

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA-ELECTRÓNICA

LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS III
INFORME No. 2

CIRCUITO TRIFÁSICO FUENTE DELTA Y
CARGA DELTA EQUILIBRADA

Estudiante:

Caballero Burgoa, Carlos Eduardo.

Carrera:

Ing. Electromecánica.

Docente:

Ing. Marco Antonio Vallejo Camacho.

Grupo: 2F (Martes).

Fecha de entrega: 24 de Septiembre del 2024.

1. Cálculos teóricos

Considerando un circuito trifásico delta-delta equilibrado con voltaje de línea $U_L = 220[\text{V}]$ con frecuencia de $50[\text{Hz}]$, se calculan las corrientes de fase y línea en los siguientes casos:

1.1. Carga Resistiva

Se considera una resistencia de $500[\Omega]$.

Para el caso de una resistencia, la impedancia es:

$$\begin{aligned} Z &= R \\ &= 500[\Omega] \end{aligned}$$

Se calcula la corriente de fase:

$$\begin{aligned} I_F &= \frac{U_L}{|Z|} \\ &= \frac{220}{|(500)|} \\ &= 0.44[\text{A}] \end{aligned}$$

Por tanto, la corriente de línea es:

$$\begin{aligned} I_L &= \sqrt{3} I_F \\ &= \sqrt{3}(0.44) \\ &= 0.7621[\text{A}] \end{aligned}$$

1.2. Carga Resistiva-Inductiva

Se considera una resistencia de $500[\Omega]$ y una inductancia de $0.5[\text{H}]$.

Se calcula la frecuencia angular a partir de la frecuencia:

$$\begin{aligned} \omega &= 2\pi f \\ &= 2\pi(50) \\ &= 100\pi[\text{rad/s}] \end{aligned}$$

Para el caso de una resistencia y un inductor, la impedancia es:

$$\begin{aligned} Z &= R + j\omega L \\ &= 500 + j(100\pi)(0.5)[\Omega] \\ &= 500 + j50\pi[\Omega] \end{aligned}$$

Se calcula la corriente de fase:

$$\begin{aligned} I_F &= \frac{U_L}{|Z|} \\ &= \frac{220}{|(500 + j50\pi)|} \\ &= \frac{219.39}{\sqrt{500^2 + (50\pi)^2}} \\ &= 0.4198[\text{A}] \end{aligned}$$

Por tanto, la corriente de linea es:

$$\begin{aligned} I_L &= \sqrt{3} I_F \\ &= \sqrt{3}(0.4198) \\ &= 0.7271[A] \end{aligned}$$

1.3. Carga Resistiva-Capacitiva

Se considera una resistencia de $500[\Omega]$ y una capacitancia de $20[\mu F]$.

Para el caso de una resistencia y un capacitor, la impedancia es:

$$\begin{aligned} Z &= R + \frac{1}{j\omega C} \\ &= R - \frac{j}{\omega C} \\ &= 500 - \frac{j}{(100\pi)(20 \times 10^{-6})} [\Omega] \\ &= 500 - j\frac{500}{\pi} [\Omega] \end{aligned}$$

Se calcula la corriente de fase:

$$\begin{aligned} I_F &= \frac{U_L}{|Z|} \\ &= \frac{220}{|(500 - j\frac{500}{\pi})|} \\ &= \frac{219.39}{\sqrt{500^2 + (\frac{500}{\pi})^2}} \\ &= 0.4193[A] \end{aligned}$$

Por tanto, la corriente de linea es:

$$\begin{aligned} I_L &= \sqrt{3} I_F \\ &= \sqrt{3}(0.4193) \\ &= 0.7262[A] \end{aligned}$$

2. Simulación

Se utilizó el software *Electronic Workbench v5.12*. para simular los circuitos, sin embargo la conexión en Δ no fue aceptada, por lo tanto se utilizó la transformación a una conexión en Y .

Con los siguientes valores de transformación:

$$\begin{aligned} V_{an} &= \frac{V}{\sqrt{3}} \angle -30^\circ \\ V_{bn} &= \frac{V}{\sqrt{3}} \angle -150^\circ \\ V_{cn} &= \frac{V}{\sqrt{3}} \angle +90^\circ \end{aligned}$$

Estos pueden verse en las figuras: (1), (2) y (3).

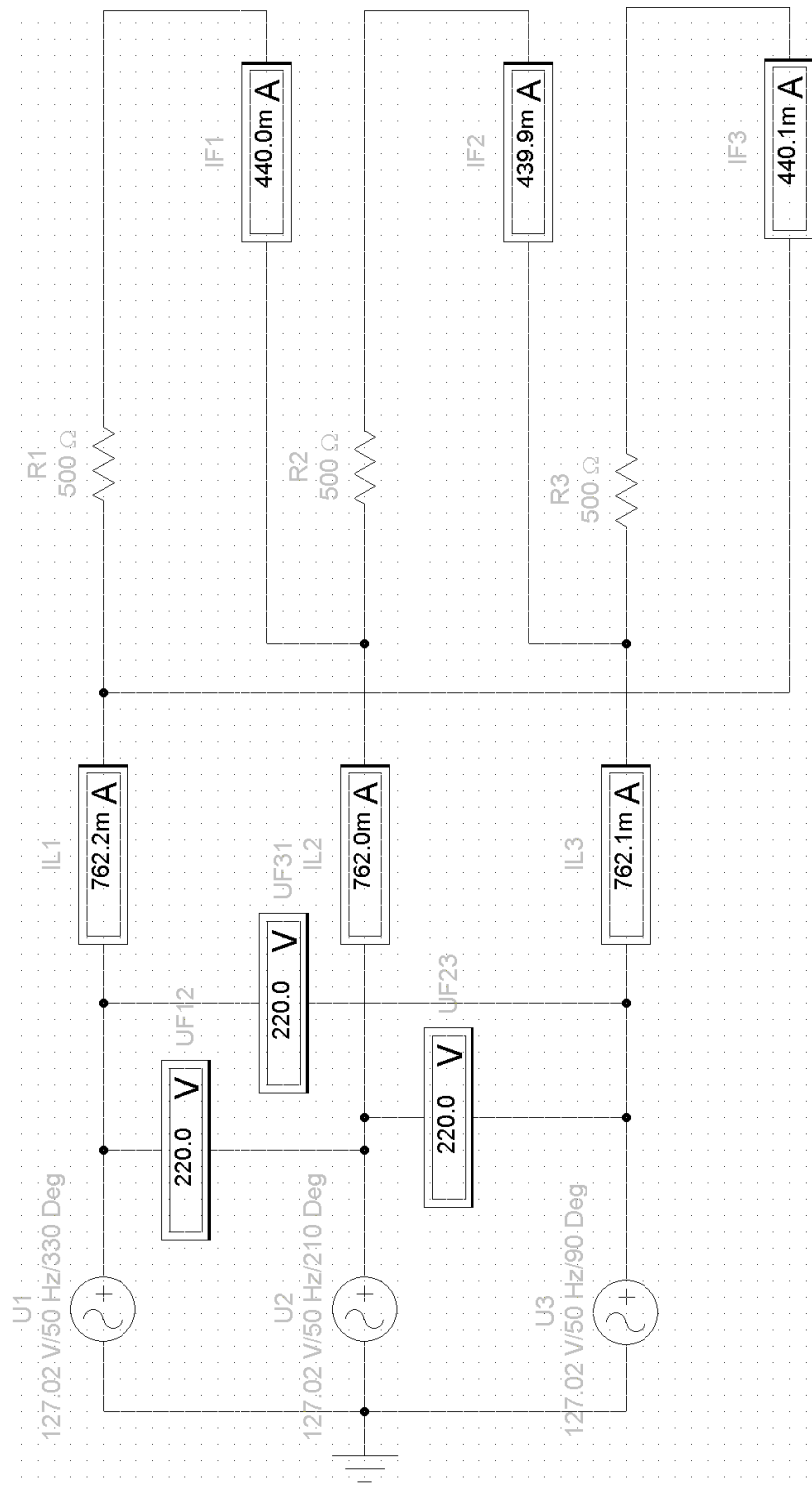


Figura 1: Simulación del circuito resistivo.

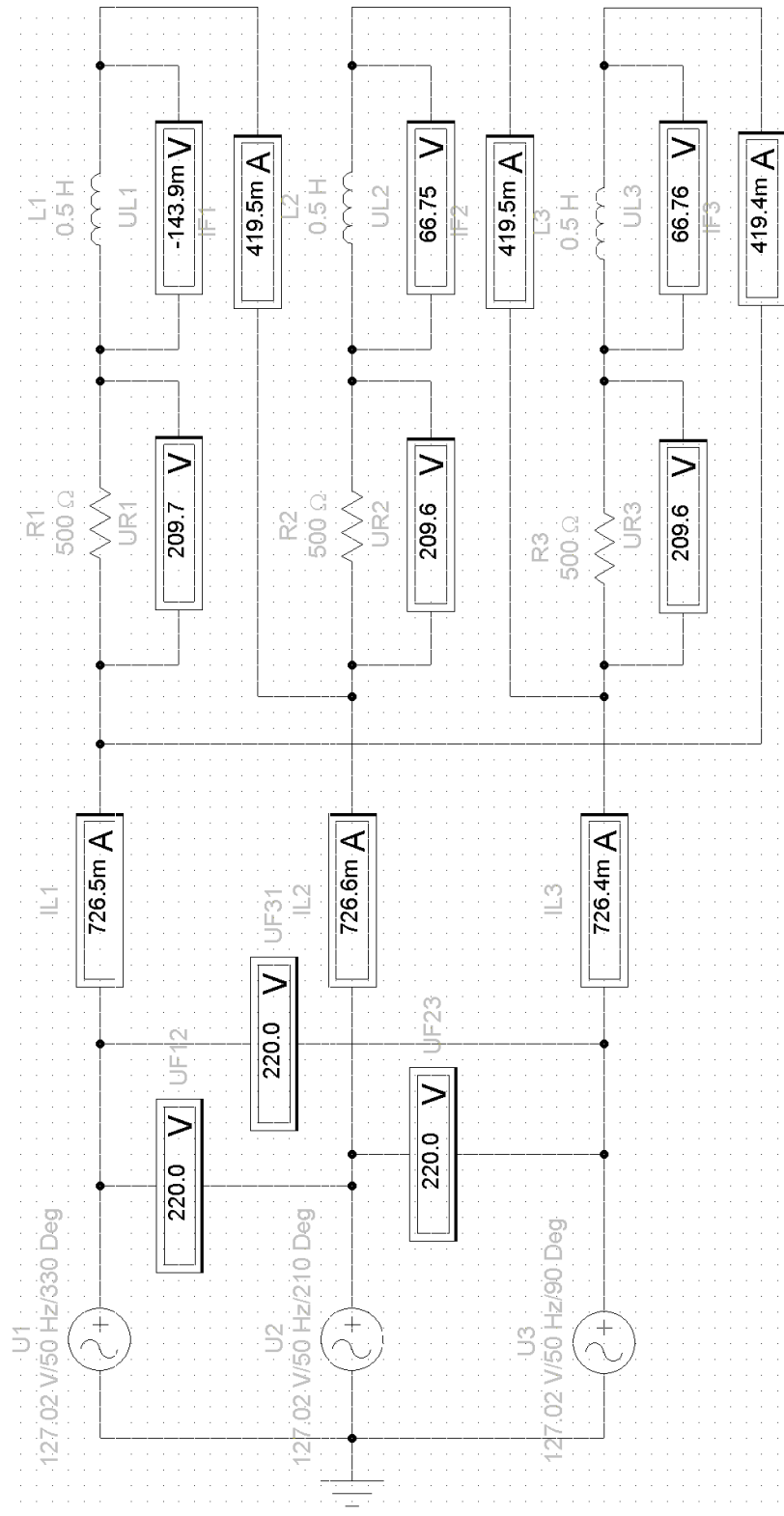


Figura 2: Simulación del circuito resistivo-inductivo.

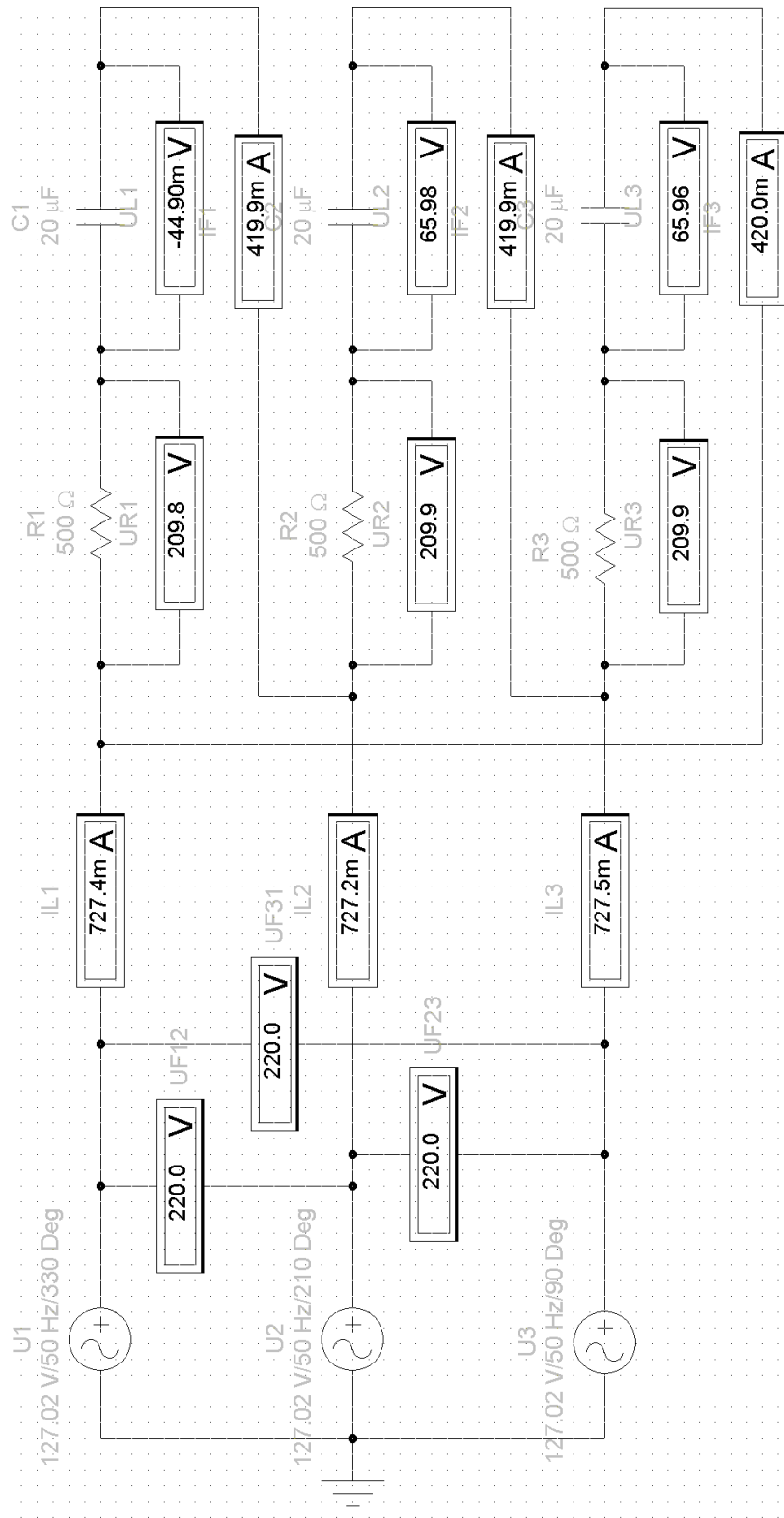


Figura 3: Simulación del circuito resistivo-capacitivo.

3. Tablas y mediciones

En las tablas siguientes, se presentan los resultados obtenidos con las mediciones realizadas en laboratorio.

3.1. Carga Resistiva

I_{L_1}	I_{L_2}	I_{L_3}
0.75[A]	0.76[A]	0.76[A]

	Z_1	Z_2	Z_3
U_{FASE}	225[V]	227[V]	225[V]
I_{FASE}	0.42[A]	0.42[A]	0.42[A]

3.2. Carga Resistiva-Inductiva

I_{L_1}	I_{L_2}	I_{L_3}
0.70[A]	0.71[A]	0.71[A]

	Z_1	Z_2	Z_3
U_{FASE}	227[V]	227[V]	225[V]
U_{R}	212[V]	214[V]	210[V]
U_{L}	65[V]	66.2[V]	65[V]
I_{FASE}	0.41[A]	0.41[A]	0.40[A]

3.3. Carga Resistiva-Capacitiva

I_{L_1}	I_{L_2}	I_{L_3}
0.73[A]	0.74[A]	0.74[A]

	Z_1	Z_2	Z_3
U_{FASE}	226[V]	228[V]	227[V]
U_{R}	219[V]	217[V]	216[V]
U_{C}	67.5[V]	67[V]	65.9[V]
I_{FASE}	0.42[A]	0.42[A]	0.41[A]

4. Cuestionario

1. Los voltajes de fase medidos, ¿son perfectamente equilibrados? ¿A qué se debe el desequilibrio?

Los valores de los voltajes de fase medidos difieren levemente, considerando que la variación máxima es de 2[V] para una medición de 225[V] o superior, se puede considerar un error

despreciable; causado por los instrumentos de medición, al proceso de medida y al leve desbalance de las cargas conectadas.

2. Con los datos de laboratorio determine las relaciones entre corrientes de línea y de fase. ¿Este factor cumple las relaciones establecidas en teoría?. Explique las variaciones en ambos casos claramente si los hubiera.

Considerando los siguientes datos obtenidos:

	Corriente de línea (Promedio)	Corriente de fase (Promedio)	Relación L/F
Carga resistiva	0.7567[A]	0.42[A]	1.8017
Carga resistiva-inductiva	0.7067[A]	0.4067[A]	1.7376
Carga resistiva-capacitiva	0.7367[A]	0.4167[A]	1.7679

La relación teórica de $\sqrt{3}$ (1.7321) varía ligeramente en las mediciones de laboratorio con respecto a la teoría y a la simulación; nuevamente son cantidades despreciables de error.

3. Verificar con las tensiones medidas, la ley de voltajes de *Kirchhoff* en cada impedancia $R-L$ y $R-C$. Dibuje el diagrama fasorial para cada caso y determine el ángulo de desfase entre la tensión de fase en la carga y la corriente de fase.
 $R-L$:

$$\begin{aligned}\sum V &= 227/0^\circ + 227/-120^\circ + 225/120^\circ \\ &= 2/-60^\circ \approx 0\end{aligned}$$

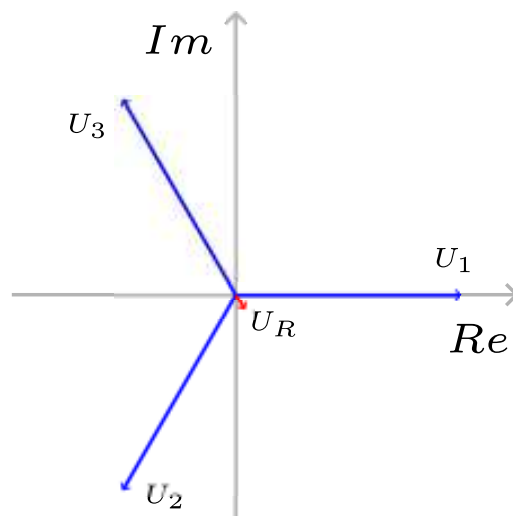


Figura 4: Diagrama fasorial para la suma de voltajes en $R-L$.

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{V}{Z} \\
 &= \frac{227/0^\circ}{500 + j50\pi} \\
 &= 0.433/-17.44^\circ [\text{A}]
 \end{aligned}$$

El ángulo de desfase es -17.44° .

$R - C$:

$$\begin{aligned}
 \sum V &= 226/0^\circ + 228/-120^\circ + 227/120^\circ \\
 &= 1.732/-150 \approx 0
 \end{aligned}$$

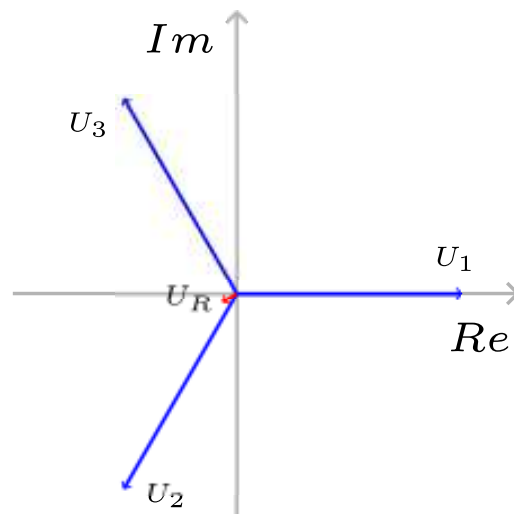


Figura 5: Diagrama fasorial para la suma de voltajes en $R - C$.

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{V}{Z} \\
 &= \frac{226/0^\circ}{500 - j\frac{500}{\pi}} \\
 &= 0.431/17.66^\circ [\text{A}]
 \end{aligned}$$

El ángulo de desfase es 17.66° .

4. Investigue cuales son las ventajas y/o desventajas de este sistema delta frente al sistema estrella.

Conexión estrella-estrella:

Ventajas:

- Posibilidad de sacar un neutro, lo cual permite obtener dos tensiones o bien conectar a tierra como medida de seguridad.

- Buen funcionamiento en pequeñas potencias.

Desventajas:

- Si las cargas en el circuito de transformador no están equilibradas, entonces los voltajes en las fases pueden llegar a desequilibrarse severamente.

Conexión delta-delta:

Ventajas:

- No tiene desplazamiento de fase.
- No tiene problemas con cargas desequilibradas o armónicos.

Desventajas:

- No dispone de salida de neutro.

5. Conclusiones

Se demostró experimentalmente la relación entre voltajes de línea y fase para un circuito trifásico fuente delta con carga delta equilibrada, comprobándose la relación hallada en la teoría de circuitos eléctricos.

Se calcularon también las corrientes de línea y fase con diferentes impedancias y también se comprobó que los valores teóricos, simulados, y hallados experimentalmente no difieren mas allá de lo aceptable.

Referencias

- [1] Rangel, Stephani (2017, Octubre).
Ventajas y Desventajas de los diferentes tipos de conexiones para transformadores trifásicos.
Extraído el 24 de Septiembre del 2024, de:
<https://es.scribd.com/document/362503390/Ventajas-y-Desventajas-de-Los-Diferentes-Tipos-de-Conexiones-Para-Transformadores-Trifasicos>