

ATTI DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

Estratto dal Vol. X, Fasc. 5° - Settembre-Ottobre 1906

SULLE ESPERIENZE AD ALTISSIMA TENSIONE

eseguite in occasione del Congresso dell'A. E. I.

nel Padiglione della **Ditta PIRELLI e C.**

ALLA ESPOSIZIONE DI MILANO



MILANO

TIPO-LIT. REBESCHINI DI TURATI E C.

1906.



SULLE ESPERIENZE AD ALTISSIMA TENSIONE
ESEGUITE IN OCCASIONE DEL CONGRESSO DELL'A. E. I.
nel Padiglione della Ditta PIRELLI e C.
ALLA ESPOSIZIONE DI MILANO.

SULLE ESPERIENZE AD ALTISSIMA TENSIONE
ESEGUITE IN OCCASIONE DEL CONGRESSO DELL'A. E. I.

nel Padiglione della **Ditta PIRELLI e C.**

ALLA ESPOSIZIONE DI MILANO

Nota dell'Ingegnere VITTORIO ARCIONI

Un'occasione rara di assistere ad esperienze oltremodo interessanti, fu offerta ai congressisti nei giorni 22 e 23 settembre dal nostro Presidente sig. Ing. E. Jona, il quale si compiacque invitarli per due sere consecutive a presenziare alcune esperienze ad altissima tensione, eseguite nel bel Padiglione della Ditta Pirelli e C. all'Esposizione, esperienze che furono poi anche ripetute in seguito, altre sere.

L'insieme dei vari apparecchi, come si trovavano predisposti per le singole esperienze, è rappresentato nella fig. 1.

Un trasformatore della potenza di 200 *HP*, studiato dall'Ing. Jona e costruito nelle officine della ditta Pirelli e C., serviva a fornire l'alta tensione. Esso era alimentato alla tensione di 160 volt e 42 periodi, con la corrente della linea generale dell'Esposizione; un reostato era inserito in serie con l'avvolgimento primario del trasformatore e serviva per la regolazione.

Il secondario del trasformatore è diviso in due parti uguali, ciascuna delle quali termina a due morsetti esterni; dette parti possono così facilmente collegarsi in serie od in parallelo. Ogni metà dell'avvolgimento secondario ha rispetto all'avvolgimento primario il rapporto di trasformazione uguale a 1000; con la tensione di 160 volt primari si possono così ottenere 160.000 oppure 320.000 volt ai capi del secondario.

Queste tensioni erano misurate mediante un voltmetro elettrostatico di tipo speciale studiato pure dall'Ing. Jona.

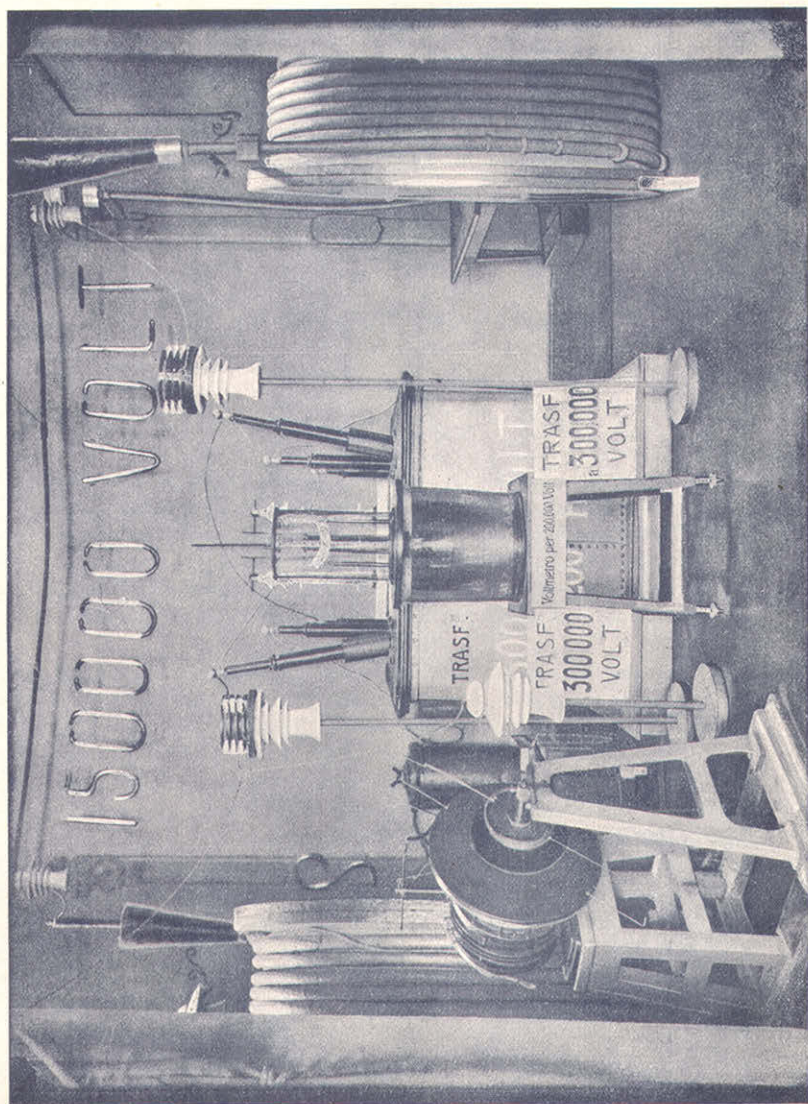


Fig. 1.

Una vista d'insieme di tale strumento si ha nella fig. 2.

In esso la tensione si misura mediante l'attrazione che si esercita fra un piatto fisso posto in basso, esteriormente al recipiente di vetro, ed un altro dischetto metallico, protetto dalla camera pure metallica, che si vede immersa nel liquido (1). Il dischetto mobile è sospeso opportunamente con un giuoco da bilancia, ed il suo spostamento è indicato da apposito indice su di un quadrante.

Il liquido che riempie il recipiente è olio di paraffina.

Il modello impiegato nelle esperienze era proporzionato per una portata massima di 200.000 volt, e la misura di tensioni superiori a detto valore, fornite dal trasformatore, era ottenuta inserendo lo strumento ai capi di una metà dell'avvolgimento secondario; in tal caso la tensione indicata era metà di quella fornita.

La prima esperienza riproduceva, nel suo insieme, una trasmissione alla tensione di linea di 150.000 volt.

I singoli elementi erano disposti come indica schematicamente la fig. 3.

Gli avvolgimenti secondari del trasformatore erano disposti in parallelo per ottenere la tensione massima di 160.000 volt. Il circuito alimentato con detta tensione era costituito da due grosse bobine di cavo, di una lunghezza di metri 120. Il punto di mezzo dell'avvolgimento secondario era messo



Fig. 2.

(1) Vedi: E. JONA, *Voltmetro elettrostatico per 200.000 volt*. Atti A. E. I. giugno 1905.

alla terra; una presa speciale è perciò fatta nel punto medio di ognuna delle due bobine in cui è diviso il secondario, come si vede nel trasformatore della fig. 1 (1). Similmente era a terra il piombo costituente l'armatura del cavo.

Il cavo era del tipo rappresentato in grandezza naturale nella fig. 4.

Esso è caratterizzato dalla particolare disposizione dell'isolante, il quale non è omogeneo, ma è formato in parte di carta, ed in parte di caoutchouc, secondo zone concentriche, aventi capacità indut-

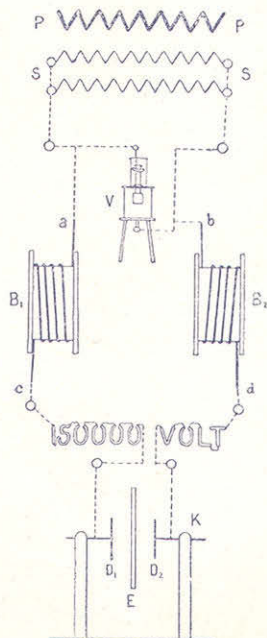


Fig. 3.

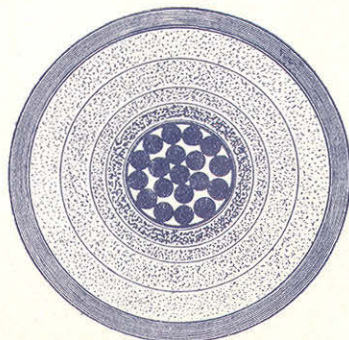


Fig. 4.

tive specifiche decrescenti dall'interno verso l'esterno, a fine di rendere più uniforme il gradiente del potenziale nei singoli strati.

Inoltre il conduttore interno è rivestito con un tubo di piombo, il quale ha lo scopo di rendere uniforme la curvatura della superficie metallica a contatto con l'isolante, ottenendosi con tale artificio una diminuzione del gradiente per lo strato in immediato contatto del conduttore (2).

(1) Questa disposizione della messa a terra del punto di mezzo del secondario di tali trasformatori è sempre stata adottata dall'Ing. Jona per evidenti ragioni di sicurezza; e tale dispositivo era già stato usato da lui nelle esperienze su cavi ad alta tensione esposti dalla Ditta Pirelli e C. in funzione alla Esposizione di Parigi (1900) di Torino (1898), ecc.

(2) Vedi: E. JONA, *Insulating Materials in High Tension Cables*. Atti del Congresso di Elett. di S.^t Louis. 1904 Volume 2.^o — Tradotta in *Industrie Electriche* 10-25 dicembre 1904 e *L'Elettricità* 18 novembre 1904.

In serie con dette bobine B_1, B_2 (fig. 3) si trovava una resistenza costituita da più tubi a vuoto, foggiate a formare la serotta "150.000 volt". Inoltre, poichè tali tubi non sarebbero stati sufficienti a sopportare la tensione totale, era fra essi intercalato un condensatore K a faccie piane D_1, D_2 , distanti 15 o 20 cm. con una lastra di ebanite frapposta E .

Un voltmetro elettrostatico come sopra descritto, V , misurava la tensione di 150.000 volt, fornita dal trasformatore.

A questa esperienza seguirono alcune prove sulla resistenza alla perforazione di tre pezzi di cavo, tagliati via dalle bobine della esperienza precedente.

Data la eccezionale tensione a cui si doveva sottoporre ogni tratto di cavo, una cura speciale era stata messa a rinforzare l'isolamento alle estremità, a fine di evitare che delle scariche superficiali si potessero produrre, prima della perforazione.

A questo scopo ogni estremità del cavo soggetto alla prova, era preparata come indica la fig. 5.

Il cavo era denudato del rivestimento esterno di piombo per una lunghezza di circa m. 1,50; quindi vi si era colata attorno una camicia di materia resinosa R, R , che presentava da una parte un rilevante ingrossamento, ed aveva interposto un isolatore di porcellana P a larghe ali.

I tre campioni sperimentati successivamente si perforarono alle tensioni rispettivamente di 208.000, 202.000 e 210.000 volt, applicate fra il conduttore interno C e la camicia esterna di piombo T . È rimarchevole la concordanza delle tensioni alle quali avvenne la perforazione nei tre esperimenti; tale concordanza non può derivare che da una estrema perfezione nella confezione dell'isolante, sia per rapporto alle sue qualità che alla maniera di applicarlo.

Il conduttore interno del cavo ha il diametro di 18 m/m, mentre il diametro esterno dell'isolante è di 48 mm; risulta uno spessore di 15 m/m per il rivestimento

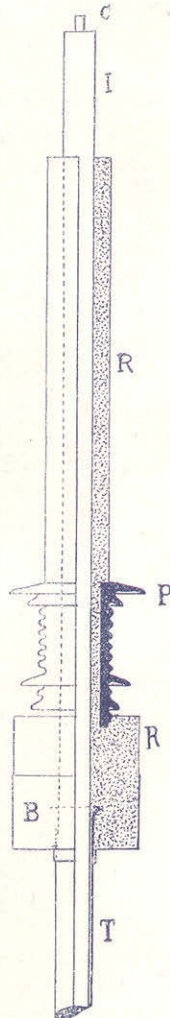


Fig. 6.

isolante. Questo spessore si perforò quindi alla tensione media di 205.000 volt, attestando una rigidità dielettrica certamente non comune.

Un altro tipo di cavo fu pure sottoposto alla prova di perforazione. La sezione di questo è indicata al vero sulla fig. 6. La corda interna di rame ha la sezione di 75 mm², è ricoperta, come il precedente cavo, con un tubo di piombo, ed è isolata quindi con strati di caoutchouc dello spessore totale di m/m 5,5, a questi è poi sovrapposta una corona di guttaperca di m/m 1,2, destinata ad assicurare l'assoluta impermeabilità all'acqua.

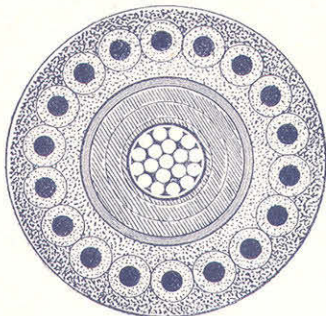


Fig. 6.

Diciamo subito che questo tipo di cavo appartiene ad una linea che la Ditta Pirelli e C., ha posata recentemente, attraverso il Lago di Garda, per un trasporto trifase, a 13.000 volt, dalla stazione generatrice del Ponale (6000 Kw.) a Rovereto.

Detto cavo doveva inoltre presentare anche una grande resistenza meccanica; per questo, come si vede in figura, esso è stato armato con 18 fili d'acciaio di 3 m/m di diametro. Sopra lo strato di guttaperca è disposto un rivestimento di juta, e su questa la serie dei 18 fili di acciaio, i quali sono pure singolarmente rivestiti di juta.

Nel caso particolare della trasmissione riferita, la linea trifase è formata di tre conduttori distinti. In simili condizioni il rivestimento applicato ad ogni filo d'acciaio, raggiunge lo scopo di aumentare la resistenza magnetica del campo attorno al cavo, e quindi di diminuire l'induttanza di quest'ultimo.

L'Ing. Jona accennò ad alcune sue esperienze, le quali portarono a riconoscere per simili cavi una resistenza induttiva, alla frequenza ordinaria, dello stesso ordine di grandezza della resistenza ohmica.

Dato lo spostamento di fase delle cadute di tensione dovute a queste due cause diverse, si vede come in generale l'induttanza in un cavo simile non sia elemento di perturbazioni nella trasmissione.

I campioni di cavo sottoposti alla prova di perforazione erano

stati liberati alle estremità, per una lunghezza di m. 1,20, dell'armatura e del rivestimento di juta.

In queste esperienze non si raggiunse la perforazione; alla tensione di 100.000 volt cominciarono a manifestarsi delle scintille superficiali intense che impedirono di elevare la tensione ulteriormente, nè d'altronde sarebbe stato possibile proteggere le estremità concolate di materie resinose, in causa della guttaperca che si sarebbe rammollita.

Un'altra esperienza importante aveva per iscopo di rendere palese l'effluvio che si sprigiona da un conduttore ad alta tensione, e come detto fenomeno apparisca a tensioni diverse a seconda dei diametri dei conduttori. Per questo una linea, stata tesa nel giardino adiacente al padiglione nella Ditta Pirelli e C., era formata con conduttori di differenti diametri, e precisamente corrispondenti a sezioni di 20, 40, 80 e 100 mm². I due conduttori di linea erano alla distanza di m. 1,60, sostenuti con isolatori Richard-Ginori, del tipo rappresentato nella fig. 7, che è il maggiore costruito dalla Casa; esso è stato studiato per tensioni di linea di 60.000 volt, e provato a 160.000.

L'effluvio cominciò a manifestarsi alla tensione di linea di 50.000 volt sulla corda di 20 mm² e così via man mano nelle corde maggiori, finchè a 100.000 volt avvenne anche in quella di 100 mm².

L'effluvio assorbe energia; ed a ridurre le perdite relative occorrono conduttori di grosso diametro; cosicchè, come fece osservare l'ing. Jona, per linee a potenziali così elevati, che entreranno un giorno o l'altro nella

pratica, si ricorrerà forse a corde di alluminio, oppure a corde di rame con un'anima di canape.

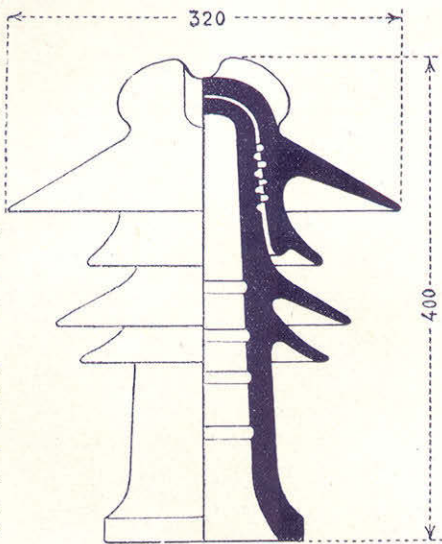


Fig. 7.

Alle tensioni di 150-200.000 volt, un ronzio intenso, come di una cascata d'acqua, si sprigionava dalla linea, e fiocchi d'effluvio molto abbondanti si distaccavano da ogni parte.

Alla tensione di linea di 290.000 volt, un arco si manifestò fra un isolatore ed il suo sopporto, ed impedì di elevare ulteriormente il potenziale. Anche in questa esperienza il punto di mezzo del secondario del trasformatore (che aveva qui i due avvolgimenti in serie) era a terra; dimodochè la tensione sopportata da un isolatore è solamente una metà della tensione di linea suindicata.

Era rimarchevole durante l'esperienza l'intensità del campo elettrostatico in ogni punto dell'ambiente, talchè apparirono luminosi dei tubi a vuoto che trovavansi perfettamente isolati e non avevano alcuna comunicazione con la linea, e si potevano ricavare scintille da ogni massa metallica isolata che si fosse toccata.

Chiuse le serie delle interessanti esperienze un fenomeno molto appariscente presentato mediante uno spinterometro rotativo.

Lo schema dei circuiti relativi a questo esperimento è rappresentato nella fig. 8. In questa, M indica un motore trifase; esso

trascina in rotazione due dischi di ebanite D_1, D_2 , che alla circonferenza, guarnita di un anello di bronzo, portano due bracci diametrali di filo di ferro ritorti, con le punte affacciate alla distanza di 10-12 centimetri.

Il trasformatore alimenta questo spinterometro mediante due spazzole che si appoggiano agli anelli di bronzo. In circuito trovasi una batteria di condensatori K , la quale poteva disporsi in parallelo allo spinterometro od in serie con esso.

L'esperienza aveva luogo alla tensione di 80.000-90.000 volt. La velocità del motore era di 1200 giri; la distanza delle punte dal centro era di cm. 50; ne risultava una velocità nella zona delle scintille di 60 metri

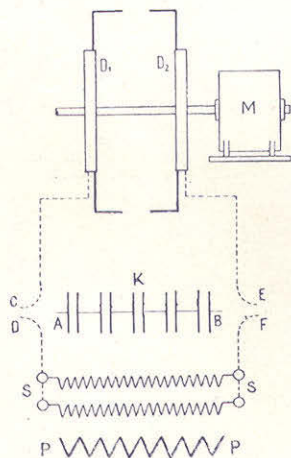


Fig. 8.

al secondo. Gli archi prodotti erano così soffiati violentemente.

Nell'oscurità il fenomeno si presentava come un cerchio leggermente interrotto di abbondanti scintille ruotante lentamente in senso inverso a quello del motore; naturalmente questa velocità inversa del cerchio luminoso, misurava lo *slip* del motore.

La differente disposizione della batteria di condensatori, alterava sensibilmente la qualità del fenomeno.

Con i condensatori in parallelo sullo spinterometro le scintille erano molto nutrite e fragorose, con i condensatori in serie invece erano più deboli, ma per altro molto più frequenti.

Non è qui il caso di illustrare l'eccezionale importanza delle esperienze, presentate con tanta precisione e chiarezza dal nostro egregio Presidente, Ing. Jona; esse valsero a lasciare in tutti un concetto più tangibile di tanti fenomeni, per i quali non basta il raziocinio per passare da un vago criterio qualitativo ad uno quantitativo d'intensità di effetti e di fenomeni secondari.



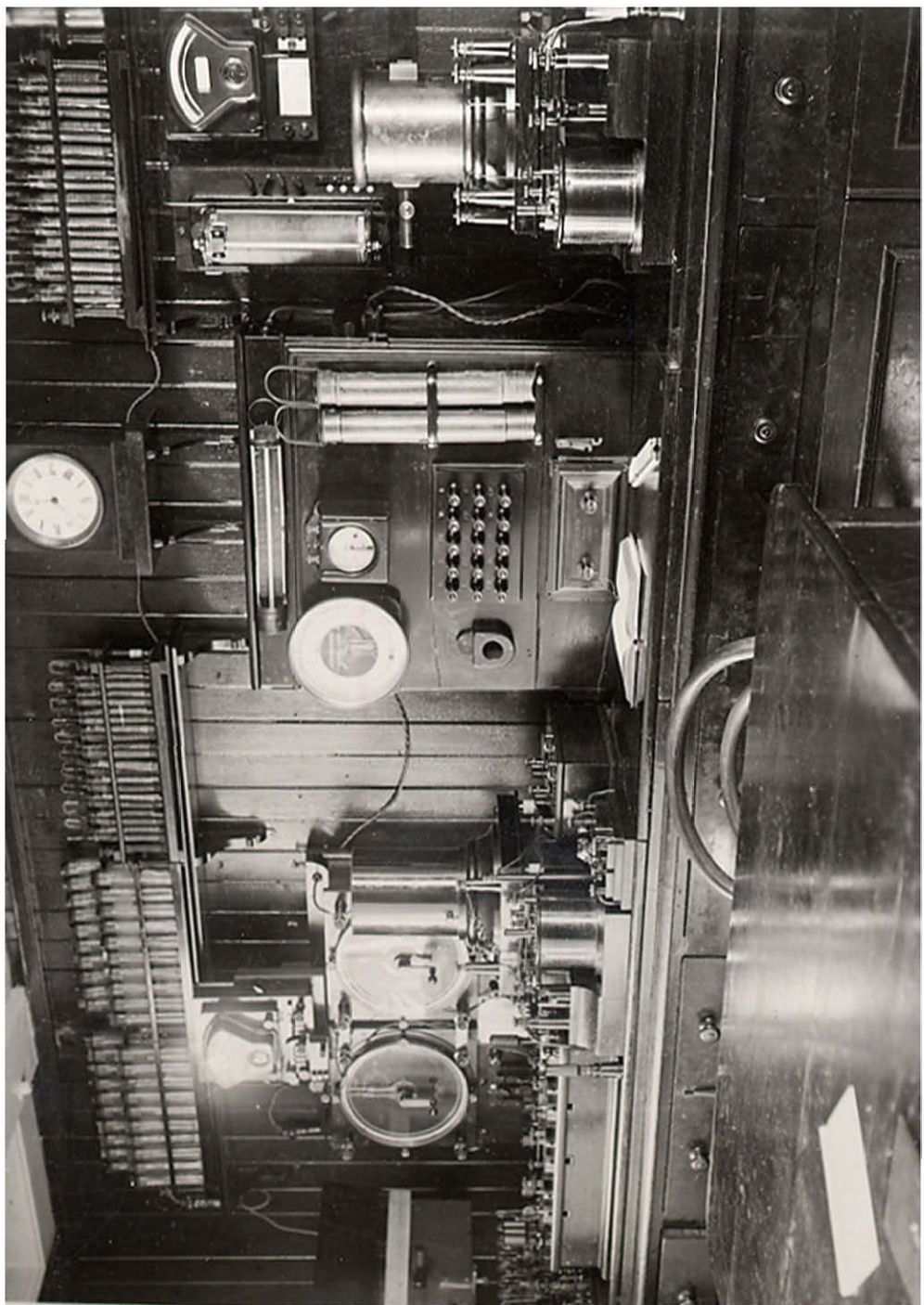


Tavola II

PIRELLI & C- Milano

DIAGRAMMI STATISTICI

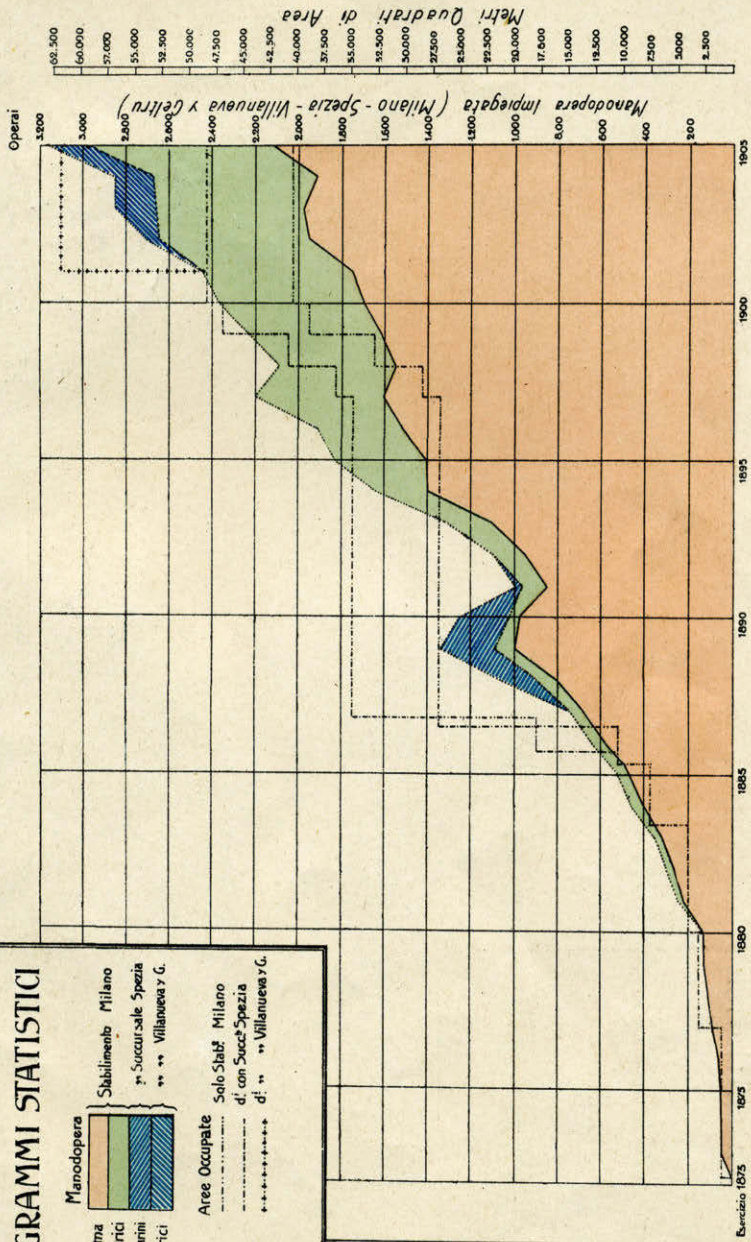
Manodopera

Lavoraz. Gamma
 " Lavi Elettrici
 "Cavi Sottomari
 " Cavi Elettrici

Stabilimento Milano
 " Succursale Spezia
 " " Villanueva y G.

Area Occupate

Solo Stabil. Milano
 di con Succ. Spezia
 di " " Villanueva y G.



PIRELLI & C. Milano

DIAGRAMMI STATISTICI

Totale Contributi della Ditta a
istituzioni di Previdenza e Soccorso

Contributo della Ditta alla
Cassa Privata Soccorsi e Prestiti

Operai ed Apprendisti
Operai ed Apprendiste

Salari
Medi
Giornalieri

Tavola III

