

Ma quando i rapidi progressi della turbina a vapore fecero pensare alla sua applicazione alla marina, gli elettrotecnici poterono credere di vedersi finalmente aperto il campo stesso della propulsione navale. Come è ben noto la necessità di un elevato numero di giri per migliorare il rendimento della turbina risultò subito in contrasto colle esigenze delle eliche, il cui rendimento migliora col diminuire della velocità. E si pensò naturalmente di ricorrere all'intermediario dell'energia elettrica installando a bordo dei turbo alternatori a grande velocità destinati ad alimentare i motori, a basso numero di giri, calettati sugli alberi delle eliche. E noi ricordiamo la interessante comunicazione sull'argomento fatta dal Prof. Belluzzo alla sezione di Milano nel 1908 (Atti A. E. I, 1908, pag. 383). L'impiego della trasmissione elettrica, allora da molti preconizzato anche per il suo pregio di facilitare la regolazione e l'inversione di marcia, implica disgraziatamente un notevole aumento di peso e di spesa e fa perdere nelle migliori ipotesi un 10% dell'energia trasmessa. E i meccanici non si sono dati per vinti e sono giunti diffatti ad ottenere la necessaria demoltiplicazione in condizioni migliori. Più di una volta già ci occupammo degli enormi progressi conseguiti in questi ultimi tempi nella costruzione di ingranaggi elicoidali per grandi potenze (4). Ora dalla interessante lettura del Dr. DORNIG alla Sezione di Genova, che pubblichiamo negli *Atti*, vediamo che già si fanno ingranaggi per riduzioni anche da 20 a 1 con un rendimento del 98% e che si stanno costruendo coppie di ruote capaci di trasmettere in tali condizioni anche 4500 kW! D'altra parte il Föttinger è riuscito a realizzare un sistema di trasmissione idrodinamica (pompa-turbina) che, pur permettendo l'inversione di marcia, riuscirebbe più leggero e meno costoso della trasmissione elettrica, giungendo a dei rendimenti dell'87-88% che sembrano quasi miracolosi dati i mezzi impiegati.

Stando così le cose, pare che gli elettrotecnici debbano, almeno per ora, rinunciare alle concepite speranze limitandosi a seguire con interesse la lotta che, nel campo della propulsione navale, si va ora delineando fra i vari tipi di motori termici. Sullo stato attuale di tale lotta e sulle sue probabili conseguenze in un immediato avvenire ci illumina appunto l'interessante esposizione del Dornig.

LA REDAZIONE.

(1) Vedi *L' Elettrotecnica*, 1914, pag. 175 e 289.

Pubblicazioni dell'A. E. I.	
Le Norme per l'ispezione e l'esercizio degli impianti Elettrici, completate con un indice per materia legate in tela-oro, edizione tascabile	1,-
per eventuali spese postali in più	0,20
Gli Atti del Congresso Internazionale delle Applicazioni Elettre che di Torino 1911. — 3. vol., 3000 pag. circa. — In essi come è noto sono esaminate moltissime delle principali questioni attuali dell'elettrotecnica	10,-
La Descrizione di una macchina elettromagnetica di A. Pacinotti, in 5 lingue: italiana, francese, inglese, latina, tedesca, (edizione di lusso)	2,-
Per non soci	5,-
Ing. A. ANFOSSI — Qualche dato sull'effetto delle precipitazioni nell'alimentazione dei corsi d'acqua	1,-
Ing. A. BARBAGELATA — Le misure di controllo negli impianti ad altissima tensione	1,-
Ing. R. NORSIA — Contributo allo studio della tarifficazione dell'energia elettrica	2,-
Dr. U. MAGINI — Nuovo apparecchio Röntgen autonomo e portatile per uso di pronto soccorso ai feriti in guerra	1,-
Ing. G. SARTORI — Dispositivi per migliorare il fattore di potenza sulle reti a correnti trifasi. Risultati pratici raggiunti	1,-
più L. 0,20 per spese postali	1,-

Possono i trasformatori proteggersi da sè contro le sovratensioni? :: ::

A. DINA

In un recentissimo articolo (*) W. Prehm riporta il parere di parecchi teorici, che si sono occupati negli ultimi tempi dei sistemi di protezione degli impianti contro le sovratensioni, secondo il quale i condensatori sono da ritenersi come uno dei mezzi più efficaci di difesa, inquantochè essi appiattiscono la fronte ripida delle onde propagantisi lungo la linea.

Ma a questa conclusione teorica egli contrappone i risultati, che la pratica ha dato in un recente impianto di grande importanza, composto di una condotta ad anello di 120 km., alimentante cinque stazioni primarie di trasformazione a 60000/15000 Volt, e di una rete secondaria di circa 1450 km. a 15000 Volt con 770 stazioni di trasformatori riduttori. La protezione dell'impianto era stata fatta, con esclusione completa degli scaricatori ad intervallo d'aria (parafulmini a corna ecc.), principalmente con numerosissime batterie di condensatori, combinate in parte con piccole bobine di autoinduzione inserite nella linea, oltre a parecchie bobine induttive fra i fili e la terra per la derivazione delle cariche statiche.

I risultati furono ben diversi da quelli attesi. In un anno di esercizio si guastò un gran numero di condensatori, si bruciò un numero ancora maggiore di valvole relative e dei circa 1000 esistenti vennero fulminati 127 trasformatori!

Dal punto di vista finanziario sono interessanti le seguenti cifre:

Spesa d'impianto pel complesso delle protezioni: circa L. 300 000,

Spesa annua di esercizio per tali protezioni, (ricambio dei condensatori difettosi e delle valvole, ammortamento ed interessi del capitale impiegato): ca. L. 50 000,

Spesa per riparazioni dei trasformatori (in media a L. 250 ciascuna): ca. L. 31 750.

Epperò Prehm ritiene che, a seconda di questa prova pratica su larga scala, i condensatori non formino un mezzo adatto di protezione per reti estese, in causa dell'ingentissima spesa sia di impianto che di esercizio e dell'insufficiente efficacia protettiva.

Senza discutere tali conclusioni, voglio piuttosto rilevare la constatazione fatta nell'impianto in questione, che, essendo stati i trasformatori forniti da sette ditte diverse, i guasti avvennero in percentuale piccola (circa 2%) in quelli (circa 400), che avevano le prime bobine con isolamento notevolmente alto, in percentuale nientemeno che decupla negli altri (circa 600).

Basandosi su questi fatti, Prehm conclude, che la protezione più efficace e a buon mercato si dovrebbe

(*) E. T. Z., 9 Aprile 1914.

ottenere mediante bobine di autoinduzione aventi costanti elettriche analoghe a quelle delle bobine del trasformatore, affinché i guasti avvenissero di preferenza in esse, che son facilmente ricambiabili, e non nel trasformatore; oppure, in modo ancora più semplice, rinforzando l'isolamento dell'avvolgimento ad alta tensione e in ispecie quello delle bobine di ingresso, le quali allora, obbligando senza proprio danno la componente d'onda, che non viene riflessa, ad attraversarle, e con ciò ad appiattirsi e a smorzarsi, proteggerebbero sè stesse e le successive bobine.

* *

Nè i fatti constatati da Prehm sui trasformatori difettosi, nè le sue proposte costituiscono nel loro complesso una novità.

Molti ingegneri della partita hanno fatto constatazioni analoghe e hanno pensato alla possibilità di analoghi ripari; anzi un maggior isolamento delle bobine di ingresso è stato da tempo consigliato in varie pubblicazioni e attuato in una certa misura da diverse ditte, di cui taluna adopera anche speciali bobine di autoinduzione per ogni trasformatore, oltre a quelle eventualmente inserite nella linea ad alta tensione.

Tuttavia è molto interessante la statistica dei danni riportati dai trasformatori di un impianto assai esteso, e soprattutto il confronto, che in esso è stato possibile, fra il diverso modo di comportarsi di trasformatori diversamente isolati nelle loro prime bobine. Inoltre Prehm arriva alla proposta radicale di eliminare gli apparecchi di protezione, destinati a combattere le onde a fronte ripida e le oscillazioni ad alta frequenza (che, rispetto alla produzione di corti circuiti fra le spire, si comportano in modo analogo), impiegando invece una parte della somma corrispondente per dare ai trasformatori un tale isolamento, specialmente nelle bobine d'ingresso, che conferisca loro un alto grado di sicurezza.

Fa davvero meraviglia, che l'idea così semplice di rinforzare innanzi tutto i trasformatori, fra gli svariati mezzi escogitati per proteggerli, non abbia avuto fin qui più larga e generale applicazione!

Una delle ragioni di questa stranezza è certo la grande concorrenza, stimolata ed acuita dagli acquirenti, la quale ha obbligato le Case costruttrici, o almeno parecchie fra esse, ad impiegare per i trasformatori il materiale strettamente necessario all'adempimento delle garanzie contrattuali, contribuendo a far sì che le protezioni contro le sovratensioni divenissero oggetti di vendita a parte.

Questi poi costituiscono per parecchie ditte « articoli » molto convenienti, perchè solitamente si fabbricano in massa, spesso sono brevettati e possono smerciarsi a prezzi elevati, si vendono senza obbligo di garanzia per la loro efficacia.

Un'altra ragione consiste probabilmente nell'opinione di parecchi, che sarebbe ad ogni modo impossibile di isolare spire vicine in guisa sufficiente per resistere a sovratensioni, che possono raggiungere valori assai elevati. Ma, se è vero che il trasformatore fortemente isolato non può dare (allo stesso modo del resto di

ogni altra protezione) una sicurezza assoluta contro i corti circuiti fra spire, non si deve d'altra parte dimenticare, che un'onda si propaga nell'avvolgimento con grandissima velocità, dimodochè il brusco salto di tensione, che l'onda può presentare, provoca fra le spire vicine una sovratensione, che, essendo istantanea, spesso non riesce a danneggiare l'isolante in modo sensibile. A parità di ampiezza del salto di tensione, ciò avviene più facilmente, quando successive onde attacchino ripetutamente l'isolante; in ogni caso però questo è ben lungi dall'essere cementato come da una tensione permanente della stessa ampiezza.

Sarebbe soprattutto necessario, che la costruzione ad isolamento rinforzato fra le spire si generalizzasse nei trasformatori piccoli e medi, spesso numerosissimi in una rete, perchè, mentre il loro maggior costo verrebbe ampiamente compensato dalla maggior sicurezza di esercizio, l'applicazione di apparecchi protettivi riuscirebbe per essi disagevole e sproporzionatamente cara, certo più cara delle riparazioni rese eventualmente necessarie da qualche fulminazione, che ancora si verificasse.

Pei trasformatori grossi delle centrali e delle sottostazioni principali, data la loro importanza nell'impianto, oltre al maggior isolamento sembrano pur sempre opportune, contrariamente alla proposta di Prehm, protezioni esterne, purchè di esse sia stata con sicurezza constatata l'efficacia. L'autoprotezione conferita al trasformatore permetterebbe però di ridurre il numero e renderebbe meno arduo il compito dei dispositivi destinati a diminuire le sovratensioni fra spire, mentre ogni precedente attenuazione dei salti bruschi di tensione nell'onda, che penetra nell'avvolgimento, faciliterebbe alla sua volta al trasformatore la resistenza ad un nemico, che in parte è già disarmato.

Si noti infine, che la grande importanza delle onde viaggianti, e delle conseguenti sovratensioni fra parti vicine di uno stesso circuito, non deve far dimenticare la possibilità di altre sovratensioni, verso terra o fra le fasi, e la necessità delle relative difese in punti opposti dell'impianto. Il maggior isolamento fra le spire delle prime bobine dei trasformatori non ha ad es. nulla a che fare colla protezione contro le sovratensioni dovute a cariche statiche.

* *

Avendo sottoposto ai lettori di questa rivista la questione messa nuovamente sul tappeto da Prehm, credo non del tutto inutile, riassumere anche alcuni miei vecchi esperimenti, perchè illustrano un altro punto di vista, secondo il quale potrebbe venire aumentato il grado di autoprotezione dei trasformatori.

Una volta che l'isolamento dell'avvolgimento ad alta tensione ed in ispecie quello delle sue prime bobine è stato rinforzato, riesce meno probabile, ma non impossibile, che esso venga perforato da una sovratensione. Orbene, dato che ciò avvenga, si trovano forse tutti i trasformatori nella stessa condizione di dover soggiacere subito ad un corto circuito?

L'energia delle onde, che penetrano nell'avvolgimento, spesso non è così rilevante da riuscire da sè a for-

mare un corto circuito franco, cioè una perla metallica fra i fili; anzi ciò si deve ritenere un caso piuttosto eccezionale. Di solito l'energia a ciò necessaria è fornita dalla corrente del trasformatore stesso, la quale segue il cammino apertole dalla scintilla dovuta alla sovratensione. Or bene questo fenomeno secondario, che determina effettivamente il corto circuito, a parità delle altre circostanze avviene tanto più facilmente, quanto maggiore è la tensione normale, che regna fra due spire adiacenti. Si noti che in tal riguardo si trovano nelle condizioni peggiori non già le spire prossime fra loro, che appartengono ad uno stesso strato, sibbene quelle che, pur essendo adiacenti, appartengono a strati vicini, perchè in tal caso la tensione che esiste fra esse è proporzionale al numero delle spire elettricamente interposte; il valore massimo che questa tensione può raggiungere costituisce la cosiddetta tensione fra strati, e ad esso converrà riferirsi come caso più sfavorevole.

Il fenomeno è naturalmente molto complesso, e, oltre che della causa citata, è funzione di una serie di circostanze variabili da caso a caso, in dipendenza tanto della sovratensione che del trasformatore, nonché di cause accidentali (punti deboli nell'isolante ecc.); tuttavia l'importanza della tensione fra spire per la formazione del corto circuito può venire con facilità dimostrata in laboratorio con esperienze analoghe alle seguenti:

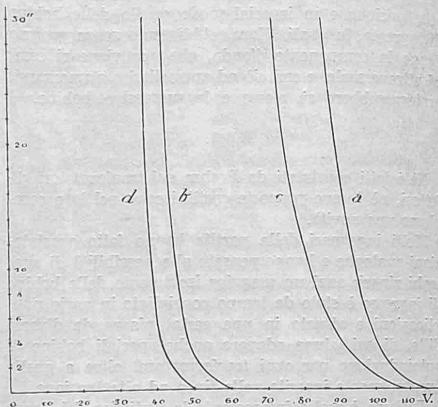
Due fili isolati vengono intrecciati fra loro. Due dei loro capi (uno per ciascun filo) si connettono ad un alternatore a frequenza ordinaria, mentre gli altri due capi si riuniscono ad una sorgente di oscillazioni ad alta frequenza e di tensione elevata, per esempio al secondario di un piccolo trasformatore senza ferro (così detto trasformatore di Tesla), il cui primario fa parte di un circuito oscillatorio (*).

Il trasformatore di Tesla genera, non appena messo in azione, in uno o contemporaneamente in più punti dei fili di prova una serie di scintille, le quali però producono il corto circuito, segnalato da un amperometro inserito fra l'alternatore e i fili, soltanto dopo un tempo variabile a seconda della tensione applicata. Il corto circuito definitivo viene di solito preceduto da impulsi di corrente per un tempo più o meno breve, a seconda della corrente, che l'alternatore può fornire. Epperò con opportune resistenze converrà far sì che la macchina, per quanto eccitata nella serie di esperienze a tensioni diverse, eroghi sempre al corto circuito press'a poco la stessa corrente.

È chiaro però che, data la natura eminentemente variabile del fenomeno, possono venir presi in considerazione soltanto risultati medi di numerose esperienze, dai quali eventualmente possono differire valori singoli in modo notevole.

La figura riporta alcune di simili curve medie; ogni

ordinata rappresenta il numero di secondi necessari al corto circuito franco (nelle esperienze sempre di una trentina di Ampère) per la tensione indicata in Volt dall'ascissa corrispondente. La curva *a* ad esempio fu ottenuta adoperando sempre fili dello stesso tipo con



isolamento di cotone (spessore ca. 0,15 m/m) e scintille debolissime di intensità costante, o, più esattamente, generate in condizioni costanti. La curva *b* fu ottenuta cogli stessi fili, ma con scintille di gran lunga più forti.

L'esame di queste curve permette alcune deduzioni sulle circostanze, che determinano i corti circuiti fra spire.

Molte sovratensioni, p. es. quelle dovute a manovre di inserzione, durano un tempo brevissimo; in tali casi la sovratensione, se è riuscita a perforare l'isolante con una scintilla, genera o no un corto circuito, a seconda che la tensione normale agente fra le spire è maggiore o minore della tensione limite, corrispondente all'intensità di scintilla che si è prodotta.

Ma vi sono casi, e questi sono i più pericolosi, in cui la sovratensione si manifesta con successivi treni di onde, sicchè, pure agendo in modo intermittente, nel suo complesso dura un tempo relativamente lungo che può arrivare a parecchi secondi, eventualmente a minuti. Si pensi ad es. alle sovratensioni generate da una messa a terra intermittente, causata da un isolatore rotto; che durano fino al raggiungimento della terra franca; oppure si pensi alla ripercussione sulla linea di successive scariche atmosferiche. In questi casi non solo è più facile la perforazione dell'isolante, ma, anche dopo questa, se non ha luogo il corto circuito immediato, entra in giuoco la durata della sovratensione; se le corrispondenti scintille cessano prima che la corrente d'impianto le abbia seguite, i fili possono resistere ancora alla tensione normale fra loro esistente, per quanto naturalmente resti un punto debole nell'isolante. Epperò un valore basso per la tensione massima fra strati ha qui importanza ancora maggiore che non nel caso precedente, perchè osta-

(*) Ben s'intende, che, con condensatori intercalati fra il secondario del trasformatore di Tesla e i fili, si deve far sì che questo non chiuda in corto circuito l'alternatore, e con rocchetti induttivi si deve impedire alle correnti ad alta frequenza di spingersi nell'armatura della macchina.

cola altresì i corti circuiti, che scintille anche deboli, purchè di durata sufficiente, riuscirebbero a produrre.

Questi fatti spiegano, come spesso si possano trovare piccoli forellini nell'isolante delle bobine di trasformatori, che sono stati soggetti a sovratensioni, senza che perciò si sia manifestato un corto circuito. Essi mostrano inoltre, che il vantaggio della riduzione dell'ampiezza e dell'energia delle sovratensioni, prodotta da apparecchi protettivi, consiste non soltanto nel rendere più difficili i guasti nell'isolante, ma anche nel diminuire l'intensità delle scintille, che si manifestano nel caso della perforazione. Perciò, come abbiamo già notato, per trasformatori importanti, anche se costruiti con criteri di autoprotezione, sarà sempre prudente l'uso di buoni dispositivi di difesa.

Le curve *c* e *d*, rilevate in condizioni analoghe rispettivamente alle curve *a* e *b*, però colla differenza che l'isolante era di spessore circa metà, mostrano che alla diminuzione di questo spessore si accompagna, (oltre a una diminuzione della tensione limite per ogni intensità di scintilla) una notevole riduzione del tempo necessario allo stabilirsi del corto circuito in corrispondenza a un dato valore della tensione applicata fra le spire, e del resto è naturale, che su questo tempo abbia influenza la lunghezza del ponte semiconduttore, che la scintilla deve preparare nell'isolante alla corrente di impianto. Un maggior spessore di isolante esercita dunque un'azione favorevole, anche dopo il perforamento di questo.

I fenomeni, oltre che colle cause prese qui in considerazione, potranno variare quantitativamente coll'intensità della corrente di corto circuito, colla natura dell'isolante, col trovarsi i fili nell'olio, ecc., ma è probabile, che qualitativamente rimangano sempre press'a poco gli stessi.

Sicchè, per quanto le esperienze sommariamente descritte possano servire soltanto come primo orientamento, esse indicano che è possibile aumentare l'autoprotezione del trasformatore col diminuire il valore della tensione massima, che regna fra due strati adiacenti di spire; esse mostrano inoltre che un aumento dello spessore dell'isolante è utile, non soltanto affinché questo meglio resista alle sovratensioni, ma anche per rendere più difficile che la corrente di impianto segua il cammino, che esse fossero tuttavia riuscite ad aprirle.

(Maggio 1914).

I Soci e gli Abbonati che non avessero ricevuto un numero dell'ELETTROTECNICA potranno avere una seconda copia gratuita purchè ne facciano domanda alla Amministrazione del Giornale (Via San Paolo, 10 - Milano) entro un mese dalla data del fascicolo non ricevuto.

LETTERE ALLA REDAZIONE

Facendo seguito alla precedente lettera già pubblicata dall'Elettrotecnica nel fasc. 10 del 5-V-1914, pag. 263, l'Ufficio Marconi di Roma ci invia la seguente:

Spett. Redazione del Giornale «L'Elettrotecnica»

La nota di redazione apparsa nel N. 10 del 5 maggio del vostro giornale, mi obbliga a tornare nuovamente sull'argomento dei metodi ed apparecchi impiegati da Guglielmo Marconi nelle esperienze eseguite all'Augusteo, metodi ed apparecchi che nelle note di redazione del n. 5 del 15 marzo u. s. venivano giudicati non molto dissimili da quelli impiegati dal de Forest.

Mi permetto di far rilevare a codesta spellabile Redazione che io ho affermato, nella mia precedente lettera, che i metodi e gli apparecchi usati da Guglielmo Marconi nella sua conferenza in Roma erano del tutto differenti da quelli del de Forest, mentre codesto giornale si è semplicemente soffermato sull'applicazione della valvola Fleming. Desidero ora confermare che la differenza fra detti metodi ed apparecchi consiste non solo nell'impiego della valvola di Fleming, ma principalmente nell'annullazione di alcuni dispositivi e di alcuni speciali circuiti, brevettati da Guglielmo Marconi e dall'ing. Round, in merito ai quali non esiste la minima contestazione.

Mentre da parte mia dichiaro terminata ogni altra discussione in proposito, rinrazio sentitamente codesta Spett. Redazione per lo spazio accordatomi e porgo i miei più distinti saluti.

Dev.mo

LUIGI SOLARI.

A tutto ciò che nelle obiezioni dell'Ufficio Marconi parve a noi sostanziale e deono di interesse per i lettori, abbiamo già risposto nel fascicolo 10. Essendo già stato bastevolmente chiarito il significato affatto oggettivo del nostro «non molto dissimili», ci pare che si faccia ormai soltanto questione di apprezzamento, discutendo del confine fra somiglianza e differenza. E poichè la lettera che precede non porta alcun nuovo elemento di giudizio in proposito, vogliamo augurare che all'Ufficio Marconi sembri presto opportuno di seguirlo via già battuta dal de Forest e dal Reisz per i loro dispositivi, rendendo noti ufficialmente gli apparecchi e gli schemi, brevettati, che servono alle esperienze dell'Augusteo. Ciò permetterà a ciascuno di formarsi il proprio giudizio a ragion veduta e riuscirà pertanto assai interessante e gradito ai nostri lettori ed a noi.

(N. d. R.).

SUNTI E SOMMARI

APPARECCHI di MANOVRA, REGOLAZ. PROTEZ., ecc.

CH. C. GARRARD. — Scaricatori a corna. — («The Electrician», 20-III-1914, fasc. 24, vol. 72, pag. 996).

Gli scaricatori a corna sono ormai uno dei più antichi apparecchi di protezione e sono tuttora oggetto di grande favore per la loro semplicità. L'arco, che per effetto di una sovratensione si innesta fra i due punti più vicini delle corna, tende a spostarsi lungo le corna stesse allungandosi fino a rompersi. Questa tendenza è dovuta sia all'azione del calore, sia all'azione elettromagnetica: fra le quali la seconda è prevalente, come si può verificare sovrapposendo le corna col rivolgerle verso il basso. Essa si basa sul principio che un circuito elettrico tende a deformarsi in modo da accrescere l'area abbracciata. Ne segue che l'attacco della tensione alle corna deve essere sempre fatto presso alla loro base, cioè presso al punto di minima distanza.

Non è facile dare norme generali sul modo di sistemare gli scaricatori. Quanto alla distanza, a cui bisogna porre