

# Dall'ambra all'elettrodomestico

Seconda parte (\*)

---

Breve storia dell'elettricità e dell'ingegneria elettrica dall'antichità agli anni venti del novecento.

Sergio Festa - Lucio Oggioni

**N**ella prima parte di questo articolo "LE INTUZIONI, LE SCOPERTE E LE RICERCHE", pubblicata sul numero di Maggio di questa rivista, sono state tratteggiate le prime intuizioni, scoperte e ricerche sull'elettricità e il magnetismo dall'antichità fino a tutto il XIX secolo. In questa seconda parte si ripercorre, invece, il cammino, fino ai primi decenni del XX secolo, delle applicazioni di tali scoperte che hanno dato un notevole contributo al progresso tecnologico e al miglioramento della nostra vita.

## PARTE SECONDA: LE APPLICAZIONI E LE INVENZIONI

Le applicazioni e le invenzioni nel campo elettrico che hanno migliorato la vita degli uomini: *"La scienza non è nient'altro che una perversione se non ha come suo fine ultimo il miglioramento delle condizioni dell'umanità"* (Nikola Tesla).

Si ripercorrono qui le principali tappe

(\*) Prima parte sul fascicolo di maggio 753

dell'ingegneria elettrica che ha saputo tradurre in applicazioni pratiche le conoscenze sull'elettromagnetismo, acquisite nel corso della storia, in tutti i settori delle attività umane, dalla telegrafia alle prime macchine elettriche, dalla realizzazione delle centrali di produzione dell'energia elettrica alla sua trasmissione a distanza, fino ad arrivare ai primi elettrodomestici che hanno fatto diffondere l'utilizzo dell'energia elettrica in tutte le case.

Infine, si accennerà alla pubblicazione dei primi testi e riviste periodiche italiane di elettrotecnica, alla attività di formazione svolta dagli storici docenti di ingegneria elettrotecnica in Italia, perché senza il loro appassionato lavoro non ci sarebbe stata la formazione dei tecnici del settore che sono stati indispensabili per la crescita dell'industria nazionale.

## **LA PRIMA INDUSTRIA ELETTROTECNICA: LA TELEGRAFIA**

Una delle prime applicazioni industriali dell'elettromagnetismo è stata la telegrafia. La sua prima descrizione appare sul numero del primo febbraio 1753 dello "*The Scots Magazine*" di Edimburgo, con il titolo "*An expeditious method of conveying intelligence*". Il sistema consisteva nel collegare due stazioni di trasmissione con un fascio di fili isolati, uno per ogni lettera dell'alfabeto, provvedendo ad elettrificare, nella stazione di invio, un filo alla volta con una bottiglia di Leida e manifestando lo stato su un elettroscopio nella stazione ricevente.

I primi telegrafi elettromeccanici, del tipo ad aghi e quadranti, furono ideati dall'inglese **W. F. Cooke** (1806-1879) e dal tedesco **K. A. Steinheil** (1801-1870). Concepiti già dal 1830 si diffusero dopo che il chimico inglese **F. J. Daniel** (1790-1845), nel 1836, inventò la pila a due liquidi con depolarizzante a solfato di rame, grazie alla

quale l'americano **Samuele Morse** (1791-1872) l'anno seguente mise in funzione il suo telegrafo.

La prima realizzazione elettrotecnica avvenne nel 1838; si trattava della prima versione del telegrafo elettrico, ideato dal fisico e inventore britannico **Charles Wheatstone** (1802-1875), costituito da sei fili su due chilometri di linea della Great Western Railway presso Londra; successivamente tale versione venne migliorata in un sistema ad un solo filo. Tuttavia ebbe maggiore successo la prima applicazione del telegrafo scrivente di Morse, realizzata nel 1844 sulla linea Baltimora - Washington.

Nel 1845 nacque la prima società, "*The Electric Telegraph Co*", per la costruzione dei telegrafi. Le applicazioni seguirono e si moltiplicarono in tutto il mondo. L'Italia partecipò attivamente a tale sviluppo e, nel 1846, per iniziativa del fisico **C. Matteucci** (1811-1868), fu inaugurata la linea Pisa - Livorno, presto seguita da altre. La telegrafia divenne in tal modo la prima industria elettrotecnica.

Ulteriori sviluppi portarono alla comparsa e all'utilizzo dei cavi sottomarini, di cui il primo fu posato nel 1851 fra Dover e Calais e fu seguito presto da altri nel Mar Nero e nel Mediterraneo. Nel 1866 venne posato il primo cavo telegrafico transatlantico, ad opera di un gruppo di investitori americani ed inglesi con la consulenza di sir **William Thomson** (1824-1907), fisico e ingegnere britannico, più noto come Lord Kelvin, che con una lunghezza di circa 4 000 km collegava Valentia (Irlanda) con Terranova (America Settentrionale).

Accanto alla telegrafia nasceva una nuova tecnica di trasmissione del pensiero ovvero il telefono la cui invenzione, è ormai accertato, ad opera dell'italiano **Antonio Meucci** (1808-1889), fu attribuita allo scienziato ed inventore britannico naturalizzato americano **Graham Bell** (1847-1922), che lo perfezionò e ne diffuse l'applicazione, fondando nel

1876 l'omonima società telefonica.

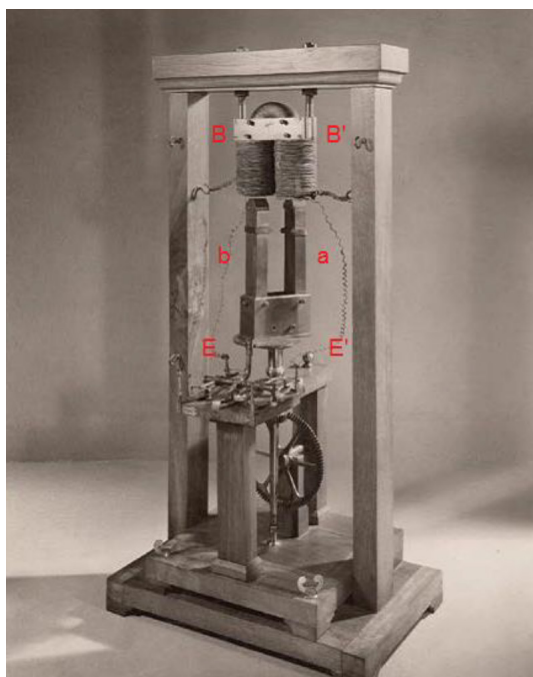
Al telefono a induzione, puramente elettromagnetico, venne aggiunto il microfono a contatti di carbone dovuto, nella sua prima forma, all'inventore anglo-americano **David Hughes** (1831-1900), successivamente trasformato e reso pratico dall'inventore e imprenditore statunitense **Thomas Alva Edison** (1847-1931) e altri. I primi passi dell'industria telefonica furono lenti e difficili; nel decennio fra il 1880 e il 1890 si costruirono le prime linee commerciali e i primi nuclei di reti urbane.

### LE PRIME MACCHINE ELETTRICHE

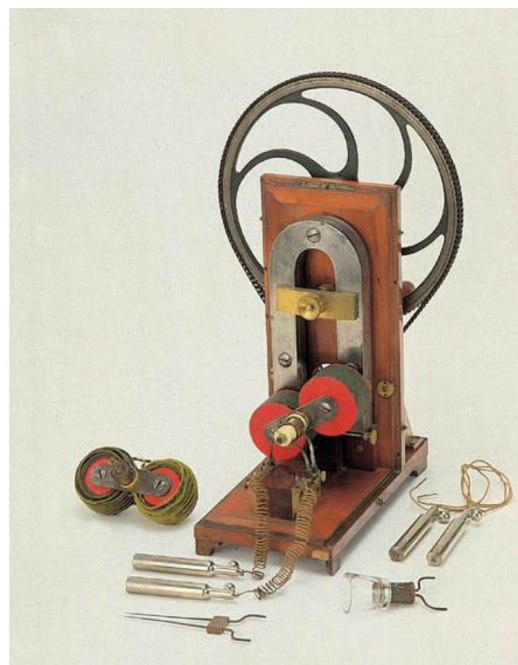
La prima macchina per generare corrente elettrica, basata sulla legge di Faraday, fu realizzata nel 1832 dall'inventore e costruttore di strumenti scientifici parigino **Hippolite Pixii** (1808-1835).

Nella macchina, la cui riproduzione è illustrata nella figura 1, ponendo in rotazione, tramite un manovellismo, i magneti a-b si determina una variazione di flusso nelle

**Figura 1** – Macchina di Pixii (Science Museum, London).



**Figura 2** – Generatore elettrico di Edward M. Clarke (Fondazione Scienza e tecnica - Firenze).



due bobine fisse B-B' che genera una tensione ai terminali E-E'. La macchina inizialmente era dotata di contatti striscianti che furono sostituiti da un commutatore al fine di ottenere una tensione quasi continua. Modifiche alla macchina di Pixii furono apportate dall'americano **Joseph Saxton** (1799-1873) in una realizzazione in cui i magneti erano mantenuti fissi mentre le bobine erano poste in rotazione, il tutto con l'inserimento di un collettore per raddrizzare la tensione in uscita.

La prima realizzazione commerciale di generatore elettrico a manovella, basata sul principio di Saxton e riprodotta nella figura 2, fu fatta nel 1835 dal costruttore irlandese di strumenti scientifici **Edward M. Clarke** (1804-1846).

Le macchine come i generatori di Clarke erano utilizzate essenzialmente nei laboratori per fornire corrente a maggiore intensità e in modo più economico delle pile. Esse venivano anche impiegate per scopi terapeutici facendo prendere in mano

**Figura 3** – Macchina a manovella di Emil Stöhrer (A. Savini – Uni Pavia).



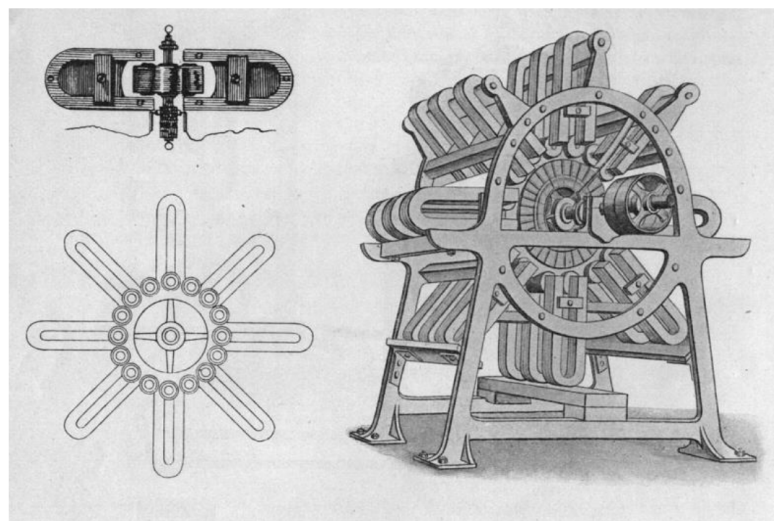
i terminali della macchina al “*paziente*” e sottoponendolo a veri shock azionando in modo più o meno intenso la velocità del manovellismo.

Una macchina di potenza maggiore di quella di Clarke fu realizzata nel 1883 a Lipsia dall’inventore tedesco **Emil Stöhrer** (1813-1890). In essa la potenza generata veniva incrementata aumentando, tramite manovella, la rotazione di tre magneti permanenti collocati sotto sei bobine (Figura 3).

Nel 1850 il francese **Floris Nollet** (1794-1853), accreditato come parente dell’abate Nollet, studioso di elettricità nel XVIII secolo, ideò una macchina magneto-elettrica per l’illuminazione esterna, ma il progetto rimase di proprietà della Società di illuminazione “*Societe de all’Alliance*”, che aveva finanziato gli studi di Nollet, tra i cui dipendenti figurava l’ingegnere Joseph van Malderen, ex collaboratore di Nollet.

Il generatore ideato da Nollet, rappresentato in figura 4, alta 1,65 m, del peso di 2 000 kg e mossa da una macchina a vapore di 4 HP, era basata su 8 magneti per un totale di 16 poli, che generavano una variazione di flusso su 16 bobine.

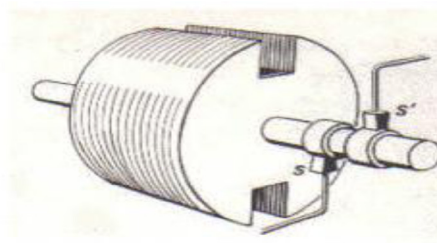
**Figura 4** – Generatore di Nollet.



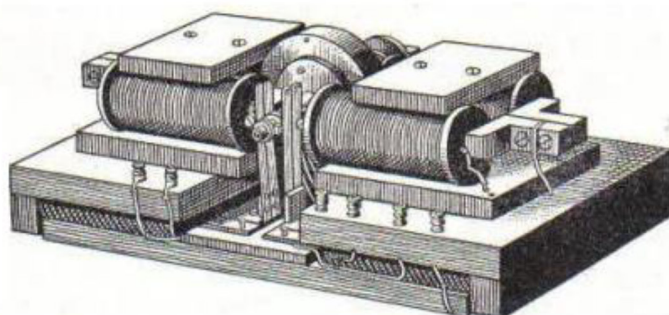
La macchina con varie modifiche fu costruita, dopo la morte di Nollet, nel 1885, per alimentare un impianto di fari a Parigi rendendo notevoli servigi durante l’assedio del 1870.

Nel 1857 la Società Siemens di Berlino fondata nel 1847, con il nome “*Telegraphen-Bauanstalt von Siemens & Halske*” introdusse l’indotto doppio T (Figura 5) in cui gli avvolgimenti indotti non erano collocati trasversalmente al circuito induttore ma longitudinalmente. La soluzione costruttiva fu ideata dall’ingegnere e imprenditore tedesco **Ernst Werner von Siemens** (1816-

**Figura 5** – Indotto doppio T (brevetto Ernst Werner von Siemens).



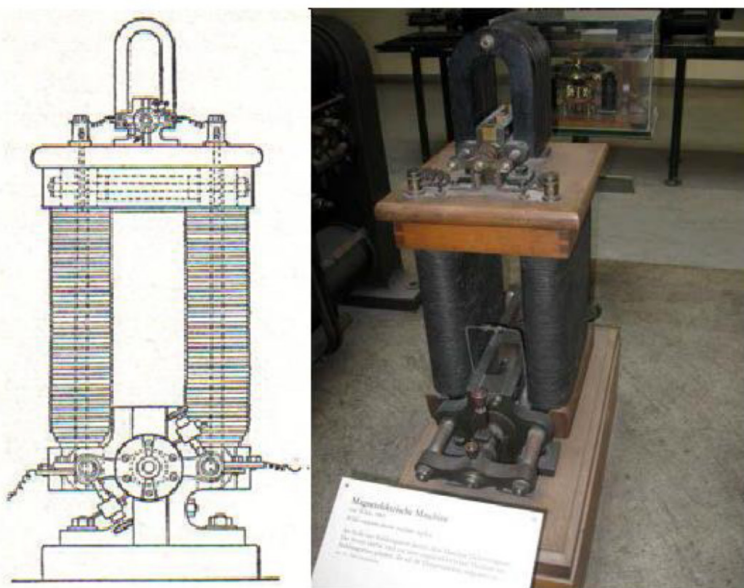
**Figura 6** – Generatore di C. F. Valery.



1892) per sopperire alle grandi dimensioni e basse potenze delle realizzazioni del tempo. Lo stesso Siemens nel 1866 presentò una macchina per la conversione di energia meccanica in elettrica senza l'impiego di magneti permanenti (autoeccitata) che utilizzava l'indotto doppio T.

La prima realizzazione di una macchina generatrice che sfruttava il magnetismo residuo è dovuta all'inglese **C. F. Valery** (1828-1883) che ne richiese il brevetto nel 1866 ottenendolo nell'estate del 1867 (Figura 6).

**Figura 7** – Macchina di Wilde (A. Savini – Uni Pavia).

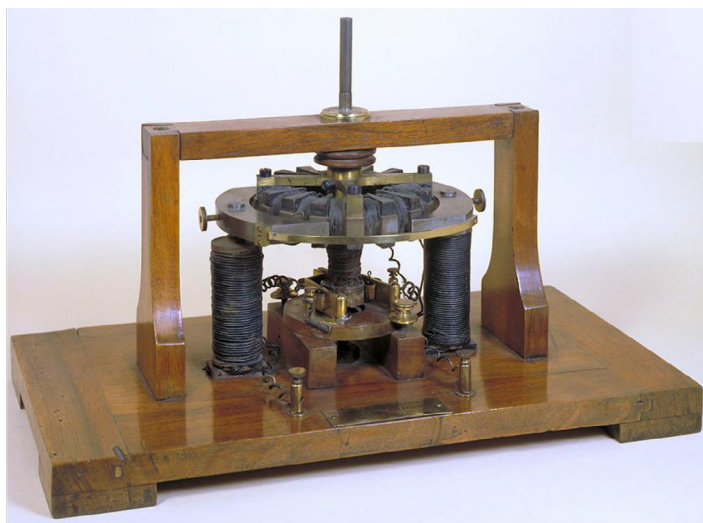


Nello stesso anno (1866) in cui Valery formalizzava la richiesta di brevetto, l'ingegnere inglese **Henry Wilde** (1833-1919) comunicò alla Royal Society di Londra la descrizione di una sua macchina "duplice" in cui la prima veniva utilizzata come eccitatrice della seconda; l'apparato, illustrato nella figura 7, era composto di una magnetoelettrica Siemens sovrapposta a una macchina analoga, ma molto più grande e avente per induttore un elettro-magnete invece che un magnete permanente. Wilde ottenne una potenza mai raggiunta fino ad allora e perciò fu incoraggiato a costruire una macchina triplice, poi usata per illuminazione di stabilimenti industriali.

Altre macchine autoeccitate furono realizzate da Wheatstone nel 1867 e dallo statunitense **Moser G. Farmer** (1820-1893) nel 1866.

Le macchine dinamo ad autoeccitazione con indotto a doppio T furono costruite da allora in poi della Siemens & Halske, quali generatori di corrente raddrizzata (che potrebbe dirsi semi-continua); la loro diffusione per trasmissioni di segnali, esploditori di mine e piccole illuminazioni fu così grande da costituire una delle prime fonti della fortuna di quella Società. L'ostacolo all'aumento di potenza era costituito proprio dal particolare tipo di indotto che, imponendo il raddrizzamento

**Figura 8** – Motore elettrico di Pacinotti (Museo storia della Scienza - Firenze).



della corrente mediante interruzione, non permetteva di arrivare a correnti intense.

Si deve all'italiano **Antonio Pacinotti** (1841-1912) la realizzazione, nel 1860, di un anello di materiale magnetico avvolto su un circuito chiuso che rappresentava la soluzione tecnica per generare corrente continua senza ricorrere ad un organo separato di commutazione.

Nella figura 8 è rappresentato il prototipo

di uno dei primi efficienti motori/generatori elettrici.

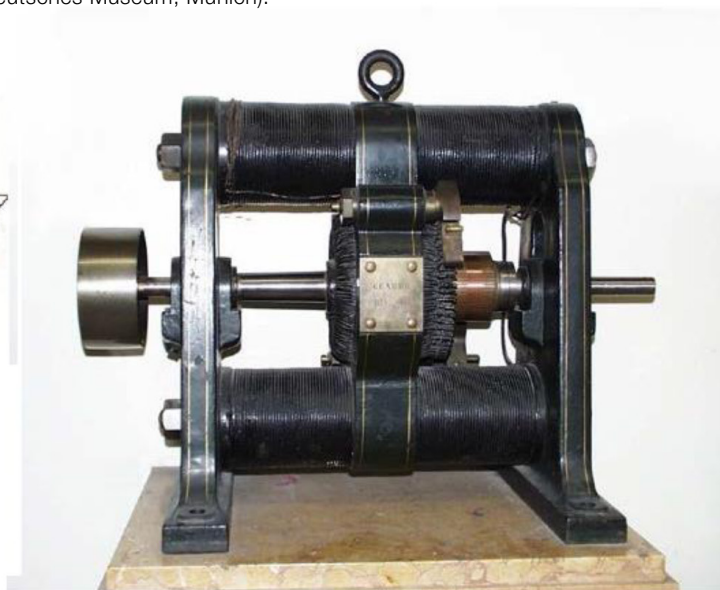
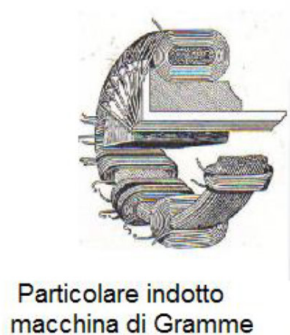
Pacinotti non brevettò il suo dispositivo che però descrisse in un articolo pubblicato nel 1864 sulla rivista *"Il Nuovo Cimento"*, organo ufficiale della Società Italiana di Fisica, *"Giornale fondato per la Fisica e la Chimica"*. Nello stesso anno si recò a Parigi per provare a vendere i diritti di costruzione alla officina Framet-Dounulin, nota per avere costruito macchine elettriche, ma non furono raggiunti accordi e la macchina non fu realizzata.

La macchina fu perfezionata e brevettata nel 1869 dal belga **Zènobe-Thèophile Gramme** (1826-1901), guarda caso capofficina della Società Framet.

Nella figura 9 è riprodotta la dinamo di Gramme e la sezione dell'anello di Gramme dalla quale si può vedere come le bobine siano avvolte su un nucleo di ferro non massiccio, costituito da fili di ferro, per evitare le correnti di Foucault.

Gramme, pur attribuendosi la paternità di un principio scoperto da altri, ebbe tuttavia il merito di riunire in una unica macchina l'anello di Pacinotti e lo schema di autoeccitazione di Siemens.

**Figura 9** – Dinamo di Gramme (Deutsches Museum, Munich).



Werner von Siemens riconobbe a Pacinotti i suoi meriti e nel 1875 gli fece attribuire, durante Expo di Vienna, la medaglia dell'esposizione.

A Pacinotti si devono anche significativi contributi sulla reversibilità della macchina in corrente continua, sulla determinazione dell'ondulazione della tensione ai morsetti in funzione del numero di lame del collettore e le geniali intuizioni sulla forma da conferire all'indotto a tamburo. Pacinotti nel 1865, studiando il campo magnetico al traferro di una dinamo, intuì quello che nel 1929 sarebbe stata nota come la "trasformata di Park", ideata dall'inventore ed ingegnere statunitense **Robert H. Park** (1902-1994), ovvero la possibilità di associare ad una terna di grandezze (come ad esempio tensione o corrente) un'altra terna, al fine di studiarne il comportamento in un differente sistema di riferimento.

### ALTRE MACCHINE ELETTRICHE

L'elettrotecnico francese **Lucien Gaulard** (1850-1888) e l'ingegnere inglese **John Dixon Gibbs** (1834-1912) nel 1880 brevettarono un sistema di distribuzione elettrica con cui una tensione alternata veniva trasmessa tramite l'interposizione di trasformatori, da loro chiamati "generatori secondari"; ma fu durante l'esposizione internazionale di Torino del 1884 che il trasformatore elettrico fu presentato ufficialmente attirando l'attenzione di **Galileo Ferraris** (1847-1897) che fu il primo ad elaborarne, su basi matematiche, il principio di funzionamento, arrivando a definirne analiticamente il comportamento nelle varie condizioni di carico e a determinare l'espressione del rendimento. Le formule fisico-matematiche elaborate da Ferraris sono ancora oggi alla base dello studio del trasformatore.

Nel 1885 Galileo Ferraris inventò il motore polifase a campo rotante. Nella Figura 10 sono riprodotte le fotografie del primo (a

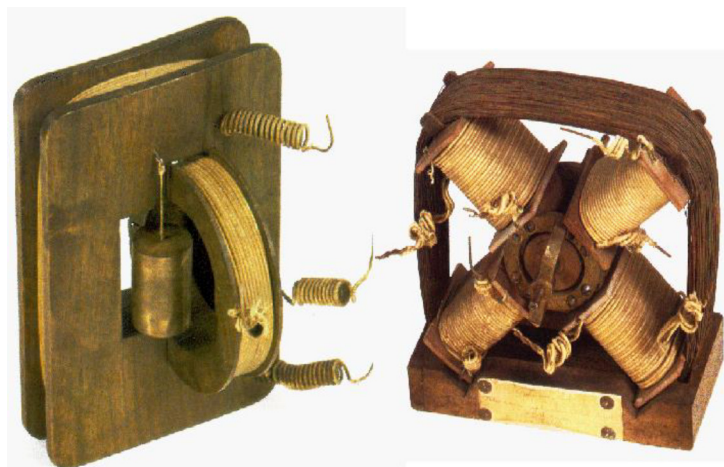
sinistra) e del quarto (a destra) prototipo da lui realizzati. Le fotografie rappresentano i modelli ricostruiti sotto la guida del Prof.

**Guido Grassi** (1851-1935) dopo che i modelli originali, fatti realizzare da Ferraris, andarono quasi completamente distrutti a causa dell'incendio avvenuto l'8 luglio 1899 durante l'Esposizione elettrica di Como.

Il motore di Ferraris aveva due induttori sfasati di  $90^\circ$  nello spazio, percorsi da correnti alternante sfasate nel tempo fra loro, in modo da trovarsi in quadratura e produrre quindi un campo magnetico rotante; un disco o cilindro centrato in questo campo veniva trascinato in moto per effetto delle correnti indotte, senza richiedere né anelli, né collettore, né spazzole, né altro collegamento con l'esterno. Pubblicò la teoria del motore asincrono nel 1888 sulla rivista "L'Elettricità" ma fu accusato di plagio da **Nikola Tesla** (1857-1943), fisico e ingegnere austro-ungarico naturalizzato statunitense, che sostenne di avere depositato nel 1887 cinque brevetti sul motore asincrono; i brevetti di Tesla furono successivamente acquistati dall'imprenditore statunitense **George Westinghouse** (1846-1914).

Al convegno internazionale di elettricità che si tenne a Chicago nell'agosto 1893 fu da tutti i partecipanti riconosciuto che la

Figura 10 – Prototipi del motore ideato da Galileo Ferraris.



scoperta del campo magnetico rotante era dovuta al genio di Galileo Ferraris.

## GENERATORI A CORRENTE ALTERNATA

Dopo le intuizioni di Nollet, gli alternatori furono utilizzati, prima del loro impiego per la distribuzione dell'energia elettrica in corrente alternata, per realizzare impianti di illuminazione.

Nel 1858 l'inglese **Federick Hale Holmes** (1830-1875) costruì un alternatore, della potenza di 1,5 kW e del peso di 2 t, per illuminare il faro di South Foreland (Figura 11).

Nel 1878 Gramme ideò un alternatore per illuminare il Grands Magasins du Louvre.

Nel 1881 Siemens realizzò un alternatore per illuminazione stradale di Gadalming (UK).

Un modello di alternatore molto perfezionato, riprodotto in figura 12, fu presentato nel

**Figura 11** – Generatore di Holmes (Science Museum – London).



**Figura 12** – Alternatore di Auguste de Méritens (Foto da "Grace's Guide to British Industrial History").



1880 dal barone francese **Auguste de Méritens** (1834-1898). Tale macchina era costituita da un indotto avente un avvolgimento distribuito in grado di fornire una sinusoide in uscita molto regolare.

## LO STUDIO DEI CIRCUITI MAGNETICI PER LA REALIZZAZIONE DELLE MACCHINE ELETTRICHE

Il miglioramento prestazionale delle macchine elettriche è andato di pari passo con il progredire delle conoscenze sui circuiti magnetici.

Il fisico statunitense **Henry Augustus Rowland** (1848-1901) nel 1873 iniziò gli studi sulla teoria dei circuiti magnetici evidenziando l'importanza della resistenza magnetica nella risoluzione degli stessi; il fisico e matematico inglese **Oliver Heaviside** (1850-1925) nel 1888 attribuì a questo parametro circuitale il nome di "riluttanza" (\*).

La teoria dei circuiti magnetici fu perfezionata

(\*). Oliver Heaviside, tra il 1885 e il 1888, coniò numerosi termini relativi all'elettromagnetismo, ancora oggi utilizzati, quali: ammettenza (reciproco dell'impedenza), elastanza (reciproco della permittività e della capacità), conduttanza (parte reale dell'ammettenza, reciproco della resistenza), elettrete (analogo elettrico del magnete), impedenza, induttanza, permeabilità, permittività, riluttanza, suscettanza (parte immaginaria dell'ammettenza, reciproco della reattanza).



dal fisico e ingegnere britannico **John Hopkinson** (1849-1898) e dall'ingegnere elettrico austro-inglese **Gisbert Kapp** (1852-1922), professore all'Università di Edimburgo.

Hopkinson riassunse i suoi studi nella pubblicazione, presentata alla Royal Society nel 1886, dal titolo "*Dinamo Electric Machine*"; lo studio conteneva gli elementi analitici di sviluppo del progetto di una dinamo.

Kapp, nel periodo tra il 1885 e 1887, pubblicò una serie di formule dimensionali di dinamo ottenute anche dalla comparazione sperimentale del campo magnetico di molte realizzazioni.

### LE LAMPADINE AD INCANDESCENZA

Alla prima esposizione di elettricità, che si tenne a Parigi tra il 15 agosto e il 15 novembre 1881, l'attenzione dei partecipanti fu monopolizzata dall'illuminazione elettrica generata mediante lampade ad incandescenza.

Nel 1860 il chimico e inventore inglese **Joseph Wilson Swan** (1828-1914) costruì la prima lampadina elettrica, che brevettò nel 1878. La lampadina a incandescenza di Swan (Figura 13) inizialmente era costituita da un filamento di platino, poi di carbonio, che attraversato dalla corrente emetteva luce ma anche fuliggine che andava a ricoprire l'interno del bulbo di vetro che così si anneriva rapidamente.

La lampadina fu migliorata l'anno seguente (1879), dall'inventore e imprenditore statunitense **Thomas Alva Edison** (1847-1931) che ne brevettò una con un filamento sottile e ad alta resistenza elettrica. Al contrario del modello di Swan, la lampadina di Edison non anneriva troppo l'interno del bulbo e dunque manteneva una luminosità costante.

Swan, partendo dalle modifiche di Edison, migliorò ulteriormente la lampadina e cominciò a commercializzarla in Inghilterra.

**Figura 13** – Riproduzioni della lampadina di Swan (Linda Hall Library – Kansas City USA).



Tra Swan e Edison nacque una disputa sulla paternità dell'invenzione; la contesa si concluse dopo anni dopo con la creazione della società Edison-Swan che divenne una delle più grandi produttrici mondiali di lampadine.

Si deve però all'inventore italiano **Alessandro Cruto** (1847-1908) la realizzazione, nel 1880, di una lampadina con filamento in grafite (Figura 14) in grado di produrre una luce bianca con una durata di circa cinquecento ore, al contrario della lampadina di Edison che produceva una fioca luce giallastra per non più di quaranta ore.

Solo nel 1910 il filamento delle lampadine

**Figura 14** – Lampadina di Alessandro Cruto.



fu realizzato in tungsteno, ad opera dell'ingegnere e inventore statunitense **William David Coolidge** (1873-1975).

### **LE CENTRALI ELETTRICHE COME APPLICAZIONE INDUSTRIALE DEI GENERATORI ELETTRICI**

Thomas Alva Edison, successivamente all'esposizione di Parigi del 1881, iniziò la distribuzione di energia elettrica da centrali elettriche per mezzo di reti di distribuzione a tensione costante, sulle quali gli utenti erano connessi in derivazione.

Le prime due centrali elettriche Edison per l'illuminazione pubblica furono quella di Appleton nel Wisconsin, che alimentava 250 lampadine, e quella di Pearl Street a New York con 4 motrici a vapore da 125 HP e 4 dinamo.

Edison aveva costruito queste centrali in modo innovativo per raggiungere la potenza, fino ad allora insuperata, di 80 kW per macchina.

Entrambi le centrali furono inaugurate nel 1882. Le particolari innovazioni di Edison furono l'armatura, del tipo a tamburo, non più avvolta con fili ma con sbarre conduttrici assicurate meccanicamente e solidamente attraverso le perforazioni del nucleo e gli induttori che erano formati con fasci di elettromagneti paralleli, sottili e lunghi.

Successivamente l'americano **Henry Augustus Rowland** (1848-1901), resosi conto che le macchine di Edison non raggiungevano la potenza desiderata, introdusse la nuova teoria sui circuiti magnetici delineate da Hopkinson e Kapp. Secondo tali dettami il sistema induttore doveva avere bassa riluttanza magnetica e quindi essere grosso e corto, anziché sottile e lungo. A seguito di queste nuove teorie Edison realizzò le sue nuove dinamo, massicce e robuste, ottenendo le stesse potenze iniziali, ma con un peso, un volume e un costo di gran lunga minori.

Nel 1890 la compagnia Edison a New

York gestiva 5 stazioni produttrici con una potenza complessiva di 3 600 kW, quasi tutta impiegata nell'illuminazione elettrica a incandescenza.

In Europa si affermarono molte case produttrici di materiale elettrico, di crescente importanza, fra cui in Germania la Siemens - Halske, la Schuckert, la Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft, la Helios; in Inghilterra la Siemens Bros, la Brush, la Crompton; in Ungheria la Ganz; in Svizzera la Oerlikon e la Thury. In particolare in Italia si ebbero tre costruttori di dinamo: la Compagnia Edison, la Tecnomasio Italiano e l'Officina Rivolta.

Dal 1883 al 1890, sotto iniziativa delle suddette case produttrici, vennero realizzati gli impianti elettrici nelle principali città europee. Il sistema a corrente continua a 110 V, adottato da Edison in America, fu poi realizzato nella maggior parte delle città europee quali Berlino, Colonia, Amburgo, Hannover, Elberfeld, in alcuni distretti di Londra, Parigi, Napoli, ecc. In molti di questi impianti si installarono i primi dispositivi regolarizzatori ed egualizzatori del carico, ovvero le batterie di accumulatori

La prima centrale elettrica in Italia si deve all'iniziativa dell'ingegnere **Giuseppe Colombo** (1836-1921), politico ed accademico presso il Politecnico di Milano che, recatosi a New York nell'agosto del 1882 per assistere all'inaugurazione della centrale costruita da Edison nel distretto di Manhattan, per conto del "*Comitato Promotore per l'applicazione dell'energia elettrica in Italia*" avviò trattative con Edison per ottenere l'esclusiva del sistema per l'Italia ed insieme ad Edison in persona definì il progetto di una centrale molto simile a quella americana.

La centrale, che è stata la prima centrale termoelettrica italiana e la prima dell'Europa continentale, fu costruita a Milano in via Santa Radegonda, nei pressi del Duomo, negli spazi dell'ex omonimo teatro ormai in

disuso da anni, e inaugurata il 28 giugno del 1883. Nella centrale erano installate caldaie a carbone, macchine a vapore e dinamo per una potenza complessiva di 350 kW. L'energia prodotta era sufficiente per accendere 4800 lampadine ad incandescenza da 16 cd alla tensione di  $100 \div 110$  V. Nello stesso anno seguì la costruzione di una seconda centrale a Roma. Nel 1898 erano in esercizio in Italia ben 1864 generatori di fabbricazione italiana contro i 176 generatori provenienti dall'estero, ma questi ultimi avevano una potenza complessiva di 66420 kW, contro i 20150 kW dei generatori nazionali, dimostrando che le macchine di fabbricazione straniera erano di gran lunga più potenti di quelle italiane. Nel decennio 1898-1908 i generatori elettrici italiani attivati furono 2624, per una potenza complessiva di 130805 kW, a fronte di una potenza complessiva di 305128 kW prodotta da 3329 macchine di provenienza estera. In particolare le macchine tedesche godevano di una rispondenza alle Norme VDI e solo dopo la grande guerra si iniziò un processo di Normazione Nazionale da parte dell'AEI.

### LA TRASMISSIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA A DISTANZA

Nel 1887 l'imprenditore francese **Hyppolite Fontaine** (1883-1910) dette una dimostrazione di trasmissione di energia

(forza motrice) a distanza all'esposizione di Vienna.

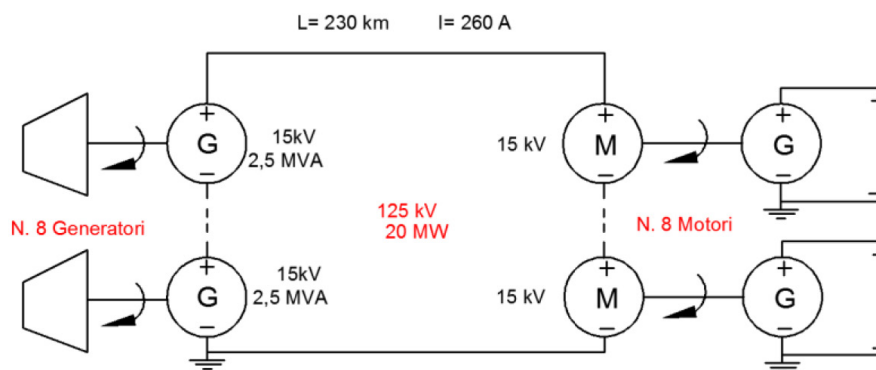
L'ingegnere elettrotecnico francese **Marcel Deprez** (1843-1918), dopo aver condotto numerosi esperimenti per la trasmissione di elettrica su lunghe distanze, nel 1882, in occasione dell'Esposizione dell'elettricità, organizzata da **Oskar von Miller** (1855-1934) nel Glaspalast di Monaco di Baviera, riuscì a trasmettere 1,5 kW, in corrente continua a 2 kV, con un rendimento del 50% coprendo la distanza di circa 57 km tra Miesbach e Monaco di Baviera.

Nel 1886 Deprez eseguì la trasmissione di 45 kW, in corrente continua a 6 kV, tra Parigi e Creil su una linea lunga 60 km.

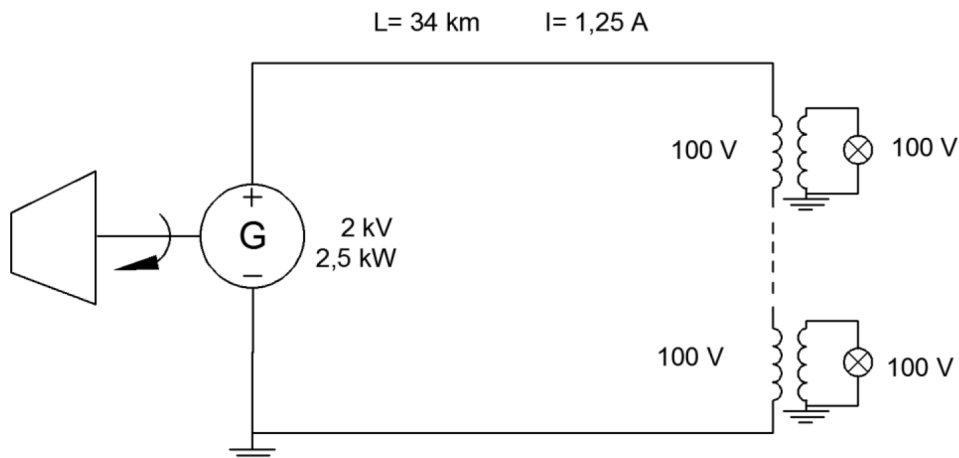
La Società Thury, fondata dall'ingegnere svizzero **Renè Thury** (1860-1938) (ricordato come "*The king of D.C.*" per le sue realizzazioni di trasmissioni in corrente continua ad alta tensione), mise a punto diversi sistemi di trasmissione dell'energia in corrente continua studiando dinamo a tensione elevata. Tra i sistemi Thury, che furono realizzati in diversi siti, si ricordano quelli del:

- 1885 a Boringen (CH): sistema a 500 V, 30 kW;
- 1889 a Genova, per l'acquedotto Ferrari-Gallera: sistema a 14 kV, 630 kW, 120 km;
- 1906 linea Lyon-Moutiers: sistema a 125

**Figura 15** – Schema di principio del sistema Thury per la linea Lyon-Moutiers del 1906 - (Prof. Massimo Guarnieri).



**Figura 16** – Schema di principio del sistema Gaulard per la linea Lanzo/Torino (Prof. Massimo Guarnieri).



kV, 20 MW, 200 km, con 8 dinamo in serie, del quale nella figura 15 è riprodotto lo schema di principio.

Il principale limite del sistema Thury era costituito dalla maggiore possibilità di interruzioni dovute alla distribuzione in serie. Il problema della trasmissione di energia elettrica ebbe una svolta decisiva quando l'inventore francese **Lucien Gaulard** (1850-1888) e l'ingegnere e finanziere britannico **John Dixon Gibbs** (1834-1912) inventarono il "trasformatore", che all'epoca, non essendo ancora stato coniato il termine, veniva indicato come "*generatore secondario*", che fu mostrato per la prima volta a Londra nel 1881. L'invenzione fu presentata anche a Torino nel 1884 dove fu adottata per un impianto di illuminazione sperimentale alimentato con una sorgente di energia, costituita da un alternatore Siemens con tensione di 2 kV e frequenza di 130 Hz, posta nella centrale di Lanzo Torinese a 34 km di distanza (Figura 16). Negli anni successivi, quando si sviluppò lo sfruttamento delle cadute d'acqua per la produzione di energia elettrica, assunse un ruolo fondamentale la tecnica per la sua trasmissione a distanza che con

il tempo divenne un ramo ben definito dell'elettrotecnica.

Tra la fine dell'ottocento e l'inizio del novecento negli Stati Uniti d'America si verificò una guerra mediatica, che fu definita la "*guerra delle correnti*", che vide contrapposti, da una parte, Thomas Alva Edison che sosteneva l'esclusivo uso della corrente continua nella distribuzione di energia elettrica, dall'altra Nikola Tesla e George Westinghouse che sostenevano, invece, le maggiori peculiarità della corrente alternata, in quanto l'aumento della tensione in partenza, tramite trasformatori, comportava, a parità di potenza trasmessa, minori perdite.

Alla fine si impose la corrente alternata per la sua grande versatilità. La sua vittoria fu sancita nel 1892 dalla nascita della General Electric Company, dalla fusione della Edison Electric Light Company con la Thomson-Houston Electric Company, l'una operante nel campo della corrente continua e l'altra nel campo della corrente alternata, che punterà proprio sulla corrente alternata.

Nel 1893 Westinghouse vinse l'appalto per la costruzione di una centrale idroelettrica presso le cascate del Niagara; questa, che inizialmente fu realizzata con sistema bifase

con una potenza di 2,5 MW, in seguito fu dotata di un sistema trifase e potenziata fino a produrre circa un quinto di tutta la potenza elettrica degli Stati Uniti.

### **ANCHE IN EUROPA FURONO REALIZZATI IMPORTANTI IMPIANTI IN CORRENTE ALTERNATA.**

Nel 1887 **Sebastian Ziani de Ferranti** (1864-1930), inventore e ingegnere elettrico inglese, installa nella centrale di Deptford quattro generatori, per la potenza di 1 000 kW, con la tensione di 10 kV e la frequenza di 85 Hz, con la quale veniva alimentata la città di Londra tramite una linea monofase di 11 km realizzata in cavi.

Nel 1892, la prima realizzazione dell'Europa continentale fu la linea di trasmissione trifase con potenza di 240 KW, alla tensione di 15 kV che, con una lunghezza di 175 km, collegava la centrale delle cascate di Lauffen sul Neckar a Francoforte.

In Italia la prima linea in corrente alternata fu realizzata nel 1892 per collegare la centrale idroelettrica di Tivoli con Roma; la linea, con la tensione di 5,1 KV, era lunga 25 km ed era realizzata con quattro conduttori dei rame di sezione pari a 104 mm<sup>2</sup>.

Nel 1898 entrò in funzione la prima grande linea di trasmissione trifase in Italia che collegava, alla tensione di 13,5 kV, la centrale di Paderno a Milano.

Il progetto iniziale fu elaborato dal progettista e imprenditore inglese naturalizzato svizzero **Charles Brown** (1863-1924), fondatore della Società "*Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik*" [e

successivamente della Brown, Boveri & Cie (ABB)] che realizzò i generatori. Il progetto fu esaminato da Galileo Ferraris che, con alcuni suggerimenti, lo approvò nel dicembre del 1894.

Il compito di studiare i dettagli del progetto venne affidato al giovane ingegnere **Guido Semenza** (1868-1929) assunto dalla Edison nel 1895, l'anno successivo alla laurea. Affrontò tutti le problematiche di stabilità meccanica della linea, isolamento e protezione dalle scariche atmosferiche adottando le conoscenze e le soluzioni tecniche del tempo <sup>(2)</sup>.

Nel giro di pochi anni, grazie ai continui progressi tecnici, furono realizzate linee di trasmissione alla tensione di 20 kV e 25 kV e tra il 1910 e 1914 si raggiunsero le tensioni di 80 kV e 100 kV.

### **LA TRAZIONE ELETTRICA**

Un'altro importante settore dell'industria elettrotecnica, che mosse i primi passi nel decennio 1880-1890 e che in seguito acquistò sempre maggiore importanza, è stata la trazione elettrica.

La prima realizzazione di trazione elettrica al mondo fu la minuscola ferrovia sperimentale Siemens & Halske, alimentata alla tensione continua di 150 V, con le rotaie che fungevano da conduttori, che funzionò per quattro mesi durante l'Esposizione di Berlino del 1879.

Seguirono altre tre ferrovie consimili: quella di B. Egger all'Esposizione di Vienna del 1880, quella di Edison a Menlo Park nello stesso anno e un'altra di Siemens & Halske

---

(2) Tutte le problematiche per la costruzione della linea furono affrontate dall'ing. Semenza con un approccio fortemente pragmatico non supportato da studi rigorosi.

I problemi di stabilità meccanica della linea furono risolti adottando, per la prima volta in Europa, solo pali di ferro.

Per gli isolatori, pur essendo disponibili, agli inizi degli anni novanta dell'ottocento, il tipo americano, a campana allargata con nucleo centrale di vetro o di porcellana dura, e quello ad ombrello multiplo, completamente di porcellana, l'ing. Semenza disegnò una variante del tipo a ombrello, che poi fu denominata tipo "Paderno". Poiché non ci fu nessuno studio per giustificare la scelta, essendo prevista una linea doppia, al fine di garantire la continuità di servizio, si decise di adottare il tipo americano su una linea e il tipo "Paderno" sull'altra.

Per la soluzione del problema della protezione della linea dai fulmini, l'ing. Semenza, incerto tra i due sistemi maggiormente in uso, quello fondato sullo scaricatore Wurtz e quello che impiegava lo scaricatore Wirt, decise di provarli entrambi, l'uno su una linea, l'altro sull'altra.

(R. Maiocchi Il contributo italiano alla storia del Pensiero)

all'Esposizione di Parigi del 1881. Nello stesso anno entrò in funzione permanente a Gross-Lichterfelde presso Berlino, una ferrovia equipaggiata da Siemens & Halske con lo stesso sistema delle precedenti temporanee. Nel 1883 da una ferrovia simile fu realizzata, opera di dell'ingegnere britannico **Magnus Volk** (1851-1937), a Portrush nell'Irlanda del Nord.

L'impiego delle rotaie come conduttori obbligava a isolare le ruote degli assi e impediva di avere forti carichi e l'uso di tensioni elevate.

Si ovviò al problema con locomotiva elettrica The Judge, costruita da Edison nel 1883; questa locomotiva armata con motore Weston eccitato in derivazione, prendeva corrente da una terza rotaia, col ritorno di corrente per le rotaie ordinarie, e rimorchiava una vettura con 16 passeggeri. Lo stesso sistema di alimentazione fu applicato alla locomotiva Ampère, riprodotta nella figura 17, costruita dal professore inglese e pioniere degli azionamenti ferroviari **Leo Daft** (1843-1922) e mantenuta in servizio dal 1883 al 1889 su due linee locali negli Stati Uniti.

La prima linea con alimentazione da condotta aerea fu realizzata da Siemens

& Halske a Mödling, presso Vienna, con tensione di 300 V. Altra linea equipaggiata con lo stesso sistema di presa fu quella costruita dalla medesima casa tra Francoforte e Offenbach, inaugurata nel 1883. La casa consorella, Siemens Bros di Londra, inaugurò una linea a terza rotaia, a 250 V, a Portrush nell'Irlanda del Nord. Queste tre tranvie, poste in esercizio fra il 1883 e il 1884, funzionarono regolarmente. Intanto Leo Daft in America sperimentava un tipo di condotta sotterranea, e la casa Bentley-Knight ne faceva un'applicazione sperimentale a una tranvia di Cleveland nel 1884.

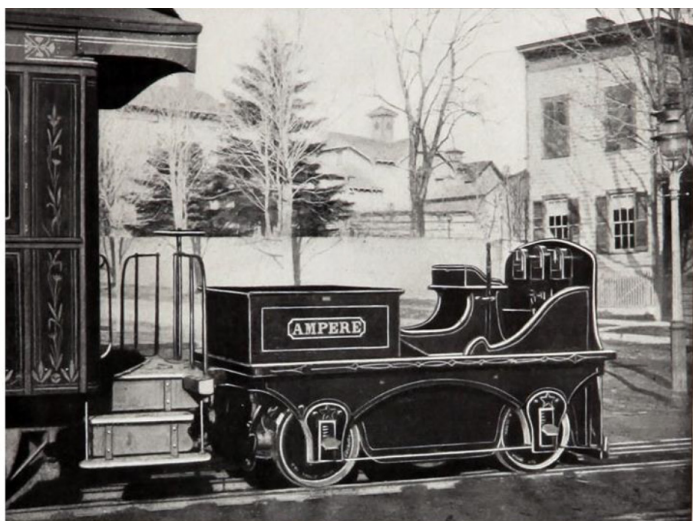
Altri inventori, in Europa e in America, tentavano senza successo la trazione ad accumulatori.

Gradualmente divenne evidente che la terza rotaia poteva incontrare successo definitivo solo nelle ferrovie in sede propria e non nelle tranvie, e che la condotta sotterranea era un sistema molto costoso, da riservare alle linee interne delle principali metropoli.

Vari sistemi di tranvie a condotta aerea, con presa a carrello superiore, furono sperimentati a Toronto (Canada) e in varie città degli Stati Uniti. Finalmente per opera dell'ingegnere Belga, trapiantato in America, **Charles Joseher Van der Poele** (1846-1892) e di altri tecnici americani, fu adottata la presa a rotella (trolley).

Al tempo stesso fu riconosciuto che l'unico motore adatto per la trazione tramviaria era il "quadripolare a carcassa chiusa con eccitazione in serie", con spazzole in carbone, dotato di riduzione di velocità 1:5 eseguita per mezzo di rocchetto e ruota dentata senza altra trasmissione. Questi dettami tecnici furono accettati nel 1888, data significativa dello sviluppo della trazione elettrica industriale. Nell'anno successivo una significativa variante al sistema d'equipaggiamento americano fu realizzata dalla Siemens & Halske con la presa di corrente ad archetto strisciante e

**Figura 17** – Locomotiva Ampère.



con la frenatura elettrica ottenuta chiudendo il circuito dei motori su resistenze, facendoli funzionare come generatori. In quei due anni parecchi impianti di linee tranviarie, con materiale ben collaudato e prodotto commercialmente, furono realizzati in America e in Europa. Nel 1890 la City & South London Railway fu la prima ferrovia metropolitana a trazione elettrica con locomotive. In Italia 1898 il ministro dei Lavori Pubblici, l'imprenditore e politico **Giulio Prinetti** (1851-1908), istituì una commissione tecnica "*Commissione Nicoli-Grismayer*" per approfondire il tema della trazione elettrica.

Fu successivamente dato l'incarico alle due maggiori compagnie ferroviarie dell'epoca, la "*Società Italiana per le Strade Ferrate del Mediterraneo*" e la "*Società italiana per le strade ferrate meridionali*", di eseguire studi per definire il tipo di sistema più adatto.

I primi esperimenti furono quelli con automotrici ad accumulatori (1899-1904) sulla linea Milano-Monza e sulla Bologna-San Felice e quelli a corrente continua a 650 V sulla linea Milano-Varese.

Gli esperimenti, anche se incoraggianti, comportavano però velocità e potenza modeste e autonomia insufficiente per le esigenze del servizio ferroviario. Sulle stesse linee, nel 1902 iniziarono gli esperimenti di captazione dell'energia elettrica attraverso la linea aerea in trifase a 3 000 V e 15 Hz, utilizzando appositi locomotori del tipo RA 34 (poi E.430 delle F.S.), che sviluppavano la potenza di circa 800 CV (circa 600 kW).

Nel 1905 nascevano le "*Ferrovie dello Stato*" e la "*Società Italiana per le strade ferrate italiane del Mediterraneo*" fu espropriata delle proprie reti. Nel 1915 la nuova società acquisì concessioni per la ferrovia Terni-Perugia-Umbertide e per la rete, ancora tutta da costruire, delle "*Ferrovie Calabro Lucane*". In seguito furono costituite le società collegate "*Mediterranea Calabro Lucane*" (MCL) e "*Mediterranea*

*Centrale Umbra*" (MCU) poi divenuta nel 1959 "*Mediterraneo Umbro Aretine*" (MUA). Nel 1907 la "*Mediterranea*" rilevò dalla "*Société générale de Belgique*" le "*Ferrovie Nord Milano*".

Le "*Ferrovie dello Stato*" iniziarono esperimenti di trazione a corrente continua a 3 000 V sulla linea Benevento-Foggia ottenendo brillanti risultati, soprattutto grazie ai raddrizzatori a vapori di mercurio installati nella stazione di Apice.

## I PRIMI ELETTRODOMESTICI

Accanto alle grandi opere elettriche, che hanno contribuito allo sviluppo delle comunicazioni, dei trasporti ed alla generazione e distribuzione dell'energia elettrica nelle fabbriche e nelle abitazioni, per l'illuminazione e il movimento delle macchine operatrici, vanno senz'altro ricordate le invenzioni degli elettrodomestici che tanto hanno concorso al miglioramento della vita umana.

Molti apparecchi ed utensili di uso quotidiano che per il loro funzionamento necessitavano di energia termica, variamente prodotta, o energia fisica umana o animale, negli decenni a cavallo del 1900 furono elettrificati, dotandoli di resistenze elettriche (ferri da stiro, forni, bollitori, ecc.) o di motori elettrici (frullatori, lavatrici, aspirapolvere, ecc.), dando così origine alla produzione di quelli che oggi sono definiti "*elettrodomestici*".

## IL FERRO DA STIRO

Il ferro da stiro elettrico "*electric flat iron*" fu inventato dal newyorkese **Henry W. Seeley** e brevettato il 6 giugno 1888; pesava circa 6,8 kg, e richiedeva tempi molto lunghi per il raggiungimento della giusta temperatura di utilizzo. Grazie ai successivi perfezionamenti arrivò a pesare non più di 2 kg. Nella figura 18, in primo piano, è visibile un esemplare da sartoria, del peso di 4,6 kg, degli anni venti del novecento.

**Figura 18** – Ferri da stiro elettrici (collezione privata ing. Festa – Sumirago).



### IL FORNO ELETTRICO E IL TOSTAPANE

La realizzazione del primo forno elettrico risale al 1882 e la sua invenzione è attribuita, da alcuni storici, all'uomo d'affari e inventore canadese **Thomas Ahearn** (1855 -1938) che, assieme al suo socio in affari Warren Y. Soper, era il proprietario della "*Chaudiere Electric Light and Power Company*" di Ottawa. Tuttavia, il forno Ahearn fu messo in servizio solo nel 1892, nel Windsor Hotel di Ottawa.

La "*Carpenter Electric Heating Manufacturing Company*" inventò un forno elettrico nel 1891; un suo esemplare fu esposto all'Esposizione Universale di Chicago del 1893.

Il 30 giugno 1896 l'inventore statunitense **William Hadaway** ottenne il primo brevetto per un forno elettrico e nel 1910 contribuì a progettare il primo tostapane realizzato dalla Westinghouse Electric Company, nel quale le fette di pane venivano disposte orizzontalmente.

### LA LAVATRICE ELETTRICA

La prima "*macchina per lavare*" nacque nel 1767 da un'idea di Jacob Christian Schäffern, teologo di Ratisbona in

Germania; essa era costituita da una prima rudimentale centrifuga da azionare a mano. Il primo prototipo di lavatrice elettrica fu costruito nel 1901 dall'ingegnere statunitense **Alva John Fisher** (1862-1947), che lavorava per la "*Hurley Electric Equipment Company*" di Chicago che nel 1907 lanciò sul mercato la prima lavatrice, modello "*Thor*" (Figura 19 a), basata proprio sul prototipo di Fisher che ottenne il brevetto nel 1910 (Figura 19 b).

La macchina aveva un tamburo mosso da un motore elettrico che nei primi modelli non era impermeabile per cui si verificavano frequenti cortocircuiti e pertanto era considerata potenzialmente pericolosa; inoltre la macchina non era in grado di smuovere la biancheria nel cestello.

### L'ASPIRAPOLVERE ELETTRICO

Un primo apparecchio per la pulizia dei pavimenti fu ideato dall'americano **Daniel Hess** nel 1860. Il prototipo di Hess era caratterizzato da spazzole rotanti che strofinando contro un tappeto sollevavano la polvere dalla trama e la catturavano, grazie a dei mantici, all'interno di un sacco asportabile.

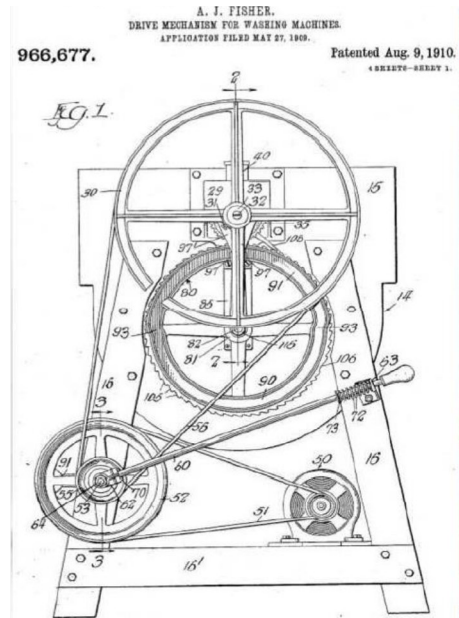
L'inventore dell'aspirapolvere è però considerato **Ives W. McGaffey** che sviluppò il dispositivo in uno scantinato di Chicago dal 1865 al 1868 ottenendone il brevetto il 5 giugno 1869. Con l'aiuto dell'"American Carpet Cleaning Co" commercializzò, tra Boston e Chicago, l'apparecchio con il nome di "*Whirlwind*" (vortice). L'aspirapolvere di McGaffey era realizzato in legno e tela ed impiegava una ventola che, azionata tramite una manovella, girava a grande velocità intorno alla bocchetta provocando il risucchio della polvere.

Il primo aspiratore portatile con un motore elettrico, utilizzabile per uso domestico, fu ideato dal bidello inventore americano **James Murray Spangler** (1848-1915) nel 1907. Spangler brevettò l'invenzione nel





(a)



(b)

**Figura 19** – Macchina lavatrice di Fisher (National museum of American History - Washington D.C.).

1908, ma non disponendo dei capitali per la produzione commerciale della sua idea cedette il brevetto all'imprenditore **William Henry Hoover** (1849-1932), fondatore dell'omonima società di elettrodomestici.

Nella figura 20 è rappresentato il primo modello Hoover del 1908, prodotto con il brevetto di Spangler. Questo apparecchio era dotato di una ventola per produrre il vuoto e spingere l'aria in un sacchetto filtrante in tessuto per la raccolta della polvere, anelli sul fondo dell'unità per evitare che il tappeto fosse tirato nella ventola e spazzole azionate dallo stesso motore del ventilatore.

Nel tempo l'apparecchio subì diverse modifiche e miglioramenti che ne resero sempre più pratico ed efficiente l'utilizzo. Nella figura 21, che mostra una foto pubblicitaria, sono messi a confronto i modelli del 1908 e del 1918 per sottolineare i notevoli progressi raggiunti in 10 anni dalla Hoover Company.

**Figura 20** – Aspirapolvere Hoover 1908 (National museum of American History - Washington D.C.).



## IL FRIGORIFERO ELETTRICO

A partire dal 1748 diversi studiosi (William Cullen dell' Università di Glasgow, Oliver Evans e Jacob Perkins che fu il primo ad utilizzare un gas tramite un compressore a ciclo chiuso) condussero studi sulla refrigerazione, ma la paternità del frigorifero viene attribuita allo scienziato ed inventore americano **John Gorrie** (1803-1855) che, sulla base degli studi precedenti, ideò una macchina capace di generare il freddo per la quale ottenne il brevetto nel 1851. Gorrie non riuscì però a commercializzare la sua invenzione in quanto i possibili finanziatori erano scoraggiati dai difetti di funzionamento che presentava.

Successivamente molti si dedicarono al perfezionamento dell'idea di Gorrie, stimolati anche dalla rivoluzione industriale e dall'intensificazione degli scambi commerciali tra i continenti e dei consumi dei privati, ma bisogna arrivare al 1876

per avere la prima vera realizzazione del dispositivo a cura del fisico francese **J. Tellier** che provvide ad installarlo direttamente su un piroscampo per effettuare il trasporto in Francia di carne macellata in Argentina.

Nei primi decenni del 1900 negli Stati Uniti d'America vennero prodotti in serie i primi frigoriferi domestici funzionanti ad elettricità accessibili alle famiglie <sup>(3)</sup>.

Il primo frigorifero elettrico di tipo domestico fu il "*Domelre*" (domestic electric refrigerator) fabbricato a Chicago nel 1913; esso era composto da un modulo del freddo sormontato da un contenitore del ghiaccio, ma a causa del suo costo elevato non ebbe molto successo.

Nel 1916 l'americana "*Guardian Refrigerator Company*" iniziò la produzione di frigoriferi domestici con il marchio "*Frigidaire*"; il prodotto ebbe grandissimo successo, tant'è vero che ben presto, nel linguaggio comune,

**Figura 21** – Aspirapolveri Hoover: 10 anni di progresso.



<sup>(3)</sup> In Italia la diffusione del frigorifero iniziò negli anni cinquanta del novecento.

“*Frigidaire*” diventò sinonimo di frigorifero. Sull’onda del successo del “*Frigidaire*” altre aziende iniziarono la produzione di frigoriferi domestici. Nel 1927 la “*General Electric Company*”, per far fronte alle richieste del mercato, produsse un modello in oltre un milione di unità (Figura 22).

### I PRIMI CORSI DI INGEGNERIA ELETTROTECNICA IN ITALIA

Mentre negli altri paesi già dal 1880 si inauguravano corsi di laurea in ingegneria elettrotecnica l’Italia rimase priva di un proprio corso di specializzazione fino a quando, nel 1887 l’industriale **Carlo Erba** (1811-1888) fece una donazione di 400 000 lire al Politecnico di Milano che, dall’anno accademico 1887-1888 iniziò il cammino della specializzazione in elettrotecnica, ammettendo gli allievi dell’ultimo anno a seguire un corso annuale sulle dinamo, tenuto dal Prof. **Rinaldo Ferrini** (1831-1908), e un corso di misure elettriche, tenuto dal Prof. **Luigi Zunini** (1856-1938) che fu anche Rettore del Politecnico di Milano dal 1922 al 1926.

Nel 1888 fu istituzionalizzato il corso di elettrotecnica, tenuto da Galileo Ferraris

**Figura 22** – Frigorifero General Electric - 1927.



presso il Museo Industriale di Torino che, nel 1906 a seguito della sua fusione con la “*Scuola di Applicazione Ingegneri*” diventò l’attuale Politecnico di Torino; così Torino si affiancò a Milano nella formazione di ingegneri elettrotecnici.

Successivamente nacque il “*Laboratorio Elettrico*” della Marina Militare Italiana, con sede a La Spezia, il cui primo direttore fu il Prof. **Luigi Pasqualini** (1859-1943), che nel 1884 ideò un dispositivo per eseguire le prove sui motori elettrici.

A Milano, Torino e La Spezia si formarono, in quel periodo, pressoché tutti gli elettrotecnici che costituiscono il personale tecnico e amministrativo dell’industria elettrotecnica italiana.

### I PRIMI TESTI ITALIANI DI ELETTROTECNICA

Verso la fine del XIX secolo iniziò una discreta produzione di libri italiani sui temi dell’elettrotecnica tra i quali spiccarono due trattati, dedicati a operai e tecnici, che ebbero un apprezzabile successo editoriale: “*Il montatore elettricista*” di **Edoardo Barni**; “*Impianti di illuminazione elettrica*” di **Emilio Piazzoli**, pubblicato nel 1893 e il “*Manuale dell’elettricista*” di **Rinaldo Ferrini** e **Giuseppe Colombo** pubblicato nel 1893. L’ingegner **Giuseppe Sartori** (1868-1937) nel 1894 pubblicò il testo “*Trasmissione elettrica del lavoro meccanico*” dedicato al tema della trasmissione dell’energia; il libro era comunque un trattato, quasi completo, di elettrotecnica che, mantenendo un livello espositivo elevato, affrontava anche il tema delle macchine generatrici, quello delle macchine utilizzatrici e dei sistemi di distribuzione; nel testo si faceva ampio e sistematico uso dell’analisi matematica. Altri volumi destinati agli studi di livello universitario di quel periodo pionieristico sono quelli a firma di docenti universitari come **Giulio Tolomei** e **Gaetano Vassalli** e del Prof. **Moise Ascoli** (1857-1921)

che nel 1912 pubblicò il “*Trattato generale dell’arte dell’ingegnere - Elettrotecnica*”, la cui copertina è riprodotta nella figura 23.

Il Prof. Guido Grassi, quando sostituì Galileo Ferraris alla guida dell’Istituto da lui diretto fino alla sua morte, istituì la prima cattedra italiana di Costruzioni Elettromeccaniche presso il Politecnico di Torino, affidando l’insegnamento al Prof. **E. Morelli**. Al Prof. Grassi si deve anche la stesura del primo manuale italiano di livello universitario relativo alle macchine elettriche dal titolo “*Corso di Elettrotecnica*” formato da due volumi pubblicati rispettivamente nel 1904 e 1906.

Il Prof. Grassi in un altro testo del 1907, “*Principi scientifici dell’elettrotecnica*”, trattò lo studio delle correnti alternate affrontandolo sia con il calcolo vettoriale che con il metodo simbolico, sviluppato dallo scienziato tedesco naturalizzato americano **Charles Proteus Steinmetz** (1865-1923) nel suo trattato del 1897 “*Theory and Calculation of Alternating Electric Phenomena*”.

Seguirono altre pubblicazioni maggiormente mirate al tema delle costruzioni elettromeccaniche come quello pubblicato nel 1909 da **Giulio Pardini** “*La pratica di*

**Figura 23** – Moise Ascoli “*Trattato generale dell’arte dell’ingegnere - Elettrotecnica*” - Vallardi Editore 1912.



*costruzioni elettromeccaniche*” ed i due volumi del Prof. E. Morelli del 1912 dal titolo “*Costruzioni elettromeccaniche*”, la cui copertina è riprodotta nella figura 24, a cui si aggiunse un terzo volume “*Applicazioni elettromeccaniche- Sezione 1a. Accessori*

**Figura 24** – Ettore Morelli “*Costruzioni Elettromeccaniche*” – UTET Torino edizioni del 1912, 1919 (in tre volumi) e 1927.



*elettrici e meccanici". Il Prof. Morelli nei suoi testi si proponeva di sviluppare "... quanto all'ingegnere costruttore elettromeccanico occorre fare effettivamente nell'ufficio Progetti dell'officina .."; i trattati con un livello teorico, anche se non paragonabile a quello dei maggiori manuali tedeschi, sono universalmente riconosciuti come la prima opera completa di costruzioni elettromeccaniche in italiano.*

### **LE PRIME RIVISTE DI SETTORE IN ITALIA**

La prima rivista periodica sui temi elettrici è stata "*L'elettricista*" pubblicata mensilmente dal 1876 sotto la direzione dell'editorialista, studioso e traduttore **Lamberto Cappanera**. La rivista si rivolgeva ad un pubblico ristretto e due anni dopo, nel 1879, per necessità editoriali, cambiò sia il nome in "*La natura*" e sia il programma editoriale allargandolo a tutte le scienze fisiche e naturali.

Nel 1911 fu pubblicata la rivista "*L'industria elettrica*", nuova rivista specializzata e bollettino ufficiale dell'Associazione fra esercenti di imprese elettriche, dedicata, prevalentemente, ai temi giuridici ed economici, ma non erano trascurati gli aspetti tecnici e scientifici.

### **LA PRIMA ASSOCIAZIONI DEGLI ELETTROTECNICI**

Nel 1888 fu fondata da **Francesco Grassi** la prima associazione italiana sui temi elettrotecnici dal nome "*Società Italiana di elettrotecnica*" che però si sciolse cinque anni dopo.

### **L'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA**

La decisione di fondare un'associazione tra tutti coloro che in Italia si occupavano, in varie forme, di elettrotecnica fu presa il 7 agosto 1896 in una riunione di partecipanti al Congresso internazionale di elettricità di

Ginevra. Durante questa riunione fu istituita una commissione, formata da esponenti dell'università, dell'industria e degli studi professionali, incaricata di studiare uno statuto. Nella commissione si manifestarono due tendenze: una, capeggiata da **Raffaele Pinna**, che era a favore di un tipo di associazione unica con sede stabile, l'altra, sostenuta dall'ing. **Alessandro Panzarasa**, che fu anche il primo segretario dell'AEI, che propendeva per un'associazione formata da più sezioni autonome. Fu scelta la proposta di Panzarasa, che prevedeva un consiglio generale eletto dalle sezioni e guidato da un presidente generale rinnovabile ogni tre anni, con una sede itinerante di triennio in triennio al seguito del presidente. Lo statuto fu votato a Milano il 27 dicembre 1896 in un'assemblea generale in cui intervennero oltre centoventi persone. Il numero elevato dei partecipanti dimostra quanto fossero cresciute le forze tecniche, culturali e industriali connesse con il campo delle applicazioni elettriche e quanto fosse sentita l'esigenza di un organismo che potesse armonizzarle e coordinarle.

Nel 1897 nacque l' "*Associazione Elettrotecnica Italiana*", AEI, che iniziò la sua attività associativa con riunioni annuali e la pubblicazione dei lavori negli "*Atti*". Il primo presidente fu il Prof. Galileo Ferraris a cui, a seguito della scomparsa, subentrò nella carica il Prof. ing. Giuseppe Colombo.

L' AEI, attraversò un periodo di difficoltà, con un significativo calo degli iscritti, quando, nel 1906, il Presidente, l'ingegnere biellese **Emanuele Jona**, volle modificare lo statuto facendo diventare Milano la sede centrale permanente, invece di mantenere una sede itinerante di triennio in triennio. L'iniziativa fu considerata, in particolare dagli iscritti del sud Italia, un colpo di mano dei milanesi. L'idea di Jona fu comunque realizzata, l'associazione si riformò e nel 1911 organizzò a Torino un importante Congresso Internazionale delle applicazioni elettriche

che segnò la definitiva consacrazione dell'Italia in campo internazionale quale membro, sia pure non di primissimo rango, del gruppo di Paesi più avanzati.

Con Regio Decreto del 1910 l'AEI ricevette il riconoscimento di "Ente Morale" con lo scopo, come indicato nello statuto, di "incoraggiare e divulgare in Italia lo studio dell'elettrotecnica e di contribuire al suo sviluppo; di stabilire e mantenere fra gli elettrotecnici italiani relazioni amichevoli e continue; di facilitare loro la conoscenza dei lavori di ogni genere, invenzioni, scoperte, esperienze che si facessero anche all'estero".

L'AEI il 5 febbraio 1914 iniziò la pubblicazione della rivista "L'Elettrotecnica" della quale in figura 25 è riprodotta la copertina del primo numero.

Il principale fautore della fondazione del periodico, che inizialmente era chiamato "L'Elettrotecnica. Giornale e atti dell'A.E.I.",

**Figura 25** – Copertina del primo numero della rivista "L'Elettrotecnica" (dalla pubblicazione "120 anni della AEI").



destinato a diventare la più autorevole rivista scientifica del settore in Italia, fu **Ferdinando Levi** (1869-1947), professore al Politecnico di Milano, che fu anche Presidente dell'AEI e membro del Consiglio Superiore dei lavori pubblici.

Il primo redattore capo dell' "L'Elettrotecnica" è stato il Prof. **Angelo Barbagellata** (1875-1960), insigne docente del Politecnico di Milano.

Nel 1909, sotto la presidenza dell'AEI, fu fondato il CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano, che diventò autonomo nel 1917, con proprio statuto e Presidente.

## VERSO LA GRANDE GUERRA

Il decennio che precedette la prima Guerra Mondiale fu un periodo di grande espansione produttiva e di costante ampliamento e approfondimento della ricerca italiana in campo elettrotecnico.

Parallelamente alla progettazione e alla realizzazione di impianti sempre più potenti e posti a distanze sempre maggiori dai centri di utilizzazione i tecnici italiani diedero vita a studi e ricerche su un ventaglio sempre più ampio di tematiche, con una ricchezza costantemente crescente di cognizioni teoriche.

Comunque, le opinioni di storici e studiosi sottolineano che in quel periodo il ritmo di sviluppo della ricerca sia stato più lento di quello dell'industria, che l'Italia sia cresciuta, dal punto di vista elettrotecnico, più economicamente che non scientificamente, seppure entrambi gli aspetti della storia italiana abbiano vissuto un momento di grande dinamismo.

## Bibliografia

- 1) S.Festa L.Oggioni " Dall'ambra all'elettrodomestico.Breve storia dell'elettricità e dell'ingegneria elettrica dall'antichità agli anni venti del novecento" Parte 1 Elettificazione M 752.
- 2) Treccani L' ottocento: Fisica.Tecnologia

- dell'elettricità <https://www.treccani.it/enciclopedia/l-ottocento-fisica-tecnologie-dell-elettricit>
- 3) R. Renzetti "La Scienza elettrica si fa tecnica" <https://fiscamente.blog>
- 4) A. Carrer "Elettrotecnica delle correnti forti" - AEI Atti 1959
- 5) A. Savini "Un anno al Museo 2013" - UNI Pavia – Museo della Tecnica Elettrica
- 6) A. Pasculli "Nascita e sviluppo dell'energia elettrica" - Tesi di laurea UNI Padova anno 2019-2020
- 7) Storia dell'elettricità: <http://www.alternativaverde.it/stel/vite/Ferraris6.htm>
- 8) Roberto Maiocchi - Il Contributo italiano alla storia del Pensiero - Tecnica (2013)
- 9) Treccani "L'elettrotecnica fino alla grande guerra" [https://www.treccani.it/enciclopedia/l-elettrotecnica-fino-alla-grande-guerra\\_%28Il-Contributo-italiano-alla-storia-del-Pensiero:-Tecnica%29/](https://www.treccani.it/enciclopedia/l-elettrotecnica-fino-alla-grande-guerra_%28Il-Contributo-italiano-alla-storia-del-Pensiero:-Tecnica%29/)
- 10) M. Guarnieri "Le grandi tappe della distribuzione dell'energia elettrica" Seminari Leds Padova 2016
- 11) M. Guarnieri "Lo spettacolo dell'elettricità: da Tesla alle reti intelligenti" Associazione Nuova Civiltà delle Macchine 2015
- 12) A. Silvestri, F. Trisoglio "I 120 anni dell'Associazione Elettrotecnica Italiana" - ORA AEIT"