



TEMA 6

CONVERTIDORES AC-AC

6.1. Introducción.

La electrónica de potencia ac-ac convertidor de corriente alterna, en forma genérica, acepta de energía eléctrica de un sistema y la convierte para su entrega a otro sistema de corriente alterna con formas de onda de amplitud diferente, frecuencia y fase. Pueden ser de una o tres fases tipos en función de sus clasificaciones de poder. La ac - ac convertidores empleados para variar la tensión eficaz a través de la carga constante frecuencia son conocidos como controladores o reguladores de voltaje de ca de ca. El control de voltaje se logra mediante: (i) control de fase en virtud de la conmutación física que utiliza pares de controlado de silicio rectificadores (SCR) o triac, o (ii) por el control de compensación con arreglo a - forzada conmutación con conmutadores controlados completamente auto-conmutados como Tiristores Puerta Apagar-(OTG), transistores de potencia, Los transistores bipolares de puerta aislada (IGBT), controlado por MOS Tiristores (MCT), etc ac - convertidores de corriente alterna en la que corriente alterna en una frecuencia se convierte directamente en corriente alterna en otra frecuencia sin ningún tipo de conversión de corriente continua intermedios enlace se conocen como ciclo convertidores, la mayoría de los que utilizan naturalmente conmutados SCR para su funcionamiento cuando la frecuencia de salida máxima se limita a una fracción del frecuencia de entrada. Con el rápido avance en la acción rápida interruptores controlados totalmente, ciclo convertidores conmutación de fuerza (FCC) o recientemente desarrollados matriz con convertidores bidireccionales on - interruptores de control de proporcionar un control independiente de la magnitud y la frecuencia de la tensión de salida generada modulación, como sinusoidal de tensión de salida y actual. Mientras que las aplicaciones típicas de los controladores de voltaje de corriente alterna son iluminación y calefacción de control, transformador en línea de toque, blando de inicio y de control de velocidad de bombas y ventiladores, el ciclo convertidores se utilizan principalmente para la alta potencia baja velocidad grandes unidades de motor de corriente alterna para su aplicación en los hornos de cemento, trenes de laminación, y las hélices del buque. Los circuitos de energía, control de métodos y el funcionamiento de los controladores de voltaje de corriente alterna, ciclo convertidores, y los convertidores se introducen en la matriz este capítulo. Una breve revisión es también debido a su relación aplicaciones.

6.2 Monofásico de corriente alterna AC - Voltaje Controlador

El circuito de potencia de base de una corriente alterna monofásica de tensión-ac controlador, como se muestra en la figura. 16.1a, se compone de un par de SCRs conectados espalda con espalda (también conocido como inversa-paralelo o anti paralelos) entre el suministro de corriente alterna y la carga.

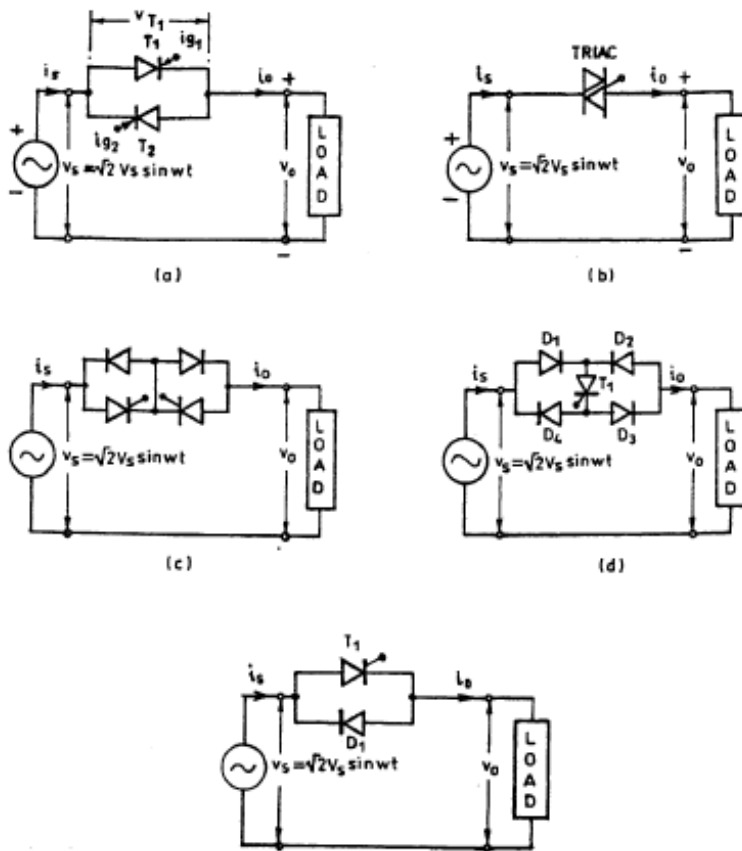


FIGURA 6.1 controlador monofásico de voltaje de corriente alterna: (a) de onda completa, dos SCR en paralelo inverso, (b) de onda completa con Triac; (c) de onda completa con dos SCR y dos diodos, (d) de onda completa con cuatro diodos y un SCR, y (e) de media onda con un SCR y un diodo en antiparalelo.

Esta conexión proporciona un bidireccional de onda completa simétrica control y el par de SCR puede ser sustituido por un Triac (Fig. 6.1b) para aplicaciones de baja potencia. Arreglos alternos son como se muestra en la figura. 6.1c con dos diodos y dos SCR para proporcionar una conexión de cátodo común para la simplificación del compuerta del circuito sin necesidad de aislamiento, y en la figura. 6.1d con un SCR y diodos de cuatro a reducir el costo del dispositivo, pero con dispositivo de aumento de la pérdida de la conducción. Un SCR y la combinación de diodos, conocido como un controlador de thyrode, como se muestra en la figura. 6.1e, proporciona un medio unidireccional de onda de tensión asimétrica de control con dispositivo de economía, sino que introduce un componente de corriente continua y los armónicos más y por lo tanto no es muy práctico para utilizar a excepción de una muy baja potencia de calefacción de carga.

Con el control de fase, los interruptores de funcionamiento de la corriente de carga por un período elegido de cada ciclo de entrada de voltaje y con off en los interruptores de conectar la carga ya sea para unos pocos ciclos de tensión de entrada y desconectarlo de los siguientes ciclos (Control del ciclo integral) o los interruptores se enciende y se apaga varias veces dentro de los ciclos medio alternativo de tensión de entrada (ac interruptor o un controlador de voltaje de corriente alterna PWM).



6.2.1 Fase controlador monofásico de voltaje de CA Controlador

Para una onda completa, el control de simetría de fase, los tiristores T_1 y T_2 en la figura. 6.1a están cerradas en A y un $p \neq a$, respectivamente, desde el cruce por cero de la tensión de entrada y mediante la variación de una, el poder el flujo de la carga se activa a través del control de tensión en suplentes hemiciclos. Mientras un SCR está bajo tensión, el SCR otros restos polarización inversa por la caída de tensión a través de la realización de SCR. El principio de funcionamiento en cada medio ciclo es similar a la del rectificador controlado de media onda y se puede utilizar el mismo método para el análisis del circuito.

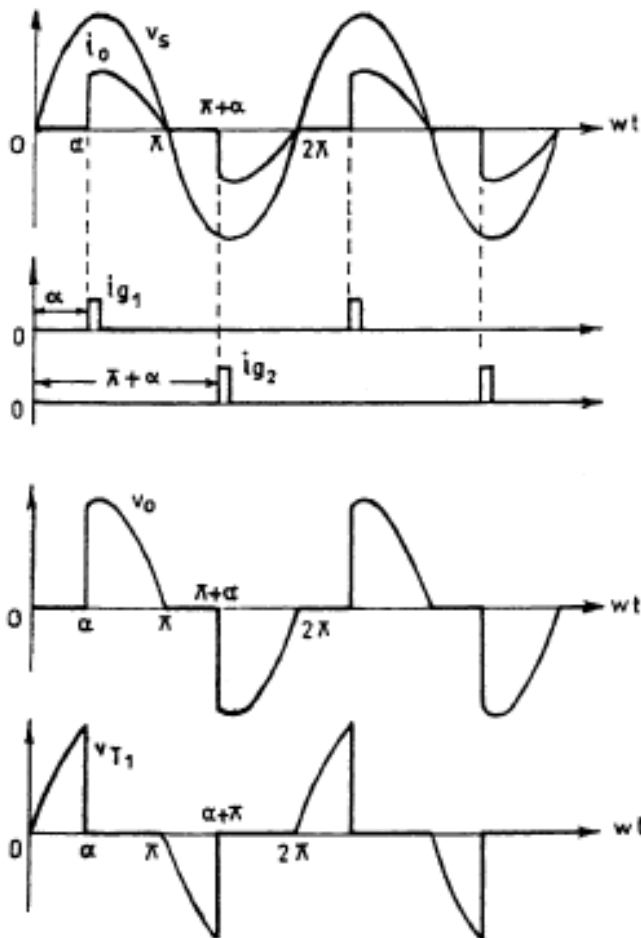


FIGURA 6.2 Formas de onda de corriente alterna monofásica de onda completa controlador de voltaje con R-carga.

La operación con R-carga. La figura 6.2 muestra la típica tensión y la corriente para la monofásico bidireccional controlador de corriente alterna de voltaje controlado por fase de la figura. 6.1a con carga resistiva. El voltaje y corriente de salida formas de onda con simetría de media onda y por ende no cd componente. Si V_s es el voltaje



de la fuente, el RMS tensión de salida con T1 ha disparado en una se puede encontrar desde el de media onda simetría como

$$V_o = \left[\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} 2 V_s^2 \sin^2 \omega t d(\omega t) \right]^{1/2} = V_s \left[1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} \right]^{1/2} \quad (16.1)$$

Tenga en cuenta que V_o se puede variar de 0 a V_s mediante la variación de una de α a π . El valor efectivo de la corriente de carga:

$$I_o = \frac{V_o}{R}$$

El factor de potencia de entrada:

$$\frac{P_o}{VA} = \frac{V_o}{V_s} = \left[1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} \right]^{1/2} \quad (16.3)$$

El promedio actual de SCR:

$$I_{A,SCR} = \frac{1}{2\pi R} \int_{\alpha}^{\pi} \sqrt{2} V_s \sin \omega t d(\omega t) \quad (16.4)$$

A medida que cada SCR lleva la mitad de la línea actual, la corriente efectiva en SCR es cada lo

$$I_{o,SCR} = I_o / \sqrt{2} \quad (16.5)$$

Funcionamiento con carga RL. La figura 16.3 muestra el voltaje y las formas de onda para el controlador en la figura. 16.1a con RL carga. Debido a la inductancia, la corriente transportada por el SCR T1 no podrán descender a cero ot un valor de p cuando el voltaje de entrada se negativa y puede continuar hasta que ot a, b, el ángulo de extinción, como se muestra. El ángulo de conducción del SCR depende del ángulo de disparo de un retraso y la carga impedancia ángulo f . La expresión de la corriente de carga lo

$$\theta = \beta - \alpha \quad (16.6)$$

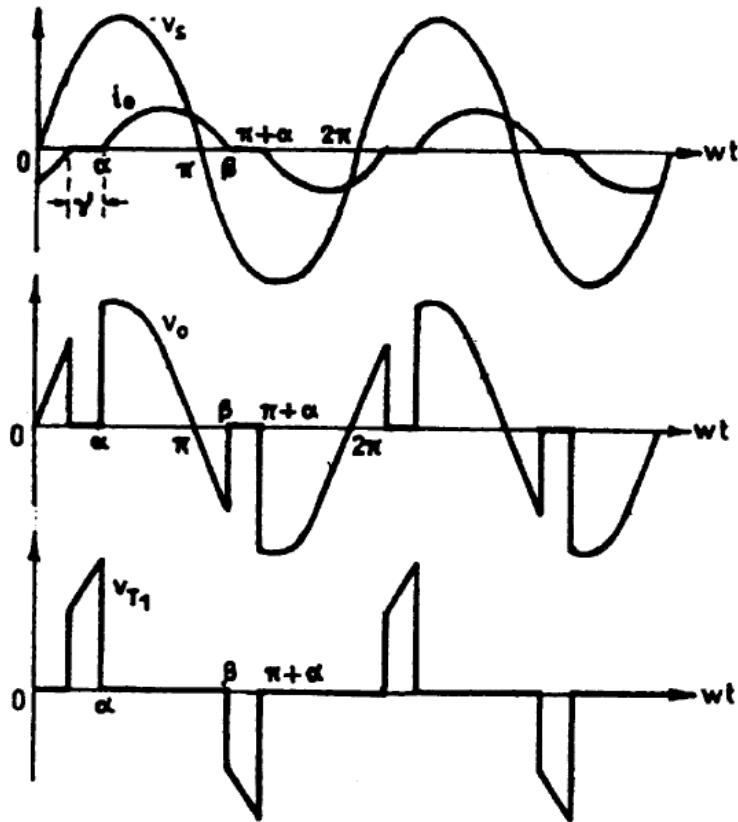


FIGURA 6.3 formas de onda típicas de una fase controlador de voltaje de corriente alterna con una carga RL.

al llevar a cabo de a a b se puede derivar de la misma manera que el aplicado a un rectificador de eliminación controlada en un discontinua modo mediante la resolución de los correspondientes Kirchhoff ecuación de tensión:

$$i_o(\omega t) = \frac{\sqrt{2}V}{Z} [\sin(\omega t - \phi) - \sin(\alpha - \phi)e^{(\alpha - \omega t)/\tan \phi}],$$

$$\alpha < \omega t < \beta \quad (16.7)$$

Donde $Z = (R^2 + \omega^2 L^2)^{1/2}$ La impedancia de carga A y F una carga impedancia ángulo $\tan^{-1} \left(\frac{\omega L}{R} \right)$ El ángulo β , cuando la i_o corriente cae a cero, se puede determinar de las siguientes ecuaciones trascendentales obtiene poniendo $i_o(\omega t = \beta) = 0$ la ecuación. (16.7)

$$\sin(\beta - \phi) = \sin(\alpha - \phi) - \sin(\alpha - \phi)e^{(\alpha - \beta)/\tan \phi} \quad (16.8)$$

De las ecuaciones. (16,6) y (16,8) se puede obtener una relación entre γ y una para un valor dado de f como se muestra en la figura. 6,4, lo que demuestra que, como se incrementa el ángulo de conducción y disminuye y el valor eficaz de la corriente disminuye. El RMS tensión de salida



$$V_o = \left[\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\beta} 2V_s^2 \sin^2 \omega t d(t) \right]^{1/2}$$
$$= \frac{V_s}{\pi} \left[\beta - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} - \frac{\sin 2\beta}{2} \right]^{1/2} \quad (16.9)$$

V_o puede ser evaluada por dos posibles valores extremos de $\phi = 0$ cuando $\beta = \pi$ donde $\beta = 2\pi - \alpha$ y el sobre de las características de control de voltaje para este controlador es muestra en la figura. 6,5.

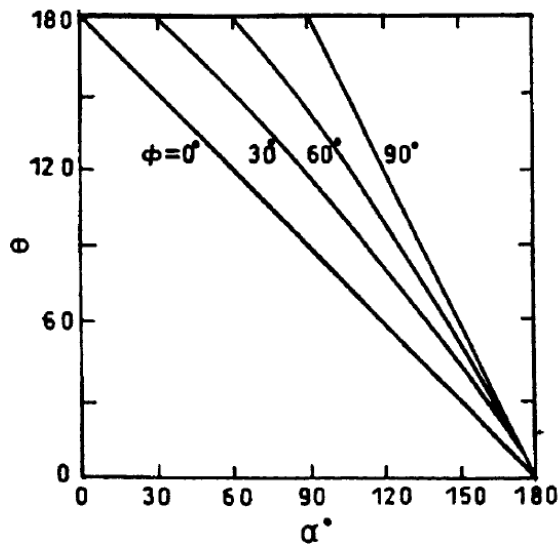


FIGURA 6,4 y frente a una curva de una sola fase de controlador de voltaje de corriente alterna con Carga RL.

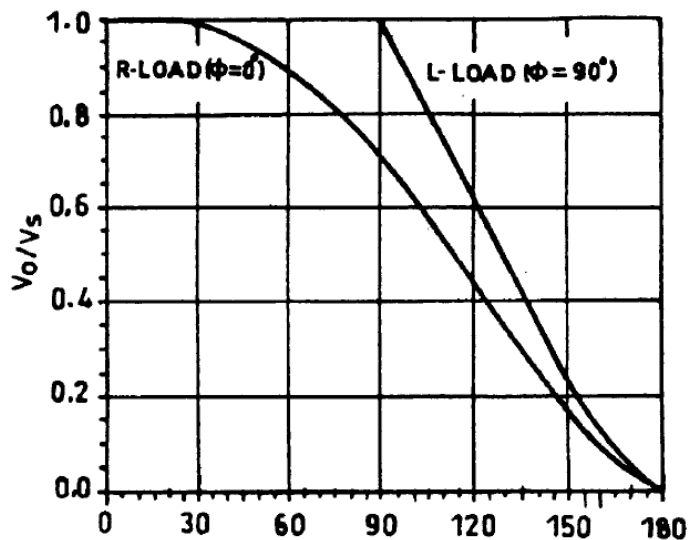


FIGURA 6.5 Sobre las características del control de una corriente alterna monofásica controlador con tensión de carga RL.

.El SCR RMS de corriente puede obtenerse de la ecuación. (16,7) como



$$I_{o,SCR} = \left[\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\beta} i_o^2 d(\omega t) \right] \quad (16.10)$$

El RMS corriente de carga

$$I_o = \sqrt{2} I_{o,SCR} \quad (16.11)$$

El valor medio de SCR actual

$$I_{A,SCR} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\beta} i_o d(\omega t) \quad (16.12)$$

Sincronización de las señales. Para el SCR paralelo inverso como se muestra en la figura. 6.1a, las señales de sincronización de SCR debe ser aislados unos de otros ya que no hay cátodo común. Para R-carga, cada SCR deja de llevar a cabo al final de cada y bajo esta condición, solo pulsos cortos se pueden utilizar Para inyección como se muestra en la figura. 6,2. Con la carga RL, sin embargo, este conmutar solo pulso corto no es adecuado como se muestra en la figura. 6,6. Cuando SCR T2 se activa en $\omega t = \pi - \alpha$, SCR T1 es todavía llevar a cabo debido a la inductancia de carga. En el momento en el SCR detiene la realización de T1 en b, el pulso de puerta para SCR T2 ya ha cesado y T2 no se enciende, haciendo que el convertidor para funcionar como un rectificador monofásico con la conducción de T1 solamente. Esto hace necesario la aplicación de un pulso sostenido, ya sea en la puerta la forma de una señal continua en el período medio ciclo, lo que aumenta la disipación en el circuito de puerta del SCR y una gran transformador de aislamiento Pluse o mejor un tren de pulsos (portador frecuencia de sincronización) para superar estas dificultades.

Funcionamiento con $\alpha < \theta$ si $\alpha = \theta$ continuación de la ecuación. (16.8)

$$\sin(\beta - \phi) = \sin(\beta - \alpha) = 0 \quad (16.13)$$

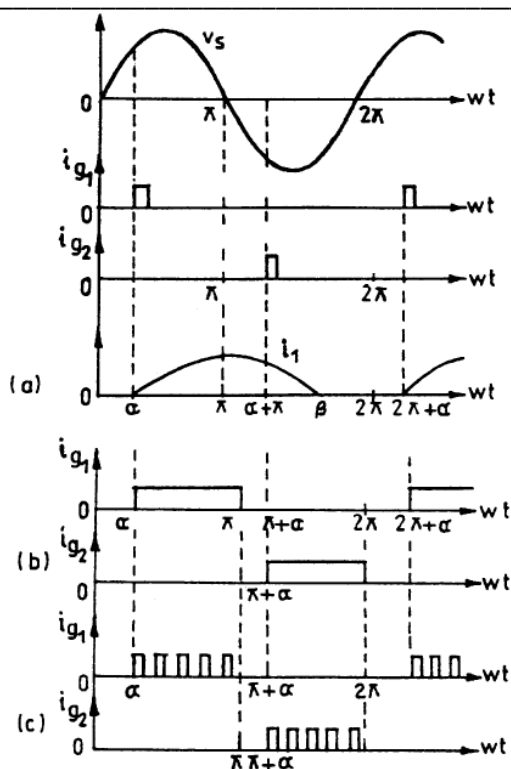


FIGURA 6.6 monofásico de onda completa con controlador de carga RL: Puerta requisitos de pulso

$$\gamma \quad \beta - \alpha = \theta = \pi \quad (16.14)$$

A medida que el ángulo de conducción θ no puede exceder de π y de la carga corriente debe pasar por cero, el rango de control de los disparos α ángulo es una π . Con estrechos pulsos de vaciado y $\alpha < \pi$, sólo un SCR conducta que haya ocasionado en una acción como rectificador se muestra. Incluso con un tren de pulsos, si $\alpha < \pi$, los cambios en el ángulo de tiro no va a cambiar el voltaje y corriente de salida, pero tanto SCRS llevará a cabo para el período π T1 con convertirse en otro valor de π y T2 en. Esta zona muerta (una π a π), cuya duración varía según el ángulo de impedancia de carga α , no es una característica deseable en sistemas de circuito cerrado de control. Una alternativa aproximación al control de fase con respecto a la entrada cruce por cero de tensión se ha informado en el que el despido ángulo se define con respecto a el instante en que es la carga actual (no el voltaje de entrada) que llega a cero, este punto de vista se llama el ángulo de aplazamiento (γ) o el ángulo de control (como marcada en la figura. 6,3). Este método requiere la detección de la carga CURRENTA i "que de lo contrario puede ser necesario de todos modos en una controlador de circuito cerrado para supervisar o controlar.

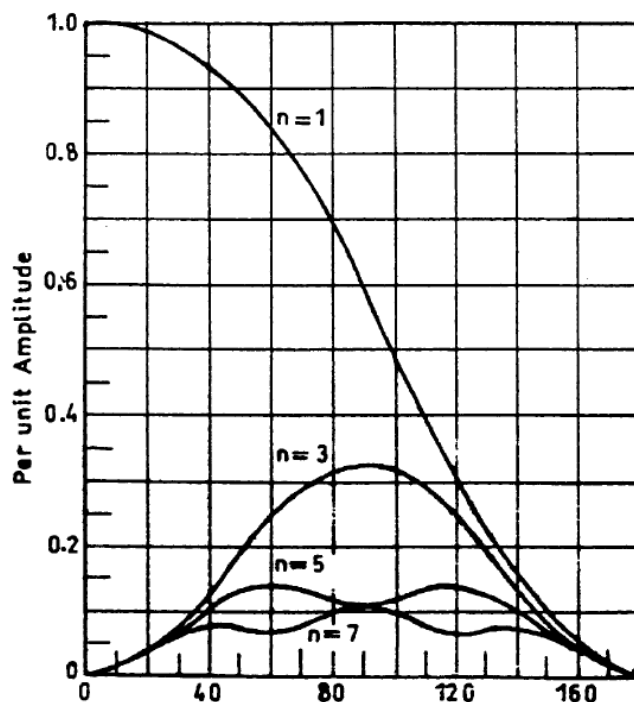


FIGURA 6.7 armónica contenido en función del ángulo de disparo para una monofásico de tensión con el controlador de carga RL.

Factor de potencia y armónicos. Al igual que en el caso de fase controlada rectificadores, las limitaciones importantes de la fase controlada controladores de corriente alterna de voltaje son el factor de potencia y pobres la introducción de armónicos en las corrientes de la fuente. Como se ha visto de la ecuación. (16,3), el factor de potencia de entrada depende de uno, y como aumenta, disminuye el factor de potencia. El aumento de la distorsión armónica y la calidad de los corrientes de entrada disminuyen con el aumento del ángulo de tiro. El las variaciones de los armónicos de orden inferior con el ángulo de disparo como calculado por el análisis de Fourier de la onda de tensión de la figura. 6,2 (con R-carga) se muestran en la figura. 6,7. Sólo los armónicos impares existen en la corriente de entrada debido a la simetría de media onda.

6.2.2 AC monofásica AC = Controlador de Voltaje con ON OFF = Control

Ciclo de Mando Integral. Como alternativa a la fase de control, el método de control del ciclo integral o disparando ráfagas se utiliza para la calefacción de las cargas. Aquí, el interruptor se enciende por un t_n con n integral de los ciclos y apagado durante un tiempo con t_m m ciclos integrales (fig. 6,8).

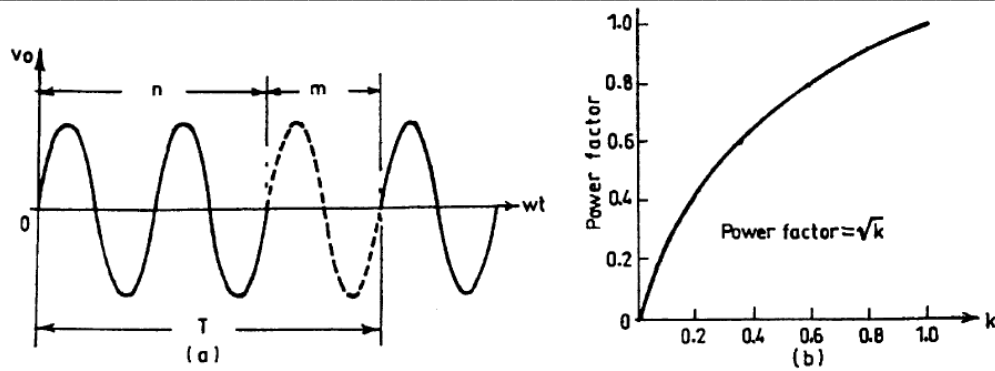


FIGURA 6.8 Integral control del ciclo: (a) formas de onda típica tensión de carga, y (b) del factor de potencia con el ciclo de trabajo k .

A medida que el SCR o Triac utiliza aquí se activan en el cruce-cero de la tensión de entrada y desvío se produce en cero armónicos de corriente de suministro, y la radio interferencia de las frecuencias son muy bajas. Sin embargo, los componentes de frecuencia puede subarmónicas generados que no son deseables, ya que pueden crear subarmónicas resonancia en el sistema de suministro de energía, causa el parpadeo de la lámpara, y pueden interferir con las frecuencias naturales de cargas del motor causando oscilaciones del eje. Para v tensión de entrada sinusoidal V_s , el RMStensión de salida

$$V_o = V_s \sqrt{k} \quad (16.15)$$

Donde $n k = a/n+m$ ciclo de trabajo y un eficaz V_s fase tensión. El factor de potencia es

$$\sqrt{k} \quad (16.16)$$

Que es más pobre de los valores más bajos del ciclo de trabajo k . PWM de CA Chopper. Al igual que en el caso de rectificador, el rendimiento de alimentación de corriente alterna los controladores se puede mejorar en términos de los armónicos, la calidad de salida de corriente y factor de potencia de entrada de amplitud de pulso modulación (PWM) de control de PWM helicópteros de corriente alterna. El circuito configuración de una unidad de este tipo de una sola fase se muestra en la figura. 6,9. En este caso, totalmente controlada interruptores S_1 y S_2 conectados en antiparalelas se enciende y se apaga muchas veces durante el positivos y negativos medio-ciclos de la tensión de entrada, respectivamente; S_{01} y S_{02} facilitar los caminos para la rueda libre corriente de carga cuando S_1 y S_2 están apagados. Un condensador de entrada filtrada

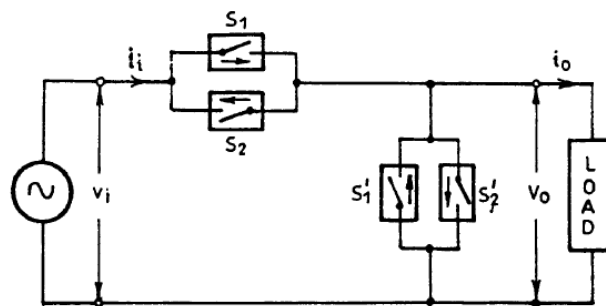


FIGURA 6.9 monofásico PWM como circuito del interruptor.

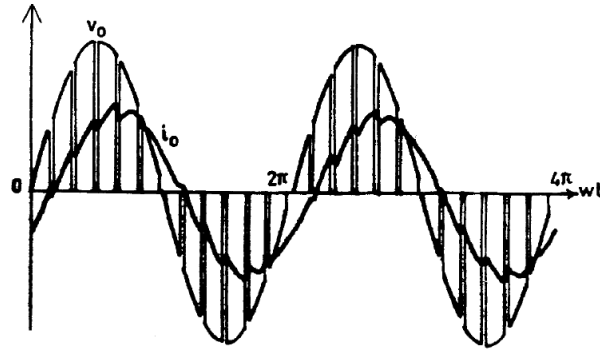


FIGURA 6.10 tensión de salida típica y la corriente de un monofásico de corriente alterna PWM helicóptero.

Puede ser proporcionada a atenuar la elevada frecuencia de conmutación corriente de la oferta y también para mejorar la entrada factor de potencia. La figura 6.10 muestra la tensión de salida típica y forma de onda de la corriente de un PWM corriente alterna monofásica helicóptero. Se puede demostrar que las características de control de un helicóptero de ca depende de la modulación de índice H , que teóricamente varía desde cero hasta la unidad.

Tres helicópteros de la fase constará de tres PWM monofásico helicópteros ya sea conectado o delta de cuatro hilos conectados estrellas.

6,3 Controladores trifásico de corriente alterna AC = Voltaje

6.3.1 Controladores voltaje trifásico de corriente alterna de fase controlada

Varias configuraciones. Varias configuraciones de circuitos posibles para la eliminación controlada de tres fases con los reguladores de corriente alterna cargas conectadas en triángulo se muestran en la figura. 6.11a-h. El configuraciones de la figura. 6.11a y B puede ser realizado por tres monofásicos reguladores de corriente alterna que operan de forma independiente otros y son fáciles de analizar. En la figura. 6.11a, son los SCR

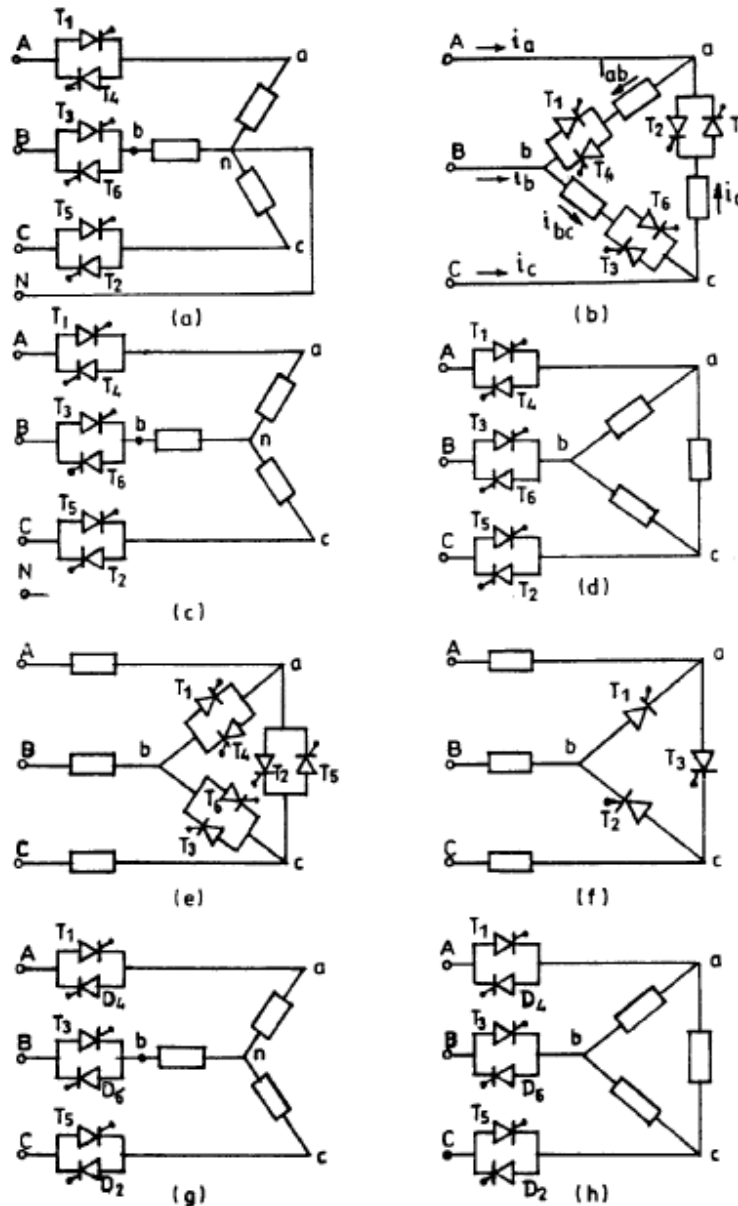


FIGURA 6.11 trifásico de corriente alterna de voltaje controlador de configuraciones de circuito.

Que se califiquen para llevar a corrientes de línea y soportar tensiones de fase, mientras que en la figura. 6.11b deben ser capaces de llevar a corrientes de fase y soportar las tensiones de línea. Además, en la figura. 6.11b las corrientes de línea están libres de armónicos, mientras que éstos están presentes en el delta cerrada. El factor de potencia en la figura.6.11 es ligeramente superior. El ángulo de disparo para el control de rango estos dos circuitos es de 0 a 180 para R-carga. Los circuitos de la figura. 6.11c y d son trifásicos de tres hilos circuitos y son difíciles de analizar. En estos dos circuitos, en por lo menos dos SCRSA "uno en cada fase" debe ser cerrada de forma simultánea Para obtener el controlador de iniciado mediante el establecimiento de una corriente camino entre las líneas de suministro. Esto requiere dos disparos pulsos espaciados a 60 salvo por ciclo de cada disparo de SCR. El modos de funcionamiento se definen por el número de SCR la realización de en estos modos. El rango de control de tiro es de 0 a 150. El armónicos están ausentes en estas dos configuraciones.



Otra configuración se muestra en la figura. 6.11e cuando los controladores están conectados en delta y la carga conectada es entre la oferta y el convertidor. Aquí puede, actual el flujo entre dos líneas, aunque un SCR está llevando a cabo, por lo que cada SCR requiere un pulso de disparo por ciclo. La tensión y la nominal de corriente de SCR son casi los mismos que los del circuito de la figura. 6.11b. También es posible reducir el número de dispositivos a tres SCR en delta como se muestra en la figura. 6.11f, conectar una fuente de terminal directamente a una carga del circuito terminal. Cada SCR está compuesta de impulsos de puerta en cada ciclo espaciados 120 grados de separación. En ambas figuras. 6.11e y f cada extremo de cada fase debe ser accesible. El número de dispositivos en la figura. 6.11f es menor, pero sus rangos de corriente deben ser mayores. Como en el caso de la tensión de una fase de eliminación controlado regulador, el costo total del regulador se puede reducir mediante la sustitución de seis por tres SCR y diodos de tres, dando lugar a trifásica de media onda controlado unidireccional como reguladores de corriente alterna muestra en la figura. 6.11g y H para la estrella y delta-conectados cargas. El principal inconveniente de estos circuitos es el gran contenido armónico en la tensión de salida, en particular el segundo armónico debido a la asimetría. Sin embargo, la CC componentes están ausentes en la línea. El ángulo de disparo máxima en el regulador de media onda controlado es de 210 grados.

6.3.2 Controlador de Voltaje AC completamente controlado trifásico de tres hilos

6.3.2.1 De carga conectado en estrella con neutro aislado

El análisis de la operación del controlador de onda completa con neutro aislado, como se muestra en la figura. 6.11c es, como se mencionó, muy complicado en comparación con la de una sola fase controlador, en particular para una RL o carga del motor. Como un simple ejemplo, el funcionamiento de este controlador se considera aquí con un simple R conectado en estrella-carga. Los seis SCR se convierten en la secuencia 1-2-3-4-5-6 a intervalos de 60 y la puerta señales son sostenida a lo largo de la conducción posible ángulo. La tensión de fase de salida formas de onda para una de 30, 75 y 120 para una equilibrada tres R de la fase transitoria fuerza están representados en la figura. 6.12. En cualquier intervalo de tiempo, ya sea tres o dos SCR, o si no se SCR puede ser encendido y las tensiones de salida instantánea a la de carga son los voltajes de línea a neutro (tres en SCR), o la mitad de la tensión de línea a línea (dos SCR activado) o cero (sin SCR en). Dependiendo del ángulo de disparo una, puede haber tres modos de operación.

Modo I (también conocido como el Modo 2 = 3): 0 a 60. Hay períodos en los tres SCR están llevando a cabo, uno en cada fase para cualquier dirección y los períodos en que sólo dos conductan SCR. Por ejemplo, con uno de 30 en la figura. 6.12a, suponemos que en un 0, T5 y T6 SCR están llevando a cabo, y la corriente a través de la R-carga en una fase es cero van haciendo un 0. En 30, T1 recibe un pulso de puerta y empieza a llevar a cabo; T5

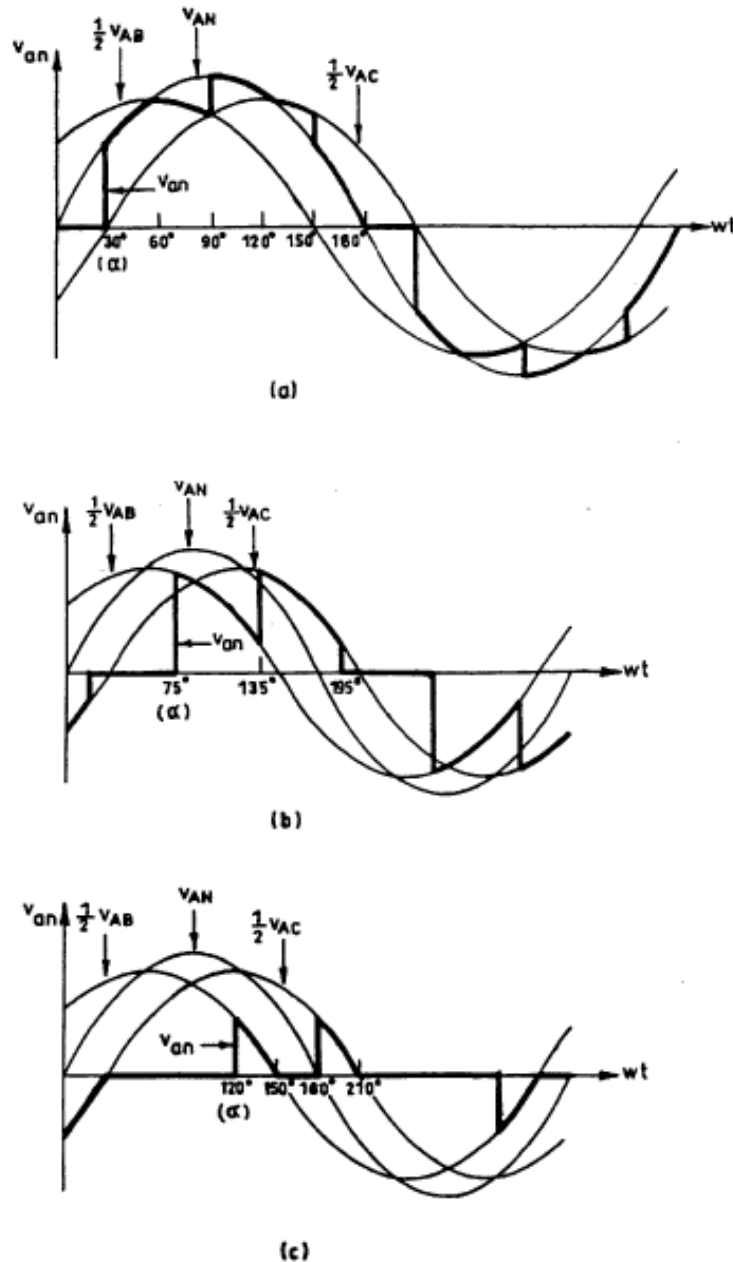


FIGURA 6.12 formas de onda de tensión de salida para una tensión de corriente trifásica controlador con R conectado en estrella de carga: (a) α a una de 30, (b) α a uno de 75, y (c) una α de 120.

y T6 permanecer en una furgoneta y la furgoneta. La corriente en T5 alcanza cero a 60, convirtiendo T5 apagado. Con T1 y T6 permanecer en, V_{an} a $1 = 2v_{AB}$. A los 90, T2 se encuentra activada, los tres tiristores T1, T2 y T6 son entonces llevar a cabo y los V_{an} . A los 120, T6 se apaga, dejando T1 y T2, así que una furgoneta $1 = 2v_{AC}$. Así, con el progreso de cocción en secuencia hasta que una de 60, el número de SCR realizar en un momento dado entre dos suplentes y tres.

Modo II (también conocido como Modo 2 / 2): 60 a 90. Dos SCR, uno en cada fase, siempre conducta. Para una de 75 como se muestra en la figura. 6.12b, justo antes de una de 75, SCR T5 y T6 estaban realizando y v_{an} a 0. A los



75, T1 es encendido, T6, mientras que sigue llevando a cabo T5 se apaga como es VCN negativa, van a $1 = 2v_{AB}$. Cuando T2 está activada en 135, es T6 apagado y van a $1 = 2v_{AC}$. El SCR junto a encender es T3, que desactiva T1 y van a 0. Uno SCR está apagado siempre cuando otro está activada en este rango de uno y la salida es ya sea la mitad de línea a línea de alta tensión o cero.

Modo III (también conocido como modo de 0 / 2): 90 a 150. ¿Cuándo ninguna conducta o dos SCR. Por un agulo de 120 (Fig. 6.12c), a principios de SCR no estaban encendidas y van a 0. En una de 120, SCR T1 se da una señal de la puerta, mientras que T6 tiene una señal de la puerta ya se aplica. Como VAB es positiva, T1 y T6 son en polarización y comienzan a realizar y Van. Ambos T1 y T6 apagará cuando se convierte en VAB negativo. Cuando una señal de la puerta se da a la T2, que se enciende y T1 se vuelve a encender. Para $\alpha > 150$, no hay período en que son dos SCR la realización y la tensión de salida es cero en un A 150. Así, la gama del control ángulo de disparo es de 0 a 150. Para R conectado en estrella de carga, suponiendo que la fase instantánea voltajes

$$\begin{aligned}v_{AN} &= \sqrt{2}V_s \sin \omega t \\v_{BN} &= \sqrt{2}V_s \sin(\omega t - 120^\circ) \\v_{CN} &= \sqrt{2}V_s \sin(\omega t - 240^\circ)\end{aligned}\quad (16.17)$$

las expresiones de la tensión eficaz de salida Vo fase se puede derivados de los tres modos como

$$0 \leq \alpha \leq 60^\circ \quad V_o = V_s \left[1 - \frac{3\alpha}{2\pi} + \frac{3}{4\pi} \sin 2\alpha \right]^{1/2} \quad (16.18)$$

$$60^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ \quad V_o = V_s \left[\frac{1}{2} + \frac{3}{4\pi} \sin 2\alpha + \sin(2\alpha + 60^\circ) \right]^{1/2} \quad (16.19)$$

$$90^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ \quad V_o = V_s \left[\frac{5}{4} - \frac{3\alpha}{2\pi} + \frac{3}{4\pi} \sin(2\alpha + 60^\circ) \right]^{1/2} \quad (16.20)$$

Para conectado en estrella pura L-carga, el control eficaz se inicia en $\alpha > 90$ y las expresiones de dos rangos de una son las siguientes:

$$90^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ \quad V_o = V_s \left[\frac{5}{2} - \frac{3\alpha}{\pi} + \frac{3}{2\pi} \sin 2\alpha \right]^{1/2} \quad (16.21)$$

$$120^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ \quad V_o = V_s \left[\frac{5}{2} - \frac{3\alpha}{\pi} + \frac{3}{2\pi} \sin(2\alpha + 60^\circ) \right]^{1/2} \quad (16.22)$$

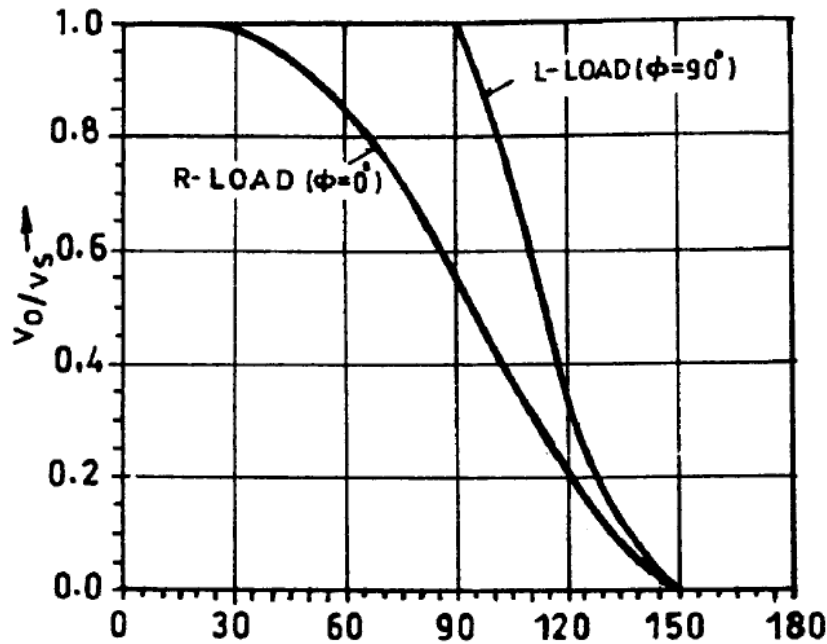


FIGURA 6.13 Papel de las características de control para una de tres fases onda completa controlador de voltaje de corriente alterna.

Las características de control para estos dos casos límite a la I-carga y de $f=90$. Para L-carga se muestran en la figura. 6,13. Aquí, también, como en el caso de una sola fase de la zona muerta puede ser evitado mediante el control del voltaje con respecto al control ángulo o ángulo de (g) del cruce por cero de la corriente en lugar del ángulo de disparo a . RL de carga. El análisis del controlador de voltaje trifásico con carga RL conectado en estrella con neutro aislado es bastante complicado como el SCR no deja de llevar a cabo a un voltaje de cero y el ángulo de extinción b es que sean conocidas por la solución de la ecuación trascendental para el caso. La operación en el modo-II, en este caso, desaparece [1] y la operación de cambio de modo de I Modo III depende de la llamada crítica ángulo [2, 4], que puede evaluarse a partir de una solución numérica de la correspondientes ecuaciones trascendentales. Simulación ya sea por el programa PSPICE [3, 7], o una variable de conmutación-enfoque, junto con un procedimiento iterativo [11] es un medios prácticos para la obtención de la forma de onda de voltaje de salida en este caso. La figura 6.14 muestra los resultados típicos de simulación, utilizando el enfoque más tarde [11] para una de tres fases de tensión-controlador alimentado RL de carga de una? 60, 90 y 105?, Que de acuerdo con la oscilogramas correspondientes prácticas dan en la referencia [5]. Delta-R-Conectado de carga. La configuración se muestra en la figura. 6.11b. El voltaje a través de una R de carga es la que corresponde línea - línea de tensión cuando un SCR en esa fase está encendido. Figura 6,15 muestra la línea y las corrientes de fase para una de 120 y 90 grados con un R-carga. El ángulo de disparo de un se mide desde el cero en la secuencia en que están contados. Al igual que en los monofásicos caso, el rango de ángulo de disparo es 0 y 180 grados. La línea corrientes pueden ser obtenidos a partir de las corrientes de fase como

$$\begin{aligned} i_a &= i_{ab} - i_{ca} \\ i_b &= i_{bc} - i_{ab} \\ i_c &= i_{ca} - i_{bc} \end{aligned} \quad (16.23)$$



Las corrientes de línea dependen del ángulo de encendido y puede ser discontinuo como se muestra. Debido a la conexión en triángulo, la flujo de corrientes armónicas alrededor del delta cerrada y no aparece en la línea. El valor efectivo de la línea actual varía entre el rango

$$\sqrt{2}I_{\Delta} \leq I_{L,rms} \leq \sqrt{3}I_{\Delta,rms} \quad (16.24)$$

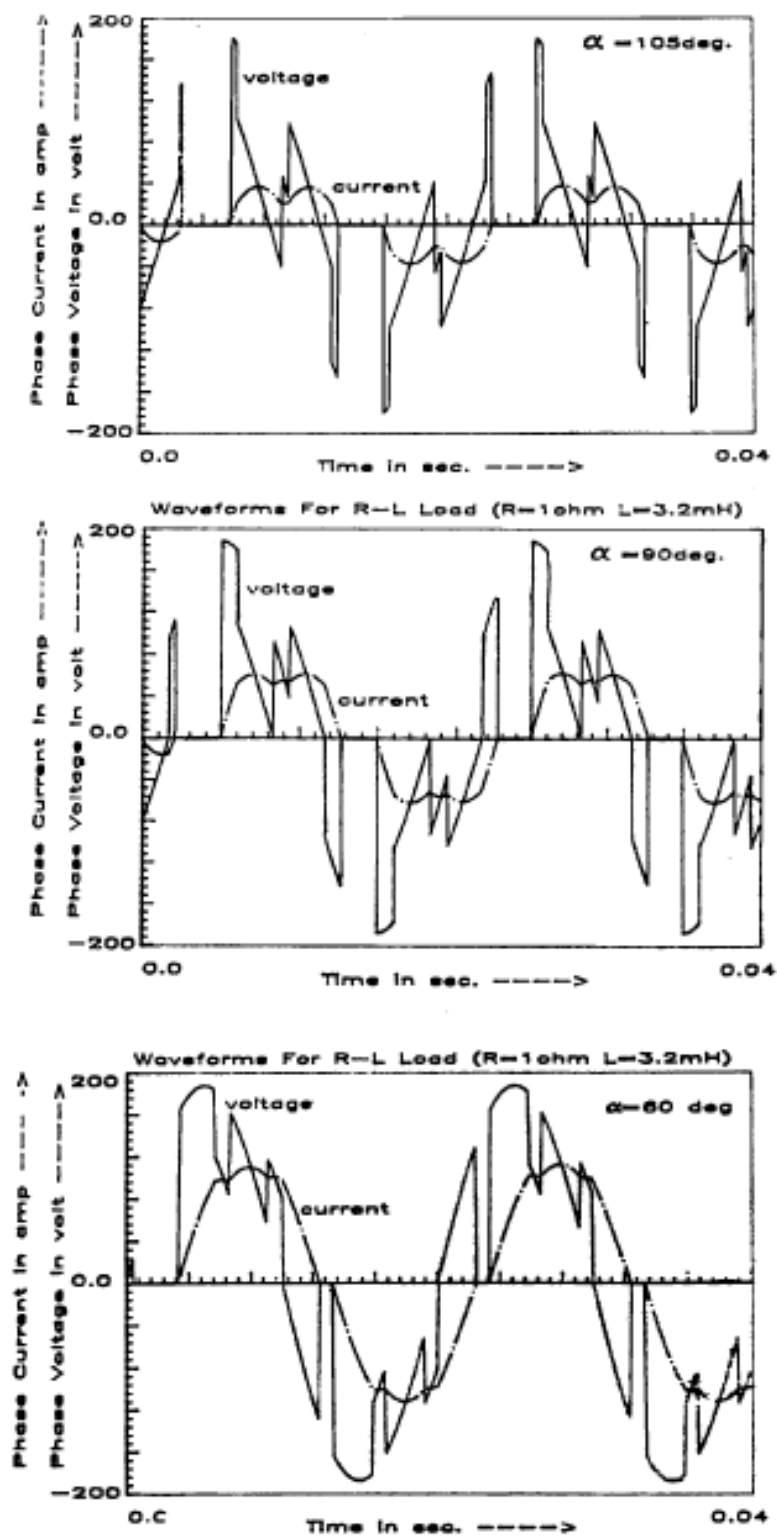


FIGURA 6.14 resultados de la simulación típica de ca trifásica voltaje controlado alimentados con carga RL R =1 ohm, 3.02 mH) para una de 60, 90 y 105.

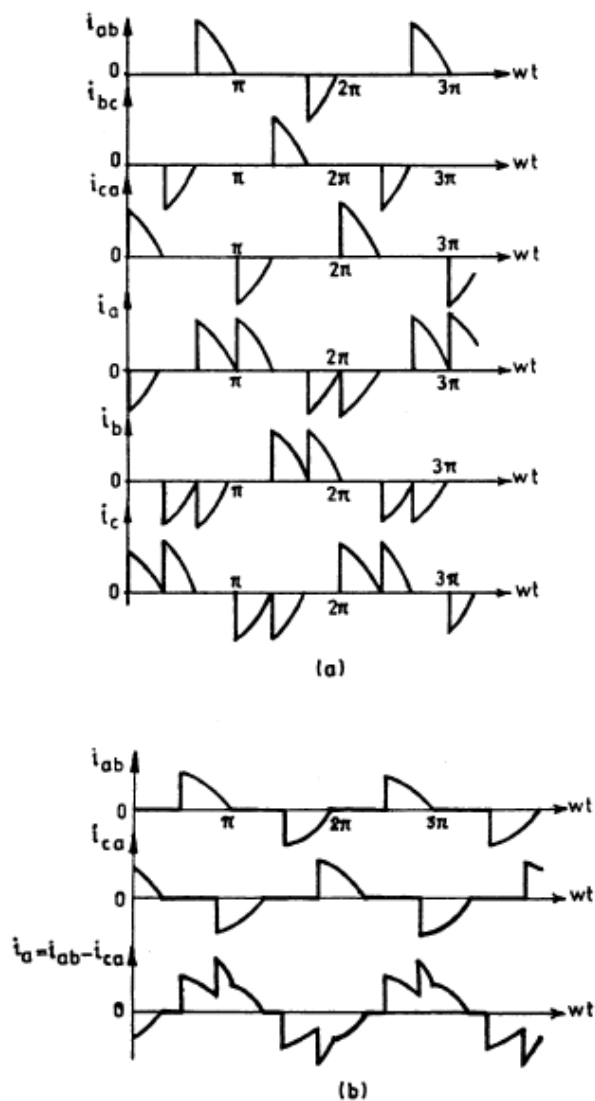


FIGURA 6.15 Formas de onda de un controlador de voltaje trifásico de corriente alterna con una R conectado en triángulo de carga: (a) una de 120, (b) un 90 grados.