

CAPITULO 1 : PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE MAQUINAS ELECTRICAS

TEMA 1
LA ENERGIA ELECTRICA

1) SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA

- OBJET: INSTALACIONES QUE POSIBILITAN EL USO DE LA ENERGIA ELECTRICA A GRAN ESCALA.

2) CLASIFICACION DE MAQUINAS ELECTRICAS

- CLASIFICACION EN FUNCION DE LA NATURALEZA DE SUS COMPONENTES.

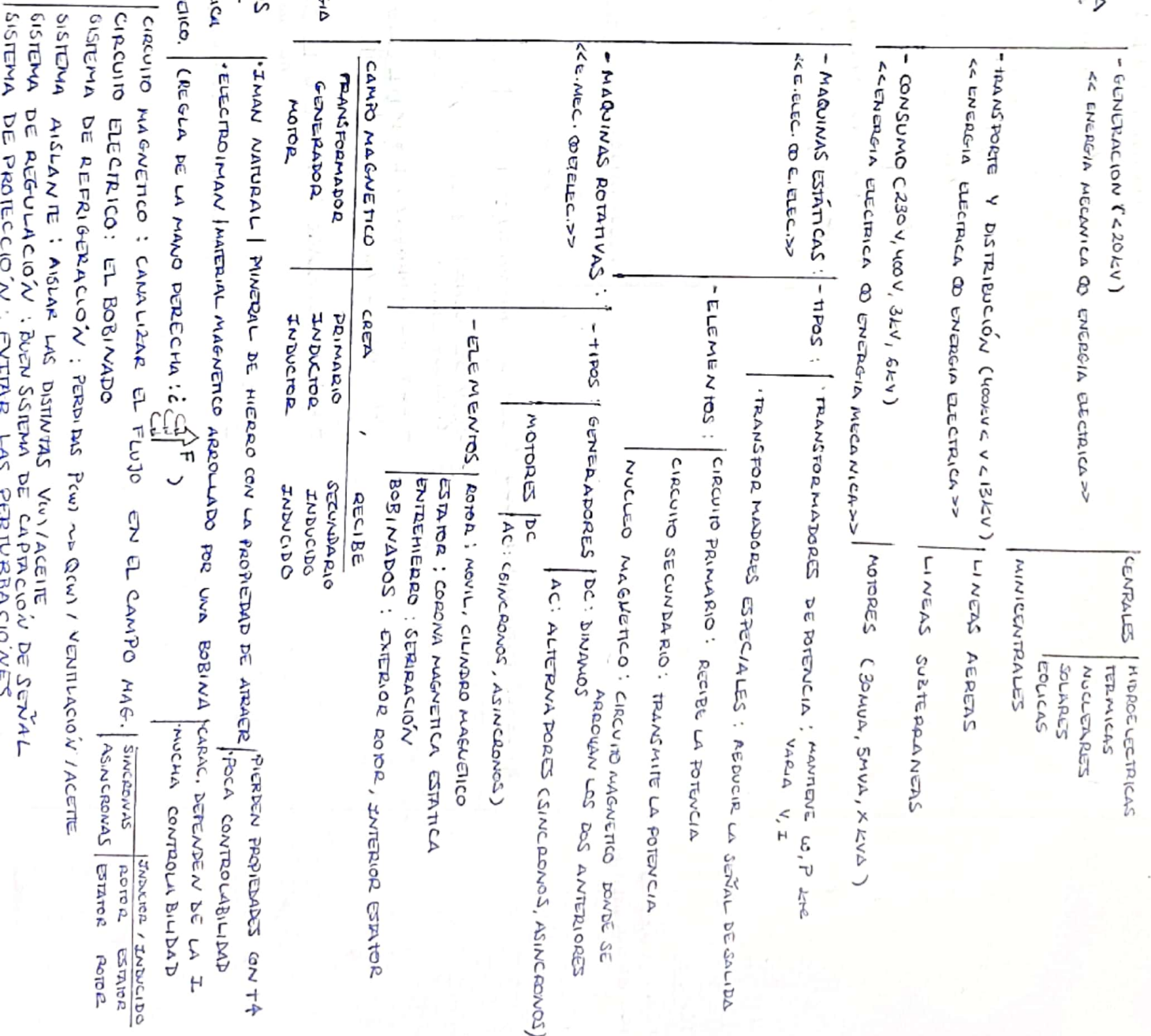
3) CONVERSION ENERGIA

- OBJET: ENERGIA \rightarrow CAMPO MAGNETICO \rightarrow ENERGIA

4) CREACION DE CAMPOS MAGNETICOS

- OBJET: FODA MOVIMIENTO DE CARGA ELECTRICA GENERA A SU ALREDEDOR UN CAMPO MAGNETICO.

5) ELEMENTOS CONSTITUTIVOS



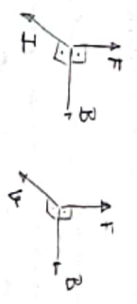
1) MAGNITUDES Y UNIDADES MAGNETICAS

- FLUJO MAGNETICO (Φ): LINEAS DE FUERZA A TRAVES DE UN CIRCUITO (Wb)
- INDUCCION MAGNETICA (B): FLUJO POR UNIDAD DE SUPERFICIE, DENSIDAD (T)
 $B = \frac{\Phi}{S}$
- FUERZA MAGNETOMOTRIZ (F_{mm}): LA FUERZA QUE PROVOCA LA CIRCULACION (AV)
 $F_{mm} = N \cdot I$
- INTENSIDAD DE CAMPO MAGNETICO (H): FUERZA MAGNETIZANTE (AV/m)
 $H = \frac{F_{mm}}{L}$
- PERMEABILIDAD MAGNETICA (μ): CAPACIDAD DE PENETRACION DE UN FLUJO (Henrios/m)
 $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$
- PERMEABILIDAD VACIO $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ (Henrios/m)
- PERMEABILIDAD RELATIVA

$\mu_r < 1$	DIAMAGNETICO
$\mu_r = 1$	AMAGNETICO (AIRE)
$\mu_r > 1$	MAGNETICO
- RELUCTANCIA (R): OPPOSICION A CIRCULAR
 $R = \frac{L}{\mu S}$

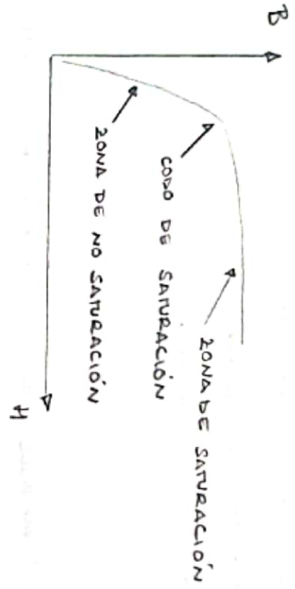
2) LEYES FUNDAMENTALES

- LEY DE HOPKINSON: $F_{mm} = \Phi \cdot R$
- LEY DE LENZ: $e(t) = -N \frac{d\Phi(t)}{dt}$ (FLUJO VARIABLE), PRINCIPIO DE LOS TRANSFORMADORES
- LEY DE FARADAY: $E = v \cdot B \cdot L \sin\theta$ (CONDUCTOR EN MOVIMIENTO), PRINCIPIO DE LOS GENERADORES
- LEY DE LAPLACE: $F = I \cdot B \cdot L \cdot \sin\theta$ (FUERZA QUE SOPORTA UN CONDUCTOR, PRINCIPIO DE LOS MOTORES)
AL CREARSE UN CAMPO ELECTROMAGNETICO
- REGLA DE LA MANO IZQUIERDA:



TEMA 3:
ELECTROMAGNETISMO
EN MATERIALES
FERROMAGNETICOS

1) EXCITACIÓN EN CORRIENTE CONTINUA: CURVA DE PRIMERA IMANTACIÓN: $H = \frac{N \cdot I}{L}$ $B = \frac{\Phi}{S}$
GRÁFICO B, H)



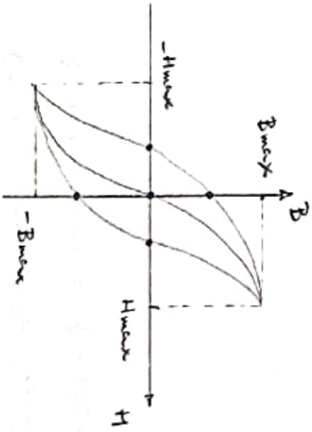
$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H$$

- [DEF]: LA CURVA SOLO PERTENECE DE μ CON LO CUAL ES CARACTERÍSTICA DE CADA MATERIAL E INDEPENDIENTE DE DIMENSIONES GEOMÉTRICAS DEL CIRCUITO.
- ZONA DE NO SATURACIÓN: (LINEAL)
- CODO DE SATURACIÓN: PIERDE LINEALIDAD. SE SATURA.
- ZONA DE SATURACIÓN: $H \uparrow \uparrow B \downarrow$

• [CONCL. 1]: μ_r NO ES CONSTANTE, DEPENDE DE LAS CONDICIONES EN LAS QUE ESTE FUNCIONADO EL MATERIAL.

- AIRE: $\mu = \mu_0$, NO SE SATURA, $I = k \cdot r$ o $\phi = L \cdot i$

2) EXCITACIÓN EN CORRIENTE ALTERNA: CICLO DE HISTERESIS (GRÁFICO B, H)



- [DEF]: CICLO DE HISTERESIS DIFERENTE POR CADA B_{max} y H_{max} .
- LOS EXTREMOS DEL CICLO SE SITUAN SOBRE LA CURVA DE IMANTACIÓN.
- $H = 0$, $B \neq 0$: MAGNETISMO REMANENTE
- $B = 0$, $H \neq 0$: FUERZA COERCITIVA
- AIRE: NO HAY CICLO. SE DESPLAZA EN RECTA μ_0

1) PERDIDAS POR HISTERESIS

- $E = iR + N \frac{d\psi}{dt}$ $\rightarrow \int e i dt = \int i^2 R dt + \int N i d\psi$
 - ① ENERGIA CEDIDA POR LA BATERIA AC CIRCUITO
 - ② ENERGIA CONSUMIDA POR EFECTO JOULE
 - ③ ENERGIA ALMACENADA EN EL CIRCUITO MAGNETICO
- ③: CICLO DE HISTERESIS:
 - INTEGRANDO EL CICLO VEMOS QUE SE ABSORBE UNA ENERGIA EQUIVALENTE AL AREA,
 - ENERGIA \Rightarrow CALOR \Rightarrow E PERDIDA:
 - $P_H = K_H \cdot f \cdot B_{max}^x$

2) PERDIDAS POR CORRIENTES PARASITAS O DE FOUCAULT:

- DEEFA: AL HABER FLUJO VARIABLE EN EL INTERIOR DEL CONDUCTOR SE INDUCIRÁN FUERZAS ELECTROMOTRICES Y ESTAS GENERAN CORRIENTES PARASITAS. (LENZ)
- \rightarrow JOULE: LAS CORRIENTES GENERAN PERDIDAS DE CALOR
- $P_F = K_F \cdot f^2 \cdot B_{max}^2$

3) SEPARACIÓN DE PERDIDAS

- PERDIDAS TOTALES SIEMPRE: $P_{Fe} = K_H \cdot f \cdot B_{max}^x + K_F \cdot f^2 \cdot B_{max}^2$
- TRES ENSAYOS, TRES INCOGNITAS, TRES ECUACIONES: K_H, K_F, x
- PUENTE DE EPSHEIM

4) REDUCCIÓN DE PERDIDAS



- COBLENVOI: PERDIDAS MAGNETICAS \downarrow \wedge RELUCTANCIA \downarrow
- 1) ACERO AL SILICIO DE GRANO ORIENTADO (Si %3)
 - ORIENTADO EN $\uparrow R$, CANALIZA EL Φ , DISMINUYE FUGAS.
 - \downarrow HISTERESIS, \downarrow FOUCAULT.
- 2) APLAMAMIENTO DE CHAPAS
 - \downarrow FOUCAULT

- AISLANTE ENTRE LAS CHAPAS: \emptyset SOLO CIRCUVA POR LA SECCION UTIL
 $B = \frac{\Phi}{F_e \cdot S_{\text{secc}}}$
 (PAPEL, BARNIZ, CARLITE)

TEMA 5:
RESOLUCIÓN DE
CIRCUITOS MAGNÉTICOS

1) HOMOGENEOS:

	DIRECTO	INVERSO
DATO	ϕ	$F_{inverso}$
INCOGNITA	$F_{inverso}$	ϕ
1. PASO	$B = \phi / S$	$H = F_{inverso} / L$
2. PASO	$B = \frac{GAFFE}{L} \cdot H$	$H = \frac{GAFFE}{L} \cdot B$
3. PASO	$F_{inverso} = H \cdot L$	$\phi = B \cdot S$

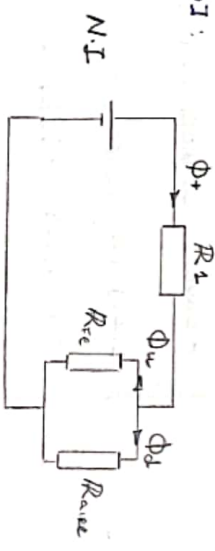
2) HETEROGENEOS:

	DIRECTO	INVERSO
DATO	ϕ	$F_{inverso}$
INCOGNITA	$F_{inverso}$	ϕ
PASO PREVIO	-	$\phi = \phi_{SURTOS}$
1. PASO	$B_i = \phi / S_i$ (i = 1, 2, ..., n)	
2. PASO	$B = \frac{GAFFE}{L} \cdot H$	
3. PASO	$F_{inverso} = \sum H_i \cdot L_i$	
PASO FINAL	-	$F_{inverso} \neq F_{dato}$ $F_{inverso} = F_{dato}$

$S = S_{tot} \cdot F_r$ ($F_r =$ Factor de reluctancia)

3) FLUJO DE FUGAS:

- EFECTO: PEQUEÑA CAMBIADA DE FLUJO QUE SE CIERRA EN EL AIRE. EN DC Y AC. << FLUJO DE DISPERSIONES
- ESIMIL ELECTRICOS:



4) COMPARACIÓN ELECTRICO / MAGNETICO:

- ANALOGIAS:

CIRCUITO ELECTRICO	CIRCUITO MAGNETICO
FUERZA ELECTROMOTRIZ	FUERZA MAGNETOMOTRIZ
INTENSIDAD	FLUJO
RESISTENCIA	RELUCTANCIA
RESISTIVIDAD	PERMEABILIDAD
CONDUCTIVIDAD	PERMEABILIDAD
LEY DE OHM	LEY DE HOPKINSON
LEY DE KIRCHHOFF	LEY DE AMPERE

- DIFERENCIAS:

CIRCUITO ELECTRICO	CIRCUITO MAGNETICO
LA INTENSIDAD SOLO POR CIRCUITO	FLUJO TAMBIEN POR EL AIRE
SECCION DE AIRE = CIRCUITO ABIERTO	SECCION DE AIRE = ENTREHIENOS NO INTERUMPE
CIRCUITACION SIEMPRE PRODUCE PERDIDAS	PERDIDAS SI EL FLUJO ES VARIABLE (AC)
R NO DEPENDE DE I	R DEPENDE DE phi

• [DEFI]: CAMPO MAGNETICO QUE SE DISTRIBUYE SINUSOIDALMENTE EN EL ESPACIO, $A = kI_e$, $\omega = k\Omega$

1) BOBINADOS MOVILES EN DC:

• [DEFI]: SE GENERA EN EL ROTOR DEL GENERADOR SINCRONO, CON LA BOBINA SE CREA EL CAMPO Y CON EL GIRO DEL ROTOR SE HACE ROTATIVO.

• CL POLOS: - $F_{m\omega}(t) = k I_{dc} \cos(p \cdot \theta_g)$ - Nº VUELTAS: $\theta_g' = 2\pi n \cdot t$

- Desplazamiento de $F_{m\omega}$: $\theta_{electrotor} = p \theta_{genera}$, $\theta_{genera} = 2\pi p n t = \omega \cdot t$

$F_{m\omega}(t) = k I_{dc} \cos(p \cdot \theta_g - \omega \cdot t)$

2) BOBINADOS FIJOS EN AC:

2.1.) MONOFASICOS CTMA DE LEBLANC:

- $F_{m\omega}(ct) = k i(ct) \cos(p \cdot \theta_g)$ $n \ i(ct) = I \sqrt{2} \cos(\omega t)$

- CTMA DE LEBLANC: DOS CAMPOS ROTATIVOS MAGNETICOS QUE GIRAN A LA MISMA VELOCIDAD PERO CON SENTIDOS OPUESTOS SON LA SUMA DE UNA ONDA PULSANTE. LA ONDA ES UN CAMPO MAGNETICO FIJO de $A \neq kI_e$.

$2 \text{ C.M.R.} = 1 \text{ C.M.P.}$

- [ABB]: ESTATOR DE LOS GENERADORES SINCRONOS MONOFASICOS

2.2.) TRIFASICOS CTMA DE FERRARIS

- $F_{m\omega}(ct) = k I \sqrt{2} \cos(\omega t) \cos(p \cdot \theta_g)$ $n \ i(ct) = I \sqrt{2} \cos(\omega t - \frac{2\pi}{3} \cdot n)$ ($n=0,1,2$)

- CTMA FERRARIS: SISTEMA POLIFASICO EQUILIBRADO DE $i(ct)$ APARECERA

$3 \text{ C.M.P.} = 1 \text{ C.M.R.}$

UN CAMPO MAGNETICO ROTATIVO QUE GIRO A LA VELOCIDAD DE SINCRONISMO n . 3 CAMPOS PULSANTES ($A \neq kI_e$) DAN UN CAMPO ROTATIVO ($A = kI_e$)

$n = \frac{60 \cdot f}{p}$ (rpm)

- [CABB]: ESTATOR DE UN GENERADOR SINCRONO TRIFASICO CONECTADO A CARGA EQUILIBRADA

CAPITULO 4: CONCEPTOS TEORICOS DE TRANSFORMADORES

1) GENERALIDADES:

DEFI: MÁQUINAS ENCARGADAS DE ADAPTAR LOS NIVELES DE TENSIÓN DEL S.E.P.

- PARTES ACTIVAS: CIRCUITO MAGNÉTICO Y CIRCUITO ELÉCTRICO (C.E.); 2 DEVANADOS; PRIMARIO Y SECUNDARIO, AT Y BT.
- SISTEMA DE ENTRADA/SALIDA: CONECTA C.E. CON LÍNEA ELÉCTRICA. SON LOS BORNES AT Y BT. (AT) $I_1 \phi$ y (BT) $I_2 \phi$
- SISTEMA DE REFRIGERACIÓN: PARA EVACUAR EL CALOR ORIGINADO POR LAS PERDIDAS. ACEITE MINERAL/ALESIAS / VENTILADORES
- SISTEMA DE PROTECCIÓN: PARA REFRIGERANTE; BARRIDO DE EXPANSIÓN, PROTECCIÓN ELÉCTRICA; TIERRA, PROTECCIÓN DIFERENCIAL.
- SISTEMA DE CONTROL: REGISTRO INFORMACIÓN Y REGULAR NIVEL DE ACEITE, TERMOMETRO, TENSIÓN

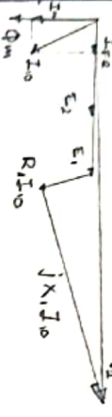
2) TRF. MNF. IDEAL EN VACÍO:

DEFI: SIN CARGA EN EL SECUNDARIO

- CONDICIONES:
- 1) B-H NO SATURADO
- 2) NO PERDIDAS DE HIERRO, NO HISTERESIS.
- 3) BOBINADOS $R=0$
- 4) NO HAY FLUJO DE DISPERSIÓN.

3) TRF. MNF. REAL EN VACÍO:

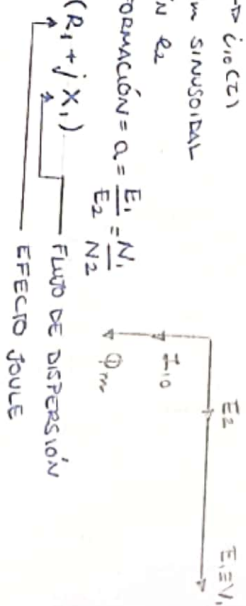
DEFI: SIN CONDICIONES



- FLUJO DE DISPERSIÓN: $\phi_1 = N_1 d(\psi_m + \psi_{d1})/dt$
- BOBINADOS $R \neq 0$: $\phi_1 - \phi_2 = R_1 I_1$
- HISTERESIS: $I_0 = I_m + I_{Fe}$ (MAGNETIZANTE, PERDIDAS)
- $V_1 \neq E_1$

• FUNCIONAMIENTO:

- $\phi_1(t) \rightarrow \psi_m(t) \rightarrow \psi_{d1}(t)$
- SI ϕ_1 SINUSOIDAL, ψ_m SINUSOIDAL
- FLUJO INDUCE TENSIÓN e_2
- RELACION DE TRANSFORMACIÓN $a = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$



4) TRF. MNF. REAL EN CARGA:

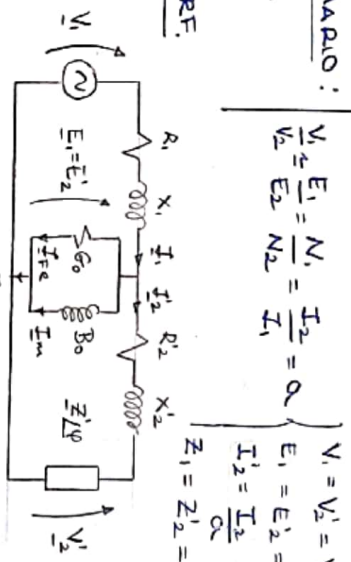
$$E_2 = V_2 + I_2(R_2 + jX_2)$$

- $\vec{N}_1 \psi_m \neq \vec{N}_2 \psi_m$ (CENTRADO MAGNÉTICO) / $\vec{N}_1 I_1 = \vec{N}_2 I_2$ / $\vec{N}_1 \phi_1 = \vec{N}_2 \phi_2$ / $\vec{N}_1 \psi_{d1} \neq \vec{N}_2 \psi_{d2}$
- $\frac{V_1}{V_2} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = a = \frac{I_2}{I_1}$ (SI $I_0 \ll I_1$) ($N_1 I_1 \approx N_2 I_2$)

5) REDUCCIÓN DE LOS VALORES DEL SECUNDARIO AL PRIMARIO:

DEFI: CAMBIO DE VARIABLE

6) CIRCUITO EQUIVALENTE DEL TRF.



$$V_1 = V_2' + V_1 \cdot a$$

$$E_1 = E_2' = E_2 \cdot a$$

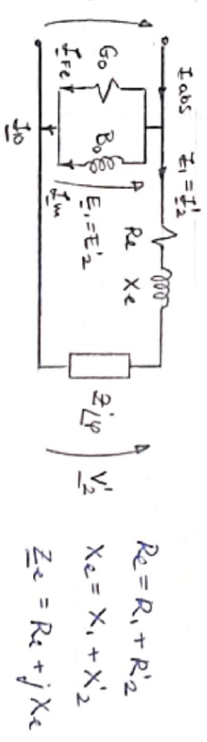
$$I_2' = \frac{I_2}{a} \propto I_1 - I_2' = I_0$$

$$Z_1 = Z_2' = Z_2 \cdot a^2$$

$$V_1 = V_2' + I_2'(R_1' + jX_1')$$

7) SIMPLIFICACIONES EN EL CIRCUITO:

- $I_0 \ll I_1 \Rightarrow I_1 \approx I_2$
- $I_1(R_1 + jX_1) \ll V_1 \Rightarrow V_1 \approx E_1$



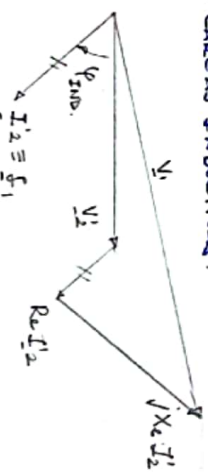
$$R_e = R_1 + R_2'$$

$$X_e = X_1 + X_2'$$

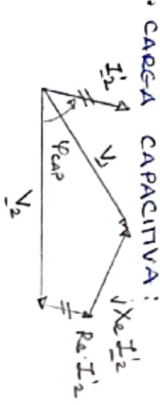
$$Z_e = R_e + jX_e$$

8) DIAGRAMA VECTORIAL:

CARGAS INDUCTIVAS:



CARGA CAPACITIVA:



a) AVANCE DE BOBINAS EN EL TRANSFORMADOR:

10) VALORES NOMINALES DE TRF:

· CAMBIO DE VARIABLE NO AFECTA ($P_2' = P_2$)

$$P_1 = P_2 + P_{j_1} + P_{j_2} + P_{Fe} \quad \wedge \quad Q_1 = Q_2 + Q_{x_1} + Q_{x_2} + Q_0$$

- CDEFJ: TENSION NOMINAL. LO QUE PUEDE SOPORTAR DURANTE UN TIEMPO INDEFINIDO.

EN CADA BOBINADO UN VALOR. LO DEFINEN LOS AISLANTES Y LA RESISTENCIA A ENTRAR EN SAT.

- CDEFJ: INTENSIDAD NOMINAL. LA DEFINEN LA SECCIÓN DE BOBINAS. CADA BOBINADO UN VALOR.

$$\frac{V_{1N}}{V_{2N}} = \frac{I_{2N}}{I_{1N}} = \alpha \quad \wedge \quad S_N = V_{1N} I_{1N} = V_{2N} I_{2N}$$

TENAZ:
FUNCIONAMIENTO DEL TRF. MONOFASICO

1) ENSAYO DE VACIO:
 • DEFJ: CONSEGUIR G_0 Y P_0

$$G_0 = \frac{W_0}{V_0^2}$$

$$B_0 = \sqrt{Y_0^2 - G_0^2}$$

• ENSAYO NOMINAL: - (V) = V_{IN} (A) = I_{I0} (W) = $W_{CI/N}$

- (VACIO): $R = P_{I2} = 0$
- $P_{I1} \ll P_{FE} \rightarrow (W) \approx P_{FE}$
- $(V) \approx E_1$ - $Y_0 = \frac{I_{I0}}{V_{I0}}$

2) ENSAYO DE CORTOCIRCUITO:

• DEFJ: CONSEGUIR R_2, X_2

3) COEFICIENTES DE ARNOLD:

• DEFJ: COEFICIENTES CAIDA DE TENSION

$$R_e = \frac{V_{Icc}}{I_{I,cc}^2}$$

$$X_e = \sqrt{Z_e^2 - R_e^2}$$

• ENSAYO NOMINAL: - (A) = I_{IN} (V) $\ll V_{IN}$ (W) = W_{IN}

- (CORTO) $P_2 = 0$
- $P_{FE} = f(V)$
- (W) $\approx P_{I1} + P_{I2}$ - $Z_e = \frac{V_{Icc}}{I_{I,cc}}$

$$U_R = R_e \cdot I_{I,N} \cdot 100 \quad U_X = X_e \cdot I_{I,N} \cdot 100$$

$$U_2 = \sqrt{U_R^2 + U_X^2} = \frac{V_{Icc}}{V_{IN}} \cdot 100 \quad \text{(IMPEDANCIA)}$$

- DEFJ: $u = (|V_{IN}| - |V_2|) / |V_{IN}| \cdot 100$ ADD: $V_2 = V_{IN} \left(1 - \frac{u}{100}\right)$
- METODO GRAFICO DE KAPP:
- METODO ANALITICO DE ARNOLD:

5) RENDIMIENTO DE UN TRF.:

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} = \frac{P_2}{P_2 + P_{Fe} + P_{Cu}}$$

$$\eta_{max} = \frac{\cos \varphi}{\cos \varphi + 2 \sqrt{w_0 w_j}} \quad (\cos \varphi \uparrow, \eta_{max} \uparrow)$$

• $V_1 = kR_e$:
 $f \downarrow \left\{ \begin{array}{l} P_{Fe} \uparrow \Rightarrow I_{Fe} \uparrow \\ \Phi_0 \uparrow \Rightarrow I_{w} \uparrow \end{array} \right. \Rightarrow I_{I0} \uparrow$

$f \uparrow \left\{ \begin{array}{l} P_{Fe} \downarrow \Rightarrow I_{Fe} \downarrow \\ \Phi_0 \downarrow \Rightarrow I_{w} \downarrow \end{array} \right. \Rightarrow I_{I0} \downarrow$

• $f = kR_e$:
 $V_1 > V_{IN} \Rightarrow \Phi_0 \uparrow \rightarrow P_{Fe} \uparrow \rightarrow I_{I0} \uparrow$
 MAS CAIDA DE $V_2 \rightarrow f \uparrow \rightarrow X_e \uparrow \rightarrow U_R \uparrow \Rightarrow U \uparrow$

ENSAYO EN AT
 ENSAYO EN BT \rightarrow EN LA INDUSTRIA

• ACCIDENTE \rightarrow ENSAYO:

$$Z_e = \frac{V_{Icc}}{I_{I,N}} \quad Z_e = \frac{V_{IN}}{I_{I,accid.}}$$

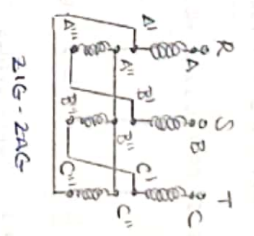
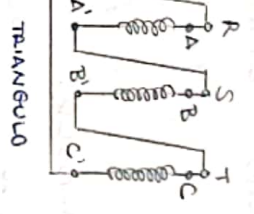
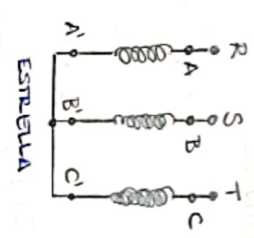
$$I_{I,acc} = \frac{V_{IN}}{V_{I,cc}} I_{I,N} \Rightarrow \frac{I_{I,cc}}{I_{I,accid.}} \gg I_{I,N}$$

1) TIPOS DE TRANSFORMACIÓN TRIFÁSICA

- 3 NUCLEOS MAGNETICOS:
 - 12 BORNAS EXTERIORES DE MATERIAL AISLANTE (CÉL)
 - FACIL PARA BUSCAR REVESTIDO
- 1 NUCLEO MAGNETICO:
 - 1 sola carcasa de hierro
 - 6/8 BORNAS
 - DIFICIL PARA BUSCAR REVESTIDO.
- 3 CARCASAS DE HIERRO
 - 12 BORNAS EXTERIORES DE MATERIAL AISLANTE (CÉL)

2) TIPOS DE CONEXIONES DEL PRIMARIO Y EL SECUNDARIO:

- Y) $U = \sqrt{3} V$ $I_{L1} = I_{FA}$
- D) $U = V$ $I_{L1} = \sqrt{3} I_{FA}$



3) RELACION DE TRANSFORMACIÓN

• EFECT: POR CADA COLUMNA UN FLUJO QUE ATRAÑE AL PRIMARIO Y AL SECUNDARIO. MISMO FLUJO, V_{A1} (PRIMARIO) Y V_{C2} (SECUNDARIO) EN FASE.

• TENSIONES DE FASE:

$$\frac{V_{A1}}{V_{C2}} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

• TENSIONES COMPUESTAS:

$$\frac{U_{I\text{II}}}{U_{I2}} \neq \frac{N_1}{N_2}$$

• RELACION DE TRANSFORMACION VARIA SEGUN LA CONEXION

$$R_T = \frac{U_{I\text{II}}}{U_{I2}}$$
 NO EN FASE

4) GRUPOS DE CONEXION:

• INDICE HORARIO (IH): EL DESFASE ENTRE LAS TENSIONES COMPUESTAS DEL PRIMARIO Y SECUNDARIO.
 - SEGUIN EL ORDEN DE CONEXION EN BORNAS, CUERPOS IH'S COINCIDEN EN EL SISTEMA FINAL.

$$I_H = \frac{\alpha}{30^\circ}$$

- GRUPO: 0 / 4 / 8 (CA)
- GRUPO: 6 / 10 / 2 (CB)
- GRUPO: 5 / 9 / 4 (CC)
- GRUPO: 11 / 3 / 7 (CD)

• CALCULAR I_H Y R_T : 1) TENSIONES COMPUESTAS PRIMARIO

- 2) TENSIONES POR FASE DEL PRIMARIO EN FUNCION DE LAS COMPUESTAS.
- 3) TENSIONES POR FASE DEL SECUNDARIO, RELACION N_1/N_2 , EN FASE.
- 4) TENSIONES COMPUESTAS SECUNDARIO. KIRCHHOFF.
- 5) I_H Y R_T

RT DE LOS DISTINTOS GRUPOS:

- GRUPO A ($I_H = 0$)
 - 1) D-d $R_T = N_1/N_2$
 - 2) Y-y $R_T = N_1/N_2$
 - 3) D-z $R_T = \frac{2}{3} \frac{N_1}{N_2}$
- GRUPO B ($I_H = 6$)
 - 1) D-p $R_T = N_1/N_2$
 - 2) Y-y $R_T = N_1/N_2$
 - 3) D-z $R_T = \frac{2}{3} \frac{N_1}{N_2}$
- GRUPO C ($I_H = 5$)
 - 1) D-x $R_T = \frac{N_1}{\sqrt{3}N_2}$
 - 2) Y-y $R_T = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{N_1}{N_2}$
 - 3) Y-z $R_T = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{N_1}{N_2}$
- GRUPO D ($I_H = 11$)
 - 1) D-y $R_T = N_1/\sqrt{3}N_2$
 - 2) Y-d $R_T = \frac{\sqrt{3}N_1}{N_2}$
 - 3) Y-z $R_T = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{N_1}{N_2}$

6) COMPORTAMIENTO DE LA TRANSFORMACIÓN FÍSICA ANTE CARGAS ASIMÉTRICAS

- 1) $V_{\text{NOMINAL}} + \text{VACIO} \rightarrow I_{10}$
- 2) $V_{\text{NOMINAL}} + \text{CARGA} \rightarrow I_1 > I_{10}$
- 3) $V_i + \text{VACIO} \rightarrow I_{10} \neq I_{10}$

CONCLUSIÓN: CAMBIA LA CARGA O LA TENSIÓN DE ENTRADA ALTERA LA INTENSIDAD EN EL PRIMARIO.

7) CIRCUITO ELECTRICO EQUIVALENTE MONOFASICO:

- 1) SEGUN LA CONEXIÓN EXISTENTE EN CADA LADO:
 - VALORES REALES DE TENSIÓN E INTENSIDAD QUE AFECTAN A LOS SOBINAADOS
 - CIRCUITO EQUIVALENTE SEGUN EL LADO AT O BT.

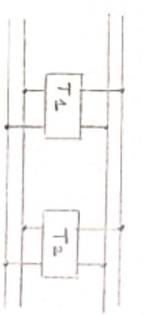
- 2) HIPÓTESIS DE ESTRELLA EQUIVALENTE:
 - $V_1 = U$
 - $I_1 = \frac{I_{\text{LINEA}}}{\sqrt{3}}$
 - $P = \frac{P_{\text{TAI}}}{3}$

$V_1 = U/\sqrt{3}$ $I_1 = I_{\text{LINEA}}$ $P = \frac{P_{\text{TAI}}}{3}$

TEMA 4:
ACOPLAMIENTO
EN PARALELO
DE TRANSFORMADORES

1) CARACTERÍSTICAS GENERALES:

- AUMENTAR LA POTENCIA EN LA TRANSFORMACIÓN
- ÚTL CON MONOFÁSICOS Y TRIFÁSICOS.
- CUANDO EXISTE UNA ÚNICA RED PRIMARIA Y SECUNDARIA.



2) CONDICIONES DE ACOPLAMIENTO MONOFÁSICOS

3) CONDICIONES DE ACOPLAMIENTO TRIFÁSICOS

- 0) $RT_1 = RT_2 = \dots$ • R) $V_{N1} = V_{N2} = \dots$
- 0) CONECTADOS CON LA POLARIDAD CORRECTA • R) $U_{E1} = U_{E2} = \dots$ $\Rightarrow I_{C1} = I_{C2} = \dots$ (DIVISIÓN CC) (MISMO CARGA)
- R) $(U_{E1}/U_{N1})_1 = (U_{E2}/U_{N2})_2 = \dots$ $\Rightarrow \psi_{E1} = \psi_{E2} = \dots$ $\Rightarrow I_{C1} \parallel I_{C2}$ EN FASE EN FASE
- 4) 0) T_1, T_2, \dots MISMO DESFASE; • $I_{H1} = I_{H2}$
- GRUPO 1 = GRUPO 2
- 2) 0) POLARIDAD CORRECTA ($\psi_1 \rightarrow \psi_2 \rightarrow$) DESFASE EN LA MISMA DIRECCIÓN
- 3) 0) $RT_1 = RT_2 = \dots$ ADB: $\frac{14000}{1000} \rightarrow \frac{22000}{800} \rightarrow \frac{5500}{200} \times$ \leftarrow ERROR LITÉRTICE
- 4) R) $U_{E1} = U_{E2} = \dots$
- 5) R) $(U_{E1}/U_{N1})_1 = (U_{E2}/U_{N2})_2 = \dots$

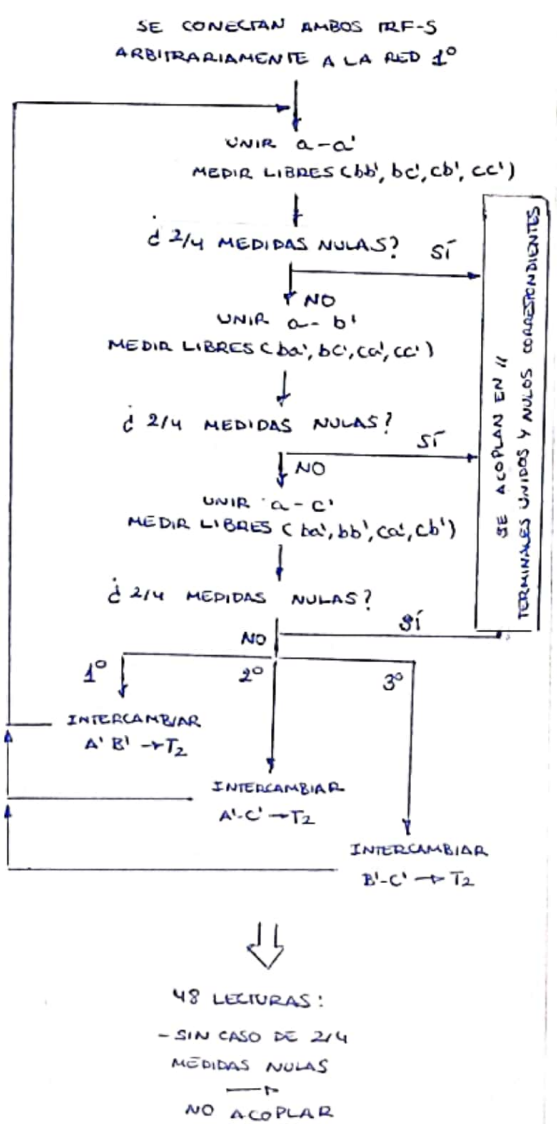
① MISMO IH: T_1 y T_2 SE CONECTAN IGUAL

② DISTINTO IH: MISMO GRUPO: SE INTERCAMBIAN BORNES

2.2.) DISTINTO GRUPO: - DESFASE 180° (A-B y C-D) - E-D: CAMBIO DE BORNES

	I, II, III	1, 2, 3
D	A B C	a b c
C	A C B	c b a
C	C B A	b a c
C	B A C	a c b

4) ACERDO PRACTICO PARA ACOPLAMIENTO EN PARALELO:



5) REPARTO DE POTENCIAS EN EL ACOPLAMIENTO:

1) $U_{ZA} = U_{ZB}$: $i_A U_{ZA} = i_B U_{ZB}$ [$(U_A/U_A)_A = (U_B/U_A)_B$ SE SUPONE]

2) $U_{ZA} \neq U_{ZB}$: $S_{NG} = S_{NA} + S_{NB}$

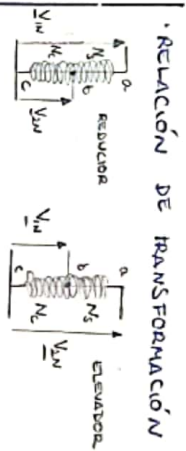
• $U_{ZE} = \frac{S_{NG}}$

$\frac{S_{NA}}{U_{ZA}} + \frac{S_{NB}}{U_{ZB}} + \dots$

• $S_A = \frac{S_E}{S_{NG}} \cdot S_{NA} \cdot U_{ZC}$

1) ASPECTOS GENERALES

- MISMA FUNCIÓN QUE TRANSFORMADORES
- FOCAL DIFERENCIA ENTRE AT Y BT
- TANTO MONOFÁSICOS COMO TRIFÁSICOS (SOLO ESTUDIAREMOS MONOFÁSICOS)
- MISMOS ELEMENTOS QUE LOS TRANSFORMADORES, DISTINTO CIRCUITO ELÉCTRICO.

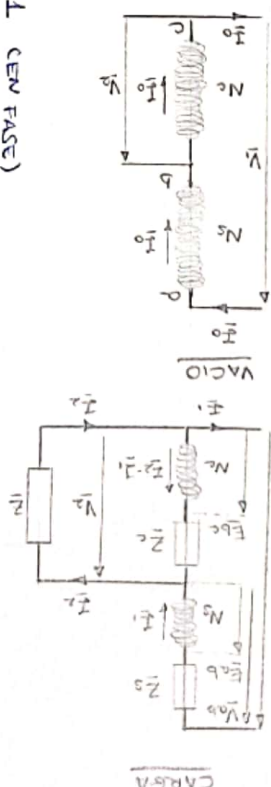


- RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN:
 - REDUCTORES ($V_{2N} < V_{1N}$)
 - ELEVADORES ($V_{2N} > V_{1N}$)
 - RT FIJA ($V_{1N}/V_{2N} = k_{RT}$)
 - RT VARIABLE ($V_{1N} \neq k_{RT}$ o $V_{2N} \neq k_{RT}$)

$$a_a = \frac{N_2 + N_c}{N_c} > 1 \quad \text{REDUCTORES}$$

$$a_a = \frac{N_c}{N_2 + N_c} < 1 \quad \text{ELEVADORES}$$

- ESTUDIO EN VACÍO:
 - $\frac{V_1}{V_2} \approx \frac{E_1}{E_2} = a_a$
- ESTUDIO EN CARGA:
 - $I_1 = \frac{I_2}{a_a} + I_0$
 - $\frac{E_{ab}}{E_{bc}} = \frac{N_2}{N_1} + 1 - L = a_a - 1$ (EN FASE)



CARGA

TEMA 5. AUTOTRANSFORMADORES

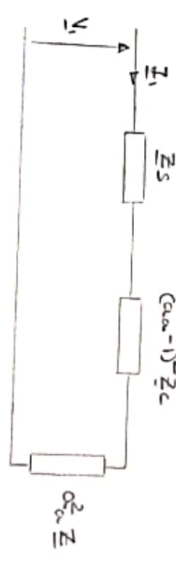
- EFECTOS: UN ABILAMIENTO SIGUE DE PRIMARIO Y SECUNDARIO CUYA AT ≤ 1 .

3) POTENCIA TRANSMITIDA INDUCIDA Y CONDUCTIVAMENTE ENTRE PRIMARIO Y SECUNDARIO

- CASO: DESPARECIENDO PERDIDAS $S_1 = S_2 = S$

4) CIRCUITO EQUIVALENTE:

- $Z_c = R_c + jX_c = Z_s + (a_a - 1)^2 Z_c$
- $U_{2c} = \frac{I_{1N} \cdot Z_c}{V_{1N}} \cdot 100$
- $U_{2a} = \frac{I_{1N} \cdot R_c}{V_{1N}} \cdot 100$ • $U_{2x} = \frac{I_{1N} \cdot X_c}{V_{1N}} \cdot 100$



5) COMPARACIÓN ENTRE AUTOTRANSFORMADOR Y TRANSFORMADO E.

- TRANSMISION CONDUCTIVA DE POTENCIA
- MENOR N° DE ESPIRAS
- MENOR FLUJO DE FUERAS
- MENOR SECCIÓN DE LAS ESPIRAS DEL BOBINADO COMÚN
- PERDIDAS \downarrow Z_c
- MENOR CAIDA DE TENSIÓN INTERNA
- $U_{2a} < U_{2c}$

- INCONVENIENTES:
 - $I_{cc} > I_{ccT} \rightarrow Z_{ca} < Z_{cT}$
 - $RT \geq 1$