2.4.13 ¿ Cuál es el tiempo de desactivaron de los tiristores ?
Es el mínimo valor del intervalo de tiempo entre ese instante en que la corriente del estado encendido ha decrecido a cero y en ese instante en que el tiristor es capaz de resistir un voltaje directo sin encenderse.

2.4.14 ¿ Cuales son los tipos de tiristores ?
Tiristores de control de fase de conmutación rápida, triac, rct, fet-ch. mct, y los de desactivación por compuerta

2.4.15 ¿ Qué es un SCR?
Por lo general opera a la a frecuencia de línea y desactiva por la conmutación natural. Es básicamente un dispositivo fabricado de silicio

2.4.16 ¿ Cuál es la diferencia entre SCR y un TRIAC ?
Utilizan aplicaciones de conmutación de alta velocidad con conmutación Reforzada. El TRIAC puede conducir en ambas direcciones y normalmente el control es por fase

2.4.17 ¿ Cuál es la característica de desactivación de los tiristores ?
La desactivación es el control de la compuerta que es la que resulta más dv/dt alto.

2.4.18 ¿ Cuáles son las ventajas y desventajas de los GTO?
La eliminación de las compuertas auxiliares en la conmutación forzada que dá como resultado una reducción de costo peso y volumen, la reducción del ruido acústico, la desactivación más rápida y más eficiente

2.4.19 ¿ Cuáles son las ventajas y desventajas de los SITH ?
Tiene velocidades de conmutación muy rápidas y capacidades altas de dv/dt y di/dt es extremadamente sensible a su proceso de fabricación voltaje 25000 V.

2.4.20 ¿ Cuáles son las ventajas y desventajas de los RCT ?
Ventajas: Se conoce como tiristor con diodo en paralelo inverso integrado y tiene características de dispositivo y requerimientos del circuito.

Desventajas: Se limita a diseños de circuitos muy específicos, ya que su bloque inverso es de 30 a 40 V.

2.4.21 ¿ Cuáles son las ventajas y desventajas de los LASCR ?
Se aplican en alto voltaje y corriente ofrece total aislamiento eléctrico entre la fuente de disparo luminoso

2.4.22 ¿ Cuáles son los dos tipos generales de conmutación?
Conmutación natural
Conmutación Forzada

2.4.23 ¿ Cuáles son los tipos de conmutación de forzada?

1. Auto-conmutación
2. Conmutación por impulso
3. Conmutación por pulso resonante
4. Conmutación complementaria
5. Conmutación por pulso externo
6. Conmutación del lado de la carga
7. Conmutación del lado de la línea

2.4.24 ¿ Cuál es la diferencia entre conmutación automática y natural?

Que la corriente del tiristor pasa a través de un cero natural, y a través del tiristor aparece un voltaje inverso.

2.4.25 ¿ Cuál es el principio de auto conmutación?

En este tipo de conmutación el tiristor es desactivado debido a las características naturales del circuito, se dice que el tiristor esta auto-conmutado.

2.4.26 ¿ Cuál es el principio de la conmutación por impulso?

Se supone que el capacitor está cargado inicialmente a un voltaje de -Vo. Supongamos que el tiristor T1 está inicialmente conduciendo y tiene una corriente de carga m. Cuando se dispara el tiristor auxiliar T2, el tiristor T1 queda con polarización inversa, debido al voltaje del capacitor, y T1 se desactiva. La corriente a través del tiristor T1 dejará de fluir y el capacitor conducirá la corriente de carga.

2.4.27 ¿ Cuál es el principio de la conmutación por pulso resonante?

El capacitor se carga inicialmente con la polaridad positiva estando el tiristor T1 en modo de conducción, con una corriente de carga m.

2.4.28 ¿ Cuál es el principio de la conmutación complementada?

Se utiliza para transferir corriente entre dos cargas; el disparo del tiristor conmuta a otro. Dado que cada varistor se desconecta debido a la conmutación por impulso, éste tipo de conmutación se le conoce como conmutación complementaria por impulso.

2.4.29 ¿ Cuál es el principio de la conmutación por pulso externo?

Para desactivar un tiristor que está conduciendo, se utiliza un pulso de corriente que se obtiene de un voltaje externo.

2.4.30 ¿ Cuáles son las diferencias entre la conmutación del lado de línea y de las de carga?

En la conmutación del lado de carga, la carga forma un circuito en serie con el capacitar, los circuitos de conmutación no pueden probarse sin conectar la carga. En la conmutación del lado de la carga, la descarga y recarga del capacitar no se

llevan a cabo a través de la carga, por lo que el circuito de conmutación se puede probar sin conectada.

2.4.31 ¿ Cuáles son las diferencias entre la conmutación por voltaje y por corriente?
En el proceso de desactivación de un tiristor, causa la transferencia del flujo de corriente a otras partes del circuito, cuando el tiristor está en modo de conducción, su caída de voltaje es pequeña

2.4.32 ¿ Cuáles son los objetivos del circuito de conmutación?
Es desactivar al tiristor, la corriente en sentido directo del tiristor se obliga a pasar por cero utilizando un circuito adicional.

2.4.33 ¿ Por qué debe ser mayor el tiempo de polarización inversa disponible que el tiempo de desactivación de un varistor?
El tiempo de descarga dependerá de la corriente de la carga, suponiendo una corriente de carga constante m.

2.4.34 ¿ Cuál es el objetivo de conectar un diodo en paralelo inverso a través del tiristor principal, con o sin un inductor en serie?
La utilización de un diodo hace que el tiempo de desactivado dependa menos carga.

2.4.35 ¿ Cuál es la relación entra la corriente de pico resonante y la carga para una conmutación por pulso resonante que minimice las pérdidas de conmutación?
Debido a la corriente de resonancia, la corriente en sentido directo del tiristor T1 se reduce a cero en t = ti cuando la corriente de resonancia se iguala con la corriente de carga m.

2.4.36 ¿ Cuáles son las expresiones para el valor óptimo de un capacitor y de un inductor de conmutación en una conmutación por pulso resonante?
$Vc(t = t_1) = - V_1 = -Vo \cos \omega m t_1$.

2.4.37 ¿ Por qué se sobrecarga el capacitor de conmutación en una conmutación por pulso resonante?
Ya que sus características de comportamiento son inversas. Porque cuando en el inductor la corriente es máxima, en el capacitor el voltaje es máximo y puesto que hay corriente máxima ésta tiende a acumularse como voltaje en el capacitor.

2.4.38 ¿ Cómo se invierte el voltaje del capacitor de conmutación en un circuito de conmutación?
Después del tiempo $t = t_{off}$ $t_{off} = n/LC$, la corriente se convierte en cero y el voltaje del capacitar se invierte a Vo.

2.4.39 ¿ Cuál es el tipo de capacitor que normalmente se utiliza en altas frecuencias de conmutación?

En la selección del capacitor de conmutación, deberá de satisfacer las especificaciones de corriente de pico, RMS y promedio, así como el voltaje de pico a pico.

2.4.40 ¿ Qué es un disipador de calor?

Es un elemento de Aluminio extruido con aletas de enfriamiento para aumentar la capacidad de transferencia de calor.

2.4.41 ¿ Cuál es el análogo eléctrico de la transferencia de energía correspondiente a un dispositivo semiconductor de potencia?

Inicialmente el Vc = -Vs y debido a la corriente de resonancia, ésta se hace cero en el sentido directo del tiristor y entonces el capacitor se vuelve a cargar hasta el voltaje de alimentación.

2.4.42 ¿ Cuáles son las precauciones a tomar para el montaje de un dispositivo en un disipador de calor?

1. El área de contacto entre el dispositivo y el disipador debe ser planas, lisas y libres de suciedad, corrosión y óxido superficiales.
2. Seguir el procedimiento de instalación generalmente los proporciona el fabricante.
3. En los dispositivos montados con pernos, no proporcionar pares de torsión de montajes excesivos, podría dañarse el dispositivo. El perno y la rosca no deben lubricarse ya que la lubricación aumenta la tensión sobre el perno.

2.4.43 ¿ Qué es una tubería de calor?

Son tuberías parcialmente llenas con un líquido de vapor de baja presión de vapor producido por el dispositivo vaporiza el líquido y el vapor fluye al otro extremo, donde se condensa, regresando el líquido a la fuente de calor.

2.4.44 ¿ Cuáles son las ventajas y desventajas de las tuberías de calor?

Ventajas: Disipa fácilmente el calor.

Desventajas: La tubería de calor puede provocar daños en los elementos al tener agua dentro de estas.

2.4.45 ¿ Cuáles las ventajas y desventajas del enfriamiento por agua?

Ventajas: Que el agua disipa fácilmente el calor tres veces mas eficaz que el aceite.

Desventajas: La tubería de calor puede provocar daños en los elementos al tener fugas en estas y requieren anticongelantes en época de frío.

2.4.46 ¿ Cuáles son las ventajas y desventajas de la refrigeración por aceite?

Ventajas: Proporciona un buen aislamiento y elimina problemas de corrosión y de congelamiento.

Desventajas: Es inflamable.

2.4.47 ¿ Porqué es necesario determinar la temperatura instantánea de unión de un dispositivo?

Si en los sistemas reales falla el medio de enfriamiento la elevación de la temperatura de los disipadores de calor sube, y deben servir para interrumpir los convertidores de potencia.

2.4.48 ¿ Qué es un circuito de apoyo polarizado?

Es un circuito RC aplicado a un tiristor o transistor y está conectado con un diodo en paralelo inverso y en serie con el RC, para limitar el transitorio de voltaje.

2.4.49 ¿ Qué es un circuito de apoyo no polarizado?

Es el que limita el transitorio de voltaje dv/dt pero no lleva diodos, es solo el circuito RC con dos transistores.

2.4.50 ¿ Cuál es la causa del voltaje transitorio de recuperación inversa?

La energía que queda atrapada en las inductancias del circuito.

2.4.51 ¿ Cuál es el valor típico del factor de amortiguamiento para un circuito de apoyo RC?

$\delta = \alpha/\omega_0 = 0.5$

2.4.52 ¿ Cuales son las consideraciones que deben tomarse en cuenta en el diseño de los componentes óptimos de un circuito de apoyo RC?

El circuito de apoyo puede o no estar polarizado. Un circuito de apoyo polarizado directo es adecuado cuando un tiristor o transistor esta conectado con un diodo paralelo inverso.

2.4.53 ¿ Cuál es la causa de los voltajes transitorios del lado de la carga?

A fin de limitar el voltaje transitorio se puede conectar un capacitor a través del primario o del secundario del transformador, en la practica se conecta una resistencia en serie con el capacitor.

2.4.54 ¿ Cuál es la causa de los voltajes transitorios del lado de la alimentación?

Por lo general se conecta un transformador en el lado de la entrada de los convertidores bajo condiciones de régimen permanente, se almacena una cantidad de energía en la inductancia de magnetización, Lm, del transformador y al conmutar la alimentación se produce un voltaje transitorio a la entrada.

2.4.55 ¿ Cuales son las características de los diodos de selenio?
Este tipo de diodos tiene un voltaje directo bajo, pero un voltaje de ruptura bien definido.

2.4.56 ¿ Cuales son las ventajas y desventajas de los varistores en la supresión de voltaje?
Ventajas: Limitan el voltaje transistores a magnitud bien definida

Desventajas: No limitan a los transistores en el mismo grado que en un circuito RC debido a que el varistor es mas lento y por su confiabilidad esta por debajo de circuito RC.

2.4.57 ¿ Cuál es el tiempo de fusión de un fusible?
Es el tiempo que la corriente que pasa por el fusible en un circuito determinado llega al valor pico permitido es decir es el tiempo que tarda en elevarse la corriente de falla hasta que el fusible se funde.

2.4.58 ¿ Cual es la corriente de falla posible?
Es cuando la corriente de falla llaga a su primer pico, esta corriente que podría haberse elevado sino existiera fusible, se denomina corriente de falla posible.

2.4.59 ¿ Cuales son las consideraciones a tomar en cuenta en la selección de un fusible para un dispositivo semiconductor?

1. El fusible debe conducir en forma continua la corriente de especificación del dispositivo.

2. El valor permitido del fusible antes que se libere la falla debe ser menor que el dispositivo protegido.

3. El fusible debe ser capaz de soportar el voltaje después de la especificación de voltaje de pico del dispositivo.

4. El voltaje de arco en su valor pico debe ser menor que la especificación de voltaje de pico del dispositivo.

2.4.60 ¿ Qué es un crowbar?
Es un circuito que sirve para proteger circuitos o equipos bajo condiciones de falla en las que la cantidad de energía involucrada resulta demasiado alta y no se puede utilizar los circuitos normales de protección. ejemplo: un transistor BJT que forma parte de un circuito donde ocurre un corto y este hace que la corriente aumente trayendo como consecuencia que el transistor se sale de saturación y la corriente de base no se modifica y ocasiona que se dañe el transistor aun cuando la corriente de falla no sea suficiente par fundir el fusible.

2.4.61 ¿ Cuales son los problemas para la protección de transistores bipolares mediante fusibles?
Puede ocurrir un corto circuito produciendo un aumento de corriente y de voltaje por lo tanto existe mas potencia disipada en el transistor y daña a este sin fundir el fusible.

2.4.62 ¿ Cuales son los problemas de instalación de fusibles en circuitos de C.D.?
Como la corriente de corto circuito depende del tiempo del corto esta puede ser muy baja para no fundir el fusible de lo contrario si la corriente aumenta muy lentamente tampoco se funde el fusible.

2.5.1 ¿ Qué es una conmutación natural o de línea?
Si el voltaje de alimentación es de CA la corriente de tiristor pasa a través de un cero natural, y a través del tiristor aparece un voltaje inverso.

2.5.2 ¿ Qué es un rectificador controlado?
Estos convierten CA en CD y se conocen como convertidores CA-CD y se utilizan en forma extensa en aplicaciones industriales en propulsores de velocidad variable, con potencias mínimas hasta megawatts.

2.5.3 ¿ Qué es un convertidor?
Un dispositivo que convierte la potencia de una forma a otra, se puede considerar como matriz de conmutación

2.5.4 ¿ Qué es el control de ángulo de retraso de los convertidores?
Es cuando el voltaje de entrada empieza a hacerse positivo hasta que se dispara el tiristor a este ángulo es conocido como alfa, ángulo de retraso o de activación.

2.5.5 ¿ Qué es un semiconvertidor?
Es un convertidor de un cuadrante, y tiene una misma polaridad de voltaje y de corriente de salida

2.5.6 ¿ Qué es un convertidor completo?
Es un convertidor de dos cuadrantes, la polaridad de su voltaje de salida puede ser positiva o negativa, la corriente de salida solo tiene una polaridad

2.5.7 ¿ Qué es un convertidor dual?
Este puede operar un cuatro cuadrantes, y tanto su voltaje como su corriente de salida pueden ser positivos como negativos

2.5.8 ¿ Cuál es el principio de control de fase?
Durante el medio ciclo positivo de voltaje de entrada, el ánodo de tiristor es positivo con respecto al cátodo por lo que se dice que el tiristor tiene polarización inversa.

2.5.9 ¿ Cuáles son los efectos de eliminar el diodo de marcha libre en los semiconvertidores monofásicos?
Deja de conducir y no proporciona continuidad de corriente de la carga inductiva.

2.5.10 ¿ Porqué es mejor el factor de potencia de los semiconvertidores que el de los convertidores completos?
Porque el semiconvertidor tiene la misma polaridad de voltaje y corriente de salida.

2.5.11 ¿ Cuál es la causa de la corriente circulante en los convertidores duales?
Los voltajes instantáneos de salida de los dos convertidores están fuera de fase, existe una diferencia instantánea de voltaje.

2.5.12 ¿ Por qué se requiere de un inductor de corriente circulante en los convertidores duales?
Porque la corriente no fluirá a través de la carga y por lo general estará limitada

2.5.13 ¿ Cuáles son las ventajas y las desventajas de los convertidores en serie?
Ventajas: Se puede conectar en serie para compartir el voltaje y mejorar el factor de potencia.

Desventajas: No deben perder sincronía y operar al mismo tiempo.

2.5.14 ¿ Cómo esta relacionado el ángulo de retraso de un convertidor con el ángulo de retraso de otro convertidor en un sistema dual?
Que uno funciona como convertidor 1 y 2 respectivamente y el otro funciona como inversor pero ambos conducen el mismo voltaje.

2.5.15 ¿ Cuál es el modo de inversión de los convertidores?
El voltaje de entrada es negativo y la corriente de entrada positiva, existiendo un flujo inverso de potencia, de la carga hacia la alimentación.

2.5.16 ¿ Cuál es el modo de rectificación de los convertidores?
El voltaje de entrada y la corriente de entrada son positivos, la potencia fluye de la alimentación a la carga.

2.5.17 ¿ Cuál es la frecuencia de la armónica de orden menor en semiconvertidores trifásicos?
3 fs

2.5.18 ¿ Cuál es la frecuencia de la armónica de orden menor en los convertidores completos trifásicos?
Fs

2.5.19 ¿ Cuál es la frecuencia de la armónica de orden menor en los semiconvertidores monofásicos?
2 fs

2.5.20 ¿ Cómo se activan y desactivan los tiristores disparados por compuerta?
Puede activarse mediante la aplicación de una señal positiva de compuerta, y se desactiva mediante una señal negativa de compuerta.

2.5.21 ¿ Cómo se activa y desactiva un tiristor de control de fase?
Se activa cuando el voltaje de entrada es positivo, el ánodo del tiristor es positivo con respecto al cátodo y se desactiva cuando el voltaje de entrada empieza a hacerse negativo cuando ánodo es negativo con respecto al cátodo.

2.5.22 ¿ Qué es la conmutación forzada? ¿Cuáles son las ventajas de la conmutación forzada para los convertidores de CA-CD?
El voltaje de entrada es de CD para desactivar al tiristor la corriente en sentido directo de tiríster se obliga a pasar por cero utilizando un circuito adicional llamado circuito de conmutación.

2.5.23 ¿ Qué es el control de ángulo de extinción de los convertidores?
Cuando la corriente pasa por cero y el tiristor se desactiva.

2.5.24 ¿ Qué es el control de ángulo simétrico de los convertidores?
El control del ángulo es el que permite la operación en un cuadrante.

2.5.25 ¿ Qué es el control de modulación de ancho de pulso de los convertidores?
Es PWM los conmutadores de convertidor se cierran y se abren varias veces durante medio ciclo, el voltaje de salida se controla variando el ancho de los pulsos.

2.5.26 ¿ Qué es el control por modulación senoidal de ancho de pulso de un convertidor?
Genera los anchos de pulso comparando un voltaje de referencia triangular de amplitud y la frecuencia con un voltaje semi senoidal portador de amplitud y de frecuencia.

2.5.27 ¿ Cómo se varia el voltaje de salida de un convertidor de un control de fase?
Vcd puede variar desde Vm = 1 hasta 0, al variar α desde 0 hasta 7 radianes. El voltaje promedio de salida se hace máximo en cero.

2.5.28 ¿ Cómo se varía el voltaje de salida en un convertidor con control por modulación senoidal dela ancho de pulso?
Varia al modificar la amplitud AC el índice de modulación M desde 0 hasta 1

2.5.29 ¿ Depende el ángulo de conmutación del ángulo de retraso de los convertidores?
Sí

2.5.30 ¿ Depende la caída de voltaje ocasionada por inductancias de conmutación, el ángulo de retraso de los convertidores?
No

2.5.31 ¿ Depende el factor de potencia de entrada de los convertidores del factor de potencia de la carga?
Sí

2.5.32 ¿ Dependen del ángulo de retraso los voltajes de las componentes ondulatorias de salida de los convertidores?
No

2.6.1 ¿ Cuáles son las ventajas y las desventajas del control de abrir y cerrar?
Ventajas: Se utiliza en aplicaciones que tienen una alta inercia mecánica y una alta constante de tiempo térmica.

Desventajas: Debido a la conmutación en voltaje y corriente cero de los varistores las armónicas generadas por las acciones de conmutación existen.

2.6.2 ¿ Cuáles son las ventajas y las desventajas del control de ángulo de fase?
Ventajas: El rango de control esta limitado y el voltaje RMS efectivo de salida solo puede variar entre 70 y 100.

Desventajas: El voltaje de salida y la corriente de entrada son asimétricos y contienen una componente de CD.

2.6.3 ¿ Cuáles son los efectos de la inductancia de carga sobre el rendimiento de los controladores de voltaje de CA?
El tiristor puede o no desactivarse en cada medio ciclo de voltaje de entrada y esto puede ocasionar una perdida de control.

2.6.4 ¿ Qué es el ángulo de extinción?
El ángulo 0 o de extinción es cuando la corriente pasa por cero y el tiristor se desactiva.

2.6.5 ¿ Cuáles son las ventajas y desventajas de los controladores unidireccionales?
Ventajas: Contiene corriente de entrada CD y un contenido de armónica más alto debido a la naturaleza asimétrica de la forma de onda voltaje de salida.

Desventajas: No se utilizan normalmente en los impulsores para motores de CA. Por lo general se utiliza un control bidireccional trifásico.

2.6.6 ¿ Cuáles son las ventajas y desventajas de los controladores bidireccionales?

Ventajas: Las operaciones de éste controlador es similar a la de un controlador de media onda.

Desventajas: La trayectoria de la corriente de regreso está dada por los tiristores en vez de los diodos.

2.6.7 ¿ Qué es el arreglo de control de amarre?
Es un dispositivo de potencia bidireccional trifásico se puede juntar una conexión y permite el ensamble de todos los varistores como una sola unidad.

2.6.8 ¿ Cuáles con los pasos necesarios para determinar las formas de ondas de voltaje de salida de los controladores trifásicos unidireccionales?
Para $0 < \theta < 60°$ dos tiristores conducen inmediatamente antes del disparo de Tl una vez disparado Tl conducen tres tiristores.

2.6.9 ¿Cuáles son las ventajas de los controladores conectados en delta?

Ventajas: Requieren únicamente de tres tiristores y simplifica la circuitería de control.

2.6.10 ¿ Cuál es el rango de control de ángulo de retraso para los controladores monofásicos unidireccionales?
$0 < \theta < 150°$

2.6.11 ¿ Cuál es el rango de control de ángulo de retraso para los controladores monofásicos bidireccionales?
$0 < \pi - \alpha_1 < 60.1$

2.6.12 ¿ Cuál es el rango de control de ángulo de retraso para los controladores trifásicos unidireccionales?
$0 < \alpha$

2.6.13 ¿ Cuáles son las ventajas de los cambiadores de derivaciones de transformador?
Ventajas: Tiene la ventaja de una acción de conmutación muy rápida.

2.6.14 ¿ Cuáles son los métodos de control del voltaje de salida de los cambiadores de derivaciones de transformador?
En el rango de control $0 < Vo$ para variar el voltaje de la carga dentro de este rango, se desactivan los tiristores Tl y T2. Rango de control 0 ---Vo < (vl +v2), Los tiristores T3 y T4 están desactivados. Rango de control Vl < Vo«Vl + V2), el varistor T3 se activa en wt = O y el voltaje en el secundario Vl aparece a través de la carga.

2.6.15 ¿ Qué es un cambiador de derivaciones sincrónico?

Es el voltaje secundario Vl aparece a través de la carga, en tanto T2 se dispare wt = 7r + a Cuando T2 se dispara en wt = 7c+a T4 se desactiva debido al voltaje inverso V2 y el voltaje de carga es (Vl +V2) En wt--2p, T2 es auto conmutado T3 se vuelve a activar y el ciclo se repite a este tipo de control se le conoce cambiador asíncrono.

2.6.16 ¿ Qué es un ciclo-convertidor?

Es un cambiador de frecuencia directa que convierte la potencia de ca a una frecuencia en potencia de frecuencia alterna a otra frecuencia mediante conversión de CA a CA sin necesidad de un eslabón de conversión intermedia.

2.6.17 ¿ Cuáles son las ventajas de un ciclo convertidor?

Ventajas: Se puede obtener un voltaje de salida variable a frecuencias variables a partir de conversiones de dos etapas CA fija a CD variable (rectificadores controlados) y CD variable a CA variable a una frecuencia variable (inversores) Sin embargo los ciclo convertidores pueden eliminar la necesidad de uno o más convertidores intermedios.

2.6.18 ¿ Cuáles son las ventajas y las desventajas de los controladores de voltaje de CA?

Suministran un voltaje de salida variable pero la frecuencia del voltaje de salida es fija y además el contenido armónico es alto, especialmente en el rango del voltaje de salida baja.

2.6.19 ¿ Cuál es el principio de operación del ciclo convertidor?

La mayor parte de los ciclo-convertidores son de conmutación natural, estando la frecuencia de salida máxima limitada a un valor que es solo una fracción de la frecuencia de la fuente. Como resultado, la aplicación de mayor importancia de los ciclo-convertidores son los motores electrónicos de baja velocidad.

2.6.20 ¿ Cuáles con los efectos de la inductancia de la carga sobre el rendimiento de los ciclo-convertidores?

Permiten la síntesis y la puesta en práctica de estrategias avanzadas de conversión para cambiadores directos de frecuencia de conmutación forzada, a fin de optimizar la eficiencia y reducir los contenidos armónicos.

2.6.21 ¿ Cuáles son tres disposiciones posibles para un controlador monofásico de voltaje de CA de onda completa?

Si el convertidor P esta operando solo, el voltaje promedio de salida es positivo, y si el convertidor N esta operando, el voltaje de salida es negativo.

2.6.22 ¿ Cuáles son las ventajas de las técnicas de reducción armónica senoidal de los ciclo-convertidores?

Suprime los pulsos de compuerta hacia el convertidor que no esta suministrando corriente de carga

2.6.23 ¿ Cuáles son los requisitos de señal de compuertas de los tiristores para controladores de voltaje con carga RL?
Las especificaciones de los dispositivos de potencia deben diseñarse para las condiciones de peor caso, que ocurrirán cuando el convertidor suministre el valor rms máximo de voltaje de salida.

2.6.24 ¿ Cuáles son los efectos de las inductancias de alimentación y de carga?
El efecto de cualquier inductancia de alimentación sería retrasar la desactivación de los varistores.

2.6.25 ¿ Cuáles son las condiciones de diseño en peor caso de dispositivos de potencia para controladores de voltaje de CA?
Ocurre cuando el convertidor suministre el valor máximo de velocidad deberá determinarse el ángulo de retrazo

2.6.26 ¿ Cuáles son las condiciones de diseño en peor caso de los filtros de carga para controladores de voltaje de CA?
Ocurre cuando el convertidor suministre el valor máximo del voltaje de salida.

PROBLEMAS

Problema 2.2.1

El tiempo de recuperación inversa de un diodo es trr=5μs, y la velocidad de reducción de la corriente del diodo es di/dt= 80 A/μs. Si el factor de suavidad es SF= 0.5, determine la carga de almacenamiento Qrr y la corriente inversa pico Irr.

t_{rr}=5 μs and di/dt = 80 A/μs

a) Ecuación $t_{rr} = \sqrt{\frac{2Q_{RR}}{di/dt}}$

Q_{RR}= 0.5 (di/dt) t_{rr}^2 = 0.5 x 80x 5^2x10^{-6} = 1000 μC

b) Ecuación $I_{RR} = \sqrt{2Q_{RR}\frac{di}{dt}}$

I_{RR}= $\sqrt{2Q_{RR}\, di/dt}$ = $\sqrt{2x1000x800}$ = 400 A

Problema 2.2.2

Los valores medidos de un diodo a una temperatura de 25°C son V_{D1}= 1.0v a I_{D1}=50A V_{D2}=1.5V a I_{D2} = 600 A. Determine el coeficiente de emisión *n* y la corriente de fuga. V_T=25.8x10^{-3}mV

De la ecuación $I_D = I_s(e^{\frac{V_D}{nV_1}} - 1)$ despejamos el logaritmo natural (base e)

$$\ln I_D = \ln I_s + \frac{V_D}{nV_1}$$

Después de la simplificación obtenemos el voltaje del diodo V_D el cual queda como

$$V_D = n\ V_1 \ln(\frac{I_{D1}}{I_s})$$

Si la corriente del diodo I_{D1}, corresponde al voltaje de diodo V_{D2}, obtenemos.

$$V_{D1} = V_T \log(\frac{I_{D1}}{I_S})$$

Si V_{D2} es similar al voltaje del diodo, este corresponde a la corriente del diodo I_{D2}, y obtenemos.

$$V_{D2} = nV_T \ln(\frac{I_{D2}}{I_S})$$

Por lo tanto, la diferencia dentro del voltaje del diodo puede ser expresada por

$$V_{D2} - V_{D1} = nV_T \ln(\frac{I_{D2}}{I_S}) - nV_T \ln(\frac{I_{D1}}{I_S}) = nV_T \ln(\frac{I_{D2}}{I_{D1}})$$

a) Para V_{D2} = 1.5 V, V_{D1} = 1.0V, I_{D2} = 600A, and I_{D1} = 50A,

$1.5 - 1.0 = n \times 0.0258 \times \ln(\frac{600}{50})$, el resultado de n = 7.799

b) Para. $V_{D1} = 1.0V$, $I_{D1} = 50A$, *y* $n = 7.799$

$1.0 = 7.799\ x\ 0.0258\ x\ \ln(\frac{50}{I_S})$, *el resultado de* $I_S = 0.347A$.

Problema 2.2.3

Dos diodos están conectados en serie y el voltaje a través de cada uno de ellos se mantiene igual mediante la conexión de una resistencia de distribución de voltaje, de tal forma que $V_{D1} = V_{D2} = 2000$ V y $R_1 = 100$ KΩ. Las características *V-I* de los diodos aparecen en la figura P2.2.3. Determine las corrientes de fuga de cada diodo y la resistencia R_2 a través del diodo D_2

$V_{D1} = V_{D2} = 2000\text{V}, \;\; R_1 = 100\text{K}\Omega$

a) De la **figura P2.2.3,**

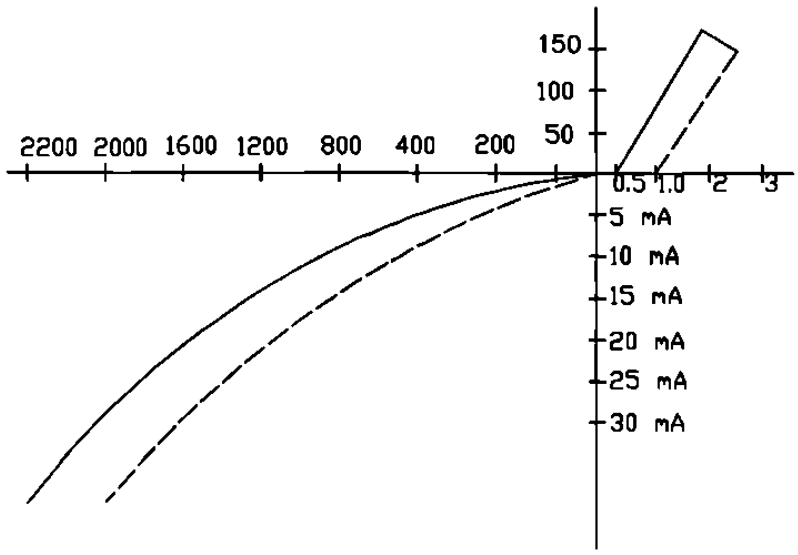


Figura P2.2.3

Las corrientes son: $I_{s1} = 17\text{mA}$ y $I_{s2} = 25\text{mA}$

$$I_{R1} = \frac{V_{D1}}{R_1} = \frac{2000}{100000} = 20\text{mA}$$

b) De la ecuación, $I_S = I_{S1} + I_{R1} = I_{S2} + I_{R2}$

o $17 + 20 = 25 + I_{R2}$, o $I_{R2} = 12\text{mA}$

$R_2 = 2000 / 12 \;\; mA = 166.67 \;\; \text{K}\Omega$

Problema 2.2.4

Dos diodos están conectados en paralelo siendo la caída de voltaje directa a través de cada uno de ellos de 1.5 V. Las características *V-I* de los diodos aparecen en la figura P2.2.3. Determine las corrientes directas a través de cada diodo.

Para $V_D = 1.5V$, figura **P2.2.3** las corrientes $I_{D1} = 140$ y $I_{D2} = 50$ A

Problema 2.2.5

Dos diodos están conectados en paralelo, como se muestra en la figura 2.2.18a, con resistencias de repartición de corriente. Las características V-*I* se muestran en la figura P2.2.3. La corriente total es $I_T = 200$ A. El voltaje a través de un diodo y su resistencia es V = 2.5 V. Determine los valores de las resistencias R_1 y R_2 si la corriente se comparte en forma ideal entre ambos diodos.

$$I_T = 200A, \quad V = 2.5$$

$$I_1 = I_2, \quad I_1 = \frac{I_T}{2} = \frac{200}{2} = 100\ A$$

$$Para \quad I_1 = 100A, \quad Figura\ P2.2.3 \quad \text{los valores son} \quad V_{D1} = 1.1V \quad y \quad V_{D2} = 1.95V$$

$$v = V_{D1} + I_1\ R_1 \quad o \quad 2.5 = 1.1 + 100 \quad R_1 \quad o \quad R_1 = 14m\Omega$$

$$v = V_{D2} + I_2\ R_2 \quad o \quad 2.5 = 1.95 + 100 \quad R_2 \quad o \quad R_2 = 5.5m\Omega$$

Problema 2.2.6

Dos diodos están conectados en serie. La resistencia a través de los diodos es de $R_1 = R_2 = 10k$

El voltaje de entrada de corriente directa es $V_D = 5$ Kv. Las corrientes de fuga son $Is_1 = 25$ mA e $Is_2 = 40$ mA. Determine el voltaje en cada diodo.

$$R_1 = R_2 = 10K\Omega, \quad V_S = 5kV, \quad I_{S1} = 25\ mA, \quad I_{S2} = 40mA$$

$$De\ la\ ecuación\ (2-18), \quad I_{S1} + I_{R1} = I_{S2} + I_{R2}$$

$$o \quad I_{S1} + \frac{V_{D1}}{R1} = I_{S2} + \frac{V_{D2}}{R_2}$$

$$25\times10^{-3} + \frac{V_{D1}}{10000} = 40\times10^{-3} + \frac{V_{D2}}{10000}$$

$$V_{D1} + V_{D2} = V_S = 5000$$

$$Resolviendo\ para\ V_{D1}\ y\ V_{D2}\ el\ resultado\ es\ V_{D1} = 2575v\ \ y\ \ V_{D2} = 2425\ \ V$$

Problema 2.3.1

En la figura P2.3.1 aparecen las formas de onda de corriente de un capacitor. Determine las especificaciones promedio, rms y pico de este capacitor.

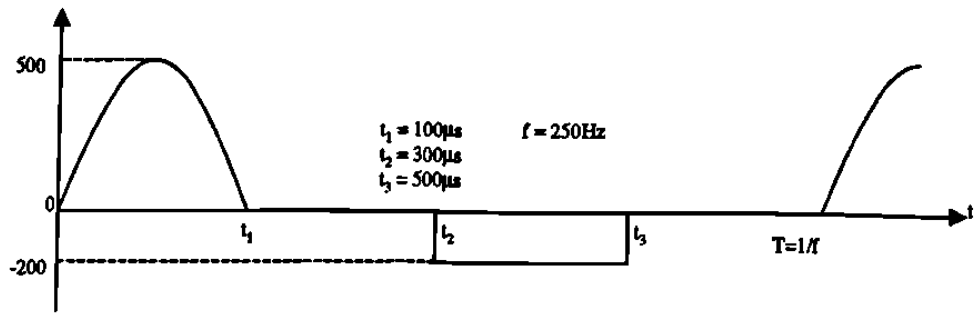


Figura P2.3.1

$t_1 = 100\mu s$, $t_2 = 300\mu s$, $t_3 = 500\mu s$. $f = 250Hz$. $fs = 250Hz$, $I_m = 500$ A y $I_a = 200A$

a) La corriente promedio es $I_{av} = 21I_m \quad ft_1/\pi - I_a \quad (t_3 - t_2)f = 7.96 - 10 = -2.04A$.

b) Para la onda senoidal, $I_{r1} = I_m\sqrt{(ft_1/2)} = 55.9A$ y para la onda rectangular negativa. $I_{r2} = I_a\sqrt{[f(t_3 - t_2)]} = 44.72A$

La corriente rms es $I_{rms} = \sqrt{(55.9^2 + 44.72^2)} = 71.59A$

c) La corriente pico varia de 500A a -200A.

Problema 2.3.2

Las formas de onda de la corriente que fluye a través de un diodo aparecen en la figura P2.3.2. Determine las especificaciones de corriente promedio, rms y pico del diodo.

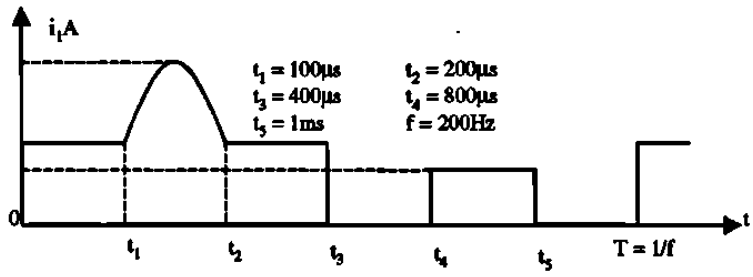


Figura P2.3.2

$t_1 = 100\mu s,\ t_2 = 200\mu s,\ t_3 = 400\mu s,\ t_4 = 800\mu s,\ f = 200Hz,$

$I_a = 150A,\ I_b = 100A$ y $I_p = 300A$

a) La corriente promedio es

$I_{av} = I_a\, ft_3 + I_b\, f(t_5 - t_4) + 2(I_p - I_a)\ \ f(t_2 - t_1)/\pi =$

$15 + 5 + 2.387 = 22.387A.$

b) $I_{r1} = (I_p - I_a)\ \sqrt{[f(t_2 - t_1)/2]} = 16.77A,\ I_{r2} = I_a\ \sqrt{(ft_3)} = 47.43A$

y $I_{r3} = I_b\sqrt{[f(t_5 - t_4)]} = 22.36A.$

La corriente rms es $I_{rms} = \sqrt{(16.77^2 + 47.43^2 + 22.36^2)} = 55.05A$

Problema 2.3.3

Un circuito de diodo se muestra en la figura P2.3.3 con R = 22 Ω y C =10 μf. Si el interruptor *S*1 se cierra en t = 0, determine la expresión para el voltaje a través del capacitor y la energía perdida del circuito.

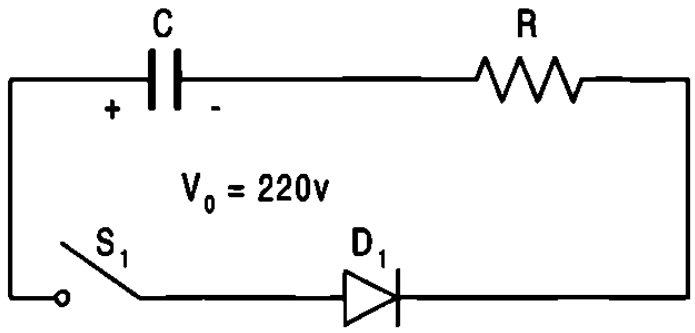


Figura P2.3.3

$R = 22\Omega,\ C = 10\mu F,\ V_o = 220V$

$0 = V_R + V_C = V_R + \frac{1}{C}\int \mathrm{idt} + V_C(t=0)$

Con la condición inicial : $_C(t=0) = -V_o$, *la corriente es*

$i(t) = \frac{V_o}{R} e^{-t/RC}$

El voltaje del capacitor es

$V_C(t) = -Ri = -v_o\ e^{-t/RC} = -220\ e^{-tx10^6/220}$

b) La energia disipada es

$W = 0.5\ c\ v_0^2 = 0.5 \times 10 \times 10^{-6} \times 220 \times 220 = 0.242 J.$

Probema 2.3.4

Un circuito de diodo aparece en la figura P2.3.4 con R = 10Ω, L = 5mH y Vs = 220V. Si fluye una corriente de carga de 10 A a través del diodo de marcha libre Dm y el interruptor *S*1 se cierra en t = 0, determine la expresión de la corriente *i* a través del interruptor.

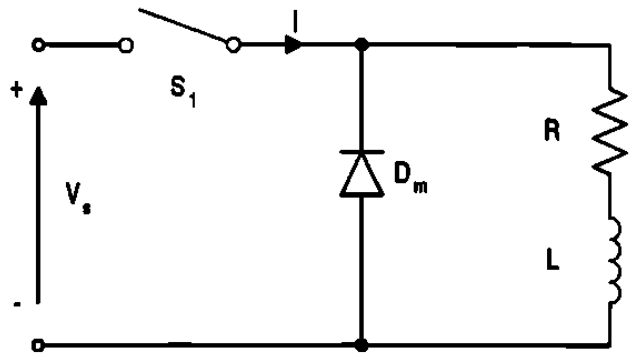


Figura P2.3.4

$R = 10\Omega,\ \ L = 5mH,\ \ Vs = 220v,\ \ I_1 = 10A$

El interruptor *de corriente se describe con*

$$Vs = L\frac{di}{dt} + R\,i$$

Con la condición inicial : $i(t=0) = I_1$,

$$i(t) = \frac{Vs}{R}(1 - e^{-tr/L}) + I_1 \quad e^{-tR/L} = 22 - 12\,e^{-2000t}A$$

Problema 2.3.5

Si el inductor del circuito de la figura 2.3.7 tiene una corriente inicial de Io, determine la expresión para el voltaje a través del capacitor.

$$Vs = L\frac{di}{dt} + \frac{1}{c}\int i\,dt + v_c(t=0)$$

Con la condición inicial : $i(t=0) = I_o$ *y* $V_c(t=0) = 0$, *hacemos*

$$i(t) = I_m \cos(\omega ot) + V_s\sqrt{(C/L)}\ sen(\omega ot)$$

El voltaje del capacitor es

$$V_c\ (t) = \frac{1}{C}\int i\,dt = I_o\sqrt{\frac{L}{C}}sen\,(\omega ot) - V_s\ cos\,(\omega ot) + V_s$$

Donde $\omega o = 1/\sqrt{(CL)}$

Problema 2.3.6

Si el interruptor S1 de la figura P2.3.6 se cierra en t = 0, determine la expresión para

(a) la corriente que fluye a través del interruptor i(t)
(b) la velocidad de elevación de la corriente di/dt.
(c) Dibuje esbozos de i(t) y de di/dt.
(d) ¿Cuál es el valor de di/dt inicial? Para la figura P2.3.6 encuentre solo di/dt inicial.

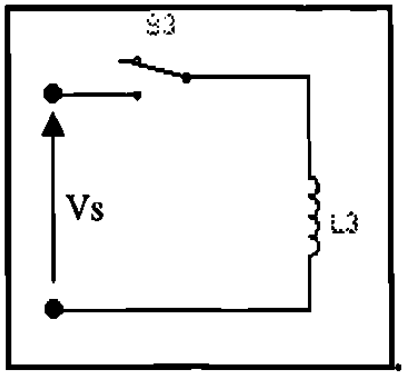


Figura P2.3.6a

$(a)\quad L\,di/dt = V_s \quad o \quad i(t) = V_s \quad t/L$

$(b)\quad di/dt = V_s/L;$

$(c)\quad di/dt \quad (en \quad t=0) \quad = V_s/L.$

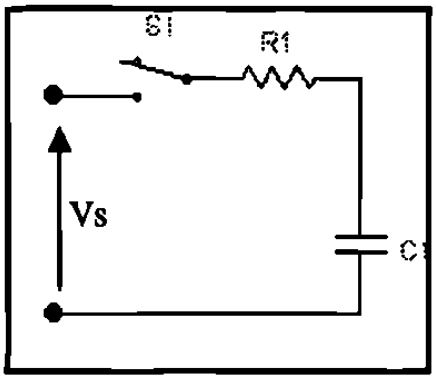


Figura P2.3.6b

$$(a)\quad \frac{1}{C}\int i\,dt + Ri \;=\; V_s - V_o \quad o \quad i(t) = \frac{V_s - V_o}{R}\,e^{-t/RC}$$

$$(b)\quad \frac{di}{dt} = -\frac{V_s - V_o}{R^2\,C}\,e^{-t/RC}$$

$$(c)\quad En \quad t=0,\;\; di/dt = (V_s - V_o)/(R^2\,C)$$

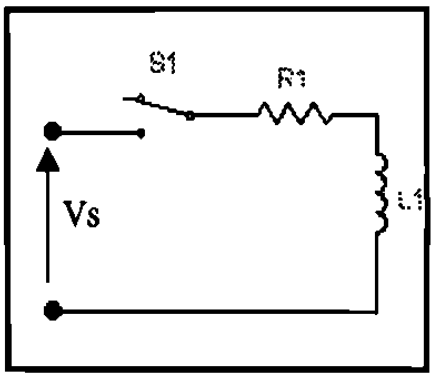


Figura P2.3.6c

$$(a)\quad L\frac{di}{dt} + R\,i = v_s \quad o \quad i(t) = \frac{v_s}{R}\,e^{-tR/L}$$

$$(b)\quad \frac{di}{dt} \;= -\frac{v_s}{L}\,e^{-tR/L}$$

$$(c)\quad En \quad t = o,\;\; di/dt = v_{s/L}$$

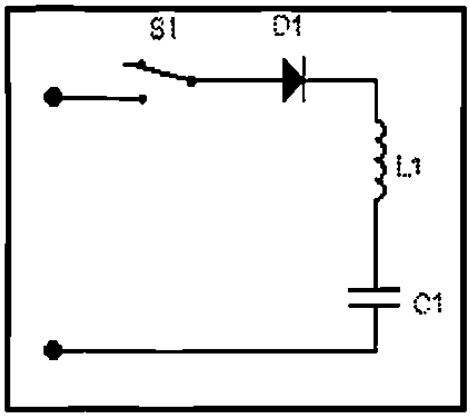


Figura P2.3.6d

$$(a)\quad V_s = L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int i\,dt + V_c(t=0)$$

con la condición inicial $: i(t=0) = 0$ *y* $V_c(t=0) = V_o$,

$$i(t) = (V_s - V_o)\sqrt{\frac{C}{L}}\ \ sen\ \varpi ot = I_p\ sen\ \varpi ot$$

Donde $\varpi o = 1/\sqrt{(LC)}$

$$(b)\quad \frac{di}{dt} = \frac{V_s - V_o}{L}\cos \varpi ot$$

$$(c)\quad En\quad t = 0,\ di/dt = (V_s - V_o)/L$$

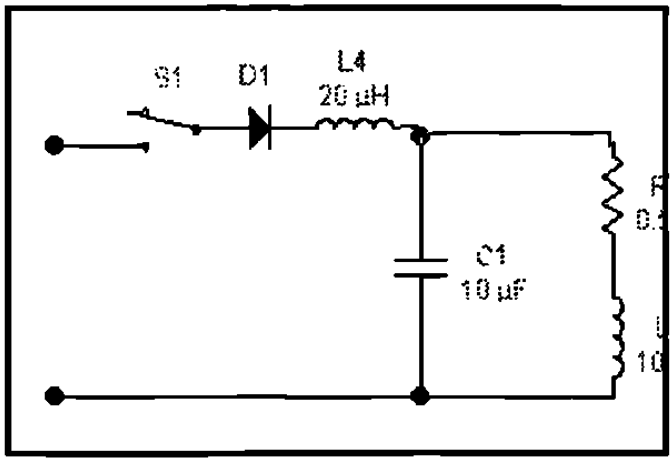


Figura P2.3.6e

En t = 0, la inductancia se comporta como un circuito abierto y en el capacitor hay un corto circuito. La di/dt inicial es limitada solo por la inductancia L1. Así la di/dt inicial es:

$$di/dt = V_s/L_1 = V_s/20\mu H = V_s/20 - A/\mu s$$

Problema 2.3.7

El circuito de segundo orden de la figura 2.3.9 tiene un voltaje de fuente Vs = 220V, una inductanica L = 5 mH, una capacitanica C = 10μF y una resistencia R = 22Ω. El voltaje inicial del capacitor es Vo = 50V. Si el interruptor se cierra en t = 0, determine

(a) una expresión para el valor de la corriente y
(b) el tiempo de conducción del diodo.
(c) dibuje un esbozo de *i*(t)

$V_s = 220\ v,\ L = 5\ mH,\ C = 10\mu F,\ R = 22\Omega\ y\ V_O = 50\ V$

(a) *De la ecuación* $\alpha = \dfrac{R}{2L},\ \alpha = 22\times10^3/(2\times5) = 2200$

De la ecuación, $\varpi_o = 1/\sqrt{(LC)} = 4472\quad rad/s$

$\varpi_r = 4472^2 - 2200^2 = 3893\quad rad/s$

Dado que $\alpha < wo$, *se trata de un caso subamortiguado, y la solución es de la forma*

$i(t) = e^{-\alpha t}(A_1 \cos\varpi_r t + A_2\ sen\varpi_r t)$

En $t = 0,\ i(t=0) = 0$ *y esto da* $A_1 = 0$

$i(t) = e^{-\alpha t}\quad A_2\quad sen\,\varpi_r t$

$\dfrac{di}{dt} = \varpi_r\ \cos\varpi_r t\ A_2 e^{-\alpha t} - \alpha\ sen\varpi_r t\ A\ e^{-\alpha t}$

$\dfrac{di}{dt}\Big|_{t=0} = \varpi_r\ A_2 = \dfrac{V_s}{L}$

$o\ A_2 = V_s/(\varpi_r\ L) = 220\times1000/(3893\times5) = 11.3$

La expresión final para la corriente $i(t)$ *es*

$i(t) = 11.3\quad sen(3893t)\quad e^{-2200t}A$

(b) *El tiempo de conducción es* $\varpi_r t_1 = \pi$ *o* $t_1 = \pi/3893 = 807\mu s$

(c) *El trazo para la corriente aparece en la figura*

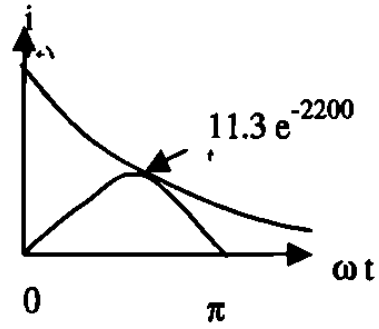


Figura P2.3.7

Problema 2.3.8

Para el circuito de recuperación de energía de la figura P2.3.8, la inductancia magnetizante del transformador es Lm = 150 μH, N_1 = 10 y N_2 = 200. Las inductancias de fuga y las resistencias del transformador son despreciables. El voltaje de fuente es Vs = 200 V y en el circuito no existe corriente inicial. Si durante un tiempo t_1 = 100 ms se cierra el interruptor S_1 y a continuación se abre,

(a) determine el voltaje del diodo D_1,
(b) calcule la corriente pico del primario,
(c) calcule la corriente pico del secundario,
(d) determine el tiempo durante el cual el diodo D_1 conduce
(e) determine la energía porporcionada por la fuente.

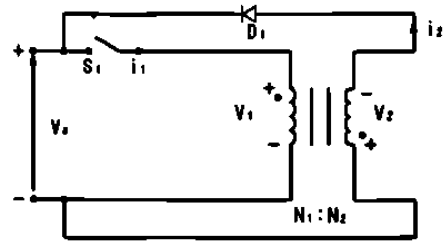


Figura P2.3.8

$V_s = 220V, \quad L_m = 150\mu H, \quad N_1 = 10, \quad N_2 = 200 \quad y \quad t_1 = 100\mu s$

La relación de vueltas es $a = \dfrac{N_1}{N_2} = \dfrac{200}{10} = 20$

(a) *De la ecuación* $v_D = V_s(1+a)$

el voltaje inverso del diodo es $V_D = 200 \times (1+20) = 4620\ v$

(b) *De la ecuación* $I_0 = \dfrac{V_s}{L_m} t_1$

el valor pico de la corriente primario es, $I_o = 220 \times 100/150 = 146.7\ A$

(c) *El valor pico de la corriente secundario* $I_0' = I_0 / a = 146.7/20 = 7.3A$

(d) *De la ecuación* $I_0 = \dfrac{V_s}{L_m} t_1$

el tiempo de conducción del diodo es, $t_2 = 20 \times 100 = 2000\ \mu s.$

(e) *La energía de la fuente*

$$W = \int_0^t Vi\, dt = \int_0^t \frac{v_s}{L_m} t\, dt = \frac{1}{2}\frac{V_s^2}{L_m} t_1^2$$

De la ecuación , $I_0 = \dfrac{V_s}{L_m} t_1$

$$\omega = 0.5 \quad L_m\, I_o^2 = 0.5 \times 150 \times 10^{-6} \times 146.7^2 = 1.614J$$

Problema 2.3.9

Un puente rectificador monofásico tiene una carga permanente resistiva R = 10 Ω, el voltaje pico de alimentación Vm = 170 V y la frecuencia de alimentación f = 60 Hz. Determine el voltaje promedio de salida del rectificador, si la inductancia de la fuente es despreciable.

$$V_m = 170\ V,\ \ R = 10\ \Omega,\ \ f = 60\ Hz$$

$$\textit{De la ecuación},\ V_{cd} = \frac{2}{T}\int_0^{T/2} V_m sen\omega t dt = \frac{2V_m}{\pi} = 0.6366 V_m$$

$$V_m = 0.6366 \times 170 = 113.32\ V$$

Problema 2.3.10

Repita el problema anterior si la inductancia de la fuente por fase (incluyendo la inductancia de fuga del trasnformador) es Lc = 0.5 mH.

$$V_m = 170\ V,\ \ R = 10\ \Omega,\ \ f = 60\ Hz$$

$$\textit{De la ecuación},\ V_{cd} = \frac{2}{T}\int_0^{T/2} V_m sen\ \omega t dt = \frac{2V_m}{\pi} = 0.6366\ V_m$$

$$V_m = 0.6366 \times 170 = 113.32\ V$$

$$I_{cd} = V_{cd}\ /\ R = 113.32/10 = 11.332\ A$$

$$\textit{De la ecuación}\ \ V_x = 6fL_c I_{cd}$$

encontramos la reducción del voltaje de salida debido a la conmutació n $V_x = 2 \times 60 \times 0.5 \times 10^{-3} \times 11.332 = 0.676\ v$

y el voltaje de salida efectivo es

$(113.32 - 0.676) = 112.64\ \ V$

Problema 2.3.11

Un rectificador de seis fases en estrella tiene una carga puramente resistivas R = 10 Ω, un voltaje pico de alimentación Vm = 170 V y la frecuencia de alimentción f = 60 Hz. Determine el voltaje promedio de salida del rectificador, si la inductancia de fuente es despreciable.

$R = 10\Omega, \quad V_m = 170V, f = 60\ Hz$

Para un rectificad or de seis fases en estrella

$q = 6$ *en la ecuación*

y de esta ecuación $V_{cd} = \dfrac{2}{2\pi/q}\int_0^{\pi/q} V_m \cos\omega t d(\omega t) = V_m \dfrac{q}{\pi} sen\dfrac{\pi}{q}$

$$V_{cd} = 170\,(60/\pi) \quad sen(\pi/6) = 162.34 \quad V$$

Problema 2.3.12

Repita el problema anterior si la inductancia de fuente por fase (incluyendo la inductancia de fuga del trasformador) es Lc = 0.5 mH.

$R = 10\Omega\,, V_m = 170\,V, f = 60Hz, \quad Lc = 0.5mH$

Para un rectificador de seis fases en estrella $q = 6$ *en la ecuación y*

$$V_{cd} = \frac{2}{2\pi/q}\int_0^{\pi/q} V_m \cos\omega t d(\omega t) = V_m \frac{q}{\pi} sen\frac{\pi}{q}$$

$Vcd = 170(6/\pi)\ sen = 162.34, Icd = 162.34/10 = 16.234\ A$

De la ec. $V_{cd} = \dfrac{2}{2\pi/q}\int_0^{\pi/q} V_m \cos\omega t d(\omega t) = V_m \dfrac{q}{\pi} sen\dfrac{\pi}{q}$

encontramos la reducción de voltaje de salida debido a la canmutación

$Vx = 6\times 60\times 0.5\times 10^{-3}\times 16.234 = 2.92\,V$ *y el voltaje de salida efectivo es*

$(162.34 - 2.92) = 159.42\,V$

Problema 2.3.13

Un puente rectificador trifásico tiene una carga puramente resistiva R = 100 Ω y está alimentado a partir de una fuente de 280 V, 60 Hz. El primario y el secundario del transformador de entrada están conectados en estrella. Determine el voltaje promedio de salida del rectificador si las inductancias de fuente son despreciables.

$R = 100\Omega, V_s = 280v, f = 60\ Hz$

$V_m = 280 \times \sqrt{2} / \sqrt{3} = 228.6\ V$

De la ecuación, $V_{cd} = \dfrac{2}{2\pi / 6} \int_0^{\pi/6} \sqrt{3} V_m \cos \omega t d(\omega t)$

$Vcd = 1.6542 \times 228.6 = 378.15\ V$

Problema 2.3.14

Repita el problema anterior si la inductancia de fase por fase (incluyendo la inductancia de fuga del trasnformador) es Lc = 0.5 mH.

$Vx = 6 \times 60 \times 0.5 \times 10^{-3} \times 37.815 = 6.81\ V$ *y el voltaje de salida efectivo es*

$(378.15 - 6.81) = 371.34\ V$

$Icd = Vcd / R \quad Icd = 378.15/100 = 37.815\ A$

De la ecuacion $V_{cd} = \dfrac{2}{2\pi / q} \int_0^{\pi/q} V_m \cos \omega t d(\omega t) = V_m \dfrac{q}{\pi} sen \dfrac{\pi}{q}$

encontramos la reducción de voltaje de salida debido a la canmutación

$R = 100\Omega, V_s = 280v, f = 60\ Hz \quad y \quad Lc = 0.5mH$

$V_m = 280 \times \sqrt{2} / \sqrt{3} = 228.6\ V$

De la ecuación $V_{cd} = \dfrac{2}{2\pi / 6} \int_0^{\pi/6} \sqrt{3} V_m \cos \omega t d(\omega t)$

$Vcd = 1.6542 \times 228.6 = 378.15\ V$

Problema 2.3.15

El puente rectificador monofásico de la figura P2.3.15 se necesita para alimentar un voltaje promedio de Vcd = 400 V a una carga resistiva R = 10 Ω. Determine las especificaciones del voltaje y la corriente de los diodos y del transformador.

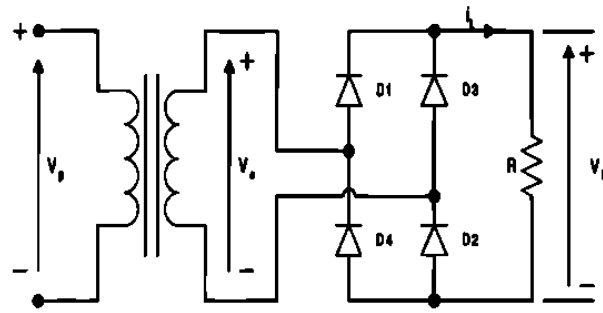


Figura P2.3.15

$Vcd = 400V, \ R = 10\Omega$

$$De \quad la \quad ecuación \quad V_{cd} = \frac{2}{T}\int_0^{T/2} V_m sen\,\omega t dt = \frac{2V_m}{\pi} = 0.6366 V_m$$

$Vdc = 400 = 0.6366Vm \quad o \quad Vm = 628.34V$

El voltaje de fase rms es $V_s = V_m / \sqrt{2} = 628.34/\sqrt{2} = 444.3\,V$

$I_{dc} = V_{cd} / R = 400/10 = 40\,A$

<u>*Diodos*</u>:

Corriente pico, $Ip = 628.34/10 = 62.834\,A$

Corriente promedio, $I_d = I_{cd}/2 = 40/2 = 20\,A$

Corriente rms, $I_R = 62.834/2 = 31.417\,A$

<u>*Transformar*</u>:

Voltaje rms, $V_s = V_m / \sqrt{2} = 444.3\,V$

Corriente rms, $I_s = I_m / \sqrt{2} = 44.43\,A$

Volt – Amp, $VI = 444.3 * 44.43 = 19.74\,KVA$

$Pcd = (0.6366\,V_m)^2 / R \quad y \quad Pca = V_s I_s = V_m^2 / 2R$

$TUF = Pcd / Pca = 0.6366^2 \times 2 = 0.8105$

y la especificación del factor del transformador es

$1/TUF = 1.2338.$

Problema 2.3.16

Se requiere de un puente rectificador trifásico para alimentar un voltaje promedio de Vcd = 750 V en una corriente libre de componente ondulatorio de Icd = 9000 A. El primario y el secundario del trasformador están conectados en estrella. Determine las especificaciones de voltaje y de corriente para los diodos y el transformador.

$$V_{cd} = 750\,V, \quad I_{cd} = 9000\,A.$$

De la ecuación. $V_{cd} = \dfrac{2}{2\pi / q}\displaystyle\int_0^{\pi/q} V_m \cos \omega t d(\omega t) = V_m \dfrac{q}{\pi} sen \dfrac{\pi}{q}$

$$V_{cd} = 750 = 1.6542 \quad V_m \quad o \quad V_m = 453.39\ V$$

El voltaje de fase es $V_s = V_m/\sqrt{2} = 453.39/\sqrt{2} = 320.59$ V

<u>Diodos:</u>

Corriente pico, $I_p = 9000$ A

Corriente promedio, $I_d = I_{cd}/2 = 9000/2 = 4500$ A

Corriente rms, $I_R = 9000/\sqrt{2} = 6363.96$ A

<u>Transformar:</u>

Voltaje rms, $V_s = 320.59$ V

Corriente rms, $I_s = I_p = 9000$ A

Volt– Amp por fase, VI = 320.59 * 9000 = 2885.32 κ VA

TUF = Pcd/Pca = 750 * 900/(3 * 2885.31) = 0.7798

y la especificación del factor del transformador es.

1/TUF = 1.2824.

Problema 2.3.17

El rectificador monofásico de la figura P2.3.17 tiene una carga RL. Si el voltaje pico de entrada es Vm = 170 V, la frecuencia de entrada es f = 60 Hz, y la resistencia de carga R = 15 Ω. Determine la inductancia de carga L para limitar la armónica de corriente de carga a un 4% del valor promedio Icd.

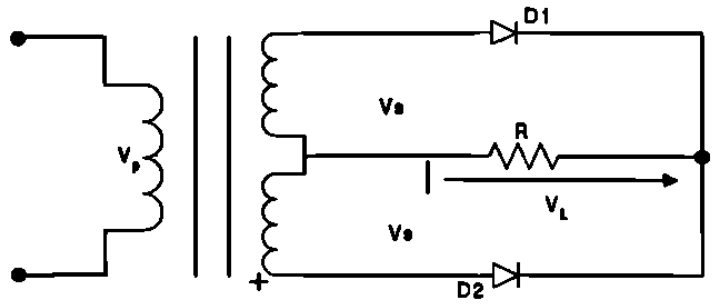


Figura P2.3.17

$$V_m = 170V, f = 60Hz, R = 15\Omega \text{ y } \varpi = 2\pi f = 377\ rad/s$$

De la ecuación

$$V_L(t) = \frac{2V_m}{\pi} - \frac{4V_m}{3\pi}\cos 2\omega t - \frac{4V_m}{15\pi}\cos 4\omega t - \frac{4V_m}{35\pi}\cos 6\omega t - \ldots$$

el voltaje de salida es

$$V_L(t) = \frac{2V_m}{\pi} - \frac{4V_m}{3\pi}\cos 2wt - \frac{4V_m}{15\pi}\cos 4\varpi t - \frac{4V_m}{35\pi}\cos 6\varpi t \ldots$$

La carga de la impedancia $z = R + j(n\varpi L) = \sqrt{R^2 + (n\varpi t)^2}\ /\theta n$

$y\ \theta n = \tan^{-1}(n\varpi l/R)$ *y la corriente de carga es*

$$i_L(t) = I_{cd} - \frac{4V_m}{\pi\sqrt{R^2 + (n\varpi t)^2}}\left[\frac{1}{3}\cos(2\varpi t - \theta_2) - (4\varpi t - \theta_4)..\right]$$

Donde $I_{cd} = \frac{V_{cd}}{R} = \frac{2V_m}{\pi R}$

El valor de la corriente rms es

$$I_{ca}^2 = \frac{(4V_m)^2}{2\pi^2[R^2 + (2\varpi L)^2]}(1/3)^2 + \frac{(4V_m)^2}{2\pi^2[R^2 + (4\varpi L)^2]}(1/15)^2 +$$

Consideran do solo la armónica de orden (n = 2),

$$I_{ca} = \frac{4V_m * (1/3)}{\sqrt{2}\pi\sqrt{[R^2 + (2\varpi L)^2]}}$$

Usando el valor de Icd y despues de la simplific ación el factor es

$$RF = \frac{Ica}{Icd} = \frac{0.481}{\sqrt{1 + (2\varpi L/R)^2}} = 0.04$$

$$0.481^2 = 0.04^2\ [1 + (2 * 377\ L/15)^2]\ o\ L = 238.7\ mH$$

Problema 2.3.18

El rectificador trifásico estrella de la figura 2.3.25 tiene una carga RL. Si el voltaje pico es el secundario por fase es Vm = 170 V, a 60 Hz y la resistencia de carga es R = 15 Ω, Determine la inductancia de carga L para limitar las armónicas de corriente de la carga a 2% del valor promedio Icd.

$Vm = 170\ V, F = 60\ Hz, R = 15\Omega\ y\ \varpi = 2\pi f\ o\ 377\ rad/s$

De la siguiente ecuación nos da el voltaje de salida para $q = 6$

$$VL = (t) = 0.9549\ Vm\ [1 + \frac{2}{35} cos\ 6\ wt\ \frac{2}{143} \cos\ wt + ..]$$

La carga de la impedancia $z = R + J(nwL) = \sqrt{R^2 + (nwL)^2}\ /\ \theta n$

$y\ \theta n = tan^{-1}(nwL\ /\ R)$

Y la corriente de carga es

$$i_L(t) = I_{cd} - \frac{0.9549\ V_m}{\sqrt{R^2 + (nwL)^2}}[\frac{2}{35}\cos(6wt - \theta_6) - \frac{2}{143}\cos\ (12wt\ - \theta_{12})]$$

Donde $I_{cd} = \frac{V_{cd}}{R} = \frac{0.9549\ V_m}{R}$

El valor de la corriente rms es

$$I_{ca}^2 = \frac{(0.9549\ V_m)^2}{2[R^2 + (6wL)^2]}(2/35)^2 + \frac{(0.9549\ V_m)^2}{2[R^2 + (6wL)^2]}(2/143)^2 + ..$$

Consideran do solo la armónica de orden (n = 6),

$$I_{ca} = \frac{0.95492V_m\ (2/35)}{\sqrt{2}\sqrt{[R^2 + (6wL)^{2]}}}$$

Usando el valor de Icd y despues de la simplific ación, el factor es

$$RF = \frac{Ica}{Icd} = \frac{2/(\sqrt{2} \times 35)}{\sqrt{1 + (6WL\ /\ R)^2}} = 0.02$$

$0.0404^2 = 0.02^2\ [1 + (6 * 377\ L/15)^2\ o\ L = 11.64\ mH$

Problema 2.3.19

El voltaje de bateria de la figura P2.3.19 es E = 20 V y su capacidad es de 200 W-h. La corriente de carga promedio deberá ser Icd = 10 A. El voltaje de entrada primario es V_p = 120 V, 60 Hz teniendo el transformador una relación de vueltas n = 2:1.

Calcule (a) el ángulo de conducción δ del diodo,
(b) la resistencia limitadora de corriente R,
(c) la especificación de potencia P_R de R,
(d) el tiempo de carga h en horas,
(e) la especificación η de rectificador y
(f) el voltaje de pico inverso PIV del diodo.

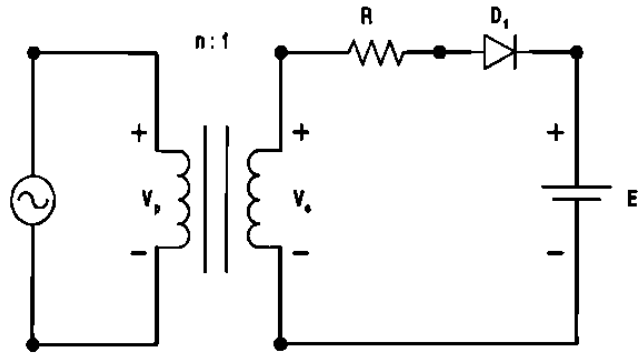


Figura P2.3.19

$E = 20\,v, I_{cd} = 10\,A, V_p = 120\,V, V_s = V_p/n = 120/2 = 60\,V$

$V_m = \sqrt{2}V_s = \sqrt{2} * 60 = 84.85\,V$

a) De la ecuación $$\alpha = sen^{-1}\frac{E}{V_m}$$

$\alpha = sen^{-1}(20/84.85) = 15.15°$ *o* 0.264 *rad*

$\beta = 180 - 15.15 = 164.85°$

El ángulo de conducción es $\delta = \beta - \alpha = 164.85 - 15.15 = 149.7°$

b) La ecuación $$I_{dc} = \frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\beta}\frac{V_m sen\omega t - E}{R}d(\omega t) = \frac{1}{2\pi R}(2V_m\cos\alpha + 2E\alpha - \pi E)$$

nos da la resistencia R como

$$R = \frac{1}{2\pi I_{cd}}(2V_m \cos\alpha + 2E\alpha - \pi E)$$

$$R = \frac{1}{2\pi \times 10}[2*84.85*\cos 15.15° + 2*20*0.264 - \pi*20] = 1.793\Omega$$

c) La ecuaciones $I^2_{rms} = \frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\beta}\frac{(V_m sen\,\omega t - E)^2}{R^2}d(\omega t)$

nos da la corriente rms de la bateria como

$$I^2_{rms} = \frac{1}{2\pi R^2}[(\frac{V_m^{\ 2}}{2} + E^2)(\pi - 2\alpha) + \frac{V_m^{\ 2}}{2} sen\,2\alpha - 4\,V_m\,E\cos\alpha\,] = 272.6$$

$o\ I_{rms} = \sqrt{272.6} = 16.51\,A.$

La especificación de potencia R es $P_R = 16.51^2 * 1.793 = 488.8\,W$

d) La potencia entregada P_{cd} *a la batería es*

$P_{cd} = E\ \ I_{cd} = 20 * 10 = 200\ W$

$h\ \ P_{cd} = 100\quad o\ \ h = 200/P_{cd} = 200/200 = 1\ hr$

La eficiencia η *del rectificad or es*

$$\eta = \frac{P_{cd}}{P_{cd} + P_R} = \frac{200}{200 + 488.8} = 29\%$$

El voltaje de pico inverso PIV del diodo es

$PIV = V_m + E = 84.85 + 20 = 104.85\ V$

Problema 2.3.20

El rectificador monofásico de onda completa de la figura P2.3.20 tiene una L = 4.5 mH,

R = 5 Ω y E = 20 V. El voltaje de entrada es Vs = 120 V a 60 Hz

A) Determine:

a) la corriente de carga en régimen permanente I_1 a ωt = 0,

b) la corriente promedio del diodo I_d,

c) la corriente rms del diodo I_r, y

d) la corriente de salida rms I_{rms}.

B) Utilice PSpice para graficar la corriente instantanea de salida i_L. Suponga los parametros del diodo IS = 2.22e-15, BV = 1800 V.

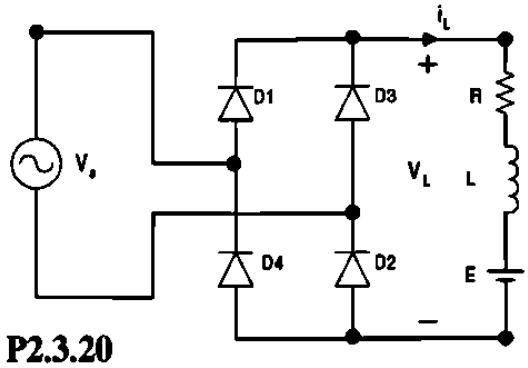


Figura P2.3.20

Si se conoce que la corriente de carga es continua o descontinua. Suponiendo que la corriente de carga es continua procede con la solución. Si la suposición no es correcta la corriente de carga pasa por cero y la corriente pasa al caso para unna corriente descontinua.

A) $R = 5\Omega, L = 4.5mH, f = 60Hz, w = 2\pi \times 60 = 377\ rad/s,$

$Vs = 120V,$

$Z = [R^2 + (wL)^2]^{1/2} = 5.28\Omega,\ y\ \theta = tan^{-1}(wL/R) = 18.74°$

a) La corriente de carga en estado inicial de $t = 0, I_1 = 6.33A$. *Desde* $I_1 > 0$, *la corriente de carga es continua y la suposición es correcta.*

b) La int *egración numerica de* i_L *dentro de la ec. cambia la corriente del diodo como* $I_d = 8.8\ A$.

c) Con la intergración numerica de iL entre los limites $t = 0$ *a* π, *obtenemos la corriente rms del diodo como* $Ir = 13.83\ A$.

d) La corriente de salida rms $Irms = \sqrt{2}Ir = \sqrt{2} * 13.83 = 19.56A$.

Problema 2.3.21

El rectificador trifásico de onda completa de la figura P2.3.21 tiene una carga L = 2.5 mH, R = 5 Ω y E = 20 V. El voltaje de entrada, línea a línea es V_{ab} = 208 V, 60 Hz.

Determine:

a) **la corriente de carga en régimen permanente I_1 a $\omega t = \pi/3$,**
b) **la corriente promedio de diodo I_d,**
c) **la corriente rms de diodo I_r y**
d) **la corriente rms de salida I_{rms}.**

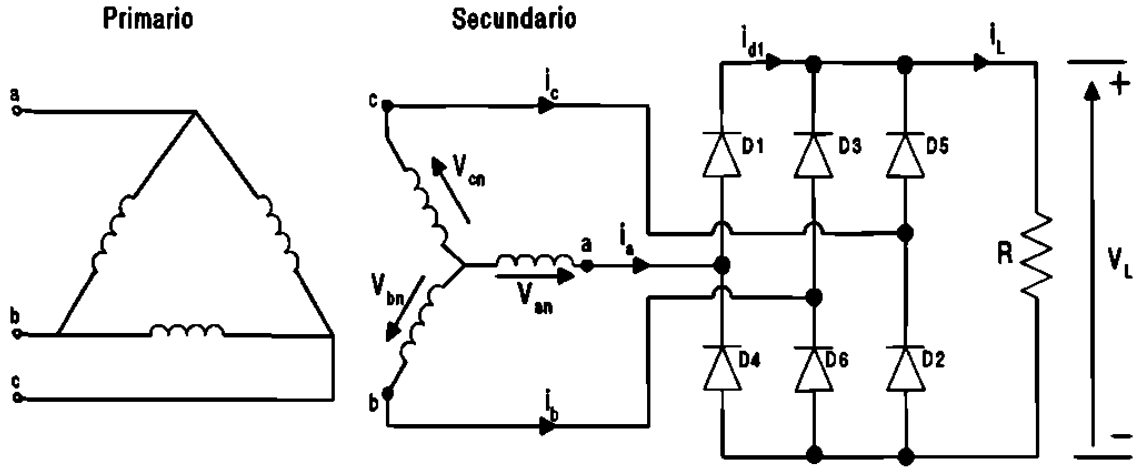


Figura P2.3.21

$R = 5\Omega, L = 2.5mH, \ f = 60\,Hz, w = 2\pi * 60 = 377\ rad\ /s$

$V_{ab} = 208\,V, z = [R^2 + (wL)^2]^{1/2} = 5.09\,\Omega$, y $\theta = tan^{-1}(wL/R) = 10.67°$

(a) *El estado inicial de la corriente de carga es* $t = \pi/3$, $I_1 = 50.6$ A.

(b) *La* int *ergración numerica de* i_L *en la ecuación*

$$i_L = \frac{\sqrt{2}V_{ab}}{Z}\left[sen\,(\omega t - \theta) + \frac{sen\,(2\pi/3 - \theta) - sen\,(\pi/3 - \theta)}{1 - e^{-(R/L)(\pi/\omega)}}e^{-(R/L)t}\right] - \frac{E}{R}$$

para $\pi/3 \le \omega t \le 2\pi/3$ *e* $i_L \ge 0$

cambia la corriente promedio del diodo como $Id = 17.46$ A.

Desde $I_1 > 0$, *la corriente de carga es continua.*

(c) *Con la integració n numerica de* i_L^2 *entre los limites* $wt = \pi/3$ *to* $2\pi/3$, *encontramo s la corriente del diodo como* $Ir = 30.2$ A.

(d) *La corriente de salida rms* $I_{rms} = \sqrt{3}Ir = \sqrt{3} \times 30.2 = 52.31$ A.

Problema 2.3.22

Un puente rectificador monofásico está alimentado desde una fuente de 120 V, 60 Hz. La resistencia de carga es R = 200 Ω.

(a) Diseñe un filtro C, de tal forma que el factor de componente ondulatoria del voltaje de salida sea meneor de 5%.

(b) con el valor del capacitor C de la parte (a), calcule el voltaje promedio de la carga V_{cd}.

$$RF = 5\%, R = 200\Omega, y\ f = 60H$$

$$(a) Resolviendo\ Ce\ con\ la\ ecuación\ \ V_{cd} = \frac{2}{2\pi / q}\int_0^{\pi/q} V_m \cos\omega t d(\omega t) = V_m \frac{q}{\pi} sen\frac{\pi}{q}$$

$$Ce = \frac{1}{4\times 60\times 200}\left(\left(1+\frac{1}{\sqrt{2}\times 0.05}\right)\right) = 315.46\mu F$$

$$(b) De\ de\ la\ ecuación\ \ V_{cd} = \frac{2}{2\pi / q}\int_0^{\pi/q} V_m \cos\omega t d(\omega t) = V_m \frac{q}{\pi} sen\frac{\pi}{q}$$

el voltaje promedio de carga V_{cd} es

$$V_{cd} = 169.7 - \frac{169.7}{4\times 60\times 200\times 415.46\times 10^{-6}} = 169.7 - 11.2 = 158.49$$

Problema 2.3.23

El voltaje rms de entrada al circuito de figura P2.3.23 es 120 V, 60 Hz.

(a) Si el voltaje de salida de corriente directa es V_{cd} = 48 V a Icd = 25 A, determine los valores de la inductancia L_e, α, β e I_{rms}.

(b) Si I_{cd} = 15 A y L_e = 6.5 Calcule los valores de V_{cd}, a, e I_{rms}.

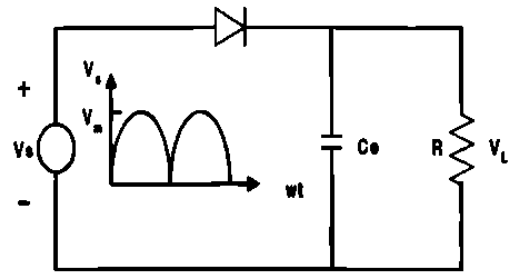


Figura P2.3.23

$w = 2\pi \times 60 = 377 rad/s, Vcd = 48V, Vs = 120V, V_m = \sqrt{2} \times 120 = 169.7V$

(a) *La relación de voltaje* $x = V_{cd}/V_m = 48/169.7 = 28.28\%$

$\alpha = sen^{-1}(x) = 16.43°$

Resolviendo de la ecuación $\cos\beta + x\beta = \cos\alpha + x\alpha$ *en función de* β

obtenemos el valor de $\beta = 117.43°$

Ecuación $I_{cd}/I_{pk} = \frac{2}{2\pi}\int_{\alpha}^{\beta}\frac{\omega L_e}{V_m} i_L d(\omega t)$ *obtenemos la relación de corriente* $I_{cd}/I_{pk} = 13.425\%$

Así $I_{pk} = I_{cd}/0.13425 = 186.22$ A

El valor requerido de inductancia es

$L_e = V_m/(wI_{pk}) = 169.7/(377 * 186.22) = 2.42$ mH

Ecuación $\frac{I_{rms}}{I_{pk}} = \left[\frac{2}{2\pi}\int_{\alpha}^{\beta}\left(\frac{\omega L_e}{V_m} i_L\right)^2 d(\omega t)\right]^{1/2}$

obtenemos la relación de corriente $I_{rms}/I_{pk} = 22.59\%$

Así $I_{rms} = 0.2259 * I_{pk} = 0.2259 * 186.22 = 42.07$A.

$(b) - I_{cd} = 15$ A, $Le = 6.5$ mH, $I_{pk} = V_m/wL_e) = 169.7/(377 * 6.5$ mH$) = 69.25$ A.

$y = I_{cd}/I_{pk} = 15/69.25 = 21.66\%$

Utilizando la interpolación lineal, obtenemos

$x = (x_n - x_{n+1} - x_n)(y_n - y)/(y_{n+1} - y_n)$

$= 10 - (15 - 10)(25.5 - 21.66)/(21.5 - 25.5) = 14.8\%$

$V_{cd} = xV_m = 0.148 * 169.7 = 25.12V.$

$\alpha = \alpha_n - (\alpha_{n+1} - \alpha_n)(Y_n - y)/(y_{n+1} - y_n)$

$= 5.75 - (8.63 - 5.74)(25.5 - 21.66)/(21.5 - 25.5) = 8.51°$

$\beta = \beta_n - (\beta_{n+1} - \beta_n)(y_n - y)(y_{n+1} - y_n)$

$= 139.74 - (131.88 - 139.74)(25.5 - 21.66)/(21.5 - 25.5) = 132.19°$

$z = I_{rms}/I_{pk} = z_n - (z_{n+1} - x_n)(y_n - y)/(y_{n+1} - y_n) =$

$37.06 - (32.58 - 37.06)(25.5 - 21.66)/(21.5 - 25.5) = 32.76\%$

Así $I_{rms} = 0.3276 * I_{pk} = 0.3276 * 69.25 = 22.69$ A.

Problema 2.3.24

El rectificador monofásico de la figura P2.3.24 tiene una carga resistiva R, y un capacitor C está conectado a través de la carga. La corriente promedio de carga es Icd. Suponiendo que el tiempo de carga del capacitor es despreciable en comparación con el de descarga, determine las armonicas del voltaje rms de salida, Vca.

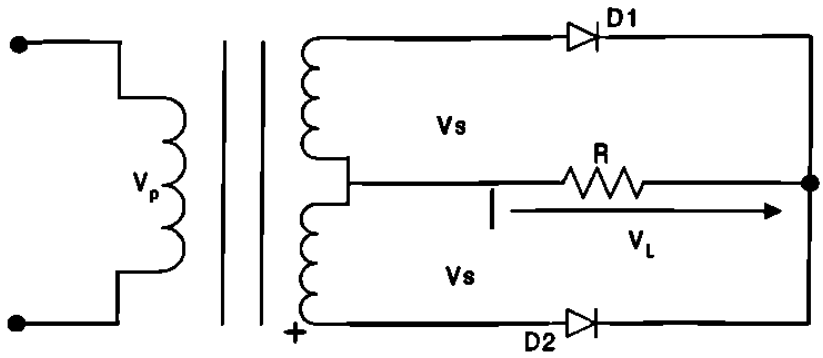


Figura P2.3.24

Supongamos que t_1 es el tiempo de carga y t_2 es el tiempo de descarga del capacitor para un rectificador de onda completa, el voltaje de salida es T/2, donde T es periodo de la frecuencia $f = 1/T$.

$T_1 + T_2 = T/2$. *Si* $t_2 >> t_1$ *En el caso normal de,* $t_2 \approx T/2$.

Durante el periodo de descaga del capacitor, el voltaje de salida del capacitor, el capacitor se descarga en forma exponencial a través de:

$V_o(t) = V_m\, e^{-t/RC}$

Donde V_m *es el valor del voltaje de pico.*

El voltaje de pico a pico se encuentra

$V_r = V_o(t = t_1) - V_o(t = t_2) = V_m - e^{-t2/RC} = Vm(1 - e^{-t2/RC})$

Por lo tanto si $e^{-x} \approx -x, v_r = V_m(1 - 1 + t_2/RC) = V_m\, t_2/RC = V_m/(2fRC)$

Así el valor del voltaje de salida rms de la armónica es

$$V_{ca} = \frac{V_r}{2\sqrt{2}} = \frac{V_m}{4\sqrt{2}\, f\, RC}$$

Problema 2.3.25

El filtro LC que se muestra en la figura P2.3.25 es utilizado para reducir el contenido de componente ondulatoria del voltaje de salida en un rectificador estrella de seis fases. La resistencia de carga es R = 20 Ω, la inductancia L = 5 mH, y la frecuencia de la fuente es 60 Hz. Determine los parámetros del filtro Le y Ce de tal manera que el factor de componente ondulatoria del voltaje de salida sea 5%

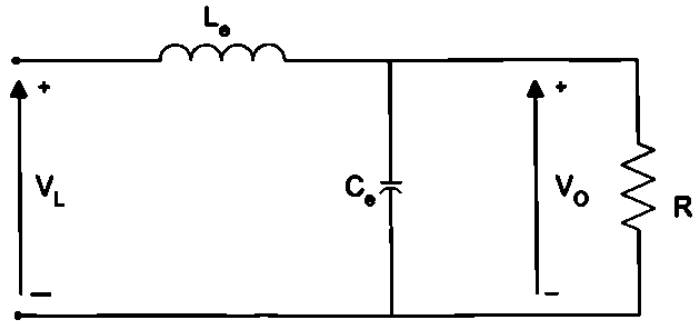


Figura P2.3.25

$R = 20\Omega, L = 5mH, f = 60Hz, w = 2\pi f = 377\ rad/s$

Tomando una relación de 10 : 1, el valor del capacitor es mostrado por

$$\sqrt{[R^2 + (6wL)^2]} = 10/(6wC_e)\ ó\ C_e = \frac{10}{6*377\sqrt{R^2 + (6*377\,L)^2}} = 192.4\mu F,$$

$$La\ ec. i_L = \frac{\sqrt{2}V_S}{Z}\left[sen(\omega t - \theta) + \frac{2}{1 - e^{-(R/L)(\pi/\omega)}} sen\theta e^{-(R/L)t}\right] - \frac{E}{R},$$

da el valor de rms para la sexta armónica como

$$V_6 = \frac{2}{32\sqrt{2}} 0.9549 V_m$$

$$La\ ec. V_{on} = \left|\frac{-1/(n\omega C_e)}{(n\omega L_e) - 1/(n\omega C_e)}\right| V_n = \left|\frac{-1}{(n\omega)^2 L_e C_e - 1}\right| V_n,$$

da el valor del voltaje de entrada rms como

$$V_{ca} = \frac{V_6}{(nw)^2\ L_1 C - 1} = \frac{2}{35\sqrt{2}} \frac{0.9549 V_m}{(6w)^2\ L_1 C - 1}$$

$$V_{cd} = 0.9549 V_m$$

El factor de potencia de entrada es

$$RF = \frac{Vca}{Vcd} = \frac{\sqrt{2}}{35} \frac{1}{(6w)^2\ L_1 C - 1} = 0.05 \quad o \quad (6w)^2\ L_1 C - 1 = 0.808$$

$$y\ L_1 = 1.837\ mH$$

Problema 2.3.26

El puente rectificador trifásico de la figura P2.3.26 tiene una R_l y es alimentado a partir de una fuente conectada en estrella.

(a) Use el método de las series de Fourier para obtener expresiones para el voltaje de salida $v_L(t)$ y de la corriente de carga $i_L(t)$.

(b) Si el voltaje pico de fase es V_m = 170 V a 60 Hz y la resistencia de carga l para limitar la corriente de componente ondulatoria a 2% del valor promedio I_{cd}

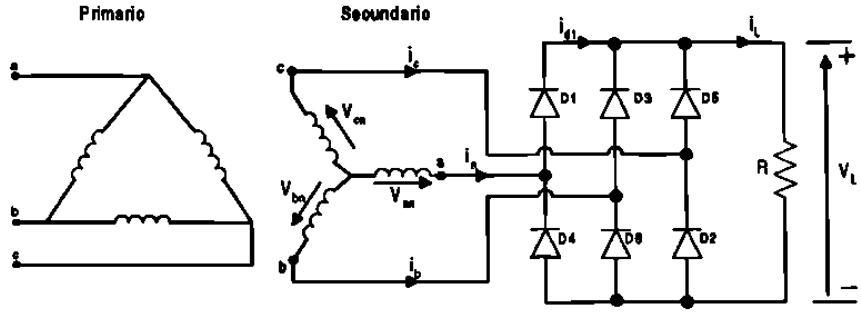


Figura P2.3.26

$$(a)\ Con\ q=6,\ De\ la\ ec.\ v_L(t)=0.9549V_m(1+\frac{2}{35}\cos 6\omega t-\frac{2}{143}\cos 12\omega t+...)$$

obtenemos el voltaje de salida como

$$V_l(t)=0.9549V_m[1+\frac{2}{35}\cos 6wt-\frac{2}{143}\cos 12wt+..]$$

La impedancia de carga $z=R+j(nwL)=\sqrt{R^2+(nwL)^2}\angle\theta n$

$y\ \theta n=\tan^{-1}(nwL/R)$ *y la corriente de carga es*

$$i_L(t)=I_{cd}-\frac{0.9549V_m}{\sqrt{R^2+(nwL)^2}}[\frac{2}{35}\cos(6wt-\theta_6)-\frac{2}{143}\cos(12wt-\theta_{12})...]$$

$$Donde\ I_{cd}=\frac{V_{cd}}{R}=\frac{0.9549V_m}{R}$$

$(b)V_m=170v,\ f=60\ Hz,\ R=200\ \Omega,\ w=2\pi f=377\ rad/s$

El valor de corriente de entrada es

$$I_{ca}^2=\frac{(0.9549V_m)^2}{2[R^2+(6wL)^2]}(2/35)^2+\frac{(0.9549V_m)2}{2[R^2+(6wL)^2]}(2/143)^2+..$$

Considerando solo la armónica de mas bajo orden $(n=6)$

$$Ica=\frac{0.95492Vm(2/35)}{\sqrt{2}\sqrt{R^2+(6wL)^2}}$$

Usando el valor de I_{cd} *y después de simplificar el factor de potencia de entrada tenemos*

$$RF=\frac{Ica}{Icd}=\frac{2/(\sqrt{2}*35)}{\sqrt{1+(6wL/R)^2}}=0.02$$

$$0.0404^2=0.02^2[1+(6*377\ L/200)^2]\ o\ L=11.64\ mH$$

Problema 2.3.27

El rectificador monofásico de media onda de la figura P2.3.27 tiene un diodo de marcha libre y una corriente promedio de carga, libre de componente ondulatoria, Ia.

(a) Dibuje las formas de onda para las corrientes en D_1, D_m, y el primario del transformador

(b) Exprese la corriente del primario en series de Fourier y

(c) determine el factor de potencia de entrada del rectificador. Suponga una relación de vueltas del transformador igual a la unidad.

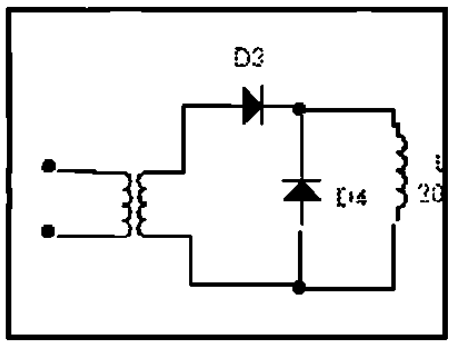


Figura P2.3.27

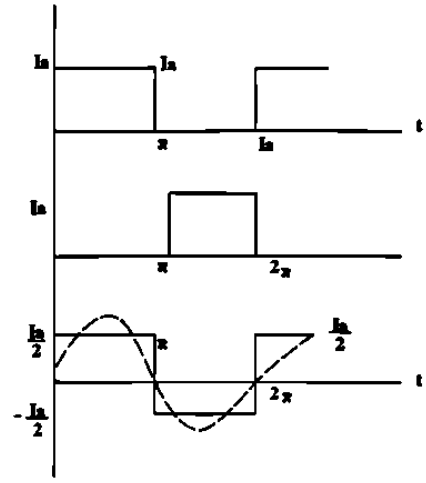


Figura P2.3.27a

(b) Para la corriente del primario en series de Fourier

$a_o = 0$

$$a_n = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \frac{I_a}{2}\cos n\theta \, d\theta = 0$$

$$b_n = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \frac{I_a}{2} sen \; n\theta \, d\theta = \frac{2I_a}{n\pi}$$

$$\phi_n = tan^{-1}(a_n/b_n) = 0$$

$$i_s(t) = \frac{2I_a}{\pi}\left(\frac{sen\ t}{1} + \frac{sen\ 3t}{3} + \frac{sen\ 5t}{5} + ..\right)$$

El valor fundamental de la corriente rms es $I_1 = 2I_a/(\pi\sqrt{2})$

La corriente rms es $I_s = I_a/2$.

$$PF = I_1/I_s = 2\sqrt{2}/\pi = 0.9 \text{ y } HF = \sqrt{(I_s/I_1)^2 - 1} = 0.4834.$$

(c) Para la entrada del rectificador en el secundario

$a_o/2 = I_a/2$

$$a_n = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} I_a \cos n\theta \, d\theta = 0$$

$$b_n = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} I_a \, sen \; n\theta \, d\theta = \frac{I_a}{n\pi}(1 - \cos n\theta)$$

$$\phi_n = tan - 1(a_n/b_n) = 0$$

$$c_n = \sqrt{(a_n^2 + b_n^2)} \text{ e } I1 = C_1/\sqrt{2} = \sqrt{2}\, I_a/\pi \text{ y } I_s = I_a/\sqrt{2}$$

$$PF = I_1/I_s = 2/\pi = 0.6366 \text{ y } HF = \sqrt{(I_s/I_1)^2 - 1)} = 1.211$$

Problema 2.3.28

Un rectificador monofásico de onda completa de la figura P2.3.28 tiene una corriente promedio de carga, libre de componente ondulatoria, Ia,

(a) Dibuje las formas de onda de las corrientes en D_1, D_2 y el primario del transfromador,

(b) Exprese la corriente del primario en series de Fourier y

(c) Determine el factor de potencia de entrada PF y el factor armónico HF de la corriente de entrada al rectificador. Suponga una relación de vueltas del trasformador igual a la unidad.

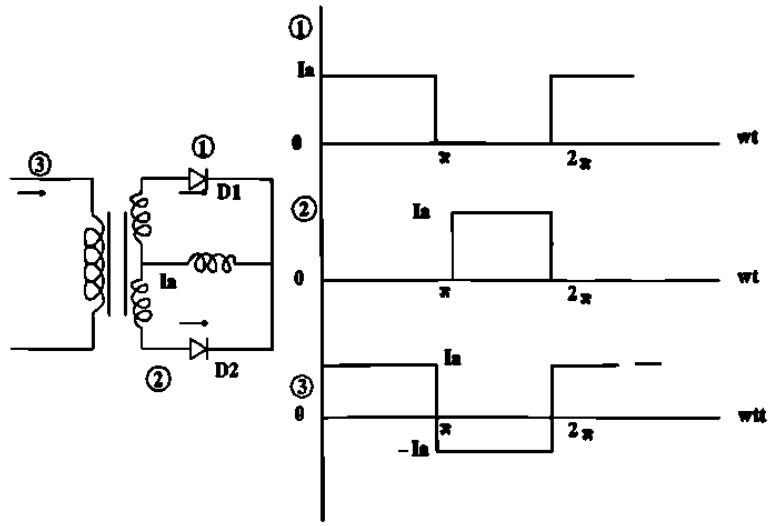


Figura P2.3.28

(b) Para la corriente del primario: De la siguiente ec. la corriente en el primario es.

$$i_s(t) = \frac{4I_a}{\pi}\left(\frac{sen\ wt}{1} + \frac{sen\ 3wt}{3} + \frac{sen\ 5wt}{5} + ...\right)$$

$$I_1 = 4I_a/(\pi\sqrt{2})$$

La corriente rms es $I_s = I_a, PF = I_1/I_s = 2\sqrt{2}/\pi = 0.9$

$$y\ HF = \sqrt{(I_s/I_1)^2 - 1} = 0.4834$$

La corriente de entrada del rectificad or en el secundari o

(c)Para la entrada del rectificad or en el secundari o

$$a_o/2 = I_a/2$$

$$a_n = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} I_a \cos n\theta\, d\theta = 0$$

$$b_n = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} I_a\, sen\ n\theta\, d\theta = \frac{I_a}{n\pi}(1 - \cos n\theta)$$

$$\phi_n = \tan^{-1}(a_n/b_n) = 0$$

$$c_n = \sqrt{(a_n^2 + b_n^2)}\ \ e\ I1 = C_1/\sqrt{2} = \sqrt{2}\, I_a/\pi \quad y \quad I_s = I_a/\sqrt{2}$$

$$PF = I_1/I_s = 2/\pi = 0.6366 \quad y\ HF = \sqrt{(I_s/I_1)^2 - 1}) = 1.211$$

Problema 2.3.29

El rectificador multifase en estrella de la figura P2.3.29 a tiene tres pulsos proporcionando una corriente promedio de carga, libre de componente ondulatoria, I_a. El primario y el secundario del transformador están conectados en estrella. Suponga una relación de vueltas del transformador igual a la unidad.

(a) Dibuje las formas de onda para las corrientes en D_1, D_2, D_3 y en el primario del transformador,

(b) Exprese la corriente en el primario en series de Fourier y

(c) Determine el factor de potencia de entrada PF y el factor armónico HF de la corriente de entrada

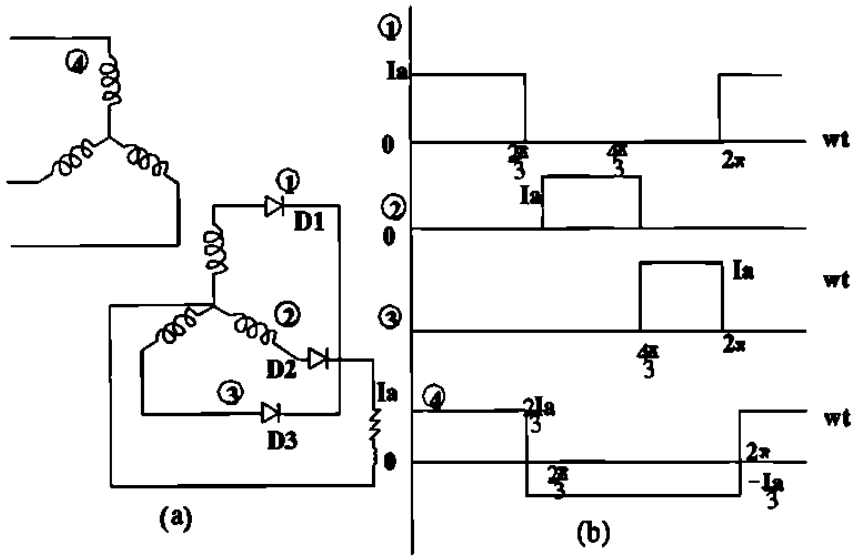


Figura P2.3.29

(b) Para la corriente de fase o de línea en el secundario

$$a_o/2 = 0$$

$$a_n = \frac{1}{\pi}\int_{\pi/6}^{5\pi/6} (2I_a/3)\ \cos n\theta\ d\theta - \frac{1}{\pi}\int_{5\pi/6}^{2\pi+\pi/6} (I_a/3)\cos n\theta\ d\theta$$

$$= \frac{2I_a}{n\pi}\cos\frac{n\pi}{3}\,sen\frac{n\pi}{3}$$

$$b_n = \frac{1}{\pi}\int_{\pi/6}^{5\pi/6} (2I_a/3)\ sen\, n\theta\ d\theta - \frac{1}{\pi}\int_{5\pi/6}^{2\pi+\pi/6} (I_a/3)\, sen\, n\theta\ d\theta$$

$$= \frac{2I_a}{n\pi}\,sen\frac{n\pi}{2}\,sen\frac{n\pi}{3}$$

$$c_n = \sqrt{(a_n^{\,2} + b_n^{\,2})} = \frac{2I_a}{n\pi}\,sen\frac{n\pi}{3}$$

$$\phi_n = tan^{-1}(\ a_n/b_n\ ) = \tan^{-1}(\cot n\pi/2)$$

$$(c)\ I_1 = C_1/\sqrt{2} = \sqrt{3}I_a/(\pi\sqrt{2}),\quad \phi_1 = 0\ \ y\ I_s = \sqrt{2}I_a/3$$

$$PF = I_1/I_s = 3\sqrt{3}/2\pi = 0.827\ y\ HF = \sqrt{(I_s/I_1)^2 - 1)} = 0.68$$

Problema 2.3.30

Repita el problema anterior si el primario del transformador está conectado en delta y el secundario en estrella.

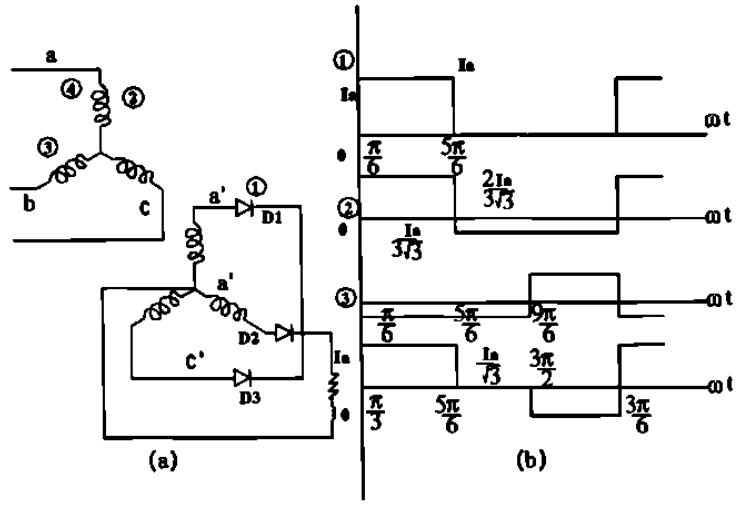


Figura P2.3.30

$$a_o/2=0$$

$$a_n=\frac{1}{\pi}\int_{\pi/6}^{5\pi/6}(I_a/3)\ \cos n\theta\ d\theta-\frac{1}{\pi}\int_{3\pi/2}^{2\pi+\pi/6}(I_a/3)\ \cos n\theta\ d\theta=\frac{2I_a}{\sqrt{3}n\pi}\,sen\frac{n\pi}{6}(1-\cos\frac{2n\pi}{3})$$

$$b_n=\frac{1}{\pi}\int_{\pi/6}^{5\pi/6}(I_a/3)\ sen\,n\theta\ d\theta\ -\frac{1}{\pi}\int_{3\pi/2}^{2\pi+\pi/6}(I_a/\sqrt{3})\ sen\,n\theta\ d\theta=\frac{2I_a}{\sqrt{3}n\pi}\cos\frac{n\pi}{6}(1-\cos\frac{2n\pi}{3})$$

$$c_n=\sqrt{(a_n^{\ 2}+b_n^{\ 2})}\ =\frac{2I_a}{\sqrt{3}n\pi}(1-\cos\frac{2n\pi}{3})$$

$$\phi_n=tan^{-1}(\ a_n/b_n\ )=\tan^{-1}(-\tan n\pi/6)=-n\pi/6$$

$$I_1=C_1/\sqrt{2}=\sqrt{3}I_a/(\pi\sqrt{2}),\ \ \phi_1=-\pi/6\ \ y\ I_s=\sqrt{2}I_a/3$$

(c) Para la corriente de fase en el secundario o en el primario

$$a_o/2=0$$

$$a_n=\ \frac{1}{\pi}\int_{\pi/6}^{5\pi/6}(2I_a/3\sqrt{3})\ \cos n\theta\ d\theta-\frac{1}{\pi}\int_{3\pi/2}^{2\pi+\pi/6}(I_a/3\sqrt{3})\ \cos n\theta\ d\theta=\frac{2I_a}{\sqrt{3}n\pi}\cos\frac{n\pi}{2}\,sen\frac{n\pi}{3})$$

$$b_n=\frac{1}{\pi}\int_{\pi/6}^{5\pi/6}(I_a/3\sqrt{3})\ sen\,n\theta\ d\theta\ -\frac{1}{\pi}\int_{3\pi/2}^{2\pi+\pi/6}(I_a/3\sqrt{3})\ sen\,n\theta\ d\theta=\frac{2I_a}{\sqrt{3}n\pi}\,sen\frac{n\pi}{2}\,sen\frac{n\pi}{3})$$

$$c_n=\sqrt{(a_n^{\ 2}+b_n^{\ 2})}\ =\frac{2I_a}{3n\pi}\,sen\frac{n\pi}{3})$$

$$\phi_n=tan^{-1}(\ a_n/b_n\ )=\tan^{-1}(\cot n\pi/2)$$

$$I_1=C_1/\sqrt{2}=I_a/(\pi\sqrt{2}),\ \ \phi_1=0\ \ y\ I_s=\sqrt{2}I_a/(3\sqrt{3})$$

$$PF=I_1/I_s=3\sqrt{3}/2\pi\ =0.827\ y\ HF=\sqrt{(I_s/I_1)^2-1)}=0.68$$

Problema 2.3.31

El rectificador multifase en estrella de la figura P2.3.31a tiene seis pulsos proporcionando una corriente promedio de carga, libre de componente ondulatoria I_a. El primario del transsformador está conenctado en delta y el secundadario en estrella. Suponga una relación de vueltas del transformador igual a la unidad.

(a) Dibuje las formas de onda para las corrientes en D_1, D_2, D_3 y el primario del transformador,

(b) Exprese la corriente en el primario en series de Fourier

(c) determine el factor de potencia de entrada PF y el factor armónica HF de la corriente de entrada.

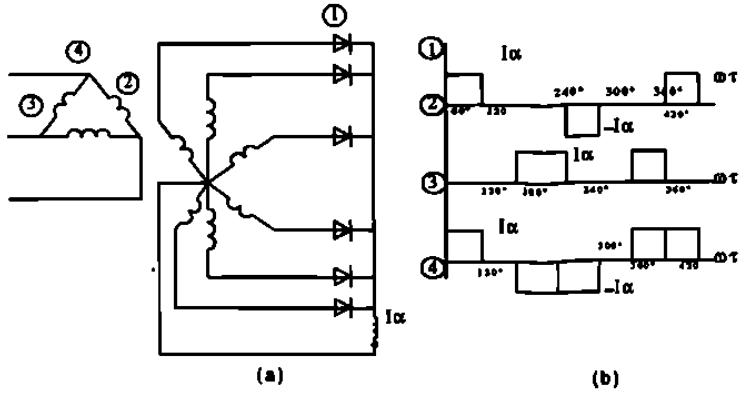


Figura P2.3.31

(b) Para la corriente de linea en el secundario

$a_o/2 = 0$

$$a_n = \frac{I_a}{\pi}[\int_{\pi/3}^{2\pi/3} \cos n\theta\, d\theta - \int_{\pi}^{5\pi/3} \cos n\theta\, d\theta + \int_{2\pi}^{2\pi+\pi/3} \cos n\theta\, d\theta] = -\frac{2I_a}{n\pi} sen\frac{n\pi}{2} cos\frac{7n\pi}{6})$$

$$b_n = \frac{I_a}{\pi}[\int_{\pi/3}^{2\pi/3} sen\, n\theta\, d\theta - \int_{\pi}^{5\pi/3} sen\, n\theta\, d\theta + \int_{2\pi}^{2\pi+\pi/3} sen\, n\theta\, d\theta] = \frac{I_a}{\pi}(1 - \cos n\pi - 2sen\frac{n\pi}{2} sen\frac{7n\pi}{6})$$

$Para\ n = 1, C_1 = \sqrt{(a_1^2 + b_1^2)} = 2\sqrt{3}I_a/\pi$

$\phi_1 = \tan^{-1}(a_1/b_1) = tan^{-1}(1/\sqrt{3}) = \pi/6$

$I_1 = C_1/\sqrt{2} = \sqrt{2}\sqrt{3}I_a/\pi,\ y\ Is = I_a\sqrt{(2/3)}$

(c) Para corrientede fase en el secundario o primario

$a_o/2 = 0$

$$a_n = \frac{I_a}{\pi}[\int_{\pi/3}^{2\pi/3} \cos n\theta\, d\theta - \int_{4\pi/3}^{5\pi/3} \cos n\theta\, d\theta] = 0$$

$$b_n = \frac{I_a}{\pi}[\int_{\pi/3}^{2\pi/3} sen\, n\theta\, d\theta - \int_{4\pi/3}^{5\pi/3} sen\, n\theta\, d\theta] = \frac{4I_a}{n\pi} sen\frac{n\pi}{2} sen\frac{n\pi}{6}$$

$Cn = bn\ y\ \phi n = 0$

$C_1 = 2\, I_a/\pi, I_1 = C_1/\sqrt{2} = 2I_a/(\sqrt{2}\pi), \phi 1 = 0\ y\ I_s = I_a/\sqrt{3}$

$PF = I_1/I_s = \sqrt{2}\sqrt{3}/\pi = 0.78\ y\ HF = \sqrt{(I_s/I_1)^2 - 1} = 0.803$

Problema 2.3.32

El puente rectificador trifásico de la figura P2.3.32 a proporciona una corriente de carga, libre de componente ondulatoria, I_a. El primario y el secundario del transformador están conenctados en estrella. Suponga una relación de vueltas del transformador igual a la unidad

(a) Dibuje las formas de onda para las corrientes en D_1, D_3, D_5 y la corriente de fase en el secundario del transformador,

(b) Exprese la corriente de fase en el secundario de Fourier y

(c) Determine el factor de potencia de entrad PF y del factor armónico HF de la corriente de entradà.

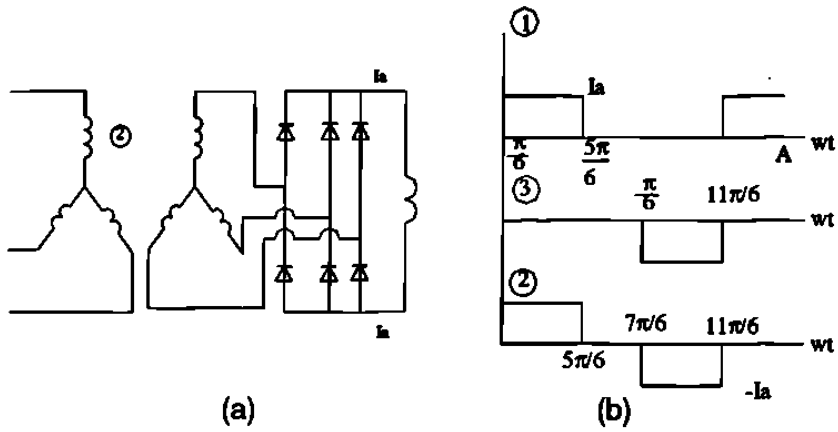


Figura P2.3.32

(b) Para la corriente de fase o de linea en el primario o secundari o

$a_o/2 = 0$

$$a_n = \frac{2I_a}{\pi}\int_{\pi/6}^{5\pi/6} \cos n\theta \, d\theta = \frac{4I_a}{n\pi} sen \frac{n\pi}{3} \cos \frac{n\pi}{2}$$

$$b_n = \frac{2I_a}{\pi}\int_{\pi/6}^{5\pi/6} sen\, n\theta \, d\theta = \frac{4I_a}{n\pi} sen \frac{n\pi}{3} sen \frac{n\pi}{2}$$

$$C_n = \frac{4I_a}{n\pi} sen \frac{n\pi}{3} \quad y\, \phi_n = tan^{-1}(a_n/b_n) = \tan^{-1}(\cot n\pi/2)$$

$(c)\, C_1 = 2\sqrt{3}\, I_a/\pi \qquad \phi_1 = 0$

$I_1 = C_1/\sqrt{2} = \sqrt{2}\sqrt{3} I_a/\pi,\ y\ I_s = I_a\sqrt{(2/3)}$

$PF = I_1/I_s = 3/\pi = 0.9549\ y\ HF = \sqrt{(I_s/I_1)^2 - 1} = 0.3108$

Problema 2.3.33
Repita el problema anterior si el primario del trasformador está conectado en delta y el secundario en estrella.

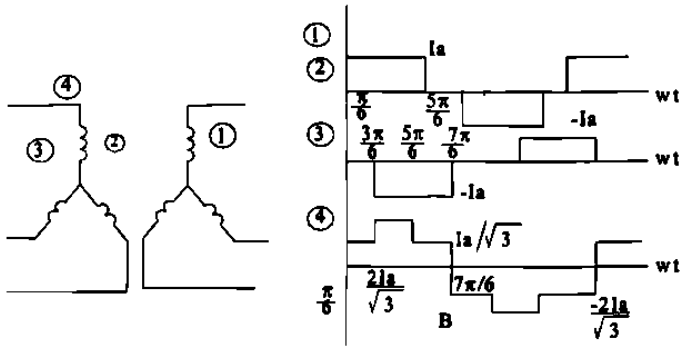


Figura P2.3.33

Problema 2.3.34
Repita el problema 2.3.32 si tanto el primario como el secundario del transformador están conectados en delta.

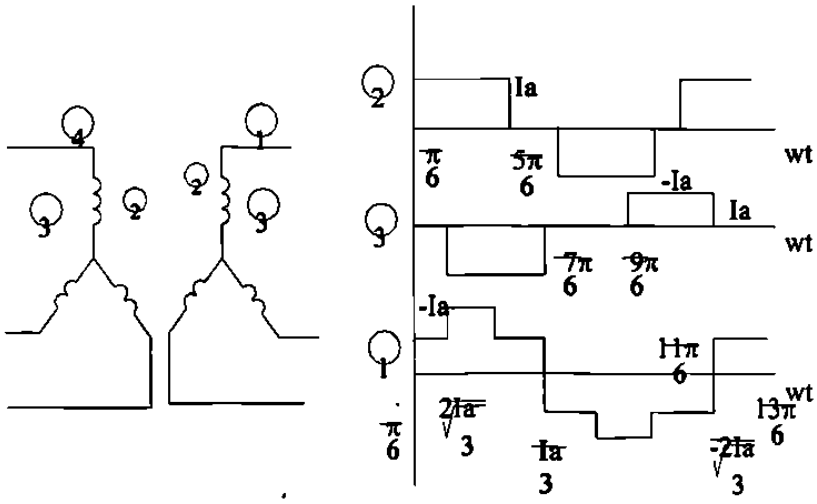


Figura P2.3.34

(*b*) *Para la corriente de linea en el primario o secundari o*

$a_o/2 = 0$

$$a_n = \frac{2I_a}{\pi}[\int_{\pi/6}^{5\pi/6} \cos n\theta \, d\theta = \frac{4I_a}{n\pi} sen \frac{n\pi}{3} cos \frac{n\pi}{2}$$

$$b_n = \frac{2I_a}{\pi}[\int_{\pi/6}^{5\pi/6} sen \, n\theta \, d\theta = \frac{4I_a}{n\pi} sen \frac{n\pi}{3} sen \frac{n\pi}{2}$$

$$c_n = \frac{4I_a}{n\pi} sen \frac{n\pi}{3} \quad y$$

$$\phi_n = \tan^{-1}(a_n / b_n) = tan^{-1}[cot\,(n\pi/2)]$$

$$I_1 = C_1/\sqrt{2} = \sqrt{2}\sqrt{3}I_a/\pi, \; \phi 1 = 0 \quad y \; I_s = I_a\sqrt{(2/3)}$$

(*c*) *Para la corriente de fase en el primario o secundari o*

$a_o/2 = 0$

$$a_n = \frac{2I_a}{3\pi}[\int_{\pi/6}^{\pi/2} \cos n\theta \, d\theta + \int_{\pi/2}^{5\pi/6} 2\cos n\theta \, d\theta + \int_{5\pi/6}^{7\pi/6} cos \, n\theta \, d\theta]$$

$$= \frac{8I_a}{3n\pi} cos \frac{2n\pi}{3} sen \frac{n\pi}{3} cos \frac{n\pi}{6}$$

$$b_n = \frac{2I_a}{3\pi}[\int_{\pi/6}^{\pi/2} sen \, n\theta \, d\theta + \int_{\pi/2}^{5\pi/6} 2sen \, n\theta \, d\theta + \int_{5\pi/6}^{7\pi/6} sen \, n\theta \, d\theta]$$

$$= \frac{8I_a}{3n\pi} sen \frac{2n\pi}{3} sen \frac{n\pi}{3} cos \frac{n\pi}{6}$$

$$c_n = \frac{8I_a}{3n\pi} sen \frac{n\pi}{3} cos \frac{n\pi}{6}$$

$$\phi_n = \tan^{-1}(a_n / b_n) = tan^{-1}[cot\,(2n\pi/3)]$$

$$C_1 = 2I_a/\pi \; y \quad I_1 = C_1/\sqrt{2} = \sqrt{2}I_a/\pi, \quad \phi_1 = \tan^{-1}(-1/\sqrt{3}) = -\pi/6$$

$$I_s = \sqrt{2}I_a/3, \quad PF = I_1/I_s = 3/\pi = 0.9549$$

$$HF = \sqrt{(I_s/I_1)^2 - 1} = .3108$$

Problema 2.3.35

Un circuito de diodos se muestra en la figura P2.3.35, donde la corriente de carga está fluyendo a través del diodo D_m. Si se cierra el interruptor Si en t = 0, Determine:

(a) expresiones para $v_c(t)$, $i_c(t)$ e $i_d(t)$;
(b) el tiempo t_1 donde el diodo D_1 deja de conducir,
(d) el tiempo t_q donde el voltaje a través del capacitor se convierte en cero
(e) el tiempo requerido para que el capacitor se recargue al voltaje de alimentación V_s.

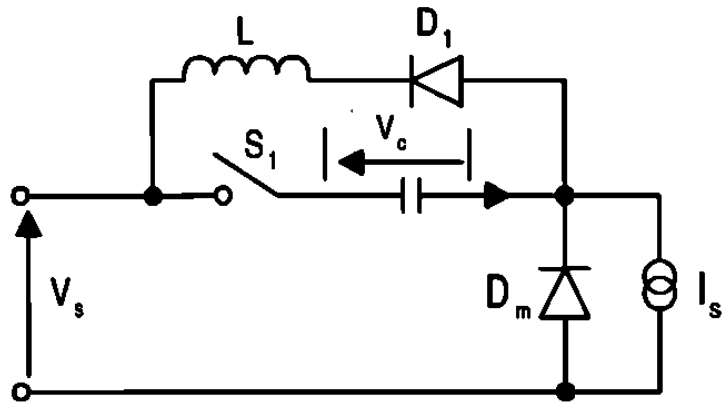


Figura P2.3.35

$$(a) i_c = i_d + I_m$$

$$v_c = \frac{1}{C}\int i_c \; dt + v_c(t=0) = -L\frac{di_d}{dt} = -L\frac{di_c}{dt}$$

$$Con\ la\ condición\ inicial:\ i_c(t=0) = I_m \quad y \quad v_c(t=0) = -V_s,$$

$$i_c(t) = V_s\sqrt{\frac{C}{L}}\ sen(w_o\ t) + I_m\ cos\ (w_o\ t)$$

$$Donde\ w_o = 1/\sqrt{(LC)}$$

$$v_c(t) = \frac{1}{C}\int_0^t i_c(t)\ dt = I_m\sqrt{\frac{L}{C}} sen(w_o\ t) - V_s\ cos(w_o\ t)$$

$$i_d(t) = V_s\sqrt{\frac{C}{L}}\ sen(w_o\ t) + I_m\ cos(w_o\ t) - I_m$$

$$(b)\ Para\ i_d\ (\ t = t_1\ ) = 0$$

$$i_d(t) = V_s\sqrt{\frac{C}{L}}\ sen(w_o\ t) + I_m\ cos(w_o\ t) - I_m = 0$$

$$o \cos \alpha \; sen\, w_o t + sen\, \alpha \cos w_o t = \frac{1}{\sqrt{1+x^2}}$$

$$o \; sen\,(w_o t_1 + \alpha) = \frac{1}{\sqrt{1+x^2}}$$

$$o \; w_o t_1 = sen(\frac{1}{\sqrt{1+x^2}}) - \tan^{-1}(1/x)$$

Donde $x = (Vs/I_m)\ \sqrt{(C/L)}$

$$(c)\, v_c(t = t_q) = 0 \qquad v_c(t) = I_m \sqrt{\frac{L}{C}}\, sen\,(w_o\ t) - V_s \cos(w_o\ t) = 0$$

$$o \quad t_q = \sqrt{(LC)}\ \tan^{-1}(x)$$

(d) El tiempo requerido para que el capacitor se cargue al voltaje de aliemtación en una corriente constante de I_m *es,*

$$v_c = v_s = \int_0^t Im\ dt \qquad t_1 = v_s\ c/I_m$$

El tiempo que tarda en cargar y descargar es $t_2 = t_1 + t_q$

Problema 2.4.1

La capacitancia de unión de un tiristor puede suponerse independientemente del voltaje en estado inactivo. El valor limitante de la corriente de carga para activar el tiristor es 12 mA. Si el valor crítico de *dv/dt* es 800 V/µs, determine la capacitancia de la unión.

$dv/dt = 800\,V/\mu s, i_{j2} = 12mA.$ *Desde* $d(C_{J2})/dt = 0$, *podemos encontrar el valor crítico de dv/dt en la ec.* $i_{j2} = \frac{d(q_{j2})}{dt} = \frac{d}{dt}(C_{j2}V_{j2}) = V_{j2}\frac{dC_{j2}}{dt} + C_{j2}\frac{dV_{j2}}{dt}$

$$dv/dt = 800V/\mu s = i_{J2}/C_{J2} = 12\times 10^{-3}\ /C_{J2}$$

$$o \quad C_{J2} = 15 \quad pF$$

Problema 2.4.2

La capacitancia de unión de un tiristor es C_{J2}= 20 pF y se puede suponer independiente del voltaje en estado inactivo. El valor limitante de la corriente de carga para activar el tiristor es 15 mA. Si se conecta un capacitor de 0.01 μF a través del tiristor , determine el valor crítico de *dv/dt*.

$C_{J2} = 20\,pF$, $i_{j2} = 15\,mA$, $C_1 = 0.01\,\mu F = 10000\,pF$

La capacitancia efectiva $Ce = C_1 + C_{J2} = 10020\,pF$

$dv/dt = i_{J2}/C_{J2} = 15\times10^{-3} / (20\times10^{-12}) = 750\ V/\mu s$

$i_2 = C_1\ dv/dt = 0.01\times10^{-6} * 750\times10^{6} = 7.5\,A.$

Sustituyendo la corriente total $i_T = i_{J2} + i_1 = 0.015 + 7.5 = 7.515\,A.$

Nota : Si consideramos la corriente de carga con 20 mA entonces $i_T = 20mA$,

el valor crítico de dv/dt es :

$dv/dt = i_T/C_e = 10\times10^{-3} /(10020\times10^{-12}) = 1.497\ V/\mu s$

Problema 2.4.3

En la figura P2.4.3 aparece un circuito de tiristor. La capacitancia de unión del tiristor es C_{J2} = 15 pF y se puede suponer independiente del voltaje en estado inactivo. El valor limitante de la corriente de carga para activar el tiristor es 5 mA y el valor crítico de *dv/dt* es 200 V/μs. Determine el valor de la capacitancia C_s tal que el tiristor no se activa debido a *dv/dt*.

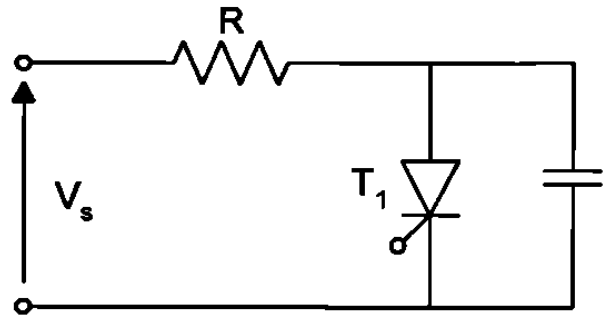


Figura P2.4.3

$C_{J2} = 15\,pF$, $i_{j2} = 5\,mA$, $dv/dt = 200\ V/\mu s$

La capacitancia efectiva

$Ce = Cs + C_{J2}$

$dv/dt = 200\times10^{6} = i_T/C_e = 5\times10^{-3} / Ce$ o $Ce = 25\,pF$

$Cs = Ce - C_{j2} = 25 - 15 = 10\,pF$

Problema 2.4.4

El voltaje de entrada en la figura P2.4.4 es Vs = 200 V, con una resistencia de carga de L = 50 μH. Si la relación de amortiguamiento es 0.7 y la corriente de descarga del capacitor es de 5mA. Determine:

(a) los valores de Rs y Cs, y
(b) el *dv/dt* máximo

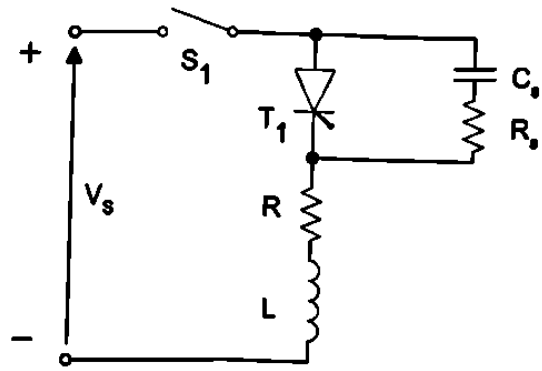


Figura P2.4.4

$I_{TD} = 5A,\ R = 10\,\Omega \quad L = 50\mu H, \quad Ls = 0, \quad V_s = 200V, \quad \delta = 0.7$

$R_s = 200 / I_{TD} \ = \ 40\Omega$

$a)$ *De la ecuación* $\delta = \dfrac{\alpha}{\omega_0} = \dfrac{R_S + R}{2}\sqrt{\dfrac{C_S}{L_S + L}},$

$0.7 = \ [(10 + 40)/2] \quad \sqrt{(C_s/L)} \quad o \quad C_s = 0.0392 \ \mu F$

$b)$ *De la ecuación* $V_s = n_s V_{D1} - (n_s - 1)R\Delta I_D$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{0.368 * 10 * 200}{0.0392 \times 10^{-6} * (10 + 40)} = 375.5\, V/\mu s$$

Problema 2.4.5
Repita el problema anterior si el voltaje de entrada es de CA, Vs = 179 sen 377t.

$I_{TD} = 5\ A,\ \ R = 10\Omega,\ L = 50\ \mu H\ ,L_s = 0,\quad V_m = 179V, \delta = 0.7$
$= 377\ rad/s,\ R_s = 179/I_{TD} = 179/5 = 35.8\Omega$

(a) *De la ecuación* $\delta = \dfrac{\alpha}{\omega_0} = \dfrac{R_S + R}{2}\sqrt{\dfrac{C_S}{L_S + L}},$

$0.7 = [(10 + 35.8)/2\ ]\ \sqrt{(Cs/L)}\quad o\quad Cs = 0.0467\ \mu F$

$X_L = j\,377 * 50 \times 10^{-6} = j0.0189\Omega$

$X_C = -10^6\ /\ (377 * 0.0467\ ) = -j56799\Omega$

$X_C << X_L$, *y el efector de la inductancia lo tomamos de.*

$$(Rs + R)\,i + \frac{1}{Cs}\int i\,dt = V_m\ sen\,\theta,\ \ donde\ \ \theta = 377\,t$$

La corriente se soluciona de la siguiente forma

$$i(t) = I_o\,e^{-t/\tau} + \frac{V_m\ C_s}{[1 + (w\tau)^2\ ]^{1/2}}\,sen\ (\theta + \delta)$$

$$donde\ \ \tau = (R_s + R)\ C_s,\ \ \delta = tan^{-1}[1/(w\tau)]$$

La condición de $i(t) = Io$ *Así* $t = 0$ *obtenemos,*

$$I_o = -\frac{V_m\ Cs}{[\ 1 + (w\tau)^2\ ]^{1/2}}\,sen\,\delta$$

$$i(t) = \frac{V_m C_s}{[1 + (w\tau)^2\ ]^{1/2}}\,[-sen\,\delta\ e^{-t/\tau} + sen\,(\theta + \delta)]$$

El voltaje total es :

$$v_t(t) = Vs - R\,i(t)$$

$$= V_m\ sen\ \theta - \frac{V_m\ C_s}{[1 + (w\tau)^2\ ]^{1/2}}\,[-\,sen\,\delta\ e^{-t/\tau} + sen\,(\theta + \delta)]$$

$$\frac{dv}{dt} = Vm\cos\theta - \frac{V_m\ C_s}{[1 + (w\tau)^2\ ]^{1/2}}\,[-\frac{sen\,\delta}{\tau}\,e^{-t/\tau} + \cos\,(\theta + \delta)]$$

$\delta = 89.95°$

El resultado para dv/dt contra el tiempo cede un valor máximo a dv/dt.

El valor máximo para dv/dt con $\theta = 0°$ *o* $180°$

Así $\theta = 0°$ $dv/dt = 66009\ v/s$

Así $\theta = 180°$ $dv/dt = -67483\ V/s$

$Io = -3.15\ mA.\qquad Ip = 3.15\ mA.$

Problema 2.4.6

Un tiristor conduce una corriente como aparce en la figura. P2.4.6. La frecuencia de conmutación es *fs* = 50 Hz. Determine la corriente promedio en estado activo I_T.

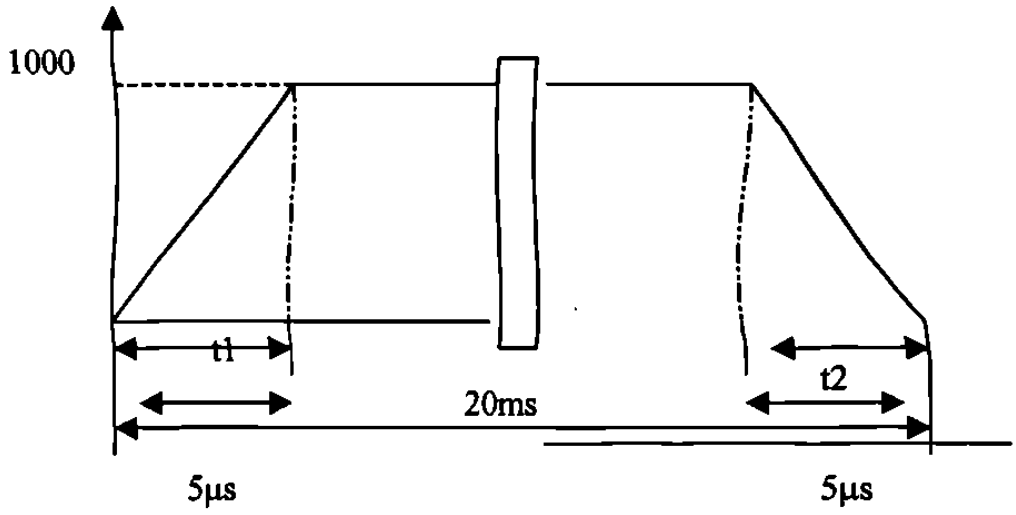


Figura P2.4.6

$I_p = I_{TM} = 1000v\,A$, $T = 1/fs = 1/50 = 20\,ms.\,t_1 = t_2 = 5\mu s$

La corriente promedio en estado activo es.

$$I_T = \frac{1}{20000}\,[0.5*5*1000 + (20000 - 2*5)*1000 + 0.5*5*1000] = 999.5\,A.$$

Problema 2.4.7

Una cadena de tiristores se conecta en serie para soportar un voltaje de CD Vs = 15 kV. La corriente de fuga máxima y las diferencias de carga de recuperación de los tiristores son de 10 mA y 150 μC, respectivamente. Un factor de reducción de especificación o decaimiento del 20% ha sido aplicado a la distribución en régimen de estado permanente y de voltaje transitorio de los tiristores. Si la compartición máxima de voltaje de régimen permanente es 1000 V, determine:

a) la resistencia R de compartición de voltaje en régimen permanente de cada tiristor.
b) la capacitancia C_1 del voltaje transitorio de cada tiristor.

$$V_s = 15000V,\ I_D = 10\,mA,\ Q = 150\,\mu C,\ DRF = 20\%\quad V_D(max) = 1000V$$

$$De\ la\ ecuación\ \ DRF = 1 - \frac{V_S}{n_S V_{DS(max)}}$$

$$DRF = 1 - V_s/(n_s - V_{D(max)})\ o\ \ 0.2 = 1 - 15000\,/\,(n_s * 1000)$$

$$ns = 18.75 \approx 19\ (tiristores)$$

$$(a)\ De\ la\ ecuación\ \ V_{DS(max)} = \frac{V_S + (n_S - 1)RI_{D2}}{n_S}$$

$$1000 = [\ \frac{15000 + (19+1)\ R * 10\times10^{-3}}{19}\ ]\ o\ \ R = 222.222\ k\Omega$$

$$(b)\ De\ la\ ecuación\ \ V_{DT(max)} = \frac{1}{n_s}\left[V_S + \frac{(n_s - 1)Q_2}{C_1}\right]$$

$$1000 = \frac{1}{19}[15000 + \frac{(19-1) * 150\times10^{-6}}{C_1}]\quad o\quad C_1 = 0.675\mu F$$

Problema 2.4.8

Dos tiristores están conectados en paralelo para convertir una corriente de carga total IL = 600 A. La caída de voltaje en estado activo de un tiristor es V_{T1} = 1.0 a 600 A y la de los otros tiristores es V_{T2} = 1.5 V a 300 A. Determine los valores de las resistencias en serie necesarisas para obligar a la compartición de corriente con una diferencia del 10%. El voltaje total V = 2.5 V.

$I_T = 600A,\ V_{T1} = 1.0\ a\ 300A,\ V_{T2} = 1.5V, a\ \ 300A$ *El voltaje total es*

$V_T = 2.5V,$

$I_1 - I_2 \ = 0.1*600 = 60A.$

$I_1 + I_2 \ = 600A$

$I_1 \ = 330A,\ I_2 = 270A$

$V_{T1} + R_1\, I_1 = V_T$

$V_{T1} + R_1\, I_1 = V_{T2} + R_2\, I_2$

$1 + R_1 * 330 = 1.5 + R_2 * 270 \qquad 330\, R_1 - R_2 = 0.5$

$V_{T1} + R_1\, I_1 = V_T$

$o\ R_1 = (V_T - V_{T1})\,/I_1 = (2.5 - 1)\,/330 = 4.545\ m\Omega$

$V_{T2} + R_2\, I_2 = V_T$

$o\ R_2 = (V_T - V_{T2})\,/\,I_2 = (2.5 - 1.5)\,/270 = 3.7037\ m\Omega$

Problema 2.4.9

Diseñe el circuito de disparo de la figura P2.4.9. Los parametros de UJT son Vs = 20 V, η= 0.66, I_p= 10μA, V_v = 2.5 e I_v = 10 mA. La frecuencia de oscilación es f = 1 kHz, y el ancho de pulso de compuerta es t_g = 40 μs.

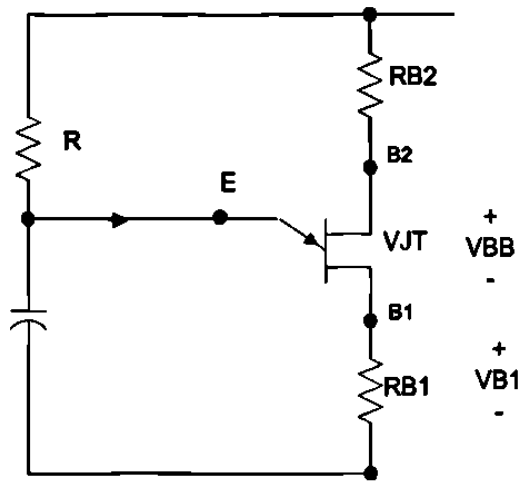


Figura P2.4.9

$T = 1/f \quad = 1/1 \quad kHz = 1\,ms$

$De\,la\,ec. V_p = \eta V_{BB} + V_D, Vp = 0.66 * 20 + 0.5 = 14.2\,V$

$Dejando\,C = 0.5\,\mu F$

$De\,la\,ecs. R < \dfrac{V_S - V_p}{V_p}\; y\; R > \dfrac{V_S - V_v}{I_v},$

La resistencia R esta limitada entre los valores de

$R < (20 - 14.2)/10\,\mu A = 580\,k\Omega$

$R > (20 - 2.5)/10\,mA = 1.75\,k\Omega$

$De\,la\,ec. T = \dfrac{1}{f} \approx RC\ln\dfrac{1}{1-\eta}, 1\,ms = R * 0.5\,\mu F * \ln[1/(1-0.66)]$

Esto nos da $R = 1.58\,k\Omega$

Y cae dentro del valor limite.

El voltaje de pico $V_{B1} = V_p = 14.2\,V.$

$De\,la\,ec. t_g = R_{B1}C, R_{B1} = tg/C = 40\,\mu s/0.5\,\mu F = 80\Omega$

$De\,la\,ec. R_{B2} = \dfrac{10^4}{\eta V_S},\; R_{B2} = 10^4/(0.66 * 20) = 758\Omega$

Problema 2.4.10

Diseñe el circuito de disparo de la figura P2.4.10. Los parametros de PUT son vs= 20 V,e I_G=1.5 mA. La frecuencia de oscilación es f= 1 kHz. El ancho de pulso es t_g=40μs y el pulso pico de disparo es V_{Rs}=8 V.

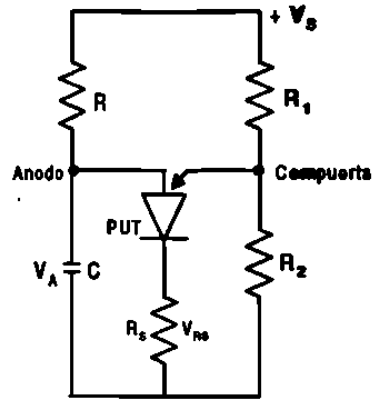


Figura P2.4.10

$T = 1/f = 1/1 \quad kHz = 1ms$

El pulso pico de disparo es $V_{Rk} = V_p = 10V$.

Dejando $C = 0.5\mu F$

De la ecuacion, $t_g = R_{B1}C, \quad Rk = tg/C = 40\ \mu s/0.5\ \mu F = 80\ \Omega$

De la ecuacion, $R_{B2} = \dfrac{10^4}{\eta V_S}, \quad \eta = V_p / Vs = 10/20 = 1/2$

De la ecuacion, $T = \dfrac{1}{f} = RC\ ln\dfrac{V_S}{V_S - V_p} = RC\ ln\left(1 + \dfrac{R_2}{R_1}\right)$

$1\ ms = R * 0.5\ \mu F * ln\ [20/(20-10)],$

Encontramos $R = 2.89\ k\Omega$

Para $I_G = 1.5\ mA, \quad Ec.(4.32)\ da$

$R_G = (1 - 1/2) * 20/1.5\ mA = 6.67\ k\Omega.$

De la ecuacion, $R_1 = \dfrac{R_G}{\eta}, R_1 = R_G/\eta = 6.67\ k\Omega * 2/1 = 13.33\ k\Omega$

De la ecuacion, $R_2 = \dfrac{R_G}{1-\eta}, R_2 = R_G/(1-\eta) = 6.67\ k\Omega * 2/1 = 13.33\ k\Omega$

Problema 2.4.11

La perdida de potencia de un dispositivo se muestra en la figura P2.4.11 Grafique la elevación instantánea de temperatura de la unión por arriba de la cápsula. Para $t_1 = t_3 = t_5 = t_7 = 0.5$ ms $Z_1 = Z_3 = Z_5 = Z_7 = 0.025°$ C/W.

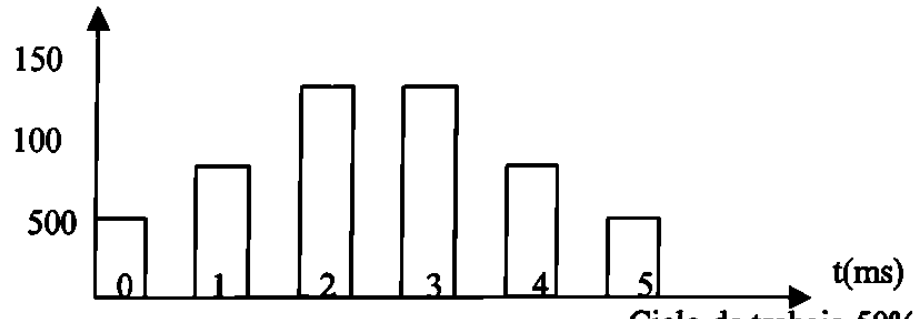


Figura P2.4.11

$P_1 = 500\,W, P_3 = 1000\,W, P_5 = 5000\,W,\ P_7 = 1500W,\ P_9 = 1000\,W, P_{11} = 500\,W$

Para $t_1 = t_3 = t_5 = t_7 = t_9 = t_{11} = 0.5\,ms,$

$z(t = t_1) = Z_1 = Z_2 = Z_5 = Z_7 = Z_9 = Z_{11} = 0.0025°C/W$

Para $t_2 = t_4 = t_6 = t_8 = t_{10} = 0.5\,ms,$

$z(t = t_2) = Z_2 = Z_4 = Z_6 = Z_8 = Z_{10} = 0.0025°C/W$

Se puede aplicar la ecuación $T_j(t) = T_{j0} + \sum_{n=1,3,\ldots}^{m} P_n(Z_n - Z_{n+1})$

directamente a fin de calcular la elevación de temperatura de la unión

$\Delta T_J\ (t = 0.5ms) = T_J(t = 0.5\,ms) - T_{J0} = Z_1P_1 = 0.0225 * 500 = 1.25\,°C$

$\Delta T_J\ (t = 1\,ms) = 12.5 - Z_2P_1 = 1.25 - 0.0025 * 1000 = 0°C$

$\Delta T_J\ (t = 1.5\,ms) = 0 + Z_3P_3 = 0 + 0.0025 * 1000 = 2.5°C$

$\Delta T_J\ (t = 2\,ms) = 2.5 - Z_4P_3 = 2.5 - 0.0025 * 1000 = 0°C$

$\Delta T_J\ (t = 2.5\,ms) = 0 + Z_5P_5 = 0 + 0.0025 * 1500 = 3.75°C$

$\Delta T_J\ (t = 3\,ms) = 3.75 - Z_6P_5 = 3.75 + 0.0025 * 1500 = 0°C$

$\Delta T_J\ (t = 3.5\,ms) = 0 + Z_7P_7 = 0 + 0.0025 * 1500 = 3.75°C$

$\Delta T_J\ (t = 4\,ms) = 3.75 - Z_8P_7 = 3.75 - 0.0025 * 1500 = 0°C$

$\Delta T_J\ (t = 4.5\,ms) = 0 + Z_9P_9 = 0 + 0.0025 * 1000 = 2.5°C$

$\Delta T_J\ (t = 5\,ms) = 2.5 - Z_{10}P_9 = 2.5 - 0.0025 * 1000 = 0°C$

$\Delta T_J\ (t = 5.5\,ms) = 0 + Z_{11}P_{11} = 0 + 0.0025 * 500 = 1.25°C$

Problema 2.4.12

La pérdida de potencia de un dispositivo aparece en la figura P2.4.12. Grafique la elevación instantanea de la unión por arriba de la temperatura de la cápsula Para $t1 = t2 = ...t9 = t10 = 1$ ms, $Z_1 = Z_2 = ... = Z_9 = Z_{10} = 0.035°C/W$.
(Sugerencia: aproximese mediante cinco puslos rectangulares de igual duración.)

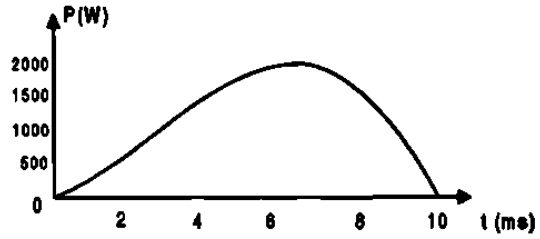


Figura P2.4.12

$P_1 = 385W,\ P_2 = 960W,\ P_3 = 1440W,\ P_4 = 1440W,\ P_5 = 600W$

$Po = 12.5 * 75.4 = 942.5W.$

De la ecuación $\delta = -tan^{-1}\dfrac{I_a X_q cos\theta_m}{V_a - I_a X_q sen\theta_m}$

$tan(3.67°) = [\dfrac{18.5\, Ia\ cos\,\theta m}{132.79 - 3\, Ia\ sen\,\theta m}]$

$y\ Po = 942.5 = 3 * 132.79\ Ia\ cos\,\theta m$

Ia y θm las dos se puedendeterminarcon la siquientesecuaciones y encontramos

$Ia = 7.76A \quad y\ \theta m = 72.25°.$

$PF = cos(72.25°) = 0.3049$

Para $t_1 = t_2 = t_3 = t_4 = t_5 = 2ms,$

$z(t = t_1) = Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z_4 = Z_5 = Z_5 = 0.005°C/W$

Se puede aplicar la ecuación $T_j(t) = T_{J0} + \sum_{n=1,3...}^{m} P_n(Z_n - Z_{n+1})$ directamente a fin de calcular la elevaciónde temperatura de la unión

$\Delta T_j\ (t = 2ms) = T_j(t = 2ms) - T_{J0} = Z_1 P_1 = 0.005 * 385 = 1.925\ °C$

$\Delta T_j\ (t = 4ms) = 1.925 + 0.005 * (960 - 385) = 4.8°C$

$\Delta T_j\ (t = 6ms) = 4.8 + 0.005 * (1440 - 960) = 7.2°C$

$\Delta T_j\ (t = 8ms) = 7.2 + 0.005 * (1440 - 1440) = 7.2°C$

$\Delta T_j\ (t = 10ms) = 7.2 + 0.005 * (600 - 1440) = 3°C$

Problema 2.4.13

La forma de la onda de la corriente a través del tiristor IR, tipo S30EF, se muestra en la figura P2.3.13. Grafique:

(a) la pérdida de potencia en función del tiempo, y

(b) la elevación instantaneá de la temperatura de la unión por arriba de la cápsula. (Sugerencia: suponga la perdida de potencia de potencia durante el encendido y el apagado en forma de rectangulos.)

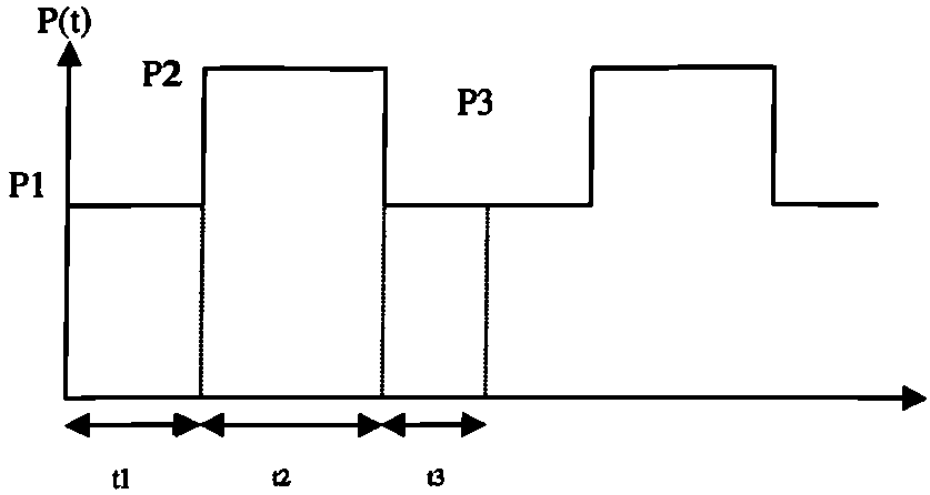


Figura P2.4.13

$fs = 50\ Hz,\ t_1 = t_3 = 5\mu s,\ t_2 = 20\ ms$

Para $0 \le t \le t_1$ *en* $Ip = 1000\ A$,

el dato de la hoja da la energía perdida por pulso,

$Ws = 0.08\ W/pulso$ *(Para una duración de 10* μs*)*

$P_1 = P_3 = 0.08 * 50 = 4\ W$

El ciclo $K = 20/(0.005 + 20 + 0.05) \approx 1$.

De la hoja de datos, en $Ip = 1000\ A$. *y*

$k = 1,\ P_2 = 2000\ W$

De la hoja de datos, $z(t = t_1) = Z_1 = Z_3 = 4 \times 10^{-4}\ °C/W$

$z(t = t_2) = Z_2 = 1.2 \times 10^{-2}\ °C/W$

Se puede aplicar la ecuación $T_j(t) = T_{j0} + \sum_{n=1,2...}^{m} Z_n (P_n - P_{n+1})$

directamente a fin de calcular la

elevación de la temperatura de la unión

$\Delta T_J = (t = 5\ \mu s) = T_J\ (t = 5\mu s) - T_{J0} = Z_1 P_1 = 4 \times 10^{-4} * 4 = 16 \times 10^{-4} = 0°C$

$\Delta T_J = (t = 20.005\ ms) = 16 \times 10^{-4} + Z_2 (P_2 - P_1) = 35.93°C$

$\Delta T_J = (t = 20.01\ ms) = 35.93 + Z_3 (P_3 - P_2) = 35.13°C$

Problema 2.4.14

La corriente de recuperación de un dispositivo es Ir = 30 A y la inductancia del circuito es L = 20 μH. La corriente de entrada es Vs = 200 V. Si resulta necesario limitar el voltaje transitorio de pico a 1.8 veces el voltaje de entrada, determine:

a) **el valor optimo de la relación de corriente Vo,**
b) **el factor óptimo de amortiguación δo,**
c) **la capacitancia del circuito de apoyo C,**
d) **la resistencia del circuito de apoyo R,**
e) **el dv/dt promedio y**
f) **el voltaje inicial inverso.**

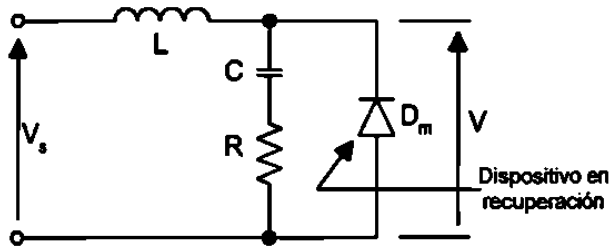


Figura P2.4.14

$I_R = 30\,A,\ L = 20\,\mu H,\ V = 200\,V,\ V_p = 1.8 * 220 = 360\,V$

Para $V_p/V_s = 1.8$, *De las caracteristicas optimas encontramos :*

(a) El factor optimo de corriente $d = 1.4$,

(b) El factor optimo de amortiguamiento $\delta = 0.27$

(c) De la ecuacion $C = L\left[\dfrac{I_R}{dV_s}\right]^2$, *la capacitancia del circuito de apoyo C es :*

$-C = 20\,[\,30/(1.4 * 200\,)]^2 = 0.2296\,\mu F$

(d) De la ecuacion $R = 2\delta\sqrt{\dfrac{L}{C}}$, *la resistencia del circuito de apoyo es :*

$-R = 2 * 0.27\sqrt{(20/0.2296)} = 5.04\,\Omega$

(e) De la ecuacion $\omega_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$, $w_o = 10^6 / \sqrt{(20 * 0.2296)} = 466667\ rad/s$

por parámetros óptimos : $\dfrac{dv/dt}{V_s\ w_o} = 1.2$

o $dv/dt = 1.2\,V_s\ w_o = 1.2 * 200 * 466667 = 112\,V/\mu s$

(f) De la ecuacion $V(t=0) = RI_R$, *el voltaje inicial inverso es*

$V(t=0) = 5.04 * 30 = 151.2\,V$

Problema 2.4.15

La corriente de recuperación de un dispositivo es Ir = 10 A y la inductancia del circuito es L = 80μH. La corriente de entrada es Vs = 200 V. La resistencia del circuito de apoyo es R = 2Ω y la capacitancia del mismo es C = 50 μF determine:

a) la relación de amortiguamiento δ,
b) el voltaje transitorio de pico Vp,
c) la relación de corriente d,
d) el dv/dt promedio y
e) el voltaje inicial inverso.

$I_R = 10\,A,\quad L = 80\,\mu H,\ C = 50\,\mu F,\ R = 2\,\Omega\ \ V_s = 200\,V$

De la ecuacion $\alpha = \dfrac{R}{2L},\ \ \alpha = 2/(2*80) = 12500$

De la ecuacion $\omega_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}},\ w_o = 10^6/\sqrt{(80*50)} = 9682\ rad/s$

a) De la ecuacion $\delta = \dfrac{\alpha}{\omega_0}$, *la relación de amortiguamiento es*

$\delta = (2\sqrt{2})\ \sqrt{(50/80)} = 0.7906$

b) De la ecuacion $\tan\omega t_1 = \dfrac{\omega[(V_s - RI_R)2\alpha + I_R/C]}{(V_s - RI_R)(\omega^2 - \alpha^2) - \alpha I_R/C},$

$t_1 = 192.54\ \mu s$

De la ecuacion $V_p = v(t = t_1),\ V_p = 226.52\,V$

c) De la ecuacion $d = \dfrac{I_R}{V_S}\sqrt{\dfrac{L}{C}} = \dfrac{I_R}{I_P},\ d = (10/200)\ \sqrt{(80/50)} = -0.0632$

d) De la ecuacion $V_S\omega_0(2\delta - 4d\delta^2 + d)$, *el dv/dt promedio* $= 4.5V/\mu s$

e) De la ecuacion $d = \dfrac{I_R}{V_S}\sqrt{\dfrac{L}{C}} = \dfrac{I_R}{I_P}$, *el voltaje inicial inverso* $= 2*10 = 20\,V.$

4.2 Direcciones investigadas en Internet

Actualmente se dispone de un gran recurso que es el Internet donde existen gran cantidad de recursos de actualidad de casi todas las áreas, en donde podemos revisar cual es la tendencia tecnológica, tener información de otras universidades del mundo, simposium en diferentes partes, proyectos de investigación, condensados de libros, cursos de actualización, datos de componentes y otras muchas áreas mas.
Las direcciones que a continuación se presentan, fueron seleccionadas en función a la relación que tienen con algunos de estos tópicos.

http://www.arduini.com/papers.html
http://nmp.jpl.nasa.gov/ds1/tech/lpe.html
http://www.danfoss.com/Products/A50APP.asp
http://www.apec-conf.org/
http://www.ee.washington.edu/class/cadta/cadence/index.html
http://www.cdsp.neu.edu/
http://www.cieem.rpi.edu/
http://clpe.ece.arizona.edu/
http://www.usnews.com/usnews/edu/ugrad00/drglance_1131.htm
http://www.cpes.vt.edu/
http://www.danfoss.com/
http://www.danfossdrives.com/danfoss.html
http://www.grahamdrives.com/
http://schof.colorado.edu/~ecen5797/1998/syllabus/Lecture_schedule.html
http://schof.colorado.edu/~ecen5807/
http://www.ee.unsw.edu.au/ugrad/subjects/elec3005.htm#text
http://www.rpi.edu/dept/epe/WWW/corslist.html
http://www.semikron.de/seminew/framee11.htm
http://www.ece.orst.edu/~schreier/HSPICE/device.html
http://www.cdpowerelectronics.com/
http://www.hanmiohm.co.kr/
http://www.hitachi.com/
http://www.hwsams.com/power_supply_t&r.html
http://www.semikron.de/seminew/framee3.htm
http://www.survivalsystems.com/
http://www.iap.com/
http://www.pels.org/Comm/History/History.htm
http://www.ieee.org/organizations/pubs/pub_preview/pel_toc.html
http://schof.colorado.edu/~ecen5807/course_material/compact_notes/
http://www.ece.orst.edu/~schreier/HSPICE/Training/
http://powerlearn.ece.vt.edu/modules/index.html
http://www.lindelectronics.com/
http://www.ucop.edu/research/micro/
http://www.wkap.nl/kaphtml.htm/BOORDINF
http://www.ornl.gov/etd/peemc/PEEMCProjects.htm
http://pesc00.ucg.ie/
http://www.eng.uci.edu/pel/pel.html#anchor70459

http://ece-www.colorado.edu/~maksimov/links.html
http://www.powerelectronics.net/
http://www.ntu.edu/1/credit/ps541c.htm
http://www.ae-simplex.fr/products/default.htm
http://www.eng.rpi.edu/frame.html
http://news.stockmaster.com/sec_key.asp?ticker=MOT
http://www.survivalsystems.com/techart.html
http://www.trans-ie.uni-wuppertal.de/abs/ies46_2.html
http://schof.colorado.edu/~pwrelect/Rframeset.html
http://www.cdpowerelectronics.com/
http://www.asl.kuee.kyoto-u.ac.jp/

Universidades
http://www.ecpe.vt.edu/
http://www.engr.wisc.edu/ece/courses/
http://al-basit.info-ab.uclm.es/~amartine/
http://www.ucc.ie/ucc/depts/elec/research/mechatronics/mechatronics.html
http://faith.swan.ac.uk/wrongway.html
http://www.nasa.gov/
http://pei.ucc.ie/INDEX.HTML
http://eepe.swan.ac.uk/elinks.htm
http://www.rwth-aachen.de/
http://society.swan.ac.uk/index.html
http://www.engr.wisc.edu/

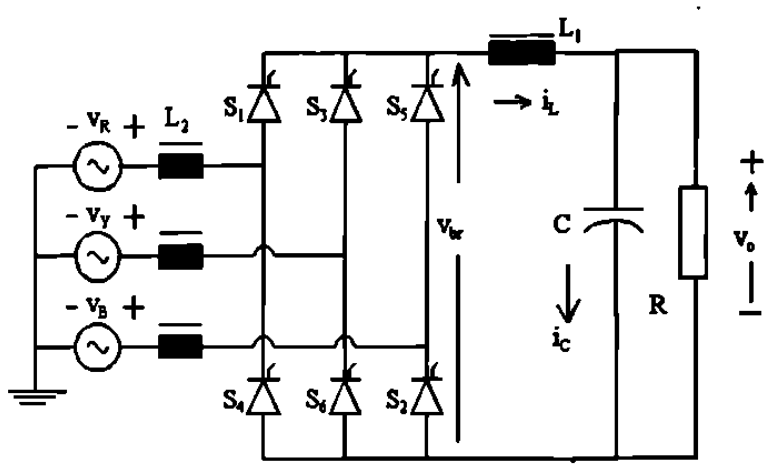
Libros
http://www.e-insite.net/
http://www.e-insite.net/e-insite/publications.asp
http://www.fatbrain.com/
http://powerelectronics.com/arc/
http://www.infotrac.apla.galegroup.com/itw/start_session?http_rc=400&class=session&sev=temp&type=session&cause=http%3A%2F%2Fweb7.infotrac.apla.galegroup.com%2Fitw%2Finfomark%2F373%2F1%2F60217724w3%2Fpurl%3D%26dyn%3Dsig!1%3Fsw_aep%3Ddit&cont=&msg=No+session+cookies&sw_aep=dit

Revistas en Línea
http://www.pcim.com/onlineart.html
Suscripción de Revistas
http://www.airpaxppp.com/pppsite/tpsales.html
http://www.mot.com/SPS/WIRELESS/cellular/
http://www.clarostat.com/
http://ebus.motorola.com/ProdCat/DesignCenter
http://www.mot-sps.com/support/index.html
http://www.mot-sps.com/news_center/press_releases/PR000127A.html
http://www.sensorsmag.com/articles/0200/28/index.htm
http://www.transducertechniques.com/product1.html
http://www.kavlico.com/index_flash.html

4.3 Simulaciones

Los programas para simulación que se obtuvieron, son para operar con los siguientes paquetes de software: Mat-Lab, C++, Pspice y applet.
Este tipo de programas puede ser modificados en función de lo que deseemos obtener.

SIMULACION UTILIZANDO C




```
// Simulación de un circuito rectificador de onda
// completa monofásico
// Con este programa obtenemos la respuesta transitoria,
// el periodo . El ángulo de  conmutación es también calculado
// Cálculos, tales como:  El voltaje promedio que pasara por
// el rectificador del puente de diodo con
// carga resistiva y tomando esta como unitaria.
// La corriente promedio a través de la carga resistiva
// con carga puramente resistiva en el puente rectificador de
// diodos es tomada como la corriente unitaria.
// Los parámetros que se deben proporcionar son tres:
// La relación entre la carga ocasionada por la XL y la R  XL1/R
// La relación de la XL de la fuente a la R de la carga XL2/R
// Y por ultimo el ángulo de disparo del scr expresado en grados.

#include <math.h>
#include<stdlib.h>
```

```
#include<stdio.h>
#include<string.h>
#include<iostream.h>

void kreateRespFile(void);
void tranResponse(void);
void OneCycle(void);
void computeOneStep(void);
void produceEntries(void);


const double pi=3.1415926;
const double deg_rad=pi/180.0;
const double step=pi/720.0;

double L1,L2,alpha,fang,elapseAng,cycleAng,tote_knt;
double cur_load,cur_line,outVolt,vSource,vInput,capVolt;
double OverLapangle,Cap,capCur,dcLinkCur,Res;
int commute,toggle,yes_Entry,modeSw;
FILE *fnew;
char *tstr,*p;



int main(void)
{
 float  ka1,kb2,kc3,kd4,ke5;
 printf(" \n");
 printf("    Constante de tiempo de la carga  en radianes = ");
 scanf("%f",&ka1);
 L1=(double)ka1;
 if (L1<0.05) L1=0.05;
 printf(" \n");
 printf("    Constante de tiempo de la reactancia de línea en radianes = ");
 scanf("%f",&kb2);
 L2=(double)kb2;
 printf(" \n");
 printf("  Constante de tiempo del filtro capacitor en radianes  = ");
 scanf("%f",&kc3);
 Cap=(double)kc3;
```

```
if (Cap<0.1) Cap=0.1;
if (Cap>10.0) Cap=10.0;
printf(" \n");
printf("  Resistencia de carga en p.u.  = ");
scanf("%f",&ke5);
Res=(double)ke5;
if (Res<0.1) Res=0.1;
if (Res>10.0) Res=10.0;
printf(" \n");
printf("    Angulo de disparo en grados = ");
scanf("%f",&kd4);
alpha=(double)kd4;
fang=alpha*deg_rad;
alpha=0.0;
printf(" \n");

// Inicializar no es necesario para variables globales

elapseAng=0.0 ; cycleAng=0.0; capCur=0.0; capVolt=0.0;
cur_load=0.0; cur_line=0.0; outVolt=0.0; tote_knt=0.0;
OverLapangle=0.0; commute=0; yes_Entry=0; dcLinkCur=0.0;
cur_load=0.0;


// Se crea un archivo para introducir respuesta transitoria
fnew=fopen("tran_v3.csv","w+r");
tranResponse();
fclose(fnew);
return 0;
}

void kreateRespFile(void)
{
int n1,n2;
tstr="Angle,InputV,VoutBr,dcLinkCur,LineCur,IndVolt,LoadVolt,capCur"
;
p=strtok(tstr,",");
fprintf(fnew,p); fprintf(fnew,",");
n2=8;
for (n1=0;n1<(n2-1);n1++)
```

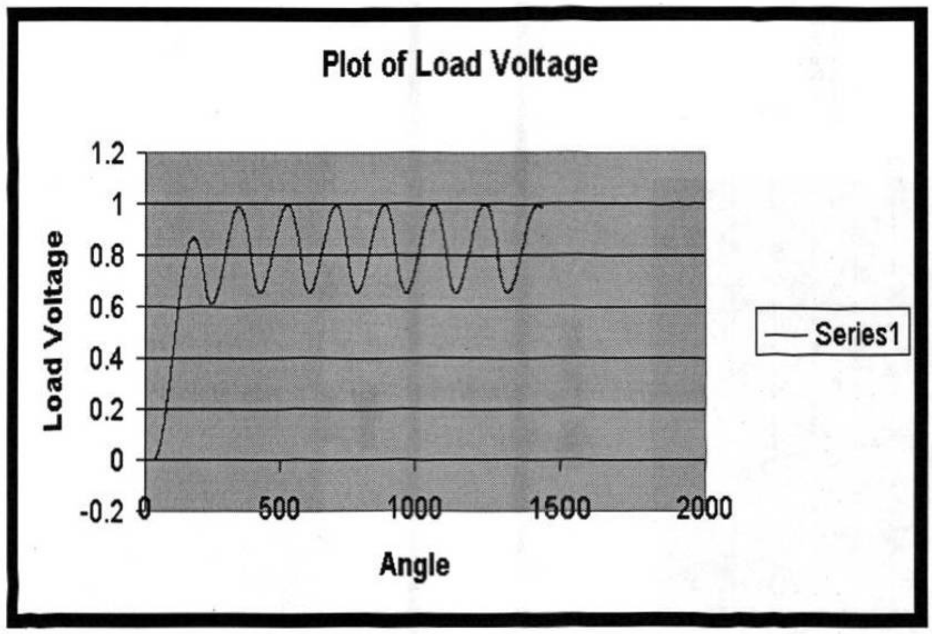
```
        {
        p=strtok(NULL,",");
        if (n1!=(n2-2))
            {
            fprintf(fnew,p); fprintf(fnew,",");
            }
        else
            {
            fprintf(fnew,p); fprintf(fnew,"\n");
            }
      }
}

void tranResponse(void)
{
 double d1;
 int NumCycles,count;
 d1=(6.0*(L1+L2+Cap))/(2.0*pi)+0.5;
 NumCycles=(int)d1 + 1;
 kreateRespFile();
 modeSw=1;
 for (count=0;count<=NumCycles;count++)
      OneCycle();
}


void OneCycle(void)
{
 int knt;
 double dknt;
 dknt=0.0;


for (knt=0;knt<1440;knt++)
     {
     cycleAng=dknt*step;
     vInput=pi/2.0*sin(cycleAng);
     if ((cycleAng<fang) || (cycleAng>(fang+pi)))
          {
          if (cycleAng<fang) vSource=pi/2.0*sin(cycleAng+pi);
```

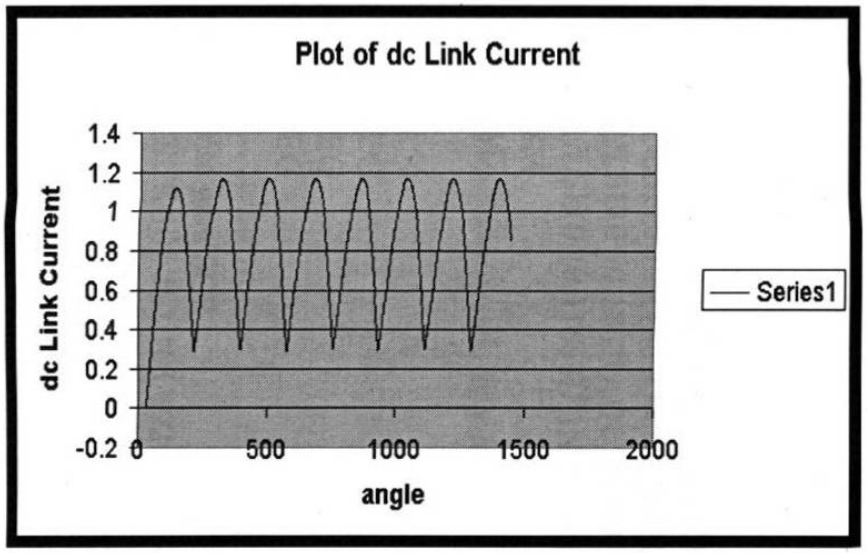
```
            else vSource=pi/2.0*sin(cycleAng-pi);
            toggle=0;
            }
        else
            {
            vSource=pi/2.0*sin(cycleAng);
            toggle=1;
            }
        if (modeSw!=toggle)
            {

            commute=1;
            if (L2<0.0005) commute=0;
            modeSw=toggle;
            }
        computeOneStep();
        dknt+=1.0;
        }
}

void computeOneStep(void)
{
 double dLoadI,dLineI,doutV;

 switch (commute)
        {
        case 0:
         dLoadI=(vSource-dcLinkCur)/(L1+L2)*step;
         doutV=(dcLinkCur-capVolt/Res)*step/Cap;
         dcLinkCur=dcLinkCur+dLoadI;
         capVolt=capVolt+doutV;
         if (capVolt<0.0) capVolt=0.0;
         if (dcLinkCur<0.00001) dcLinkCur=0.0;
         if (toggle==0) cur_line=-dcLinkCur;
         else cur_line=dcLinkCur;
         outVolt=cur_load+(vSource-cur_load)*L1/(L1+L2);
         cur_load=capVolt/Res;
         capCur=dcLinkCur-cur_load;
        break;
```

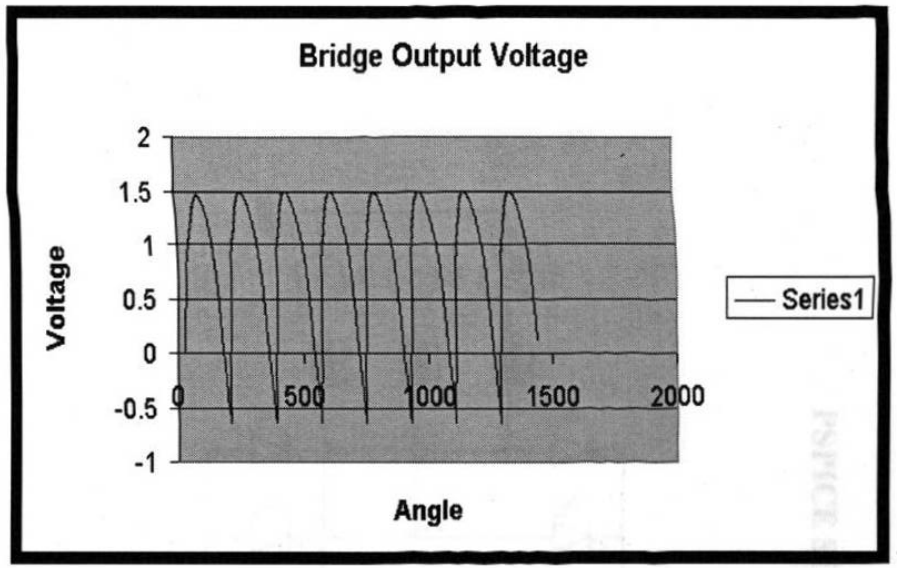
```
        case 1:
         dLoadI=(0.0-cur_load)/L1*step;
         doutV=(dcLinkCur-capVolt/Res)*step/Cap;
         dcLinkCur=dcLinkCur+dLoadI;
         capVolt=capVolt+doutV;
         if (capVolt<0.0) capVolt=0.0;
         if (dcLinkCur<0.00001) dcLinkCur=0.0;
         dLineI=vInput/L2*step;
         cur_line=cur_line+dLineI;
         if (toggle==1)
              {
              if (cur_line>dcLinkCur) commute=0;
              }
         if (toggle==0)
              {
              if ((cur_line+dcLinkCur)<0.0) commute=0;
              }
         if (dcLinkCur<0.00001) outVolt=capVolt;
         else outVolt=0.0;
         cur_load=capVolt/Res;
         capCur=dcLinkCur-cur_load;
        break;
       }
 tote_knt+=1.0;
 elapseAng=tote_knt*step;
 alpha=tote_knt/4.0;
 yes_Entry+=1;
 if (yes_Entry==4) produceEntries();
 if (yes_Entry==4) yes_Entry=0;
}

void produceEntries(void)
{
 double negate;
 gcvt(alpha,5,p);
 fprintf(fnew,p);
 fprintf(fnew,",");
 gcvt(vInput,5,p);
 fprintf(fnew,p);
 fprintf(fnew,",");
```

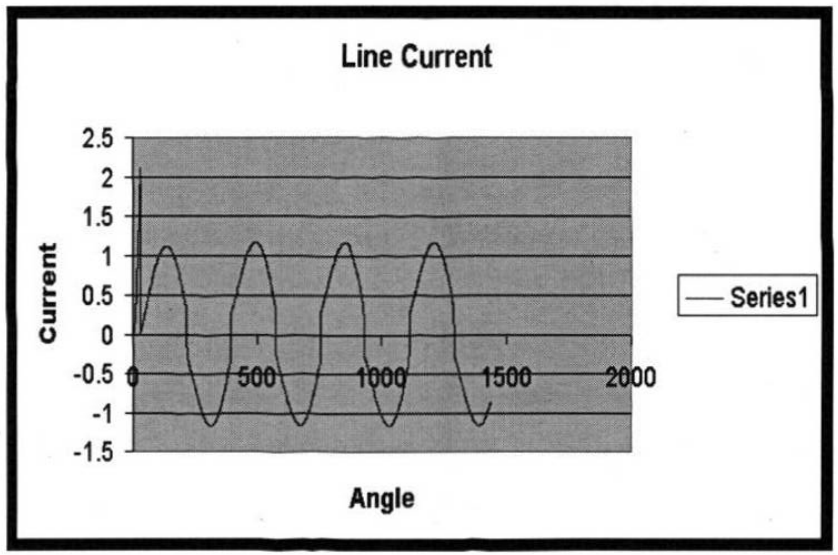
```
gcvt(outVolt,5,p);
fprintf(fnew,p);
fprintf(fnew,",");
gcvt(dcLinkCur,5,p);
fprintf(fnew,p);
fprintf(fnew,",");
gcvt(cur_line,5,p);
fprintf(fnew,p);
fprintf(fnew,",");
if (toggle==0) negate = 1.0; else negate=-1.0;
gcvt(vInput-negate*outVolt,5,p);
fprintf(fnew,p);
fprintf(fnew,",");
gcvt(capVolt,5,p);
fprintf(fnew,p);
fprintf(fnew,",");
gcvt(capCur,5,p);
fprintf(fnew,p);
fprintf(fnew,"\n");
}
```

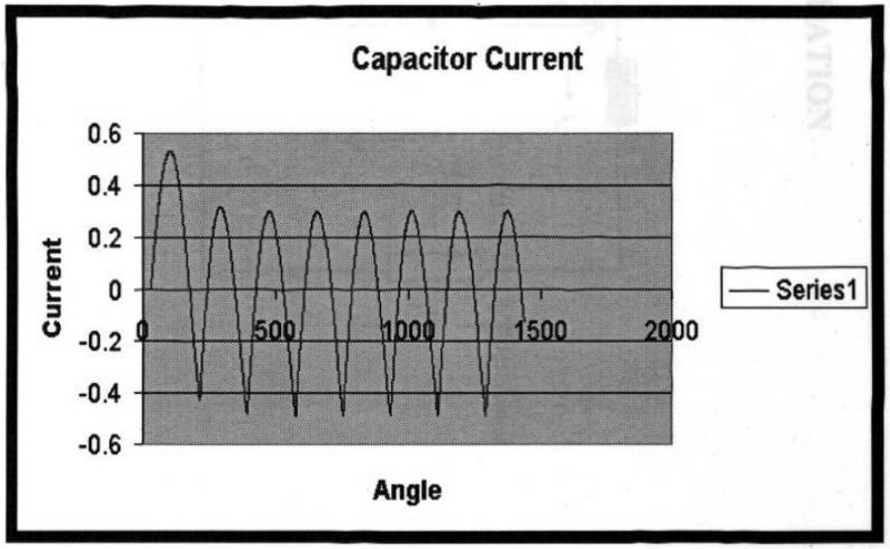
Las graficas obtenidas son de acuerdo a los siguientes datos: L1=1.0, L2=0.1, R=1.0, C=1.0 y Angulo =30°



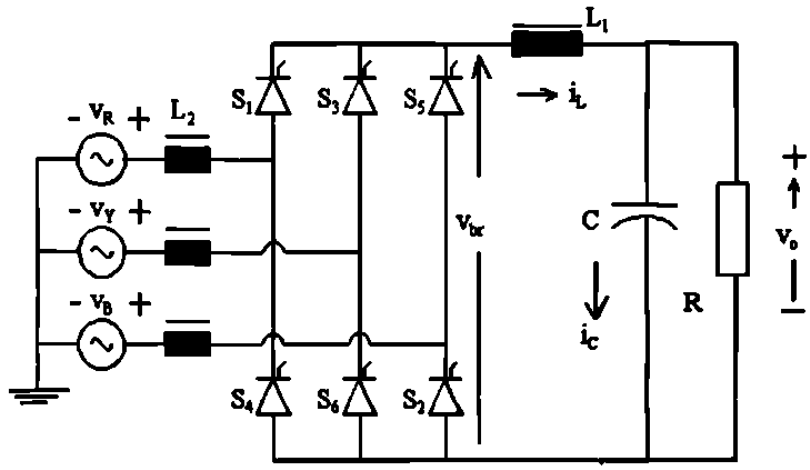

Plot of dc Link Current
dc Link Current
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
0
500
1000
1500
2000
angle
Series1


Bridge Output Voltage
Voltage
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
0
500
1000
1500
2000
Angle
Series1


Line Current
Current
2.5
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
0
500
1000
1500
2000
Angle
Series1


Capacitor Current
Current
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
0
500
1000
1500
2000
Angle
Series1

PSPICE SIMULATION



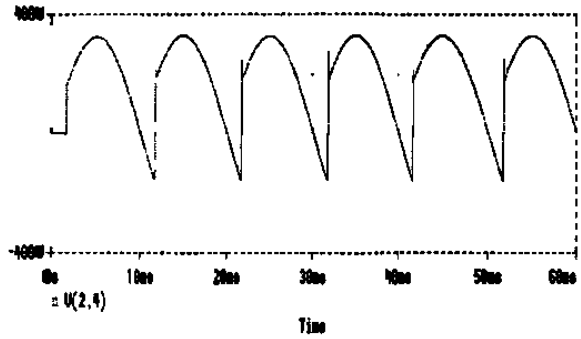
El programa utilizado en pspice para simulación es como sigue:

```
* Puente rectificador de onda completa con carga RL y fuente inductiva
VIN 9 0 SIN(0 340V 50Hz)
XT1 1 2 5 2 SCR
XT2 0 2 6 2 SCR
XT3 4 0 7 0 SCR
XT4 4 1 8 1 SCR
VP1 5 2 PULSE(0 10 1667U 1N 1N 100U 20M)
VP2 6 2 PULSE(0 10 11667U 1N 1N 100U 20M)
VP3 7 0 PULSE(0 10 1667U 1N 1N 100U 20M)
VP4 8 1 PULSE(0 10 11667U 1N 1N 100U 20M)
L1 2 3 31.8M
L2 1 9 1.6M
R1 3 4 10
C1 3 4 318.5u
R2 1 0 1MEG
R3 2 0 1MEG
R4 4 0 1MEG

* Sub circuito para SCR
.SUBCKT SCR 101 102 103 102
S1 101 105 106 102 SMOD
RG 103 104 50
VX 104 102 DC 0
```

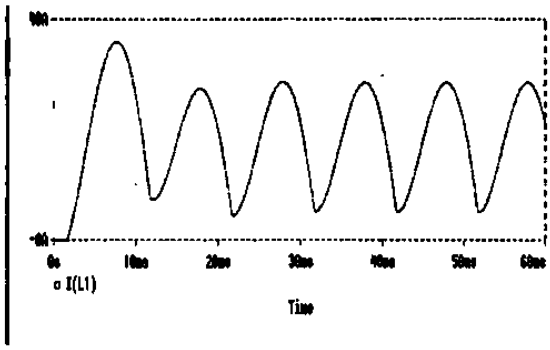
```
VY 105 107 DC 0
DT 107 102 DMOD
RT 106 102 1
CT 106 102 10U
F1 102 106 POLY(2) VX VY 0 50 11
.MODEL SMOD VSWITCH(RON=0.0105 ROFF=10E+5 VON=0.5 VOFF=0)
.MODEL DMOD D((IS=2.2E-15 BV=1200 TT=0 CJO=0)
.ENDS SCR
.TRAN 10US 60.0MS 0.0MS 10US
.FOUR 50 V(2,4) I(VIN)
.PROBE
.OPTIONS(ABSTOL=1N RELTOL=.01 VNTOL=1MV)
.END
```

Los resultados obtenidos son presentados como siguen:

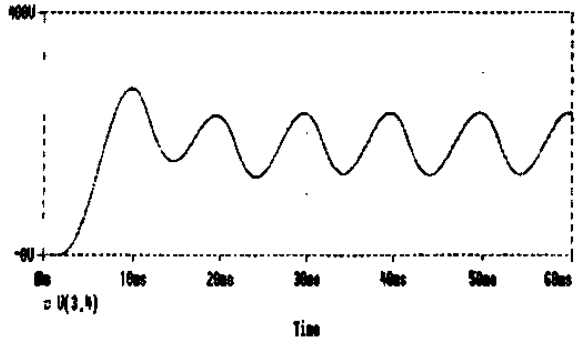
Forma de onda del voltaje de salida del puente

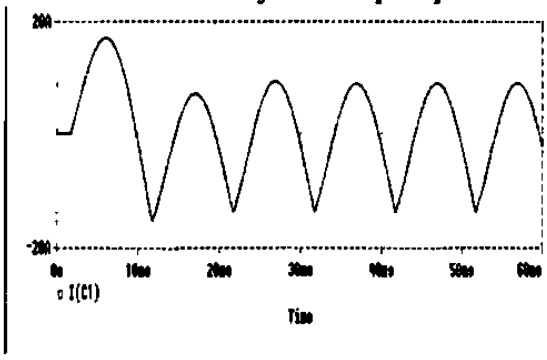


Forma de onda de la corriente de salida del puente

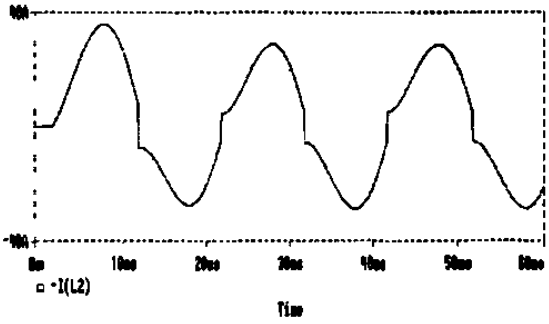


Forma de onda del voltaje a través de la carga y Forma de onda de la corriente en filtro del tipo capacitivo

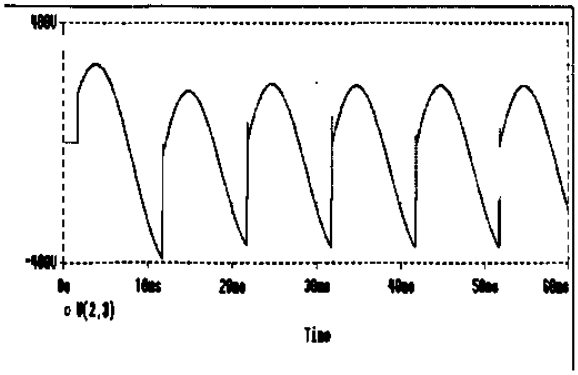




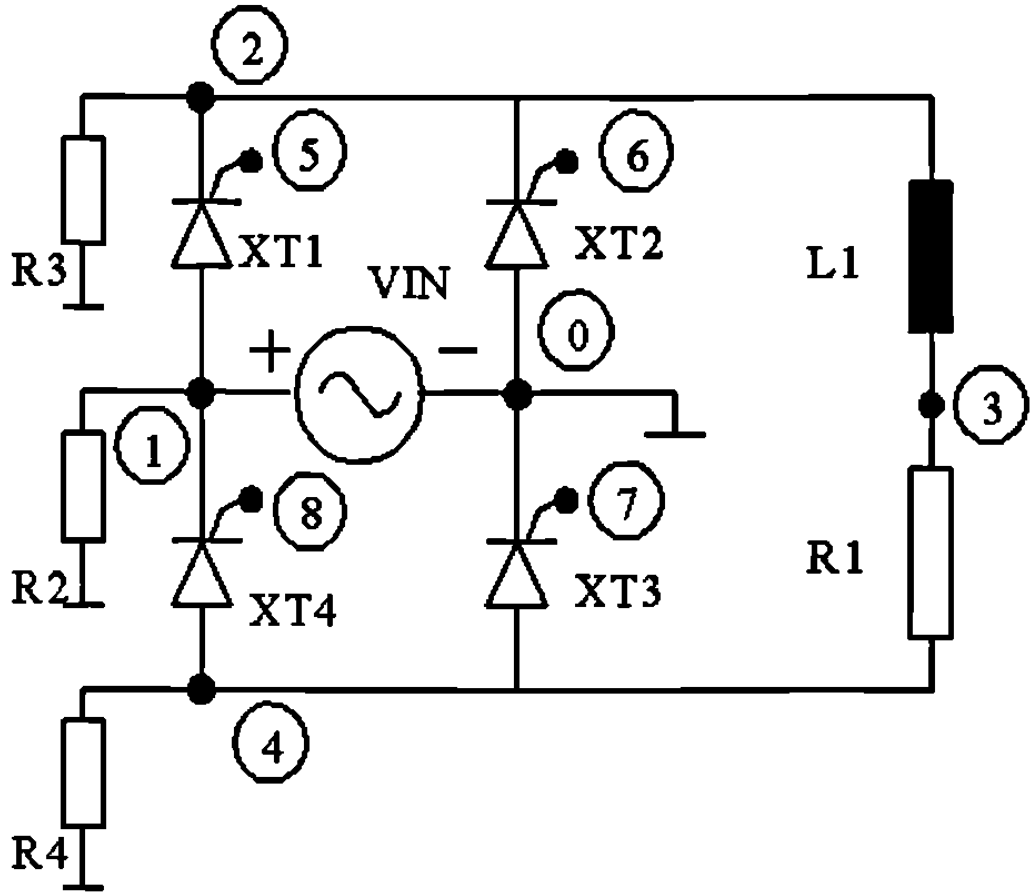
Forma de onda de corriente de línea



Forma de onda del voltaje en el inductor.



MATLAB SIMULATION



El programa utilizado para la simulación es el siguiente:

```
% Programa para simular un circuito rectificador de onda completa
% Simulando un especifico angulo de activacion
% Los datos que hay que introducir son:
% El Voltaje pico en     V
% La Frecuencia en       Hz
% La Inductancia en      mH
% La Resistencia en      Ohms
% Los valres tipicos son: voltaje= 340V,  frecuencia= 50Hz,
% Inductancia= 31.8 mH  y la  resistencia= 10 Ohms
disp('El valor tipico para voltaje pico es 340 V')
peakV=input('Introduzca el valor de voltaje pico en Volts>');
disp('El valor tipico de frecuencia de linea es 50 Hz')
freq=input('Introduzca la frecuencia de linea en Hz>');
disp('El valor tipico para la inductancia de carga es 31.8 mH')
```

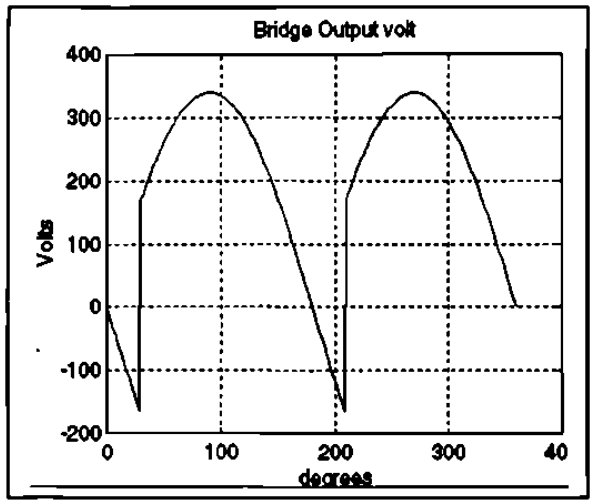
```
L=input('Introduzca la inductancia de carga en mH>');
disp('El valor tipico para la resistancia de carga es 10.0 Ohms')
R=input('Introduzca el valor de resistencia de carga en Ohms>');
disp('El valor tipico para el angulo de disparo es 30.0 grados')
fangDeg=input('Introduzca el angulo de disparo con rango entre 0 y 180 >');
fangRad=fangDeg/180.0*pi;

w=2.0*pi*freq;
X=w*L/1000.0;
if (X<0.001) X=0.001; end;
Z=sqrt(R*R+X*X);
tauInv=R/X;
loadAng=atan(X/R);
k1=peakV/Z;
k2=2.0*k1*sin(loadAng-fangRad)/(1.0-exp(-pi*tauInv));
k3=k1*sin(loadAng-fangRad);
if (fangRad<loadAng)
 A=k2;
 sw=1;
else
 A=k3;
 sw=2;
end;

Ampavg=0;
AmpRMS=0;

for n=1:360;
 theta=n/180.0*pi;
 X(n)=n;
 if (sw==1);
  if (n<fangDeg);
      cur=k1*sin(pi+theta-loadAng)+A*exp(-tauInv*(pi+theta-fangRad));
      vbr(n)=peakV*sin(theta+pi);
      vind(n)=vbr(n)-R*cur;
      iLoad(n)=cur;
      vSCR(n)=peakV*sin(theta);
      Ampavg=Ampavg+cur*1/360;
      AmpRMS=AmpRMS+cur*cur*1/360;
     elseif ((n>=fangDeg) & (n<(180+fangDeg)));
```

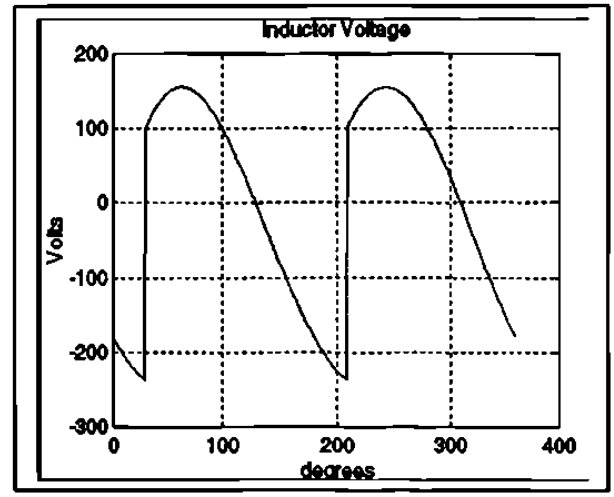
```
      cur=k1*sin(theta-loadAng)+A*exp(-tauInv*(theta-fangRad));
      vbr(n)=peakV*sin(theta);
      vind(n)=vbr(n)-R*cur;
      iLoad(n)=cur;
      vSCR(n)=0;
      Ampavg=Ampavg+cur*1/360;
      AmpRMS=AmpRMS+cur*cur*1/360;
    else (n>=(180+fangDeg));
  cur=k1*sin(theta-pi-loadAng)+A*exp(-tauInv*(theta-pi-fangRad));
      vbr(n)=peakV*sin(theta-pi);
      vind(n)=vbr(n)-R*cur;
      iLoad(n)=cur;
      vSCR(n)=peakV*sin(theta);
      Ampavg=Ampavg+cur*1/360;
      AmpRMS=AmpRMS+cur*cur*1/360;
     end;

else
 if (n<fangDeg);
      cur=k1*sin(pi+theta-loadAng)+A*exp(-tauInv*(pi+theta-fangRad));
      if (cur>0);
        vbr(n)=peakV*sin(theta+pi);
        vind(n)=vbr(n)-R*cur;
        iLoad(n)=cur;
        vSCR(n)=peakV*sin(theta);
        Ampavg=Ampavg+cur*1/360;
        AmpRMS=AmpRMS+cur*cur*1/360;
      else;
        vbr(n)=0.0;
           vind(n)=0.0;
           iLoad(n)=0.0;
        vSCR(n)=peakV*sin(theta)/2.0;
      end;

    elseif ((n>=fangDeg) & (n<(180+fangDeg)));
      cur=k1*sin(theta-loadAng)+A*exp(-tauInv*(theta-fangRad));
      if (cur>0);
        vbr(n)=peakV*sin(theta);
        vind(n)=vbr(n)-R*cur;
        iLoad(n)=cur;
```

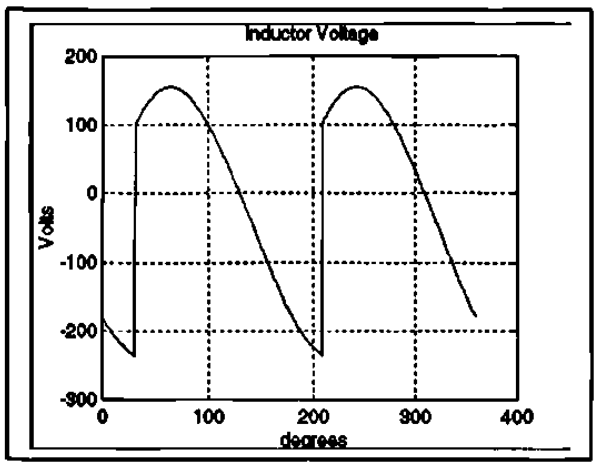
```
        vSCR(n)=0;
        Ampavg=Ampavg+cur*1/360;
        AmpRMS=AmpRMS+cur*cur*1/360;
    else;
        vbr(n)=0.0;
          vind(n)=0.0;
          iLoad(n)=0.0;
        vSCR(n)=peakV*sin(theta)/2.0;
      end;

     else (n>=(180+fangDeg));
    cur=k1*sin(theta-pi-loadAng)+A*exp(-tauInv*(theta-pi-fangRad));
      vbr(n)=peakV*sin(theta-pi);
      vind(n)=vbr(n)-R*cur;
      iLoad(n)=cur;
      vSCR(n)=peakV*sin(theta);
      Ampavg=Ampavg+cur*1/360;
      AmpRMS=AmpRMS+cur*cur*1/360;
     end;
  end;
 end;


 plot(X,iLoad)
 title('La corriente de carga')
 xlabel('Grados')
 ylabel('Amperes')
 grid
 pause

 plot(X,vbr)
 title('Voltaje de salida del puente')
 xlabel('Grados')
 ylabel('Volts')
 grid
 pause

 plot(X,vind)
 title('Voltaje del inductor')
 xlabel('Grados')
```

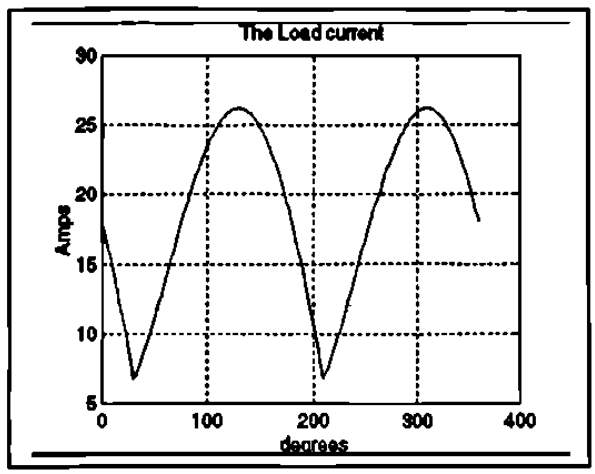
```
ylabel('Volts')
grid
pause

plot(X,vSCR)
title('SCR Voltage')
xlabel('Grados')
ylabel('Volts')
grid


AmpRMS=sqrt(AmpRMS);
[C,message]=fopen('fwrl1ph1.dat','w');
fprintf(C,'Avg Load Cur=\t%d\tRMS Load
Cur=\t%f\n',Ampavg,AmpRMS);
fclose(C);
```

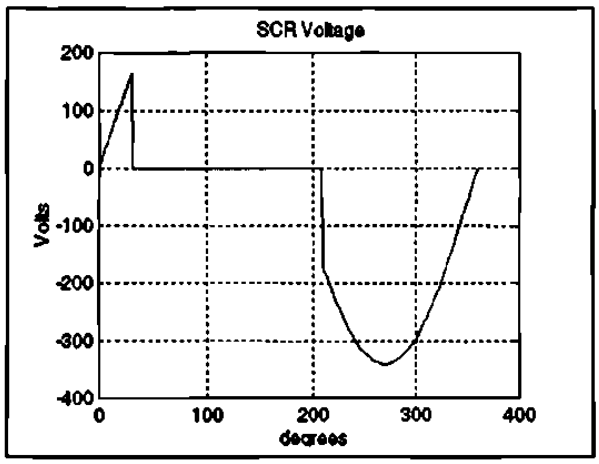
Las respuestas obtenidas por los valores tipicos aplicados a continuacion se muestran:

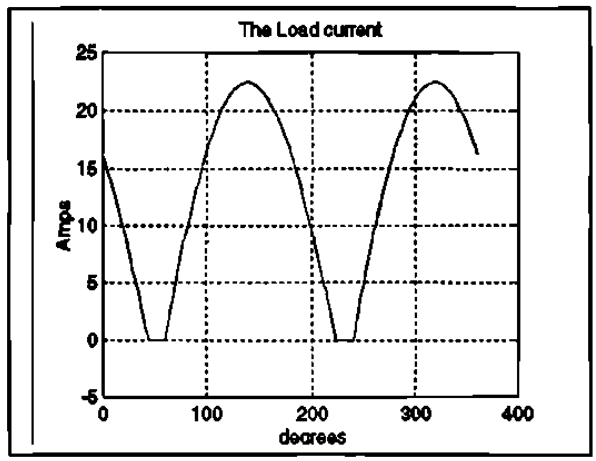


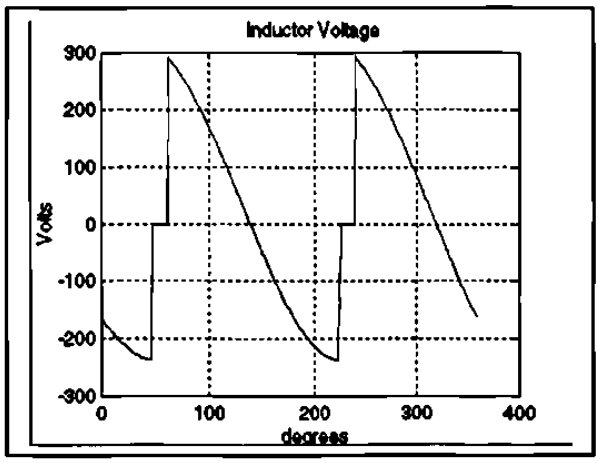


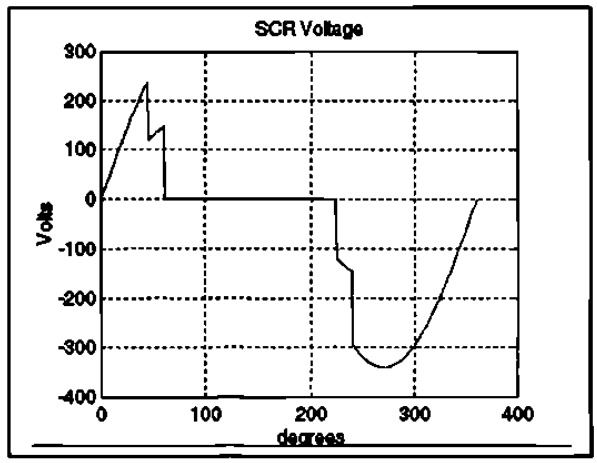












Los resultados obtenidos por un ángulo de 60grados se muestran a continuación. Los otros valores son iguales como los previamente aplicados. Cuando el ángulo de activación se retraza mucho, la corriente de la carga es discontinua.

CONCLUSIONES

Conforme se buscó información, se localizó una gran cantidad de ésta para cada una de las áreas buscadas. El incremento en el número de aplicaciones en las áreas en las que anteriormente no tenía acceso la Electrónica Industrial y/o de Potencia actualmente es muy considerable gracias a los grandes avances tecnológicos en el desarrollo de los nuevos semiconductores y de la gran cantidad de mejoras que se han hecho a los ya existentes.

Quise haber integrado toda la información obtenida, pero ésta es una de las fallas que tenemos, bien sea porque queremos actualizar nuestro curso o bien hacerlo lo más completo posible. En esto me hizo reflexionar mi asesor, a lo que me dijo: unas buenas bases pueden soportar cualquier cambio tecnológico que se avecine o que llegue. Así es que tratemos de lograr la empatía con nuestros estudiantes, para comprender la situación de ellos y no saturarlos de información demasiado reciente o tan detallada que lleguemos a perder la base o fundamento de nuestro curso.

RECOMENDACIONES

Unas de las recomendaciones que me permito hacer son las siguientes:

Debido al cambio que se aproxima referente a la impartición de la cátedra, al disminuir las sesiones semanales de cinco a tres y el cubrir un programa más ambicioso por los mismos cambios en tecnologías, considero necesario que se disponga de **salones de clase dedicados** y **equipados** para la impartición de estas clases y así disponer de **un mismo material** para todos los catedráticos.

A **salones de clase dedicados** me refiero a que sólo se imparta estas cátedras, la razón es de que existen una gran cantidad de grupos que justifican su inversión y el hecho de que sean dedicados.

A **equipados** me refiero al hecho de que se cuente con todo lo necesario, para la impartición de cátedra de buen nivel y no tener que perder buena parte de la hora de clase en andar solicitando o buscando el material necesario. El equipo mínimo necesario que considero es el siguiente:

1. Computadora equipada
2. Proyector de cañón
3. Vídeo casetera
4. Televisión de 30" mínimo
5. Proyector de acetatos
6. Pantalla antireflejante
7. Reproductor de DVD
8. Puerto de comunicación para red

A **un mismo material** nos referimos a que se cuente con los mismos problemas, videos, presentaciones, acetatos, preguntas, respaldo bibliográfico, revistas de actualidad, suscripciones, y otros materiales más que se vayan integrando al material disponible.

BIBLIOGRAFÍA

	Año Edición
Tiristores y Triacs Henry Lilen Alfa-Omega Marcombo Boixareu Editores	1995
Electrónica Industrial Moderna Timothy J. Maloney Prentice Hall Inc.	1997
Electrónica de Potencia Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones Muhammad H. Rashid Prentice Hall Inc.	1995
Introduction to Solid State Power Electronics John William Motto Jr. Westinghouse Electric Corporation Semiconductor Division.	1987
Motorola Thyristors Data Semiconductor Division Motorola	1997
Thyristors Product Catalog Teccor Electronics A Sibe Group Company	1999
Adjustable Speed Drives AC y DC Electronics Drives Danfoss	1997
Fundamentals of Power Electronics R.W. Erickson Chapman and Hall fué adquirida por Kluwer Academic Publishers en 1998	1996
Integrated Solid State Devices and Circuits Syllabus Prentice Hall	1999

LISTA DE TABLAS

CAPITULO 2

		Página
Tabla 2.1.10	Dispositivos de Potencia	12
Tabla 2.1.18	Aplicaciones de dispositivos de potencia	15
Tabla 2.4.11	Características	43
Tabla 2.4.12	Rangos	43
Tabla 2.4.64	Comparación uno	52
Tabla 2.4.65	Comparación dos	52

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 2

		Página
Figura 2.1.1	Historia de la electrónica de Potencia	10
Figura 2.1.2	Tipo de SCR	10
Figura 2.1.3	Tipo de SCR de Potencia	10
Figura 2.1.4	Otros Tipos	11
Figura 2.1.5	Dimensiones 1	11
Figura 2.1.6	Dimensiones 2	11
Figura 2.1.7	Dimensiones 3	11
Figura 2.1.8	Dimensiones 4	11
Figura 2.1.9	Dimensiones 5	11
Figura 2.1.11	Transistor	12
Figura 2.1.12	Dispositivos SITH, GTO, MCT, Disparo de Compuerta	12
Figura 2.1.13	TRIAC	13
Figura 2.1.14	LASCR	13
Figura 2.1.15	NPN BJT	13
Figura 2.1.16	Tirístor , LASCR	13
Figura 2.1.17	Clasificación de elementos de potencia	14
Figura 2.1.19	Aplicación 1	16
Figura 2.1.20	Aplicación 2	16
Figura 2.1.21	Aplicación 3	16
Figura 2.1.22	Aplicación 4	16
Figura 2.1.23	Forma onda	17

Página

Figura 2.1.24	Aplicación 5	17
Figura 2.1.25	Diagrama a bloques para el convertidor de potencia	18
Figura 2.2.1	Símbolo diodo	19
Figura 2.2.2	Característica v - i del diodo	19
Figura 2.2.3	Polarización directa de un diodo	20
Figura 2.2.4	Diodos de potencia	20
Figura 2.2.5	Forma de onda típica de switcheo del diodo	20
Figura 2.2.6	Tipos de diodos de potencia Diodo schottky	20
Figura 2.2.7	Características de algunos diodos rectificadores	20
Figura 2.2.8	Inspección a los dispositivos semiconductores de potencia	20
Figura 2.2.9	Tipo recuperación	21
Figura 2.2.10	Protección 1	21
Figura 2.2.11	Protección 2	21
Figura 2.2.12	Forma onda a)	21
Figura 2.2.13	Forma onda b)	21
Figura 2.2.14	Diodo serie	24
Figura 2.2.15	Diodos serie, con R	24
Figura 2.2.16	Característica de diodos en serie	25
Figura 2.2.17	Diodos en serie con distribución de voltaje	26
Figura 2.2.18	Diodos en paralelo	26
Figura 2.3.1	Diodo con carga RL	27
Figura 2.3.2	Curva típica RL	27
Figura 2.3.3	Diodo con carga RC	27
Figura 2.3.4	Curva típica RC	27
Figura 2.3.5	Descarga de RC	28
Figura 2.3.6	Curva de 2.3.5	28
Figura 2.3.7	Diodo con carga LC	28
Figura 2.3.8	Curva típica LC	28
Figura 2.3.9	Diodo con RLC	28

Página

Figura 2.3.10	Problema ejemplo 1	30
Figura 2.3.11	Problema ejemplo 1	31
Figura 2.3.12	Problema ejemplo 1	31
Figura 2.3.13	Problema ejemplo 1	32
Figura 2.3.14	Problema ejemplo 1	32
Figura 2.3.15	circuito con diodo marcha libre	33
Figura 2.3.16	Curvas de 2.3.15	33
Figura 2.3.17	Problema ejemplo 2	33
Figura 2.3.18	Curvas típicas	33
Figura 2.3.19	Circuito con CA	34
Figura 2.3.20	Curvas de 2.3.19	34
Figura 2.3.21	Circuito de CA y R	34
Figura 2.3.22	Curvas	34
Figura 2.3.23	Curvas de corriente	34
Figura 2.3.24	Rectificado onda completa	36
Figura 2.3.25	Rectificado multifase	37
Figura 2.3.26	Filtro CD	38
Figura 2.3.27	Filtro CA	39
Figura 2.3.28	Circuito trifásico	39
Figura 2.3.29	Curva	39
Figura 2.3.30	Rectificador puente trifásico	40
Figura 2.4.1	G-K	41
Figura 2.4.2	A-K	41
Figura 2.4.3	Símbolo tiristores	42
Figura 2.4.4	Elemento	42
Figura 2.4.5	A-K V-I	42
Figura 2.4.6	A-K V-T	42
Figura 2.4.7	Activado SCR	42

Página

Figura 2.4.8	Curvas activado	42
Figura 2.4.9	Activado GTO	42
Figura 2.4.10	Curvas activado	42
Figura 2.4.13	I_{GT} activado	43
Figura 2.4.14	I_H Sostenimiento	43
Figura 2.4.15	I_L Enclavamiento	44
Figura 2.4.16	V_{GT} Activado	44
Figura 2.4.17	Foto SCR	44
Figura 2.4.18	Foto Triac	44
Figura 2.4.19	Circuito R	44
Figura 2.4.20	Circuito RC	44
Figura 2.4.21	Circuito RL	44
Figura 2.4.22	Circuito RLC	44
Figura 2.4.23	Típicos	45
Figura 2.4.24	Pulso corto de un SCR	45
Figura 2.4.25	Pulso largo de un SCR	45
Figura 2.4.26	Generador de tren de pulsos de un SCR	45
Figura 2.4.27	Tren de pulsos con mecanismo de tiempo y lógica AND	45
Figura 2.4.28	Activación y V-I	46
Figura 2.4.29	Activación D1 y D2	46
Figura 2.4.30	SCR en serie	46
Figura 2.4.31	SCR en paralelo	46
Figura 2.4.32	Curvas recuperación	46
Figura 2.4.33	SCR en Paralelo con protección	46
Figura 2.4.34	Protección C	47
Figura 2.4.35	Protección RC	47
Figura 2.4.36	Protección D_s RC	47

Página

Figura 2.4.37 Protección D_s RCL 47

Figura 2.4.38 Curvas de protección 47

Figura 2.4.39 Curvas de protección 47

Figura 2.4.40 Tiristores SCR 48

Figura 2.4.41 Porque los convencionales SCR no pueden ser apagados 48

Figura 2.4.42 El tiristor operado por compuerta GTO 48

Figura 2.4.43 Los tiristores controlados MCT 48

Figura 2.4.44 Símbolo MCT 48

Figura 2.4.45 Esquemático MCT 48

Figura 2.4.46 Resumen de tiristores 49

Figura 2.4.47 El circuito equivalente de MCT 49

Figura 2.4.48 Activación GTO 49

Figura 2.4.49 Curva de GTO 49

Figura 2.4.50 Típico de activación 50

Figura 2.4.51 Símbolo UJT 50

Figura 2.4.52 Circuito UJT 50

Figura 2.4.53 Aplicación UJT 50

Figura 2.4.54 Curva típica UJT 50

Figura 2.4.55 Curva típica 50

Figura 2.4.56 Símbolo PUT 50

Figura 2.4.57 Circuito equivalente 50

Figura 2.4.58 Circuito para pruebas 51

Figura 2.4.59 Circuito para pruebas 2 51

Figura 2.4.60 Oscilador PUT 51

Figura 2.4.61 Aplicación 51

Figura 2.4.62 Curva 51

Figura 2.4.63 Configuración con carga 51

Figura 2.5.1 Convertidor 53

Página

Figura 2.5.2	Grafica un cuadrante	53
Figura 2.5.3	Convertidor de un cuadrante	54
Figura 2.5.4	Convertidor de dos cuadrante	54
Figura 2.5.5	Curvas típicas	54
Figura 2.5.6	Convertidor de dos cuadrante	54
Figura 2.5.7	Curvas	54
Figura 2.5.8	Grafica dos cuadrante	54
Figura 2.5.9	Convertidor cuatro cuadrantes	55
Figura 2.5.10	Grafica cuatro cuadrantes	55
Figura 2.5.11	Curvas 4 cuadrantes	55
Figura 2.5.12	Serie un cuadrantes	55
Figura 2.5.13	Serie 2 cuadrantes	55
Figura 2.5.14	Trifásico ½ onda un cuadrante	55
Figura 2.5.15	Trifásico onda completa un cuadrante	55
Figura 2.5.16	Curvas trifásico 2 cuadrantes	56
Figura 2.5.17	Curvas trifásico un cuadrante	56
Figura 2.5.18	Convertidor Dual trifásico	56
Figura 2.5.19	Curvas dual	56
Figura 2.5.20	Monofásico un cuadrante	57
Figura 2.5.21	Curvas un cuadrante	57
Figura 2.5.22	Monofásico Dos cuadrantes	58
Figura 2.5.23	Curvas dos cuadrantes	58
Figura 2.5.24	Mejoras al FP	58
Figura 2.5.25	Mejoras al FP 2	58
Figura 2.5.26	Control senoidal	59
Figura 2.6.1	El **MOSFET**	60
Figura 2.6.2	No activado	60
Figura 2.6.3	Activado	60

Página

Figura 2.6.4	Mosfet con diodo	60
Figura 2.6.5	Curvas características	60
Figura 2.6.6	Equivalente	60
Figura 2.6.7	Listado	61
Figura 2.6.8	Conclusiones	61
Figura 2.6.9	BJT	61
Figura 2.6.10	Curvas I y V	61
Figura 2.6.11	Formas de onda	61
Figura 2.6.12	Análisis	61
Figura 2.6.13	Curvas características	61
Figura 2.6.14	V quiebre	61
Figura 2.6.15	BJT darlington	62
Figura 2.6.16	Conclusiones	62
Figura 2.6.17	El IGBT	62
Figura 2.6.18	Símbolo	62
Figura 2.6.19	Curva I	62
Figura 2.6.20	Listado	62
Figura 2.6.21	Conclusiones	62
Figura 2.6.22	Switch	63
Figura 2.6.23	Pulsador	63
Figura 2.6.24	Un cuadrante	63
Figura 2.6.25	Comentarios	63
Figura 2.6.26	Gráficos típicos	63
Figura 2.6.27	BJT e IGBT	63
Figura 2.6.28	I +- dos cuadrantes	64
Figura 2.6.29	MOSFET	64
Figura 2.6.30	Símbolo	64
Figura 2.6.31	Circuito	64

Página

Figura 2.6.32 Switch dos cuadrantes 64
Figura 2.6.33 Grafica dos cuadrantes 64
Figura 2.6.34 Switch de 4 cuadrantes 64
Figura 2.6.35 Configuraciones 64
Figura 2.6.36 Tipos de rectificador 65
Figura 2.6.37 Circuito 65

CAPITULO 3

Página

Figura 3.1.1 Interruptor CD 66
Figura 3.1.2 Interruptor con carga R 66
Figura 3.1.3 Interruptor con GTO 66
Figura 3.1.4 Interruptor opto aislado 66
Figura 3.1.5 Aislamiento con relevador de lengüeta 66
Figura 3.1.6 Aislamiento con relevador de compuerta 66
Figura 3.1.7 Aislamiento por transformador 67
Figura 3.1.8 Aislamiento por acoplamiento óptico 67
Figura 3.2.1 Control de velocidad 67
Figura 3.2.2 Control de velocidad 4 cuadrantes 67
Figura 3.2.3 Tipo de conexión motor de CD 67
Figura 3.2.4 Control por diodos o SCR 68
Figura 3.2.5 Grafica de operación 68
Figura 3.3.1 Convertidor Fly-back 68
Figura 3.3.2 Fly-back con bobina 68
Figura 3.3.3 Convertidor Push-pull 69

Página

Figura 3.3.4	Convertidor medio puente	69
Figura 3.3.5	Convertidor puente completo	69
Figura 3.3.6	Convertidor medio puente	69
Figura 3.3.7	Inversor puente completo	69
Figura 3.4.1	Circuito de motor	70
Figura 3.4.2	Curva	70
Figura 3.4.3	Controlador de motor de CA	70
Figura 3.4.4	Curva	70
Figura 3.4.5	Curva de frecuencia	70
Figura 3.4.6	Controlador de motor de CA	70
Figura 3.4.7	Curva par	70
Figura P2.3.1	Figura de Problema	101
Figura P2.3.2	Figura de Problema	102
Figura P2.3.3	Figura de Problema	103
Figura P2.3.4	Figura de Problema	104
Figura P2.3.6	Figura de Problema	105
Figura P2.3.6b	Figura de Problema	106
Figura P2.3.6c	Figura de Problema	106
Figura P2.3.6d	Figura de Problema	107
Figura P2.3.6e	Figura de Problema	107
Figura P2.3.7	Figura de Problema	108
Figura P2.3.8	Figura de Problema	109
Figura P2.3.15	Figura de Problema	113
Figura P2.3.17	Figura de Problema	115
Figura P2.3.19	Figura de Problema	117
Figura P2.3.20	Figura de Problema	119
Figura P2.3.21	Figura de Problema	120
Figura P2.3.23	Figura de Problema	122
Figura P2.3.24	Figura de Problema	123
Figura P2.3.25	Figura de Problema	124

		Página
Figura P2.3.26	Figura de Problema	125
Figura P2.3.27	Figura de Problema	126
Figura P2.3.27a	Figura de Problema	126
Figura P2.3.28	Figura de Problema	127
Figura P2.3.29	Figura de Problema	128
Figura P2.3.30	Figura de Problema	129
Figura P2.3.31	Figura de Problema	130
Figura P2.3.32	Figura de Problema	131
Figura P2.3.33	Figura de Problema	132
Figura P2.3.34	Figura de Problema	132
Figura P2.3.35	Figura de Problema	134
Figura P2.4.3	Figura de Problema	136
Figura P2.4.4	Figura de Problema	137
Figura P2.4.6	Figura de Problema	139
Figura P2.4.9	Figura de Problema	142
Figura P2.4.10	Figura de Problema	143
Figura P2.4.11	Figura de Problema	144
Figura P2.4.12	Figura de Problema	145
Figura P2.4.13	Figura de Problema	146
Figura P2.4.14	Figura de Problema	147

RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

Nombre:	Antonio Rodríguez García
Nombre de los padres:	Juan Rodríguez Cazares Socorro García López
Lugar y fecha de nacimiento:	Monterrey, N.L. 16 de Julio de 1954
Grado de escolaridad:	Ing. en Control e Instrumentación Universidad Mexicana del Noreste
Campo profesional: **De 1990 - Actual**	Catedrático de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, impartiendo clases de: Electrónica Industrial, Electrónica de Potencia e Instrumentación Digital. Laboratorios de: E. Industrial, E de Potencia, Instrumentación Analógica e Instrumentación Digital.
De 1982 - Actual	Catedrático en el Instituto Tecnológico de Nuevo León impartiendo clases de Instrumentación Analógica, Instrumentación Digital e Instrumentación Analítica así como sus respectivos laboratorios.
De 1988 a 1988	Ingeniería de ventas, Honeywell S.A.
De 1981 a 1986	Ingeniería de Ventas, en Foxboro S.A.
De 1980 a 1980	Ingeniería de Ventas, en Schultz del Norte
De 1977 a 1979	Instrumentista, en Fundidora Monterrey, S.A.
De 1972 a 1977	Instrumentista, Industrias del Alcali S.A.
Grado que deseo obtener:	**Maestro en ciencias de la Ingeniería Eléctrica con especialidad en Control.**
Nombre de la tesis:	**Diseño de material didáctico para Electrónica Industrial y de Potencia**