

## Cicloconvertidor trifásico a monofásico

### 1. Objetivos

- Diseñar un cicloconvertidor trifásico a monofásico en PSpice.
- Utilizar dispositivos semiconductores para el manejo de potencia.
- Implementar un análisis de calidad de energía del cicloconvertidor.
- Observar las correlaciones entre condiciones de operación y parámetros de calidad.

### 2. Introducción

Un controlador de tensión AC provee una tensión AC variable a la salida a una frecuencia fija y con un alto contenido de armónicos. Para obtener una tensión AC variable a la salida junto con una frecuencia variable se requiere una conversión en dos etapas: de tensión AC con frecuencia fija a tensión DC y de tensión DC a tensión AC con frecuencia variable. Un cicloconvertidor logra una variación de la frecuencia de salida sin necesidad de la etapa DC intermedia, su aplicación más común incluye los motores AC a baja velocidad con potencias de hasta 15 kW y frecuencias de 0 a 20 Hz [1]. Los cicloconvertidores más sencillos reciben una entrada monofásica para alimentar una carga monofásica; sin embargo, con el fin de proveer mayor potencia y mejorar la forma de la tensión de salida se utilizan cicloconvertidores que reciben una alimentación trifásica para alimentar una carga monofásica como el de la Figura 1.

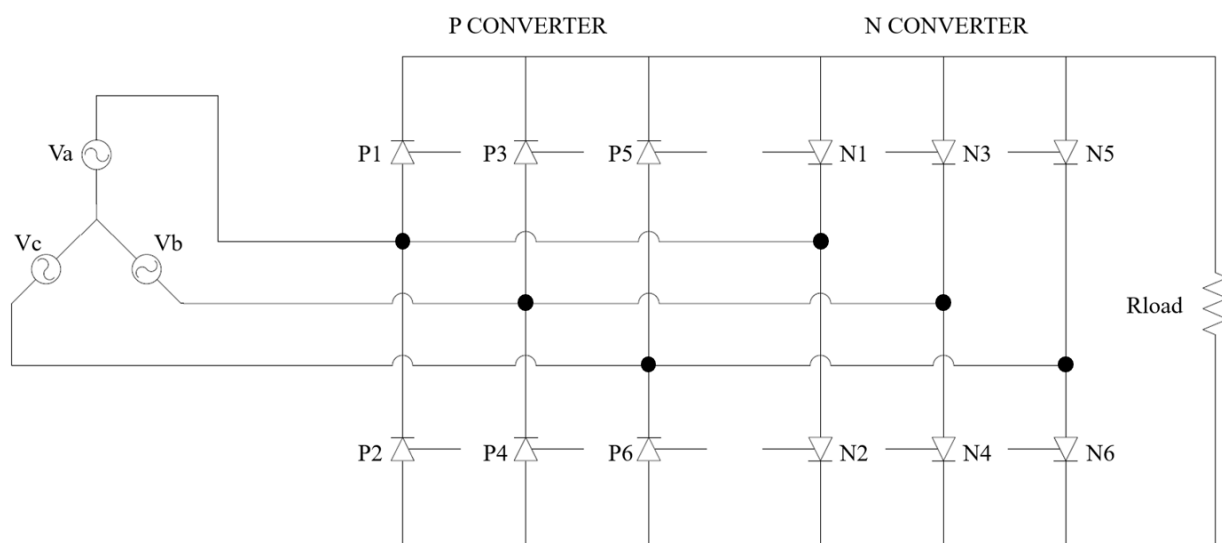


Figura 1. Diagrama de cicloconvertidor trifásico a monofásico.

### 3. Descripción y requisitos del proyecto

#### 3.1 Implementación en PSpice

Los requisitos de diseño del cicloconvertidor incluyen una alimentación trifásica de entrada con una tensión de 120 Vrms de fase, una frecuencia mínima de 120 Hz y una frecuencia máxima de 400 Hz. En cuanto a la tensión de salida es monofásica de aproximadamente 120 Vrms, con una frecuencia mínima de 30 Hz y una frecuencia máxima de 100 Hz. Además, se somete al efecto de tres cargas con valores de 50 W, 175 W y 300 W por lo que **debe determinar los ángulos de disparo y valores de resistencia que cumplan con dichos consumos de potencia a la salida.**

El circuito **debe implementarse en el programa PSpice AD Student** utilizando líneas de código, por lo tanto, debe adjuntar el diagrama esquemático que resulta de dichas líneas de código debidamente documentadas una por una y el archivo de extensión cir. Todos los resultados gráficos y numéricos obtenidos deben almacenarse en su respectivo archivo y rotularse de forma inequívoca, **debe utilizar SCR** como dispositivos de potencia. Para facilitar la reutilización del código, **cada variable debe tratarse como un parámetro** (resistencia de carga, frecuencia de entrada, frecuencia de salida, ángulo de disparo).

#### 3.2 Análisis de calidad de energía

Debe realizar la obtención de los siguientes parámetros fijando un valor de potencia en la carga y luego variando la frecuencia de entrada entre sus valores extremos y central e igualmente para la frecuencia de salida.

- Factor de potencia: es la relación entre la potencia promedio y la potencia aparente promedio, debe medirse en la entrada debido a que la salida es puramente resistiva.
- THD de la corriente de entrada: la corriente de entrada es discontinua debido al efecto de conmutación de los SCR, se mide únicamente en la fase A debido a que el sistema es simétrico.
- THD de la tensión de salida: al ser una carga resistiva la tensión y corriente poseen la misma forma, por lo que se estudia solamente en la tensión de salida.
- Eficiencia: es una medida del sistema que se define como la relación entre la potencia de salida promedio y la potencia de entrada promedio.

Los archivos de simulación de cada combinación para obtener los parámetros deben adjuntarse debidamente divididos en carpetas. Los resultados numéricos obtenidos deben tabularse (resistencia, ángulo de disparo, frecuencia de entrada, frecuencia de salida, parámetros de calidad) y presentarse en forma gráfica con cada valor de carga como una serie siendo el eje Y cada parámetro de calidad y el eje X la frecuencia de entrada en primer lugar y en una segunda gráfica la frecuencia de salida (2 gráficas por parámetro de calidad con 3 series representando las cargas, 8 gráficas en total).

Además, debe obtener un análisis de armónicas en la tensión de salida, para lo cual debe realizar un gráfico de barras para las primeras 30 armónicas de forma normalizada (el primer armónico se normaliza a un valor de 1), para el caso de la carga en 175 W con frecuencia de entrada de 260 Hz y frecuencia de salida de 65 Hz.

### 3.3 Correlaciones

Una vez obtenidas las gráficas anteriores, debe realizar un análisis para cada parámetro de calidad de energía y explicar su variación respecto de los parámetros del circuito. Se considera que un análisis válido y más detallado debe incluir más puntos y más casos o combinaciones, sin embargo, es posible obtener conclusiones pertinentes a partir de lo realizado anteriormente. Asimismo, **debe referirse al espectro de frecuencia de la tensión de salida para el caso específico solicitado y relacionarlo con lo que se espera según la teoría.**

### 3.4 Informe

**Esta sección solamente se califica si se realiza completa al menos la implementación en PSpice**, debido a que cualquier información presentada en el informe debe ser aplicable o ser descriptiva del trabajo realizado en el proyecto.

Debe **explicar detalladamente los parámetros del circuito** y su utilización en las distintas líneas de código para lograr el funcionamiento del cicloconvertidor, particularmente del ángulo de disparo y el valor de carga que cumplen los requisitos de potencia de salida solicitados. Es decir, debe quedar claro el razonamiento de su código en PSpice.

Además, debe explicar de forma detallada la **obtención de los parámetros de calidad** de energía solicitados por medios gráficos (explicar la expresión utilizada y el punto de lectura). Para el caso de los valores de THD y análisis gráfico de armónicas en la tensión de salida debe realizar un análisis de Fourier y obtener los resultados del Output File.

Debe incluir: teoría de implementación en PSpice y de los cicloconvertidores, criterios de diseño, diagrama del circuito con nodos según PSpice, explicación del código y funcionalidad, tablas y gráficas solicitadas, análisis de resultados para correlacionar la variación de los parámetros, análisis gráfico de armónicas en la tensión de salida, etc.

La extensión del informe debe rondar de 8 a 10 páginas (sin considerar los apéndices), dentro de sus referencias debe incluir al menos **dos artículos, un libro y una tesis.**

### 3.5 Video

Incluye en el informe el enlace a un video donde se explica el funcionamiento del circuito descrito en las líneas de código de PSpice y se obtienen todos los datos para al menos una combinación de parámetros (20 minutos o menos). **Esta sección solamente se califica si el circuito es funcional** y debe servir como una guía a la profesora para la revisión del proyecto.

## 4. Evaluación

Ítem	Puntos	Valor (%)
Implementación en PSpice	35	14
Análisis de calidad de energía	20	8
Correlaciones	5	2
Informe	30	12
Video	10	4
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>40</b>

El día de entrega del proyecto se debe agregar un archivo PDF llamado Evaluación grupal en donde los miembros del grupo reparten como consideren conveniente un total de 300 puntos disponibles. Es decir, en caso de que la nota del proyecto sea de 100 y los integrantes se dividan los 300 puntos de forma equitativa, cada estudiante finaliza con nota de 100. Otro ejemplo de distribución se muestra a continuación, considerando que la nota del proyecto asignada por la profesora es de 85:

Integrante	Repartición de puntos consensuada	Nota final
Uno	120	$85 \cdot 3 \cdot (120/300) = 102$ que se limita a 100
Dos	100	$85 \cdot 3 \cdot (100/300) = 85$
Tres	80	$85 \cdot 3 \cdot (80/300) = 68$

Esta repartición solo puede hacerse el día de la entrega del proyecto y no es posible modificarla posteriormente. Ninguna nota final puede superar los 100 puntos.

## 5. Metodología

El proyecto se realizará en los grupos actuales. Cada grupo realizará una implementación propia.

## 6. Entrega del proyecto

No hay posibilidad de entregas tardías o segundas revisiones. La presentación del proyecto funcionando por medio del video, los archivos de programación (cir, dat, out) y la entrega del informe se realizarán únicamente el viernes 12 de noviembre antes de las 5:00 pm por la sección de Evaluaciones del Tec Digital.

## 7. Referencias

[1] M. Rashid, *Power Electronics: devices, circuits and applications*, 4<sup>th</sup> ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2014, pp. 601-608.