



INECEL

REPUBLICA DEL ECUADOR

MINISTERIO DE RECURSOS NATURALES Y ENERGETICOS
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION

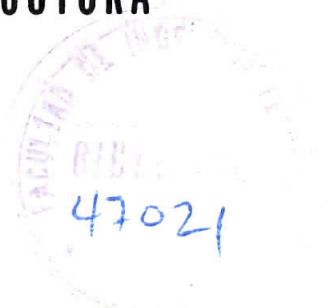
INECEL

PROGRAMA NACIONAL DE ELECTRIFICACION RURAL

UNIDAD EJECUTORA



621.393
In43g



UNEPER

QUITO - ECUADOR

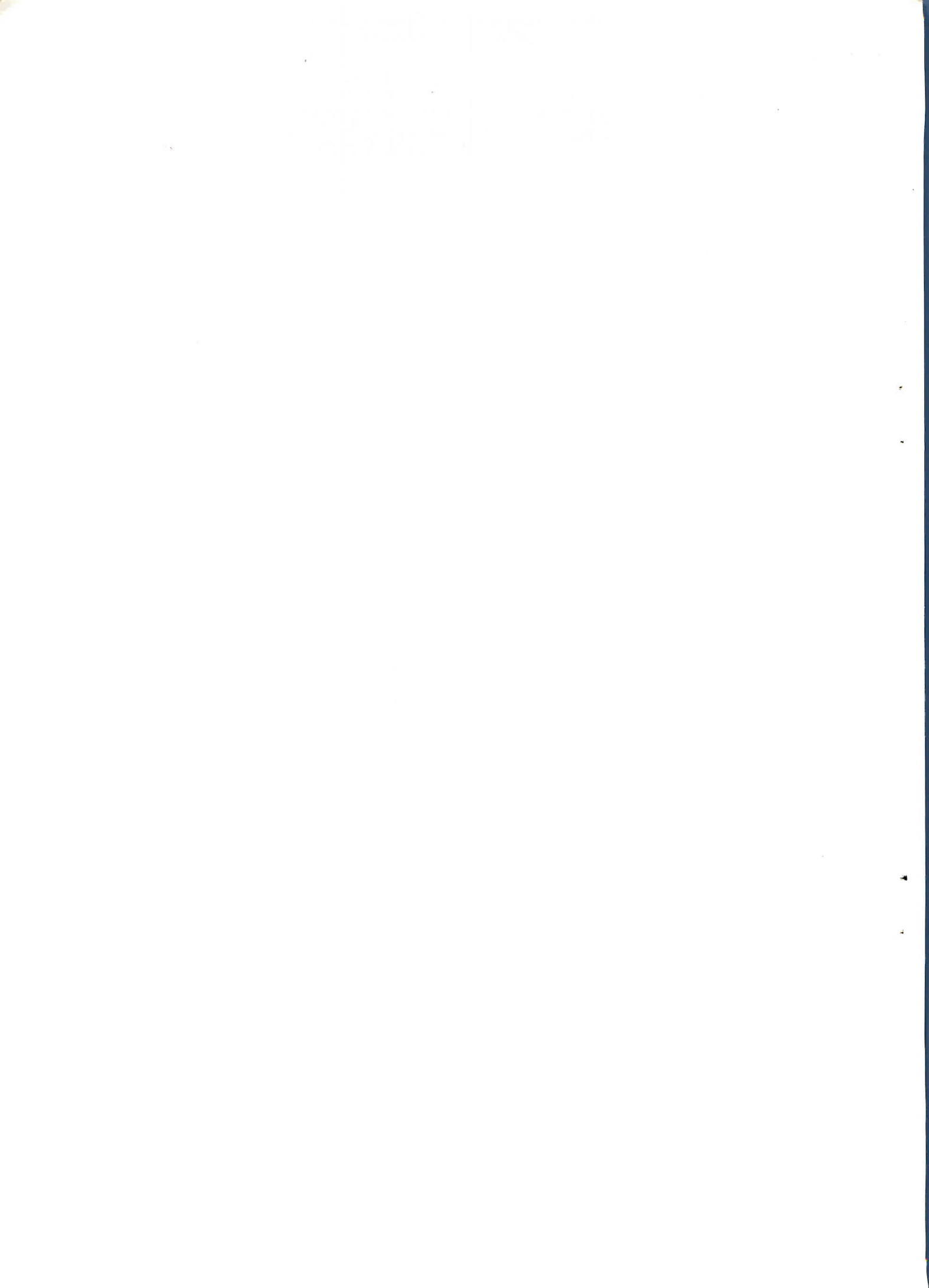


621.393
Ia43y



GUIA DE APLICACION PARA
TRANSFORMADORES

001191



GUIA DE APLICACION PARA TRANSFORMADORES

C O N T E N I D O

1.- GENERALIDADES.-

- 1.1. Localización
- 1.2. Instalación
- 1.3. Características
- 1.4. Enfriamiento
- 1.5. Taps
- 1.6. Polaridad
- 1.7. Bajantes

2.- CONEXIONES.

- 2.1. Bancos
- 2.2. Conexión Y abierto. Δ abierto
- 2.3. Conexión Y-Y para 120/208 V
- 2.4. Conexión Y- Δ para 240 v
- 2.5. Conexión Y- Δ para 120/240 V.
- 2.6. Conexión en paralelo

3.- DETERMINACION DE CARGAS PERMISIBLES

4.- PROTECCIONES

1. GENERALIDADES.-

Los transformadores representan una parte substancial del total de las inversiones que se realizan en los sistemas de electrificación rural. El transformador es probablemente el más eficiente aparato para transferir energía, utilizado por el hombre, alcanzando una eficiencia a plena carga del 97 al 99%.

Las pérdidas de energía en el transformador constituye un gran porcentaje del total de pérdidas de un sistema de distribución rural. El transformador puede operar continuamente por muchos años sin requerir el cambio de partes constitutivas del mismo; pero por efectos del crecimiento de la carga, los transformadores deben ser movidos y/o reemplazados más que cualquier otro equipo.

En resumen: La instalación, y uso de los transformadores, es un factor importante desde el punto de vista de la inversión y de los gastos de operación y mantenimiento.

1.1 Localización.-

Los transformadores de distribución deben ser localizados lo más cerca posible del centro de carga, porque la caída de tensión en el conductor secundario es mucho más grande que su correspondiente en longitud para el conductor primario.

1.2 Instalación.-

Los transformadores serán construidos para ser montados a la intemperie sobre postes y cuando las circunstancias lo requieran se podrán formar bancos de 2 o 3 transformadores según el caso.

1.3 Características técnicas.-

Los transformadores a utilizarse serán del tipo convencional y autoprotegido, monofásicos de uno y dos bushings en alta y tres

en baja tensión.

1.4 Enfriamiento.-

Todos los transformadores a utilizarse, usarán aceite como aislante y refrigerante, es decir serán del tipo auto-refrigerados (OISC), sumergidos en aceite.

1.5 Taps.-

Las variaciones de tensión de la red pueden compensarse por medio de derivaciones o taps, en los devanados de alta tensión, los cuales deben cambiarse únicamente cuando el transformador se encuentra en posición des-energizado. Normalmente se usarán transformadores con derivaciones de $\pm 2 \times 2.5\%$ de la tensión nominal, e irán colocadas en el interior del transformador.

Se utilizarán transformadores sin taps, siempre y cuando se garantice un buen voltaje a la salida de la subestación y una caída de tensión permisible en el primario, el cual no exceda a los valores límites establecidos en las normas. De lo contrario se deberán instalar transformadores con taps, para compensar las caídas de tensión excesivas.

1.6 Polaridad.-

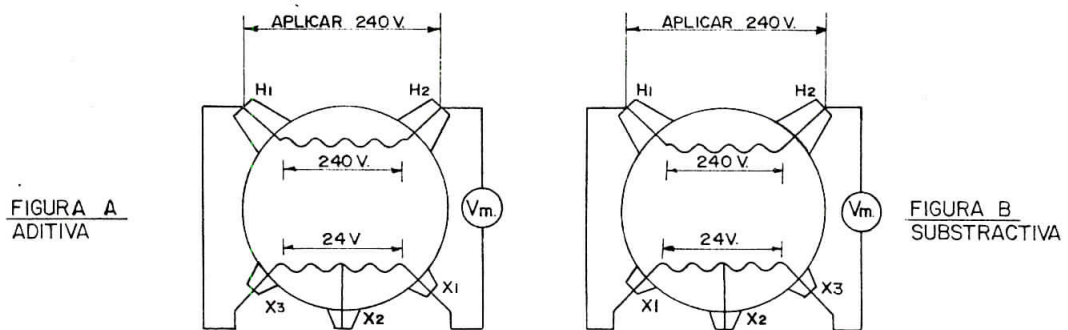
La polaridad debe ser conocida cuando dos o más transformadores monofásicos van a operar en paralelo o cuando van a ser conectadas formando bancos de 2 o 3 transformadores.

El objeto es determinar al desplazamiento angular expresado en grados entre el valor que representa la tensión de línea-neutro de una fase de alta tensión y el vector que representa la tensión de línea-neutro en la fase correspondiente en baja tensión.

La polaridad de un transformador de distribución monofásico -

puede ser aditiva o substractiva. Una simple prueba para determinar la polaridad de un transformador es conectando un borne del devanado de alta tensión con el correspondiente de baja tensión y aplicar un voltaje reducido a los devanados de alta tensión.

La polaridad es aditiva si el voltaje medido entre los otros - dos bornes de los devanados es mayor que el voltaje aplicado en el devanado de alta tensión (Fig. A). La polaridad es substractiva si el voltaje medido entre los dos bornes de los devanados es menor que el voltaje aplicado en el devanado de alta tensión. (Fig. B).



1.7 Bajantes.-

El material más comúnmente usado para las bajantes es el conductor N° 6 de cobre suave. Este conductor es durable y de fácil manejo y es menos propenso a romperse bajo vibraciones, que sus similares duros y semiduros. Cuando la vibración es muy fuerte, aún el conductor de cobre suave puede sufrir eventuales roturas. Para evitar esto se podría usar un conductor cableado que es más flexible que el conductor tipo sólido colocado en los dos extremos del bajante. Algunas veces se utiliza bajantes de conductor de aluminio cableado, tipo ACSR. El conductor de aluminio-sólido no es recomendado para bajantes, por su gran tendencia a romperse con las vibraciones.

2. CONEXIONES.-

Existen algunas maneras de realizar las conexiones de los transformadores de distribución, y éstas dependen del tipo de conexiones-

de la línea primaria, o del tipo de voltaje con el que se va a servir una carga.

Generalmente los transformadores convencionales de dos bushings en el primario utilizados en las instalaciones más comunes son Y-Y y Y abierto - Δ abierto. Otras conexiones con este tipo de transformadores no son recomendados, por cuanto el sistema primario es del tipo Y con neutro corrido.

Normalmente todos los transformadores de similar tamaño y rangos de voltaje tienen la misma polaridad.

2.1 Bancos de Transformadores.-

El término "banco" es usado cuando nos referimos a la conexión de dos o más transformadores monofásicos de distribución.

Para usar los transformadores en bancos, estos deben ser de idéntico rango de voltaje, y si tienen taps, estos deben estar en una misma posición.

En pueblos pequeños, y otras localidades donde la densidad de consumidores es alta, el banco de transformadores ofrece algunas ventajas: la mejor diversidad de carga obtenida para servir a un buen número de consumidores desde el secundario común; la confiabilidad del servicio, pues en el caso de que un transformador sea removido, la carga puede ser absorbida por los otros, durante un tiempo conveniente, los cuales no deberán sobrepasar los valores del Anexo 1.

Para que un banco de transformadores pueda dividir su carga combinada adecuadamente, sus impedancias deben ser iguales. También para obtener una adecuada protección en el secundario el sistema de seccionalización debe ser establecido y coordinado mediante el uso de fusibles o de termomagnéticos.

Aunque la instalación de bancos ha sido utilizada con buenos resultados durante mucho tiempo, el problema surge con el personal de mantenimiento, que no está familiarizado con este sistema. No debe olvidarse que el neutro del primario del banco debe mantenerse conectado al neutro del sistema, pues de lo contrario, pueden producirse voltajes altos en el lado del secundario.

2.2 Conexión Y abierto - Δ abierto.-

Esta conexión es usada cuando se necesita un servicio trifásico, pero solamente dos líneas primarias conectadas en Y son utilizadas. Es recomendado para servir a pequeñas cargas trifásicas y para servir a cargas monofásicas relativamente grandes desde un mismo banco. En este caso los transformadores son usualmente de diferentes potencias. (Fig. N° 1).

Esta conexión no es muy eficaz cuando predominan cargas trifásicas ya que la capacidad es sólo el 86,6% de la correspondiente a dos unidades que forman el banco trifásico. La capacidad de este banco es solamente el 57,7% de la de un banco triángulo - triángulo cerrado de tres Unidades.

Fig. 1: Y abierto - Δ abierto

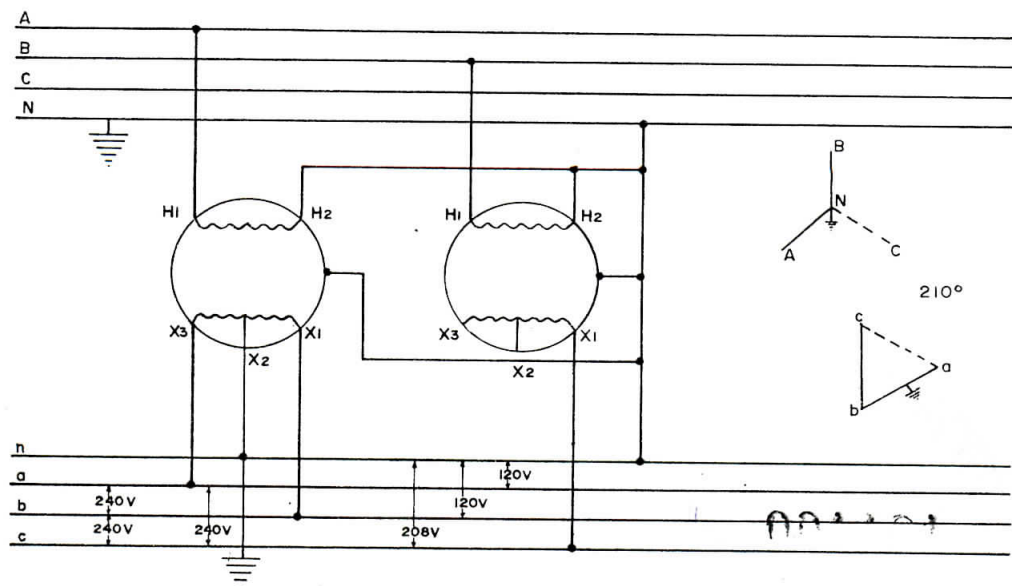


FIG. N°1

NOTA: La Fase "C" de el secundario tiene un potencial de 208-voltios con respecto al neutro y no debe ser usado en un circuito de 120/240 y puede ser identificado, porque es la fase que está conectada al transformador cuyo neutro o bushing central está conectado.

2.3 Conexión Y-Y para 120/208 V.

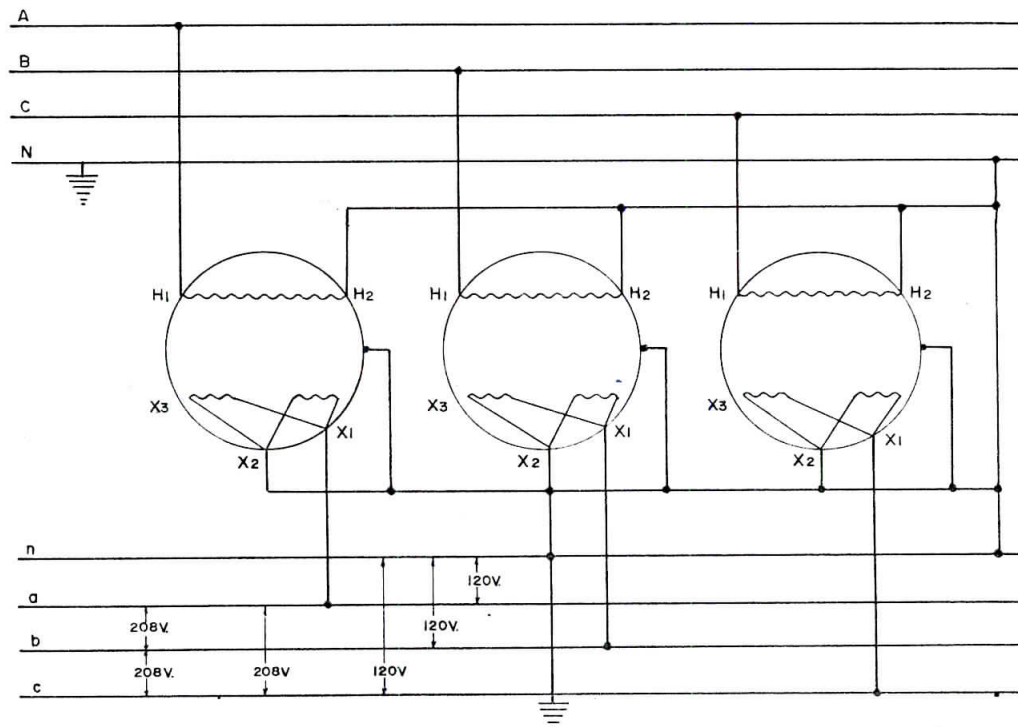


FIG. Nº2

Esta conexión es usada para suministrar energía trifásica a 208 V y monofásica a 120 voltios en sistemas trifásicos con puestas a tierra múltiples. El neutro del primario debe quedar bien conectado al neutro del sistema, pues de lo contrario pueden producirse voltajes excesivos en el circuito del secundario. Transformadores de un solo bushing pueden ser usados si lo desean. En este sistema cada transformador puede absorber la carga monofásica conectada a él, y 1/3 de la carga trifásica total. (Fig. 2).

2.4 Conexión Y - Δ para 240 V de servicio

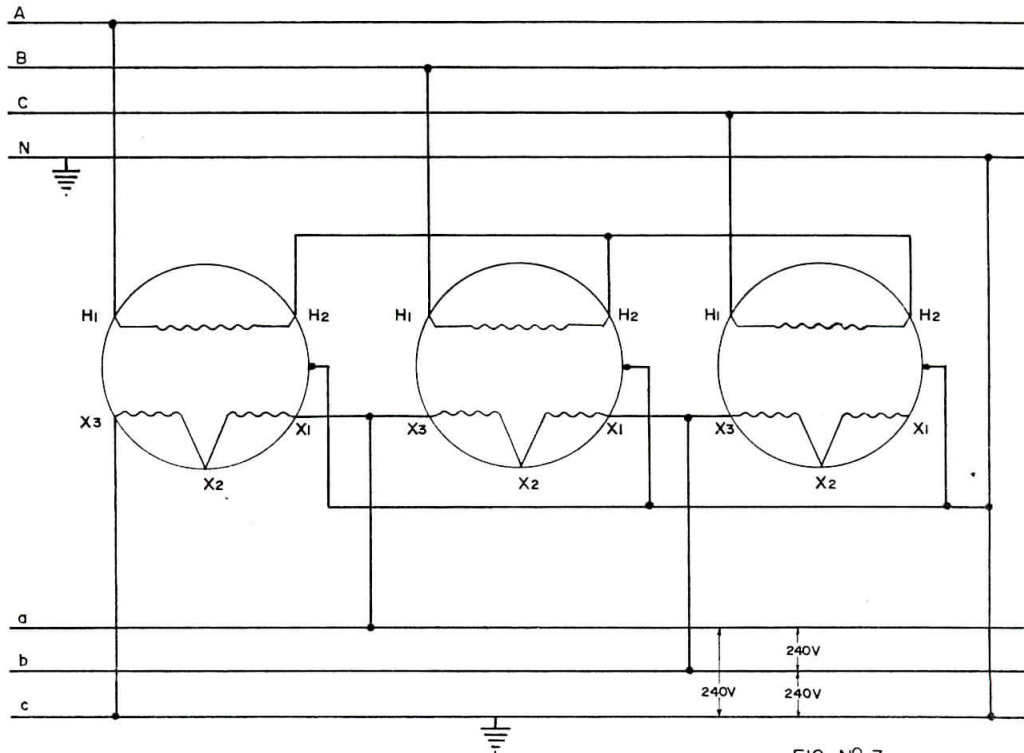


FIG. Nº 3

Esta conexión es usada para suministrar servicio a 240 V. Pero para cargas trifásicas puras y cuando cargas monofásicas a 120/240 V. no son requeridas.

No es necesario que las impedancias y los rangos de los transformadores sean exactos. La capacidad máxima en KVA que éste banco puede dar es tres veces la capacidad del transformador más pequeño utilizado.

El secundario a tierra no es el neutro, ésta es una fase que opera con un potencial a tierra.

Este banco no está conectado a tierra en su lado primario, y de suceder esto, el banco podría quemarse cuando haya un corto circuito o salga una fase de alta tensión de servicio. (Fig. 3).

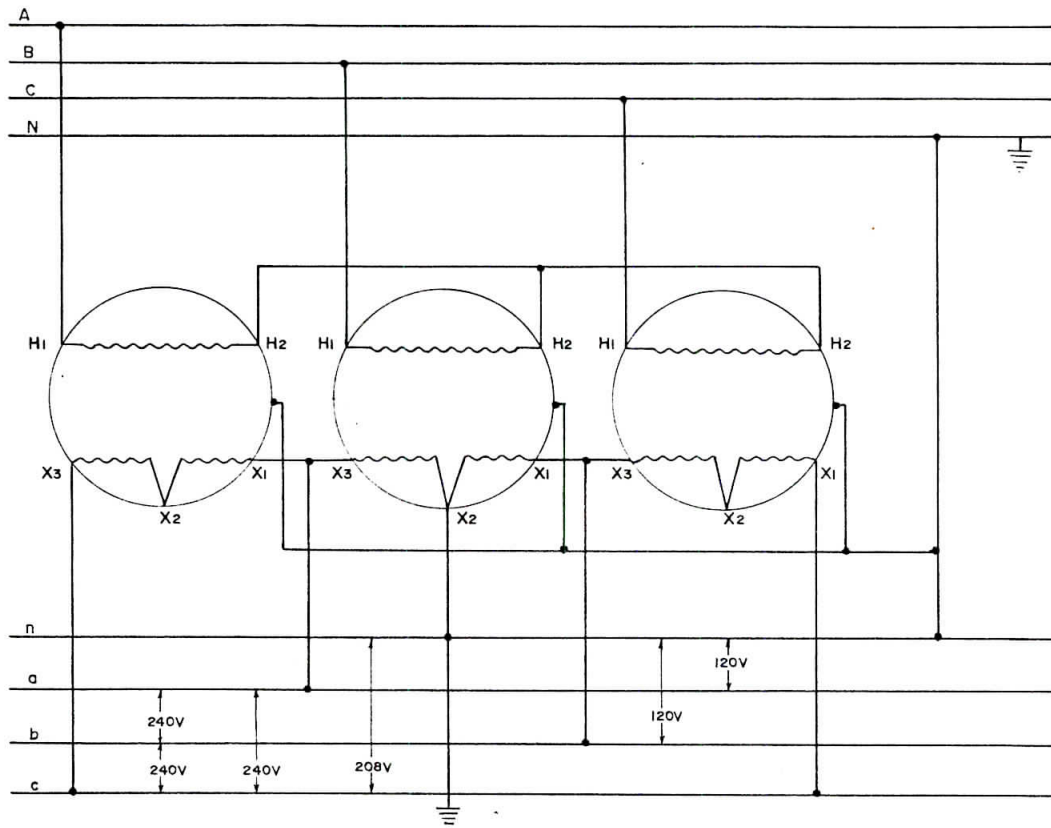
2.5 Conexión Y - Δ para 120/240 V

FIG. N° 4

Esta conexión es utilizada para suministrar energía a cargas trifásicas a 240 V y pequeños porcentajes de energía monofásicos a 120 V. Este banco no debe tener su lado primario conectado a tierra. Cada transformador puede suministrar 1/3 de la carga trifásica. El transformador con la toma intermedia conectada al neutro, suministra 2/3 de la carga monofásica a 120/240 V. y las otras dos unidades transportan el 1/3 de la carga monofásica a 240 V, siempre y cuando todos los transformadores sean de la misma capacidad (Fig. N° 4).

El aislador del neutro del secundario puede conectarse a tierra en un solo transformador. En esta conexión la fase C del secundario tiene un potencial de 208 V. con respecto al neutro, y no debe ser usado en el sistema 120/24 V.

2.6 Conexiones en Paralelo.-

Quando se conectan transformadores en paralelo se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

2.6.1 Que tengan la misma relación de transformación en vacío, pues de lo contrario uno de los transformadores actuará como carga.

2.6.2 Que tengan la misma frecuencia.

2.6.3 Las conexiones pueden hacerse en paralelo uniendo entre sí los terminales designados con la misma inicial. (Ver Fig. 5)

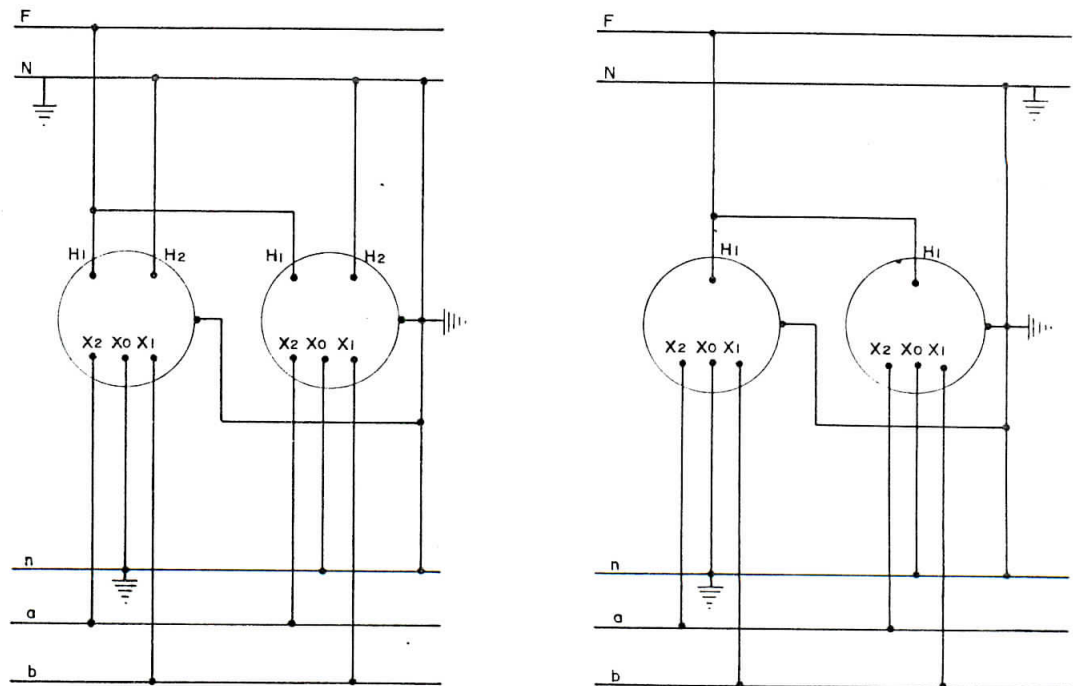


FIG. Nº5

Este sistema se utiliza para satisfacer demandas de energía en casos de emergencia, ya que esta conexión resulta antieconómica por el costo y las pérdidas de dos transformadores pequeños que son elevados en comparación con los de un transformador de mayor capacidad con la misma potencia de salida.

Como precaución, tanto el sistema como el transformador deben mantenerse siempre conectados sólidamente a tierra.

3. DETERMINACION DE CARGAS PERMISIBLES.-

Un transformador puede suplir cargas por sobre lo nominal indicada en la placa, sin quemarse inmediatamente. Esta sobrecarga puede ser transportada sin daño alguno, dependiendo de algunos factores, todos ellos relacionados con la temperatura de los transformadores y de las condiciones de máxima carga.

Los transformadores sumergidos en aceite normalmente funcionan a plena carga las 24 horas del día, sin perjuicio de su vida útil, siempre y cuando la temperatura ambiente promedio durante las 24 horas del día no exceda de 30° C ni su máxima sobrepase los 40° C; para otras temperaturas ambiente, la capacidad real del transformador para la misma vida útil, disminuye o aumenta, según sea superior o inferior a 30° C.

El aumento de temperatura por encima de los valores admisibles en los transformadores, reduce la vida útil de éstos. Dependiendo del porcentaje de la carga continua anterior a la sobrecarga, se admiten los siguientes valores de sobrecarga, sin reducir la vida útil del transformador, expresados en el cuadro del Anexo 1 y Anexo 2.

4. PROTECCIONES.-

Los transformadores deben ser protegidos contra descargas atmosféricas, cortocircuitos secundarios y para sobre cargas extremas. Para la protección del sistema se utilizan fusibles y pararrayos, montados por separados. Un transformador está sujeto a soportar corrientes prolongadas provenientes de sobre cargas extremas o por corto circuitos secundarios. Estas corrientes provocan un aumento de la temperatura dentro del transformador lo que provoca un deterioro en el aislamiento.

Los transformadores autoprotegidos, llevan como parte integral del mismo un interruptor automático para protección contra sobrecargas o corto circuitos en baja tensión; un fusible primario para protección de la línea en caso de un corto circuito interno del transformador y un pararrayos para proteger al transformador contra sobre intensidades de origen atmosférico.

El transformador tipo convencional necesita para su protección, fusibles standard; estos fusibles deben coordinarse con seccionadores fusibles y reconectores para indicar en forma precisa el lugar del transformador averiado.

Los fusibles tienen las siguientes funciones:

1. Protegen el transformador contra:

- a) Cortocircuitos en el secundario
- b) Sobrecargas peligrosas

2. Protegen el sistema contra:

- a) Averías del transformador
- b) Interrupciones de servicio en zonas adyacentes, aislando el transformador averiado.

3. Simplifican la localización de averías al aislar el transforma-

dor averiado.

Las normas EEI-NEMA establecen las características de tiempo y corriente de fusión, así como los requisitos térmicos para fusibles del tipo standard. En la tabla siguiente se muestran los valores empíricos de estos fusibles standard para transformadores monofásicos o trifásicos.

Factor de fusión*	Fusible tipo N, modo 9F51AAN	Fusibles tipo K o T según EEI-NEMA, modo los 9F51 CAK, 9F51CAT	Para uso en cortocircuitos de
1	001	001	
2	002	002	
3	003	003	
5	005	-	50, 100, 200 amp.
8	008	006	
10	010	008	
15	015	010	
20	020	012	
25	025	015	
30	030	020	
40	040	025	
50	045	030	
60	050	040	
75	075	050	
100	085	065	
125	095	080	100, 200 amp.
150	100	100	
200	125	-	
240	150	140	200 amp.
320	200	200	

* El "factor de fusión", es decir, la corriente mínima para fundir un fusible expresada en porcentaje de la corriente de servicio, se utiliza para determinar las características de los fusibles.

bles N, K o T que permitan proporcionar equilibrio adecuado entre las corrientes de sobrecarga esperadas, tales como las sobrecorrientes producidas por arranque de motores. Este factor se obtiene utilizando reglas empíricas tales como las indicadas a continuación: (la corriente que se obtiene mediante la regla empírica utilizada es el llamado "factor de fusión").

1. 1,5 veces la corriente nominal a plena carga del transformador. (Esta regla se utiliza, por lo general, para transformadores - de 25 KVA o mayores, es decir, para aplicaciones en las que las corrientes de arranque de los motores no son el factor principal).
2. 2 veces la corriente nominal a plena carga del transformador.
3. 2,4 veces la corriente nominal a plena carga del transformador.

(Esta regla se conoce frecuentemente como la regla de "1 amperio por KVA de los transformadores a 2.400 voltios, 1/2 amperio por KVA a 4800 voltios y 1/3 de amperio por KVA de 6900 a 7600 voltios").

4. 3 veces la corriente nominal a plena carga del transformador -
Ejemplo: Si la regla empírica elegida es la tercera, es decir, la de 2,4 veces la corriente nominal a plena carga, el voltaje del sistema es de 4800 voltios y la capacidad del transformador es de 50 KVA:

¿Qué fusible debe utilizarse?

Corriente nominal a plena carga = $50.000/4800 = 10,4$ amperios -
 $2,4 \times 10,4 = 24,9$ amperios. El factor de fusión correspondiente es de 25. Fusible recomendado según la tabla anterior: -
25 N, 15 K, ó 15 T.

Los pararrayos deben montarse lo más cerca posible de los transformadores que van a proteger. Las conexiones entre las líneas y -

el pararrayo deben ser lo más cortas posibles. La puesta a tierra del pararrayos debe ser interconectada al neutro del secundario y al tanque del transformador; bien directamente o a través de un entrehierro que lo separe del tanque. Para reducir al mínimo la posibilidad de que se quemé el fusible primario del transformador, - el fusible debe colocarse entre el transformador y el pararrayo, - con el fin de que la corriente de descarga que pasa a través del - pararrayos no pase por el fusible.

**CARGA MAXIMA DEL TRANSFORMADOR POR UNIDAD DE LOS KVAs. NOMINALES
SIN ALTERAR SU VIDA UTIL**

CARGA MAXIMA	REFRIGERACION - AUTOREFRIGERADO O REFRIGERADO POR AGUA (OA o OW)																	
	CARGA DEL TRANSFORMADOR EN PORCENTAJE DE LOS KVAs NOMINALES - ANTERIOR AL PERIODO DE LA CARGA MAXIMA																	
	50%						70%						90%					
	TEMPERATURA AMBIENTAL EN °C						TEMPERATURA AMBIENTAL EN °C						TEMPERATURA AMBIENTAL EN °C					
TIEMPO EN HORAS	0	10	20	30	40	50	0	10	20	30	40	50	0	10	20	30	40	50
1/2	2.00	2.00	2.00	1.89	1.70	1.52	2.00	2.00	1.95	1.78	1.60	1.41	2.00	1.99	1.82	1.64	1.46	1.24
1	2.00	1.88	1.73	1.58	1.41	1.23	1.95	1.80	1.65	1.49	1.32	1.14	1.86	1.70	1.55	1.39	1.20	0.99
2	1.76	1.64	1.51	1.37	1.22	1.06	1.72	1.59	1.46	1.32	1.16	0.99	1.66	1.53	1.39	1.24	1.08	0.90
4	1.54	1.43	1.33	1.19	1.06	0.92	1.52	1.41	1.29	1.17	1.04	0.89	1.50	1.39	1.26	1.13	1.00	-
8	1.41	1.30	1.19	1.08	0.96	0.84	1.40	1.30	1.19	1.07	0.95	0.83	1.39	1.29	1.18	1.06	0.94	-
24	1.33	1.22	1.11	1.00	0.89	0.78	1.33	1.22	1.11	1.00	0.89	0.78	1.33	1.22	1.11	1.00	-	-

ESTA TABLA ESTA REPRODUCIDA DE LA GUIA DE CARGA DE TRANSFORMADORES SUMERGIDOS EN ACEITE PARA DISTRIBUCION Y SUBESTACIONES, C57.92, DERECHO DE PROPIEDAD LITERARIA DE ASA (AMERICAN STANDARDS ASSOCIATION)

ANEXO N° 2

RANGOS DE DEMANDAS PARA SELECCION DE TRANSFORMADORES

Capacidad Nominal (KVA)	Rangos de demanda (*) KVAS Proyectados De acuerdo a temperatura ambiente -		
	Hasta 20° C	21 - 30° C	31 - 40° C
3	4.0	3.6	- 3.2
5	4.1 - 6.7	3.7 - 6.0	3.2 - 5.3
10	6.8 - 13.3	6.1 - 11.9	5.4 - 10.6
15	13.4 - 20.0	12.0 - 17.9	10.7 - 15.9
25	20.1 - 33.3	18.0 - 29.8	16.0 - 26.5
37.5	33.4 - 49.9	29.9 - 44.6	26.6 - 39.8
50	50.0 - 66.5	44.7 - 59.5	39.9 - 53.0

(*) Los rangos de demanda se han calculado, para un tiempo de duración de la demanda máxima de 4 horas, 50 por ciento de carga precedente (1) y para los extremos de temperatura ambiente en cada uno de los rangos.- De acuerdo a la Tabla.

(1) Representa un factor de carga máxima aproximada del 40%.