Máquinas Eléctricas

Tema 2. Transformadores

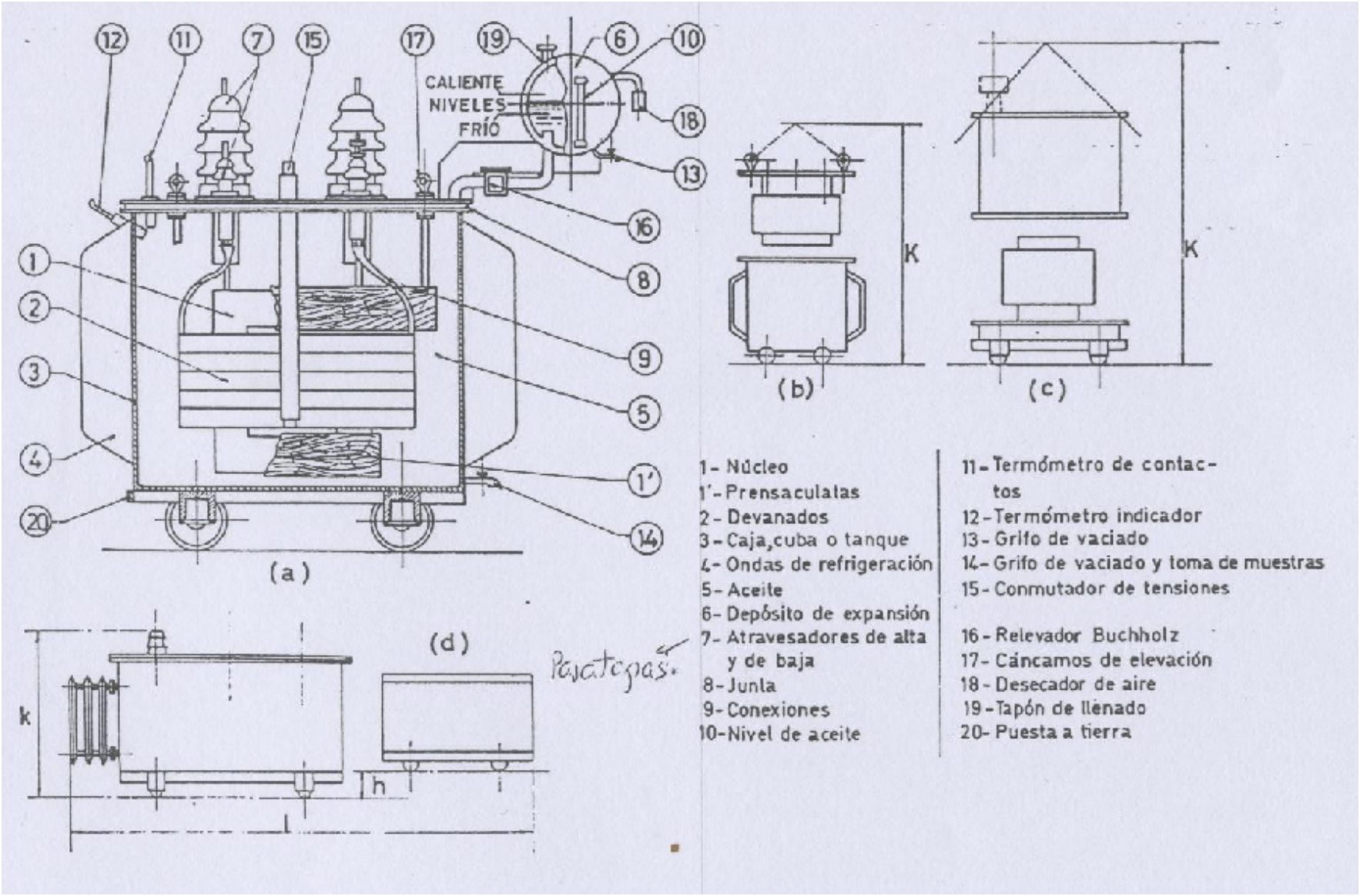
José Ramón Landeras Díaz

DPTO. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA

Este tema se publica bajo Licencia:
Creative Commons BY-NC-SA 3.0

Fig. 5: Transformadores en baño de aceite

1: Depósito de expansión; *2: Tapón de llenado*
3: Nivel de aceite *4: Cuba del transformador*
5: Radiadores *6: Pasatapas de A.T.*
7: Ventiladores para enviar aire hacia los radiadores


12
11
7
15
17
19
6
10
CALIENTE
NIVELES
FRIÓ
18
13
16
8
9
5
1'
14
1
2
3
4
20
(a)
(b)
K
(c)
K
(d)
k
h
l
Pasatapas.
1- Núcleo
1'- Prensaculatas
2- Devanados
3- Caja, cuba o tanque
4- Ondas de refrigeración
5- Aceite
6- Depósito de expansión
7- Atravesadores de alta y de baja
8- Junta
9- Conexiones
10- Nivel de aceite
11- Termómetro de contactos
12- Termómetro indicador
13- Grifo de vaciado
14- Grifo de vaciado y toma de muestras
15- Conmutador de tensiones
16- Relevador Buchholz
17- Cáncamos de elevación
18- Desecador de aire
19- Tapón de llenado
20- Puesta a tierra

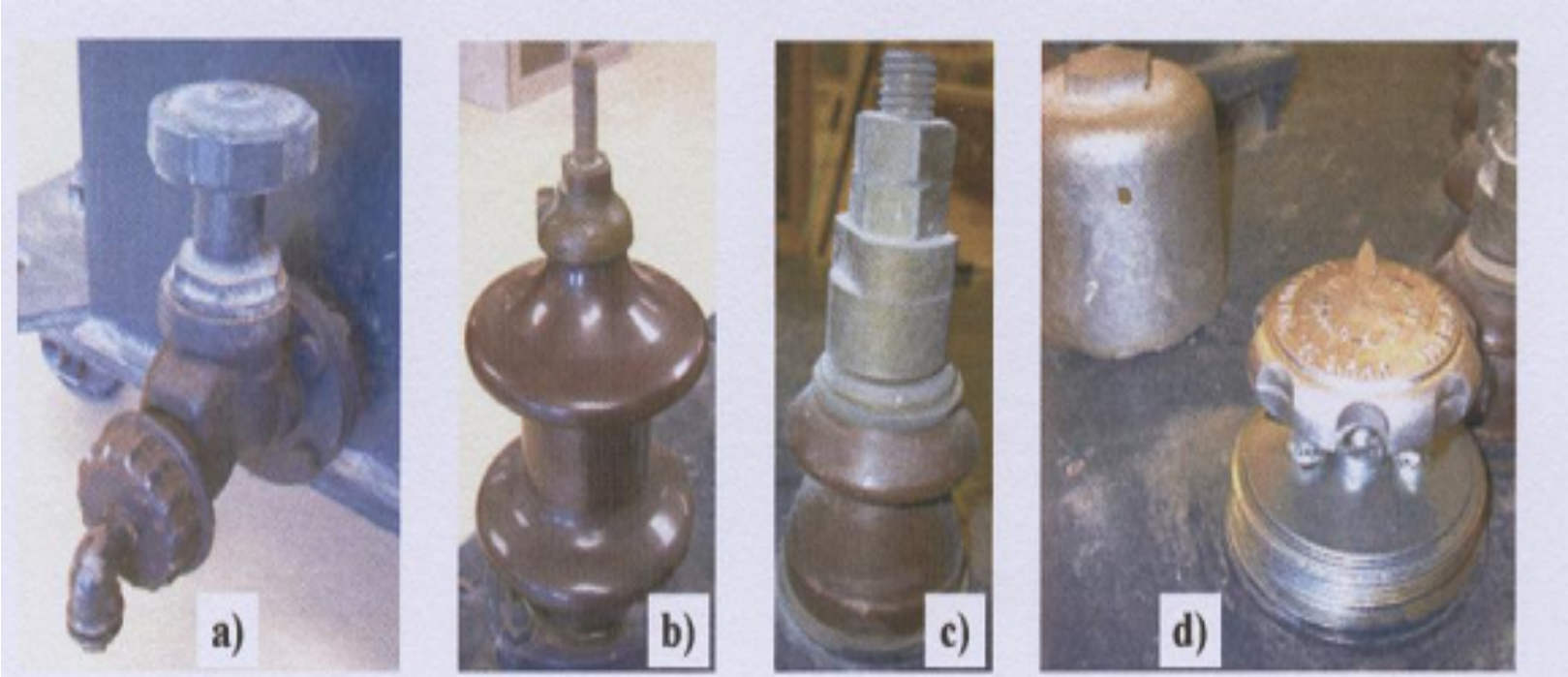
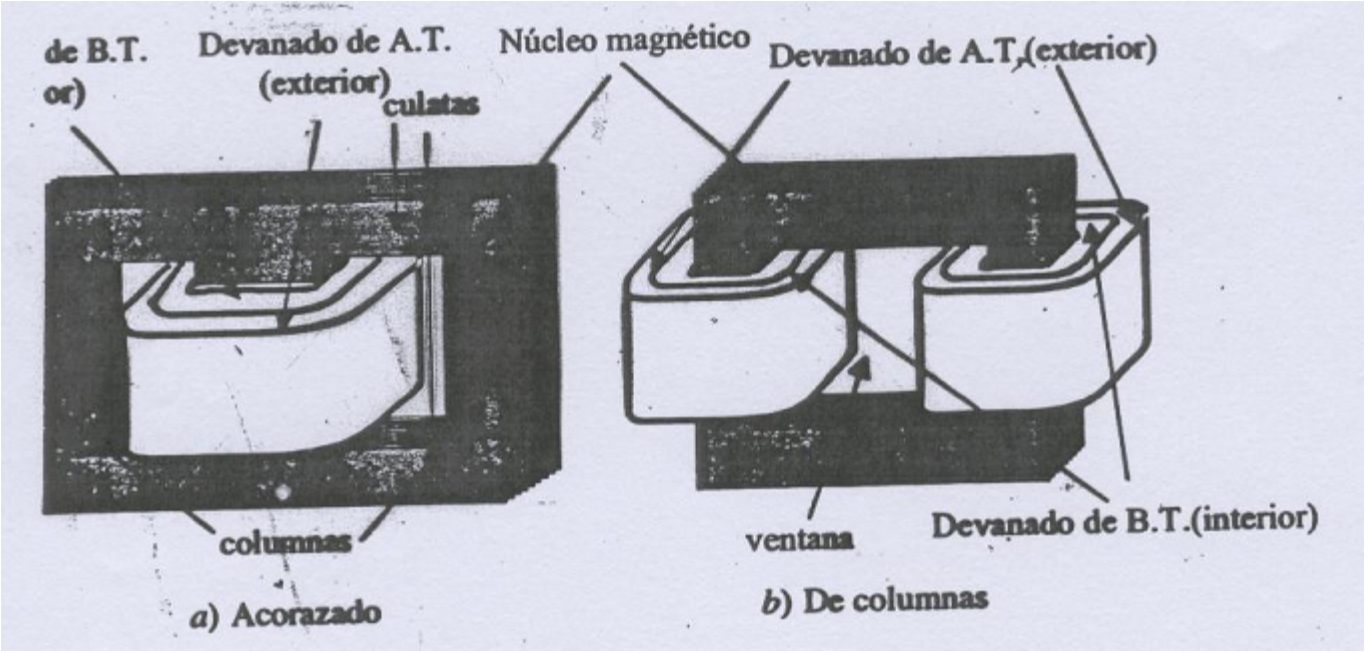
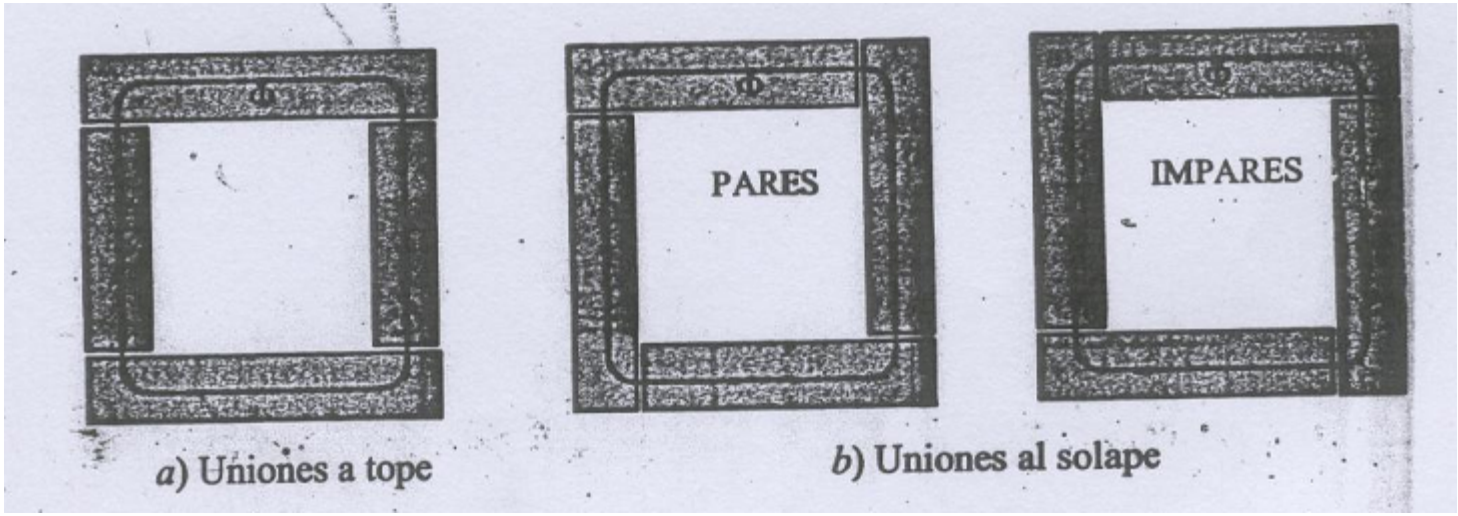
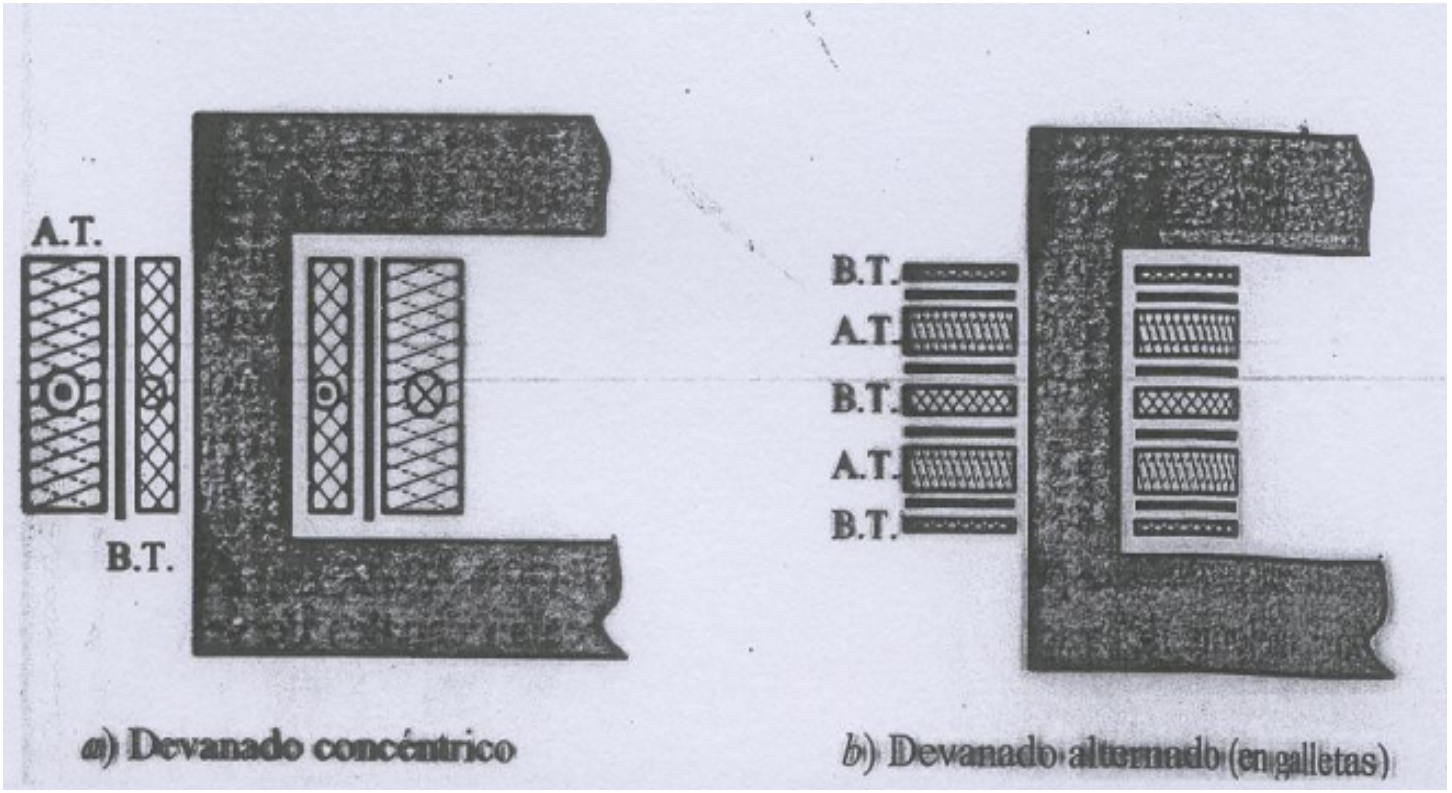
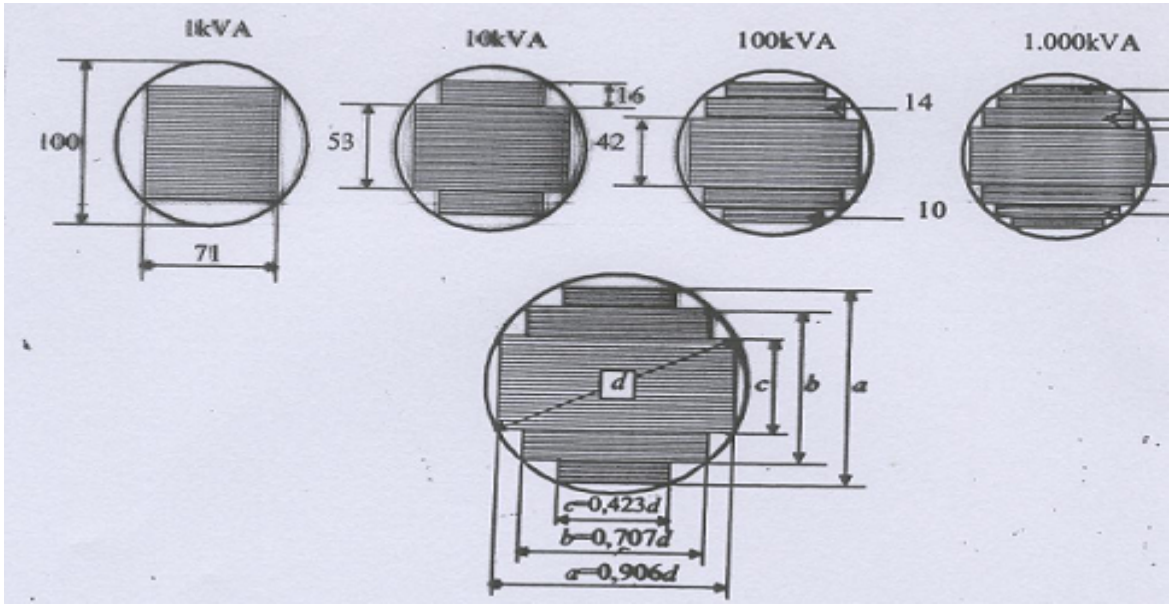


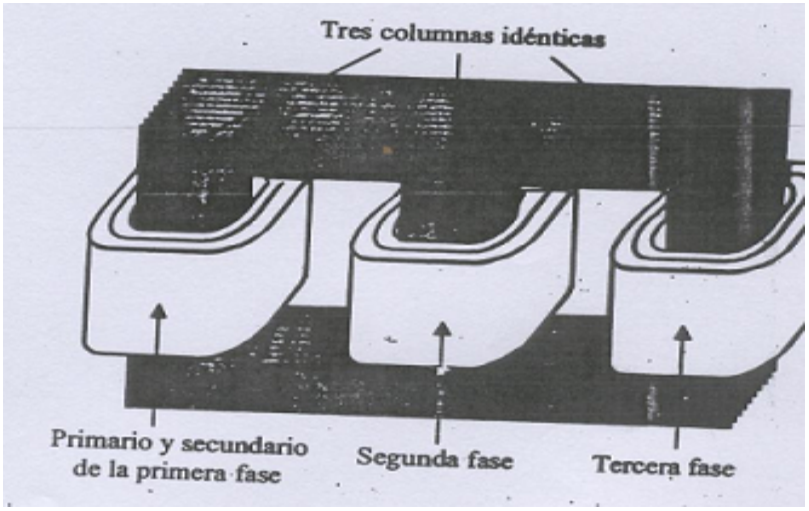
Fig. 6: Elementos de un transformador en baño de aceite:
a) Grifo de vaciado *b) Aislador pasatapas de A.T.*
c) Aislador pasatapas de B.T. *d) Mando del conmutador de tensiones*

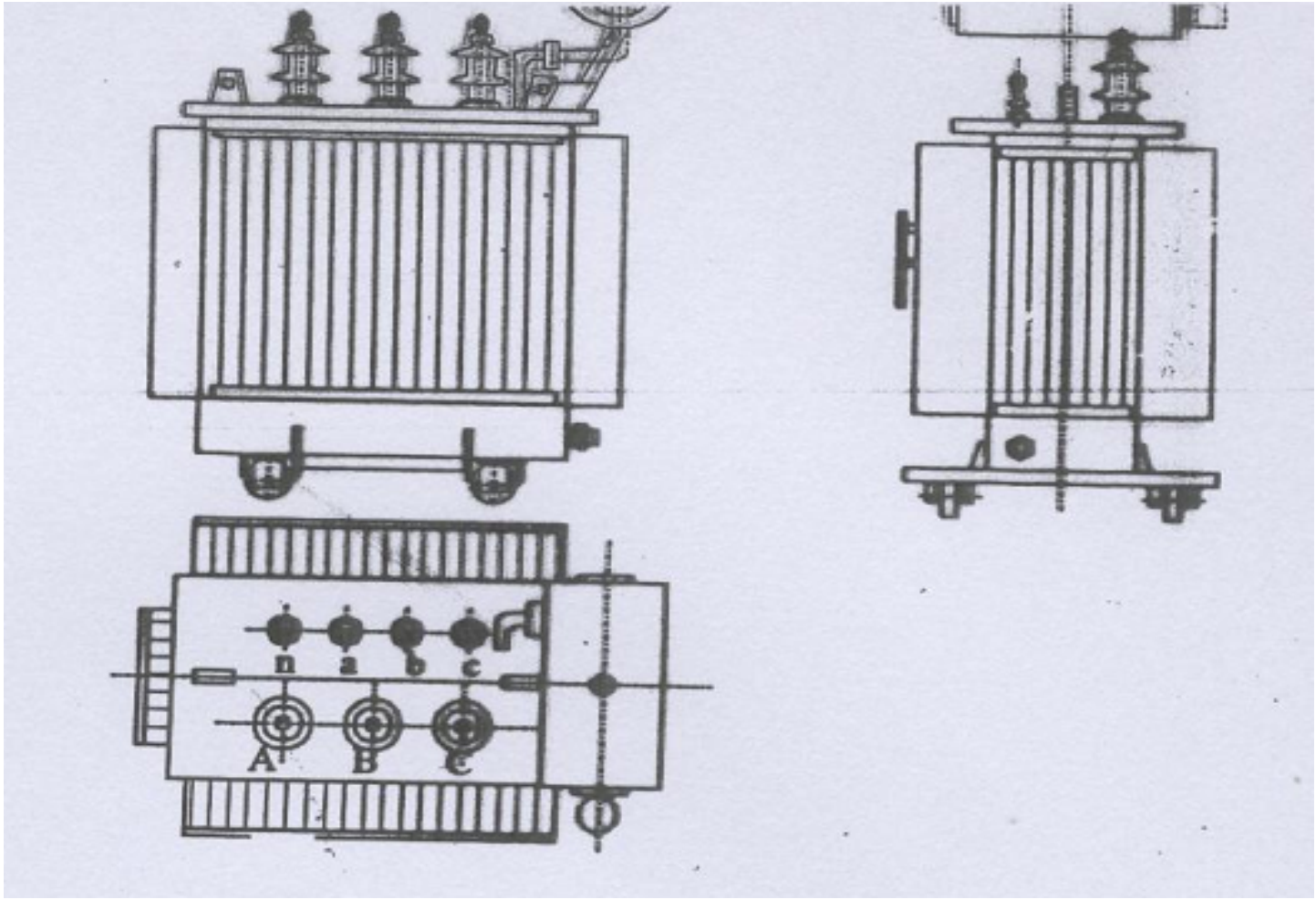

de B.T.
or)
Devanado de A.T.
(exterior)
culatas
Núcleo magnético
Devanado de A.T.(exterior)
columnas
ventana
Devanado de B.T.(interior)
a) Acorazado
b) De columnas

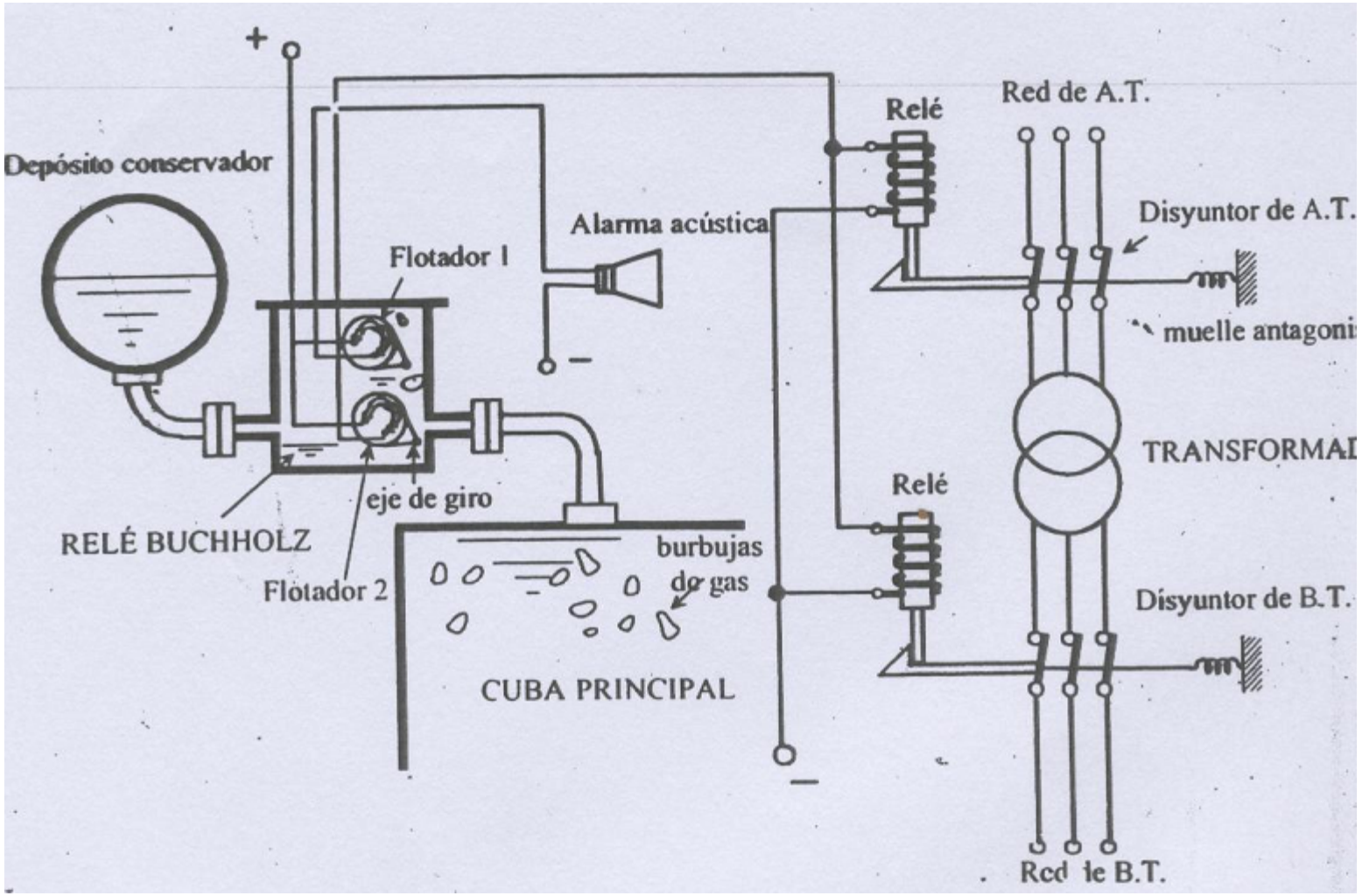

PARES
IMPARES
a) Uniones a tope
b) Uniones al solape

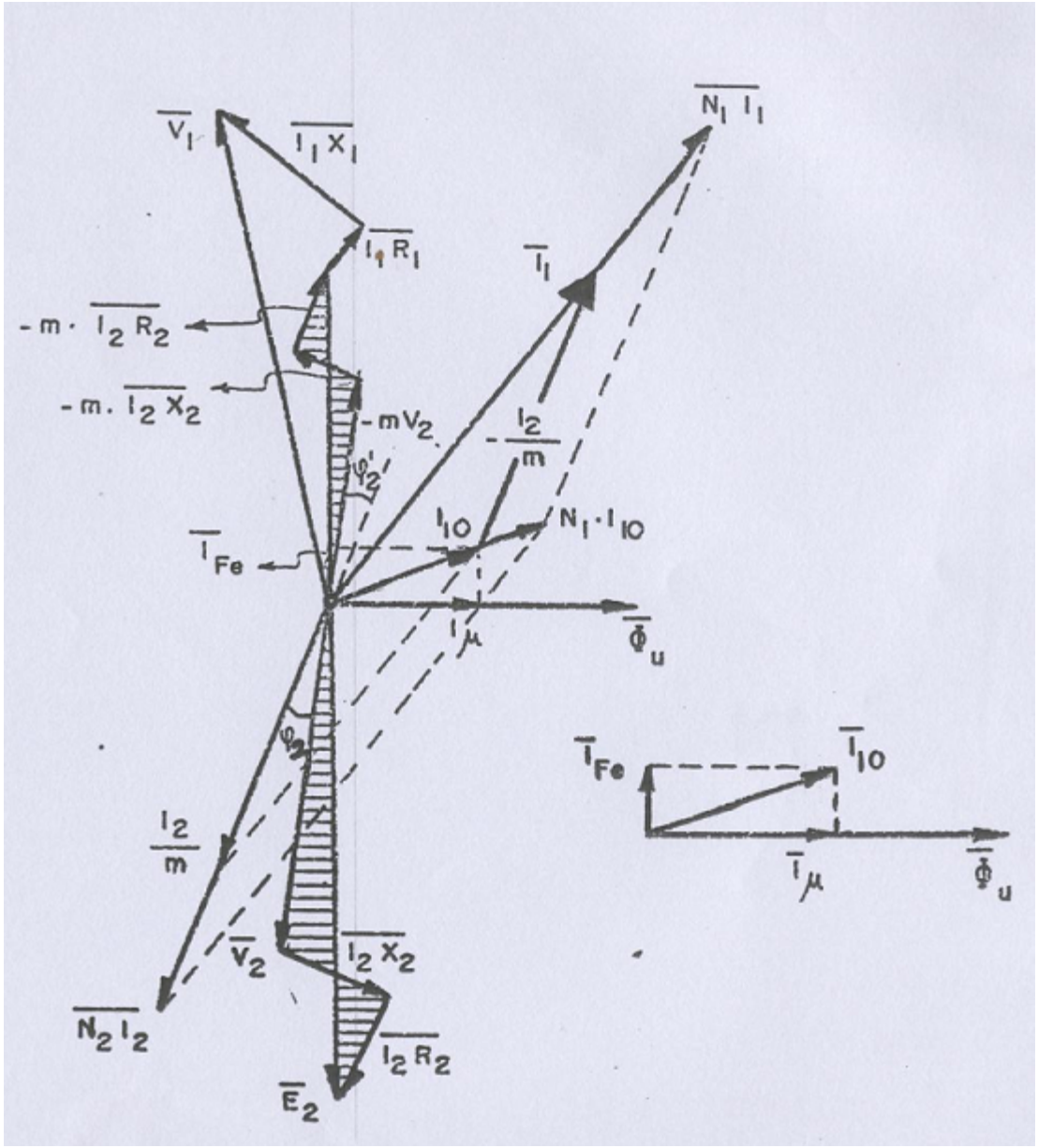

A.T.
B.T.
a) Devanado concéntrico
B.T.
A.T.
B.T.
A.T.
B.T.
b) Devanado alternado (en galletas)


1kVA
10kVA
100kVA
1.000kVA
100
71
53
16
42
14
10
d
c
b
a
c=0,423d
b=0,707d
a=0,906d


Tres columnas idénticas
Primario y secundario de la primera fase
Segunda fase
Tercera fase


n
a
b
c
A
B
C


+
Depósito conservador
Alarma acústica
Flotador 1
Relé
Red de A.T.
Disyuntor de A.T.
muelle antagoni
TRANSFORMAD
Relé
RELÉ BUCHHOLZ
eje de giro
Flotador 2
burbujas
de gas
CUBA PRINCIPAL
Disyuntor de B.T.
Red de B.T.
–
–


$\overline{V_1}$
$\overline{I_1 X_1}$
$\overline{I_1 R_1}$
$\overline{N_1 I_1}$
$\overline{I_1}$
$-m \cdot \overline{I_2 R_2}$
$-m \cdot \overline{I_2 X_2}$
$-mV_2$
$-\frac{I_2}{m}$
φ_2'
I_{10}
$N_1 \cdot I_{10}$
$\overline{I_{Fe}}$
I_μ
$\overline{\Phi_u}$
φ_2
$\frac{I_2}{m}$
$\overline{V_2}$
$\overline{I_2 X_2}$
$\overline{N_2 I_2}$
$\overline{I_2 R_2}$
$\overline{E_2}$
$\overline{I_{Fe}}$
$\overline{I_{10}}$
$\overline{I_\mu}$
$\overline{\Phi_u}$

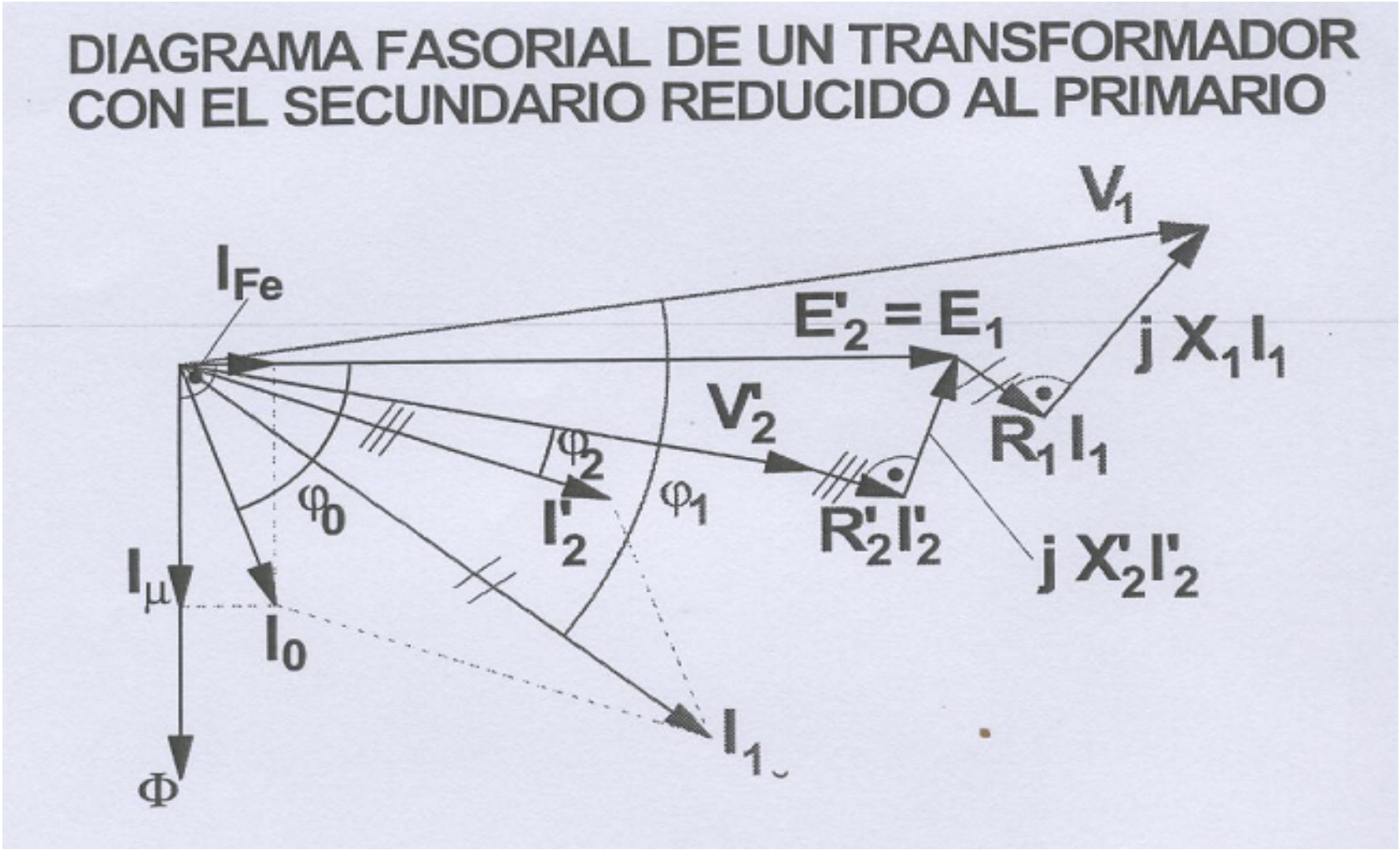
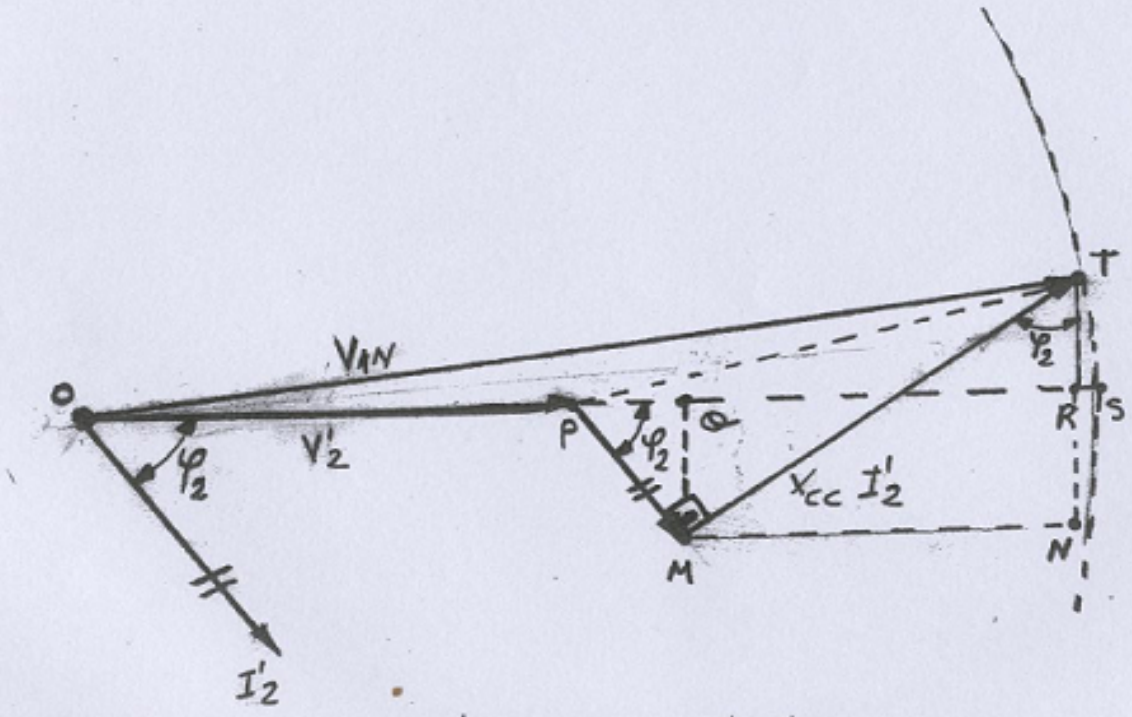


DIAGRAMA FASORIAL DE UN TRANSFORMADOR
CON EL SECUNDARIO REDUCIDO AL PRIMARIO
V1
IFe
E'2 = E1
j X1 I1
V'2
φ2
R1 I1
φ0
φ1
I'2
R'2 I'2
j X'2 I'2
Iμ
I0
I1
Φ

CAIDA DE TENSION EN UN TRANSFORMADOR

REGULACION

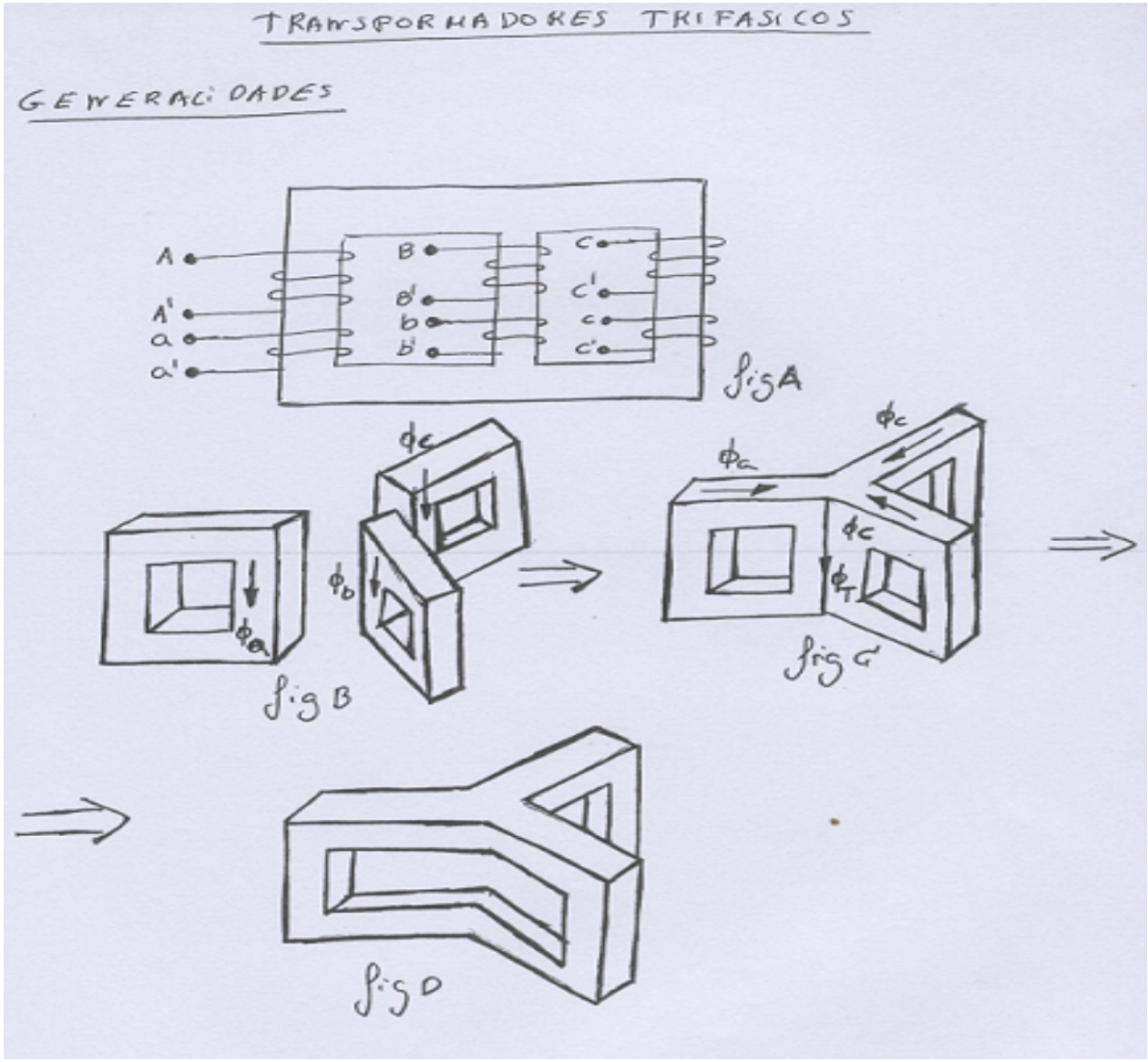


$$V_{1N} - V'_2 = |OS| - |OP| = |PS| \cong |PR|$$

$$|PR| = |PQ| + |QR| = |PQ| + |HN|$$

$$|PR| = R_{cc}\, I'_2 \cos\varphi_2 + X_{cc}\, I'_2 \operatorname{sen}\varphi_2$$

$$V_{1N} - V'_2 = R_{cc}\, I'_2 \cos\varphi_2 + X_{cc}\, I'_2 \operatorname{sen}\varphi_2$$


TRANSFORMADORES TRIFASICOS
GENERALIDADES
A
A'
a
a'
B
B'
b
b'
C
C'
c
c'
fig A
fig B
fig C
fig D

Transformadores trifásicos

Conexion

La conexión interna de un transformador se caracteriza:

a) Según VDE por una letra mayúscula A, B, C o D seguida de una cifra 1, 2 o 3.

b) Según IEC por una letra mayúscula (D = triángulo, Y = estrella o Z = Zig-zag) para el devanado de tensión superior, otra minúscula, de igual significado, para el de tensión inferior y un número tomado de una esfera horaria en la que la cifra 12 está sustituida por O. Este número denota la diferencia de fase entre dos vectores correspondientes de la tensión superior e inferior, colocándose siempre el vector V de la tensión superior de modo que coincida con el O de la esfera.

Ejemplo:

D y 5 significa = triángulo en alta, estrella en baja y una diferencia de fase de 150°, ya que coincidiendo el vector V con el O, el vector V coincide con cifra 5 y la distancia entre dos cifras de la esfera corresponde a un ángulo de 30°.

Tabla de conexiones véase pág. 55.

Acoplamiento en paralelo

Transformadores trifásicos pueden trabajar en paralelo cuando son del mismo grupo de conexión (igual letra mayúscula en la designación VDE, igual cifra final en la de IEC) y tienen iguales la relación de transformación en vacío y la tensión de cortocircuito. Sin embargo, también pueden trabajar en paralelo transformadores del grupo C (VDE) o terminados en 5 (IEC) con los del grupo D o terminados en 11, siempre que dejando invariables en los transformadores del grupo C o terminados en 5 los empalmes entre fases y bornes, efectuados por orden alfabético, es decir, R con U, S con V y T con W, así como,

r con u, s con v y t con w, se permuten dichos empalmes en los transformadores grupo D o terminados en 11, según alguna de las combinaciones que siguen, la primera de las cuales es R con U, S con W y T con V, así como r con w, s con v y t con u.

	Lado alta	Lado baja
Fases	R S T	r s t
C_1 (D y 5) C_2 (Y d 5) C_3 (Y z 5)	U V W	u v w
D (D y 11) D_0 (Y d 11) D_0 (Y z 11)	U W V	u w v
o bien	W V U	w v u
o bien	V U W	v u w

Rendimiento de transformadores

Conociéndose para un transformador las pérdidas en el cobre a plena carga y las pérdidas en el hierro, o sea en vacío, el rendimiento correspondiente se calcula a base de la siguiente fórmula:

$$\eta \text{ en } \% = 100 - \frac{100\ (\text{pérdidas en el cobre + las en vacío en kW})}{\text{Potencia en kW + (pérdidas en el cobre y las en vacío en kW)}}$$

Ejemplo:

Para el cálculo del rendimiento a 3/4 de carga y cos φ = 0,8 de un transformador de 750 KVA, cuyas pérdidas en el cobre son de 10,5 kW y en el hierro de 3,8 kW, hay que proceder de la siguiente manera:

Potencia en kW $750 \cdot 3/4 \cdot 0{,}8 = 450$ kW

Pérdida en vacío . . . . . = 3,8 kW

Pérdidas en el cobre $= 10{,}5 \cdot \left(\frac{3}{4}\right)^2 \ldots = 5{,}9$ kW

$$\eta = 100 - \frac{100\ (5{,}9 + 3{,}8)}{450 + (5{,}9 + 3{,}8)} = 97{,}80\ \%$$

Conexiones para transformadores trifásicos

Designación con según VDE	Esquema vectorial: Tensión superior	Esquema vectorial: Tensión inferior	Esquema de conexión: Tensión superior	Esquema de conexión: Tensión inferior	Designación según IEC
A 1					D d 0
A 2					Y y 0
A 3					D z 0
B 1					D d 6
B 2					Y y 6
B 3					D z 6
C 1					D y 5
C 2					Y d 5
C 3					Y z 5
D 1					D y n
D 2					Y d n
D 3					Y z n