

## L'INGEGNERIA CIVILE

## LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO BIMENSILE

Si discorre in fine del Fascicolo delle opere e degli opuscoli spediti franchi alla Direzione dai loro Autori ed Editori.  
È riservata la proprietà letteraria ed artistica degli articoli e disegni pubblicati in questo Periodico.

PER LA TRAZIONE ELETTRICA  
SULLE STRADE FERRATE

La Relazione della Commissione Ministeriale  
incaricata di studiare  
l'applicazione della TRAZIONE ELETTRICA  
sulle ferrovie di traffico limitato

Il buon esito delle applicazioni recenti della trazione elettrica all'esercizio delle tramvie urbane e suburbane delle principali città italiane, ed a quello di talune ferrovie secondarie estere; gli studi intrapresi da molte Amministrazioni ferroviarie per la sostituzione della trazione elettrica a quella a vapore, ed il fatto delle condizioni idrografiche del nostro Paese favorevoli all'utilizzazione di cascate finora inopere, indussero il Ministro dei Lavori Pubblici, nel dicembre 1897, ad affidare ad una Commissione tecnica, composta di funzionari del R. Ispettorato Generale delle Strade Ferrate e delle Società Mediterranea ed Adriatica, lo studio delle possibili applicazioni della trazione elettrica alle nostre ferrovie, e particolarmente a quelle di poco traffico.

Alla stessa Commissione, che propose alcuni esperimenti di esercizi a trazione elettrica, introducendo contemporaneamente nel servizio varie semplificazioni, venne successivamente affidato anche l'incarico di esaminare, in relazione allo studio precedente, un'appendice al regolamento di polizia ferroviaria per la trazione elettrica e le norme per la relativa applicazione; appendice e norme che già furono regolarmente approvate.

Essendo stati testè pubblicati per cura del R. Ispettorato Generale gli Atti della prefata Commissione (1), crediamo utile di riassumerne qui la Relazione, riservandoci di ritornare altra volta sugli Allegati, che formano parte integrante di così importante pubblicazione.

*Sviluppo delle applicazioni della corrente elettrica alle ferrovie.* — La corrente elettrica ha reso ben prima d'ora e rende alle ferrovie molteplici servizi ausiliari. Al telegrafo siamo in gran parte debitori di quella rapidità di comunicazioni e intensità di traffico che si è potuta raggiungere colla trazione a vapore. In mille altri congegni la corrente si è piegata al funzionamento di segnali ed al controllo delle loro indicazioni; dopo l'invenzione del Gramme va illuminando molte stazioni; dopo quella del Planté e del Faure provvede di luce abbondante i compartimenti dei principali convogli; dopo quella del Fontaine e in seguito ai successivi perfezionamenti dei motori elettrici, va sostituendo vantaggiosamente l'opera manuale in molte operazioni di carico e scarico delle merci o maneggio dei vagoni. Splendido esempio di queste ultime applicazioni è dato dal porto di Venezia, ove lo Stato sta impiegando più di lire 700 mila in impianti elettrici, destinati sia all'illuminazione, sia al movimento di gru e piattaforme.

Per iniziativa del Siemens apparivano nel 1879 alla Mostra

(1) R. ISPETTORATO GENERALE DELLE STRADE FERRATE. — Atti della Commissione incaricata di studiare l'applicazione della trazione elettrica alle ferrovie di traffico limitato. — Op. in-4° grande, di pag. 345, con 8 grandi Tavole litografate. — Roma, Tip. dell'Unione Cooperativa Editrice, 1899.

di Berlino i primi locomotori elettrici, sperimentati in modeste applicazioni, là dove la concorrenza poteva riescire più facile e remuneratrice e dove il vapore era *a priori* escluso, cioè nel campo delle tramvie urbane. Gli esempi non tardarono a moltiplicarsi e ad estendersi alle tramvie suburbane ed a ferrovie in condizioni particolari. In Savoia gettavasi una ferrovia elettrica sulle spalle del monte Salève; in Inghilterra adottavasi la trazione elettrica per la ferrovia sotterranea di Londra (South London-City) ed in quella aerea di Liverpool; in America la Società della Rete secondaria « New-York, New-Haven and Hartford » trovava di sua convenienza sostituire la trazione elettrica a quella del vapore in parecchi de' suoi tronchi, e la Compagnia della Baltimora-Ohio metteva in servizio nella galleria di Baltimora, locomotive elettriche della potenza di 1400 cavalli.

Dovunque l'innovazione incontrò simpatie, e le Amministrazioni se ne dichiararono soddisfatte. Si è oramai generalizzata la convinzione che anche sulle ferrovie principali si potrebbero, colla trazione elettrica, ottenere importanti migliorie, e non poche delle grandi Amministrazioni ferroviarie hanno intrapreso studi in proposito.

\*

*Presunti vantaggi della trazione elettrica sulle ferrovie in generale.* — Era ben naturale che tali studi destassero particolare interesse in Italia, dove abbondano nelle regioni montuose le cadute d'acqua utilizzabili. Ma occorre guardarsi dal cadere in malintesi o confusioni a tale riguardo.

Dei 100 milioni che paghiamo annualmente all'estero per il carbon fossile (la cui importazione non accenna a scemare, malgrado gli impianti idroelettrici per illuminazione ed altre industrie) solo 20 milioni circa rappresentano il combustibile bruciato sugli 11 mila chilometri di sviluppo delle nostre due Reti principali, e solo una parte di essi potrebbe essere risparmiata sostituendosi la trazione idroelettrica, perchè non mancano anche in Italia regioni sprovviste di forze idrauliche sufficienti.

Nè dobbiamo farci troppe illusioni sui vantaggi economici delle applicazioni della trazione elettrica, e ciò per causa essenzialmente della immobilizzazione di parecchie centinaia di milioni richieste dalla esecuzione degli impianti idraulici ed elettrici.

Delle spese totali d'esercizio il servizio della trazione non assorbe circa che la terza parte e le spese del combustibile rappresentano appena la novesima parte. Onde dal punto di vista delle sole spese di esercizio l'utilità della trazione elettrica, per sè stessa, non potrebbe essere che assai limitata.

Ma in casi speciali essa può rendere, anche dal punto di vista economico, importanti servizi. Colla semplice soppressione del vapore e del fumo nelle lunghe gallerie, è resa possibile, su certe linee importantissime, la loro suddivisione in sezioni di blocco assai brevi, e questo le rende atte ad un traffico superiore a quello conseguibile in pratica colla locomozione a vapore. In tal caso il maggior movimento si estende alle ferrovie che da quella principale si diramano, e la trazione elettrica può essere preferita alla trazione ordinaria, quand'anche risulti più costosa. Ciò probabilmente deve dirsi della linea dei Giovi e relativa succursale, la cui potenzialità tanto influisce sul richiamo delle merci nel porto di Genova.

Altre volte la concorrenza, che una linea importante può fare ad altre linee o alla navigazione, può richiedere per il trasporto viaggiatori quelle maggiori velocità che solo potreb-

bero essere date dai motori elettrici, i quali sollecitando i rispettivi assi con azioni di intensità costante non possono dar luogo ai movimenti anormali inevitabili nelle ordinarie locomotive.

Solo in questi casi, e quando si disponesse di forze idrauliche, potrà ottenersi la parziale indipendenza dall'estero per il carbon fossile, ma molto difficilmente, anche in questi casi, una qualche economia nelle spese di esercizio.

\*

*Applicazione alle ferrovie di traffico limitato.* — Esiste però in Italia una grande classe di ferrovie situate in località favorite dalla natura di abbondanti forze idrauliche, ed alle quali potrebbe essere fin d'ora applicata la trazione elettrica, anche con tutta probabilità di ottenere un aumento di traffico. Sono le ferrovie di secondaria importanza, le quali per ciò non sono in generale percorse che da tre o anche da due sole coppie di treni al giorno, con cui si fa anche il trasporto delle merci.

Una così limitata frequenza dei convogli non può bastare a tutte le esigenze, neppure nelle stazioni in cui gli arrivi e le partenze cadono nelle ore più comode, ed è per questo motivo che sfugge alle ferrovie una grande parte del movimento locale.

Ora è appunto su queste ferrovie che la trazione elettrica può essere adottata in modo da accrescere con ogni probabilità il traffico senza aumentare le spese di esercizio, offrendo al pubblico un servizio più rispondente ai suoi desideri.

Alle poche coppie di treni composti di una locomotiva con tender (circa 60 t.), di un bagagliaio, di carri merci e di più vetture delle varie classi, che in parte viaggiano vuote o quasi, si sostituiscano, per queste linee secondarie, semplici carrozze automotrici, atte a rimorchiare una o al più due carrozze ordinarie, e si riducano le classi a quelle più produttive, facendo economia di spazio e di peso morto, ed il convoglio resterà così limitato dalle 35 alle 60 tonnellate. Moltiplicando, per quanto lo consenta un orario bene studiato, la frequenza delle corse, si sfrutteranno meglio gli impianti elettrici centrali, tenendoli, cioè, continuamente in azione, e questi impianti stessi, trattandosi di mantenere in moto convogli così ridotti, non richiederanno eccessivo dispendio. Gli intervalli di minor traffico saranno destinati al trasporto delle merci, sia con carri rimorchiati da carrozze automotrici, sia con treni speciali mossi da carri automotori, o, volendo anche ammettere un servizio misto, da locomotive ordinarie a vapore (materiale di riserva). Da tutto ciò deriverà immancabilmente un notevole incremento negli introiti. E per quanto l'impianto della trazione elettrica su queste linee secondarie possa costare molti milioni, è lecito presumere che il relativo interesse ed ammortamento saranno largamente coperti dall'aumento dei prodotti, dal risparmio del combustibile ottenuto col preferire, in quanto sia possibile, gli impianti idraulici.

Anche sulle linee principali, intorno ai grandi centri, si incontrano dei tronchi, sui quali la trazione elettrica può condurre a risultati analoghi, attivandovi intensi servizi locali, mediante carrozze automotrici, senza alterazione dei trasporti ordinari, che possono continuare a sussistere anche con trazione a vapore.

Conviene adunque studiare l'applicazione della trazione elettrica alle ferrovie secondarie ed ai tronchi che irradiano intorno ai grandi centri. Seguirà poi l'applicazione alle linee di montagna con lunghe gallerie od in altre condizioni speciali.

\*

*Sistemi di trazione elettrica finora applicati.* — Oltre 900 chilometri di tramvie elettriche risultavano in regolare esercizio in Europa fin dal 1° gennaio 1896 e più di 600 chilometri in costruzione.

Quasi dappertutto l'esercizio viene effettuato con vetture automotrici isolate, o rimorchiati al più una carrozza ordinaria. Sotto questo aspetto il servizio presenta qualche analogia con quello più conveniente alle nostre ferrovie di poco traffico ed ai servizi locali, colla differenza che sulle tramvie le fermate delle vetture sono assai frequenti, mentre sulle ferrovie sono relativamente rare, e quindi su queste si fa-

rebbe sentire meno l'economia di tempo che si ottiene, senza ricorrere a freni speciali, coll'energica azione del motore elettrico, nell'arresto e nell'avviamento delle carrozze; pregio questo che ha contribuito grandemente a far trionfare sulle tramvie la trazione elettrica su quella a cavalli, ed ha permesso, anche nelle vie più frequentate, l'uso di velocità relativamente grandi.

Se si eccettua la tramvia di Lugano, la corrente motrice, in tutti gli impianti attuati, è continua, coi motori quasi sempre eccitati in serie, e conformati secondo tipi poco numerosi (Thomson-Houston, Walker, Short, ecc.), ma in compenso molto studiati e adattati alle esigenze della pratica. Essi funzionano in modo da poter mantenere in moto la vettura a diverse velocità, sia per mezzo di *resistenze elettriche* portate dalle vetture, e che mediante l'apparecchio di manovra (detto comunemente *controller*) possono variamente venire intercalate nei circuiti, specialmente in quelli induttori; sia, quando la vettura porta due motori, modificando, secondo i casi, l'accoppiamento di questi ultimi, che può essere fatto in serie o in derivazione. Questo vario funzionamento del motore a corrente continua ha luogo senza mai eccedere limiti convenienti pel consumo di energia elettrica, ed è questa una qualità pregevolissima per le tramvie urbane, ove la velocità viene di continuo modificata. Sulle ferrovie la velocità dovrebbe essere esclusivamente regolata in base alle variazioni delle pendenze, e quando queste variazioni non fossero molto grandi, o fossero limitate a brevi tratti del percorso, il detto pregio dei motori a corrente continua sarebbe assai meno sentito.

A Lugano si è fatto l'impianto di una tramvia, di cui la corrente lanciata sulla vettura è trifase ed anima dei motori asincroni Brown. E' questa la prima applicazione alla trazione meccanica della scoperta oramai popolare del nostro Galileo Ferraris. La corrente motrice non percorre allora che l'induttore e vi eccita un campo magnetico rotante, che trascina nel proprio movimento il circuito dell'indotto. Fra le velocità angolari dell'uno e dell'altro rimane una differenza detta *slittamento*, crescente colla resistenza da vincere, ma assai piccola (5/10) nei limiti della resistenza normale. La percentuale dello slittamento è quella stessa che esprime il rendimento elettrico del meccanismo.

Questi motori sembrano meno adatti di quelli a corrente continua pel servizio delle tramvie. Quando la differenza di velocità fra il campo magnetico e l'indotto è grande, la coppia motrice non risulta maggiore, ma minore di quando lo slittamento è piccolo. Si ovvia a questo inconveniente, che renderebbe impossibile l'avviamento, coll'introdurre nel circuito dell'indotto delle resistenze elettriche, le quali rialzano il valore della coppia motrice, sebbene ciò vada a scapito dell'effetto utile. La conseguente perdita di energia è rilevante, se gli avviamenti sono molto frequenti, o se occorre sovente di procedere con velocità moderata, perchè quella del campo magnetico rimane costante. Sulle ferrovie, ove gli avviamenti sono più rari, l'inconveniente sarebbe minore e potrebbe riuscire insensibile quando le pendenze fossero variabili entro limiti assai ristretti, e la velocità degli indotti potesse mantenersi poco diversa da quella del campo magnetico.

Altro vantaggio dei motori a corrente continua è che la loro azione può essere facilmente invertita, facendoli agire, come si dice, *a controcorrente*. In tal caso diventano generatori di energia elettrica e si trasformano in freni di azione molto energica, perchè, resa negativa la forza contro elettromotrice degli indotti, la corrente risulta assai poderosa. Da ciò un grande vantaggio, ma anche un pericolo di riscaldamento, che consiglia di far uso con grande parsimonia della controcorrente. Si possono altrimenti trasformare i motori a corrente continua in freni energici chiudendone i circuiti sopra sè stessi, per modo che ciascun motore funzioni come una dinamo in corto circuito. Nel freno elettro-magnetico Thomson-Houston, la corrente così sviluppata è impiegata a produrre una energica coppia resistente sugli assi motori, per arrestare prontamente le carrozze senza l'uso dei ceppi, che logorano i cerchioni delle ruote.

I motori asincroni a campo rotante non hanno lo stesso pregio; si può invertire la rotazione del campo magnetico, ma la coppia ritardatrice non riesce grande senza l'introduzione

di resistenze nel circuito dell'indotto, e l'effetto non è mai tanto energico quanto nei motori a corrente continua eccitati a controcorrente. Hanno, per contro, una qualità eccellente per le ferrovie: si trasformano in freni e generano energia quando l'indotto gira con velocità un poco maggiore di quella del campo magnetico. In tal caso lo *slittamento* è negativo, il funzionamento del motore è invertito, e ne risulta un'azione che, senza l'uso di altri apparecchi, può bastare per limitare la velocità di un treno nelle discese.

In quanto ai mezzi di produzione e trasmissione dell'energia, la Commissione incomincia dal citare gli accumulatori portati dal veicolo e caricati negli intervalli di fermata. I migliori dei quali, per le tramvie, sono quelli che possono caricarsi in appena 20 minuti e scaricarsi in circa un'ora (a carica e scarica rapida), ed hanno il minimo peso di circa 4 ampères per chilogramma di piastre.

Ma anche stando nei limiti di potenzialità dipendenti dal peso massimo che di essi si può caricare una vettura, il rendimento elettrico dell'accumulatore non risulta in pratica molto elevato (0,80 al massimo), ed esige forti spese di manutenzione, non sembrando che le piastre positive possano durare più di un anno e le negative più di tre, in causa del regime forzato di carica e scarica.

Onde si comprende che il sistema possa essere preferito soltanto per le tramvie urbane, quando ragioni estetiche si oppongano al collocamento dei fili aerei.

Generalmente è oggidì preferito il sistema di trazione elettrica in cui il motore portato dal veicolo toglie la corrente che gli occorre, mediante contatti scorrevoli, da conduttori continui o quasi continui, posti lungo la linea. Uno di questi conduttori è costituito dal binario, reso atto a tale funzione con opportuni collegamenti elettrici fra le rotaie; l'altro, o gli altri, sono isolati dal suolo. Se si eccettua il solo impianto della tramvia di Northfleet, che è *in serie*, ha cioè i motori intercalati in serie in uno stesso circuito percorso da una corrente pressoché costante, tutti gli impianti attuali a conduttura sono *in derivazione*, cioè disposti in modo che ogni motore in funzione stabilisca una corrente *derivata* fra i conduttori. Si hanno così tante correnti diverse quanti sono i veicoli in attività, e le officine generatrici hanno il compito di mantenere, entro certi limiti, costante la differenza di potenziale fra i conduttori di servizio. La corrente data ai motori è quasi dappertutto *continua*, ma può essere anche *alternata*, come si vede nel già citato esempio di Lugano. Ivi essa è *trifase*, e quindi richiede tre conduttori, uno sostituito dal binario, gli altri due isolati.

In alcune tramvie urbane (Northfleet, Blackpool, Budapest, Cleveland) i conduttori isolati sono sotterranei, ma il costo del loro impianto riesce allora elevatissimo, e devesi escludere tale sistema per le ferrovie, lungo le quali possono collocarsi senza grandi inconvenienti, anzi con grande semplicità di costruzione e comodità di sorveglianza e riparazione, conduttori superiori al suolo. Per motivi analoghi conviene escludere per le ferrovie i sistemi a *contatti isolati* (Westinghouse, Diatto, Wuilleumier), che sarebbero forse pregevoli, in certi casi, per le stazioni, ma che non senza un eccesso di spesa superfluo potrebbero estendersi ai tratti in piena via.

Gli impianti più diffusi sono quelli a filo aereo (filo di *trolley*), cioè a conduttura di servizio, sorretta a 5 o 6 metri sopra il binario da speciali sostegni. I conduttori, dei quali potrebbe essere pericoloso il contatto per le persone, sono così resi inaccessibili, tranne il caso di rottura, ciò che permette l'uso di potenziali elevate. Per alcune tramvie in sede propria (Bessbrook Newry) e ferrovie economiche si è invece collocato il conduttore isolato fra le rotaie, o di fianco alle medesime, al piano del binario o poco più in alto, poggiandolo quasi sempre sopra semplici zoccolotti di legno paraffinato. E' questo l'impianto detto a *terza rotaia*, perchè lungo la ferrovia il conduttore può essere costituito anche di rotaie usate, fra loro collegate con gli ordinari ferri minuti. La pratica ha dimostrato che anche questo metodo dà buoni risultati, e che anche nelle più sfavorevoli condizioni meteorologiche (temporali, neve, ecc.), l'isolamento elettrico del conduttore si conserva sufficiente. Però havvi pericolo permanente per le persone che venissero, cadendo, contemporaneamente

a contatto delle rotaie e del conduttore. Sia per questo motivo, sia per non esporre la corrente ad eccessivi disperdimenti, convien tenere alquanto moderato il potenziale elettrico della terza rotaia.

Non vi sarebbe ragione di escludere, per motivi intrinseci, dalle applicazioni ferroviarie nè il sistema a filo aereo, nè quello della terza rotaia.

Col primo non si hanno vincoli nella scelta del potenziale, tranne quelli derivanti dalla bontà degli isolatori, e la manutenzione dell'armamento è sciolta dalle soggezioni create dalla corrente. Col secondo si evitano i sostegni, ma il potenziale, da cui dipende il rendimento dell'impianto, non può essere troppo elevato senza pericolo, e la manutenzione dell'armamento è più costosa. La preferenza da accordarsi all'uno o all'altro non può adunque essere determinata che da un esame completo dei loro pratici risultati. Per la ferrovia del monte Salève, la ferrovia sotterranea di Londra, quella aerea di Liverpool e la Metropolitana di Chicago, è stato preferito il conduttore collocato nel mezzo o di fianco al binario. Nella galleria di Baltimora è stato collocato in alto, come in altre ferrovie economiche americane (1). La Società delle Ferrovie secondarie « New York, New Haven, and Hartford », quand'ebbe deliberato di tentare l'applicazione della trazione elettrica per meglio vincere la concorrenza di altre linee, adottò per il primo tronco, da Nantasket a Beach, di 12 chilometri, il filo aereo, e se ne trovò soddisfatta, pur facendo uso dell'ordinaria asta di *trolley* a rotella, e lanciando le sue automotrici ad oltre 54 chilometri all'ora. Per i tronchi successivi scelse la terza rotaia (che pur diede buoni risultati), specialmente perchè l'altro sistema avrebbe richiesto un costoso allargamento della via (2).

Insomma, la Commissione ha dovuto persuadersi, fin dalle sue prime adunanze, che i sistemi più generalmente usati per la trazione elettrica nelle tramvie, di vetture automotrici con qualche vettura rimorchiata, siano essi ad accumulatori, a filo aereo od a terza rotaia, si possono ritenere, in massima, adatti, salvo gli effetti economici rispettivi, per migliorare il servizio viaggiatori sulle ferrovie di traffico limitato e pel movimento locale intorno alle città principali.

*Lunghezza dei tratti di ferrovia esercitati con trazione elettrica.* — Il primo quesito compreso nel programma della Commissione era quello riflettente la lunghezza delle ferrovie a cui la trazione elettrica si potrebbe applicare.

Se la resistenza di un treno al movimento fosse indipendente dalla sua velocità, potrebbe dirsi che il numero delle watt-ore necessarie per il trasporto del treno da un punto ad un altro qualsiasi è funzione soltanto del tracciato della linea. In realtà ciò non avviene, perchè con la velocità aumentano la resistenza dell'aria e le perdite per gli urti.

La distanza che si può raggiungere col servizio ad accumulatori varia secondo il tracciato della linea, il tipo dell'accumulatore ed il peso della batteria collocata sulla vettura automotrice. Se la scarica avviene in 90 minuti e si procede con velocità di 50 chilometri all'ora, come venne supposto, all'incirca, in alcuni esempi pratici, il percorso totale della vettura può raggiungere i 75 chilometri, scostandosi al massimo di km. 37,50 dall'officina di caricamento. In tal caso il peso delle batterie per una linea relativamente piana, sta fra il terzo e il quarto di quello totale del veicolo.

Per ciò gli accumulatori possono adattarsi, con una sola officina di caricamento, alle ferrovie secondarie di limitata lunghezza ed ai servizi locali. Ove il percorso sia tale che il ritorno non possa compiersi con una sola carica, si potrà ancora applicare lo stesso sistema, purchè si ricorra a due officine di caricamento, collocate alle estremità della linea.

In ogni caso, posto che per un buon servizio ferroviario non si debbano offrire al pubblico meno di 50 posti a sedere per ogni convoglio, il peso delle vetture automotrici ad accumulatori si aggirerà sempre intorno alle 50 tonnellate. Il ren-

(1) Norfolk-Ocean View (Virginia), più un tronco di 5 chilometri in California (*Revue générale des chemins de fer*, ottobre 1898).

(2) GÉRARD, *Traction électrique*, pag. 329.

dimento elettrico della batteria dipenderà principalmente dalla bontà degli elementi e dalla rapidità della scarica.

Ben diverse sono le condizioni della trazione elettrica, quando è fatta mediante *conduttori di servizio*. Ivi l'energia elettrica passa direttamente dal generatore ai motori, e le perdite non sono dovute alla carica e scarica dei serbatoi portati dai veicoli, sibbene alla resistenza elettrica delle condutture, lungo le quali si verifica una forte caduta di potenziale dipendente dalla qualità e dalla lunghezza del conduttore e dalla differenza di potenziale ai due poli dell'automotore.

Nelle tramvie urbane i conduttori non vanno generalmente a molti chilometri di distanza dall'officina, e le variazioni di potenziale nei conduttori di servizio possono correggersi collegandoli in vari punti con l'officina stessa per mezzo di condotte d'alimentazione (*feeders*). Ma sulle ferrovie non sarebbe pratico lanciare la corrente di una sola officina a mezzo di un medesimo conduttore di servizio a distanza maggiore di 8 o 10 chilometri.

Fortunatamente i progressi già fattisi nella trasmissione dell'energia elettrica a distanza ci offrono il mezzo di estendere molto più il raggio d'azione di una medesima officina generatrice, ricorrendo ad una *trasmissione primaria*, a potenziale elevatissimo, e ad *officine secondarie o sottostazioni*, dalle quali la corrente della trasmissione primaria venga trasformata in altra corrente a potenziale meno alto, e quindi lanciata sui conduttori di servizio.

Oggidi non scarseggiano simili impianti; basti citare il bellissimo esempio di trasmissione da Paderno a Milano, a 13.000 volt, mentre in America, in talune esperienze, il potenziale è stato già elevato a 20.000 volt.

Osservando le norme tracciate dalla legge 7 giugno 1894, non vi sarebbe alcun limite pel potenziale adottabile, se non si incontrassero pratiche difficoltà nella costruzione d'isolatori efficaci e durevoli. Sono difficoltà che la scienza va man mano combattendo vittoriosamente.

Quand'anche l'officina generatrice si trovi ad una conveniente distanza dagli estremi di una linea, si può dunque farne l'esercizio elettrico mediante una trasmissione *primaria* e parecchie *sottostazioni di trasformazione*, oltre alla conduttura secondaria o di servizio. E se la linea è molto lunga, basterà ricorrere a diverse officine centrali, collocate a distanza da 60 a 80 chilometri fra loro. In ciò risiede un pregio di questo sistema su quello ad accumulatori, col quale è d'uopo arrestarsi e cambiare vetture quando la scarica degli accumulatori è compiuta. Inoltre, con la conduttura, possiamo dare alle vetture quantità considerevoli di energia, aumentando solo la potenza dei motori; mentre con gli accumulatori ciò torna affatto impossibile. Perciò il sistema a conduttura appare anche il più adatto per ottenere grandi velocità e vincere forti pendenze.

\*

*Uso delle correnti alternate.* — Il concetto generale degli impianti elettrici per le ferrovie secondarie fa tosto un altro passo importante usufruendo dei vantaggi delle correnti *alternate*.

Sebbene la trasmissione dell'energia dalle stazioni centrali alle sottostazioni si possa ottenere non solo colle correnti alternate, come avviene fra Paderno e Milano, ma anche con quelle continue, e ne abbiamo a Genova un ottimo esempio a 30 chilometri di distanza, mediante corrente continua a 6000 e più volt, tuttavia per raggiungere un potenziale così elevato, occorre accoppiare un certo numero di dinamo *in serie*. Un solo *alternatore* basta invece per dare una corrente alternata anche a 15000 volt (potenziale efficace) (1). Questo alterna-

(1) Nelle correnti alternate il potenziale della corrente varia da istante a istante, del pari che l'intensità della corrente.

Chiamando E, I i valori massimi del potenziale e dell'intensità della corrente, i valori efficaci risultano, com'è noto rispettivamente

$$E \quad I \\ \sqrt{2} \quad \sqrt{2}$$

Il potenziale e l'intensità efficace di una corrente alternata, dal punto di vista degli effetti dinamici, possono paragonarsi al potenziale e all'intensità di una corrente continua.

tore unico costa meno delle dinamo atte a generare in serie una corrente continua in condizioni equivalenti; è meno soggetto a guastarsi per variazioni repentine della corrente, e richiede minori spese di manutenzione. Inoltre il rendimento elettrico dell'alternatore è superiore a quello delle dinamo, sebbene questo, per macchine assai potenti, possa essere garantito dai costruttori a più del 90 per cento.

Nei riguardi del costo d'impianto della condotta le correnti alternate (trifasi) sono ancora preferibili a quelle continue.

Le correnti alternate così trasmesse a potenziale elevatissimo hanno bisogno di essere rigenerate al potenziale tollerabile sulle condutture di servizio, e, se la trazione elettrica non è a corrente alternata, debbono anche essere trasformate in correnti continue. Gli apparecchi a ciò destinati, che diconsi *trasformatori*, sono quelli che costituiscono il macchinario delle *sottostazioni*.

Se la corrente alternata deve essere trasformata in corrente continua, occorre un *trasformatore rotante*, che richiede la sorveglianza quasi continua dell'operato, ed il cui rendimento elettrico si aggira intorno al 90 per cento.

Se al contrario la corrente alternata deve essere soltanto ridotta a più basso potenziale, l'apparecchio trasformatore è fisso in ogni sua parte, ed il rendimento di questi trasformatori fissi, che possono costruirsi monofasici o trifasici a piacimento, può giungere a pieno carico al 97 o 98 per cento. Inoltre costano molto meno, occupano poco spazio, non esigono sorveglianza, e possono molte volte trovar posto in qualche angolo abbandonato di fabbricati esistenti.

Convien quindi effettuare il trasporto dell'energia dalla stazione centrale alle sottostazioni per mezzo di correnti trifasi, e per ridurre la spesa di impianto e di esercizio delle sottostazioni, vorrebbe pure vedere adottate le correnti trifasi anche per le condutture di servizio, sebbene la Commissione faccia qualche riserva su questa seconda conclusione, almeno fino a che l'esperienza non ci abbia meglio illuminati. Adottare la corrente trifase pel circuito di servizio vuol dire infatti far uso di una corrente la cui azione sull'organismo umano è più violenta (a pari differenze di potenziale) che la corrente continua, e quindi accordare senz'altro, la preferenza al sistema dei fili aerei. Vuol dire inoltre adottare senz'altro come motori dei convogli, quelli asincroni a campo rotante, che presentano certi inconvenienti in confronto di quelli a corrente continua. Restano adunque parecchie incognite, rispetto alle quali potrebbe passare in seconda linea l'economia ottenuta nell'impianto delle sottostazioni.

E quand'anche l'esperienza confermasse in modo generale la maggior convenienza della corrente trifase nel circuito di servizio, non resterebbe escluso che in *alcuni casi speciali* fosse pur sempre preferibile la corrente continua.

Il primo caso è quello di una ferrovia di *grandissimo traffico*, che esiga impianti con motrici fisse a vapore. Può allora essere più economico evitare la trasformazione dell'energia, costruendo, in luogo di una stazione centrale, di una trasmissione primaria, e di varie sottostazioni di trasformazione, una stazione generatrice ogni 16 o 20 chilometri di linea. L'utilità delle correnti alternate si rende allora, per lo meno, insignificante.

Il secondo caso può verificarsi anche per una ferrovia secondaria, quando non si potesse costruire un impianto speciale idraulico, e non convenendo neppure impiantarne uno speciale a vapore, vi fosse modo di comperare l'energia da un'officina che serva contemporaneamente ad impianti d'illuminazione e industriali, dovendosi in tal caso tener presente che il prezzo dell'energia può variare grandemente secondo le ore ed il modo in cui essa viene erogata.

E così adottando la corrente continua, si può acquistare la energia nelle ore di minimo consumo per gli usi d'illuminazione e industriali, specialmente dalla mezzanotte al mattino, e immagazzinarla in una batteria di accumulatori fissi.

In tal caso l'energia potrebbe essere ottenuta ad un prezzo molto minore, per esempio a L. 130 il chilowatt, ed il risparmio compenserebbe la maggiore spesa d'impianto per la trasformazione della corrente alternata in corrente continua.

\*

*Parallelo dal lato economico del filo aereo e della terza rotaia.* — L'adozione della corrente trifase per il circuito di servizio, esigendo naturalmente l'impiego di fili aerei, la Commissione non si è schierata fra coloro che vorrebbero condannati senza discussione codesti fili aerei, ritenendoli più vulnerabili della terza rotaia di fronte alle arti dei malevoli o dei nemici in tempo di guerra.

E' egualmente facile togliere una rotaia dal binario, o romperla con una cartuccia di dinamite, per chi voglia interrompere l'esercizio di una strada ferrata, e possa eludere la vigilanza del personale di custodia. Del resto, anche quando il circuito secondario è costituito dalla terza rotaia, il circuito primario resta naturalmente aereo e collocato di fianco alla ferrovia. Onde i malevoli od i nemici possono sempre rivolgere i loro attacchi a questo circuito, i cui guasti interrompono l'esercizio sull'intera linea, e non soltanto sopra una parte di essa.

Messa quindi da parte una simile preoccupazione, la Commissione si propone di stabilire meglio, dal punto di vista tecnico-economico, il confronto fra i due principali sistemi.

Odesi talvolta attribuire al filo aereo l'inconveniente di gravi spese d'impianto; ma eliminata l'ipotesi che si possa economicamente costituire la terza rotaia con guide usate, perchè ne avrebbe troppo grave scapito il buon rendimento elettrico della condotta, la Commissione ritiene che i confronti debbano fondarsi sull'ipotesi che la terza rotaia sia costituita di materiale nuovo, che costa, in Italia, oggidi circa L. 210 la tonnellata a piè d'opera, compreso il dazio di confine di L. 60.

E calcola in lire 18 mila al chilometro tutte le provviste ed opere occorrenti all'impianto della terza rotaia (nuova da 36 kg. al m. lineare) e della trasmissione primaria con tre fili di 8 mm. e relativa palificazione. E calcola in L. 12 mila al chilometro il costo di una condotta a fili aerei di una corrente trifase. Onde l'impianto della terza rotaia costerebbe, in Italia, L. 6000 al chilometro più dell'impianto a fili aerei. La differenza è così rilevante che non sarebbe cancellata pur impiegando guide usate da 80 a 90 lire la tonnellata.

Nè potrebbe dire *a priori* che il maggior costo della terza rotaia possa essere compensato da minori spese di manutenzione.

\*

*Materiale rotabile speciale.* — Per l'uniformità del lavoro dinamico sviluppato dai motori elettrici, riuscendo eliminate quelle perturbazioni che sono proprie delle locomotive a vapore, i viaggiatori possono essere collocati senz'altro nello stesso veicolo che sostituisce la locomotiva, ed il materiale rotabile speciale rimane quasi esclusivamente costituito da *carrozze automotrici*. Anche per le merci si possono, occorrendo, costruire dei *carri automotori*, capaci essi stessi di un determinato carico utile e di sviluppare, a velocità ridotta, uno sforzo di trazione più grande.

Dall'uso delle carrozze automotrici segue tosto la possibilità di parecchie semplificazioni nel servizio. Non ha più ragione di essere la precauzione del carro-scudo, di cui all'articolo 25 del vigente regolamento di polizia ferroviaria.

La Commissione inoltre ritiene che le automotrici, per soddisfare in modo conveniente alle esigenze del servizio, debbano avere dai 60 ai 100 posti, ed essere esse stesse disposte in modo adatto anche al trasporto dei bagagli, talvolta anche a quello postale. Quindi la loro lunghezza sarà sempre molto maggiore di quella delle carrozze ordinarie.

Da questa osservazione immediatamente scaturisce il tipo migliore: una lunga cassa, a passaggio longitudinale e terrazzini coperti alle estremità, sostenuta da due carrelli a doppia sospensione di molle. Quando il compartimento a bagagli sia centrale, il carico e lo scarico di questi possono effettuarsi a mezzo di apposita apertura laterale.

Sui carrelli, che bene si prestano alla circolazione delle lunghe carrozze nelle curve, anche se di piccolo raggio, saranno collocati i motori, coi relativi accessori elettrici. Nel solo caso delle vetture ad accumulatori ovvie ragioni di spazio

imporranno di sospendere le batterie ai lungheroni della cassa, debitamente rafforzati.

Le carrozze automotrici (occorre appena avvertirlo) saranno dotate d'interruttori automatici delle correnti, di parafulmini, di apparecchi d'illuminazione e segnalamento, e soprattutto di freni potenti che valgano, sia a render pronti gli arresti, sia a trattenere il convoglio durante le lunghe discese.

A questo scopo non basta l'uso del solo motore elettrico, che, agendo a controcorrente, o mediante accoppiamenti speciali, può funzionare da freno. Colla corrente continua il motore può frenare energicamente, ma non senza pericolo di eccessivo riscaldamento dei conduttori isolati quando la frenatura si estenda a lunghi periodi. Il freno elettro-magnetico Thomson Houston può agire energicamente solo quando i motori, e quindi anche il convoglio, vanno con una certa velocità. Coi motori trifasici si ha un'azione efficace solo quando l'armatura giri con velocità lievemente superiore a quella del campo magnetico, ma non per l'arresto.

In generale adunque sulle ferrovie l'ufficio del motore usato come freno riuscirebbe insufficiente, ed è necessario supplirvi applicando alle carrozze automotrici un buon freno meccanico qual è il freno automatico Westinghouse ad aria compressa, da rendersi continuo quando occorranò vetture rimorchiate.

Il serbatoio del freno vale anche per la produzione dei segnali a fischio, e può essere caricato prima della partenza, oppure durante il viaggio, mediante un piccolo compressore accoppiato ad un motorino elettrico.

Sopra una vettura conforme a questi criteri di massima un solo agente può in molti casi attendere alla distribuzione dei biglietti, al servizio dei bagagli e, occorrendo, al servizio postale, pur restando sempre in grado di accorrere prontamente in sussidio del guidatore ogniquale volta se ne presentasse il bisogno. Perciò le carrozze automotrici, oltre ai già accennati vantaggi, permettono di sostituire al macchinista e fuochista delle ordinarie locomotive una sola persona, meno esposta a pericoli, purchè dotata della conoscenza dei segnali, della necessaria presenza di spirito e delle cognizioni indispensabili ad eseguire le manovre di cui è incaricata.

Il peso delle vetture elettriche ferroviarie potrà variare, secondo la loro ampiezza e velocità, e secondo che sono o meno caricate di accumulatori, dalle 30 alle 50 tonnellate. Il loro costo unitario, tenuto anche conto del lusso col quale possono essere arredate e del prezzo attuale degli apparecchi elettrici, si aggirerà dalle 50,000 alle 100,000 lire.

\*

*Incolunità delle persone.* — La Commissione ha pure preso in esame la possibilità di introdurre potenziali realmente considerevoli, e pur ammettendo che questi debbano essere esclusi pel sistema a terza rotaia, ammette la possibilità negli altri di adottare le maggiori cautele per la sicurezza dei manovratori e dei viaggiatori, e ne conclude che lungo le ferrovie pubbliche, ove sia, come dev'essere, esclusa la circolazione di estranei ed ove si adottino le possibili precauzioni, non vi potrebbe essere difficoltà di ammettere potenziali elevati nei fili della condotta primaria e di eccedere nelle condotte di contatto quanto si pratica per le tramvie elettriche nell'interno degli abitati, notando che, riguardo alla sicurezza dei pedoni, codesto eccesso può riferirsi *non solo all'aumento del potenziale, ma anche alla posizione dei conduttori*.

E poichè gl'Inglesi e gli Americani hanno perfino applicato questa massima col sistema della terza rotaia, disponendo cioè un conduttore con potenziale da 500 a 700 volt proprio in mezzo o di fianco al binario che serve da conduttore di ritorno, onde la caduta di una persona, od una semplice inavvertenza, potrebbero riuscire fatali (1), è ovvio che il medesimo possa essere applicato al sistema delle condotte di ser-

(1) Leggesi nella Relazione della Commissione inviata agli Stati Uniti dalla Compagnia di Orleans che sui tronchi della Rete « New-York, New-Haven and Hartford » avvennero 150 casi di commozioni prodotte dalla corrente. In uno solo di essi, in cui trattavasi d'una giovinetta, si ebbero ustioni.

vizio a fili aerei, che è superiore, dal punto di vista della sicurezza dei pedoni, a quello a terza rotaia, non potendo esservi alcun pericolo di danno se non accade una rottura dei fili aerei, nel qual caso la rottura del filo costituisce per sé stessa un fatto visibile che ammonisce le persone a non toccarlo senza le dovute cautele, e queste dovranno essere ben note al personale di servizio.

La Commissione è pertanto d'avviso che occorra di procedere con ogni cautela, a senso della legge 7 giugno 1894, ed osservando tutte quelle prescrizioni che il Governo crederà di ordinare per l'incolumità dei viaggiatori e del personale di servizio, affinché non esistano infortuni se non per chi vuol essere imprudente; che sia pure necessario ammonire il pubblico dei pericoli ai quali si espongono i trasgressori delle cautele e proibizioni stabilite per evitarli; ma che non si debba lasciare intentata la via né della terza rotaia, né dei fili con alti potenziali, per giungere ad una conveniente soluzione della trazione elettrica ferroviaria.

\*

*Circolazione dei convogli.* — Aumentando con la trazione elettrica il numero dei convogli, rendesi necessaria una più estesa applicazione di apparecchi di blocco. Già si disse che su certe linee di intenso traffico la trazione elettrica potrà permettere una sufficiente riduzione nella lunghezza delle sezioni di blocco, in conseguenza della soppressione del vapore e del fumo che nelle lunghe gallerie sono di ostacolo alla visione dei segnali.

La trazione elettrica, quando è a condotta, può anche permettere di raggiungere un maggior grado di sicurezza. Basta, mediante interruttori collegati meccanicamente cogli apparecchi centrali di manovra degli scambi e dei segnali, far sì che la corrente non venga lanciata sopra i conduttori di un binario quando sul medesimo non deve poter avanzare il convoglio. Allora un treno il quale oltrepassasse un segnale a distanza volto all'arresto, si fermerà o almeno rallenterà la sua corsa, perchè gli mancherà la corrente.

E dacchè saremo sulla via di trasformazioni radicali, sarà concesso un altro passo importante circa lo scambio dei treni fra una stazione e l'altra, introducendo nel nostro paese l'uso degli apparecchi di *staff*, che hanno fatto buona prova in Inghilterra, la cui manovra può essere benissimo collegata con quella degli scambi e segnali dalle stazioni, nonché a quella dei commutatori per la corrente.

Dai Delegati della Società Adriatica venne suggerito il sistema del bastone-pilota Thomson-Webb.

Vogliasi o non vogliasi poi adottare l'applicazione dello *staff*, la Commissione ha ritenuto che almeno per le linee secondarie potrebbesi ottenere un notevole miglioramento concentrando la direzione del movimento dei convogli in un solo agente. Gli Stati Uniti d'America ci offrono la più estesa applicazione di tale sistema. L'agente nel quale è concentrato un tale ufficio è tenuto al corrente dai telegrafisti delle singole stazioni dell'arrivo e della partenza di ciascun treno, e per mezzo di essi comunica gli ordini che crede opportuni al personale viaggiante, che da lui direttamente dipende.

L'ufficio di un tale agente (*train dispatcher*) si estende di ordinario a lunghe tratte di ferrovia ed anche a più linee, ed è reso più grave dall'uso americano di non vincolare con un orario prestabilito la circolazione dei treni merci e facoltativi, i quali in certe stagioni possono essere numerosissimi.

Estendendo questo sistema alle nostre ferrovie, i capi di molte stazioni possono essere esonerati dal dover provvedere di propria iniziativa ai cambiamenti di precedenza e di incrocio. Da ciò l'accennato miglioramento, perchè sulle ferrovie secondarie il personale ha troppo di rado occasione di provvedere a cambiamenti d'incrocio per non trovarsi, quando deve farlo, alquanto imbarazzato; d'onde la possibilità di errori, e gravi conseguenze.

\*

*Costo delle officine generatrici.* — Le disparate condizioni di traffico delle varie linee possono rendere assai variabile l'entità dei relativi impianti.

Per un tronco assai breve, che ammetta l'esercizio a *spollata*, potrebbe essere sufficiente un'officina generatrice della

potenza effettiva di 100 cavalli; ma questa potenza cresce notevolmente con la lunghezza della linea. Quindi anche per le ferrovie secondarie ben difficilmente può bastare una potenza commisurata ad una quota inferiore a 20 cavalli per chilometro di binario corrente.

D'ordinario la potenza delle officine centrali sarà superiore ai 1000 cavalli.

In queste condizioni e non essendo facile poter disporre di cadute d'acqua di tale potenzialità, l'impianto e l'esercizio delle officine centrali risulta relativamente economico anche se fatto a vapore. Con macchine ad alta espansione e condensazione il consumo di combustibile può scendere a 0,6 o 0,7 chilogrammi per cavallo-ora.

Nel primo caso, supposto dalla Commissione come il più semplice, di una ferrovia pianeggiante di limitata lunghezza su cui sia fatto il servizio viaggiatori mediante tre carrozze ad accumulatori, di cui due continuamente in servizio, ed una tenuta ordinariamente di riserva, essendo ogni carrozza del peso totale di circa 55 tonnellate, comprese 15 tonnellate di accumulatori, munita di due motori di 35 cavalli ciascuno, ed ogni vettura in servizio percorrendo ogni anno 50,000 chilometri, la carica degli accumulatori facendosi, senza toglierli dalla vettura, per mezzo di una dinamo da 100 cavalli mossa dal vapore, la Commissione giunge a determinare in L. 4,04 per convoglio chilometro la spesa totale, cifra non molto differente da quella che si deduce dalle statistiche per il costo chilometrico della trazione dei treni a vapore di limitata composizione sulle grandi reti, quando si tenga conto dell'interesse ed ammortamento del materiale rotabile, in sostituzione della quota di rinnovamento.

Adunque colle vetture ad accumulatori le spese di trazione non restano sensibilmente attenuate, fino a che non si possa rendere più economico il loro mantenimento.

Nondimeno l'aumento degli introiti, assicurato dalla maggiore frequenza delle corse e dalla maggiore eleganza e comodità consentite dalla trazione elettrica, congiunto al risparmio derivante dalla distribuzione dei biglietti sulle vetture e da parecchie altre semplificazioni che consentono economie in altri rami del servizio, possono rendere la trazione ad accumulatori più vantaggiosa della trazione a vapore, qual'è applicata attualmente sulla massima parte delle ferrovie secondarie delle nostre grandi reti.

Nel secondo caso, prescelto dalla Commissione come esempio per un impianto a terza rotaia, supponendo una linea di 60 chilometri, in condizioni medie di pendenza, la quale possa essere servita da 15 coppie ordinarie di treni elettrici (fra viaggiatori e merci) e che il movimento d'ogni convoglio richieda mediamente nelle moderate salite 200 cavalli-elettrici di energia; che questa sia distribuita, mediante 5 sottostazioni della potenzialità massima di 330 cavalli effettivi (pari a circa 250 chilowatt), da una officina centrale idro-elettrica, atta a generare 2000 cavalli effettivi ai poli degli alternatori, e colla supposta percorrenza di 657,000 chilometri all'anno, la spesa totale si traduce in centesimi 88 per treno-chilometro, donde apparisce che la trazione a terza rotaia, nelle condizioni supposte, è più economica di quella ad accumulatori. Essa consente non minori semplificazioni nei vari rami del servizio. Inoltre permette di estendere l'illuminazione elettrica alle stazioni. Se il traffico fosse maggiore, il vantaggio sarebbe ancora più notevole. La linea stessa potrebbe essere, in favorevoli condizioni, percorsa continuamente da 10 convogli, di cui metà in salita e metà in discesa, ed il movimento sarebbe decuplicato. Astruendo allora dall'interesse e ammortamento del materiale rotabile, e tenendo conto dell'aumento nelle spese per la manutenzione del materiale stesso e per il personale di condotta, la spesa di trazione per treno-chilometro discenderebbe a 20 centesimi.

Per quanto adunque, alcune delle previsioni di spesa lascino un certo margine d'incertezza, la Commissione ne conclude che la trazione elettrica a condotta, alimentata da una stazione centrale a forza idraulica, per poco che il traffico sia notevole, può riuscire più economica di quella a vapore.

Nel terzo caso finalmente in cui si volesse, nelle stesse condizioni di esercizio del caso precedente, ricorrere al sistema dei fili aerei, non tenendo conto del diverso rendimento elet-

trico dell'impianto, poichè la differenza in complesso non sarà considerevole, tenendo invariata la lunghezza della linea, il numero giornaliero dei treni, l'energia mediamente richiesta da ogni convoglio, la potenzialità e il numero delle sottostazioni, la potenzialità dell'officina centrale ed il costo del materiale costituente ogni treno elettrico, ma riducendo il costo d'impianto delle sottostazioni, per le quali non occorrerà più personale di sorveglianza, e ritenendo di L. 12,000 per chilometro di binario il costo d'impianto delle trasmissioni primarie e secondarie e della sistemazione del binario coi relativi accessori, la Commissione, colla supposta percorrenza di 657,000 treni-chilometro, calcola a cent. 76 la spesa totale del treno-chilometro, ed a soli cent. 19 nel caso che il traffico venga decuplicato, astraendo come sopra dall'interesse ed ammortamento del materiale rotabile.

*Opportunità degli esperimenti.* — Dalle osservazioni e dagli esempi numerici riportati, la Commissione trae la conseguenza che è opportuno procedere alla applicazione della trazione elettrica alle ferrovie secondarie, specialmente quando si abbiano a disposizione abbondanti forze idrauliche. Occorre per altro far precedere l'applicazione da qualche esperimento, su scala sufficientemente vasta, e di durata sufficientemente estesa, non tanto per meglio precisare l'ammontare effettivo di alcune spese d'esercizio, quanto per togliere ogni incertezza sulla regolarità che colla trazione elettrica si può raggiungere nei trasporti, e tracciare in modo più concreto i limiti entro i quali conviene dare la preferenza all'uno od all'altro dei vari sistemi.

Compiuti questi esperimenti potrà essere compilato in breve un programma completo della trasformazione del servizio sulle nostre reti.

Nel giudicare il successo economico si dovrà tener conto dell'aumento nei prodotti dovuto al cambiamento nel sistema di trazione. Se il *coefficiente di esercizio* resterà costante, il profitto netto aumenterà coi prodotti lordi, e la trazione elettrica sarà più economica.

E negli esperimenti nessuno dei tre sistemi tipici sovra specificati dovrà essere messo da parte, potendo ognuno, in casi speciali, essere preferibile ad ogni altro. Se l'esperienza confermerà le previsioni economiche fatte circa l'impianto a fili aerei e quello a terza rotaia, il primo prevarrà sul secondo nella generalità delle applicazioni; ma ciò non toglierà che talora, come si ebbe cura di mettere a suo tempo in rilievo, la scelta del sistema a terza rotaia non si imponga egualmente per particolari circostanze.

Le licitazioni e le trattative a cui si dovrà procedere per gli impianti e le provviste del materiale elettrico, e nelle quali si potranno usare particolari riguardi all'industria nazionale, daranno luogo ad una gara fra le Case costruttrici, ciascuna delle quali farà ogni sforzo per rendere il proprio materiale superiore a quello delle concorrenti. Non converrebbe escludere, in gare di questo genere, alcuno degli apparecchi già esistenti, nè rifuggire dagli impianti che fossero informati a concetti nuovi, semprechè le persone competenti possano giudicarli attendibili, ed i costruttori si assumano ogni responsabilità sull'esito dei loro trovati.

*Esecuzione degli esperimenti in rapporto alle vigenti convenzioni.* — Le linee su cui devono eseguirsi gli esperimenti essendo di proprietà dello Stato, ma attualmente esercitate dalle Società Mediterranea, Adriatica e Sicula, e le attuali convenzioni d'esercizio non lasciando pienamente liberi né il Governo né la Società nel tentare, sia pure in via di esperimento, riforme radicali, non è permesso al Governo di trattare esclusivamente con terzi per esperimenti di trazione elettrica, ma occorre procedere mediante accordi fra Governo e Società, essendochè il rimandare l'esecuzione degli esperimenti alla scadenza delle vigenti convenzioni, la cui disdetta potrebbe accadere pel 1° luglio 1905, sarebbe ritardare di sei anni un miglioramento molto desiderato.

E poichè le utili innovazioni sono nello spirito degli attuali contratti e capitolati d'esercizio, la Commissione è di parere che basti ricorrere ai patti contemplati dalle stesse Conven-

zioni vigenti, nei miglioramenti in genere dell'esercizio, ed esigere tutt'al più, per non aggravare la pubblica finanza, che i nuovi impianti non vengano dal Governo in tutto od in parte pagati se non quando il risultato coroni felicemente le buone intenzioni.

In questo modo il Governo, mentre autorizza gli impianti elettrici, non può nutrire alcun dubbio sulla serietà delle proposte che gli vengono presentate.

Le Società, a mezzo dei propri Delegati, avendo in massima aderito a tale concetto, presentarono le loro proposte, ed in seguito ad accurato esame delle medesime, la Commissione è addivenuta alle seguenti proposte definitive.

\*

*Conclusioni.* — La Commissione è convinta che la trazione elettrica, su molte ferrovie italiane, può migliorare notevolmente le condizioni tecnico-economiche di esercizio; che la sola esperienza può additare, in modo decisivo, quale dei sistemi tipici ad accumulatori, a terza rotaia ed a filo aereo sia da preferirsi nei vari casi; che gli esperimenti sulle ferrovie dello Stato non possono mandarsi ad effetto senza speciali accordi fra l'Amministrazione governativa e le Società esercenti, tenuti presenti i contratti di esercizio in vigore. Essa ha quindi determinato di proporre al R. Ispettorato la esecuzione degli esperimenti suggeriti dai delegati delle due Società per le linee Milano-Monza e Bologna-San Felice, con accumulatori, Roma-Frascati col sistema della terza rotaia, e Lecco-Colico-Sondrio colla diramazione Colico-Chiavenna, col sistema del filo aereo.

Inoltre la Commissione, fra le principali modificazioni alle norme di esercizio in vigore che si rendono indispensabili, od anche soltanto opportune, per l'attuazione della trazione elettrica, ammette la possibilità di sopprimere il carroscudo, e la convenienza d'introdurre l'uso dello *staff*; come pure la distribuzione dei biglietti nelle vetture; l'uso del telefono; la concentrazione della direzione del movimento dei convogli in una sola persona, e l'abolizione del frenatore di coda nei convogli elettrici muniti di freno continuo automatico.

Infine la Commissione, su proposta dei delegati sociali, ha creduto pure di proporre le norme seguenti:

1° Per i treni locali, la riduzione del servizio viaggiatori a due sole classi, con l'abolizione dei compartimenti riservati in genere, lasciando ai fumatori libere le piattaforme chiuse poste alle estremità delle automobili;

2° Limitazione del servizio postale in modo compatibile con le modalità del nuovo servizio, affidandolo (sui treni locali) al personale del treno, come già si pratica su talune linee;

3° Autorizzazione alle Società esercenti, giusta il 2° capoverso dell'art. 271 della legge sui lavori pubblici, di limitare nelle ferrovie secondarie la composizione dei convogli in modo compatibile con la potenza di una vettura automobile;

4° Estensione ai treni locali a trazione elettrica, giusta la facoltà riservata al Governo dall'art. 37 della legge 27 dicembre 1896, n. 561, del disposto dell'art. 36 della stessa legge;

5° Estensione alle ferrovie elettriche, in base alla facoltà di cui al precedente n. 4, dell'uso delle sbarre di chiusura manovrabili a distanza;

6° Giusta la stessa facoltà, applicazione alle ferrovie elettriche dell'art. 20 della legge sulle ferrovie economiche;

7° Autorizzazione ai guardiani, in casi sufficientemente giustificati, di abitare a qualche distanza dalla ferrovia;

8° Concessione alle Società esercenti di diminuire le tariffe fino al limite che sarà consigliato dall'esperienza.

Il R. Ispettorato ha tosto autorizzate le Società a studiare i progetti concreti per l'attuazione degli esperimenti. Uno di essi, quello per la Milano-Monza, è oggi attuato, e gli altri non tarderanno essi pure ad esserlo; e così mercè il buon volere del Governo e delle attuali Società d'esercizio, l'applicazione della trazione elettrica alle ferrovie, tanto desiderata nel nostro paese, è oramai un fatto che va avviandosi al suo compimento.

G. S.

## NOTIZIE

**Importanza delle batterie di accumulatori negli impianti per illuminazione e tramvie elettriche a Palermo.** — Giova grandemente far notare quale crescente sviluppo prenda ormai nelle centrali di illuminazione elettrica l'applicazione di grandi batterie di accumulatori. A combattere il pregiudizio di certi costruttori valga il fatto che alcune grandi Case di costruzione hanno ormai adottato esclusivamente, nei loro nuovi impianti di centrali per illuminazione elettrica, il sistema a corrente continua con accumulatori. A tale sistema si sono decise le Case dopo maturi esami ed esperienze; dappoichè, dai minuziosi calcoli nelle spese di esercizio è risultato in modo evidente che, in conseguenza del consumo saltuario di forza, quale si richiede nelle officine di produzione per l'illuminazione elettrica, si ha (a parte la riserva e la maggior sicurezza di funzionamento), una notevolissima economia nelle spese di esercizio, impiegando gruppi generatori corrispondenti al consumo medio in parallelo con una conveniente batteria di accumulatori, pur tenendo stretto conto della spesa d'impianto della batteria e sua manutenzione.

L'impianto di Palermo, costruito ed esercitato dalla Ditta Schuckert e C. di Norimberga, è in funzione dal febbraio 1899. Esso comprende:

1° Tre caldaie Babcock e Wilcox, ciascuna della superficie riscaldata di 265 mq., funzionanti a 10 atmosfere, e bastanti ciascuna per 550 HP. Due pompe di alimentazione Worthington, ed un depuratore Reisert per 18 mc. all'ora;

2° Tre motrici Tosi *compound-tandem*, da 400 a 550 HP con 115 giri al 1°, condensazione a mescolanza (con acqua di mare). Ciascuna di queste motrici è direttamente accoppiata ad una dinamo Schuckert a corrente continua (con eccitazione separata e presa su una batteria di accumulatori).

Due di queste dinamo hanno due indotti e due collettori, mentre il campo magnetico è unico. La terza dinamo è dello stesso tipo A. F. 430 delle altre, ma possiede un solo indotto ed un solo collettore, capace di fornire 1060 A. alla tensione di 300 a 350 V. Ciascun indotto delle due altre dinamo è capace di 530 A alla stessa tensione.

Appositi commutatori al quadro di distribuzione permettono l'accoppiamento in serie od in parallelo dei due indotti. Si può quindi avere da ciascuna di queste dinamo 530 A a 700 V, oppure 1060 A a 350 V. La prima combinazione serve per il servizio delle tramvie; la seconda per il servizio di illuminazione, il quale per ora è limitato ad uso dei privati, non essendo ancora ultimate le pratiche per l'illuminazione stradale.

Col sistema di distribuzione adottato si possono ottenere le seguenti combinazioni:

1° Scambio tra di loro delle dinamo principali per il servizio di illuminazione a 375 V o per quello di trazione a 550 V;

2° Batterie di accumulatori da sole, o. in parallelo colle dinamo, per il servizio d'illuminazione;

3° Lo stesso per la batteria in servizio della trazione, facendo ossa da volante quando agisce in parallelo colle dinamo;

4° Carica della batteria per illuminazione durante il funzionamento, con possibilità mediante le dinamo addizionali di avere due tensioni diverse in punti diversi di consumo;

5° Carica della batteria per la trazione durante il servizio e senza dinamo addizionale.

Onde poter raggiungere la tensione necessaria per caricare la batteria di accumulatori per il servizio d'illuminazione, vi sono tre gruppi elevatori di tensione (*survolteurs*), dei quali due stanno in azione ed uno è di riserva. Ognuno di questi gruppi consta di un motore elettrico, alimentato dalla rete generale, direttamente accoppiato con una dinamo in derivazione capace di sviluppare 1000 A alla tensione variabile da 20 ad 80 V.

La distribuzione delle correnti a scopo di illuminazione è fatta col noto sistema a tre conduttori, derivati da una batteria di accumulatori, in parallelo colle dinamo. In officina la tensione è di  $2 \times 175$  volt; alle lampade si mantengono  $2 \times 150$  volt. Il filo neutro della distribuzione a tre fili è messo a terra. La linea di distribuzione e di alimentazione è completamente sotterranea.

La rete è calcolata per 22000 lampade da 16 candele. La perdita negli alimentatori è di  $2 \times 25$  V; nei distributori è di  $2 \times 10$  V. La rete è chiusa ed i centri di distribuzione sono 19. La distanza massima tra questi e l'officina è di 2200 metri, la distanza media è m. 1160. L'illuminazione del teatro Massimo richiede da sola 500 A a 300 V.

La distribuzione per le tramvie è a due conduttori a 600 volt, derivati da una batteria di accumulatori a ripulsione, che è in parallelo con le dinamo. Sono ora in esercizio due linee e si procede alla completa trasformazione della rete a cavalli esistente. Le condutture sono a filo aereo con ritorno per le rotaie. La tensione in officina, è, come abbiamo detto, di 600 volt; vi sono 8 centri di alimentazione; la perdita nei *feeders* è di 25 V; la rete è aperta con interruttori a mano. Distanza massima 8 chilometri; 4 *feeders* speciali di ritorno per le rotaie. La trazione sulla tratta Rocca-Monreale precede con sistema funicolare, ma servendosi delle stesse vetture ordinarie.

Importantissima è l'applicazione fatta in questi impianti delle batterie di accumulatori.

Per la illuminazione è stata impiantata una batteria composta di 196 elementi della Fabbrica Nazionale di Accumulatori, brevetto Tudor, tipo 96, della capacità di 2592 ampère-ora alla corrente di scarica di 864 ampère, oppure della capacità di 3480 ampère-ora alla corrente di scarica di 348 ampère ( $2 \times 175$  V).

Per le tramvie elettriche, in parallelo colle dinamo generatrici sopradescritte, funziona una batteria composta di 290 elementi tipo 40 R (a repulsione) della Fabbrica Nazionale di accumulatori, brevetto Tudor, della capacità di 740 ampère-ora alla corrente di scarica di 740 A. Tale batteria fu calcolata in base ai diagrammi prestabiliti del consumo di corrente e permette alle dinamo generatrici di lavorare a carico costante, eliminando tutti gli sbalzi fortissimi a cui, in causa della forte variazione di consumo da un momento all'altro, sarebbe sottoposto il macchinario generatore, se non vi fosse la batteria.

A questo proposito notiamo che a poco a poco (e ce lo insegna il numero grandissimo di applicazioni fatte), tutte le grandi Case costruttrici hanno compreso il grandissimo vantaggio, che tali batterie a ripulsione offrono nel servizio dei trams elettrici, onde ben a ragione si può dire che nessun impianto perfetto di trams elettrici ne sarà privo d'ora innanzi. Oltre ad un impianto più piccolo di generatori ed una maggior regolarità di servizio e minor variazione nella tensione sulle linee esterne, tali batterie realizzano una vera economia nella forza motrice totale impiegata, come risulta da parecchi impianti in esercizio. (L'Elettricista).

## BIBLIOGRAFIA

**Costruzioni di cemento armato**, di FELICE PASETTI, capitano del Genio. — Op. in-8° di pag. 39, con 29 fig. nel testo e 6 tavole litografate. Estratto dalla *Rivista d'Artiglieria e Genio*. — Roma, tip. Enrico Voghera, 1899.

Sotto il titolo di costruzioni di cemento armato sono oggi comprese tutte quelle opere di getto in malta di cemento, o calcestruzzo di cemento, rinforzate da ossature interne di ferro o di acciaio. Così, alla debole resistenza che il cemento offre alla trazione, supplisce il metallo che possiede la facoltà di resistere a trazioni considerevoli. E l'aderenza delle due sostanze riesce così perfetta, che il ferro racchiuso dal cemento è nella impossibilità di ossidarsi, ed il cemento armato resiste ai più forti cambiamenti di temperatura, essendo i coefficienti di dilatazione del ferro e del cemento quasi uguali.

Per queste ragioni l'impiego del cemento armato dal 1890 in cui più specialmente apparve sotto il nome di sistema Monier, ha fatto rapidissimi progressi in tutti i paesi, ed è appunto di tutti questi progressi che l'egregio capitano del genio, Felice Pasetti, prese a dire in forma ordinata e sintetica, valendosi delle migliori pubblicazioni apparse su tale argomento in questi ultimi anni.

Incominciando dalle opere di cemento armato più semplici, quali sono le *lastre* e le *platee*, descrive per queste opere il sistema Monier, nel quale l'ossatura è formata da due serie di spranghe parallele, cilindriche o prismatiche, che si tagliano ad angolo retto; il sistema *Bordenave*, nel quale alle verghe di ferro sono sostituiti ferri ad angolo, ad U, od a doppio T; i sistemi americani dell'*Hyatt*, in cui l'ossatura è formata di lamine verticali, e del *Ransom*, che impiega verghe di ferro di sezione quadrata e ritorte; infine, il sistema *Cottancin*, in cui la parte metallica è rappresentata da una tela o maglia di filo di ferro della grossezza di mezzo centimetro.

Venendo alla costruzione dei *solai* e *soffitti*, l'autore spiega ed illustra con seuplici figure i sistemi ideati ed applicati posteriormente al sistema Monier, quali il sistema *Neville*, il sistema *Cottancin*, il sistema *Matrai*, e in particolar modo il sistema *Hennebique* ed il *Walser*.

Lastre centinate di cemento armato vanno applicandosi con vantaggio alla costruzione dei tetti e delle coperture; ed il capitano Pasetti ci descrive le strutture a terrazzo inclinato del *Cottancin*, e le vere coperture a tetto della Raffineria parigina di Saint-Ouen, e dei « Magasins du Bon-Marché » di Parigi.

Fanno seguito utilissime nozioni sulla costruzione dei muri di *tramezzo*, muri di sostegno delle terre, *dighe*, *serbatoi*, *condotte* d'acqua libere e forzate, *rivestimenti* impermeabili, *scarpe* e simili.

I rivestimenti per *gallerie*, le grandi arcate dei *ponti*, *pali* di fondazione e *paratie*, *pilastr*i e *colonne*, *fermapalle*, ed opere di *fortificazioni*, sono altrettanti esempi dell'impiego del cemento armato che l'egregio autore passa in rapida rivista, registrando per ogni caso quei dati pratici, dimensioni, proporzioni, risultati sperimentali, ecc., che gli fu possibile ricavare dalle pubblicazioni speciali.

Onde in poche pagine, formanti quasi un nuovo capitolo di un buon Manuale d'Ingegneria, il lettore troverà tutto il necessario per mettersi al corrente del cammino percorso in ogni paese ed in questi ultimi anni nella pratica delle costruzioni di cemento armato, per le quali le applicazioni hanno preceduto di buon tratto la teoria.

G. SACHERI.