



UNIVERSIDAD VERACRUZANA.
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA.
ZONA XALAPA.



LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS.
RESPONSABLE DR. OSCAR MANUEL LÓPEZ YZA.

NOMBRE: _____ MATRÍCULA: _____
E.E: _____
EQUIPO O BRIGADA: _____ Día: _____ HORA: _____
PRÁCTICA No. 6 FECHA: _____

NOMBRE DE LA PRÁCTICA:

ÁNGULO DE FASE Y CAÍDA DE VOLTAJE ENTRE TRANSMISOR Y RECEPTOR

OBJETIVOS

- Regular el voltaje del extremo receptor.
- Observar el ángulo de fase entre los voltajes en el extremo transmisor y el receptor de la línea de transmisión.
- Observar la caída de voltaje, cuando los voltajes del extremo transmisor y receptor tienen la misma magnitud.

EXPOSICIÓN

En el experimento anterior se vio que una carga resistiva o inductiva, en el experimento de una línea de transmisión, produce una caída de voltaje muy grande, que no se toleraría bajo condiciones prácticas. Los motores, relevadores y luces eléctricas solo trabajan en condiciones estables de voltaje, cercanas al potencial para el cual están diseñados estos dispositivos.

Por lo tanto, se debe regular el voltaje en el extremo receptor de la línea de transmisión, de modo que se mantenga tan constante como sea posible. Un procedimiento que puede resultar positivo, es conectar los capacitores al final de la línea, por que como se vio en el experimento anterior, estos capacitores elevan el voltaje considerablemente. De hecho esta es una manera mediante la cual se regula el voltaje del extremo receptor, en algunos ejemplos prácticos. Los capacitores estáticos se conectan y desconectan durante el día, y se ajusta su valor para mantener constante en el extremo receptor.

Para cargas puramente inductivas, los capacitores deben entregar potencia

reactiva igual a la consumida por la carga inductiva. Esto produce un efecto de resonancia en paralelo a la cual, de hecho, la potencia reactiva que requiere la inductancia la suministra la capacitancia, no así la línea de transmisión. No es fácil calcular la potencia reactiva, que los capacitores deben suministrar, con el fin de regular el voltaje de las cargas resistivas.

En este experimento, se determinara la potencia reactiva por aproximaciones ajustando, los capacitores hasta que el voltaje en el extremo receptor sea igual al voltaje en el extremo transmisor.

Finalmente, para las cargas que consumen tanto potencial real como reactiva (que son las más comunes) los capacitores deben ser tales que compensen primero, la componente inductiva de la carga y, segundo, la componente resistiva.

INSTRUMENTOS Y EQUIPO

Módulo de suministro de potencia.	EMS 8821
Módulo de resistencia.	EMS 8311
Módulo de línea de transmisión trifásica.	EMS 8329
Módulo de capacitancia.	EMS 8331
Módulo de medición de c-a.	EMS 8426
Watt-varímetro trifásico (2).	EMS 8446
Medidor de ángulo de fase.	EMS 8451
Conductores.	EMS 9128

PROCEDIMIENTOS

**Precaución. ¡En este experimento de laboratorio se manejan altos voltajes!
¡No se haga conexión alguna con la energía encendida!**

1. Ajuste la impedancia de la línea de transmisión a 120Ω y conecte los voltímetros y watt-varímetros como se indica en la figura 1. Durante el curso del experimento se modificará la carga. El circuito se debe conectar a la fuente trifásica de voltaje variable.

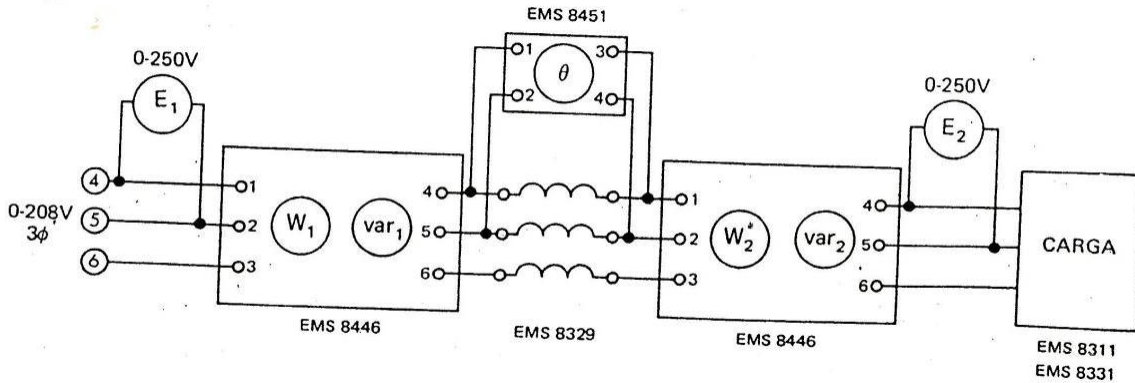


Figura 1

2. Usando una carga resistiva trifásica, ajuste E_2 a 200 volts y manténganlo constante por el resto del experimento. Aunque la carga resistiva por pasos, manteniendo balanceadas las tres fases. Tome las lecturas de $E_1, W_1, var_1, E_2, W_2, var_2$ y el ángulo de fase entre E_1 , Y E_2 .

3.

Nota: se elige E_1 como el voltaje de referencia para el medidor del ángulo de fase.

Anote los resultados en la tabla 1 y trace, en la figura 2, una gráfica de E_2 como una función de la potencia de carga W_2 en watts.

Sobre esta curva, marque el ángulo de fase correspondiente a las diversas cargas reales de potencia.

Ahora conecte una carga capacitiva trifásica balanceada, en paralelo con la carga resistiva. Repita el procedimiento 2, pero para cada carga resistiva ajuste la carga capacitiva de modo que el voltaje de la carga E_2 , esté tan próximo como sea posible a 200 volts. (E_1 debe mantenerse constante a 200 volts) anote los resultados en la tabla 2.

Trace una gráfica de E_2 como una función de W_2 y sobrepóngala a la gráfica anterior, que trazo en el procedimiento 2. Note que la adicción de los capacitores estáticos han producido un voltaje mucho más constante y, la potencia W_2 que se envía ha aumentado.

Sobre esta curva, marque el ángulo de fase entre E_2 y E_1 , así como la potencia reactiva var_2 que usaron los ajustes individuales de cargas resistivas.

REGULACION DE VOLTAJE CON CARGA RESISTIVA								
Procedimiento 2	R (Ω)	E ₁ (V)	W ₁ (W)	Var ₁ (var)	E ₂ (V)	W ₂ (W)	Var ₂ (var)	ÁNGULO (°)
	∞							
	1200							
	600							
	400							
	300							
	240							
	200							
	171.4							

Tabla 1

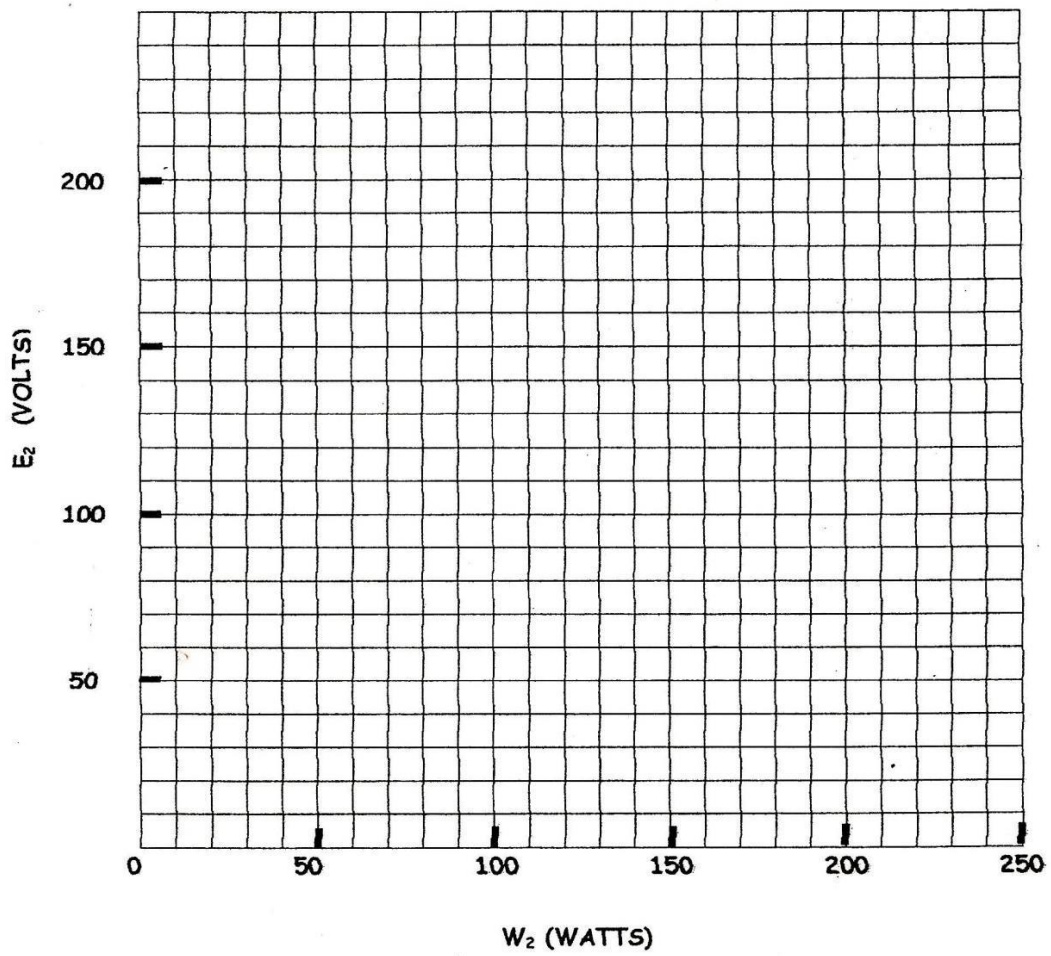


Figura 2

- En este procedimiento se observara una caída de voltaje considerable, a lo largo de una línea de transmisión, aun cuando los voltajes E_1 y E_2 , en los extremos transmisor y receptor tengan igual magnitud. ¿Cómo es posible tener una caída de voltaje, cuando los voltajes en los dos extremos son iguales? La respuesta es que la caída se debe al ángulo de fase entre los dos voltajes.
- Calcule el voltaje, la corriente, la potencia real y la potencia reactiva, por fase, usando los resultados del procedimiento 4. Trace un diagrama de fasores de los voltajes en el extremo transmisor y en el receptor, verifique la caída de voltaje, contra el valor medido. (Ver el cálculo de muestra al final de la práctica).

REGULACIÓN DE VOLTAJE CON CARGA RESISTIVA EN PARALELO CON UNA CARGA CAPACITIVA									
Procedimiento 3	R (Ω)	E_1 (V)	W_1 (W)	Var ₁ (var)	E_2 (V)	W_2 (W)	Var ₂ (var)	ÁNGULO ($^\circ$)	X_C
	∞								
	1200								
	600								
	400								
	300								
	240								
	200								
	171.4								

Tabla 2

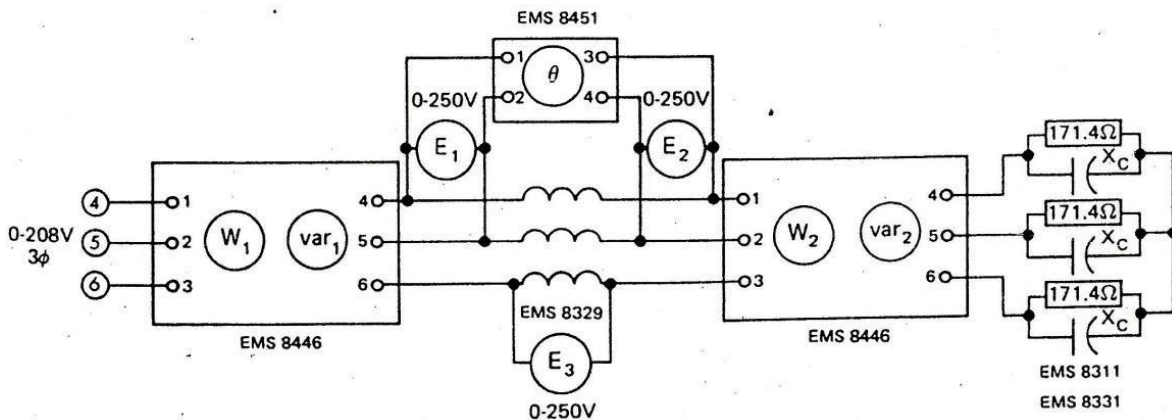


Figura 3

CÁLCULO DE MUESTRA.

Para comprender los resultados del procedimiento 4, se elaborará un análisis breve suponiendo las lecturas siguientes.

$E_1 = 300 \text{ V}$	$\text{Var}_1 = + 170 \text{ var.}$
$E_2 = 300 \text{ V}$	$\text{Var}_2 = - 280 \text{ var.}$
$W_1 = + 600 \text{ W}$	Ángulo de fase = 48° de atraso.
$W_2 = + 510 \text{ W}$	

Primero se reducirán todos los voltajes y potencias a una base por fase, suponiendo una conexión en estrella. Como E_1 y E_2 son los voltajes línea a línea, los voltajes línea a neutro correspondientes son $\sqrt{3}$ veces menores.

La potencia real W_2 es menor que W_1 , en virtud de las pérdidas I^2R en la línea de transmisión.

Además, la fuente está entregando 170 var hacia la derecha, mientras que la carga (debido al signo negativo) está enviando 280 var hacia la izquierda.

Como resultado, la línea de transmisión está absorbiendo $(170 - 280) = 450 \text{ var.}$

Las potencias real y reactiva por fase son 1/3 de los valores indicados arriba; por lo tanto, los valores por fase son los siguientes:

$$\frac{E_1}{\sqrt{3}} = \frac{300}{\sqrt{3}} = 173 \text{ V} \qquad \frac{\text{var}_1}{3} = +57 \text{ var}$$

$$\frac{E_2}{\sqrt{3}} = \frac{300}{\sqrt{3}} = 173 \text{ V} \qquad \frac{\text{var}_2}{3} = -93 \text{ var}$$

$$E_3 = 140 \text{ V} \qquad \text{Ángulo de fase} = 48^\circ \text{ de atraso}$$

$$\frac{W_1}{3} = +200 \text{ W}$$

$$\frac{W_2}{3} = +170 \text{ W}$$

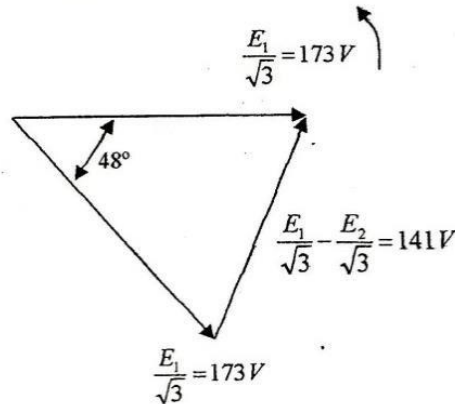


Figura 4

Si se atrasa el fasor E_2 3,48 grados detrás del fasor $E_1\sqrt{3}$, puede medirse a escala la longitud del vector $(E_1/\sqrt{3}) - (E_2/\sqrt{3})$. Se encuentra que es el de 141 volts, lo cual está muy cercano a la caída de voltaje medido, E_3 , en la línea.

La potencia reactiva recibida por la línea (por fase) es: $(93 + 57) = 150$ var.

La potencia consumida por la línea, debido a su resistencia, es $(200 - 170) = 30$ Watts.

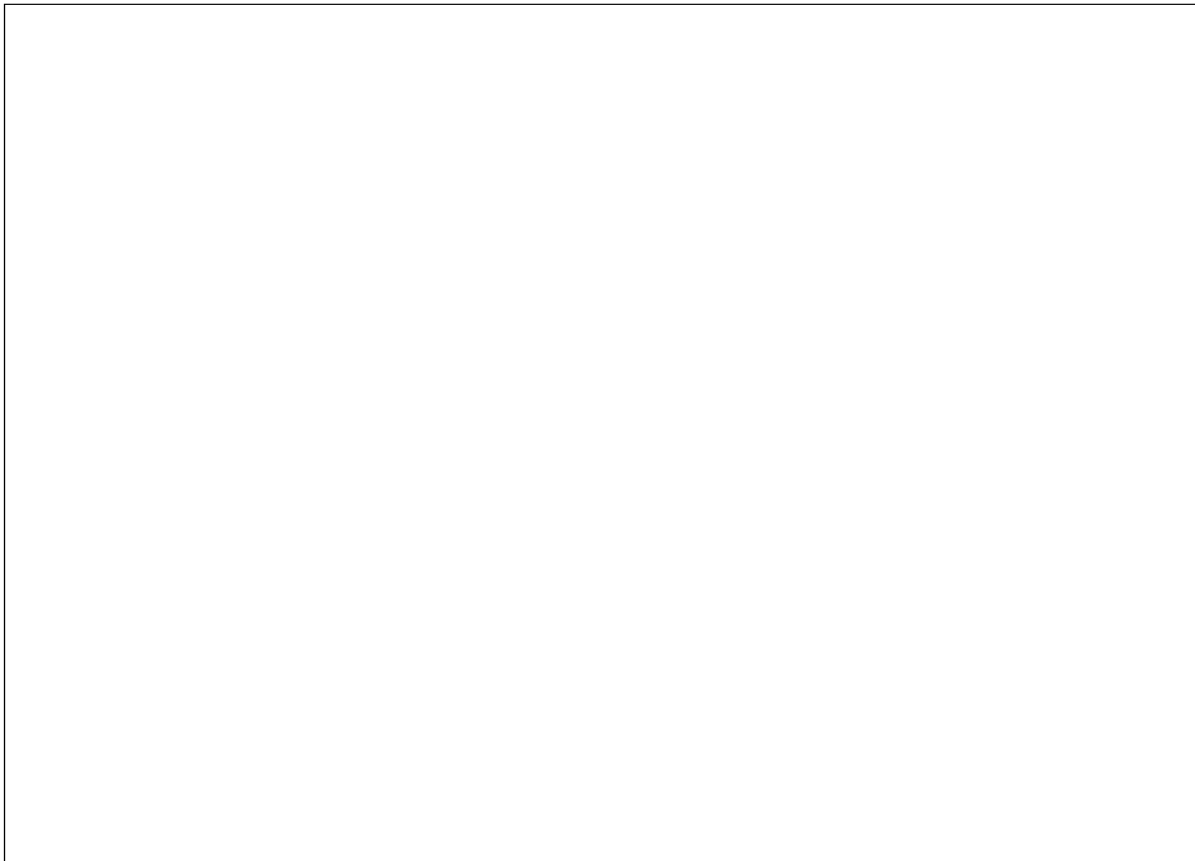
La potencia aparente absorbida por la línea es $\sqrt{150^2 + 30^2} = 153$ volt - ampere.

Dado que el voltaje a través de una de las líneas es de 141 volts, la corriente en la línea debe ser:

$$I = \frac{VA}{E_3} = \frac{153}{141} = 1.08 A$$

Por supuesto, pudo haberse medido esta corriente directamente, pero basta una medición de la potencia real y reactiva y conocer los voltajes para poder calcular todo acerca de la línea.

CÁLCULOS DEL PROCEDIMIENTO 5:



Tomado del libro:
WILDI, THEODORE Y VITOR MICHAELJ., **EXPERIMENTOS CON EQUIPO ELÉCTRICO**
LIMUSA, 6ta REIMPRESION, MÉXICO, 1987