NORMA VENEZOLANA

COVENIN 536:1994

TRANSFORMADORES DE POTENCIA. GENERALIDADES.

1 ra Revisión



CODELECTRA
COMITE DE ELECTRICIDAD DE VENEZUELA

FONDONORMA

PROLOGO

El presente documento sustituye a la Norma Venezolana COVENIN 536-69.

Esta norma es de Obligatorio cumplimiento.

INDICE

PROLOGO.....I

1. NORMAS A CONSULTAR.....1

2. OBJETO Y CAMPO DE APLICACION.....1

3. DEFINICIONES.....2

3.1 AISLAMIENTO.....2

3.2 AUTOTRANSFORMADOR.....3

3.3 CONEXIONES.....3

3.4 CORRIENTE EN VACIO Y PERDIDAS.....5

3.5 DEVANADOS.....6

3.6 ELEVACION DE TEMPERATURA.....8

3.7 REGIMEN NOMINAL.....8

3.8 TENSION DE CORTOCIRCUITO Y CAIDA DE TENSION.....10

3.9 TERMINALES Y PUNTO NEUTRO.....12

3.10 TIPOS DE ENSAYO.....13

3.11 TOMAS.....13

3.12 TRANSFORMADOR.....16

3.13 TRANSFORMADOR COMPENSADOR (ELEVADOR O REDUCTOR).....16

3.14 TRANSFORMADOR SECO.....16

3.15 TRANSFORMADOR SECO EN AIRE.....16

3.16 TRANSFORMADOR SECO EN AISLANTE SOLIDO.....16

3.17 TRANSFORMADOR SUMERGIDO EN LIQUIDO AISLANTE.....16

3.18 TRANSFORMADOR SUMERGIDO EN LIQUIDO AISLANTE Y CON EQUIPO DE GAS INERTE.....16

4. SIMBOLOS Y ABREVIATURAS.....17

4.1 IDENTIFICACION SEGUN EL TIPO DE ENFRIAMIENTO.....17

4.2 IDENTIFICACION SEGUN EL DIAGRAMA VECTORIAL.....18

5. MATERIALES, DISEÑO Y FABRICACION.....19

5.1 MATERIALES PARA TRANSFORMADORES.....19

5.2 DISEÑO Y FABRICACION.....19

6. REQUISITOS.....23

6.1 REGIMEN NOMINAL.....23

6.2 TOMAS.....24

6.3 LIMITES DE ELEVACION DE TEMPERATURA.....27

6.4 NIVELES DE AISLAMIENTO.....28

6.5 FUNCIONAMIENTO DE LOS TRANSFORMADORES DURANTE LOS CORTO-CIRCUITOS.....28

6.6 TOLERANCIAS.....32

7. METODOS DE ENSAYO.....33

7.1 CLASIFICACION DE LOS ENSAYOS.....33

7.2 ENSAYOS DE TIPO.....33

7.3 ENSAYOS DE RUTINA.....33

7.4 ENSAYOS ESPECIALES.....34

8. MARCACION Y ROTULACION.....35

8.1 MARCACION.....35

8.2 ROTULACION.....35

BIBLIOGRAFIA.....37

TABLAS.....38

FIGURAS.....50

ANEXO A: EJEMPLO DE ESPECIFICACIONES PARA TRANSFORMADORES CON TOMAS DE REGULACION.....51

ANEXO B: CONEXIONES USUALES DE LOS TRANSFORMADORES.....56

ANEXO C: CONEXION EN PARALELO DE TRANSFORMADORES TRIFASICOS.....59

ANEXO D: INFORMACION REQUERIDA CON LA SOLICITUD DE OFERTA Y PEDIDO.....62

ANEXO E: SELECCION DE LOS NIVELES DE AISLAMIENTO.....65

TRAMITE

COMITE TECNICO:	CT-11	ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA
PRESIDENTE:	ING.	GUILLERMO MARTINEZ M.
VICEPRESIDENTE:	ING.	PETER REINHARDT
SECRETARIA:	ING.	MARIA LOURDES FLOREZ DE GARCIA
SUBCOMITE TECNICO:	SC-9	MAQUINAS Y SUS COMPONENTES
COORDINADOR:	ING.	MARIA LOURDES FLOREZ DE GARCIA
	ING.	ALICIA DE COLL
	ING.	LUIS PANTOJA

ASISTENTES

ENTIDAD	**REPRESENTANTES**
C.A. DE ADMINISTRACION DE FOMENTO ELECTRICO (CADAFE)	ING. RAUL CABRERA ING. JUAN MAIZ ING. DANIEL NEPI ING. OFELIA SUCRE
C.A. LA ELECTRICIDAD DE CARACAS	ING. DACIO FORJA ING. LUIS RODAS ING. GIUSEPPE PELACA
TRADESA	ING. LEYDY CRUZ ING. DIXON LOPEZ ING. JESUS ALVAREZ
MEVENCA	ING. RAUL MATAMOROS ING. MANUEL ZAPATA ING. CARLOS RUIZ ING. RAMON BETANCOURT
ENELVEN	ING. EFRAIN ZAMBRANO ING. JOSE BUSTAMANTE
CAIVET	ING. ANTONIO VALENTINI
ENELBAR	ING. LILA BONFANTE ING. LUZ MARINA MENDOZA ING. EVERT CHAPARRO
ELECTROTRANSFORMADORES TECA	ING. JOSE VIDAL
WESTINGHOUSE DE VENEZUELA	ING. DANILO RUEDA
TRIAL, EQUIPOS ELECTRICOS	ING. FRANKLIN GUEVARA

ANATAVE	ING. CESAR JIMENEZ
ALCAVE	ING. JORGE GIMENEZ
INELECTRA	ING. JOSE JULIAN VASQUEZ
ELEVAL	ING. NUMA SALINAS
LAGOVEN	ING. LORENZO MARI
UNIVERSIDAD SIMON BOLIVAR	ING. VINCENZO LIBRETTI
INSTITUTO DE INGENIERIA	ING. CARLOS BIANCHI
CAVEINEL	ING. GUILLERMO CAPRILES ING. ALEX LARA
C.A. CONDUVEN	ING. CAROLINA SANABRIA
INTEVEP	ING. RAUL PEREZ
CODELECTRA	ING. GUILLERMO MARTINEZ M. LIC. ARANTZA BILBAO B. ING. NORA CABRERA DE GENTILE

DISCUSION PUBLICA

FECHA DE ENVIO: 28.06.93
DURACION: 30 DIAS
FECHA DE APROBACION POR EL COMITE: 26.04.94
FECHA DE APROBACION POR LA COVENIN: 08.06.94

NORMA VENEZOLANA
TRANSFORMADORES DE POTENCIA
GENERALIDADES

COVENIN
536-94

1 NORMAS A CONSULTAR

COVENIN 570-69 Vocabulario electrotécnico internacional. Grupo 10. Máquinas y transformadores.

COVENIN 532-68 Materiales eléctricos aislantes. Clases de aislación.

COVENIN 1128-91 Aceites minerales aislantes con inhibidor de oxidación para uso en transformadores e interruptores.

COVENIN 537-83 Equipo accesorio para transformadores monofásicos de distribución tipo aéreo.

COVENIN 449-91 Aceite mineral aislante no inhibido para uso en transformadores e interruptores.

COVENIN 3172-95 Transformadores de potencia. Métodos de ensayo.

2 OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

2.1 Esta Norma Venezolana establece los requisitos mínimos que deben cumplir los transformadores de potencia, así como los métodos de ensayo para verificarlos.

2.2 Esta norma se aplica a transformadores y autotransformadores de potencia (de transmisión y de distribución), con la excepción de los siguientes tipos especiales y de pequeña capacidad:

- Transformadores monofásicos de menos de 1 kVA y polifásicos de menos de 5 kVA.
- Transformadores de medición.
- Transformadores para convertidores estáticos.
- Transformadores de arranque.
- Transformadores de ensayo
- Transformadores de tracción montados en vehículos.
- Transformadores de soldadura.

3 DEFINICIONES

Las definiciones utilizadas en esta norma serán las contempladas en la Norma Venezolana COVENIN 570 complementadas por las siguientes:

3.1 AISLAMIENTO

3.1.1 Nivel básico de aislamiento

Es la designación del conjunto de valores de tensiones de ensayo, tanto a frecuencia industrial como a ondas de impulso, que caracteriza al aislamiento del transformador con relación a su capacidad para resistir esfuerzos dieléctricos.

NOTA 1 El nivel de aislamiento se expresa generalmente por los valores de ambas tensiones de ensayo, a frecuencia industrial y ondas de impulso completas.

3.1.2 Devanado uniformemente aislado

Es un devanado en el cual el aislamiento a tierra en todos sus puntos está diseñado para resistir la tensión de ensayo apropiada al terminal de línea.

3.1.3 Devanado con aislamiento escalonado

Es un devanado en el cual el aislamiento a tierra disminuye en forma gradual desde el valor del terminal de línea a uno inferior en el terminal del neutro.

NOTA 2 Este devanado resiste las pruebas de tensión aplicada solamente al nivel de aislamiento del neutro.

3.1.4 Instalación expuesta.

Es una instalación en la cual el transformador está expuesto a sobretensiones de origen atmosférico.

NOTA 3 Tales instalaciones están conectadas a líneas de transmisión aéreas.

3.1.5 Instalación no expuesta

Es una instalación en la cual el transformador no está expuesto a sobretensiones de origen atmosférico.

NOTA 4 Tales instalaciones están conectadas a redes subterráneas.

3.1.6 Tensión nominal del sistema

Es el valor de la tensión eficaz entre fases por el cual se define el sistema.

NOTA 5 Esta tensión no es necesariamente la misma que la tensión nominal del devanado del transformador, conectado al sistema.

3.1.7 Tensión máxima del sistema

Es el mayor valor de tensión que aparece en cualquier instante y en cualquier punto del sistema en condiciones normales de funcionamiento. Este valor excluye las variaciones momentáneas de la tensión, como aquéllas debidas a maniobras en el sistema, causas accidentales o cambios bruscos del régimen de carga.

NOTA 6 La tensión en circuito abierto de ciertas tomas, puede ser mayor que la tensión máxima normal del sistema.

3.2 AUTOTRANSFORMADORES

Es un transformador en el que por lo menos dos de sus devanados tienen una parte en común.

3.3 CONEXIONES

3.3.1 Conexión estrella (Y o y)

Es la conexión en la cual un terminal de cada devanado de fase de un transformador trifásico, o de cada uno de los devanados de los transformadores monofásicos de la misma tensión nominal, que forman un banco trifásico, están conectados a un punto común (punto neutro) y los otros terminales a los terminales de línea correspondientes.

3.3.2 Conexión delta (D o d)

Es la conexión en la cual los devanados de fase de un transformador trifásico o los devanados de transformadores monofásicos de la misma tensión nominal, asociados en un banco trifásico, están conectados en serie para formar un circuito cerrado.

3.3.3 Conexión delta abierta

Es la conexión en serie de los devanados de fase de un transformador trifásico, sin cerrar una de las esquinas de la delta. Los dos extremos abiertos se conectan a terminales separados. En el caso de transformadores monofásicos, la conexión delta abierta es la conexión de dos transformadores en delta, dejando un lado del triángulo inexistente.

3.3.4 Conexión zig-zag (Z o z)

Es la conexión del devanado en la cual un extremo de cada devanado de fase, de un transformador trifásico, está conectado a un punto común (punto neutro) y cada devanado de fase consiste de dos partes en las cuales, las tensiones individuales, de cada una de ellas, tiene una diferencia de fase. Estas dos partes tienen, normalmente, el mismo número de espiras.

3.3.5 Devanados abiertos

Son los devanados de fase de un transformador trifásico que no están interconectados dentro del transformador.

3.3.6 Desfase

Es la diferencia angular entre los vectores que representan las tensiones entre el punto neutro (real o imaginario) y el terminal correspondiente de dos devanados, cuando se aplica una tensión de secuencia positiva a los terminales de alta tensión en una secuencia identificada con letras. El desfase se expresa por la hora indicada en un cuadrante de reloj, en el cual el minutero señala las 12 y coincide con el vector de la tensión entre el punto neutro y el terminal de línea de alta tensión y cuya aguja horaria coincide con el vector de tensión entre el punto neutro y el terminal de línea correspondiente al devanado de tensión baja o intermedia.

3.3.7 Símbolo de grupo vectorial

Es la notación convencional indicando las conexiones respectivas de los devanados de alta, intermedia y baja tensión y su desfase expresado como número de horas.

3.3.8 Polaridad de los terminales

Dos terminales de dos devanados de un transformador monofásico tienen la misma polaridad, cuando en un instante dado, la corriente entra por uno de los terminales en cuestión, como si los dos terminales formaran un circuito continuo.

3.3.9 Polaridad aditiva

Los terminales entre cada dos devanados, de un transformador monofásico, tienen polaridad aditiva; si al conectar dos terminales correspondientes de los devanados en cuestión y aplicar una tensión en cualquier devanado del transformador la tensión inducida entre los dos terminales correspondientes restantes del par de devanados, es mayor que la tensión que existe en el devanado de mayor tensión de los devanados en cuestión.

3.3.10 Polaridad sustractiva

Los terminales entre cada dos devanados, de un transformador monofásico, tienen polaridad sustractiva, si al conectar dos terminales correspondientes de los devanados en cuestión y aplicar una tensión en cualquier devanado del transformador, la tensión inducida entre los dos terminales correspondientes restantes del par de devanados, es menor que la tensión que existe en el devanado de mayor tensión de los devanados en cuestión.

3.4 CORRIENTE EN VACIO Y PERDIDAS

3.4.1 Corriente en vacío

Es la corriente que fluye a través de un terminal de línea de un devanado cuando se aplica a éste la tensión nominal a frecuencia nominal, estando el otro devanado o los otros devanados en circuito abierto.

NOTA 7 La corriente en vacío de un devanado se expresa como un porcentaje de la corriente nominal de dicho devanado.

NOTA 8 En los transformadores trifásicos pueden ser diferentes las corrientes en vacío que fluyen a través de los terminales de línea. Si en este caso no se dan por separado los valores de las diferentes corrientes, se asume que la corriente en vacío es la media aritmética de las diversas corrientes.

3.4.2 Pérdidas

3.4.2.1 Pérdidas en vacío

Es la potencia activa absorbida por el transformador cuando se aplica a los terminales de uno de los devanados la tensión nominal a frecuencia nominal, estando el otro devanado o los otros devanados en circuito abierto.

3.4.2.2 Pérdidas debidas a la carga. (Pérdidas en cortocircuito).

3.4.2.2.1 Transformadores de dos devanados.

Es la potencia activa absorbida a frecuencia nominal cuando la corriente nominal circula a través de los terminales de línea de uno de los devanados, estando los terminales del otro devanado en cortocircuito. Este valor debe corregirse a la temperatura de referencia indicada en la tabla 1.

3.4.2.2.2 Transformadores de devanados múltiples en relación a cierta combinación de dos devanados.

Es la potencia activa absorbida a frecuencia nominal, cuando a través de los terminales de línea de uno de los devanados de la combinación, circula una corriente correspondiente a la menor de las potencias nominales, estando los terminales del otro devanado en cortocircuito y en circuito abierto los restantes. Los valores para las diferentes combinaciones se deben corregir a la temperatura de referencia indicada en la tabla 1.

3.4.2.3 Pérdidas totales

Es la suma de las pérdidas en vacío y las debidas a la carga.

NOTA 9 Para transformadores de devanados múltiples, las pérdidas totales se refieren a una combinación de carga especificada.

NOTA 10 Las pérdidas en equipos auxiliares no están incluidas en las pérdidas totales. Deben indicarse separadamente.

3.4.2.4 Rendimiento de un transformador

Es la relación, generalmente expresada en porcentaje entre la potencia activa de salida y la potencia activa de entrada.

3.5 DEVANADOS

3.5.1 Devanado

Es el conjunto de espiras que constituye el circuito eléctrico asociado con una de las tensiones nominales del transformador.

NOTA 11 En un transformador trifásico, el devanado es el conjunto de los devanados individuales de fase.

NOTA 12 En un autotransformador la parte común de los devanados de fase se llama "devanado común" y la otra parte se llamará "devanado serie".

NOTA 13 En un transformador compensador (elevador o reductor), el devanado previsto para ser conectado en serie con un circuito se llama "devanado serie" y el otro "devanado excitador".

3.5.2 Devanado de fase.

Es el conjunto de espiras que constituye una fase de un devanado polifásico.

NOTA 14 El término devanado de fase no se debe usar para identificar al conjunto de bobinas de una columna.

3.5.3 Devanado de alta tensión

Es el devanado asociado a la tensión nominal más alta.

3.5.4 Devanado de baja tensión

Es el devanado asociado a la tensión nominal más baja.

NOTA 15 En los transformadores compensadores (elevadores o reductores), el devanado con la tensión nominal más baja puede requerir mayor nivel de aislamiento.

3.5.5 Devanado de tensión intermedia

Es el devanado de un transformador de devanados múltiples cuya tensión nominal es intermedia entre la tensión nominal mayor y la menor.

3.5.6 Devanado primario

Es el devanado que está recibiendo potencia del sistema de alimentación.

3.5.7 Devanado secundario

Es el devanado que está entregando potencia al circuito de carga.

3.5.8 Devanado terciario

Podrá ser definido como:

3.5.8.1 Devanado auxiliar

Es un devanado destinado solamente para una carga pequeña comparada con la capacidad total del transformador.

3.5.8.2 Devanado estabilizador

Es el devanado previsto para ser conectado en delta en transformadores estrella-estrella o estrella-zig-zag, para reducir la impedancia de secuencia cero del devanado en estrella o equilibrar las tensiones de fase.

NOTA 16 La reducción de esta impedancia puede ser necesaria, por ejemplo, para disminuir la magnitud de las tensiones de la tercera armónica o para estabilizar las tensiones a neutro.

NOTA 17 Se considera que un devanado es estabilizador si sus terminales ni son accesibles ni están previstos para ser conectados a un circuito externo. Sin embargo, puede ser que uno o dos terminales sean accesibles para formar un punto único, por ejemplo, para conectarlo a tierra. En el caso de un transformador trifásico, si otros puntos del devanado son accesibles, éste deberá considerarse como normal tal como se define en el punto 3.5.2.

3.6 ELEVACION DE TEMPERATURA

Es la diferencia entre la temperatura de la parte en consideración y la temperatura del aire de enfriamiento o del agua a la entrada del equipo de enfriamiento, para transformadores enfriados por aire o por agua, respectivamente.

3.7 REGIMEN NOMINAL

3.7.1 Régimen nominal

Comprende los valores numéricos asignados a las magnitudes que definen la operación del transformador en las condiciones especificadas en esta norma y en los que se basan las garantías y ensayos del fabricante.

NOTA 18 A menos que se especifique de otra manera, el régimen nominal se refiere a las tomas principales (véase el punto 3.11.2).

3.7.2 Magnitudes nominales

Son aquellas magnitudes tales como tensión, corriente, frecuencia, cuyos valores numéricos definen el regimen nominal.

NOTA 19 Las tensiones y corrientes vienen siempre expresadas por sus valores eficaces, salvo que se especifique de otra manera.

3.7.3 Placa de características

Es aquélla fijada al transformador donde están contenidos los valores nominales y otros datos esenciales.

NOTA 20 Los valores nominales y otros datos que deben figurar en la placa de características son detallados en el Capítulo 8.

3.7.4 Relación nominal de transformación

Es la relación entre la tensión nominal de un devanado y la tensión nominal de otro devanado en vacío.

3.7.5 Tensión nominal de un devanado

Es la tensión especificada para ser aplicada o inducida en vacío entre los terminales de línea de un devanado de un transformador polifásico o entre los terminales de un devanado de un transformador monofásico.

NOTA 21 Las tensiones nominales de todos los devanados aparecen simultáneamente, en vacío, cuando la tensión aplicada a uno de ellos tiene su valor nominal.

NOTA 22 En el caso de transformadores monofásicos destinados a constituir un banco polifásico, la tensión nominal de un devanado destinado a ser conectado en estrella está indicada por una fracción cuyo numerador es la tensión entre línea y cuyo denominador es la raíz cuadrada de tres. Lo mismo se aplica a los devanados serie de los transformadores compensadores.

3.7.6 Corriente nominal

Es la corriente que fluye a través de un terminal de línea de un devanado y que se calcula dividiendo la potencia nominal del transformador entre la tensión nominal del devanado multiplicada por un factor de fase (véase la tabla 2).

NOTA 23 Si la conexión en delta o en cualquier otro polígono es hecha externamente uniendo los terminales de los devanados de dos fases por pares, esta corriente corresponde al valor obtenido por el par de terminales así conectado.

NOTA 24 El caso de transformadores monofásicos destinados a constituir un grupo trifásico, la corriente nominal de un devanado destinado a ser conectado en delta está indicada por una fracción cuyo numerador es la corriente nominal de línea y cuyo denominador es la raíz cuadrada de tres.

3.7.7 Potencia nominal

Es un valor convencional de potencia aparente (en kVA o MVA), que establece una base para el diseño, garantía y ensayos del fabricante, determinando un valor bien definido para la corriente nominal que puede ser soportada con tensión nominal aplicada y bajo las condiciones especificadas en esta norma.

NOTA 25 Ambos devanados de un transformador de dos devanados tienen la misma potencia nominal, que por definición es la potencia nominal del transformador.

NOTA 26 En el caso de transformadores de devanados múltiples, debe indicarse la potencia nominal para cada uno de los devanados. La media aritmética de los valores de las potencias nominales de los devanados da una estimación de las dimensiones de un transformador de devanados múltiples, en comparación con un transformador de dos devanados.

NOTA 27 Con tensión nominal constante aplicada a uno de los devanados, la potencia aparente que suministra el otro, o uno de los otros devanados bajo carga, difiere de su potencia nominal en una cantidad que depende de la caída o alza de tensión (véase el punto 3.8.4).

Esta potencia aparente es igual al producto de la tensión actual bajo carga del último devanado, por la corriente nominal (véase punto 3.7.6) con respecto a este devanado y por el factor de fase (véase la tabla 2).

NOTA 28 Si la potencia de un transformador varía con diferentes tipos de enfriamiento, la potencia nominal es la que corresponde a cada tipo de enfriamiento.

3.7.8 Frecuencia nominal

Es la frecuencia de funcionamiento para la cual ha sido diseñado el transformador.

NOTA 29 En Venezuela se ha normalizado el valor de 60 Hz como frecuencia nominal.

3.7.9 Frecuencia industrial

Es, a los efectos de esta norma 60 Hz.

3.8 TENSION DE CORTOCIRCUITO Y CAIDA DE TENSION

3.8.1 Tensión de cortocircuito a corriente nominal.

3.8.1.1 En transformadores de dos devanados

Es la tensión que se debe aplicar, a frecuencia nominal, a los terminales de línea de un devanado de un transformador polifásico o a los terminales de un devanado de un transformador monofásico, para que la corriente nominal circule a través de estos terminales cuando el otro devanado está en cortocircuito. Este valor deberá ser corregido a una temperatura de referencia dada en la tabla 1.

3.8.1.2 En transformadores de devanados múltiples referidos a una cierta combinación de dos devanados.

Es la tensión que se debe aplicar a frecuencia nominal, a los terminales de línea de uno de los devanados de una combinación de un transformador polifásico, o a los terminales de un devanado de un transformador monofásico, para que una corriente correspondiente a la potencia nominal menor de ambos devanados circule a través de estos terminales, estando los terminales del otro devanado en cortocircuito y los restantes en circuito abierto. Los valores para las diferentes combinaciones se deberán corregir a una temperatura de referencia de acuerdo con la tabla 1.

NOTA 30 (Válida para los puntos 3.8.1.1 y 3.8.1.2). La tensión de cortocircuito usualmente se expresa como un porcentaje de la tensión nominal del devanado al cual se aplica la tensión.

NOTA 31 (Válida para el punto 3.8.1.2). Para simplificar ciertos cálculos, puede ser conveniente referir las tensiones de cortocircuito de las varias combinaciones en términos de la misma potencia nominal.

3.8.2 Componente resistiva de la tensión de cortocircuito

Es la componente de la tensión de cortocircuito que está en fase con la corriente.

3.8.3 Componente reactiva de la tensión de cortocircuito

Es la componente de la tensión de cortocircuito que está en cuadratura con la corriente.

3.8.4 Caída (o alza) de tensión (regulación) para una condición de carga especificada.

Es la diferencia entre la tensión nominal de un devanado y la tensión resultante para una carga y factor de potencia especificados, estando la tensión aplicada a uno de los otros devanados en su valor nominal. Se expresa como un porcentaje de la tensión nominal del devanado en referencia.

NOTA 32 Para transformadores de devanados múltiples la caída (o alza) de tensión no sólo depende de la carga y del factor de potencia del devanado mismo, sino también de las cargas y factores de potencia de los otros devanados.

3.8.5 Impedancia de secuencia cero

Es la impedancia por fase, a frecuencia nominal entre los terminales de línea unidos por un devanado polifásico en estrella o zig-zag y su terminal neutro, cuando se somete a corriente en fase (corriente homopolar).

NOTA 33 La impedancia de secuencia cero no sólo depende de la conexión del devanado, sino también de la conexión de los otros devanados y de su punto neutro.

NOTA 34 La impedancia de secuencia cero puede, bajo ciertas circunstancias, depender del valor de la corriente.

3.9 TERMINALES Y PUNTO NEUTRO

3.9.1 Terminal

Es un elemento conductor previsto para la conexión de un devanado a conductores externos.

3.9.2 Terminal de línea (borne de línea)

Es un terminal previsto para conexión a un conductor de línea de un sistema.

3.9.3 Terminal de neutro (borne de neutro)

3.9.3.1 En transformador polifásico.

Es el terminal conectado al punto común del devanado en conexión estrella o zig-zag.

3.9.3.2 En transformador monofásico.

Es el terminal previsto para conexión al punto neutro de un sistema.

3.9.4 Punto neutro

3.9.4.1 Es el punto común de un sistema polifásico en estrella.

3.9.4.2 Es el punto de un sistema simétrico polifásico en delta que está normalmente a potencial cero.

3.9.5 Terminales correspondientes

Son terminales de distintos devanados con la misma polaridad relativa.

3.10 TIPOS DE ENSAYO

3.10.1 Ensayos de tipo

Es un ensayo realizado a un transformador cuyas características nominales y de contrucción son idénticas a las de su grupo para demostrar, que este cumple con los requerimientos de diseño especificados, que complementa los ensayos de rutina.

3.10.2 Ensayos de rutina

Son los ensayos que se destinan para verificar la calidad y la uniformidad de la mano de obra y de los materiales usados en la fabricación de los transformadores. Son obligatorios en todas las unidades de la producción y son hechos por el fabricante.

3.10.3 Ensayos especiales

Son los ensayos exigidos por el comprador como complemento de los ensayos de tipo y de rutina.

3.11 TOMAS

3.11.1 Toma

Es la conexión hecha en un punto entre los terminales de un devanado para modificar la relación del número de espiras.

3.11.2 Toma principal

Es la toma en la cual están relacionadas las magnitudes nominales.

3.11.3 Factor de toma

Es la relación $\frac{Vd}{Vn}$ (factor de toma) ó 100 $\frac{Vd}{Vn}$ (factor de toma expresado como un porcentaje).

Donde:

Vn: Es la tensión nominal del devanado con tomas.
Vd: Es la tensión desarrollada sin carga en los terminales del devanado, conectado en la toma en consideración, cuando en el devanado sin tomas, se le aplica su tensión nominal.

3.11.4 Toma aditiva

Es aquella toma que tiene un factor de toma mayor que uno.

3.11.5 Toma sustractiva

Es aquella toma que tiene un factor de toma menor que uno.

3.11.6 Paso de toma

Es la diferencia de los "factores de tomas expresados en porcentajes" de dos tomas adyacentes.

3.11.7 Rango de tomas

Es el rango de variación del "factor de toma expresado en porcentaje" comparado con el valor de tensión nominal.

NOTA 35 A manera explicativa, si el factor de toma varía de (100 + a)% hasta (100 - b)%, se dice que el rango de toma va desde +`a% hasta - b% ó ± a% si a=b, siendo a y b números positivos.

3.11.8 Tensión de toma de un devanado

Es la tensión asignada para ser aplicada o inducida sin carga, entre los terminales de línea de un devanado de un transformador polifásico, o entre los terminales de un devanado de un transformador monofásico.

3.11.9 Potencia de toma de un devanado

Es el valor convencional de potencia aparente que establece, para la conexión de la toma en consideración de un transformador, bases para las garantías del fabricante y en algunos casos para los ensayos y determina el valor de la corriente de toma cuando el devanado tenga una tensión aplicada o inducida (bajo condición de vacío) adecuada a la toma en uso.

3.11.10 Corriente de toma de un devanado

Es la corriente que fluye a través de un terminal de línea de un devanado que resulta de dividir la potencia de toma entre la tensión de toma y un factor de fase adecuado (véase la tabla 2).

3.11.11 Tomas de potencia máxima.

Son aquellas tomas donde su potencia de toma es igual a la potencia máxima.

3.11.12 Tomas de potencia reducida

Son aquellas tomas donde su potencia de toma es menor de la potencia nominal.

3.11.13 Categorías de regulación

Considerando el efecto que ejerce la variación de tensión sobre las características de un transformador con toma en un solo devanado se definen tres categorías de regulación:

3.11.13.1 Regulación de tensión con el flujo constante (R.F.C.)

Es la regulación de tensión cuando la tensión de toma es:

3.11.13.1.1 Igual a la tensión nominal para el devanado sin toma o los devanados sin tomas.

3.11.13.1.2 Igual a la tensión nominal multiplicada por el factor de toma para el devanado con tomas.

NOTA 36 El flujo magnético es el mismo para cualquier posición de la toma, de aquí el nombre "regulación de tensión a flujo constante".

3.11.13.2 Regulación de tensión con flujo variable (R.F.V.)

Es la regulación de tensión cuando la tensión de toma es constante para el devanado con toma e igual a la tensión nominal.

3.11.13.3 Regulación de tensión con flujo combinado (RM).

Es la que combina la regulación de tensión tanto a flujo constante como a flujo variable. Por debajo de un determinado factor de toma, la tensión del devanado sin tomas es constante y por sobre este factor, la tensión de toma del devanado con toma es constante. La toma correspondiente a este factor de toma se llama "Toma de tensión máxima".

NOTA 37 El comprador deberá especificar la categoría de regulación deseada. Si éste no lo especifica, el fabricante eligirá una de estas categorías. La regulación adoptada deberá ser indicada claramente usando los símbolos R.F.C., R.F.V. o R.M. definidos en el punto 3.11.13.
Si nada está indicando, se supone adoptada la categoría R.F.C.

NOTA 38 Para los transformadores de categoría R.F.C. se permitirá una variación de flujo magnético (en vacío) hasta de un 5%.

NOTA 39 Si un transformador, que ha sido diseñado para una cierta categoría de regulación, es utilizado en otra, se deberán aceptar ciertas limitaciones de servicio. Si un transformador está previsto para condiciones de servicio en más de una categoría de regulación, éste debe ser diseñado para las condiciones más rigurosas de flujo magnético y de corriente. En el anexo A, se encuentran ejemplos de especificaciones de transformadores para diferentes categorías de regulación.

3.12 TRANSFORMADOR

Es un aparato estático que por medio de inducción electromagnética, transforma un sistema de tensión y corriente a otros niveles, usualmente diferentes, de tensión y corriente alterna de la misma frecuencia entre dos o más devanados.

3.13 TRANSFORMADOR COMPENSADOR (ELEVADOR O REDUCTOR)

Es un transformador en el cual uno de los devanados está previsto para ser conectado en serie con un circuito a fin de modificar su tensión. El otro devanado es excitador.

3.14 TRANSFORMADOR SECO

Es un transformador cuyo núcleo y devanados no están sumergidos en un líquido aislante.

3.15 TRANSFORMADOR SECO EN AIRE

Es un transformador cuyo núcleo y devanados están envueltos y enfriados por el aire del ambiente.

3.16 TRANSFORMADOR SECO EN AISLANTE SOLIDO

Es un transformador cuyo núcleo y devanados están cubiertos por aislantes sólidos.

3.17 TRANSFORMADOR SUMERGIDO EN LIQUIDO AISLANTE

Es un transformador cuyo núcleo y devanados están sumergidos en un líquido aislante.

3.18 TRANSFORMADOR SUMERGIDO EN LIQUIDO AISLANTE Y CON EQUIPO DE GAS INERTE.

Es un transformador sumergido en líquido aislante provisto de un equipo destinado a mantener sobre el líquido una atmósfera de gas inerte, generalmente nitrógeno.

4 SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

4.1 IDENTIFICACION SEGUN EL TIPO DE ENFRIAMIENTO

4.1.1 Símbolos de identificación.

Los transformadores serán identificados de acuerdo al tipo de enfriamiento empleado. Las letras usadas como símbolos para identificar cada tipo de enfriamiento se indican a continuación:

LETRAS SIMBOLOS

Medio de enfriamiento	Símbolo
Aceite mineral	O
Gas	G
Agua	W
Aire	A
Aislante sólido	S
Tipo de circulación	
Natural	N
Forzado	F

4.1.2 Disposición de los símbolos

Con excepción de los transformadores tipo seco en aire, para los cuales los símbolos serán AN o AF según correspondan, los transformadores se identificarán mediante cuatro (4) símbolos para cada tipo de enfriamiento, para los cuales el fabricante les habrá asignado una potencia nominal. Se deberá utilizar una barra oblícua para separar cada grupo de símbolos.

El orden en el cual los símbolos deberán ser indicados se muestra en la tabla 3.

NOTA 40: Un transformador sumergido en aceite con circulación forzada de aceite y de aire, deberá ser designado OFAF, mientras que un transformador seco en aire con ventiladores de enfriamiento, deberá ser designado AF. Para transformadores sumergidos en aceite en los cuales la circulación es natural o forzada, las designaciones típicas pueden ser:
ONAN/ONAF, ONAN/OFAF, ONAN/ONAF/OFAF

NOTA 41: ONAN/ONAF: Aceite natural, aire natural / Aceite natural, aire forzado.

NOTA 42: ONAN/OFAF: Aceite natural, aire natural / Aceite forzado, aire forzado.

NOTA 43: ONAN/ONAF/OFAF: Aceite natural, aire natural / Aceite natural, aire forzado / Aceite forzado, aceite forzado.

4.2 IDENTIFICACION SEGUN EL DIAGRAMA VECTORIAL

4.2.1 Conexión de devanados de fase.

La conexión en estrella, delta o zig-zag de un conjunto de devanados de fase de un transformador polifásico, o de devanados de igual tensión de transformadores monofásicos, asociados en un banco polifásico, deberá indicarse por las letras Y, D o Z, para el devanado de alta tensión y por y, d o z, para los devanados intermedios y de baja tensión. Si el neutro de un devanado conectado en estrella o en zig-zag es accesible, la indicación deberá ser YN o ZN y yn o zn, respectivamente.

4.2.2 Desfase entre devanados.

4.2.2.1 El vector correspondiente al devanado de tensión mayor se toma como el vector de origen. Ejemplos de diagramas vectoriales que muestran el uso de la notación horaria están dados en la figura 1 y en el anexo B (véase el punto 3.3.6 de desfase). Para transformadores de devanados múltiples, el vector del devanado de tensión mayor seguirá siendo el vector de referencia y el símbolo para este devanado se dará primero. Los otros símbolos seguirán en el orden de las tensiones nominales de los devanados.

NOTA 44: El anexo B da detalles de un cierto número de esquema de conexiones que son de uso general, sin embargo, éstos no pueden ser considerados como completos.

NOTA 45: El anexo C da información sobre el funcionamiento en paralelo de transformadores.

4.2.2.2 Ejemplos:

Ejemplo 1. En el caso de un transformador que tiene tres devanados para las tensiones de 150.000 V (delta), 60.000 V (estrella) y 10.000 V (estrella), respectivamente, la designación cuando por ejemplo, las dos tensiones estrella están en fase una con la otra y atrasadas 30° respecto a la tensión en delta, sería:

D y_1 y_1

Ejemplo 2. En el caso de otro transformador que tiene tres devanados para 6.000 V (estrella), 380 V (estrella) y 220 V (zig-zag) respectivamente, la designación (para el caso de que las dos tensiones en estrella estén en fase una con otra y la tensión en zig-zag esté atrasada en 30°), sería:

Y y_0 z_1

5 MATERIALES, DISEÑO Y FABRICACION

5.1 MATERIALES PARA TRANSFORMADORES

5.1.1 Material conductor (devanados)

El material utilizado en la parte conductora (devanados) de los transformadores deberá ser cobre o aluminio.

5.1.2 Material aislante

El material aislante utilizado en los transformadores deberá estar de acuerdo con las especificaciones indicadas en las Normas Venezolanas COVENIN 532 para los materiales aislantes y COVENIN 1128 ó 449 dependiendo del líquido aislante a ser utilizado.

NOTA 46 Queda terminantemente prohibido el uso de líquidos aislantes que contengan mezclas de bifenilos policlorados (PCB).

5.1.3 Material de los soportes mecánicos

El material utilizado en los soportes mecánicos de los transformadores deberá ser acero.

5.1.4 Material del núcleo

El material utilizado en el núcleo de los transformadores deberá ser acero magnético.

5.1.5 Acabado del tanque.

El acabado del tanque deberá ser resistente a la corrosión; otros requisitos deberán establecerse mediante acuerdos entre fabricante y comprador.

NOTA 47 En el caso que el transformador, por su tipo (tipo aéreo, tipo sumergible, tipo pedestal u otro) esté cubierto por otra Norma Venezolana COVENIN, este deberá cumplir adicionalmente con los requisitos establecidos en dicha norma referente al acabado del tanque.

5.2 DISEÑO Y FABRICACION

En el diseño y fabricación de los transformadores se deberá tener en cuenta las condiciones de servicio, las tomas y el funcionamiento de los mismos durante los cortocircuitos (véase el anexo D para la información requerida con la solicitud de oferta y pedido).

5.2.1 Condiciones de servicio

5.2.1.1 Condiciones normales

Serán condiciones normales las siguientes:

5.2.1.1.1 Una altura de instalación que no exceda de 1000 metros sobre el nivel del mar.

5.2.1.1.2 Una temperatura del medio de enfriamiento como sigue:

5.2.1.1.2.1 Para transformadores enfriados por agua: agua a una temperatura no mayor de 25 °C en la entrada. Para transformadores enfriados por aire: una temperatura del ambiente que no deberá ser mayor de 40 °C, ni menor de 5 °C y nunca excederá de los valores promedios siguientes:

30 °C promedio diario.
20 °C promedio anual.

5.2.1.1.3 Una tensión de alimentación cuya forma de onda será sinusoidal.

5.2.1.1.4 Para transformadores polifásicos, la tensión de alimentación será simétrica.

5.2.1.2 Condiciones especiales.

5.2.1.2.1 Se consideran condiciones especiales todas aquéllas que difieren de las indicadas en el punto 5.2.1.1, que requieren una construcción especial y la revisión de algunos valores nominales, o de exigencias particulares que se harán del conocimiento del fabricante.

5.2.1.2.2 Entre otras, serán condiciones especiales las siguientes:

a) Instalaciones a altitudes superiores a 1000 metros.

b) Instalaciones donde la temperatura del medio de enfriamiento esté fuera de los límites especificados en el punto 5.2.1.1.2.

c) Exposición a humedad excesiva, aire muy salino, vapores, gases o humos perjudiciales.

d) Exposición a polvos (transformadores secos).

e) Exposición a atmósferas peligrosas.

f) Vibraciones anormales.

g) Limitaciones de espacio.

h) Posibilidad de inmersión en agua.

i) Exigencia especial de aislamiento.

j) Exigencia de reducción de niveles de ruido o de radio-interferencias o ambas.

k) Necesidad de protección especial contra contactos accidentales con partes energizadas.

l) Dificultades de mantenimiento.

m) Alimentación con ondas distorsionadas.

n) Alimentación con tensiones desequilibradas.

5.2.2 Tomas

5.2.2.1 Generalidades

5.2.2.1.1 En transformadores monofásicos tipo aéreo.

Se proveerán en los casos indicados en la Norma Venezolana COVENIN 537. Cuando las tomas no están indicadas en dicha norma, se podrán poner por acuerdo entre fabricante y comprador

5.2.2.1.2 Otros tipos de transformadores.

5.2.2.1.2.1 Estos transformadores no serán provistos de tomas, a menos que se especifique lo contrario. Cuando se especifique el uso de tomas, deberá precisarse si se proveen para cambios con o sin tensión y con o sin carga.

5.2.2.1.2.2 Si se especifica cambio de tomas sin tensión, pero sin indicar el alcance de las tomas y las tensiones de escalón, se adoptarán como valores normalizados ± 5% para el alcance de las tomas y 2,5% para las tensiones de escalón.

5.2.2.1.2.3 Salvo indicación contraria, se considerará como "toma principal" la toma central si el número es impar y si es par, aquélla de las dos tomas centrales que está asociada al número mayor de espiras del devanado con tomas.

NOTA 48: Los transformadores de potencia donde su tipo esté cubierto por alguna Norma Venezolana COVENIN, deberán estar provistos de tomas tal como se indica en la Norma Venezolana en cuestión a menos que el comprador especifique otra cosa.

NOTA 49: Los transformadores de potencia, cuyo tipo no esté cubierto por una Norma Venezolana COVENIN, o si la norma no especifica los valores de las tomas, no deberán estar provistos de tomas a menos que el comprador especifique el uso de tomas, pero sin indicar valores, se tomará para el diseño lo siguiente:

a) Categoría de regulación R.F.C. (véase el punto 3.11.13.1).

b) Las tomas deberán estar en el devanado de alta tensión con un rango de tomas de ± 5%.

c) Paso de tomas 2,5%.

5.2.2.2 Especificaciones de condiciones de tensión.

Si un devanado se va a diseñar para una tensión* variable (véanse las notas 50 y 51), deberán especificarse las condiciones de tensión mediante una de las siguientes maneras:

NOTA 50: Cuando la palabra "tensión" va acompañada de un asterisco (*) en el texto de esta norma y en el anexo A, ello significa que esta palabra se refiere a la tensión desarrollada en vacío, en los casos en que la tensión no es "aplicada a", sino "desarrollada en" los bornes del tranformador.

NOTA 51: En los puntos 3.11.13 y 6.2.4 de esta norma se considera solamente el caso (en la práctica el más común) de tranformadores que tienen únicamente un devanado provisto de toma de regulación.

5.2.2.2.1 Devanado con tomas.

5.2.2.2.1.1 Mencionando su tensión nominal seguida de los valores extremos de las especificaciones de la tensión* (véase la nota 50), expresadas en más o menos un tanto por ciento.

NOTA 52: Deben admitirse que ciertos valores especiales intermedios de tensión* (véase la nota 50) solicitados por el comprador, pueden ser incompatibles con el diseño del transformador. El fabricante debe informar al comprador sobre los valores que pueden ser obtenidos realmente.

NOTA 53: Los porcentajes se indican como sigue: si el alcance de la variación contiene componentes iguales en más y en menos (ej: a%) por: ± a% - b%. Si solamente existe variación en un solo sentido (ej: solamente + a% o solamente -b% por + a% -b% según el caso).

5.2.2.2.1.2 Indicando los valores de tensión para cada posición de tomas, enunciados en orden decreciente.

Las designaciones deberán indicar claramente cuál de los valores corresponde a la tensión nominal. (ej: subrayándolo si fuera necesario).

5.2.2.2.2 Devanado sin tomas.

5.2.2.2.2.1 En el caso de devanados sin tomas, se escribirán todos los valores expresados en tensiones.

5.2.2.2.2.2 Para la categoría R.M. (véase el punto 3.11.13.3), se recomienda especificar también aquellas combinaciones de tensiones* (véase la nota 50) variables que deben ser obtenidas simultáneamente en los bornes de los devanados con tomas y sin ellas, que determinan los valores extremos de la relación de transformación.

NOTA 54: Si estas combinaciones no son especificadas, se asume que los valores extremos de la relación de transformación, deben permitir cubrir todas las combinaciones de tensiones correspondientes a las variaciones opuestas de la amplitud de variación de tensión de los devanados.

5.2.3 Funcionamiento de los transformadores durante los cortocircuitos.

Los transformadores deberán diseñarse y construirse para resistir, sin sufrir daños, los efectos de un cortocircuito exterior bajo condiciones especificadas en el punto 6.5.

6 REQUISITOS

6.1 REGIMEN NOMINAL

6.1.1 Los valores nominales deberán estar indicados en la placa de características (véase el punto 8.2.1). Estos serán tales que el transformador pueda, bajo condiciones de carga continua, suministrar su corriente nominal, sin exceder los límites de aumento de temperatura especificados en el punto 6.3, suponiendo que la tensión aplicada sea igual a la tensión nominal de alimentación a la frecuencia nominal. Los valores nominales que caracterizan a un transformador serán:

a) Potencia nominal.
b) Tensión nominal.
c) Frecuencia nominal.
d) Corriente nominal.

6.1.2 La potencia nominal tomará en cuenta las condiciones de servicio especificadas en el punto 5.2.1.1 y será el producto de la tensión nominal, por corriente nominal y por el factor de fase apropiado, dado en la tabla 2, a frecuencia nominal.

6.1.3 Los valores normalizados de potencia nominal en kVA para los transformadores serán los indicados en la tabla 4.

NOTA 55 La potencia nominal asignada corresponde a un servicio continuo. Los otros tipos de servicio serán discutidos entre el fabricante y el comprador.

NOTA 56 Aún cuando la potencia nominal está referida a la tensión nominal, el transformador deberá ser capaz de suministrar su potencia nominal cuando sea alimentado con una tensión de alimentación hasta un 5% mayor o menor de la tensión nominal.

6.2 TOMAS

6.2.1 Especificaciones de las tomas

Cuando el comprador especifique el uso de tomas en su orden de compra, en trasformadores donde su tipo no esté cubierto por una Norma Venezolana COVENIN, deberá especificarse lo siguiente:

6.2.1.1 La potencia nominal del transformador.

6.2.1.2 Las tensiones nominales.

6.2.1.3 Indicar cuál es el devanado con tomas y su rango de tomas.

6.2.1.4 El número de posiciones de tomas o el paso de tomas.

6.2.2 Alcance de tomas

6.2.2.1 El alcance de tomas que se deberá prever para un devanado con tomas, se determinará para una o varias amplitudes de variación de tensión y eventualmente por las combinaciones límites de tensiones* (véase la nota 50) variables como se indica en el punto 5.2.2.2.1.

6.2.2.2 El alcance de tomas está generalmente constituido por un cierto número de tensiones de escalón.

6.2.2.3 El número de posiciones de regulación deberá mencionarse en las especificaciones. Para las distintas categorías de regulación entre el alcance de tomas que se deberá prever y la amplitud de variación de tensión o las amplitudes de variación de tensión obedecerá a las reglas siguientes:

6.2.2.3.1 R.F.C. El alcance de tomas será idéntico a la amplitud de variación de tensión debido a que ambos están relacionados con el devanado.

6.2.2.3.2 R.F.V. El alcance de tomas no será idéntico a la amplitud de variación de tensión o a las amplitudes de variaciones de tensión (del devanado o de los devanados sin tomas), pero puede deducirse de éste directamente.

6.2.2.3.3 R.M. El alcance de tomas no será idéntico a las amplitudes de variación de tensión, de los devanados con tomas o sin ellas, pero se podrá deducir de los valores extremos de la relación de transformación, calculada como se indica en el punto 5.2.2.2.1.

NOTA 57: Ciertas modificaciones de la amplitud de variación de tensión o de las amplitudes de variaciones de tensión pueden ser deseables, a fin de obtener un alcance de toma compatible con un diseño apropiado. Tales modificaciones están sujetas a convenios entre el fabricante y el comprador. (Véase el anexo A).

NOTA 58: Para las categorías R.F.V. y R.M., donde el alcance de tomas no coinciden con la amplitud de variación de tensión o las amplitudes de variación de tensión, se recomienda mencionar únicamente éstas últimas en las especificaciones o sobre la placa de características. La adición de tensiones de tomas que generalmente no corresponden a tensiones reales de servicio o a un alcance de tomas, puede dar lugar a confusión. Sin embargo, para la categoría R.M. es indispensable dar indicaciones más detalladas, como se menciona en el anexo A.

6.2.4 Magnitudes de las tomas

6.2.4.1 Límites de elevación de temperatura.

Se admite que los límites de elevación de temperatura de un transformador pueden no ser satisfechos a potencia nominal, cuando el transformador está conectado en ciertas tomas diferentes de la principal. Salvo especificación contraria, se considerará que esta condición puede ser aceptada con una amplitud de variación de tensión, hasta ± 5%. Si este valor se sobrepasa, convendrá especificar la potencia de toma del transformador correspondiente en ciertas tomas diferentes de la principal.

6.2.4.2 Potencia de tomas.

El valor de la potencia de tomas (válido para los devanados con tomas o sin ellas), relativa a la conexión del davanado con tomas sobre una toma determinada, se deberá asociar a los siguientes valores particulares de tensión:

6.2.4.2.1 R.F.C. Tensión nominal en los bornes del devanado o de los devanados sin tomas y tensión de tomas en los bornes de devanados con tomas.

6.2.4.2.2 R.F.V. Tensión nominal de los bornes del devanado con tomas y la tensión* (véase la nota 50) variable en los bornes del devanado o de los devanados sin tomas espedicados para la

NOTA 59: Para las diferentes combinaciones de tensiones* (véase la nota 50) especificadas para conexión a una misma toma, pueden ser especificados valores de la potencia de toma (Véase el anexo A).

6.2.4.3 Corrientes.

Los valores de las corrientes a través de los terminales de línea de los devanados, con tomas o sin ellas, correspondientes a ciertas conexiones de las tomas, se deducirán siempre de los valores correspondientes de la potencia de toma del transformador, dividiéndola con la tensión* (véase la nota 50) particular correspondiente al devanado en cuestión y el factor de fase (véase la tabla 2).

6.2.4.4 Pérdidas debidas a la carga y tensión de cortocircuito.

Si la amplitud de variación de tensión excede ± 5%, deberá someterse a un acuerdo entre el fabricante y el comprador, para cuál de las tomas distintas de la toma principal, el fabricante deberá suministrar los valores de las pérdidas debidas a la carga y a la tensión de cortocircuito, así como también las tolerancias que deberán ser aplicadas a estos valores. El valor de la corriente y el valor base de la tensión de cortocircuito, en tanto por ciento, para los cuales esas cantidades son válidas, deberán ser indicados claramente.

6.2.4.5 Pérdidas en vacío.

Para las categorías R.F.V. y R.M. se someterán a convenios entre el fabricante y el comprador, la designación de las tomas diferentes de la principal y los valores de tensión correspondientes, para las cuales el fabricante deberá indicar los valores de pérdidas en vacío, así como también las tolerancias que le deberán ser aplicadas.

6.2.4.6 Autotransformadores y transformadores de regulación.

Para los autotransformadores y los transformadores de regulación dotados de tomas, se deberá someter siempre a un acuerdo entre el fabricante y el comprador, cualquiera que sea la amplitud de las variaciones de tensión, la especificación de los valores de las pérdidas en carga y las tensiones en cortocircuito, así como también de las pérdidas en vacío en el caso de las categorías de regulación R.F.V. y R.M. y la determinación de las tolerancias que le deberán ser aplicadas.

6.3 LIMITES DE ELEVACION DE TEMPERATURA

6.3.1 Límites de elevación de temperatura

6.3.1.1 Las elevaciones de temperatura de los devanados, el aceite y el núcleo de transformadores diseñado para funcionamiento de altitudes que no excedan aquéllas dadas en el punto 5.2.1.1.1 y las temperaturas del medio de enfriamiento como se describe en el punto 5.2.1.1.2, no deberán exceder los límites especificados en las tablas 5 y 6.

6.3.1.2 Para transformadores de devanados múltiples, la elevación de temperatura de la parte superior del aceite, se refiere a las combinaciones de carga para las cuales las pérdidas totales son mayores.

6.3.1.3 Las elevaciones de temperatura para cada devanado, deberán ser consideradas en relación con la combinación especificada de carga que sea más crítica para el devanado en consideración.

6.3.2 Reducción del aumento de temperatura para transformadores provistos de enfriamiento diseñado para altas temperaturas.

Si la temperatura ambiente excede cualquiera de los máximos indicados en la tabla 5, en un valor igual o inferior a 5 °C, deberán reducirse los valores límites de aumento de temperatura, indicados en la tabla 5, en 5° C. Si la temperatura ambiente excede, entre 5 °C y 10 °C de los valores indicados en la tabla 5, entonces la reducción de los valores límites deberá ser de 10 °C.

6.3.3 Reducción de la elevación de temperatura para transformadores diseñados para grandes altitudes.

Para los transformadores enfriados por aire, destinados a prestar servicio a una altitud superior a 1000 metros, pero sometidos a ensayos a altitudes normales, los límites de elevación de temperatura indicados en las tablas 5 y 6 serán reducidos, por cada 500 metros, en los valores indicados a continuación:

6.3.3.1 Transformadores sumergidos en líquido aislante, enfriamiento natural: 2%.

6.3.3.2 Transformadores de tipo seco, enfriamiento natural: 2,5%.

6.3.3.3 Transformadores sumergidos en líquidos aislantes, enfriamiento forzado por aire: 3%.

6.3.3.4 Transformadores de tipo seco, enfriamiento forzado por aire: 5%.

NOTA 60: Para fracciones de 500 metros la reducción antes mencionada debe ser proporcional.

NOTA 61: Las reducciones de los límites de elevación de temperatura no son aplicadas a los transformadores enfriados por agua.

6.4 NIVELES DE AISLAMIENTO

6.4.1 Los niveles de aislamiento (véase el anexo E) deberán ser los indicados en la tabla 7 para los transformadores secos y en la tabla 8 para los transformadores sumergidos en líquidos aislantes.

NOTA 62: Los transformadores monofásicos de distribución que estén diseñados para la conexión estrella y delta y aislados para la tensión de ensayo correspondiente a la conexión estrella, las tensiones de ensayo cuando se conectan en delta serán mayores que las requeridas por la tensión máxima del sistema.

6.4.2 Devanados con aislamiento escalonado.

Cuando el comprador especifica devanados con aislamiento escalonado, éste deberá corresponder a una de las categorías indicadas en la tabla 9. Las tensiones de ensayo por tensión aplicada correspondientes serán las especificadas en la tabla 10.

6.4.3 Transformadores para uso a grandes altitudes.

Cuando los transformadores de tipo seco sean especialmente ordenados para funcionar a altitudes entre 1000 m y 3000 m, pero sea ensayados a altitudes normales, la tensión de ensayo con tensión aplicada a frecuencia industrial, deberá aumentarse un 6,25% por cada metro en exceso a los 1000 metros."

NOTA 63: Para los aisladores terminales de tranformadores sumergidos en aceite, puede ser necesario seleccionar un tipo de aislador terminal, diseñado para un nivel de aislamiento inmediatamente superior al nivel que corresponde al devanado.

6.5 FUNCIONAMIENTO DE LOS TRANSFORMADORES DURANTE LOS CORTOCIRCUITOS.

6.5.1 Generalidades

Los transformadores deberán ser diseñados y construidos para resistir sin sufrir daños, los efectos de cortocircuitos externos bajo las condiciones especificadas en los puntos 6.5.2 a 6.5.7.

6.5.2 Condiciones de sobrecorriente.

Las sobrecorrientes que pueden circular en un devanado bajo condiciones de cortocircuito, deberán cumplir los requisitos siguientes:

6.5.2.1 En transformadores con dos devanados.

A menos que se especifique lo contrario, no deberán exceder los valores dados en la tabla 11.

NOTA 64: Para los valores de potencia nominal mayores de 100.000 kVA, los límites superiores de sobrecorriente serán determinados de común acuerdo entre el comprador y el fabricante.

NOTA 65: En los casos de unidades monofásicas conectadas entre sí para formar un grupo trifásico, el valor de la potencia nominal se referirá a la del grupo trifásico.

NOTA 66: El valor de la impedancia equivalente incluirá la impedancia del sistema de distribución en combinación con la del transformador.

NOTA 67: Si la impedancia de cortocircuito del transformador es mayor que la impedancia equivalente mencionada en la tercera columna, la sobrecorriente está limitada por la impedancia propia del transformador.

6.5.2.2 En transformadores con más de dos devanados.

Deberán ser determinadas teniendo en cuenta separadamente cada uno de los devanados, suponiendo que uno de los demás devanados o varios de ellos, destinados a conectarse con una fuente externa de energía, estén energizados. Se deberá tener en cuenta los efectos de una posible realimentación proveniente de máquinas rotativas y otros transformadores.

6.5.2.3 En los autotransformadores y los transformadores compensadores.

Deberán ser determinadas considerando las diferentes formas de fallas de sistema que puedan ocurrir en el servicio (fase a tierra, fase a fase y otros) asociadas con las condiciones correspondientes de puesta a tierra de la red.

NOTA 68: Los autotransformadores y los transformadores compensadores pueden estar sometidos a condiciones de sobrecorriente extremadamente severas.

6.5.2.4 En devanados estabilizadores.

Deberán ser determinadas para los valores máximos de la corriente nominal que fluye en el devanado estabilizador, considerando las diferentes formas de falla que pueden ocurrir en el sistema, en relación con las condiciones correspondientes a la puesta a tierra del mismo. En el caso de transformadores monofásicos, que forman un grupo trifásico, el devanado estabilizador deberá ser capaz de resistir un cortocircuito en sus terminales.

NOTA 69: En los transformadores tratados en los puntos 6.5.2.2, 6.5.2.3 y 6.5.2.4 el fabricante deberá tener en cuenta, si es necesario, los valores correspondientes de la impedancia del sistema (incluyendo, si ha lugar, la reactancia subtransitoria de cualquier máquina rotativa conectada) especificada por el comprador y que debe ser combinada con la del transformador, del autotransformador o del transformador compensador.

NOTA 70: Cuando la impedancia combinada del transformador, del autotransformador o del transformador compensador y del sistema, causa una sobrecorriente excesiva, el fabricante debe informar al comprador sobre la sobrecorriente máxima que el transformador puede soportar. Cuando esas condiciones existan, el comprador deberá tomar las medidas necesarias para limitar la corriente de cortocircuito a la sobrecorriente indicada por el fabricante.

6.5.3 Requisitos mecánicos.

Los transformadores deberán ser capaces de soportar sin dañarse, en cualquier toma y bajo condiciones de servicio los esfuerzos electromagnéticos producidos en caso de cortocircuito y determinados por el valor de cresta asimétrico de la corriente de los devanados, que no podrá ser mayor de 2,824 = (2 x $\sqrt{2}$) veces la corriente determinada según las condiciones apropiadas especificadas en el punto 6.5.2.

El valor de cresta asimétrico de la corriente de los devanados será calculado según la siguiente fórmula:

$$Icc\ (Asimétrico) = K.Icc$$

$$K = \left[1 + \left[e^{-(\phi + \pi/2)\, r/x} \right] \operatorname{sen} \phi \right] \sqrt{2}$$

Donde:

Icc = Corriente de cortocircuito simétrico.

ø = Artg x/r (en radianes)

x = Reactancia de cortocircuito ca efectiva en Ω.

r = Resistencia de cortocircuito ca efectiva en Ω.

6.5.4 Requisitos térmicos.

Los transformadores deberán ser capaces de soportar sin dañarse, en cualquier toma y bajo condiciones de servicio, los efectos térmicos de un cortocircuito en los terminales de cualquier devanado, durante los intervalos de tiempo establecidos segun la categoría del transformador (véase la tabla 12).

c- Para los transformadores de la categoría I, el tiempo mínimo (Sm) del cortocircuito que deberá soportar sin dañarse será determinado por la fórmula siguiente:

$$Sm = \frac{1250}{I^2}$$

Donde:

I = Corriente de cortocircuito simétrica en por unidad de la base de corriente nominal.

- Para los transformadores contemplados en las categorías II, III y IV este tiempo deberá ser como mínimo 2 s.

Para transformadores con más de dos devanados, la duración deberá ser la apropiada a la sobrecorriente máxima asociada con cualquier devanado.

6.5.4.1 La temperatura promedio más alta T_1 en grados centígrados alcanzada por el devanado deberá ser calculada por la fórmula:

$$T_1 = T_0 + aJ^2 s \times 10^{-3} \ ^oC$$

Donde:

T_0 = temperatura inicial, en grados centígrados que deberá ser la suma de temperatura máxima del medio de enfriamiento (véase el punto 5.2.1.1.2) y la elevación de temperatura aplicable por resistencia especificada

en el punto 6.3. Ejemplo: en un transformador sumergido en aceite, enfriado naturalmente:

T_0 = 40 °C + 65 °C = 105 °C

a = función de 1/2 (T_2 + T_0) de acuerdo con la tabla 13.

T_2 = temperatura máxima promedio permisible del devanado de acuerdo con la tabla 14 en °C.

J = densidad de corriente de cortocircuito: A/mm²

s = duración en segundos.

La temperatura promedio más alta T_1, calculada de acuerdo a la fórmula dada anteriormente no deberá exceder el valor permisible de T_2 indicado en la tabla 14.

6.5.5 Transformadores asociados directamente con otros aparatos

Cuando un transformador está asociado directamente con otros aparatos cuyas impedancias tengan por efecto limitar la corriente de cortocircuito, la impedancia de esos aparatos directamente asociados puede, según acuerdo entre el fabricante y el comprador, ser combinada con la del transformador (más la del sistema, si es necesario). En tales casos, los requisitos de los puntos 6.5.3 y 6.5.4 deberán aplicarse a la sobrecorriente de la combinación.

6.5.6 Ensayos de cortocircuito

Los ensayos de cortocircuito no están incluidos como requisito normal en esta norma. Cualquier verificación requerida con respecto a la capacidad del transformador para soportar los esfuerzos mecánicos bajo condiciones de cortocircuito, deberá ser objeto de un acuerdo especial.

6.5.7 Devanados auxiliares

Los devanados auxiliares pueden no ser capaces de soportar un cortocircuito en sus terminales; se considerará que tales devanados estarán protegidos contra cortocircuitos con una impedancia en serie o con fusibles adecuados conectados exteriormente.

6.6 TOLERANCIAS

6.6.1 Tolerancias

La tabla 15 indica las tolerancias para varias magnitudes. Cuando tales magnitudes son nominales, o cuando forman parte de las garantías dadas por el fabricante en referencia con esta norma, las tolerancias dadas en la tabla 15 son las que se deberán aplicar.

7 METODOS DE ENSAYO

Los procedimientos para los métodos de ensayo que se enuncian en este Capítulo son los indicados en la Norma Venezolana COVENIN 3172-95.

7.1 CLASIFICACION DE LOS ENSAYOS.

Los ensayos se dividen en tres categorías:

7.1.1 Ensayos de tipo.

7.1.2 Ensayos de rutina (individuales).

7.1.3 Ensayos especiales.

NOTA 71 Los ensayos indicados se refieren a ensayos generales para transformadores, sin embargo en ciertos casos pueden ser necesarios ensayos especiales indicados en forma adicional. En consecuencia los ensayos señalados no deben considerarse como limitativos.

7.2 ENSAYOS DE TIPO.

7.2.1 Es un ensayo realizado a un transformador cuyas características nominales y de construcción son idénticas a las de su grupo para demostrar que éste cumple con los requerimientos de diseño especificados, que complementa los ensayos de rutina.

7.2.2 Lista de los ensayos de tipo:

7.2.2.1 Ensayo del aumento de temperatura.

7.2.2.2 Ensayo de onda de choque completa.

7.3 ENSAYOS DE RUTINA.

Los ensayos de rutina son los que se destinan para verificar la calidad y la uniformidad de la mano de obra y de los materiales usados en la fabricación de los transformadores. Son obligatorios en todas las unidades de la producción. Los ensayos de rutina son hechos por el fabricante.

7.3.1 Lista de los ensayos de rutina (individuales).

7.3.1.1 Medición de la resistencia de los devanados.

7.3.1.2 Medición de la relación de transformación, comprobación de la polaridad de los transformadores monofásicos y del símbolo de grupo vectorial de los transformadores trifásicos.

7.3.1.3 Medición de las tensiones de cortocircuito.

7.3.1.6 Ensayo por tensión inducida.

7.3.1.7 Ensayos por tensión aplicada.

7.3.1.8 Ensayo de hermeticidad.

7.4 ENSAYOS ESPECIALES.

Los ensayos especiales son los exigidos por el comprador, como adición a los requisitos de los ensayos de tipo y de rutina.

7.4.1 Lista de ensayos especiales.

Entre otros ensayos especiales:

7.4.1.1 Ensayo de onda de choque cortada.

7.4.1.2 Resistencia del aislamiento.

7.4.1.3 Ensayo de factor de potencia del aislamiento.

7.4.1.4 Medición de descargas parciales.

7.4.1.5 Ensayo de cortocircuito.

7.4.1.6 Medición del nivel de ruido.

7.4.1.7 Medición de impedancia de secuencia cero.

7.4.1.8 Medición del aislamiento del circuito magnético.

7.4.1.9 Ensayo de tensión de maniobra.

NOTA 72: Los ensayos considerados como especiales en esta norma podrán ser tomados como ensayos de rutina en casos particulares.

NOTA 73: El comprador tiene el derecho de designar un inspector para presenciar cualquiera de los ensayos y cuando éste así lo solicite, el fabricante debe suministrar una copia de todos los resultados de los ensayos de tipo, correpondientes a los transformadores en referencia. El comprador puede exigir someter uno o más transformadores a uno o más ensayos de tipo, siendo por cuenta de éste los gastos correspondientes, a menos que alguna unidad no cumpla con los requisitos de esta norma en los ensayos respectivos.

8 MARCACION Y ROTULACION

8.1 MARCACION.

8.1.1 Cada transformador deberá llevar marcadas la potencia nominal y la marca comercial o logotipo del fabricante visibles y legibles a una distancia no menor de 15 m.

8.2 ROTULACION.

8.2.1 Placa de características

8.2.1.1 Cada transformador deberá estar provisto de una placa de características de material a prueba de intemperie, fijada en una posición visible e indicando los datos enumerados a continuación que se marcarán en forma indeleble y legible en la misma (por grabado, estampado o similar):

1) **Tipo del transformador (por ejemplo: transformador, auto-transformador, transformador compensador, transformador de regulación).**
2) **Número de la Norma Venezolana COVENIN para los que son fabricados en el país.**
3) **Nombre del fabricante y lugar de fabricación.**
4) **Número de serie del fabricante.**
5) **Fecha de fabricación.**
6) **Número de fases.**
7) **Potencia nominal.**
8) **Frecuencia nominal.**
9) **Tensiones nominales.**
10) **Corrientes nominales.**
11) **Símbolo del grupo vectorial.**
12) **Impedancia de cortocircuito a corriente nominal (valor obtenido en prueba de tensión de cortocircuito para la toma principal).**
13) **Tipo de enfriamiento. Si un transformador, cuyo diseño lo permite específicamente, tiene más de un conjunto de valores nominales dependiendo del tipo de enfriamiento o de las conexiones del devanado, estos valores nominales adicionales deben indicarse en la placa de valores nominales.**

14) Clase de temperatura.

15) Diagrama de conexiones (en los casos en que los símbolos del grupo vectorial no dan una información completa con respecto a las conexiones internas).

16) Nivel de aislamiento (aplicable a los devanados diseñados para tensión de 3 kV o más y al terminal neutro de todos los devanados de aislamiento escalonado).

17) Peso total.

18) Peso de transporte.

19) Peso del núcleo y devanado.

20) Peso del aceite aislante.

21) Líquido aislante (si no es aceite mineral).

22) Detalles de las tomas distintas de la toma principal.

a) Potencia de toma (únicamente si difiere de la potencia nominal y en caso que el alcance de toma sea mayor de ± 5%. Debe indicarse la toma correspondiente).

b) Valores extremos de las tensiones (en vacío) en ambos lados (estas tensiones son los valores extremos de las tensiones apropiadas definidas en el punto 6.2.4.2. En el caso de flujo variable o regulación mixta, véase el punto 3.11.13 y el anexo C, los valores distintos de los valores nominales de tensión en los devanados sin tomas se colocan entre paréntesis).

c) Corriente correspondiente.

Tensiones de cortocircuito correspondiente (únicamente si el alcance de tomas es mayor que ± 5 % y si la potencia nominal excede 1.000 kVA. Los valores son medidos para las corrientes correspondientes y expresados como porcentaje de las correspondientes tensiones apropiadas según el punto 6.2.4.2).

23) Para los devanados terciarios, en caso necesario, se debe indicar la potencia nominal, la tensión nominal, la intensidad nominal y la tensión de cortocircuito nominal con la potencia de referencia.

8.2.1.2 En casos complicados, podrá darse en una placa especial una información más detallada basada en un acuerdo entre el fabricante y el comprador. Si es necesario, deberá darse un recuento completo de todas las características en una placa especial (preferiblemente en forma de una tabla).

BIBLIOGRAFIA

IEC 76-1 (1976) Power Transformers. Part 1: General. Edited by International Electrotechnical Commission. 1976. Suiza.

ANSI C 57.12.00-93 Standard General Requirements for Liquid Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers. Edited by American National Standard Institute. USA. 1993.

Tabla 1 Límites de aumentos de temperatura en transformadores de potencia y temperatura de referencia

CLASE DE AISLAMIENTO. (1)	AUMENTO DE TEMPERATURA PROMEDIO DE LOS DEVANADOS (2) (°C)	TEMPERATURA AMBIENTE MAXIMA (°C)	TEMPERATURA DE REFERENCIA (°C)
105 °C - (A)	55	40	75
120 °C - (E)	65	40	85
130 °C - (B)	80	40	100
155 °C - (F)	85	40	105
185 °C - (C)	115	40	135
220 °C - (C)	150	40	170

(1) Véase la Norma Venezolana COVENIN 532. El material aislante debe ser adecuado para soportar la temperatura indicada en paréntesis correspondientes a una clase de aislación.

(2) Temperatura medida por el método de la resistencia.

Tabla 2 Factores de fase

NUMERO DE FASES	FACTOR DE FASE
1	1
3	$\sqrt{3}$

Tabla 3 Orden de símbolos

1ra. LETRA	2da. LETRA	3ra. LETRA	4ta. LETRA
Indica el medio de enfriamiento en contacto con los devanados.		Indica el medio de enfriamiento en contacto con el sistema de enfriamieto externo.	
Tipo de medio	Tipo de circulación.	Tipo de medio	Tipo de circulación.

Tabla 4 Valores normalizados de potencia nominal

TRANSFORMADORES (NOTA 75)	
MONOFASICOS (kVA)	**TRIFASICOS (kVA)**
5	15
10	30
15	45
25	75
37 1/2	112 1/2
50	150
75	225
100	300
167 1/2	500
250	750
333	1000
500	1500
	2000
	2500
	3750
	5000
	7500
	10000
	12000
	15000
	20000
	25000
	30000
	37500
	50000
	60000
	75000
	100000

NOTA 74: Para transformadores monofásicos y para transformadores trifásicos cuya potencia no está indicada en la tabla 4, los valores serán objeto de acuerdo entre el fabricante y el comprador.

Tabla 5 . Límites de elevación de temperatura para transformadores de tipo seco. (NOTA 75)

1	2	3
PARTE	TIPO DE ENFRIAMIENTO	AUMENTO DE TEMPERATURA PROMEDIO (°C)
Devanados (medida por el método de variación de resistencia).	Aire: Natural o Forzado	(NOTA 76)
Núcleo y otras partes: a) Adyacente al devanado. b) No adyacente al devanado.		a) Iguales valores que para los devanados. b) Un valor que no afectará adversamente las partes aislantes que puedan estar en contacto.

NOTA 75: Los materiales aislantes pueden ser usados separadamente o en combinación, siempre que en cualquier aplicación, cada material no esté sujeto a una temperatura superior a la conveniente, si trabaja bajo condiciones de régimen normal.

NOTA 76: Estos valores son los indicados en la tabla 1.

Tabla 6 Límites de elevación de temperatura para transformadores sumergidos en aceite.

1	2	3
PARTE	CLASE DE AISLAMIENTO	AUMENTO DE TEMPERATURA PROMEDIO (°C)
Devanados (Medida por el método de variación de resistencia).	105 (A)	55
	120 (E)	65
Parte superior del aceite (medida por termómetro).		No debe ser mayor al aumento de temperatura promedio de los devanados.
Núcleos y otras partes.		La temperatura en ningún caso deberá alcanzar el valor que pueda dañar el núcleo o partes adyacentes.

Tabla 7 Niveles de aislamiento y tensiones de ensayo para transformadores secos. (NOTA 77)

TENSION NOMINAL DEL SISTEMA (kV)	TENSION MAXIMA DEL SISTEMA (kV EFICAZ)	NIVEL DE AISLAMIENTO					
		MINIMA TENSION DE ENSAYO			TENSIONES DE ENSAYO NORMALMENTE UTILIZADAS		
		POR ONDA DE CHOQUE (kV CRESTA	A FRECUENCIA INDUSTRIAL (kV EFICAZ)		POR ONDA DE CHOQUE (kV CRESTA)	A FRECUENCIA INDUSTRIAL (kV EFICAZ)	
			AISLAMIENTO UNIFORME	AISLAMIENTO ESCALONADO		AISLAMIENTO UNIFORME	AISLAMIENTO ESCALONADO
1,2	1,29	10	4	4	10 20 30	4 10 12	4 10 10
2,4	2,54	20	10	10	20 30 45	10 12 19	10 10 10
4,8	5,08	30	12	10	30 45 60	12 19 31	10 10 10
8,32	8,8	45	19	10	45 60 95	19 31 34	10 10 10
14,4	15,5	60	31	10	60 95 110	31 34 37	10 10 10
24,0	25,12	110	37	10	95(NOTA 78) 110 125 150	34 37 40 50	10 10 10 10
34,5	36,51	150	50	10	125(NOTA 78 150 200	40 50 70	10 10 10

NOTA 77 Para transformadores cuyo nivel de tensión nominal no esté especificado en la tabla, se tomará el nivel de tensión nominal inmediato superior.

NOTA 78 Se permitirá este nivel inferior cuando se utilicen descargadores con niveles de tensión de descarga inferiores.

Tabla 8 Niveles de aislamiento y tensiones de ensayo para transformadores sumergidos en líquidos aislantes. (NOTA 79)

TENSION NOMINAL DEL SISTEMA (kV)	TENSION MAXIMA DEL SISTEMA (kV EFICAZ)	NIVEL DE AISLAMIENTO				
		MINIMA TENSION DE ENSAYO		TENSIONES DE ENSAYO NORMALMENTE UTILIZADAS (NOTA 80)		TENSIONES DE MANIOBRA (kV CRESTA)
		POR ONDA DE CHOQUE (kV CRESTA)	A FRECUENCIA INDUSTRIAL (kV EFICAZ)	POR ONDA DE CHOQUE (kV CRESTA)	A FRECUENCIA INDUSTRIAL (kV EFICAZ)	
1,2	1,29	30	10	30 45	10 15	
2,4	2,54	45	15	45 60	15 19	
4,8	5,08	60	19	60 75	19 26	
8,32	8,8	75	26	75 95	26 34	
14,4	15,5	95	34	95 110	34 34	
24,0	25,8	125	40	125 150	40 50	
34,5	36,51	150	50	150 170 200	50 70 70	
69,0	72,5	250	95	250 350	95 140	
115	123	350	140	350 450 550	140 185 230	280 375 460
138	145	450	185	450 550 650	185 230 275	375 460 540

ontinuación tabla 8.

TENSION NOMINAL DEL SISTEMA (kV)	TENSION MAXIMA DEL SISTEMA (kV EFICAZ)	NIVEL DE AISLAMIENTO				
		MINIMA TENSION DE ENSAYO		TENSIONES DE ENSAYO NORMALMENTE UTILIZADAS (NOTA 80)		TENSIONES DE MANIOBRA (kV CRESTA)
		POR ONDA DE CHOQUE (kV CRESTA)	A FRECUENCIA INDUSTRIAL (kV EFICAZ)	POR ONDA DE CHOQUE (kV CRESTA)	A FRECUENCIA INDUSTRIAL (kV EFICAZ)	
230	245	650	275	650 750 825 900	275 325 360 395	540 620 685 745
400	420	1175	570	1175 1300 1425	520 570 630	975 1080 1180
765	800	1800	800	1800 1925 2050	800 860 920	1500 1600 1700

NOTA 79: Para transformadores cuyo nivel de tensión nominal no esté especificado en la tabla, se tomará el nivel de tensión nominal inmediato superior.

NOTA 80: Las tensiones de ensayo normalmente utilizadas se tomarán en forma correlativa. Por ejemplo: para una tensión de ensayo por onda de choque de 45 kV de cresta, se tomará como tensión de ensayo a frecuencia industrial una de 15 kV eficaz.

Tabla 9 Categorías de aislamiento escalonado

CATEGORIAS	FORMAS ADMITIDAS DE CONEXION A TIERRA
1	Punto neutro del devanado conectado sólidamente a tierra a través de una conexión donde no se ha incluido intencionalmente una impedancia. (La conexión a tierra a través de un transformador de corriente se considera que cumple esta condición).
2	Punto neutro del devanado conectado a un transformador de regulación, cuyo neutro esté o no conectado a tierra y con dispositivo limitador de tensión conectado en paralelo con el transformador regulador.
3	Punto neutro del devanado no conectado a tierra a través de una impedancia o de una resistencia, con un dispositivo limitador de tensión adecuado, conectado entre el punto neutro de este devanado y tierra.
4	Punto neutro del devanado conectado a tierra a través de una bobina de extinción de arco, con dispositivo limitador de tensión adecuado entre el punto neutro del devanado y tierra.

Tabla 10 Niveles de aislamiento para terminales neutro de devanados de transformadores con aislamiento escalonado (NOTA 81).

AISLAMIENTO	TENSION EFICAZ APLICADA A FRECUENCIA INDUSTRIAL (kV)
CATEGORIA 1	38
CATEGORIA 2	ENR+(ELT-ENR) X .Tensión adicional debida al transformador de regulación. .Tensión nominal del devanado del transformador. Con un mínimo de 38 kV. ENR: Tensión de ensayo del punto neutro del transformador de regulación. ELT: Tensión de ensayo del terminal de línea del devanado del transformador.
CATEGORIA 3	36% a 65% de la tensión de ensayo del terminal de línea, determinada de acuerdo con las características de los aparatos y de la red.
CATEGORIA 4	58% a 65% de la tensión de ensayo del terminal de línea.

NOTA 81: Cuando se determina la categoría de aislamiento del neutro, deberá tomarse en cuenta la posibilidad de modificación posterior de la puesta a tierra del neutro o la posibilidad de que los transformadores sean intercambiados.

Tabla 11 Límites de sobrecorriente para transformadores con dos devanados(NOTA 82)

POTENCIA NOMINAL		LIMITE SUPERIOR DE SOBRECORRIENTE (VALOR EFICAZ SIMETRICO) EXPRESADA COMO UN MULTIPLO DE LA CORRIENTE NOMINAL.	IMPEDANCIA EQUIVALENTE
MONOFASICO (kVA)	TRIFASICO (kVA)		(%)
5 a 25	15 a 75	40	2,50
37,5 a 110	112,5 a 300	35	2,86
167 a 500	500 a 630	25	4,00
	631 a 1250	20	5,00
	1251 a 3150	16	6,25
	3151 a 6300	14	7,15
	6301 a 12500	12	8,35
	12501 a 25000	10	10,00
	25001 a 100000	8	12,50

NOTA 82 Para valores intermedios de los contemplados en esta tabla se interpolará.

Tabla 12. Categoría de los transformadores de acuerdo al tiempo mínimo de cortocircuito que deben soportar.

CATEGORIA	MONOFASICO (kVA)	TRIFASICO (kVA)
I (NOTA 83)	5 a 500	15 a 500
II	501 a 1667	501 a 5000
III	1668 a 10000	5001 a 30000
IV	mayores a 10000	mayores a 30000

NOTA 83: Todos los autotransformadores deben ser incluidos en la categoría I sin importar su capacidad.

Tabla 13 Valores del factor "a"

a = Función de 1/2 (T_2 + T_0) °C		
1/2 (T_2 + T_0) °C	DEVANADOS DE COBRE	DEVANADOS DE ALUMINIO
140	7,41	16,50
160	7,80	17,40
180	8,20	18,30
200	8,59	-----
220	8,99	-----
240	9,38	-----

Tabla 14 Temperatura máxima promedio permisible del devanado (T_2)

CLASE DE TEMPERATURA	VALOR DE T_2 °C	
	DEVANADOS DE COBRE	DEVANADOS DE ALUMINIO
TRANSFORMADORES DE TIPO SECO		
105	180	180
120	250	200
130	350	200
155 y 180	350	---
TRANSFORMADORES SUMERGIDOS EN ACEITE		
105	250	200

Tabla 15 Tolerancias (NOTA 84)

RENGLON	TOLERANCIA
1. a) Pérdidas totales b) Pérdidas parciales	+ 1/10 de las pérdidas totales + 1/7 de cada pérdida parcial siempre que no exceda la tolerancia para las pérdidas totales.
2. Relación de transformación en vacío para la toma principal (relación de transformación nominal). NOTA: Las tolerancias en las otras tomas deben ser objeto de un acuerdo entre el fabricante y el comprador.	El más bajo de los dos valores siguientes: ± 1/200 de la relación especificada o 1/10 de la tensión de cortocircuito real a la carga nominal expresada en tanto por ciento.
3. Tensión de cortocircuito. a) Para la toma principal (tensión de cortocircuito a corriente nominal). - Transformador de devanados - Transformador de devanados múltiples.	± 1/10 de la tensión de cortocircuito especificada para la toma correspondiente. ± 1/10 de la tensión de cortocircuito especificada para el par especificado de devanados. ± 1/7 de la tensión de cortocircuito especificada para el segundo par de devanados. En pares adicionales de devanados, la tolerancia debe ser especificada según acuerdo entre el fabricante y el comprador.
b) Para las tomas distintas de la toma principal.	± 1/7 del valor indicado para cada una de las tomas en las cuales la tensión no difiere en ± 5% de la tensión de la toma principal. Para otras tomas, las tolerancias deben ser convenidas entre el fabricante y el comprador.
4. Corriente en vacío	+ 3/10 de la corriente en vacío especificada.

NOTA 84 Cuando no se indica un sentido en una tolerancia, no hay ninguna limitación de la tolerancia en dicho sentido.

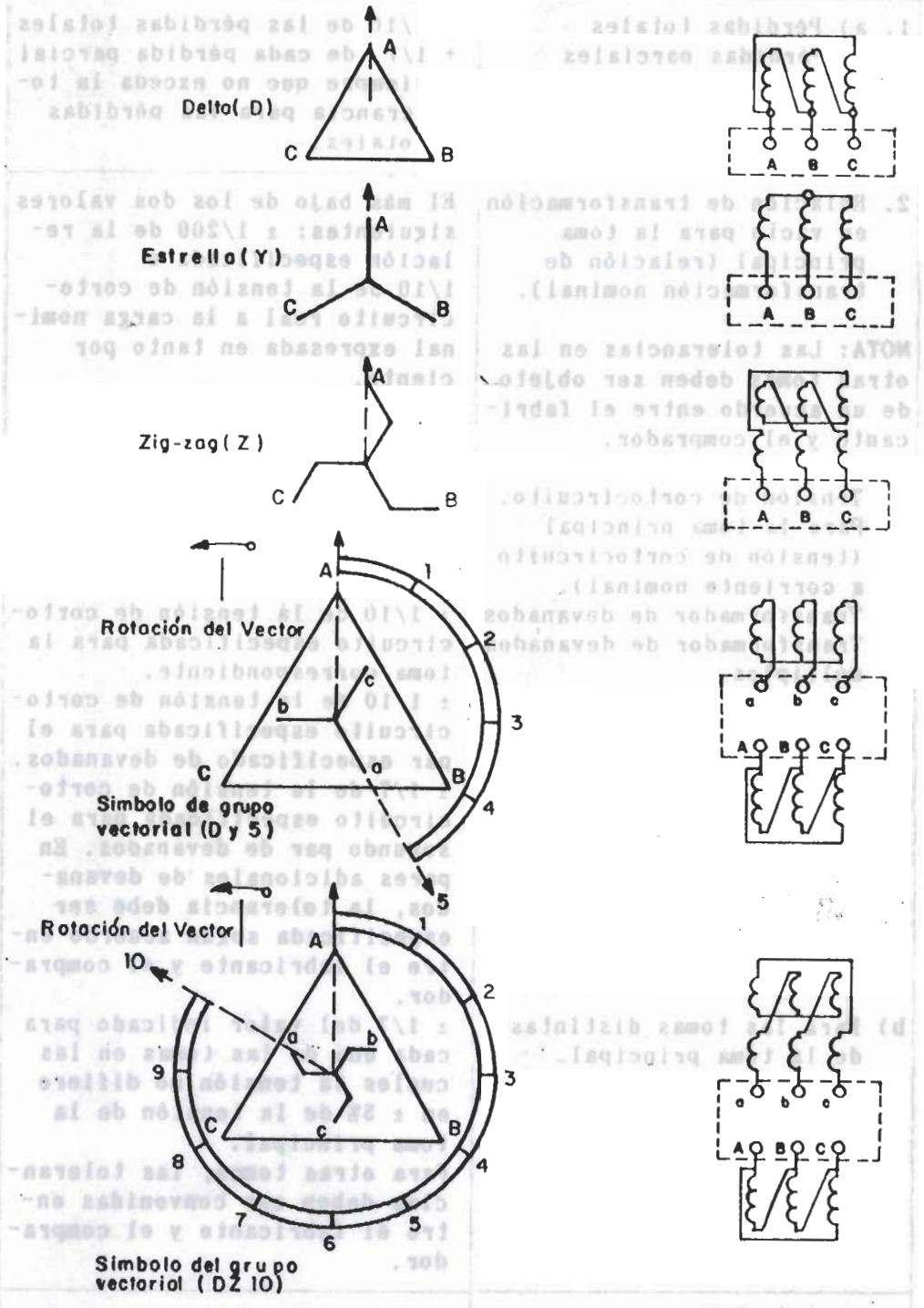


Figura 1. Ejemplos ilustrados del uso de los símbolos del grupo vectorial.

ANEXO A

EJEMPLO DE ESPECIFICACIONES PARA TRANSFORMADORES CON TOMAS DE REGULACION

(El significado de los asteriscos es dado en la nota 50).

A.1 REGULACION CON FLUJO CONSTANTE.

a) 1er. ejemplo: Un transformador para tensiones nominales de 50 kV y 10 kV, con tensión * constante en el lado de alta tensión y siendo el alcance de variación en baja tensión 10 kV ± 10 % logrado con tomas en la baja tensión con 9 posiciones de regulación:

Categoría de regulación: R.F.C.
Número de tomas: 9
Indicación de las tensiones * 50/10 ± 10 % kV ó **50/11,** 10, 9 kV.

b) 2do. ejemplo: Como se **indica anteriormente, pero con un** alcance de variación de tensión en el lado de **baja de 10 kV ± 10 %** lograda con tomas en la baja tensión con 5 **posiciones de regulación:**

Categoría de regulación: R.F.C.
Número de tomas: 5

Indicación de las tensiones* 50/10 ± 10% kV ó 50/11, 10 kV

A.2 REGULACION CON FLUJO VARIABLE

a) 1er ejemplo: Un transformador como en A.1 a), pero con una variación de tensión obtenida con tomas en **alta tensión con 9 posiciones:**

Categoría de regulación: R.F.V.
Número de tomas: 9

Indicación de las tensiones* 50/10 ± (10%) kV ó 50/(11), 10, (9) kV.

NOTA A1: El alcance **de tomas en el devanado de alta tensión con tomas que corresponde al alcance de las variaciones de tensión del lado de baja tensión será:**

$$\frac{10-9}{9} \times 100\% \; ; \; \frac{10-11}{11} \times 100\% \text{ ó sea } +11{,}1\%; \; -9{,}1\%$$

Si se prefiere obtener una simetría en el alcance de tomas en el diseño del transformador, el fabricante puede realizar todo el alcance de la variación de tensión solicitada en los terminales del devanado sin toma, adoptando un alcance de las tomas simétricas de ± 11,1 %.

El alcance real de las variaciones de tensión será entonces:

10 (+ 11,2%) ; (-10%) kV ó sea (11,2) ; 10 (9) kV

b) 2do. ejemplo: Un transformador como en A.2 a), pero con una variación de tensión obtenida por medio de tomas de 5 posiciones en alta tensión:

Categoría de regulación: R.F.V.
Número de tomas: 5

Indicación de las tensiones* 50/10 (+ 10%) kV ó 50/(11), 10 kV

NOTA A2: El alcance de tomas correspondiente al devanado de alta tensión con tomas será:

$$\frac{10-11}{11} \times 100\% \text{ ó sea } -9,1\%$$

A.3 REGULACION MIXTA.

Se considera el caso de un transformador trifásico para tensiones nominales de 44.000 V y 11.200 V, regulado por tomas en la alta tensión con las posiciones de regulación para alcances de variaciones de tensión de 46.200 V, 44.000 V y 41.800 V para el devanado con tomas y de (12.300) V, 11.200 V, (10.350) V para el devanado sin tomas.

Los valores extremos necesarios para la relación de transformación entre estas tensiones variables, corresponden a las combinaciones de los valores extremos opuestos de los alcances de la variación de tensión. En consecuencia, son las relaciones: 46.200 / 10.350 = 4,47, y 41.800 /12.300 = 3,40.

La posición media debe además de corresponder a la toma principal.

El alcance de tomas queda de esta manera determinado. (Las cifras de este ejemplo han sido escogidas de tal manera que exista una simetría en el alcance de tomas).

NOTA A3: En ciertas posiciones se puede obtener unas tensiones* cuyos valores están fuera del alcance de variaciones especificadas. Tales valores no necesitan ser tomados en consideración en el diseño. Se consideran dos casos:

a) 1er. ejemplo: La potencia de toma debe ser igual a la potencia nominal en cualquiera de las tomas. En este caso, es suficiente especificar los alcances de la variación de tensión de los dos devanados:

44.000 ± 5% / 11.200 (+9,8%), (-7,6%) V ó
46.200, 44.000, 41.800 / (12.300), 11.200, (10,350) V.

b) 2do. ejemplo: Están especificados unos valores distintos de potencias de toma en ciertas posiciones. En estos casos, estos valores deben ser especificados adicionalmente. Especialmente en estos casos complicados y cuando las potencias de tomas tienen valores variables, es por medio de una tabla que resulta más práctico representar todos los elementos del problema. Sin embargo, los números exactos en esta tabla no pueden ser determinados, sino después de que el diseño esté terminado.

Cuando una de estas tablas es objeto de una placa de caracteríscas adicional, los valores medidos de las tensiones de cortocircuito para ciertas posiciones de tomas pueden ser agregados. Estas tensiones de cortocircuito se indican en porcentaje de las tensiones* particulares asociadas a las tomas consideradas y para las corrientes correspondientes. Un ejemplo de tabla para un transformador tal como el antes mencionado, es indicado en la tabla A1 de este anexo.

Tabla A1 Placa de característica adicional para un transformador con cambiador de toma bajo carga con potencia diferente en algunas de las tomas.

ALTA TENSION		46.200 V 375 A PARA 30 MVA				44.000 V 394 A PARA 30 MVA				41.800 V 414 A PARA 30 MVA			
REGULACION EN EL DEVANADO DE ALTA TENSION	RELACION DE TRANSFORMACION	BAJA TENSION				BAJA TENSION				BAJA TENSION			
		MVA	V	A	U_0	MVA	V	A	U_0	MVA	V	A	U_0 %
1	4,47	28,4	10.350	1.585	9,6	---	---	---	---	---	---	---	---
2	4,38	29,0	10.550	1.585	---	---	---	---	---	---	---	---	---
3	4,29	29,6	10.780	1.585	---	28,2	10.250	1.585	9,7	---	---	---	---
4	4,20	30,0	11.000	1.575	---	28,7	10.470	1.585	---	---	---	---	---
5	4,11	30,0	11.240	1.545	---	29,4	10.700	1.585	---	---	---	---	---
6	4,02	30,0	11.500	1.510	---	30,0	10.940	1.585	---	28,6	10.400	1.585	9,6
7	<u>3,93</u>	30,0	11.750	1.475	---	<u>30,0</u>	11.200	<u>1.545</u>	<u>8,6</u>	29,6	10.640	1.585	---
8	3,84	30,0	12.020	1.440	---	30,0	11.460	1.515	---	30,0	10.890	1.585	---
9	3,75	30,0	12.320	1.405	7,0	30,0	11.730	1.475	---	30,0	11.150	1.555	---
10	3,66	---	---	---	---	30,0	12.000	1.445	---	30,0	11.420	1.520	---
11	3,57	---	---	---	---	30,0	12.320	1.405	7,2	30,0	11.700	1.480	---
12	3,48	---	---	---	---	---	---	---	---	30,0	12.000	1.440	---
13	3,40	---	---	---	---	---	---	---	---	30,0	12.300	1.410	7,2

Los valores nominales están subrayados.

Las cantidades fuera de los "alcances de variación de tensión" son omitidas, éllas no se toman en cuenta en el diseño.

Para simplificar, ninguna cantidad está colocada entre paréntesis; la indicación de que las tomas están en el devanado de alta tensión figura en la parte superior de la columna 1.

En lugar de dar datos completos para todas las posiciones de las tomas como se indica en la tabla A1, puede ser preferible mencionar solamente parte de ellos, por ejemplo en la siguiente forma abreviada:

Valor nominal: Toma principal: posición 7
30 MVA: 44.000/11.200 V
394/1.545 A

Tensión de cortocircuito (U_0 %): 8,6 %

Datos para las otras posiciones de las tomas:

46.200/ (10.350) a (12.320) V
355 a 375/ 1.585 a 1.405 A

Posición: 1 a 9
28,4 a 30 MVA

44.000/(10.250) a (12.320) V
370 a 394/1.585 a 1.410 A

Posición: 3 a 11
28,2 a 30 MVA

41.800/(10.400) a (12.300) V
394 a 414/1.585 a 1.410 A

Posición: 6 a 13
28,6 a 30 MVA

ANEXO B

CONEXIONES USUALES DE LOS TRANSFORMADORES

B.1 Transformadores trifásicos. La figura B1 da detalles de conexiones de transformadores de uso general y su correspondiente ángulo de desfase.

En dicha figura, las marcas de los terminales A, B, C y a, b, c, se usan en los diagramas únicamente para fines ilustrativos.

Debe recordarse que los desfases diferentes de las horas de reloj 0, 4 y 8 no son adecuados para uso con autotransformadores conectados en estrella.

B.2 Ejemplo de tres transformadores monofásicos conectados para formar un banco trifásico. En este caso ambos extremos de cada devanado se conectan exteriormente a los aisladores de terminales marcados. Un ejemplo de tal conexión se muestra en la figura B2.

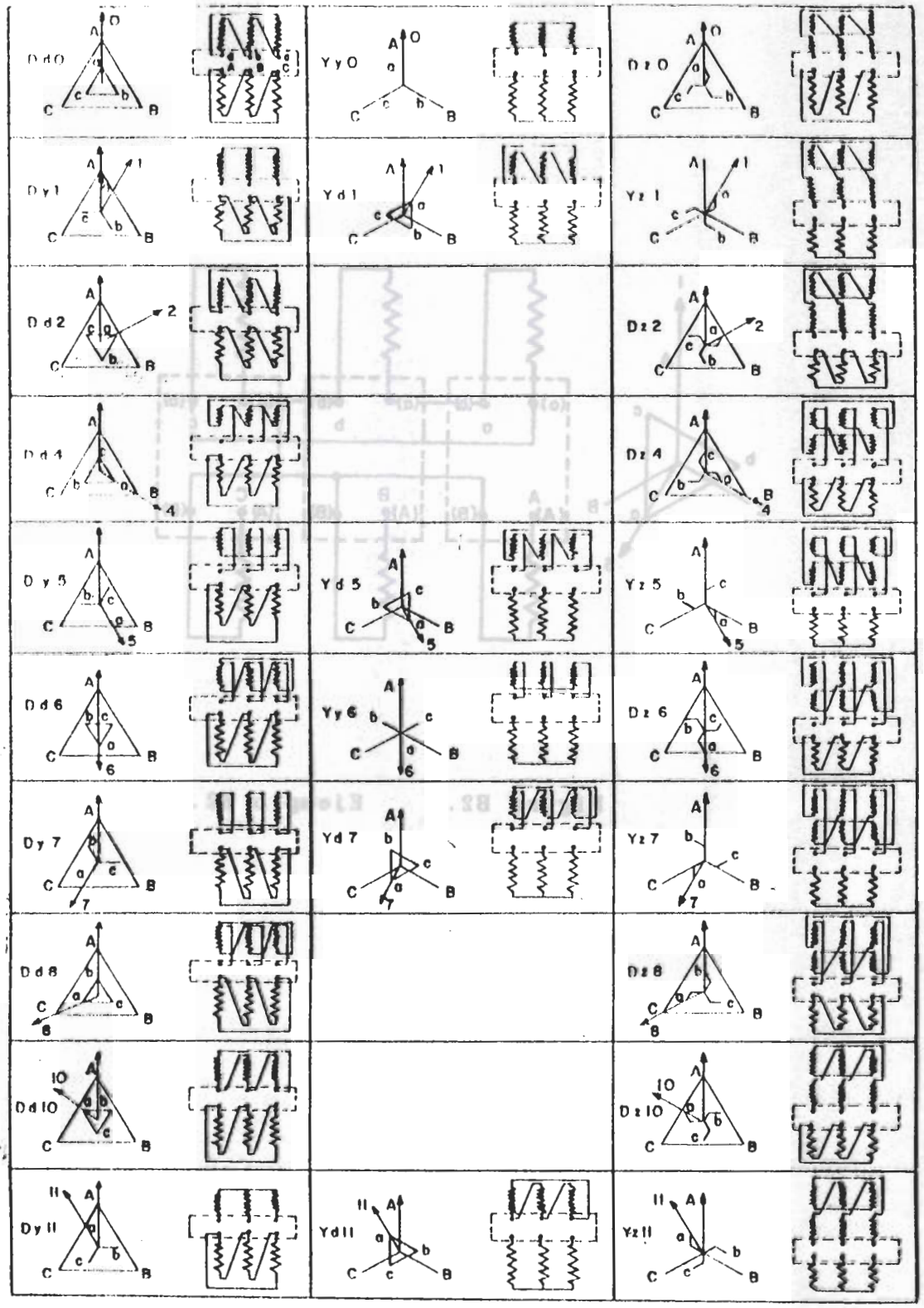


Figura B1 Designación de conexiones de transformadores trifasicos mediante símbolo de grupo vectorial.

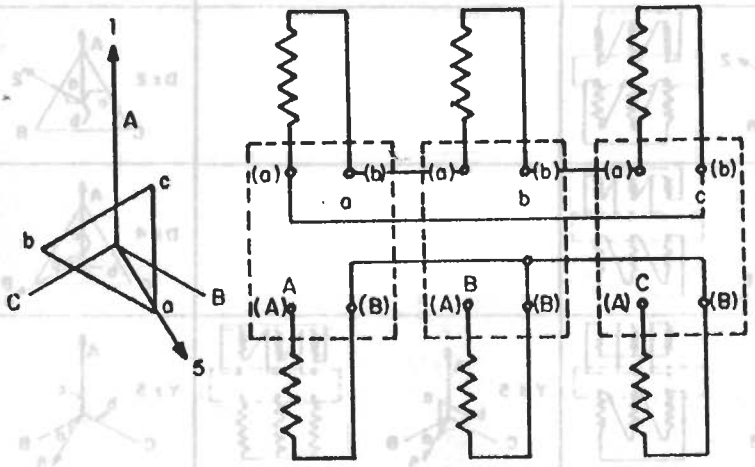


Figura B2. Ejemplo B2.

ANEXO C

CONEXION EN PARALELO DE TRANSFORMADORES TRIFASICOS

C.1 CONDICIONES ESENCIALES.

El funcionamiento en paralelo se considera cuando hay conexiones directas, terminal a terminal, para dos de sus devanados (siendo necesario especificarlos), considerando en circuito abierto los otros devanados no conectados en paralelo. En los otros casos, el funcionamiento en paralelo debe ser objeto de un estudio especial. A fin de que dos transformadores puedan funcionar en paralelo bajo las condiciones especificadas más arriba, las siguientes condiciones son imprescindibles para cada conjunto de dos pares de devanados:

C.1.1 Conexiones.

Las conexiones deben ser compatibles entre sí:

a) Transformadores con el mismo desfase o sea el mismo número hora en el diagrama vectorial, pueden funcionar en paralelo si se conectan juntos en el primario y en el secundario respectivamente, los terminales que llevan el mismo símbolo, es decir la misma letra y el mismo número.

b) Desde el punto de vista de posibilidades de funcionamiento en paralelo cuando los números-hora son diferentes, las conexiones pueden clasificarse en cuatro grupos:

Grupo I: contiene números-hora: 0, 4 y 8.
Grupo II: contiene números-hora: 6, 10 y 2
Grupo III: contiene números-hora: 1 y 5
Grupo IV: contiene números-hora: 7 y 11

c) El funcionamiento en paralelo de dos transformadores del mismo grupo es siempre posible bajo condiciones de carga sustancialmente balanceada. Si tienen números-hora diferentes (la diferencia en números-hora en el mismo grupo siendo siempre 4 ú 8 ó sea un desfase de 120° ó 240° el cual es el que existe entre dos fases de un sistema trifásico), los terminales de las misma notación (letra o número) en los dos transformadores, deben conectarse en un lado (primario o secundario) y en el otro lado los terminales deben conectarse en rotación cíclica según el diagrama de la figura C1.

d) Un transformador del Grupo III puede funcionar en paralelo con un transformador del Grupo IV si el sentido de rotación del vector de tensión de un transformador está invertido con relación al otro. El cambio de conexiones de los dos terminales está dado en la figura C2.

e) No es posible el funcionamiento en paralelo de dos transformadores de grupos diferentes, a excepción de la combinación III - IV mencionada antèriormente en este anexo. Por lo tanto no es posible hacer funcionar en paralelo las siguientes combinaciones:

Grupo I: con II, ó III ó IV
Grupo II: con I, ó III o IV
Grupo III: con I, ó II
Grupo IV: con I, ó II

C.1.2 Relaciones de transformación

Las relaciones de transformación deben ser iguales dentro de los límites de las tolerancias permisibles.

C.1.3 Tensiones de cortocircuito

Las tensiones de cortocircuito deben ser iguales dentro de los límites de tolerancias permisibles. Sin embargo, en la práctica en la mayoría de los casos no es necesario asegurarse que sean respectivamente iguales, ni la componente activa ni la componente reactiva.

C.2 GARANTIAS.

El funcionamiento correcto en paralelo de un transformador dado con otro, podría ser objeto de garantías siempre que la relación de las potencias nominales para devanados en paralelo esté entre 0,5 y 2.

Si los transformadores están diseñados con tomas de regulación, la garantía se aplica a la operación en las tomas principales de los transformadores en paralelo y debe ser objeto de un acuerdo entre el fabricante y el comprador, el funcionamiento en otras tomas.

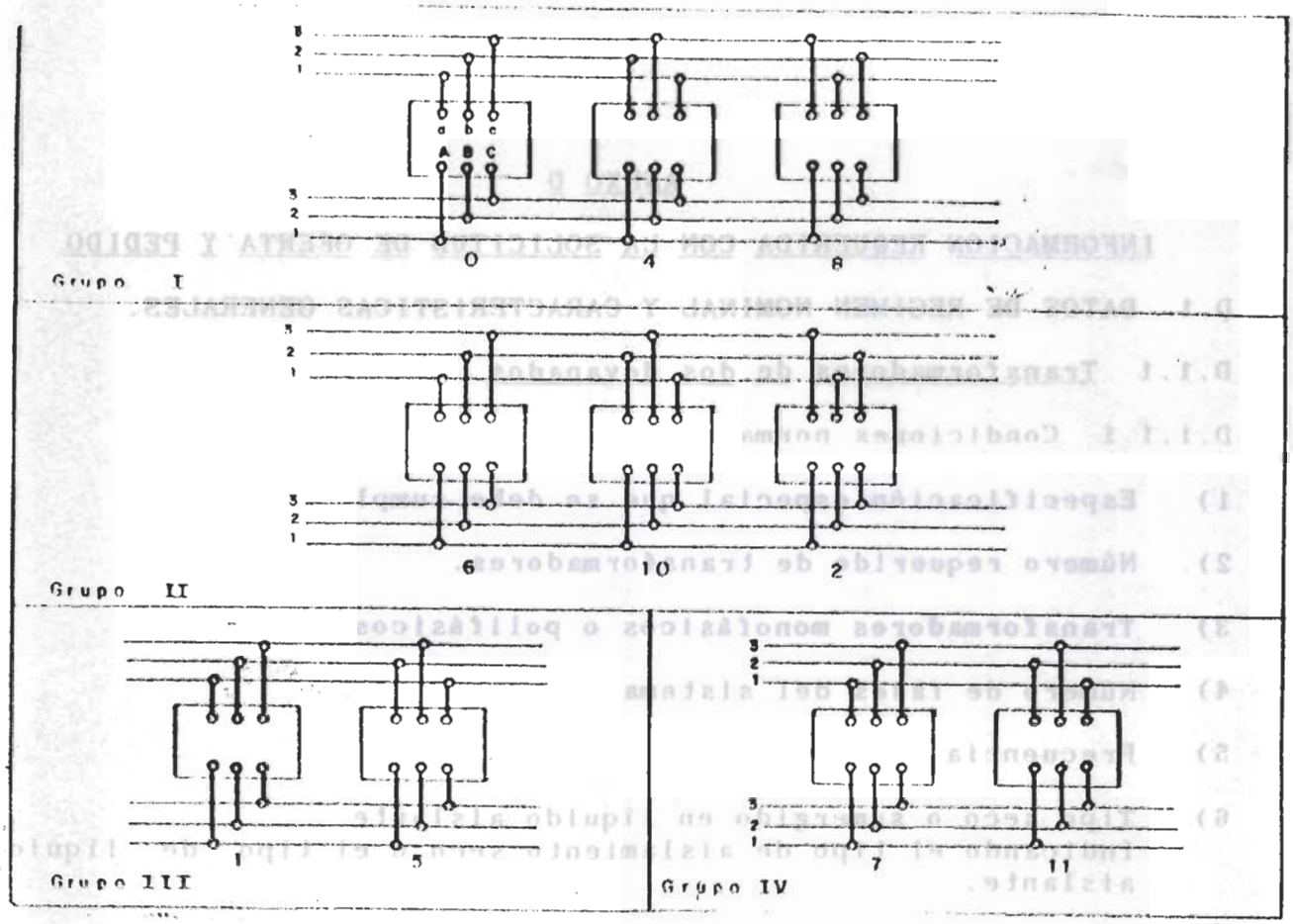


Figura C1 Funcionamiento en paralelo de transformadores del **mismo grupo.**

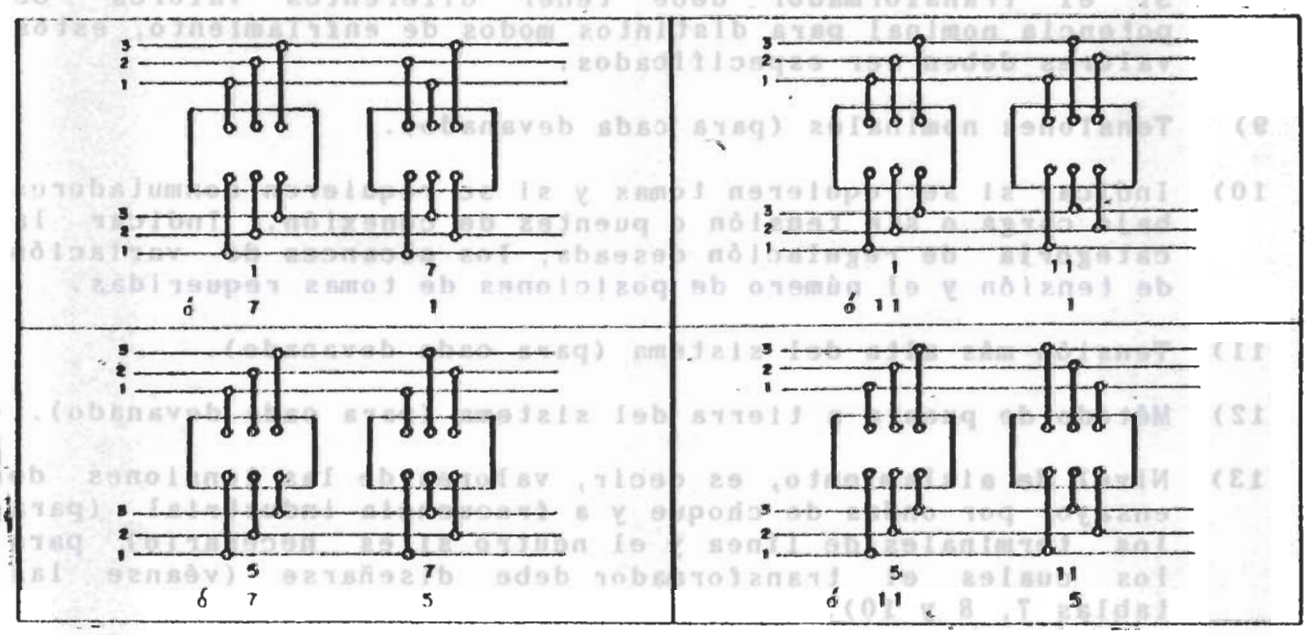


Figura C2 Funcionamiento en paralelo de transformadores de **los grupos** III y IV.

NOTA C1: Los números grandes al pié de cada diágrama indican los números-horas.

ANEXO D

INFORMACION REQUERIDA CON LA SOLICITUD DE OFERTA Y PEDIDO

D.1 DATOS DE REGIMEN NOMINAL Y CARACTERISTICAS GENERALES.

D.1.1 Transformadores de dos devanados.

D.1.1.1 Condiciones normales:

1) Especificación especial que se debe cumplir.

2) Número requerido de transformadores.

3) Transformadores monofásicos o polifásicos.

4) Número de fases del sistema.

5) Frecuencia.

6) Tipo seco o sumergido en líquido aislante.
Indicando el tipo de aislamiento seco o el tipo de líquido aislante.

7) Tipo de instalación: interior o exterior.

8) Potencia nominal en kVA y en el caso de alcances de variaciones de tensión en exceso de ± 5%, la potencia en las tomas extremas.
Si el transformador debe tener diferentes valores de potencia nominal para distintos modos de enfriamiento, estos valores deben ser especificados.

9) Tensiones nominales (para cada devanado).

10) Indicar si se requieren tomas y si se requieren conmutadores bajo carga o sin tensión o puentes de conexión. Indicar la categoría de regulación deseada, los alcances de variación de tensión y el número de posiciones de tomas requeridas.

11) Tensión más alta del sistema (para cada devanado).

12) Método de puesta a tierra del sistema (para cada devanado).

13) Nivel de aislamiento, es decir, valores de las tensiones de ensayo por ondas de choque y a frecuencia industrial (para los terminales de línea y el neutro si es necesario) para los cuales el transformador debe diseñarse (véanse las tablas 7, 8 y 10).

14) Símbolo del grupo vectorial.

15) Bornes de neutro, si son necesarios (para cada devanado).

16) Tipo de enfriamiento.

17) Precauciones que deben ser tomadas durante la instalación, el montaje, el transporte y el manejo en general.

18) Cualquier información adicional apropiada.

D.1.1.2 Condiciones especiales:

1) Categoría requerida del aislamiento escalonado (véase la tabla 8), si es aplicable.

2) Si se requiere ensayo de tensión por ondas de choque, este ensayo debe incluir ondas cortadas.

3) Si se requiere un devanado estabilizador y en este caso, el método de puesta a tierra.

4) La tensión de cortocircuito con corriente nominal si se ha especificado determinado valor.

5) Si el transformador estará directamente asociado con otros aparatos que pueden afectar las condiciones sobre cortocircuito.

6) Altitud si es mayor de 1.000 metros.

7) Temperatura del medio de refrigeración si está fuera de los valores dados en el punto 5.2.1.1.2.

8) Si alguno de los devanados debe ser conectado como auto-transformador.

D.1.2 Transformadores de más de dos devanados. Seguir en forma general las indicaciones dadas en èl aparte D.1.1, pero dar las indicaciones relativas a devanados adicionales y también:

1) Combinaciones de carga requeridas indicando, si es necesario, las cargas activas y reactivas separadamente, especialmente en el caso de autotransformadores de devanados múltiples.

2) Tensiones de cortocircuito especificadas si es el caso, para ciertos pares de devanados.

D.2 FUNCIONAMIENTO EN PARALELO

Se ha previsto el funcionamiento en paralelo con transformadores existentes, ésto debe indicarse y dar de ellos la información siguiente:

1) Potencia nominal en kVA.

2) Relación de transformación nominal.

3) Relación de transformación correspondiente a tomas distintas de la toma principal.

4) Pérdidas en carga a corriente nominal y tensión nominal en la toma principal, referidas a la temperatura de referencia apropiada.

5) Tensión de cortocircuito correspondiente a la corriente nominal (en la toma pricipal).

6) Tensión de cortocircuito sobre tomas extremas si el alcance de variación de tensión excede ± 5 %.

7) Diagrama de conexiones o símbolo de grupo vectorial o ambos.

NOTA D1: En el caso de transformadores de más de dos devanados generalmente se requerirá información adicional.

ANEXO E

SELECCION DE LOS NIVELES DE AISLAMIENTO

E.1 GENERALIDADES.

El nivel de aislamiento debe ser especificado por el comprador. La selección del nivel de aislamiento estará regida por los siguientes factores:

a) La tensión más elevada del sistema.

b) Condiciones de puesta a tierra del sistema.

c) Grado de exposición del transformador a sobretensiones y nivel de protección del dispositivo protector.

E.2 TENSION MAS ELEVADA DEL SISTEMA.

La tensión más elevada del sistema no debe ser confundida con cualquiera de las siguientes:

a) Tensión nominal del sistema.

b) Tensión nominal del transformador.

c) Tensión de circuito abierto de cualquier toma.

Ciertas tensiones de tomas pueden exceder la tensión más elevada del sistema, pero este hecho no implica un aumento del nivel de aislamiento o de la tensión de ensayo prescrita por la presente norma.

E.3 PUESTA A TIERRA DEL SISTEMA.

La selección del nivel de aislamiento es una función de nivel de protección del dispositivo de protección utilizado el cual depende principalmente del coeficiente de puesta a tierra del sistema.

El coeficiente de puesta a tierra en un lugar determinado de un sistema trifásico (generalmente el punto de instalación de un equipo) y para una configuración dada del sistema, es la relación expresada en tanto por ciento de la tensión eficaz más elevada a la frecuencia del sistema entre una fase sana y la tierra en este lugar, durante una falla a tierra que afecte a una o varias fases, a la tensión eficaz entre fases, a la frecuencia del sistema que se obtendría en dicho lugar cuando desaparezca la falla.

a tierra, excepto a través de dispositivos indicadores, medidores o protectores de muy alta impedancia.

b) Sistema compensado por bobina de extinción. Sistema cuyo neutro es puesto a tierra a través de una bobina dupresora de arco, cuya reactancia tiene un valor tal que durante una falla de línea a tierra, la corriente inductiva a frecuencia industrial que pase por esta bobina anula prácticamente la componente capacitiva a frecuencia fundamental de la corriente de falla.

c) Sistema de neutro puesto a tierra. El sistema de neutro a tierra es un sistema en el cual el neutro está conectado a tierra, ya sea sólidamente, o a través de una resistencia o reactancia de valor suficientemente bajo para reducir materialmente las oscilaciones transitorias y dar una corriente suficiente para protección selectiva contra fallas a tierra.

E.4 EXPOSICION A SOBRETENSIONES.

Los transformadores destinados a ser utilizados en situaciones expuestas a sobretensiones, deben ser diseñados para resistir un ensayo por ondas de choque.

En un sistema conectado efectivamente a tierra, el uso de una pararrayo de características adecuadas, puede permitir la escogencia de un transformador cuyo nivel de aislamiento sea menor.

Además de las sobretensiones atmosféricas a las cuales pueden estar sometidos los transformadores en las zonas expuestas, algunas sobretensiones pueden ser generadas en el interior de un transformador, o en otro punto del sistema y éstas afectan, tanto a los transformadores que están eléctricamente expuestos, como los que no lo están. Estas sobretensiones internas pueden resultar del funcionamiento de un interruptor automático o de un fusible durante alguna maniobra realizada en un circuito inductivo o capacitivo.

E.5 SELECCION DE LOS ENSAYOS POR ONDAS DE CHOQUE.

1) El ensayo por onda de choque no incluye sino aplicaciones de tensión en onda completa, pero si el comprador lo especifica especialmente se puede incluir aplicaciones en ondas cortadas.

2) Todos los arcos de los cortocircuitos en una estación se traducen por ondas cortadas de amplitud y frente distintos. Si es factible que éstos ocurran en servicio a un grado peligroso, la aptitud del transformador para resistir estas sobretensiones no puede ser determinada sino mediante un ensayo por onda cortada.

3) Un transformador previsto para ser sometido únicamente al ensayo por onda completa, es vulnerable en una medida no determinada a las ondas cortadas en la vecindas del transformador, porque se pueden desarrollar esfuerzos internos entre espiras o bobinas más elevados que en los casos de ondas completas.

4) Si esta situación es evitada por medio de dispositivos de protección adecuados, por ejemplo: pararrayos o descargadores de varillas con ajuste suficientemente preciso, los ensayos por onda cortada no son necesarios.

E.6 AISLAMIENTO A TIERRA.

Se debe escoger un aislamiento uniforme para todos los devandos conectados en delta, estrella o zig-zag cuando la conexión a tierra del terminal neutro de los devanados no está especificada.

Para la tensión más elevada de un sistema de 72,5 kV o de valor superior, se puede escoger el aislamiento escalonado en los casos de devanados en estrella y en zig-zag, cuando está especificado en el terminal neutro de los devanados estará conectado a tierra, según el punto 6.4.2 categoría 1, 2, 3 y 4 ó que éste estará protegido por un limitador de tensión adecuado.

Los transformadores monofásicos que forman parte o que pueden formar parte de un banco trifásico, deben tener un nivel de aislamiento adecuado para la tensión más elevada del sistema trifásico y también para el método de conexión a tierra, cualquiera que sea la forma de conexión (estrella, delta, zig-zag u otra).

COVENIN
536:1994

CATEGORÍA
F

CODELECTRA

Comité de Electricidad de Venezuela

Av. Sucre Los Dos Caminos, Centro Parque
Boyacá, Torre Centro, Piso 5, Oficina 51.
Teléfonos: 285-28-67 / 77-74 Fax: 285-47-87
E-mail: codelectra@codelectra.org

ICS: 621.314.2
ISBN: 980-06-1282-3

RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS
Phohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio.

Descriptores: Transformadores De Potencia