

Ferraris-Zähler, il contatore di Galileo Ferraris: Stralci dalla letteratura sulla scoperta del campo magnetico rotante

*Original*

Ferraris-Zähler, il contatore di Galileo Ferraris: Stralci dalla letteratura sulla scoperta del campo magnetico rotante / Sparavigna, Amelia Carolina. - ELETTRONICO. - (2019). [10.5281/zenodo.3258113]

*Availability:*

This version is available at: 11583/2737452 since: 2019-06-27T12:14:43Z

*Publisher:*

Zenodo

*Published*

DOI:10.5281/zenodo.3258113

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

## **Ferraris-Zähler, il contatore di Galileo Ferraris: Stralci dalla letteratura sulla scoperta del campo magnetico rotante**

**Amelia Carolina Sparavigna**  
Politecnico di Torino

Nel 1885, a conclusione degli studi che lo avevano condotto alla scoperta del campo magnetico rotante, Galileo Ferraris presentò un motore ad induzione da cui derivarono, oltre ai motori elettrici in corrente alternata, il misuratore elettromeccanico di consumo d'energia elettrica, conosciuto come Ferraris-Zähler. In questo articolo presentiamo alcuni stralci della letteratura riguardante la scoperta di Galileo Ferraris, le sue applicazioni, e le cause giudiziarie in cui il suo lavoro è stato coinvolto. Si parlerà anche dell'esposizione generale di Torino del 1884 che lo vide organizzatore della sezione sull'elettricità.

Torino, 26 Giugno 2019; scritto rielaborando il post del 7 Novembre 2018  
<https://stretchingtheboundaries.blogspot.com/2018/11/ferraris-zahler-il-contatore-di-galileo.html>; 27 Giugno 2019, corretto typos.

DOI: 10.5281/zenodo.3257552; DOI: 10.5281/zenodo.3258113

Galileo Ferraris (1847 – 1897) è stato un ingegnere e scienziato piemontese, scopritore del campo magnetico rotante e ideatore del motore elettrico in corrente alternata. Nasce a Livorno Piemonte, cittadina che in seguito cambierà il suo nome in Livorno Ferraris in onore dello scienziato. Rimasto orfano di madre all'età di 8 anni, si trasferisce a Torino presso la casa di uno zio medico. Frequenta il collegio di San Francesco da Paola, oggi liceo classico Vincenzo Gioberti, e si laurea in ingegneria civile a 22 anni [1]. Diventa assistente di fisica tecnica presso il Regio museo industriale italiano (il futuro Politecnico di Torino) e poi, dal 1877, professore di fisica alla Scuola di guerra di Torino [2]. Nel 1889, Ferraris fonda presso il Regio museo industriale italiano una Scuola di elettrotecnica, la prima scuola di questo genere in Italia che successivamente sarà incorporata nel Politecnico di Torino [1]. Nel 1896 Galileo Ferraris fonda l'Associazione elettrotecnica italiana e ne diventa il primo presidente nazionale. Nello stesso anno viene nominato senatore del Regno. Tre mesi dopo muore di polmonite a neanche 50 anni [1].

Gli studi di Galileo Ferraris riguardarono in particolare l'ottica e l'elettromagnetismo. Le sue opere sono state raccolte in tre volumi dalla Associazione elettrotecnica italiana. Si veda anche l'articolo di M. Mitolo e M. Tartaglia sui lavori di Ferraris [3].

Ecco cosa dice Wikipedia della scoperta [1]. "Nel 1885 riesce a dimostrare a un pubblico stupefatto l'esistenza di un campo magnetico rotante generato da due bobine fisse, ortogonali e percorse da correnti alternate della stessa frequenza e sfasate di 90°. La scoperta del campo magnetico rotante fu esposta ufficialmente in una nota presentata all'Accademia delle Scienze di Torino solo il 18 marzo 1888." Questo ritardo, e soprattutto il fatto di non aver brevettato l'invenzione, portarono a contestazioni sulla priorità di tale scoperta [4].

In questo articolo, vogliamo presentare alcuni stralci della letteratura concernente la scoperta di Ferraris ed il suo rapporto con Nicola Tesla. Ma prima vediamo insieme le bellissime parole scritte da Vito Volterra, in occasione del centenario della scoperte di Faraday [5,6].

## **Da "I fisici italiani e le ricerche di Faraday" di Vito Volterra [5]**

*Una delle esposizioni più luminose ed efficaci dei concetti del Faraday, nella maniera con la quale furono svolti dal Maxwell e dal Hertz, fu il discorso tenuto da Galileo Ferraris all'Accademia dei Lincei nel giugno 1894 sulla trasmissione elettrica dell'energia [7]. Ma un tale discorso lascerebbe solo il ricordo di una felice volgarizzazione dei concetti di localizzazione e flusso di energia, allora nuovi nel gran pubblico, se non servisse a rivelarci molto di più, cioè quale era l'intima maniera del Ferraris di comprendere la natura dei fenomeni elettrici, punto di partenza della scoperta del campo magnetico ruotante da lui fatta nove anni prima. Ed infatti fu il vedere, con l'occhio della mente, compiersi le oscillazioni elettriche, non nell'ambito dei conduttori, ma nel mezzo comune fuori di essi e di persuadersi quindi della possibilità di sovrapporre due oscillazioni elettriche ortogonali, pari a quelle luminose, visione apparsagli, come un lampo, mentre passeggiava solitario una notte per le vie di Torino, che diede origine alla scoperta a cui il Ferraris deve principalmente la sua fama [8].*

*Tale brillante risultato era stato preceduto da lunghi e profondi studi del Ferraris sui trasformatori, dei quali diede una teoria completa che lo condusse a stabilire la legge nota dello spostamento di fase, ed a calcolare la potenza di un trasformatore. Ciò valse a dissipare le erronee opinioni che esistevano sul rendimento di un trasformatore ed a mostrare tutta l'importanza nelle applicazioni industriali di questo organo fondamentale, derivato direttamente dal principio dell'induzione, il quale nell'elettrotecnica tiene il posto che ha la leva in meccanica [9]. Il trasporto dell'energia con l'uso di correnti alternate, a cui tutte le industrie debbono un così grande impulso, fu il risultato pratico di questi studi.*

## **L'analogia ottica**

Nel 1885 Galileo Ferraris arrivò alla sua scoperta anche tramite l'analogia con la luce polarizzata.

Dopo una giornata inquieta, "Uscito di casa mi portai tutto solo a passeggiare lungo il Po, e, per distrarmi, ripensavo ai miei primi studi di ottica; tra l'altro ripensavo alla polarizzazione della luce, a quelle vibrazioni nelle due direzioni perpendicolari tra loro, e mi chiesi che avverrebbe se si trattasse di vibrazioni elettromagnetiche." [10]. Il giorno dopo Ferraris si recò al Museo industriale, fece costruire alla meglio un prototipo, "e vidi che la cosa andava."

In quanto riportato dal sito [10], troviamo ciò che è stato evidenziato da Volterra. Ferraris aveva compreso l'essenza del problema elettromagnetico, e trovò l'analogia vettoriale nella polarizzazione della luce.

Per il motore di Galileo Ferraris, si veda il modello e la spiegazione del suo funzionamento alla seguente pagina: [www.percorsielettrici.it/macchine-elettriche/motori/47-ferraris/20-motore-di-ferraris-primo-modello](http://www.percorsielettrici.it/macchine-elettriche/motori/47-ferraris/20-motore-di-ferraris-primo-modello)

Dopo la scoperta, Galileo Ferraris, da puro scienziato, non richiede brevetti.

## **Alcuni link**

"Nel 1885, a conclusione degli studi che l'hanno condotto alla scoperta del campo magnetico rotante, presenta il "motore con induzione a campo rotante" a corrente alternata, alla base degli attuali motori elettrici asincroni e dei misuratori elettromeccanici di consumo d'energia elettrica (Ferraris-Zähler); la scoperta è descritta da Ferraris, disinteressato alle applicazioni commerciali del proprio lavoro, solo il 18 marzo 1888, sugli «Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino». " ([11], [www.museotorino.it](http://www.museotorino.it)).

"Con il nome Ferraris-Zähler, il contatore di Ferraris, fu usato particolarmente nell'Europa centrale ed orientale. Diretti discendenti di tale dispositivo furono i diffusissimi motori ad induzione. La scoperta, di grande impatto nel mondo industriale, fu resa pubblica nel 1888 con una sua nota negli "Atti" dell'Accademia delle Scienze, di cui era socio dal 1880." ([12], Sergio Arienti).

Ecco che cosa dice un sito molto interessante (nzrenergieblog.de): "Als Physiker entdeckte er 1885 das Drehfeldprinzip, das in der Folge sowohl in Messinstrumenten als auch in Maschinen zum Einsatz kam. In Messinstrumenten ist dieses Prinzip die Grundlage des nach ihm benannten Stromzählertyps, bei dem eine Scheibe durch das elektromagnetische Feld angetrieben wird und ein Zählwerk antreibt, das den Strom misst. Diese Bekanntheit ist endlich, wenn in den kommenden Jahrzehnten die elektromechanischen Zähler durch elektronische Geräte abgelöst sein werden. ... Bitterer ist die Tatsache, dass Ferraris zwar den Elektromotor unabhängig von Nikola Tesla erfunden hat, und zwar einige Monate vorher, der gesamte Ruhm und das damit verdiente Geld aber an Nikola Tesla gefallen sind, der das Patent an die Firma Westinghouse verkaufte. Ein Patentstreit wurde nach seinem Tod zugunsten von Westinghouse entschieden, aus heutiger Sicht einigermaßen dubios." [13]. Il fisico, nel 1885, scoprì il principio del campo magnetico rotante, che fu successivamente utilizzato sia negli strumenti di misura sia nelle macchine elettriche. Gli strumenti di misura che si basano su questo principio e che portano il suo nome sono dei contatori elettrici in cui un disco, guidato dal campo elettromagnetico, aziona un contatore che misura la corrente. Oggi, i contatori elettromeccanici sono sostituiti da dispositivi elettronici. E' amaro il fatto che Ferraris, benché abbia inventato il motore elettrico indipendentemente da Nikola Tesla, alcuni mesi prima, non abbia guadagnato la fama e il denaro che sono invece caduti su Tesla, che ha venduto il brevetto alla società Westinghouse. Una disputa brevettuale è stata decisa dopo la morte di Galileo Ferraris in favore della Westinghouse, con una procedura, dal punto di vista odierno, in qualche modo discutibile. Così dice il Rif.13, e vedremo i dettagli tra breve.

Anche l'Edison Tech Center dedica una pagina a Galileo Ferraris [14]. Ecco la parte che riguarda la causa in tribunale. "Who Invented the Polyphase Electric Motor? After Galileo Ferraris died in 1897, Westinghouse (with Nikola Tesla) manage to rewrite history using the US court system. (A perspective by M.W., part of the Engineering Forum). Galileo Ferraris presentò la sua teoria del motore elettrico polifase 8 mesi prima che Nikola Tesla chiedesse un brevetto per la stessa tecnologia. "Yet in the world of the 21st century Tesla has received all the credit, how is this possible? This situation is comparable to the situation in software today. ... Who is remembered 100 years later? Ferraris was a scientist, not an entrepreneur, he published his results and invited strangers from around the world to come and see his lab. Tesla and Westinghouse had other motives."

### **Le cause in tribunale**

Noi possiamo vedere come abbiano operato le corti di giustizia, e se, come dice il sito [14], "changed history and buried Ferraris in the murky depths of history." Notiamo che le cause erano tra società industriali (corporations). "This was not a competition between Ferraris and Tesla in court. Other corporations stated that Ferraris had published the polyphase motor before Tesla, therefore Tesla and Westinghouse could not claim patent infringement." [14] Alle udienze di queste corti, Galileo Ferraris non poteva più partecipare. Era morto nel 1897.

Ecco l'elenco delle cause dove "Tesla had to prove he invented the motor first."

1901 - Westinghouse Electric Mfg. Co. vs. New England Granite Co.

1905 - Westinghouse vs. Dayton Fan and Motor Company

Il processo del 1901, svoltosi in Catskill, New York, tribunale circondariale, terminò a favore di Tesla. La corte d'appello invertì la sentenza, protemmo dire, a favore di Ferraris anche se lui non era in causa, "with proof that a magazine had published Galileo Ferraris's work by which Prof. Galileo Ferraris, fully described and disclosed the system covered by the patents in suit."

Ed ora vediamo la decisione finale del 1905: "Ferraris officially lost recognition as the first inventor of the polyphase motor in the final court battle, this was only due to a claim by three of Tesla's colleagues who were witnesses that Tesla had conceived the motor in fall of 1887, prior to Ferraris's publication" [14]. Tesla presentò – dice il Rif.14 - un prototipo del motore, praticamente distrutto dal fuoco, dicendo che proveniva dal suo laboratorio di New York, dove si era sviluppato un incendio nel 1895. Gli altri motori erano andati distrutti. Non c'era modo di provare l'età del prototipo. Ma portò dei testimoni. "Testimony depended entirely on the three witnesses, one of which was not valuable because he had no knowledge of how electricity worked. The judges themselves were barely qualified to understand the technology and found the exhaustively long technical descriptions by experts not much help in the decision. The judges had to weigh the weak witness evidence, which from his opinion weighed in favor of Tesla. What about witnesses from Italy? What about Ferraris? The man was dead and could not provide proof, or discussion, or personal perspective, or physical evidence to defend himself the way that Tesla could. That doesn't sound quite fair." [14]

Voglio sottolineare che l'articolo di cui si parla è la comunicazione di Galileo Ferraris alla Accademia delle Scienze durante l'adunanza del 18 Marzo 1888, che venne subito tradotta e pubblicata in Inglese. Essa raccoglieva anni di studio e di lavoro. Nell'articolo ci sono tutti i dettagli teorici, con equazioni e diagrammi. E ci sono i dati sperimentali.

Sulla sentenza del Tribunale ecco che cosa ci dice "Electrical world", Publisher: New York McGraw-Hill Pub. Co., Volume 43, Jan-Jun 1904 [15].

### **Tesla's Split Phase Motor Patent Decision**

"Judge Hazel, of the United States Circuit Court of the Western District of New York, has handed down an opinion sustaining the two Tesla fundamental patents (Nos. 511,559 and 511,569) covering the split-phase motor. The suit was instituted by the owners of the patents against the manufacturer of a wattmeter, and the court held that the wattmeter infringed the patents for the reason that it depended for its action on two currents differing in phase, derived from a single supply circuit. The patents involved were the same that figured in the Catskill case, in which suit they were sustained by the Circuit Court, but declared invalid upon appeal. This reversal was on the grounds that the publication of a magazine article on April 22, 1888, by Prof. Galileo Ferraris fully described and disclosed the system covered by the patents. This publication was held to be prior to the date of the invention in suit and constituted an anticipation. Judge Hazel, in his opinion, disagrees very materially with Judge Townsend, who wrote the opinion on appeal, declaring the patents invalid. The conflict arises from the different weight, which the two judges gave to the testimony of the several leading witnesses, this testimony being held by Judge Townsend to be inconclusive, and by Judge Hazel to establish clearly that Tesla conceived the invention prior to the publication of the Ferraris article. Judge Hazel considers that, according to the testimony, Tesla conceived his split-phase invention in his laboratory at 89 Liberty Street, New York, and completed the same in the month of September, 1887; and that he made the disclosure thereof to others during the fall of 1887, especially to Mr. Brown and Mr. Nellis, and subsequently in the month of April prior to the Ferraris publication to his solicitor, Mr. Page." [15]

Da questo resoconto si vede come il giudice Townsend della corte d'appello aveva considerato col giusto peso la pubblicazione di Ferraris e scartato le testimonianze, mentre il giudice Hazel le prende come decisive per il suo giudizio.

Per quanto riguarda i brevetti, il No. 511,559, è datato December 26, 1893. Application filed December 8, 1888. Come vedete dalla data, la richiesta è stata fatta dopo la pubblicazione dell'articolo di Galileo Ferraris. Il giudice Townsend, ragionando sui documenti e sulle date, considera il brevetto di Tesla non valido, mentre il giudice Hazel decide che Tesla aveva concepito l'idea del motore prima, grazie alle testimonianze. L'altro brevetto, No. 511,569 è introvabile, ma è successivo (visto il numero progressivo del file). I brevetti riguardano la modifica split-phase. L'invenzione fatta da Galileo Ferraris del motore split-phase è stata descritta in una pubblicazione che ha una data precedente a quella della richiesta del brevetto da parte di Tesla.

Su deposito brevetto e pubblicazione, i tempi sono chiari. Ripeto: il deposito del brevetto in questione è avvenuto dopo la pubblicazione dell'articolo.

Una discussione molto chiara sulle vicende giudiziarie che hanno coinvolto Ferraris e Tesla, la troviamo nel libro *The Truth About Tesla: The Myth of the Lone Genius in the History of Innovation*, di Christopher Cooper, 2018 [16].

La Catskill Illuminating era stata trascinata in giudizio per aver utilizzato il sistema polifase Tesla e la modifica split-phase. Condannata, era ricorsa in appello. "The crux of Catskill Illuminating's appeal centered around a paper written by Italian physicist and electrical engineer Galileo Ferraris, who spent much of 1885 investigating the efficiency of the AC power system that the French inventor Lucien Gaulard and the British engineer John Dixon Gibbs had demonstrated at the Electrical Exposition of Turin, Italy, in 1884. ... In 1881, Ferraris was appointed Italy's representative on the awards jury of the first International Electricity Exposition in Paris. ... Upon returning from the Exposition, Ferraris founded a School of Electrotechnology (along with an extensive laboratory) at the Museo. Two years later, he hosted an International Electrical Exposition of his own in Turin during which AC power was successfully transmitted over forty kilometers, from Lanzo Torinese to Turin, using the transformer jointly designed by Gaulard and Gibbs."

E' molto interessante quanto dice il Rif.16, ossia l'intensa attività di Ferraris nel partecipare alle esposizioni internazionali.

"Like Faraday and Baily, Ferraris was interested in electrical motors that would convert electricity to mechanical energy. No doubt aware of Baily's article, in 1885 Ferraris first conceived of using two out-of-phase electrical currents to produce a rotating magnetic field. For three years, he worked on the design of a motor that used electromagnets powered by alternating currents - each ninety degrees out of phase - to spin a rotor without any additional moving parts. Moreover, Ferraris's design only required one generator to produce the multiple, out-of-phase currents needed to create the rotating magnetic field. On April 22, 1888, Ferraris presented a paper outlining his design to the Royal Academy of Sciences in Turin. ***It was quickly translated into English and published in the journal Industries later that same year. By May, however Tesla was granted a patent on his polyphase system (though he would not file an application for the split-phase modification until December 8, 1888).*** ... Upon reviewing Ferraris's paper, Judge Townsend determined that it fully described the split-phase system for which Tesla was granted a patent. Writing for a three-judge panel in 1903, Townsend reversed the lower court's decision and held that there was insufficient evidence that Tesla had devised his split-phase modification prior to the original publication of Ferraris's paper on April 22, 1888" [16].

Cooper ci spiega quindi chiaramente come la corte d'appello avesse ribaltato la sentenza. Egli nota anche come a Maggio del 1888 fosse stato assegnato un brevetto a Tesla, e che la richiesta brevettuale per la modifica split-phase, che era l'oggetto del contendere, sia avvenuta successivamente (8 Dicembre 1888). Il brevetto del primo Maggio del 1888 è U.S. Patent No. 391,968 for an Electromagnetic Motor (richiesta del 12 Ottobre del 1887).

Nel difendere il brevetto di Tesla, la Westinghouse si basava su tre evidenze: una fotografia che diceva mostrare un motore split-phase nel laboratorio di Tesla nel 1887, la testimonianza di Alfred Brown, il principale finanziatore di Tesla e James Page, che aveva steso il brevetto. Townsend respinse queste evidenze. "The photograph was showing a motor which looked no different than Tesla's original polyphase motor, and nothing in the photograph was indicating that it was adapted to run on a single generator. ... Judge John Raymond Hazel, a McKinley appointee with close ties to Roosevelt, reversed the upper court's decision and ruled Tesla's patent on the split-phase design was valid after all." [16] Alla fine la spunta Tesla.

Vediamo cosa dice nel libro "Tesla: Inventor of the Electrical Age", W. Bernard Carlson per la casa editrice Princeton University Press, 2013 [17]. "Ferraris should be credited with being the first to investigate how AC can create rotating magnetic field. Even more important, Ferraris should be given credit for introducing the notion of phase in discussing alternating current phenomena. Thanks to Ferrari's mathematical analysis, electrical engineers were able to quickly grasp the ideas behind the AC motor and polyphase currents. Nevertheless, it was Tesla who built the first practical AC induction motor." E quindi quello che ha fatto Galileo Ferraris è creare e spiegare il campo magnetico rotante. Tesla ha fatto la prima macchina commerciale.

La presentazione del libro di Carlson dice: "Plenty of biographies glamorize Tesla and his eccentricities, but until now none has carefully examined what, how, and why he invented. In this groundbreaking book, W. Bernard Carlson demystifies the legendary inventor, placing him within the cultural and technological context of his time, and focusing on his inventions themselves as well as the creation and maintenance of his celebrity."

### **Galileo Ferraris su Tesla**

Abbiamo una fonte diretta sul funzionamento delle macchine di Tesla ed è proprio Galileo Ferraris a scriverne. Da "L'elettrotecnica all'Esposizione Universale del 1889 in Parigi" [18].

"Per motori di maggiore potenza destinati a servire come motori industriali, nei quali naturalmente le spirali debbono essere avvolte su nuclei di ferro, bisogna adoperare due correnti alternative prodotte direttamente colla voluta differenza di fase dalla macchina generatrice. Così infatti si fanno funzionare i motori industriali, che finora si costruivano sul principio del campo magnetico rotante. Il più conosciuto di questi apparecchi è il motore per cui prese una privativa nel 1888 Nicola Tesla.

In tale motore il campo magnetico rotante è prodotto da un anello di ferro sul quale sono avvolte quattro spirali occupanti ciascuna un quadrante. Ciascuna spirale è collegata in serie con quella diametralmente opposta, in modo che risultano due sole spirali formate ciascuna da due pezzi uguali ed opposti; in esse si mandano le due correnti alternative discordanti. L'armatura, che gira dentro all'anello, è costituita da un nucleo laminato di ferro sul quale sono avvolte spirali chiuse su sé stesse. Con modificazioni facili ad immaginarsi la macchina può anche essere fatta multipolare. La Società Westinghouse di Pittsburgh (Stati Uniti) ha fatto di questo motore una fabbricazione commerciale ed ha dato così al medesimo una speciale rinomanza. Per l'impiego dei motori in un sistema di distribuzione di energia, Tesla e la Società Westinghouse hanno proposto un sistema a tre fili, che evidentemente è sufficiente per la trasmissione delle due correnti alternative.

Per un sistema affatto analogo prese una privativa anche la casa Ganz di Budapest.

Più tardi, il signor Tesla ridusse l'ufficio del suo motore asincrono a quello di servire all'incamminamento di un motore sincrono. Egli propose allora di far servire, nel breve periodo di avviamento, la terra come conduttore neutro, riducendo così a due i conduttori metallici della rete di distribuzione.

Il motore Tesla rappresenta la più conosciuta, ma non la sola forma di apparecchio colla quale si possa applicare praticamente il principio delle rotazioni elettrodinamiche. Per dare un'idea della varietà delle disposizioni immaginabili, citiamo dopo il motore Tesla ancora un motore asincrono di Rankin Kennedy. Questo è costituito da ... Per i maggiori modelli il Kennedy propone una disposizione multipolare.

Bastano le sommarie descrizioni sovraesposte per mettere in chiaro i pregi ed i difetti dei motori a campo magnetico rotante. Un pregio sta nella estrema semplicità della costruzione, e soprattutto nella assenza di qualunque commutatore o collettore. La semplicità del servizio derivante dalla mancanza del collettore, che è l'organo più delicato di tutte le macchine dinamo-elettriche e di tutti gli altri motori elettrici, è tale un vantaggio che basta da solo a spiegare il grande favore col quale i nuovi motori furono salutati dai pratici. Un altro pregio sta nella proprietà che essi, come del resto tutti i motori asincroni, hanno di mettersi spontaneamente in moto; e tale pregio è qui ancora accresciuto dalla circostanza, che il verso della rotazione, il quale per un dato collegamento dei circuiti è determinato e costante, si può invertire, quando occorra, colla più grande facilità. Basta a tal uopo invertire con un semplice commutatore le connessioni di una delle spirali col rispettivo circuito. In tal modo si fa variare di  $180^\circ$  la differenza di fase fra le due correnti, e si inverte con ciò la rotazione del campo magnetico risultante.

In molti casi, e specialmente quando si tratti di piccoli motori, bastano evidentemente gli esposti pregi a far preferire i motori a campo rotante, non solamente a tutti gli altri motori elettrici a corrente alternativa, ma anche agli ordinari motori in corrente continua. Ma se si tratta di motori di considerevole potenza, si presentano anche inconvenienti che, giova qui riassumere. ... Questi inconvenienti si potranno certamente attenuare. Ed il mezzo potrà consistere nell'impiegare per la produzione del campo magnetico rotante non due sole, ma tre o più correnti con fasi diverse. Intanto essi spiegano le difficoltà finora incontrate. Prevedendo le quali, noi nel pubblicare le nostre esperienze, (Memoria citata. Atti R. Accademia delle Scienze di Torino volume XXIII. Adunanza 18 marzo 1888) prima che venissero alla luce i brevetti di Tesla, di Kennedy e di altri, abbiamo chiamata in modo speciale l'attenzione su alcune applicazioni ove le difficoltà suaccennate non esistono. E tali applicazioni appunto ora si vanno facendo con pieno successo; sono le applicazioni alla costruzione di contatori per correnti alternative, come quelli ora notissimi che portano i nomi di Borel, di Schallenberger, di Ferranti, di Blathy, ecc. Un'altra applicazione è quella ora coltivata dal Tesla, quella colla quale si fa servire un motore a campo magnetico rotante come apparecchio ausiliario per la messa in moto di un motore sincrono. Ma in tal caso è questo, il motore sincrono, il motore principale e non v'ha dubbio che per esso è serbato un grandissimo avvenire."

### **Altre pubblicazioni recenti**

G. Neidhofer "Early three-phase power [History]," [19].

"... The reason for this is that the magnetic field of a coil, fed by ac, is alternating in time, but, related to space, the field remains fixed to the coil axis. Consequently, a single-phase motor does not produce any torque at standstill. What the motors need for self-starting is a spatially rotating field forming a traveling wave in the airgap. To accomplish this, much intuition and imagination were required.

The most prominent inventors in this field are Galileo Ferraris, Charles Schenk Bradley, Friedrich August Haselwander, Nikola Tesla, Michael Dolivo-Dobrowolsky, and Jonas Wenström." [19].

Si veda a tal proposito la discussione in [20].

"Galileo Ferraris (1847–1897). This Italian professor from Turin recognized in 1885 that two coils, arranged perpendicular to each other and fed by two alternating currents of the same amplitude and frequency but with a phase displacement of 1/4 period, produced a steadily revolving magnetic field. A copper cylinder positioned in the center would then be caused to revolve as well. ... He made the idea public in March 1888 in a paper and lecture to the Royal Academy of Sciences of Turin titled "Electrodynamic Rotation Produced by Means of Alternating Currents." The message spread like wildfire but, at the 1889 World Exposition in Paris, France, Ferraris had to recognize that other researchers, Nikola Tesla in particular, had similar ideas." [19]

Ecco che cosa dice un altro articolo.

B. Bowers, "Scanning our past from London: Galileo Ferraris and alternating current," [21].

***"By 1884, Italy, still a young country having only been united since 1861, wanted its own International Exhibition. This was held at Turin, which had been the first capital of Italy.***

Ferraris was made President of the Electrical Department of the exhibition. At the exhibition, he carried out a practical study, with careful measurements, of the Gaulard and Gibbs transformers that were exhibited. These had been used for supplying the electric lighting on the London Underground, and during the exhibition, a pair of transformers was used in a demonstration of electrical transmission over a distance of about 40 km from Turin to Lanzo. The power was low, only a few kilowatts, but the demonstration was a significant development in electrical engineering. At that time little was understood about the theory of transformers, and there were no published studies of their efficiency, so Ferraris' work attracted considerable interest. The following year he carried out similar studies on the transformers of Zipernowsky and others, which had closed iron cores whereas the Gaulard and Gibbs transformers had an "open" magnetic circuit with the flux path completed through the air." [21]

Nella sezione dell'articolo [21], sui motori per l'industria, troviamo quanto segue.

"At the time of the Turin exhibition electricity was used almost exclusively for lighting, but people were beginning to think about electric motors. The idea that a rotating magnetic field might cause a suitable "rotor" to revolve was not new. Walter Baily, for example, had exhibited in London in 1879 a device in which two sets of electromagnets were switched alternately causing a copper disc to rotate. Ferraris' transformer studies led him to consider the fact that the primary and secondary currents were out of phase. In the summer of 1885 he conceived the idea that two out-of-phase, but synchronized, currents might be used to produce two magnetic fields that could be combined to produce a rotating field without any need for switching or for moving parts. ***This idea, which is commonplace to electrical engineers now, was a complete novelty in the 1880s. Ferraris published it in a paper to the Royal Academy of Sciences in Turin in 1888. This was quickly translated into English, and published in the journal Industries, later the same year.*** At the time Ferraris seems not to have thought that his principle would lead to a motor for industrial purposes, but he did suggest that it could be used as the basis of a meter for alternating current measurements. In 1891, however, he attended the Electrical Congress at Frankfurt where three-phase transmission was demonstrated over a line from Lauffen, more than 100 miles distant. At the Congress Dinner Ferraris was hailed as "the father of three-phase current." [21]

### **L'Esposizione Generale Italiana del 1884 di Torino.**

Come già accennato, Galileo Ferraris aveva organizzato la sezione sull'elettricità dell'Esposizione Generale Italiana di Torino del 1884 dove c'erano i motori Siemens dinamo-elettrici per correnti continue ed altre a correnti alternate. Per l'esposizione di Torino si era, come già detto, realizzato un elettrodotto da Torino a Lanzo. Ecco cosa dice il riferimento [22].

"L'Esposizione Generale Italiana di Torino del 1884 fu organizzata per iniziativa di un gruppo di industriali e professionisti membri della Società promotrice dell'industria nazionale (1881). ... In un periodo di grandi trasformazioni economiche, politiche e sociali, l'esposizione fu l'occasione per mettere in scena processi in parte non ancora compiuti, l'unità italiana o il passaggio di Torino da capitale politica a capitale industriale, per promuovere programmi di intervento e affermare le parole d'ordine (laicismo, assistenzialismo, interclassismo) di un linguaggio che in quegli anni accomunava élite locali e nazionali.

Una chiave di lettura privilegiata degli intrecci esistenti tra esposizione, città e nazione era offerta dalle sezioni ove maggiormente convergevano gli interessi delle classi dirigenti e le esigenze sollevate dall'emergere della questione sociale, come la didattica e la previdenza e assistenza pubblica, dai nuclei più fortemente simbolici o intenzionalmente pedagogici, quali il Tempio del Risorgimento e il Borgo medioevale, e dai padiglioni di rappresentanza, come quello della Città di Torino.

Sullo sfondo si collocava un tessuto torinese straordinariamente fitto di temi (l'igiene, l'istruzione professionale, la scienza o l'ingegneria sociale), istituzioni (il Museo industriale, l'Accademia delle scienze o la Società degli Ingegneri e degli Industriali) e protagonisti (Tommaso Villa, Edoardo Daneo o Ulrico Geisser, ma anche Galileo Ferraris, Giacinto Pacchiotti o Carlo Ceppi) centrali nell'interpretazione delle vicende urbane, e non solo, degli ultimi decenni del secolo XIX. " [22]

Abbiamo anche la possibilità di avere i resoconti dell'epoca di questa Esposizione a Torino, dove vediamo che si era anche stabilito un premio in denaro per la miglior innovazione [23].

"È istituito un premio di lire 10,000 da conferirsi a colui che presenterà nella sezione di elettricità dell'Esposizione generale in Torino una invenzione, od un complesso di apparecchi, donde si avvantaggi notabilmente la soluzione pratica dei problemi che si connettono con le applicazioni industriali della elettricità alla trasmissione del lavoro meccanico a distanza, alla illuminazione ed alla metallurgia. Si avranno in considerazione soltanto le invenzioni rappresentate alla Esposizione da apparecchi sui quali si possano eseguire esperienze pratiche sicure. Potranno concorrere al premio anche gli espositori stranieri. ... Come si vede, il Governo del Re ha voluto e giustamente, tenere in gran conto le applicazioni industriali della elettricità. In brevissimo spazio di tempo, cioè dal 1881 in poi, ebbero luogo mostre elettrotecniche a Parigi, a Londra, a Monaco e a Vienna; e i frutti delle medesime possono mettersi a paragone di quelli di ogni Esposizione universale. Se v' ha paese (osservava il ministro Berti nella sua relazione) che questa meravigliosa ricerca di nuove applicazioni scientifiche debba vigilare e secondare, esso è certamente l' Italia, alla quale preme in sommo grado di sostituire, con nuovi mezzi, al carbon fossile che oggi acquista dall'estero per la illuminazione e la metallurgia, l'inesauribile forza motrice dei suoi torrenti e delle sue cascate.

Epperò nell' Esposizione generale di Torino l'elettricità e lo sue applicazioni hanno un posto adeguato. Dopo essersi assegnata alle medesime una sezione speciale, affinché la mostra riesca, quanto più è possibile efficace e compiuta, ai produttori di tutti i paesi si sono lasciate aperte le porte di quella sezione. Gli sperimenti che si eseguiranno a Torino potranno

utilmente concorrere alla soluzione dei problemi riguardanti le grandi applicazioni elettrotecniche: il Governo ha voluto saggiamente promuovere tali esperimenti offrendo a quello studioso e a quel fabbricante che presenti un' invenzione od un complesso di apparecchi costituente un progresso notevole e sicuro, un premio che compensi, almeno in parte, le spese sostenute. Il premio di 10,000 lire è stabilito per le invenzioni relative al trasporto della energia meccanica a distanza, alla illuminazione, alla metallurgia; e vi possono concorrere gli espositori stranieri come i nazionali. Nello stabilire i premi non sono state dimenticate le classi operaie: nel citato elenco vedi assegnati dei premi per le invenzioni e le scoperte che hanno per iscopo di tutelare la vita e la salute degli operai impiegati nelle industrie; e altri premi per gli stabilimenti dove furono introdotte le innovazioni suggerite dalla scienza e dall' arte a fine di rendere salubri le officine ed allontanare i pericoli ai quali gli operai trovansi esposti. Ci sono infine delle medaglie per la personale cooperazione degli operai. " [23]

Sempre dal summenzionato riferimento, troviamo una sommaria descrizione di apparecchi e macchine in esposizione. "Poichè parlo di macchine, accenno agli istrumenti di precisione inviati dal Tecnomasio milanese; sono degni di nota in particolar modo i teodoliti, i catetometri e alcune bilancie, - A un passo dalla galleria ove stanno gli apparecchi del professore Bernardi e del Tecnomasio, sorge quella grandiosa destinata alla mostra internazionale d'elettricità. - *Qui si lavora con attività, febbrile per ordinare, per disporre, per installare macchine appena giunte, per estrarne altre dalle casse, per unire i pezzi di uno stesso apparecchio.* - *La galleria, delle applicazioni elettriche, non è, per conseguenza, aperta al pubblico; e non lo sarà prima della fine di maggio.* - *Accoglierà in tutto circa duecento espositori.* - *Delle case estere occupano il maggior spazio: Siemens e Halske di Berlino, la società Edison, che si presenta per cura della Società generale Italiana Elettricità d'elettricità sistema Edison, che ha sede in Milano, Sautter Lemonnier, ecc. Fra gli apparecchi del Siemens figureranno macchine dinamo-elettriche per correnti continue ed altre a correnti alternate. La società Edison manda tutti i tipi delle dinamo, eccettuato il tipo gigante che funziona nell' officina di Santa Radegonda a Milano - Il Tecnomasio milanese espone, tra altro, la macchina Gramme coll'armatura Cabella. - Poco lungi dagli accumulatori e dalle pile secondarie del Planté di Parigi, figurerà la prima macchina dinamo elettrica inventata dal nostro Pacinotti."*

Come ci spiega "La teoria del Trasformatore" al riferimento [24] "Per iniziativa di Ferraris all'Esposizione Generale Italiana di Torino nel 1884 viene aggiunta una sezione elettrica ed organizzata, tra Torino e Lanzo, la prima dimostrazione pubblica al mondo di trasmissione a distanza di energia elettrica in corrente alternata ad alta tensione, seguendo il principio che è tuttora adottato: un elettrodotto con tensione di 2 kV, frequenza di 133 Hz, lungo 40 km e con una potenza di 20 kW. Il generatore di corrente alternata viene posto a Torino all'esposizione ed alimenta alcune lampade nella stazione ferroviaria di Lanzo. Per essa vengono utilizzati i "generatori secondari" che Lucien Gaulard e John Dixon Gibbs avevano costruito per l'illuminazione delle gallerie della metropolitana londinese (cioè i primi trasformatori per corrente alternata)."

Il Rif.24 ci dice anche che nell'agosto 1893, Ferraris "partecipa come vicepresidente al Congresso degli Elettricisti di Chicago, invitato dall'industriale Thomas Alva Edison e viene accompagnato dal suo assistente Camillo Olivetti, da Guido Grassi e da Luigi Lombardi. Ferraris contribuisce alle definizioni delle unità di misura elettriche: le note definizioni di joule, watt ed henry vengono adottate proprio su proposta di Ferraris."

### **L'orazione di Giancarlo Vallauri del 1935**

Concludo con quanto disse Giancarlo Vallauri, in un'orazione pronunciata il 29 settembre 1935 XIII, nel Teatro Regio di Torino. Vallauri nacque a Roma nel 1882. Di famiglia piemontese, il padre si era trasferito a Roma per lavoro. Dopo aver frequentato il liceo, entrò nell'Accademia Navale di Livorno. Lasciata la Marina nel 1906, si laureò in ingegneria elettrotecnica nel 1907, dedicandosi subito all'insegnamento universitario. A Livorno fu promotore della nascita dell'Istituto elettrotecnico e radiotelegrafico della Marina di cui fu il primo direttore. Avviò ricerche sulle comunicazioni radio, costruendo, in collaborazione con Marconi, la prima grande stazione radio in Italia ed una delle prime nel mondo. Nel 1926 fu chiamato a Torino per insegnare elettrotecnica presso il Politecnico, di cui nel 1935 divenne rettore. Ecco le parole di Vallauri.

"Riguardo alla scoperta del campo rotante, ed anche riguardo agli studi sui trasformatori, si sono poste e agitate questioni di priorità. Sarebbe facile ricordarle e metterle ancora una volta in termini precisi, mostrando quanto può esservi stato di eccessivo in talune affermazioni. Ma vogliamo pensare, che il primo a dolersene e a rifuggirne sia lo spirito del nostro.

Forse egli ci ripeterebbe una frase, suggeritagli da certe frettolose previsioni sull'avvenire dei nuovi ritrovati. « Pare a me — sono sue parole — che queste questioni siano adesso, non solo oziose, ma indecorose». Nel lavoro scientifico, non meno che sul campo di battaglia, v'è gloria per tutti. Un nazionalismo scientifico troppo ombroso parziale e polemico non compensa, con quel poco di infatuazione, che può produrre in taluni all'interno, la riprovazione che suscita ovunque nell'animo dei migliori. Non v'è bisogno di insinuare, che l'autore dei primi brevetti, riferentisi in qualche modo e più o meno chiaramente al motore a induzione (che vive ancor oggi e con cui il nostro si incontrò e si intrattenne cortesemente a Chicago nel 1893) avesse avuto sentore delle esperienze, cui ospiti e visitatori del laboratorio di Torino avevano assistito. Le due mentalità appaiono all'attento studioso tanto diverse e la genesi del ritrovato si sviluppa manifestamente nei due per vie tanto dissimili, che può senz'altro ammettersi piena indipendenza tra l'opera loro, anche se distanziata nel tempo a tutto vantaggio del nostro.

Non per questo è meno vero, che la comparsa della macchina a induzione ha segnato un momento decisivo per lo sviluppo dell'elettrotecnica, ha promosso l'avvento delle grandi linee di trasporto e delle reti di distribuzione polifasi, ha improntato di sé tutti gli aspetti dell'industria elettrica e quindi anche di ogni altra attività industriale nella fase di progresso e di sviluppo, cui tuttora partecipiamo. Nè è meno incontrovertibilmente vero, che la macchina a induzione è basata sul campo rotante e che la scoperta di questo è stata compiuta a Torino, giusto mezzo secolo fa, in quella sera d'estate."

### **References**

[1] [https://it.wikipedia.org/wiki/Galileo\\_Ferraris](https://it.wikipedia.org/wiki/Galileo_Ferraris) Voce consultata il 26 Giugno 2019.

[2] Enrico Ciancarini, *La scuola di guerra di Torino*, Civitavecchia, Prospettiva, 2013, pag. 119

[3] Mitolo, M., & Tartaglia, M. (2016). Galileo Ferraris-A Life Dedicated to the Electric Sciences [History]. *IEEE Industry Applications Magazine*, 22(5), 8-11.

[4] *Torino Energia. Le politiche energetiche tra innovazione e società (1700-1930)*.

A cura di Vincenzo Ferrone. Saggi di Cristina Accornero, Marco Ciardi, Annalisa Dameri, Patrizia Delpiano, Andrea Giuntini, Guido Montanari, Laura Palmucci Quaglino, Claudio Pavese. 2007.

<http://www.museotorino.it/resources/pdf/books/86/files/assets/common/downloads/publicatio>

n.pdf

[5] Vito Volterra, I fisici italiani e le ricerche di Faraday, «L'Elettrotecnica», vol. XVIII, 1931, pp. 806–808.

[6] Sparavigna, A. C. (2016). Vito Volterra and his commemoration for the centenary of Faraday's discovery of electromagnetic induction. arXiv preprint arXiv:1609.02659.

[7] Lettura fatta alla R. Accademia dei Lincei nella solenne adunanza del 3 giugno 1894.

[8] Rotazioni elettrodinamiche indotte per mezzo di correnti alternate, «Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino», vol. 23, 18 marzo 1888.

[9] Ricerche teoriche e sperimentali sul generatore secondario Gaulard e Gibbs, «Memorie della R. Accademia delle Scienze di Torino», vol. 37, serie 2, genn. 11, 1885; Sulle differenze di fase delle correnti, sul ritardo dell'induzione e sulla dissipazione di energia nei trasformatori, «Memorie della R. Accademia delle Scienze di Torino», dic. 4, 1887.

[10] <http://www.percorsielettrici.it/galileo-ferraris-e-il-campo-magnetico-rotante>

[11] <http://www.museotorino.it/view/s/ef90456f4d6e4c0ebae06c1611b3f92>

[12] <http://www.webalice.it/sergio.arianti/vite/Ferraris2.htm> Pagina visitata il 7 Novembre 2018.

[13] <https://nzrenergieblog.de/10/2018/herzlichen-glueckwunsch-galileo-ferraris/> Pagina visitata il 7 Novembre 2018.

[14] <http://edisontechcenter.org/GalileoFerraris.html> Pagina visitata il 26 Giugno 2019.

[15] <https://archive.org/details/electricalworld43newy/page/548>

[16] Christopher Cooper (2018). *The Truth About Tesla: The Myth of the Lone Genius in the History of Innovation*, Race Point Publishing, Oct 2, 2018.

[17] W. Bernard Carlson (2013). *Tesla: Inventor of the Electrical Age*, Princeton University Press, May 7, 2013.

[18] <https://archive.org/details/operedigalileof01italgoog/page/n429>

[19] G. Neidhofer, "Early three-phase power [History]," in *IEEE Power and Energy Magazine*, vol. 5, no. 5, pp. 88-100, Sept.-Oct. 2007. doi: 10.1109/MPE.2007.904752

[20] The invention of the electric motor 1856-1893. <https://www.eti.kit.edu/english/1390.php>

[21] B. Bowers, "Scanning our past from London: Galileo Ferraris and alternating current," in *Proceedings of the IEEE*, vol. 89, no. 5, pp. 790-792, May 2001. doi: 10.1109/5.929656

[22] [http://www.comune.torino.it/archivistorico/mostre/expo\\_2003/index.html](http://www.comune.torino.it/archivistorico/mostre/expo_2003/index.html)

[23] <http://www.atlanteditorino.it/monografie/esposizioni/Espo1884.pdf>

[24] <http://www.museoferraris.it/index.php/gferraris/>