

**Apéndice A**  
**Electrónica del variador de**  
**frecuencia.**

Los variadores de frecuencia, como se vio en el capítulo 2, son la combinación de distintos circuitos, en los cuales, destacan tres etapas: El rectificador, el circuito intermedio y el inversor. A continuación describiremos brevemente cada uno de estos elementos.

### 1. El rectificador

La tensión de alimentación, es una tensión trifásica de corriente alterna o monofásica de corriente alterna de frecuencia fija (por ejemplo, 220 V/ 60 Hz ó 127 V/60 Hz).

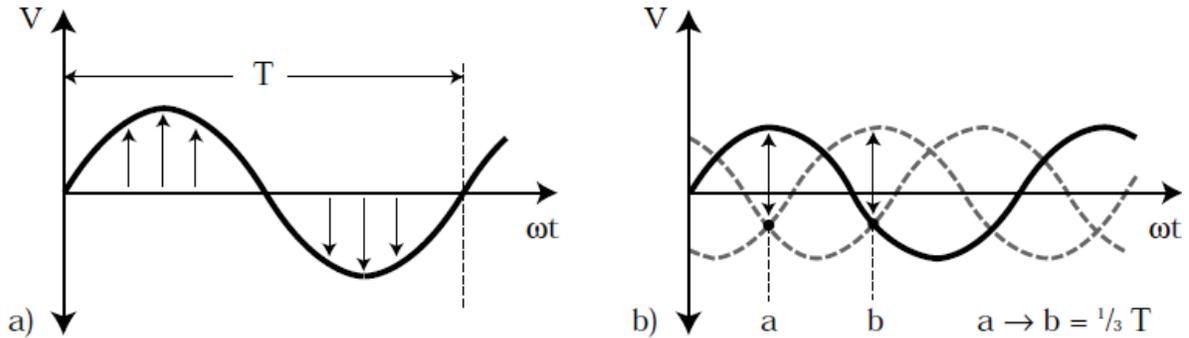


Figura A.01 Tensión de alimentación a) monofásica b) trifásica.

En la figura A.01 b) las tres fases se encuentran desplazadas en el tiempo, la tensión de fase cambia constantemente de dirección, y la frecuencia indica el número de períodos por segundo. Una frecuencia de 60 Hz significa que hay 60 períodos por segundo ( $60 \times T$ ), es decir, un período de tiene una duración de 16.6 milisegundos.

El rectificador de un variador de frecuencia consiste en diodos, tiristores o una combinación de ambos. Un rectificador que consiste en diodos no está controlado y el que consiste en tiristores es controlado. Si ambos, diodos y tiristores se utilizan, el rectificador está semicontrolado.

#### I. Rectificadores no controlados

Los diodos permiten que la corriente fluya en una sola dirección: desde el ánodo (A) al cátodo (K). No es posible - como es el caso con otros semiconductores - controlar la magnitud de la corriente. Una tensión de CA en un diodo se convierte en una tensión pulsante de CD. Si una tensión de CA trifásica se suministra a un rectificador no controlado de tres fases, la tensión de CD seguirá pulsando.

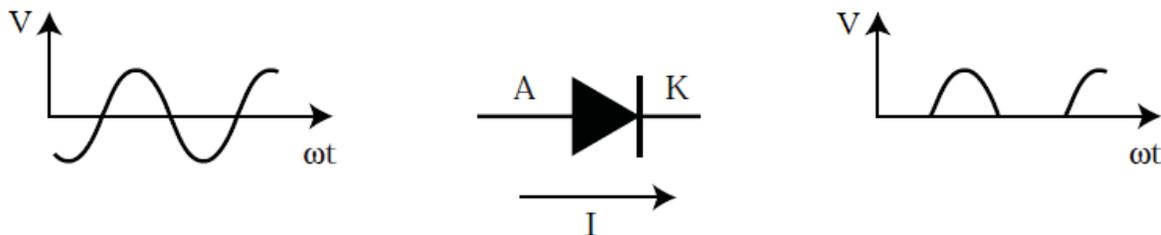


Figura A.02 Operación del diodo.

La figura A.03 muestra un rectificador no controlado en tres fases, que consiste de dos grupos de diodos. Un grupo consta de los diodos  $D_1$ ,  $D_3$  y  $D_5$ . El otro grupo está formado por diodos  $D_2$ ,  $D_4$  y

$D_6$ . Cada diodo conduce  $1/3$  del tiempo del periodo ( $120^\circ$ ). En ambos grupos, los diodos conducen en secuencia.

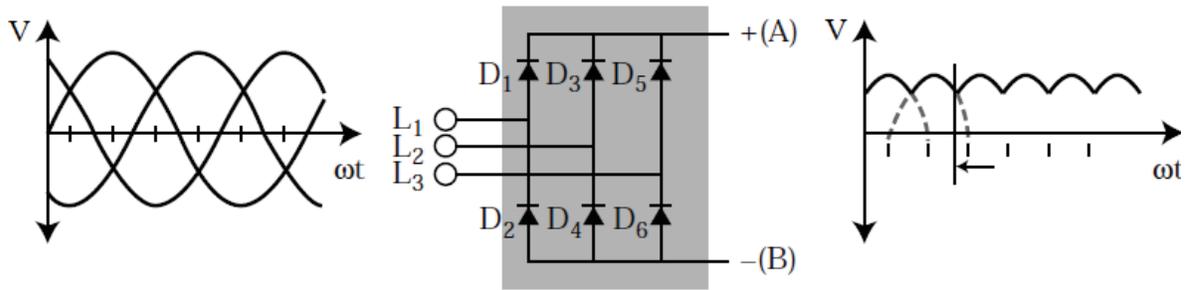


Figura A.03 Rectificador trifásico no controlado.

Los diodos  $D_{1,2,3}$  conducen cuando una tensión positiva es aplicada. Si la tensión de fase L1 alcanza el valor pico positivo, la terminal A asume el valor de la fase L1. Por encima de los otros dos diodos que están polarizados en inversa.

Esto también se aplica al grupo de diodos  $D_{2,4,6}$ . Aquí terminal B recibe la fase negativa de la tensión. Si en un momento dado L3 llega al umbral de tensión negativa, el diodo  $D_6$  conduce, los otros dos diodos se polarizan en inversa y no conducen.

La tensión de salida del rectificador no controlado es la diferencia del valor de las tensiones de los dos grupos de diodos. El valor medio de la tensión continua es de 1,35 la tensión de la red.

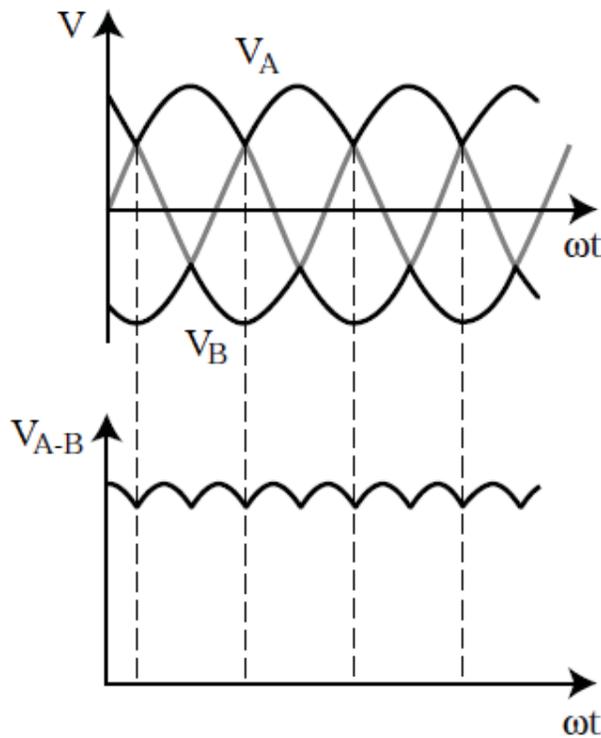


Figura A.04 Salida de tensión de un rectificador no controlado.

## II. Rectificadores controlados

En los rectificadores controlados, los diodos se sustituyen por tiristores. Al igual que el diodo, el tiristor sólo permite que la corriente fluya del ánodo (A) al cátodo (K). Sin embargo, la diferencia entre los dos dispositivos es que el tiristor tiene una tercera terminal la puerta o "gate" (G). Este gate debe recibir una señal para que el tiristor conduzca. Cuando una corriente fluye a través del tiristor, el tiristor conducirá la corriente hasta que se convierte en cero.

La corriente no puede ser interrumpida por una señal en la puerta. Los tiristores se utilizan en rectificadores, así como en los inversores.

La señal del gate es la señal de control que determina a  $\alpha$  al cual el tiristor comienza a conducir, que es un intervalo de tiempo, expresado en grados. El valor indica, en grados, el retraso entre la tensión de cruce por cero y el tiempo cuando el tiristor empieza a conducir.

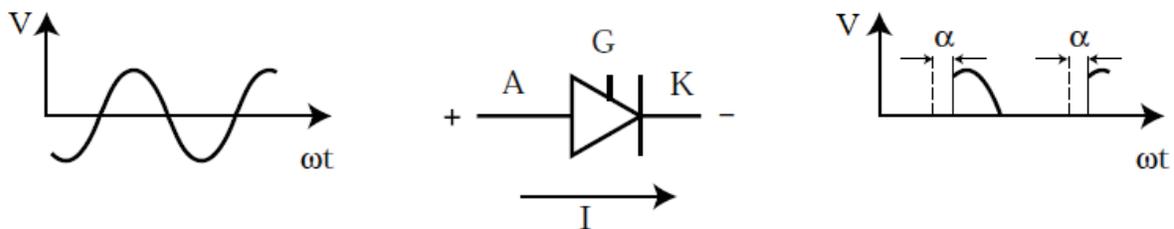


Figura A.05 Operación del tiristor.

Si  $\alpha$  se encuentra entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$ , el acoplamiento de tiristores se usa como rectificador, cuando está entre  $90^\circ$  y  $300^\circ$  el tiristor es utilizado como un inversor.

El rectificador controlado es básicamente lo mismo que uno no controlado con la excepción de que el tiristor está controlado por una  $\alpha$  y comienza a conducir desde este ángulo hasta el punto en que un diodo normal deja de conducir, al cruce por cero de tensión.

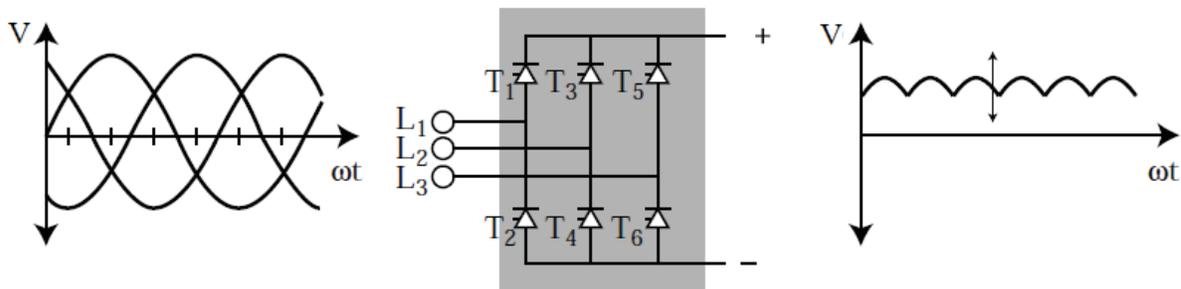


Figura A.06 Rectificador controlado de tres fases.

Regulando  $\alpha$  nos permite variar el valor de la tensión rectificada. Los rectificadores controlados nos suministran una tensión de CD con un valor medio de  $1.35 \times \cos\alpha \times$  tensión de alimentación.

En comparación con el rectificador no controlado, el rectificador controlado causa grandes pérdidas y trastornos en la alimentación de la red, debido a que el rectificador origina una corriente reactiva más alta si el tiristor conduce un periodo corto de tiempo.

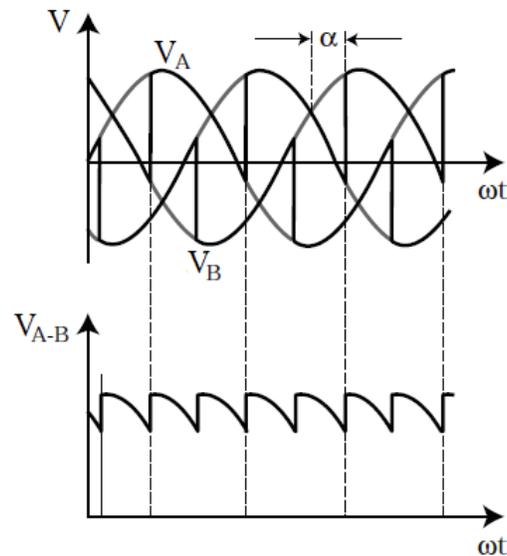


Figura A.07 Salida de tensión de un rectificador controlado.

## 2. Circuito intermedio

El circuito intermedio puede verse como una instalación de almacenamiento de la cual el motor es capaz de extraer su energía a través del inversor. Puede ser construido de acuerdo a tres principios diferentes en función del rectificador e inversor.

### I. Fuente de corriente

En inversores de fuente de corriente el circuito intermedio se compone de una gran bobina y sólo se combina con el rectificador controlado. La bobina transforma la tensión variable del rectificador de corriente continua en una variable. La carga determina el tamaño de la tensión del motor.

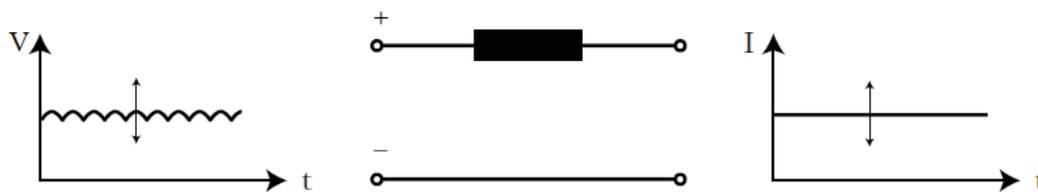


Figura A.08 Circuito intermedio de CD variable.

### II. Fuente de voltaje

En inversor de fuente de tensión el circuito intermedio consiste en un filtro que contiene condensadores y se puede combinar con los dos tipos de rectificador. El filtro suaviza la tensión continua pulsante ( $V_{z2}$ ) del rectificador.

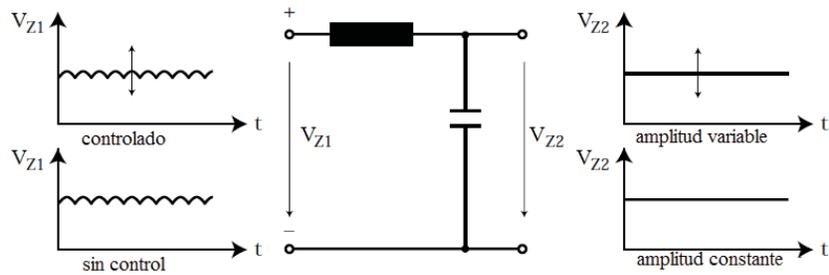


Figura A.09 Circuitos intermedios de tensión.

En un rectificador controlado, la tensión es constante a una frecuencia dada, y se facilitan al inversor como pura tensión de corriente directa ( $V_{Z2}$ ) con una amplitud variable.

En los rectificadores no controlados, la tensión en la entrada del inversor es una tensión continua con una amplitud constante.

### III. Circuito intermedio de tensión variable de CD

Por último, en el circuito intermedio de tensión variable de CD se puede insertar un chopper en frente del filtro, como se muestra en la figura A.10.

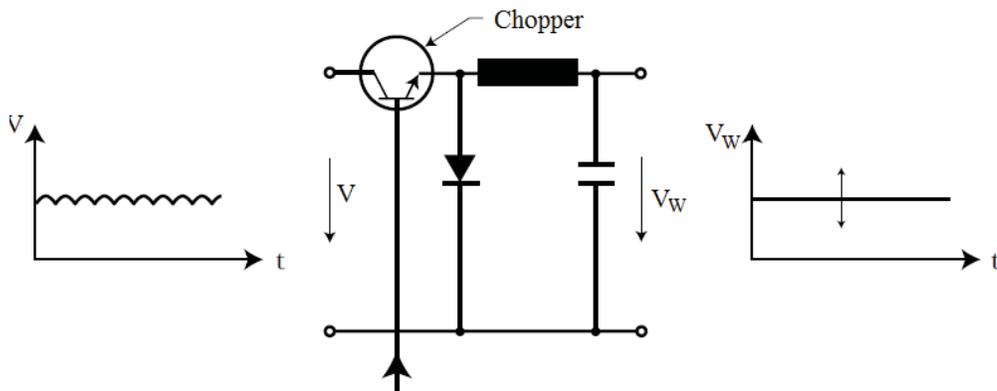


Figura A.10 Circuito intermedio de tensión variable.

El chopper tiene un transistor, que funciona como un interruptor para conmutar la tensión rectificadora. El circuito de control regula al chopper, comparando la tensión variable después del filtro ( $V_W$ ) con la señal de entrada. Si hay una diferencia, la relación está regulada por el tiempo durante el cual el transistor está conduciendo y el tiempo en que deja de hacerlo.

Cuando el transistor del chopper interrumpe la corriente, la bobina de filtro hace la tensión en el transistor infinitamente elevada. Para evitar esto, el chopper está protegido por un diodo volante.

El filtro del circuito intermedio suaviza la tensión de onda cuadrada después del chopper. El capacitor y la bobina mantienen la tensión constante a una frecuencia dada.

### 3. Inversor

El inversor es el último eslabón en el convertidor de frecuencia antes del motor y el punto donde se produce la adaptación final de la salida de tensión. El convertidor de frecuencia garantiza unas buenas condiciones de funcionamiento en todo el rango de control mediante la adaptación de la tensión de salida a las condiciones de carga. Así, es posible mantener la magnetización del motor en el valor óptimo. En el circuito intermedio, el inversor recibe

- una corriente directa variable,
- una tensión de CD variable, o
- una tensión de CD constante.

En todos los casos, el inversor se asegura de que la alimentación del motor se convierte en una cantidad variable. En otras palabras, la frecuencia de la tensión siempre se genera en el inversor. Si la corriente o la tensión son variables, el inversor sólo genera la frecuencia. Si la tensión es constante, el inversor genera la frecuencia del motor, así como la tensión.

Incluso si los inversores trabajan de formas diferentes, su estructura básica es siempre la misma. Sus principales componentes son semiconductores controlados, colocados en tres parejas de ramas. Los tiristores han sido ampliamente reemplazados por transistores de alta frecuencia que se pueden activar y desactivar rápidamente.

Los semiconductores en el inversor se encienden y se apagan por las señales generadas por el circuito de control. Las señales pueden ser controladas de maneras diferentes.

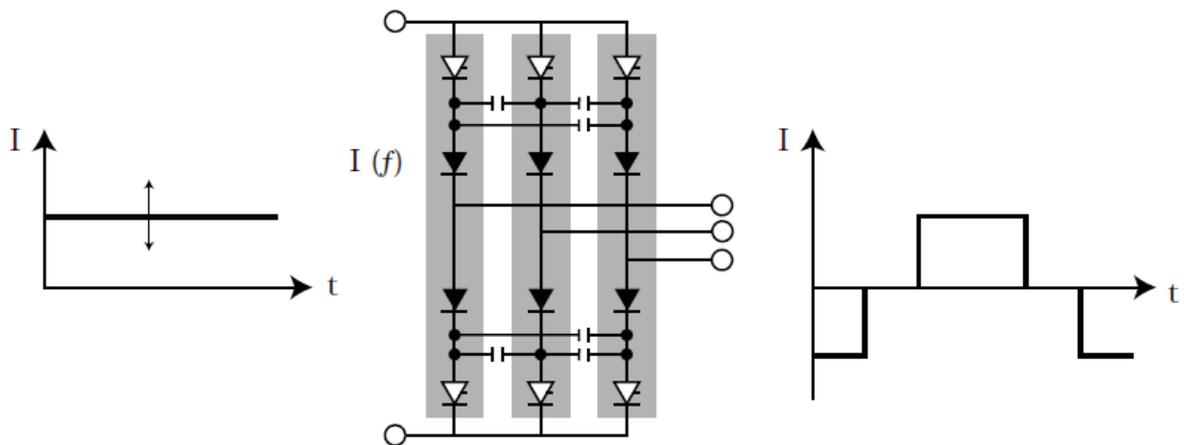


Figura A.11 Circuito de un inversor tradicional.

Los inversores tradicionales están compuestos por seis diodos, seis tiristores y seis capacitores. Los capacitores permiten a los tiristores encender y apagar, de modo que la corriente se desplaza 120 grados en los devanados de fase y debe adaptarse al tamaño del motor. Un campo rotacional intermitente de giro con la frecuencia requerida se produce cuando las terminales del motor son periódicamente alimentados con corriente por turnos U-V, V-W, W-U, U-V ..... esto hace que la corriente del motor sea casi cuadrada, la tensión del motor es casi sinusoidal. Sin embargo, siempre hay picos de tensión cuando la corriente está conmutando. Los diodos separan los condensadores de la corriente de carga del motor.

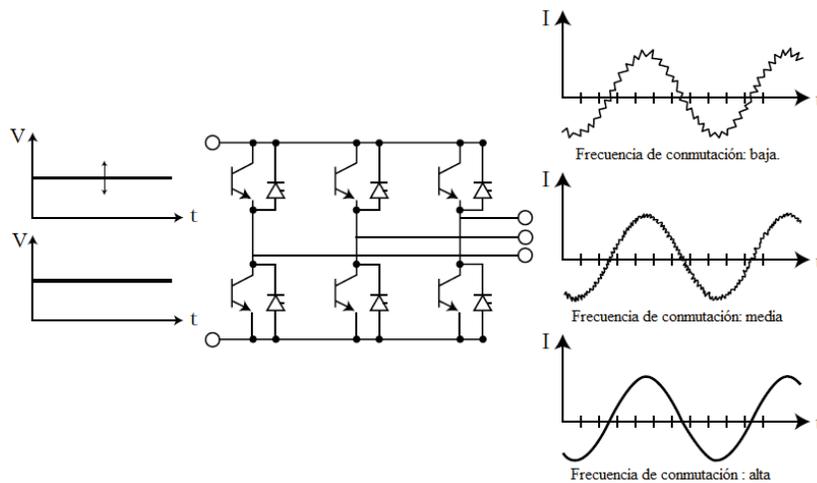


Figura A.12 Inversor para un circuito intermedio de tensión fija o variable. La calidad de la salida depende de la frecuencia de conmutación del inversor.

En el circuito inversor de tensión hay seis componentes de conmutación y sin importar el tipo de semiconductores utilizados, la función es básicamente la misma.

El circuito de control conmuta los semiconductores mediante un número de diferentes técnicas de modulación, cambiando así la frecuencia de salida del convertidor de frecuencia. La primera técnica se ocupa de tensión variable o corriente en el circuito intermedio.

Los intervalos en los cuales los semiconductores individualmente están conduciendo son situados en una secuencia que se utiliza para obtener la frecuencia de salida requerida.

Esta secuencia de conmutación se controla por la magnitud de la tensión en el circuito intermedio, o por corriente. Usando oscilador controlado por tensión, la frecuencia sigue la amplitud de la tensión. Este tipo de control del inversor se hace por modulación de amplitud de pulso (PAM).

La otra técnica utiliza una tensión fija del circuito intermedio.

La tensión del motor se convierte en variable mediante la aplicación de la tensión del circuito intermedio a las bobinas del motor durante períodos más largos o más cortos de tiempo.

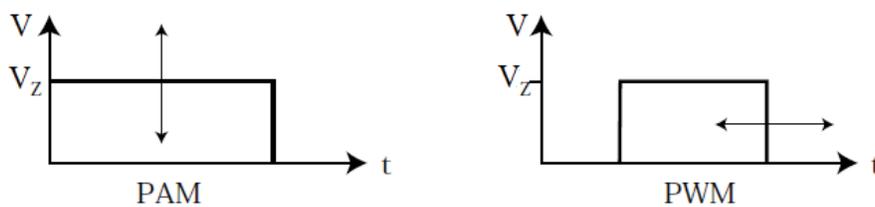


Figura A.13 Modulación por amplitud y ancho de pulso.

La frecuencia se cambia al variar los pulsos de tensión a lo largo del tiempo - de manera positiva para la mitad del período y negativamente para la otra. Esta técnica que cambia el ancho de los pulsos de tensión, es llamada Modulación por Ancho de Pulso o PWM (Pulse Width Modulation). La PWM es la técnica más común de control del inversor.

#### 4. Circuito de control

El circuito de control, o tarjeta de control, es el cuarto componente principal del convertidor de frecuencia y tiene cuatro tareas esenciales:

- El control de los semiconductores del convertidor de frecuencia
- Intercambio de datos entre el convertidor de frecuencia y periféricos
- Recopilación y reporte de mensajes de error
- Protección del convertidor de frecuencia y del motor.

Los microprocesadores han aumentado la velocidad del circuito de control, aumentando significativamente el número de aplicaciones adecuadas para las unidades y reduciendo el número de cálculos necesarios. Con los microprocesadores el procesador está integrado en el convertidor de frecuencia y siempre es capaz de determinar el patrón de pulsos óptimo para cada estado de funcionamiento.

La figura A.14 muestra un convertidor de frecuencia controlado por modulación de amplitud de pulso, o PAM, con interruptor de circuito intermedio. El circuito de control controla al chopper (2) y al inversor (3).

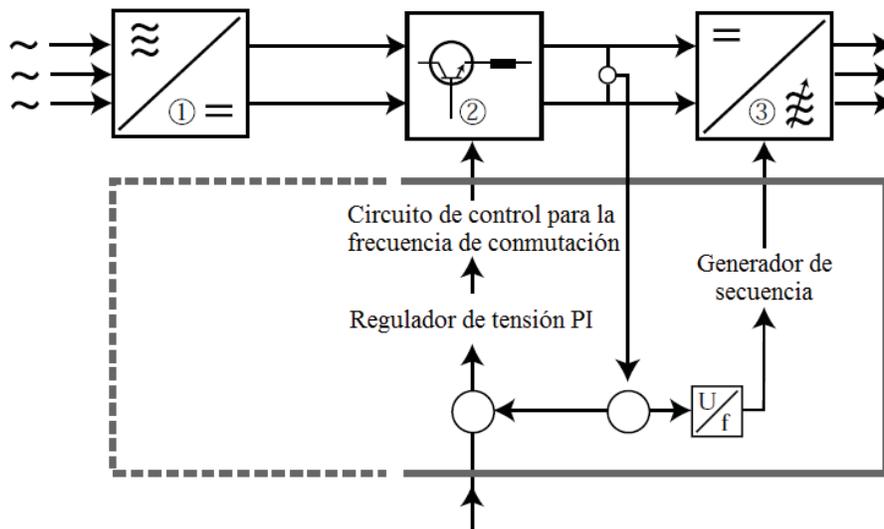


Figura A.14 Principio de un circuito de control.

Esto se hace de acuerdo con el valor instantáneo de la tensión del circuito intermedio.

La tensión del circuito intermedio controla un circuito que funciona como un contador de direcciones en el almacenamiento de datos. El almacenamiento de las secuencias de salida para el modelo de pulso del inversor. Cuando aumenta la tensión del circuito intermedio, la cuenta es más rápida, la secuencia se completa más rápido y aumenta la frecuencia de salida.

En lo que respecta al control del chopper, la tensión del circuito intermedio primero es comparada con el valor de la señal de referencia. Esta señal de tensión espera que dé una tensión de salida y frecuencia correctas. Si la referencia y las señales del circuito intermedio varían, un regulador PI informa a un circuito que el tiempo de ciclo debe ser cambiado. Esto lleva a un ajuste de la tensión del circuito intermedio de la señal de referencia.

# **Apéndice B**

## **Leyes de Afinidad.**

Cabe aclarar que la base del ahorro de energía, aplicando variadores de frecuencia, está en las leyes de afinidad, estas nacen de las leyes de la semejanza de las máquinas hidráulicas y ventiladores, por lo que en este apartado se habla de dos casos específicos, aunque se puede aplicar a otras máquinas.

En los ensayos de máquinas hidráulicas se hace la hipótesis que la semejanza geométrica implica la semejanza mecánica.

Esto equivale a suponer que algunas variables no entran en juego, y que por tanto el rendimiento del modelo y del prototipo es el mismo. Aunque en la realidad no sucede así, la hipótesis anterior ha conducido a excelentes resultados, excepto en lo que respecta a predicción de eficiencias.

En el ensayo de bombas se ha utilizado la siguiente fórmula con buenos resultados:

$$\eta_2 = 1 - (1 - \eta_1) \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^{\frac{1}{10}} \quad \text{A.01}$$

la cual relaciona los rendimientos de una misma bomba (por tanto escala 1/1), funcionando a velocidades diferentes.

Como las leyes que rigen la experimentación con modelos están basadas en la semejanza geométrica, se llaman *leyes de semejanza*.

Las leyes de semejanza sirven

- Para predecir el comportamiento de una máquina de distinto tamaño; pero geoméricamente semejante a otra cuyo comportamiento (caudal, potencia, etc.) se conoce, trabajando en las mismas condiciones.
- Para predecir el comportamiento de una misma máquina (la igualdad es un caso particular de la semejanza), cuando varía alguna de sus características, por ejemplo en una bomba para predecir como varía la altura efectiva cuando varía el número de revoluciones.

Las seis leyes de semejanza de las bombas hidráulicas.

Las tres primeras leyes se refieren a la misma bomba ( $D'/D'' = 1$ : designamos con ' y '' las dos bombas que en este caso son una misma, pero funcionando en condiciones distintas) y expresan

*La variación de las características de una misma bomba o de bombas iguales cuando varía el número de revoluciones*

- Primera ley: Los caudales son directamente proporcionales a las velocidades angulares:

$$\frac{Q'}{Q''} = \frac{n'}{n''} \quad \text{A.02}$$

- Segunda ley: Las alturas útiles son directamente proporcionales a los cuadrados de las velocidades angulares:

$$\frac{H'}{H''} = \left(\frac{n'}{n''}\right)^2 \quad \text{A.03}$$

- Tercera ley: Las potencias útiles son directamente proporcionales a los cubos de las velocidades angulares:

$$\frac{P'}{P''} = \left(\frac{n'}{n''}\right)^3 \quad \text{A.04}$$

Las siguientes tres leyes se refieren a dos bombas geoméricamente semejantes, pero de diámetro distinto y expresan la variación de características de dos bombas geoméricamente semejantes con el tamaño, si se mantiene constante el número de revoluciones.

En realidad estas leyes no son necesarias para nuestro estudio, de tal forma que solo serán mencionadas.

- Cuarta ley: Los caudales son directamente proporcionales al cubo de la relación de diámetros.
- Quinta ley: Las alturas útiles son directamente proporcionales al cuadrado de la relación de los diámetros.
- Sexta ley: Las potencias útiles son directamente proporcionales a la quinta potencia de la relación de los diámetros.

Las once leyes de semejanza de los ventiladores

El ventilador básicamente es una bomba para gases. Por tanto, las seis leyes de semejanza de las bombas son aplicables a los ventiladores; pero en estos se suele utilizar presiones en lugar de alturas. Por otra parte, en los ventiladores es interesante también estudiar su comportamiento cuando varía la densidad del gas (no dentro de la maquina, en la cual es prácticamente constante, si no de un lugar geográfico a otro o de un día a otro).

Dada la similitud con las leyes para bombas solo serán mencionadas las leyes de los ventiladores.

En un mismo ventilador:

- Primera ley: Los caudales son directamente proporcionales a las velocidades angulares.
- Segunda ley: Las presiones totales engendradas son directamente proporcionales al cuadrado de las velocidades angulares.
- Tercera ley: Las potencias son directamente proporcionales al cubo de las velocidades angulares.

En ventiladores geoméricamente semejantes:

- Cuarta ley: Los caudales son directamente proporcionales al cubo de los diámetros.
- Quinta ley: Las presiones totales engendradas son directamente proporcionales al cuadrado de los diámetros.

- Sexta ley: Las potencias son directamente proporcionales a la quinta potencia de los diámetros.
- Séptima ley: Los caudales no varían con la densidad del aire.
- Octava ley: Las presiones estáticas producidas varían en relación directa con la densidad.
- Novena Ley: Las potencias absorbidas varían directamente con la densidad.
- Décima ley: Las presiones estáticas producidas son directamente proporcionales a la presión barométrica e inversamente proporcionales a la temperatura absoluta.
- Undécima ley: Las potencias son directamente proporcionales a la presión barométrica e inversamente proporcionales a la temperatura absoluta.

Como podemos observar, las tres primeras leyes de semejanza son parecidas en ambos casos, y aplican para otras maquinas también, por lo que a ese conjunto se les denomina Leyes de la Afinidad, tomando en cuenta que pueden cambiar de variables pero en concepto trabajan igual.

**Apéndice C**  
**Hoja de datos técnicos del**  
**variador de frecuencia.**

---

**Mains Supply (L1, L2, L3):**

---

Supply voltage..... 200 – 240 V ±10%  
380 – 480 V ±10%  
525 – 600 V ±10%

Supply frequency.....50/60 Hz

Max. imbalance temporary  
between mains phases.. 3.0% of rated supply voltage

True Power Factor ( $\lambda$ ).....  $\geq 0.9$  nominal at rated load

Displacement Power Factor ( $\cos\phi$ )..near unity ( $>0.98$ )

Switching on input supply

L1, L2, L3 (power-ups)  $\leq 10$  HP...max. 2 times/min.

L1, L2, L3 (power-ups)  $\geq 15$  HP.....maximum 1 time/min.

Environment according to

EN60664-1...overvoltage category III/pollution degree 2.

---

*The unit is suitable for use on a circuit capable of delivering  
not more than 100.000 RMS symmetrical Amperes, 240/480/600 V.*

---

**Motor Output (U, V, W):**

Output voltage..... 0 – 100% of supply voltage

Output frequency.....0 – 120 Hz

Switching on output..... Unlimited

Ramp times..... 1 – 3600 sec.

---

**Torque Characteristics:**

---

Starting torque

(Constant torque).....maximum 110% for 60 sec.\*

Starting torque..... maximum 135% up to 0.5 sec.\*

Overload torque

(Constant torque).....maximum 110% for 60 sec.\*

*\*Percentage relates to the nominal torque.*

---

**Cable Lengths and Cross Sections:**

---

Max. motor cable length, shielded..... 165 ft (50 m)

Max. motor cable length, unshielded..... 1000 ft (300 m)

Maximum cross section

To motor, mains, load sharing and brake\*

To control terminals,

Rigid wire:..... 16 AWG /1.5 mm<sup>2</sup> (2 x 0.75 mm<sup>2</sup>)

Flexible cable.....18 AWG/1 mm<sup>2</sup>

Cable with enclosed core..... 20 AWG/0.5 mm<sup>2</sup>

Minimum cross section

To control terminals.....24 AWG/0.25 mm<sup>2</sup>

---

*\*See Mains Supply table for more information)*

**Protection and Features:**

---

- Electronic thermal motor protection against overload.
  - Temperature monitoring of the heatsink ensures that the drive trips if the temperature reaches a predefined level. An overload temperature cannot be reset until the temperature of the heatsink is below the values stated in the tables on the following pages (Guideline - these temperatures may vary for different power sizes, enclosures, etc.).
  - The drive is protected against short-circuits on motor terminals U, V, W.
  - If a mains phase is missing, the drive trips or issues a warning (depending on the load).
  - Monitoring of the intermediate circuit voltage ensures that the drive trips if the intermediate circuit voltage is too low or too high.
  - The drive constantly checks for critical levels of internal temperature, load current, high voltage on the intermediate circuit and low motor speeds. As a response to a critical level, the drive can adjust the switching frequency and/ or change the switching pattern in order to ensure the performance of the drive.
- 

**Digital Inputs:**

---

Programmable digital inputs.....4 (6)

Terminal number..... 18, 19, 27<sup>1)</sup>, 29, 32, 33,

Logic.....PNP or NPN

Voltage level.....0 – 24 VDC

Voltage level, logic '0' PNP..... <5 VDC

Voltage level, logic '1' PNP.....>10 VDC

Voltage level, logic '0' NPN<sup>2</sup>.....>19 VDC

Voltage level, logic '1' NPN<sup>2</sup>.....<14 VDC

Maximum voltage on input.....28 VDC

Input resistance.....approx. 4 k $\Omega$

---

*All digital inputs are galvanically isolated from the supply voltage (PELV) and other high-voltage terminals.*

*1) Terminals 27 and 29 can also be programmed as output.*

### Analog Inputs:

---

Number of analog inputs.....	2
Terminal number.....	53, 54
Modes.....	Voltage or current
Mode select.....	Switch S201 and switch S202
Voltage mode.....	Switch S201/switch S202 = OFF (U)
Voltage level.....	0 to +10 (scaleable)
Input resistance.....	approx. 10 k
Max. voltage.....	± 20 V
Current mode.....	Switch S201/switch S202 = ON (I)
Current level.....	0/4 to 20 mA (scaleable)
Input resistance.....	approx. 200 Ω
Max. current.....	30 mA
Resolution for analog inputs.....	10 bit (+ sign)
Accuracy of analog inputs....	Max. error 0.5% full scale
Bandwidth.....	200 Hz

---

*The analog inputs are galvanically isolated from the supply voltage (PELV) and other high-voltage terminals.*

### Pulse Inputs:

---

Programmable pulse inputs.....	2
Terminal number pulse/encoder.....	29, 33
Max. frequency at terminal 29, 33.....	110 kHz (Push-pull driven) 5 kHz (open collector)
Min. frequency at terminal 29, 33.....	4 Hz
Voltage level.....	see section on Digital input
Maximum voltage on input.....	28 VDC
Input resistance.....	approx. 4 kΩ
Pulse input accuracy (0.1 - 1 kHz).....	Max. error: 0.1% of full scale

---

*The pulse and encoder inputs (terminals 29, 32, 33) are galvanically isolated from the supply voltage (PELV) and other high-voltage terminals.*

### Analog Output:

---

Number of programmable analog outputs.....	1
Terminal number.....	42
Current range at analog output.....	0/4 – 20 mA
Max. load to common at analog output.....	500 Ω
Accuracy on analog output....	Max. error: 0.5 % of full scale
Resolution on analog output.....	8 bit

---

*The analog output is galvanically isolated from the supply voltage (PELV) and other high voltage terminals.*

### Control Card, RS 485 Serial Communication:

---

Terminal number.....	68 (P,TX+, RX+), 69 (N,TX-, RX-)
Terminal number.....	61 Common for terminals 68 and 69

---

*The RS 485 serial communication circuit is functionally separated from other central circuits and galvanically isolated from the supply voltage (PELV).*

### Digital Output:

---

Programmable digital/pulse outputs.....	2
Terminal number.....	27, 29 <sup>1)</sup>

Voltage level at digital/frequency output.....	0 – 24 V
Max. output current (sink or source).....	40 mA
Max. load at frequency output.....	1 kΩ
Max. capacitive load at frequency output.....	10 nF
Minimum output frequency at frequency output.....	0 Hz
Maximum output frequency at frequency output.....	32 kHz
Accuracy of frequency output....	Max. error: 0.1 % of full scale
Resolution of frequency outputs.....	12 bit

---

*1) Terminal 27 and 29 can also be programmed as input. The digital output is galvanically isolated from the supply voltage (PELV) and other high-voltage terminals.*

### Control Card, 24 V DC Output:

---

Terminal number.....	12, 13
Max. load.....	200 mA

---

*The 24 VDC supply is galvanically isolated from the supply voltage (PELV), but has the same potential as the analog and digital inputs and outputs.*

## Relay Outputs:

---

Programmable relay outputs.....	2
Relay 01 Terminal number.....	1-3 (break), 1-2 (make)
Max. terminal load (AC-1) <sup>1)</sup> on 1-3 (NC), 1-2 (NO) (Resistive load).....	240 VAC, 2 A
Max. terminal load (AC-15) <sup>1)</sup> (Inductive load @ cosφ 0.4).....	240 VAC, 0.2 A
Max. terminal load (DC-1) <sup>1)</sup> on 1-2 (NO), 1-3 (NC) (Resistive load).....	60 VDC, 1A
Max. terminal load (DC-13) <sup>1)</sup> (Inductive load).....	24 VDC, 0.1A
Relay 02 Terminal number.....	4-6 (break), 4-5 (make)
Max. terminal load (AC-1) <sup>1)</sup> on 4-5 (NO) (Resistive load).....	400 VAC, 2 A
Max. terminal load (AC-15) <sup>1)</sup> on 4-5 (NO) (Inductive load @ cosφ 0.4).....	240 VAC, 0.2 A
Max. terminal load (DC-1) <sup>1)</sup> on 4-5 (NO) (Resistive load).....	80 VDC, 2 A
Max. terminal load (DC-13) <sup>1)</sup> on 4-5 (NO) (Inductive load).....	24 VDC, 0.1A
Max. terminal load (AC-1) <sup>1)</sup> on 4-6 (NC) (Resistive load).....	240 VAC, 2 A
Max. terminal load (AC-15) <sup>1)</sup> on 4-6 (NC) (Inductive load @ cosφ 0.4).....	240 VAC, 0.2A
Max. terminal load (DC-1) <sup>1)</sup> on 4-6 (NC) (Resistive load).....	50 VDC, 2 A
Max. terminal load (DC-13) <sup>1)</sup> on 4-6 (NC) (Inductive load).....	24 VDC, 0.1 A
Min. terminal load on 1-3 (NC), 1-2 (NO), 4-6 (NC), 4-5 (NO).....	24 VDC 10 mA, 24 VAC 20 mA
Environment according to EN 60664-1.....	overvoltage category III/pollution degree 2

---

1) IEC 60947 part 4 and 5

*The relay contacts are galvanically isolated from the rest of the circuit by reinforced isolation (PELV).*

### Control Card, 10 V DC Output:

---

Terminal number.....	50
Output voltage.....	10.5 V ±0.5 V
Max. load.....	15 mA

---

*The 10 V DC supply is galvanically isolated from the supply voltage (PELV) and other high-voltage terminals.*

### Connection example

This diagram shows a typical installation of the VLT HVAC Drive. The numbers represent the terminals on the drive.

