



Universidad Tecnológica de Panamá

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Laboratorio Conversión de Energía I

Laboratorio #5

Estudiantes	C.I.P.	Direcciones:
Allen Gamboa	6-714-639	allen.gamboa@utp.ac.pa
Fernando Guiraud	8-945-692	fernando.guiraud@utp.ac.pa
Josua Bruderer	9-754-964	josua.bruderer@utp.ac.pa
Ricardo Poveda	8-958-451	ricardo.poveda@utp.ac.pa

Instructor:
Paollo Leonelli

Grupo: 4EE141, B-1

Fecha de entrega: 17/5/2022

Introducción

Las conexiones delta y estrella, son tipos de conexiones trifásicas muy útiles que sirven para el funcionamiento de equipos trifásicos. Estos equipos generalmente son máquinas eléctricas de mayor potencia que las bifásicas y monofásicas, y se usan para aplicaciones industriales. Es oportuno el uso de conexiones delta y estrella dependiendo de la aplicación que se requiera. Algunas aplicaciones de estas conexiones pueden ser para la conexión de motores de inducción, alternadores y transformadores.

La conexión delta se caracteriza por carecer de punto en común de las tres fases o neutro, esto nos produce la relación que la corriente de fase es raíz de 3 veces menor que la corriente de línea. Sin embargo, la conexión estrella, tiene un neutro o punto en común de todas las fases produciendo que el voltaje de fase V_f es raíz de 3 veces menor que el voltaje de línea V_L .

Objetivos

1. Conectar transformadores en delta y estrella
2. Estudiar las relaciones de corriente y voltaje

Exposición

El transformador trifásico puede ser un solo transformador o bien, tres transformadores monofásicos independientes conectados en delta o en estrella. En algunas ocasiones sólo se usan dos transformadores.

El voltaje trifásico de las líneas de potencia, generalmente, es de 208 volts, y los valores normales de voltaje monofásico (120V). se pueden obtener, en la forma que se indica en la Figura 48-1.

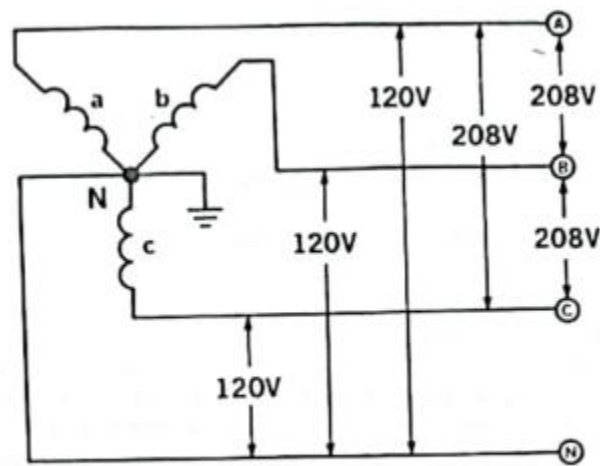


Figura 48-1

Los devanados a, b y c, representan los tres secundarios del transformador conectados en estrella. Las líneas trifásicas se identifican con las letras A, B y C, y las conexiones monofásicas van de A, B ó C al neutro (tierra). Los transformadores trifásicos deben conectarse correctamente a las líneas, para que funcionen de modo adecuado. Los cuatro tipos de conexión más usados son los siguientes (véase la Figura 48-2).

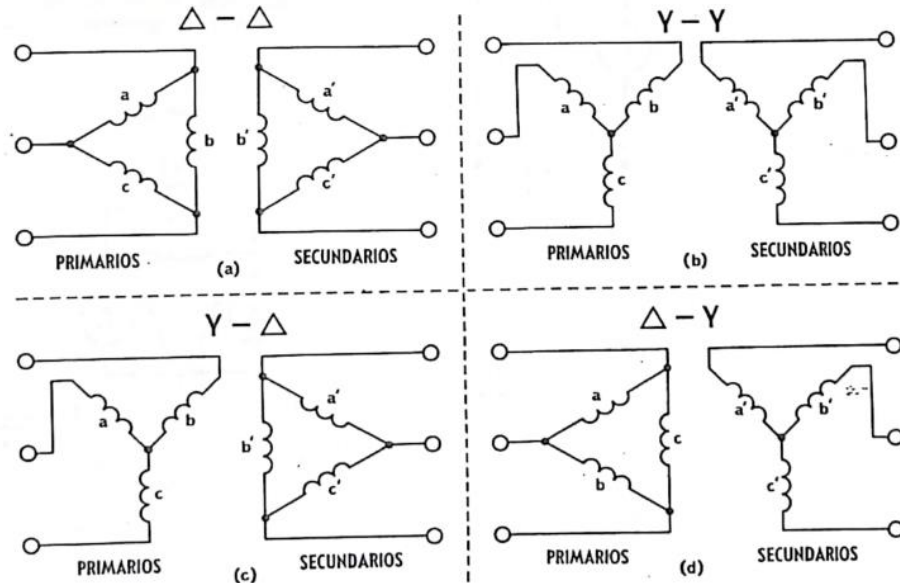


Figura 48-2

Experimento de laboratorio N° 48

48-2

- A. Devanados Primarios en delta, devanados secundarios en delta, o bien, delta-delta (S - A)
- B. Devanados primarios en estrella, devanados secundarios en estrella, o bien, estrella-estrella (Y - Y)
- C. Devanados Primarios en estrella, devanados secundarios en delta, o bien, estrella-delta
- D. Devanados Primarios en delta, devanados secundarios en estrella, o bien, delta-estrella

De estas cuatro combinaciones, la que se utiliza con mayor frecuencia es la última, la delta-estrella. Sea cual fuere el método de conexión utilizado, los devanados deben conectarse en tal forma que tengan las debidas relaciones de fase. Para determinarlas en un secundario conectado en estrella, el voltaje se mide a través de dos devanados, como se indica en la Figura 0-3 El voltaje A a B debe ser igual a raíz de 3 veces el voltaje que haya a través de cualquiera de los devanados. Si el voltaje A a B Es igual al de cualquiera de los devanados, uno de estos devanados debe invertirse. El tercer devanado, c, se conecta entonces como se señala en la Figura 48-3 (b), y el voltaje C a A ó B, también debe ser igual a raíz de 3 veces el voltaje de cualquiera de los devanados. Si no es así, habrá que invertir el devanado c.

Para determinar las relaciones de fase apropiadas en un secundario conectado en delta, el voltaje se mide en los dos devanados, como se ilustra en la Figura 48-4(a). El voltaje A a C debe ser igual al voltaje de cualquiera de los devanados. Si no es así, uno de los devanados se debe invertir. Entonces el devanado c se conecta como se indica en la Figura 48-4(b), y el voltaje a través de los tres devanados C' a C, debe ser igual a cero. De no ser así, el

devanado c se debe invertir. Las terminales abiertas (C' y C) se conectan entonces y el transformador tiene las relaciones de fase adecuadas para una conexión en delta, como se indica en la Figura 484(c).

Con una conexión estrella-estrella la relación de vueltas entre el devanado primario y el secundario es la misma que la que se tiene en un transformador mono fásico independiente. El voltaje de salida de la conexión delta-delta depende también de la relación de vueltas entre los devanados primario y secundario. La conexión delta-estrella tiene una relación más elevada de voltaje trifásico que cualquiera de las otras conexiones, la delta-delta o la estrella-estrella. Esto se debe a que el voltaje entre dos devanados cualquiera del secundario en estrella, es igual a $\sqrt{3}$ veces el voltaje de línea a neutro en ellos. La conexión estrella-delta es la opuesta a la conexión delta-estrella.

Instrumentos y equipo

Módulo de fuente de alimentación (0-120/208V 34)

EMS 8821

Módulo de medición de ca (250/250/250V)

EMS 8426

Módulos de transformador (3)

EMS 8341

Cables de conexión

EMS 8941

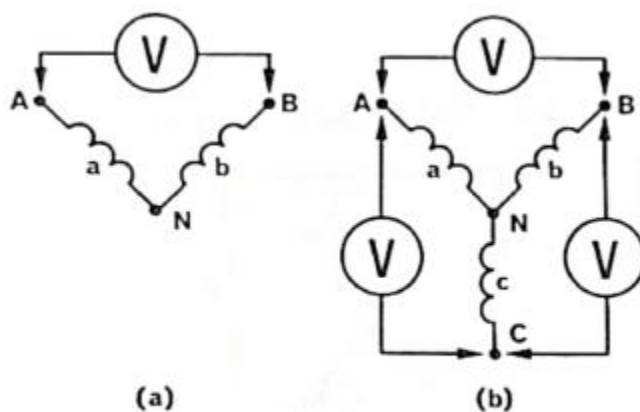


Figura 48-3

Procedimientos

1. a) El circuito que aparece en la figura 48-5 tiene tres transformadores conectados en una configuración estrella-estrella

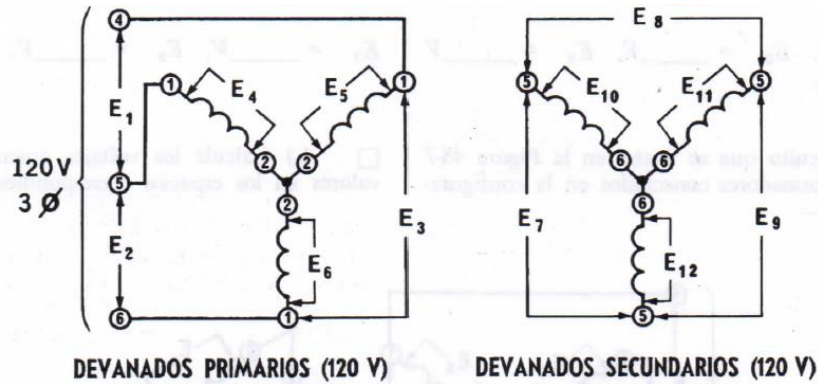


Figura 48-5

- b)

VALORES CALCULADOS			VALORES MEDIDOS		
$E_1 = 120 \text{ V}$	$E_2 = 120 \text{ V}$	$E_3 = 120 \text{ V}$	$E_1 = 120 \text{ V}$	$E_2 = 120 \text{ V}$	$E_3 = 120 \text{ V}$
$E_4 = 69.3 \text{ V}$	$E_5 = 69.3 \text{ V}$	$E_6 = 69.3 \text{ V}$	$E_4 = 71.6 \text{ V}$	$E_5 = 71.6 \text{ V}$	$E_6 = 71.6 \text{ V}$
$E_7 = 120 \text{ V}$	$E_8 = 120 \text{ V}$	$E_9 = 120 \text{ V}$	$E_7 = 120 \text{ V}$	$E_8 = 120 \text{ V}$	$E_9 = 120 \text{ V}$
$E_{10} = 69.3 \text{ V}$	$E_{11} = 69.3 \text{ V}$	$E_{12} = 69.3 \text{ V}$	$E_{10} = 71.6 \text{ V}$	$E_{11} = 71.6 \text{ V}$	$E_{12} = 71.6 \text{ V}$

2. a) El circuito que aparece en la figura 48-6 tiene tres transformadores conectados en una configuración estrella-estrella

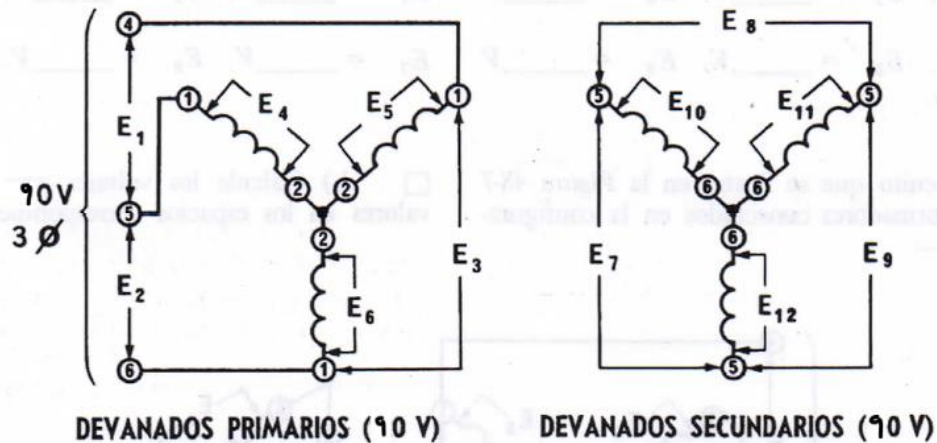


Figura 48-6

b) Valores Calculados

VALORES CALCULADOS	VALORES MEDIDOS
$E_1 = 90 \text{ V}$, $E_2 = 90 \text{ V}$, $E_3 = 90 \text{ V}$	$E_1 = 90 \text{ V}$, $E_2 = 90 \text{ V}$, $E_3 = 90 \text{ V}$
$E_4 = 51.96 \text{ V}$, $E_5 = 51.96 \text{ V}$, $E_6 = 51.96 \text{ V}$	$E_4 = 52.7 \text{ V}$, $E_5 = 52.7 \text{ V}$, $E_6 = 52.7 \text{ V}$
$E_7 = 90 \text{ V}$, $E_8 = 90 \text{ V}$, $E_9 = 90 \text{ V}$	$E_7 = 90 \text{ V}$, $E_8 = 90 \text{ V}$, $E_9 = 90 \text{ V}$
$E_{10} = 51.96 \text{ V}$, $E_{11} = 51.96 \text{ V}$, $E_{12} = 51.96 \text{ V}$	$E_{10} = 52.7 \text{ V}$, $E_{11} = 52.7 \text{ V}$, $E_{12} = 52.7 \text{ V}$

3- a) El circuito que se ilustra en la figura 48-7 tiene tres transformadores conectados en la configuración estrella-delta.

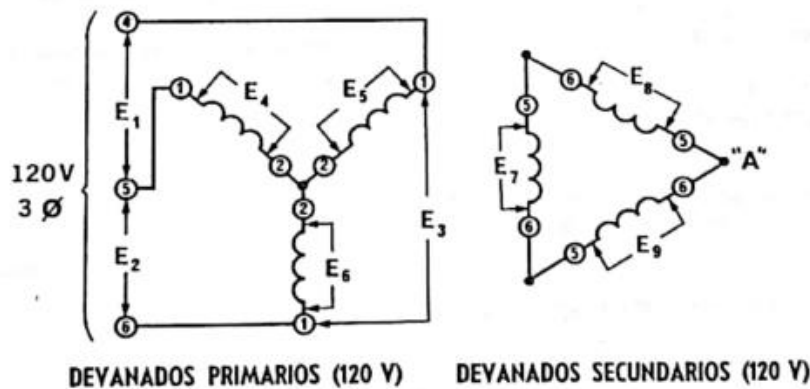


Figura 48-7

b)

VALORES CALCULADOS	VALORES MEDIDOS
$E_1 = 120 \text{ V}$, $E_2 = 120 \text{ V}$, $E_3 = 120 \text{ V}$	$E_1 = 120 \text{ V}$, $E_2 = 120 \text{ V}$, $E_3 = 120 \text{ V}$
$E_4 = 69.3 \text{ V}$, $E_5 = 69.3 \text{ V}$, $E_6 = 69.3 \text{ V}$	$E_4 = 70 \text{ V}$, $E_5 = 70 \text{ V}$, $E_6 = 70 \text{ V}$
$E_7 = 69.3 \text{ V}$, $E_8 = 69.3 \text{ V}$, $E_9 = 69.3 \text{ V}$	$E_7 = 70 \text{ V}$, $E_8 = 70 \text{ V}$, $E_9 = 70 \text{ V}$

4- a) El circuito que se ilustra en la figura 48-7 tiene tres transformadores conectados en la configuración delta-delta.

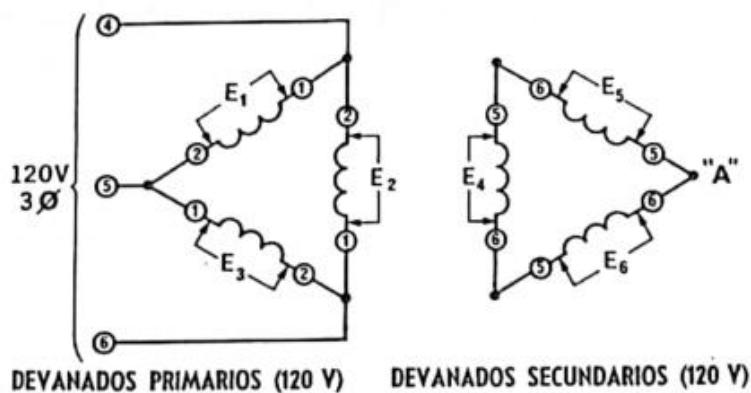


Figura 48-8

2.-

VALORES CALCULADOS

VALORES MEDIDOS

$E_1 = 120 \text{ V}$	$E_2 = 120 \text{ V}$	$E_3 = 120 \text{ V}$	$E_1 = 120 \text{ V}$	$E_2 = 120 \text{ V}$	$E_3 = 120 \text{ V}$
$E_4 = 69.3 \text{ V}$	$E_5 = 69.3 \text{ V}$	$E_6 = 69.3 \text{ V}$	$E_4 = 70 \text{ V}$	$E_5 = 70 \text{ V}$	$E_6 = 70 \text{ V}$

5-) El circuito que se ilustra en la figura 48-7 tiene tres transformadores conectados en la configuración delta abierta.

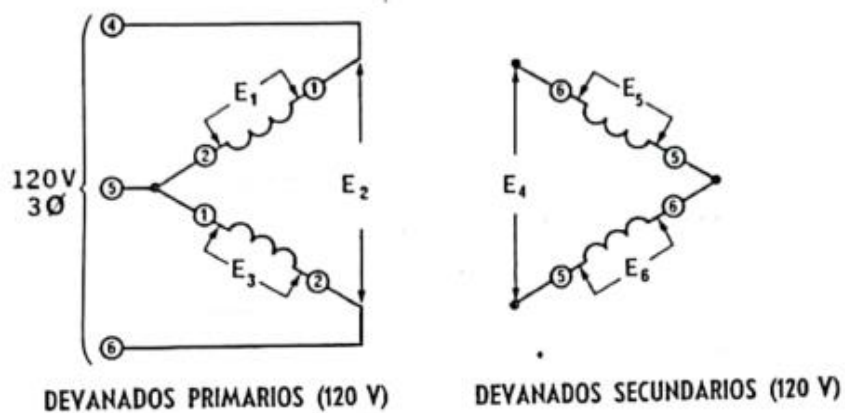


Figura 48-9

VALORES CALCULADOS

VALORES MEDIDOS

$E_1 = 120 \text{ V}$	$E_2 = 120 \text{ V}$	$E_3 = 120 \text{ V}$	$E_1 = 120 \text{ V}$	$E_2 = 120 \text{ V}$	$E_3 = 120 \text{ V}$
$E_4 = 120 \text{ V}$	$E_5 = 120 \text{ V}$	$E_6 = 120 \text{ V}$	$E_4 = 120 \text{ V}$	$E_5 = 120 \text{ V}$	$E_6 = 120 \text{ V}$

Preguntas de conocimiento

- 1- ¿Hay una diferencia de voltaje entre la configuración delta-delta y la configuración delta abierta?
 - ✓ No, los voltajes no varían mucho entre la configuración delta-delta y la delta abierta.
 - a) ¿Se tiene el mismo valor nominal de VA en la configuración delta-delta y en la configuración delta abierta?
 - ✓ No.
 - b) ¿Por qué?
 - ✓ La potencia de delta-delta es el resultado de 3 transformadores a comparación de la delta abierta que solo tiene 2 transformadores, es por eso que hay un voltaje de línea entre los dos transformadores, al contrario del delta-delta que era un voltaje de fase y eso afecta el valor nominal de VA)
 - c) Sí se aumentarían los valores de corriente nominal de cada devanado, ¿podrían obtenerse tan buenos resultados con la configuración de delta abierta, como se tiene en la configuración delta-delta? Sí Explique porque
 - ✓ Si se aumenta la corriente nominal de los devanados de los dos transformadores, hay un aumento de corriente bastante notoria la cual se aproxima a los valores de delta- delta.
- 2- Si cada transformador tiene una capacidad de 60kVA ¿Cuál es el total de potencia trifásica que se puede obtener en cada una de las 5 configuraciones?
 - a) Estrella-estrella
 - ✓ $S_1=60\text{kVA}$
 $S_3=3*S_1 \Rightarrow S_3=3(60\text{kVA})=180\text{kVA}$
 - b) Estrella-delta
 - ✓ $S_1=60\text{kVA}$
 $S_3=3*S_1 \Rightarrow S_3=3(60\text{kVA})=180\text{kVA}$
 - c) Delta-Estrella
 - ✓ $S_1=60\text{kVA}$
 $S_3=3*S_1 \Rightarrow S_3=3(60\text{kVA})=180\text{kVA}$
 - d) Delta-Delta
 - ✓ $S_1=60\text{kVA}$
 $S_3=3*S_1 \Rightarrow S_3=3(60\text{kVA})=180\text{kVA}$
 - e) Delta abierta
 - ✓ $S_1=60\text{kVA}$
 $S_3=\text{raiz}(3)*60\text{kVA} \Rightarrow S_3=103.4\text{kVA}$
- 3- Si una de las polaridades del devanado secundario se invirtiera en el procedimiento 1:
 - a) ¿Se tendría un cortocircuito directo?

- ✓ No, porque no hay dos fases conectadas por el mismo hilo o conectadas por un puente.
 - b) ¿Se calentaría el transformador?
 - ✓ Sí
 - c) ¿Se desbalancearían los voltajes del primario?
 - ✓ Si
 - d) ¿Se desbalancearían los voltajes del secundario?
 - ✓ Si
- 4- Si una de las polaridades del devanado secundario se invirtiera, en el procedimiento 4:
- a) ¿Se produciría un cortocircuito directo?
 - ✓ Sí
 - b) ¿Se calentaría el transformador?
 - ✓ Sí, porque al crearse una corriente de cortocircuito los niveles de corriente serían tan altos que empezaría a aumentar el nivel de la temperatura.
 - c) ¿Se desbalancearían los voltajes del primario?
 - ✓ No, porque el cortocircuito toma prioridad y hace que la caída de tensión se abrupta
 - d) ¿Se desbalancearían los voltajes del secundario?
 - ✓ Si

Conclusión

En este laboratorio pudimos observar las conexiones de los transformadores en paralelo, entendimos sus pautas y realizamos algunas pruebas en las que logramos comprender como nos podía funcionar en un futuro estas conexiones de transformador. También pudimos observar las conexiones de transformadores en delta-estrella, y sus otras variaciones. Se consiguieron diferentes valores de voltaje a partir de las diferentes configuraciones de los transformadores, y relacionamos el voltaje con la corriente.

Bibliografia

S. J. Chapman, *Electric Machinery Fundamentals, fifth edition*. New York: McGraw Hill, 2012.