



Facultad de Estudios Superiores

Acatlán

TALLERES Y LABORATORIOS DE LICENCIATURA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

MANUAL DE PRÁCTICAS LABORATORIO DE INSTALACIONES I FESA PAL IIC INI

ELABORÓ:

PROFESOR

Ing. Enrique Castañeda García

REVISIÓN
TÉCNICA:

JEFE DE SECCIÓN

Ing. Cristian José Castro Santiago

COORDINADOR DEL
PROGRAMA DE
INGENIERÍA CIVIL

Ing. Omar Ulises Morales Dávila

REVISIÓN DE
GC:

RESPONSABLE DE
GESTIÓN DE LA CALIDAD

Esp. Fanny Maricela Bernal Herrera

AUTORIZÓ:

REPRESENTANTE DE LA
DIRECCIÓN/
COORDINADOR DE
SERVICIOS ACADÉMICOS

Mtro. Fernando Martínez Ramírez

Fecha de Emisión: 2024.02.01

CONTENIDO

Número de sesión práctica	Nombre	Página
1	Conocimiento del material , equipo de laboratorio y normas de Seguridad	3
2	Carga eléctrica y Ley de Charles Coulomb	12
3	Medición de corriente Eléctrica	20
4	Circuitos de corriente directa y corriente Alterna	27
5	Inducción Electromagnética	38
6	Transformadores	46
7	Generadores de corriente directa y de corriente Alterna	59
8	Motores de corriente alterna Monofásicos	71
9	Motores de corriente alterna Trifásicos	78
10	Conexiones básicas en instalaciones Eléctricas	88

SESIÓN PRÁCTICA No. 1
**CONOCIMIENTO DEL MATERIAL, EQUIPO DE
LABORATORIO Y NORMAS DE SEGURIDAD**

1. OBJETIVO:

El alumno conocerá el equipo a utilizar durante el desarrollo del semestre y las normas fundamentales de seguridad en el laboratorio.

2. ANTECEDENTES TEÓRICOS:

La energía eléctrica es actualmente la base principal de la actividad humana, pues no existe rama de la industria que no la utilice directa o indirectamente. Todas las facetas más importantes se pueden presentar desde una urbe superpoblada hasta la pequeña aldea, están más o menos relacionadas con esta rama de la física que a la mayoría de las gentes parece tan misteriosa.

Resulta natural lo anterior si se considera que la mayoría de nuestros sentidos no perciben directamente los fenómenos debidos a la electricidad, por lo que es necesario la intervención de instrumentos sencillos o complicados en su manejo e interpretación para así poder tener una idea clara del comportamiento de tal energía. Por lo mismo, la preparación de las personas para manejar y estar en contacto con tales fenómenos ha de ser más cuidadosa y completa, que la requerida para otras actividades o profesiones.

El técnico que trabaja con electricidad, dispositivos electrónicos, motores y otras máquinas rotatorias; tiene que usar frecuentemente herramientas de mano y mecánicas para construir los prototipos de nuevos dispositivos o realizar experimentos; utiliza instrumentos de prueba para medir las características eléctricas de los componentes, dispositivos y sistemas electrodinámicos. Por consiguiente, es esencial que el estudiante aprenda los principios de seguridad, en cuanto comienza su carrera y que practique estos principios en toda su actividad subsiguiente de trabajo.

La realización del trabajo en condiciones de seguridad requiere seguir deliberadamente un procedimiento apropiado para cada labor.

Antes de emprender una tarea, debe tenerse perfecto conocimiento de lo que tiene que hacer y de cómo ha de realizarlo.

La seguridad es responsabilidad de todos. Todo mundo debe cooperar para crear las condiciones de trabajo más seguras posibles. Puesto que de esto depende su vida y la integridad de su persona, la seguridad es su propia responsabilidad. **PIENSE ANTES DE ACTUAR, NO SEA INCONSCIENTE.** Si usted se expone a un choque eléctrico letal, es cuestión en la que solamente usted como individuo tiene mayor control que cualquier otra persona.

Las reglas de seguridad que se explican en este experimento de laboratorio, son aplicables tanto a usted como persona y al grupo en general.

Las fuentes de energía son usadas para suministrar energía en experimentos de laboratorio. Aunque existen muchas distintas clases de fuentes de energía para uso general teniendo todas tienen algo en común.

Código: FESA PAL IIC INI Fecha de emisión: 2024.02.01 Revisión: 07

Los voltajes y corrientes empleados en las sesiones prácticas de laboratorio, generalmente no son dañinos para una persona sana. Sin embargo, cuando un choque eléctrico sorprende a una persona, produce incomodidad y su reacción puede producir daños secundarios. Aunque el choque sea relativamente inocuo, puede producir daños muy graves cuando los violentos espasmos musculares involuntarios casi lanzan el cuerpo contra muros, bancos de trabajo, objetos peligrosos,...

El profesor es la persona más indicada para orientar con seguridad su trabajo en el laboratorio.

Reglas de seguridad para evitar accidentes en el laboratorio de electricidad

1. No participe en juegos.
2. Haga que su profesor apruebe su trabajo antes de comenzar, le ahorrará tiempo y ayudará a impedir accidentes.
3. Informe inmediatamente de cualquier irregularidad o accidente que se produzca.
4. Mantenga limpios los pisos y áreas de trabajo.
5. Use correctamente el equipo y las herramientas, según los métodos apropiados.
6. No hable ni distraiga a condiscípulos cuando estén trabajando.
7. Jamás deje una máquina funcionando o a punto de detenerse.
8. Al trabajar con circuitos eléctricos siga con las indicaciones enunciadas a continuación:
 - Trate de mantener una mano (específicamente en su izquierda) en su bolsillo o detrás de usted al realizar mediciones de voltaje y corriente. Si una de sus manos está en contacto con el circuito y la otra con “tierra”, como el tablero metálico o gabinete de una parte del equipo de prueba, la corriente pasa por el pecho por donde están localizados el corazón y pulmones, lo cual es muy peligroso.
 - Con la electricidad, “no vale la ignorancia”. Si tiene dudas acerca de la manera en que está conectado un circuito, pida a su profesor que lo verifique antes de que usted suministre energía.
 - Los capacitores electrolíticos y los de magnitudes grandes pueden mantener una carga de voltaje por varias horas después de que se halla interrumpido la energía. Acostúmbrese a verificar si están totalmente desconectados, poniéndolos en corto circuito con un desarmador o caimán aislados antes de trabajar en un circuito:
 - Asegúrese de saber utilizar los equipos de seguridad y localizar las áreas de seguridad.

Operación correcta de las fuentes de energía

1. Antes de encender la fuente de energía, inspeccione cuidadosamente la disposición del equipo a utilizar y la lea cuidadosamente de la prueba o sesión práctica.
2. Asegúrese de que la fuente de energía y los cables, estén conectados con la polaridad correcta.
3. Asegúrese de que todos los controles de voltaje variable, estén colocados para el voltaje mínimo antes de suministrar energía.
4. Después de que conecte y encienda la fuente de energía, accione lentamente el control de voltaje variable hasta el voltaje deseado.
5. Si el voltaje de salida no cambia cuando se accione el control de voltaje, verifique el interruptor del circuito, ya que puede estar abierto. La lámpara de encendido-apagado muestra solamente que hay electricidad aplicada en la entrada de la fuente de energía, pero no indica que haya voltaje en las terminales de salida, antes de restablecer el interruptor del circuito, vuelva el control de voltaje a la posición mínima y corrija toda causa de sobrecarga. Luego oprima y libere el control para restaurar.
6. Si las terminales de salida están protegidas por un fusible en vez de interruptor de circuito, consulte con su profesor antes de reemplazar el fusible.

3. EQUIPO Y MATERIAL REQUERIDO:

- Cables de conexión.
- Resistencias.
- Palmer.
- Interruptores.
- Capacitores.
- Puentes.
- Generador Wimshurst.
- Fuentes de energía de corriente directa y corriente alterna
- Consola con sus módulos.
- Multímetros.
- Amperímetros de corriente directa.
- Miliamperímetros de corriente directa.
- Micro amperímetros de corriente directa.
- Amperímetros de corriente alterna.
- Voltímetros de corriente directa.
- Voltímetros de corriente alterna.

4. DESARROLLO DE LA SESIÓN PRÁCTICA:

1. Descripción del equipo y precauciones.

Fuente de energía.- La fuente de energía, si se maneja de la siguiente manera, dará muchos más años de operación satisfactoria y no presentará peligro al usuario Fig.1.1

Descripción general de las fuentes de energía:

- a) En general todas las fuentes de energía variable tienen interruptores de conexión, que pueden o no ser del tipo de llave. La posición correcta normalmente se indica por medio de una lámpara.
- b) Todas las fuentes de energía variable tienen algún tipo de perilla de control, para hacer variar la tensión de salida.
- c) La salida o salidas de la fuente de energía normalmente están protegidas contra sobrecargas por algún medio, como por ejemplo, un fusible o un interruptor de circuito.
- d) La salida tiene normalmente dos terminales que pueden tomar muchas formas, como ejemplo: postes, mordazas de banana, receptáculos,...
- e) Todas las fuentes de energía para el campo educativo, deben tener las cubiertas y los tableros conectados eléctricamente a tierra, por medio de un sistema de entrada de tres conductores.



Fig. 1.1 Fuente de Energía

2. Operación correcta de las fuentes de energía:

De acuerdo a la Fig. 1.2, considere los siguientes puntos:

- Inspeccione cuidadosamente el circuito, comprobando la polaridad correcta de las puntas que van a las terminales de la fuente de energía (rojo a rojo, negro a negro) y a todos los medidores de indicación.
- Asegúrese de que todos los controles de tensión variable, están puestos a su salida mínima, antes de conectar el interruptor.
- Haga girar lentamente la perilla apropiada de control hasta que se obtenga la tensión requerida.
- Si no se obtiene ninguna salida al accionar la perilla de control, compruebe para ver si un interruptor o fusible está abierto. La lámpara de conexión y desconexión sólo indica que el interruptor de corriente está en marcha y que la fuente de energía se encuentra activada.
- Para ajustar un interruptor, oprímase el botón de “reajuste” después de regresar la perilla de control a su punto mínimo y de retirar la causa de la sobrecarga.
- Si la fuente de energía tiene fusibles, consulte al maestro para obtener instrucciones subsecuentes.

3. Precauciones elementales en el manejo de instrumentos de medición.

Los instrumentos de medición son dispositivos delicados, por lo que se les debe tratar sin brusquedad (golpes, vibraciones, jalones,...) y sin apoyarse en ellos o rajarlos, además es necesario colocarlos adecuadamente en la posición de estabilidad del equipo para su fácil lectura.

Dichos instrumentos, tienen bornes para la fácil sujeción de conductores sin necesidad de forzar al apretarlos. Los bornes de un instrumento no son puntos de derivación, por lo tanto no se debe conectar más de un conductor en cada uno de ellos (Fig. 1.2).



Fig. 1.2 Instrumentos de Medición

Voltímetro

PRECAUCIONES BÁSICAS:

- Antes de tomar la lectura, conectar el voltímetro en el rango mayor.
- Conectar siempre en paralelo ver (Fig. 1.3).
- Observar la polaridad adecuada.
- En circuitos inductivos, evitar variaciones de condiciones mientras esté conectado el voltímetro, ya que los golpes inductivos pueden producir dobladuras o rompimiento de la aguja.
- Los voltímetros no deben conectarse permanentemente.

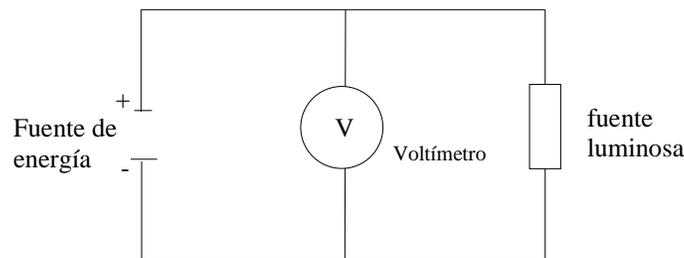


Fig. 1.3 Diagrama de conexión del voltímetro

Amperímetro

PRECAUCIONES BÁSICAS:

- Antes de tomar lectura, conectar el aparato en el rango mayor
- Conectar siempre en serie ver (Fig. 1.4).
- Observar las polaridades adecuadas.
- Evitar variaciones bruscas o de arranque que puedan dañar la aguja de este equipo.
- En caso de variaciones bruscas, conectar el pulsador (derivador) mientras subsista la variación, o conectarlo en el rango mayor.

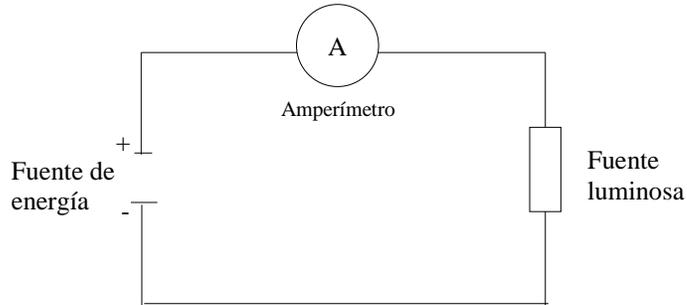


Fig. 1.4 Diagrama de conexión del Amperímetro

Ohmetro

PRECAUCIONES BÁSICAS:

- Ajustar a cero, poniendo en circuito corto sus terminales, antes de intercalar las resistencias incógnitas (Fig. 1.5).
- Observar la polaridad del instrumento con respecto a la polaridad correcta.
- Cuando se usa un Multímetro hay que tener el cuidado de escoger el rango y función adecuados antes de conectar para efectuar la medición.
- No medir con el circuito conectado a la energía.
- Conectar siempre en paralelo ver Fig. 1.5.

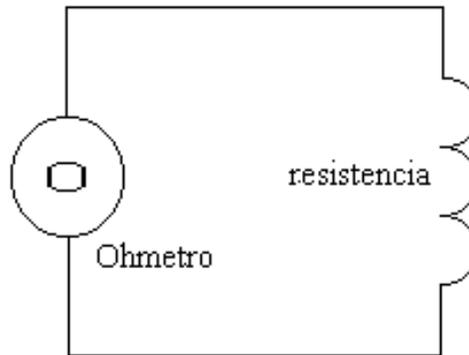


Fig. 1.5 Diagrama de conexión del Ohmetro

4. Conductores para instrumentos.

Características fundamentales:

- Los conductores para conectar los instrumentos, máquinas y accesorios en una prueba deberán ser flexibles.
- De preferencia, deben tener en sus extremos zapatas o conductores para que se tenga un buen contacto con los bornes y no se suelten los alambres trenzados provocando circuitos cortos facilitando su manejo y sin producir lastimaduras en las yemas de los dedos.
- La colocación de los conductores en los equipos de prueba y aparatos de medición, deben hacerse de una manera ordenada para facilitar la circulación, control e identificación por parte de las personas que llevan a cabo dicha prueba.
- Conocer la corriente permisible en los conductores empleados en las pruebas o experimentos.
- Usar cables de colores con longitud adecuada.
- Usar conectores de fijación mecánica, de preferencia de latón o cobre.
- Las terminales o bornes deben ser robustos mecánicamente.

5. Caso particular de medición de corriente eléctrica.

Armar el circuito eléctrico mostrado en la figura 1.6.

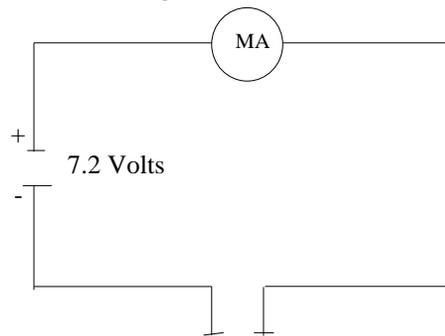


Fig. 1.6 Diagrama de medición de corriente eléctrica

Sujeta las puntas de prueba con tus manos, con el objeto de medir la corriente que circula a través

Registra la lectura de la corriente medida por el microamperímetro y compara el resultado con el de tus compañeros de grupo de laboratorio.

6. Primeros auxilios a los accidentados por descargas eléctricas.

PELIGRO DE LAS CORRIENTES ELÉCTRICAS.

La corriente tolerada, por el cuerpo humano sin que le produzcan trastornos es muy pequeña. En algunas sesiones prácticas de seguridad se indica que bastan voltajes de 20 a 40 volts en corriente alterna para producir la corriente máxima que pueden resistir las personas, durante breve tiempo para perder el gobierno voluntario de sus músculos. En experimentos realizados se tiene que 1.2 miliamperes con frecuencia de 60 ciclos, produjo shock ligero en las personas con las cuales se realizó el experimento; dándose como valor máximo el de 8 miliamperes el que pueden resistir sin sufrir molestias mayores.

Con frecuencias más altas, las tolerancias aumentan ligeramente siendo de unos 30 miliamperes para 11,000 ciclos.

Corriente (amperes)	Efecto
0.002-0.003	Umbral de la sensación
0.009	Sensación suave
0.01-0.02	Doloroso
0.02-0.03	No puede soltarse
0.03-0.04	Parálisis muscular
0.04-0.05	Choque severo
0.06-0.07	Respiración difícil
0.08-0.09	Mucha dificultad para respirar
0.1-0.2	Muerte

Tabla 1.1 Efectos del choque eléctrico en el cuerpo humano

La tabla 1.1 muestra los efectos del choque eléctrico en el cuerpo humano. La corriente eléctrica es la dañina para el ser humano. Una corriente de apenas un décimo de ampere puede ser fatal, sin embargo, si se interrumpe la corriente y se da tratamiento de inmediato, una persona quizás pueda sobrevivir a corrientes superiores a 0.2 amperes (200 miliamperes).

La causa de que no se produzcan lesiones, cuando se tocan conductores de hasta 125 volts es debido al gran poder aislante que tiene la piel humana cuando está seca e íntegra, pero basta que presente cortes o ampollas, para que en determinadas condiciones esa tensión de 125 volts pueda producir trastornos cardiacos mortales.

Por lo que antecede, es recomendable: no manipular ningún circuito eléctrico sin que previamente se haya cortado la corriente eléctrica, aunque sean circuitos de baja tensión.

Cuando se atiende a un accidentado por descargas eléctricas, debemos colocar a la víctima lo más apartado posible de los efectos de la corriente, procurando no tocarla con las manos, para no exponerse personalmente al peligro.

Para tensiones iguales como máximo a: 600 volts en corriente continua, 250 volts en corriente alterna monofásica, 250 volts a 430 volts en corriente alterna trifásica; apartar el conductor de la víctima mediante un palo o trozo de madera secos. Una bufanda o prenda análoga puede servir para retirar a la víctima sin tocarla directamente con las manos. Puede tirarse también de sus ropas sueltas para arrastrarlo. En todos los casos hay que tener presente que la humedad del suelo hace peligroso el salvamento, por lo que es conveniente situarse sobre un banco, silla, trozo de madera seco....

Si la víctima estuviera colgada, prever con anterioridad su posible caída. Para tensiones superiores a las indicadas, apartar el conductor mediante herramienta o bastón aislados convenientemente para la tensión de que se trate, ya sean empuñaduras de porcelana o vidrio. Si la tensión es superior a los 6 000 volts es necesario cortar siempre la corriente, si no se dispone a utilizar una pértiga y taburete aislados adecuadamente para la tensión del conductor.

Practicar la respiración artificial mientras se avisa al médico teniendo presente que:

Código: FESA PAL IIC INI Fecha de emisión: 2024.02.01 Revisión: 07

- a) La respiración artificial debe Practicarse en el mismo lugar de accidente sin perder un solo segundo, no debiendo trasladar al paciente a otro lugar hasta que respire normalmente, el traslado debe hacerse en posición boca arriba.
- b) No dar bebidas o líquido alguno hasta que el paciente haya recobrado el conocimiento; en este momento puede dársele un estimulante como café o té calientes.
- c) No interrumpir la respiración artificial hasta que se restablezca la respiración normal; si es necesario, continuarla durante 4 horas o más hasta que el médico señale que el paciente ha fallecido.
- d) Si tiene quemaduras graves, una vez restablecida la respiración normal, deben ser protegidas al aire. Puede aplicarse una compresa de gasa estéril o tela limpia y suave, empapadas con una solución templada de bicarbonato sódico (unas dos cucharadas de bicarbonato en un cuarto de litro de agua hervida o simplemente limpia), haciendo después un vendaje ligero con el trozo de gasa estéril o tela limpia.

Nota importante: Es de suma importancia el empezar la respiración artificial sin perder un solo segundo después de ocurrido el accidente, ya que las posibilidades de restablecer al accidentado disminuyen conforme va pasando el tiempo y no suspenderla sino se ha restablecido la respiración normal.

MÉTODO DE RESPIRACIÓN ARTIFICIAL DE SHAFER.

Acueste a la víctima boca abajo, con los brazos extendidos hacia adelante en toda su longitud. El operador se arrodilla echando cada pierna por un lado sobre la víctima, como si fuera a sentarse sobre sus pantorrillas; extiende los brazos colocando las manos abiertas sobre la espalda del accidentado, al nivel de las últimas costillas y de forma que los pulgares queden próximos y paralelos a la columna vertebral; presionar entonces con todo su peso en aumento gradual y lento durante unos tres segundos, apoyándose para ello sobre las manos. Luego dejar de presionar, pero conservando sus manos en la misma posición; al cabo de dos segundos aplíquese de nuevo la presión como antes. Este proceso consiste en repetir estos movimientos alternativos unas doce o quince veces por minuto, de acuerdo a su propia respiración.

5. RESULTADOS

No aplica

6. CONCLUSIONES:

Las propias de esta sesión práctica tanto personales como las realizadas en clase.

7. FUENTES DE CONSULTA:

Howard H. Gerrish. EXPERIMENTOS DE ELECTRICIDAD. Limusa Wiley. 1972.

José Manuel Espino Tavison ELECTRICIDAD. MANUAL DE EXPERIMENTACIÓN. A.P.S.A. S/F.

Joseph H. Foley. FUNDAMENTOS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS. Mc Graw-Hill. 1983.

Gilberto Enríquez Harper. FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD. INSTRUMENTOS. ELÉCTRICOS. Noriega - Limusa. 1990.

V. Carranza. LABORATORIO DE FÍSICA. Sin Ed.

SESIÓN PRÁCTICA NO. 2

CARGA ELÉCTRICA Y LEY DE CHARLES COULOMB

1. OBJETIVO:

Analizar el comportamiento de las cargas eléctricas y su principio de interacción, observando a partir de esta la existencia de campos eléctricos.

2. ANTECEDENTES TEÓRICOS:

El conocimiento de la existencia de cargas eléctricas se remonta a la época de la antigua Grecia, alrededor de 600 años antes de Cristo. Un filósofo griego llamado Tales de Mileto, descubrió en el ámbar amarillo la manifestación de las cargas eléctricas. Podemos repetir las experiencias de los griegos frotando una barra de ámbar (resina vegetal fósil producida por los árboles del mar Báltico) o ebonita (vulcanización del caucho endurecido con azufre) con un trozo de piel, y observar después cómo la barra es capaz de atraer trocitos de papel y así, otros materiales ligeros.

No se realizó ningún progreso notable en la interpretación de este fenómeno hasta los alrededores de 1600, cuando William Gilbert, comenzó un estudio detallado de las distintas clases de sustancias que se comportaban como el ámbar. Describió tales materiales como eléctricos (del nombre griego del ámbar, elektron). Gilbert llamó no eléctricos a los materiales en los que fue incapaz de encontrar esta fuerza atractiva. Ahora llamamos a estas dos clases de sustancias aislantes y conductores.

Cien años más tarde Dufay demostró que existen dos tipos de electrificación. Frotando entre sí aislantes de varias clases, pudo comprobar que en ciertas condiciones se repelían unas a otras. Sus resultados podían explicarse postulando la existencia de dos clases de cargas. Las fuerzas entre cuerpos que tienen cargas de igual clase resultan ser repulsivas, mientras que las fuerzas entre cargas desiguales son atractivas; para los cálculos se atribuye a un tipo de carga el signo positivo y el signo negativo al otro, como fue sugerido por primera vez por Benjamín Franklin.

Es arbitrario (y sin importancia) qué signo tiene un tipo dado de carga, pero, el establecer un convenio de signos nos permitirá introducir una formulación matemática muy concisa para los hechos experimentales.

La naturaleza proporciona pocos espectáculos más imponentes que el de los rayos. Desde 1740, Benjamín Franklin estudió la electricidad producida por fricción, cargas eléctricas que resultaban del frotamiento de dos superficies. Franklin propuso su famoso experimento de la cometa en 1750, y dos años más tarde demostró que el “fuego eléctrico” se podía traer desde una nube.

Todos podemos ver que hace la electricidad, pero no podemos ver a la propia electricidad a pesar de ello, para saber cómo se comporta la electricidad, debemos aprender a pensar en ella como si pudiéramos verla. Por fortuna, la mejor explicación de la energía eléctrica, la teoría electrónica es fácil de comprender. Esta teoría ayuda a formar imágenes en la mente de la manera en que fluye la electricidad, qué la hace fluir y qué la hace dejar de fluir.

Código: FESA PAL IIC INI Fecha de emisión: 2024.02.01 Revisión: 07

El mundo en el que vivimos está hecho de muchos millones de cosas diferentes que ocupan espacio y tienen peso. El nombre genérico para todas estas cosas es materia. La materia incluye: los edificios en que vivimos y trabajamos, la ropa que usamos, los automóviles que conducimos, el aire que respiramos, el agua que bebemos, incluso nuestros propios cuerpos.

Por diferentes que parezcan todos los materiales que nos rodean, los científicos han establecido que todas las cosas de nuestro mundo están en realidad constituidas por un grupo relativamente pequeño de bloques básicos de construcción de la naturaleza. Por medio de las acciones físicas y químicas en los laboratorios todas las sustancias sean sólidas, líquidas o gaseosas, se pueden descomponer en pequeñas partículas cada vez más pequeñas.

Este proceso de separar las sustancias en pequeñas partículas se puede continuar hasta obtener las partículas más pequeñas, la cual todavía conserva todas las características químicas de las porciones más grandes de las sustancias. Estas pequeñas partículas se llaman moléculas.

Al romper las moléculas se encontró que estas estaban formadas por otra clase de partícula más pequeña, a la que se le dio el nombre de átomo. Véase la figura 2.1

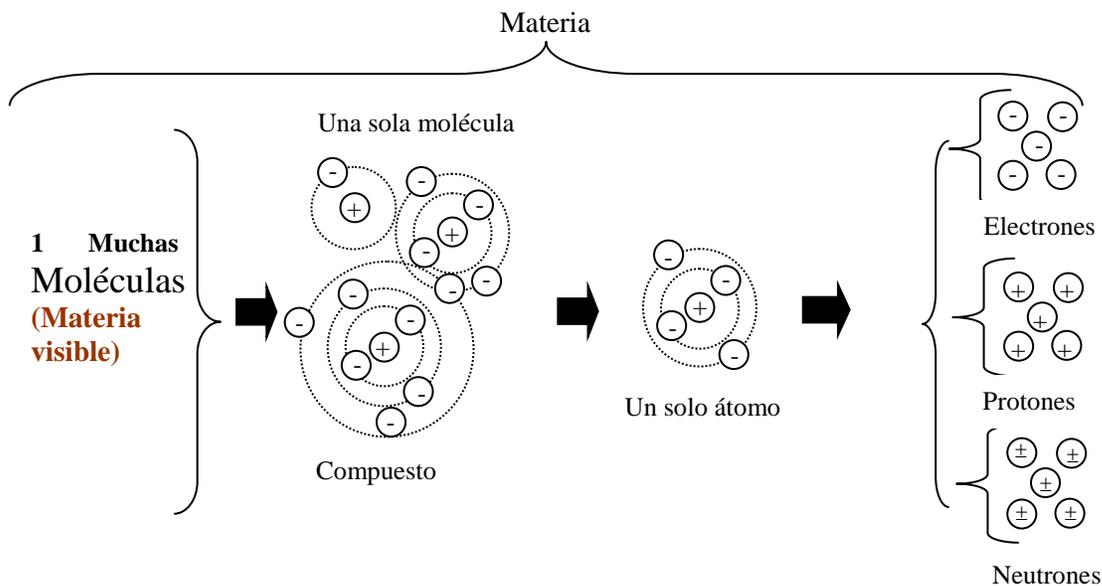


Fig. 2.1 Composición de las Moléculas

Algunas moléculas contenían varios átomos diferentes, las moléculas de algunas otras sustancias contenían un átomo (el cobre, el oro, el hierro y el azufre). Se encontró que solo existían alrededor de 100 clases diferentes de moléculas de un solo átomo. Las moléculas de todas las demás sustancias en el mundo contienen diversas combinaciones de estos átomos. Aquellas sustancias cuyas moléculas solo contienen un átomo se llaman *elementos*.

Código: FESA PAL IIC INI Fecha de emisión: 2024.02.01 Revisión: 07

Todas las cosas tangibles de nuestro mundo, están compuestas por combinaciones o mezclas de estos elementos diferentes. Los átomos son tan pequeños que incluso es difícil imaginarlos; la pizca más diminuta de materia que puede verse contiene billones de billones de átomos.

Los átomos constan de tres clases de partículas que se mantienen unidas por una fuerza natural. Las tres partículas del átomo son los neutrones, protones y electrones. La fuerza es, una forma de energía que enlaza las partículas atómicas, es la verdadera fuente de energía eléctrica.

Los neutrones y protones, se agrupan en el centro de átomo para formar el núcleo. Los electrones se mueven en trayectorias circulares (llamadas órbitas), alrededor del núcleo. Cada una de las tres partículas del átomo tienen peso, pero los electrones son los más ligeros. Necesitamos 1 840 electrones para igualar el peso de un protón o de un neutrón.

Los neutrones, contribuyen al peso del átomo, pero no llevan carga eléctrica. Los neutrones desempeñan un papel muy importante en el trabajo de liberar y controlar la energía cerrada en los átomos. Sin embargo, las fuentes de energía eléctrica son el protón y el electrón.

Los materiales que adquieren carga por fricción, son aquellos cuyos átomos pueden ceder electrones al frotar su superficie. El calor y el movimiento de frotamiento transfieren electrones de uno de los materiales al otro. Cuando esto sucede existen algunos átomos en una de las superficies a los que les faltan electrones, y existen algunos átomos en la otra superficie a los que les sobran electrones.

Todos los neutrones son iguales, todos los protones son iguales, todos los electrones son iguales, pero están unidos en números diferentes para formar los distintos elementos.

Cuando nada perturba el equilibrio, el número de electrones y protones en cualquier átomo es exactamente el mismo. Por lo tanto, las cargas positivas son exactamente iguales a las cargas negativas y el átomo es eléctricamente neutro.

La fuerza que mantiene a los átomos juntos, es la atracción entre los protones positivos del núcleo y los electrones negativos que lo rodean. Debido a que la carga positiva está concentrada en el núcleo, en tanto que la carga negativa total está constituida por muchos electrones en órbita, estos tienden a permanecer a distancias fijas del núcleo, conforme giran alrededor de él. Sin embargo, para mantener el equilibrio apropiado, algunos electrones describen órbitas cerca del núcleo y otros más lejos.

Los electrones más alejados del núcleo reciben el nombre de electrones libres. Pueden pasar de un átomo a otro en forma aleatoria. En virtud de que los electrones tienen carga negativa, un superávit de electrones es otra manera de decir que ese punto tendría una carga negativa por supuesto; si se tiene un exceso de electrones en un punto, debe haber un déficit de los mismos en otro punto.

Entonces, este segundo punto tendría una carga positiva, porque la carga positiva del núcleo no estaría compensada por una carga negativa equivalente.

Lo antes descrito es básico para comprender la electricidad. Si alguna fuerza hace que los electrones libres de un material se muevan en una dirección pueden existir dos puntos que tienen cargas eléctricas opuestas.

El punto hacia el cual van los electrones sería el punto negativo; aquél del cual los electrones se alejan quedaría como el punto positivo. Este movimiento de electrones y las cargas que resultan son lo que constituyen la energía eléctrica.

Todos los fenómenos sencillos en que intervienen cargas eléctricas en reposo pueden ser descritos muy bien por la expresión:

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad F = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Esta es una de las formas de la ley de las fuerzas electrostáticas. Debemos su formulación a los experimentos del inglés Joseph Priestley en 1767, que fueron repetidos por el francés Charles Coulomb en 1785 mediante un dispositivo como el de la figura 2.2 dando respuesta a la pregunta, ¿Cómo puede variarse la cantidad de carga de una manera controlada?

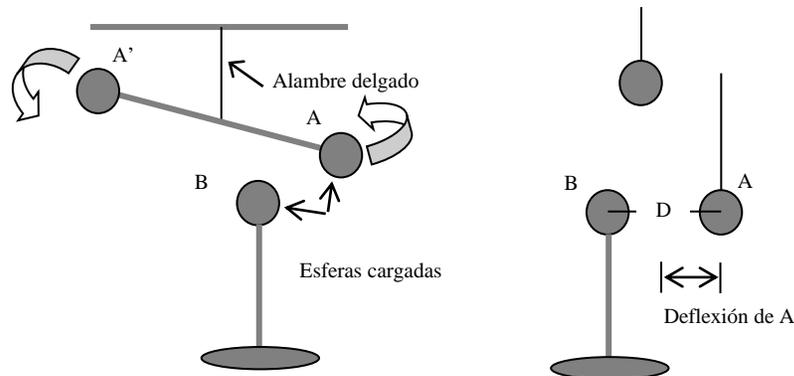


Fig. 2.2 Experimentos de Joseph Priestley y Coulomb

Generalmente se le conoce como ley de Coulomb, y expresa el valor de la fuerza F entre las cargas puntuales (cargas que están concentradas en una región cuyas dimensiones son pequeñas comparadas con la distancia a otras cargas).

Tratando de entender las fuerzas eléctricas, Michael Faraday (1791-1867) desarrolló el concepto de campo eléctrico. De acuerdo con Faraday, una carga crea un campo eléctrico alrededor de ella en todas direcciones. Si en algún punto en el campo se coloca una segunda carga, ésta interactúa con el campo en tal punto. La fuerza que se siente es el resultado de una interacción local. Ya no es necesaria la interacción entre partículas separadas por alguna distancia.

3. EQUIPO Y MATERIAL REQUERIDO

Barras de madera o reglas	Toallas de papel
Barras de plástico	Electroscopio
Péndulo electrostático	Cables de conexión
Piel de conejo	Generador Van de Graff
Tela sintética	Cuba electrostática
Tela de seda	Electrodos puntuales
Tela de algodón	Electrodos de placa
Varilla	
Cinta adhesiva	
Hilo	

4. DESARROLLO DE LA SESIÓN PRÁCTICA

A continuación se desarrollarán 16 actividades que permitirán, como se indica en el objetivo de la sesión práctica, observar la interacción entre cargas eléctricas y campo eléctrico.

1) Procedimientos

Actividad I

1. Armar el arreglo mostrado en la figura 2.3, aproximando y retirando la barra de plástico, de la esfera del electroscopio en forma sucesiva.
2. Repetir la misma operación con todas las barras de materiales conductores y aislantes frotados y cargados con las telas y pieles.
3. Anotar lo que sucede.
4. Mencionar los tipos de electrización que se presentan en ésta actividad.



Fig. 2.3 Diagrama físico de carga eléctrica

Código: FESA PAL IIC INI Fecha de emisión: 2024.02.01 Revisión: 07

Actividad II.

1. Armar el arreglo mostrado en la figura 2.4 y acercar un tubo de ensaye sin frotar.
2. Observar las laminillas del electroscopio y tomar nota.
3. Montar nuevamente el arreglo mostrado y repetir la operación pero ahora con una barra de plástico, barra de madera, barra metálica, todas estas sin frotar, y por último con la mano.
4. Observar las laminillas del electroscopio y tomar nota.
5. De toda la actividad I indicar que materiales pueden considerarse como aisladores.



Fig. 2.4 Diagrama físico de carga eléctrica

Actividad III.

1. Hacer el arreglo mostrado en la figura 2.5
2. Poner en funcionamiento el generador Van de Graaff.
3. Separar el péndulo electrostático y la varilla aislada una vez electrizados por el generador, para después acercar la varilla al péndulo registrando lo que ocurra, de acuerdo con la Fig. 2.6.



Fig. 2.5 Diagrama del generador de Van de Graff

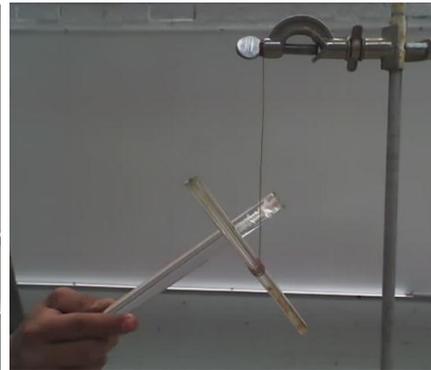


Fig. 2.6 Diagrama del péndulo

Actividad IV.

1. Cargar el péndulo electrostático como se ve en la figura 2.7.
2. Alejar el péndulo aproximadamente un metro de distancia y acercar el péndulo cargado nuevamente al generador. Anotar que sucede.
3. Repetir la misma operación colocando una cadena desde la esfera del generador a las cubas electrostáticas previamente llenas de bolitas de unigel conectando a las cubas electrostáticas y anotando lo que ocurre con las pelotitas de unigel en las paredes de las cubas.

Actividad V.

1. Con el péndulo electrostático pequeño.
2. Frote las barras de materiales aislantes y conductores con las pieles y telas de la caja de accesorios
3. Acerque las barras de los materiales a las esferas del electroscopio pequeño y anote lo que sucede en una tabla.
4. Qué tipo de carga existe de atracción o repulsión.

2) Toma de datos

En esta sesión práctica se toman los datos de cada actividad.

3) Cálculos u observaciones

En esta sesión práctica no hay cálculos y las observaciones también están consideradas en cada actividad.

5. RESULTADOS

Actividad	Observaciones
I	
II	
III	

Nota: Esta tabla requerirá de más renglones por columna

6. CONCLUSIONES

Las propias de esta sesión práctica tanto personales como las realizadas en clase.

7. FUENTES DE CONSULTA:

José Goldemberg. FÍSICA GENERAL Y EXPERIMENTAL. Editorial Interamericana. 1970.

Francisco de Celis Vértiz. MANUAL ELEMENTAL DE ELECTRICIDAD. Edición del Sindicato Mexicano de Electricistas. 1957

Ignacio Palomares Peña (coautor). APUNTES DE ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO. U.N.A.M. - E.N.E.P. Acatlán.

Arthur F. Kip. FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO. Mc Graw-Hill. 1962

Joseph H. Foley. FUNDAMENTOS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS. Mc Graw-Hill. 1981.

Howard H. Gerrish. EXPERIMENTOS DE ELECTRICIDAD. Limusa - Wiley.

Paul W. Zitzewitz - Robert F. Neft. FÍSICA 2 - PRINCIPIOS Y PROBLEMAS. Mc Graw-Hill. 1995.

V. Carranza. LABORATORIO DE FÍSICA. 1985.

Museo Tecnológico C.F.E. FOLLETO DE LECTROMAGNETISMO. 1996.

SESIÓN PRÁCTICA NO. 3

MEDICIÓN DE CORRIENTE ELÉCTRICA

1. OBJETIVO:

Analizar las características de la corriente eléctrica directa y alterna, utilizando los diferentes instrumentos de medición.

2. ANTECEDENTES TEÓRICOS

Para producir una corriente eléctrica, primero debe existir un voltaje en la resistencia.

Los primeros experimentadores en este campo, reconocieron el hecho de que una corriente eléctrica, constituía un movimiento de cargas a lo largo de un conductor. El sentido del flujo de la corriente no se pudo determinar y desgraciadamente se convino en forma arbitraria que fuera de una terminal de carga positiva hacia otra de carga negativa, (positivo a negativo) y este acuerdo se estableció tan firmemente, que sigue vigente hasta nuestros días. Así pues, la dirección convencional o dirección positiva del flujo de la corriente, es siempre de positivo a negativo, aunque se sabe ahora que la dirección del flujo eléctrico que en realidad constituye una corriente eléctrica va de negativo a positivo.

Los sistemas de energía eléctrica de los que esta sesión práctica forma parte, utilizan el “flujo convencional de la corriente” para la corriente eléctrica.

El “ampere” es la unidad de la corriente eléctrica y se mide con un amperímetro. Los amperímetros tienen una baja resistencia interna y se conectan en serie con el circuito o el componente (ejemplo: una resistencia eléctrica).

El “volt” es la unidad de tensión o el potencial eléctrico y se mide con un voltímetro. Los voltímetros poseen una alta resistencia eléctrica y siempre se conectan en paralelo con un circuito o componente (ejemplo: una fuente de alimentación).

En circuitos de corriente continua, cerciórese siempre de que las polaridades concuerden con los marcados en las terminales del medidor, a fin de obtener una lectura positiva. Si se invierten las convenciones la aguja se desviará en la dirección negativa.

La corriente alterna se usa en todo el mundo para suministrar energía en aparatos eléctricos, tales como: motores, calefactores, transformadores, etc. Como su nombre lo indica, una corriente alterna es la que invierte continuamente su sentido, yendo primeramente en un sentido y después en el opuesto.

La representación gráfica y matemática es la onda senoidal

El número de veces que se produce un cambio completo de polaridad o sentido (un ciclo) es un segundo, se conoce con el nombre de frecuencia de línea.

La frecuencia de línea de la compañía de luz en nuestro país se ha estandarizado a 60 Hertz (60 ciclos por segundo).

De lo anteriormente expuesto, se puede obtener una onda que es la apropiada para hacer funcionar una máquina eléctrica, a esta se le denomina *onda senoidal*. Se ha descubierto que con esta clase de onda los transformadores, motores y generadores trabajan silenciosa y eficientemente.

Otra propiedad interesante es que una onda senoidal de voltaje producirá siempre una onda senoidal de corriente.

3. EQUIPO Y MATERIAL REQUERIDO

Módulo de fuente de energía (0-120 V_{C.D.}, 120 V_{C.A.}, 0-120 V_{C.A.})
 Módulo de resistencias (300 Ω , 600 Ω y 120 Ω)
 Módulo de medición de C.D. (200 V, 500V, 2.5 A)
 Módulo de medición de C.A. (2.5 A, 250 V)
 Osciloscopio
 Cables de conexión
 Resistencias de 4 watts y 42 voltios máxima.

4. DESARROLLO DE LA SESIÓN PRÁCTICA

1) PROCEDIMIENTOS

Actividad I

Use los módulos de resistencia, medición de C.D. y la fuente de energía para conectar el circuito ilustrado en la Fig. 4. 1b. Tenga sumo cuidado al establecer las polaridades, cerciorándose de que el interruptor de alimentación esté abierto, la lámpara indicadora on-off esté apagada y que a la perilla de control de voltaje variable de salida se le ha dado toda la vuelta en sentido contrario al de las manecillas del reloj.

El interruptor del voltímetro de la fuente de energía debe estar en la posición C.D. y además, deberá indicar cero volts. (7 es la terminal positiva y N la negativa para la salida de voltaje en C.D. de la fuente de energía) ver Fig. 4.1.a. y 4.1.b.

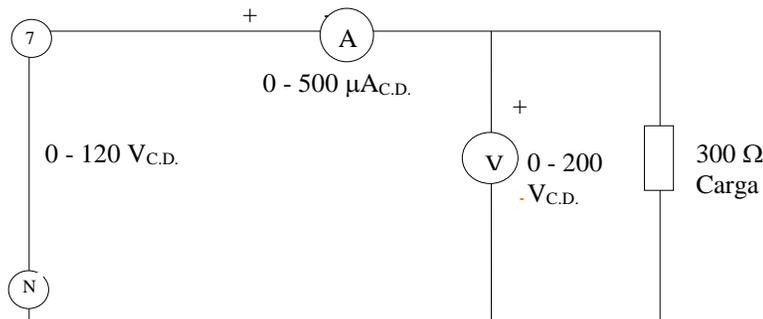


Fig. 4.1a Diagrama eléctrico de la medición de corriente eléctrica

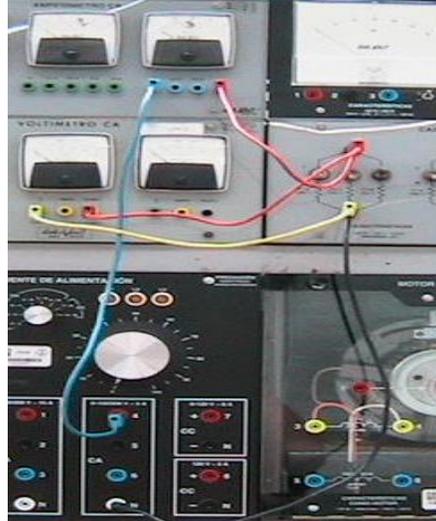


Fig. 4.1b Diagrama físico de la medición de corriente eléctrica

Conecte la fuente de energía y haga girar lentamente la perilla de control del voltaje de salida, hasta que el voltímetro conectado a la carga indique 20 V de C.D. El miliamperímetro indicará la corriente que pasa por el circuito. Anote este valor en el espacio correspondiente de la tabla.

Haga lo mismo para los diferentes voltajes que se indican en la tabla 4.1. y anótelos:

Voltaje (volts)	0	20	40	60	80	100	120
Corriente (amperes)							

Tabla 4.1

Actividad II

Use los módulos de fuente de energía, medición de C.A. y el módulo de resistencia para conectar el circuito de la Fig. 4.2 Se dará cuenta de que el circuito está conectado a la toma de energía variable en C.A. de la fuente de alimentación.

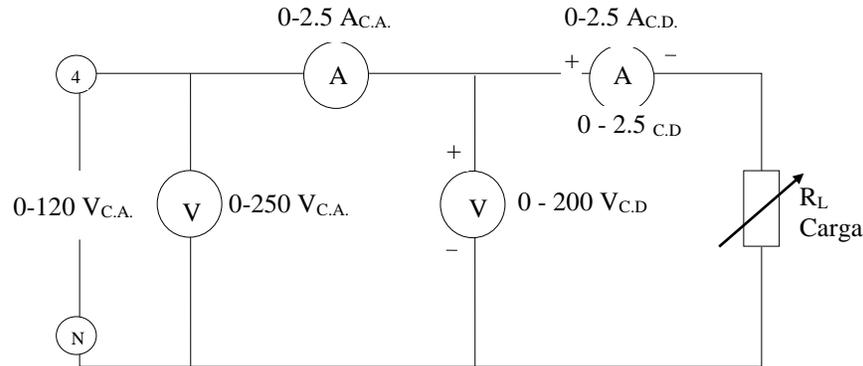


Fig. 4.2 Diagrama eléctrico de la medición de C.A.

Conecte todas las resistencias y sus secciones del módulo en paralelo, para obtener una carga máxima aproximadamente de 57Ω para el circuito.

Conecte la fuente de alimentación y regúlela a 120 V de C.A. Mida los voltajes, las corrientes y anótelas en la siguiente tabla:

$E_{C.A.} =$	V C.A.
$I_{C.A.} =$	A C.A.

Reduzca a cero el voltaje y desconecte la fuente de alimentación.

Actividad III

Conecte el circuito ilustrado en la Fig. 4.3a. Coloque los interruptores de resistencia de tal forma que su valor total sea de 57Ω y 100Ω .

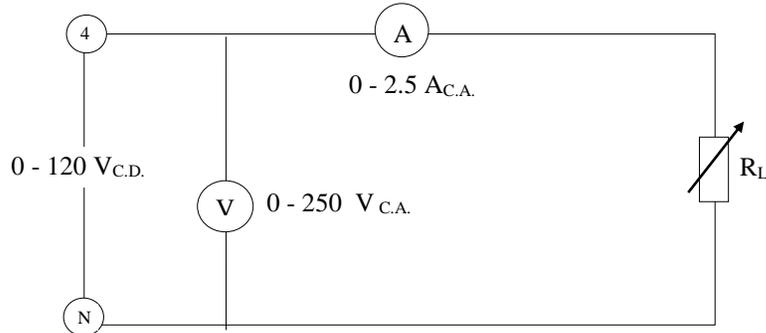


Fig. 4.3a Diagrama eléctrico de medición de C.A.

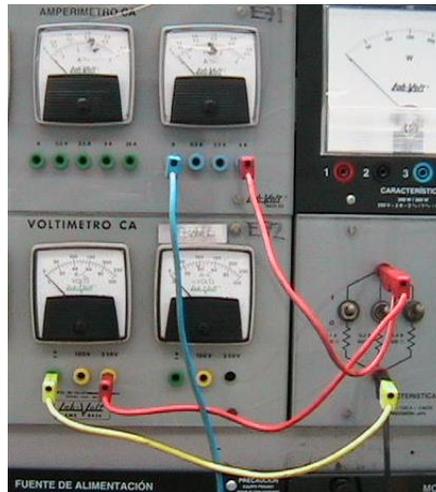


Fig.4.3b Diagrama físico de la medición de medición de C.A.

Conecte la fuente de energía y regúlela a 100 V C.A.
Mida $I_{C.A.}$ con una R_L de 57Ω y de 100Ω .
Anote las mediciones de $I_{C.A.}$ en la tabla N° 2.
Aumente el voltaje de la fuente de energía a $120V_{C.A.}$ y repita los dos pasos anteriores.
Baje a cero el voltaje y desconecte la fuente de alimentación.
Llenar la tabla con los valores obtenidos en la tabla 4.2.

$R_L \Omega$	57	100	57	100
Voltaje ($V_{C.A.}$)	100 V	100 V	120 V	120 V
Corriente ($A_{C.A.}$)				

Tabla 4.2

Código: FESA PAL IIC INI Fecha de emisión: 2024.02.01 Revisión: 07

Fuente de energía.- La fuente de energía si se maneja de la siguiente manera dará muchos años de operación satisfactoria y no presentará peligro al usuario.

Actividad IV

Conecte las resistencias de bloque en serie y en paralelo y determine sus características básicas en cada uno ver Fig. 4.4a y 4.4b.

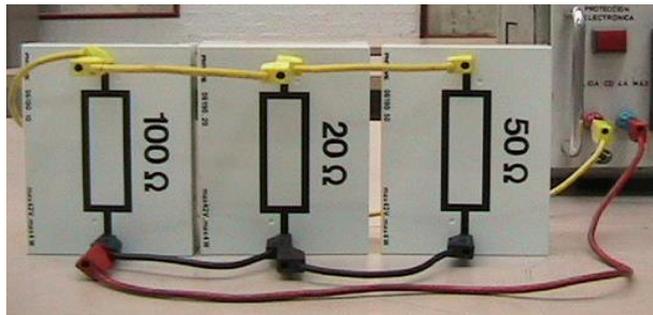


Fig.4.4a (paralelo) Resistencias de bloques conectados en serie

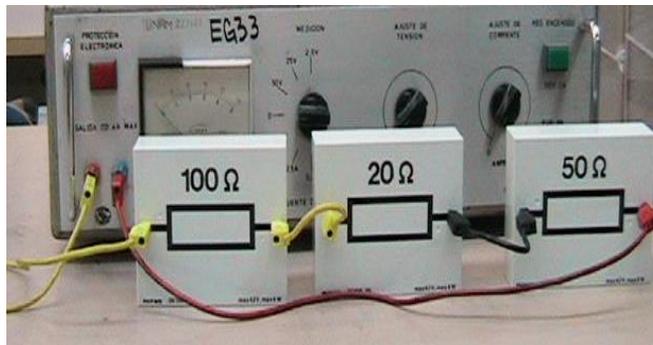


Fig.4.4b (serie) Resistencia de bloques conectados en serie

Circuito	Voltaje	Corriente	Resistencia
Serie			
Paralelo			

Se anotarán los datos medidos de las corrientes de los circuitos de C.D., C.A. y voltajes.

2) CÁLCULOS U OBSERVACIONES

Es muy importante que en las observaciones se anote la diferencia que hay entre una corriente directa y una alterna, de acuerdo al circuito que se esté utilizando y por medio de sus mediciones obtenidas.

Observe también la diferencia de la forma de onda obtenida en el osciloscopio entre la C.D. y C.A.



**TALLERES Y LABORATORIOS DE
LICENCIATURA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INSTALACIONES I**

Código: FESA PAL IIC INI Fecha de emisión: 2024.02.01 Revisión: 07

5. RESULTADOS

Presentar los resultados de acuerdo a las tablas 1 y 2.

6. CONCLUSIONES

Las propias de esta sesión práctica tanto personales como las realizadas en clase.

7. FUENTES DE CONSULTA:

Chester I. Dawes. TRATADOS DE ELECTRICIDAD TOMO I Y II. Edit. G. Gili.

Gilberto Enríquez Harper. ELECTRICIDAD BÁSICA INSTRUMENTOS ELÉCTRICOS.

Wildi y De Vito. EXPERIMENTOS CON EQUIPO ELÉCTRICO. Edit. Noriega Limusa.

SESIÓN PRÁCTICA NO. 4

CIRCUITOS DE CORRIENTE DIRECTA Y CORRIENTE ALTERNA

1. OBJETIVO.

Objetivo general

Verificar y aplicar las leyes de Ohm y de Kirchhoff a través de la medición de voltaje, corriente y resistencia en circuitos eléctricos.

2. ANTECEDENTES TEÓRICOS.

Para producir una carga electrostática, ya sea positiva o negativa, se necesita energía para mover los electrones de una posición a otra; la carga posee entonces una energía potencial. En términos eléctricos, *potencial* es una forma abreviada de la energía potencial. La unidad práctica de potencial eléctrico es el *voltio* y los términos potencial y voltaje se usan a veces indistintamente.

El potencial se mide con respecto al de la tierra que se considera cero. Hay que notar que esto es solo un nivel de referencia del potencial. Los objetos cargados positivamente tienen un potencial más alto que el de la tierra y los cargados negativamente más bajo.

El efecto recíproco de dos cargas distintas puede expresarse en términos de su carga relativa, y se dice que existe una diferencia de potencial, esta diferencia de potencial se expresa en voltios y se denomina *voltaje*.

En la electricidad dinámica es de gran importancia la diferencia de potencial, pues con el fin de mantener el flujo de electrones debe haber una diferencia de potencial entre los dos puntos en los que se desea el flujo de electrones.

El flujo continuo de electrones en un conductor se denomina *corriente eléctrica o intensidad de corriente*. Tal movimiento de electrones se presenta cuando un conductor se conecta entre dos puntos de potencial diferente. Si un extremo del cable se conecta a un potencial negativo y el otro a un positivo, los electrones fluirán del potencial negativo al positivo. Si los extremos de los conductores se conectan a potenciales positivos, pero de diferentes niveles, los electrones fluirán del potencial más bajo al potencial más alto. Si los extremos del conductor se conectan a potenciales negativos, pero de diferentes niveles, los electrones fluirán desde el potencial negativo más alto al más bajo.

Clases de corriente.

Todas las corrientes eléctricas son esencialmente de la misma naturaleza, pero pueden diferir en la forma de fluir, dirección, intensidad de la corriente o una combinación de estas, a continuación se mencionan las características de las dos principales.

Corriente continua: Una corriente continua es aquella en la que la dirección y la cantidad de flujo de corriente no varían con el tiempo.

Código: FESA PAL IIC INI Fecha de emisión: 2024.02.01 Revisión: 07

Corriente alterna: Una corriente alterna cambia de dirección de su flujo a intervalos fijos. Durante cada intervalo la corriente se eleva desde cero hasta un máximo, bajando después desde máximo hasta cero, esto es, la corriente fluye en una dirección positiva durante los intervalos t_1 y t_3 y en una dirección negativa durante los tiempos t_2 y t_4 la corriente máxima en la dirección positiva es igual a la máxima en la dirección negativa. Las corrientes alternas se producen en los generadores de C.A. comúnmente denominados *alternadores*. Debido a que la corriente alterna puede transformarse fácilmente de voltajes altos a voltajes bajos, y viceversa, es posible enviar grandes cantidades de energía a baja intensidad a lo largo de cables de un diámetro relativamente pequeño. Es por lo tanto más barato transmitir a grandes distancias una corriente alterna que una continua, y por esta razón es el tipo de corriente que se utiliza para la mayoría de nuestras actividades.

Ley de Ohm.

Ohm, Georg Simon: 1787-1854 físico alemán conocido sobre todo por su investigación de las corrientes eléctricas. Nació en Erlange, en cuya universidad estudio desde 1833 hasta 1849. Fue director de Instituto Politécnico de Nuremberg y desde 1852 hasta su muerte fue profesor de física experimental en la universidad de Munich, su fórmula de la relación entre la intensidad de corriente, diferencia de potencial y resistencia constituye la ley de Ohm. La unidad de resistencia eléctrica se denominó ohm en su honor.

La corriente fluye por un circuito eléctrico siguiendo varias leyes definidas, la ley de ohm nos define lo siguiente: *la cantidad de corriente que fluye por un circuito formado por resistencias puras es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada al circuito, e inversamente proporcional a la resistencia total del mismo.* Esta ley puede expresarse mediante la fórmula $I = V/R$. La ley de ohm se aplica tanto a circuitos de corriente continua como a los circuitos de corriente alterna. Con la diferencia que:

$$I = V/R$$

En donde:

I = Intensidad de la corriente

V = Voltaje

R = Resistencia

Conexiones en serie.

Un circuito en serie es aquel en el que están conectados dos o más elementos (resistencias) formando un camino continuo de manera que la corriente pasa sucesivamente de una a otro en la siguiente Fig.5.1 del positivo de la fuente, pasa por cada uno de los elemento y vuelve al negativo de la fuente completando una trayectoria cerrada.

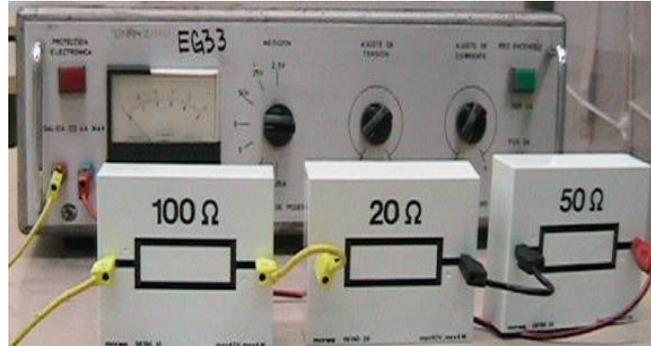


Fig.5.1 Diagrama de un Circuito Eléctrico de un Cto. Serie

Como solo hay un camino por el que puede pasar la corriente y toda la que sale de la fuente tiene que volver a ella, pasará la misma intensidad por todas las partes del circuito por lo tanto

$$I_t = I_1 = I_2 = I_3$$

Las caídas de voltaje $e_1, e_2,$ y e_3 indican las tensiones necesarias para obligar a la corriente a pasar por las resistencias $r_1, r_2,$ y r_3 respectivamente. Como V representa el voltaje total del circuito para hacer pasar la corriente por el circuito el voltaje suministrado por la fuente ha de ser igual a la suma de las caídas de tensión en el circuito mismo, esto es:

$$V_t = e_1 + e_2 + e_3$$

La corriente en este circuito tiene que pasar por todas las resistencias antes de regresar al punto de partida. La resistencia total ofrecida al paso de la corriente será la suma de todas las resistencias aisladas, es decir:

$$R_t = r_1 + r_2 + r_3$$

Conexiones en paralelo.

Cuando se conectan dos o más elementos (resistencias) de manera que la corriente pueda pasar por dos o más caminos, se tienen un circuito paralelo. En la siguiente figura la corriente sale del polo positivo hacia el polo negativo de la fuente dividiéndose en cada una de las derivaciones del circuito siguiendo una trayectoria cerrada.

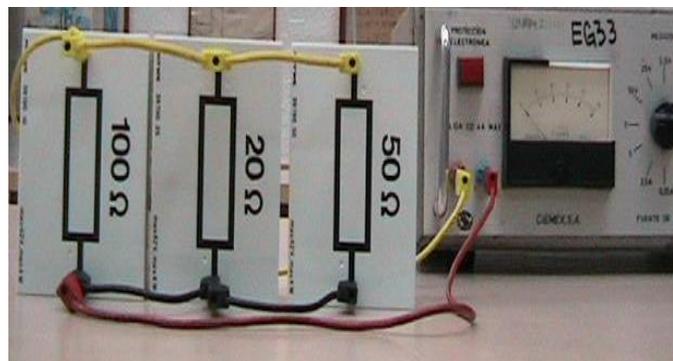


Fig.5.2 Diagrama de un circuito en paralelo

Código: FESA PAL IIC INI Fecha de emisión: 2024.02.01 Revisión: 07

La Fig. 5.2 muestra la distribución de intensidades en el circuito y muestra que la intensidad de línea es igual a la suma de las intensidades de cada rama.

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$

La corriente que sale de la fuente y se dirige a r_1 no pasa por ninguna resistencia apreciable hasta r_1 ; por tanto, la caída de tensión es despreciable y $v_t = V_t$. De la misma manera, como no se le presenta una resistencia apreciable a la corriente al ir de r_1 a r_2 o de r_2 a r_3 es igual al de r_1 y por tanto.

$$V_t = v_1 = v_2 = v_3$$

La resistencia de un circuito paralelo se calcula empleando el método de la conductancia y se obtiene mediante

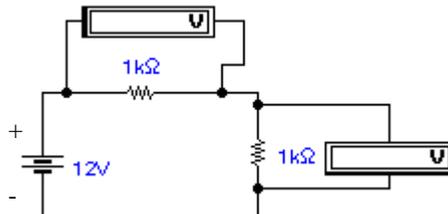
$$1/R_t = 1/(1/r_1 + 1/r_2 + 1/r_3)$$

Leyes de Kirchhoff

Ley de tensiones de Kirchhoff.

La ley de tensiones de Kirchhoff dice *que la suma de algebraica de las subidas y las caídas de tensión, en torno a un circuito cerrado es cero.*

Un circuito cerrado es cualquier conexión continua de bifurcaciones que nos permite trazar una trayectoria que sale de un punto en una dirección y vuelve a él desde el otra dirección diferente sin abandonar el circuito ver Fig. 5.3.



$$\Sigma V = 0$$

Fig. 5.3 Circuito Cerrado

Para la figura anterior si seguimos el flujo de la corriente tenemos:

$$-v_1 - v_2 + V = 0 \quad \text{o bien} \quad V = v_1 + v_2$$

lo que implica que el potencial total en el circuito por la batería es igual a las caídas de potencial dentro del circuito.

Ley de corrientes de Kirchoff.

Esta ley indica que *la suma algebraica de las corrientes que entran y salen de un nodo es cero* (Un nodo es una unión de dos o más ramas en derivaciones). En otras palabras, *la suma de las corrientes que entran a un nodo, debe ser igual a la suma de las corrientes que salen de él.* En forma de ecuación.

$$\Sigma I \text{ entrada} = \Sigma I \text{ salida}$$

3. EQUIPO Y MATERIAL REQUERIDO:

- Fuente de alimentación de C.A. y C.D.
- Módulo de resistencias
- Cables de conexión
- Amperímetros de C.A. y C.D.
- Voltímetros de C.A. y C.D.
- Multímetro digital

4. DESARROLLO DE LA SESIÓN PRÁCTICA:

1. Se procederá a realizar conexiones en serie, paralelas y mixtas con un número determinado de resistencias que se encuentran en nuestra consola de pruebas.
2. Con los antecedentes teóricos procederemos a calcular la resistencia total de cada circuito.
3. A continuación se le aplicara una tensión proporcionada por nuestra fuente de alimentación (esta puede ser indistinta ya sea de c.c. o c.a.).
4. Por otra parte se tomaran las lecturas de corriente y voltaje en los instrumentos de medición y se compararán con los cálculos teóricos para sacar el porcentaje de error de la fuente.

Para esta parte de la sesión práctica se realizaran los siguientes circuitos:

Para un circuito serie:

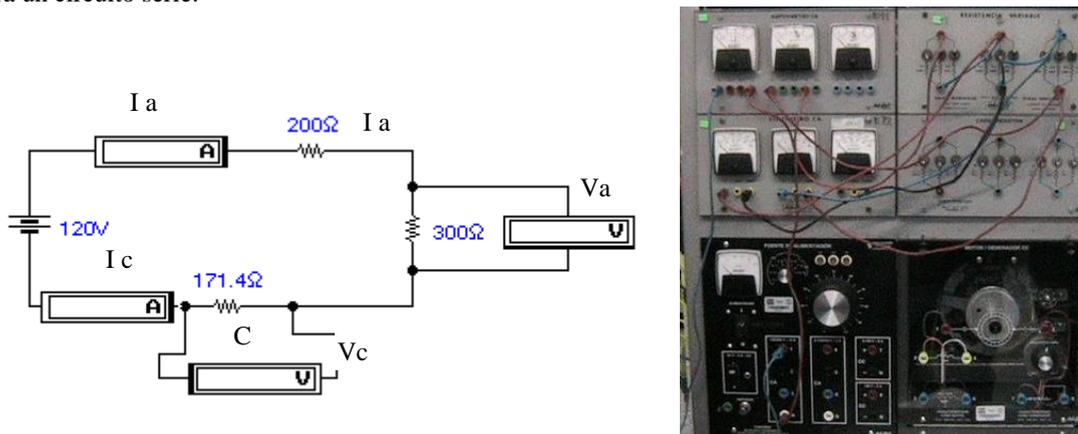


Fig. 5.4 Diagrama eléctrico en serie (izquierda) y Diagrama Físico en serie (derecha)

Para un circuito paralelo.

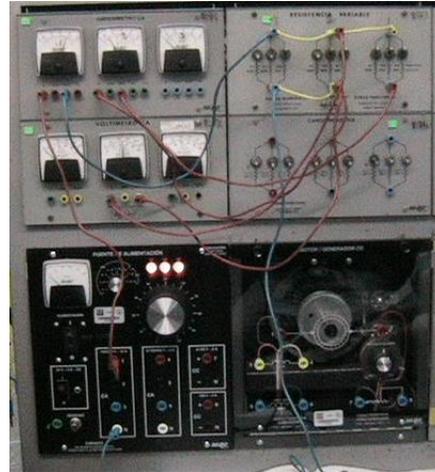
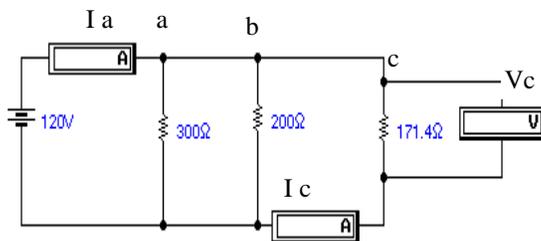


Fig. 5.5 Diagrama eléctrico en paralelo (izquierda) y Diagrama Físico en paralelo (derecha)

Calcular los voltajes y las corrientes en los puntos indicados en el circuito.

Registre los resultados tanto teóricos como prácticos en la siguiente tabla.

Circuito en serie

Datos teóricos	Datos prácticos
Ia =	Ia =
Vb =	Vb =
Ic =	Ic =
Vc =	Vc =

Circuito paralelo

Datos teóricos	Datos prácticos
Ia =	Ia =
Vc =	Vc =
Ic =	Ic =

Para un circuito mixto.

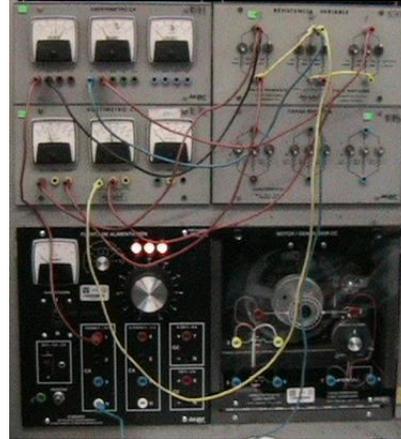
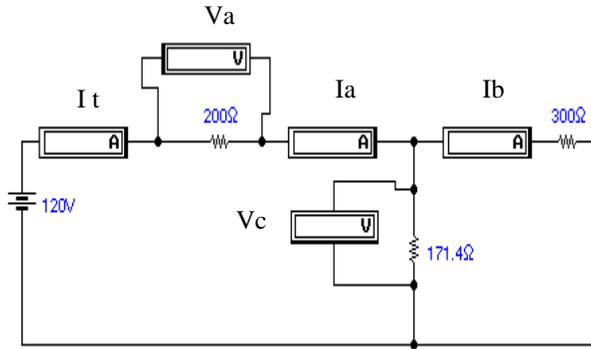


Fig. 5.6 Diagrama Eléctrico Mixto (izquierda) y Diagrama Físico Mixto (derecha)

Datos teóricos	Datos prácticos
Ia =	Ia =
Va =	Va =
Ib =	Ib =
Vb =	Vb =
Ic =	Ic =
Vc =	Vc =

5. Realice las conexiones que se indican en los siguientes circuitos, Obtenga los valores de voltaje y de corriente compruebe las leyes de Kirchoff.

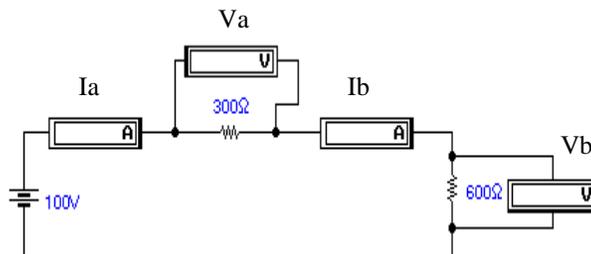


Fig. 5.7 Diagrama Eléctrico (izquierda) y diagrama físico (derecha)

Ia =
Ib =
Va =
Vb =

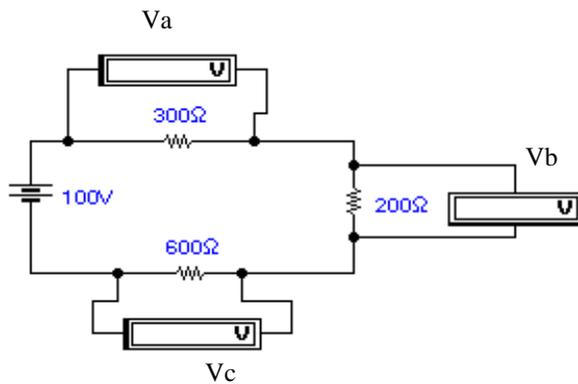


Fig. 5.8 Diagrama Eléctrico (izquierda) y diagrama físico (derecha)

Va
Vb
Vc

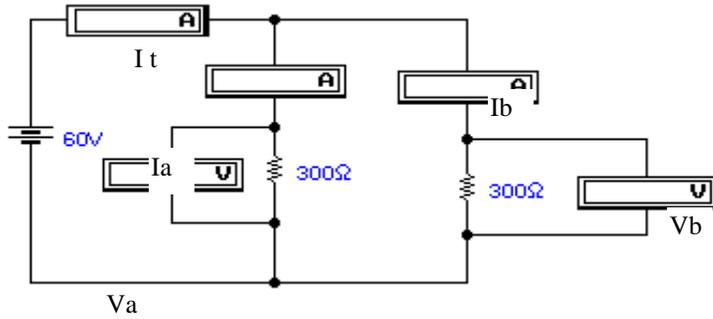


Fig. 5.9 Diagrama Eléctrico (izquierda) y diagrama físico (derecha)

Ia =
Va =
Ib =
Vb =

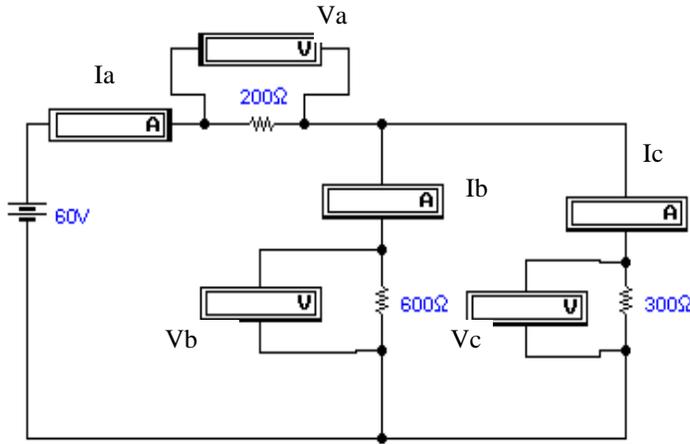


Fig. 5.10 Diagrama Eléctrico (izquierda) y diagrama físico (derecha)

Ia =
Va =
Ib=
Vb=
Ic =
Vc =

5. RESULTADOS

Los anotados en las respectivas tablas.



**TALLERES Y LABORATORIOS DE
LICENCIATURA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INSTALACIONES I**

Código: FESA PAL IIC INI Fecha de emisión: 2024.02.01 Revisión: 07

6. CONCLUSIONES

Las propias de esta sesión práctica tanto personales como las realizadas en clase.

7. FUENTES DE CONSULTA.

Morris Slurzberg. FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA. Mc Graw-Hill

Halliday Resnick. FÍSICA TOMO II. CECSA

Robert I. Boylestad. ANÁLISIS INTRODUCTORIO DE CIRCUITOS. Trillas

Harry Mileaf. ELECTRICIDAD SERIE 1 - 7. Limusa

SESIÓN PRÁCTICA NO. 5 INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

1. OBJETIVO:

Analizar el fenómeno de inductancia electromagnética entre bobinas.

2. ANTECEDENTES TEÓRICOS:

En el curso de unos experimentos realizados por el científico danés Hans Christian Oersted en el año 1819, la casualidad puso al descubierto de un modo palpable el vínculo que liga a la electricidad con el magnetismo.

Aparentemente desligadas hasta entonces, estas dos partes de la Física constituyeron en lo sucesivo el actual Electromagnetismo, palanca de extraordinario valor en los modernos adelantos, clave de los principales inventos que aún hoy nos maravillan.

El descubrimiento de Oersted, sucedió al observar el sencillo hecho de que al acercar una aguja imantada suspendida por su centro de gravedad a un conductor eléctrico, ésta se desviaba de su orientación natural hacia el polo magnético terrestre y adoptaba una posición tendiente a ser perpendicular al cable conductor de la corriente eléctrica.

Al circular la corriente eléctrica por el alambre, la aguja se desvía de forma que su eje tiende a quedar perpendicular al del conductor ver Fig. 3.1. Esto indica que en cada sección del conductor hay un campo magnético ubicado en un plano normal al eje del mismo.

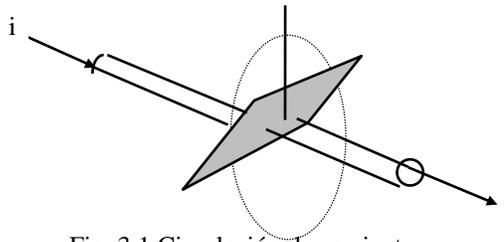


Fig. 3.1 Circulación de corriente eléctrica a través de un alambre

Supóngase ahora que enrollamos al conductor rectilíneo para formar con él un anillo circular y que podamos hacer circular por él una corriente eléctrica de intensidad i ver Fig. 3.2.

En cada una de sus secciones, el campo seguirá siendo perpendicular al eje del conductor por lo que al centro de la espira se sumarán los campos aumentando así la intensidad del mismo en ese punto, alcanzando un campo de densidad B .

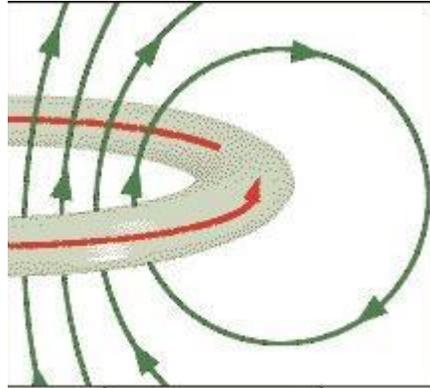


Fig. 3.2 Circulación de corriente eléctrica a través de un conductor enrollado

Si ahora, en lugar de una sola espira continuamos formando espiras de manera continua, habremos formado un arreglo en el que cada espira contribuye a un campo concentrado y el campo total será la suma de todos ellos. A esto se le conoce con el nombre de “solenoides” o “bobina” ver Fig. 3.3.

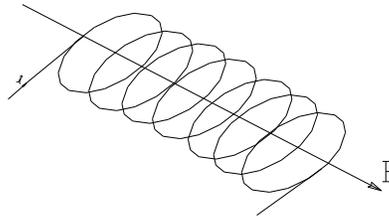


Fig. 3.3 Campo Eléctrico en una bobina o solenoide

La densidad B del campo (en Teslas) creado por una bobina de longitud “l” cuyo núcleo sea el aire está dado por la ecuación:

$$B = \mu_0 \frac{N i}{l}$$

$$\mu_0 = 12.57 \times 10^{-7} \text{ Wb /A - m}$$

N = número de vueltas de la bobina

i = intensidad de la corriente eléctrica en Amperes

l = longitud de la bobina en metros

Si el núcleo es de un material ferromagnético, cambia μ_0 por el valor correspondiente de μ para el material. Si se tienen dos bobinas, lo suficientemente cercanas como para que el flujo magnético de una, cruce las espiras de la otra, en la segunda bobina se generará una fuerza electromotriz inducida por la variación en el flujo de la primera ver Fig. 3.4.

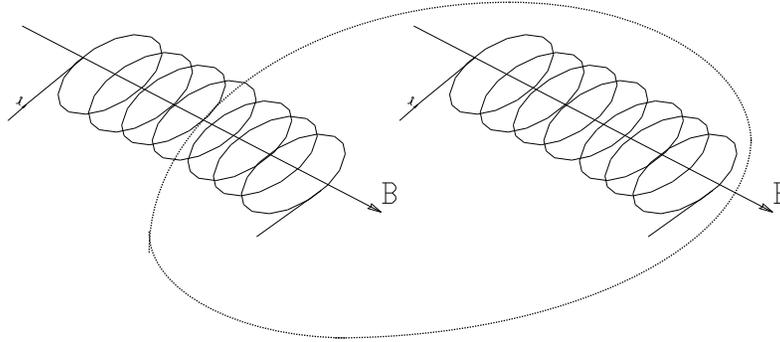


Fig. 3.4 Flujo magnético a través de dos bobinas

Conforme a la Ley de Faraday, la *fem* en cada una de las bobinas por el efecto de la otra será:

$$E_2 = N_2 \, d\Phi_{21} / dt \qquad E_1 = N_1 \, d\Phi_{12} / dt$$

Como el flujo es proporcional a la corriente circulante en cada bobina se tiene:

$$E_2 = N_2 \, K \, d i_1 / dt \qquad E_1 = N_1 \, K \, d i_2 / dt$$

Sea *M* un coeficiente de inducción mutua dado por $M = N K$ entonces:

$$E_2 = M \, d i_1 / dt \qquad E_1 = M \, d i_2 / dt \text{ Cumpliéndose que:}$$

$$M = N_2 \, \Phi_{21} / i_1 ; \qquad \text{o bien} \qquad M = N_1 \, \Phi_{12} / i_2$$

3. EQUIPO Y MATERIAL REQUERIDO

- Cables de conexión
- Un foco de 110 volts enroscado en un zócalo de base plana
- Un amperímetro
- Un multiamperímetro
- Una brújula
- Fuente de poder
- Una barra de aluminio de diámetro que pase entre en las bobinas
- Una barra de hierro de diámetro que pase entre en las bobinas
- Dos bobinas
- Opcional: Caja con agujas imantadas
- Opcional: Osciloscopio para ver forma de onda generada
- Tres bobinas encapsuladas

4. DESARROLLO DE LA SESIÓN PRÁCTICA:

1) PROCEDIMIENTOS

Actividad I:

Se procederá a repetir el experimento de Oersted, para lo cual un conductor se conectará a la fuente de poder y a un foco en serie con el fin de que sea ilustrativo que el hecho de que está circulando una corriente eléctrica por el alambre. El valor de la intensidad de corriente se cuantificará conectando en serie un amperímetro. En un punto del conductor acercaremos una brújula suficientemente sensible para simular la aguja imantada que usó Oersted. El alumno observará la desviación de la aguja cuando se conecte la corriente eléctrica y aumentará a diferentes valores la corriente circulante observando los cambios en la deflexión de la aguja ver Fig. 3.5.

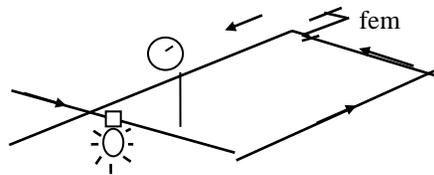


Fig. 3.5 Experimento de Oersted

Actividad II:

Se conectará a la fuente de poder una bobina para generar un campo magnético haciendo circular por ella una corriente eléctrica continua ver Fig. 3.6.

Una vez establecido el campo magnético, se acercará una brújula para identificar el mayor efecto del campo magnético como resultado de la concentración de campos de cada una de las espiras.

Al invertir la dirección de la corriente se podrá detectar, por el efecto causado en la aguja imantada de la brújula, el cambio de polaridad del campo creado por el solenoide.

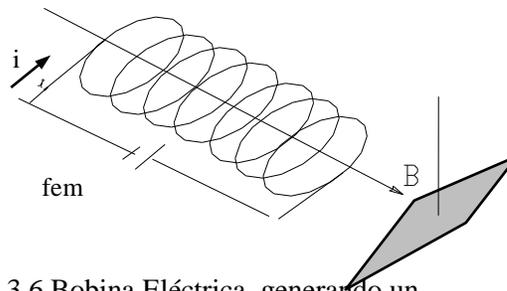


Fig. 3.6 Bobina Eléctrica, generando un campo magnético

Actividad III:

A la bobina del experimento anterior, le acercaremos una segunda bobina que tenga conectado en serie un miliamperímetro para detectar cualquier fuerza electromotriz generada. Conectamos la corriente y observamos el miliamperímetro y su comportamiento ver Fig. 3.7

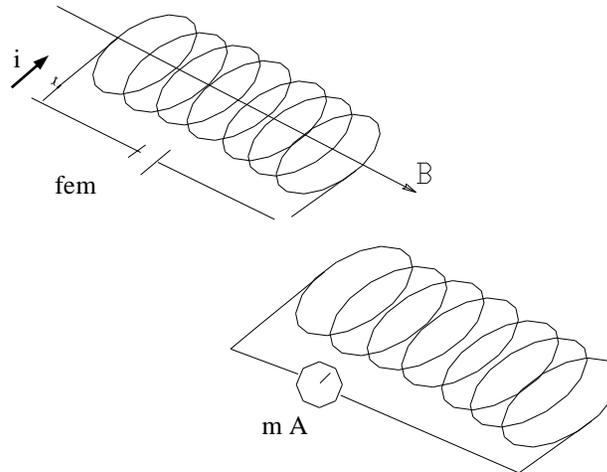


Fig. 3.7 Dos bobinas generando un campo magnético

Actividad IV:

A las bobinas del experimento anterior, les haremos circular una corriente alterna y anotaremos lo que pasa con la fuerza electromotriz generada. Conectamos la corriente y observamos el miliamperímetro y su comportamiento anotando las diferencias con el experimento anterior.

Actividad V:

A la bobina inductora del experimento anterior le introducimos una barra de aluminio y luego una de hierro anotando lo que sucede con la fem inducida en la bobina inducida ver Fig. 3.8.

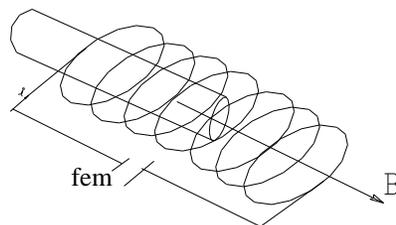


Fig. 3.8 Dos bobinas introduciendo en ellas una barra de aluminio e hierro

Actividad VI:

Repetimos el experimento de la actividad anterior, pero ahora permitimos que la barra de material ferromagnético quede en el interior de ambas bobinas, (la inductora y la inducida). Observamos el efecto en la fuerza electromotriz generada y anotamos los resultados obtenidos para después compararlos con los anteriores ver Fig. 3.9.

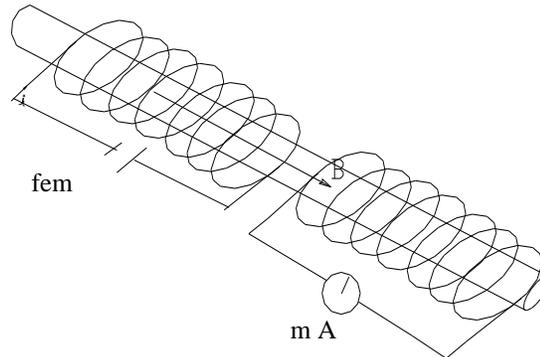


Fig. 3.9 Dos bobinas conectadas dejando la barra de material ferro magnético en el interior de ambos

Actividad VII.

Con las bobinas encapsuladas, arme el siguiente circuito y determine la densidad de campo magnético con la formula descrita en la introducción con las características propias de las bobinas, introduzca una barra de metal en el interior de la bobina y coloque una brújula arriba de la bobina y observe como se mueve la aguja con respecto al norte magnético del campo de la bobina ver Fig. 3.10 y 3.11.



Fig. 3.10 Diagrama de conexión de bobina encapsulada



Fig. 3.11 Brújula

Registre los datos en una tabla:

No. De vueltas	Corriente (amperes)	Longitud (metros)	Campo Magnético
300			
600			
900			
1200			

Actividad VIII.

En un recipiente deposite aceite mineral.

Introduzca 2 electrodos, uno positivo y uno negativo en los extremos del recipiente.

Por medio de caimanes y con ayuda de la fuente de alimentación de corriente directa aplique un voltaje en los electrodos.

Acerque los electrodos sin jamás llegar a juntarlos por que ocasionaría un corto circuito.

Dibuje las figuras que se forman.

2) TOMA DE DATOS

Durante el desarrollo de la sesión práctica, se anotarán los datos de las corrientes inductoras e inducidas.

3) CÁLCULOS U OBSERVACIONES:

Es muy importante que en las observaciones se anote la diferencia que hay entre una corriente inductora directa y una alterna y se pida al alumno investigar las causas del diferente comportamiento en la bobina inducida con relación a la Ley de Lenz.

5. RESULTADOS

Presentar los resultados en una tabla como la indicada continuación:

ACTIVIDAD	RESULTADOS	OBSERVACIONES

6. CONCLUSIONES:

Las propias de esta sesión práctica, tanto personales como las vistas en clase

7. FUENTES DE CONSULTA:

Robert Resnik. FÍSICA TOMO II. Edit. CECSA

Chester L Dawes. TRATADO DE ELECTRICIDAD TOMO II. Edit G. Gili

Francis W. Sears. ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO. Edit. Wesley

Martín Romero. ELECTRICIDAD. Edit. Sopena

Paul E. Tippens. FÍSICA, CONCEPTOS Y APLICACIONES. Mc Graw-Hill

SESIÓN PRÁCTICA NO. 6 TRANSFORMADORES

1. OBJETIVO

Medir las características eléctricas de un transformador monofásico y determinar las relaciones de corriente y voltaje, así como las conexiones de transformadores trifásicos en Delta y Estrella.

2. ANTECEDENTES TEÓRICOS

Los transformadores son probablemente la parte de equipo de mayor uso en la industria eléctrica. Varían en tamaño desde unidades miniatura para calculadoras, hasta unidades gigantescas que pesan toneladas y que se emplean en las estaciones centrales de distribución de energía eléctrica. Sin embargo, todos los transformadores tienen las mismas propiedades básicas, que son las que se verán a continuación.

Cuando existe una inducción mutua entre dos bobinas o devanados, un cambio en la corriente que pasa por uno de ellos induce un voltaje en el otro. Todos los transformadores poseen un devanado primario y uno o más secundarios. El primario recibe energía eléctrica de una fuente de alimentación y acopla esta energía al secundario mediante un campo magnético variable. La energía toma la forma de una fuerza electromotriz que pasa por el secundario y si se conecta una carga a este, la energía se transfiere a la carga.

Así pues la energía eléctrica se puede transferir de un circuito a otro sin que exista una conexión física entre ambos. Los transformadores son indispensables en la distribución de potencia eléctrica que esté a una corriente y voltaje dados, en una potencia equivalente a otra corriente y voltaje dados. Cuando un transformador está funcionando, pasan corrientes alternas por sus devanados y se establece un campo magnético alterno en el núcleo de hierro. Como resultado, se producen pérdidas de cobre y hierro que representan potencia real (watts) y que hacen que el transformador se caliente. Para establecer un campo magnético se requiere una potencia reactiva (vars) que se obtiene de la línea de alimentación. Cuando el voltaje del primario se eleva más allá de su valor nominal, el núcleo de hierro (laminaciones) comienza a saturarse y la corriente de magnetización (de excitación) aumenta con gran rapidez. Los transformadores pueden sufrir cortocircuitos accidentales causados por desastres naturales o motivados por el hombre. Las corrientes de cortocircuito pueden ser muy grandes y, a menos que se interrumpan quemarán al transformador en corto tiempo.

Transformador trifásico

Generalidades

El transformador trifásico es básicamente igual al monofásico, solo que el primero tiene entrada para 3 voltajes de igual magnitud y frecuencia pero desfasadas entre sí 120°; esto es: para un instante t_0 cualquiera (ver figura 6.1) el voltaje entre cada línea y el neutro es diferente y $V_1 + V_2 + V_3 = 0$.

Un transformador trifásico consta generalmente de un núcleo donde se encuentran los 6 embobinados. (También pueden usarse 3 monofásicos conectados simultáneamente).

El voltaje trifásico de las líneas de potencia, generalmente, es de 208 V. Y los valores normales de voltaje monofásico (120 V) se pueden obtener en la forma que indica la figura 6.1

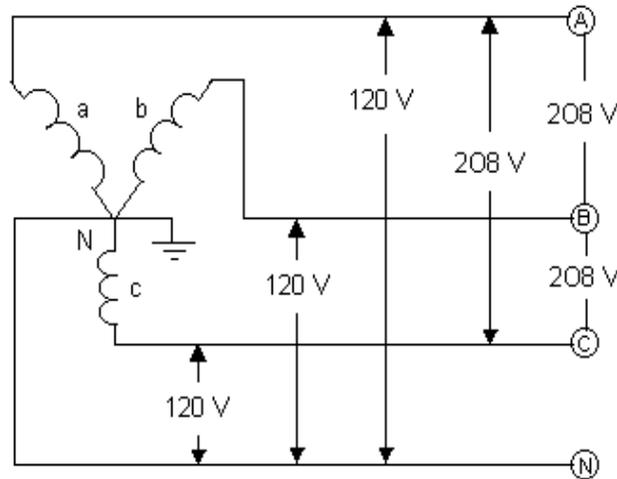


Fig. 6.1 Diagrama de conexión estrella

Los devanados a, b y c representan los 3 secundarios del transformador conectados en estrella.

Las líneas trifásicas se identifican con las letras A, B y C, y las conexiones monofásicas van de A, B, y C al neutro (tierra). Los transformadores trifásicos deben conectarse correctamente a las líneas, para que funcionen de modo adecuado.

Los cuatro tipos de conexión más usados son los siguientes: (Véase la figura 6.2)

a) Devanados primarios en delta, devanados secundarios en delta, o bien *delta – delta* ($\Delta - \Delta$).

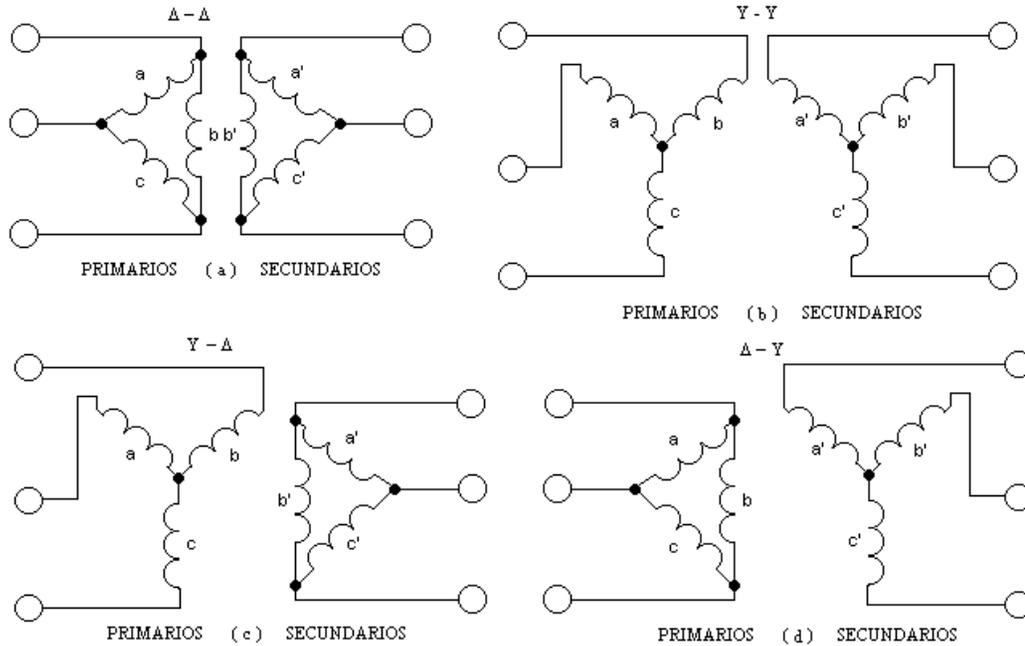


Fig. 6.2 Diagrama de conexión de transformadores trifásicos

b) Devanados primarios en estrella, devanados secundarios en estrella, o bien, estrella-estrella ($X - Y$).

c) Devanados primarios en estrella, devanados secundarios en delta, o bien, estrella - delta ($Y - \Delta$).

d) Devanados primarios en delta, devanados secundarios en estrella, o bien, ($\Delta - Y$).

De estas 4 combinaciones la que se utiliza con mayor frecuencia es la delta - estrella. (Fig. 6.3).

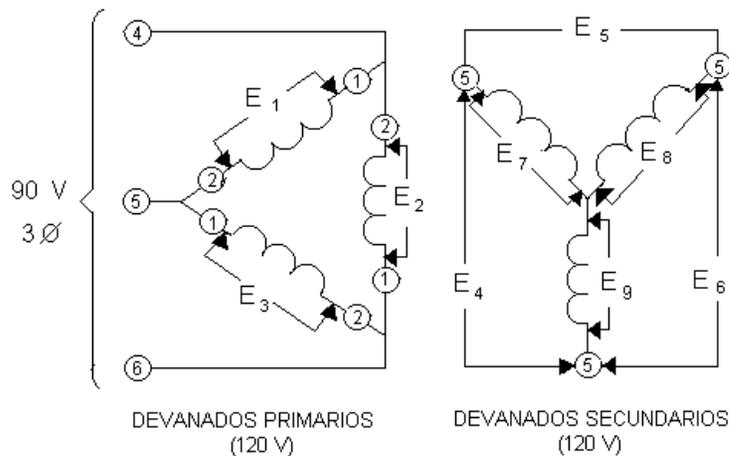


Fig. 6.3 Diagrama de conexión delta estrella

3. EQUIPO Y MATERIAL REQUERIDO

Módulo de transformador
Fuente de alimentación de 120/208 V.C.A.
Multímetro
Fuente poder trifásica
Interrupción trifásica conectado a la línea de 220 V.A.C. trifásica.
Cables de conexión.

4. DESARROLLO DE LA SESIÓN PRÁCTICA

ADVERTENCIA:

En este experimento de laboratorio se manejan altos voltajes, NO HAGA NINGUNA CONEXIÓN CUANDO LA FUENTE ESTÉ CONECTADA. Esta debe desconectarse después de hacer cada medición.

Procedimiento.

1.- Examine la estructura del Módulo Transformador.

- a) El núcleo del transformador está hecho de capas delgadas (laminaciones) de acero. Identifíquelo.
- b) Observe que los devanados del transformador acaban en una tablilla terminal montada en el marco del transformador.
- c) Observe que estos devanados van conectados a las terminales de conexión montadas en la cara del módulo.

2.- Identifique los devanados independientes del transformador marcados en la cara del módulo.

- a) Anote el voltaje nominal de c/u de los tres devanados.
- b) Escriba el voltaje nominal entre las siguientes terminales de conexión.
- c) Indique la corriente nominal de c/u de las siguientes conexiones:

3.- Use la escala más baja del Óhmetro, mida y anote la resistencia de c/u de los devanados.

4.- A continuación medirá los voltajes del secundario sin carga, cuando se aplican 120 V.C.A. al devanado primario.

- a) Conecte el circuito que se ilustra en las Fig. 6.4a y 6.4b

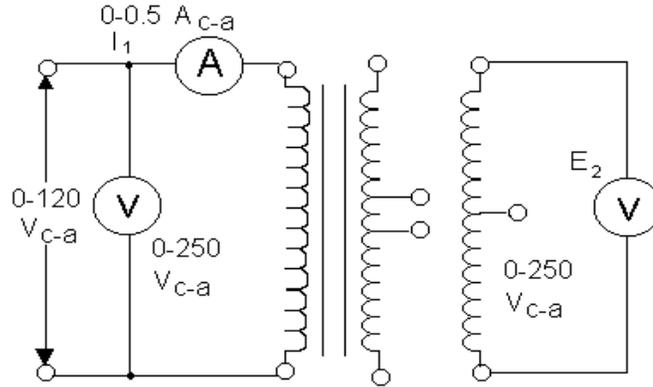


Fig. 6.4a Conexión eléctrica del Transformador

- b) Conecte la fuente de alimentación y ajústela a 120 V.C.A., según lo indique el voltímetro conectado a las terminales de la fuente.
- c) Mida y anote el voltaje de salida E_2 .
- d) Reduzca a cero el voltaje y desconecte la fuente de alimentación.
- e) Repita los procedimientos b), c) y d) midiendo el voltaje de salida E_2 para cada devanado que se indica

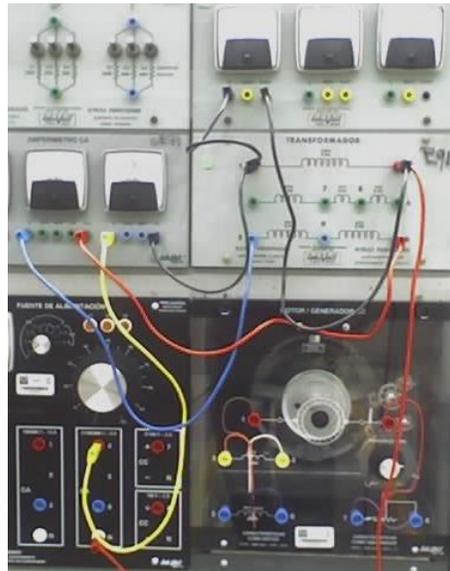


Fig.6.4b Conexión física

5.-

- a) Conecte el circuito de la figura 6.5. Observe que el medidor de corriente I_2 pone en cortocircuito el devanado 5 a 6.

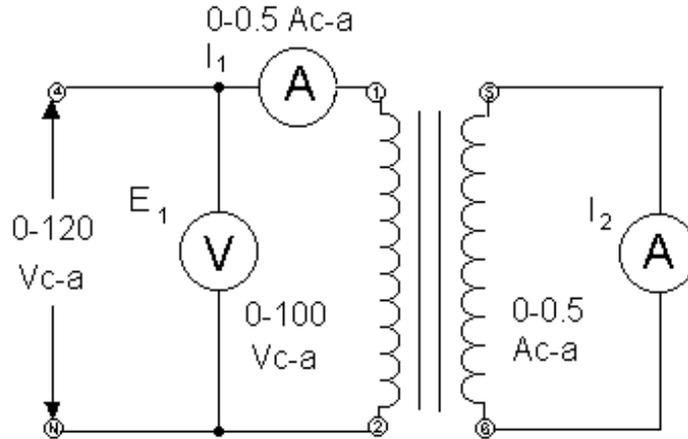


Fig. 6.5 Conexión eléctrica del transformador

- b) Conecte la fuente de alimentación y aumente gradualmente el voltaje hasta que $I_2 = 0.4$ A.C.A.
- c) Mida y anote I_1 y E_1 .
- d) Reduzca a cero el voltaje y desconecte la fuente de alimentación.
- e) Calcule la relación de corriente: I_1 / I_2 , la relación que hay de I_1 / I_2 es la misma a la que existe entre el número de vueltas del primario con respecto a las del secundario por tanto si uno de los valores se conoce, es posible despejar el otro.

6.-

- a) Conecte el circuito que aparece en la figura 6.6a y 6.6b. Observe que el medidor de corriente I_3 pone en cortocircuito el devanado 3 a 4.

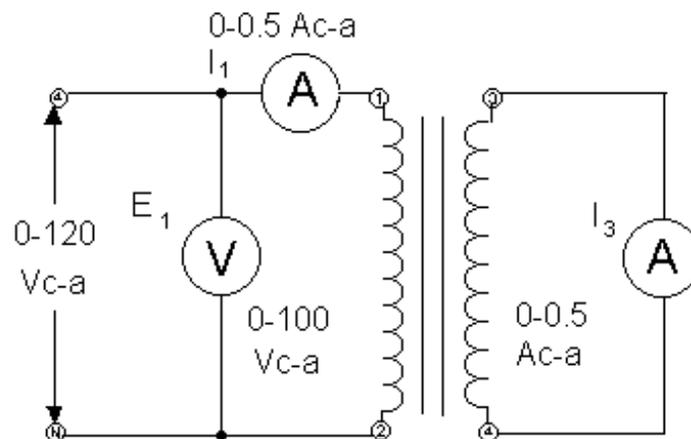


Fig. 6.6a Conexión Eléctrica del Transformador

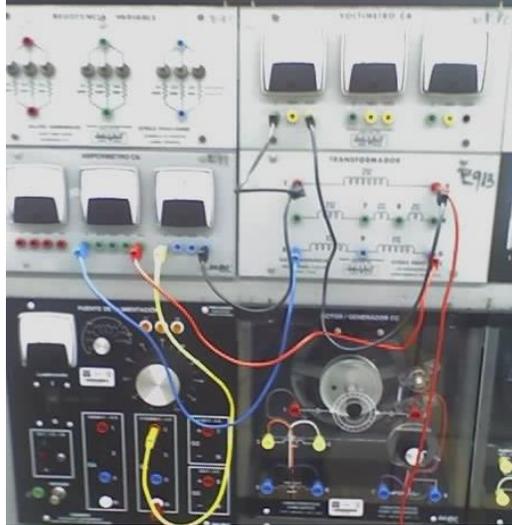


Fig. 6.6b Conexión física

- b) Conecte la fuente de alimentación y aumente gradualmente el voltaje hasta que la corriente que pasa por el devanado primario I_1 sea 0.4 A.C.A. Fig. 6.6b
- c) Mida y anote I_3 y E_1
- d) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.
- e) Calcule la relación de corriente: I_1 / I_3 Aquí cabe el mismo comentario desarrollado en la sección 5e) de la sesión práctica.

7.- A continuación determinará el efecto de saturación del núcleo en la corriente de excitación de un transformador.

- a) Conecte el circuito que se ilustra en la Fig. 6.7a y 6.7b.

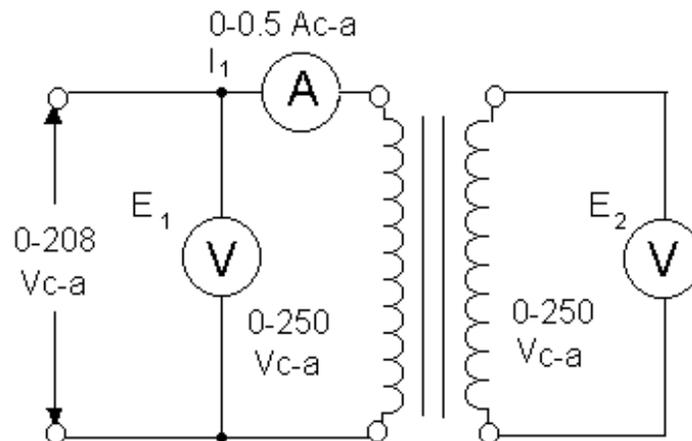


Fig. 6.7a Conexión eléctrica para saturación

- b) Conecte la fuente de alimentación y ajústela a 25- V.C.A. (E_1).
- c) Mida y anote la corriente de excitación I_1 y el voltaje de salida E_2 para diferentes voltajes de entrada elaborando una tabla para anotar los resultados según Fig. 6.7.b.
- d) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.
- 8.- a) Marque los valores de corriente anotados en una gráfica. Trace una curva continua que pase por todos los puntos marcados.
- b) Observe que la corriente de magnetización aumenta rápidamente después de alcanzar cierto voltaje de entrada



Fig. 6.7b Conexión física para saturación

9.-

- a) Conecte el circuito que se ilustra en la Fig. 6.8a y 6.8b.

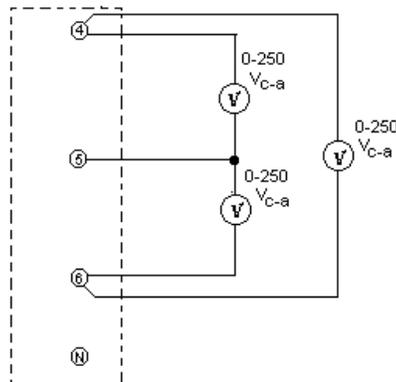


Fig. 6.8a Conexión eléctrica de línea a línea

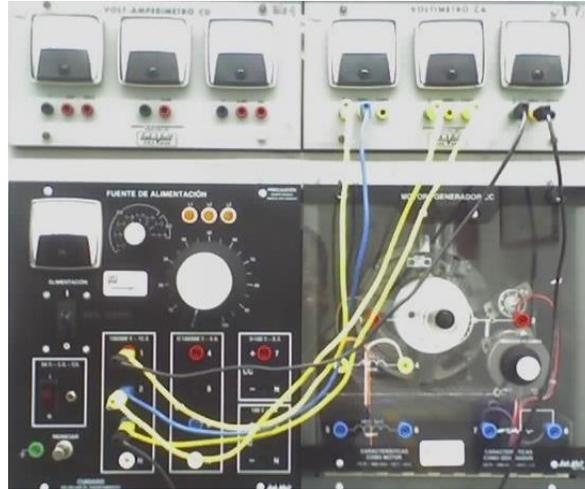


Fig. 6.8b Conexión física de línea a línea

- b) Conecte la fuente de alimentación y ajuste el voltaje de línea a neutro exactamente a 120 V.C.A. (según lo indique el voltímetro de la fuente de alimentación) ver. Fig. 6.8b.
- c) Mida y anote cada voltaje de línea a línea.
- d) Mida y anote cada voltaje de línea al neutro.

10.-

- a) Conecte el circuito en Estrella como se ilustra en la figura 6.9a y 6.9b.

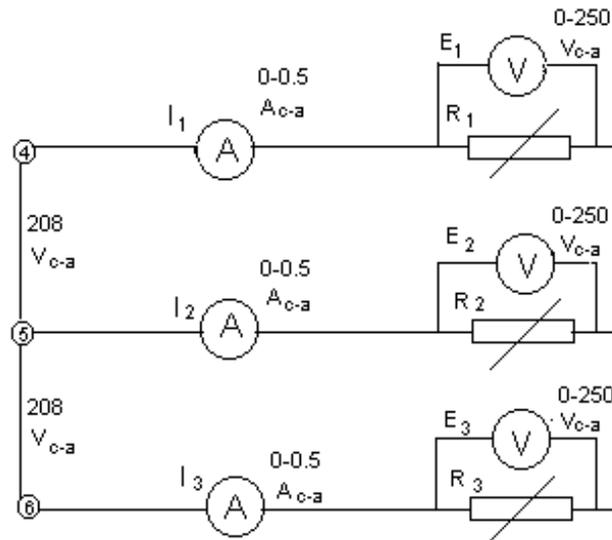


Fig. 6.9a Conexión de carga conectada en estrella

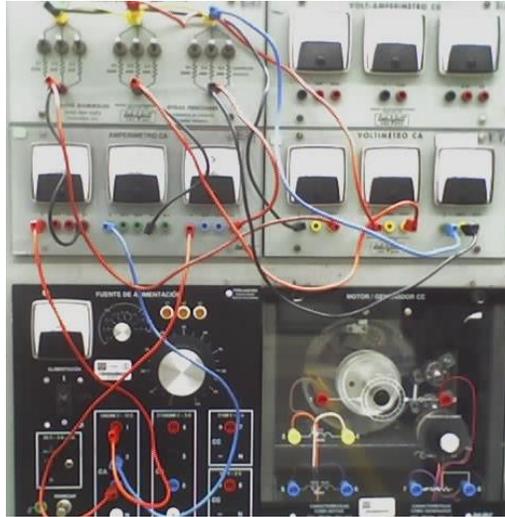


Fig. 6.9b Conexión física del circuito en estrella

- b) Ajuste cada resistencia a 400Ω aproximadamente.
- c) Antes de conectar la fuente de alimentación verificar conexiones.
- d) Conecte la fuente de alimentación y ajústela a 208 V.C.A ver Fig. 6.9b.
- e) Mida y anote los voltajes y las corrientes que pasan por las 3 resistencias de carga R_1 , R_2 y R_3 .
- f) Calcule la potencia disipada por cada resistencia de carga.

11.-

- a) Conecte el circuito en Delta ilustrado en la Fig. 6.10a y 6.10b.

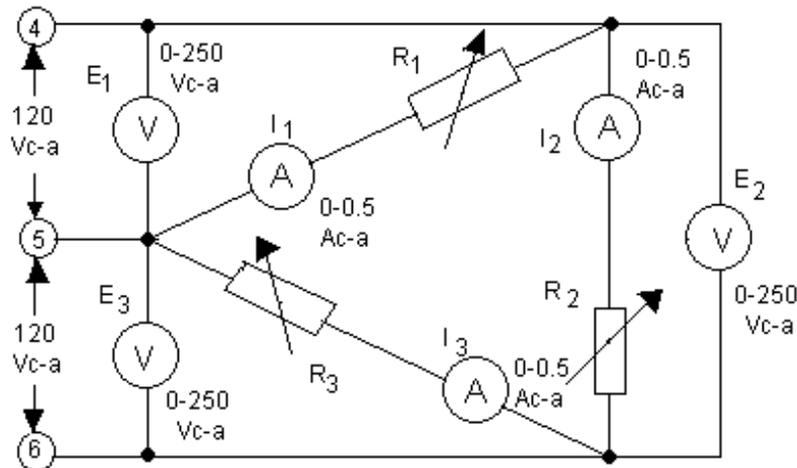


Fig. 6.10a Circuito de carga conectada en Delta



Fig. 6.10b Conexión física de carga conectada en Delta

- b) Ajuste cada resistencia a 400Ω aproximadamente
- c) Antes de conectar la fuente de alimentación verificar conexiones.
- d) Conecte la fuente de alimentación y ajústela a 120 V.C.A ver Fig. 6.10b.
- e) Mida y anote los voltajes y las corrientes de las 3 resistencias de carga R_1 , R_2 y R_3 .
- f) Calcule la potencia disipada por cada resistencia de carga.

12.-

- a) Conecte el circuito tal y como se ilustra en la Fig. 6.11a y 6.11b.

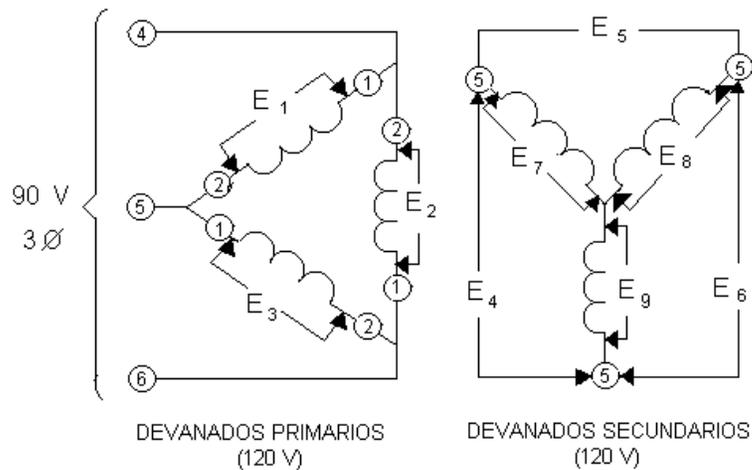


Fig. 6.11a Conexión de transformador trifásico en Delta-Estrella

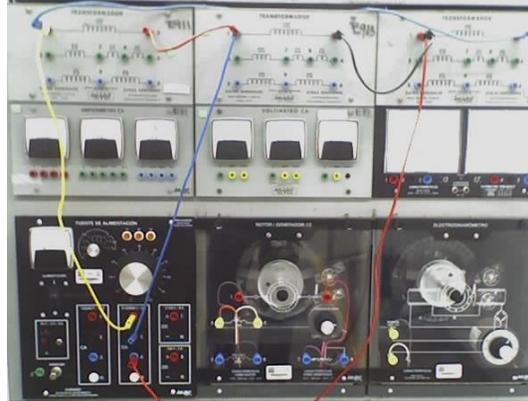


Fig. 6.11b Conexión física de los devanados primario y secundario conectados en Delta-Estrella.

- b) Conecte la fuente de alimentación y aumente lentamente la salida hasta un voltaje de línea a línea de 90 V.C.A ver Fig. 6.11b.
- c) Mida los voltajes señalados y anote los valores en los espacios correspondientes.

5. RESULTADOS

Cuestionario o problemas de repaso (opcional)

- 1.- ¿Por qué la potencia total entregada al devanado primario en un transformador es siempre ligeramente mayor que la potencia total entregada por el devanado secundario?
- 2.- ¿Concuerdan los voltajes medidos en la parte 4, con los valores nominales? Si algunos difieren explique por qué.
- 3.- ¿Puede medir el valor de la corriente de excitación? (justifique su respuesta).
- 4.- ¿Por qué al final de los experimentos 6 y 7 se pide reducir el voltaje a cero y desconectar la fuente de alimentación?
- 5.-Haciendo referencia a la pregunta 1: ¿Varía considerablemente la relación de voltaje entre los 2 devanados debido a la saturación del núcleo? (explique por qué).
- 6.- ¿Qué relación de proporcionalidad encuentra entre E_1 y E_2 ?
- 7.-En un circuito conectado en estrella, si el voltaje de línea a línea es 346 V. ¿cuál es el voltaje de línea al neutro?
- 8.-En un circuito conectado en delta, la corriente es 20 amperes en cada resistencia de carga. ¿Cuál es la corriente de línea?
- 9.-En un circuito conectado en estrella, la corriente es de 10 amperes en cada resistencia de carga. ¿Cuál es la corriente de línea?



TALLERES Y LABORATORIOS DE LICENCIATURA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE INSTALACIONES I

Código: FESA PAL IIC INI Fecha de emisión: 2024.02.01 Revisión: 07

10.-Tres cargas con una resistencia de 10Ω cada una, se conectan en estrella. La potencia trifásica total es de 3000 W. ¿Cuál es el voltaje de línea a línea de la fuente de alimentación?

11.-Investigue una aplicación práctica de los transformadores trifásicos en obra de Ingeniería Civil.

6. CONCLUSIONES

Las propias de esta sesión práctica tanto personales como las realizadas en clase.

7. FUENTES DE CONSULTA

Theodore Wildi y Michael N. de Vito. EXPERIMENTO CON EQUIPO ELÉCTRICO. Edit. LIMUSA

Van Valkenburgh, Nooger &. Heville Inc. ELECTRICIDAD BÁSICA (5 VOLÚMENES). Edit. CECSA

SESIÓN PRÁCTICA NO. 7
GENERADORES DE CORRIENTE DIRECTA Y DE
CORRIENTE ALTERNA

1. OBJETIVOS:

- A. Estudiar las propiedades del generador serie de corriente directa (CD).
- B. Aprender a conectar un generador serie.
- C. Obtener la curva del voltaje de armadura del generador serie.
- D. Estudiar las propiedades del generador de Corriente Alterna (CA).
- E. Obtener la curva de saturación en vacío del generador de CA.

A) GENERADOR DE CORRIENTE DIRECTA.

2. ANTECEDENTES TEÓRICOS:

El Generador Serie es aquel en que su devanado del campo se conecta en serie con el devanado de la armadura y por eso la corriente de excitación que pasa por el devanado del campo de un generador serie, es la misma corriente que la que el generador proporciona a la carga tal y como se muestra en la figura 7.1.

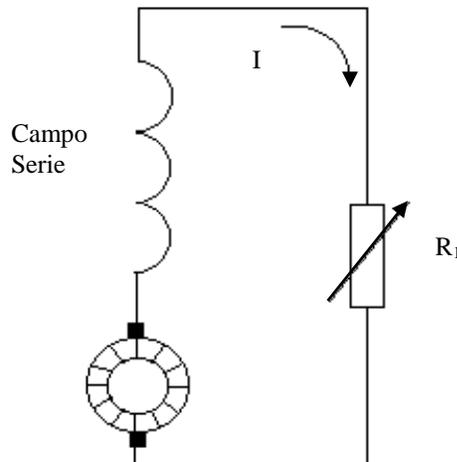


Fig. 7.1 Diagrama eléctrico del devanado de campo en un generador serie

Si la carga tiene una resistencia alta solamente se podrá generar un voltaje de salida mínimo, debido a la corriente de campo mínima. Es por eso que en un circuito abierto del generador tendrá solo un mínimo de voltaje de salida debido a su magnetismo remanente.

Por ejemplo, si la carga toma más corriente entonces la corriente de excitación aumenta, el campo magnético se hace más intenso y el generador produce un voltaje de salida mayor, por lo tanto, en un generador en serie los cambios en la corriente de carga afectan al voltaje de salida del generador, es decir, un generador en serie tiene una regulación de voltaje muy elevada y no conviene utilizarlo como una fuente de potencia.

Código: FESA PAL IIC INI Fecha de emisión: 2024.02.01 Revisión: 07

En cambio, los generadores en serie se utilizan en sistemas de distribución de CD como elevadores del voltaje de línea. Por ejemplo, el circuito de la figura 7.2 la fuente de potencia proporciona energía de CD a la carga R_L a través de una línea de transmisión de resistencia R_1 .

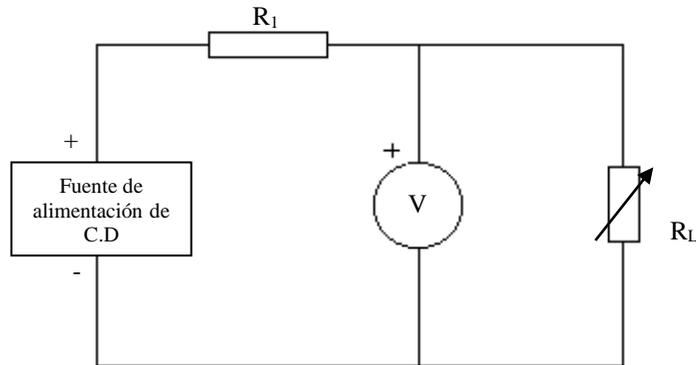


Fig. 7.2 Circuito de alimentación para una carga de de C.D

El voltaje en la carga fluctuará según la corriente de línea sea grande o pequeña. Este voltaje fluctuante en la carga se puede corregir insertando un generador serie en la línea tal y como se muestra en la figura 7.3.

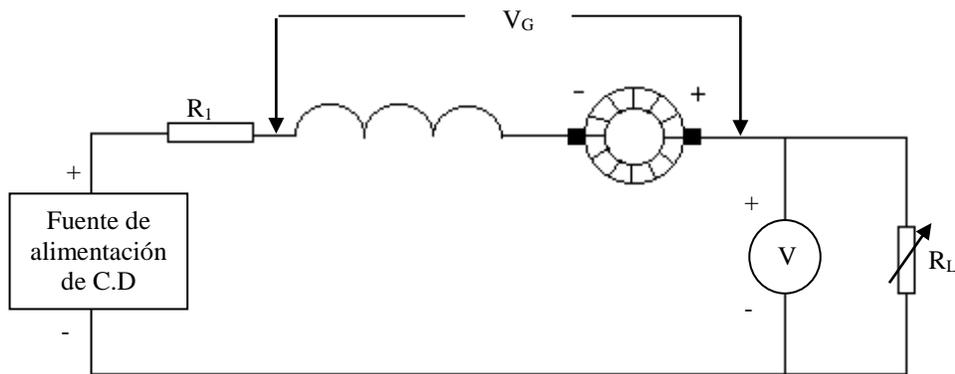


Fig. 7.3 Diagrama de conexión del devanado de campo en un generador serie con carga variable

Por lo tanto al aumentar la corriente de línea, aumenta el voltaje del generador V_G y compensa la caída de voltaje que se produce en la resistencia de la línea de transmisión R_L , manteniendo así un voltaje relativamente constante en la carga variable.

3. EQUIPO Y MATERIAL REQUERIDO:

Módulo Fuente Alimentación	(120/208V, 30, 120VCD, 0-120VCD)
Módulo Medición CD	(20/200V, 2.5A)
Módulo Medición CA	(2.5/2.5/2.5A)
Módulo Motor/Generador de CD	
Módulo Motor/Generador Síncrono	
Módulo Resistencia (2)	

Cables de Conexión
Banda

Advertencia: En esta sesión práctica de laboratorio se manejan “*ALTOS VOLTAJES*” por lo que se recomienda no se haga ninguna conexión cuando la fuente esté conectada. La fuente se debe desconectar después de hacer cada medición.

4. DESARROLLO DE LA SESIÓN PRÁCTICA

Actividad I.

Utilizar el motor síncrono para impulsar mecánicamente el generador de CD debido a su velocidad constante de funcionamiento. Conectar el circuito de la figura 7.4 utilizando los módulos de la fuente de alimentación, medición de C.A y motor síncrono.

Nota: No aplique potencia por ahora

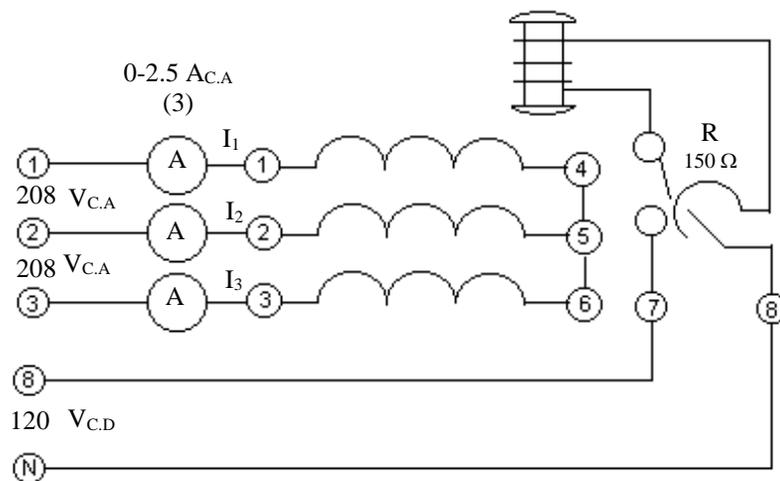


Fig. 7.4 Diagrama de conexión para un generador de C.D.

Actividad II.

1. Las terminales 1,2 y 3 de la fuente de alimentación proporcionan la potencia trifásica fija para los tres devanados del estator. Las terminales 8 y la fuente de alimentación proporcionan potencia de CD fija para el devanado del rotor.
2. Gire la perilla de control del reóstato hasta que esté en la posición correspondiente a una excitación normal.

Actividad 3.

1. Conectar el circuito de la figura 7.5 utilizando los módulos de motor/ generador de CD, medición de CD y resistencia.
2. Acoplar el motor síncrono y el generador de CD por medio de la banda.
3. Verificar que las escobillas están en la posición neutra.
4. Colocar los interruptores de resistencia en vacío (todos los interruptores abiertos).

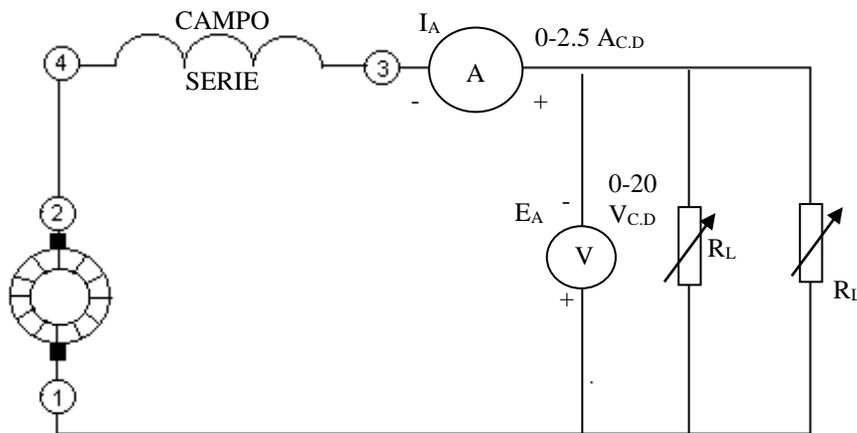


Fig. 7.5 Diagrama de conexión del devanado de campo de un generador serie con resistencia variable

Actividad 4.

1. Conectar la fuente de energía y observar que el motor síncrono empiece a girar.
2. Cerrar el interruptor del motor síncrono.
3. Medir el voltaje de salida del generador en vacío: $E_a = \text{_____ VCD}$
4. ¿A qué se debe que haya voltaje en circuito abierto?

Actividad 5.

1. Conectar una carga de 57.3 ohm en el circuito, cerrando todos los interruptores de un módulo y observar si aumenta V_a .
2. Si no es así, desconecte la fuente de alimentación e intercambie los cables del campo serie en las terminales 3 y 4.

Actividad 6.

1. Ajustar la resistencia de carga tantas veces como se requiera, para obtener seis valores adicionales descendientes de resistencia y anote en la tabla 7.1

R_L (ohm)	I_A (amps)	V_a (volts)	Potencia (watts)
57.3			

Nota: Esta tabla necesitará de más columnas

Tabla 7.1

2. Medir y anotar I_a y E_a para cada valor de resistencia de la tabla 7.1.

Nota: Aunque el valor nominal de la corriente de salida del generador es 1Amp CD se puede cargar hasta 1.5 A CD que significa un 50% de sobrecarga sin dañarlo.

3. Desconectar la fuente de alimentación.
4. Calcular y anotar la potencia para cada resistencia indicada en la tabla 1.

Actividad 7.

1. Pedir otro módulo de resistencia y hacer las conexiones de la Fig. 7.6a y 7.6b. Para ello desconectar el motor síncrono de la fuente de alimentación y no desacoplar el motor del generador.

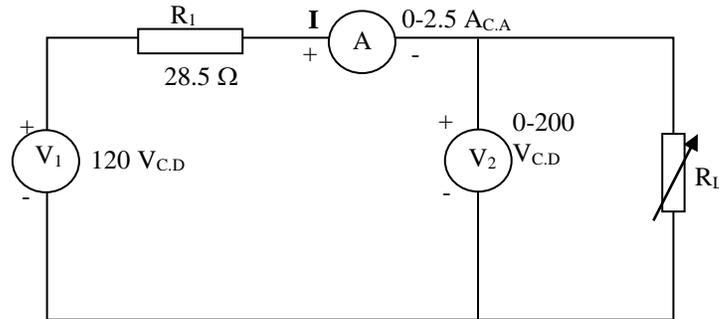


Fig. 7.6a Diagrama eléctrico del módulo de resistencias

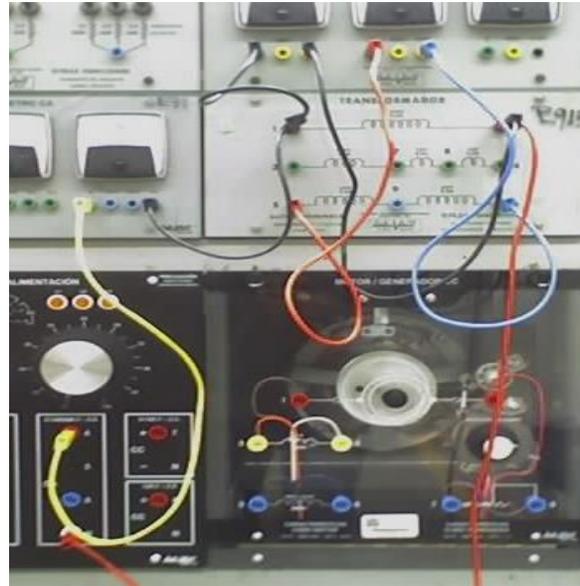


Fig. 7.6b Diagrama físico del módulo de resistencias

2. Ajustar la R_1 que representa la resistencia de la línea de transmisión a 57.3Ω , cerrando todos los interruptores de los módulos de resistencia en paralelo ver Fig. 7.6b.

Actividad 8.

1. Medir y anotar V_2 e I para cada valor señalado en la tabla 7.2

R_L (Ω)	I_A (A)	V_2 (V)
∞		
600		
240		
150		
100		
80		

Tabla 7.2

2. Regresar el voltaje a cero y desconectar la fuente de alimentación.
3. ¿Qué observaciones pueden hacer sobre la regulación de voltaje de la carga R_L ?

Actividad 9.

1. Conectar el generador serie en el circuito tal y como se muestra en la figura 7.7.

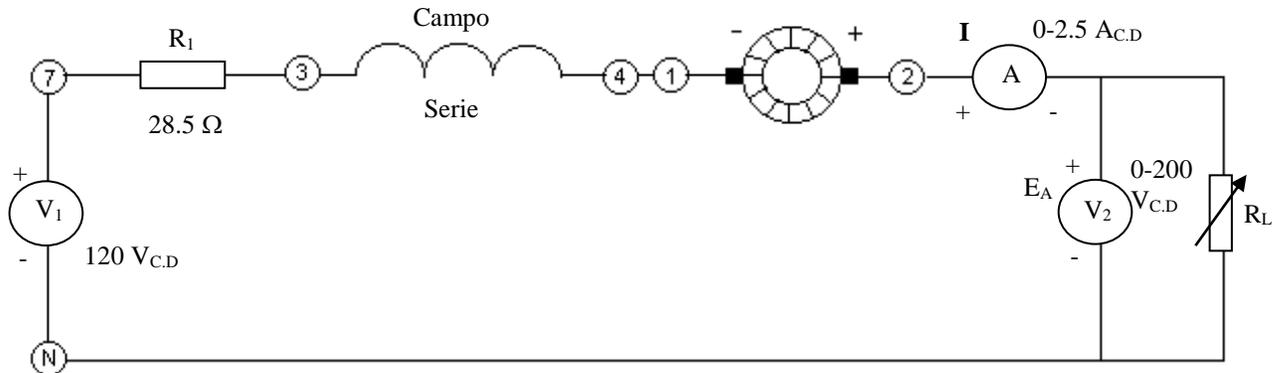


Fig.7.7 Diagrama de conexiones del generador en serie

2. Conectar el motor síncrono a la fuente de alimentación.

Actividad 10.

1. Conectar la fuente de alimentación y el motor debe empezar a girar.
2. Anotar los resultados en la tabla 7.2

Código: FESA PAL IIC INI Fecha de emisión: 2024.02.01 Revisión: 07

Nota: Si la variación en el voltaje de carga V_2 es mayor, desconectar la fuente de alimentación e intercambiar las conexiones que van al devanado de campo serie (terminales 3 y 4).

Actividad 11.

1. Comparar la regulación de voltaje en la carga que haya con y sin el generador serie.

X.I.1) TAREA ADICIONAL PARA LOS ALUMNOS:

A. Dibujar la curva de regulación de voltaje V_a en función de I_a usando los datos de la tabla 7.1

B. Solicitar a los alumnos que calculen la regulación de voltaje de la condición de vacío a la de plena carga (1 Amp CD).

Regulación = ----- %.

B.- GENERADOR DE CORRIENTE ALTERNA

B.I ANTECEDENTES TEÓRICOS:

Los términos generador de corriente alterna, generador síncrono, alternador síncrono y alternador, a menudo se utilizan indistintamente en libros de ingeniería (Puesto que los generadores de inducción se utilizan mucho más, el término alternador se usará indistintamente en esta sesión práctica).

Los alternadores son la fuente más importante de energía eléctrica, generan un voltaje de C.A. cuya frecuencia depende totalmente de la velocidad de rotación, de la excitación del campo en C.D. y del factor de potencia de la carga.

Si se mantiene constante la velocidad de un alternador y se aumenta la excitación de campo de CD, el flujo magnético y el voltaje de salida, aumentarán en proporción directa a la excitación. No obstante, con incrementos progresivos en la corriente de campo de C.D., el flujo alcanzará finalmente un valor lo suficientemente alto para saturar el hierro del alternador.

La saturación del hierro significa que, para un incremento dado de la corriente de campo de CD, se tendrá un incremento menor en el flujo. Para conocer el grado de saturación, se puede medir el voltaje generado, ya que éste también se relaciona directamente con la intensidad del flujo magnético.

Las tres fases del alternador están espaciadas mecánicamente a intervalos idénticos unas de otras y, por lo tanto, los voltajes respectivos generados no están en fase, sino que están desfasados entre sí en 120 grados que les podríamos llamar eléctricos.

Cuando un alternador que trabaja produciendo su voltaje nominal de salida se somete repentinamente a un corto circuito, habrá momentáneamente corrientes de gran intensidad. Sin embargo, al subsistir el corto circuito, las corrientes intensas disminuirán rápidamente a valores seguros.

B.II EQUIPO Y MATERIAL REQUERIDO:

Módulo motor/generador síncrono
 Módulo de motor de inducción de jaula de ardilla
 Módulo de interruptor de sincronización
 Módulo de fuente de alimentación (120/208V, 3Ø, 0-120V CD)
 Módulo de medición de C.A. (250/250/250V)
 Módulo de medición de C.A. (2.5/25A)
 Módulo de medición de C.D. (0.5/2.5A)
 Cables de conexión
 Banda de transmisión

B.III DESARROLLO DE LA SESIÓN PRÁCTICA:

Advertencia: ¡En este experimento de laboratorio se manejan altos voltajes! ¡NO HAGA CONEXIONES CUANDO LA FUENTE ESTÉ CONECTADA! ¿La fuente debe desconectarse después de hacer cada medición?

1.- Conecte el circuito ilustrado en la Fig. 7.8a y 7.8b. Usando los módulos de motor/generador síncrono, motor de jaula de ardilla, fuente de alimentación y medición- El motor de jaula de ardilla se usará para impulsar el motor/generador síncrono como alternador; durante este experimento de laboratorio, se supondrá que tiene velocidad constante. Observe que el motor de jaula de ardilla, está conectado a la salida fija de 208V 3Ø de la fuente de alimentación terminales 1, 2 y 3. El rotor del alternador va conectado a la salida variable de 0-120V CD de la fuente de alimentación.

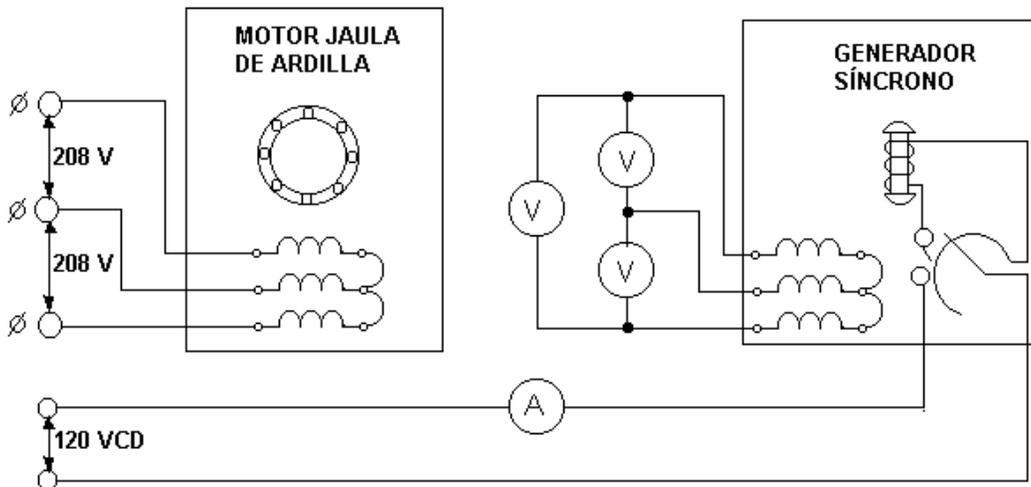


Fig.7.8a Diagrama de acoplamiento del motor / Gen Sin crono-Fuente de alimentación-Motor Jaula de Ardilla



Fig. 7.8b Diagrama físico de acoplamiento del motor /Gen Sin Crono-Fuente de alimentación-Motor Jaula de Ardilla

- 2.-
 - a) Acople el motor de jaula de ardilla al alternador, mediante la banda.
 - b) Ajuste el réostato del campo del alternador a su posición extrema moviendo el control en el sentido de las manecillas del reloj (para una resistencia cero).
 - c) Ponga la perilla de control del voltaje de la fuente a su posición extrema haciéndola girar en sentido contrario a las manecillas del reloj (para un voltaje en CD igual a cero).
- 3.-
 - a) Conecte la fuente de alimentación. El motor debe comenzar a funcionar.
 - b) Siendo nula la excitación de C.D., mida y anote E_1 , E_2 y E_3 (Se recomienda usar las escalas más bajas de los voltímetros).
 - c) Explique por qué se genera un voltaje de C.A. cuando no hay excitación en C.D.
- 4.-
 - a) Si el motor tiene un interruptor, ciérralo al llegar a este paso.
 - b) Aumente gradualmente la excitación de C.D. a partir de 0 hasta 0.1A C.D.
 - c) Mida y anote, los tres voltajes generados E_1 , E_2 y E_3 .
 - d) Repita (b) para cada una de las corrientes directas.
 - e) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.
- 5.- Calcule y anote en una tabla el voltaje de salida promedio del alternador, para cada corriente directa indicada.
- 6.-
 - a) Conecte la fuente de alimentación y ajuste la excitación de C.D. hasta que $E_1 = 208V$ C.D. Mida y anote E_2 y E_3 . Según Fig. 7.8b.
 - b) Desconecte la fuente de alimentación sin tocar el control de ajuste del voltaje.
 - c) Vuelva a conectar los voltímetros de C.A. de tal manera que midan los voltajes a través de cada uno de los tres devanados del estator.
 - d) Conecte la fuente de alimentación. Mida y anote los voltajes generados en cada devanado del estator conectado en estrella.
 - e) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.

Código: FESA PAL IIC INI Fecha de emisión: 2024.02.01 Revisión: 07

f) Compare los resultados de (a) y (d). ¿Coinciden con los que se obtendrían normalmente de una fuente de alimentación trifásica convencional?

7.- Conecte el circuito que se ilustra en la Fig. 7.9a y 7.9b, con el interruptor de sincronización. Observe que el interruptor está conectado de tal manera que, al cerrarlo, queden en corto circuito directo los devanados del alternador.

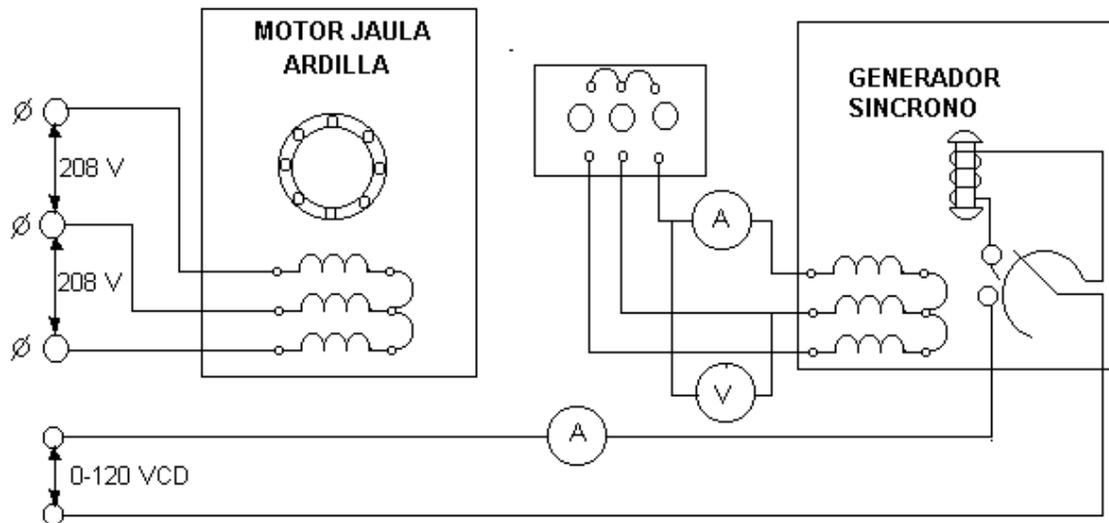


Fig. 7.9a Diagrama de acoplamiento motor/ Gen Sinc.-Motor Jaula de Ardilla



Fig. 7.9b Diagrama físico de acoplamiento motor (Gen Sinc.-Motor Jaula de Ardilla)

- 8.-
- a) Abra el interruptor de sincronización.
 - b) Conecte la fuente de alimentación y ajuste la excitación de C.D. hasta que $E_1 = 208$, V CA. El motor debe estar funcionando y las tres lámparas del módulo de sincronización deben estar prendidas, ver Fig. 7.9b.
 - c) Mida y anote la corriente de excitación de CD (I_1).
 - d) Cierre el interruptor de sincronización para poner en corto circuito el alternador; Observe el comportamiento de la corriente alterna I_2 .
 - e) ¿Hasta qué máximo (aproximadamente) aumentó I_2 ?
 - f) ¿Cuál es el valor final de estado permanente de I_2 y I_1 ?
 - g) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.

5 RESULTADOS

B.IV.1) INVESTIGACIÓN PARA EL ALUMNO (OPCIONAL).

- 1.-
- a) Marque los valores promedio de voltaje en función de los valores de corriente de CD.
 - b) Trace una curva continua que pase por los puntos marcados.
 - c) ¿Hasta qué valor forma una línea más o menos recta la curva del voltaje?
 - d) ¿En dónde se encuentra el codo de la curva de saturación?
 - e) Explique por qué voltaje aumenta con menor rapidez cuando se incrementa la corriente de CD.
- 2.- Dé alguna de las razones por las que no se debe operar un alternador cerca del codo de su curva de saturación.
- 3.- Un alternador tiene menos probabilidades de quemarse cuando está en un corto circuito permanente, que un generador de derivación de CD con excitación independiente. Explique esto.

6 CONCLUSIONES.

Las propias de esta sesión práctica, tanto personales como las vistas en clase.

7 FUENTES DE CONSULTA.

Wildi De Vito. EXPERIMENTOS ELÉCTRICOS. Edit. Trillas.

SESIÓN PRÁCTICA NO. 8

MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA MONOFÁSICOS

1. OBJETIVO:

Examinar las estructuras de un motor de corriente alterna así como sus características de operación.

2. ANTECEDENTES TEÓRICOS

El motor universal de C.A. /C.D. se utiliza en herramientas portátiles tales como taladros, sierras, pulidoras eléctricas,..., y también en aparatos caseros tales como aspiradoras, batidoras, licuadoras,..., en los que la alta velocidad, mucha potencia y tamaño pequeño constituyen una ventaja.

Básicamente es más semejante al motor de corriente directa que al de corriente alterna y tiene ciertas desventajas que se pueden evitar en motores de inducción de corriente alterna. La principal desventaja consiste en que necesita conmutación y escobillas.

El motor universal es fundamentalmente un motor de C.D. diseñado especialmente para funcionar con C.A. y con C.D. Un motor serie normal de C.D. funciona muy deficientemente en corriente alterna debido sobre todo a dos razones:

La alta reactancia de los devanados de armadura y campo limitan la corriente de C.A. a un valor mucho menor que la corriente directa (para el mismo voltaje de línea).

Si se usa acero sólido para el marco o yugo del estator, el flujo de C.A. producirá grandes corrientes parásitas en él y, por lo tanto, se calentará.

La reactancia del devanado de armadura puede reducirse colocando un devanado de compensación en el estator, de tal modo que los flujos se opongan o “anulen” entre sí. Este mismo devanado de compensación se puede conectar en serie con el de la armadura. En este caso se dice que el motor está conductivamente compensado. En estas condiciones, el motor universal tendrá características de operación similares, ya sea que funcione en C.A. o en C.D.

El devanado de compensación puede conectarse en circuito corto, para que se comporte como el secundario de un transformador en corto circuito (el devanado de armadura actúa como primario). La corriente inducida de C.A. en el devanado de compensación produce un flujo que se opone o “neutraliza” al de la corriente de armadura, y se dice que el motor está inductivamente compensado. La reactancia del devanado de campo se puede mantener en un valor bajo limitando el número de vueltas.

3. EQUIPO Y MATERIAL REQUERIDO

Módulo de motor universal		EMS 8254
Módulo de fuente de alimentación	(0 V -120 V C.A., 0-120 V C.D)	EMS 8821
Módulo de electrodinamómetro		EMS 8911
Módulo de medición de C.A.	(2.5/8A)	EMS 8425
Módulo de medición de C.A.	(100/250V)	EMS 8426
Módulo de medición de C.D.	(200V, 2.5/5A)	EMS 8412
Módulo de vatímetro monofásico	(750 W)	EMS 8431
Tacómetro de mano		EMS 8920
Cables de conexión		EMS 8941
Banda		EMS 8942

4. DESARROLLO DE LA SESIÓN PRÁCTICA

1) PROCEDIMIENTOS

Actividad I.

Examine la estructura del módulo de motor universal, dando especial atención al motor, las escobillas, las terminales de conexión y el alambrado.

Actividad II.

Si se observa el motor desde la parte posterior del módulo:

- Identifique el devanado de armadura.
- Identifique el estator.
- Identifique el devanado principal en serie.
- Identifique el devanado de compensación.

Actividad III.

- Si se observa el motor desde la parte delantera del módulo:
- Identifique el conmutador.
- Identifique las escobillas.
- La posición neutra de las escobillas se indica mediante una línea roja, marcada en la carcasa del motor. Identifíquela.
- Las escobillas se pueden ubicar en el conmutador, moviendo la palanca a la derecha o a la izquierda de la línea roja. Mueva la palanca en ambos sentidos y luego vuélvala a su posición neutra.

Actividad IV.

Al observar la cara delantera del módulo:

- El devanado principal en serie se conecta a las terminales ----- y ----
- El devanado de compensación está conectado a las terminales ----- y ----
- Las escobillas (conmutador y devanado de armadura) están conectadas a las terminales ---- y -

COMO ENCONTRAR LA POSICIÓN NEUTRA.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Actividad V.

A continuación determinará la posición neutral de las escobillas del motor, utilizando corriente alterna. Conecte el circuito que aparece en la figura 8.1. Utilizando los módulos de la fuente de alimentación, medición de C.A. y motor. Las terminales de la fuente de alimentación proporcionan los 0 V -120 V C.A. variables conforme se haga girar la perilla de control de la salida de voltaje.

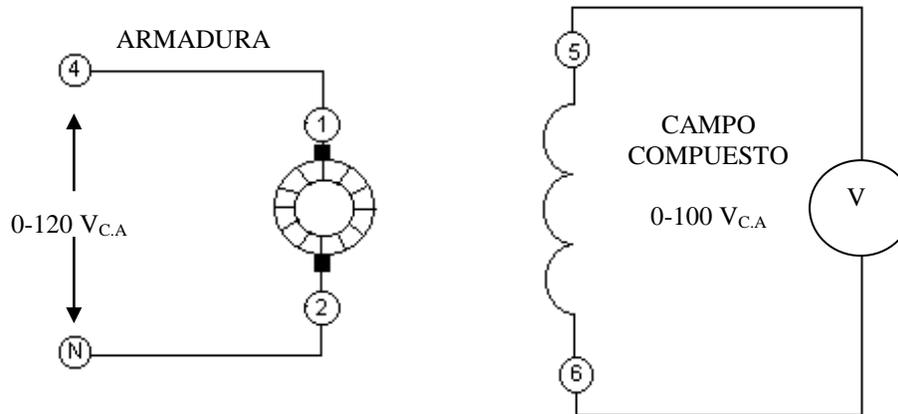


Fig. 8.1 Diagrama eléctrico de la posición neutral de las escobillas

¡NO APLIQUE POTENCIA POR AHORA!

Actividad VI.

Desprenda el módulo de motor universal y jálalo aproximadamente 10 cm hacia adelante. Meta la mano detrás de la carátula delantera del módulo y mueva la palanca para que las escobillas giren en el sentido de las manecillas del reloj y lleguen a su posición máxima. Deje el módulo donde está, (porque más tarde tendrá que mover las escobillas).

Actividad VII.

Conecte la fuente de alimentación y ajuste el control de salida, hasta que se apliquen aproximadamente 80V C.A. a la armadura. El voltaje de corriente alterna que aparece en el devanado de compensación se induce por medio de la corriente alterna que pasa por la armadura.

Actividad VIII.

- a) Meta la mano “con cuidado” detrás de la cara delantera del módulo, (no olvide meter la otra mano en el bolsillo), y mueva las escobillas de una posición extrema a la otra. Observará que, al girar las escobillas en el sentido contrario a las manecillas del reloj, el voltaje aumenta y luego disminuye cuando las escobillas se acercan a la otra posición extrema.

Código: FESA PAL IIC INI Fecha de emisión: 2024.02.01 Revisión: 07

- b) Deje las escobillas en la posición en que el voltaje inducido llega al máximo; este es el punto neutral del motor universal. Cada vez que use el motor universal, las escobillas se deben colocar en la posición neutra.
- c) Vuelva el voltaje a 0 y desconecte la fuente de alimentación. Coloque el módulo del motor universal en su lugar.

Actividad IX.

Conecte los devanados de armadura y compensación en serie, a la salida de 0-120V C.A. de la fuente de alimentación como se ilustra en la Fig. 8.2a y Fig. 8.2b.

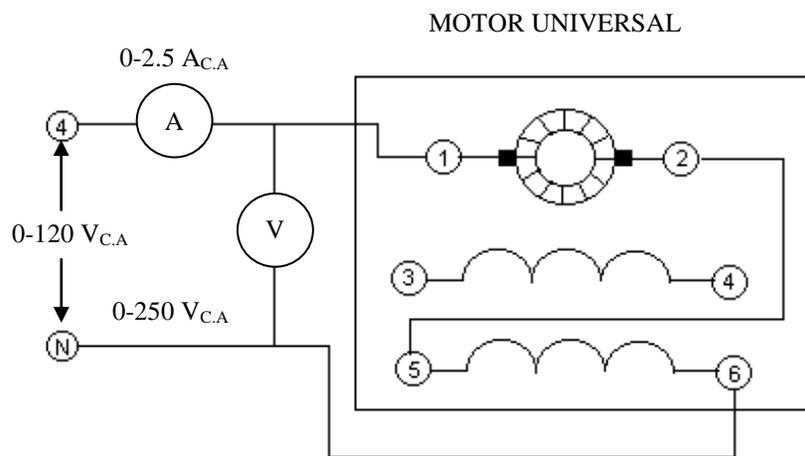


Fig. 8.2a Diagrama de conexión del motor universal a la fuente

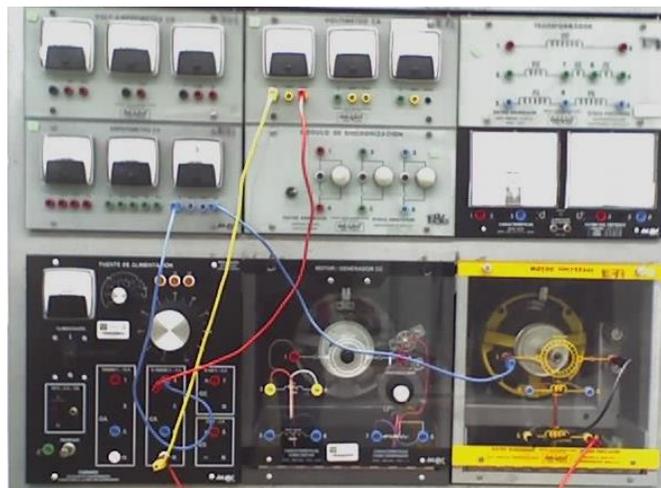


Fig. 8.2b Diagrama físico de conexión del motor universal a la fuente de alimentación

Actividad X.

- Conecte la fuente de energía y ajústela a 30V C.A ver Fig. 8.2b.
- Si la corriente de línea es menor a 1A. de corriente alterna al aplicar 30V C.A., el devanado de compensación está produciendo un flujo en el mismo sentido que el de la armadura, incrementando con ello la inductancia (y la reactancia). Si esto sucede, intercambie los cables de la armadura por los del devanado de compensación.
- Mida y anote la corriente de línea.
- Reduzca a cero el voltaje y desconecte la fuente de alimentación.

Nota: Si gira la armadura, las escobillas no están exactamente en la posición neutra

Actividad XI.

Conecte el circuito de la Fig. 8.3a, con los módulos de vatímetro y electrodinamómetro (recuerde que debe tener las mismas conexiones de los devanados de armadura y compensación que en la actividad X).

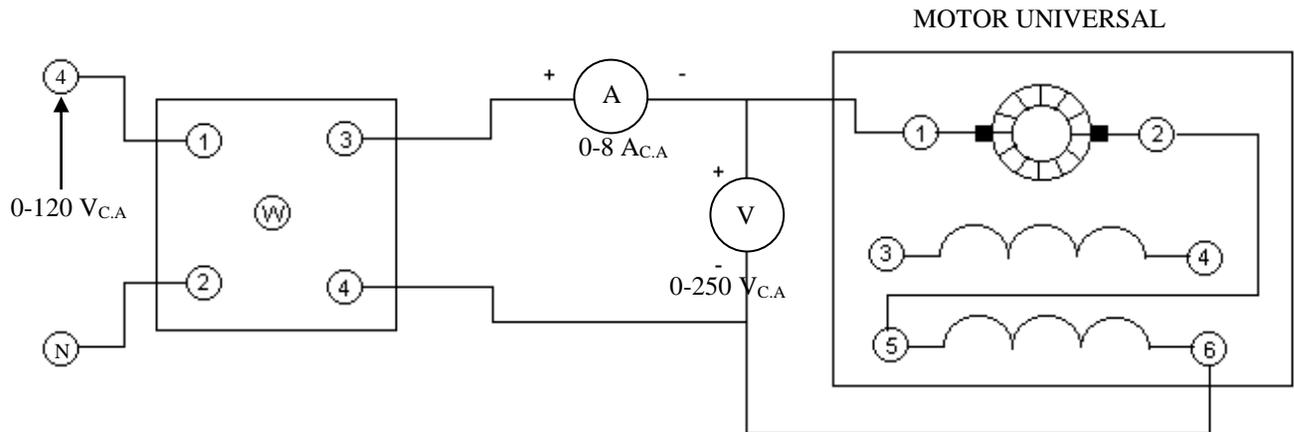


Fig. 8.3a Diagrama eléctrico de conexiones del vatímetro y electrodinamómetro al motor universal

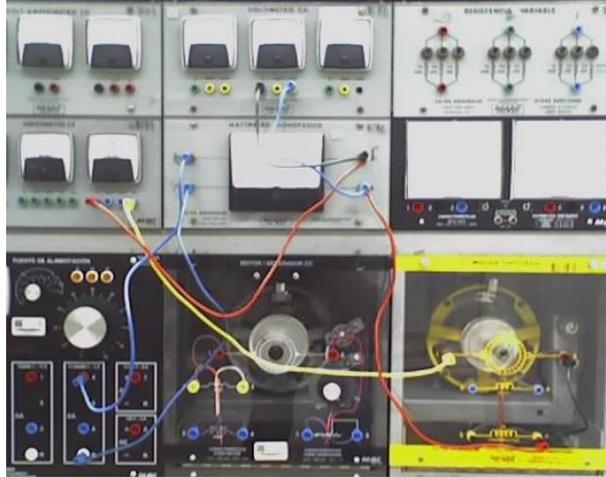


Fig. 8.3b Diagrama físico de conexiones del vatímetro y electrodinamómetro al motor universal

Actividad XII.

- Acople el electrodinamómetro al motor universal mediante la banda, ver Fig. 8.3b.
- Conecte las terminales de entrada del electrodinamómetro a la salida fija de 120V C.A. de la fuente de alimentación.
- Haga girar la perilla de control del electrodinamómetro en el sentido contrario de las manecillas del reloj hasta posición extrema (para proporcionar carga una mínima en el arranque del motor universal).

Actividad XIII

- Conecte la fuente de alimentación y ajústela a 120V C.A.
- Mida y anote en la tabla 8.1 la corriente de línea, la potencia y la velocidad del motor. Observe que hay un chisporroteo muy reducido en las escobillas.
- Repita la operación (b) por cada par indicado en la tabla, manteniendo el voltaje de entrada a 120V C.A.
- Reduzca a cero el voltaje y desconecte la fuente de alimentación.

5. RESULTADOS

2) TOMA DE DATOS

Par (lib . pulg)	I (Amp)	VA	P (watts)	Velocidad (r.p.m.)	HP
0					
3					
6					
9					

Tabla 8.1

3) CÁLCULOS:

- a) Calcule y anote en la tabla 8.1 la potencia aparente suministrada al motor por cada uno de los pares indicados.
- b) Calcule y anote en la tabla la potencia desarrollada para cada par señalado.

6. CONCLUSIONES

Las propias de esta sesión práctica tanto personales como las realizadas en clase.

7. FUENTES DE CONSULTA:

José Goldemberg. FÍSICA GENERAL Y EXPERIMENTAL. Editorial Interamericana. 1970.

Paul W. Zitzewitz - Robert F. Neft. FÍSICA 2 - PRINCIPIOS Y PROBLEMAS. Mc Graw-Hill. 1995.

Arthur F. Kip. FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO. Mc Graw-Hill. 1962

Joseph H. Foley. FUNDAMENTOS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS. Mc Graw-Hill. 1981.

Howard H. Gerrish. EXPERIMENTOS DE ELECTRICIDAD. Limusa - Wiley.

V. Carranza. LABORATORIO DE FÍSICA. 1985.

Francisco de Celis Vértiz. MANUAL ELEMENTAL DE ELECTRICIDAD. Edición del Sindicato Mexicano de Electricistas. 1957.

Museo Tecnológico C.F.E. FOLLETO DE ELECTROMAGNETISMO. 1996.

Ignacio Palomares Peña (coautor). APUNTES DE ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO. U.N.A.M. - E.N.E.P. Acatlán.

SESIÓN PRÁCTICA NO. 9

MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA TRIFÁSICOS

1. OBJETIVO

Se examinará la estructura de un motor de corriente alterna trifásica de inducción así como sus características de operación y comparar su eficiencia con el motor de corriente alterna monofásica de inducción.

2. ANTECEDENTES TEÓRICOS:

Existen varios tipos de motores de corriente alterna trifásicos; el motor síncrono, el motor de rotor devanado, el motor de jaula de ardilla y otros. Sin embargo, el motor que cuenta con el diseño de rotor más sencillo y que tiene una mayor aplicación es el motor trifásico de inducción con tipo “jaula de ardilla”.

El rotor de jaula de ardilla se compone de un núcleo de hierro laminado con ranuras longitudinales alrededor de su periferia. En esas ranuras se incrustan barras gruesas de cobre o de aluminio conectadas a unos anillos en los extremos del rotor de manera que queden en corto circuito eléctricamente. Debido a esto, el conjunto de barras presenta una resistencia eléctrica mucho menor a la del núcleo sobre el cual se asientan. Incluso en algunos diseños las barras y los anillos de los extremos se funden a la estructura integral del núcleo quedando todo el rotor como un elemento integrado sumamente sólido, Fig. 9.1.

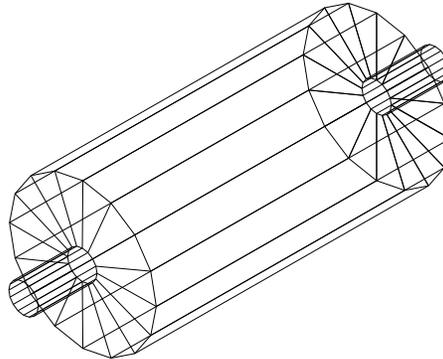


Fig. 9.1 Diagrama del devanado del rotor, del motor tipo jaula de ardilla

Los elementos de la jaula de ardilla actúan como vueltas en corto circuito, que llevan elevadas corrientes inducidas en ellas, por el flujo del campo del estator.

Si se compara este diseño con el complicado embobinado de un rotor devanado, o con la armadura devanada de un motor de corriente directa, el rotor de jaula de ardilla es relativamente simple, fácil de fabricar y generalmente trabaja sin ocasionar problemas de servicio.

Cuando se aplica potencia al estator de un motor de inducción, se establece un campo magnético giratorio y cuando este comienza a girar, sus líneas de flujo cortan las barras en corto circuito de la jaula de ardilla generando en ellas voltajes por inducción electromagnética. Puesto que las barras están en corto circuito con una resistencia muy baja, los voltajes generan corrientes de elevada intensidad que circulan por los elementos de la jaula de ardilla. Estas corrientes producen a su vez sus propios campos magnéticos intensos con sus respectivos polos magnéticos, los cuales son atraídos hacia el campo magnético giratorio tendiendo a quedar “enclavados” los polos contrarios. Al girar los campos magnéticos del estator, girarán entonces los campos magnéticos enclavados del rotor y con ellos el rotor mismo.

El par de arranque de un motor de inducción de este tipo es relativamente bajo en comparación a otros diseños de motor como los que tienen el rotor devanado, pero como ya hemos mencionado su economía, facilidad de fabricación y bajo mantenimiento lo hacen preferible para la mayoría de las aplicaciones en que no se requiere de un alto par de arranque.

En el arranque, la velocidad del corte de las líneas de campo magnético es máxima ya que el rotor está en reposo, por lo mismo las corrientes inducidas son máximas y el par de arranque alcanza su valor más alto. Conforme el rotor va alcanzando velocidad de giro cada vez más elevada tendiendo a igualar la velocidad de giro del campo magnético del estator, las corrientes inducidas en la jaula de ardilla disminuyen de intensidad pues la velocidad de corte también lo hace. Cuando el *deslizamiento* (diferencia de velocidades entre la velocidad del rotor y la del estator dividida por el valor de esta última) alcanza un valor comprendido entre el 2 y el 10 %, la velocidad del rotor se estabiliza. Al aplicar carga al motor, el deslizamiento aumenta pero al hacerlo surge un aumento en la intensidad de las corrientes de la jaula de ardilla y con ello aumenta la intensidad de los campos magnéticos enclavados que hacen que aumente la velocidad y disminuya el deslizamiento. Todo lo anterior hace que siempre haya un control automático de velocidad para cada carga aplicada.

A continuación veremos algunas definiciones y fórmulas que nos permitirán llevar a cabo esta sesión práctica:

POTENCIA APARENTE (Pap): Se define como el producto del voltaje eficaz por la corriente eficaz. Siendo los valores eficaces los que se obtienen con la lectura directa del voltímetro y del amperímetro. Su relación con el valor máximo o pico de la onda senoidal está dado por:

$P_{ap} = V I$ en donde:

$$V = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \quad I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

POTENCIA REAL (P): Es el valor obtenido de la lectura directa del Wattímetro. Cuando la carga es puramente resistiva, la potencia aparente y la real coinciden, pero en el caso de un motor hay un componente reactivo debido a la existencia de los embobinados que producen los campos magnéticos. Aparece entonces el concepto de factor de potencia.

FACTOR DE POTENCIA (FP): Se define como el coseno del ángulo de defasamiento entre la onda de voltaje y la de la corriente.

$$FP = \cos \phi = \frac{P}{P_{ap}} = \frac{P}{V I}$$

POTENCIA REACTIVA (Pr): Solo una parte de la potencia aparente se transforma en potencia real, queda otra parte no aprovechada aunque indispensable para que el equipo funcione y se conoce como potencia reactiva. La forma de calcularla es con la ecuación siguiente:

$$Pr = \sqrt{P_{ap}^2 - P^2}$$

POTENCIA UTIL (Pu) Es la potencia que se aprovecha del motor después de haber restado las pérdidas por fricción, calor, reactancias, etc. Se obtiene tomando los datos del par (lbf-pulg) indicado por un electrodinamómetro a una velocidad de giro del motor (RPM) y aplicando la siguiente fórmula:

$$Pu \text{ (en kW)} = 1.341 \frac{[(\text{lbf-pulg}) (\text{RPM}) 1.59]}{100000}$$

EFICIENCIA (η): Es la relación entre la potencia útil de un motor y la potencia real.

$$\eta = \frac{Pu}{P} \times 100$$

3. EQUIPO Y MATERIAL REQUERIDO

Módulo de motor de inducción trifásico tipo jaula de ardilla.	EMS 8221
Módulo de electrodinamómetro	EMS 8911
Módulo de wattímetro trifásico	EMS 8441
Módulo de fuente de alimentación trifásica (0-120/240 V)	EMS 8821
Módulo de medición de voltaje en C.A. (0- 250 V)	EMS 8426
Módulo de medición de C.A. (0- 8 A)	EMS 8425
Tacómetro de mano	EMS 8920
Cables de conexión	EMS 8941
Banda	EMS 8942

4. DESARROLLO DE LA SESIÓN PRÁCTICA

1) PROCEDIMIENTOS

¡Advertencia! : En esta sesión práctica, se manejan altos voltajes y el motor y el electrodinamómetro operan a alta velocidad por lo que se deben extremar los cuidados. Manténgase alejado de las zonas peligrosas y asegure la fuente desconectada al hacer conexiones y después de las mediciones.

Actividad I:

Examine al detalle la construcción del módulo del motor de inducción fijándose especialmente en el motor, las terminales de conexión, el alambrado y los módulos de medición.

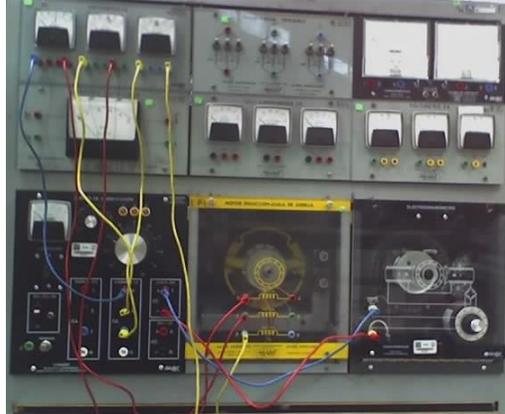


Fig. 9.2 Diagrama físico de conexión del motor de inducción a los módulos de medición

Actividad II:

- Identifique los devanados del estator. Observe que están compuestos de muchas vueltas de alambre de diámetro reducido y que están uniformemente espaciadas alrededor del estator.
- Identifique el abanico de enfriamiento. ¿Por qué se calienta el motor?
- Identifique los anillos de los extremos del rotor de jaula de ardilla.
- Observe la longitud del entrehierro entre el rotor y el estator.
- ¿Existe alguna conexión eléctrica entre el rotor y cualquiera otra parte del motor? Ver Fig. 9.2



Fig. 9.3 Diagrama físico del motor de inducción

Actividad III:

Si observa el módulo desde la cara delantera, Fig. 9.3 y Fig. 9.4, podrá contestar las siguientes preguntas:

- ¿A qué terminales se conectan los devanados independientes del estator?
- ¿Cuál es la corriente nominal de los devanados del estator?
- ¿Cuál es el voltaje nominal de los devanados del estator?
- ¿Cuál es la velocidad nominal del motor en RPM?
- ¿Cuál es la potencia en HP del motor?



Fig. 9.4 Diagrama físico del motor tipo Jaula de ardilla

Actividad IV:

Conecte el circuito que se ilustra en la siguiente Fig. 9.5a y Fig. 9.5b, sin acoplar aún el motor al dinamómetro. Observe que los devanados del estator están conectados en “estrella” a través del wattímetro trifásico, a la salida trifásica variable de la fuente de alimentación.

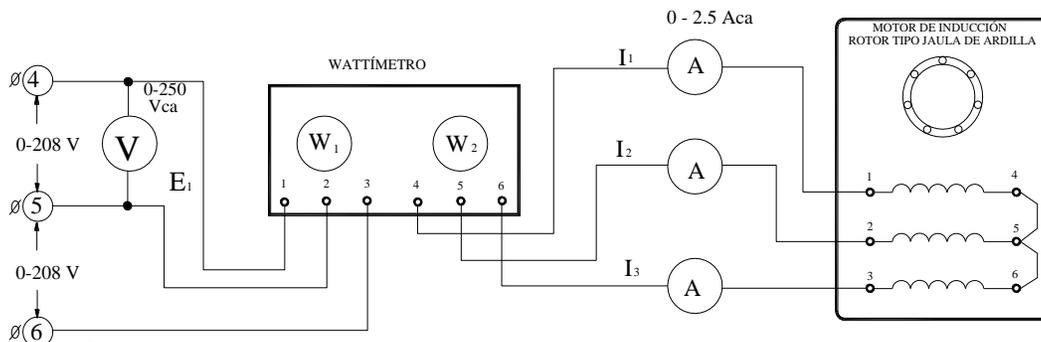


Fig. 9.5a Diagrama eléctrico de conexión del motor jaula de ardilla a los módulos de medición (Voltímetro, Amperímetro, Wattímetro).



Fig. 9.5b Diagrama físico de conexión del motor Jaula de Ardilla a los módulos de medición (Voltímetro, Amperímetro y Wattímetro).

Actividad V:

- Conecte la fuente de alimentación y ajuste E_1 a $208 V_{C.A}$. El motor comenzará a girar y rápidamente alcanzará su velocidad de operación en vacío (sin carga).
- Mida y anote en la tabla 9.1 las tres corrientes de línea, la lectura del wattímetro y la velocidad del motor.
- Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.

PAR (l _{bf} - plg)	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)	W1 (watt)	W2 (watt)	W3 (watt)	Velocidad (RPM)
0							
3							
6							
9							
12							

Tabla. 9.1

Actividad VI

- Acople el motor al electrodinamómetro por medio de la banda como se muestra en la Fig. 9.6.
- Mueva la perilla de control del dinamómetro a su posición extrema haciéndola girar en sentido contrario a las manecillas del reloj.
- Repita las mismas mediciones de la actividad anterior para cada par indicado en la tabla manteniendo siempre el voltaje ajustado a $208 V_{C.A}$. Anote sus lecturas.

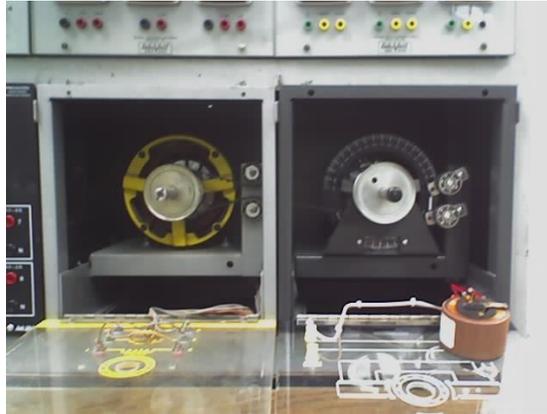


Fig. 9.6 Diagrama físico de los modelos del motor Jaula de Ardilla

Actividad VII:

- Conecte el circuito que aparece en la Fig. 9.7a y Fig. 9.7b. Observe que ahora se utiliza la salida trifásica fija de la fuente de alimentación.
- Ponga la perilla de control del dinamómetro en su posición extrema haciéndola girar en el sentido del giro de las manecillas del reloj. Con esto se logra dar al motor una carga máxima en el arranque.

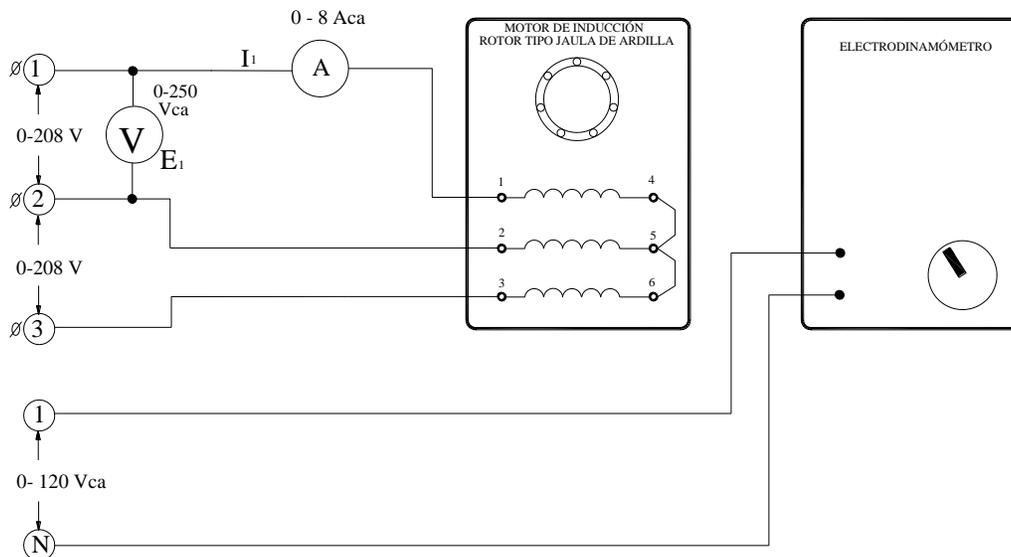


Fig. 9.7a Diagrama eléctrico de conexión del motor de Inducción, acoplado al Electrodinamómetro



Fig. 9.7b Diagrama físico de conexión del motor de Inducción, acoplado al Electrodinamómetro

Actividad VIII:

Conecte la fuente de alimentación y rápidamente mida E_1 , I_1 y el par de arranque desarrollado. Anótelos:

$$E_1 = \text{_____ Volts}$$

$$I_1 = \text{_____ Amp}$$

$$\text{Par de arranque} = \text{_____ lbf - plg}$$

Calcule la *potencia aparente* (EN Volts - Amperes) del motor para el par de arranque. Anótelas:

$$\text{Potencia aparente} = \text{_____ V A}$$

2) TOMA DE DATOS

Durante el desarrollo de la sesión práctica, se anotarán los datos que se han solicitado.

3) CÁLCULOS Y OBSERVACIONES

Con los datos obtenidos y anotados anteriormente, calcule las características de trabajo en vacío (sin carga) del motor trifásico de inducción jaula de ardilla:

TRABAJO EN VACÍO DEL MOTOR

Potencia aparente $P_{ap} = \text{_____ VA}$

Potencia real $P = \text{_____ Watts}$

Potencia reactiva $P_r = \text{_____ VA r}$

Factor de potencia $FP = \text{_____ \%}$

Con las lecturas obtenidas al obtener un par de 9 lbf-plg calcule las características del motor:

TRABAJO CON CARGA DEL MOTOR

Potencia aparente $P_{ap} =$ _____ VA

Potencia real $P =$ _____ Watt

Potencia reactiva $P_r =$ _____ VA r

Factor de potencia $FP =$ _____ %

Potencia útil $P_u =$ _____ kW

Eficiencia $\eta =$ _____ %

5. RESULTADOS:

Utilice lo anteriormente obtenido para llevar a cabo las siguientes comparaciones:

- Corriente de arranque a corriente a plena carga.
- Par de arranque a par de plena carga.
- Corriente de plena carga a corriente vacío.
- Este tipo de motor es uno de los más usados en la industria ¿Por qué?
- Es además económico y de bajo mantenimiento ¿Por qué?

6. CONCLUSIONES

Las propias de esta sesión práctica, tanto personales como las vistas en clase



**TALLERES Y LABORATORIOS DE
LICENCIATURA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INSTALACIONES I**

Código: FESA PAL IIC INI Fecha de emisión: 2024.02.01 Revisión: 07

7. FUENTES DE CONSULTA

Robert Resnik. FÍSICA TOMO II. Edit. CECSA

Chester L Dawunes. TRATADO DE ELECTRICIDAD. Tomo II Edit. G. Gili

Francis W. Sears. ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO_ Edit. Wesley

Martín Romero. ELECTRICIDAD. Edit. Sopena

Paul E. Tippens. FÍSICA, CONCEPTOS Y APLICACIONES. Edit. Mc Graw Hill

Wildi y De Vito. EXPERIMENTOS CON EQUIPO ELÉCTRICO. Edit LIMUSA

SESIÓN PRÁCTICA NO. 10

CONEXIONES BÁSICAS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS

1. OBJETIVO

El alumno conocerá las conexiones básicas empleadas y técnicas del alambrado en una instalación eléctrica y elementos característicos de un plano de Instalación Eléctrica.

2. ANTECEDENTES TEÓRICOS

Instalación eléctrica

En cualquier instalación eléctrica residencial, comercial e industrial se necesita de elementos de protección, unión y distribución para suministrar energía eléctrica a estos consumidores, por lo que se requiere de un conjunto de elementos característicos en una instalación eléctrica como:

1 Apagadores

Un apagador se define como un interruptor pequeño de acción rápida, operación manual y baja capacidad, que se usa, por lo general, para controlar aparatos pequeños, domésticos y comerciales, así como unidades de iluminación pequeñas. Debido a que la operación de los apagadores es manual, los voltajes nominales no deben de exceder de 600 volts. Se debe tener especial cuidado de no usar los apagadores para interrumpir corrientes que exceden a su valor nominal de voltaje, por lo cual se debe observar que los datos de placa estén impresos como un dato del fabricante.

Algunas marcas de apagadores modernos tienen las siguientes características de diseño:

- Materiales plásticos tan resistentes como los metálicos pero con la ventaja de ser más decorativos y no ser conductores de electricidad. Todas las piezas conductoras están ensambladas en una caja moldeada en baquelita, material no-inflamable y no degradable con el calor o la llama.
- Facilidad de instalación, sin puentes ni accesorios. Se montan directamente sobre la caja en la pared.
- No muestran tornillos al quedar instalados.
- Algunos tienen luz piloto de localización para sitios oscuros, de muy bajo consumo eléctrico.
- Botones de accionamiento grandes para mayor facilidad de operación.

A continuación, se mencionan algunas de las características técnicas de algunos fabricantes:

- Pruebas de rigidez dieléctrica, aplicando 2000 V, 60 ciclos, durante un minuto.
- Prueba de temperatura a 1000 °C durante siete horas sin sufrir deformación alguna.
- Prueba de impacto, soportando un golpe seco de un peso de 150 g desde una altura de 15 cm.
- Prueba de compresión en la que se someten a un peso de 60 kilogramos durante un minuto.
- Prueba de sobrecarga eléctrica en la que se someten a 200 operaciones de 1.5 veces la capacidad nominal. ($\cos \phi = 0.6$)
- Prueba de funcionamiento que consiste en someter a un apagador a 40 000 operaciones de encendido y apagado, al 100% de su capacidad eléctrica nominal. ($\cos \phi = 0.6$)

Apagador sencillo (una vía)

Apagador monopolar con dos terminales, que se usa para **encender** o **apagar** una lámpara u otro aparato desde un punto sencillo de localización. Los apagadores sencillos para instalaciones residenciales se fabrican para 127 V y corrientes no mayores de 15 A. En los apagadores llamados de contacto se enciende y apaga simplemente presionando el botón. Existen otros tipos de apagadores simples para aplicaciones más bien del tipo local, como es el caso de control de lámparas de mesa, apagadores de cadena para closets o cuartos pequeños, o bien apagadores de paso del tipo portátil para control remoto a distancia de objetos y aparatos eléctricos.

Apagador de tres vías (escalera)

Los llamados apagadores de tres vías se usan principalmente para controlar lámparas desde dos puntos distintos, por lo que se requieren dos apagadores de tres vías por cada instalación en donde se necesita este tipo de control. Por lo general este tipo de apagadores tienen tres terminales. Su instalación es común en áreas grandes como una entrada de casa y pasillo, en donde por comodidad no se requiere regresar a apagar una lámpara, o bien, escaleras en donde se encienda un foco en la parte inferior (o superior) y se apaga en la parte superior (o inferior) para no tener que regresar a apagar la lámpara.

1.1 Contactos

Los contactos se usan para enchufar (**conectar**) por medio de clavijas, dispositivos portátiles tales como lámparas, taladros portátiles, radios, televisores, tostadoras, licuadoras, lavadoras, batidoras, secadoras de pelo, rasuradoras, etc. Estos contactos deben de ser para una capacidad nominal no menor de 15 A para 127 volts y no menor de 10 A para 220 V. Los contactos deben de ser de tal tipo que no se puedan usar como portalámparas.

Los contactos pueden ser sencillos o dobles, del tipo polarizado para conexión a tierra y a prueba de agua. Se pueden localizar aproximadamente de 20 a 30 cms. con respecto al nivel del piso terminado. En el caso de cocinas integrales así como en baños se deben de instalar a la altura que marque la guía mecánica de los fabricantes de estos aparatos.

1.2 Portalámparas

Quizá el tipo más común de portalámpara usado en las instalaciones eléctricas de casas habitación sea el conocido como soquet, construido de casquillo de lámina delgada de bronce en forma roscada para alojar al casquillo de los focos o lámparas. La forma roscada se encuentra contenida en un elemento aislante de baquelita o porcelana y el conjunto es lo que constituye el portalámpara. Existen diferentes tipos de portalámparas dependiendo de las aplicaciones que se tengan, incluyendo a los denominados portalámparas ornamentales, usados en casas habitación, oficinas o centros comerciales.

3. EQUIPO Y MATERIAL REQUERIDO

Multímetro digital

Pinzas de punta

Pinzas de electricista

Cutter (Este material deberá ser suministrado por el alumno)

Cable calibre # 14 (Este material deberá ser suministrado por el alumno)

3 Tabla de perfoel (Este material deberá ser suministrado por el alumno)

Chalupas, registros, apagadores, contactos (Este material deberá ser suministrado por el alumno)

Tapas, tornillería (Este material deberá ser suministrado por el alumno)

Ducto (Este material deberá ser suministrado por el alumno)

4. DESARROLLO DE LA SESIÓN PRÁCTICA

El alumno realizará las siguientes conexiones en sus tablas de perfoel

Fig. 10.1 Diagrama eléctrico de conexión

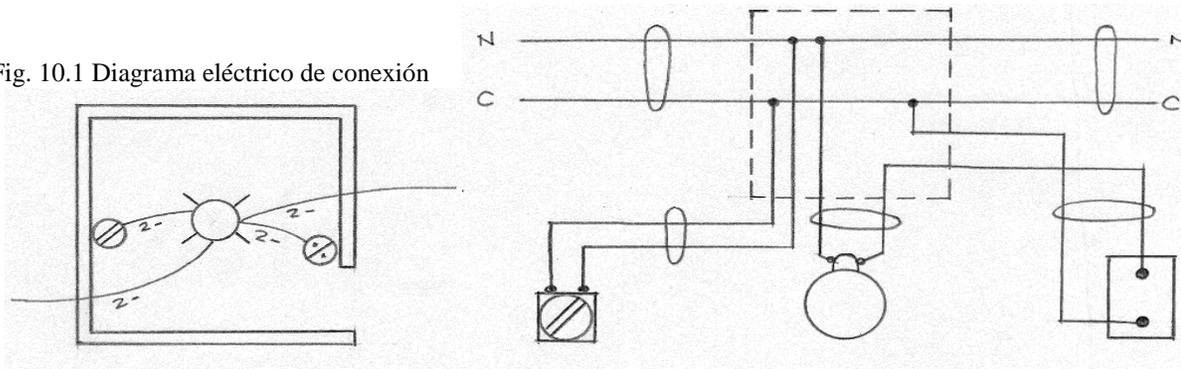


Diagrama de conexión de una lámpara con apagador sencillo y un contacto en el mismo circuito, indicando la alimentación del circuito y continuación de la línea

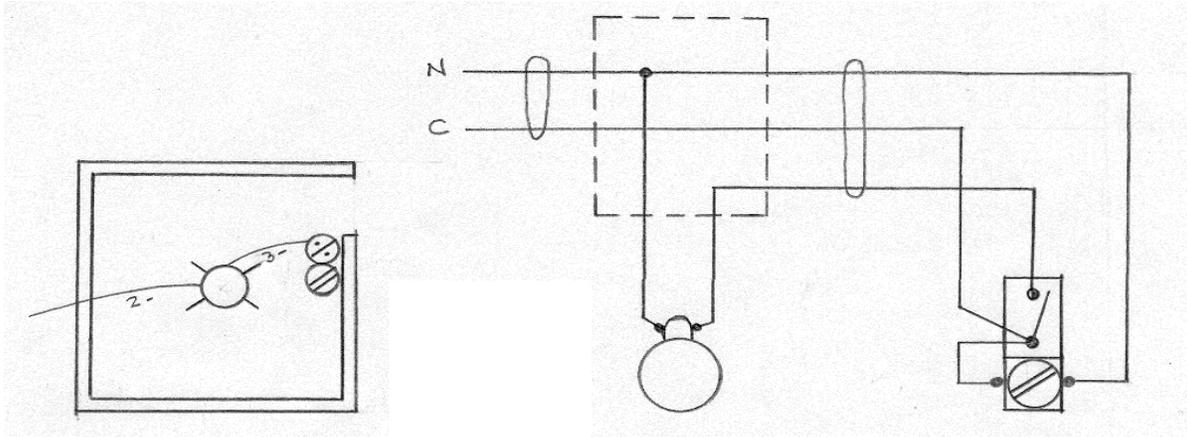


Fig.10.2 Diagrama eléctrico de conexión

Conexión de lámpara con apagador sencillo y un contacto en la misma caja del apagador, indicando la alimentación del circuito y continuación de la línea.

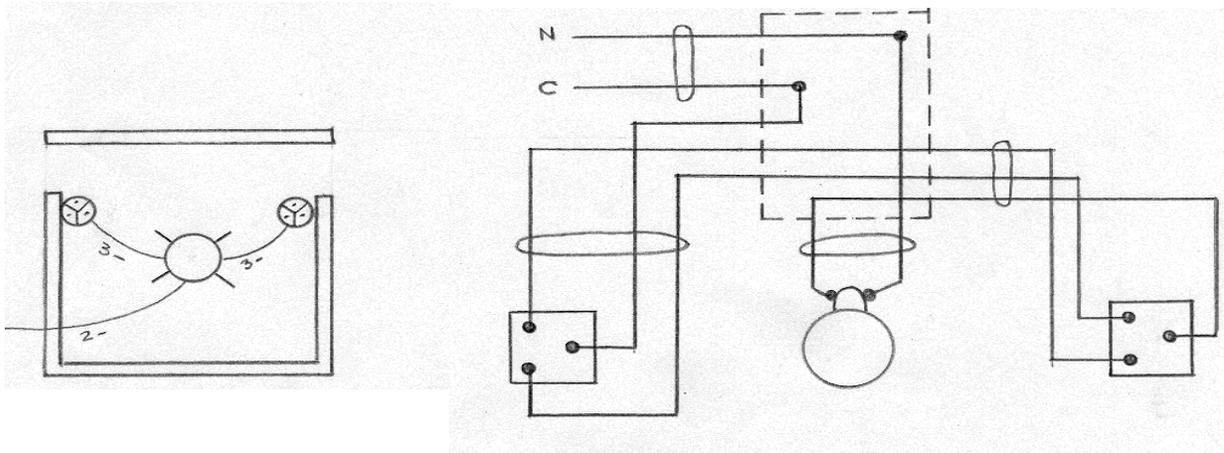


Fig. 10.3 Diagrama eléctrico de conexión

Código: FESA PAL IIC INI Fecha de emisión: 2024.02.01 Revisión: 07

Diagrama de conexión de una lámpara con dos apagadores de tres vías (escalera), indicando la alimentación del circuito.

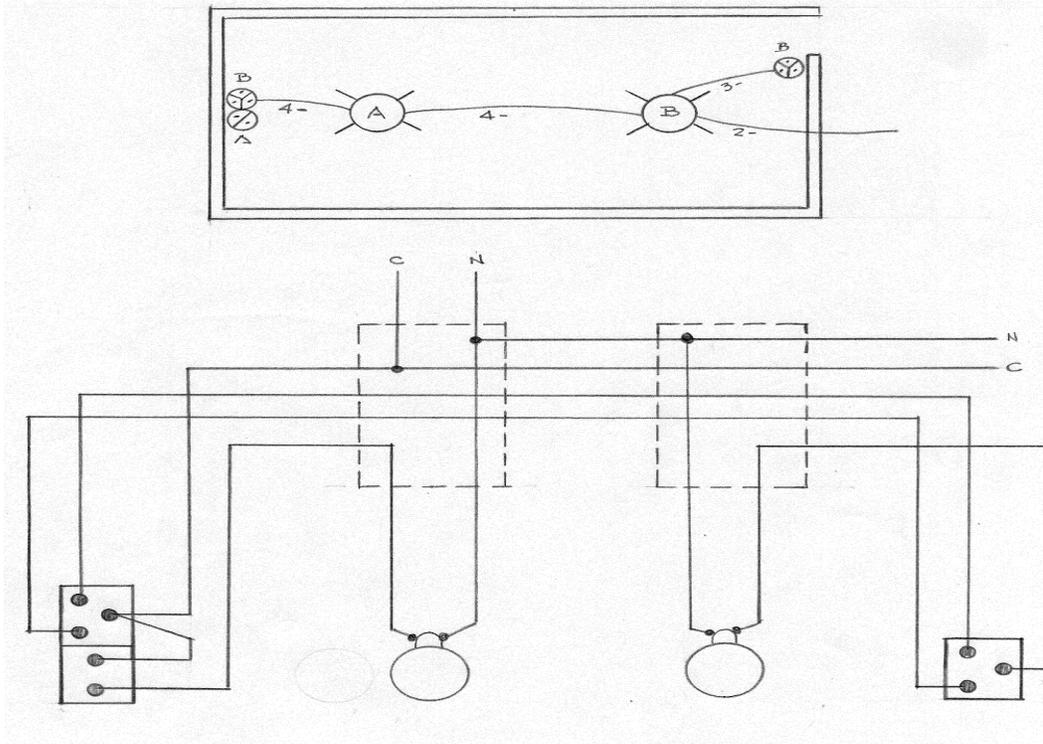


Fig. 10.4 Diagrama eléctrico de conexión

Diagrama de conexión de dos lámparas con dos apagadores de tres vías (escalera) y un apagador sencillo, indicando la alimentación del circuito y continuación de la línea.

5. RESULTADOS

6. CONCLUSIONES

Las propias de esta sesión práctica tanto personales como las realizadas en clase.

7. FUENTES DE CONSULTA

Ing. Onesimo becerril. **INSTALACIONES ELÉCTRICAS PRÁCTICAS. IPN**

Pedro Camarena. **INSTALACIONES ELÉCTRICAS RESIDENCIALES. Editorial CECSA**

Gilberto Enriquez Harper. **MANUAL PRÁCTICO PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS. Edit. LIMUSA – NORIEGA**

HISTORIAL DE CAMBIOS

Revisión	Sección	Descripción de la modificación	Fecha de la modificación
0	Todas	Nuevo	2013.10.24
1	Portada	Actualización de Responsable de Gestión de la Calidad.	2016.08.19
2	Portada	Actualización de Representante de la Dirección.	2017.08.18
3	Todas	Se asignó un nuevo orden a las prácticas.	2018.02.06
4	Práctica 10. Sección 3. EQUIPO Y MATERIAL REQUERIDO	Se especifica lo que el alumno debe suministrar para la realización de la práctica.	2020.01.07
5	Práctica 3. Fig. 4.1 y 4.2	Se reacomodaron los diagramas eléctricos ya que aparecían cortados en el cambio de página.	2021.01.28
6	Formato	Por ampliación de alcance se renombra FESA PIC I03 por FESA PAL IIC INI.	2022.08.22
7	Portada	Actualización del Jefe de Sección.	2024.02.01

HISTORIAL DE REVISIONES

Fecha de revisión	Responsable de realizar la revisión	Próxima fecha de revisión
2015.01.12	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2016.01.12
2016.01.12	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2017.01.12
2016.08.19	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2017.08.19
2017.08.18	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2018.08.18
2018.08.20	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2019.08.20
2019.08.02	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2020.08.02
2020.08.03	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2021.08.03
2021.01.28	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2022.08.04
2022.04.01	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2023.04.04
2023.04.11	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2024.04.11
2024.02.16	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2025.02.10