OTROS ELEMENTOS ELÉCTRICOS.

El primer sistema comercial de energía eléctrica, desarrollada por Thomás Alva Edison, era estrictamente un sistema de corriente contínua. La mayoría de los científicos estaban convencidos que la corriente alterna no era segura ni práctica para uso comercial y que no tenían ninguna ventaja compensadora. Ahora, sin embargo, los sistemas de energía eléctrica están basados casi exclusivamente en corriente alterna.

OBJETIVOS.

1.- Definir cada uno de los términos, conceptos, principios y leyes incluidos en el capítulo.

2.- Calcular, dado los datos apropiados, la inductancia y la capacitancia equivalente en: un circuito serie, un circuito paralelo y un circuito mixto.

3.- Dados los datos apropiados, calcular la reactancia inductiva y la reactancia capacitiva.

4.- Diferenciar entre transformadores elevadores y transformadores reductores, y aplicar las fórmulas $E_p/E_s = N_p/N_s$ e $I_s/I_p = N_p/N_s$, resolviendo problemas.

5.- Resolver problemas con circuitos RLC, calculando la impedancia y la potencia.

6.- Explicar el funcionamiento de un diodo como rectificador de media onda.

7.- Explicar brevemente el funcionamiento de un transistor.

8.- Diferenciar entre un transistor NPN y un transistor PNP.

PROCEDIMIENTO.

1.- Lee en forma general y rápida el capítulo VII.

2.- Subraya lo más importante del capítulo.

3.- Extracta las definiciones y analízalas ampliamente.

4.- Escribe un resumen del capítulo.

5.- Escribe en una cartulina las ecuaciones fundamentales del capítulo.

6.- Analiza detenidamente los problemas resueltos.

7.- Resuelve los problemas de la autoevaluación llegando a los resultados marcados.

NOTA:

Es pre-requisito entregar completamente resueltos los problemas nones de la autoevaluación del capítulo VI en hojas tamaño carta.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

CAPÍTULO VII.

OTROS ELEMENTOS ELÉCTRICOS.

El estudio de la electricidad y la electrónica gira en torno a las características de los circuitos, tales como la inductancia, la capacitancia, la resistencia y las combinaciones de estas componentes en serie y en paralelo.

7-1 INDUCTANCIA.

La *inductancia* puede definirse como *la capacidad de un circuito eléctrico de oponerse o resistirse a un cambio de corriente*. Esta resistencia al cambio de corriente es el resultado de la energía almacenada dentro del campo magnético de la bobina. Todas las bobinas de alambre tienen inductancia.

Una bobina conectada a una fuente (fig. 1), producirá un campo magnético, cuando se cierra el circuito. El campo magnético en expansión que atraviesa el devanado de la bobina, inducirá un voltaje o fuerza contra electromotriz, que se opondrá al voltaje de la fuente y a la elevación de la corriente. Cuando ésta última alcanza su valor máximo y no hay más cambios, no se inducirá ya la fuerza contra electromotriz. La corriente, entonces, estará limitada sólo por la resistencia en ohms del conductor. Sin embargo, si el voltaje de la fuente se desconecta, la corriente tenderá a caer a cero; pero la disminución en el campo magnético inducirá de nuevo una fuerza contra electromotriz que retrasará la reducción de corriente.

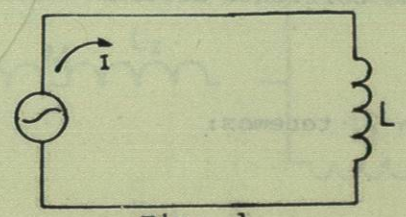

Fig. 1.

La inductancia de la bobina se opone a cualquier cambio en el valor de la corriente. El símbolo para la inductancia es la letra mayúscula L y se mide en una unidad llamada *henrio* (h). Un henrio representa la inductancia de una bobina si se produce un voltio de FEM inducida, cuando la corriente cambia al ritmo de un amperio por segundo. Con esto tenemos la siguiente ecuación:

$$E = L \frac{\Delta I}{\Delta t} \qquad (1)$$

donde:

E = voltaje inducido (voltios)
L = inductancia (henrios)
ΔI = cambio de corriente (amperios)
Δt = cambio de tiempo (segundos)

Debido a que el efecto de la inductancia reduce la corriente de electrones, se puede pensar que se parece en algo a la resistencia. La medición de este efecto se llama *reactancia inductiva*, para distinguirla de la verdadera resistencia cuando la energía eléctrica se convierte en calor.

$$X_L = 2 \pi fL \qquad (2)$$

donde:

X_L = reactancia inductiva (Ω)
f = frecuencia (cps = ciclos por seg.)

Ejemplo 1. Una inductancia de 60×10^{-5} h esta conectada a la línea de 60 cps de corriente alterna. Calcular la reactancia inductiva.

Solución:

Por la ecuación 2, tenemos:

$$X_L = 2\pi fL$$

$$= 2 \times 3.1416 \times 60 \text{ cps} \times 60 \times 10^{-5} \text{ h.}$$

$$= .226 \ \Omega .$$

7-2 INDUCTANCIA MUTUA.

Cuando dos bobinas se encuentran dentro del alcance magnético, una de la otra, puede considerarse que tienen una *inductancia mutua*. Si están próximas una a la otra muchas líneas magnéticas del flujo de la primera se enlazarán con la segunda. La inductancia mutua de las dos bobinas pueden aumentarse considerablemente, si se utiliza un núcleo de hierro común para ambas.

Si todas las líneas de una atraviesan a las vueltas del devanado de la otra, existirá un *acoplamiento unitario*.

La cantidad de inductancia mutua la podemos calcular por medio de la siguiente ecuación:

$$M = K\sqrt{L_1 L_2} \qquad (3)$$

donde:

M = inductancia mutua (henrios)
K = coeficiente o porcentaje de acoplamiento
L_1 y L_2 = inductancias de las dos bobinas respectivamente (henrios).

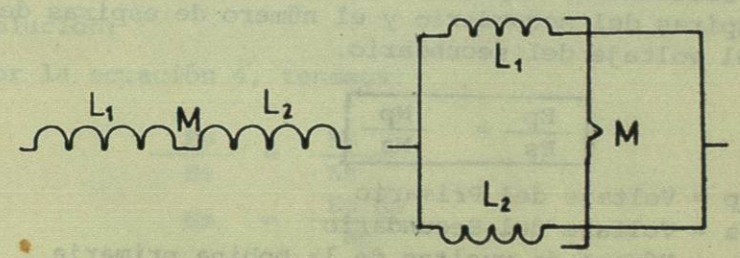

Fig. 2.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

Ejemplo 2. Dos bobinas, una de 144 h y otra de 225 h, están con un 80 % de acoplamiento. Calcular la inductancia mutua.

Solución:

Por la ecuación 3, tenemos:

$$M = K\sqrt{L_1 L_2}$$

$$= .8 \sqrt{144h \times 225h}$$

$$= 144 \text{ h.}$$

7-3 TRANSFORMADOR.

Michael Faraday, fué un científico inglés, que hizo muchos estudios sobre el electromagnetismo, estos estudios lo condujeron al descubrimiento de la inducción mutua, que es el principio en que se basan los transformadores.

Faraday dedujo que el carácter de la tensión inducida depende de la cantidad de flujo que une a un circuito. Otra cosa que nos dice la ley de Faraday es que la tensión en una bobina es proporcional al número de espiras de dicha bobina.

El *transformador simple* está formado por dos bobinas, muy cerca entre sí, pero aisladas eléctricamente. A la bobina a la cual se le aplica corriente alterna, se le llama *primario*, este a su vez genera un campo electromagnético, que atraviesa el enrollamiento de la otra bobina, llamada *secundaria*. Suponiendo que todas las líneas atraviesan las espiras del secundario, dependerá de la relación entre el número de espiras del secundario y el número de espiras del primario, el voltaje del secundario.

$$\boxed{\frac{Ep}{Es} = \frac{Np}{Ns}} \qquad (4)$$

Ep = Voltaje del Primario
Es = Voltaje del Secundario
Np = Número de vueltas de la bobina primaria
Ns = Número de vueltas de la bobina secundaria

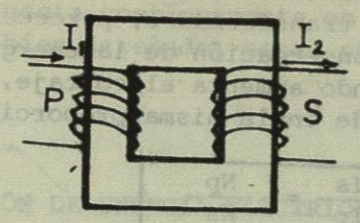

Fig. 3.

Por lo tanto, el voltaje en el secundario será:

$$\boxed{Es = \frac{Ep\ Ns}{Np}}$$

Dentro de los transformadores simples podemos tener transformadores elevadores y transformadores reductores. En el transformador elevador, Np < Ns. Y en el transformador reductor Np > Ns

Ejemplo 3. Un transformador elevador tiene 125 vueltas en la bobina primaria y 25,000 vueltas en la secundaria. Si el primario está conectado a una línea de 220 voltios, de corriente alterna, encontrar el voltaje entregado en las terminales del secundario.

Solución:

Por la ecuación 4, tenemos:

$$\frac{Ep}{Es} = \frac{Np}{Ns}$$

$$Es = \frac{Ep\ Ns}{Np}$$

$$= \frac{220 \text{ voltios} \times 25000 \text{ vueltas}}{125 \text{ vueltas}}$$

$$= 44{,}000 \text{ voltios.}$$

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

7-4 POTENCIA.

El aumento o disminución de voltaje de una corriente alterna por medio de un transformador, parece ser una violación a la ley de la conservación de la energía. En realidad no es así, porque cuando aumenta el voltaje, la corriente simultáneamente desciende en la misma proporción.

$$\boxed{\frac{Is}{Ip} = \frac{Np}{Ns}} \qquad (5)$$

$$\boxed{Is = \frac{Np\ Ip}{Ns}} \qquad (6)$$

Is = corriente del secundario.
Ip = corriente del primario.

Ejemplo 4. Si en ejemplo 3, la corriente del primario es de 100 A, encontrar la corriente en el secundario.

Solución:

Por la ecuación 6, tenemos:

$$Is = \frac{Np\ Ip}{Ns}$$

$$= \frac{125 \text{ vueltas} \times 100 \text{ A}}{25000 \text{ vueltas}}$$

$$= 0.5 \text{ A.}$$

ó

$$Is = \frac{Vp\ Ip}{Vs}$$

$$= \frac{220 \text{ voltios} \times 100 \text{ A}}{44000 \text{ voltios}}$$

$$= 0.5 \text{ A}$$

Cuando por ejemplo, un transformador se usa para elevar 100 veces el voltaje que se suministra al primario, la corriente en el secundario es 1/100 de la corriente en el primario. Entonces:

$$\boxed{VpIp = Vs\ Is} \qquad (7)$$

En la práctica, esto no es completamente cierto, porque un transformador no es 100 % efectivo. Una pequeña cantidad de energía se gasta contínuamente en forma de calor. En un transformador bien diseñado, estas pérdidas no deben exceder de un 2 ó 3 %.

7-5 TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

En la transmisión de energía eléctrica por medio de cables a largas distancias, los transformadores son indispensables. Por ejemplo, en la central eléctrica situada en alguna presa alejada, la energía eléctrica se produce en enormes generadores de corriente alterna a un voltaje relativamente bajo de varios miles de voltios. Si se intentara transmitir esta energía eléctrica a un voltaje de casi 2200 voltios, por muchos kilómetros de cable a una ciudad lejana, la intensidad de corriene sería tan grande que casi toda se consumiría en calentar dicho cable. Deben recordar del capítulo anterior que el calor generado es proporcional al cuadrado de la corriente:

$$\boxed{Calor = 0.24\ I^2\ Rt} \qquad (8)$$

Para evitar las grandes pérdidas caloríficas, los transformadores en las centrales eléctricas elevan el voltaje hasta unos 220,000 voltios antes de mandar la corriente por la línea de transmisión. Al llegar la línea de transmisión a la ciudad, una subestación reduce el voltaje a su valor original de 2200 voltios. Desde allí, se distribuye la energía por varios ramales. A diferentes sectores de la ciudad, donde se usan transformadores más pequeños, uno cerca de cada grupo de varias casas, disminuyendo otra vez el voltaje a valores relativamente seguros de 110 ó 220 voltios.

Ejemplo 5. Si un transformador recibe en el primario 2200 voltios y en el secundario se obtienen 220000 voltios. ¿Cuál sería la proporción de pérdidas en calor, no usando el

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

transformador y usando el transformador?

Sin transformador:

$$Q_1 = 0.24\ Ip^2\ Rt$$

Con transformador:

$$Q_2 = 0.24\ Is^2\ Rt$$

Solución:

Por la ecuación 6, tenemos:

$$Is = \frac{Vp\ Ip}{Vs}$$

$$Is = \frac{2200\ (\text{voltios})\ Ip}{220000\ (\text{voltios})}$$

$$= \frac{1}{100}\ Ip$$

$$Q_2 = 0.24\ \left(\frac{Ip}{100}\right)^2\ Rt$$

$$= 0.24\ \frac{Ip^2}{10^4}\ Rt$$

$$= \frac{1}{10^4} \times 0.24\ Ip^2\ Rt$$

Pero como el segundo miembro es igual a Q_2, tenemos:

$$Q_2 = Q_1/10^4$$

Por lo tanto, Q_2 es diezmilésima parte de Q_1. Es decir, se produce la diezmilésima parte en pérdidas de calor.

7-6 INDUCTANCIA EN SERIE Y EN PARALELO.

Si se conectan inductancias en serie, podemos calcular la inductancia equivalente.

$$\boxed{Leq = L_1 + L_2 + \ .\ .\ .\ .\ + Ln} \qquad (9)$$

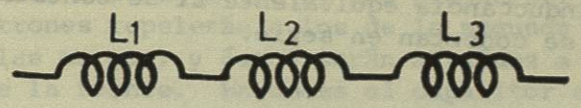

Fig. 4.

Si existe inductancia mutua entre dos inductancias en serie, tenemos:

$$\boxed{Leq = L_1 + L_2 \pm\ 2M} \qquad (10)$$

El signo (±) antes de la M, indica que debe utilizarse (+) cuando las bobinas se suman una a la otra, y (-), cuando los campos magnéticos se oponen entre sí.

Para bobinas conectadas en paralelo podemos calcular la leq con la siguiente ecuación:

$$\boxed{\frac{1}{Leq} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \ .\ .\ .\ .\ + \frac{L}{Ln}} \qquad (11)$$

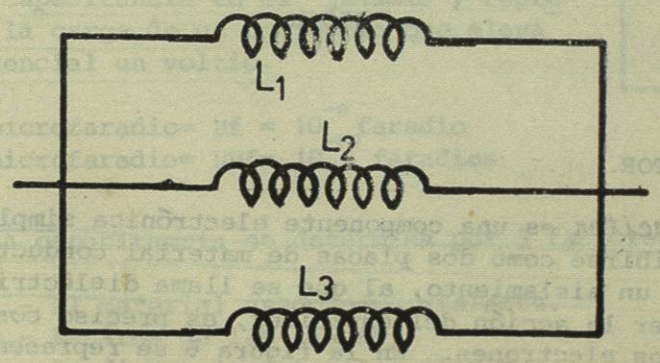

Fig. 5.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

Ejemplo 6. Tres inductancias de 50 h, 100 h y 150 h. a) Calcular la inductancia equivalente si se conectan en paralelo y b) si se conectan en serie.

Solución:

a) Por la ecuación 11, tenemos:

$$\frac{1}{Leq} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$

$$\frac{1}{Leq} = \frac{1}{50\ h} + \frac{1}{100\ h} + \frac{1}{150\ h}$$

$$\frac{1}{Leq} = \frac{6 + 3 + 2}{300\ h}$$

$$Leq = \frac{300\ h}{11}$$

$$Leq = 27.27\ h.$$

b) Por la ecuación 10:

$$Leq = L_1 + L_2 + L_3$$
$$= 50\ h + 100\ h + 150\ h$$
$$= 300\ h$$

7-7 CAPACITOR.

Un *capacitor* es una componente electrónica simple, que puede describirse como dos placas de material conductor, separadas por un aislamiento, al que se llama dieléctrico. Para comprender la acción del capacitor, es preciso conocer la teoría de los electrones. En la figura 6 se representa al capacitor como dos placas metálicas, separadas por aire y conectadas a una fuente de voltaje de la corriente directa. El circuito está abierto, ya que no existe ningún contacto físico entre las placas. No obstante el medidor (M) del circuito mostrará un flujo momentáneo de corriente, cuando se cierra el interruptor. Los electrones de la terminal negativa de la fuente fluirán a una de las placas del capacitor. Estos electrones repelerán a los de la segunda placa (como se repelen las cargas) y éstos serán atraídos a la terminal positiva de la fuente. Entonces el capacitor estará cargado con el mismo potencial que la fuente y se opondrá al voltaje de ella. Puede retirarse el capacitor del circuito y permanecerá cargado. La energía se almacena en el campo eléctrico del capacitor.

Muchos capacitores grandes de radios, televisiones y otros dispositivos electrónicos, conservan su carga después de que se corta la energía. Estos capacitores deberán descargarse poniendo en contacto sus terminales con el chasis del aparato de que se trate, por medio de un destornillador o desarmador aislado.

La *constante dieléctrica* es la capacidad de un material para soportar un campo eléctrico y *capacitancia* es *la propiedad de oponerse a cualquier cambio de voltaje.*

La capacitancia de un capacitor se determina por medio del número de electrones que pueden almacenarse en él por cada voltio aplicado. La unidad de medición de la capacitancia es el *faradio* y representa la carga de un coulombio que eleva al potencial un voltio.

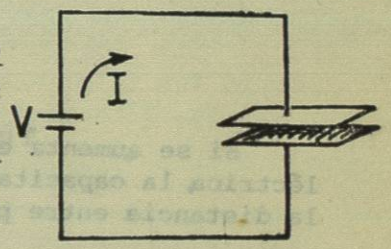

Fig. 6.

microfaradio= $\mu f = 10^{-6}$ faradio
micromicrofaradio= $\mu\mu f = 10^{-12}$ faradios

La capacitancia se determina por 3 factores:

1.- El material usado como aislante.
2.- El área de las placas.
3.- La distancia entre las placas.

Con estos factores, se obtuvo la siguiente ecuación:

$$\boxed{C = E_o\ K\ \frac{A}{d}} \qquad (12)$$

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

donde:

$E_o = 8.85 \times 10^{-12}$
K = constante dieléctrica
A = área de un lado de una placa en m^2
d = distancia entre placas en m.

Ejemplo 7. Dos hojas rectangulares de papel de estaño de 25 cm x 25, cm están pegadas a las caras opuestas de una lámina de 0.2 mm de grueso. Calcular la capacitancia si la constante dieléctrica es 6.

Solución:

Por la ecuación 12, tenemos:

$$C = E_o K \frac{A}{d}$$

$$= 8.85 \times 10^{-12} \times 6 \times \frac{.25m \times .25m}{1 \times 10^{-4} m}$$

$$= 1.66 \times 10^{-8} \text{ faradios}$$

$$= 0.0166 \ \mu f$$

Si se aumenta el área de las placas y la constante dieléctrica, la capacitancia aumenta y disminuye si se aumenta la distancia entre placas.

7-8 CAPACITORES EN SERIE Y EN PARALELO.

Si tenemos dos o más capacitores en serie, podemos calcular la Ceq del circuito por medio de la siguiente ecuación:

$$\boxed{\frac{1}{Ceq} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots + \frac{1}{Cn}} \qquad (13)$$

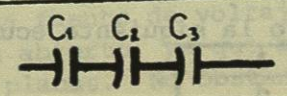

Fig. 7.

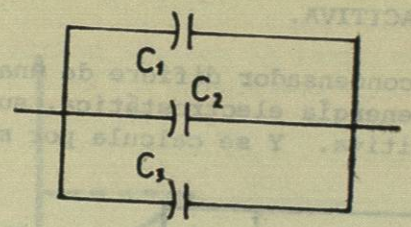

Fig. 8.

Y si es un circuito con capacitores en paralelo, por medio de la ecuación:

$$\boxed{Ceq = C_1 + C_2 + \ldots + Cn} \qquad (13\,a)$$

Ejemplo 8. Encontrar los valores de capacidad, a) si conectamos en paralelo; b) si conectamos en serie los siguientes capacitores: 4 μ f, 8 μf y 24 μ f.

Solución:

a) Por la ecuación 12a, tenemos:

$$Ceq = C_1 + C_2 + C_3$$

$$= 4\,\mu f + 8\,\mu f + 24\,\mu f$$

$$= 36\,\mu f$$

b) Por la ecuación 12, tenemos:

$$\frac{1}{Ceq} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$\frac{1}{Ceq} = \frac{1}{4\,\mu f} + \frac{1}{8\mu f} + \frac{1}{24\,\mu f}$$

$$\frac{1}{Ceq} = \frac{6 + 3 + 1}{24\,\mu f}$$

$$Ceq = \frac{24\,\mu f}{10}$$

$$= 2.4\,\mu f$$

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA