

L'INGEGNERIA CIVILE

B

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

Si discorre in fine del Fascicolo delle opere e degli opuscoli spediti franchi alla Direzione dai loro Autori od Editori

ELETTROTECNICA

CENNI SUI MOTORI ELETTRICI
A CAMPO MAGNETICO ROTANTE.

Nota dell'ing. RICCARDO ARNÒ.

La trasmissione elettrica dell'energia per mezzo di correnti continue non presenta inconvenienti quando si tratta di distanze per cui la differenza di potenziali più economica non eccede i 2000 od al massimo 3000 volt; ma allorché si devono impiegare differenze di potenziali molto maggiori, onde potere economicamente trasmettere l'energia elettrica a distanze di decine ed anche centinaia di chilometri, allora, a causa delle difficoltà provenienti dall'impiego di collettori e dal difficile isolamento delle macchine, devono venire applicati sistemi di trasmissione basati sull'impiego di correnti alternative. In tali sistemi, infatti, non solo le macchine generatrici e le ricettrici sono prive di collettori, che sono gli organi più delicati di qualsiasi macchina dinamo-elettrica o motore elettrico, ma le correnti, dopo essere state generate dalle prime e prima di azionare le seconde, possono in modo semplicissimo, sicuro ed economico venire trasformate mediante i noti trasformatori per correnti alternative, l'isolamento dei quali non offre difficoltà alcuna.

Fino a questi ultimi tempi però i soli motori a corrente alternata, che hanno ricevuto pratiche applicazioni, sono i così detti motori *sincroni*, rappresentati dagli ordinari motori a corrente alternata e costituiti da semplici macchine dinamo-elettriche a corrente alternata, adoperate in senso inverso, i quali hanno la proprietà di non poter funzionare che con una velocità determinata, corrispondente ad una frequenza uguale a quella della corrente prodotta dalla macchina generatrice. In questi l'autoregolabilità della velocità, lungi dall'essere una condizione difficile da ottenersi, è condizione essenziale di funzionamento, e sotto questo punto di vista essi sono i migliori che si possono desiderare, ed è certo per essi serbato un grande avvenire. In molti casi però tali motori, appunto in causa di questa impossibilità assoluta di funzionare a due velocità diverse, non possono assolutamente venire adoperati: essi, infatti, per un istantaneo sovraccarico, si fermano immediatamente e, affatto incapaci di mettersi in moto da se stessi, richiedono di essere portati alla velocità del sincronismo con mezzi indipendenti.

Se quindi il problema della trasmissione di energia per mezzo di correnti alternate poteva già, alcuni anni or sono, dirsi risolto per alcuni casi speciali, per moltissimi altri, e specialmente per i casi più frequenti nella pratica, quali sono quelli di distribuzioni di energia elettrica da stazioni centrali ad un grande numero di piccoli motori, non si conosceva ancora alcuna soluzione pratica del problema. Fra tutti i motori a corrente alternativa *asincroni*, capaci cioè di funzionare a qualunque velocità, non ne esisteva infatti alcuno, con cui si fossero potuti ottenere risultati sufficienti

per dar luogo ad una fabbricazione industriale: e gli è solo in grazia dei *motori a campo magnetico rotante* che una tale questione è stata completamente risolta.

E così, oltre i grandi vantaggi inerenti ai sistemi basati sull'impiego di correnti alternative e riguardanti la semplice generazione, facile trasformazione e quindi economica trasmissione delle correnti stesse a grande tensione e piccola intensità di corrente, vantaggi che indubitabilmente rendono tali sistemi, nel caso di trasmissioni a grande distanza, assai più semplici e pratici di quelli basati sull'impiego di correnti continue, un'altra ragione può fare in molti casi preferire quelli a questi, il fatto importantissimo cioè che si possono avere a disposizione motori a corrente alternativa sincroni ed asincroni, permutochè, a seconda delle circostanze, potranno adoperarsi quelli che maggiormente corrispondono allo scopo per cui sono impiegati: i primi hanno il vantaggio di una perfetta autoregolabilità, ed i secondi, mentre appunto più non possiedono la proprietà di non poter muoversi che sineronicamente col generatore, hanno all'opposto tutte le proprietà dei motori a corrente continua e possono quindi venire usati in tutte quelle applicazioni in cui questi sarebbero appropriati e convenienti.

Ed anzi in molti casi i motori a campo magnetico rotante, non solo possono venire adoperati cogli stessi vantaggi in luogo dei motori a corrente continua, ma essi si presentano a questi preferibili: basti accennare all'estrema semplicità della loro costruzione e soprattutto all'assenza non solo del collettore, ma anche delle spazzole e di qualsiasi contatto strisciante, con che, non potendosi assolutamente occasionare in tali motori alcuna pericolosa interruzione ed evitandosi completamente in essi ogni possibilità di scintillare, si rende più sicuro l'esercizio e si semplifica notevolmente il servizio.

I motori a campo magnetico rotante, inoltre, non solo godono, come tutti i motori asincroni, moltissimi vantaggi, ma possiedono nel modo più perfetto tutte le proprietà inerenti a tali motori. Essi si mettono in marcia da se stessi anche a pieno carico e possono raggiungere la velocità di regime quasi istantaneamente, conseguita la quale, muovono pressochè sineronicamente colla macchina generatrice anche per grandi variazioni nel carico; per un istantaneo sovraccarico non si fermano immediatamente, ma vanno corrispondentemente più lenti; possiedono, all'opposto degli ordinari motori a corrente alternata, un passo molto tranquillo, che rende possibile la loro applicazione anche in piccoli spazi chiusi; ed in essi, finalmente, l'inversione può farsi in un tempo brevissimo.

È scopo di queste note di dire qualche cosa del principio su cui riposano tali motori e degli studi più importanti che in questi ultimi tempi sono stati fatti a tale riguardo.

Nell'anno 1885 il prof. Galileo Ferraris, basandosi sull'analogia dei fenomeni ottici ed elettromagnetici e ripensando all'origine della luce polarizzata ellitticamente e circolarmente, dovuta alla combinazione di due movimenti



oscillatorii dell'ètere, si poneva la questione se un simile fenomeno non si sarebbe potuto ottenere sostituendo a queste due oscillazioni componenti le variazioni di due campi magnetici sovrapposti. Nello stesso modo, così ragionava il Ferraris, che l'origine della luce polarizzata ellitticamente riposa sulla combinazione di due semplici movimenti sinusoidali di ugual periodo, normali l'uno all'altro e differenti nella loro fase, così se in uno spazio si sovrapponesero due campi magnetici alternativi sinusoidali, di ugual frequenza, aventi direzioni diverse e presentanti l'uno rispetto all'altro una differenza di fase, si dovrebbe ottenere in quello spazio un campo magnetico risultante, che non si annulla in nessun istante e la direzione del quale ruota, compiendo un giro in ogni periodo dei campi magnetici componenti: un tale campo potrebbe allora per ogni punto rappresentarsi in grandezza ed in direzione col raggio vettore di un'ellisse avente il centro in quel punto. Nello stesso modo poi che la luce polarizzata circolarmente si ottiene allorché le ampiezze delle due oscillazioni componenti sono uguali e lo spostamento di fase tra le due oscillazioni medesime è di 90° , così se, in particolare, i due campi componenti fossero l'uno all'altro perpendicolari, se avessero uguali intensità e se la loro differenza di fase corrispondesse ad un quarto di periodo, l'ellisse si ridurrebbe ad un cerchio, il che è quanto dire che il campo magnetico risultante avrebbe allora un'intensità costante ed una direzione, la quale ruoterebbe con velocità uniforme, compiendo un giro in ogni periodo. Ora, siccome i due campi magnetici alternativi sinusoidali si possono produrre, in uno spazio occupato da materia non magnetica, per mezzo di due correnti alternate sinusoidali circolanti in due spirali, gli assi delle quali comprendano fra di loro un angolo, retto nel caso particolare in cui i due campi componenti debbano essere perpendicolari l'uno all'altro, così, seguendo il ragionamento del Ferraris, si dovrebbe poter produrre, per mezzo di due semplici correnti alternative, operanti in spirali immobili, un campo magnetico rotante ed ottenere quindi con questo tutti gli effetti che si ottengono per mezzo della rotazione di una calamita.

Le ingegnose previsioni dell'illustre scienziato furono infatti confermate dalle esperienze fondamentali, che egli eseguì nel laboratorio di elettrotecnica del Museo Industriale Italiano nei mesi di agosto e settembre dell'anno 1885, esperienze che sono descritte nella celebre Memoria sulle *Rotazioni elettrodinamiche prodotte per mezzo di correnti alternate* (1), in cui l'inventore espone il suo principio in un modo generale e notevolissimo, e che è quindi, anche per le ulteriori considerazioni, indispensabile di ricordare brevemente.

Se in un punto O (fig. 17) si sovrappongono due campi magnetici di direzioni Ox ed Oy diverse, per esempio perpendicolari, essi danno luogo ad un campo magnetico risultante, l'intensità OI del quale si ottiene componendo le intensità OA , OB dei due campi magnetici come due forze, purchè però lo spazio in cui i due campi si trovano sia occupato da materia, il cui coefficiente di permeabilità magnetica abbia in tutti i punti il medesimo valore. Se le intensità dei due campi componenti variano in funzione del tempo, anche OI varia in funzione del tempo e quindi il punto I descrive una curva, chiusa nel caso in cui i campi magnetici sono periodici: se poi questi variano colla legge sinusoidale ed hanno il medesimo periodo, allora il campo magnetico risultante varia secondo la legge che si deduce dall'equazione ottenuta eliminando il tempo. Ora, se il valore angolare della differenza di fase è uguale a 0 , tale

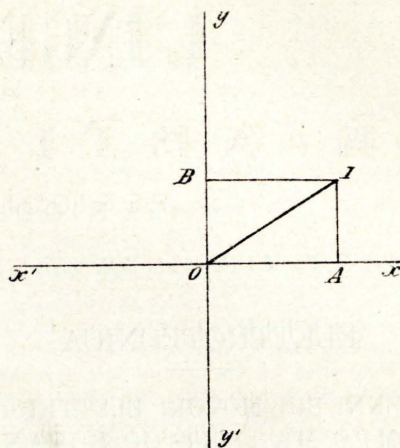


Fig. 17.

equazione è quella di una linea retta passante per l'origine, e quindi il campo magnetico risultante è semplicemente un campo magnetico alternativo; ma se invece il valore angolare della differenza di fase è diverso da 0 , ed in particolare, supposte normali fra di loro le direzioni dei due campi, uguale a 90° , allora l'equazione è quella di un'ellisse di centro O , onde in tal caso OI è il raggio vettore di un'ellisse descritto dal punto I , vale a dire si ha un campo magnetico rotante, l'intensità del quale non si riduce mai a 0 . Un campo così prodotto viene spesso denominato *Campo di Ferraris*. Se, in particolare, le intensità massime dei due campi magnetici componenti sono uguali fra di loro, l'ellisse si riduce ad un cerchio di centro O , per cui in questo caso speciale il campo magnetico rotante ha un'intensità costante uguale al valor massimo delle intensità dei due campi magnetici componenti.

Nei suoi classici esperimenti, destinati soprattutto a verificare il principio, il Ferraris non otteneva le due correnti alternate direttamente in due circuiti distinti, mediante una macchina dinamo-elettrica appositamente costruita, avente, per esempio, sull'armatura due sistemi di spirali; ma, non avendo a disposizione una tale macchina, egli molto ingegnosamente ricavava tali correnti da un unico circuito, e ciò in due modi diversi. Un primo modo consisteva nell'adoperare le correnti di due circuiti derivati, nei quali erano inserite resistenze apparenti uguali, ma costituite essenzialmente l'una da una grande resistenza reale e l'altra da una grande resistenza di selfinduzione. Un altro modo consisteva invece nell'utilizzare, per produrre i due campi magnetici alternativi, le due correnti primaria e secondaria di un trasformatore, nella spirale primaria del quale si faceva passare la corrente data e nel circuito secondario del quale veniva inserita una conveniente resistenza esente da autoinduzione.

Una modificazione di questo secondo modo di ricavare le due correnti da un unico circuito consiste nel produrre la seconda corrente alternativa di cui si ha bisogno in una delle spirali impiegate per la produzione dei campi magnetici, chiudendola su se stessa e disponendola obliquamente all'altra spirale, che viene allora inserita nel circuito della corrente data: tale modificazione si trova applicata nel contattore per correnti alternative di Schallenberger, funzionante sul principio del campo magnetico rotante.

Risolto il problema di ottenere le due correnti alternate necessarie alla produzione dei due campi magnetici alternativi, per verificare l'esistenza del campo magnetico rotante,

(1) *Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino*, vol. XXIII.

risultante dalla sovrapposizione di questi, si presentarono tosto alla mente del Ferraris tutti gli effetti che si possono ottenere per mezzo della rotazione di un magnete, e fra gli altri i fenomeni d'induzione che si presentano allorquando si ripete l'antica e classica esperienza di Arago, consistente nel far rotare una calamita in vicinanza di una massa conduttrice, per esempio di un disco di rame. Se un magnete ruota rapidamente al disopra di un disco di rame, quest'ultimo, nel passare sotto i poli del magnete, diviene la sede di un sistema assai complicato di forze elettromotrici, che produce un sistema egualmente complicato di correnti, le quali, per la legge di Lenz, si oppongono alla rotazione delle linee di forza emananti dal magnete: in grazia allora della reazione di queste linee di forza su quelle correnti si producono tra il magnete ed il disco delle forze meccaniche che obbligano quest'ultimo a seguire il magnete nella propria rotazione, precisamente come se una specie di frizione elettromagnetica esistesse tra la calamita ed il disco. E tali fenomeni d'induzione furono ottenuti dal prof. Ferraris non appena egli sospese nello spazio compreso nelle due spirali, percorse dalle due correnti alternate, un piccolo cilindro di rame, vuoto e chiuso, sostenuto da un filo. Finchè una sola delle due spirali era attraversata dalla corrente, il cilindretto rimaneva immobile, ma allorquando entrambe le spirali erano rispettivamente percorse dalle due correnti, il piccolo cilindro incominciava subito a rotare attorno al proprio asse; e se, mentre il medesimo stava girando in un certo senso, una delle due correnti veniva invertita, il che equivaleva a far variare di un mezzo periodo la fase di tale corrente, la rotazione si rallentava rapidamente e tosto s'estingueva per ricominciare nel verso opposto.

Ma altri fenomeni, oltre quelli d'induzione testè accennati, si possono ottenere per mezzo della rotazione di un magnete e si presentarono quindi al Ferraris per dimostrare l'esistenza del suo campo magnetico rotante. E così in una esperienza egli adoperò un cilindretto di ferro formato con tanti dischi uguali di lastra sottile separati ed isolati per mezzo di dischetti di carta frapposti, per modo che in esso non si potessero produrre le correnti indotte per mezzo delle quali si spiegano i risultati ottenuti col rame. La rotazione si produsse allora egualmente in grazia del ritardo col quale la magnetizzazione dei dischi di ferro segue la rotazione del campo magnetico a cui è dovuta.

Quantunque, nella sua Memoria, il Ferraris non si fosse proposto che di enunciare e dimostrare il principio del campo magnetico rotante, pur tuttavia egli accenna alla possibilità di costruire su tale principio un motore elettrico per correnti alternative, ed anzi, a tal proposito, egli descrive un modello di motore, non collo scopo di presentare un apparecchio destinato a servire come mezzo di trasformazione industriale di energia, ma piuttosto per dimostrare la possibilità di applicare il principio alla costruzione di contatti e di altri strumenti di misura, come in seguito da molti fu fatto con successo.

Intanto, qualche anno dopo i lavori di Ferraris, e precisamente nel maggio dell'anno 1888, venivano accordati in America al signor Nikola Tesla, di Pittsburgh, brevetti di privativa riguardanti l'invenzione di un nuovo motore elettrico per correnti alternative. Quantunque però tale motore funzioni, come vedremo, sul principio del campo magnetico rotante, esso fu immaginato dal Tesla partendo da considerazioni affatto diverse ed assai meno generali di quelle da cui era partito il Ferraris per trovare il suo principio, per cui non vi può essere certamente alcun dubbio che il primo di questi due uomini eminenti abbia lavorato indipendentemente dal secondo dall'altra parte del mondo. L'uno, il Ferraris, ha il merito di avere inventato il principio del

campo magnetico rotante in generale dimostrando la possibilità di applicarlo alla costruzione di strumenti di misura e di motori elettrici per correnti alternative; l'altro, il Tesla, ha il merito di aver costruito i primi apparecchi basati su questo principio destinati a servire come mezzo di trasformazione industriale di energia.

Immaginiamo, per farci un'idea chiara dei ragionamenti che condussero il Tesla alla costruzione dei suoi motori, un nucleo di ferro anulare A (fig. 18), convenientemente sezio-

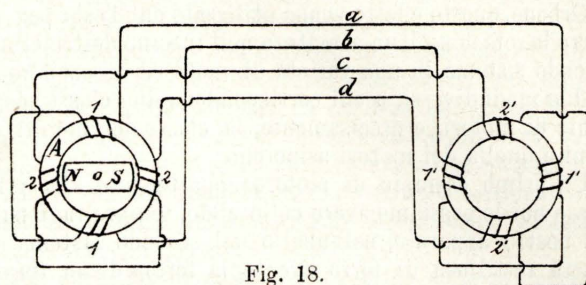


Fig. 18.

nato in guisa da essere suscettibile a rapide variazioni di magnetizzazione, con due spirali 1, 1' diametralmente opposte, connesse in serie tra di loro e, mediante due conduttori a, b, con due altre spirali 2, 2', formanti parte di un sistema perfettamente analogo al primo ed a qualunque distanza dal medesimo. Se noi collochiamo nello spazio circolare racchiuso dal primo anello un magnete rettilineo NS, in modo che esso possa rotare attorno al centro dell'anello stesso, noi otterremo nella spirale 1, 1', allorquando la calamita è posta in rotazione, una forza elettromotrice indotta alternativa, che darà luogo ad una corrente la cui direzione cangia due volte in ogni rivoluzione: tale apparecchio ci rappresenterà allora, nella sua forma più semplice, un ordinario generatore a corrente alternata, con induttore mobile ed armatura fissa. Ciò posto, tale corrente, nel passare attraverso alla spirale 1' 1' del secondo sistema, magnetizza il nucleo di ferro in guisa da sviluppare alternativamente polarità nord e sud in due punti diametralmente opposti dell'anello: l'effetto è quello che si avrebbe allorquando si collocasse in quest'ultimo un magnete rettilineo che potesse accorciarsi ed allungarsi secondochè l'intensità della corrente va diminuendo od aumentando, e tale che la sua polarità venisse invertita ogni volta che esso si annulla. Sinora, per conseguenza, la rotazione di un magnete reale nel primo sistema sviluppa semplicemente polarità alternativamente nord e sud in due determinati punti diametralmente opposti dell'anello del secondo sistema. Ma duplichiamo adesso l'apparato di cui abbiamo detto aggiungendo tanto sull'anello del primo quanto su quello del secondo sistema un'altra coppia di spirali 2, 2', diametralmente opposte, ad angolo retto con quelle già esistenti e connesse in serie tra di loro. Allora, supposto il magnete del primo apparecchio in rotazione, si produrrà nella nuova spirale 2, 2' una forza elettromotrice indotta alternativa e quindi una corrente alternativa che cangia due volte di direzione in ogni rivoluzione, precisamente come la corrente che si produce nella spirale 1, 1' già esistente: con questa differenza però che, mentre l'intensità dell'una ha il massimo valore positivo o negativo, l'intensità dell'altra è zero, e viceversa. E questa corrente, percorrendo la nuova spirale 2' 2' del secondo sistema, magnetizza, per proprio conto, il nucleo di ferro, così da sviluppare alternativamente polarità nord e sud in due punti diametralmente opposti del nucleo stesso e ad angolo retto con le polarità nord e sud sviluppate alternativamente dalla corrente

percorrente l'altra spirale 1'1'. Gli è come se si collocasse nell'anello un altro magnete rettilineo, che, analogamente al primo, si potesse accorciare ed allungare e tale che la sua polarità s'invertisse tutte le volte che esso si annulla: tra i due magneti immaginari esisterebbe però questa differenza che mentre l'uno avrebbe la massima lunghezza l'altro si annullerebbe, e viceversa. Nell'anello del secondo sistema dell'apparato ora descritto si produce adunque, per ogni rivoluzione del magnete del primo sistema, un corrispondente progressivo spostamento delle polarità nord e sud, che continuamente si sviluppano in due punti diametralmente opposti del nucleo.

Orbene, questo effetto venne utilizzato dal Tesla per produrre la rotazione di un'armatura nell'interno dell'anello del secondo sistema in una varietà di modi ed essenzialmente in due modi diversi, a cui corrispondono due classi ben distinte di motori, e precisamente, la classe dei motori sincroni e quella dei motori asincroni.

Un primo esempio di motore appartenente alla prima classe noi lo possiamo avere collocando, sempre ragionando sul nostro apparato, nell'anello del secondo sistema una sbarra rettilinea di ferro avente la forma di un disco, a cui siano stati portati via due segmenti, e montata su di un albero in modo da poter rotare nell'anello stesso. Allora, tale sbarra, tendendo ad assumere quella posizione in cui essa abbraccia il maggior numero di linee d'induzione magnetica, verrà posta in rotazione seguendo il movimento di tali linee, seguendo cioè il progressivo spostamento dei punti di più grande attrazione. E poichè la sbarra di cui si tratta ha la tendenza di seguire continuamente questi punti, che sono spostati intorno all'anello una volta per ogni rivoluzione della parte mobile della macchina generatrice, ne segue che il movimento del nostro motore sarà sincrono con quello della macchina generatrice stessa.

Un'altra forma di motore, funzionante in modo analogo a quello testè descritto, e che può quindi venire usato in sua vece, si può avere tenendo fisso il disco di ferro e facendo invece mobile l'anello. Quest'ultimo può allora venire sostituito da un nucleo a tamburo convenientemente suddiviso ed avvolto longitudinalmente con due spirali, le quattro estremità libere delle quali sono rispettivamente connesse a quattro anelli di contatto isolati, portati dall'albero, sui quali si appoggiano le spazzole che conducono alle spirali le correnti destinate ad azionare il motore: un involucro di ferro abbracciante il cilindro farà allora le veci del disco magnetico. Le due correnti prodotte dalla macchina generatrice e che vengono trasmesse alle spirali del motore impartiscono allora al nucleo di quest'ultimo poli magnetici che si spostano costantemente e che ruotano intorno al nucleo stesso: in grazia di questo effetto e della forza attrattiva tra l'involucro ed i poli dell'armatura, quest'ultima viene posta in rotazione, e la velocità di rotazione aumenta dalla messa in marcia finchè essa uguaglia quella del generatore, supposto che questo sia identico al motore da esso azionato. Poichè però in tal caso l'armatura si muove relativamente all'involucro o magnete di campo, il suo movimento si effettua nella direzione opposta al progressivo spostamento dei poli; e, quando la velocità normale è ottenuta, i poli dell'armatura assumono una posizione fissa relativamente al magnete di campo, per cui quest'ultimo, per il fenomeno dell'influenza magnetica, presenta due poli distinti in corrispondenza dei due pezzi polari. Nella messa in moto del motore, pertanto, essendo la velocità dell'armatura comparativamente piccola, detti pezzi polari sono soggetti a rapide inversioni di polarità magnetica; ma siccome la velocità va aumentando, così queste inversioni divengono sempre meno e meno frequenti, finchè

finalmente esse cessano quando il movimento del motore diviene sincrono con quello del generatore.

Orbene, è facile a vedersi che l'effetto del motore, rimanendo costante la sua grandezza, può venire notevolmente aumentato, avvolgendo l'involucro di ferro o magnete di campo con una spirale percorsa da una corrente continua, e mantenendo quindi, mediante tale corrente, un campo magnetico costante.

Abbiamo detto che l'azione del generatore, che può essere di identica costruzione del motore, causando un progressivo spostamento dei poli nell'armatura di quest'ultimo, stabilisce in essa una rotazione in direzione opposta a quella in cui i poli stessi si muovono: se si fa allora passare attraverso alle spirali di campo una corrente continua, così da azionare fortemente il magnete, la velocità del motore, che dipende da quella del generatore, non è aumentata, ma è invece accresciuta la forza che produce la sua rotazione in proporzione all'energia, fornita attraverso alle spirali magnetizzanti. Però, se il magnete di campo del motore è fortemente azionato dalle sue spirali, supponendo il generatore ad una certa velocità, il motore non si mette in moto; ma se il magnete di campo è leggermente azionato, ed in generale in tal guisa che preponderi l'influenza magnetica dell'armatura sull'influenza della corrente attraversante le spirali magnetizzanti, allora il motore si pone in marcia per raggiungere, dopo un certo tempo, la sua velocità normale. Per questa ragione è conveniente di lasciare, finchè il motore ha conseguita la velocità di regime o pressochè tale velocità, il circuito di campo aperto, od almeno di non lasciar passare attraverso ad esso che una corrente di debole intensità.

In un motore funzionante su questi principî, presentato dalla casa Schuckert di Norimberga all'Esposizione di elettricità a Francoforte sul Meno, e sul quale noi ritorneremo più tardi, era adottata un'ingegnosa disposizione per verificare l'istante in cui, le condizioni del sincronismo essendo raggiunte, la corrente continua doveva venire inviata attraverso alle spirali magnetizzanti: un tale artificio consisteva semplicemente nell'applicare a queste spirali un voltmetro ordinario. Finchè la velocità del campo e dell'armatura non sono uguali, finchè cioè il motore non corre sincrono colla macchina generatrice, avviene, come abbiamo detto, una variazione del flusso d'induzione attraverso i nuclei delle spirali, la quale genera nelle spirali stesse una forza elettromotrice considerevole, ma che diventa però piccolissima allorquando è divenuta piccolissima la variazione del flusso, come avviene non appena il sincronismo è quasi raggiunto. Ne segue che alla messa in marcia il voltmetro darà dapprima una notevole deviazione e poi ritornerà a poco a poco indietro, sino a dare, corrispondentemente alla velocità di regime, una deviazione piccolissima, che la pratica insegna a discernere. E se allora i magneti di campo vengono eccitati, il voltmetro, che prima serviva al riconoscimento del sincronismo, indicherà la tensione della corrente di eccitazione e servirà quindi per la regolazione della medesima.

Nei motori testè descritti, i quali hanno la proprietà di mantenere una velocità uniforme per tutti i carichi nei loro normali limiti di lavoro, la rotazione è prodotta e mantenuta in grazia di un progressivo spostamento dei poli di una delle parti del motore, del magnete di campo, per esempio, e della conseguente attrazione di detti poli su di un'armatura mobile, la quale viene perciò messa in rotazione nella direzione del movimento dei poli stessi.

Ma tale spostamento di poli può anche venire utilizzato siccome quello atto a produrre un campo magnetico rotante, e per costruire quindi dei motori operanti su questo principio, i quali posseggono, fra le altre proprietà, quella im-

portantissima di essere asincroni. Collochiamo nell'anello, in cui il progressivo spostamento di poli vien generato, un cilindro o disco di ferro dolce, convenientemente sezionato, mobile intorno all'asse dell'anello stesso e portante due spirali di filo di rame isolato avvolte ad angolo retto l'una rispetto all'altra ed aventi le loro rispettive estremità riunite in guisa da formare ciascheduna un circuito chiuso separato. I fenomeni che allora si presentano sono evidentemente gli stessi che si hanno allorquando si ripete l'esperienza fondamentale di Ferraris, per cui il cilindro mobile vien posto in rotazione nell'interno dell'anello nella stessa direzione in cui si effettua lo spostamento dei poli nell'anello stesso: senonchè, in tal caso, l'apparecchio può essere destinato, per il modo con cui esso è costruito, a servire come mezzo di trasformazione industriale di energia. In un tale apparecchio noi abbiamo infatti, come in quello primitivo di Ferraris, un conduttore, costituito in questo caso dal sistema di spirali chiuse su se stesse, collocato in un campo magnetico rotante, con la differenza però che quest'ultimo non è più semplicemente generato in uno spazio occupato da materia non magnetica, ma bensì in uno spazio per la massima parte occupato da ferro, come è necessario, allorquando si tratta di un apparecchio industriale, onde ottenere, fra l'anello ed il nucleo mobile, un campo molto intenso. Per soddisfare anche meglio una tale condizione, basterà avvolgere le spirali, percorse dalle correnti generanti il campo magnetico rotante, sopra proiezioni polari facenti parte dell'anello od unite all'anello stesso, in guisa da poter ridurre lo spazio racchiuso tra questo ed il nucleo dell'armatura a quello strettamente necessario per contenere i conduttori in cui si producono, per l'influenza del campo rotante, le correnti indotte.

Inoltre, nell'apparecchio di cui ci stiamo occupando, si producono le due correnti destinate a generare il campo magnetico rotante per mezzo di una macchina dinamo-elettrica appositamente costruita, la quale può essere costituita da un'armatura cilindrica, su cui sono avvolte ad angolo retto l'una rispetto all'altra due spirali indipendenti, mobile tra le braccia polari di un elettromagnete permanentemente magnetizzato per mezzo di una corrente continua. E che questa sia condizione essenziale da soddisfarsi emerge immediatamente dal fatto che, per costruire un apparecchio industriale, si è dovuto avvolgere su nuclei di ferro le spirali destinate ad essere percorse dalle due correnti alternative. Secondochè, infatti, si adoperano due correnti alternative generate direttamente da una macchina speciale, oppure si ricavano le due correnti da un'unica corrente alternativa, le condizioni in cui si trova il motore sono molto diverse. Nel primo caso, essendo le due correnti prodotte in due circuiti distinti mediante un'apposita macchina generatrice, colla differenza di fase necessaria per la produzione del campo magnetico rotante, esse conservano tale differenza di fase alla sola condizione che le induttanze dei due circuiti non siano molto diverse fra di loro: per cui il circuito magnetico del motore può allora essere costituito da ferro. Nel secondo caso, invece, in cui si adopera una sola corrente alternativa prodotta dalla macchina generatrice e la seconda si ottiene da questa, le cose sono ben diverse, poichè, per ottenere la differenza di fase richiesta, è necessario, a meno di far uso di condensatori, di inserire nel circuito di una delle spirali una resistenza reale tanto più grande quanto più è grande la resistenza apparente di autoinduzione della spirale stessa. Ma siccome, allorquando si tratta di apparecchi industriali, in cui è indispensabile di far uso di un circuito magnetico costituito nella massima parte da ferro, il coefficiente di induzione propria di tale spirale deve essere necessariamente molto grande, così anche tale deve

essere la resistenza che bisogna inserire nel circuito della medesima: si è quindi allora costretti, in causa di tale resistenza, a sprecare una notevole quantità di energia coll'unico scopo di produrre la differenza di fase. Questa è la ragione per cui il Ferraris, non potendo produrre direttamente le due correnti in due circuiti distinti, costruì senza ferro il primo motore a campo magnetico rotante, che servì alle esperienze fatte nel 1885.

Se, pur trattandosi di un apparecchio industriale, si volessero ricavare le due correnti, destinate alla produzione del campo magnetico rotante, da un'unica corrente alternativa, allora potrebbe convenire di ottenere, come fecero i signori Hutin e Leblanc, la voluta differenza di fase tra le due correnti mediante l'impiego di condensatori, i quali, com'è noto, hanno la proprietà, allorquando essi vengono inseriti in circuiti percorsi da correnti alternate, di produrre, per quanto riguarda la fase della corrente, effetti opposti a quelli dovuti all'autoinduzione. La cosa però non ha per ora molta importanza, ma potrebbe certamente acquistarne moltissima allorquando diventassero veramente pratici i condensatori.

Il motore, che abbiamo ora descritto nelle sue parti essenziali, funziona, come si è visto, in grazia delle correnti indotte di cui è sede il sistema di spirali chiuse su se stesse situato nel campo magnetico rotante, a cui le correnti stesse sono dovute. Ora tali correnti sarebbero nulle allorquando l'armatura fosse immobile relativamente al campo, vale a dire allorquando la prima si muovesse colla stessa velocità di rotazione del secondo: è anzi precisamente per soddisfare a questa condizione della relativa immobilità che l'armatura ruota nel campo e nello stesso senso di questo. Siccome adunque queste correnti possono solamente essere prodotte allorquando esiste una differenza di velocità tra l'armatura ed il campo rotante, ne segue che un motore fondato su tale principio è necessariamente asincrono. Allorquando il motore non è carico, ma liberamente in moto, la rotazione dell'armatura è pressochè sincrona colla rotazione del campo, ed in queste circostanze le spirali sono attraversate da correnti di debole intensità; ma se un carico è aggiunto la velocità tende a diminuire, con che sono accresciute le correnti indotte e quindi proporzionatamente la coppia di rotazione che viene esercitata sull'armatura. Ne consegue da ciò per tali motori la proprietà inerente a tutti i motori asincroni di mettersi spontaneamente in moto; e tale pregio è qui ancora accresciuto per il fatto che il verso della rotazione è determinato e costante per un dato collegamento dei circuiti e si può invertire pressochè istantaneamente invertendo semplicemente le connessioni di uno dei due circuiti agenti, con che si fa variare di un mezzo periodo la differenza di fase fra le due correnti e si inverte quindi la rotazione del campo magnetico risultante.

Dalle considerazioni fatte emerge tutta l'importanza che possono avere i nuovi motori elettrici basati sull'impiego del campo magnetico rotante, importanza che è notevolmente accresciuta dall'estrema semplicità della loro costruzione, e soprattutto dall'assenza del collettore ed anche, se si vuole, di qualsiasi contatto strisciante. Ma v'ha di più ancora: tali motori, oltre i pregi importantissimi, di cui or ora abbiamo fatto cenno, sono suscettibili di essere combinati con motori sincroni in modo da avere apparecchi che alla messa in moto siano attivati dalle correnti indotte e che, allorquando la velocità di sincronismo è ottenuta, continuino a funzionare come motori sincroni. Prendiamo infatti a considerare il motore sincrono di Tesla, che agisce in grazia di un progressivo spostamento di poli nella sua armatura e di cui abbiamo più sopra parlato, e mettiamo in corto circuito le spirali, che sono destinate, allorquando

venono attraversate da una corrente continua, ad azionare fortemente il magnete di campo.

Noi otterremo allora un motore a campo magnetico rotante, nel quale le spirali, in cui le correnti sono prodotte da induzione, sono tenute stazionarie e nel quale le correnti alternative prodotte dalla macchina generatrice vengono quindi condotte alle spirali rotanti induttrici per mezzo di appropriati contatti striscianti: un tale motore funzionerà nella stessa guisa di quello dianzi descritto, se nonchè in tal caso il movimento della parte mobile non si effettuerà più, come prima, nella stessa direzione in cui ruota il campo magnetico, ma in direzione opposta. Ma noi abbiamo visto, parlando del motore sincrono di Tesla a cui stiamo alludendo, che, se la macchina generatrice è ad una certa velocità ed il magnete di campo del motore fortemente azionato dalla corrente che attraversa le sue spirali, il motore non si mette in moto: e noi abbiamo allora accennato alla convenienza di lasciare, finchè il motore ha conseguita la sua velocità normale o pressochè tale velocità, il circuito di campo aperto, od almeno non percorso che da una corrente di debole intensità. Ebbene, noi possiamo aumentare considerevolmente lo sforzo rotante nella messa in marcia, combinando tale motore con uno a campo magnetico rotante, il che si ottiene semplicemente, per quanto abbiamo detto, avvolgendo sul magnete di campo, oltre alle spirali percorse da corrente continua, delle spirali chiuse su se stesse. Il motore si metterà allora rapidamente in movimento, esercitando una notevole coppia di rotazione, in virtù delle correnti indotte dal campo rotante nelle spirali chiuse in corto circuito, ed appena raggiunta la velocità corrispondente al sincronismo, esso la conserverà in grazia dell'azione reciproca tra i poli rotanti nella armatura ed i poli fissi del magnete di campo eccitato dalle spirali percorse dalla corrente continua. Un tale apparecchio si comporta adunque come un ordinario motore a corrente alternata e possiede quindi la proprietà di muovere sincronicamente col generatore, con questa differenza, però, che, allorchando per un sovraccarico esso si arresta tutto ad un tratto, è sempre pronto a rimettersi in moto non appena il sovraccarico vien tolto, il che non succede nel caso di un alternatore ordinario.

Se però colle disposizioni immaginate dal Tesla, di cui abbiamo detto, noi possiamo passare dal motore primitivo di Ferraris ad un motore industriale dotato di tutti i pregi inerenti agli apparecchi fondati sul principio delle rotazioni elettrodinamiche, un tale motore, allorchando deve essere di potenza considerevole, non è scevro di inconvenienti.

Anzitutto, se si eccettua il caso in cui, per essere il motore di piccolissima potenza, non ha importanza il suo rendimento, esso deve venire eccitato, come abbiamo visto, con due correnti alternative generate direttamente da un'apposita macchina dinamo-elettrica e distribuite per mezzo di due circuiti distinti, e quindi di quattro, o, il filo di ritorno potendo essere lo stesso per le due correnti, almeno tre conduttori.

Inoltre, per il fatto che per avere un apparecchio industriale si è dovuto generare il campo magnetico rotante in uno spazio occupato nella massima parte da ferro e quindi non più magneticamente omogeneo, come nel caso di un campo di Ferraris, ne risulta che molte delle condizioni che devono essere soddisfatte per poter ammettere la costanza dell'intensità e l'uniformità della velocità di rotazione del campo magnetico, come l'uguale ripartizione delle linee d'induzione, possono non essere più realizzate. Ma vi ha di più, e ciò è più importante ancora, mentre in uno spazio occupato da materia non magnetica, come era quello

in cui sperimentava il Ferraris, si produce, con una corrente alternativa sinusoidale, un flusso d'induzione magnetica che è eguale al flusso di forza magnetica e che varia quindi anch'esso colla legge sinusoidale, qui invece questo più non si verifica, poichè nello spazio occupato dal ferro l'induzione magnetica è uguale alla forza magnetica moltiplicata per il coefficiente di permeabilità magnetica del ferro, che non è una grandezza costante.

Ora tutti i motori a corrente alternativa asincroni, che noi conosciamo, oltre quelli a campo magnetico rotante, sono motori a campo oscillante, poichè in essi la corrente alternativa data passa nelle spirali producenti il campo magnetico: anche nei motori a campo magnetico rotante si verificheranno adunque, benchè in assai minor proporzione, gli inconvenienti inerenti a tutti gli altri motori asincroni per correnti alternative. Questi ultimi, infatti, appunto perchè sono motori a campo oscillante, hanno un'autoinduzione notevole e che può anche essere grandissima, se è grande la loro potenza. Ora, siccome il lavoro meccanico che fa un motore a corrente alternata è proporzionale al coseno della differenza di fase tra l'intensità efficace della corrente alternativa che lo attraversa e la differenza di potenziali efficace ai suoi morsetti, esso risulta tanto minore quanto più è grande il valore angolare di tale differenza di fase. Ma questo valore cresce col crescere dell'autoinduzione, per cui, quando questa è grandissima, come nel caso di motori a campo oscillante di grande potenza, l'efficacia o potenza effettiva dell'intero impianto risulta, a meno che diventasse pratico l'uso dei condensatori, notevolmente diminuita, poichè allora il lavoro meccanico che fa ciascun motore risulta assai minore del così detto *lavoro apparente*, del prodotto cioè dell'intensità della corrente per la differenza di potenziali. I motori sincroni ordinari, consistenti in semplici macchine dinamo-elettriche a corrente alternativa, presentano invece in grado molto minore o non presentano affatto un tale inconveniente. In questi motori, infatti, gli elettromagneti di campo, le sole parti che inevitabilmente presentano una grande autoinduzione, vengono eccitati con una corrente continua, od almeno con una corrente raddrizzata, e solamente l'armatura, il cui coefficiente di induzione propria si può rendere così piccolo da essere praticamente trascurabile, è percorsa dalla corrente alternativa.

Da quanto abbiamo detto risulta adunque che anche per i motori a campo magnetico rotante, come per gli altri motori asincroni a corrente alternativa, si produce, sebbene in grado molto minore, nei circuiti, in cui i motori vengono inseriti, cadute di potenziali assai maggiori di quelle dovute alle controforze elettromotrici utili, per cui, anche in questo caso, risulta alquanto diminuita l'efficacia dell'impianto.

Ma v'ha di più: tali motori, per il fatto che il campo magnetico è alquanto oscillante, si trovano nelle stesse condizioni del motore a corrente alternata di Elihu Thomson, di cui diremo, e presentano quindi, come questo, l'inconveniente che la loro velocità durante il periodo dell'avviamento risulta notevolmente rallentata. È noto, infatti, come il motore di Thomson consista in un'armatura mobile in un campo magnetico oscillante, prodotto per mezzo di una corrente alternata, e costituita da un nucleo cilindrico di ferro lamellare sul quale sono avvolte delle spirali di filo di rame isolato: le cose essendo così disposte che ciascuna spirale si chiuda in corto circuito a convenienti intervalli di tempo. La rotazione dell'armatura è allora prodotta per il fatto che un conduttore portato in presenza di una spirale percorsa da una corrente alternativa, in guisa che questa produca in quello correnti indotte, viene respinto

dalla spirale tanto più energicamente quanto più è piccola la resistenza metallica presentata dal conduttore. Siccome poi le cose sono combinate in modo che, in qualunque posizione si trovi l'armatura, si abbia sempre qualche spirale chiusa in corto circuito, la macchina si mette in moto da se stessa: ma, dopo che essa ha incominciato a girare, ed ha quindi assunto una velocità tale che nella durata del periodo della corrente le spirali dell'armatura si spostino di un angolo considerevole, succede che si producono in tali spirali, in causa delle pulsazioni del campo magnetico, delle forze elettromotrici che tendono a generare correnti, sulle quali, per la legge di Lenz, il campo magnetico agisce con forze opposte al movimento.

Noi abbiamo detto che nei motori di cui ci siamo finora occupati il campo magnetico rotante è anche alquanto oscillante, ed abbiamo visto gli inconvenienti che derivano in causa di un tale fatto: gli è per ciò che in questi ultimi anni molti inventori si sono occupati di studiare nuove disposizioni, tali da permettere di costruire dei motori a campo magnetico rotante, i quali, pur essendo destinati a servire come apparecchi industriali, continuassero a partecipare, il più che fosse possibile, di tutte le proprietà inerenti ad un motore ideale di Ferraris. In un tale motore infatti, se le due correnti alternate hanno uguale intensità e se la loro differenza di fase è esattamente di un quarto di periodo, come si può sempre ottenere producendo le due correnti con un'apposita macchina generatrice, tanto la velocità angolare quanto l'intensità del campo magnetico sono assolutamente costanti: in esso cioè, per ritornare all'analogia, od almeno alla rassomiglianza, tra il fenomeno della polarizzazione ellittica e circolare e quello del campo magnetico rotante, e per far uso dell'espressione usata in ottica, può venire raggiunta la perfetta polarizzazione circolare.

Mentre però quest'ultima, nel caso della polarizzazione ellittica e circolare, si ottiene solo allorché le ampiezze delle due oscillazioni componenti sono uguali e lo spostamento di fase tra le due oscillazioni medesime è di un quarto di periodo, poichè queste interferiscono soltanto quando le loro direzioni comprendono un angolo di 90° , nel caso del campo rotante noi possiamo invece soddisfare la condizione della costanza della sua velocità angolare e della sua intensità anche non facendo una tale supposizione. Rammentiamo infatti il modo, di cui più innanzi abbiamo fatto cenno, con cui il Ferraris espone il suo principio: egli ottiene l'intensità $O I$ (fig. 17) del campo magnetico, risultante dalla sovrapposizione in un punto O dello spazio di due campi magnetici di direzioni diverse, componendo, come due forze, le intensità $O A$, $O B$ di tali campi, purchè però lo spazio, in cui questi si trovano, sia, per quanto riguarda la permeabilità magnetica della materia da cui è occupato, uniforme. È quindi evidente, basandosi su di un tal modo di ragionare, che se nel punto O si sovrapponessero, invece di due soli, n campi magnetici di direzioni diverse, si potrebbe similmente ottenere l'intensità del campo magnetico risultante componendo come forze le intensità degli n campi componenti. E nella stessa guisa che, nel caso di due soli campi magnetici, quando questi variano colla legge sinusoidale, hanno il medesimo periodo ed uguali ampiezze, sono perpendicolari l'uno all'altro e presentano una differenza di fase di un quarto di periodo, il campo magnetico risultante ha un'intensità costante ed una direzione, la quale ruota con velocità uniforme compiendo un giro in ogni periodo, così lo stesso risultato si potrebbe ottenere se gli n campi magnetici componenti variassero colla legge sinusoidale, avessero lo stesso periodo e la stessa intensità massima, facessero fra di loro un angolo

di $\frac{\pi}{n}$ gradi e presentassero una differenza di fase il cui valore angolare fosse uguale a $\frac{\pi}{n}$ gradi.

Per quanto abbiamo detto risulta adunque generalizzato il modo di produrre un campo magnetico rotante, onde, a seconda dei casi, tale campo potrà venir generato con quel numero di campi magnetici componenti che sarà più conveniente. E siccome, coll'aumentare il numero dei campi magnetici componenti, si aumenta il numero delle spirali percorse dalle diverse correnti alternate, destinate alla generazione dei campi stessi, con che, come l'esperienza fa vedere chiaramente e come diremo meglio in seguito, si migliora il funzionamento del motore, potendosi allora ridurre ad un minimo gli effetti secondari, si può dire di avere in una tale modificazione una soluzione del problema di ottenere un motore a campo magnetico rotante, non solo avente tutti i vantaggi inerenti agli apparecchi fondati su tale principio, ma tale ancora che, nello stesso tempo che è costruito in modo da servire come mezzo di trasformazione industriale di energia, in esso si evitino in gran parte gli inconvenienti di cui più sopra abbiamo fatto cenno.

È necessario però subito di notare che se la modificazione di cui stiamo parlando ha acquistato importanza ed è stata in questi ultimi tempi studiata e messa in pratica da parecchie rinomate Case costruttrici, ciò è dovuto ad un nuovo ed ingegnoso sistema di trasmissione, in grazia del quale le n correnti, destinate a produrre gli n campi magnetici componenti, possono sempre venire trasmesse, se n è maggiore di 2, dalla macchina generatrice alla riceptrice mediante soli n conduttori: chè, se ciò non fosse e necessitassero, per trasportare le n correnti, $2n$ od almeno $n+1$ conduttori, nella stessa guisa che nel caso di due correnti ne occorrono 4 od almeno 3, la nuova modificazione non avrebbe certamente più alcuna importanza pratica, e non potrebbe quindi più venire, per nessuna ragione, utilmente applicata.

Nel nuovo sistema, di cui stiamo per parlare, le correnti alternate vengono trasmesse esattamente come esse vengono generate, nelle ordinarie macchine a corrente continua, nei fili di unione delle spirali col collettore. Consideriamo due macchine dinamo-elettriche a corrente continua eccitate indipendentemente, con indotto fisso ed induttore mobile, inserite nel medesimo circuito, l'una funzionante come generatore e l'altra come motore: la macchina a corrente continua funzionante come generatrice produce originariamente una serie di correnti alternate di fase diversa, che, per mezzo dell'ordinario collettore di Pacinotti, vengono trasformate in corrente continua, la quale viene, a sua volta, per mezzo del collettore della macchina riceptrice, suddivisa di nuovo nelle sue componenti, vale a dire in una serie di correnti alternate di fase diversa. Orbene, il nuovo sistema consiste appunto nell'eliminare le due operazioni uguali ed opposte, vale a dire da una parte la riunione delle correnti alternate di fase diversa in corrente continua, dall'altra la separazione di questa in correnti alternate di fase diversa: a tale scopo basterà sopprimere in ciascuna macchina il collettore ed utilizzare, come conduttori di trasmissione a distanza, gli stessi fili, prolungati, che riunivano le diverse spirali ai diversi segmenti del collettore. E siccome in una macchina a corrente continua si hanno tanti segmenti sul collettore, e quindi tanti fili d'unione delle spirali coi detti segmenti, quante sono le spirali avvolte sul nucleo dell'indotto, così nel nuovo sistema, di cui ci stiamo occupando, si avranno tanti conduttori di trasmissione a distanza quante sono quelle spirali, e quindi quante sono le

correnti prodotte dalla macchina generatrice e trasportate per azionare la riceptrice: in breve, se il numero di tali correnti è n , anche n sarà il numero di conduttori necessario alla loro trasmissione. È poi inutile dire, perchè evidente, che dette correnti presenteranno l'una rispetto all'altra una differenza di fase uguale a $\frac{2\pi}{n}$ gradi, e che il sistema è quindi solo applicabile allorquando il numero delle correnti, che devono venire trasmesse, è maggiore di 2: nel caso, infatti, di due sole correnti, si deve tosto osservare che esse, presentando allora una differenza di fase di 180° , ed essendo quindi in ogni istante uguali e dirette in senso opposto, debbono venir considerate come una corrente sola.

Questo sistema di trasmissione, trovato indipendentemente da Bradley in America, Haselwander in Offenburg e Wenström nella Svezia, è stato in modo speciale studiato e messo in pratica dall'ing. Dolivo-Dobrowolsky della *Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft* (A. E. G.) di Berlino, il quale lo applicò per costruire dei motori a campo magnetico rotante azionati da tre correnti alternate, spostate nella loro fase di 120° e trasmesse mediante tre soli conduttori; al complesso delle n correnti destinate a generare il campo magnetico rotante venne dato dal Dobrowolsky il nome di *corrente rotante* (*drehstrom*), ed alla speciale congiunzione delle spirali del generatore e del motore, necessaria per poter trasmettere le n correnti mediante soli n conduttori, venne dal medesimo dato il nome di *concatenamento delle correnti*.

(Continua).

GEOMETRIA PRATICA

L'ECCENTRICITÀ DELL'ALIDADA NEI CIRCOLI VERTICALI E LA DETERMINAZIONE DELLO «ZENIT STRUMENTALE» NEI TEODOLITI TOPOGRAFICI.

Il metodo generalmente esposto nei trattati di topografia per la correzione degli indici sul cerchio zenitale di un teodolite topografico consiste nel collimare ad un punto molto elevato, oppure molto depresso dall'orizzonte passante per il centro dello strumento, tanto nella posizione diretta, quanto in quella invertita, dell'alidada e del cannocchiale; fare le letture ad *uno stesso nonio*, e verificare se la somma di esse è uguale a 360° .

Dette u e u' queste letture, nell'ipotesi che risulti:

$$u + u' = 360^\circ \pm \varepsilon$$

si attribuisce l'errore ε alla inesatta posizione degli indici (1).

Ci proponiamo di dimostrare che questo procedimento non è rigoroso, perchè l'errore ε potrebbe essere influenzato dall'eccentricità dell'alidada.

I.

Sia C (fig. 19) il centro del cerchio graduato verticale ed M il punto attorno al quale rotano le braccia dei nonii. La esatta coincidenza dei punti C e M è difficile ad ottenersi anche negli strumenti di maggior precisione; è quindi lecito ritenere i teodoliti topografici affetti da questa eccentricità. Si conduca il diametro CM e sia E la sua intersezione col cerchio verticale. Se O è l'origine della graduazione, il cui verso è quello della freccia, poniamo:

EO = E; CM = e eccentricità;

CE = r raggio del cerchio graduato.

(1) Confr.: *La Celerimensura*, del prof. Cavani, pag. 36, e la *Geometria pratica nelle operazioni catastali*, dello stesso autore, pagina 282.

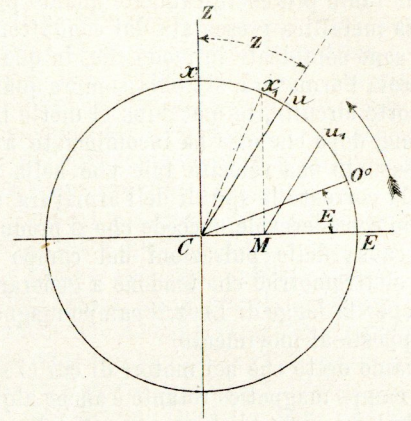


Fig. 19.

Quando il microscopio o nonio si trova in una certa posizione, per esempio in $M u_1$, la lettura che si fa sul cerchio è $OC u_1 = u_1$, mentre la lettura vera, se M coincidesse con C, sarebbe:

$$OC u = u.$$

Considerando il triangolo $u_1 CM$ si ha:

$$C u_1 M = \frac{e}{r \operatorname{sen} 1''} \operatorname{sen} (u + E)$$

perciò:

$$u = u_1 + \frac{e}{r \operatorname{sen} 1''} \operatorname{sen} (u + E).$$

Indicando con x la posizione dello zenit, o meglio, il punto in cui l'asse verticale che passa per C incontra il cerchio, e con x_1 il punto determinato dalla verticale che passa per M, si ha evidentemente:

$$x = x_1 + \frac{e}{r \operatorname{sen} 1''} \operatorname{sen} (x + E).$$

Rotando lo strumento di 180° in azimut, collimando una seconda volta all'oggetto e leggendo la nuova indicazione u'_1 del nonio, si ha ancora, come risulta dalla fig. 20:

$$u' = u'_1 + \frac{e}{r \operatorname{sen} 1''} \operatorname{sen} (u' + E)$$

$$x = x_1 + \frac{e}{r \operatorname{sen} 1''} \operatorname{sen} (x + E).$$

Se con z si indica la distanza zenitale dell'oggetto, cioè l'angolo che la visuale all'oggetto forma colla verticale che passa per C, si ha per ciascuna delle due posizioni del cannocchiale:

$$\begin{aligned} z &= x - u \\ z &= u' - x \end{aligned}$$

da cui:

$$z = \frac{u' - u}{2} \quad ; \quad x = \frac{u + u'}{2}.$$

Sostituendo ad u e u' i valori trovati precedentemente, si ottiene:

$$2z = u'_1 - u_1 + \frac{e}{r \operatorname{sen} 1''} [\operatorname{sen} (u' + E) - \operatorname{sen} (u + E)];$$

e ponendo:

$$z_1 = \frac{u'_1 - u_1}{2}$$

si ha:

$$z = z_1 + \frac{e}{r \operatorname{sen} 1''} \operatorname{sen} z \cos (x + E) \quad . \quad (1)$$

Analogamente, posto:

$$x_1 = \frac{u'_1 + u_1}{2}$$

si trova:

$$x = x_1 + \frac{e}{r \operatorname{sen} 1''} \operatorname{sen} (x + E) \cos z \quad (2)$$

In generale i teodoliti topografici hanno il circolo verticale disposto in modo che quando l'asse ottico è orizzontale, la verticale condotta pel centro C di detto circolo passa per la divisione 0° oppure 90°.

Le equazioni (1) e (2) diventano allora:

per $x = 0$:

$$z = z_1 + \frac{e}{r \operatorname{sen} 1''} \operatorname{sen} z \cos E$$

$$x_1 = - \frac{e}{r \operatorname{sen} 1''} \operatorname{sen} E \cos z;$$

per $x = 90^\circ$:

$$z = z_1 - \frac{e}{r \operatorname{sen} 1''} \operatorname{sen} z \operatorname{sen} E$$

$$x_1 = 90^\circ - \frac{e}{r \operatorname{sen} 1''} \cos E \cos z.$$

La determinazione dello zenit strumentale, fatta nel modo che generalmente è indicato nei trattati di topografia, è quindi affetta dall'errore di eccentricità dell'alidada.

Nell'ipotesi che le letture siano state fatte a due nonii, I e II, diametralmente opposti, si ha:

per il nonio I:

$$z = z_1 + \frac{e}{r \operatorname{sen} 1''} \operatorname{sen} z \cos (x + E)$$

$$x = x_1 + \frac{e}{r \operatorname{sen} 1''} \operatorname{sen} (x + E) \cos z;$$

per il nonio II:

$$z = z_2 - \frac{e}{r \operatorname{sen} 1''} \operatorname{sen} z \cos (x + E)$$

$$x = x_2 - \frac{e}{r \operatorname{sen} 1''} \operatorname{sen} (x + E) \cos z;$$

e quindi:

$$x = \frac{x_1 + x_2}{2}; \quad z = \frac{z_1 + z_2}{2}$$

La determinazione dello zenit strumentale di un teodolite topografico deve quindi essere fatta ricorrendo ad entrambi i nonii diametrali di cui è munito il circolo verticale.

Quegli strumenti che hanno un solo nonio non permettono la eliminazione dell'eccentricità dell'alidada nella determinazione di x e di z .

II.

Il punto al quale si collima per fare la correzione di cui abbiamo ora parlato, conviene che sia molto alto sull'orizzonte per rendere massima l'influenza dell'errore di verticalità dello strumento, perciò il fattore $\cos z$, che entra nella (2), tende al suo massimo. Il fattore $\operatorname{sen} (x + E)$ è costante per ciascun strumento, ed è massimo allorchè la retta CM risulta orizzontale, chè si ha allora:

$$x + E = 90^\circ.$$

In quest'ultima ipotesi l'errore ε che si commette determinando la x ricorrendo ad un solo nonio, è dato da:

$$\varepsilon = \pm \frac{e}{r \operatorname{sen} 1''} \cos z.$$

Per $e = \text{mm. } 0,01$; $r = 6 \text{ cm.}$; $z = 30^\circ$, risulta:

$$\varepsilon = 29''.74$$

e per $e = \frac{1}{50}$ di millimetro risulta:

$$\varepsilon = 59''.48.$$

Alcuni autori (1) ammettono che l'eccentricità e possa valere, per alcuni strumenti topografici, un decimo di millimetro: in questo caso risulta $\varepsilon = 5'$, mentre l'approssimazione dei tacheometri è in generale del primo centesimo, che equivale a $32''.4$ della divisione sessagesimale.

L'ipotesi ora fatta di $r = 6 \text{ cm.}$ corrisponde al tacheometro Salmoiraghi di media grandezza; il cleps di media grandezza ha $r = 25 \text{ mm.}$, e quello di piccola grandezza ha $r = \text{mm. } 17,5$, e perciò in questi strumenti è maggiormente a temere l'influenza della eccentricità dell'alidada sulla determinazione dello zenit strumentale.

III.

Ciò che abbiamo ora esposto è vero allorchè il piano che passa per l'asse ottico ed il centro di rotazione del circolo verticale riesce perpendicolare a questo circolo.

Nel caso che ciò non sia, e che l'asse ottico si proietti in PQ anzichè in PC (fig. 20), si ha un'altra causa d'errore nella determinazione di x .

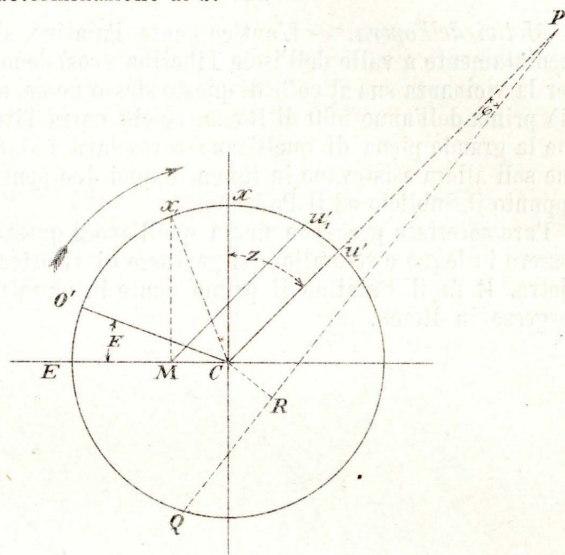


Fig. 20.

Infatti, supponiamo di aver collimato ad un punto P nella posizione diretta ed inversa del cannocchiale; per ciascun caso si ha:

$$z = x - u - \phi$$

$$z = u' - x + \phi$$

da cui:

$$z = \frac{u' - u}{2}; \quad x = \frac{u + u'}{2} + \phi.$$

Se diciamo D la distanza PC e d la eccentricità CR, si ha:

$$\phi = 206265 \frac{d}{D};$$

supponendo che sia $D = 100 \text{ m.}$ e $d = 2 \text{ mm.}$, risulta $\phi = 4''$, quantità trascurabile perchè assai minore dell'approssimazione di qualunque teodolite topografico.

La correzione dello zenit strumentale conviene però si faccia collimando ad un punto che non sia troppo vicino allo strumento.

Volendo usare il tacheometro od il cleps come livello, non conviene ritenere orizzontale l'asse ottico del cannocchiale allorchè i nonii del circolo verticale segnano 100g e 300g , perchè la correzione x potrebbe essere influenzata dall'eccentricità dell'asse ottico rispetto al centro C, e l'asse ottico risultare perciò inclinato all'orizzonte dell'angolo ϕ .

Per $\phi = 2''$ si commette un errore di $\text{mm. } 0,9$ nel determinare la quota di un punto che disti dallo strumento di $\text{m. } 100$.

(1) HARTNER, *Niederer Geodäsie*, pag. 138.

Per rendere orizzontale l'asse ottico del cannocchiale di un tacheometro o cleps conviene ricorrere al noto metodo della *livellazione reciproca*, e quando si è certi della sua orizzontalità, si spostano gli indici del circolo verticale sino a fare le letture 100^g e 300^g e si centra la bolla della livella sovrapposta al cannocchiale mediante le viti di rettificazione della livella stessa.

Torino, dicembre 1891.

Ing. V. BAGGI.

COSTRUZIONI METALLICHE

IL NUOVO PONTE PALATINO SUL TEVERE IN ROMA

(Veggasi la Tav. III)

Motivi dell'opera. — L'antico ponte Palatino, sito immediatamente a valle dell'isola Tiberina e così denominato per la vicinanza sua al colle di questo stesso nome, esisteva già prima dell'anno 560 di Roma, poichè narra Tito Livio che la grande piena di quell'anno rovesciava i due ponti che soli allora esistevano in Roma, e quei due ponti erano appunto il Sublicio ed il Palatino.

Pare accertato però che fino a quell'epoca questi ponti fossero in legno e solo allora si pensasse di ricostruirli in pietra. E fu il Palatino il primo ponte in muratura che sorgesse in Roma.

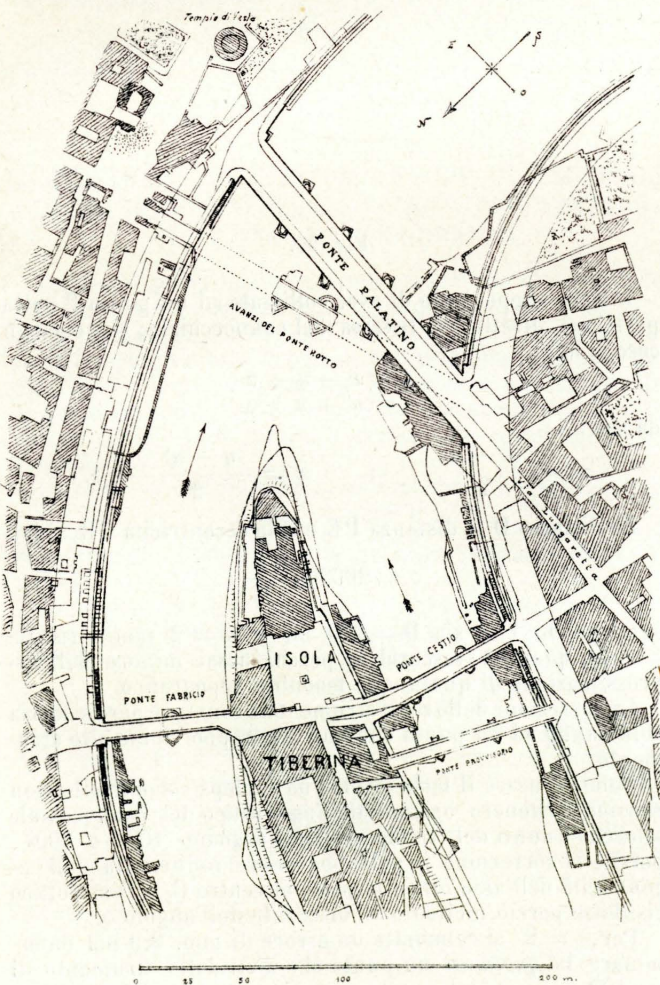


Fig. 21.

Cominciato nel 573 e finito nel 611, riedificato in parte nel 208 dopo Cristo, precipitò di nuovo nel 1230, e fu ricostruito. Nel 1552 era di nuovo ridotto in deplorabili condizioni, e veniva anche male restaurato, attalchè cinque anni più tardi era nuovamente quasi del tutto rovesciato dalla corrente.

Riedificato nel 1573, veniva rovesciato ancora una volta nel dicembre 1598, e d'allora non fu più ricostruito e la parte rimasta in piedi ebbe nome di *Ponte rotto*. Solo nel 1854 si rese praticabile il passaggio con un ponte sospeso in ferro che sostituì la parte precipitata dell'antico ponte, e ciò per opera di una Ditta estera che avevano ottenuto la concessione con diritto di riscuotere un pedaggio.

Per il buon regime del fiume, dovendosi in quel punto di stretta risvolta allargare l'alveo ritirando la sponda destra per più di 40 metri (fig. 21), l'antico ponte di cui esistevano tre sole arcate collegate appunto alla sponda destra, doveva essere demolito completamente; epperò fu stabilito fra lo Stato ed il Municipio di erigere a spese comuni un ponte assai più largo e comodo del precedente.

Si credette pure conveniente di spostare alquanto a valle la spalla sinistra del ponte, in modo da portare il ponte sull'asse della via Lungaretta che, secondo il piano regolatore, doveva rettificarsi ed ampliarsi. E così l'asse del ponte prolungato sulla sponda sinistra cade ad eguali distanze fra i due antichi monumenti, il tempio di Vesta e quello della Fortuna Virile.

Col nuovo asse, il ponte potendo essere costruito senza toccare l'arcata mediana di quello antico, l'Ufficio Governativo per la Conservazione dei Monumenti richiese allora si mantenesse intatta quell'arcata a ricordo dell'antico ponte.

La Direzione tecnica dei lavori di sistemazione del Tevere obiettò naturalmente che mantenevasi con ciò un ostacolo serio alla corrente del fiume in quella località. Ma si preferì mantenere l'ostacolo, e l'arcata di mezzo fu conservata.

Il progetto del nuovo ponte Palatino fu studiato dall'Ufficio speciale del Genio Civile per la sistemazione del Tevere; la costruzione fu affidata all'impresa C. Zschokke e P. Terrier, che attendeva ai lavori della sistemazione del fiume in quella località. La travata metallica del ponte venne eseguita nelle Officine dell'Impresa Industriale Italiana.

I lavori furono intrapresi nel novembre del 1886 ed ultimati nel maggio del 1890. Ma l'apertura al pubblico transito si dovette protrarre per ritardi nello studio definitivo degli accessi al ponte, il quale risultò col piano carreggiabile alto tre metri sopra il piano della città.

Dimensioni principali. — L'asse del ponte, come fu stabilito, risultò obliquo a tutte due le sponde, e l'obliquità sensibilmente diversa, verificandosi colla testata destra un angolo di 41° 38', e colla testata sinistra un angolo di 74° 18',5.

Le condizioni altimetriche non erano punto migliori. La quota della massima piena del 1870, ridotta ad alveo sistemato, risultava di m. 14,25; epperò il piano della città più elevato appena di 65 cent. su quella piena.

Era dunque necessario ricorrere ad un ponte metallico. Ma volendosi una larghezza di 20 metri, tra carreggiata e marciapiedi, non v'erano che due soluzioni possibili: quella cioè di gettare un ponte ad un solo arco di 150 metri di luce, costituito da due centine laterali, alle quali sarebbesi rigidamente sospesa l'impalcatura del ponte; e quella di una travata rettilinea continua, riposante sul più gran numero possibile di appoggi, affine di ridurre al minimo l'al-

tezza delle travi longitudinali parallele per non sopraelevare eccessivamente il piano superiore della carreggiata.

La prima soluzione avrebbe fatto a meno di ingombrare l'alveo di quattro lunghe pile disposte a ventaglio, da fondarsi ad aria compressa a 14 e 16 metri di profondità sotto le magre; avrebbe permesso di abbassare maggiormente il piano della carreggiata di un metro almeno; avrebbe dato occasione ad un'opera nella quale sarebbesi associata la grandezza antica romana all'arditezza dei tempi presenti, e non sarebbesi speso di più. Si preferì la seconda che pure risolve nel modo migliore la questione estetica di lasciar spaziare libere in ogni senso le visuali al disopra dei parapetti, senza interruzioni di arconi e montanti.

L'impalcatura del ponte fu direttamente sorretta da sei travi longitudinali continue e parallele, di cui quattro a doppio gambo distanti fra loro m. 4,10, e due estreme a gambo semplice, distanti dalle precedenti m. 3,70. La figura 3 della tavola III, rappresentante la metà della sezione trasversale del ponte, dà un'idea sufficiente delle anzidette travi longitudinali continue, alle quali fu assegnata l'altezza di m. 2,231, 2,401, 2,571 dipendentemente dalla loro posizione rispetto all'asse centrale della strada, e per assecondarne il profilo trasversale, pur traendo profitto di tutta l'altezza disponibile.

L'altezza relativamente piccola della travata, consigliata dalla necessità di non elevare più di tre metri la carreggiata del ponte sopra le strade della città, e di mantenersi colle piattabande inferiori 95 cent. al disopra della massima piena del 1870 ridotta ad alveo sistemato, obbligò naturalmente ad accrescere il numero degli appoggi, ossia a mantenere fra i 25 e 30 metri la distanza fra le pile.

Il nuovo ponte fu pertanto costituito da una travata metallica continua, riposante su sei appoggi di muratura, cioè su due spalle, che fanno corpo coi muraglioni di sponda del Tevere, e su quattro pile.

L'asse del ponte presentando, come si disse, obliquità assai diversa rispetto alle due sponde, le pile dovettero disporsi a ventaglio. Non venne seguito tuttavia alcun tracciato geometrico, ma si preferì adottare una disposizione pratica, o di buon senso, suggerita dalla semplice osservazione delle direzioni dei due filoni, provenienti dai due bracci del fiume che in quella località si riuniscono.

Gli assi delle pile risultarono quindi formare i seguenti angoli di obliquità coll'asse del ponte:

Spalla destra	Pile				Spalla sinistra
	I	II	III	IV	
41° 38'	48°	50° 33'	62° 17'	65° 46'	74° 18',5

La lunghezza totale misurata sull'asse del ponte fra le fronti delle spalle riesci di m. 154,42, divisa fra gli assi delle pile nelle cinque seguenti campate:

	I	II	III	IV	V
m.	29,96	31,78	31,04	31,78	29,86

Indicando con A, B, C, D, E, F (fig. 2, tav. III) le sei travi longitudinali continue del ponte, a partire da quella a valle, le lunghezze libere delle cinque campate sulle quali ciascuna di esse è divisa risultano dal seguente specchietto:

Trave	CAMPATA				
	I	II	III	IV	V
A	27,152	28,541	25,585	28,541	27,293
B	27,983	28,819	26,696	28,819	27,919
C	28,904	29,126	27,926	29,126	28,613
D	29,824	29,434	29,157	29,434	29,307
E	30,745	29,741	30,387	29,741	30,001
F	31,576	30,019	31,498	30,019	30,628

La larghezza utile del ponte, come risulta dalla fig. 3, tav. III, è riuscita di m. 19,70, ossia di una carreggiata di m. 11,70, e di due marciapiedi laterali, larghi ciascuno 4 m.

Fondazioni. — Le fondazioni si spinsero alle seguenti profondità sotto il livello delle magre, alle quali profondità trovansi un antico buono strato di sabbia fluviale:

Spalla destra	I	II	III	IV	Spalla sinistra
m. 10,21	10,19	15,96	16,10	14,11	11,21

Queste fondazioni si eseguirono coll'aria compressa. Per la spalla destra e per la prima pila, il cassone si potè montare all'asciutto sul luogo stesso dell'affondamento; ma gli altri quattro si montarono sulla sponda e si condussero galleggianti sul luogo d'affondamento.

Le fondazioni delle spalle furono eseguite in muratura di tufo, e quelle delle pile in muratura di selce. I cassoni metallici delle pile, di forma rettangolare, avevano la larghezza di m. 5,50 e lunghezze variabili colle pile da metri 30,31 a m. 37,08.

La muratura di fondazione è costruita su tutta l'area rettangolare dei cassoni delle spalle e delle pile fino ad un metro circa sotto il livello delle magre, e da quel piano comincia la muratura di elevazione secondo la pianta mistilinea.

Murature in elevazione. — Le pile della grossezza di metri 5 alla base e di metri 3 alla sommità hanno il nucleo di muratura grezza di selce, con un rivestimento regolare di travertino. Il rivestimento incomincia liscio alla quota 3,941, con una risega sulle fondazioni di cent. 25. Ad un metro sopra la magra si ha una nuova risega che riduce la grossezza a m. 4,12, ed uno zoccolo di un metro di altezza serve di base a tredici filari di bugne alte m. 0,59 e di lunghezza alternata nelle parti piane di m. 2,16, e m. 1,08. Lo spessore medio di questo rivestimento è di metri 0,70. Sovra questo bugnato corre un fascione alto m. 0,645, sul cui piano superiore (15,26) poggia la travata. Il coronamento dei rostri è fatto con un cappello di travertino; e due muretti di travertino, grossi m. 0,78, con quattro filari di bugne, alte m. 0,55, ed un cornicione alto m. 0,565 si elevano per tutta l'altezza della travata allo scopo di mascherarne in corrispondenza degli appoggi la serrata distribuzione dei montanti di rinforzo.

Per le spalle, il rivestimento è come quello delle pile; ma il nucleo della muratura si è fatto di tufo, a vece che di selce.

Per l'appoggio delle sei travi longitudinali sulle pile e sulle spalle, si disposero altrettanti blocchi di granito, provenienti dall'isola Maddalena, dello spessore di m. 0,80, e su questi si incassarono le piastre di ghisa.

Travata metallica. — La travata continua è fissata sulle piastre di ghisa sopra la seconda pila; mentre sugli altri appoggi riposa su carrelli di rulli cilindrici, pure di ghisa. Sopra ogni pila e per ogni trave l'appoggio è doppio, essendovi due sistemi di rulli con intervallo fra l'uno e l'altro di m. 0,50. I rulli hanno il diametro di 12 centimetri, ed ogni sistema è composto di cinque rulli ed occupa in lunghezza un metro.

Le quattro travi longitudinali interne hanno piattabande orizzontali della larghezza di 600 mm., fatte con lastre di 10 mm., varianti di numero da uno a cinque. Il gambo di ciascuna delle due pareti a traliccio ha l'altezza di millimetri 330, e la grossezza di mm. 12. I ferri d'angolo che l'uniscono alla piattabanda orizzontale sono di millimetri 90 × 90 × 14.

Le travi esterne, che sono a parete semplice, hanno piattabande della larghezza di mm. 300, e le altre parti sono delle stesse dimensioni delle travi interne.

Il traliccio è di ferri piatti per le travi esterne, mentre

per le altre si hanno ferri piatti alle estremità e cantonali per le sbarre interne.

I calcoli numerici di resistenza delle singole parti della travata metallica trovansi esposti in una memoria pubblicata in Roma dall'ing. Pietro Bonato negli *Annali* di quella Società degli Ingegneri (anno 1891, fascicolo V) dalla quale abbiamo ricavato i dati e le notizie qui riassunte.

Nei calcoli delle travi longitudinali si ritenne di 450 chilogrammi per metro quadrato il sovraccarico accidentale sulla carreggiata e di 350 chilogrammi quello accidentale sui marciapiedi; ed in ogni punto della travata, anche nelle ipotesi di sovraccarico più sfavorevoli, gli sforzi del ferro non risultarono superare quello di 6 chilogrammi per millimetro quadrato.

Le travi trasversali poste fra le travi principali mediane vennero calcolate in base al sovraccarico di un carro di 10000 chilogrammi su due sole ruote distanti fra loro m. 1,30, e ad un peso permanente per metro lineare di chilogrammi 1730.

Per le travi trasversali sotto i marciapiedi si tenne conto di un carico totale permanente di chilogrammi 1560 per metro lineare, e di un carico accidentale uniformemente distribuito di chilogrammi 1200.

Le travi trasversali sono a doppio T composto, alte metri 0,40 quelle che sorreggono la carreggiata, e m. 0,30 quelle sottostanti ai marciapiedi. Le prime constano d'un gambo di mm. 400 × 11 e di quattro cantonali di mm. 70 × 70 × 9. Le seconde di un gambo di mm. 300 × 11 e di quattro cantonali di mm. 60 × 60 × 7.

Contraventi a crociera, sia in piano verticale, sia in piano orizzontale, collegano fra loro le varie travi principali e secondarie.

Sovrastruttura del ponte. — Sulle travi trasversali per l'impalcato della carreggiata corrono nel senso longitudinale (fig. 3, tav. III) ferri a V dell'altezza di m. 0,14, e per l'impalcato dei marciapiedi ferri Zorés dell'altezza di m. 0,07. Sia gli uni che gli altri sono fissati alle travi trasversali con piastrine e bulloncini, e ricoperti di uno strato di calcestruzzo di altezza varia onde ottenere il profilo trasversale della strada indicato dalla fig. 3.

Una cunetta metallica corre lungo i fianchi della carreggiata per raccogliere le acque piovane, e serve così anche da bordo interno dei marciapiedi.

La pavimentazione della carreggiata è di prismi d'abete incatramato, aventi le dimensioni di cent. 16 × 10 × 8.

I marciapiedi sono invece coperti da uno strato d'asfalto della grossezza di 15 millimetri.

Decorazioni. — Le decorazioni tutte delle travi esterne, cioè, cornice superiore, montanti, e zoccolo alla nervatura inferiore, sono di ghisa, e fissate con chivarde alle travi di ferro. Le figure 4 a 7 ne danno sufficiente idea.

Pure di ghisa si fecero i parapetti, fissati con chivarde alle piattabande delle travi esterne.

Prove del ponte. — Si eseguirono nel febbraio 1890, caricando uniformemente il ponte con uno strato di arena fluviale, alto m. 0,38 per la carreggiata e m. 0,30 per i marciapiedi: corrispondenti tali altezze ai rispettivi carichi di 450 e di 350 chilogrammi per metro quadrato.

Le prove si fecero secondo le prescrizioni del capitolato, cioè: « distribuendo lo strato di sabbia a tutta la larghezza del piano stradale, incominciando da una delle due spalle e progredendo successivamente verso l'altra, a una campata per volta, con intervalli di ventiquattr'ore, durante i quali si fecero le osservazioni. Si procedette nello stendere il sovraccarico da sinistra verso destra, e per ultimo si verificò a ponte scaricato quale freccia permanente si avesse avuto ».

Abbassamenti massimi e permanenti verificatisi nel punto mediano di ogni trave:

Trave		CAMPATE				
		I	II	III	IV	V
A	massimo	mm. 7	7	3	6	11
	permanente	» 1	1	1	4	3
B	massimo	» 8	7	5	9	9
	permanente	» 1	2	0	6	3
C	massimo	» 10	9	9	10	13
	permanente	» 2	1	3	6	6
D	massimo	» 12	9	7	10	10
	permanente	» 2	1	3	6	4
E	massimo	» 11	9	5	8	12
	permanente	» 2	1	4	6	6
F	massimo	» 6	4	6	6	9
	permanente	» 1	2	5	5	5

Il Capitolato non prescriveva altra specie di prove.

Quantità delle opere.

1. Murature di fondazione ad aria compressa	pile mc.	10554,138
	spalle »	6064,892
2. Murature gregge in elevazione:		
in selce	»	2530,810
in tufo	»	3253,437
3. Travertino squadrate per rivestimento e riseghe	»	2591,236
4. Granito per appoggio delle travi	»	55,630
5. Peperino per le incamerature delle spalle	»	49,430
6. Calcestruzzo per la carreggiata e marciapiedi	»	707,430
7. Asfalto per marciapiedi	mq.	1281,570
8. Pavimentazione di legno	»	1790,000
9. Ferro per la travata	tonn.	894,246
10. Ferri a V per la carreggiata	»	192,418
11. » Zorés per marciapiedi	»	61,710
12. Ghisa per decorazioni	»	92,226
13. » per i parapetti	»	61,086
14. Rulli	»	36,886
15. Metalli per accessori diversi	»	25,644

Importo dei lavori.

1. Muratura di fondazione: pile	L.	695.079,59
spalle	»	424.542,44
2. Muratura grezza d'elevazione: pile	»	29.873,71
spalle	»	31.018,23
3. Rivestimento di travertino: pile	»	235.082,74
spalle	»	67.117,25
4. Travata metallica	»	780.893,47
5. Carreggiata e marciapiedi	»	80.780,04
6. Opere diverse	»	11.272,19
Totale	L.	2.307.659,65

Dividendo il costo totale del ponte per la sua lunghezza di 155 metri, si ha una spesa di L. 14823 per metro lineare di ponte della larghezza di 20 metri, ossia di L. 741 per metro quadrato di superficie stradale.

Il costo della travata metallica sola risulterebbe di lire 5038 per metro lineare, di lire 252 per metro quadrato, di L. 0,62 per chilogramma di ferro.

Il costo delle sole pile nell'alveo tra fondazioni e sopraelevazioni è risultato di L. 960,036,04, ossia di L. 6194 per metro lineare di ponte, e di L. 310 per metro quadrato.

TECNOLOGIA MECCANICA

IMPANATRICE (MACCHINA DA FILETTARE)

DETTA « A BILICO »

dell'Ing. EDMONDO DUBOSC.

Questa macchina da filettare, come le macchine congeneri moderne, funziona con tre cuscinetti chiudentisi concentricamente al diametro voluto, ed aprentisi automaticamente in fin di corsa. Il movimento di rotazione appartiene ai cuscinetti; il bollone da filettarsi è stretto in una morsa-carrello liberamente scorrevole sul banco della macchina, il trasciamiento del bollone nella direzione del proprio asse essendo prodotto dall'azione dei cuscinetti stessi. Questi si aprono per l'uscita del bollone, poi si richiudono esattamente sul diametro primitivo, senza che occorra né arrestare né invertire il movimento della macchina. Insomma questa impanatrice funziona nello stesso modo come le *Brown automatiche*. Ma, a differenza delle *Brown*, essa non contiene alcuna molla, ed il suo meccanismo è molto più semplice e meno soggetto a guasti; per giunta questo stesso meccanismo costituisce un apparecchio di sicurezza contro la rotura dei cuscinetti.

Il fuso o mandrino cavo AB (fig. 23) termina con un disco MM a tre scanalature radiali *h, h, h*, che fanno da guida ai tre cuscinetti *k*,

k, k. Due altri dischi PP, NN, sovrapposti al precedente, e trattenuti contro di esso da appositi risalti o placche di ritegno, possono girare a fregamento dolce sul mandrino. Il disco PP ha tre risalti eccentrici *rr, rr, rr* (fig. 24 e 26), ai quali corrisponde una tacca dei tre cuscinetti, ed il cui ufficio consiste nell'allontanare o avvicinare concentricamente i tre cuscinetti stessi, quando il disco PP gira in un verso oppur nell'altro, rispetto al disco MM.

I due dischi PP, NN sono muniti, sulle faccie aderenti a MM, di due corone dentate angolari *x, y* (fig. 24), e il disco MM porta uno o più rocchetti conici *z, z, z* (fig. 24 e 25) folli sui loro perni, ed i cui denti imbocciano da una parte colla corona *x*, dall'altra colla corona *y*.

Per aprire i cuscinetti basta far girare PP rispetto a MM nel senso della saetta (fig. 26), e siccome MM stesso gira in

detto senso, occorre che PP giri più velocemente di lui. Ciò si ottiene rendendo immobile il disco posteriore NN, giacché allora, per effetto del moto cicloidale dei rocchetti *z* (ogni punto del circolo primitivo del rocchetto descrive una cicloide cilindrica) il disco PP assumerà una velocità angolare doppia di quella di M, e dopo un sesto di giro di MM, i tre cuscinetti avranno raggiunto l'apertura massima, giungendo alla estremità dei risalti eccentrici *rr, rr, rr*.

Un bollone *u* può fissarsi in un punto qualsiasi di una scanalatura circolare a T, pratica-
ta verso la pe-

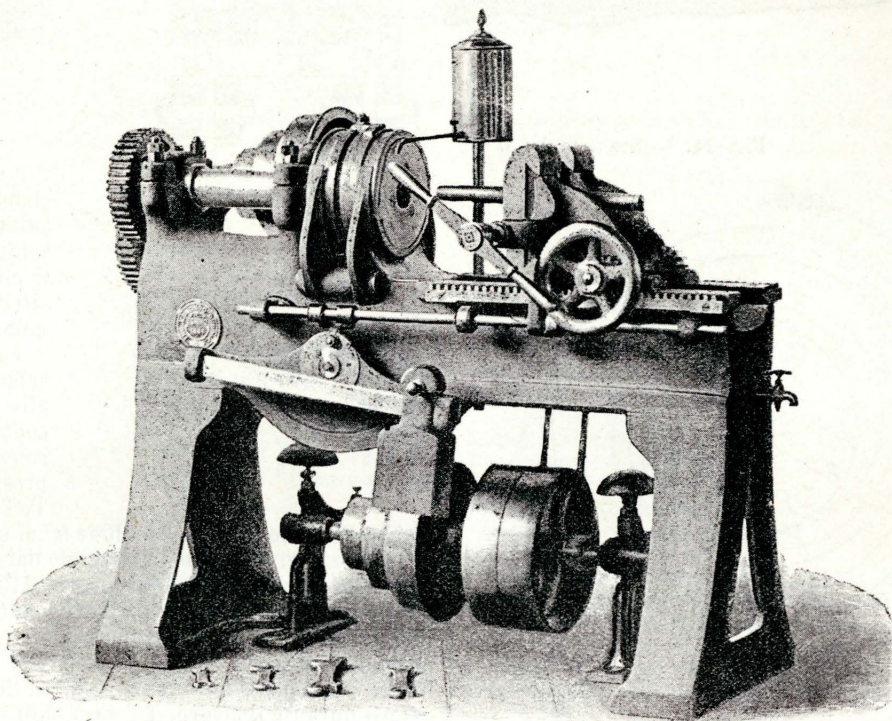


Fig. 22.

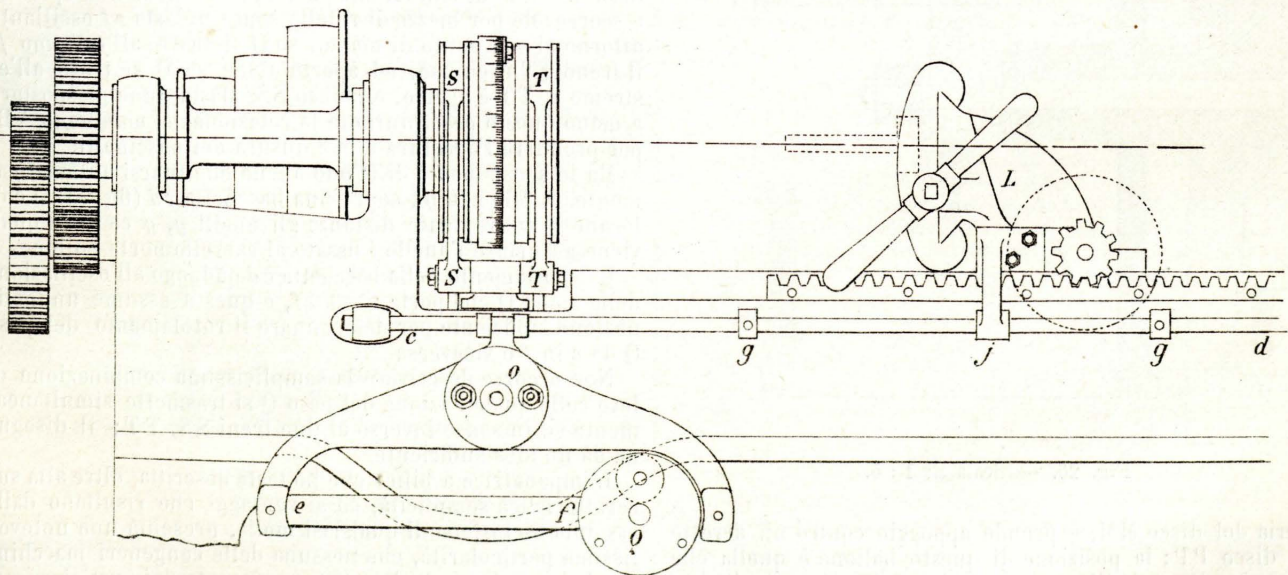


Fig. 23. — Scala di 1 : 10.

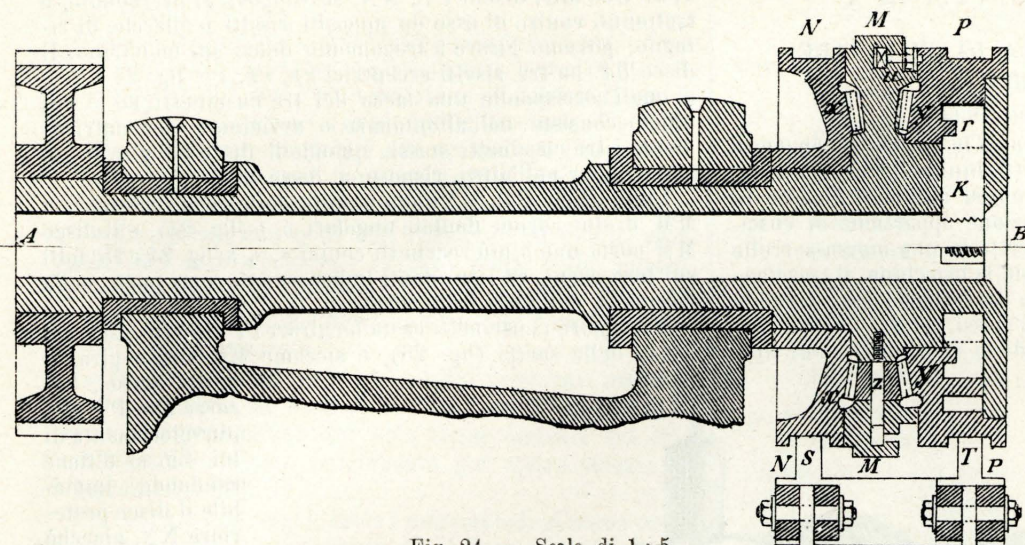


Fig. 24. — Scala di 1:5.

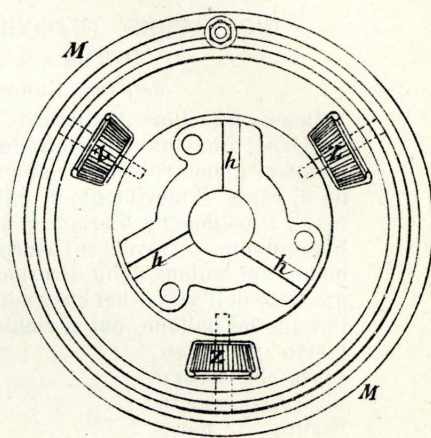


Fig. 25.

riabile finchè PP non riceverà un'eccedenza di velocità rispetto a MM, il che non può avvenire altrimenti che coll'immobilizzazione di NN.

Una coppia di freni a ceppo T, T è applicata alla corona di PP; altra coppia simile S, S alla corona di NN; una leggera pressione esercitata da T, T, avrà per effetto di

assicurare il contatto del bollone *u* col suo arresto, e quindi la costanza del diametro abbracciato dai cuscinetti, a dispetto delle vibrazioni prodotte dal lavoro. Allora i dischi MM e PP girano di conserva, come un corpo solo, e NN li segue per inerzia. Ma se si apre il freno TT, e si chiude contemporaneamente il freno SS, il disco NN si ferma e immediatamente i cuscinetti si aprono, come fu detto.

Così durante il lavoro, TT sarà chiuso, e SS aperto; finita la corsa, TT dovrà aprirsi e SS chiudersi; per rimettere i cuscinetti in posizione di lavoro basterà riaprire SS, e richiudere TT.

Tale risultato si ottiene per mezzo d'un peso Q posto sul davanti della macchina, alla portata della mano dell'operaio, e scorrevole per mezzo di rotella sopra un'asta *ef* oscillante attorno al suo punto di mezzo; se Q si trova all'estremo *f*, il freno TT è chiuso, ed aperto l'SS; se Q si trova all'estremo *e*, TT è aperto, e chiuso SS. Basta dunque spostare a mano questo peso, durante la rotazione del mandrino AB, per produrre l'apertura e la chiusura dei cuscinetti.

Ma lo spostamento di Q può anche effettuarsi automaticamente. A tale effetto, sopra una bacchetta *cd* (fig. 23) si collocano a conveniente distanza gli anelli *g, g* contro i quali viene ad urtare l'anello *j* fissato al carrello porta-bollone.

Lo spostamento della bacchetta *cd* dà luogo all'oscillazione della staffa O che porta l'asta *ef*, e questa assume un'inclinazione sufficiente per determinare il rotolamento del peso Q da *e* in *f* o viceversa.

Non occorre descrivere la semplicissima combinazione di leve colla quale l'azione del peso Q si trasmette simultaneamente ed in senso inverso ai due freni SS, TT; il disegno ne dà un'idea sufficiente.

L'impanatrice a bilico che ho testè descritta, oltre alla sua caratteristica semplicità, ed ai vantaggi che risultano dalla assoluta esclusione di qualsiasi molla, presenta una notevolissima particolarità, che nessuna delle congeneri macchine possiede, e che sarà altamente apprezzata dai pratici.

Nell'impanare a mano, colla filiera, l'operaio può regolare, a seconda della resistenza che incontra, lo scartamento dei

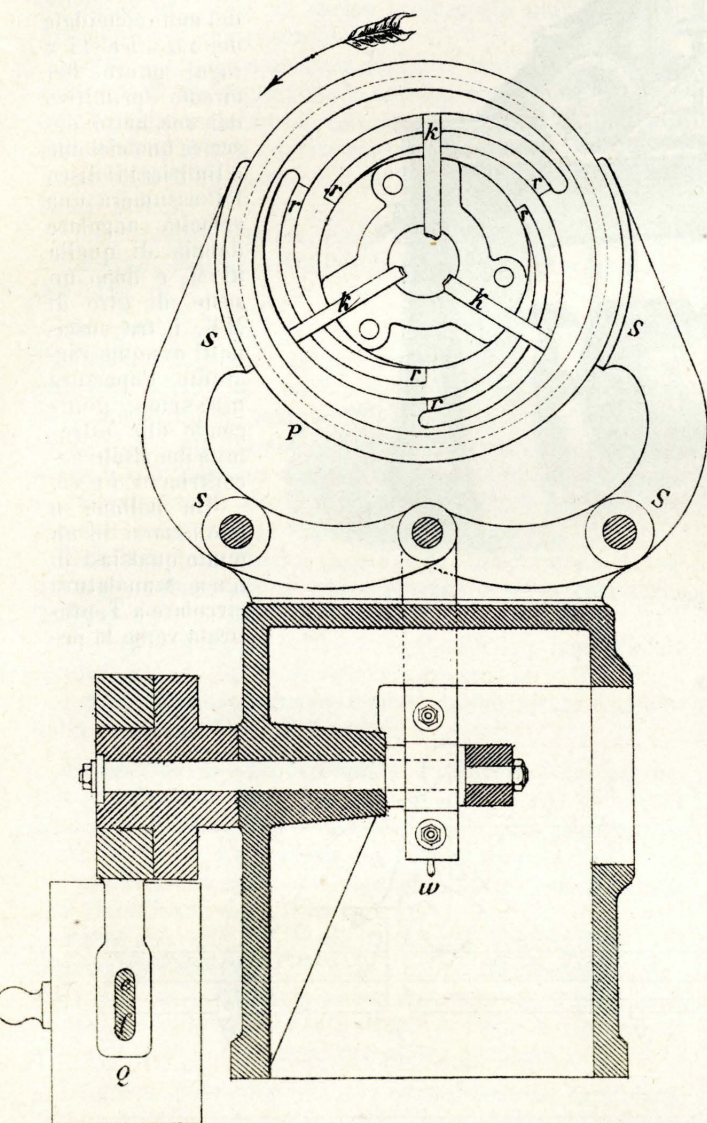


Fig. 26. — Scala di 1:5.

riperia del disco MM, e prende appoggio contro un arresto del disco PP; la posizione di questo bollone è quella che determina il grado di apertura dei cuscinetti, ossia il diametro dell'avvitamento, onde MM, trascinando PP in grazia al detto bollone, il diametro dell'avvitamento rimarrà invariabile.

cuscinetti, e quindi allontanare il pericolo di rottura dei medesimi; nelle attuali macchine da filettare ciò non è possibile, la posizione dei cuscinetti, preventivamente fissata, rimanendo invariabile per tutta la durata dell'operazione, cosicchè se, per eccedenza di diametro nella sbarra da filettarsi o per eccessiva durezza e tenacità, o per poca omogeneità della materia da lavorarsi, la resistenza opposta ai cuscinetti supera un certo limite, la rottura dei denti dei cuscinetti stessi è inevitabile.

Nella mia impanatrice a bilico, le cose succedono diversamente.

Ho detto che durante la rotazione e finchè non si frena il disco NN, il diametro abbracciato dai cuscinetti resta invariabilmente quello che *a priori* venne fissato col determinare la posizione del bollone *u*; or bene ciò è vero soltanto se la resistenza opposta ai cuscinetti non supera un certo limite. Se questo limite è superato, si vede l'indice del bollone *u* spostarsi sulla divisione del disco PP, il che sta ad indicare che il diametro abbracciato dai cuscinetti è di 1, 2, 3, ... decimi di millimetro superiore a quello fissato *a priori* (ogni divisione del disco PP corrisponde a due decimi di millimetro di differenza nel diametro abbracciato dai cuscinetti).

Ne risulta che se il diametro della sbarra greggia o *l* è finita che vuoi sottoporre alla impanatura è scelto giudiziosamente in rapporto col diametro dell'avvitamento, l'operazione si farà *in un solo passaggio* dei cuscinetti: allora l'indice del bollone *u* rimarrà, durante l'operazione, sullo zero della graduazione del disco PP, il che sta a dimostrare che l'avvitamento è esattamente del diametro voluto.

Ma se avvii eccedenza di materia, e cioè se la sbarra è di diametro troppo forte in ragione del diametro fissato per la impanatura (basta una eccedenza di pochi decimi di millimetro anche nei grossi bolloni per cagionare la rottura dei cuscinetti nelle altre macchine) l'indice si sposta lungo la graduazione di PP, il che sta ad indicare che il diametro dello avvitamento supera di 1, 2, 3... decimi di millimetro quello che *a priori* si era fissato.

Poco male; basterà far subire alla sbarra un secondo passaggio, *senza alterare menomamente la posizione del bollone u*, per ridurre l'avvitamento al diametro voluto. Ma intanto si sarà evitata la rottura dei cuscinetti. Così la mia impanatrice corregge da sè stessa, automaticamente, gli errori che possono commettere nella scelta del diametro delle sbarre da sottoporsi all'impanatura; essa allontana il pericolo di rottura dei cuscinetti, costringendo l'operaio a fare in due volte il lavoro che avrebbe fatto in una sol volta, qualora il diametro fosse stato scelto convenientemente. Lo stesso avviene quando deve farsi sopra una sbarra di grosse dimensioni un'impanatura a verme profondo, e quando il metallo da lavorarsi è molto duro o tenace, facile a strapparsi, o poco omogeneo.

Del resto è facile regolare la potenza del freno TT, sia limitando con anelli la corsa del peso Q lungo l'asta *ef*, sia neutralizzando parzialmente la sua azione coll'applicare pesi addizionali ai ganci *v*, *w*.

La macchina si presta altresì alla impanatura dei dadi; per tale operazione il mastio viene fissato per mezzo di apposito manicotto alla piattaforma girevole, mentre il dado da filettarsi è stretto fra le ganasce della morsa-carrello.

Queste impanatrici a bilico sono munite di privativa industriale. Una di esse, per bolloni fino a 40 mm. di diametro, fa parte delle macchine del mio stabilimento presentate all'Esposizione Nazionale di Palermo.

Il corredo ordinario della macchina per bolloni e dadi fino a 40 mm. di diametro è il seguente:

Trasmissione secondaria completa;

Chiavi di servizio e manubri;

Recipiente per il liquido lubrificante, e rubinetto di spurgo;

Due paia di ganasce per la morsa.

Per filettar sbarre o bolloni (greggi o torniti):

N° 8 terne di cuscinetti pei diametri di mm. 16, 18, 20, 22, 25, 30, 35 e 40.

Per filettar dadi:

N° 8 maschi a macchina, pei diametri suddetti, coi relativi N° 8 manicotti.

Per filettare o rifilettare i cuscinetti:

N° 8 maschi creatori, pei diametri suddetti, coi relativi N° 8 manicotti, N° 8 calibratoi cilindrici e N° 1 fresa conica, con relativa placca di guida.

Il prezzo della impanatrice a bilico, così corredata, è di L. 1800. A richiesta, si può aumentare il numero delle terne dei cuscinetti, maschi e relativi accessori, oppure provvederli secondo la scala di Withworth.

Torino, gennaio 1892.

Ing. E. DUBOSC.

NOTIZIE

Le tramvie elettriche negli Stati Uniti. — Presentemente le linee di tramvia in esercizio negli Stati Uniti raggiungono i 17.651 chilometri, dei quali 8708 Chm. a trazione animale, 1814 Chm. a trazione elettrica, 3069 Chm. con trazione a vapore, e 1060 Chm. con trazione funicolare.

In meno di tre anni, quasi il 40 per cento di tramvie a cavalli sono state mutate in tramvie elettriche. Nel 1890 le Società possedevano 116.795 cavalli; nell'ottobre del 1891 non ne avevano più che 88.114, il che rappresenta in un solo anno una diminuzione di 28.681 cavalli. Queste cifre sono state date nell'ultimo Congresso di tramvie tenutosi a Pittsburg nell'ottobre 1891.

Sulla rete di Boston si contano 390 vetture elettriche in attività, altre 250 sono in costruzione. Si è dovuto in questi ultimi tempi costruire un immenso stabilimento centrale che fornisce 26.000 cavalli di forza. La medesima Società, la West-End-Company, sta impiantando un altro stabilimento supplementare di 9000 cavalli nel distretto East-Cambridge, e mantiene in esercizio la sua prima ed antica officina costruita ad Allston di 1200 cavalli di forza. La rete completa dispone quindi di 36.000 cavalli-vapore. Il sistema di trazione adottato a Boston è il sistema Thomson-Houston che funziona a Parigi, dalla piazza della Concordia al palazzo dell'Industria.

La corrente è inviata da fili collocati su pali e raccolta da uno strofinatore che la invia nella macchina motrice. Il sistema è economico. Esso ha prodotto un meraviglioso aumento di traffico in pochi mesi. Secondo la relazione di E. Griffin, letta al Congresso di Montréal, nello scorso giugno, gli incassi netti per ogni vettura-chilometro a trazione elettrica hanno superato quelli delle vetture-chilometro a trazione animale di 25 a 31 cents.

Oltre la rete elettrica di Boston, che è in questo momento la più importante, si può menzionare quelle delle città di S. Paolo e di Minneapolis (350.000 abitanti). Non si trova più in queste due città una sola vettura di tramvia trascinata da cavalli; l'ultima è scomparsa nel giugno scorso. Queste città posseggono presentemente una rete di 312 chilometri di tramvie esclusivamente elettriche. (*L'Industria*).

Aratura elettrica a Frafareano. — È degna d'essere veduta e studiata. È al conte Vittorio D'Asarta che spetta il merito di avere un vero impianto di trasmissione elettrica dell'energia destinata al lavoro dei campi. Il Du Moncel, il Fontaine, lo Japing, il Boulanger, il Mengarini, il Pogliaghi, il Kapp, il Verole, parlano nelle loro opere di una sola esperienza di questo genere (non già di un vero impianto) eseguita sul finire del 1878 nella raffineria di zucchero di Sermaize sulla Marna dagli ingegneri Chrétien e Félix. Questi ingegneri trasportarono elettricamente la forza della macchina a vapore dello stabilimento (la quale non lavorava nella fabbrica di zucchero che per 4 mesi all'anno) alla distanza di 650 metri, impiegandola a muovere un aratro meccanico, capace di lavorare dalle 30 alle 40 are per ora, con un rendimento industriale del 48 per 0/0.

Ma il tentativo, riuscito splendidamente, fu presto abbandonato.... per la semplicissima ragione che la forza motrice, essendo data da una macchina a vapore, veniva a costar troppo cara. Era anzi assurdo che pel solo gusto d'aver due dinamo e due conduttori aerei agli occhi del pubblico, si riducesse a metà il lavoro utile di un motore che poteva benissimo esser condotto nel campo e dare all'aratro tutta intera la sua forza. A Frafareano le condizioni sono ben diverse, perchè l'energia motrice è data da madre natura, e per noi è doveroso utilizzarla.

In questo piccolo paese del distretto di Latisana esiste una caduta d'acqua di due metri, la quale, prima del 1879, serviva a dar moto alla ruota in legno d'un mulino, che in quell'anno veniva sostituita con una di ferro, tipo Poncelet, di m. 7,50 di diametro, capace di oltre 20 cavalli. Distrutto il mulino, questa forza fu nel 1889 applicata ad una dinamo-elettrica Alioth, tipo Helvetia, atta a sviluppare un massimo di corrente di 1000 volts e 22 ampères (nelle condizioni normali la corrente è di 720 volts e 18 ampères). Tale energia elettrica trasportata alla distanza massima di 3 chm., mercè due fili di rame elettrolitico di 45 mm. di diametro, va a muovere una seconda dinamo (ricettrice) identica alla prima, la quale viene fissata all'estremità del campo che dev'essere lavorato.

Il sistema d'aratura è il Round About, dei fratelli Howard di Bedford, e differisce da quello a vapore solo in quanto la locomotiva è sostituita dalla dinamo. Con una tensione di 7 a 800 volts, ed un consumo di 18 a 20 ampères si arano da 30 a 40 are all'ora di terra argillosa bagnata, prato in rottura, alla profondità di 25 cm., essendo la generatrice a 3000 m. dalla motrice.

A tale distanza il rendimento industriale è del 60 per 100.

Si può essere soddisfatti di questo risultato.

(Il Progresso).

La porcellana d'amianto. — L'amianto, adoperato fin qui in tessuti, fibre, carta, cartone, mastice, è difficile a polverizzare in un mortaio, ma è facilmente ridotto in polvere impalpabile per mezzo di speciali apparecchi. La polvere presenta, a seconda della purezza dell'amianto adoperato, un colore giallastro, dovuto ad alcune tracce di ossido di ferro, che riesce facilissimo di fare scomparire per mezzo di una lavatura con acido solforico o cloridrico, o col contatto del latte diluito, fermentato, o per altre vie.

Con la polvere preparata in tal modo si fa una pasta a cui si dà, per mezzo del tornio o di stampi, la forma degli oggetti che si vogliono preparare; dopo di che si pongono questi oggetti entro stufe leggermente riscaldate, ove si lasciano asciugare lentamente. Indi vengono cotti, durante 17 o 18 ore, riscaldati ad una temperatura di 1200°. Col riscaldarli a questa temperatura si ottiene una porcellana di una trasparenza paragonabile a quella della porcellana ordinaria. Le applicazioni che può avere questa nuova porcellana sono numerosissime.

A motivo della piccolezza delle particelle che costituiscono la polvere d'amianto, si può ottenere, date certe condizioni speciali di cottura di questa, una materia con pori infinitamente piccoli e numerosi. L'esperienza ha provato ciò e ha dimostrato che i pori della porcellana d'amianto, contrariamente a quelli delle porcellane ordinarie, non si lasciano penetrare su una certa profondità dai microrganismi. Allorchè la porcellana d'amianto ha servito a filtrare durante molto tempo, devesi solo lavarla con una spugna bagnata nell'acqua calda.

Questi vantaggi hanno suggerito di utilizzare questa nuova materia per filtrare e sterilizzare i liquidi. Gli esperimenti eseguiti in Francia da Durand-Fardel e da Bordas hanno dimostrato che un'acqua contenente 200 colonie di microbi per ogni centimetro cubo, dopo essere stata filtrata a traverso la porcellana d'amianto, è sterilizzata in modo assoluto. Si è rilevato, inoltre, ch'essa filtra più rapidamente della porcellana ordinaria.

Altri esperimenti comparativi, fatti col concorso di Cousin e di Méran, sui vini, aceti, acidi, hanno parimente dimostrato che questi diversi liquidi, dopo essere stati filtrati dalla porcellana d'amianto, non sono stati modificati nella loro composizione chimica, e che, perciò, questa porcellana può servire egualmente a filtrare ed a sterilizzare i vini, gli aceti, ecc.

(Comptes rendus).

Le proprietà magnetiche dell'ossigeno. — Il prof. Dewar fece un'interessante comunicazione su questo argomento alla Società Reale di Londra. Ricordò come Faraday, circa 40 anni fa, dimostrò che fra i gas conosciuti il solo ossigeno è magnetico, ed il prof. Dewar cercò di determinare quale effetto poteva avere una temperatura di -180°C ., sul modo di comportarsi di questo corpo in un campo magnetico. A questa temperatura l'ossigeno è liquido alla pressione atmosferica.

Dopo essersi assicurato che l'ossigeno liquido non bagna e non aderisce al cristallo di rocca e quindi mantiene, in contatto con questa sostanza, uno stato perfettamente sferoidale, l'autore versò dell'ossigeno liquido in una capsuletta poco profonda di cristallo di rocca, e la collocò fra i poli di un elettromagnete assai potente.

Dewar si aspettava che, sotto l'azione magnetica, si verificasse il parziale o totale arresto della violenta agitazione prodotta dalla rapida ebollizione della massa sferoidale; invece, appena fu eccitato il magnete, tutta la massa dell'ossigeno liquido fu spinta con violenza nell'aria e restò aderente ai poli della elettrocalamita finchè si vaporizzò completamente in seguito al calore somministrato dal metallo.

La debole facoltà magnetica dell'ossigeno alla temperatura ordinaria aveva quindi raggiunto una forza tale che non ha riscontro in alcuna soluzione di metallo magnetico.

(Rivista scientifico-industriale).

Prof. A. V.

BIBLIOGRAFIA

Manuale per il tracciamento delle curve circolari e delle normali alle medesime, del prof. GRILLO PIETRO, Ing. Caporiparto per la costruzione della ferrovia Noto-Licata. — Op. in-16° di pag. 311. — Ragusa (Sicilia), 1891. — Prezzo L. 7.

Da parecchio tempo ci sta sul tavolo per essere annunziato ai cortesissimi lettori il manuale dell'ing. Grillo. Ed anzi dobbiamo chiedere venia all'autore se questo cenno bibliografico non ha potuto uscir prima.

Di manuali per il tracciamento delle curve abbiamo già avuto occasione di annunziarne più d'uno in queste colonne, ed abbiamo pure osservato come spesso rispondano più al bisogno di certe abitudini nell'operare contratte, che non a vere innovazioni di metodo, od a reali miglie di procedimento. Il che ci spiega come parecchi di questi libri possano coesistere, e nuovi compilatori di tavole numeriche sentirsi animati a segnare un proprio sentiero in un campo già percorso e ripercorso in ogni senso, ed ove più nulla rimane da discutere. Ma per ciò stesso codesti libri vogliono essere considerati dal punto di vista particolare di chi li ha preparati, anziché da quello più generale dei principi scientifici, che regolano il tracciamento delle curve. E per ciò stesso non si raggiunge nell'annunziarli un risultato pratico ove non discendasi a minuti particolari sul modo col quale sono formati e sulla natura degli scopi derivati che l'autore si è proposto di raggiungere.

La breve analisi che qui facciamo del manuale del Grillo è la migliore esplicazione del nostro concetto.

Nel tracciamento delle curve in campagna non si adopera il metro, ma il triplometro, osserva il nostro Autore; ma colle tavole pubblicate fino ad ora, ogni volta che si vuole stabilire un punto di curva col sistema delle ordinate alle tangenti (che è il metodo più facile ed esatto) occorre fare lì per lì la riduzione in canne metriche dell'ascissa e dell'ordinata che sono espresse in metri. L'operazione è semplicissima, ma può dar luogo ad errori e ad ogni modo rende fastidioso il lavoro dell'operatore. Quindi l'ing. Grillo ci dà le ascisse ed ordinate espresse in canne metriche, metri e frazioni.

L'Autore si trovò spesse volte nel caso di dover tracciare curve in terreni rocciosi e molto accidentati, nei quali non è sempre possibile piantare i picchetti dove si vuole e che sono attraversati per giunta da muricciuoli a secco in ogni senso, come nel tratto di strada ferrata da Noto a Ragusa. In questi casi, dovendosi stabilire i punti di curva ove la roccia affiora sul terreno coltivabile, o dove questo presenta uno spessore sufficiente da potersi infiggere i picchetti, non servirebbe un manuale il quale dia solamente le ordinate alla distanza di 5 o di 10 metri fra loro. Occorrono adunque ordinate in tanta quantità che incontrando, per es., un muro di cinta, sia possibile mettere due picchetti al piede del medesimo, uno da una parte e l'altro dall'altra; ora l'egregio ing. Grillo si propose appunto colle sue tavole di dare le ordinate siffattamente vicine le une alle altre, che se l'una non cade a comodità dell'operatore, abbiasene un'altra a breve distanza, ed ogni difficoltà o perdita di tempo nell'operare possa eliminarsi.

Inoltre l'Autore si immedesimò della convenienza di far servire le stesse sue tavole per il tracciamento delle curve al tracciamento esatto e spedito delle normali alle curve stesse (linee di sezione trasversale), e vi riuscì, ricorrendo per altro all'uso dello squadra graduato.

Il manuale dell'ing. Grillo differisce pure dagli altri congeneri in questo, che gli sviluppi sulla curva non corrispondono a numeri interi di metri; l'Autore ha creduto di potersi dispensare da tale convenzionalismo di sistema, che non ha utilità pratica, mentre i picchetti di sezione non corrispondono in generale ai picchetti di curva e si finisce egualmente per avere numeri frazionari. Ma intanto, pigliando a base dei calcoli un angolo al centro costante, l'Autore ha potuto far servire le medesime tavole al tracciamento delle curve con coordinate polari, e sopprimere di fatto la notazione dei minuti secondi nella designazione degli angoli, la quale può parere una superfezione, ricorrendosi tutto al più pel tracciamento delle normali all'uso dello squadra graduato.

La tabella II, che è la più voluminosa, ci offre modo di tracciare tanto col metodo delle ordinate sulle tangenti, quanto con quello delle coordinate polari, cento curve di raggio compreso fra 20 metri. e 10 mila metri. E sebbene tali curve siano sufficienti in quasi tutti i casi della pratica, tuttavia, presentandosi il caso, la tabella I offre tutti gli elementi (per la curva circolare di raggio uno e per angoli al centro di 5 in 5 minuti primi) occorrenti a calcolare i dati per il tracciamento di qualsiasi altra curva circolare, il cui raggio non sia per avventura contemplato nella tabella II.

Ai raccordi parabolici, divenuti ora di generale applicazione per ottenere un più dolce passaggio dai rettili alle curve circolari, è destinata la tabella III, la quale somministra gli elementi necessari al tracciamento delle curve di raccordo e delle loro normali nei tre distinti casi: di ferrovie principali, colla velocità massima di 70 chilometri l'ora; di ferrovie secondarie, colla velocità massima di 50 chilometri l'ora; e di ferrovie secondarie a scartamento ridotto di m. 1.

Nella introduzione, che spiega l'uso delle tabelle, si fa pure cenno sommario del tracciamento esterno ed interno delle gallerie, dell'allargamento del binario in curva e delle curve di raccordo delle livellette nei cangiamenti di pendenza.

In complesso l'opera risponde allo scopo per il quale è stata compilata. Essa è particolarmente dedicata all'egregio ingegnere commendatore Giovanni Marsaglia, ma sta di fatto che l'egregio Autore dedicò l'opera sua a vantaggio di tutti coloro che avranno occasione di servirsene, e che, non dubitiamo, se ne troveranno contenti.

G. S.

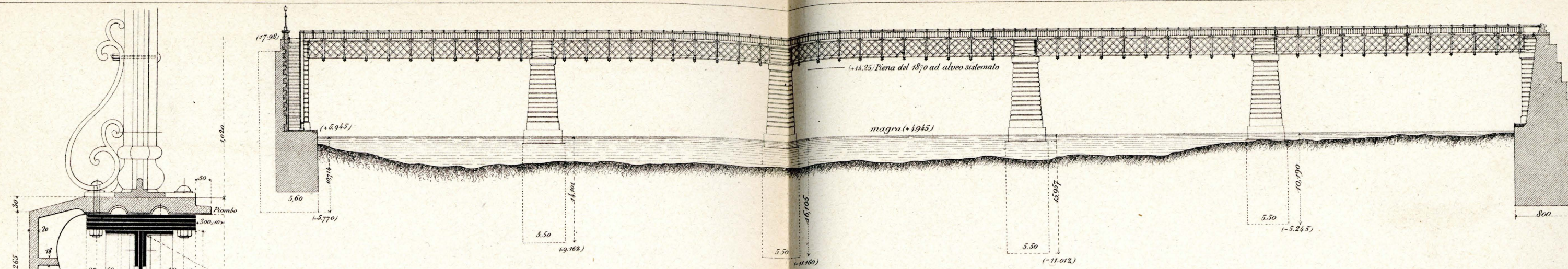


Fig. 1. Elevazione a monte

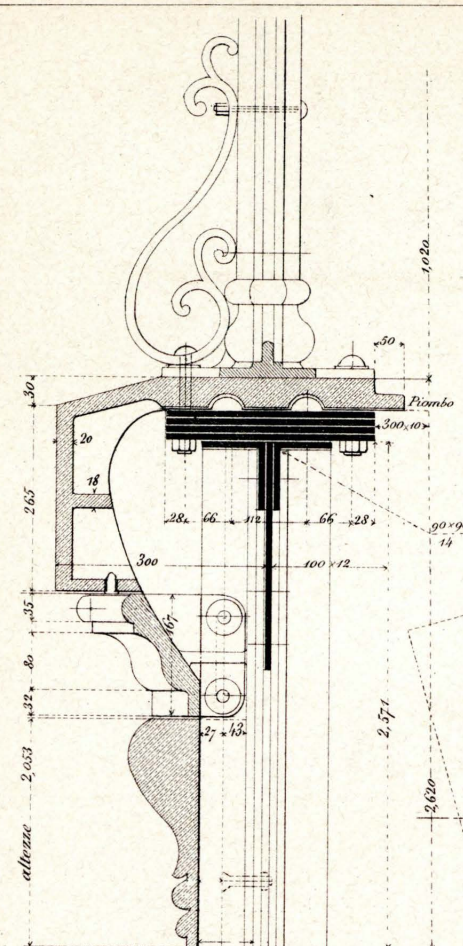


Fig. 5. Sezione della cornice

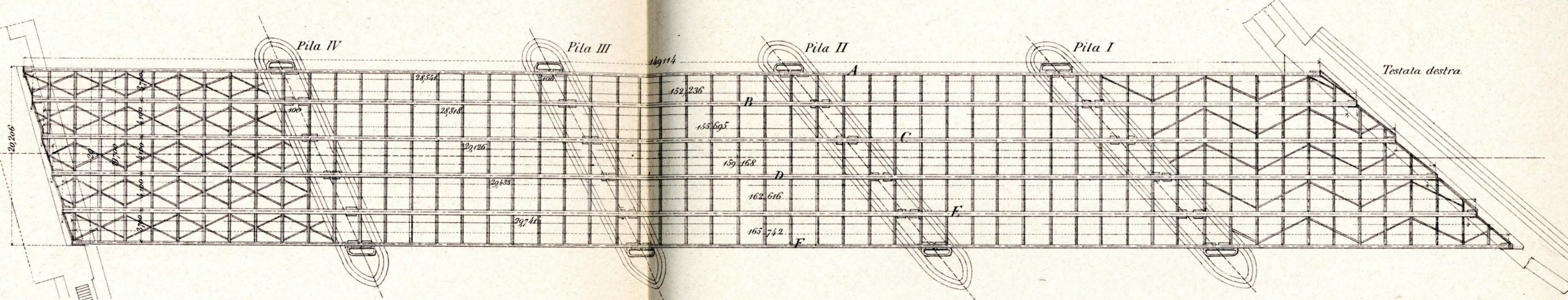


Fig. 2. Pianta al piano dell'impalcatura

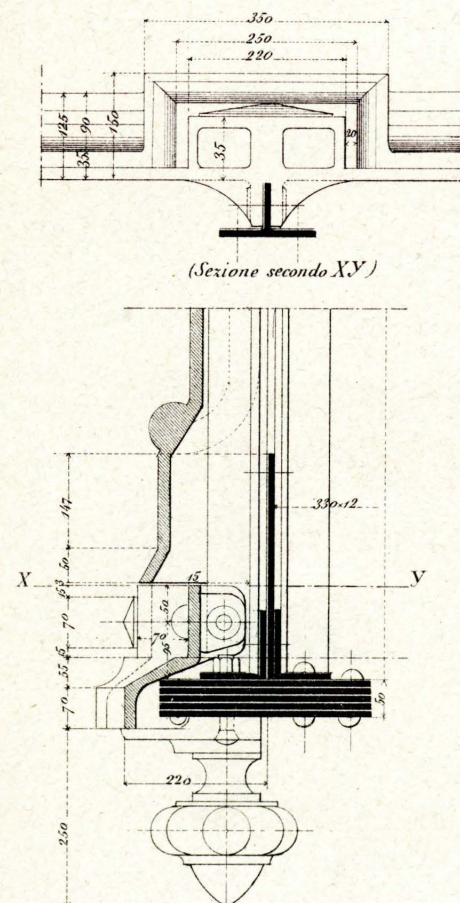


Fig. 6 e 7. Decorazione inferiore della trave

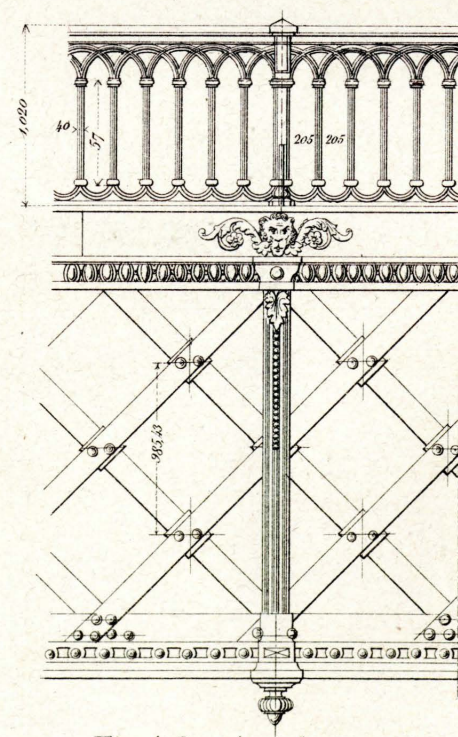


Fig. 4. Saggio del prospetto

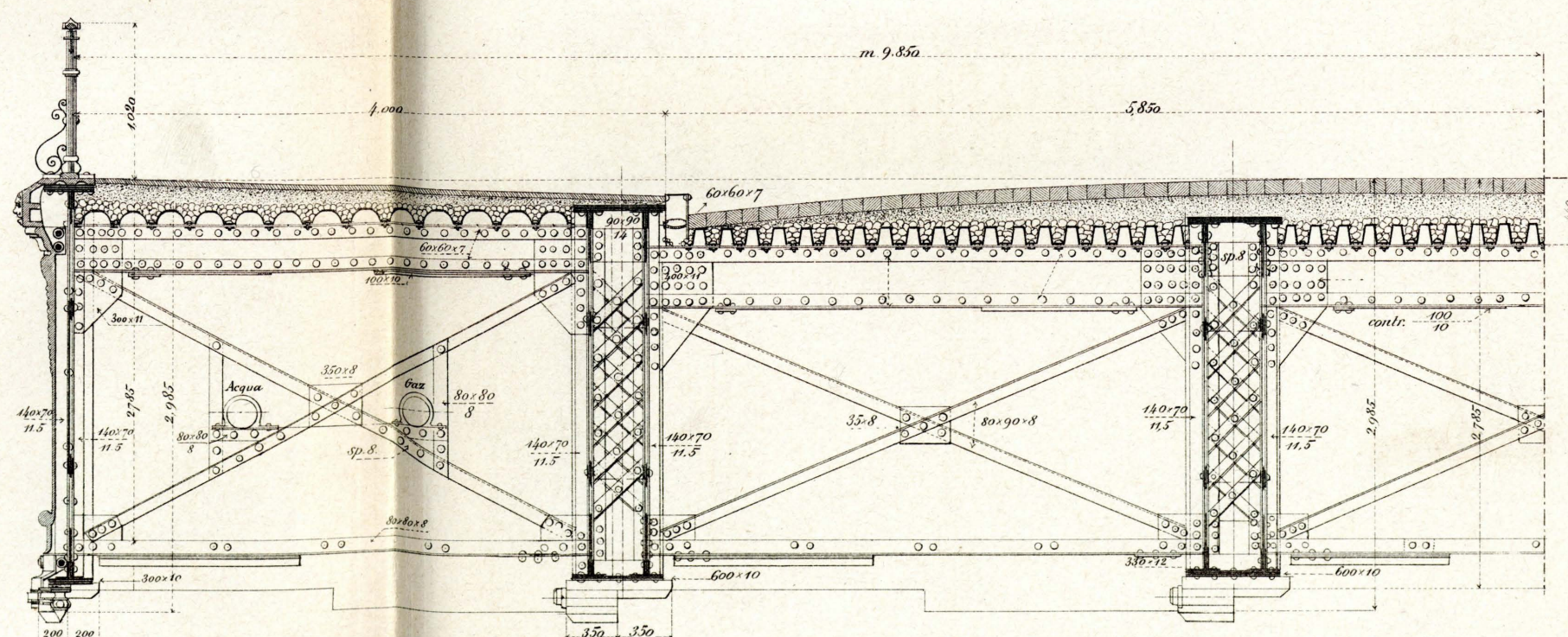


Fig. 3. Metà sezione trasversale