ricordate, la batteria centrale.

Circuito d'ascolto. — Per mettersi in comunicazione cogli abbonati *I* e *II* durante la conversazione, l'operatore mette la chiave nella posizione d'ascolto che corrisponde al contatto intermedio dei tasti segnati nella figura. Sul cordone viene allora a derivarsi attraverso alla chiave C_2 al filo 8 e al tasto T_2 da una parte — e alle chiavi C_1 e C_3, al filo 7 e al tasto T_1 dall'altra, l'apparecchio dell'operatore. Abbandonando la chiave essa ritorna automaticamente nella posizione di conversazione.

Circuito pel segnale di fine conversazione. — Finchè la chiave è nella posizione di riposo il galvanometro *F* è percorso da una corrente che partendo dalla batteria centrale lo attraversa, passa al tasto C_1 della chiave e di qui ritorna per la terra alla batteria.

Quando la chiave viene messa in posizione di conversazione dopo l'infissione delle spine S_r ed S_c, l'apparecchio *F* è percorso da una corrente che partendo dalla batteria centrale lo attraversa, va alla punta della spina S_r, di qui all'apparecchio dell'abbonato (del quale attraversa il lato contenente il microfono, e privo di alveoli di polarizzazione) — ritorna seguendo la linea delle ghiere, e pel manicotto della spina S_r scende al cordone e di qui torna alla batteria centrale.

Quando l'abbonato richiedente riappende il telefono al gancio, questo circuito viene ad essere interrotto in

corrispondenza dell'apparecchio dell'abbonato perchè al lato contenente il microfono viene a sostituirsi quello comprendente la soneria e i nove alveoli di polarizzazione che intercettano la corrente continua.

In seguito a questa interruzione l'operatore vede apparire dietro un finestrino il disco rosso del segnale di fine. Egli riporta allora la chiave nella posizione di riposo, facendo così scomparire il segnale di fine, e toglie le spine dai jack.

In uno dei conduttori che connettono il cordone alla batteria centrale è inserito anche un relais dal quale dipende un circuito locale che si chiude, accendendo una lampada pilota, quando nessuna conversazione è attiva attraverso i cordoni del tavolo.

Abbiamo così esaminato il funzionamento del multiplo Siemens in quanto effettua le comunicazioni urbane. Vediamo ora i dispositivi destinati al collegamento della rete urbana con le linee interurbane. A questo scopo servono tre altri tipi di tavoli:

a) il *tavolo di intercomunicazione* (vedi Tav. I) pel quale passa ogni linea di abbonato prima di attraversare i tavoli multipli. Su questo tavolo (la cui funzione è analoga a quella del tavolo di giunzione dell'impianto di Londra) ogni abbonato ha un jack generale come G_1 e G_2. Il posto d'operatore del tavolo di intercomunicazione è pure rappresentato nello schema generale. È attraverso a questo tavolo, e non attraverso al multiplo, che avvengono le conversazioni interurbane;

b) il *tavolo d'avviso* e

c) il *tavolo intercomunale* entrambi disposti in un ufficio separato dal centrale, detto *ufficio intercomunale*.

Il primo è rappresentato alla parte superiore dello schema, e da esso parte un certo numero di linee ausiliarie dette *linee d'avviso* ciascuna delle quali è multiplata su tutti i tavoli urbani dell'ufficio centrale (jack g_a nella figura).

Al secondo, (rappresentato a sinistra dello schema generale) fanno capo le linee interurbane, ed esso può, d'altra parte — mediante linee ausiliarie — esser collegato col tavolo di intercomunicazione.

Il servizio procede nel modo seguente:

Circuiti per le comunicazioni interurbane. — L'abbonato che vuol conversare con un utente di un'altra rete, chiede di esser messo in comunicazione coll'ufficio intercomunale; l'operatore del tavolo cui l'abbonato appartiene infigge la spina S_c in uno dei jack g_a (linea d'avviso) del proprio tavolo; ciò facendo si chiude mediante la molla di destra del jack un circuito comprendente una batteria e la lampadina posta presso al jack. Su questo circuito sono derivate anche le lampadine di tutti gli altri jack della stessa linea d'avviso, nonchè la lampadina del jack a cui fa capo la linea sul tavolo d'avviso. In tal modo si ottiene: 1° di avvisare le telefoniste di tutti i tavoli urbani che la linea d'avviso adoperata è occupata; 2° di chiamare la telefonista del *tavolo d'avviso*. Questa infigge la spina S_a nel jack la cui lampadina splende; ciò facendo spegne la lampadina, senza però spegnere le lampadine degli altri jack, e si mette in comunicazione coll'abbonato richiedente. Dopo aver preso nota tanto del numero dell'abbonato richiedente quanto della rete e del numero desiderati, la comunicazione vien tolta, e l'impiegata trasmette l'annotazione a quella del *tavolo intercomunale*.

L'impiegata di questo tavolo si mette in comunicazione colla linea interurbana richiesta, di cui M_a sono i morsetti d'arrivo, infiggendo una delle due spine S_{ic} nel jack J. Essa può così ottenere dall'ufficio della rete X la comunicazione coll'abbonato richiesto; avutala infigge la spina S_i nel jack I_1 prepa-

rando così la comunicazione coll'abbonato di Milano. Resta ora a richiamare quest'ultimo (o a chiamarlo se si tratta di una conversazione desiderata da un abbonato della rete *X*). Per ciò fare l'impiegata infigge una delle spine S_{ic} nel jack I_2 e chiama il *tavolo di intercomunicazione*. Il circuito di chiamata è il seguente: la terra — il generatore — il cordone fino al manicotto inferiore della spina S_{ic} — la ghiera del jack I_2 — il filo *12* — la ghiera del jack I_3 — l'avvolgimento dell'avvisatore di chiamata — la terra. L'impiegata del tavolo di intercomunicazione allora infigge nel jack I_3 la spina S''_r e avuto il numero dell'abbonato, lo richiama (o lo chiama) infiggendo la spina S'_c nel jack G_2 se p. es. l'abbonato è il *II*. Portando la chiave (rappresentata dai tasti $C'_1\ C'_2\ C'_3\ C'_4$) in posizione di conversazione, il circuito di conversazione rimane stabilito come segue: dall'abbonato *II* attraverso alle linee l_2 l_2 al jack G_2 — spina S'_c — cordone e chiave — spina S''_r — jack I_3 — fili *13* e *14* — jack I_1 — spina S_i — connessioni del tavolo intercomunale — morsetti di arrivo M_a — linea interurbana.

Nel circuito di cordone del tavolo di intercomunicazione è da notare che tra i punti di derivazione della batteria centrale e la spina S''_r sono inseriti — uno per ogni filo — due alveoli di polarizzazione che impediscono alla corrente della batteria di portarsi sulla linea intercomunale.

Uno degli scopi del tavolo di intercomunicazione essendo quello di eliminare dal circuito i tavoli urbani durante una conversazione interurbana, il circuito *di verifica* è in questo caso diverso dal solito. Supponiamo infatti che l'abbonato *II* sia occupato mediante il jack G_2 e la spina S'_c. Allora il jack G_2 non è più in comunicazione colla linea delle ghiere dei jack g_2; serve quindi allo scopo dell'assaggio il filo *17*. Infatti il circuito di verifica viene ad essere il seguente; terra

— parte della batteria BC — fili *15-16-17* — molla di destra del jack G_2 — linea delle ghiere dei jack g_2 fino all'anello che si tocca — punta della spina S_c — tasto C_4 — filo *9* — tasto T_2 — avvolgimento v_2 del telefono — terra.

Pel segnale di fine conversazione i circuiti sono i seguenti:

Nella posizione di riposo: terra — parte della $B\,C$ — filo *15* — tasto C'_1 della chiave — apparecchio F' pel segnale di fine — terra.

Nella posizione di conversazione tra il tavolo di intercomunicazione e l'ufficio intercomunale, o tra l'abbonato e la linea interurbana: terra — pila P_i — manicotto inferiore di una spina S_{ic} (o della spina S_i) — ghiera del jack I_2 (o I_1) — filo *12* — ghiera del jack I_3 — manicotto inferiore della spina S''_r — apparecchio F' — terra.

Il segnale di fine conversazione viene dato a mezzo di soneria dall'abbonato della rete *X* all'ufficio intercomunale; l'impiegata del tavolo intercomunale allora toglie la spina S_i dal jack I_1 e la corrente non attraversa più l'apparecchio F'.

CAPITOLO V.

Sistemi a linee collettive

44. — Generalità.

Nei sistemi fin qui studiati abbiamo costantemente trovato che l'apparecchio di ciascun abbonato era connesso o all'ufficio centrale propriamente detto o almeno ad un ufficio secondario, mediante *una linea propria*. Quando invece una linea contiene più di un apparecchio essa prende il nome di *linea collettiva* (*party line*).

L'adozione di linee collettive è un altro modo di risolvere il problema della migliore utilizzazione del materiale di linea, migliore utilizzazione che, come abbiamo detto parlando dei sistemi decentralizzati, è giustificato di perseguire dacchè le comunicazioni contemporanee sono sempre una certa percentuale relativamente piccola del numero totale degli abbonati.

Gli inventori si sono sbizzarriti nell'ideare sistemi a linee collettive (alcuni dei quali risalgono ai primordi della telefonia) e volendo studiarli è necessario farne una classificazione.

Un primo tipo di sistemi a linee collettive consiste nel disporre semplicemente più apparecchi in serie od in derivazione su una medesima linea in modo che la

chiamata è udita da tutti gli utenti della linea collettiva a cui appartiene l'abbonato richiesto, e questo si distingue soltanto per qualche caratteristica della chiamata stessa (numero di colpi od altro).

Una seconda categoria comprende invece i sistemi nei quali la *selezione* dell'abbonato richiesto precede la chiamata; essa si suddivide in gruppi di sistemi che si differenziano per il modo con cui la selezione è ottenuta.

45. — Linee collettive della prima categoria.

Una linea collettiva del primo tipo, cogli apparecchi in serie e a semplice filo, è rappresentata nella fig. 126. Con questo sistema la soneria di ciascun apparecchio

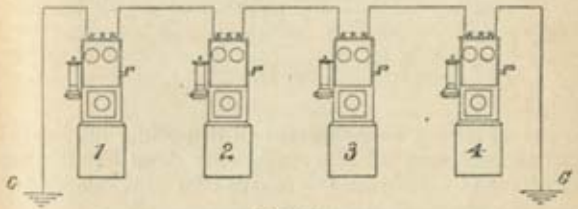


Fig. 126.

deve avere la minima impedenza possibile perchè la trasmissione della parola avviene attraverso a tutte le sonerie. La fig. 127 rappresenta una linea dello stesso tipo ma cogli apparecchi posti in derivazione. Naturalmente è necessario in questo caso che gli apparecchi stessi siano costruiti secondo lo schema degli apparecchi in derivazione (v. fig. 39) e le sonerie devono avere impedenza notevole.

La preferenza che generalmente si accorda alla messa in parallelo degli apparecchi sulle linee collettive della prima categoria è giustificata dal fatto che essi non turbano la simmetria elettromagnetica ed elettrostatica della linea (v. pag. 106) e perciò consentono una conversazione migliore.

Quando interessi di curare il segreto delle singole comunicazioni, nei sistemi semplici di cui parliamo, bi-

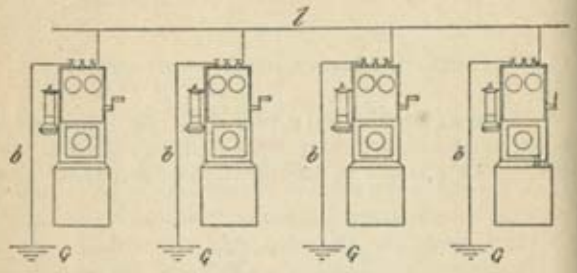


Fig. 127.

sogna munire gli apparecchi di dispositivi automatici che impediscano ad uno qualunque degli abbonati di ascoltare la conversazione in corso fra altri due. Se ne possono ideare di diversissimi tipi.

Uno che si ritiene pregevole è rappresentato nella fig. 128 ed è descritto dal Kempster Miller.

Un magnete a sospeso ad un sopporto a^1 è munito di un'armatura a^2 portata da una leva a^3. Pel loro peso leva ed armatura appoggiano costantemente sul fermo a^5. Quando l'armatura viene attratta la leva a^3 va a toccare il contatto a^6.

Accanto al magnete a è montato un magnete b affatto analogo, la cui armatura b^1 è fissata sul braccio corto b^2 di una leva a gomito b^4.

L'armatura è normalmente tenuta lontana dal nucleo del magnete b per mezzo della molla b^5 che appoggia contro la vite d'aggiustaggio b^6. Quando l'armatura b^1 è attratta dal suo magnete, il braccio lungo b^4 che normalmente è appoggiato al fermo b^7 viene spinto lateralmente in modo da impedire il sollevamento della leva a^3.

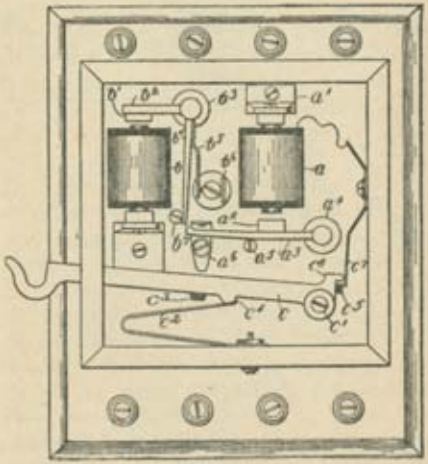


Fig. 128.

Il gancio è disposto in modo che la molla c^3 fa contatto colla leva nel punto c^4 (allorquando si toglie il telefono dal gancio) prima che la molla c^2 faccia contatto col punto c^5 del gancio. Per vedere come funzioni questo apparecchio, serviamoci della fig. 129 dove è rappresentata una linea collettiva con 3 apparecchi in derivazione, ed il jack a cui la linea fa capo all'uf-

ficio centrale. Nei 3 posti $E\,E^1\,E^2$ i diversi organi portano ognuno la stessa lettera con cui è distinto nella figura precedente. I circuiti sono quindi i seguenti: il gancio è permanentemente connesso colla terra mediante il filo *1*. Il filo *2* proveniente dalla linea *6* attraversa l'avvolgimento del magnete *b* e termina in c^2

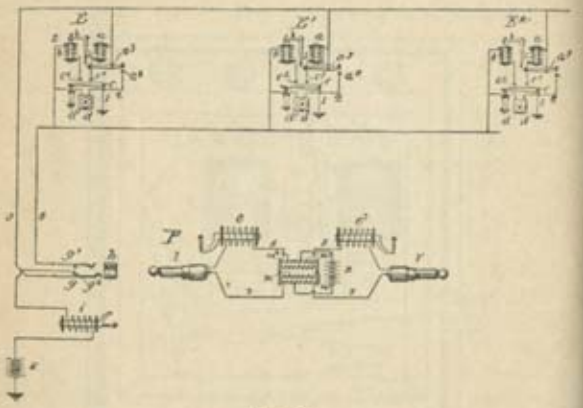


Fig. 129.

che come si è detto è il primo contatto fatto dal gancio quando si stacca il telefono. Il filo *3* staccandosi dal filo di linea *5* comprende l'avvolgimento del magnete *a* e termina al contatto c^3. Il filo *4* staccandosi dal filo *2* attraversa il ricevitore d^1 ed il trasmettitore *d* e termina al contatto a^4. Se per esempio l'abbonato *E* desidera la comunicazione con un altro abbonato, egli stacca il telefono dal gancio, questo alzandosi fa contatto con c^2 (senza che perciò il magnete *b* attiri la sua armatura non essendovi alcuna pila in circuito), ed immediatamente dopo con c^3. Appena questo secondo contatto si è verificato, dalla batteria *K* (posta all'ufficio centrale), attraverso l'avvisatore di chiamata *i*, il contatto g^2, la molla *g*, il filo *5*, il magnete *a*, il filo *3*, il contatto c^3 e la terra, circola una corrente.

Questa fa funzionare, oltre all'avvisatore di chiamata *i*, il magnete *a* cosicchè la leva a^3 viene a toccare il contatto a^4 completando il circuito fra i due fili di linea attraverso l'apparecchio telefonico dell'abbonato. Ma l'impiegato vedendo cadere il cartellino, infigge una spina nel jack; allora viene interrotta la comunicazione coll'avvisatore *i* e nello stesso tempo si chiude un circuito comprendente: la pila *n*, la bobina m^2, il filo *8*, l'annunciatore di fine conversazione *o*, il manicotto *l* della spina, la molla *g* del jack, il filo di linea *5*, la leva a^3, il contatto a^4, il filo *4*, il trasmettitore *d*, il ricevitore d^1, il filo di linea *6*, la molla g_1, la punta della spina *l*, il filo *7*, la bobina *m* e la batteria *n*.

Se, mentre l'abbonato *E* usa della linea, l'abbonato E^1 stacca il suo telefono dal gancio, questo fa contatto in c^2 e subito dopo in c^3; senonchè appena fatto contatto in c^2, il magnete *b* (della stazione E^1) attrae la sua armatura cosicchè la leva b^1 impedisce alla leva a^3 di venire a contatto con a^4, e quindi di inserire il telefono tra i fili di linea.

Il circuito non si rileva a prima vista dalla figura ma in sostanza esso è il seguente: filo di linea *6*, magnete *b* della stazione E^1, contatto c^2, gancio *c*, terra; da qui al gancio del posto *E*, al relativo contatto c^3, magnete *a*, filo *5*; di qui attraverso il jack e la spina ad un polo della pila *n* e dall'altro polo di questa di nuovo al filo *6*.

Se l'abbonato E^1 avesse staccato il suo telefono dopo l'abbonato *E* ma prima che l'impiegato infiggesse la spina nel jack, ancora il magnete *b* del posto E^1 avrebbe funzionato, soltanto che la corrente sarebbe stata fornita dalla pila *K* anzichè dalla pila *n*.

Quando gli abbonati appendono i loro telefoni, cadono i rispettivi cartellini di fine conversazione per mancanza di corrente; l'impiegato quando li ha visti cadere entrambi, toglie la comunicazione.

Con una aggiunta semplicissima si può ottenere la indicazione automatica della *linea occupata*.

Abbiamo visto infatti che se un abbonato stacca il proprio telefono dal gancio dopo che lo ha staccato un altro abbonato dello stesso gruppo, il magnete *b* attira

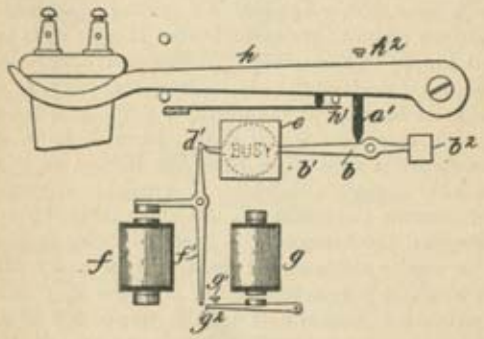


Fig. 130.

la propria armatura. Orbene se alla leva dell'armatura si aggiunge un'appendice terminata da un uncino *d'* (v. fig. 130) questo, quando l'armatura dell'elettromagnete, che in questa figura è indicato con *f*, è attratta lascia in libertà l'estremità di una leva che si alza, per effetto di un contrappeso, mostrando all'abbonato un cartellino colla parola *occupato* (Busy). Il sistema che abbiamo descritto è interessante perchè in esso, al dispositivo che permette il segreto delle comunicazioni, vanno unite la chiamata automatica e la batteria centrale.

46. — Linee collettive della seconda categoria.

Passando alla seconda categoria, un primo gruppo di sistemi sarebbe quello denominato « step-by-step » che comprende quegli apparecchi che permettono all'impiegato del centrale di scegliere da sè il posto d'abbonato voluto e di chiamarlo indipendentemente da tutti gli altri abbonati.

Questi sistemi hanno però un interesse quasi esclusivamente storico e non crediamo che la descrizione dettagliata di essi possa entrare nel presente manuale.

Il secondo gruppo di sistemi è quello dei segnali cosidetti *di intensità e polarità* la cui origine risale agli studi sui sistemi telegrafici multipli.

Il primo di essi in ordine cronologico, dovuto ad Anders (1879) era basato sull'uso di sonerie polarizzate in modo diverso, cosicchè una soneria veniva azionata da una corrente e non da quella in senso contrario.

In tal modo una linea collettiva non poteva contenere che due posti d'abbonato.

Vi è però un sistema che ha avuto un buon successo in pratica e che può ascriversi a questo gruppo, ed è dovuto a Sabin-Hampton.

Il concetto fondamentale su cui esso è basato è che con una linea a 2 fili si possono formare 3 circuiti, e precisamente uno costituito dai 2 fili, l'altro costituito da uno dei fili e dalla terra ed il terzo costituito dall'altro filo e dalla terra.

La fig. 131 rappresenta due linee collettive con tre poste d'abbonato ciascuna, che sono connesse mediante due jack, due spine ed un cordone comprendente gli apparecchi di un posto d'operatore all'ufficio centrale.

Un dettaglio rappresenta in modo più completo il circuito del posto d'abbonato *A*. In esso sono disegnati

il ricevitore r ed il trasmettitore t colla pila e la bobina di induzione, che nel diagramma sono complessivamente indicati con un circoletto.

La soneria b dell'abbonato A è inserita insieme ad un condensatore, tra i due fili di linea. La soneria dell'abbonato B, è inserita, attraverso al gancio, fra il filo di linea a' e la terra, e quella dell'abbonato C è inserita, attraverso al gancio, fra il filo di linea a e la terra.

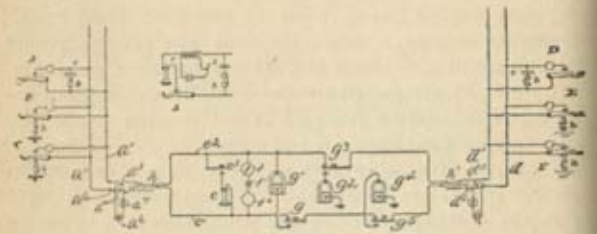


Fig. 131.

Le sonerie dei posti D E F sono connesse in modo analogo rispetto ai fili d, d'.

a^2 a^3 sono le molle del jack a cui fa capo la linea $a\,a^1$.

Queste molle, quando nel jack non è infissa alcuna spina si appoggiano sopra contatti fra i quali è inserita una spina $a\,b$ ed un avvisatore di chiamata a^7. Se per es. l'abbonato A vuol conversare coll'abbonato D, toglie il telefono dal gancio; allora entra in funzione l'avvisatore di chiamata a^7; l'impiegato infigge la spina h nel jack ed esclude così dal circuito la pila a^6 e l'avvisatore a^7, indi premendo la chiave e^3 inserisce il proprio telefono e sente qual'è il numero dell'abbonato D richiesto. Allora, inserita la spina h' nel jack della linea $d\,d'$, preme la chiave g lanciando così in circuito la

corrente prodotta dal generatore g' la quale aziona la soneria b; l'abbonato D toglie il telefono dal gancio e la conversazione incomincia.

Se invece dell'abbonato D l'abbonato A avesse chiesto di conversare coll'abbonato F l'impiegato avrebbe premuto la chiave g_3 lanciando attraverso la terra ed il filo di linea d la corrente generata dal generatore g_4 che aziona la soneria del posto F. Il condensatore c serve ad impedire che la corrente della pila a^6 azioni la soneria b nel momento in cui A stacca il telefono dal gancio.

Il terzo gruppo comprende i sistemi detti *armonici*, basati sull'uso di correnti di frequenza diversa ciascuna delle quali può agire soltanto sopra un apparecchio, e non sugli altri, essendo questo munito di un organo che entra in vibrazione sotto l'azione di quella corrente in conseguenza del periodo proprio di vibrazione di cui è dotato.

Questi sistemi diedero risultati di scarso valore pratico e ci asteniamo perciò dal discorrerne in dettaglio.

CAPITOLO VI.

Il quadro di smistamento

47. — Generalità.

Abbiamo già detto (V. paragrafo 27, parte III) quale sia il compito di questo organo importante dell'ufficio centrale di commutazione: il collegamento delle *linee interne* all'ufficio, che sono fisse, permanenti e ciascuna delle quali, come il jack e il *numero*, è patrimonio, a così dire, dell'abbonato fintantochè egli fa uso del telefono, e le *linee esterne* le quali al contrario non appartengono ad un abbonato se non pel tempo in cui mantiene invariata la sua ubicazione.

Vediamo ora brevemente come si realizzi praticamente un permutatore e cominciamo precisamente dal sistema Hibbard che è molto diffuso.

48. — Permutatore Hibbard.

Il permutatore Hibbard è costruito interamente con tubi di ferro disposti in tre direzioni ortogonali fra loro. I tubi così disposti dividono lo spazio occupato dal quadro in tanti parallelepipedi adiacenti di cui essi sono gli spigoli servendo così di guida e di appoggio

ai fili volanti con cui si effettuano le connessioni (figure 132 e 133). Le faccie esterne libere del quadro portano l'una i morsetti delle linee esterne, l'altra quelli delle linee interne; il percorso di tutti i fili di

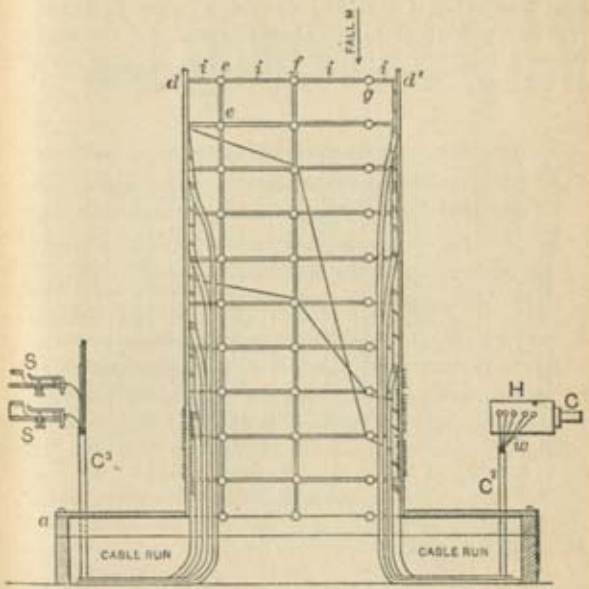


Fig. 132.

connessione è analogo a quello rappresentato pel filo z nella fig. 133; essi cioè seguono le tre direzioni ortogonali tracciate dall'ossatura stessa del quadro.

Con questo sistema non è detto che sia evitato qualunque aggrovigliamento di fili, ma certo nella peg-

giore ipotesi esso è limitato a un piccolo spazio, cioè all'ampiezza di un corridoio, e può con un po' di cura essere ridotto ad un minimo che non sia dannoso. Nella fig. 132 si vedono oltre ai piedritti che sostengono l'intera struttura, i tubi longitudinali *e*, *f*, *g*, i tubi trasversali *i*, e — alle estremità di questi ultimi — le liste verticali di materiale isolante *d* e *d'* a cui sono fissati i morsetti ai quali fanno capo le linee interne ed esterne.

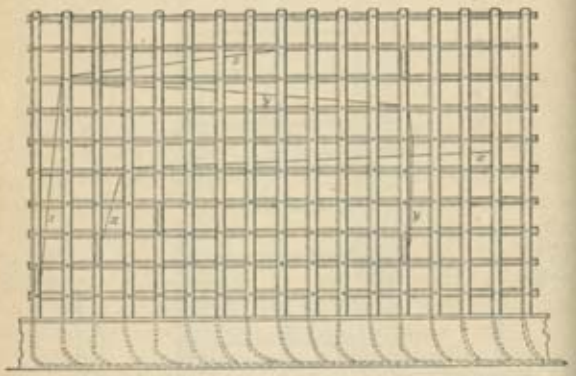


Fig. 133.

Supponendo che le linee esterne arrivino in forma di cavi e che sia *C* (fig. 132) uno di questi, i suoi fili *w* vengono fatti passare in un cavo C_1 il quale passa nel corridoio sottostante al quadro (*cable run*) e percorre un certo cammino orizzontalmente, sinchè giunge all'asta verticale *d'* opportuna. Qui il cavo C_1 sale e di mano in mano vengono da esso fatti uscire i fili nel modo indicato dalla fig. 134 e vengono fissati ai diversi

morsetti. La fig. 135 dà un dettaglio assai chiaro di queste connessioni: *i* è un tubo trasversale; *d* è una delle aste verticali di materiale isolante; *p* e *p'* sono i mor-

Fig. 134.

setti (che non sono veri morsetti ma pezzi di collegamento) muniti di orecchie *u* a cui vengono saldati i fili uscenti dal cavo; *t* e *t'* sono due fili volanti essi pure saldati alle orecchie *u*.

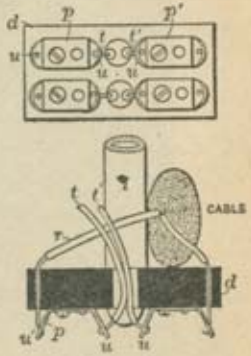


Fig. 135.

In modo analogo un gruppo di fili proveniente dai jack viene immesso in un cavo C_2 che scende sotto al quadro, percorre un cammino orizzontale e sale lungo un'asta *d* dove i fili vengono fatti uscire dal cavo e saldati ad altrettanti morsetti nel modo già descritto.

Il quadro Hibbard è assai usato negli uffici centrali della compagnia americana Bell; ma molti altri tipi sono non meno diffusi ed ognuno può idearne di sufficientemente buoni essendo unico il loro concetto fondamentale. A dare un'idea dell'aspetto complessivo di questi quadri possono servire le fig. 136 e 137 che rappresentano, la prima, le corsie orizzontali del quadro di smistamento

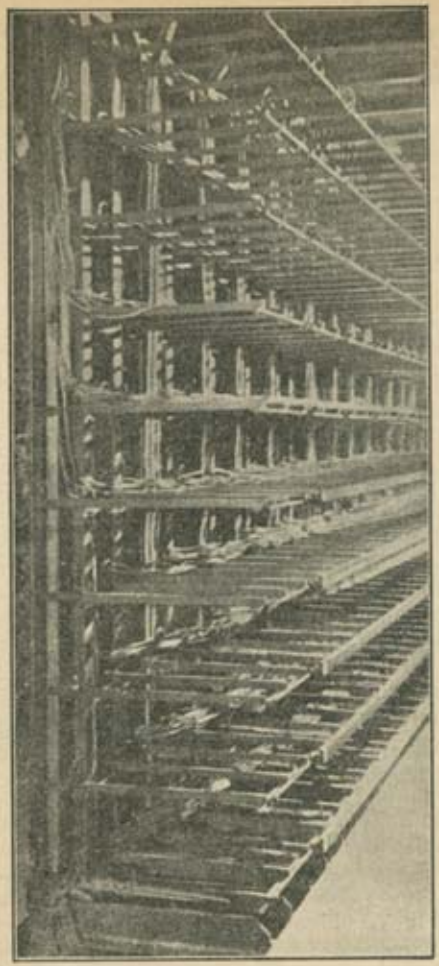


Fig. 136.

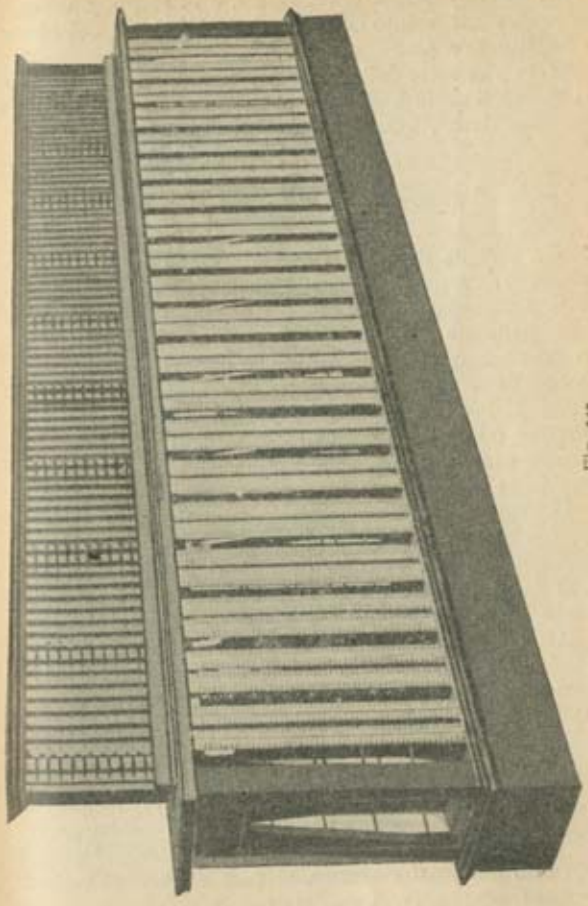


Fig. 137.

dell'ufficio centrale di St. Louis, e la seconda, un quadro di smistamento costrutto dalla Western Telephone Construction Co.

Generalmente dalla parte del quadro dove si trovano i morsetti delle linee interne, sono pure disposti degli scaricafulmini, uno per ciascuna linea.

49. — Permutatore dell'impianto di Brescia.

Un sistema di quadro di smistamento che si scosta alquanto da quelli in uso, è quello recentemente adottato a Brescia e ideato dall'Autore. Esso può servire egregiamente per impianti di proporzioni modeste, ed opportunamente modificato nelle dimensioni, si presterebbe forse ugualmente bene per installazioni importanti. Il suo pregio sta nel sopprimere affatto ogni confusione od aggrovigliamento di circuiti volanti perchè questi sono *singolarmente guidati* nel loro percorso secondo la direzione di tre assi coordinati.

Si divida il numero totale degli abbonati in gruppi di 100 o 200 ciascuno. Si dispongano, in piani verticali paralleli distanti 25 o 30 centimetri fra loro, tanti tavoli quadrati costruiti in ardesia od altra sostanza isolante ed incombustibile quanti sono i gruppi.

Ai lati verticali di questi tavoli si portino le linee esterne; agli orizzontali le interne; ogni tavolo sia forato ed i fori (in numero eguale al quadrato degli abbonati di un gruppo) siano disposti in file regolari secondo i morsetti.

Le faccie omologhe di tutti i tavoli, per esempio le anteriori, siano destinate ai fili orizzontali, le altre ai verticali. È facile comprendere come si debba procedere per eseguire i collegamenti. Se, essendo i gruppi di cento abbonati ciascuno, si vuol connettere per es. la linea esterna N. 3 coll'interna N. 490 basterà, con

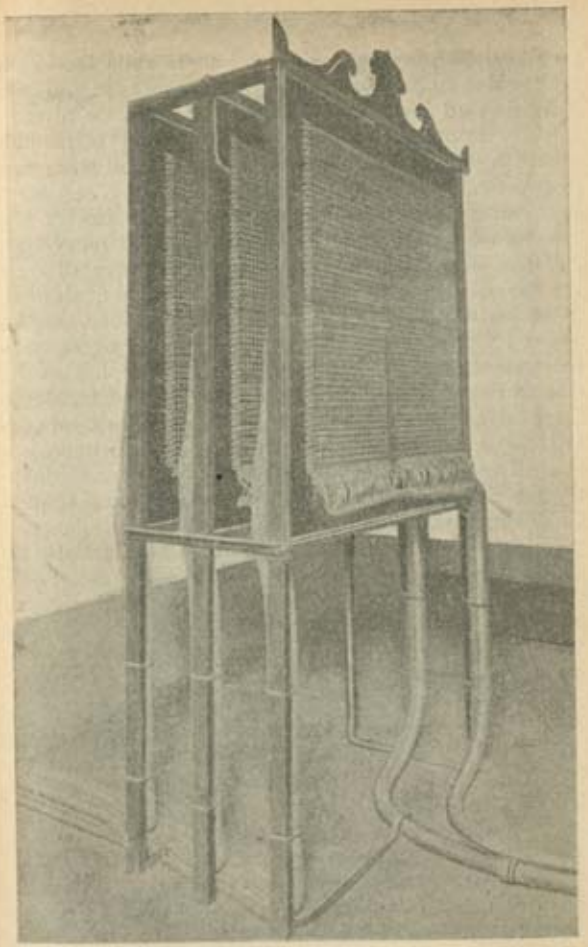


Fig. 138.

un filo doppio, correre orizzontalmente sulla faccia anteriore del tavolo N. 1 a partire dal morsetto verticale N. 3 fino ad incontrare il foro corrispondente al morsetto orizzontale N. 90. Qui piegare di 90° orizzontalmente e passare i fori prospicienti dei tavoli N. 2, 3, 4 per portarsi sulla faccia posteriore del tavolo N. 4 e scendere verticalmente fino al morsetto 90. Il caso più sfavorevole è quello in cui i morsetti verticali m, $N+m$, $2N+m$ ecc. (essendo N il numero di linee di ogni gruppo) devono essere connessi in un ordine qualunque ai morsetti orizzontali p, $N+p$, $2N+p$ ecc. perchè allora i fori da percorrere possono essere occupati al massimo da tanti circuiti quanti sono i gruppi. Ma tolto questo che è certamente un caso eccezionale, simile dispositivo permette non solo di sopprimere ogni confusione; ma generalmente parlando di sopprimere anche gli incroci ed i contatti di circuiti diversi, quantunque essi debbono ritenersi ben poco dannosi usando sui fili un conveniente tipo di rivestimento isolante.

La fig. 138 dà l'idea del quadro di smistamento installato a Brescia.

CAPITOLO VII.

Sistemi automatici

50. — Generalità.

Le spese d'esercizio della commutazione telefonica, specialmente nei paesi a salari alti; gli inconvenienti — o per meglio dire le noie che accompagnano quasi dovunque la commutazione fatta per mezzo di impiegate — noie che consistono, per non parlare degli errori di comunicazione, essenzialmente in inutili conversazioni colle commutatoriste; e infine un po' anche la spiccata simpatia per l'automatismo propria degli americani del nord, spinsero gli inventori degli Stati Uniti a ricercare un sistema che permettesse la completa soppressione, se non dell'ufficio centrale, almeno del personale addetto all'ufficio centrale.

In realtà gli americani incominciarono a studiare i sistemi detti automatici, fino da molti anni fa, cioè prima che lo sviluppo dell'industria telefonica mettesse in evidenza, intensificandoli ad onta dei progressi, gli inconvenienti accennati, e ciò perchè i sistemi automatici erano destinati nell'intenzione degli inventori, ad assicurare in prima linea la segretezza della comunicazione oltre a una maggior rapidità e comodità per l'abbonato richiedente.

Il primo brevetto per un sistema di commutazione automatica, infatti, fu preso nel 1879 da un inventore di Washington. A questo primo brevetto molti ne succedettero, alcuni dei quali affatto inattuabili in pratica. Non entra nei limiti del presente lavoro il passare in rassegna tali brevetti; ma prima di descrivere i sistemi attualmente costrutti e funzionanti diremo che un sistema automatico consiste in generale:

1° — di poste d'abbonato costituite da trasmettitore e ricevitore comuni a cui è aggiunto l'apparecchio speciale di chiamata, dispositivo che permette all'abbonato di lanciare attraverso ai fili di linea (che sono sempre più d' uno) delle correnti destinate ad azionare dei relais all'ufficio centrale e a mettere così direttamente in comunicazione l'apparecchio dell'abbonato richiedente coll'apparecchio dell'abbonato richiesto;

2° — di un ufficio centrale di commutazione, alla cui sorveglianza e manutenzione basta un solo impiegato (un meccanico elettricista) comprendente tanti *selettori* meccanici quanti sono gli abbonati, i quali selettori, comandati da opportuni relais, provvedono ad effettuare il contatto che mette in comunicazione l'abbonato richiedente coll'abbonato richiesto.

51. — Sistema Strowger.

Il sistema attualmente in uso in alcune città degli Stati Uniti e anche in un quartiere di Berlino, è l'ultimo perfezionamento del sistema *Strowger* il cui primo brevetto risale esso pure a parecchi anni addietro.

Per farsi un'idea del sistema, è necessario studiarlo dapprima quale esso si presenta nell'ipotesi che vi siano solo 100 abbonati. Questo perchè la selezione

automatica del numero dell'abbonato richiesto è basata su *due* movimenti (traslazione e rotazione) di un piccolo albero, e non può dare che due cifre, cosicchè per

Fig. 139.

un numero maggiore di utenti il problema viene risolto mediante l'impiego di linee ausiliarie.

Posto d'abbonato. — Il posto d'abbonato (v. fig. 139)

è caratterizzato dall'apparecchio di chiamata il cui organo esterno visibile nella figura è il cosidetto quadrante o disco dei numeri; esso consiste di un disco metallico di circa 85 ÷ 90 mm. di diametro, sul quale sono segnate, a destra, le cifre da 1 a 9 e lo zero. Accanto alle cifre sono disposti altrettanti fori di forma e dimensioni opportune. Quando l'abbonato vuol chiamare p. es. il N. 53, dopo aver staccato il telefono dal gancio egli introduce un dito nel foro corrispondente alla cifra 5 e fa ruotare il disco intorno al suo centro nel senso delle lancette dell'orologio finchè il dito viene a contatto di un arresto posto presso la parte inferiore del disco e che si vede benissimo nella figura.

Ciò fatto l'abbonato abbandona il disco e questo ritorna alla posizione iniziale. Allora l'abbonato ripete l'operazione introducendo il dito nel foro corrispondente alla cifra 3 e viene a trovarsi senz'altro in comunicazione coll'apparecchio dell'abbonato N. 53. Quest'ultimo viene avvisato mediante soneria dell'effettuata connessione, premendo il bottone posto sotto il quadrante.

A conversazione finita l'abbonato riappende il telefono al gancio e la comunicazione è tolta automaticamente.

L'apparecchio è munito di un ricevitore Bell, di un microfono simile al Solid-Back, di un'ordinaria soneria polarizzata, di un'ordinaria bobina d'induzione e di pila a secco per il microfono perchè la batteria centrale che è installata, come vedremo, all'ufficio, è destinata soltanto a fornire corrente per la commutazione automatica e per la soneria di chiamata.

Ufficio di Commutazione. — All'ufficio centrale è disposto, per ogni abbonato, un apparecchio che consta essenzialmente di due parti:

1° un meccanismo selettore il cui organo principale è un albero disposto verticalmente e al quale si

possono imprimere due movimenti: una traslazione longitudinale, e una rotazione; l'albero porta tre bracci destinati ad effettuare le connessioni.

2° tre serie sovrapposte di piastre isolanti quasi semicircolari, col centro sull'asse dell'albero, alle quali sono fissati i contatti.

Le fig. 140 e 141 rappresentano l'apparecchio completo. Esso misura all'incirca 32 a 33 cm. di altezza e 10 cm. circa negli altri due sensi.

La fig. 142 rappresenta una delle tre serie di contatti e la fig. 143 rappresenta una piastra staccata; da essa si vede che i contatti sono in numero di 10 per ogni fila. Su questa divisione decimale è basato il funzionamento del selettore.

Ogni contatto delle due serie inferiori è formato da due laminette che sostituiscono le molle dei jack nei sistemi a tavolo inglese, e, come i jack sono multiplati sui tavoli di un ufficio, così tutti i contatti di un dato abbonato che si trovano sui vari selettori sono connessi in multiplo fra loro. Ogni contatto della serie superiore è formato invece da una sola laminetta; un filo connette tutte le laminette che portano lo stesso numero sui diversi selettori.

Uno schema di questi contatti è chiaramente rappresentato nella fig. 144. Le due serie inferiori di contatti sono quelle che servono alle comunicazioni fra gli abbonati; una contiene i contatti delle decine pari, l'altra quelli delle decine dispari. La terza serie, superiore, contiene cento contatti, che servono come si vedrà, ad impedire la connessione con un abbonato già occupato.

Funzionamento del sistema. — Se il numero richiesto è p. es. il 76 il primo movimento del quadrante dell'abbonato richiedente, lanciando la corrente in uno dei fili di linea, provoca un movimento longitudinale dell'albero, che porta uno dei bracci di contatto spor-

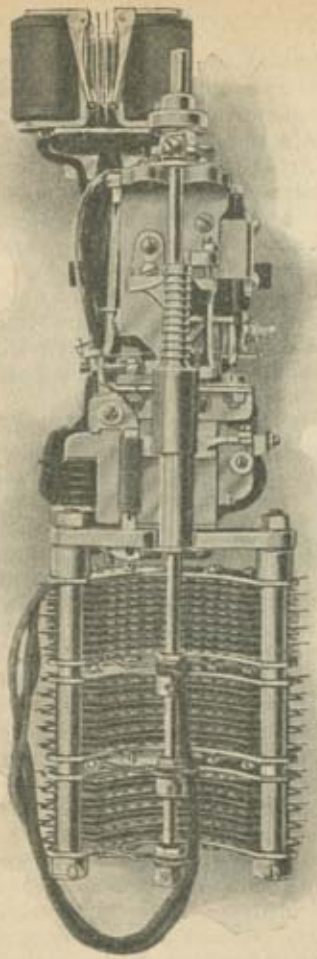


Fig. 140.

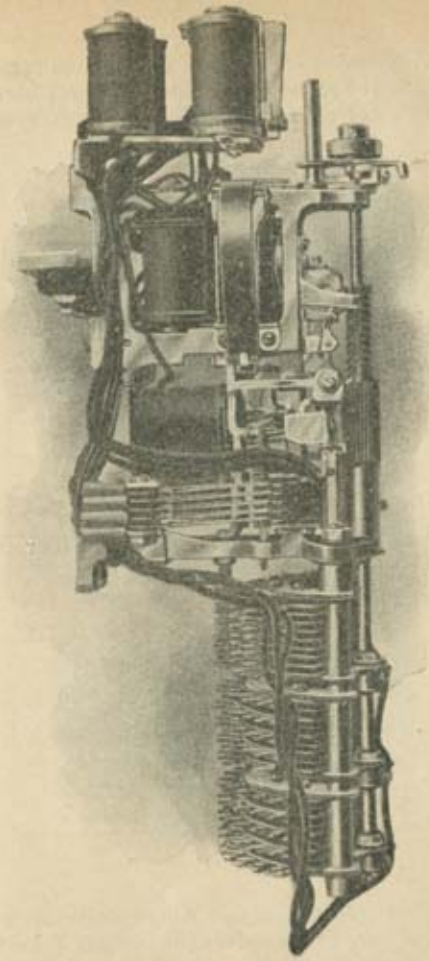


Fig. 141.

gente orizzontalmente da esso, davanti alla settima fila di contatti. Il secondo movimento del quadrante lanciando una corrente nell'altro filo di linea, provoca la

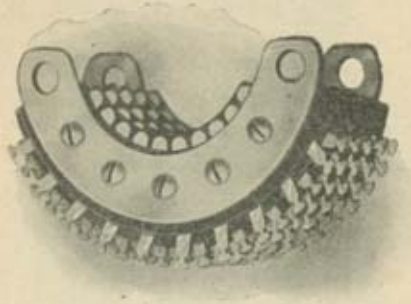


Fig. 142.

rotazione dell'albero in modo da portare il braccio sul sesto contatto della fila.

Fig. 143.

Più in dettaglio il processo della commutazione automatica, si può comprendere colla scorta della figura 145. La batteria *B*, comune a tutti gli apparecchi, for-

nisce le correnti pel funzionamento dei relais, ed ha il polo negativo a terra. L'albero verticale di un selettore (rappresentato in dettaglio della figura 146) è

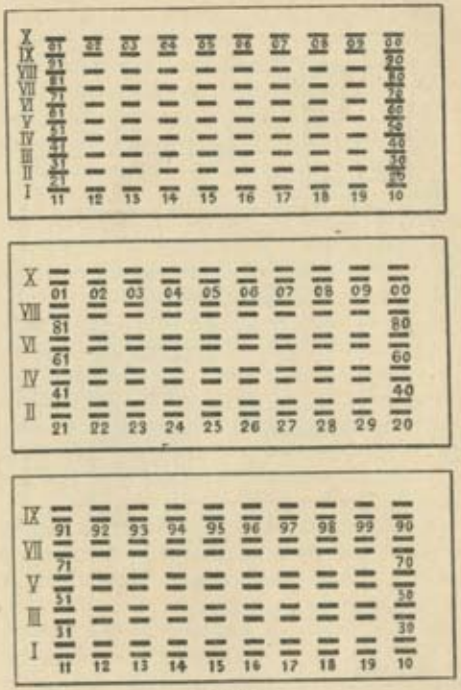


Fig. 144.

munito superiormente di 10 denti anulari sotto ai quali si trova un cilindro dentato, una specie di pignone allungato. Inferiormente vi sono i tre bracci di contatto.

La distanza dei due bracci inferiori è tale che quando uno di essi si trova davanti a una fila di contatti l'al-

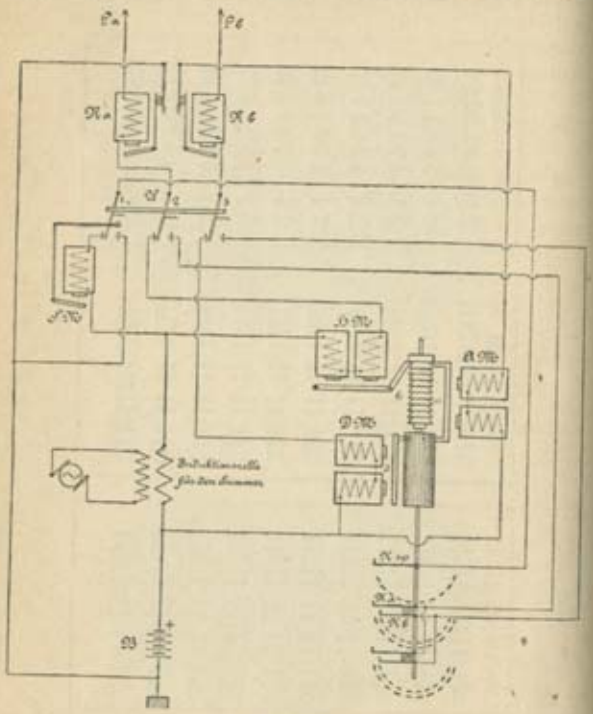


Fig. 145.

tro si trova dinanzi all'intervallo fra due file di contatti. Allorchè, staccato il telefono dal gancio, l'abbonato richiedente fa girare il disco, ogni volta che

questo ruota di uno spazio corrispondente a una cifra, viene messo a terra — al posto dell'abbonato — il filo di linea L_a. Allora si chiude un circuito comprendente la batteria B e il relais $H\,M$ (fig. 145), il quale attraendo la propria armatura — che agisce su un dente anulare — alza di uno spazio corrispondente alla distanza fra due file consecutive di contatti nella serie superiore (cioè alla metà di tale distanza nelle due serie inferiori di contatti) l'albero del selettore. Si ottengono così tanti movimenti di traslazione quanti sono espressi dalla cifra in cui l'abbonato richiedente ha posto il dito per far girare il quadrante, e quindi uno dei bracci inferiori di contatto si è portato all'altezza di una delle file di contatti; si è scelta così la *decina* del numero richiesto.

L'abbonato richiedente abbandona il quadrante, che torna alla posizione di riposo, e tosto lo riprende per farlo ruotare introducendo il dito nella cifra delle unità; allora vien messo a terra, tante volte quante ne esprime la cifra adoperata, il filo di linea L_b. Si chiude quindi un circuito comprendente la batteria B e il relais $D\,M$ il quale ad ogni impulso fa ruotare mediante la propria armatura e il pignone verticale, l'albero del selettore, e precisamente lo fa ruotare di uno spazio corrispondente all'intervallo orizzontale fra due contatti.

Dopo di ciò un meccanismo automatico non rappresentato nella figura, sposta verso destra il commutatore U e le linee $L_a\,L_b$ vengono connesse attraverso ai tasti *2* e *3* coi contatti del selettore e quindi colla linea dell'abbonato richiesto.

Quando, a conversazione finita, l'abbonato riappende il telefono al gancio, i fili $L_a\,L_b$ di linea vengono messi a terra entrambe; allora i relais $R_a\,R_b$ di cui fino ad ora non ci eravamo occupati, funzionando *contemporaneamente* chiudono un circuito locale comprendente il relais $A\,M$ il quale attraendo la propria armatura

lascia libero l'albero del selettore di ritornare alla posizione di riposo sotto l'azione simultanea del proprio peso e di una molla a spirale piana che si trova alla parte superiore dell' albero (v. fig. 146).

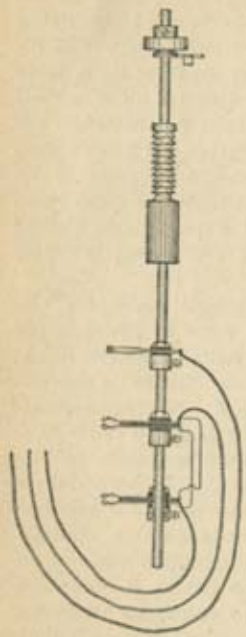


Fig. 146.

Un particolare importante è il modo con cui è evitata la connessione con una linea già occupata.

Abbiamo detto che il commutatore *U* si porta automaticamente a destra, ma ciò avviene soltanto se il relais *SM* non è eccitato; se il suo avvolgimento è percorso da corrente, l'armatura trattiene il commutatore nella posizione di riposo e la comunicazione non può aver luogo. Quando una linea è occupata vuol dire che al selettore (che chiameremo *A*), mediante il quale la connessione è fatta, il braccio superiore dell'albero si trova sul contatto che porta il numero della linea occupata. Ora da questo contatto parte un conduttore che attraversa i contatti aventi lo stesso numero in tutti i selettori e quindi anche in quello (che chiameremo *B*) corrispondente all'abbonato richiedente. In corrispondenza del selettore *A* la comunicazione essendo effettuata, il commutatore *U* è sul tasto di destra e quindi il braccio superiore dell'albero è connesso al polo negativo della batteria; in corrispondenza

al selettore *B* invece, il commutatore *U* è sul tasto di sinistra quindi il braccio superiore dell'albero è connesso al polo positivo della batteria; si chiude quindi attraverso alla batteria da una parte, e al conduttore che unisce i due selettori dall'altra, un circuito che comprende il relais *SM*, il quale viene perciò eccitato. Un segnale acustico avverte l'abbonato che la connessione non ha avuto luogo.

Sistemi con più di 100 abbonati. — Il sistema si può applicare ad un numero maggiore di 100 e più precisamente a 1000 — 10000 e 100000 abbonati. La connessione però non si effettua più direttamente bensì per 1000 abbonati mediante 2 selettori, per 10000 con 3 e per 100000 con 4; e i diversi gruppi di selettori sono connessi fra loro mediante linee ausiliarie. Consideriamo per esempio il caso di 1000 abbonati. Vi saranno anzitutto 1000 selettori; ciascuno di questi porta 10 file di contatti; ciascuna fila comprende 10 contatti ed è connessa mediante altrettante linee ausiliarie ad un gruppo di 10 selettori. Vi sono quindi in tutto 100 altri selettori che permettono 100 conversazioni contemporanee ossia una per ogni 10 abbonati. Se l'abbonato richiesto porta il N. 765, la prima rotazione del quadrante al posto dell'abbonato richiedente fa inalzare fino alla settima fila l'albero del selettore. Questo albero poi ruota automaticamente e sceglie da sè una linea libera fra le 10 della settima fila mettendo così il 1° selettore in comunicazione con uno dei 100 selettori che servono al settimo centinaio di abbonati; la seconda rotazione del quadrante fa alzare fino alla sesta fila l'albero del 2° selettore; la terza rotazione del quadrante fa ruotare l' albero del selettore di 5 posti; ossia in questo 2° selettore le cose procedono come nel sistema di 100 abbonati.

Se gli abbonati sono 10000 abbiamo 10000 selettori direttamente connessi cogli abbonati. Uno di questi

selettori, colla traslazione dell'albero provocata dall'abbonato richiedente, e colla rotazione automatica mette l'abbonato in comunicazione con uno dei selettori secondari; la traslazione dell'albero e la rotazione automatica che sussegue, danno la comunicazione con un selettore di terzo ordine, il quale funzionando come un selettore del sistema di 100 abbonati dà la comunicazione definitiva col numero richiesto.

Tanto i selettori secondari quanto quelli di terzo ordine sono provvisti in numero di 1000 ÷ 1500 a seconda del numero massimo di comunicazioni che si ritiene possano venir richieste contemporaneamente.

Nell'ufficio centrale i selettori vengono disposti su incastellature di legno in file orizzontali di 25 selettori, come mostra la figura 147. E qui pare che stia un punto debole del sistema: il Kempster Miller dice infatti che a meno di mettere tutto quanto l'ufficio centrale sotto una custodia di vetro, tutti quei contatti sembrano fatti apposta per permettere il libero depositarsi della polvere e dell'umidità, e per ossidarsi!

Fra gli impianti eseguiti col sistema Strowger dalla Automatic Electric Co. di Chicago è notevole quello di New Bedford nel Massachusset. Esso è disposto per servire fino a 10000 abbonati e il suo ufficio centrale (che non abbisogna di alcun ingrandimento perchè i contatti sono montati tutti fin d'ora, le connessioni sono fatte e non resta che installare per ogni nuovo abbonato i relais e la parte meccanica del selettore) è rappresentato dalla fig. 148. Un altro impianto abbastanza importante è quello eseguito a Berlino per conto del ministero delle poste germanico; l'ufficio, che serve per 10000 abbonati, è rappresentato nella fig. 149.

Il sistema si presta anche al servizio interurbano. Le comunicazioni, per lo più, avvengono fra una rete a commutazione automatica e una rete a commutazione

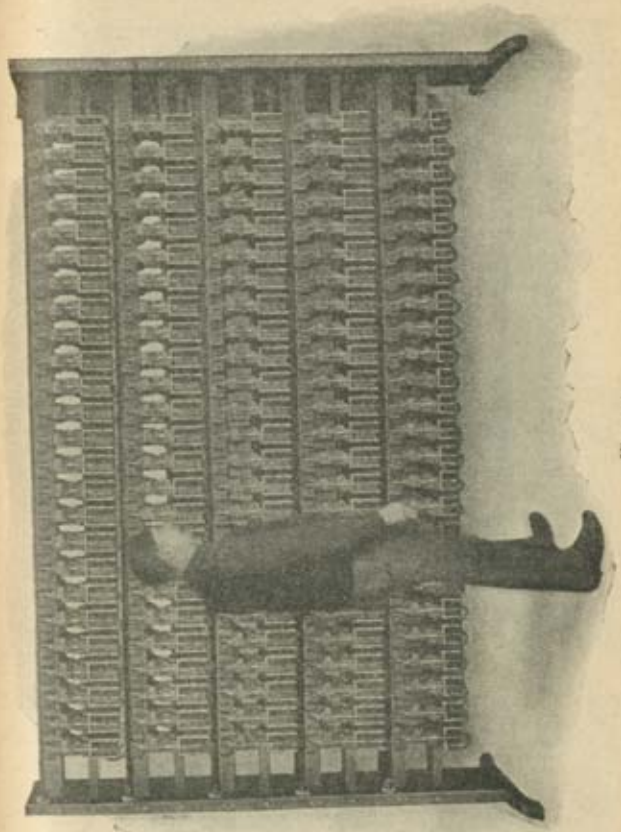


Fig. 147.

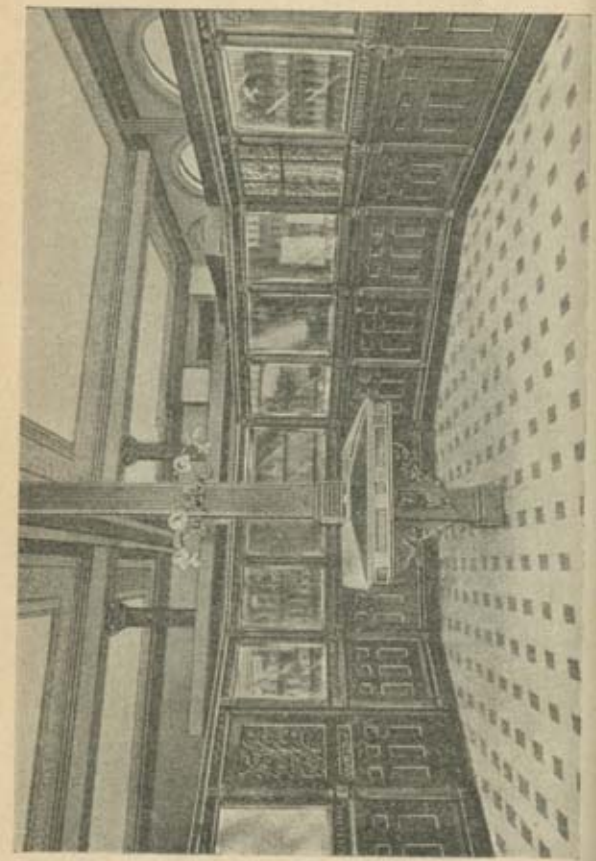


Fig. 148.

manuale. Bisogna allora stabilire nella città servita dal sistema automatico un ufficio o un tavolo di comuni-

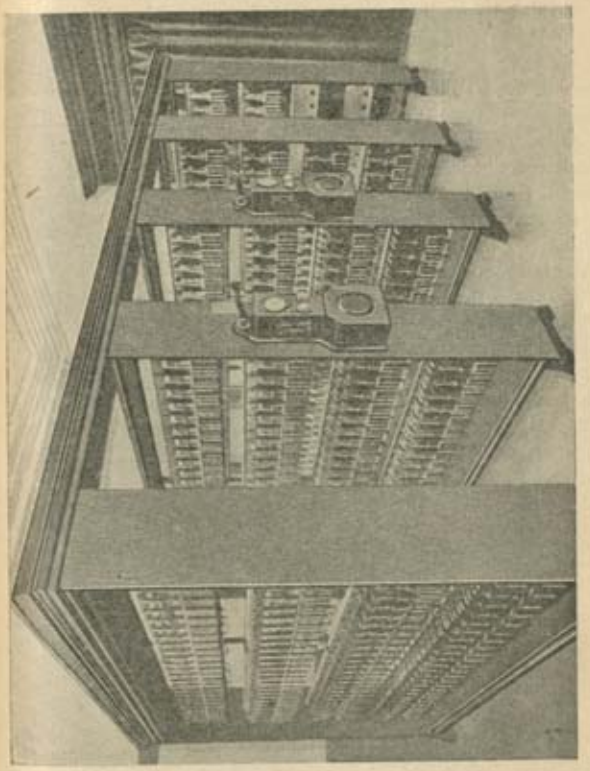


Fig. 149.

cazioni interurbane con un impiegato al cui apparecchio si attribuisce un numero della rete automatica.

Quando un abbonato di un'altra rete vuol comunicare con un abbonato della rete automatica, ne fa richiesta a quell'impiegato il quale, colla manovra più volte descritta del quadrante, si mette in comunicazione coll'abbonato richiesto e mediante un cordone, una spina e un jack effettua la connessione coll'abbonato richiedente. Se al contrario è un abbonato della rete automatica che vuol conversare con un abbonato di un'altra rete, si mette automaticamente in comunicazione coll'apparecchio (di cui è indispensabile conosca il numero) dell'impiegato per le comunicazioni interurbane, e indica all'impiegato la città, o la rete, ed il numero voluti — dopo di che la connessione viene effettuata mediante cordone.

Quando però due o più reti vicine sono a sistema automatico e per le comunicazioni interurbane non sia fissata una tassa speciale, la connessione si può fare automaticamente. Basta dare agli abbonati p. es. della rete *A* i numeri da 1 a 1000; a quelli della rete *B* i numeri da 1001 a 2000; alla rete *C* i numeri da 2001 a 3000, ecc. e allora tutte le chiamate sono automatiche.

APPENDICI

APPENDICE I

La trasmissione telefonica può essere sottoposta a trattazione matematica e lo fu da diversi autori in modi diversi.

In generale un circuito elettrico qualsivoglia è caratterizzato da quattro grandezze: la resistenza ohmica, l'induttanza, la capacità, l'isolamento. Ora mentre in altri rami dell'elettrotecnica ha maggior importanza l'una o l'altra di queste grandezze e qualcuna di esse può venir del tutto trascurata, nella telefonia devono ritenersi ugualmente importanti a motivo sopratutto della piccolezza delle f. e. m. impresse, quantunque in alcuni tipi di circuiti o l'una o l'altra sia preponderante.

È naturale quindi che se nelle equazioni fondamentali che costituiscono le premesse logiche del problema della trasmissione, non si tien conto di una o più delle grandezze accennate, il risultato a cui si giunge col calcolo non possa rispondere alla realtà se non nel caso in cui le grandezze omesse siano effettivamente trascurabili; e secondochè si sarà tenuto conto di certe grandezze piuttosto che di certe altre, la conclusione sarà diversa.

Non può quindi essere ritenuto superfluo di esaminare brevemente le trattazioni parziali anche perchè diversi autori se ne sono occupati, e sono importanti

i confronti che si possono istituire fra le diverse soluzioni, nonchè per mostrare a quali divergenze di veduta sintetica possono condurre le divergenze apparentemente lievi nell'analisi del fenomeno.

1° *Caso.* — Consideriamo, col Wietlisbach, un circuito costituito da due ricevitori telefonici e dalla linea e chiamiamo R la resistenza totale del circuito ed L la sua induttanza.

Indichiamo inoltre con p il valore del potenziale elettromagnetico nel telefono trasmettitore. Le variazioni di p rispetto al tempo inducono nel circuito degli apparecchi la forza elettromotrice $\frac{dp}{dt}$ il cui effetto è la corrente i che percorre il circuito.

La legge fondamentale di Neumann permette di scrivere la equazione

$$\frac{dp}{dt} = i\,R + L\,\frac{di}{dt} \qquad (1)$$

Supponiamo ora che le vibrazioni della membrana e perciò le variazioni del potenziale elettromagnetico avvengano secondo una funzione sinusoidale semplice del tempo, e scriviamo:

$$p = A\,P\,cos\,\omega t$$

nella quale A è l'ampiezza della vibrazione della membrana ed $\omega = 2\pi f$ è la *pulsazione* della funzione considerata, essendo f la sua frequenza cioè il numero dei periodi al minuto secondo o l'altezza del suono trasmesso. Sarà, a parte il segno:

$$\frac{dp}{dt} = A\,P\,\omega\,sen\,\omega t$$

e la (1) si potrà scrivere:

$$A\,P\,\omega\,sen\,\omega t = i\,R + L\,\frac{di}{dt}$$

o meglio:

$$\frac{di}{dt} + \frac{R}{L}\,i - \frac{A\,P\,\omega}{L}\,sen\,\omega t = o$$

la quale integrata permette di scrivere:

$$i = \frac{AP}{\sqrt{L^2 + \left(\frac{R}{\omega}\right)^2}}\,sen\left\{\omega t - arc\,tg\,\frac{\omega L}{R}\right\}$$

Il valore massimo di questa corrente $\frac{AP}{\sqrt{L^2 + \left(\frac{R}{\omega}\right)^2}}$ è funzione di ω ossia del tono trasmesso. Dunque a parità di circostanze cioè a parità di ampiezza A dell'oscillazione e di potenziale P i diversi toni producono correnti diversamente intense e quindi sono trasmessi non ugualmente bene. Poichè sono indeboliti molto più i suoni gravi per cui f è piccolo che non gli acuti per cui f è grande, la trasmissione dei suoni composti conduce inevitabilmente ad alterarne il timbro.

Un tale diverso comportamento della trasmissione telefonica semplice (cioè fatta mediante telefoni) rispetto ai diversi toni, è tanto meno spiccato quanto più piccola è la resistenza R del circuito in confronto della sua induttanza L. Dunque per diminuire l'alterazione dei suoni composti converrebbe aumentare l'induttanza del circuito in confronto della sua resistenza.

2° *Caso.* — Consideriamo ora un circuito telefonico completo cioè costituito da due telefoni, due microfoni

e due bobine d'induzione connessi tra loro nel solito modo.

Sia R_1 la resistenza di ogni circuito che comprende un microfono, quando questo funziona. Questa R_1 sarà una variabile dipendente dal tempo come vuole il suono che si trasmette, dunque chiamiamo: R_0 la resistenza dello stesso circuito con microfono riposante e supponiamo che sia $r_1 = r_0 \cos \omega t$ la resistenza variabile del microfono da aggiungere alla R_0 per avere R_1.

Rappresentiamo con

$$I_1 = I_0 - i_1 = I_0 - i_0 \cos(\omega t + a)$$

il valore istantaneo della corrente attiva nel circuito primario trasmettente dove I_0 sia la corrente che attraversa lo stesso in riposo per effetto della forza elettromotrice continua E che vi si trova inserita.

Poichè per la legge di Ohm è

$$E = R_0 I_0$$

dovrà anche essere

$$E = R_1 I_1$$

dunque se E rimane costante, la

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{E}{R_0 + r_0 \cos \omega t}$$

non è più una funzione sinusoidale semplice ma una curva trascendentale la cui forma è essenzialmente determinata, oltre che dalla frequenza, dal rapporto $\frac{R_0}{r_0}$ fra la resistenza costante e quella variabile.

Il prodotto $R_1 I_1$ è rappresentato dall'espressione:

$$I_0 r_1 + I_0 R_0 - i_1 R_0 - i_1 r_1$$

nella quale l'ultimo termine non è funzione sinusoidale semplice del tempo. Ora questo termine diventa trascurabile quando il rapporto fra R_0 e r_0 non sia minore di 5 e poichè simile condizione è solitamente adempiuta nella pratica, così il Wietlisbach la ammette come un'ipotesi in virtù della quale la corrente I_1 ha un andamento ondulatorio che permette di supporla sinusoidale.

Siano R_2 ed I_2 la resistenza e la corrente istantanea nel circuito di linea che comprende i due telefoni.

Siano L_1, L_2, M rispettivamente il coefficiente di autoinduzione del circuito microfonico, quello del circuito dei telefoni e quello di mutua induzione fra i due.

Le ben note leggi dell'elettrotecnica permettono di scrivere, pel circuito primario:

$$E = I_1 R_1 + L_1 \frac{dI_1}{dt} + M \frac{dI_2}{dt} \qquad (1)$$

e pel circuito secondario o di linea:

$$o = L_2 R_2 + L_2 \frac{dI_2}{dt} + M \frac{dI_1}{dt} \qquad (2)$$

Sostituendo nella (1) il valore di I_1 R_1 già ottenuto con l'ipotesi sopraccennata ed il valore di $\frac{dI_1}{dt}$ ricavabile dalla (2) si giunge all'equazione:

$$M I_0 r_0 \cos \omega t + M R_0 I_1 - M R_0 I_0 - L_1 R_2 I_2 + \\ + (M^2 - L_1 L_2) \frac{dI_2}{dt} = o$$

la quale differenziata rispetto a t si trasforma nella seguente:

$$- M I_0 r_0 \omega \operatorname{sen} \omega t + M R_0 \frac{d I_1}{d t} - L_1 R_2 \frac{d I_2}{d t} +$$

$$+ (M^2 - L_1 L_2) \frac{d^2 I_2}{d t^2} = 0 \qquad (3)$$

Eliminando $\frac{d I_1}{d t}$ fra la (2) e la (3) si ottiene finalmente una equazione differenziale di secondo grado che contiene la I_2 e che integrata dà:

$$I_2 = \frac{r_0 I_0 M}{N} \operatorname{sen} (\omega t + \operatorname{arc\,tg} \varphi)$$

nella quale N e φ sono determinati dalle eguaglianze

$$N^2 = (R_0 L_2 - R_2 L_1)^2 + \left[\frac{R_0 R_2}{\omega} - \omega (M^2 - L_1 L_2)\right]^2$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R_2 L_1 - R_0 L_2}{\frac{R_0 R_2}{\omega} - \omega (M^2 - L_1 L_2)}$$

La prima relazione può scriversi:

$$N^2 = (M^2 - L_1 L_2)^2 \omega^2 + \frac{R_0^2 R_2^2}{\omega^2} +$$

$$+ [R_0^2 L_2^2 + R_2^2 L_1^2 - 2 R_0 R_2 M^2]$$

I due termini che contengono ω, ossia la frequenza si trovano al denominatore del valore massimo di I_2 e sono:

$$(M^2 - L_1 L_2)^2 \omega^2 \quad \text{e} \quad \frac{R_0^2 R_2^2}{\omega^2}$$

In virtù del primo di essi i toni alti sono trasmessi meno bene dei toni bassi, ed in virtù del secondo avviene il contrario; dunque parrebbe qui che l'autoinduzione indebolisse specialmente i toni alti e la resistenza i bassi; mentre nel primo caso si sarebbe trovato che aumentando l'induttanza in confronto alla resistenza si migliora la trasmissione nel senso che tanto i suoni alti quanto i bassi sono ugualmente trattati.

Se però si ha riguardo anche al numeratore di I_2 si deve concludere che la trasmissione si può migliorare aumentando la corrente primaria, la resistenza del microfono ed il coefficiente di mutua induzione e diminuendo in pari tempo l'autoinduzione e la resistenza della linea.

3° *Caso.* — Gli svolgimenti matematici di cui abbiam dato un cenno nei due primi casi non tengono conto, come si è visto, che della resistenza e della induttanza. L'americano Pupin [1] studiando il problema della trasmissione di energia elettrica attraverso lunghe linee di trasmissione, ha preso in esame oltre alla resistenza ed all'induttanza anche la capacità, e sulle conclusioni teoriche a cui è giunto, e che concorderebbero con quelle del 1° caso, ha basato un sistema di telefonia a grande distanza che ha destato molto interesse nel campo della telefonia.

Nelle lunghe linee l'energia si propaga trasformandosi alternativamente da energia magnetica in elettrica e viceversa.

---

[1] Un ampio sunto dei lavori del Pupin si trova nell'*Elektrotechnische Zeitschrift* del 1901, pag. 700. — V. anche: *Sulla telefonia a grande distanza*, conferenza tenuta dal Dott. G. Di Pirro il 22 Novembre 1901 presso la sezione di Roma dell'Associazione Elettrotecnica Italiana (Atti dell'A. E. I., Vol. VI, fasc. 1°).

Se V è il potenziale, i la corrente in un punto dal conduttore alla distanza x dall'apparecchio trasmettitore, essendo R L C resistenza induttanza e capacità per unità di lunghezza, le equazioni da cui il Pupin è partito, sono:

$$-\frac{dV}{dx} = L\frac{di}{dt} + Ri \qquad (1)$$

$$-\frac{di}{dx} = C\frac{dV}{dt} \qquad (2)$$

equazioni che esprimono, come è evidente, la prima, la legge di variazione del potenziale lungo il conduttore, la seconda la legge di variazione della corrente lungo il conduttore.

L'espressione della corrente i a cui conduce uno sviluppo matematico non breve, è la seguente:

$$i = I_1 e^{\beta(l-x)} \cos[\omega t - a(l-x) + \gamma_1] - I_2 e^{-\beta(l-x)} \cos[\omega t + a(l-x) + \gamma_2] \qquad (3)$$

dove l è la lunghezza della linea

ω è la pulsazione $= 2\pi f$

a β I_1 I_2 γ_1 γ_2 sono costanti che dipendono dalle costanti (R, L, C) della linea.

Hanno particolare importanza le costanti a e β che sono date dalle formole:

$$a^2 = \frac{1}{2}\omega C\left(\sqrt{\omega^2 L^2 + R^2} + \omega L\right) \qquad (4)$$

$$\beta^2 = \frac{1}{2}\omega C\left(\sqrt{\omega^2 L^2 + R^2} - \omega L\right) \qquad (5)$$

L'espressione (3) mostra che l'intensità della corrente risulta dalla sovrapposizione di due onde rappresentate rispettivamente dai due termini del secondo membro. Queste onde sono onde di interferenza: infatti il valor massimo della prima $I_1 e^{\beta(l-x)}$ decresce col crescere di x mentre il valore massimo della seconda $I_2 e^{-\beta(l-x)}$ cresce al crescere di x, cosicchè la prima si può considerare come un'onda incidente procedente dal trasmettitore verso il ricevitore, e la seconda un'onda riflessa procedente dal ricevitore verso il trasmettitore.

Il significato e l'importanza delle costanti a e β risultano facilmente dalle considerazioni seguenti:

In un dato istante la prima onda, che chiameremo i_1 è nulla in tutti i punti pei quali

$$\omega t - a(l-x) + \gamma_1 = (2k+1)\frac{\pi}{2}$$

La distanza fra due di tali punti è quindi la semilunghezza dell'onda, e poichè facilmente si trova che tale distanza è $\frac{\pi}{a}$ ne segue che la lunghezza d'onda è

$$\lambda = \frac{2\pi}{a}$$

ma

$$\lambda = v\,T$$

se v è la velocità e T il periodo $\left(= \frac{1}{f}\right)$ quindi

$$v = \frac{\omega}{a}$$

Alla costante a si può quindi dare il nome di *costante della velocità* perchè dal suo valore dipende la velocita di trasmissione.

La costante β alla sua volta, essendo quella da cui dipende il fattore di attenuazione $e^{\beta(l-x)}$ può ricevere il nome di *costante di attenuazione*.

In seconda onda i_2 ha la stessa lunghezza d'onda della prima e la stessa velocità.

Analoghe proprietà si possono dimostrare per il potenziale; fra le onde del potenziale e quelle della corrente esiste una differenza di fase φ definita dalla relazione:

$$2\varphi = \frac{\pi}{2} - \vartheta$$

essendo ϑ un angolo tale che

$$tg\,\vartheta = \frac{\omega L}{R}$$

Ciò posto ecco in che modo il Pupin giunge alla conclusione che l'induttanza è vantaggiosa.

1° Dal punto di vista della perdita di energia sulla linea.

Infatti, potendosi dimostrare che l'energia perduta durante un periodo e attraverso all'unità di lunghezza è proporzionale a $cos\,\vartheta$, si vede che la perdita è tanto minore quanto minore è $cos\,\vartheta$ cioè quanto maggiore è $tg\,\vartheta$ ossia $\frac{\omega L}{R}$. Perciò l'aumento di L equivale ad una diminuzione di R, equivale cioè, p. es., ad un aumento del diametro del filo di linea!

2° Dal punto di vista dell'alterazione nella intensità e nel timbro della parola trasmessa.

Infatti la costante di attenuazione β si può mettere sotto la forma:

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{2}\omega C} \cdot \frac{R}{\sqrt{\sqrt{\omega^2 L^2 + R^2} + \omega L}}$$

da cui appare anzi tutto che l'attenuazione diminuisce sia diminuendo R sia aumentando L. Inoltre β dipende da ω ossia dalla frequenza f e precisamente in modo tale che β cresce col crescere di f e diminuisce col diminuire di f come appare meglio dalla

$$\beta = \sqrt{\frac{\frac{1}{2}CR^2}{\sqrt{L^2 + \frac{R^2}{\omega^2}} + L}}$$

Ne segue che le armoniche più alte vengono più attenuate, ossia trasmesse meno bene, che le armoniche più basse.

Aumentando L si ovvia all'inconveniente, perchè se R è trascurabile rispetto ad L si può scrivere con grande approssimazione

$$\beta = \frac{1}{2} R \sqrt{\frac{C}{L}}$$

Questa espressione, essendo indipendente dalla frequenza, significa che quando la resistenza è trascurabile di fronte all'induttanza la trasmissione avviene ugualmente bene per le armoniche alte e per le basse.

Questa la conclusione del Pupin, e questa la base del suo sistema, sul quale vorremmo sorvolare non rientrando propriamente la descrizione di esso nell'og-

getto di questa appendice. Però data la sua importanza vi accenneremo brevemente. Il problema pratico risolto dal Pupin è questo: come aumentare l'induttanza della linea senza alterare la legge della trasmissione? Evidentemente l'introduzione di una bobina di induzione in un punto della linea, altera la continuità della distribuzione della resistenza, dell'induttanza e della capacità; le equazioni fondamentali non sono applicabili al valore di x corrispondente al punto in cui è posta la bobina, e si può dimostrare che essa dà luogo ad onde riflesse come l'apparecchio ricevente prima considerato. Il Pupin pensò di introdurre nella linea un grande numero di bobine d'induzione e di condensatori e dimostrò che per onde di lunghezza non inferiore a un dato valore, esiste una distribuzione di induttanze e di capacità per cui il conduttore *disuniforme* ottenuto equivale negli effetti, con grande approssimazione ad un conduttore uniforme avente le stesse costanti complessive (R, L, C).

La lunghezza d'onda, come si è visto, dipende dalla *costante della velocità* a e quindi dalla frequenza.

Sapendo quindi qual'è, all'incirca, la più alta frequenza che si verifica nel discorso (in corrispondenza alla quale si avrà la più piccola lunghezza d'onda) basterà verificare se l'equivalenza sussiste per quella frequenza per essere certi che l'equivalenza sussisterà anche per frequenze più basse.

4° *Caso.* — Senonchè le equazioni da cui il Pupin è partito ammettono che l'isolamento della linea sia perfetto, il che evidentemente in pratica non è possibile. Tenendo conto della resistenza d'isolamento ed indicando con A la sua inversa, si deve scrivere col Wietlisbach, per un punto alla distanza x dal trasmettitore:

$$-\frac{dV}{dx} = Ri + L\frac{di}{dt} \qquad (1)$$

$$-\frac{di}{dx} = AV + C\frac{dV}{dt} \qquad (2)$$

Queste eqtuazioni diventano quelle del Pupin facendo $A = o$ cioè la resistenza d'isolamento $= \infty$.

Facendo la ricerca in base alle equazioni (1) e (2) si giunge ad espressioni analoghe a quelle trovate; però le costanti della velocità e d'attenuazione diventano:

$$a = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{\sqrt{(A^2+C^2\omega^2)(R^2+L^2\omega^2)} - (AR - CL\omega^2)} \qquad (3)$$

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{\sqrt{(A^2+C^2\omega^2)(R^2+L^2\omega^2)} + (AR - CL\omega^2)} \qquad (4)$$

Ora dalla considerazione della costante di attenuazione si può dedurre un risultato assai cospicuo, in opposizione alla teoria del Pupin, pel fatto appunto dell'isolamento.

Il Dott. Breisig infatti [1] partendo dal valore

$$2\beta^2 = \sqrt{(A^2+C^2\omega^2)(R^2+L^2\omega^2)} + (AR - CL\omega^2) \qquad (5)$$

dimostra che fissati A, R e C, esiste un valore di L pel quale l'attenuazione è minima. In altre parole l'accrescimento indefinito di L non riesce incondizionatamente vantaggioso per la trasmissione.

Il valore di L che rende minima l'attenuazione — che si trova facilmente eguagliando a zero la derivata di $2\beta^2$ rispetto ad L — è

$$L = \frac{CR}{A} \qquad (6)$$

[1] D. F. Breisig, *Ueber den Einfluss* ecc. — *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1901, pag. 1029.

e che si tratta di un minimo è dimostrato dal segno della derivata seconda.

Sostituendo nella (5) il valore di L dato dalla (6) si ottiene

$$2\beta^2 = 2AR$$

cioè

$$\beta = \sqrt{AR} \qquad (7)$$

Dunque, non solo esiste un valare di L per cui β è minimo, ma in corrispondenza a tale valore β *è indipendente dalla frequenza* e tale indipendenza sussiste con rigore matematico perchè la (7) non è dedotta colla considerazione di relazioni approssimate fra particolari valori delle costanti del circuito.

Perciò quando il valore di L soddisfa alla condizione di attenuazione minima, la trasmissione è egualmente buona per frequenze alte e per frequenze basse.

Il Wietlisbach dimostra che quando la (6) è soddisfatta, l'ampiezza dell'onda di corrente i è data da un'espressione che contiene al denominatore la funzione

$$2\cos\left(2l\sqrt{AR}\,\frac{A}{C}\,\omega\right) \qquad (8)$$

la quale al variare di ω ripassa per gli stessi valori tanto più rapidamente quanto maggiore è la lunghezza l della conduttura; perciò la curva che rappresenta l'ampiezza dell'onda di corrente i in funzione della frequenza è una sinusoide il cui periodo è tanto più piccolo quanto maggiore è l cosicchè si può tener conto in pratica, del valore medio dell'ampiezza e questo valore medio è naturalmente costante rispetto alla frequenza, cioè si giunge alla stessa conclusione del Breisig.

Riassumendo: noi abbiamo passato in rassegna quattro trattazioni del problema teorico telefonico.

Le prime due sebbene tenessero conto entrambe delle due costanti L ed R e soltanto di queste, pure giungevano a risultati opposti; ma ciò non può meravigliare se si pensa che non rispondono alle condizioni fisiche di un circuito telefonico le premesse sia dell'una che dell'altra.

La terza — quella del Pupin — rientra teoricamente nella quarta, ma giunge ad una conclusione quantitavamente diversa perchè è supposto trascurabile uno degli elementi fisici del problema.

La quarta è la sola teoria completa e mostra quale è la relazione che devono avere tra loro le quattro costanti di un circuito telefonico per la migliore trasmissione della parola.

Per concludere osserveremo col Wietlisbach che la conduttura ideale sarebbe quella che non avesse nè resistenza nè induttanza nè capacità e presentasse una resistenza d'isolamento infinitamente grande.

Poichè queste condizioni non sono raggiungibili si procurerà *in generale* che le quattro grandezze R, L, C, A, siano piccole, tenendo conto che:

1° L'autoinduzione degli apparecchi e della conduttura favorisce i toni alti.

2° La capacità della conduttura favorisce i toni bassi.

3° La resistenza della conduttura diminuisce l'effetto dell'autoinduzione.

4° La reciproca dell'isolamento diminuisce l'effetto della capacità.

5° In una linea dotata di autoinduzione e di capacità l'ampiezza dell'onda di corrente è una funzione periodica della frequenza, il cui periodo dipende dalla lunghezza della linea e diminuisce col crescere della lunghezza stessa.

*

Per dare un'idea dei risultati pratici a cui giunse il Pupin, riportiamo dalla citata conferenza del dott. Di Pirro le poche righe seguenti, che si riferiscono agli esperimenti eseguiti sopra un cavo *disuniforme*.

« Escludendo le bobine d'induttanza la trasmissione « non era possibile al di là di 75 miglia. Includendo « le bobine d'induttanza distribuite in gruppi di 5, ogni « gruppo alla distanza di 5 miglia, non si otteneva nessun « miglioramento.

« Ma se le bobine erano poste alla distanza di 1 mi- « glio, come è richiesto dalla teoria, allora la voce del « trasmettente arrivava al ricevitore chiara così come « se fosse stata vicina.

« L'effetto che le bobine d'induttanza, opportuna- « mente distribuite producono sull'efficacia della trasmis- « sione, meraviglia anche me (dice il Pupin) che pure « ho acquistato una perfetta familiarità con questo af- « fascinante problema di elettrotecnica ».

APPENDICE II

Evoluzione del servizio telefonico nei vari Stati d'Europa.

Togliamo dagli Atti parlamentari del 1899 i dati seguenti sullo sviluppo della telefonia in Europa, a cui aggiungiamo due tabelle statistiche.

Austria. — Nel 1880 il Governo diede la concessione della rete urbana di Vienna e quindi di altre città a diverse Compagnie. Il 7 ottobre 1887 promulgò una legge telefonica e in base ad essa incominciò ad impiantare reti urbane per proprio conto ed a congiungere le diverse città fra di loro.

Al 1° gennaio 1893 riscattò tutte le reti urbane private ad eccezione di quella di Vienna, che passò allo Stato nel 1° gennaio 1895. Da quest'epoca tutto il servizio telefonico urbano ed interurbano è esercitato dal Governo.

Nel 1893, pel riscatto di 10 reti urbane lo Stato ha pagato L. 3.250.000. Nel 1895 pel riscatto della rete urbana di Vienna, ha pagato lire 10.000.000.

Baviera. — Il governo non ha mai voluto dare concessioni private; tutto il servizio telefonico è esercitato da esso.

Belgio. — Le prime concessioni private incominciarono dopo la promulgazione della legge telefonica 11 giugno 1883; ma il governo riservò a sè esclusivamente il servizio interurbano ed allacciò subito le diverse reti fra di loro, servendosi degli stessi fili telegrafici col sistema Von Rysselberghe. Alla fine del 1892 incominciò a riscattare

le reti urbane ed a costruirne per proprio conto; dal 1895 tutto il servizio telefonico è esercitato dallo Stato.

Bulgaria. — Il governo ha sempre negato qualsiasi concessione, ed esercita per proprio conto il servizio urbano ed interurbano.

Danimarca. — I municipi ed altre autorità locali davano dapprima le concessioni telefoniche, ma con la legge 11 maggio 1897 tale diritto è riservato allo Stato, e l'intero servizio è ancora esercitato da Compagnie private e da Società cooperative. Il Governo si è riservato soltanto il monopolio per la costruzione delle linee internazionali e di quelle interurbane interne che comprendono cavi sottomarini e percepisce le tasse per il percorso relativo.

Francia. — In base alla legge del 1837, confermata da quella del 1851 sul servizio telegrafico, il Governo essendosi riservato il monopolio telefonico, diede nel 1879 tre concessioni per 5 anni a tre Società diverse per parecchie città; dietro reclami dei municipi queste tre Società furono obbligate a fondersi in una sola (Società Generale) ed il Governo impose a questa la tassa del 10 per cento sugli introiti lordi, fissò le tariffe degli abbonamenti, e si riservò il diritto della costruzione e manutenzione delle linee di raccordamento fra gli abbonati, dietro adeguato compenso da parte della Società, e del riscatto degli uffici centrali, a prezzo di stima, allo spirare della concessione.

Nel 1883 il Governo aprì per proprio conto tre reti urbane, ed altre tre ne aprì nel 1884 ma confermò per altri 5 anni la concessione alla Società Generale.

Nel 1886 fu presentato al Parlamento un progetto di legge nel quale si concedeva il monopolio telefonico ad una nuova Società. Questa doveva riscattare gli impianti della Società Generale e quelli dello Stato; dopo 35 anni ogni cosa sarebbe passata di pieno diritto allo Stato, ma il progetto fu respinto dalla Camera.

Al 1° settembre 1889, spirata la concessione della Società Generale, lo Stato prese possesso di tutti gli uffici di questa, adoperando la forza. La questione della indennità di riscatto fu lungamente dibattuta pei tribunali; la Società pretendeva oltre 15 milioni di lire, gli arbitri governativi li riducevano a 10, ma il Governo non voleva dare che 5 milioni.

Si accomodarono sulla cifra di 11.400.000 franchi.

Dal 1889 l'intero servizio telefonico è esercitato dallo Stato. Questo costituì le prime linee intercomunali nel 1885, ed ora quasi tutte le città sono congiunte fra loro e possono parlare con Londra, Brusselle, Berlino e la Svizzera.

Secondo la legge del 20 maggio 1890, il Governo costruisce le linee interurbane, quando città, stabilimenti o sindacati interessati, abbiano versato le somme necessarie per le spese d'impianto. I prodotti dell'esercizio servono al rimborso, senza interessi, di queste somme senza alcun altro vincolo da parte dello Stato.

Con questo sistema è stata costruita la rete attuale la quale per la massima parte è formata da lunghe linee che congiungono fra loro le più importanti città. Con recente deliberazione il Governo ha pensato di completare la rete mediante l'impianto di reti interurbane attorno a queste città: esso eseguirebbe i lavori, esigendo dai dipartimenti una piccola compartecipazione nelle spese d'impianto. La proposta governativa è stata accolta quasi all'unanimità dai vari dipartimenti, cosicchè fra qualche anno la rete totale francese sarà più che triplicata.

A Parigi vi sono nove uffici con 22468 abbonati nel 1899 e circa 120.000.000 di comunicazioni all'anno.

Germania. — Il Governo non ha mai voluto accordare concessioni private; fino dal 1° aprile 1881 esercita l'intero servizio urbano ed interurbano. Berlino è congiunta telefonicamente col Wurtemberg, con la Baviera, con l'Austria, con l'Olanda, il Belgio e la Francia.

Inghilterra. — Concessioni private furono accordate nel 1884 per 31 anni, a partire dal 1° gennaio 1881, con facoltà di riscatto nel 1890, 1897 e 1904 a prezzo di stima; canone del 10 per cento sugli introiti lordi, tanto urbani che interurbani.

Con la legge del 1892, il Parlamento ha autorizzato un prestito di lire 25.000.000 per il riscatto e l'ampliamento del sistema interurbano, e nel 1895 autorizzava un credito supplementare di lire 7.500.000 per l'impianto di nuove linee.

Il trasferimento al Governo delle linee interurbane della *National Telephone Company* (km. 4268 di linee con km. 46661 di fili) è incominciato il 4 aprile 1896; è stato fatto gradatamente per sezioni, ed è terminato il 6 febbraio 1897. Per tale riscatto, il valore delle linee, comprese le spese sostenute dalla Società per indennità d'impianto, è stato aumentato del 10 per 100; così in totale è stata pagata la somma di lire 11.477.850 in ragione cioè di lire 2689 per km. di linea e di lire 246 per km. di filo.

Ai km. 46661 riscattati, a tutto il 1897 furono aggiunti km. 30181 e nel 1897-98 altri km. 7849; ciò che porta lo sviluppo totale della rete interurbana a km. 84641 al 31 marzo 1898. Altri km. 7435 sono in costruzione. La rete inglese è perciò quasi doppia di quella della Germania e della Francia.

La somma totale spesa fino al 31 marzo 1898 è stata di lire 28.950.000.

Al 31 marzo 1898 il numero totale degli uffici postali-telegrafici aperti alla corrispondenza interurbana era di 264, riuniti fra loro con 880 circuiti interurbani, e riuniti poi con altri circuiti speciali alle stazioni centrali urbane della *General Telephone Cy*.

Gli abbonati di questa possono così corrispondere dal loro domicilio sulle linee interurbane, e trasmettere e ricevere dagli Uffici telegrafici i loro telegrammi, ovvero notizie da rimettersi per posta, per espresso e simili.

Dal 1° aprile 1897 al 31 marzo 1898 il numero totale delle conversazioni interurbane è stato di 5.898.247 con un introito di 3.344.350 lire, ciò che forma un introito medio di lire 0,568 per ogni conversazione.

Il numero totale delle telefoniste è di 660.

Anche per quanto riguarda il servizio urbano, il Governo è entrato risolutamente nell'idea dell'esercizio diretto; allo scopo di impedire il monopolio privato, non solo impianta reti per proprio conto, ma ne concede ai municipi, anche in quelle città dove esistano già altre reti concesse all'industria privata.

Lussemburgo. — Per la legge del 17 dicembre 1884, l'impianto degli uffici telefonici fu dichiarata monopolio dello Stato, che vi diede un impulso straordinario, specialmente pel servizio interurbano.

Norvegia. — Il servizio telefonico è esercitato interamente da Società private, o da cooperative; per le linee interurbane, il governo percepisce un tanto come corrispettivo della diminuzione degli introiti telegrafici ed impone ai concessionari l'obbligo di inoltrare su tali linee anche dei telegrammi a tariffa ordinaria.

Olanda. — Il servizio urbano è quasi interamente monopolizzato dalla Compagnia Bell: anche quello interurbano fino a due anni or sono fu esercitato dalla stessa Compagnia, ma lo Stato aveva costruito e manteneva le linee pagando il 4 per cento d'interesse sulla somma fornita dalla Società per tale costruzione, mentre riceveva da essa il 75 per 100 degli introiti lordi.

Dal 1° ottobre 1897 il servizio interurbano è passato al Governo con 728 km. di linee, comprendenti uno sviluppo di km. 3755 di filo. L'indennità pagata alla Compagnia Bell è stata di lire 430.081. Ora si stanno impiantando linee anche per conto dei Municipi.

Rumania. — Il Governo ha sempre negato qualsiasi concessione, ed esercita, per proprio conto, il servizio urbano ed interurbano.

Russia. — Nel 1887 lo Stato possedeva 2 reti urbane e 12 ne aveva concesse a Società private; nel 1897 il numero di queste reti è diventato rispettivamente 63 e 11. Il servizio interurbano è riservato allo Stato.

Spagna. — Un decreto Reale dell'11 agosto 1884 riservava allo Stato il servizio telefonico; ma nel giugno 1886 un altro Decreto Reale permetteva al Governo di vendere le reti già impiantate e di concederne di nuove a chi faceva la maggior offerta d'aumento di canone sul minimo del 10 per 100 degli introiti locali. Ma i risultati ottenuti furono poco soddisfacenti, ed un terzo decreto Reale dell'11 novembre 1890, riaffermava nel Governo la facoltà sia di accordare concessioni private, sia di esercitare direttamente il servizio telefonico tanto urbano che interurbano.

Svezia. — Il servizio urbano e quello interurbano sulle piccole linee sono esercitati promiscuamente da Società private, da Cooperative e dallo Stato; il servizio interurbano sulle lunghe linee è esclusivamente riservato allo Stato. Questo dal 1881 cominciò a costruire reti urbane e interurbane per proprio conto ed a riscattarne di quelle private; la somma totale spesa a questo scopo dal 1891 al 1896, è stata di lire 13.596.790.

La proporzione fra le linee dello Stato e quelle private nel 1886 era di 1 : 6,7 e nel 1896 diventò di 1 : 0,68; cioè lo Stato va gradatamente monopolizzando il servizio.

Svizzera. — Nel 1885 il Governo riscattò la rete urbana di Zurigo, la sola che aveva dato in concessione alla Società Bell; e da quell'epoca esercita l'intero servizio, al quale ha dato una estensione straordinaria.

Ungheria. — Il servizio urbano del 1889 era esercitato da parecchie Società concessionarie con 10 reti urbane; nel 1890 il Governo possedeva già 14 di tali reti, che nel 1897 erano diventate 33, mentre quelle private si ridussero a 6.

Il servizio interurbano è interamente esercitato dallo Stato.

Da una recentissima relazione del *Gaine*, direttore della « National Telephone Cy » di Londra togliamo i dati seguenti, di raffronto tra lo sviluppo della telefonia in alcune città dell'Inghilterra e in alcune città, di pari importanza, degli Stati Uniti d'America, colla indicazione delle relative tariffe per le concessioni.

Londra e New-York. — La rete telefonica di Londra ha l'estensione di 640 miglia quadrate, con una popolazione di circa 6 milioni di abitanti. *Greater* New York (cioè New York City, Brooklyn, Jersey City, Newark, Long Island e sobborghi) ha una superfice di circa

STATISTICA DEI TELEFONI

STATI	Reti telefoniche urbane					Linee interurbane			Uffici	Posti telefonici		Conversazioni	
	N.° delle Reti	Linee aeree lunghezza in Km.	Linee sotterranee Lungh. Km.	Fili di linee aeree Lungh. Km.	Fili di linee sotterranee Lungh. Km.	N.° delle linee	Lunghezza delle linee in Km.	Lunghezza dei conduttori in Km.	N.°	pubblici N.°	d'abbonato N.°	urbane N.° anno	interurbane N.° anno
Italia (1899)	—	—	—	—	—	10	449	603	—	14007		—	111772
Stati Uniti d'America (1900)	—	—	—	3157156		—	—	—	—	—	—	—	—
Germania (1901)	3295	57790	1110	405062	477904	705	36849	177574	3319	17265	337629	6646064 31	101619906
Austria-Ungheria (1901) . .	335	10878	510	77583	154138	205	19315	55440	810	837	51713	145262086	2420305
Belgio (1901)	17	—	—	50133	137	124	—	15846	110	108	18422	38106426	720416
Danimarca (1901).	79	8838	51	50128	43547	414	15870	26002	480	1103	34075	55093560	4127000
Spagna (1901)	61	8697	—	40656	—	15	2089	6915	61	27	17816	—	—
Francia (1901)	1552	13858	5768	66987	255736	247	35059	131057	1558	2369	79536	1708857 14	7407793
Gran Bretagna e Irlanda (1901)	—	—	—	—	—	170	15730	67064	—	—	—	—	10139486
Paesi bassi (1901)	52	665	164	4237	25718	737	2084	15769	67	742	19598	31849997	918236
Rumania (1901)	6	631	3	3361	389	119	14131	17939	370	1425	2391	3757437	278285
Russia (1901)	102	7393	112	80187	2007	34	749	2916	140	78	39479	101701264	1196528
Svizzera (1901)	324	14399	392	43296	106502	548	—	18711	324	889	43314	22171935	4778125
Svezia (1901)	179	—	—	106229		184	12590	66755	1353	811	86699	150185453	4872840
Norvegia (1901)	225	7380	24	49911	32911	210	19356	46823	1055	1851	34038	69153968	3673483
Giappone (1901)	21	2314	57	70693	57794	66	1279	10047	25	179	25603	89346010	892331

400 miglia quadrate e una popolazione di 4 milioni. A Londra la National ha installato circa 65.000 linee e il Post Office 15.000; cioè 80.000 abbonati in totale. — A New York invece superano i 200.000, — Soltanto nella Manhattan Island, che è il centro di New York, funzionano più di 110.000 linee. La tariffa più bassa in New York è quella di Manhattan, che è di lire 395 circa per 600 comunicazioni annue locali, cioè limitate alla sola Manhattan. Le comunicazioni con Brooklyn, New Jersey ecc. sono tassate da lire 0,75 fino a lire 1,25 ciascuna. La tariffa raggiunge un massimo di Lire 1193 circa all'anno per 4500 comunicazioni locali; oltre questo limite la tassa è di lire 0,25 per ogni comunicazione locale.

La tariffa di Londra è di 17 sterline (circa L. 425) all'anno senza

limitazione di comunicazione, più una sopratassa di espresso (*message rate*) di 5 sterline (L. 125) all'anno, più lire 0,10 e 0,20 per ogni chiamata locale rispettivamente per Londra città e Londra sobborghi.

Liverpool e Filadelfia. — A Filadelfia con una popolazione di 1.350.000 abitanti sono attivate circa 45.000 linee, a Liverpool, comprendendo Birkenhead e Bootle, con una popolazione di 1.000.000, circa 20.000 linee.

Edinburgo e Washington. — Washington, con una popolazione di 300.000 abitanti conta 12.000 abbonati, mentre Edinburgo con una popolazione di 317.000 abitanti (non comprendendovi Leith) ne ha da 4000 a 5000.

Manchester e Boston. — Manchester, compreso Salford, Eccles ed i loro sobborghi ha una popolazione di 1.120.000 abitanti e 13.815 abbonati; Boston, con una popolazione di poco più di 1.000.000 di abitanti ne ha 54.000.

Bristol e Montreal. — Bristol e sobborghi, con una popolazione di 385.000 abitanti ha dai 3000 ai 4000 abbonati, e Montreal con soli 350.000 abitanti, o poco più, ne ha 13.000.

Le tariffe sono circa il triplo di quelle della « National »: p. es. a Boston il servizio illimitato costa circa 800 lire all'anno; a Filadelfia la tariffa varia da 350 lire per 600 comunicazioni a 750 lire per 3000 comunicazioni. Nelle città inglesi sunnominate la National dà il servizio illimitato per circa 250 lire annue.

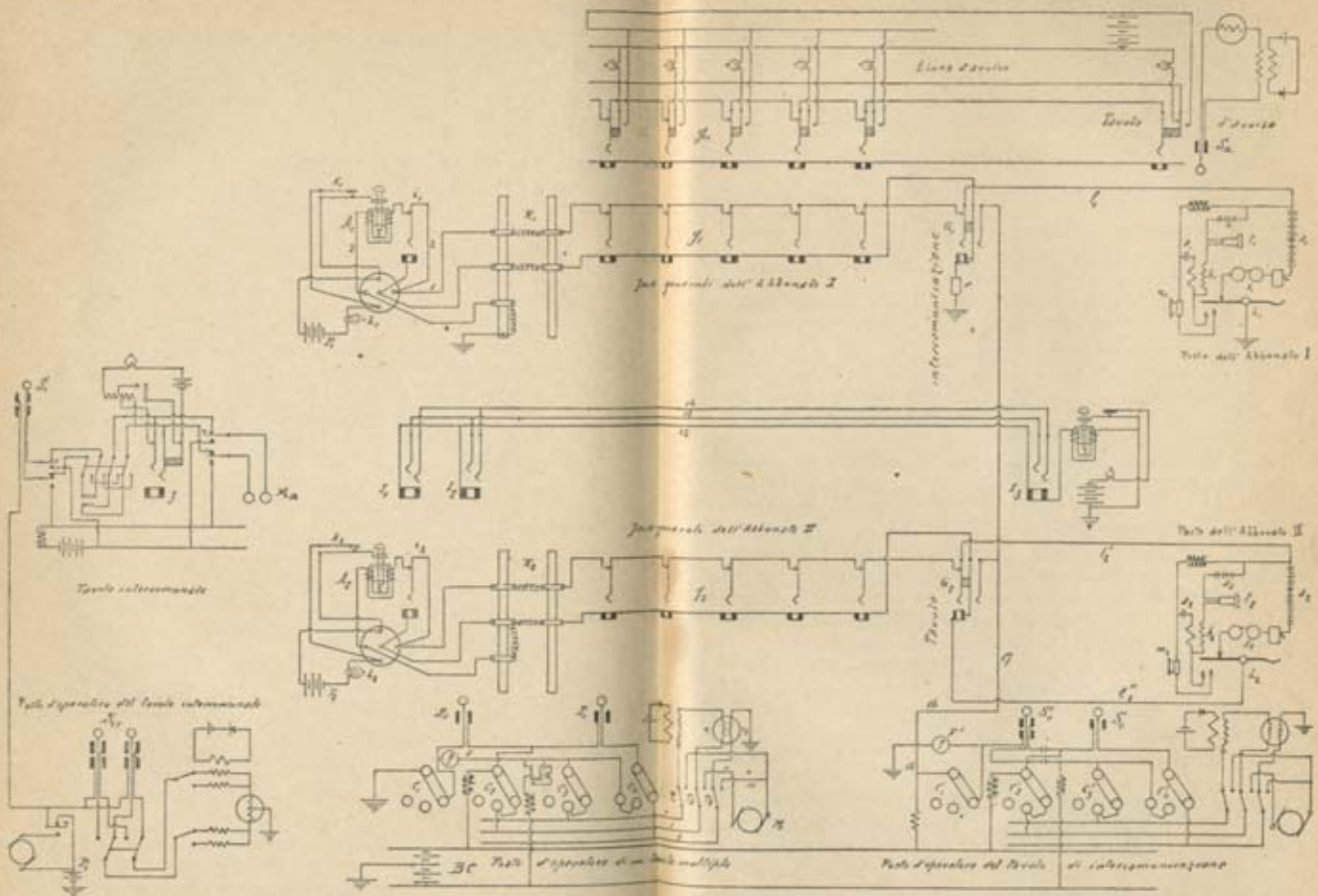
Il capitale investito in imprese telefoniche in America, dalla American Telephone Company è di circa 1.200.000.000 di lire, e durante gli ultimi anni il capitale impiegato nei telefoni si è sempre aggirato intorno a 200.000.000 di lire all'anno.

Quest'anno sorpasserà i 250.000.000 di lire.

Proporzione degli abitanti per ogni abbonato al telefono in Europa nel 1899.

STATO	Numero di abitanti per ogni abbonato
Norvegia	70,2
Svezia	70,6
Svizzera	75,1
Danimarca	82,5
Inghilterra	214,0
Germania	216,8
Olanda	345,1
Belgio	429,7
Francia	690,6
Austria	805,5
Ungheria	1215,2
Spagna	1465,4
Italia	2243,3

TAVOLA I.



INDICE ALFABETICO

A

Ader, 21.
Altezza dei pali, 123; dei suoni, 31.
Alveoli di polarizzazione, 248.
Anders, 265.
Apparecchi ausiliari, 80
Apparecchio telefonico, 17, 64; in derivazione, 74; in serie, 74.
Aria secca, 142, 145, 148, 159.
Armatura centrale, 128; dei cavi sotto piombo, 162.
Armonici (sistemi), 267.
Automatici (sistemi), 277.
Avvisatore a caduta di cartellino, 62, 63; di chiamata, 169, di chiamata a caviglia, 247; di fine conversazione, 170; a rilievo automatico, 183, 197, 207; a rilievo meccanico, 186.
Azione del vento, 127.

B

Barus, 54.
Banti, 106.
Batteria centrale, 220.
Bell, 12, 4, 21, 43, 44.
Berliner, 7, 21.
Blake, 21, 30.
Bobina d'induzione, 33, 36, 38, 221, 227, 235, 248; termica, 82, 83.
Bourseul, 1.
Breisig, 309.
Brunelli, 164.

C

Campo magnetico, 50; di una soneria polarizzata, 62.
Capacità, 143, 144, 159, 161, 227, 297, 311.
Carico di rottura dei fili, 111, 112.
Carty, 95-97, 146.
Cassette di distribuzione, 151.
Cavalletti, 124.
Cavi, 141; aerei, 147; armati, 142, 154; sotterranei, 152.
Chiamata, 14.
Chiave d'ascolto, 180, 250; di chiamata, 183, 241; di conversazione 141, 252; *order wire*, 242.
Circuito a semplice filo, 93; a doppio filo, 100; di verifica o di saggio, 171, 198, 203, 251, 56.
Civita, 2.
Clamond, 21.

Coefficiente di a. i. e di m. i. della bobina d'induzione, 39.
Colacicchi, 21.
« Common battery », 220.
Commutatorista, 169.
Commutazione telefonica, 167; multipla, 173.
Concessioni telefoniche, 12.
Conduttore disuniforme del Pupin, 308, 312.
Conduttori, 109.
Costante di attenuazione, 306; della velocità, 306.
Criteri di scelta dei microfoni, 32; dei telefoni, 56.
Cross, 30, 51.
Curva fonografica, 31.

D

D'Arsonval, 21.
Decentralizzati (sistemi), 211.
Delville, 21.
Deviatori, 88.
Di Pirro, 303, 312.
Dispositivo di saggio, 171, 198, 203, 251, 256.
Distanza degli isolatori, 124; dei pali, 123.
Du Moncel, 7.

E

Edison, 7, 34.
Ericsson, 21.
Express-System, 213.

F

Ferri porta isolatori, 120.
Filo di acciaio, 109, 114; di alluminio, 113; bimetallico, 113; di bronzo, 110, 136.
Forza agente sulla membrana, 51.
Frequenza, 144, 298.
Frölich, 54.

G

Gaine, 317.
Gancio commutatore, 65; porta-isolatore, 122.
Ganci per cavi aerei, 147.
Generatore magneto-elettrico, 59.
Gharky, 33.
Ghiera del jack, 177, 199.
Giunto Britannia, 118.
Giunzioni dei cavi, 150; dei fili, 116.
Gray, 2, 4, 7, 34.
Grünewald, 21, 27, 32.
Guillaume, 113.

H

Hayes, 224.
Hibbard, 268.
Hipp, 21, 39.
Huguet, 7.
Hultmann, 155.
Hunning, 21.

I

Impianto di Brescia, 224; di Londra, 234; di Milano, 245.
Incroci, 100, 105, 164.

Induttanza di una conduttura, 113, 143, 297, 311.
Induzione elettromagnetica, 95, 100; elettrostatica, 95, 98, 146.
Isolamento di una conduttura, 121, 143, 297, 311.
Isolatori, 120.

J

Jack, 177, 181, 184, 187, 196, 207; generali, 196; locali, 196.

K

Kelvin, 9, 11.
Kempster Miller, 2, 20, 62, 290.

L

Lampada pilota, 193, 237.
Legature, 139.
Linee, 13, 91; aeree, 130; collettive, 258; di campagna, 108; dirette, 104; interurbane, 13, 254, 319; omnibus, 106; sotterranee, 108; urbane, 108, 318.

M

Manzetti, 9.
Membrana del telefono, 48, 54.
Mercadier, 50.
Meucci, 6.
Microfono, 7, 8, 19, 21, 26, 27, 28, 30, 32.
Microtelefoni, 47.
Movimenti della membrana, 54.
Multiplo, v. *Tirvolo*.
Mutua audizione, 143, 145, 225.

N

Norme relative alle giunzioni, 118; sull'uso degli incroci, 164.
Neve (sovraccarico), 134.

O

O' Connel, 188.
Order-wire, 242.

P

Page, 1.
Pali, 122, 123.
Parafulmine a carbone, 84, 228; « Party lines », 258.
Payne, 33.
Pellat, 53.
Pierard, 33, 134.
Permutatore, 197; Hibbard, 268; di Brescia, 274.
Perturbazioni nel circuito telefonico, 93.
Pettine, 200.
Pile, 32, 78, 79, 80.
Posa delle linee aeree, 130.
Poste telefoniche, 12, 13.
Posto d'operatore, 170, 171.
Pozzetti di manovra, 151.
Protettori, 80.
Prova dei cavi, 149.
Pupin, 11, 303, 306, 312.

Q

Quadro di smistamento (permutatore), 172, 197, 268, 274.

R

Reed, 11.
« Reglette », 199.
Reiss, 2.
Relais pilota, 230.
Resistenza degli avvolgimenti della bobina d'induzione, 36, 38, 227, 235, 248; dei conduttori, 114; d'isolamento di una linea, 121, 311; dei generatori magneto-elettrici, 248; dei microfoni, 32; ohmica di una conduttura, 143, 297, 311; dei ricevitori, 46, 227; delle sonerie, 60, 227, 248.
Reti telefoniche, 12; urbane, 318.
Ricevitore telefonico, v. *Telefono*.
Ricevitori di chiamata, 60.
Roeber, 11.
Rumore di terra, 204.

S

Sabin, 30.
Sabin-Hampton, 213, 265.
Saldatura, 119.
Scaricatori, 77.
Segnalazione luminosa, 188.
Segnale di fine conversazione, 232, 253, 257.
Selettori, 278, 280.
Sensibilità del telefono, 53.
Shunt automatico, 71.
Sonerie a nucleo polarizzato, 60; supplementari, 85.
Sordine, 139.
Sostegni, 122, 128.
Sovraccarico (neve), 134; (vento), 127.
Spine, 178, 182, 184, 235.
« Spring-Jack », 177.
Stabilità delle linee aeree, 130; dei sostegni, 122.
« Standard », v. *Tavolo*.
Statistica, 313, 318.
Stone, 222.
Strowger, 278.

T

Tariffe, 317.
Tavolo d'avviso, 254; di commutazione, 15, 169, 172; di distribuzione, 172, 197, 268, 274; di giunzione, 241; inglese, 177; intercomunale, 254; di intercomunicazione, 254; multiplo, 15, 173, 195, 197, 201, 204, 207, 234, 246; semplice (standard), 15, 172, 174, 177, 181, 194, 232; svizzero, 174.
Telefonia a grandi distanze, 303; transoceanica, 11.
Telefono, 41, 43, 44, 46, 47, 55; ad arpa, 2; musicale, 2, 3.
Telefonista, 169.
Tenacità, 110.
Terra, 93, 120, 239.
Teste di cavo, 151.
Thompson S. P., 11.
Thomson W., 9.
Timbro dei suoni, 31, 144.
Traslatori, 102.
Trasmettitore telefonico, 19; al bismuto, 33; a vuoto, 33.
Trasmettitori di chiamata, 58.
Trasmissione telefonica, 1, 297.
Tubazioni sotterranee, 154.
Turnbull, 21.

U

Ufficio centrale, 12, 169.
Ufficio intercomunale, 254.

V

Valvole, 82, 228.
Vento, 127.

W

Western El. Cy., 83, 224.
White, 21, 23.
Wietlisbach, 20, 38, 49, 51, 55, 96, 102, 113, 121, 136, 145, 298, 301, 308, 311.

ERRATA-CORRIGE

Pagina	Linea	Errore	Correzione
Prefazione	ultima	dal Breisig	dal Breisig, ecc.
110	6 dal basso	bronzo	fosforo
132	8 dall'alto	$\frac{1}{T_2^2}$	$\frac{1}{T_1^2}$
135	6 dall'alto	d	d^2
155	11 dall'alto	attirare	attivare
314	4 dal basso	costitui	costrui
317	5 dal basso	concessioni	comunicazioni

3364 - ½ mott. g t p.

203317