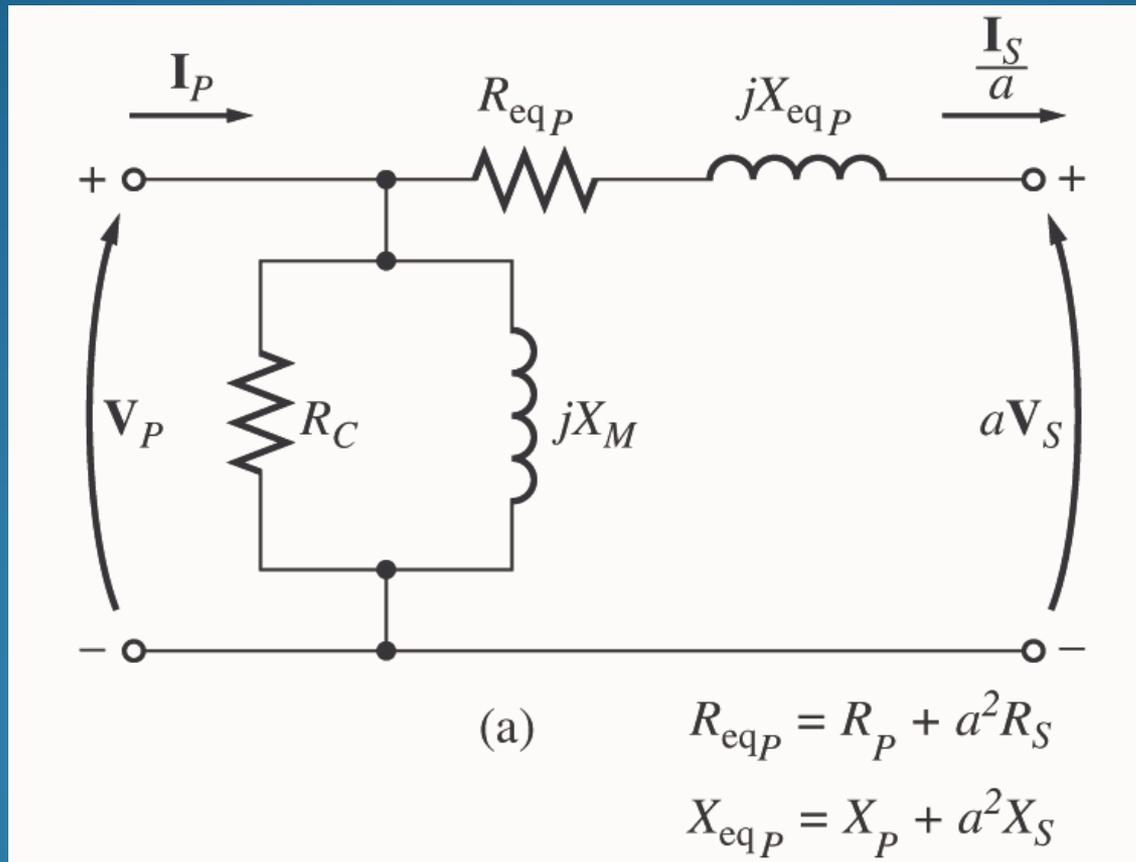


CURSO VIII CICLO  
SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA



# **II UNIDAD**

## **ANÁLISIS Y OPERACIÓN DE UN SEP**

### **CONTENIDO :**

- 1. DIAGRAMAS UNIFILARES, VALORES POR UNIDAD, CAMBIO DE BASE**
- 2. TRANSFORMADORES DE POTENCIA**
- 3. LINEAS DE TRANSMISION DE POTENCIA**
- 4. GENERADORES DE POTENCIA.**

### **BIBLIOGRAFIA:**

**ANÁLISIS DE SISTEMAS DE POTENCIA, RAFAEL PUMACAYA**

**MAQUINAS ELECTRICAS, Stephen J. Chapman**

# II UNIDAD

## ANÁLISIS Y OPERACIÓN DE UN SEP

### SEMANA I      CONTENIDO :

1. DIAGRAMAS UNIFILARES
2. DIAGRAMA DE REACTANCIAS E IMPEDANCIAS
3. VALORES POR UNIDAD
4. VALORES BASE POR FASE
5. VALORES BASE TRIFÁSICOS.
6. CAMBIO DE BASE
7. SELECCIÓN DE UNA BASE POR UNIDAD
8. EJEMPLOS

## 2.1.1 DIAGRAMAS UNIFILARES

Los diagramas unifilares representan todas las partes que componen a un sistema de potencia de modo gráfico, completo, tomando en cuenta las conexiones que hay entre ellos, para lograr así una visualización completa del sistema a la forma más sencilla. Para un sistema trifásico balanceado siempre se resuelve como un circuito equivalente monofásico, o por fase, compuesto de una de las tres líneas y un neutro de retorno, rara vez es necesario mostrar más de una fase y el neutro de retorno cuando se dibuja un diagrama del circuito. Los diagramas unifilares son los siguientes:

Máquina o armadura rotatoria (básico)		Interruptor de potencia de aceite u otro líquido	
Transformador de potencia de dos devanados		Interruptor de aire	
Transformador de potencia de tres devanados		Conexión delta trifásica o de tres conductores	
Fusible		Y trifásica, neutro no aterrizado	
Transformador de corriente		Y trifásica, neutro aterrizado	
Transformador de potencial			
Amperímetro y voltímetro			

## 2.1.2 DIAGRAMA DE IMPEDANCIA Y REACTANCIA

El diagrama unifilar se usa para dibujar el circuito equivalente monofásico o por fase del sistema, con el fin de evaluar el comportamiento de éste bajo condiciones de carga o durante la ocurrencia de una falla.

En una figura se combina los circuitos equivalentes de los diferentes componentes que se muestran en la figura anterior para formar el diagrama de impedancias monofásico del sistema. Si se realiza un estudio de cargas, las cargas en atraso A y B se representan por una resistencia y una reactancia inductiva en serie. El diagrama de impedancias no incluye las impedancias limitadoras de corriente, mostradas en el diagrama unifilar entre los neutros de los generadores y la tierra, porque no fluye corriente a tierra en condiciones balanceadas y los neutros de los generadores están al mismo potencial que el del sistema.

## 2.1.2 DIAGRAMA DE IMPEDANCIA Y REACTANCIA

Debido a que la corriente de magnetización de un transformador es por lo general insignificante, con respecto a la corriente de plena carga, el circuito equivalente del transformador omite con frecuencia la rama de admitancia en paralelo

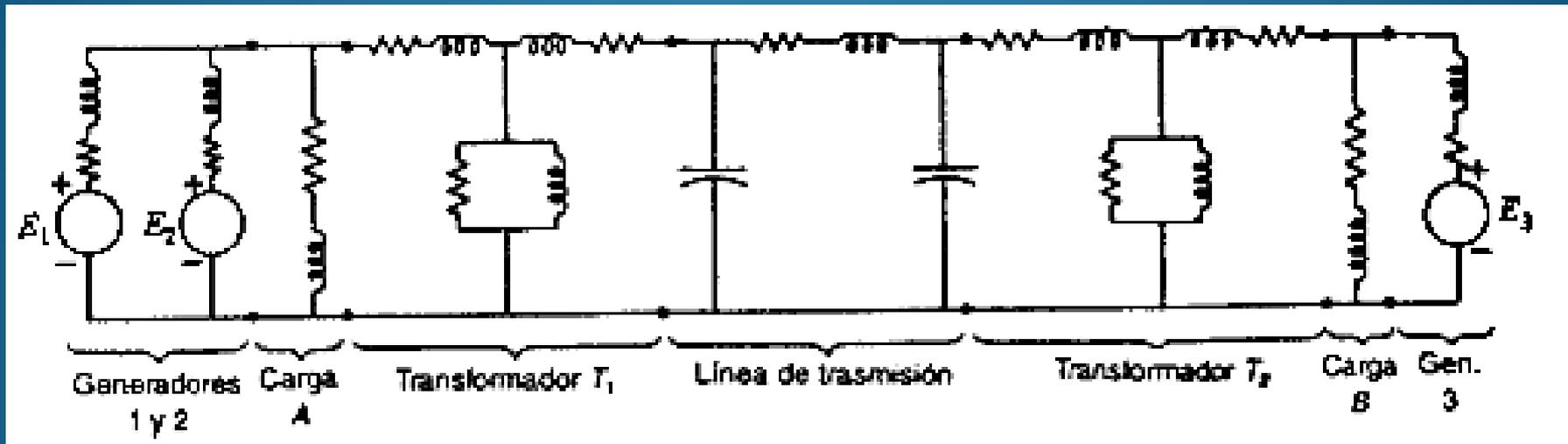


Fig. Diagrama de impedancia y reactancia de un Sistema Eléctrico de Potencia

## 2.1.3 VALORES POR UNIDAD

La tensión, la corriente, los KV y la impedancia de un circuito se expresa frecuentemente en porcentaje o por unidad de un valor base o de referencia que se elige para cada una de las magnitudes.

Se define el valor unidad de la siguiente manera.

$$\text{Valor por unidad} = \frac{\text{Valor real}}{\text{Valor Base}} = \frac{\text{Especificaciones reales o experimentales}}{\text{Especificaciones del fabricante}}$$

### EJEMPLO

Sean los valores de tensión dados de 108, 120 y 126KV.

Se desea determinar los valores por unidad de estas tensiones, asumiendo como valor base o de referencia el de 120KV

De acuerdo a lo indicado se tiene:

$$V1 = (108\text{KV}/120\text{KV}) = 0.90\text{p.u.}$$

$$V2 = (120\text{KV}/120\text{KV}) = 1.00\text{p.u.}$$

$$V3 = (126\text{KV}/120\text{KV}) = 1.05\text{p.u.}$$

## 2.1.3 VALORES POR UNIDAD

Es decir, el valor por unidad de una magnitud cualquiera se define como la razón o el cociente de su valor expresado como un decimal.

El valor por ciento se define como el que es igual a 100 veces el valor por unidad, es decir:

$$\text{Valor por ciento} = \frac{\text{Valor dado} \times 100}{\text{Valor Base}}$$

$$\text{Valor dado} = \text{Valor real}$$

Según esto, en el caso anterior se tendrán los valores de 90%, 100% y 105% respectivamente para los valores de 108, 120 y 126KV dados.

Los métodos de cálculos que utilizan los valores por unidad o por ciento son mucho más sencillos que usando los valores reales en amperios, ohmios y voltios.

Las tensiones, corrientes, KVA y reactancias, están relacionadas entre sí de tal forma que la elección de valores base para dos cualquiera de ellas determina los valores base de las otras dos.

Estas magnitudes están dadas por las fórmulas siguientes:

## 2.1.4 VALORES BASE POR FASE(MONOFASICO)

$$\text{Corriente base en amperios} = \frac{\text{KVA base}}{\text{Tensión Base en KV}}$$

$$\text{Impedancia base en Ohmios} = \frac{\text{Tensión Base en voltios}}{\text{Corriente base en amperios}}$$

$$\text{Impedancia base en Ohmios} = \frac{(\text{Tensión Base en KV})^2 \times 1000}{\text{KVA base}}$$

$$\text{Impedancia base en Ohmios} = \frac{(\text{Tensión Base en KV})^2}{\text{MVA base}}$$

$$\text{Impedancia por unidad de un elemento de un circuito} = \frac{\text{Impedancia real en ohmios}}{\text{Impedancia base en Ohmios}}$$

Como los circuitos trifásicos se resuelven como la línea simple con neutro de retorno, la base para las magnitudes del diagrama de impedancias son KVA por fase y KV de línea a neutro. Los datos se dan normalmente como KVA totales trifásicos o MVA y KV entre líneas.

## 2.1.5 VALORES BASE TRIFASICOS

La impedancia base y la corriente base pueden calcularse directamente a partir de los valores trifásicos base en KV y KVA. Si interpretamos que los KVA base y la tensión base en KV son los totales de las tres fases y la tensión base de línea, tendremos:

$$\text{Corriente base en amperios} = \frac{\text{KVA base}}{\sqrt{3}\text{Tensión Base en KV}}$$

$$\text{Impedancia base en Ohmios} = \frac{\text{Tensión Base en voltios}}{\text{Corriente base en amperios}}$$

$$\text{Impedancia base en Ohmios} = \frac{(\text{Tensión Base en KV}/\sqrt{3})^2 \times 1000}{\text{KVA base}/3}$$

$$\text{Impedancia base en Ohmios} = \frac{(\text{Tensión Base en KV})^2 \times 1000}{\text{KVA base}}$$

$$\text{Impedancia base en Ohmios} = \frac{(\text{Tensión Base en KV})^2}{\text{MVA base}}$$

## 2.1.6 CAMBIO DE BASE

Algunas veces la impedancia por unidad de un componente de un sistema se expresa sobre una base distinta que la seleccionada como base para la parte del sistema en la cual está situado dicho componente.

Dado que todas las impedancias de cualquier parte del sistema tienen que ser expresados respecto a la misma impedancia de cualquier parte del sistema tienen que ser expresadas respecto a la misma impedancia base, al hacer los cálculos, es preciso tener un medio para pasar las impedancias por unidad de una base a otra base :

Impedancia por unidad de un elemento de un circuito =  $\frac{\text{Impedancia real en ohmios} \times \text{KVA base}}{(\text{tensión base en Kv})^2 \times 1000}$

$$Z_{\text{nueva por unidad}} = Z_{\text{dada por unidad}} \frac{(\text{KVA dados base})}{(\text{KV nuevos base})} \times \frac{(\text{KVA nuevos base})}{(\text{KVA dados base})}$$

## 2.1.7 SELECCIÓN DE LA BASE PARA LOS VALORES POR UNIDAD

La base elegida debe ser tal que lleve a valores por unidad de la tensión y corriente de régimen, aproximadamente igual es a la unidad, de forma que se simplifique el cálculo. Se ahorrará mucho tiempo si la base se selecciona de forma que pocas magnitudes por unidad ya conocidas tengan que convertirse a una base.

Cuando un fabricante da la resistencia y la reactancia de un aparato en ciento por unidad, se sobreentiende que las bases son valores de KVA y nominales del aparato.

Como los motores, normalmente se especifican por los valores nominales de caballos de vapor y tensión en KVA nominales pueden determinarse solamente si se conocen el rendimiento y el factor de potencia. Si no se cuenta con esta información, pueden utilizarse las relaciones deducidas para los valores medios de cada tipo particular de un motor.

Motor de Inducción : $KVA = \text{Caballos de Vapor}$

Motor Síncronos Con factor de potencia 1.0:  $KVA = 0.85 \times \text{Caballos de Vapor}$

Con factor de potencia 0.8:  $KVA = 1.10 \times \text{Caballos de Vapor}$ .

## 2.1.7 SELECCIÓN DE LA BASE PARA LOS VALORES POR UNIDAD

Los valores de la resistencia óhmica y de la resistencia de pérdida de un transformador dependen, de que se miden en el lado de alta o baja tensión del transformador .

Pero si estas resistencia y reactancia estuvieran expresados en valores de por unidad será la misma ya sea para el lado de alta tensión o de baja tensión. Tal como se demuestra:

Si tenemos:

Z<sub>HT</sub>: Impedancia referida al lado de alta tensión del transformador

Z<sub>LT</sub>: Impedancia referida al lado de baja tensión del transformador

KV<sub>L</sub>: Tensión nominal del transformador en baja tensión

KV<sub>H</sub>: Tensión nominal del transformador en alta tensión

KVA= KVA nominales del transformador

Entonces:

$$Z_{LT} = \frac{(KV_L)^2}{(KV_L)^2} \times Z_{HT} = \frac{(KV_L/KV_H)^2 \times Z_{HT} \times KVA}{(KV_L)^2 \times 1000}$$

$$Z_{LT} \text{ en por unidad} = \frac{Z_{HT} \times KVA}{KV_H)^2 \times 1000} \quad Z_{LT} \text{ en por unidad} = Z_{HT} \text{ en por unidad}$$

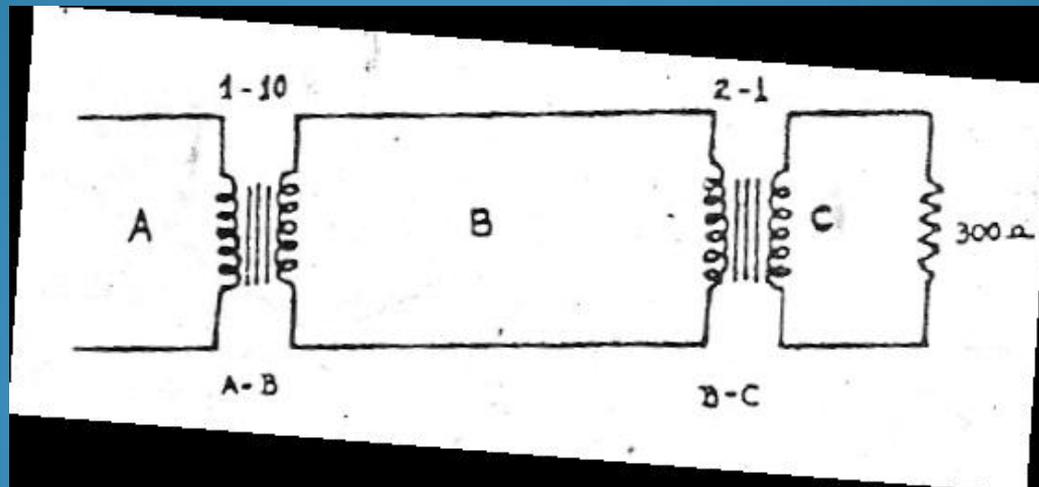
## 2.1.8 EJEMPLOS

Las tres partes de un sistema eléctrico monofásico designados por A, B, C, están interconectados por medio de transformadores en la forma representada en la figura siguiente. Los transformadores tienen las siguientes características:

A–B 10,000 KVA :13.8–138KV; reactancia de dispersión 10%

B–C 10,000 KVA :138–69KV; reactancia de dispersión 8%

Si en el circuito B se toman como base 10000 KVA y 138KVA, determinar la impedancia por unidad de una carga óhmica pura de 300 ohmios en el circuito, referida a los circuitos C, B y A, Dibujar el diagrama de impedancias despreciando la corriente magnetizante, las resistencias de los transformadores y las impedancias de línea. Determinar la regulación de tensión si la tensión en la carga 66KV, con la hipótesis de que la tensión de entrada al circuito A permanece constante.



## 2.1.8 EJEMPLOS

Dos generadores conectados en paralelo a la misma barra, tienen reactancias subtransitorias de  $X''=10\%$ . El generador 1 es de 2,500KVA, 2.4KV y el 2 de 5000KVA, 2.4KV. Determinar la reactancia por unidad de cada generador, tomando como valores base 15000KVA y 2.4 KV. Determinar la reactancia por unidad de un generador único equivalente a los dos en paralelos sobre la base de 15000KVA, 2.4KV. ¿Cuál es la reactancia por unidad de un generador simple equivalente a los generadores en paralelo sobre una base de 15000KVA, 2.4KV?

## 2.1.8 EJEMPLOS

Un generador trifásico de 30,000 KVA y 13.8 KV, tiene una resistencia de 15%. El generador alimenta a dos motores a través de una línea de transporte, con transformadores en ambos extremos, tal como se representa en el diagrama unifilar de la figura siguiente. Los motores tienen como entradas nominales 20,000 y 10,000KVA, ambos a 12.5KV, con una reactancia del 20%. Los transformadores trifásicos tienen ambos valores nominales 35,000 KVA y 13,2 KV  $\Delta$  115 $\gamma$  KV con reactancia de dispersión del 10%. La reactancia de la línea es de 80ohmios. Dibujar el diagrama de impedancias con las reactancias expresadas en por unidad: Tomar los valores nominales del generador como base del circuito del generador.

