



CURSOS EXTRAORDINARIOS

Electrotecnia: Aspectos históricos

Departamento de Informática y Automática
UNIVERSIDAD DE SALAMANCA





Origen

👉 Principios básicos del electromagnetismo (siglo XIX)

✓ Experimentos de

- Oersted
- Lenz
- Faraday
- Barlow

✓ Teorías de Maxwell (1879)

✓ Hecho cumbre: Ley de inducción electromagnética

- Michel Faraday, 1831

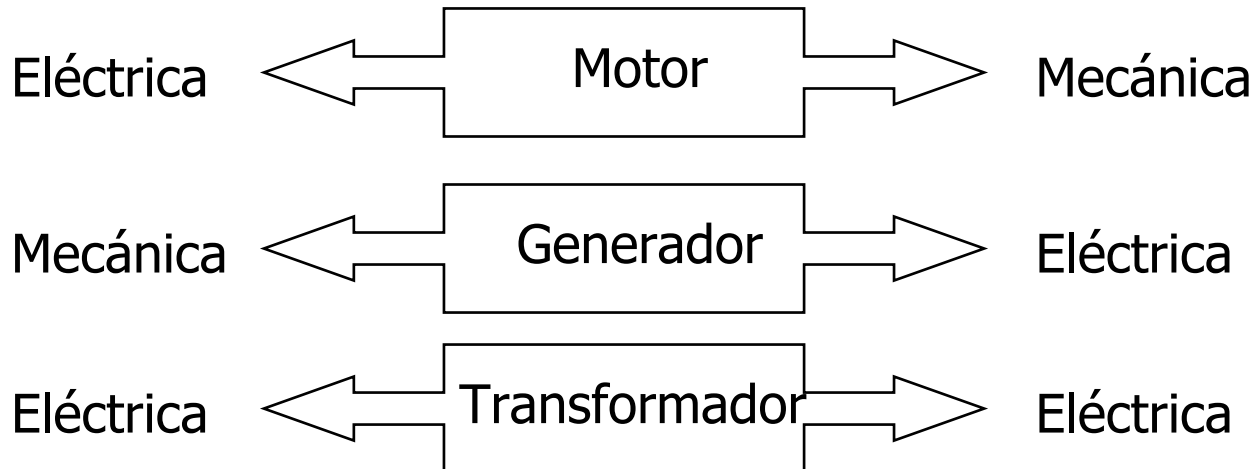


Área de conocimiento

Máquinas eléctricas

Generación, transporte y distribución de la energía eléctrica

Conversión de energía





Generadores de corriente continua: Dinamos

✎ Inicialmente fueron las pilas químicas de Volta

✎ 1831-1886

✓ Período importante del desarrollo de generadores de c.c.

✎ Etapas

- ✓ Máquina magnetoeléctrica de imanes permanentes
- ✓ Empleo de electroimanes de excitación independiente
- ✓ Máquinas autoexcitadas
- ✓ Perfeccionamiento del inducido y máquinas multipolares



Generadores de corriente continua

Dinamos

- ✎ Experimento inicial de Faraday
- ✎ Holmes con la ayuda de Faraday
 - ✓ Crean una máquina para alumbrado
 - ✓ Comercializada por L'Alliance
 - ✓ Puerta del Sol, 1878
- ✎ Wheatstone (1845) y Watt (1852)
 - ✓ Patentan el uso de electroimanes
- ✎ Siemens
 - ✓ patenta el inducido de lanzadera (1856)
 - ✓ luego desarrolla la primera dinamo autoexcitada (1867)



Generadores de corriente alterna: Alternadores

- ✎ Los generadores de c.c. revelaron grandes problemas en la obtención de grandes potencias y tratamiento de altas tensiones
- ✎ A partir del descubrimiento del transformador en 1885 se plantea el diseño de generadores de c.a.
- ✎ La disputa entre c.c. y c.a. empezó entonces
 - ✓ Partidarios de la c.c. en Europa: Lord Kelvin, Crompton, Hopkinson
 - ✓ Partidarios de la c.a. en Europa: Ferranti, Gordon, Mordey, Thompson
 - ✓ Partidarios de la c.c. en USA: Edison
 - ✓ Partidarios de la c.a. en USA: Westinghouse, Tesla, Sprague, Steinmetz



Generadores de corriente alterna: Alternadores

✎ La central en las cataratas del Niágara fue adjudicada en 1893 a la empresa Westinghouse y representó el declive de la c.c.

- ✓ 50.000CV
- ✓ salto neto de 54m.
- ✓ 10 turbinas, alternadores bifásicos de 3500 kVA
- ✓ velocidad de giro 250 r.p.m.
- ✓ frecuencia de 25Hz



Generadores de corriente alterna: Alternadores

- ✎ A pesar del desarrollo de la c.a. a partir de ese momento en detrimento de la c.c., desde 1954 se ha vuelto a retomar ésta con grandes redes de transporte de c.c. en alta tensión
 - ✓ más eficiente en largas distancias (< 1000 km) y en líneas submarinas
 - ✓ necesaria en procesos electroquímicos: electrolisis, galvanoplastia, etc
 - ✓ se utiliza en tracción eléctrica
 - ✓ España: c.c. a 3.000 V
 - ✓ Metro : c.c. a 800 V
 - ✓ AVE: c.a. monofásica a 25.000 V
- ✎ Los problemas de control en máquinas de c.a. van desapareciendo con el auge de la electrónica de potencia
- ✎ El futuro parece orientarse al uso exclusivo de máquinas de c.a. debido a que son más robustos y sencillos que los de c.c.



Generadores de corriente alterna: Alternadores

- ✍ Los alternadores fueron
 - ✓ inicialmente monofásicos
 - ✓ luego bifásicos
 - ✓ finalmente trifásicos
- ✍ Su desarrollo se debe a los hermanos Hopkinson, a Mordey, Kapp, Ferranti y C.L.Brown
 - ✓ éste último creador de la empresa Brown-Boveri (ASEA o ABB)
- ✍ El primer transporte de energía eléctrica trifásica se hizo en 1891
 - ✓ entre las ciudades alemanas de Lauffen y Frankfurt (175 km)
 - ✓ en su realización intervino la empresa AEG
- ✍ Las frecuencias en los alternadores
 - ✓ al principio variaban entre 25Hz y 135 Hz
 - ✓ finalmente se eligieron 50 Hz en Europa y 60 Hz en USA



Motores de corriente continua

- ✍ El principio de reciprocidad de la máquina eléctrica
 - ✓ Formulado por Lenz (1838)
 - ✓ Comprobación práctica por Fontaine y Gramme en la Exposición Internacional de Viena (1873)
- ✍ Aparece la tracción eléctrica
 - ✓ Sprague (1887)
 - ✓ Tranvía en Richmond, Virginia
- ✍ El control de los motores fue mejorado por Ward-Leonard (1896)
- ✍ Teoría sobre motores de c.c. en España
 - ✓ Profesores Morillo y Farfán de la ETS de Ingenieros Industriales de Madrid
 - ✓ Padre Pérez del Pulgar, fundador del ICAI



Motores asíncronos o de inducción

- 👉 Walter Baily demostró la posibilidad de producir una rotación por corrientes inducidas en un disco de cobre (Londres, 1879)
- 👉 Campo magnético giratorio
 - ✓ Descubierta por Ferraris en 1885
 - ✓ Simultáneamente lo hizo Tesla
 - ✓ Construyó y patentó por primera vez este tipo de motores (1887)
 - ✓ Westinghouse compró la patente y le contrató como asesor de la empresa
 - ✓ Presentó uno en la Feria Mundial de Chicago (1893)



Motores asíncronos o de inducción

- ✎ La compañía Thompson comenzó a construir (1891) motores de inducción trifásicos
 - ✓ En Europa los trabajos los llevó a cabo Dolivo-Dobrowolsky, ingeniero de AEG
- ✎ Unión de Thompson y Westinghouse para construir motores trifásicos
- ✎ Motor asíncrono monofásico
 - ✓ Concebido teóricamente por Leblanc en 1890
 - ✓ Hasta 1925 no se comercializó debido a la dificultad de disponer de condensadores de alta capacidad para poder arrancar el motor



Motores síncronos

- ✍ Obedecen al mismo principio de reversibilidad
- ✍ Funcionamiento como condensador síncrono (Mejora el f.d.p.)
- ✍ Máquinas especiales
 - ✓ Motor monofásico de repulsión (Thompson 1887)
 - ✓ Motor de c.a. serie o motor universal (Wilson 1891)
 - ✓ Conmutatriz o convertidor síncrono (Para pasar de c.c. a c.a. o viceversa)
 - ✓ Utilizado en transporte
 - ✓ Teoría debida a Blondel (1900)
 - ✓ Dinamo Rosenberg (Rosenberg, 1904)
 - ✓ Amplidina, Metadina, Rototrol, Magnicón
 - ✓ Motores paso a paso
 - ✓ Motores de reluctancia variable
 - ✓ Syncros. Etc



Transformadores

✍ Origen

- ✓ Bobina de inducción (Faraday, 1831)
- ✓ Generador secundario (Gaulard-Dixon, 1884) permitía el transporte de e.e.

✍ Transformador

- ✓ Fábrica Ganz (Budapest) Deri, Bláthy, Zipernowsky (1884)
- ✓ Westinghouse compra la patente y fabrica transformadores (1885)

✍ Desarrollos tecnológicos

- ✓ Mejora de materiales
 - ✓ Chapas magnéticas. Laminado en caliente Si añadido al Fe disminuye las pérdidas
 - ✓ Laminado en frío. Chapas de grano orientado. Aleaciones amorfas
- ✓ Aislamientos
 - ✓ Hilo eléctrico cubierto por algodón, barnices, resinas
- ✓ Refrigeración
 - ✓ Aire, aceite, hidrógeno, helio líquido



Electrónica de potencia

- ✍ Rectificadores de vapor de mercurio (Schaefer, 1908)
- ✍ Tiratrón. Rectificador de vapor de Hg controlado (Ignitrón, 1928)
- ✍ Inversores. Convertidores estáticos c.c.-c.a. Prince, Fitzgerald. 1930.
- ✍ Cicloconvertidores (Rissik)
- ✍ Ferrocarriles rusos para motores de c.a. con colector a $16 \frac{2}{3}$ Hz
- ✍ Transistor de unión (Shockley, 1947)
- ✍ Rectificadores de estado sólido
- ✍ Tiristor o SCR. Moll (Laboratorios Bell, 1956)
- ✍ Triac, diac, UJT, PUT
- ✍ Tecnología MOSFET, GTO, IGBT, MCT.



Electromagnetismo.Nombres clave.

- 📌 Tales de Mileto (624-543 a.C.) León Foucault (1819-1868) Willian Gilbert (1544-1603)
- 📌 Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) Otto von Guericke (1602-1686)
- 📌 James Clerk Maxwell (1831-1879) Stephen Gray (1666-1736) George Westinghouse (1846-1914)
- 📌 F. De Cisternay Du Fay (1698-1739) Alexander Graham Bell (1847-1922)
- 📌 Benjamín Franklin (1706-1790) Thomas Alva Edison (1847-1931)
- 📌 Joseph Priestley (1733-1804) John Hopkinson (1849-1898)
- 📌 Charles Augustin de Coulomb (1736-1806) Heike Kamerlingh Onnes (1853-1926)
- 📌 Luigi Galvani (1737-1798) Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928) Alessandro Volta (1745-1827)
- 📌 Joseph John Thompson (1856-1940) André Marie Ampere (1775-1836) Nicola Tesla (1856-1943)
- 📌 Hans Christian Oersted (1777-1851) Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894)
- 📌 Georg Simon Ohm (1787-1854) Charles Proteus Steinmetz (1865-1923)
- 📌 Samuel Finley Morse (1791-1872) Robert Andrews Millikan (1868-1953)
- 📌 Michael Faraday (1791-1867) Guglielmo Marconi (1874-1937) Charles Wheatstone (1802-1875)
- 📌 Walter Houser Brattain (1902-1987) Heinrich Friederich Lenz (1804-1865)
- 📌 John Bardeen (1908-1991) James Prescott Joule (1818-1889)
- 📌 William Bradford Shockley (1910-1989)



BIOGRAFÍAS

📌 **Westinghouse, George** (1846-1914), inventor, ingeniero e industrial estadounidense. Nació en Central Bridge, Nueva York, y estudió en lo que es hoy el Union College en la Universidad de Schenectady, Nueva York. Su primer invento importante, elaborado mientras trabajaba en la fábrica de su padre en Schenectady, fue la *horquilla de ferrocarril* (aguja de cruce), un dispositivo que permitía a los trenes el paso de una vía a otra. Su invento más famoso, el freno neumático, lo realizó antes del año 1868. Aunque quedó probado con éxito ese año, el freno neumático no se puso en funcionamiento hasta después de la aprobación en 1893 de la Railroad Safety Appliance Act.

📌 Westinghouse inventó otros dispositivos de seguridad, en particular para la señalización automática del ferrocarril; también desarrolló un sistema para transportar gas natural y obtuvo más de 400 patentes, muchas de ellas por maquinaria de corriente alterna. Junto a Charles Steinmetz, impulsó por primera vez la utilización de la energía de corriente alterna en Estados Unidos. [1]

📌 **Siemens, Werner von** (1816-1892), el mayor de cuatro hermanos, todos ellos distinguidos ingenieros e industriales. Nació en Lenthe, Alemania, y prestó servicios desde 1838 hasta 1849 como oficial de artillería en el ejército prusiano. En 1847 contribuyó a la fundación de la compañía Siemens & Halske para la producción de equipo telegráfico; la empresa con posterioridad, fabricó también equipos eléctricos. A Werner von Siemens se le debe el mérito de haber tendido en 1848 la primera línea de **telégrafos** alemana. Entre sus muchos inventos y descubrimientos eléctricos están la dinamo y el uso de la gutapercha, una sustancia plástica extraída del látex, muy útil para aislar cables eléctricos. [2]

📌 **Siemens, Sir William** (1823-1883), hermano de **Werner von Siemens**, inventor y fundador de industrias de acero y eléctricas. Su nombre originario era el de Karl Wilhelm Siemens. Nació en Lenthe, Alemania, emigró a Inglaterra en 1844 y desde entonces dirigió la filial inglesa de la empresa Siemens & Halske. Se hizo ciudadano británico en 1859 y fue nombrado *sir* en 1883. Siemens es famoso por el desarrollo de la caldera a hogar abierto, que patentó en 1856 y con posterioridad se aplicó para fabricar acero. Fue también un pionero en el uso de la energía eléctrica y una de las principales autoridades británicas en los campos de la ciencia y de la ingeniería. [3]

[



BIOGRAFÍAS

- 📌 **Edison, Thomas Alva** (1847-1931), inventor estadounidense cuyo desarrollo de una práctica bombilla o foco eléctrico, un sistema generador de electricidad, un aparato para grabar sonidos y un proyector de películas, ha tenido profundos efectos en la configuración de la sociedad moderna.
- 📌 Nació en Milan (Ohio) el 11 de febrero de 1847. Sólo fue a la escuela durante tres meses en Port Huron (Michigan). Cuando tenía 12 años empezó a vender periódicos en una estación de ferrocarril, dedicando su tiempo libre a la experimentación con imprentas y con distintos aparatos mecánicos y eléctricos. En 1862 publicó un semanario, el *Grand Trunk Herald*, impreso en un vagón de mercancías que también le servía como laboratorio. Por salvar la vida del hijo de un jefe de estación, fue recompensado con la realización de un curso de telegrafía. Mientras trabajaba como operador de **telégrafos**, realizó su primer invento destacado, un repetidor telegráfico que permitía transmitir mensajes automáticamente a una segunda línea sin que estuviera presente el operador.
- 📌 Edison anunció en 1877 el invento de un fonógrafo mediante el cual se podía grabar el sonido en un cilindro de papel de estaño. Dos años más tarde exhibió públicamente su bombilla o foco eléctrico incandescente, su invento más importante (véase **Iluminación eléctrica**). Este invento tuvo un éxito extraordinario y, rápidamente, Edison se ocupó del perfeccionamiento de las bombillas y de las dinamos para generar la corriente eléctrica necesaria. En 1882 desarrolló e instaló la primera gran central eléctrica del mundo en Nueva York. Sin embargo, más tarde, su uso de la corriente continua se vio desplazado ante el sistema de corriente alterna desarrollado por los inventores estadounidenses **Nikola Tesla** y **George Westinghouse**.



BIOGRAFÍAS

📌 **Volta, Alessandro, conde** (1745-1827), físico italiano, conocido por sus trabajos sobre la electricidad. Nació en Como y estudió allí, en la escuela pública. En 1774 fue profesor de física en la Escuela Regia de Como y al año siguiente inventó el electróforo, un instrumento que producía cargas eléctricas. Durante 1776 y 1777 se dedicó a la química, estudió la electricidad atmosférica e ideó experimentos como la ignición de gases mediante una chispa eléctrica en un recipiente cerrado. En 1779 fue profesor de física en la Universidad de Pavía, cátedra que ocupó durante 25 años. Hacia 1800 había desarrollado la llamada **pila** de Volta, precursora de la **batería** eléctrica, que producía un flujo estable de electricidad. Por su trabajo en el campo de la electricidad, Napoleón le nombró conde en 1801. La unidad eléctrica conocida como **voltio** recibió ese nombre en su honor. Véase también **Electricidad: Historia**.[\[1\]](#)

📌 **Faraday, Michael** (1791-1867), físico y químico británico, conocido principalmente por sus descubrimientos de la **inducción** electromagnética y de las leyes de la electrólisis.

📌 Faraday nació el 22 de septiembre de 1791 en Newington (Surrey). Era hijo de un herrero y recibió poca formación académica. Mientras trabajaba de aprendiz con un encuadernador de Londres, leyó libros de temas científicos y realizó experimentos en el campo de la **electricidad**. En 1812 asistió a una serie de conferencias impartidas por el químico **sir Humphry Davy** y envió a éste las notas que tomó en esas conferencias junto con una petición de empleo. Davy le contrató como ayudante en su laboratorio químico de la Institución Real y en 1813 le llevó con él a un largo viaje por Europa. Faraday entró en la Sociedad Real en 1824 y al año siguiente fue nombrado director del laboratorio de la Institución Real. En 1833 sucedió a Davy como profesor de **química** en esa institución. Dos años más tarde le fue concedida una pensión vitalicia de 300 libras anuales. Faraday recibió numerosos galardones científicos.