

pianti, all'applicazione di due sistemi di distribuzione, il progettista avrà scelto quello che in base ai suoi studi, o a determinate esigenze, gli sarà risultato il migliore.

Vuolsi qui esaminare il problema sotto l'aspetto, ora citato, del rendimento della rete (intendendo con questo termine il rapporto tra la pura potenza richiesta dalle lampade e la potenza richiesta dalle lampade più quella assorbita dalle condutture); quest'esame ha molta importanza in illuminazione, il cui scopo fondamentale, a parità di tutto l'altro, è il conseguimento di un dato illuminamento colla minima spesa in watt.

\* \* \*

È noto che nel trasporto dell'energia la perdita percentuale di potenza nelle condutture è proporzionale alla lunghezza della linea (distanza del trasporto nel sistema trifase, e lunghezza di andata e ritorno nel monofase), alla potenza totale trasportata ed inversamente proporzionale al quadrato della tensione. Se la linea oltre che di trasporto è anche di erogazione (ad es. con carico uniformemente ripartito, come può succedere in illuminazione pubblica), la formola precedente è sempre valida, purchè in luogo della corrente totale si consideri la corrente media (che sarebbe metà, dando luogo ad una perdita di potenza  $1/4$  e ad una caduta di tensione  $1/2$  che nel caso di carico concentrato ad una estremità). Volendo introdurre la densità di carico, cioè il carico in watt per m di lunghezza di strada, si dirà che la perdita di potenza è proporzionale al quadrato della lunghezza del trasporto, alla densità del carico, ed inversamente al quadrato della tensione alla origine.

Nel sistema in serie la perdita percentuale di potenza è espressa da una formola simile, colla differenza che essa è la medesima tanto nel caso di carico ripartito quanto di estremità. Se in questa formola si pone in evidenza la corrente  $I$ , caratteristica del sistema, si arriva alla conclusione che la perdita è proporzionale al quadrato della corrente e inversamente alla densità del carico; essa è indipendente dalla lunghezza del circuito, dipendente solo dalla lunghezza di filo collegante una lampada alla successiva.

Si capiscono da quanto ora detto alcune conclusioni formulate in precedenza. Per essere più precisi, e spingendo a fondo lo studio comparativo, mediante diagrammi deducibili dalle formole accennate, si può dire (prendendo a base il rendimento della rete, e nella distribuzione in parallelo anche la caduta di tensione) che per densità di carico assai basse, inferiori a  $2 \text{ W/m}$  (ad es. una lampada da  $100 \text{ W}$  ogni  $50 \text{ m}$  di strada) il sistema in parallelo è preferibile, e tanto più quanto più le lampade sono piccole e distanti. Con lampade da  $40 \text{ W}$  circa, distanziate  $60 \text{ m}$ , pur con abbondanti sezioni di rame la caduta di tensione nei fili tra lampada e lampada tende a risultare dal  $20$  al  $40 \%$  della tensione assorbita dalla lampada. Ora un rendimento della rete pari al  $70-80 \%$  può sembrare troppo basso, laddove la connessione in parallelo si trova nelle condizioni più favorevoli per consentire rendimenti alti.

In un ambito di densità di carico fra  $2 \text{ W/m}$  e  $20 \text{ W/m}$  potrà adottarsi il sistema che le circostanze fanno ritenere preferibile, in relazione al numero di centri d'alimentazione (cabine) di cui si può, o si intende, disporre (cabine che nel sistema in derivazione devono essere tanto più numerose quanto più la densità di carico è forte), alla tensione ammessa dei circuiti e inerente problema dell'isolamento, all'eventuale opportunità di regolare la illuminazione notturna dalla sera al mattino (il che è molto facile col sistema in serie) ecc.

Per densità di carico superiori a  $20 \text{ W/m}$  il sistema in serie tende a risultare più vantaggioso.

Il confronto precedente si intende fatto tra serie e trifase.

Si sa che la distribuzione monofase a parità di perdita richiede  $1/3$  di rame in più che la trifase, ossia che a parità di peso di rame importa una perdita maggiore di  $1/3$ .

Il confronto si intende riferito a lampade a tungsteno, le quali costituiscono tuttora la stragrande maggioranza delle lampade di illuminazione pubblica, e si adattano indifferentemente, senza bisogno di particolari accessori, sia all'un sistema che all'altro.

Guido Peri

## Linea elettrica 220 kV Torino-Arquata

*Si espongono i motivi che hanno indotto a stabilire un collegamento elettrico diretto della zona piemontese con le reti dell'Italia centro-meridionale. Si descrivono le particolarità costruttive del tratto Torino-Arquata con particolare riguardo ai pali a traliccio con aste tubolari. Si danno inoltre informazioni sul costo dell'opera.*

La linea Torino-Arquata è stata attuata dall'A.E.M. di Torino in collaborazione con le Ferrovie dello Stato allo scopo di realizzare, nell'interesse dei due enti, un collegamento elettrico diretto della zona piemontese con le reti dell'Italia centro-meridionale.

L'opportunità di tale costruzione è stata determinata dalle seguenti considerazioni:

Le Ferrovie dello Stato eserciscono, come noto, un complesso di linee  $130 \text{ kV}$  che costituiscono la

più estesa tra le reti italiane di elettrodotti e che in molti casi non assolvono soltanto le esigenze del servizio ferroviario, ma anche le necessità di altri complessi industriali per quanto riguarda trasporti di energia a grandi distanze, particolarmente tra l'Italia settentrionale e quella centro-meridionale.

Tale rete presentava una lacuna in Piemonte ed in Liguria dove si avevano soltanto linee a  $60 \text{ kV}$  e dove mancavano, anche per parte degli altri enti elettrici, collegamenti diretti col Sud. Era pertanto

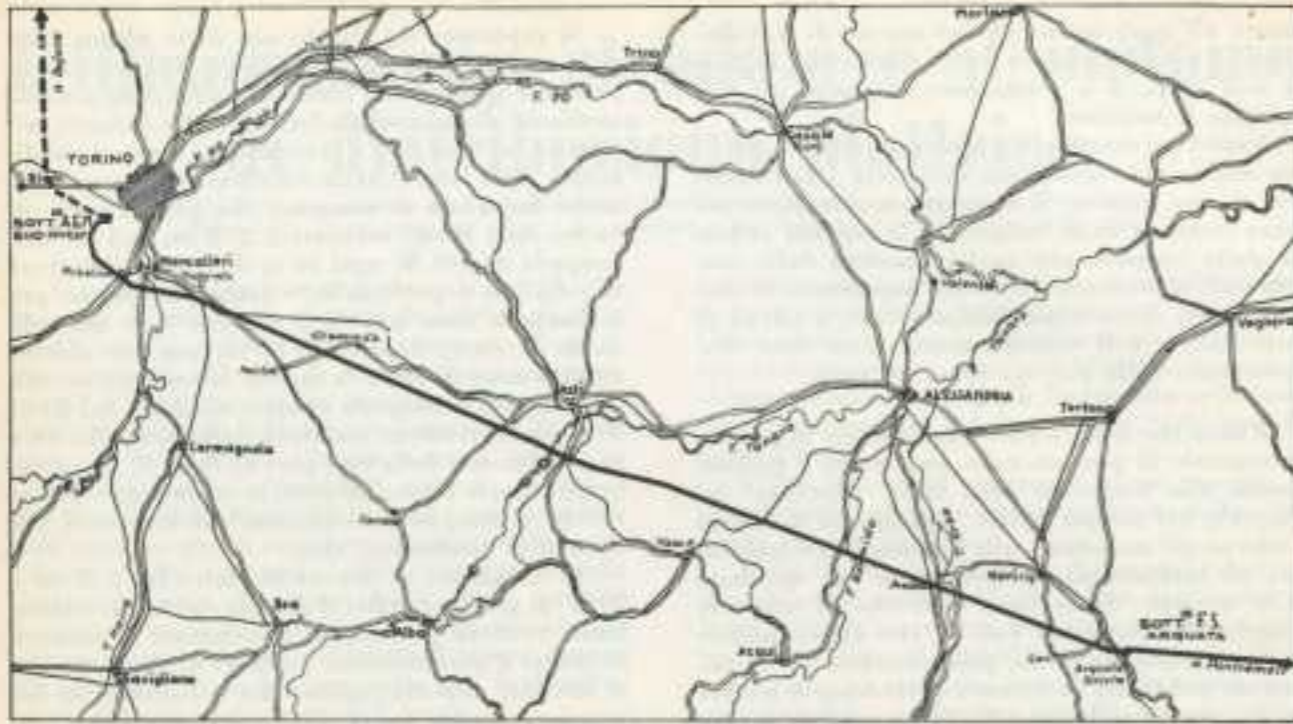


Fig. 1. - Planimetria generale della linea Torino - Arquata

sentita dalle Ferrovie dello Stato la necessità di integrare detta rete per rendere possibile l'utilizzazione in Piemonte delle disponibilità di energia di altre zone, anche in relazione allo sviluppo delle necessità ferroviarie ed in particolare alla progettata elettrificazione della linea Torino-Milano.

L'A.E.M. possiede i propri impianti idroelettrici nelle valli della Dora Riparia e dell'Orco allacciati con Torino, rispettivamente, con linee a 50 e 90 kV.

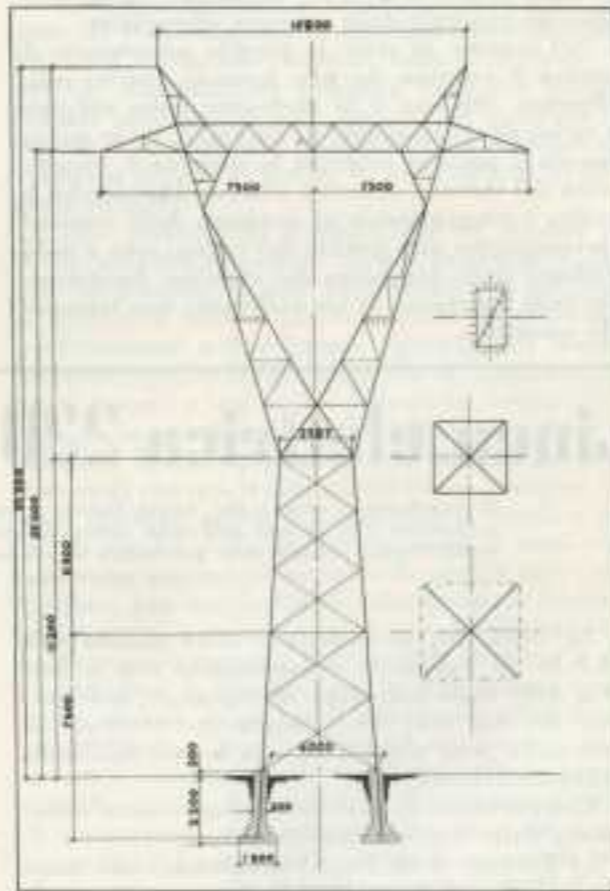
Detti impianti sono collegati con le reti limitrofe della S.I.P. e delle Ferrovie dello Stato, ma i collegamenti sono di potenza relativamente modesta ed inadeguata alle esigenze degli scambi che possono essere richiesti in relazione a superi o deficienze di energia occasionali o stagionali.

L'A.E.M. sta inoltre realizzando un grandioso programma di costruzioni idroelettriche nella valle dell'Orco nonchè sul fiume Po, per cui questi superi, in determinati periodi, potranno diventare più ingenti in relazione anche alle necessità inerenti alla costruzione degli impianti alpini dotati di grandi serbatoi stagionali. L'utilizzazione dei superi estivi non poteva essere risolta, particolarmente nella fase di esecuzione delle grandi dighe, che a mezzo di scambi con le regioni dell'Italia centro-meridionale a regime idrologico complementare e particolarmente con la rete della Terni dotata di grandi impianti di pompaggio.

La pratica esperienza di vari anni aveva dimostrato che i collegamenti esistenti, appartenenti alle società private, che si sviluppano nel senso est-ovest dell'Italia settentrionale e quelli nord-sud del centro e della parte orientale della penisola, non erano sufficienti ad attuare i trasporti necessari, per cui notevoli quantitativi di energia restavano inutilizzati. Si imponeva pertanto la costruzione di un nuovo elettrodotto.

Data l'importanza delle funzioni che tale linea era destinata ad assolvere la tensione più opportuna era quella ormai generalmente adottata di 220 kV,

Fig. 2. - Schema del sostegno normale per rettifilo



però in un primo tempo si ritenne conveniente limitare la costruzione ad un tronco di linea, con caratteristiche adatte per 220 kV, nella zona completamente priva di elettrodotti, da allacciarsi provvisoriamente con le linee esistenti a 130 kV in modo da costituire un complesso adatto per il funzionamento a 130 kV e suscettibile di essere in seguito completato per tensione più elevata.

Più esattamente il nuovo tratto di linea si estende da Torino a Pontremoli mentre a Sud di Pontremoli si può fruire della rete preesistente a 130 kV delle Ferrovie dello Stato.

Il tratto completo fu diviso in due tronchi: quello da Pontremoli ad Arquata al quale provvidero direttamente le Ferrovie dello Stato; quello da Torino ad Arquata al quale provvede l'A.E.M. previ particolari accordi con le Ferrovie.

Si dette così mano contemporaneamente da parte dell'A.E.M. al tratto Torino-Arquata (112 Km.) e da parte delle Ferrovie dello Stato al tratto Arquata-Pontremoli (95 Km.) ambedue con caratteristiche analoghe per quanto riguarda l'isolamento e le proprietà elettriche, ma differenti per quanto riguarda la costruzione dei sostegni e per i coefficienti di sicurezza meccanica in relazione alle diverse caratteristiche delle zone attraversate.

Vengono in seguito esposte le particolarità costruttive del tratto Torino-Arquata.

La lunghezza della linea fra Torino ed Arquata è risultata di Km. 111,7, mentre in linea d'aria si ha una distanza di Km. 105,9.

Il tracciato realizzato si scosta di poco dalla linea retta salvo nei pressi di Torino per la necessità di rispettare la zona abitata e di toccare la stazione di Trofarello dove era progettato un centro di trasformazione.

Il tracciato (fig. 1) si svolge su terreno pianeggiante per circa 36 Km. da Torino a Dusino-S. Michele, quindi attraversa la zona collinosa dell'Astigiano dove taglia quasi ortogonalmente una numerosa successione di piccole valli fino a raggiungere la piana della Bormida; risale quindi sulle colline a Sud di Novi Ligure per ridiscendere nella valle della Scrivia presso Arquata.

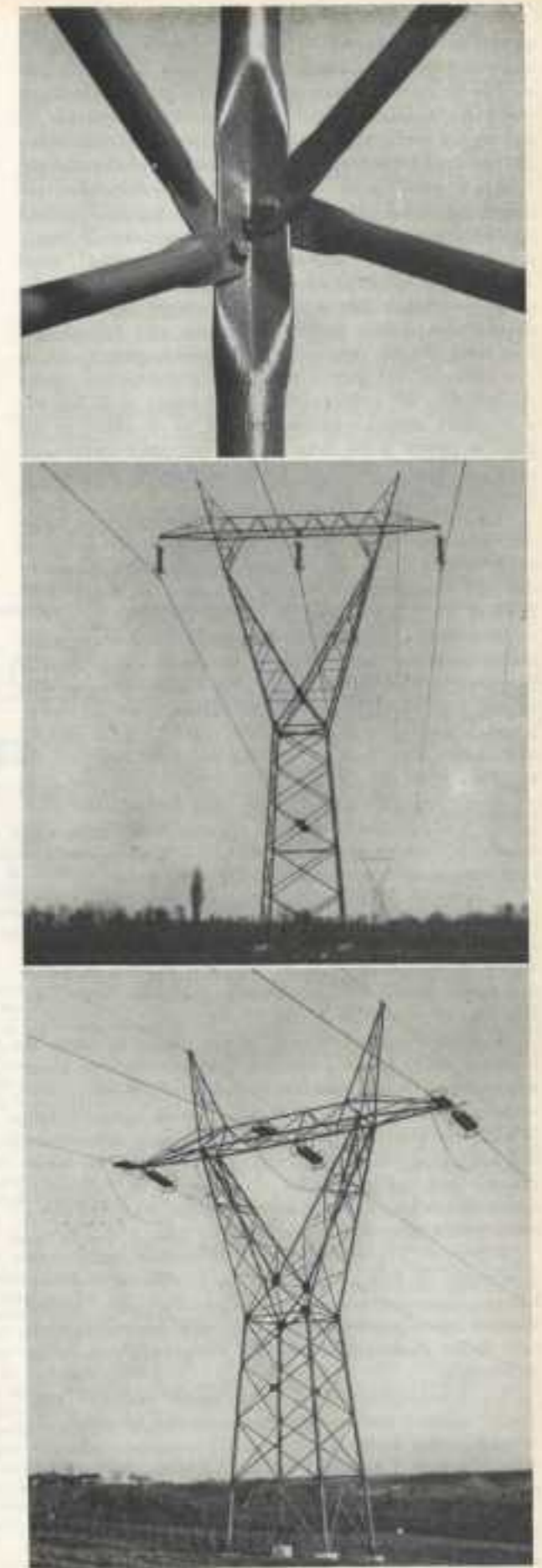
Lo schema del palo è quello ormai classico per linee alta tensione ad una terna, rappresentato nella fig. 2, e cioè con conduttori in piano assicurati ad una trave appoggiata su sostegni a Y e con due funi di guardia soprastanti.

La campata normale è di m. 350, ma vi sono numerose campate di lunghezza superiore, fino ad un massimo di m. 800, che il profilo del terreno ha reso necessarie particolarmente nella zona fra il Tanaro e la Bormida.

L'interasse fra i conduttori, per le campate fino a m. 500 è stato tenuto di m. 7,50 ed aumentato a m. 8,50 per le campate superiori.

L'isolamento è realizzato per ora con catene di 9 elementi in sospensione e di 2 x 10 in ormeggio con la previsione di portare a 15 elementi le catene di sospensione e 2 x 17 quelle di ormeggio

Fig. 3. - (dall'alto in basso) - Giunzione delle diagonali al montante - Sostegno normale in opera - Sostegno di amaro in opera.



per il funzionamento a 220 kV. Per le sospensioni sono impiegati isolatori costruiti per 5.500 Kg. di carico di rottura elettromeccanico; per gli ormeggi isolatori garantiti per 7.500 Kg. Nelle catene di ormeggio sono state montate prolunghie di lunghezza corrispondente agli isolatori per ora mancanti. I conduttori sono in alluminio-acciaio, sezione 350 mm<sup>2</sup> alluminio+79 mm<sup>2</sup> acciaio; le funi di guardia sono di corda di acciaio, sezione 79 mm<sup>2</sup>, adatto per carico di rottura di 150 Kg/mm<sup>2</sup>.

Le ipotesi di calcolo dei conduttori e dei sostegni sono quelle normalmente adottate per le zone di pianura, salvo qualche aggravio per aumentare i coefficienti di sicurezza. Più precisamente si è considerato, sia per i conduttori che per le funi di guardia, un sovraccarico di ghiaccio di 2 Kg/m. a 0 gradi, nonchè un manicotto di ghiaccio di 12 mm. e vento a 65 Km. l'ora con temperatura di -20°, vento a 130 Km. l'ora su conduttori nudi a temperatura di -20°.

La sollecitazione massima nei conduttori è stata stabilita pari a 5.100 Kg. corrispondente a circa il 36 % del carico di rottura; per la fune di guardia si è stabilito un carico massimo di Kg. 3.800 pari al 34 % circa del carico di rottura.

Per tutti i sostegni, anche quelli normali si sono stabilite come sollecitazioni massime delle membrature, in caso di rottura di un conduttore, quelle in uso per i pali di attraversamento (art. 22 delle norme) inoltre agli effetti dei carichi verticali si è considerata la campata di m. 500 anzichè di m. 350.

Per i pali di attraversamento ferroviario si è anche considerata l'ipotesi di uno squilibrio dei tiri delle funi di guardia pari al 50 % del massimo tiro ammesso in ciascuna delle due funi.

I sostegni sono stati realizzati con elementi tubolari collegati fra loro mediante bulloni secondo un nuovo sistema studiato dalla Dalmine consistente nello schiacciare il tubo in corrispondenza dei nodi, in modo da portarlo a sezione angolare (fig. 3).

Vengono così eliminate le saldature in tutto il tronco e nelle braccia rendendo la costruzione assai più celere e meno costosa; la saldatura è stata conservata soltanto nella travata e nelle cuspidi delle funi di guardia. Il nuovo sistema di giunzione dei tubi è stato lungamente sperimentato in laboratorio per accertare che il processo di deformazione del tubo, che avviene a caldo, non influisca sulla resistenza del materiale.

Rigorese prove a fatica, effettuate mediante confronto di travi realizzate coi diversi sistemi, hanno dimostrato la bontà del metodo. Anche l'esame metallografico eseguito nelle sezioni cementate dallo stampaggio non ha rilevato alcun indebolimento.

La schiacciatura dei tubi viene eseguita mediante stampi studiati particolarmente in modo da ottenere che l'asse neutro della sezione angolare coincida con l'asse del tubo, eliminando quindi ogni sollecitazione a flessione.

Per i giunti particolarmente sollecitati in corrispondenza dell'attacco delle braccia al tronco si è maggiorato lo spessore nella zona di giunzione,

introducendo nell'interno del tubo, prima dello schiacciamento, uno spezzone di tubo di diametro opportuno.

I pali così costruiti presentano un peso sensibilmente inferiore a quelli totalmente in angolare, realizzandosi un'economia di ferro, di circa il 20 %; precisamente si hanno i seguenti pesi per i vari tipi di palo di altezza normale:

— per campata di m. 350 con angolo fino a 2° (fig. 3)	Kg. 2.750
— per campata di m. 700	» 3.400
— per angolo di 8°	» 3.000
— per angolo di 15°	» 3.350
— per angolo di 30°	» 3.750
— per angolo di 60° e amarro (fig. 3)	» 5.200

I disegni ed i calcoli dei sostegni sono stati eseguiti dalla Dalmine; le prove di rottura effettuate su pali completi, hanno pienamente confermato i risultati del calcolo. La costruzione dei sostegni è avvenuta, parte presso lo stabilimento Dalmine, parte presso le Officine di Savigliano.

Le fondazioni, del tipo a blocchi separati, sono state realizzate in parte col sistema in calcestruzzo, in parte con intelaiatura completamente metallica in ferri angolari, direttamente interrata; in quest'ultimo tipo i ferri angolari sono stati accuratamente zincati e quindi catramati; per assicurarne anche meglio la conservazione è stato disposto sul fondo dello scavo uno strato di ghiaietta di 10÷20 cm. di spessore, sul quale appoggia il telaio di base. La fondazione, completamente bullonata, veniva montata sul posto con grande facilità e poi connessa alla parte superiore del palo mediante piastre pure bullonate. Questo tipo di fondazione, costruito e messo in opera dalla Soc. An. Elettrificazione, è stato adottato particolarmente nella zona dei vigneti dove si è rivelato molto opportuno per limitare i danni conseguenti alla posa dei pali.

L'intera linea è stata divisa in 6 tratti agli effetti della posizione dei conduttori, in modo da effettuare due rotazioni complete fra Torino ed Arquata.

Sono stati utilizzati, per le trasposizioni, pali di ormeggio con l'applicazione di alcune mensole applicate lateralmente alla travata per poter mantenere, pur col solo impiego di isolatori a catena, le distanze minime di m. 4 fra le fasi e m. 1,70 fra fase e terra.

\*\*\*

La messa in opera della linea è stata eseguita dalla S.I.E.T. per il tratto Torino-Tanaro; dalla S.A.E. per il tratto Tanaro-Arquata.

I lavori, iniziati in primavera, sono stati ultimati nel corso dell'anno 1950. La tesatura è stata notevolmente intralciata e si è protratta più del previsto a causa delle numerose linee ad alta tensione attraversate e delle relative difficoltà per interromperne il servizio.

Il costo medio chilometrico della linea si può ritenere di L. 6.500.000 per quanto non si conoscano ancora esattamente le spese di esproprio le cui pratiche sono tutt'ora in corso.

Il costo è ripartito come segue:

Fornitura sostegni in opera	34,8 %
Conduttori e funi di guardia	34,2 %
Isolatori	8,3 %
Morsetteria	3,8 %
Tesatura e verniciatura	6,8 %
Tracciamento sorveglianza, spese generali, interessi passivi	7,6 %
Esproprio e pratiche relative	2,8 %
Apparecchiature telefoniche ad onde convogliate	1,7 %

In merito agli espropri si deve tener presente che viene applicata la cosiddetta legge di Napoli, come normalmente in uso per le linee decretate dal Ministero delle Comunicazioni. Nel caso particolare di linea con conduttori nello stesso piano orizzontale e quindi con una larga striscia da asservire, l'applicazione di detta legge non costituisce un'economia rispetto al sistema normale, ma è sempre favorevole in quanto assicura l'inamovibilità dell'elettrodotto ed accelera la possibilità di esecuzione del lavoro in caso di opposizione dei proprietari.

In definitiva si può concludere che il costo della linea è stato inferiore a quello che generalmente si attribuisce a linee del genere poichè, anche se si tiene conto della spesa occorrente per portare l'isolamento a quello necessario per 220 kV, si ha in cifra tonda un costo medio complessivo di L. 7.000.000 per km.

Appena messa in servizio la linea è stata utilizzata per il trasporto di ingenti quantitativi di energia (circa 900.000 kWh al giorno) che hanno contribuito a colmare la carenza di energia particolarmente sentita nella zona piemontese durante l'inverno testè decorso. Il flusso viene rovesciato coll'inizio dello sgelo e l'aumento delle portate nei torrenti alpini.

Resta quindi ampiamente provata l'utilità della linea per la valorizzazione dell'energia disponibile nelle diverse regioni d'Italia in tutte le stagioni ed in particolare per assicurare alla città di Torino con maggior regolarità e sicurezza l'energia necessaria alla sua attività.

Carlo Giordana

## INFORMAZIONI

### La collaborazione della tecnica e della scienza al riarmo secondo il pensiero del Senatore Panetti

*Dall'intervento del prof. Panetti nelle sedute del Senato dell'8 e del 16 maggio sul tema del riarmo, ricaviamo le parti che riguardano la collaborazione degli organi industriali e scientifici con le Direzioni tecniche delle Forze armate, per l'interesse che l'argomento presenta per gli ingegneri e per il potenziamento della ricerca scientifica formulato dall'ordine del giorno accettato dal Governo ed approvato dal Senato del quale si allaga il testo.*

È indiscusso che oggi, quando gli strumenti della guerra si fabbricano con le medesime strutture della produzione industriale della pace, quando molte nostre industrie, soprattutto nel ramo metalmeccanico, sono in crisi per mancanza di un mercato capace di assorbirne la produzione, c'è tutto l'interesse a sfruttare il finanziamento del riarmo per ridare ad esse la possibilità di vivere, curando che non manchi nei loro dirigenti la visione di futuri sviluppi nel campo della produzione che interessa la vita civile e la capacità di orientarla, appena se ne presenti la possibilità, verso di essa.

Accenno a quelle attività che nel mondo industriale si designano coi nomi di conversione e di riconversione: conversione verso il potenziamento bellico e riconversione verso quello civile, e che riguardano oggetti della fabbricazione del tutto distinti per finalità e funzione, ma analoghi per il processo di realizzazione. Cito, a titolo di esempio, quello realizzato dalla Terni, adattando un reparto col quale si fabbricavano proiettili, alla fabbricazione dei radiatori per termosifoni.

Nel campo più vasto poi delle dirette analogie le provvidenze che da

ogni parte si invocano perchè le industrie dei trasporti navali ed aeronautici siano sorrette, si possono coordinare col programma del riarmo e possono costituire un esempio della formula che mi permetto di auspicare come fondamentale per la congiuntura presente: *potenziare la Nazione per difenderla e potenziare la difesa, facendo progredire gli strumenti della produzione.*

È un programma possibile se gli uomini idonei e i materiali necessari non ci faranno difetto.

Alla preparazione degli uomini dobbiamo pensare noi; alla fornitura dei materiali devono pensare le Nazioni che la nostra alleanza interessa, e questo punto deve essere sottolineato con ogni energia nei rapporti internazionali.

Per la preparazione degli uomini occorre perfezionare la struttura dell'Esercito dai ranghi e dalle funzioni più modeste a quelle più elevate, ed occorre pure destare nella coscienza della Nazione l'interesse più vivo alle finalità delle Forze armate, nel senso più largo che cercherò di porre in evidenza, onde ottenere quella fusione di spiriti e di iniziative dalle quali dipende il successo.

E prima di tutto occorre per l'Eser-

cito curare la preparazione degli specializzati, di cui si lamenta la insufficienza per numero e qualità; specializzati nei mezzi di comunicazione e di trasporto, specializzati radio-montatori e radio-telegrafisti, specializzati nell'uso delle armi, che vuol poi dire nella meccanica di precisione.

Sono essi gli attivisti delle colonne armate, capaci non solo di tenerne in efficienza e di manovrarne l'attrezzamento, ma anche di improvvisare fra i loro compagni d'arme più idonei la competenza indispensabile.

Vi sono scuole per formarli; ma è necessario offrire ad essi un minimo di vantaggi perchè l'arruolamento degli specializzati dia risultati migliori e li convinca ad accettare il peso di una ferma più lunga per procurarsi una competenza utile anche nelle loro future attività.

Bisogna insomma fare di tutto perchè il periodo del servizio militare cessi di essere considerato come un periodo senza effetto per la vita, e ciò non solo per la formazione del carattere e come abito alla disciplina, ma come complemento alla preparazione professionale.

Intendo parlare di quella preparazione che la riforma della Scuola, quale ci è stata annunciata, non considera ancora abbastanza adeguatamente, a mio avviso, mentre ha un peso cospicuo nella capacità produttiva e quindi nella economia di un popolo.

In un campo di più preciso orientamento fra gli specializzati dell'esercito dobbiamo comprendere i tecnici dei cantieri, degli arsenali e delle officine di costruzione delle varie armi.

Questi stabilimenti possono essere una buona scuola di addestramento, anche se sono criticabili come non adatti alla fabbricazione in serie, che del resto non costituisce il loro compito, purchè siano bene attrezzati ed abbiano la ca-