



**MANUAL DE ELECTRICIDAD Y
ELECTRÓNICA EA-2
PROFESOR**

ÍNDICE DE EXPERIENCIAS

ELECTROSTÁTICA

Fenómenos de electrización por frotamiento (2.1.)

Electroscopio elemental y electrómetro (2.2.)

El electróforo (2.3.)

Inducción electrostática. Efecto de las puntas (2.5.)

RESISTENCIAS EN CORRIENTE CONTINUA

Ley de Ohm en corriente continua. Resistencia (3.4.)

Resistencia de un conductor y su longitud (3.5.)

Sección de un conductor y su resistencia (3.6.)

Resistencia y naturaleza de un conductor. Resistividad (3.7.)

ASOCIACIÓN DE RESISTENCIAS

Combinación de resistencias en serie y paralelo (3.10.)

Puente de Wheatstone (3.8.)

Puente de hilo (3.9.)

LEYES DE KIRCHHOFF

Primer lema de Kirchhoff (3.14.)

Segundo lema de Kirchhoff (3.15.)

DIVISORES DE TENSIÓN



Divisor de tensión (8.2.)

Potenciómetros y reóstatos(3.3.)

LÍNEAS EQUIPOTENCIALES

Estudio de las líneas equipotenciales (3.19.)

RESISTENCIAS VARIABLES

Potenciómetro (8.1.)

Resistencias no lineales (L.D.R., N.T.C., P.T.C., V.D.R.) (8.5.)

CONDENSADORES EN CORRIENTE CONTINUA

Condensadores en circuitos de corriente continúa. Corrientes de carga y descarga (3.18.)

CIRCUITOS EN CORRIENTE ALTERNA

Ley de Ohm en corriente alterna (circuito con R exclusivamente) (4.1.)

Circuito con L y R en corriente alterna. Impedancia. Angulo de fase (4.4.)

Circuito con R y C en corriente alterna. Impedancia. Angulo de fase (4.5.)

Circuito con R, L YC en corriente alterna. Concepto general de impedancia (4.6.)

RESONANCIA

Resonancia serie (4.9.)

Resonancia paralelo (4.10.)

ELECTROMAGNETISMO

Experimento de Oersted (6.4.)

Bobina o solenoide (6.2.)

Campo magnético creado por una bobina plana circular (6.5.)

Determinación del campo magnético terrestre (6.6.)

INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Inducción electromagnética. Principio de la generación electromagnética de la corriente eléctrica (7.3.)

Inducción mutua. Ley de Lenz. Coeficiente de inducción mutua (6.7.)

Magnetos de corriente alterna y corriente continua (7.5.)

Principio del alternador con inductor móvil (7.6.)

Alternadores y dinamos con inductor fijo (7.7.)

Motor de corriente continua con imán fijo (7.9.)

Motores de corriente continua en serie y en derivación (7.10.)

DIODOS

Diodo de germanio (9.1.)

Diodo de silicio (9.2.)

Diodo zéner (9.3.)

Diodo L.E.D. (9.4.)

RECTIFICADORES y FILTROS

Rectificador de media onda (9.5.)

Filtro condensador-resistencia-condensador (9.7.)

CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL TRANSISTOR



Curvas características de entrada (emisor común) (10.3.)

Curvas características de salida (emisor común) (10.4.)

Curvas características de salida (base común) (10.5.)

Curvas características de salida (colector común) (10.6.)

AMPLIFICACIÓN CON TRANSISTORES

Ganancia en corriente de un transistor (10.10.)

Ganancia en tensión de un transistor (10.12.)

PUERTAS LÓGICAS

Puerta "O" (lógica positiva) (13.1.)

Puerta "Y" (lógica positiva) (13.2.)

Puerta "NO" (lógica positiva) (13.3.)

Puerta "NO-O" (NOR) (lógica positiva) (13.4.)

Puerta "NO-Y" (NAND) (lógica positiva) (13.5.)

Circuito lógico integrado (14.1.)

LÁMPARAS DE INCANDESCENCIA Y DE NEÓN

Lámpara de incandescencia y de neón (15.1.)

VÁLVULAS DE VACÍO

Diodo. Características en vacío y en carga (15.2.)

Triodo. Características de rejilla (15.3.)

Triodo. Característica de placa (15.4.)

Triodo. Resistencia de carga. Polarización (15.5.)

El triodo como amplificador de tensión (15.6.)

ELECTROSTÁTICA

CONTENIDO

Fenómenos de electrización por frotamiento (2.1.)

Electroscopio elemental y electrómetro (2.2.)

Electróforo (2.3.)

Inducción electrostática. Efecto de las puntas (2.5.)

DEFINICIÓN

Electrostática es la parte de la física que trata de los fenómenos de la electricidad en equilibrio (estática) sobre los cuerpos electrizados.

OBJETIVOS

Diferenciar los dos tipos de cargas con efectos opuestos, denominadas *positiva* y *negativa*.

Diferenciar entre cuerpo *neutro*, mismo número de cargas positivas y negativas y cuerpo *cargado* o *electrizado*, exceso o defecto de unas u otras.

Observar que mediante frotamiento de ciertos cuerpos se produce la *electrización de ambos*.

Observar que cuerpos cargados con el *mismo signo se repelen* y cuerpos cargados con *distinto signo se atraen*.

Conocer el fundamento y aprender a utilizar el *electroscopio* como instrumento para detectar fenómenos electrostáticos y el *electrómetro* para medir la carga de un cuerpo.

Conocer el fundamento y aprender a utilizar el *electróforo* como instrumento que permite conseguir cargas relativamente altas.

Estudiar el fenómeno de separación de cargas en un cuerpo neutro al aproximarle otro electrizado (*Inducción electrostática*).

Conocer el *efecto de las puntas* o de acumulación de cargas en los extremos, utilizado por ejemplo, en los pararrayos.

CONOCIMIENTOS PREVIOS



Antes de estudiar cualquier fenómeno eléctrico es necesario conocer la constitución de la materia en forma de moléculas y éstas de átomos.

Es necesario estudiar las características de los átomos, la distribución de partículas en su interior y su interacción, por centrarse en ellos toda la actividad eléctrica de la materia.

Hay que definir el concepto de carga eléctrica a partir de la estructura del átomo, así como sus unidades de medida.

A partir de la estructura de los distintos átomos, porqué unas sustancias se cargarán de una manera y otras de otra, o porqué unos materiales son conductores y otros aislantes, siempre debido a la distribución de los electrones de la última capa.

Como complemento a estos conocimientos previos, sería interesante comparar los fenómenos de atracción electrostática con los de gravitación, asemejando carga eléctrica en un caso, con masa en el otro.

Al estudiar este tema se puede hacer una breve introducción al concepto de capacidad eléctrica, como característica de un cuerpo de almacenar mas o menos carga eléctrica, aprovechada al máximo en los condensadores, que se estudiaran mas adelante, y cuyo funcionamiento se basa en los fenómenos de inducción electrostática.

PRECAUCIONES

A la hora de realizar experiencias con la electricidad estática, el principal cuidado a tener en cuenta es que los materiales e instrumentos a utilizar se encuentren bien secos; también es importante que la humedad ambiente no sea excesivamente alta, ya que si esto ocurre algunos de los experimentos podrían no salir. La humedad tanto en el aire como en los instrumentos hace que éstos se vuelvan conductores y por tanto se descarguen a través de sus soportes, de la mano o del propio ambiente.

Para secar los instrumentos a utilizar, es suficiente pasarlos por delante del chorro caliente de un secador de pelo. Algunos segundos son suficientes para que queden listos. Si el problema es la humedad ambiente, mejor será dejar las experiencias con electrostática para un día más seco.

Cuando queremos observar la atracción que ejerce un cuerpo cargado sobre pequeños papelitos, es conveniente que éstos sean cortados con tijeras para evitar que las fibras sueltas de unos se enganchen con las de los otros.

OBSERVACIONES

Cuando se toca un objeto cargado (baja capacidad) con la mano (alta capacidad), conseguimos que los electrones pasen a o desde nuestro cuerpo, quedando este también cargado aunque no se aprecie su efecto. Solamente nuestro cuerpo se descarga realmente a tierra si llevamos calzado conductor, o estamos conectados físicamente a tierra mediante una muñequera especial (manipulación de componentes sensibles a las descargas estáticas).

Un ejemplo de uso de la electricidad estática es la limpieza del polvo del aire. Se consigue haciendo pasar el aire por entre unas varillas que cargan las partículas de polvo con carga negativa, si a continuación hacemos pasar este aire con polvo cargado entre unas placas positivas, éstas atraerán electrostáticamente al polvo, quedando éste retenido en las placas y por tanto el aire limpio de polvo.

Otra aplicación similar de la electricidad estática es la aplicación de pintura por rociado. Las partículas de pintura se cargan negativamente y el cuerpo a pintar positivamente, más o menos según la cantidad de pintura necesaria. Cuando la pintura se deposita, el cuerpo queda en estado neutro; si se deposita más pintura de la necesaria, ésta es repelida por el propio exceso de carga negativa, yendo las partículas repelidas (carga negativa) a las zonas del objeto con falta de pintura (carga positiva).

Hoy en día existen generadores de electricidad estática muy sofisticados controlados por ordenadores que se utilizan en aceleradores de partículas y en generadores de rayos X.

Al igual que la electricidad estática tiene aplicaciones, también tiene inconvenientes. Uno de ellos y quizás el más conocido son las tormentas, en las que se producen descargas estáticas de muchos millones de voltios; téngase en cuenta que para que se produzca una chispa de 1mm son necesarios unos 1.000 voltios.

Otro de los inconvenientes mas grandes de la electricidad estática, son las descargas que se pueden producir al manipular componentes electrónicos sofisticados, por ejemplo microprocesadores y memorias (componentes de ordenadores), ya que son extremadamente sensibles a las tensiones muy altas y pueden destruirlos con cierta facilidad.

Por último citar como perjuicios, los problemas que crean en las telecomunicaciones al producir muchas interferencias, o las pequeñas descargas que se producen sobre nuestro cuerpo al quitarnos un jersey de fibras sintéticas en un día seco.

RESULTADOS

Al acercarse a una barra de ebonita o plexiglás neutra, unos trocitos de papel o la bolita del péndulo electrostático, éstos no sufren ninguna atracción o repulsión, pero si cargamos las barras por frotamiento, éstas atraen los papelitos y el péndulo.

Con dos barras electrizadas, una de ebonita y otra de plexiglás, podemos observar que si cargamos la bolita de péndulo electrostático con una de ellas es atraída por la otra y es repelida por la misma con la que se cargó.

Observar que cuando dos bolitas se cargan con la misma barra éstas se repelen y cuando se cargan con distinta barra éstas se atraen.

El electroscopio pone de manifiesto el principio de que dos cuerpos cargados (láminas) con el mismo signo se repelen; la separación de las láminas será proporcional a la carga adquirida (electrómetro).

Cuando se mide con el electrómetro la carga adquirida por el electróforo se observa que ésta es mucho mayor que las de las barras, tanto que es capaz de encender una lamparita de neón si se le acerca.

El electróforo es capaz de cargar por inducción al electrómetro.

Si en el extremo del electrómetro se coloca un alfiler y se le aproxima el electróforo electrizado, puede llegar a saltar una chispa desde el extremo del alfiler al electróforo, ionizando el aire.

Es de reseñar que en todos los casos se consiguen voltajes muy elevados, eso sí con corrientes muy pequeñas, del orden de micro o miliamperios.

SUGERENCIAS

Observar que tanto los conductores (electróforo) como los aislantes (ebonita o plexiglás) se pueden electrizar. La diferencia es que unos se descargan más fácilmente que otros, incluso durante el tiempo en que se está intentando cargar. Por esta razón es por la que el electróforo lleva un mango aislante, para evitar que se descargue por nuestro cuerpo.

Se puede observar que la inducción se manifiesta en mayor medida en los conductores que en los aislantes, aunque se produce en los dos, esto es debido a que en los conductores tienen mayor movilidad los electrones. Se podría comprobar colocando en el extremo del electrómetro distintos materiales, y observando que la inducción siendo la misma, se consigue más lentamente en un aislante que en un conductor.

RESISTENCIAS EN CORRIENTE CONTINUAL

CONTENIDO

Ley de Ohm en corriente continúa. Resistencia (3.4.)

Resistencia de un conductor y su longitud (3.5.)

Sección de un conductor y su resistencia (3.6.)

Resistencia y naturaleza de un conductor. Resistividad (3.7.)

DEFINICIONES

Resistencia: Es la oposición que presenta un conductor al paso de la corriente eléctrica. La unidad de medida es el ohmio (Ω).

Ley de Ohm: La intensidad de corriente (1) que circula por un circuito, es directamente proporcional a la tensión (V) aplicada, e inversamente proporcional a la resistencia que presenta el circuito.

OBJETIVOS

Comprobar experimentalmente que para una determinada resistencia en un circuito, *la intensidad* de corriente que circula por él, es *proporcional a la tensión* aplicada.

Comprobar que la *resistencia* eléctrica de un conductor *es directamente proporcional a la longitud* del mismo.

Comprobar que la *resistencia* eléctrica de un conductor *es inversamente proporcional a la sección* del mismo.

Estudiar como la *resistencia* varía de un material a otro (*resistividad*), aún manteniendo las mismas dimensiones.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

Es necesario conocer la estructura del átomo y a partir de ella, analizar porqué unos materiales son más conductores que otros o incluso aislantes, siempre debido a la distribución de los electrones de la última capa.



Antes de acometer estas experiencias, es necesario que el alumno esté familiarizado con las magnitudes relacionadas en la ley de Ohm, así como con sus unidades de medida.

Es imprescindible que el alumno tenga muy claro que la *intensidad* de corriente *circula* por un conductor y que la *tensión* o d.d.p. *se establece entre dos puntos*.

Es necesario recalcar al alumno y que éste sea consciente de la importancia de la conexión correcta de los aparatos de medida:

Voltímetro entre los dos puntos (paralelo) donde se desea conocer la tensión.

Amperímetro en medio del conductor (serie) por donde se desea conocer la intensidad. Hay que hacer entender al alumno de una forma intuitiva y razonada, por qué la resistencia de un conductor depende de la longitud, de la sección y de la naturaleza del propio conductor (resistividad). Como están relacionadas estas magnitudes con la resistencia y cuales son sus unidades de medida.

PRECAUCIONES

Para realizar estas experiencias el principal cuidado que hay que tener es la conexión de los aparatos de medida, tanto en cuanto a su colocación en el circuito como en su polaridad. Hay que recalcar la forma de uso y que ante cualquier duda, pregunte al profesor. Téngase en cuenta que una mala conexión de los aparatos puede llevar a su destrucción.

Otra precaución a tener en cuenta, también relacionada con los aparatos, son las distintas escalas de medida. Es necesario recomendar que se utilice siempre la escala más alta disponible, e ir reduciéndola cuando no se pueda medir.

También como medida de precaución con los aparatos de medida, hay que explicar al alumno lo sensibles que son a los golpes y por supuesto a las caídas. Es sabido que el mecanismo de sujeción y movimiento de la aguja es un mecanismo de relojería.

Aunque las fuentes de alimentación están protegidas contra sobre-intensidades, es muy conveniente insistir en no provocar cortocircuitos ya que si estos se producen con frecuencia hay componentes de la fuente que se podrían deteriorar.

Es importante inculcar a los alumnos la meticulosidad en el manejo de los aparatos de medida y en los componentes empleados, así como en las medidas a realizar, teniendo muy en cuenta por ejemplo la escala elegida.

Al realizar las experiencias de la ley de Ohm con corrientes relativamente altas es necesario que las medidas se realicen con la mayor rapidez posible, para evitar que la resistencia se caliente por efecto Joule y varíe su valor, con lo que la gráfica no saldría correctamente.

Antes de comenzar las experiencias de la variación de la resistencia con la longitud, sección o resistividad, es necesario explicar a los alumnos que en los esquemas de estas fichas, aunque aparece un hilo dibujado, éste no puede ser cualquier hilo, pues se produciría un cortocircuito. Los hilos que se utilizan en estas experiencias tienen una resistividad extremadamente alta ($> 2 \times 10^{-7} \Omega \text{ m}$) comparada por ejemplo, con la del cobre ($1.7 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$), por lo que estos hilos en el circuito se comportan como verdaderas resistencias.

OBSERVACIONES

Para entender la ley de Ohm lo mejor es hacer un símil hidráulico, en el que el generador (tensión aplicada) podría ser una bomba hidráulica, el receptor (resistencia) podría ser una turbina de aspas y los hilos de conexión serían tuberías. La corriente que circule por el circuito dependerá de lo que impulse el generador y de lo que se oponga el receptor.

En todos los fenómenos físicos, las cargas o los cuerpos libres se mueven de las zonas de mayor potencial a las de menor potencial. En electricidad ocurre lo mismo, con la diferencia que al moverse cargas negativas, el *sentido real* de movimiento, es de menor potencial (negativo) a mayor potencial (positivo) y por tanto el sentido de positivo a negativo, se llama *sentido convencional* de la corriente eléctrica.

Existen en el mercado varios tipos de resistencias para aplicaciones concretas, cuya fabricación está basada en las distintas variables.

Las resistencias *aglomeradas*, hoy en desuso están constituidas por un conglomerado de polvo de carbón y otros compuestos que le confieren una determinada resistividad, que con unas dimensiones concretas; da como resultado un determinado valor de resistencia. Estas tienen una estabilidad muy baja y una tolerancia o desviación de valor muy grande.

Las resistencias de *película de carbón* y *película metálica* se construyen depositando sobre un cilindro aislante, cerámica por ejemplo, una película de carbón o de aleaciones metálicas con una resistividad definida, a continuación mediante una cuchilla y hoy en día con rayo láser se va realizando un surco helicoidal, que hace disminuir su sección y aumentar su longitud hasta obtener el valor necesario. Estas resistencias tienen una estabilidad térmica y una tolerancia muy buenas, sobre todo las de película metálica.

Las resistencias *bobinadas* se construyen a partir de un determinado hilo, según la potencia necesaria, que se arrolla sobre un soporte aislante hasta obtener el valor de resistencia deseado. Los materiales empleados para los hilos, suelen ser aleaciones de Ni-Cr-Al. La gran ventaja de las resistencias bobinadas es que al admitir el hilo cualquier sección, se pueden fabricar resistencias que disipen cualquier potencia y

Existen resistencias patrón del ohmio, de sus múltiplos y de sus submúltiplos constituidas con hilos de manganina. Dicha aleación fue elegida por su coeficiente de temperatura y su envejecimiento extremadamente pequeños. Para aumentar todavía más su estabilidad, se encuentran sumergidas en un baño de aceite aislante a temperatura constante.

El valor óhmico de una resistencia viene impreso sobre el cuerpo de ésta, bien escrito en número o bien a través de bandas de color. Para obtener el valor de la resistencia cuando éste viene marcado por bandas se sigue un *código de colores*.

La aplicación más directa de las resistencias es la disipación de calor por efecto Joule, que se produce por el hecho de circular una corriente por ella. Esta aplicación la podemos encontrar en las lámparas de incandescencia, hornos eléctricos, soldadura eléctrica y fusibles entre otros.

En otras ocasiones la producción de calor en una resistencia es perjudicial, como ocurre en casi todos los equipos electrónicos, en los que es necesario evacuar el calor producido mediante radiadores y/o ventiladores.

En electrónica las aplicaciones de las resistencias son más sutiles, como se verá en experiencias posteriores. Se utilizan para conseguir divisores de tensión o de corriente y limitadores de tensión o de corriente.

RESULTADOS

Para estudiar experimentalmente la ley de ohm, elegimos un valor fijo de resistencia y haciendo variar la tensión, vemos como varía la intensidad. La representación gráfica de esta función $V-I$ es una línea recta que pasa por el origen de coordenadas, lo cual indica que una variable es proporcional a la otra. La pendiente de esta recta, es decir, V/I es el valor de la resistencia que permanece prácticamente constante y próximo al valor elegido.

Al aumentar la corriente se produce un ligero aumento de la resistencia, debido a que ésta se calienta.

Por tener un coeficiente de temperatura positivo, la resistencia del conductor también aumenta.

Hay que tener en cuenta la desviación que se produce entre el valor teórico y el medido. Se debe a la tolerancia de las resistencias empleadas, que será de un 5 %; por lo que los resultados podrán variar de unos alumnos a otros.

Para observar como varía la resistencia con la longitud del hilo, hacemos permanecer constante la sección y variamos la longitud, midiendo la resistencia indirectamente, es decir, midiendo tensión e intensidad para cada una de las longitudes elegidas. Al representar gráficamente la función $R-l$, se obtiene una recta que pasa por el origen, lo que indica que la resistencia es directamente proporcional a la longitud.

Por contra, para observar como varía la resistencia con la sección del hilo, hacemos que permanezca constante la longitud y variando la sección (hilos del mismo material y distinta sección), medimos la resistencia que presentan a partir de las lecturas de tensión e intensidad. A continuación se representa gráficamente la función $R-s$; al ser ésta una curva, no nos da una información clara. Si representamos la inversa de s , es decir la función $R-1/s$ sale una recta que pasa por el origen, lo cual indica que la resistencia es directamente proporcional a la inversa de s , o lo que es lo mismo, la resistencia es inversamente proporcional a la sección.

Por último, para estudiar lo que ocurre con la resistencia propia de cada material, hacemos permanecer constantes las dimensiones (longitud y sección), y cambiando de material, observamos como cada uno tiene una resistencia distinta. Calculamos a continuación la resistencia que presenta por unidad de longitud (resistividad) de cada material y observamos como unos son mejores conductores que otros.

SUGERENCIAS

La experiencia de la ley de Ohm, se puede repetir con otras resistencias, midiendo únicamente tres o cuatro puntos. Si dibujamos las gráficas podemos ver que también son rectas que pasan por el origen pero que poseen distinta pendiente.

Si se dispone en el laboratorio de algún polímetro digital, se podrían medir con exactitud las resistencias utilizadas y comparar las lecturas con los valores obtenidos en las medidas indirectas.

ASOCIACIÓN DE RESISTENCIAS

CONTENIDO

Combinación de resistencias en serie y paralelo (3.10.)

Puente de Wheatstone (3.8.)

Puente de hilo (3.9.)

DEFINICIONES

Circuito serie: Dos resistencias se encuentran conectadas en serie cuando la "salida" de una va conectada a la "entrada" de la otra y no hay ninguna otra conexión en la unión de las dos.

Circuito paralelo: Dos resistencias se encuentran conectadas en paralelo cuando están unidas entre sí las "entradas" de las dos y también entre sí las dos "salidas".

OBJETIVOS

Comprobar el valor de la *resistencia equivalente* de un circuito con resistencias en *serie*.

Comprobar el valor de la *resistencia equivalente* de un circuito con resistencias en *paralelo*.

Estudiar el procedimiento para la *medida de resistencias* utilizando el *puente de Wheatstone*.

Estudiar el procedimiento para *calcular en valor* de una resistencia desconocida utilizando para ello el *puente de hilo*.

Como objetivo complementario, propondría el estudio de la distribución de *corrientes y tensiones* en los circuitos *serie y paralelo*.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

Antes de comenzar estas experiencias es necesario que el alumno tenga claros los conceptos de intensidad de corriente, tensión y resistencia.

Debe saber la relación existente entre intensidad, tensión y resistencia, definida por la ley de Ohm.

Debe conocer como se comportan los circuitos con resistencias serie y paralelo en cuanto a corrientes, tensiones y resistencias.

Circuito serie:

- . La intensidad total que circula por el circuito, es la misma que circula por cada una de las resistencias.
- . La tensión total del circuito, es igual a la suma de las tensiones parciales en extremos de cada resistencia.
- . La resistencia total que presenta el circuito, es iguala la suma de todas las resistencias.

Circuito paralelo:

- . La intensidad total que circula por el circuito, es iguala la suma de las intensidades parciales que circulan por cada resistencia.
- . La tensión total del circuito, es iguala la tensión en extremos de todas las resistencias.
- . La resistencia total que presenta el circuito, es iguala la inversa de la suma de las inversas de cada una de las resistencias.

El puente de Wheatstone es una aplicación de la asociación de resistencias, en la cual se cumple que no habrá circulación de corriente por el galvanómetro cuando la tensión en sus extremos sea cero y entonces se dice que el puente está equilibrado. Para que esto suceda, se debe cumplir que $R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$.

El puente de hilo es un caso particular del puente de Wheatstone, en el que R_3 y R_4 forman parte de un mismo hilo, que por tener la ρ (resistividad) constante y la s (sección) también constante, podemos sustituir y decir por tanto que $R_1 \cdot I_4 = R_2 \cdot I_3$, igualdad que se cumplirá en la situación de equilibrio, es decir, tensión en extremos del galvanómetro igual a cero.

PRECAUCIONES

Para estas experiencias valen todas las precauciones enunciadas en el capítulo anterior, relativas a los aparatos de medida y fuentes de alimentación.

- . Colocación en el circuito del amperímetro y voltímetro.
- . Polaridad de las puntas de los mismos.
- . Escalas de medida.
- . Sensibilidad a los golpes y caídas.

. Evitar cortocircuitos.

En los puentes tanto el de Wheatstone como sobre todo en el de hilo hay que procurar utilizar una tensión de la fuente de alimentación relativamente baja, para evitar grandes variaciones en la corriente que circule por el galvanómetro.

También como precaución a tener en cuenta en los puentes es la de procurar no variar bruscamente la tensión de la fuente de alimentación, la resistencia variable o el gancho utilizado en el puente de hilo para variar las longitudes, pues pueden provocar corrientes relativamente altas por el galvanómetro y llegar a destruirlo, sobre todo si estamos en alguna escala de medida baja.

Otra precaución a tener en cuenta en los puentes, es la de utilizar si es posible galvanómetros con una escala con cero central, ya que no existe una polaridad definida.

En el puente de hilo, hay que tener la precaución de hacer las medidas lo más rápidamente o por lo menos, con una tensión de la fuente de alimentación relativamente baja para evitar que la producción de calor por efecto Joule en el hilo, haga variar su resistencia o incluso su longitud y por tanto dar lugar a errores de medida.

A la hora de elegir una resistencia desconocida para medir, debemos tener precaución de que el equilibrio no se produzca en los extremos del potenciómetro o del hilo, pues obtendremos un error considerable. Si esto ocurre debemos sustituir la resistencia utilizada como patrón por otra con un valor más próximo a la desconocida.

OBSERVACIONES

La resistencia equivalente en un circuito serie, siempre será mayor que la de mayor valor de las resistencias conectadas. Para entender esto se puede pensar en resistencias formadas por hilos, por ejemplo de nichrome. Al poner los hilos en serie, lo que hacemos es aumentar la longitud, y por ser la resistencia directamente proporcional a la longitud, si ésta aumenta, aquella también lo hará.

La resistencia equivalente en un circuito paralelo, siempre será menor que la de menor valor de las resistencias conectadas. Para entender esto ponemos el ejemplo anterior. Las resistencias están formadas por hilos de nichrome. Al poner los hilos en paralelo, lo que hacemos es aumentar la sección, y por ser la resistencia inversamente proporcional a la sección, si ésta aumenta, aquella por contra disminuye.

La aplicación mas típica de los circuitos serie, son los divisores de tensión que se estudiarán mas adelante. En ellos la tensión total aplicada la podemos repartir (dividir) entre las resistencias conectadas. Se puede utilizar por ejemplo como reductor de tensión. Si tenemos una batería de 12V y queremos conectarle una bombilla de 6V, podremos hacerlo si ponemos en serie con la bombilla, una resistencia que se encargue de absorber los 6V que sobran.

Los circuitos serie se utilizan en los polímetros, en las medidas de tensión, para aumentar las

Escalas de medida. Para conseguirlo, se colocan resistencias calibradas en serie con el galvanómetro, que absorben la tensión excedente de la máxima, que puede soportar el instrumento de medida.

La aplicación más inmediata de las resistencias en paralelo, la podemos observar en nuestras casas.

Todos los aparatos deben funcionar a la misma tensión, es decir 220V, para que esto ocurra se conectando dos ellos en paralelo a las dos líneas de tensión presentes en los enchufes. Hay que hacerla salvedad, que el tendido eléctrico y por tanto la red, son de corriente alterna, aunque a los efectos aquí estudiados se comporta de forma similar.

Otra aplicación de los circuitos paralelos son los divisores de corriente, que se utilizan en los polímetros, en las medidas de intensidad, para poder aumentar las escalas de medida, por encima de la máxima que soporta el galvanómetro. Para lograr esto se colocan en paralelo con él, resistencias de precisión que "derivan" parte de la corriente que iría al instrumento y podría dañarlo.

Tanto el puente de Wheatstone como el de hilo, fueron muy utilizados hace unos años, para las medidas de resistencias con mucha precisión. Hoy en día, están superados por los polímetros digitales de laboratorio, que obtienen precisiones mucho mayores. En las actualidades se siguen utilizando otros puentes, basados en principios similares, pero cuyo funcionamiento se hace en corriente alterna. Estos puentes son el de Maxwell y el de Wien para la medida de inductancias y el de Sauty y el de Schering para la medida de condensadores.

Para poder hacer una medida con precisión con un puente es imprescindible que todos los componentes sean de precisión, es decir, las resistencias fijas, el galvanómetro, y la resistencia variable, que en realidad consiste una caja de décadas, o conjunto de resistencias de precisión en las que se puede ir eligiendo las centenas, decenas, unidades, décimas, etc. Si se utiliza un solo componente con un 10% de tolerancia, la medida siempre podrá tener un error de un 10%, y si son dos los componentes, el error podría ser acumulativo.

RESULTADOS

La resistencia total que presenta un circuito con resistencias en serie, es igual a la suma de todas las resistencias.

La resistencia total que presenta un circuito con resistencias en paralelo, es igual a la inversa de la suma de las inversas de cada una de las resistencias.

Los valores de resistencia obtenidos con el puente de Wheatstone tienen una precisión de aproximadamente el 10%. Los valores obtenidos con el de hilo tienen una precisión algo mayor, siempre que las medidas se hagan con el gancho hacia la mitad del hilo.

Si en lugar de resistencias se conectan dos lámparas iguales, el alumno puede observar como las montadas en paralelo lucen más que las montadas en serie, si la tensión aplicada es la misma, ya que en el primer caso están conectadas a la tensión total, y en el segundo caso está repartida entre las dos.

Utilizando lámparas se puede observar también, que si están en serie y aflojamos una de ellas, las dos dejan de lucir, pues se corta el paso de corriente por el circuito, es 10 mismo que produce el interruptor, cortar el flujo de corriente.

Cuando las bombillas están en paralelo, ocurre algo diferente, si aflojamos una de ellas, ésta se apaga, pero la otra continúa luciendo, ya que sigue conectada a la misma tensión que cuando la otra estaba apretada.

SUGERENCIAS

En los circuitos serie y paralelo, se puede hacer una tabla con todas las resistencias y la total.

Por un lado calcular los valores de las intensidades, tensiones y resistencias parciales, anotando los valores en la tabla. Por otro lado medir las mismas intensidades y tensiones y anotarlas en la tabla, comparando posteriormente los valores calculados con los medidos.

Se podrían montar circuitos sencillos serie y paralelo con lámparas incandescentes observando como la luminosidad de las lámparas varia de un montaje a otro. El alumno debería tratar de dar una explicación razonada sin hacer ningún tipo de medida.

LEYES DE KIRCHHOFF

CONTENIDO

Primer lema de Kirchhoff (3.14.)

Segundo lema de Kirchhoff (3.15.)

DEFINICIONES

Se denomina *nudo* en un circuito a cualquier punto en el que concurren tres o más conductores.

Se denomina *rama* al conductor y sus componentes que unen dos nudos contiguos.

Se denomina *mall*a a cualquier circuito cerrado formado por varias ramas, de forma que pueda recorrerse sin pasar dos veces por el mismo nudo

La primera Ley de Kirchhoff dice: la suma algebraica de las corrientes que concurren en un nudo es igual a cero.

La segunda Ley de Kirchhoff dice: la suma algebraica de las f.e.m. en una malla es igual a la suma de las caídas de tensión en los componentes de la misma.

OBJETIVOS

Comprobar experimentalmente que se cumple la *primera* ley de Kirchhoff o ley de los nudos.

Comprobar experimentalmente que se cumple la *segunda* ley de Kirchhoff o ley de las mallas.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

Las leyes de Kirchhoff, se utilizan para resolver circuitos complejos, en los que se necesita conocer la corriente que circula por cada componente del circuito.

La primera ley, aplicada a las corrientes dice: En un punto de un circuito más o menos complejo, donde se unen varias ramas o derivaciones, la suma de las intensidades que "entran" en el nudo debe ser igual a la suma de las intensidades que "salen" del nudo.

La primera ley o ley de los nudos, es una consecuencia del principio de conservación de la carga, ya que en un nudo no se pueden acumular ni pueden desaparecer cargas.

La segunda ley aplicada a las tensiones dice: En todo circuito cerrado, considerado aisladamente o formando parte de otro más complejo, la suma de las caídas de tensión que aparecen a lo largo del circuito, es igual a la suma de las ff ee mm. presentes en él.

La segunda ley o ley de las mallas, se basa en el principio de conservación de la energía.

Para la resolución de un circuito aplicando las leyes de Kirchhoff, se plantean tantas ecuaciones como incógnitas (corrientes de cada rama) haya. Para que salga un sistema con soluciones, es necesario seguir las instrucciones siguientes:

1. Indicar sobre cada rama, un sentido de circulación de la corriente arbitrario, sin preocuparse si es el real o no.
2. Aplicar la primera ley, a todos los nudos del circuito menos a uno.
3. Aplicar la segunda ley, a todas las mallas del circuito menos a una. Para ello:

Recorrer cada malla del circuito en el sentido que se quiera, pero en el mismo orden para una misma malla.

Cada producto $R \cdot I$ se tomará positivo si el sentido elegido coincide con la circulación de corriente asignada en un principio.

Las ff. ee. mm. se tomarán positivas si favorecen el sentido de circulación elegido.

4. Resolver el sistema de ecuaciones obtenido.
5. Cuando alguna de las soluciones salga negativa, indicará que el sentido de circulación elegido no era el adecuado.

PRECAUCIONES

Al realizar estas experiencias hay que tener las mismas precauciones enumeradas en capítulos anteriores, en lo que se refieren al cuidado de los aparatos de medida y fuente de alimentación.

- Colocación en el circuito de los amperímetros en serie y de los voltímetros en paralelo.
- Cuidado con la polaridad de las puntas de las puntas de prueba de los mismos. Positivo del polímetro a potencial más positivo, negativo a potencial más negativo
- Atención a las escalas de medida. Elegir siempre una escala superior a la necesaria.
- Cuidado con los golpes y por supuesto las caídas. Los polímetros tienen mecanismos de precisión muy sensibles a los golpes.
- Evitar cortocircuitos.

OBSERVACIONES



Cuando en un circuito paralelo decíamos: La intensidad total que circula por el circuito es iguala la suma de las intensidades parciales que circulan por cada resistencia; en realidad estábamos aplicado la primera ley de Kirchoff a un circuito simple, donde solo existen dos nudos.

Cuando en un circuito serie decíamos: La tensión total del circuito es igual a la suma de las tensiones parciales en extremos de cada resistencia; en realidad estábamos aplicado la segunda ley de Kirchoff.

Aplicándolas leyes de Kirchoff al puente de Wheatstone del capítulo anterior, se puede demostrar porqué en la situación de equilibrio se cumple que:

$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$$

RESULTADOS

Al aplicar la primera ley de Kirchoff a un circuito real podemos observar que ésta se cumple muy aproximadamente. El error que aparece, es debido a las diferentes escalas de medida del aparato, pero siempre dentro del posible 10% de error.

$I_{1(mA)}$	$I_{2(mA)}$	$I_{3(mA)}$	$I_2 + I_{3(mA)}$
0,1	0,03	0,06	0,09
0,2	0,065	0,13	0,195
0,3	0,1	0,19	0,29
0,4	0,14	0,25	0,39
0,5	0,17	0,31	0,48
0,6	0,2	0,38	0,58

Cuando se disponga solamente de dos amperímetros, se debe conectar uno de ellos fijo en una de las ramas, y con el otro, alternar las medidas en las otras dos ramas, teniendo la precaución de cerrar la rama, donde no se halle el amperímetro, con un puente.

Cuando se aplica la segunda ley, ocurre algo parecido que con la primera, se produce un cierto error debido a los aparatos de medida.

$V_{(V)}$	$I_{(mA)}$	$I \cdot R_{1(V)}$	$I \cdot R_{2(V)}$	$I \cdot R_{3(V)}$	$\Sigma I \cdot R_{ii(V)}$
12	7,05	1,55	3,31	7,05	11,91

SUGERENCIAS

Las leyes de Kirchhoff se pueden aplicar a cualquiera de los circuitos estudiados en el capítulo anterior. En especial a los puentes de Wheatstone y de hilo. Se puede decir al alumno que intente analizarlos en una situación, que no sea la de equilibrio, con los conocimientos que posee de circuitos serie y paralelo, observará que no se puede hacer, y que la única posibilidad de calcular la corriente en cualquier situación es aplicando las leyes de Kirchhoff.

Existe un método basado en las leyes de Kirchhoff y que se conoce con el nombre de método de las mallas. No es más que una aplicación matemática de dichas leyes, pero que simplifica enormemente los cálculos, por reducir el número de incógnitas y por tanto el de ecuaciones.

Básicamente consiste en asignar supuestas corrientes de malla en lugar de corrientes de rama.

Cuando se aplica a dos mallas contiguas y con el mismo sentido (el de las agujas del reloj, por ejemplo), la corriente que circula por la rama común, será la diferencia de las corrientes de las dos mallas

DIVISORES DE TENSIÓN

Divisor de tensión (8.2.)

Potenciómetros y reóstatos (3.3.)

DEFINICIONES

Un divisor de tensión es un dispositivo o circuito que nos permite obtener a partir de una fuente de alimentación fija, tensiones fijas o variables menores que las proporcionadas por la propia fuente. Un reóstato es un dispositivo que presenta una resistencia variable a voluntad. Se utiliza para variar la resistencia de un circuito sin desconectar éste.

Un potenciómetro es básicamente un reóstato de tres terminales y que es capaz de disipar generalmente muy poca potencia, comparada con la que puede disipar el reóstato.

OBJETIVOS

Estudiar el funcionamiento de un *circuito* que actúa como divisor de tensión con *salida fija*.

Estudiar el funcionamiento de un *dispositivo* que permite obtener *tensiones variables* a partir de una fuente de alimentación fija.

Comprender las *aplicaciones* reales de los divisores de tensión.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

Un divisor de tensión es en realidad un circuito serie cuando no tiene ninguna carga aplicada, y un circuito serie-paralelo cuando sí está cargado.

Un divisor de tensión se compone de resistencias en serie, de las que se toman, mediante derivaciones, diferentes tensiones para alimentar varios circuitos a partir de una fuente común.

En lugar de resistencias fijas, podemos utilizar un potenciómetro para obtener tensiones variables.

En lugar de tener derivaciones de resistencias fijas, lo hacemos mediante el cursor del potenciómetro, que no deja de ser una derivación.

Para poder entender y saber calcular los divisores de tensión es necesario conocer previamente la ley de Ohm, el cálculo de circuitos serie y paralelo y las leyes de Kirchhoff.

Utilizando como divisor de tensión un potenciómetro y aplicando la fuente de alimentación entre sus extremos, podemos obtener tensiones variables de una forma continua, desde cero voltios hasta la tensión de la fuente, tomando como salida uno de los extremos del potenciómetro y el cursor del mismo.

PRECAUCIONES

Para que el cálculo de un divisor de tensión fijo sea correcto, es necesario que la corriente que circulará por la resistencia de carga, sea del orden de diez veces menor que la que circula por el divisor, para evitar que el hecho de conectar y desconectar haga variar la tensión de salida del divisor. Esto es especialmente importante cuando se trata de un divisor múltiple, es decir, un mismo conjunto de resistencias, proporciona tensiones distintas. El hecho de conectar o desconectar una de ellas, no debe influir en el resto.

La corriente diez veces mayor por el divisor que por la carga, produce un efecto ventajoso, aplicado como se verá más adelante al polarizar transistores, y consiste en que las variaciones de tensión en la fuente de alimentación no repercuten grandemente en la tensión del divisor.

La principal precaución que se debe tener al calcular un divisor de tensión, aparte de la tensión de salida como es natural, es la de la potencia que deben disipar las resistencias que forman parte de él.

La principal desventaja de hacer diez veces superior la corriente por el divisor que por la carga, consiste en que las resistencias del divisor deben disipar una potencia mayor de la que en realidad haría falta.

Cuando hay que elegir un potenciómetro para hacer un divisor de tensión variable, hay que tener mucho cuidado con la potencia máxima que éste pueda disipar. Normalmente las características de un potenciómetro dan la potencia máxima disipable, pero hay que tener la precaución de calcular a partir de ella y de la resistencia máxima del potenciómetro, la intensidad máxima que pueda soportar, ya que cuando el cursor esté dando una tensión próxima a la máxima, como la resistencia que presenta el potenciómetro es muy pequeña, la corriente por el circuito puede aumentar por encima de la permisible, sin que por ello el potenciómetro esté disipando la potencia máxima.

OBSERVACIONES

La aplicación más extendida y más conocida de los divisores de tensión con potenciómetro, es la variación del volumen o el tono en los aparatos de sonido.

En electrónica existen multitud de tipos de potenciómetros, cuya forma y valor depende de la aplicación a que vayan a ser destinados. Pueden ser según la variación de la resistencia, lineales o logarítmicos. Según su forma, circular o longitudinal. Según la potencia a disipar, de baja media o alta potencia. Según el material con que se construya, de película de carbón, metálica o bobinados, etc.

El principal inconveniente de los divisores de tensión estriba en lo inestables que son ante variaciones en la carga. Por ejemplo si tenemos un radiocasete que funciona con 9V y lo

queremos conectar a la batería de un coche de 12V, no podemos utilizar un divisor de tensión, ya que el consumo del aparato variará muchísimo de

LINEAS EQUIPOTENCIALES

estar con el cassette conectado a estar con la radio, o de estar a bajo o a alto volumen, o simplemente para un mismo volumen, entre los pasajes más fuertes y los más flojos. Para solventar este problema existen unos circuitos llamados estabilizadores de tensión y que se encargan de mantener la tensión de salida constante, independientemente de la corriente de salida. Hoy en día los hay integrados en un solo "chip".

RESULTADOS

En el caso del divisor de tensión fijo, al tratarse de un circuito sin carga, no es más que un circuito serie, y por tanto la tensión a obtener es proporcional a la resistencia.

Para saber la tensión que va a proporcionar el divisor, sobre todo si está sin carga, no hay más que aplicar lo estudiado para los circuitos serie.

Al utilizar como divisor de tensión un potenciómetro, la tensión aplicada a la carga puede variar desde la tensión que entrega la fuente hasta 0V. Mientras que si lo utilizamos en la configuración de reóstato, es decir, como resistencia serie, la tensión puede variar desde la que entrega la fuente hasta un mínimo, que dependerá de la relación que haya entre la resistencia máxima del reóstato y la de carga, aunque en ningún caso será 0V.

SUGERENCIAS

En el caso del divisor de tensión fijo, si se conectase una carga a la salida del divisor se podría observar como la tensión varía, y en mayor medida cuanto menor sea esta resistencia de carga.

Se puede montar un divisor de tensión que entregue dos o tres tensiones distintas utilizando distintas resistencias fijas, por ejemplo, de 0-3-6 y 9V, a partir de una sola fuente de alimentación de 12V.

En el montaje anterior, se puede ver que si tomamos como punto de referencia para medir las tensiones anteriores el punto de 3V, en lugar del de 0V, obtenemos una tensión de 3V en el que antes daba 6, 6V en el que daba 9 y -3V en el que daba 0V. Esto nos permite hacer una reflexión respecto del potencial en un punto y de la diferencia de potencial entre dos puntos. Mientras que el primero es un concepto físico difícilmente medible, el segundo sí se puede medir fácilmente.

CONTENIDO

Estudio de las líneas equipotenciales (3.19.)

DEFINICIÓN

Líneas equipotenciales son aquellas que en todos sus puntos tienen el mismo potencial.

OBJETIVOS

Estudiar la distribución de las líneas equipotenciales de un campo eléctrico.

Comprobar cómo es, el vector *intensidad de campo* respecto de las líneas equipotenciales.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

Al estudiar el campo eléctrico, se suele hacer partiendo de cargas puntuales. Se calcula el potencial que crea cada carga en un punto y la intensidad de campo en dicho punto. Todo esto es puramente teórico, ya que no tiene ningún sentido si no se toma un punto como referencia (diferencia de potencial o d.d.p.).

Para poder estudiar experimentalmente el campo eléctrico, podemos aplicar una d.d.p. a un "conductor rectilíneo" y al circular una corriente, aparece respecto del polo negativo, un potencial en cada punto del conductor, creciente, hasta alcanzar el polo positivo donde tendremos el mayor potencial (máxima d.d.p.). Si en lugar de utilizar un conductor rectilíneo, utilizásemos un "conductor plano", podríamos ver como existen varios puntos con la misma d.d.p. El "conductor plano" utilizado en la experiencia es una solución conductora, que hace que la corriente eléctrica que circula por ella, se distribuya creando puntos con la misma d.d.p. respecto de uno de los electrodos.

Lo que se busca en esta experiencia es observar el valor que toma el potencial en distintos puntos (en el plano) pero medido con respecto a uno tomado como referencia (d.d.p.). Uniendo los puntos que presenten la misma d.d.p. mediante líneas, tendremos las líneas equipotenciales, pero referidas a un punto.

No se debe confundir la intensidad de campo en un punto, con la intensidad de corriente, aunque en este caso particular una es consecuencia de la otra.

PRECAUCIONES

Hay que manejar con precaución la cubeta con el agua, alejándola lo más posible de los aparatos de medida y de la fuente de alimentación, ya que podría estropear los aparatos o producir un cortocircuito en la fuente.

Al ser el dicromato una sal muy oxidante, se aconseja utilizar agua destilada por tener un pH neutro. No significa que no se pueda utilizar agua del grifo, aunque podría oxidar los electrodos.

Al terminar la experiencia es necesario limpiar perfectamente la cubeta, la mesa, los utensilios utilizados y los electrodos usados, sobre todo si se tienen que volver a utilizar, por ser el $K_2Cr_2O_7$ muy oxidante.

RESULTADOS

Observar que en el esquema 1, el polo negativo de la fuente se encuentra situado a la izquierda de la cubeta, mientras que en la figura 1 se encuentra a la derecha. El resultado mostrado en la ficha es para el segundo caso, si no saldría evidentemente al revés.

Al calcular la intensidad de campo en un punto, si se da en V/cm, se puede comprobar sobre el papel, que tiene que ver con la distancia que hay hasta la siguiente línea equipotencial.

SUGERENCIAS

El alumno podría dibujar en el mismo papel milimetrado utilizado para dibujar las líneas equipotenciales, las líneas que representan el campo eléctrico.

RESISTENCIAS VARIABLES

CONTENIDO

Potenciómetro (8.1.)

Resistencias no lineales (L.D.R., N.T.C., P.T.C., V.D.R.) (8.5.)

DEFINICIÓN

Resistencias variables son aquellas cuyo valor podemos variar a voluntad, bien a través de un cursor, como en el potenciómetro, bien variando alguna magnitud física como en las no lineales o también llamadas dependientes.

OBJETIVOS

Estudiar como un *potenciómetro* se puede comportar como una *resistencia variable* al mover el cursor.

Comprobar como ciertas *resistencias* pueden variar su valor en función de otros parámetros físicos de una forma *no lineal*.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

Los potenciómetros y reóstatos se han estudiado en capítulos anteriores, por lo tanto deben ser conocidos por los alumnos.

El hecho de poder variar a voluntad el valor de una resistencia, bien manualmente, bien según alguna magnitud física, supone que podamos variar la tensión y/o la corriente de un circuito al variar dicha resistencia.

Si tenemos en serie dos resistencias, una fija y otra variable, y aplicamos una tensión al conjunto, por él circulará una determinada intensidad. Si variamos el valor de la resistencia variable y mantenemos constante la tensión aplicada, en extremos de la resistencia fija habrá variado su tensión, y por tanto la corriente que circula por ella.

Las resistencias dependientes están fabricadas con materiales especiales que varían su valor con la variación de ciertas magnitudes físicas. Hay tres clases básicas de dependencias:

De la iluminación.



De la temperatura.

De la tensión.

Las resistencias dependientes de la iluminación se llaman L.D.R. (resistencia dependiente de la luz), popularmente se les conoce como fotocélulas. En ellas, la resistencia disminuye al aumentar la cantidad de luz. Su valor es muy variable, teniendo solamente unos cientos de ohmios cuando está iluminada y del orden de millones de ohmios cuando no se le aplica luz. Se suelen fabricar con sales de cadmio.

Las resistencias dependientes de la temperatura se llaman termistores y pueden ser de dos clases:

. N.T.C. (coeficiente de temperatura negativo). En ellas la resistencia disminuye rápidamente al aumentar la temperatura. Se fabrican con óxidos metálicos semiconductores. Tienen formas muy variadas según la aplicación a que se destinen.

. P.T.C. (coeficiente de temperatura positivo). La resistencia aumenta rápidamente al aumentar la temperatura. Se fabrican con mezclas de sales de bario y óxidos de titanio y estroncio. Su forma también es muy variada según su uso.

Hay que tener en cuenta, que cualquier resistencia aumenta su valor al aumentar la temperatura, es decir, tienen un coeficiente de temperatura positivo. La diferencia, es que las P.T.C. lo tienen muy positivo y además dentro de un margen concreto de temperaturas, fuera del cual, el coeficiente puede ser cero o incluso negativo.

Las resistencias dependientes de la tensión V.D.R. (resistencia dependiente del voltaje), disminuyen su resistencia al aumentar el voltaje entre sus extremos. Se les conoce con el nombre de varistores.

Se fabrican con carburo de silicio.

PRECAUCIONES

Conviene recordar al alumno las precauciones generales a tener en cuenta respecto de los aparatos de medida y respecto del cuidado de todo el material.

Cuando se vayan a hacer las medidas sobre las N.T.C. y P.T.C. conviene decir al alumno que tenga precaución al calentar las resistencias, ya que éstas tienen una temperatura máxima de funcionamiento, por encima de la cual puede ser destruida.

Todas las resistencias incluidas las variables, potenciómetros y dependientes, tiene una potencia máxima de disipación, que si es sobrepasada lleva a la destrucción del componente.

OBSERVACIONES

Las aplicaciones de las resistencias dependientes son muy variadas. En general buscan convertir en variaciones de tensión o de corriente, las variaciones de otros parámetros físicos, con el fin de medir los o modificar algo en función de su variación.

Un ejemplo sería, conectar un calefactor cuando la temperatura ambiente disminuya por debajo de un cierto valor.

Las L.D.R. se utilizan para la medida de iluminación, aunque han sido sustituidas en los últimos años por los fotodiodos o fototransistores por ser su variación más lineal. Se siguen utilizando como detectores de iluminación, encendiendo por ejemplo, las farolas de una calle, cuando la iluminación exterior desciende por, debajo de un mínimo prefijado.

Las resistencias N.T.C. y P.T.C. se utilizan para la medida de la temperatura en los termómetros electrónicos, aunque comparten la aplicación con los termopares y últimamente con circuitos integrados especializados. En circuitos electrónicos como los amplificadores, se utilizan para estabilizar la temperatura de las etapas finales y evitar que éstas alcancen temperaturas extremadamente altas, variando la corriente que circula por dichas etapas. Estas resistencias se suelen poner en contacto físico con los transistores finales de los amplificadores para poder detectar su temperatura y poder controlarla.

Las V.D.R. son menos utilizadas que las anteriores, se utilizan por ejemplo para controlar la corriente inicial en circuitos que contienen bobinas.

RESULTADOS

En estas experiencias de las resistencias dependientes, los resultados de unos alumnos y otros pueden ser muy variables, dependerán en gran medida de cuanta luz incida sobre la L.D.R. o de cuánto calienten la N.T.C. o la P.T.C. No es lo mismo calentar con la mano que calentar con una bombilla o con un mechero, por tanto el valor será muy diferente.

SUGERENCIAS

Poner en paralelo con la L.D.R. una bombillita de muy poca potencia y el conjunto en serie con otra resistencia. Aplicar tensión al circuito. Al tapar la LDR se enciende la bombillita y al destaparla se vuelve a apagar. Se puede proponer como ejercicio, calculando las resistencias necesarias en función del tipo de bombilla.

Hay que tener mucha precaución con la máxima potencia que pueda disipar cada componente, en especial con la L.D.R.

CONDENSADORES EN CORRIENTE CONTINUA

CONTENIDO

Condensadores en circuitos de corriente continúa. Corrientes de carga y descarga (3.18.)

DEFINICIONES

Condensador: Es un dispositivo utilizado en electricidad, que permite almacenar carga eléctrica y usarla en el momento apropiado.

Capacidad: Es la facultad que poseen los cuerpos y en especial los condensadores, de almacenar energía en forma de carga eléctrica. Se mide en Faradios.

Constante de tiempo de carga: Es el tiempo que necesita un condensador para cargarse a través de una resistencia, hasta el 63,2 % de la tensión aplicada.

Constante de tiempo de descarga: Es el tiempo que tarda un condensador en perder el 63,2 % de su carga (quedarse con el 36,8 %), cuando estando cargado, se le conecta a una resistencia para que se descargue.

OBJETIVOS

Interpretar el *funcionamiento de los condensadores* en corriente continua.

Estudiar la *constante de tiempo* de carga y de descarga, en un circuito con resistencia y condensador.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

Un condensador tiene la propiedad de evitar que en sus extremos se produzcan cambios bruscos de tensión.

Un condensador conectado a una batería se carga por efecto de la inducción electrostática que se produce entre sus placas.

Si se conecta un condensador en los extremos de una batería, bruscamente circula por el circuito una corriente de electrones desde el polo negativo de la batería a una de las placas y simultáneamente desde la otra placa hacia el polo positivo. En las placas se produce una acumulación de cargas, debida a la atracción electrostática entre ellas, quedando cargadas una

positiva y otra negativa. Según vaya aumentando la carga en las placas, irá aumentando la diferencia de potencial entre ellas, según la relación $V=Q/C$, siendo V la d.d.p. en extremos del condensador; Q la carga almacenada; y C la capacidad del condensador. Cuando la tensión o d.d.p. en extremos se iguale a la aplicada, cesará la circulación de corriente. En la relación anterior se puede observar que para una misma tensión aplicada, si aumentamos la capacidad (característica propia de cada condensador), se aumentará también la carga almacenada.

Es fácilmente comprensible, que en el primer instante, circulará mucha corriente y según se vaya cargando el condensador, ésta irá disminuyendo por efecto de la repulsión entre cargas dentro de una misma placa.

Si en el circuito se coloca una resistencia en serie con el condensador, se podrá controlar la corriente inicial de carga que circula, ya que aplicando la segunda ley de Kirchhoff, sabemos que la tensión aplicada es igual a la suma de las caídas de tensión en la malla. Si inicialmente el condensador está descargado y aplicamos al circuito una tensión V , la caída de tensión en la resistencia será $V_R=V$ y por tanto aplicando la ley de Ohm, $I=Y_R/R$. A medida que el condensador se vaya cargando, y aumentando por tanto su tensión, la de la resistencia irá disminuyendo en la misma medida, para que su suma se mantenga constante e igual a V .

De todo lo anterior, se puede deducir que el tiempo que tardará en cargarse un condensador, dependerá de su capacidad y del valor de la resistencia a través de la cual se carga, es decir, del producto $R.C$, al que se le llama constante de tiempo de carga, se representa por la letra griega T , y nos indica el tiempo que tarda el condensador C en cargarse hasta el 63,2 % de la tensión aplicada, cuando se carga a través de una resistencia R_c .

$$T = R_c \cdot C$$

La expresión que representa la tensión del condensador a lo largo del tiempo durante la carga es la siguiente:

$$V_c = V_0 (1 - e^{-t/T})$$

De ella se puede deducir que en el instante $t=0$, la tensión en el condensadores 0, para $t= T$ la V_c será 0,632. V_0 , para $t=2. T$ la V_c será 0,864. V_0 , etc., es decir, la tensión del condensador crece exponencialmente, pero no alcanzará la V_0 hasta haber transcurrido $t =$ segundos. A efectos prácticos, se considera que el condensador está cargado cuando haya transcurrido cinco veces la constante de tiempo de carga del circuito.

Análogamente, durante la descarga del condensador a través de una resistencia ocurre que:

Si inicialmente la tensión del condensador es cero, es decir, está ya descargado, no hay circulación de corriente por el circuito.

Si el condensador está cargado hasta una tensión V_0 , la corriente inicial por el circuito será V_0/R , e irá disminuyendo de forma exponencial a medida que el condensador se vaya descargando y por tanto vaya disminuyendo la tensión en sus extremos.

Existe ahora una constante de tiempo de descarga, siendo el producto de la resistencia de descarga por el condensador, es decir,

La expresión que representa la tensión del condensador a lo largo del tiempo durante la descarga es la siguiente:

De ella se puede deducir que en el instante $t=0$, la tensión en el condensador es Y_0 , para $t=T$ la

Ve será $0,368 \cdot Y_0$, y para $t=2 \cdot T$ la Y_e será $0,136 \cdot Y_0$, etc., es decir, la tensión del condensador decrece exponencialmente, pero no llegará a 0, hasta que no hayan transcurrido $t=00$ segundos.

A efectos prácticos, se considera que el condensador está totalmente descargado cuando haya transcurrido cinco veces la constante de tiempo de descarga.

PRECAUCIONES

El principal cuidado que se debe tener al realizar esta experiencia, es el de respetar la polaridad del condensador, ya que si esto no se hace, lo más probable es que el condensador explote, con el consiguiente riesgo.

Otra precaución a tener en cuenta es la de respetar la tensión máxima de trabajo del condensador, ya que si ésta se supera corremos el riesgo de perforar el condensador y por tanto destruirlo.

Es conveniente explicar a los alumnos, el porqué de la tensión llamada en la experiencia estacionaria, debida a la resistencia interna del polímetro.

Además de estas precauciones, conviene recordar a los alumnos, las ya repetidas de cuidado con los aparatos y con el material.

OBSERVACIONES

La principal aplicación directa de los circuitos de carga y descarga, son los temporizadores y los multivibradores. Los primeros sirven para crear determinados retardos o tiempos de espera. Un ejemplo clásico son las alarmas, donde debe transcurrir un determinado tiempo, para que una vez disparada, ésta se pare.

Los multivibradores, también llamados osciladores de onda cuadrada, sirven para repetir indefinidamente el encendido y apagado de un circuito. El ejemplo más típico son los intermitentes electrónicos.

Un circuito como los estudiados es puramente teórico, no utilizable en la práctica, ya que exige abrir y cerrar un interruptor. Si sustituimos los interruptores por algún dispositivo que se encargue de abrirlos y cerrarlos con una determinada velocidad, en extremos del condensador podríamos obtener una tensión de forma casi triangular.

CIRCUITOS EN CORRIENTE ALTERNA

Los resultados de esta experiencia pueden llegar a ser muy dispares debido al condensador. Este componente suele tener cuando es electrolítico, una tolerancia muy grande, que puede llegar hasta el +50% en algunos casos, y por debajo hasta el -20%, ello se debe a que en el interior hay un electrolito y aunque el condensador esté cerrado herméticamente, éste puede secarse con el tiempo, sobre todo si se calienta, por lo que los fabricantes les dan tolerancias muy altas hacia arriba.

En cualquier caso, si el valor del condensador está muy desplazado, se debe ver reflejado en todas las medidas.

Otro error que se comete muy comúnmente es el utilizar resistencias pequeñas, con lo cual la constante de tiempo es muy pequeña y distinguir entre uno o dos segundos es muy difícil, además hay que tener en cuenta la inercia de la propia aguja del instrumento de medida.

SUGERENCIAS

Si en el laboratorio se dispone de un osciloscopio, se puede visualizar la carga y descarga del condensador, e incluso medir con él la constante de tiempo. En cualquier caso el error será menor, ya que tiene una base de tiempos calibrada y su resistencia interna es mucho mayor, con lo cual nos puede falsear menos la medida. .

Si no se dispone de osciloscopio, se puede dibujar la curva de carga y/o de descarga si elegimos un valor grande de constante de tiempo, y medimos la tensión del condensador para distintos instantes de tiempo.

CONTENIDO

Ley de Ohm en corriente alterna (circuito con R exclusivamente) (4.1.)

Circuito con L y R en corriente alterna. Impedancia. Angulo de fase (4.4.)

Circuito con R y C en corriente alterna. Impedancia. Angulo de fase (4.5.)

Circuito con R, L YC en corriente alterna. Concepto general de impedancia (4.6.)

DEFINICIONES

Reactancia inductiva: Es la oposición que presenta una bobina al paso de la corriente alterna.

Reactancia capacitiva: Es la oposición que presenta un condensador al paso de la corriente

Impedancia: Es la oposición que presenta un circuito con resistencias y bobinas y/o condensadores al paso de la corriente alterna.

Ángulo de fase o simplemente desfase: Es la diferencia de fase entre la tensión y la corriente.

OBJETIVOS

Comprobar como una *resistencia* en corriente alterna, se comporta de forma *similar* a como lo hace en *corriente continua*.

Observar como en un circuito serie, de *resistencia-bobina*, o de *resistencia- condensador*, las *tensiones* en sus extremos no se *suman* de forma algebraica, sino de forma *vectorial*.

Comprobar como en un circuito serie, con *resistencia, bobina y condensador*, las *tensiones se suman de forma vectorial*, teniendo en cuenta que las tensiones en la bobina y el condensador tienen sentidos opuestos.

Estudiar como en un circuito, con *solo resistencia*, la tensión y la corriente están en *fase*.

Estudiar como en un circuito, donde además de *resistencia* hay *condensadores y/o bobinas*, la tensión aplicada y la corriente que circula por él, están *desfasadas* un cierto ángulo.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

En un circuito con solo R, la tensión y la corriente están relacionadas por la ley de Ohm de la forma:

$$i = \frac{v}{R}$$

donde v e i son los valores instantáneos de la tensión y la intensidad, es decir:

$$v = v_0 \cdot \text{sen}(wt) \text{ y } i = I_0 \cdot \text{sen}(wt)$$

Al estar en fase la tensión y la corriente, se cumple que

$$I_0 = \frac{V_0}{R} \text{ o bien que } I_{\text{ef}} = \frac{V_{\text{ef}}}{R}$$

donde I_0 y V_0 son valores máximos y I_{ef} y V_{ef} son valores eficaces, que son los que miden los polímetros. Para una tensión alterna senoidal valen:

$$I_{\text{ef}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad \text{y} \quad V_{\text{ef}} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$$

Cuando en un circuito tenemos una bobina, ésta presenta una oposición al paso de la corriente que se llama reactancia inductiva. Se mide en ohmios. Se representa por X_L y es directamente proporcional a la frecuencia y a la autoinducción.

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

En un circuito con bobina solamente, la reactancia hace que la tensión y la corriente no estén en fase, sino que la tensión se adelante 90° a la corriente.

$$V = V_0 \cdot \text{sen}(wt + 90^\circ) \quad \text{y} \quad i = I_0 \cdot \text{sen}(wt)$$

Análogamente cuando en un circuito tenemos un condensador, éste presenta una oposición al paso de la corriente que se llama reactancia capacitiva. Se mide en ohmios. Se representa por X_c y es inversamente proporcional a la frecuencia y a la capacidad.

$$X_c = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

En un circuito con condensador solamente, la reactancia hace que la tensión y la corriente no estén en fase, sino que la tensión se retrase 90° con respecto a la corriente.

$$V = V_0 \cdot \text{sen}(wt - 90^\circ) \quad \text{y} \quad i = I_0 \cdot \text{sen}(wt)$$

Cuando en un circuito haya resistencia y bobina o resistencia y condensador o resistencia, bobina y condensador, la tensión y la corriente estarán desfasadas un cierto ángulo, que dependerá de los valores de los componentes y de la frecuencia.

$$V = v_0 \cdot \text{sen}(wt \mp \varphi)$$

Si tomamos como origen de fases la corriente por el circuito, la tensión del conjunto estará adelantada o retrasada, según sea la X_L mayor o menor que la X_c respectivamente.

El valor del ángulo entre la tensión y la corriente vendrá dado por

$$\text{Tg}\varphi = X_L - X_C / R$$

El desfase producido es debido a que la impedancia que presenta el circuito es una magnitud vectorial, es decir, la relación entre la tensión aplicada al circuito y la corriente que circula, es un vector llamado impedancia, cuyo módulo es

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

y cuya fase es la misma de la tensión, es decir:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

La corriente que circula por el circuito, es la misma que circula por cada componente, por lo que podemos escribir:

$$V_0 = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

PRECAUCIONES

Al realizar estas experiencias, cuando se utilicen condensadores no es necesario preocuparse por la polaridad de los mismos, ya que al estar trabajando con la corriente alterna de la red, ésta cambia de polaridad dos veces en cada ciclo, o lo que es lo mismo, cien veces por segundo.

Hay que poner atención a la tensión máxima de trabajo del condensador, aunque como se trata de una experiencia que se hace con una tensión de 6,3V, normalmente no habrá problema. Si se supera corremos el riesgo de perforar el condensador y por tanto destruirlo.

Es conveniente recordar a los alumnos el cuidado que se debe tener al manejar los aparatos de medida y el material utilizado en la experiencia.

OBSERVACIONES

Al realizar estas experiencias, se utilizan voltímetros midiendo en c.a., los cuales tienen una resistencia interna que no se puede considerar despreciable, ya que suele estar sobre los 10.000 Ω/V o lo que es lo mismo, si estamos en una escala de 10V, su resistencia interna será de unos 100.000 Ω .

Por esta razón las medidas de c.a. se suelen hacer con osciloscopios o polímetros digitales, que poseen una resistencia interna muy superior, y por tanto no producen errores de medida tan grandes.

RESULTADOS

Como se puede observar, al realizar estas experiencias, se cometen errores de medida que en algunos casos no son despreciables, y por tanto se deberían tener en cuenta.

El primero de ellos ya se ha comentado anteriormente y se refiere al error sistemático de medida, es decir, el que se comete debido a la resistencia interna del polímetro, que colocamos en paralelo bien con una resistencia, bien con el condensador o la bobina.

El segundo error que se comete es debido a que la bobina no es pura, sino que presenta una cierta resistencia que puede no ser despreciable. Es conveniente que el alumno la mida con un óhmetro y que decida si puede o no despreciarla.

El tercer error ya comentado en capítulos anteriores, se refiere a la tolerancia de los componentes, sobre todo si se piensa hacer que el alumno calcule previamente los resultados que le deben salir.

SUGERENCIAS

Si se dispone de osciloscopio en el laboratorio, se podría visualizar en él, los desfases producidos por los condensadores y bobinas, bien midiéndolos directamente con un osciloscopio de dos canales o bien calculándolo a través de las figuras de Lissajous, que utilizan los ejes X e Y del osciloscopio.

RESONANCIA

CONTENIDO

Resonancia serie (4.9.)

Resonancia paralelo (4.10.)

DEFINICIONES

Resonancia: Un circuito serie, paralelo o mixto, con bobinas y condensadores se dice que está en resonancia, cuando la reactancia inductiva sea igual a la capacitiva, es decir, el circuito se comporta como si solo tuviera resistencias.

Frecuencia de resonancia: Es aquella frecuencia a la cual se igualan las reactancias inductiva y capacitiva.

Coficiente de sobre tensión (Q): Es la relación existente entre la tensión que aparece a la frecuencia de resonancia en las reactancias (X_L o X_C) y la tensión aplicada.

OBJETIVOS

Estudiar el *fenómeno de resonancia* en los circuitos serie y paralelo.

Estudiar el *coeficiente de sobre tensión* o factor de calidad (Q) de un circuito resonante serie.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

La característica de un circuito resonante es que su reactancia capacitiva e inductiva son iguales, es decir, $X_L = X_C$. Esto sucede a una frecuencia concreta llamada frecuencia de resonancia, que se calcula como:

$$f_r = 1 / 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{LC}$$

La frecuencia de resonancia depende exclusivamente de L y e, por tanto se puede dar una misma frecuencia de resonancia para distintas combinaciones de L y e y por supuesto de R.

En un circuito serie con R, L y e, a la frecuencia de resonancia, la impedancia total del circuito es mínima y por tanto la corriente es máxima

Sabemos que en un circuito serie la impedancia total es

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Si a la frecuencia de resonancia se igualan X_L y X_C entonces la impedancia (Z), se hace igual a la resistencia (R), por tanto la impedancia es mínima y el circuito se comporta como si fuera puramente resistivo.

Hay que tener en cuenta, que aunque a la frecuencia de resonancia las reactancias se anulan, éstas no desaparecen, y en sus extremos pueden aparecer tensiones muy elevadas, incluso mucho mayores que la tensión aplicada.

En un circuito resonante serie, la relación que existe en resonancia, entre la tensión que hay en las reactancias (X_L o X_C) y la tensión aplicada se llama coeficiente o factor de sobretensión (Q), ya que expresa, cuánto mayor puede ser la tensión en las reactancias que la aplicada. Se puede expresar también como la relación que existe en resonancia, entre la reactancia inductiva (o capacitiva) y la resistencia del circuito

$$Q = \frac{V_L}{V} = \frac{I \cdot X_L}{I \cdot R} = \frac{X_L}{R}$$

Al factor de sobretensión, se le llama también factor de calidad de un circuito resonante, ya que expresa la facultad que tiene el circuito, para seleccionar una frecuencia eliminando las demás, es decir, lo selectivo que es el circuito.

En un circuito paralelo L-C, a la frecuencia de resonancia, la impedancia total es máxima y por tanto la corriente es mínima.

Sabemos que, un circuito paralelo o circuito "tanque" ideal, la impedancia que presenta es

$$Z = \frac{X_L \cdot X_C}{X_L + X_C}$$

Según aumenta la frecuencia, la X_L va aumentando y la X_C va disminuyendo, a la frecuencia de ser resonancia se igualan X_L y X_C lo que significará que la impedancia es máxima.

Al igual que en los circuitos serie ocurría con las tensiones, ocurre ahora con las corrientes.

Aunque la corriente exterior del circuito paralelo, sea mínima, la que circula por cada componente es mayor. Teóricamente la corriente exterior debería ser cero, pero el circuito "tanque" ideal no existe, ya que la bobina, aunque poca, siempre tendrá una cierta resistencia y por tanto, las corrientes por el condensador y por la bobina no se anularán totalmente.

PRECAUCIONES

Al medir sobre un circuito resonante, ya sea serie o paralelo, hay que tener en cuenta, que lo que ocurre en el exterior del circuito, puede ser muy diferente de lo que ocurre en el interior, en lo que se refiere a corrientes y tensiones.

Hay que tener en cuenta que, por ejemplo, en un circuito serie, en extremos de la bobina o del condensador, podemos tener incluso más de 50 veces la tensión aplicada, por lo que se debe tener precaución, al elegir la tensión máxima del condensador, o si se va a medir con un instrumento, la escala elegida.

En un circuito paralelo, ocurre algo parecido con las corrientes, aunque la corriente exterior al circuito sea muy pequeña, en el interior pueden ser más altas, y por tanto habrá que tener precaución al medirlas.

OBSERVACIONES

Con estas experiencias, se busca estudiar los efectos que a la frecuencia de resonancia, se producen en los circuitos serie o paralelo. El procedimiento que se sigue consiste en ir variando el núcleo de la bobina y por tanto su autoinducción, hasta conseguir que en serie (o paralelo) con un condensador, se alcance la frecuencia de resonancia de la red, es decir 50 Hz.

Los circuitos resonantes, en la práctica se suelen calcular para frecuencias muy superiores, del orden de KHz o MHz, donde los condensadores y las bobinas son de valores muchos menores y por tanto menos voluminosos.

Los circuitos resonantes serie y paralelo se utilizan en lo que se llama circuitos sintonizados, o lo que es lo mismo, circuitos calculados para comportarse de una cierta manera, a unas frecuencias concretas. Se utilizan para crear filtros, en los que el circuito deja pasar o elimina ciertas frecuencias, aprovechando la característica de tener máxima o mínima impedancia, a la frecuencia de resonancia.

RESULTADOS



Hay que observar que en el circuito serie, para una determinada posición de las armaduras (2 por ser simétrica), la corriente que circula por el circuito es máxima. En dicha posición, la tensión en extremos del condensador o de la bobina es aproximadamente cinco veces la aplicada.

Si se calculan la reactancia inductiva y la capacitiva a partir de la tensión y la corriente, se puede observar que son sensiblemente iguales.

En el circuito paralelo, hay que observar que partiendo de la situación de resonancia, es decir, corriente de línea mínima, si desplazamos el núcleo en un sentido la corriente por la bobina aumenta y la de línea también, en cambio si lo desplazamos en sentido contrario, la corriente por la bobina disminuye y en cambio la de línea vuelve a aumentar.

Esto se explica, teniendo en cuenta que la corriente por la bobina y por el condensador son iguales a la frecuencia de resonancia, y por ser de sentido opuesto, las dos se "anulan" (se hace mínima).

Téngase en cuenta que la X_e es constante y por tanto su corriente. En el momento en que la inductancia disminuye, la corriente por ella aumenta y la diferencia $I_L - I_C$ aumenta hacia positivo.

Si la inductancia aumenta la corriente por ella disminuye y por tanto la diferencia $I_L - I_C$ aumenta ahora hacia negativo. El signo, no lo aprecian los instrumentos, ya que se trata de c.a. y por tanto el signo implica una diferencia de fase de 180° .

SUGERENCIAS

Si en el laboratorio se dispone de osciloscopio y generador, se puede medir la curva de resonancia, haciendo variar la frecuencia aplicada al circuito resonante, manteniendo constante la tensión aplicada.

Se puede representar, por ejemplo, la curva de la corriente (I) del circuito en función de la frecuencia

(f).

Se podría calcular el ancho de banda del circuito, como diferencia entre las frecuencias a las cuales la corriente disminuye en un circuito serie, hasta el 70,7% de la máxima.

ELECTROMAGNETISMO

CONTENIDO

Experimento de Oersted (6.4.)

Bobina o solenoide (6.2.)

Campo magnético creado por una bobina plana circular (6.5.)

Determinación del campo magnético terrestre (6.6.)

DEFINICIÓN

Solenoide: Es un hilo conductor arrollado sobre un soporte aislante. Cuando el solenoide tiene varias capas de espiras superpuestas recibe el nombre de bobina.

OBJETIVOS

Estudiar como una *corriente*, al circular por un conductor, *crea un campo magnético* alrededor de él, cuyo sentido depende del sentido de la corriente.

Observar como al circular una *corriente por un solenoide*, este se comporta exactamente *igual que un imán*, es decir, crea un campo magnético.

Comprobar como el *campo magnético* creado por una bobina, es *proporcional a la intensidad* de corriente que la recorre.

Determinar experimentalmente la componente horizontal del *campo magnético terrestre*.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

El experimento de Oersted permite observar, como un conductor por el que circula una corriente eléctrica, produce a su alrededor un campo magnético perpendicular a la corriente y circular con centro en la misma.

La intensidad del campo magnético que crea una corriente aumenta o disminuye con la corriente.

Al invertir el sentido de la corriente se invierte también el sentido del campo.

Para hallar el sentido del campo, se puede aplicar la regla de la mano izquierda: Si se coge el conductor con la mano izquierda, de forma que el dedo pulgar señale el sentido de la corriente (electrónica), los cuatro dedos restantes indicarán el sentido del campo magnético.

Cuando un conductor recto recorrido por una corriente, lo doblamos en forma de espira, éste sigue rodeado por las mismas líneas de fuerza, además, éstas siguen la regla de la mano izquierda y por tanto entran por una cara de la espira y salen por la otra. Por analogía con los imanes, una cara será la norte (por donde salen las líneas de fuerza) y la otra será la sur (por donde entran). Si colocamos una espira a continuación de otra, los campos magnéticos que crean cada una de ellas, se suman si circula la corriente en el mismo sentido. Si arrollamos un conductor en forma de hélice, tenemos una bobina con una serie de espiras unas a continuación de otras. El flujo de cada espira, enlaza con el de la siguiente, atravesando el interior de la bobina.

Para hallar el sentido del campo creado por la bobina, se puede aplicar la regla de la mano izquierda: Si se coge la bobina con la mano izquierda, de forma que los dedos indiquen el sentido de la corriente (electrónica), el dedo pulgar extendido perpendicularmente a los demás, señalará el polo norte de la bobina.

Si en lugar de tomar el sentido real de la corriente, tomamos el sentido convencional por utilizarse más comúnmente, la regla de la mano izquierda, se cambia por la derecha.

El campo magnético que crea una espira en su centro, es directamente proporcional a la intensidad de corriente que circula por ella, e inversamente proporcional al radio de la espira y depende del medio en que se tome. Si tenemos una bobina con un cierto número de espiras, el campo será proporcional también al número de éstas:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot n \cdot I}{2 \cdot R}$$

donde μ_0 es la permeabilidad magnética del medio, n el número de espiras de la bobina, I es la intensidad de la corriente y R es el radio de cada espira o radio medio de la bobina cuando existan vanas capas.

PRECAUCIONES

Al realizar el experimento de Oersted, hay que tener especial cuidado con no elevar excesivamente la tensión de la fuente de alimentación, ya que como el circuito consta de un solo hilo, la corriente que circulará será relativamente alta y podría dispararse la protección de la fuente.

Al realizar la experiencia con el solenoide, se debe tener cuidado con alejar del mismo, aparatos o útiles que podrían ser dañados con el campo magnético creado, en especial relojes analógicos.

En las experiencias con la aguja magnética hay que procurar alejar instrumentos metálicos, que puedan desviar la aguja de su posición.

También en las experiencias con la aguja, es importante comprobar que ésta está correctamente orientada en la misma dirección que el meridiano magnético terrestre. Una vez colocada, golpear ligeramente la base con los dedos, para asegurarse de su posición.

OBSERVACIONES

Cuando el núcleo de una bobina es de hierro dulce, en lugar de aire u otro material, recibe el nombre de electroimán. Cuando esto ocurre, las propiedades magnéticas de la bobina aumentan considerablemente, ya que la permeabilidad del núcleo, favorece el flujo de las líneas del campo.

Las aplicaciones de los electroimanes son prácticamente innumerables. Las más conocidas son:

- Electroimanes elevadores o portantes. Se basan en crear campos magnéticos extremadamente altos, con corrientes muy elevadas y gran número de espiras. Se utilizan en el manejo de chatarra principalmente, pudiendo levantar varias toneladas de ella, con la simple atracción magnética.
- Relés o relevadores electromagnéticos. Se basan en que el campo magnético creado, atrae una lámina móvil, la cual, al desplazarse abre o cierra un circuito eléctrico, que puede tener o no que ver con el que origina el campo. Se utilizan en electricidad y electrónica, para los más variados usos: disyuntores, telegrafía, telemando, etc.
- Electroimanes para aceleradores de partículas. Se basan en crear grandes campos magnéticos alternativos, que va incrementando la velocidad de las partículas subatómicas.
- Las lentes magnéticas. Se basan como las anteriores, en la atracción o repulsión de partículas subatómicas. Se utilizan como deflexión o enfoque en los tubos de rayos catódicos.

RESULTADOS

En el experimento de Oersted, el alumno debe comprobar que los resultados son los esperados y que el campo magnético creado, cumple la regla de la mano izquierda.

La experiencia con el solenoide demuestra, que éste se comporta como un imán cuando circula corriente, es decir, se ha convertido en un electroimán. Sigue por tanto, las mismas reglas que los imanes, de atracción entre polos distintos y repulsión entre iguales.

En un solenoide, al cambiar el núcleo de aire por otro de hierro, las propiedades magnéticas aumentan considerablemente.

Las experiencias con la aguja magnética, utilizan el campo magnético terrestre como referencia, una bobina cuyo núcleo es muy grande y una aguja magnética demasiado grande. Por todo ello, los resultados que se obtengan, pueden no corresponder con los valores reales, además puede haber diferencias considerables de unos alumnos a otros.

SUGERENCIAS

Otra forma de estudiar el experimento de Oersted consiste, en que el conductor atraviese una cartulina perpendicularmente, si espolvoreamos limaduras de hierro próximas al conductor, podemos observar como éstas se distribuyen alrededor del mismo formando círculos concéntricos.

INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

CONTENIDO

Inducción electromagnética. Principio de la generación electromagnética de la corriente eléctrica (7.3.)

Inducción mutua. Ley de Lenz. Coeficiente de inducción mutua (6.7.)

Magnetos de corriente alterna y corriente continua (7.5.)

Principio del alternador con inductor móvil (7.6.)

Alteradores y dinamos con inductor fijo (7.7.)

Motor de corriente continua con imán fijo (7.9.)

Motores de corriente continua en serie y en derivación (7.10.)

DEFINICIONES

Ley de Faraday: Si el flujo total que corta un circuito varía con el tiempo, en dicho circuito existirá una f.e.m. inducida.

Ley de Lenz: El sentido de la f.e.m. inducida en un circuito es tal, que tiende a hacer circular por éste, una corriente que intente anular las variaciones de flujo que la producen.

OBJETIVOS

Conocer los *fenómenos de inducción* electromagnética y sus aplicaciones.

Observar los fenómenos de *inducción mutua* y los principios que la rigen. Aplicar estos principios a la construcción de un transformador básico.

Conocer los fundamentos en que se basan los *generadores electromagnéticos*, tanto de corriente *continua* como de *alterna*.

Estudiar los diversos tipos de *generadores electromagnéticos* atendiendo a su *construcción*.

CONOCIMIENTOS PREVIOS



Al variar el campo magnético que atraviesa un conductor, se produce una fuerza electromotriz (f.e.m.) inducida en el conductor. Este es el principio de transformación de la energía mecánica en eléctrica. En este principio se basa el funcionamiento de los generadores y de los transformadores.

Esta variación puede hacerse moviendo el imán como en la primera experiencia, variando el campo creado mediante una corriente alterna como en la segunda o moviendo el conductor como en la tercera experiencia.

La f.e.m. inducida tiene un sentido tal, que sus efectos contrarresten las variaciones de flujo que la producen. Esta f.e.m. depende del número de espiras de la bobina, ya que, como se vio anteriormente, los efectos en cada espira de una misma bobina se suman. Depende a su vez de la velocidad con que se produzca la variación del flujo. Su valor se puede calcular como

$$e = N \cdot d\Phi/dt$$

Un transformador se basa, en que cuando dos bobinas están acopladas magnéticamente, lo que sucede en una repercute en la otra. Si por una circula una corriente variable (primario), producirá variaciones de flujo que atraviesen la segunda (secundario) y por tanto en ella aparecerá una f.e.m. inducida. Si el circuito del secundario está cerrado, por él circulará una corriente variable (por que es proporcional a la f.e.m. inducida), que a su vez producirá una f.e.m. inducida en el primario.

El valor de la f.e.m. inducida, depende del flujo de una que pueda cortar a la otra y viceversa.

El flujo que una bobina produce en otra acoplada magnéticamente, es proporcional a la corriente que circula por la primera y al acoplamiento que tengan

$$d\Phi_2 = M_{12} \cdot dI_1 \quad \text{y} \quad d\Phi_1 = M_{21} \cdot dI_2$$

El coeficiente de inducción mutua (M), es igual al de la primera bobina con la segunda (M_{12}) y al de la segunda con la primera (M_{21}). Está relacionado con la inductancia de cada bobina y con el coeficiente de acoplamiento (k).

Anteriormente dijimos, que la Le. m. inducida era proporcional al flujo cortado. Si una espira gira en el seno de un campo magnético, el flujo irá variando senoidalmente, por tanto la f.e.m. inducida tendrá una forma senoidal

$$e = - d\Phi/dt = E_m \cdot \text{sen}(\omega t)$$

La tensión obtenida se recoge en unos anillos colectores, que según su disposición nos proporcionarán corriente alterna o continua pulsante.

El flujo que ha de ser cortado, puede provenir de unos imanes (magnetos de c.a. o c.c.), de un electroimán o bobina recorrida por una corriente continua (alternadores o dinamos de inductor fijo),

o bien que sea la bobina recorrida por c.c. la que se mueva, e induzca una tensión en otra bobina fija (alternador con inductor fijo).

Algunos de los equipos utilizados para transformar energía mecánica en eléctrica, pueden ser utilizados a su vez para transformar energía eléctrica en mecánica. Téngase en cuenta que cuando por un conductor circula una corriente eléctrica, se produce un campo magnético. Si este campo magnético encuentra en la zona de influencia de otro campo magnético, entre los dos habrá una atracción o una repulsión como si de dos imanes se tratara. Si el conductor se puede mover libremente, éste lo hará en el sentido que mande la citada atracción o repulsión. En este principio tan simple, se basan los motores de corriente continua y alterna básicos.

Al igual que en el caso de los generadores, los campos magnéticos pueden provenir de imanes (motor de c.c. de imán fijo), o bien de bobinas (motores de c.c. con bobinas en serie o en derivación)

PRECAUCIONES

Teniendo en cuenta que el motor utilizado en la experiencia, es el más simple y solamente tiene un par de polos, es muy probable que al aplicarle tensión, éste no se mueva, en estas condiciones es posible que sea necesario ayudarlo con la mano.

Es conveniente tener los motores en perfecto estado, para que las experiencias salgan correctamente, cuidando que los ejes estén bien engrasados y los colectores bien limpios y sin carbonilla.

OBSERVACIONES

* Generadores:

En la industria existen básicamente dos tipos de generadores, las dinamos para corriente continua y los alternadores para corriente alterna.

Las dinamos esencialmente se componen de:

1. Un *inductor fijo*. Electroimán destinado a producir el flujo magnético.
2. Un *inducido*. Arrollamiento devanado sobre un tambor de forma cilíndrica con ranuras, donde se alojan los conductores activos en los que aparecerán las f.e.m. alternas, cuando rote el inducido.
3. Un *sistema que permita rectificar las f.e.m. y recogerla corriente de la máquina*. Comprende un colector, unas delgas y unas escobillas.

Las dinamos fueron fundamentales en el desarrollo de la electrotecnia, pero hoy en día han sido sustituidas, casi por completo, por alternadores con rectificadores de semiconductores (estáticos).

Los alternadores normalmente se componen de:

1. Un *rotor o inductor*. Armadura cilíndrica móvil que consta de un arrollamiento inductor, alimentado por corriente continua, obtenida en unos casos de una fuente exterior y en otros de la propia tensión inducida una vez rectificadas.

2. Un *estator o inducido*. Armadura ferromagnética fija coaxial, en cuyas ranuras se encuentran devanados los conductores activos del inducido, unidos entre sí formando arrollamientos monofásicos o polifásicos que alimentan a los circuitos de utilización y en los que aparecerán las f.e.m. alternas, cuando rote el inductor.

El principal problema de los alternadores, consiste en mantener constante la tensión inducida. Esto se consigue variando la corriente que circula por el inductor.

Para la producción de la energía eléctrica de la red, se utilizan dos tipos de alternadores principalmente. En las centrales hidráulicas las turbinas funcionan entre 75 y 1000 r.p.m. El número de polos del inducido puede ser de 6 a 80, para obtener una frecuencia de 50 Hz. La potencia varía de 10 a 600 MW, para tensiones entre 3 y 18 KV. El diámetro del rotor puede llegar a los 13 m y la altura del estator a 3 m.

En las centrales térmicas, tanto las de combustibles fósiles como las de fisibles, se utilizan turbinas de vapor o gas, que hacen girar a gran velocidad turboalternadores con solo 2 o 4 pares de polos en el inductor. Debido a la inercia, el rotor no sobrepasa los 1,2 m, aunque puede llegar a tener una longitud de 10 m.

* Motores:

La mayor parte de los motores funcionan con dispositivos rotativos, es decir, como en los generadores, incluyen dos armaduras ferromagnéticas cilíndricas coaxiales, una de las cuales es fija (estator) y otra móvil (rotor), separadas por un entrehierro.

Motores de corriente continua. Poseen un bobinado inductor o imanes permanentes, en cualquier caso, ubicados en el estator, que generan un campo magnético fijo. Se produce un par de giro cuando se alimenta el rotor con una tensión continua. Para que el par se mantenga aún después de haber girado, posee varias bobinas alimentadas a través del colector secuencialmente mediante unas delgas.

Motores de corriente alterna. La mayoría son de campo giratorio, dotados de un bobinado inductor localizado en el estator, trifásico y alimentado a la frecuencia de la red de distribución. El bobinado genera un campo giratorio en la periferia del entrehierro. Existen dos clases, los motores síncronos, en los que el bobinado del rotor está alimentado por corriente continua y los motores asíncronos, en los que el bobinado del rotor es polifásico (trifásico o "jaula de ardilla" polifásica) y cerrado en cortocircuito sobre sí mismo.

Motores universales. Son motores serie de corriente continua, capaces de funcionar también con corriente alterna. Se utilizan en pequeños electrodomésticos.

Motores diversos. Existen numerosos tipos de motores eléctricos para aplicaciones especiales, entre los que cabe reseñar: los motores de histéresis, los motores paso a paso con imanes permanentes o con reluctancia variable, los motores de repulsión, etc y en especial el motor lineal de inducción.

RESULTADOS

Como se explicó anteriormente, al mover el imán dentro de la bobina, se induce en ésta una tensión, que es proporcional a la velocidad con que se mueve el imán y también proporcional al número de espiras de la bobina.

En dos bobinas unidas magnéticamente, se producen fenómenos de inducción mutua. Variaciones de corriente en la primera, producen variaciones de corriente en la segunda y viceversa. Esta inducción mutua, es proporcional a la autoinducción de cada una y al coeficiente de acoplamiento.

En una magneto, se genera electricidad a partir de un movimiento, debido a una inducción electromagnética sobre una bobina llamada inducido. La f.e.m. inducida en esta bobina es alterna, pero debido al «colector y a las delgas, se puede convertir en continua.

En un generador que utiliza una bobina como inductor, se puede producir corriente alterna (alternador) o continua (dinamo), según que la tensión inducida se recoja en dos anillos fijos o en uno partido (delgas) en el colector.

Cuando el generador tiene el inductor móvil y por tanto el inducido fijo, se genera corriente alterna en el inducido. Esta corriente alterna puede ser de valor alto.

En el motor de la experiencia, que solo contiene una bobina en el rotor, al aplicarle tensión, tiende a hacer que la bobina se coloque perpendicular a la dirección del campo. Si se invierte la tensión, la bobina se coloca en sentido contrario.

Un motor erieo paralelo, presenta la característica de no invertir su sentido al invertir la polaridad de la fuente. Esto se debe a que a la vez se invierte la fuente, se invierte también el sentido del campo.

DIODOS

CONTENIDO

Diodo de germanio (9.1.)

Diodo de silicio (9.2.)

Diodo zéner (9.3.)

Diodo L.E.D. (9.4.)

DEFINICIÓN

Diodo: Un diodo en general, es un dispositivo electrónico, que tiene la propiedad de conducir cuando está polarizado en un sentido, y no hacerlo cuando se le polariza en el contrario.

OBJETIVOS

Aprender a *diferenciar el ánodo y el cátodo* de un diodo, mediante el uso de un polímetro.

Aprender a *comprobar si un diodo* está en cortocircuito o está abierto, midiéndolo con el polímetro.

Estudiarla *característica tensión-corriente* en los diodos más comúnmente empleados.

Comprobar el *funcionamiento* de los tipos de *diodo*. *los más utilizados*.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

Un diodo se compone de la unión de dos cristales, uno del tipo P y otro del tipo N. Un tipo P, es un cristal inicialmente puro de silicio (o germanio), por tanto tiene cuatro electrones en su última capa (mismo número de electrones que de huecos), al cual, se le añaden impurezas (dopado) pentavalentes, es decir, crean huecos en el cristal. Por el contrario un cristal tipo N, es aquel al que se le añaden impurezas trivalentes, es decir, crean electrones libres en el cristal.

Al estudiar la característica de un diodo, se puede observar que no es un dispositivo lineal, es decir, su corriente no es directamente proporcional a la tensión aplicada.

Cuando el diodo está polarizado en directo, es decir, positivo al ánodo y negativo al cátodo, el diodo conduce, hasta alcanzar los 0,7V para el silicio (0,2V para el germanio) la corriente que circula es muy pequeña, se comporta por tanto, como una resistencia de valor alto, al sobrepasar

dicha tensión, los aumentos de corriente son muy grandes para pequeñas variaciones de tensión, se comporta entonces como una resistencia de valor muy pequeño.

Cuando el diodo está polarizado en inverso, es decir, negativo al ánodo y positivo al cátodo, el diodo apenas conduce, hay una pequeña corriente debida a fugas. Si aumentamos la tensión en extremos, la corriente apenas aumenta, hasta que se alcanza la tensión de ruptura en la que la corriente aumenta bruscamente.

La aplicación más directa de esta conducción en un solo sentido, es la rectificación o conversión de una señal alterna en una continua, como se verá en capítulos posteriores.

Para un diodo rectificador o de pequeña señal, llegar a la zona de ruptura supone su destrucción, pero existen diodos diseñados para trabajar en dicha zona, son los llamados diodos zéner.

Un diodo zéner normalmente no funciona polarizado en directo, sino que lo hace en inverso y en la zona de ruptura o también llamada de avalancha o zéner. El hecho de trabajar en la zona zéner implica que para pequeños cambios de tensión, habrá cambios bruscos de corriente, por ello, su principal aplicación se encuentra en la estabilización de tensión, absorbiendo las variaciones de intensidad en la carga o de tensión en la entrada, a base de variar su corriente y por tanto la caída de tensión en la resistencia limitadora como se verá más adelante.

Un diodo zéner es un diodo de silicio con un dopado diferente. Variando dicho nivel de dopado, el fabricante puede producir diodos zéner con tensiones de avalancha entre 2 y 200 V. Este tipo

de diodos pueden funcionar en cualquiera de las tres zonas de trabajo: directa, inversa y ruptura, con tal de que no se sobrepase la corriente máxima permitida.

El L.E.D. o diodo emisor de luz forma parte del grupo de componentes llamados opto electrónicos, junto con los fotodiodos, los fototransistores, los opto acopladores, los fototiristores, etc.

Cuando un L.E.D. es polarizado en directo, al unirse electrones y huecos en el cristal, desprenden energía en forma luminosa. Un diodo normal de silicio, es opaco y por tanto no permite el paso de la luz. Los L.E.D. se construyen a partir de elementos como el galio, arsénico o fósforo entre otros, para producir L.E.D.'s que emitan luz de diferente color, como roja, verde, amarilla, naranja, infrarroja o ultravioleta, estas dos últimas invisibles.

En la mayoría de los L.E.D. disponibles comercialmente, la tensión directa típica es de 1,5 a 2,5 V, para corrientes que varían entre 10 y 50 mA. El valor exacto de tensión y corriente depende del tipo, color, tolerancia, fabricante, etc.

PRECAUCIONES

Al manejar diodos, la principal precaución que se debe tener es la de no superar la potencia máxima de disipación, lo cual conllevaría la destrucción del diodo. Los fabricantes suelen dar esta característica en forma de corriente máxima para conducción directa, en los diodos rectificadores y L.E.D., y de potencia máxima para conducción inversa en los zéner.

Cuando se desea comprobar un diodo con un óhmetro, hay que tener cuidado porque algunos de estos aparatos, sobre todo antiguos, llevan pilas de tensión alta y podría destruir el diodo por superarla corriente máxima permitida.

Al realizar estas experiencias hay que tener cuidado con las lecturas del voltímetro, cuando ésta es muy pequeña, ya que puede ser debida a caída de tensión en el instrumento en lugar del diodo.

Para comprobar que es en el diodo, conviene desconectar momentáneamente el voltímetro y comprobar que la corriente por el circuito no varía.

OBSERVACIONES

Al realizar experiencias con diodos es interesante que el alumno se familiarice con las hojas de características que dan los fabricantes; y una vez realizada la práctica se cotejen los resultados.

En la industria existen diferentes tipos de diodos, según las aplicaciones y por supuesto de las potencias que deban disipar. Los hay desde montaje superficial de solo un par de milímetros, hasta varios centímetros de diámetro utilizados para la rectificación de grandes corrientes.

Los diodos de germanio, inicialmente se utilizaron en los aparatos de radio para sustituir a las piedras de galena, hoy en día están prácticamente en desuso, debido a las características notablemente mejores de los diodos de silicio. Se utilizan en aplicaciones concretas y aprovechan, por ejemplo, su deriva térmica.

RESULTADOS

Cuando al medir un diodo con un óhmetro, conectamos el polo positivo del polímetro con el ánodo del diodo y el negativo con el cátodo, la lectura de resistencia debe ser muy pequeña, ya que el diodo se encuentra polarizado en directa. Cuando se invierte el diodo, la resistencia que debe dar será muy alta, ya que el diodo está polarizado en inversa. Si en los dos casos la resistencia es muy alta, significa que el diodo está abierto y si las dos lecturas son bajas quiere decir que el diodo está en corto circuito.

Compararlas curvas características obtenidas para el germanio y para el silicio. Se puede observar fácilmente que la del silicio se acerca mucho más a la ideal de un diodo.

Observar como la corriente por el zéner es muy pequeña hasta que no se alcanza la tensión de avalancha(al igual que sucede en un diodo normal), pero al alcanzar dicha tensión la corriente aumenta muy bruscamente.

Observar como la curva obtenida para el L.E.D., es similar a la de un diodo de silicio normal, pero con una tensión de conducción directa más elevada, a partir de la cual, el diodo emite luz.

SUGERENCIAS

Se podría preparar en un tablero distintos tipos de diodos, según la aplicación a que puedan ser destinados y según los diferentes tipos de encapsulados, para que el alumno los identifique.

La experiencia con el L.E.D. puede resultar la más atractiva, se podría repetir para diodos de otros colores, comprobando como la tensión de conducción es diferente.

Con diodos zéner se pueden hacer dos variantes: una repitiendo la experiencia con diodos de tensión zéner más elevada. Se puede observar que el codo zéner es mucho mas pronunciado.

Otra: obteniendo la característica directa, se puede comprobar que el zéner se comporta como un diodo de silicio normal.

RECTIFICADORES Y FILTROS

CONTENIDO

Rectificador de media onda (9.5.)

Filtro condensador-resistencia-condensador (9.7.)

DEFINICIONES

Rectificador: Es un circuito electrónico que convierte la corriente alterna en corriente continua pulsante.

Tensión de rizado: Se llama tensión de rizado, a la pequeña tensión alterna que se superpone a la continua, a la salida de una fuente de alimentación.

OBJETIVOS

Estudiar el *funcionamiento* del circuito *rectificador* más simple.

Estudiar como los *filtros a condensador* y a condensador-resistencia-condensador convierten la corriente continua pulsante en una continua casi ideal.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

El componente electrónico que se utiliza como rectificador, es el diodo, debido a que presenta una resistencia pequeña, cuando se le polariza en directo y una resistencia alta, cuando se le polariza en inverso.

En el esquema 1 de la experiencia (9.5.) se puede observar como el diodo está en serie con la resistencia de carga, por tanto, la tensión total aplicada, será igual, a la suma de las tensiones en el diodo y en la resistencia de carga

$$V_{\text{Total}} = V_{\text{Diodo}} + V_{\text{R.Carga}}$$

En el primer semiciclo (positivo) de la señal, el ánodo del diodo es positivo con respecto al cátodo (el diodo estará polarizado en directo), siendo su resistencia muy pequeña y por tanto la caída de

tensión en sus extremos será solo la de conducción, es decir, unos 0,6 V, por lo que prácticamente toda la tensión aplicada aparecerá en extremos de la resistencia de carga.

Durante el segundo semiciclo (negativo), el ánodo del diodo es negativo con respecto al cátodo (el diodo estará polarizado en inverso), siendo su resistencia muy alta, comparada con la resistencia de carga y por tanto la caída de tensión en sus extremos será prácticamente toda la tensión aplicada.

Para entender el funcionamiento del filtro a condensador, suponemos que el diodo es un interruptor, que se cierra en los semiciclos positivos y se abre en los negativos. Inicialmente el condensador está descargado y por tanto su tensión es cero, en el primer cuarto de ciclo, el diodo está polarizado en directo y por tanto será como un interruptor cerrado, en estas condiciones el condensador estaría conectado directamente a la entrada y por tanto se cargaría hasta la tensión de pico, V_p .

Nada más rebasar el pico positivo, el diodo deja de conducir, ya que el condensador está cargado hasta V_p y en el secundario hay algo menos, por lo que el diodo está polarizado en inverso y se comporta como un interruptor abierto. En estas condiciones el condensador comenzará a descargarse a través de la resistencia de carga, tanto más, cuanto mayor sea la corriente de salida y menor la capacidad del condensador. Se debe conseguir por tanto, que la constante de tiempo R_L-C sea superior al período de la señal.

Cuando la tensión de entrada que ha comenzado a subir se iguala a la del condensador que se estaba descargando, el diodo se polariza de nuevo en directa y por tanto volverá a cargarse el condensador a partir de la tensión que tuviera en ese instante. Al alcanzar la tensión de entrada el valor V_p se vuelve a repetir la situación y el diodo volvería a dejar de conducir.

De todo lo anterior se puede sacar la conclusión de que, si el condensador es más grande o la resistencia se aumenta, la constante de tiempo aumentará y por tanto al descargarse no lo hará tanto y la tensión de rizado será menor.

En un filtro en π con resistencia o filtro RC, lo que se consigue es que el segundo condensador unido a la resistencia potencie el efecto del primero. Esto se consigue haciendo que la X_C del segundo condensador sea al menos, diez veces menor que la resistencia serie del filtro, a la frecuencia del rizado, por lo tanto, el rizado cae en la resistencia serie en lugar de en el condensador, con ello se consigue reducir el rizado en al menos el 10 %.

La principal desventaja de los filtro en π o filtro RC es la caída de tensión que se produce en la resistencia serie, lo cual le hace inadecuado cuando se utilizan cargas relativamente pequeñas, o lo que es lo mismo, corrientes de salida relativamente altas.

Otra variante del filtro en π es el filtro LC, cuyo principio de funcionamiento es el mismo pero sin la desventaja de la caída de tensión. Por contra, el problema que presenta este filtro, es lo voluminoso de las bobinas, por lo que hoy en día está completamente en desuso.

En la actualidad los filtros pasivos han sido sustituidos por filtros activos, con reguladores integrados.

PRECAUCIONES

Al realizar esta experiencia aparte de las precauciones enumeradas en capítulos anteriores, hay que tener cuidado con la polaridad del diodo, pues si se coloca al revés, en lugar de dar una tensión positiva, a la salida tendríamos una tensión negativa.

Con la segunda experiencia hay que tener las mismas precauciones que con la primera, además del cuidado con la polaridad de los condensadores, ya que en este caso, una inversión podría destruirlos por calentamiento.

OBSERVACIONES

El rectificador con un solo diodo o rectificador de media onda se utiliza muy poco, debido a que una vez filtrado el nivel de rizado, sigue siendo muy alto. Su utilización ha quedado casi reducida a montajes muy simples, que consumen muy poca corriente y a la rectificación para el uso de motores de corriente continua, en los que no es necesario ningún tipo de filtro.

El rectificador de onda completa, es mucho más utilizado que el de media onda, debido fundamentalmente a que el rizado una vez filtrado es menor.

Existen dos tipos de rectificadores de doble onda, el que utiliza dos diodos y un transformador con toma intermedia y el rectificador en puente que utiliza cuatro diodos y un solo secundario sin toma intermedia.

El montaje rectificador más usado es el rectificador en puente, por ser el que más ventajas aporta: rectificación de doble onda transformador sin toma intermedia y tensión inversa en los diodos es solo la mitad de la aplicada. Como desventaja tiene el que se utilicen cuatro diodos en lugar de dos, pero al reducirse el coste de los semiconductores, éste no suele ser un factor determinante, ya que por ejemplo, el transformador con toma intermedia es mucho más caro.

Después de cualquier rectificador, debe ir un filtro al menos con un único condensador, salvo el caso en que no importe que la tensión sea pulsante como en el caso de los motores de c.c. la

Hace unos años los filtros eran pasivos, es decir, no contenían ningún elemento activo. Los filtros más utilizados eran los filtros en π y a fueran RC o LC.

Los reguladores integrados han sustituido en las fuentes de alimentación a los filtros pasivos, consiguiendo rizados muy pequeños con condensadores relativamente pequeños y cargas muy altas.

RESULTADOS

Al medir con el voltímetro en c.c., la lectura que realmente hace este instrumento es la tensión media que le llega. Si la V_{ef} aplicada es de 6.3 V. la V_{pico} será por tanto

$$V_{pico} = V_{ef} \cdot \sqrt{2} = 6.3 \cdot \sqrt{2} = 8.9 \text{ V}$$

y cuyo valor medio valdrá

CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL TRANSISTOR

$$V_{med} = \frac{V_{pico}}{\pi} = \frac{8,9}{\pi} = 2,83$$

Como en el diodo caen aproximadamente 0,6 V durante los semiciclos positivos, y su tensión media es, aplicando la fórmula anterior, de 0,19 V, por tanto la tensión media de salida será:

$$2,83 - 0,19 = 2,64V$$

que son aproximadamente los 2,6 V leídos por el voltímetro.

Puede haber errores grandes debido a que el transformador suele dar tensiones bastante superiores a los 6,3 V.

Al medir con el osciloscopio se puede observar fácilmente lo explicado anteriormente. Si medimos en la entrada, veremos una onda senoidal completa. En la carga, solo los semiciclos positivos, teniendo una tensión pico a pico igual a la de pico de entrada, restándole los 0,6 V que caen en el diodo.

Cuando se añade un filtro RC se puede observar que la tensión de rizado disminuye, aunque la de salida también disminuye, tanto más, cuanto mayor sea la corriente solicitada.

Al aumentar la capacidad de los condensadores, se aumenta la constante de tiempo de descarga ($R_L \cdot C$) y por ello no se descarga tanto, disminuyendo la tensión de rizado.

SUGERENCIAS

Al medir con el osciloscopio, es conveniente que el alumno mida también la tensión en extremos del diodo.

Al realizar las medidas, las puede ir dibujando una encima de otra, manteniendo el mismo origen de tiempos. Puede observar, que si suma punto a punto las tensiones en el diodo y en la resistencia de carga, obtendrá la tensión aplicada.

En la segunda experiencia se puede medir con el osciloscopio antes y después de la resistencia serie del filtro, dibujando las señales obtenidas y comparándolas.

CONTENIDO

Curvas características de entrada (emisor común) (10.3.)

Curvas características de salida (emisor común) (10.4.)

Curvas características de salida (base común) (10.5.)

Curvas características de salida (colector común) (10.6.)

DEFINICIONES

Transistor bipolar: Un transistor bipolar es un componente electrónico compuesto de tres cristales

N-P-No P-N-P, que forman por tanto dos uniones PN (diodos). Posee tres terminales y alimentado adecuadamente es capaz de amplificar señales.

OBJETIVOS

Obtener la familia de curvas $V_{be} = f(V_{ce}, I_b)$ o *curvas de entrada* en configuración de *emisor común*.

Obtener la familia de curvas $I_c = f(V_{ce}, I_b)$ *Ocurvas de salida* en configuración de *emisor común*.

Obtener la familia de curvas $I_c = f(V_{cb}, I_e)$ *Ocurvas de salida* en configuración de *base común*.

Obtenerla familia de curvas $I_e = f(V_{ce}, I_b)$ o *curvas de salida* en configuración de *colector común*.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

En un dispositivo de tres terminales como es el transistor, cuando se le aplica una señal y se le extrae, uno de los tres terminales debe ser común a los circuitos de entrada y de salida de la señal.

Según esto, hay tres posibilidades que dan nombre a los tres tipos de amplificadores: emisor común, base común y colector común.

Los fabricantes de transistores suelen proporcionar una serie de curvas, unas para el circuito con base común (RC.) y otras para el de emisor común (E.C.). Las corrientes y tensiones de un transistor están relacionadas. V_{CE} varía con I_C (característica de salida), I_C varía con I_B (característica de reacción), I_B varía con V_{BE} (característica de entrada) y V_{BE} varía con V_{CE} (característica de contra reacción).

De todas las curvas, la más importante es la curva de salida, que representa las variaciones de la corriente de colector I_C (en E.C.) en función de la tensión V_{CE} para diferentes valores de la corriente de base I_B . Esta característica permite el estudio de:

- La resistencia de salida.
- La ganancia en corriente.
- La recta de carga estática.

La característica de entrada representa las variaciones de la corriente de base, I_B en función de las variaciones de la tensión V_{BE} (en E.C.) para diferentes valores de V_{CE} . Estas curvas definen el comportamiento de la entrada del transistor y del circuito que lo excita.

La tabla siguiente muestra la comparación de las configuraciones básicas del transistor.

MAGNITUD	Base común	Emisor común	Colector común
Impedancia de entrada	Baja	Media	Alta
Impedancia de salida	Alta	Media	Baja
Ganancia en tensión	Alta	Alta	Menor que 1
Ganancia en corriente	Menor que 1	Alta	Alta
Ganancia en potencia	Media	Alta	Media

PRECAUCIONES

Al realizar las experiencias de las curvas características del transistor, la principal precaución que se debe tener es la de no sobrepasar nunca las especificaciones del mismo.

Es recomendable tener a mano las curvas dadas por el fabricante para evitar que se pueda sobrepasar, por ejemplo, la máxima potencia disipable.

Una de las características que da el fabricante y que se debe tener especial cuidado en no sobrepasar, es la tensión de ruptura inversa colector-base, que si es superada lleva a la destrucción del transistor.

Hay que tener especial cuidado con los aparatos de medida, ya que, normalmente no se dispone de los suficientes y es necesario cambiarlo continuamente de posición, con el riesgo que conlleva la posibilidad de cambiar la polaridad o de elegir una escala o tipo de medida no adecuada.

Al hacer las medida de corriente, es muy normal, que a partir de un cierto punto de la curva, ésta aumente rápidamente, con lo que se debe tener cuidado con la escala de medida. Esto sucede, por ejemplo, en las curvas de entrada en E.C.

OBSERVACIONES

Las curvas características de un transistor se obtienen de circuitos puramente teóricos, por lo que suelen aportar relativamente poco al conocimiento de las distintas aplicaciones de los transistores.

RESULTADOS

La curva característica de la corriente I_B en función de V_{BE} es la curva típica de un diodo, ya que pertenece a la unión base-emisor que no es más que un diodo polarizado en directo.

La curva obtenida de salida en emisor común es un resumen del funcionamiento del transistor. Si V_{CE} es cero, el diodo de colector no tiene polarización inversa, por lo tanto la corriente de colector es cero. Para V_{CE} entre cero y aproximadamente 1 V, la corriente de colector se eleva rápidamente y luego se mantiene relativamente constante. Esto tiene que ver con la idea de polarización inversa del diodo de colector. Se requieren alrededor de 0,7 V para polarizar inversamente el diodo de colector. Para valores de V_{CE} superiores a 0,7 V la corriente de colector varía bastante poco, manteniéndose casi constante. Si siguiésemos aumentando la VCE el diodo de colector entraría en una zona de ruptura por avalancha y se perdería el funcionamiento normal del transistor. Esta suele ser una de las limitaciones que aparecen en las hojas de características de los fabricantes, la tensión de ruptura colector-base.

La característica de salida en base común, es una familia de rectas paralelas. A cada corriente de emisor le corresponde una corriente de colector constante, aunque se varíe la tensión colector-base.

Téngase en cuenta, que en un transistor, la corriente de emisor es aproximadamente igual a la de colector, ya que la de base suele ser despreciable frente a éstas.

Las curvas de salida en colector común son sensiblemente iguales a las de emisor común, por la misma razón explicada en el párrafo anterior. La corriente de emisor es igual a la de colector más la de base, pero al ser ésta despreciable frente a las otras, la I_E en función de V_{CE} es prácticamente la misma que la I_C en función de V_{CE} para las mismas variaciones de I_B .

SUGERENCIAS

A partir de las características obtenidas, si el profesor lo considera conveniente, el alumno puede trazar, por ejemplo, la recta de carga estática sobre las curvas de salida, o bien a partir de la máxima potencia que puede disipar el transistor, dibujar la curva de máxima disipación.

AMPLIFICACIÓN CON TRANSISTORES

CONTENIDO

Ganancia en corriente de un transistor (10.10.)

Ganancia en tensión de un transistor (10.12.)

OBJETIVOS

Determinar la variación de la *ganancia en corriente* de un transistor en emisor común, al variar la corriente de colector.

Estudiar la *ganancia en tensión* de un transistor montado en configuración de emisor común.

Comprobar com. en un transistor en emisor común, la *tensión de salida* (V_{CE}) está *desfasada 180°* con respecto a la *tensión de entrada* (V_B).

CONOCIMIENTOS PREVIOS

En un transistor en configuración de emisor común, la corriente de colector está relacionada con la de base, mediante un parámetro conocido como relación directa de transferencia en continua o simplemente ganancia en corriente en continua. Se representa por h_{FE} o bien por β . La h_{FE} se define como

$$\beta = h_{FE} = \frac{I_C}{I_B}$$

Esta h_{FE} es uno de los parámetros que da un fabricante. Por desgracia puede ser muy variable, al cambiar de un transistor a otro siendo del mismo tipo. Esta variación puede llegar a ser del orden de 3:1 o incluso de 4: 1. También puede variar en un porcentaje similar al modificarse la temperatura de la unión.

Para evitar los efectos de estas variaciones, se procede a polarizar los transistores de manera que se puedan compensar, frente al cambio de transistor o a la temperatura, a base de reducir la ganancia por medio de realimentaciones negativas.

Para comprender como un transistor es capaz de amplificar en tensión, es necesario que exista una resistencia de colector, donde se hagan patentes las variaciones de corriente de colector, debidas a variaciones en la corriente de base

Al aumentar la tensión en la base del transistor, la corriente también aumenta, ya que es proporcional a la primera a través de la impedancia de entrada

$$I_B = V_{ent} / Z_{ent}$$

La corriente de colector es proporcional a la de base como se ha visto anteriormente a través de h_{FE} de la forma

$$h_{FE} = I_C / I_B$$

Como la caída de tensión en la resistencia de colector, es función de la corriente que circula por ella. Según la ley de Ohm

$$V_{RC} = I_C \cdot R_C$$

Por último, como la tensión entre colector y masa, es la diferencia entre la tensión aplicada (V_{CC}) y la caída en la resistencia de colector (R_C), despreciando la caída de tensión en la resistencia de emisor

$$V_C = V_{CC} - V_{RC} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$$

A la relación entre las variaciones de la tensión de entrada y las de la tensión de salida (en alterna) se le conoce como ganancia en tensión

$$G_V = - \frac{\Delta V_{sal}}{\Delta V_{ent}}$$

Como se puede observar, esta relación tiene un signo negativo delante, lo cual indica que existe una inversión de fase, entre la tensión de salida y la tensión de entrada, o lo que es lo mismo,

cuando una aumenta la otra disminuye, téngase en cuenta que hablamos de variaciones de tensión.

Esto se puede comprobar analizando las fórmulas expuestas anteriormente.

PRECAUCIONES

Cuando se manejan transistores hay que poner mucho cuidado en la polaridad de éstos. Al estar dotados de tres terminales, es relativamente frecuente cambiarlos y aunque en ocasiones puede no ocurrir nada, en otras se podría estropear.

Hay que tener especial cuidado con los aparatos de medida, ya que, normalmente no se dispone de los suficientes y es necesario cambiarlo continuamente de posición, con el riesgo que conlleva de posibilidad de cambiar la polaridad o de elegir una escala o tipo de medida no adecuada. Sobre todo hay que tener cuidado cuando un mismo polímetro, se utiliza para medir tensiones y corrientes, si al cambiar de medida no se cambia en el aparato, éste podría deteriorarse.

Hay que poner mucha atención para no sobrepasar nunca las especificaciones del transistor, en lo que se refiere a las máximas dadas por el fabricante. Al aumentar la corriente de colector es relativamente fácil superar, por ejemplo, la máxima potencia que el transistor puede disipar.

OBSERVACIONES

El circuito utilizado en la experiencia, no es un circuito práctico, pues como se ha dicho anteriormente, la β de un transistor puede variar mucho de un transistor a otro, por lo que se utilizan circuitos en los que esta variación no influya demasiado. Estos circuitos tienen en común realimentaciones negativas, que hacen aumentar la estabilidad y la ínter cambiabilidad de los componentes a costa de disminuir la ganancia.

Estas polarizaciones, reciben distintos nombres según la forma en que alimenten el transistor, teniendo la ventaja de que la mayoría solamente utilizan una única fuente de alimentación. Pueden ser:

- Polarización por divisor de tensión.
- Polarización de emisor con dos fuentes de alimentación.
- Polarización con realimentación de emisor.
- Polarización con realimentación de colector.
- Polarización con realimentación de colector y de emisor.

Todas estas polarizaciones buscan lo mismo: que no se desplace el punto de trabajo del transistor, a no ser que se le aplique una tensión en la entrada que le fuerce a ello.

RESULTADOS

Como se puede observar, la ganancia en corriente o h_{FE} no es constante, sino que cambia al variar la corriente de colector, aumentando según aumenta aquella. Si siguiésemos aumentando la corriente de base veríamos que a partir de una determinada corriente de colector, la ganancia en

corriente comienza a disminuir. Estas variaciones las suelen dar los fabricantes, junto con la variación de la h_{FE} con la temperatura, en una familia de curvas.

En la segunda experiencia se puede comprobar lo explicado anteriormente, es decir, al aumentar la tensión de entrada, aumenta la corriente de base (I_B) y por tanto la de colector (I_C). Al aumentar la le aumenta también la caída de tensión en la resistencia de colector (V_{RC}) y por tanto la tensión de colector (V_C), que es la diferencia entre la de alimentación y la caída en R_C , disminuirá.

Análogamente si disminuye la tensión de entrada, disminuye también la I_B y por tanto la I_C . Al disminuir la I_C disminuye también la V_{RC} y por tanto, la tensión de colector aumentará.

El desfase obtenido entre la tensión de entrada y la tensión de salida se podría observar haciendo uso de un generador de señal y un osciloscopio de doble canal.

Debido a la gran variación que puede haber entre un transistor y otro para el tipo utilizado, los resultados podrán variar mucho de unos alumnos a otros. Lo más importante no son los valores obtenidos uno por uno, sino la variación que se obtiene al aumentar o disminuir.

SUGERENCIAS

Si el profesor lo cree conveniente, los alumnos más aventajados pueden montar circuitos autopolarizados y observar que tanto la ganancia en tensión, como la ganancia en corriente, son mucho menores, pero apenas varía al sustituir un transistor por otro.

PUERTAS LÓGICAS

CONTENIDO

- Puerta "O" (lógica positiva) (13.1.)
- Puerta "Y" (lógica positiva) (13.2.)
- Puerta "NO" (lógica positiva) (13.3.)
- Puerta "NO-O" (NOR) (lógica positiva) (13.4.)
- Puerta "NO-Y" (NAND) (lógica positiva) (13.5.)
- Circuito lógico integrado (14.1.)

DEFINICIÓN

Una puerta lógica es un circuito ya sea eléctrico, electrónico, neumático o hidráulico que realiza una operación lógica simple. Estas operaciones son: ANO, OR, NOT, NANO y YNOR.

OBJETIVOS

- Comprobar el funcionamiento y la *tabla de verdad de una puerta "O" (OR)*.
- Comprobar el funcionamiento y la *tabla de verdad de una puerta "Y" (AND)*.
- Comprobar el funcionamiento y la *tabla de verdad de una puerta "NO" (NOT)*.
- Comprobar el funcionamiento y la *tabla de verdad de una puerta "NO-O" (NOR)*.
- Comprobar el funcionamiento y la *tabla de verdad de una puerta "NO-Y" (NAND)*.
- Comprobar las *leyes de Morgan* utilizando para ello un C.I. de puertas NANO y realizando con ellas, el resto de funciones lógicas.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

Una puerta OR es un circuito electrónico que realiza la función lógica OR, que según el álgebra de Boole se define como

$$S=A+B+\dots+N$$

siendo A, B,...N entradas al circuito y S la única salida. Se lee A o B o... o N. La salida toma valor lógico "1" (ALTO) cuando al menos una de las entradas tenga un nivel "1" (ALTO). Solo tomará valor "0" (BAJO), cuando todas las entradas estén a "0" (BAJO).

La tabla de verdad correspondiente a la función lógica OR es la siguiente:

ENTRADAS		SALIDA
A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

La función lógica AND se define como

$$S = A.B \dots N$$

siendo A, B,...N entradas al circuito y S la salida. S valor lógico "0" en cuando una de las entradas tenga todas las entradas estén a "1".

La tabla de verdad correspondiente a la función lógica AND es la siguiente:

ENTRADAS		SALIDA
A	B	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

La función lógica NOT se define como

$$S = \bar{A}$$

siendo A la única entrada al circuito y S la salida. Se siempre es la inversa del de la entrada, es decir, si I y si la entrada vale "0" la salida toma el valor "1".

La tabla de verdad correspondiente a la función lógica NOT es la siguiente:

ENTRADA	SALIDA
A	S
0	1
1	0

La función lógica NOR se define como

$$S = \overline{A+B+\dots+N}$$

Siento A, B, ...N entradas al circuito y S la salida. Se lee como A o B o... o N todo negado. La salida toma valor lógico "0" en cuando una de las entradas tenga nivel "1". Solo tomará valor "1", cuando todas las entradas estén a "0".

La tabla de verdad correspondiente a la función lógica NOR es la siguiente:

ENTRADAS		SALIDA
A	B	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

La función lógica NAND se define como

$$S = \overline{A \cdot B \cdot \dots \cdot N}$$

siendo A, B,...N entradas al circuito y S la salida. Se lee como A o B y...y N todo negado. La salida toma valor lógico "1" en cuando una de las entradas tenga un nivel "0". Solo tomará valor

"0", cuando todas las entradas estén a "1".

La tabla de verdad correspondiente a la función lógica OR es la siguiente:

ENTRADAS		SALIDA
A	B	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Las leyes de Morgan son teoremas que cumple el algebra de Boole. Son de gran utilidad para la simplificación de circuitos lógicos ya que permite sustituir unas puertas por otras. Los dos teoremas son:

$$\overline{A+B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$$

$$\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$$

Aunque estos dos teoremas se han enunciado para variables simples, se pueden aplicar igualmente a expresiones complejas

PRECAUCIONES

Para realizar estas experiencias se requiere cierta atención para no equivocarse al montar los circuitos. Algunos de estos circuitos tienen ya una cierta complejidad y por tanto, son más susceptibles de que se cometan errores en los montajes. Hay que prestar mucha atención en las polaridades de los diodos o el patillaje de los transistores.

En la experiencia con el CI. hay que prestar especial atención a su patillaje. La patilla numero 1 se corresponde con un punto sobre el cuerpo del integrado, numerándose las patillas en el sentido contrario a las agujas del reloj. Hay que tener mucho cuidado de alimentar el circuito entre las patillas 7 y 14 antes de aplicar alguna señal a la entrada.

OBSERVACIONES

La evolución de la tecnología de fabricación electrónica ha sido tan grande y sobre todo en lo que se refiere a circuitos lógicos, que hoy en día, cuando se necesita realizar una función lógica, se utiliza un C.I., ya que el precio, la simplicidad, el volumen que ocupa, la potencia que consume, etc son todo ventajas.

En el mercado existen infinidad de C.I. que no solo realizan funciones simples, sino que muchos de ellos las realizan muy complejas, llegando a contener varios cientos de miles de esas funciones simples.

Los circuitos lógicos integrados, se agrupan en familias y subfamilias. Estas tienen en común, el manejar las mismas tensiones y corrientes dentro de una misma familia y tener similar velocidad o consumo, dentro de una subfamilia de una familia.

Las familias de circuitos lógicos mas extendidas son: TTL que utiliza transistores bipolares como elementos principales y CMOS que utiliza transistores unipolares MOSFET.

Otras familias de circuitos lógicos que se montaban con componentes discretos como la RTL o DTL han quedado en desuso.

RESULTADOS

Las experiencias de circuitos lógicos son las más fáciles de corregir o de comprobar si los resultados son los correctos, ya que no existe posibilidad de variación en las medidas. Al tratarse de niveles "1" o "0" que se corresponden con tensión o no tensión, no tiene la menor importancia que a un alumno le salgan 2,5 V Ya otro 4 V, ya que las dos medidas se corresponden con un "1" lógico, por tanto no tiene ninguna relevancia para el resultado, las tolerancias de los componentes. Los resultados a obtener solo tienen también dos resultados posibles, o están bien, o están mal, no existe término medio. Si el resultado coincide con la tabla de verdad, la experiencia está bien, en cualquier otro caso estará mal.

SUGERENCIAS

Si se dispone en el laboratorio de .circuitos lógicos integrados de otro tipo, se podrían realizar montajes de funciones lógicas más complejas, pidiendo al alumno que trate de montarlas con un solo tipo de puertas, por ejemplo, puertas NOR y por tanto tenga que aplicar las leyes de Morgan.

LÁMPARAS DE INCANDESCENCIA

CONTENIDO

Lámpara de incandescencia y de neón (15. 1.)

OBJETIVOS

Comparar el funcionamiento de las *lámparas de incandescencia* y las lámparas de *neón*.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

La lámpara de incandescencia basa su funcionamiento en el efecto Joule, de producción de calor por el paso de una corriente eléctrica. El filamento de una lámpara de incandescencia suele ser de wolframio; material de gran resistencia eléctrica y muy resistente a las altas temperaturas, que al calentarse hasta cerca de los 2000 °C se pone incandescente y produce luz.

Como toda resistencia eléctrica, ésta varía al variar la temperatura según la siguiente expresión:

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \Delta t)$$

donde R_0 es la resistencia que presenta el filamento a 25°C, α es el coeficiente de temperatura Δt es la diferencia entre la temperatura estudiada y 25°C y R la resistencia que presenta a la temperatura estudiada.

El funcionamiento de la lámpara de neón y en general de todas las lámpara de gas se basa en la ionización del gas. Al aplicar una diferencia de potencial, se produce la ionización, y proporciona luz.

PRECAUCIONES

Al manejar lámparas ya sean incandescentes o de neón, prácticamente el único cuidado que se debe tener es el de no golpearlas, pues al tratarse de una ampolla de cristal, podrían romperse.

Al realizar la experiencia, se debe tener la precaución de no sobrepasar los límites de tensión o corriente de cada una de las lámparas.

VÁLVULAS DE VACIO

OBSERVACIONES

Las lámparas de incandescencia han sufrido relativamente pocas variaciones desde su descubrimiento por Edison, la mayor innovación quizá sea el desarrollo de las lámparas halógenas que deben su ventaja en poder elevar la temperatura del filamento y por tanto la producción de luz, sin que el filamento se sublime, debido a la recomposición de volframio por la presencia de gas.

Las lámparas de descarga de gas, deben su utilización principalmente, al hecho de que su rendimiento es mucho mayor que el de las lámparas de incandescencia. Entre ellas cabe citar como más importantes: las de vapor de mercurio, vapor de sodio, las de yoduros metálicos y los tubos fluorescentes.

Las lámparas de neón han sido utilizadas durante muchos años como señalización, debido a su pequeño tamaño, bajo consumo y larga duración, pero hoy en día han sido sustituidas casi en su totalidad por diodos electro luminiscentes (L.E.D.), ya que superan en sus características a la lámpara de neón y además pueden tener diferentes colores y diferentes formatos.

RESULTADOS

Los resultados confirman lo esperado, la lámpara de incandescencia es un dispositivo no lineal, como se vio anteriormente, ya que la resistencia no es constante, sino que depende de la temperatura del filamento.

La lámpara de neón no conduce y por tanto no produce luz hasta alcanzar la tensión de ionización, alrededor de los 70 V, a partir de ese momento, se comporta como un dispositivo lineal. La mayor o menor corriente solo depende de la tensión aplicada y no de la temperatura, ya que se trata de una lámpara fría.

CONTENIDO

Diodo. Características en vacío y en carga (15.2.)

Triodo. Características de rejilla (15.3.)

Triodo. Característica de placa (15.4.)

Triodo. Resistencia de carga. Polarización (15.5.)

El triodo como amplificador de tensión (15.6.)

OBJETIVOS

Obtener la *curva característica* de la corriente de placa, en función de la tensión de placa en un diodo de vacío.

Obtener la *curva característica* de la corriente de placa, en función de la tensión de la rejilla, para diferentes tensiones de placa en un triodo de vacío.

Obtener la *curva característica* de la corriente de placa, en función de la tensión de placa, para diferentes tensiones de rejilla en un triodo de vacío.

Comprobar como se puede elegir un *punto de funcionamiento* estático, para un triodo de vacío, a partir de las curvas características de salida.

Comprobar como un triodo de vacío puede *amplificar señales* alternas.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

Un tubo electrónico o tubo de vacío es un dispositivo que permite controlar el desplazamiento de los electrones por su interior, aplicando tensiones a unos electrodos situados en la misma envuelta metálica o ampolla de cristal. En SII interior se ha hecho vacío, de ahí su nombre, en el mayor grado posible. Según el número de electrodos se clasifican en diodos, triodos, tetrodos, pentodos, etc.

Todos los tubos electrónicos o válvulas se basan en la emisión termoelectrónica, que es la liberación de electrones de un metal por la aplicación de calor. En la mayor parte de los casos, el calor se produce por efecto de la corriente eléctrica. Según el procedimiento de aplicar la corriente, el caldeo puede ser directo o indirecto.

En caldeo directo, la corriente circula por el mismo emisor, el cual recibe el nombre de filamento o cátodo de caldeo directo.

En caldeo indirecto, la corriente circula por un filamento de caldeo que está rodeado, muy próximo, pero sin llegar al contacto, por un emisor tubular llamado cátodo de caldeo indirecto.

Un diodo es un tubo electrónico formado por dos electrodos: un cátodo, emisor de electrones, y una placa o ánodo, colector de electrones.

Cuando la placa es negativa con respecto al cátodo, los electrones son repelidos por el potencial negativo de la placa y permanecen muy cerca del cátodo formando una nube electrónica debida al efecto termo electrónico. En estas condiciones no hay circulación de corriente en el interior del tubo.

Cuando la placa se polariza positivamente con respecto al cátodo, los electrones, que se encuentran cerca del cátodo, son atraídos por el potencial positivo de la placa. Esto da lugar a la circulación de una corriente electrónica de cátodo a placa por el interior del tubo. La corriente que circula será proporcional a la d.d.p. aplicada, aunque al alcanzar un determinado valor, ya no podrá aumentar debido a que no hay más electrones disponibles en el cátodo.

El triodo es un tubo electrónico que consta de tres elementos: un cátodo y una placa, que realizan las mismas funciones que en el diodo, más un tercer electrodo llamado rejilla de control. La placa rodea a la rejilla, que consiste en un cierto número de espiras de hilo muy fino, y ésta al cátodo.

La rejilla en un triodo, regula la corriente de placa, controlando el número de electrones que circula por el interior del tubo. En el triodo, la tensión en la placa es constante, a diferencia del diodo, las variaciones de corriente por el tubo, se producen aplicando una tensión variable a la rejilla. De esta manera, la corriente de placa depende de la tensión aplicada a la rejilla, la cual, puede hacer que la corriente aumente, disminuya o incluso se corte.

PRECAUCIONES

En las experiencias con tubos electrónicos, hay que tener mucha precaución al tocar algún punto del circuito sometido a tensión. Téngase en cuenta, que se manejan tensiones de 100V y por tanto las descargas podrían ser incluso peligrosas.

Otro cuidado muy especial que se debe tener al realizar esta experiencia es el de respetar la polaridad del condensador, ya que si esto no se hace, lo más probable es que el condensador explote, con el consiguiente riesgo.

Hay que respetar la tensión máxima de trabajo del condensador, ya que si ésta se supera corremos el riesgo de perforar el condensador y por tanto destruirlo.

Se debe tener especial cuidado con los aparatos de medida, ya que, normalmente no se dispone de los suficientes y es necesario cambiarlos continuamente de posición, con el riesgo que conlleva de posibilidad de cambiar la polaridad o de elegir una escala o tipo de medida no adecuada. Sobre todo hay que tener cuidado cuando un mismo polímetro se utiliza para medir tensiones y corrientes, si al cambiar de medida no se cambia en el aparato, éste podría deteriorarse.

Al manejar tubos electrónicos hay que tener sumo cuidado con no golpearlos, pues están contruidos con una ampolla de cristal muy fino y un pequeño golpe podría romperlos.

OBSERVACIONES

Los tubos electrónicos ya se encuentran totalmente en desuso, habiendo sido sustituidos por los semiconductores, debido a las ventajas que estos ofrecen. Algunas se exponen a continuación:

- No requieren hacer vacío.
- Tienen una mayor rigidez mecánica (si se caen no se rompen).
- Necesitan tensiones de polarización muchos menores.
- Disipan mucha menos potencia (no tienen filamento de caldeo).
- Los circuitos de utilización son sencillos (transformador más simple y no llevan circuito de filamentos).
- Tienen mayor duración.

Los tubos electrónicos tienen también algunas ventajas sobre los semiconductores y por ello se utilizan todavía en algunas aplicaciones. Los inconvenientes de los semiconductores son entre otros:

- Dificultad en el manejo de grandes potencias.
- Se dañan por sobrecargas de tensión o de corriente.
- Son muy sensibles a los cambios de temperatura y a las radiaciones.

Existen aplicaciones donde los tubos se siguen utilizando, por ejemplo, los tubos de rayos catódicos, utilizados en televisión, ordenadores, osciloscopios, etc. Otra aplicación donde los semiconductores no han podido desbancar a los tubos, son las etapas finales de equipos de alta potencia, como emisoras, radares, etc.

RESULTADOS

Es conveniente tener a mano las curvas características de los tubos a utilizar y contrastar con ellas los resultados obtenidos.

En un diodo se puede observar que la corriente que circula por su interior es proporcional a la tensión aplicada, aunque esta proporcionalidad no es constante, siendo por tanto un dispositivo no lineal.

Al observar las características del triodo, se puede ver que la rejilla, controla la corriente que circula por su interior, ya sea manteniendo constante la tensión de placa y variando la de rejilla (característica de rejilla), como manteniendo constante la tensión de rejilla y variando la de placa (característica de placa).

Cuando se polariza un triodo para que funcione en un determinado punto de trabajo, se puede observar que las variaciones de la tensión de rejilla se traducen en variaciones de la corriente de placa y por tanto, si existe una resistencia de carga en la placa, ésta recibirá los cambios de corriente y por tanto hará variar la tensión de placa, pudiendo utilizar estas variaciones para amplificar señales.

Un pequeño aumento en tensión de rejilla conlleva un aumento grande en la corriente de placa, que se traduce en un aumento grande de la caída de tensión en la resistencia de carga y por tanto una disminución también grande en la tensión de placa. Por ello un triodo se puede utilizar como amplificador de tensión, teniendo en cuenta que la tensión de placa y la de rejilla están desfasadas 180° .

info@studyroomlabs.com
www.studyroomlabs.com

