



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA
ELECTRICA Y ELECTRONICA**

TEMA:

**IMPLEMENTACION DE SALA
DE PRUEBAS PARA
TRANSFORMADORES DE
DISTRIBUCION**

INFORME SUSTENTATORIO PRESENTADO POR:

MOISES WILLIAM MANSILLA RODRIGUEZ

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL EN:
INGENIERIA ELECTRICA**

BELLAVISTA, ENERO DE 1994

01

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA
ELECTRICA Y ELECTRONICA



TRABAJO DE SALA
DE PARA
DE PARA
DE PARA
DE PARA

TRABAJO EXPERIMENTAL PRESENTADO POR
INGENIERO WILLIAM MANSILLA RODRIGUEZ
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERIA ELECTRICA

BELLAVISTA, ENERO DE 1984

A mis amados padres Glicería y Noel,
al constante apoyo y cariño de mis
hermanos. Y en especial a Yrma Amelia
mi indesmayable esposa, así como a
mis adorados hijos Arturo Tomás e
Isabel Mía por su alegre compañía en
esta vida

INDICE

CAPITULO I	3
GENERALIDADES	3
1.1 Alcances	3
1.2 Valores preferenciales de la potencia nominal para transformadores de distribución	4
1.3 Características físicas y accesorios de los transformadores de distribución	6
1.3.1 Núcleo	6
1.3.2 Bobinados	8
1.3.3 Tanque	12
1.3.4 Accesorios	15
1.3.5 Aceite	17
1.4 Ensayos de Recepción a efectuar en transformadores de distribución	20
CAPITULO II	23
CARACTERISTICA DE LOS EQUIPOS A EMPLEAR PARA LAS PRUEBAS DE RECEPCION A EFECTUAR EN TRANSFORMADOERES DE DISTRIBUCION	23
2.1 Regulador de Inducción	23
2.2 Aparatos de Medición	28
2.3 Medición de la Resistencia de Aislamiento	29
2.4 Medición de la Resistencia de los Arrollamientos	31

2.5	Medición de la Relación de Transformación y Grupo de Conexión	38
2.6	Medidas de las Perdidas debidas a la Carga y de la Tensión de Cortocircuito	44
2.7	Medida de las Perdidas y de la Corriente en Vacío	53
2.8	Ensayo de Tensión Inducida	58
2.9	Ensayo de Tensión Aplicada	62
2.10	Ensayo de Calentamiento	65
 CAPITULO III		74
 CALCULO DEL TRANSFORMADOR AUXILIAR PARA PRUEBA DE TENSION DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION		74
3.1	Resumen de las características a obtener	74
3.2	Simbolos a emplear	74
3.3	Cálculo de las dimensiones del Núcleo	75
3.4	Sección del Núcleo por columna	77
3.5	Número de Espiras de Bobinado Primario y Secundario	78
3.6	Cálculo de las Secciones de Conductor de Cobre y la densidad de corriente de los Bobinados	78
3.7	Distribución de las Espiras del Bobinado Primario y Secundario por Columnas	81

3.8	Cálculo de los Diametros de las Bobinas	84
3.9	Pesos del Núcleo y del Cobre	86
3.10	Perdidas en el Fierro y en el Cobre	86
3.11	Tensión de Cortocircuito	95
3.12	Dimensiones del Tanque	96
3.13	Fabricación de Caja para Transformador Monofásico en Aceite	100
CONCLUSIONES		103
BIBLIOGRAFIA		105

INTRODUCCION

En la organización de una empresa dedicada a la fabricación y/o reparación de maquinas eléctricas, es importante la función que cumple la SALA DE PRUEBAS en el control de calidad de los materiales y equipos que ingresan a ella. Es allí donde se efectúan diversos tipos de prueba (recepción, previa y final) que permiten comprobar el buen funcionamiento de una máquina eléctrica cumpliendo ésta las exigencias dadas en las normas nacionales e internacionales.

Los resultados obtenidos son registrados en un protocolo de pruebas que permite tener la información ordenada de cada máquina probada.

En el caso de la fabricación de transformadores, se procede a realizar las pruebas previas verificando que la parte activa construida este de acuerdo con las especificaciones dadas por el Ingeniero Calculista, verificando también la construcción de la caja metálica, la rigidez dieléctrica del aceite aislante y los accesorios con que cuenta el transformador.

Posteriormente, terminado el montaje del transformador se procede a realizar la prueba final en la cual se realizan los ensayos recomendados por la Norma Técnica ITINTEC 370.002, pudiendo estar presente el cliente a fin de verificar la calidad del producto.

En el caso de mantenimiento o reparación de transformadores se procede inicialmente a anotar en el protocolo de pruebas las observaciones externas y los valores obtenidos de las pruebas de recepción, que permiten recomendar los trabajos a efectuar en el transformador para su normal funcionamiento.

Luego de aceptar el cliente el presupuesto y realizar los trabajos, se procede a verificar el estado del transformador mediante las pruebas previas y final en forma consecutiva de acuerdo a las recomendaciones dadas en la norma.

El siguiente trabajo se realizó con la finalidad de implementar una sala de pruebas, para una pequeña empresa, que permita cumplir con las medidas y ensayos que se deben efectuar a los transformadores de distribución hasta una potencia de 630 kVA y un nivel de tensión de 10 kV, de acuerdo a la Norma Técnica Peruana ITINTEC 370.002 y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional Pub. 76, para asegurar que el transformador bajo prueba satisfaga las condiciones especificadas por el fabricante, en lo que respecta diseño, dimensiones y calidad de los principales materiales y de la mano de obra.

CAPITULO I :
GENERALIDADES

1.1 ALCANCES

De acuerdo al Código Nacional de Electricidad, los niveles de tensiones aprobadas para los sistemas de distribución primaria que abastecen servicios públicos son:

Tensión Nominal KV	Tensión Máxima del Sistema KV
2.3	2.4
6.6	6.9
<u>10.0</u>	<u>10.5</u>
<u>13.2</u>	<u>13.8</u>
<u>23.0</u>	<u>24.0</u>
30.0	31.5

En la elaboración de proyectos de sistemas de distribución primaria deberá tenerse en cuenta las tensiones subrayadas, según Norma DGE correspondiente.

Los niveles de tensión aprobados para los sistemas de distribución secundaria son:

Red Trifásica V	Red Monofásica V
220	220
380 / 220	440 / 220

Las tensiones que se emplearan serán tales que permitan adoptar los siguientes sistemas de corriente alterna:

- 220 V, trifásico, 3 conductores (activos)

- 380 / 220 V, trifásico, 4 conductores (3 conductores activos y un conductor neutro con puesta a tierra múltiple)

- 220 V, monofásico, 2 conductores (activos)

- 440 / 220 V, monofásico, 3 conductores (2 conductores activos y 1 conductor neutro con puesta a tierra múltiple)

De acuerdo a los niveles de tensión recomendadas según DGE, en el presente trabajo se ha considerado que la Sala de Pruebas esté en capacidad de probar transformadores con un nivel de tensión hasta 10 KV.

1.2 VALORES PREFERENCIALES DE LA POTENCIA NOMINAL PARA TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION

De acuerdo a la DGE, la potencia nominal, el esquema de conexión y el número de transformadores, deberán ser elegidos en función de la necesidad del servicio del sistema de distribución.

Deberá tener tomas suplementarias en el devanado primario o con conmutador de regulación que permite el ajuste de la tensión secundaria.

Los transformadores hasta una potencia de 100 KVA deberán estar dotados de orejas para su izamiento.

Asimismo, los transformadores a instalarse al interior deberán estar provistos de ruedas para su movimiento sobre rieles en el piso.

Los niveles de potencia para los transformadores de distribución son:

POTENCIA NOMINAL DE TRANSFORMADORES EN KVA	
Monofásico	Trifásico
15	<u>50</u>
<u>25</u>	<u>75</u>
<u>37.5</u>	<u>100</u>
<u>50</u>	<u>160</u>
<u>75</u>	<u>250</u>
100	<u>315</u>
	<u>400</u>
	500
	<u>630</u>
	800
	1000
	1600

En la elaboración de proyectos deberán adoptar las potencias subrayadas.

De acuerdo a las potencias adoptadas según DGE, para el presente trabajo se consideró que la Sala de Pruebas esté en capacidad de probar transformadores hasta 630 KVA.

1.3 CARACTERISTICAS FISICAS Y ACCESORIOS DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION.

1.3.1 NUCLEO

Para los transformadores trifásicos de distribución se utiliza la disposición de los núcleos en tres columnas, mientras que para los transformadores monofásicos son construidos en dos columnas o del tipo acorazado.

Las chapas de grano orientado (laminado en frío) que constituye los núcleos es suministrado por las acerías en forma de rollos de diferentes anchos, se trata de chapa para transformadores de 0.3 mm de espesor y con una cifra máxima de pérdidas de 0.97 W/Kg para 1.5 T en la dirección del laminado, estas chapas son de acero especial con un 3% a 5% de Silicio, y está recubierta por ambos lados de una fina capa de fosfato (Film de Carlite). La aleación del Silicio tiene importancia porque reduce las pérdidas por histéresis y aumenta la resistividad del acero logrando disminuir las pérdidas por corrientes parásitas, como también protege contra el óxido y el envejecimiento de las planchas.

En el caso de los núcleos acorazados son de sección rectangular dividido en dos mitades. Cada mitad se obtiene bobinando un toroide con una cinta de chapa magnética, después de lo cual se prensa para darle una forma rectangular, se corta en cada vuelta para permitir su ensamblaje alrededor de los arrollamientos este núcleo es recocido para reducir el esfuerzo mecánico.

En el caso de los núcleos de columnas para transformadores monofásicos pueden ser de sección rectangular o escalonada y para transformadores trifásicos generalmente son de sección escalonada.

El apilado se efectúa por lo general disponiendo las chapas de manera que las uniones se vayan alternando consiguiendo un ensamble perfecto y rígido.

Para los efectos de sujeción del núcleo se utiliza madera de madera especialmente tratada ó perfiles de hierro, se emplean espárragos de acero para mantener rígidamente unidas entre sí las chapas superiores e inferiores de los yugos constituyendo un bastidor mecánicamente capaz de soportar fuertes cargas que asume los esfuerzos totales al ser levantada la parte activa del transformador; los de compresión ejercidos por los arrollamientos estabilizados o los axiales que provocan los arrollamientos en caso de cortocircuito.

1.3.2 BOBINADOS

Al bloque del bobinado pertenecen los arrollamientos de AT y BT , sistemas aislantes y aros de presión de una columna.

El bloque constituye un elemento prefabricado en estado comprimido y secado que es introducido en el núcleo de acero.

En transformadores de distribución, los arrollamientos y aislantes son ejecutados uno sobre el otro en máquinas bobinadoras que son tornos especiales, previstos de contador de vueltas y parada automática; los moldes utilizados son generalmente de madera y deben ser desarmables para poder quitar los arrollamientos después de ejecutados.

Según la disposición de los arrollamientos de AT y BT se dividen en:

A) ARROLLAMIENTOS CONCENTRICOS, o sea, los que en todas las secciones transversales representan circunferencias con centro común.

Los principales tipos de arrollamientos concéntricos son :

A.1) Arrollamiento cilíndrico ó de capas

Para altas corrientes y bajas tensiones generalmente se emplean conductores de cobre de sección rectangular que pueden ser esmaltados o desnudos forrados con cinta de papel o cinta de algodón.

Normalmente el arrollamiento de BT se hace de dos capas, en cada una de ellas se arrollan las espiras helicoidalmente muy juntas una a otra a lo largo de la generatriz del cilindro, el conductor rectangular se arrolla tal que el lado más ancho es colocado en dirección axial y la espira puede estar constituida por uno o más alambres en paralelo. Así pues, la altura del arrollamiento es la altura de capa.

Para mejorar la refrigeración se deja entre las capas del arrollamiento un canal de 5 mm de anchura.

En el arrollamiento de AT se utiliza el conductor de cobre de sección circular esmaltada, con el cual se puede formar bobinas con varias capas (galletas) aisladas una de otra por arandelas de cartón aislante o por canales de aceite; también este arrollamiento puede ser efectuado como bobinado continuo, considerando en ambos casos derivaciones que representan el porcentaje de elevación o reducción de voltaje tal como $\pm 2.5\%$, $\pm 5\%$ del voltaje nominal.

A.2) Arrollamiento helicoidal

A.2.1 Arrollamiento helicoidal simple, en el cual, así como en el cilíndrico, las espiras están arrolladas en línea helicoidal, pero en éste se deja entre dos espiras contiguas por altura un canal de 4.5 - 6 mm de anchura.

A.2.2 Arrollamiento semihelicoidal, en el que cada dos espiras, excepto las de los extremos, se unen en una sola bobina sin canal.

Una espira del arrollamiento helicoidal o semihelicoidal consta de varios conductos paralelos de sección transversal rectangular dispuestos en dirección radial del arrollamiento de plano y junto uno a otro.

Para conseguir la distribución más uniforme posible de la corriente entre las derivaciones paralelas, se recurre al cruzamiento (transposición) de los conductores.

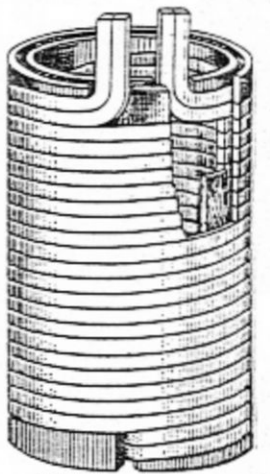
El arrollamiento helicoidal se usa ampliamente como arrollamiento de BT para transformadores de distribución y especialmente de gran potencia.

A.2.3 Arrollamiento continuo, En los arrollamientos de AT (de 35 KV y más) se utiliza el arrollamiento continuo, que a diferencia del arrollamiento helicoidal, consiste en una serie de bobinas planas, o sea, discos separados uno de otro por canales. Si la espira del arrollamiento consta de varios conductores paralelos, entonces, lo mismo que en el arrollamiento helicoidal, se recurre al cruzamiento de éstos.

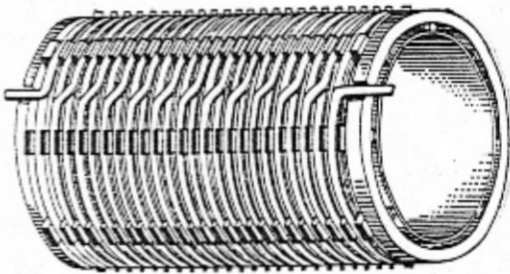
B) ARROLLAMIENTOS ALTERNADOS, las partes de los arrollamientos de AT y BT se alternan y están dispuestos de tal manera que las bobinas del arrollamiento de BT se encuentre más cerca de la culata.

Este tipo de arrollamiento se utiliza principalmente en los transformadores acorazados.

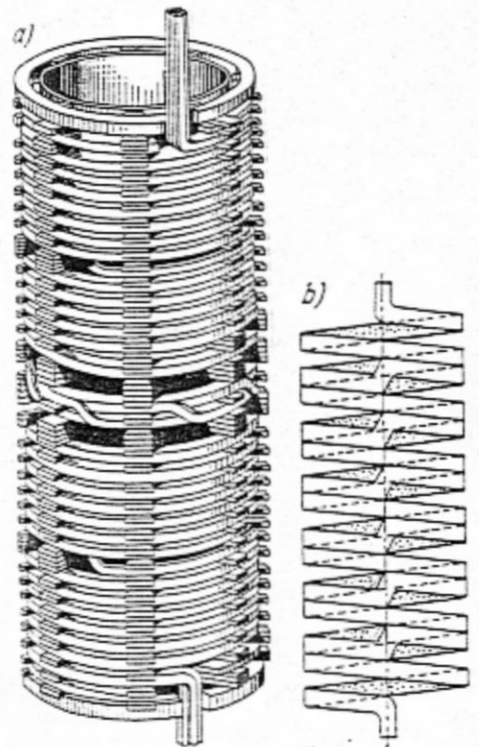
En la prueba de aislamiento de corta duración con corriente alterna, se presentan grandes sollicitaciones entre los arrollamientos de los sistemas de tensiones y la tierra, se considera que el aislamiento formado por el dieléctrico aceite prespan constituye una solución óptima ya que requiere un espacio reducido y presenta una resistencia de aislamiento duradera.



cilíndrico de dos capas



continuo



helicoidal: a — simple;
b — semihelicoidal

1.3.3 TANQUE

El tanque sirve de recipiente para el aceite, protegiéndolo de la contaminación y suministrando al mismo tiempo la superficie necesaria de refrigeración para la disipación de calor. Los tanques pueden ser redondos, ovalados, rectangulares y de otras formas según el tipo de núcleo y bobinas que tengan que contener, contando con los espacios necesarios para el aislamiento.

La construcción del tanque varía con la potencia del transformador, por lo que:

1. Los transformadores de pequeña potencia (de aproximadamente hasta 50 KVA) tienen tanque liso, que se considera el tipo mas simple.

2. En los transformadores de mayor potencia se utiliza tanques en cuyas paredes están soldados tubos de aproximadamente 50 mm de diámetro dispuestos en una, dos ó tres filas; también se utilizan tanques con paredes de fierro ondulado y tanques con radiadores.

Generalmente los transformadores de distribución monofásicos cuentan con una escotilla (hand hole) de cierre hermético que permite operar el conmutador en vacío, sin tener que abrir la tapa.

En los transformadores de distribución trifásicos a fin de evitar el tener que manipular en el interior del tanque, una vez desconectado el transformador de la red, para variar la relación de tensiones la mayoría de transformadores van equipados con conmutadores que pueden ser accionados desde el exterior y montados sobre la tapa.

Los conmutadores suelen llevar un dispositivo mecánico de enclavamiento para mantenerlo en posición.

El fondo y la tapa son en general planos y ejecutados con plancha gruesa sin refuerzos.

El tanque y la tapa están constituidos para resistir, sin deformaciones permanentes, las fuerzas producidas por acción del izamiento y elevación de gatos del transformador completo.

Los transformadores podrán ser del tipo sellado o equipado con tanque conservador de aceite.

El transformador con tanque conservador, cumplirá las siguientes especificaciones:

El tanque conservador será a su vez tanque de expansión y de conservación de aceite para proteger el transformador contra la absorción de humedad y disminuir la oxidación.

La respiración del transformador se hará por medio de este recipiente en serie con un desecador de aire de gel de sílice.

El tanque conservador está provisto de válvulas para muestreo y drenaje. Para propósito de mantenimiento un extremo del tanque conservador será completamente removible, además tiene un indicador de nivel de aceite y un relé tipo Buchholz ubicado entre el tanque y el tanque conservador.

El tanque sellado considera que el interior del tanque esta herméticamente aislado del medio exterior y es suministrado con un relé de presión súbita provisto de contactos, que responde a la tasa de elevación de presión interna.

Sobre la tapa se encuentran los bornes aisladores de porcelana cuya superficie vidriada, de color uniforme, libre de porosidades e inmune a la humedad y a la contaminación atmosférica, son fijadas mediante pernos de anclaje.

A pedido del cliente se pueden efectuar las pruebas tipo de sobrepresión, según el cual los tanques se construirán de manera que llenos de aceite a la temperatura de 25°C y después de haber estado funcionando el transformador durante 12 horas a plena carga y en un ambiente de 40°C de temperatura, la sobrepresión en el

volumen de aire por encima del aceite, no exceda los 7 psig (0.5 atmósferas). El tanque con su tapa, aisladores y accesorios montados deberá probarse con un mínimo de 7 psig de sobrepresión interior por lo menos durante 6 horas. Para considerar que un tanque ha sido construido adecuadamente deberá soportar la presión indicada sin que se presente deformación permanente en la plancha, ni variación de la presión inicial ejecutándose el control mediante manómetro.

El acabado del tanque debe asegurar un alto grado de resistencia a la corrosión, tanto en la zona exterior como interior, para lo cual serán limpiados eliminando el óxido, grasa o suciedad mediante el sistema de sopleteado con arena seca de río; granalla de acero o similar. Luego se aplicará una capa de pintura anticorrosiva y las de acabado tipo epóxico en toda la superficie.

1.3.4 ACCESORIOS

A) RELE BUCHHOLZ

Si el transformador se diseña con inclusión de tanque conservador de aceite, éste estará provisto de dicho relé, de tipo antisísmico en todos los casos, con contactos de alarma y desconexión independientes siendo adecuados para conexión con brida y empaquetadura a la tubería que conduce al conservador.

B) RELE DE IMAGEN TERMICA

El transformador estará equipado con un detector de la temperatura de los devanados, tipo resistencia.

C) INDICADOR DE TEMPERATURA DEL ACEITE

El transformador esta equipado con termómetro, con su elemento sensor en la trayectoria del aceite mas caliente; estará localizado en tal forma que se pueda leer desde el piso; y su diseño prevee su instalación a intemperie, tanto en climas tropicales como en climas árticos.

D) INDICADOR DE NIVEL DE ACEITE

Con esfera para lectura local desde el nivel de aceite desde el conservador en la ejecución con tanque de expansión o desde el nivel de aceite en el tanque principal en la ejecución con tanque sellado.

E) VALVULA DE SEGURIDAD

El tanque del transformador esta provisto de una válvula de alivio que lo protege de las presiones internas excesivas.

F) VALVULAS DE VACIADO Y LLENADO

El transformador esta provisto de válvulas montadas una en la parte superior del tanque y la otra en el fondo.

G) PLACA DE CARACTERISTICAS

Se suministrará con el transformador una placa en la que aparecen sus características de fabricación, tanto datos eléctricos como mecánicos. Además incluye un esquema de conexiones, claramente visible.

1.3.5 ACEITE

Es de vital importancia como elemento aislante, pues, presenta una gran rigidez dieléctrica, después de un sencillo tratamiento y la posibilidad de transmitir el calor por convección, al mismo tiempo que protege a los materiales sólidos de su contacto con la humedad y el aire.

Debe hacerse notar que los aceites minerales en servicio no conservan indefinidamente sus propiedades originales, ya que estas varían, mas o menos, de prisa según la temperatura, por la acción combinada del calor y el oxígeno de aire, formando productos de oxidación solubles en el aceite, como los lodos, por ejemplo. Estos últimos son especialmente perturbadores, por que al depositarse sobre la superficie de los bobinados hacen mas difícil la evacuación del calor.

Los transformadores son llenados con aceite suficiente para completar el tanque y los radiadores. Previamente a la inmersión en el aceite, la parte activa del transformador es secada en un horno apropiado con circulación de aire caliente.

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE UN ACEITE NUEVO

De acuerdo con la recomendación VDE 0370/10.66 , son :

- Densidad	a 15°C, valor máximo 0,890
	a 20°C, valor máximo 0,887

- Viscosidad a 20°C, valor máximo 30 cSt
a -30°C, valor máximo 1800 cSt
- Punto de inflamación valor mínimo 140 C
- Cenizas inapreciables
- Azufre corrosivo exento
- Índice de neutralización inapreciable
- Índice de saponificación valor máximo 0,10 mg KOH/g de aceite
- Tensión de perforación valor medio mínimo 60 KV
(rigidez dieléctrica 240 KV/cm)
- Factor de pérdidas (a 90°C) tg d, valor máx.
 4.10^{-10}

ENSAYOS PARA OBTENER LA RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE

A) ENSAYO CEI

De acuerdo con las recomendaciones de la CEI Nr 156, se prueba la rigidez del aceite entre electrodos a bolas de 12, 5 mm de diámetro y 2.5 mm de descarga con electrodos semiesféricos (llamados discos VDE) igualmente con 2.5 mm de descarga de chispa. Se llenará el recipiente de pruebas limpio vertiendo el aceite (a 15°C - 25°C) lentamente (para evitar burbujas) y se efectuará inmediatamente el ensayo. Se aumentará regularmente la tensión de 2 KV/seg hasta la descarga 6 veces seguidas; después de cada descarga se limpiará el espacio entre los electrodos de

restos quemados por medio de un bastoncito de vidrio de 2 mm de diámetro haciéndolo ir y venir lentamente entre los electrodos.

Como valor de rigidez se tomará la media aritmética de los 6 valores de descarga obtenidos (suma de los 6 valores dividido por 6).

Ninguno de los 6 valores de descarga debe ser menor que un 85% del resultado medio; en caso contrario se deberá repetir la prueba con una nueva muestra de aceite.

B) ENSAYO ASTM - D 1816

Este método es comparable al de CEI. El ensayo se lleva a cabo con semiesferas VDE y distancias de ruptura de 0.008" ó de 0.004".

Para cada muestra de aceite se hacen 6 ensayos que con excepción del primero, se utilizarán para determinar el valor medio de la descarga.

C) ENSAYO ASTM - D 877

Para este método se utilizan electrodos planos con cantos vivos de 1" de diámetro y 0.1" de distancia de ruptura.

El incremento del voltaje es de 3 KV/seg y se emplean 5 muestras de aceite con una descarga para cada una.



AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS
1916 Race St., Philadelphia, Pa. 19103

Reprinted from the Annual Book of ASTM Standards, Vol. 11.01
If not listed in the current combined index, will appear in the next edition

Standard Test Method for DIELECTRIC BREAKDOWN VOLTAGE OF INSULATING OILS OF PETROLEUM ORIGIN USING VDE ELECTRODES¹

This standard is issued under the fixed designation D 1816; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method covers the determination of the dielectric breakdown voltage of insulating oils of petroleum origin. This test method is applicable to liquid petroleum oils commonly used in cables, transformers, oil circuit breakers, and similar apparatus as an insulating and cooling medium. The suitability of this test method for testing oils having viscosities of more than 19 cSt (mm^2/s) (100 SUS) at 40°C (104°F) has not been determined.

1.2 This test method is more sensitive to the deleterious effects of moisture in solution than is Test Method D 877, especially when cellulose fibers are present in the oil. It has been found to be especially useful in diagnostic and laboratory investigations of the dielectric breakdown strength of oil in insulating systems.

1.3 This test method is recommended for testing filtered, degassed, and dehydrated oil prior to and during the filling of power systems apparatus rated above 230 kV, and for testing samples of oil from the apparatus after filling. It is also finding increased usage for testing oils from transformers in service.

1.4 This test method is not recommended for oil and should not be used for acceptance tests on trucks, or drums.

1.5 Both the metric and the alternative inch-pound units are acceptable.

1.6 This standard may involve hazardous materials, operations, and equipment. This standard does not purport to address all of the safety problems associated with its use. It is the responsibility of whoever uses this standard to consult and establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limits.

tations prior to use.

2. Applicable Documents

2.1 ASTM Standards:

D 235 Specification for Mineral Spirits (Petroleum Spirits) (Hydrocarbon Dry-cleaning Solvent)²

D 877 Test Method for Dielectric Breakdown Voltage of Insulating Liquids Using Disk Electrodes³

D 923 Methods of Sampling Electrical Insulating Liquids⁴

2.2 IEEE Standard⁴

No. 4 Measurement of Voltage in Dielectric Test

3. Significance and Use

3.1 The dielectric breakdown voltage of an insulating liquid is of importance as a measure of the liquid's ability to withstand electric stress without failure. It serves to indicate the presence of contaminating agents such as water, dirt, moisture, cellulose fibers, or conducting particles in the liquid, one or more of which may be present in significant concentrations when low breakdown voltages are obtained. However, a high dielectric breakdown voltage does not necessarily indicate the absence of all contaminants; it may merely indicate that the concentrations of contaminants that are present in the liquid between the electrodes are not

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D-27 on Electrical Insulating Liquids and Gases and is the direct responsibility of Subcommittee D27.05 on Electrical Tests.

Current edition approved June 28, and July 27, 1984. Published September 1984. Originally published as D 1816 - 60 T. Last previous edition D 1816 - 82.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol. 06.03.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol. 10.03.

⁴ Available from the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 345 E. 47th St., New York, NY 10017.

cleaning, the cell shall be flushed with new, dry, filtered oil of the type to be tested (preferably degassed oil). A voltage breakdown test shall be made on a sample of this oil in the manner specified in this test method. If the breakdown voltage is in the proper range for this conditioned oil, the cell shall be considered as evidence prepared for testing other samples. A lower than anticipated value shall be considered as evidence of cell contamination, and it shall again be thoroughly cleaned, and the breakdown test repeated with a clean dry oil.

7.3 Daily Use—At the beginning of each day's testing, the electrodes shall be examined for pitting and carbon accumulation, and the spacing checked. If the test of any sample is below the breakdown value being used by the operator, as a minimum satisfactory value, the cell shall be drained and flushed with a good quality oil of the type being tested before testing the next sample. When not in use, the cell shall be kept filled with good quality oil of the type normally tested.

7.4 Polishing of Electrodes—When electrodes show slight etching, scratching, pitting, or carbon accumulation, they should be buffing with jeweler's test cup and polished by buffing with wheel. The residue from the buffing should be removed by repeated wiping with lint-free tissue paper saturated with a suitable solvent (such as petroleum ether), followed by solvent rinsing or ultrasonic cleaning. After careful inspection, any electrodes from which pitting cannot be removed by light buffing should be discarded or more severely cleaned. The original contour and finish, as more severely buffing would destroy the electrode contour (the original contour and finish, as more severely buffing would destroy the electrode contour), the original contour and finish, as more severely buffing would destroy the electrode contour and dimensions shown in Fig. 1. Reinstall the electrodes in the test cup and adjust spacing and clean in accordance with 7.1 and 7.2.

8. Sampling

8.1 A sample of the oil to be tested shall be obtained with appropriate ASTM sampling apparatus. Oil sampling procedures are detailed in Methods D 923. Particular reference should be made to the general precaution statement of this test method. The sample shall be taken in a clean bottle which shall be tightly sealed and shielded from light until ready to be tested.

8.2 The dielectric breakdown voltage of the oils may be seriously impaired by the migration

having a pitch of approximately 40 mm or 1.57 in. (blade angle of approximately 20°), operating at a speed between 200 and 300 rpm. The impeller, located below the lower edge of the electrodes, shall rotate in such a direction that the resulting liquid flow is directed downward against the bottom of the test cell. The test cell shall be made of a material of high dielectric strength, shall be insoluble in and unattacked by any of the cleaning or test liquids used, and shall be nonabsorbent to moisture and the cleaning and test liquids. So the breakdown shall be nonabsorbent to moisture and the cleaning and test liquids. In order to preclude any leakage, transparent materials are desirable, but not essential. The cell should be stirred with a cover or baffle that will effectively prevent air from contacting the circulating liquid.

7. Adjustment and Care of Electrodes and Test Cell

7.1 Spacing—With the electrodes firmly locked in position, the electrodes shall be checked with a standard round gage for 2-mm or 0.080-in. spacing, when a voltage source of a suitable range is available, or for 1-mm or 0.040-in. spacing when the test transformer voltage limit is restricted to approximately 50 kV. Flat "go" and "no-go" gages may be substituted having thicknesses of the specified value ± 0.03 mm for electrode spacings of 1 or 2 mm, or thicknesses of 0.040 or 0.080 in. If it is necessary to readjust the electrodes, they shall be relocked, and the spacing again checked.

7.2 Cleaning—The electrodes and the cell shall be wiped clean with dry, lint-free tissue paper, or a clean dry chamois. It is important to avoid touching the electrodes or the cleaned gage with the fingers or with portions of the tissue paper or chamois that have been in contact with the hands. After adjustment of the gap spacing, the cell shall be rinsed with a dry hydrocarbon solvent, such as kerosene or solvents of Specification D 235. A low-boiling solvent should be used, as its rapid evaporation may cool the cell, causing moisture condensation. If this occurs, before using, the cell should be slightly warmed to evaporate the moisture. Care should be taken to avoid touching the electrodes or the inside of the cell after cleaning. After thorough

may be secured by a motor-driven variable ratio-auto-transformer. Preference should be given to equipment having an approximate straight-line voltage-time curve over the desired operating range. Motor drive is preferred to manual drive because of the ease of maintaining a reasonably uniform rate-of-voltage rise with this test method. When motor driven equipment is used, the speed control rheostat should be calibrated in terms of rate-of-voltage rise for the test transformer used.

4.4 Voltmeter—The voltage shall be measured by a method that fulfills the requirements of IEEE Standard No. 4, giving rms values, preferably by means of:

4.4.1 A voltmeter connected to the secondary of a separate potential transformer, or

4.4.2 A voltmeter connected to a well-designed tertiary coil in the test transformer, or

4.4.3 A voltmeter connected to the measuring side of the testing transformer if the measurement error can be maintained within the limit specified in 4.5.

4.5 Accuracy—The combined accuracy of the voltmeter and voltage divider circuit should be such that measurement error does not exceed 5% at the rate-of-voltage rise specified in 4.3.

5. Electrodes

5.1 The electrodes shall be polished brass spherically-capped electrodes of the VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker, Specification 0370) type having the dimensions shown in Fig. 1. They shall be mounted with axes horizontal and coincident.

5.2 The test cell shall be designed to permit easy removal of the electrodes for cleaning and polishing.

6. Test Cell

6.1 The test cell shall be approximately cubical. A cell having a capacity of approximately 0.95 L, has been found to be satisfactory for an electrode spacing of 2 mm or 0.080 in. A cell having a capacity of approximately 0.5 L, has been found to be satisfactory for an electrode spacing of 1 mm or 0.040 in. Electrodes shall be mounted rigidly from opposite sides with the gap approximately centered. Clearance from all other sides and any part of the stirring device shall be at least 13 mm ($\frac{1}{2}$ in.). The test cell shall be provided with a motor-driven two-bladed impeller measuring approximately 35 mm ($1\frac{1}{4}$ in.) between the blade extremities.

large enough to affect deleteriously the average breakdown voltage of the liquid when tested by this test method (see Appendix X1.)

4. Apparatus

4.1 Transformer—The desired test voltage may be most readily obtained by a step-up transformer energized from a variable low-voltage commercial power frequency source. To reduce the likelihood of external flashover and to minimize field distortion between the electrodes, a two-bushing, center-tap grounded transformer is recommended. The transformer and controlling element shall be of such size and design that, with the test specimen in the circuit, the crest factor (ratio of maximum to mean effective) of the 60-Hz test voltage shall differ by not more than $\pm 5\%$ from that of a sinusoidal wave over the upper half of the range of test voltage. The crest factor may be checked by means of an oscilloscope, a sphere gap, or a peak-reading voltmeter. Where the junction with an rms voltmeter. Where the wave form cannot be determined of not less than a transformer having a rating of not less than $\frac{1}{2}$ kVA at the usual breakdown voltage shall be used. Transformers of larger kVA capacity may be used, but in no case should the circuit current in the specimen circuit be outside the range from 1 to 10 mA/kV of applied voltage. This limitation of current may be accomplished by using a suitable external series resistor or by employing a transformer with sufficient inherent reactance.

4.2 Circuit-Interrupting Equipment—The test transformer primary circuit shall be protected by an automatic circuit-breaking device capable of opening in 3 cycles or less on the current produced by breakdown of the test specimen, or up to 5 cycles if the short-circuit current described in 4.1 does not exceed 200 mA. A current-sensing element that trips the specimen breaker should operate when the specimen circuit current is in the range from 2 to 20 mA. A prolonged flow of current at the time of breakdown causes carbonization of the liquid and pitting and heating of the electrode and test cell thereby increases the rate of testing. The rate of maintenance, and time of testing. The rate of voltage rise shall be $\frac{1}{2}$ kV/s $\pm 20\%$. The rate of voltage rise may be calculated from measurements of the time required to raise the voltage control to the two prescribed values.

tion of impurities through the liquid. In order that a representative test specimen containing the impurities may be obtained, the sample container shall be gently inverted and swirled several times before filling the test cell. Rapid agitation is undesirable, since an excessive amount of air may be introduced into the liquid. Immediately after agitation, a small portion of the sample shall be used to rinse the test cell. The cell shall then be filled slowly with the remaining portion of the sample. There shall be an interval of at least 3 min between filling and application of voltage for the first breakdown, and at least 1-min intervals before applications of voltage for successive breakdowns. During these intervals and at the time voltage is being applied, the propeller shall be circulating the oil.

9. Test Temperature

9.1 The temperature of the sample when tested shall be the same as that of the room, but the room temperature shall in no case be less than 20°C (68°F). Testing liquids at temperatures lower than that of the room may give variable and unsatisfactory results.

10. Procedure

10.1 *Rate-of-Rise of Voltage*—Apply the voltage and increase from zero at the rate of approximately ½ kV/s until breakdown occurs, as indicated by operation of the circuit-interrupting equipment; record the value. Occasional momentary discharges may occur which do not result in operation of the interrupting equipment; these shall be disregarded.

10.2 When it is desired to determine the value of the dielectric breakdown voltage of an oil, make five breakdowns on one filling of the cup. Examine the five breakdowns for statistical consistency, and if they meet the criterion described in 10.3, use their average to determine the dielectric breakdown voltage of the sample. If they do not meet this criterion, make five additional breakdowns on the sample, and use the average of all ten breakdowns as the dielectric breakdown voltage of the sample.

10.3 Criterion for Statistical Consistency:

10.3.1 Calculate the mean and standard deviation of the five breakdowns as follows:

$$\bar{X} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 X_i \text{ and } s = \sqrt{\frac{1}{4} \sum_{i=1}^5 (X_i - \bar{X})^2}$$

where:

\bar{X} = mean of the five individual values,
 X_i = i th breakdown voltage, and
 s = standard deviation.

If the ratio s/\bar{X} exceeds 0.1, it is probable that the standard deviation of the five breakdowns is excessive and therefore that the probable error of their average is also excessive.

10.3.2 *Alternative Criterion*—Calculate the range of the five breakdowns (maximum breakdown voltage minus minimum breakdown voltage), and multiply this range by three. If the value so obtained is greater than the next to the lowest breakdown, it indicates that the standard deviation of the five breakdowns, and, therefore, the probable error of their average value, is excessive.

10.4 When it is desired merely to determine if the dielectric strength is above or below a specified level, only five breakdowns are required, provided the five values are all above or all below this level. Otherwise, follow the procedure described in 10.2.

11. Report

11.1 The report shall include the following:

11.1.1 The test method used.
 11.1.2 If the number of tests are as specified in 10.2, the volts (rms value) at each breakdown, and the average of all breakdowns reported to the nearest 1 kV.

11.1.3 If the test is made in accordance with 10.4, the report shall be made in one of the following ways:

11.1.3.1 "Passed" if all of the five breakdowns were above a previously established value,
 11.1.3.2 "Failed" if all of the five breakdowns were below a previously established value,
 11.1.3.3 "Not less than the minimum of the five breakdowns" if all were above a previously established value, or
 11.1.3.4 "Not greater than the maximum of the five breakdowns" if all were below a previously established value.

11.1.4 The approximate temperature of the oil at the time of the test, and
 11.1.5 The electrode spacing.

12. Precision and Bias

12.1 The precision of this test method has not been determined. No statement can be made about the bias of this test method because a standard reference material is not available.

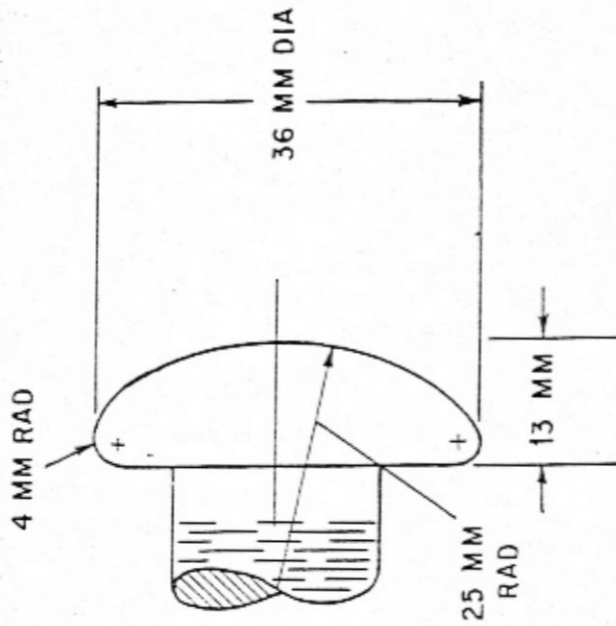


FIG. 1 VDE Electrode

APPENDIX

(Nonmandatory Information)

XI. OTHER FACTORS THAT AFFECT THE DIELECTRIC BREAKDOWN VOLTAGE OF INSULATING LIQUIDS AT COMMERCIAL POWER FREQUENCIES

X1.1 The dielectric breakdown voltage of a liquid at commercial power frequencies is also affected by the degree of uniformity of the electric field, the area of the electrodes or volume of the liquid under maximum stress, the length of time for which the liquid is under stress, the temperature of the liquid (especially as it affects the relative saturation level of moisture in solution), gassing tendencies of the liquid under the influence of electric stress, concentration of dissolved gases (especially if saturation levels are exceeded as a result of sudden cooling or decrease in pressure, which may cause the formation of gas bubbles), incompatibility with materials of construction, and velocity of flow. A decrease in dielectric strength

of the liquid can have an accentuated effect on the electric creepage strength of solid insulating materials immersed in the liquid.

X1.2 Because of the separate, cumulative, and in some cases, interacting effects of the influences listed above, the average breakdown voltage of a liquid as determined by this test method cannot be used for design purposes. Alternative test procedures that may yield more meaningful indications of the functional dielectric strength of a liquid are under consideration (for example, a step-by-step method of applying voltage, and using the lowest rather than the average value of breakdown voltage obtained in the prescribed number of tests).

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Ran. St., Philadelphia, Pa. 19103.

No aconsejamos el empleo de este método para las pruebas del aceite, ya que ensayos repetidos han mostrado que los electrodos empleados son insensibles a impurezas sólidas así como a agua contenida en el aceite.

En los métodos arriba descritos se aumentará siempre la tensión hasta lograr la ruptura.

Los valores obtenidos sin alcanzar la descarga son sin interés alguno.

En caso de necesidad se puede disminuir la distancia entre los electrodos a fin de alcanzar la ruptura. La rigidez dieléctrica es aproximadamente proporcional a la distancia de ruptura entre los valores de 1.5 y 2.5 mm.

La rigidez dieléctrica no es ningún criterio sobre el envejecimiento del aceite al igual que la clase de color que presenta la muestra.

La rigidez dieléctrica se mejora filtrando y secando el aceite.

1.4. ENSAYOS DE RECEPCION A EFECTUAR EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION

Los fabricantes de los equipos eléctricos someten a éstos a pruebas y ensayos en sus laboratorios con la finalidad de comprobar que cumplen con las



especificaciones técnicas que dieron lugar a su fabricación.

El conjunto de estas pruebas que pueden ser pruebas tipo (si solo se realizan en los prototipos), o pruebas de rutina (si se efectúan a todas las unidades de un lote de fabricación) se encuentran normalizadas y su especificación generalmente toma como base las normas nacionales (si existen), o las normas internacionales que más se adecuen a las condiciones propias de cada país.

La Norma Técnica Peruana ITINTEC 370.002 de Mayo de 1967, establece que los transformadores de potencia deberán aprobar la siguiente serie de ensayos.

Ensayos de rutina (individuales)

- a) Medida de la resistencia de los arrollamientos.
- b) Medida de la relación de transformación y grupo de conexión.
- c) Medida de las pérdidas debidas a la carga y de la tensión de cortocircuito.
- d) Medida de la pérdidas en vacío y de la corriente de vacío.
- e) Ensayo de tensión inducida.
- f) Ensayo de tensión aplicada.

Ensayos tipo

- a) Ensayo de calentamiento.
- b) Ensayo de impulso a onda completa.
- c) Ensayo de impulso con onda recortada.

CAPITULO II :

CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS A EMPLEAR PARA LAS PRUEBAS DE RECEPCION A EFECTUAR EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION

2.1 REGULADOR DE INDUCCION

Está constituido simplemente por un motor de inducción trifásico, de rotor devanado, al cual se le impide mecánicamente que gire al estar bajo la influencia del par producido por la reacción entre la corriente en el secundario y el campo magnético giratorio.

Si los secundarios S del motor se conectan en serie con las mismas líneas que alimentan los devanados del primario P, en la forma que se indica en la figura la tensión entre líneas 1', 2', 3' será mayor o menor que la existente entre las líneas 1, 2, 3 lo que dependerá de las posiciones relativas del estator y rotor.

Normalmente se sitúa el devanado secundario en el estator y el primario en el rotor. Los bornes del secundario (seis en una máquina trifásica) pueden entonces conectarse sólidamente en serie con sus respectivas líneas y los devanados primarios pueden ser alimentados por una corriente, mediante anillos deslizantes de tamaño moderado.

La tensión inducida en el secundario fijo por el campo magnético que gira sincrónicamente, permanecerá constante en magnitud cualesquiera que sean las posiciones relativas del estator y rotor, pero su fase con respecto a la tensión primaria variará continuamente mientras gira el rotor.

Esta propiedad se suele utilizar en los ensayos de laboratorio cuando se necesita tener disponible una tensión constante de fase variable.

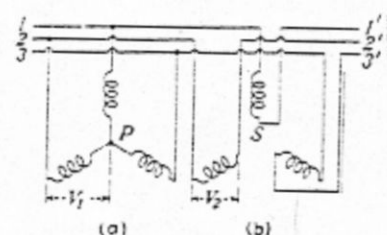
De acuerdo a la figura, se ve que la tensión resultante por fase puede variar continuamente desde $V_1 - V_2$ hasta $V_1 + V_2$ mientras el rotor gira en un ángulo de 180° grados eléctricos. Las posiciones intermedias del rotor producirán un desplazamiento de fase de las tensiones de línea indicadas por el triángulo 1'- 2'- 3' con respecto a la tensión de alimentación 1 - 2 - 3.

La rotación del órgano móvil se lleva a efecto mediante transmisión por tornillo sin fin con el engranaje sobre el eje del primario giratorio, lo que sirve al doble propósito de asegurar un ajuste exacto y, al mismo tiempo, impedir la rotación que, en otro caso, resultaría de la reacción entre el primario y el secundario.

La tensión secundaria V_2 , varía su fase dentro del margen máximo de 180 grados eléctricos cuando el órgano móvil gira dentro del correspondiente ángulo mecánico. Así pues, teóricamente el regulador puede devanarse para cualquier número de polos, si bien el número usual es dos, aunque algunas veces se emplean cuatro en tamaños más grandes.

Existen diversas razones que aconsejan el empleo de un número pequeño de polos. En primer lugar, el espacio disponible para tales reguladores suele ser tan limitado que se hace necesario proyectar el regulador con un eje vertical y una longitud axial que resultara grande en comparación con su diámetro, lo que implica un pequeño número de polos. En segundo lugar, el regulador es un transformador con un entrehierro en su núcleo, lo que hace que la regulación de su tensión sea más pobre que la de un transformador ordinario, defecto que se agrava con un gran número de polos.

En tercer lugar, el verdadero desplazamiento angular del órgano móvil es mayor con unos pocos polos que con un número mayor, contribuyendo así a la suavidad del ajuste.



Esquema de conexiones de un regulador polifásico de tensión por inducción.

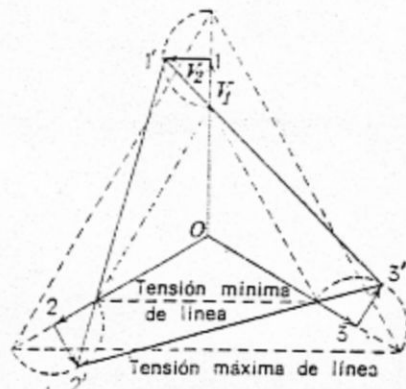


Diagrama vectorial, regulador trifásico por inducción.

POTENCIA ESTIMADA DEL REGULADOR

Considerando en prueba un transformador de las siguientes características:

KVA	:	630
FASES	:	3
VOLTS	:	10000 / 230
AMPERES	:	36.37 / 1581.44

PRUEBA EN VACIO

$$V_o = V_{nom} = 230 \text{ v}$$

$$I_o = 1.7\% I_{nom} = \frac{1.7}{100}(1581.44)$$

$$I_o = 26.88 \text{ A}$$

$$P_o = 1488 \text{ W}$$

Potencia Requerida: 10708.23 VA

PRUEBA DE CORTO CIRCUITO

$$V_{cc} = 4.5\% V_{nom} = \frac{4.5}{100}(10000)$$

$$V_{cc} = 450 \text{ V}$$

$$I_{cc} = I_{nom} = 36.37 \text{ A}$$

$$P_{cc} \text{ 75°C} = 9830 \text{ W}$$

Potencia Requerida: 28347.61 VA

PRUEBA DE CALENTAMIENTO

$$P_{TOT 75^{\circ}C} = P_o + P_{cc 75^{\circ}C}$$

$$P_{TOT 75^{\circ}C} = 1488 + 9830$$

$$P_{TOT 75^{\circ}C} = 11318 \text{ W}$$

$$I_{INICIAL} = \sqrt{\frac{P_{TOT 75^{\circ}}}{P_{cc \text{ amb}}}} * I_{amb}$$

$$I_{INICIAL} = \sqrt{\frac{11318}{8086}} * 36.37$$

$$I_{INICIAL} = 43 \text{ A}$$

$$V_{INICIAL} = \sqrt{\frac{P_{TOT 75^{\circ}}}{P_{cc \text{ amb}}}} * V_{cc}$$

$$V_{INICIAL} = \sqrt{\frac{11318}{8086}} * 450$$

$$V_{INICIAL} = 532.4 \text{ V}$$

Potencia Requerida: 39652 VA

Para el requerimiento de la pequeña empresa puede considerarse un regulador de inducción trifásico de 45 KVA - 60 Hz - 220 V/50 V ... 500 V.

2.2 APARATOS DE MEDICION

Los aparatos de medición son aparatos que posibilitan la medida de magnitudes eléctricas, según que indiquen, registren o totalicen la magnitud en juego se les designa como instrumentos indicadores, registradores o totalizadores.


























Ellos indican una magnitud eléctrica la cual se diferencia de la verdadera por el error de indicación. Este error de indicación, cuando se expresa en forma porcentual es lo que define a la clase de precisión del instrumento.

En los instrumentos con cero mecánico, el error de indicación (diferencia el valor indicado y el correcto), se expresa en % de la longitud de la escala.

Existen 7 clases de precisión a saber: 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.5 y 5.0.

Para las mediciones de precisión y de laboratorio se usan los instrumentos de clase : 0.1, 0.2 y 0.5.

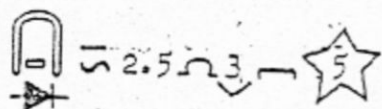
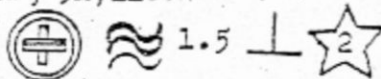
Para las mediciones de precisión y de laboratorio se usan los instrumentos de clase : 0.1, 0.2 y 0.5.

SIMBOLO	DENOMINACION	SIMBOLO	DENOMINACION
<p>A.- Símbolos que indican la naturaleza de la corriente y el N^o de circuitos de corriente y tensión del aparato.</p>		<p>E.- Símbolos que indican el principio de funcionamiento de los aparatos de medida.</p>	
—	Corriente continua.		Aparato magneto-eléctrico (ó de bobina móvil)
~	Corriente alterna.		Aparato magneto-eléctrico diferencial.
	Aparato bifásico con 2 circuitos de corriente y uno de tensión.		Medidor de cociente magneto eléctrico.
	<p>Aparato trifásico con 2 circuitos de corriente y 3 circuitos de tensión.</p> <p>NOTA.-Las sinusoides completas indican el N^o de fases, los semiperiodos positivos gruesos el N^o de circuitos de corriente, los semiperiodos negativos gruesos el N^o de circuitos de tensión.</p>		Aparato de imán móvil.
			Aparato ferromagnético (ó de Hierro móvil).
			Medidor de cociente ferromagnético.
E.- Símbolo de tensión de prueba			Aparato electrodinámico.
	Tensión 500 Voltios.		Aparato ferrodinámico.
	N ^o en el interior indica el valor en KV. ("0" indica que el aparato no está previsto para soportar tensión de prueba alguna)		Medidor de cociente electrodinámico.
			Medidor de cociente ferrodinámico.
C.- Símbolos de posición para trabajo normal del aparato.			Aparato de inducción.
	Posición Vertical.		Medidor de cociente de inducción
	Posición horizontal.		Aparato electrostático.
	Posición inclinada (ej. 60°)		Aparato térmico (de hilo caliente ó de dilatación).
D.- Símbolo de regulación a cero.			Aparato de láminas vibrantes.
	Disposición de la regulación del cero		Aparato térmico (bimetalico).
	Indicando el peligro de efectuar la regulación bajo tensión.		

SÍMBOLO	DENOMINACION	SÍMBOLO	DENOMINACION
	F.-Accesorios (El símbolo del accesorio debajo del símbolo del aparato indica que está incorporado. Cuando está el símbolo del accesorio al costado indica que está fuera del aparato pero que se tuvo en cuenta para su graduación)		G.-Símbolo para la clase de precisión de un instrumento
	Termopar no aislado.	1.5	Cuando la clase se ha hallado con referencia al valor máximo de la escala.
	Termopar aislado.	2	Idem anterior pero con referencia a la longitud de la escala (escalas no uniformes, ej. ohmímetros).
	Rectificador.	1	Hallada a partir del valor máximo menos el valor mínimo de la escala (escala fraccionada, ej. frecuencímetros).
	Transformador de corriente.		H.-Símbolos especiales.
	Transformador de tensión.		Protección electrostática.
	Resistencia en derivación para el aparato		Protección magnética.
	Resistencia en montaje potenciométrico.		Atención: "no tocar durante el trabajo puede resultar peligroso"
	Reactancia adicional.		Atención: No utilizar antes de consultar instrucciones especiales.
	Capacidad adicional.		

EJEMPLOS :

KW, 5A, 220V



Kilovatímetro ferrodinámico, para una corriente máxima de 5A, tensión de 220V; 3Ø con 2 circuitos de corriente y 2 de tensión; con clase de precisión de 1.5; posición normal vertical y tensión de prueba 2KV.

Instrumento de bobina móvil con rectificador incorporado; para corriente continua y alterna; 2.5 de clase de precisión como voltímetro o amperímetro; 3 de clase de precisión como ohmímetro; posición de trabajo horizontal y 5KV de tensión de prueba.

Para garantizar una correcta utilización de los instrumentos es necesario remitirse a las instrucciones de uso y empleo del fabricante de los mismos; pues el error de éstos es influenciado por la frecuencia de la red, por los campos magnéticos, por la posición de montaje, por la temperatura, por la forma de onda de la tensión, etc. Todos los instrumentos llevan en su escala una serie de símbolos que proporcionan información sobre su correcto uso.

2.3 MEDICION DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

2.3.1 FINALIDADES Y CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE ESTA PRUEBA

Es práctica común establecer el valor del aislamiento entre los arrollamientos y entre los arrollamientos y la tierra, antes de realizar los ensayos especificados por la norma CEI Pub 76 para la recepción de los transformadores de potencia.

La resistencia de aislamiento de los arrollamientos ésta sujeta a grandes variaciones con la temperatura, humedad, cualidades del líquido aislante y limpieza de las partes aislantes, puede suceder que los valores del aislamiento estén bajo los valores prescritos, sin embargo puede tratarse de un buen diseño en donde no exista ningún defecto, pudiendo llevar a la normalidad con solo limpiar y secar el transformador, a valores aceptables.

La apreciación del estado de aislamiento es necesario, antes de la aplicación de los ensayos dieléctricos y de la puesta en servicio de los transformadores.

2.3.2 METODOS DE ENSAYO

Se utiliza un Megóhmetro de 500 VDC en la prueba previa, mientras que para prueba final del transformador se utiliza un Megóhmetro con los siguientes niveles de tensión:

5000 VDC - Entre arrollamientos de AT y BT.

5000 VDC - Entre arrollamientos de AT y BT - Tierra.

500 VDC - Entre arrollamientos de BT y AT - Tierra.

La lectura de la resistencia de aislamiento se anota luego de un minuto de la aplicación constante de tensión de prueba, observando la temperatura a la cual se realiza la prueba.

La resistencia mínima de aislamiento permitida para transformadores según norma AIEE en Megaohms a 75°C deberá ser la siguiente:

$$\text{Resistencia de aislamiento} = \frac{\text{Tensión nominal}}{\text{KVA}/100 + 1000}$$

Una fórmula práctica es considerar como resistencia mínima de aislamiento a 75°C el valor de un Megaohm por cada kilovoltio de la tensión nominal.

2.3.3 INSTRUMENTO NECESARIO PARA EFECTUAR LA PRUEBA.

-Un Megóhmetro

Fabricante	: ABB METRAWATT
Tipo	: METRISO 5000
Tensión de prueba	: 500-1000 - 2500-5000 V
Escala	: 500 - 2000 - 20000 M Ω

(Ver detalle en apéndice)

2.4 MEDICION DE LA RESISTENCIA DE LOS ARROLLAMIENTOS

2.4.1 FINALIDADES Y CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE ESTA PRUEBA

La medición de la resistencia óhmica es de fundamental importancia teniendo en cuenta los siguientes objetivos:

1. Para el cálculo de las pérdidas Joule, suplementarias y tensión de cortocircuito en el ensayo de cortocircuito.
2. Para determinar el calentamiento de los arrollamientos en el ensayo de calentamiento.

2.4.2 DETERMINACION DE LA TEMPERATURA DE LOS ARROLLAMIENTOS EN FRIO

La temperatura de los arrollamientos en frío deberá ser determinada en forma tan precisa como sea posible, cuando se éste midiendo la resistencia en frío.

Las siguientes precauciones deberán ser observadas:

a) En general:

Una medición de la resistencia en frío deberá ser realizada en un transformador cuando éste se encuentre en un local sujeto a corrientes de aire o cuando esté localizado en una sala en la cual la temperatura este variando constantemente.

b) Transformadores con arrollamientos en aceite:

La temperatura de los arrollamientos debe ser considerada a la misma temperatura del aceite, admitiéndose que los arrollamientos han estado inmersos en aceite, sin excitación y sin corriente, por un período de tres a ocho horas, antes de ser efectuada la medición de la resistencia en frío, dependiendo del tamaño del transformador.

2.4.3 METODOS DE ENSAYO

A) METODO DE CAIDA DE POTENCIAL

El método de caída de potencial es generalmente más conveniente para mediciones de campo y se debe utilizar solamente si la corriente nominal de los arrollamientos es mayor de un ampere.

La medición se hace con corriente continua y las lecturas de corriente y voltaje deberán ser simultáneas.

La resistencia se calcula aplicando la ley de Ohm con las lecturas tomadas. En la medición de resistencia óhmica por el método de caída de potencial deberán tomarse en cuenta las siguientes observaciones:

- a) La corriente usada en la medición no deberá exceder del 15% de la corriente nominal del arrollamiento en prueba, para evitar errores por calentamiento en los conductores.

- b) Con el objeto de disminuir la constante de tiempo ($T = L/R$) del circuito se debería utilizar una resistencia en serie elevada. Los terminales del voltímetro deberán ser independientes de los terminales del amperímetro y deberán conectarse tan cerca como sea posible del los terminales del arrollamiento a medir.

- c) Durante la conexión y desconexión de la corriente de medida, el voltímetro debe permanecer desconectado (evitar que el fenómeno transitorio dañe al circuito).
- d) Al medir la resistencia en transformadores trifásicos debe recordarse que midiendo la resistencia R entre dos de los bornes, se tendrá:

- Con conexión en estrella o zig-zag el doble de la resistencia "r" de una fase y en consecuencia para conocer la resistencia de una fase debe dividirse por dos el resultado de la medición

$$r = R / 2$$

- En la conexión en triángulo se mide la resistencia de un cortocircuito que consta de dos ramas en paralelo, formadas una de ellas por una fase y la otra por dos fase en serie entre sí, por consiguiente

$$r = 3/2 R$$

Se debe medir la resistencia óhmica de las tres combinaciones de bornes tomados dos a dos puesto que las posibles diferencias puede ser indicio de algún defecto constructivo.

B) METODO DE PUENTES

En general en el laboratorio, el método que se prefiere por su exactitud y conveniencia es el método de los puentes (Kelvin y Wheatstone) en el cual se aplica el principio de comparación de una resistencia conocida comparada con la resistencia por medir, y se pueden leer resistencias hasta 10000 ohms. Para valores de resistencia que caen dentro del rango de 5 a 10000 ohms es recomendable el uso del puente de Wheatstone y para aquellas que caen dentro del rango de 0.0001 a 50 ohms se usa el puente Kelvin.

2.4.4 CONVERSION DEL VALOR DE LA RESISTENCIA

Las mediciones de las resistencias de los arrollamientos, en frío, son normalmente convertidas para una temperatura de referencia normalizada que es igual a la elevación de temperatura nominal más 20°C. Considerando que en los transformadores en aceite está especificado una elevación de temperatura nominal de 55°C, las resistencias óhmicas de los arrollamientos deben ser referidos para una temperatura de 75°C (55°C + 20°C).

Las conversiones son efectuadas de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$R_s = \frac{75 \text{ }^\circ\text{C} + 234.5 \text{ }^\circ\text{C}}{T_m + 234.5 \text{ }^\circ\text{C}} * R_m$$

donde:

R_s , Resistencia a la temperatura deseada $T_s = 75^\circ\text{C}$

R_m , Resistencia medida.

T_s , Temperatura de referencia deseada 75°C

T_m , Temperatura en la cual fue la resistencia medida.

T_k , Constante igual a 234.5°C para el cobre.

2.4.5 EQUIPOS E INSTRUMENTOS NECESARIOS PARA EFECTUAR ESTE ENSAYO

A) METODO DE CAIDA DE POTENCIAL

Teniendo un transformador de 630 Kva - 10/0.23Kv - 36.37 / 1581.44 A - 60 Hz

Consideramos:

$$\begin{aligned} I_o &= 1.5\% I_{nom} \\ I_p &= 1.5 I_o \end{aligned}$$

Donde : I_o = Corriente de vacio.
 I_{nom} = Corriente nominal.
 I_p = Corriente de prueba.

$$\begin{aligned} \text{En AT.} : I_o &= 1.7/100 \times 36.37 = 0.618 \text{ A} \\ I_p &= 1.5 \times 0.618 = 0.927 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{En BT.} : I_o &= 1.7 \times 1581.44 = 26.88 \text{ A} \\ I_p &= 1.5 \times 26.88 = 40.32 \text{ A} \end{aligned}$$

Asumimos, para prueba del bobinado secundario (BT):

$$I_p = 20 \text{ A}$$

- Fuente de alimentación : 4 Baterías de 12 V.
- 2 Resistencias variables 5 ohm - 15 A.
- 2 Resistencias variables 30 ohm - 1.5 A

- 1 Shunt
 - Fabricante : GANZ
 - Tipo : SH-2
 - Relación : 60 mV a 12-30-60-120 A.

- 1 Amperímetro de bobina móvil
 - Fabricante : GANZ.
 - Tipo : HDA- 2
 - Clase de precisión : 0.5
 - Rangos : 60-120-300 mA
0.6-1.2-3-6 A
60 mV; 0.6 mA (Shunt)

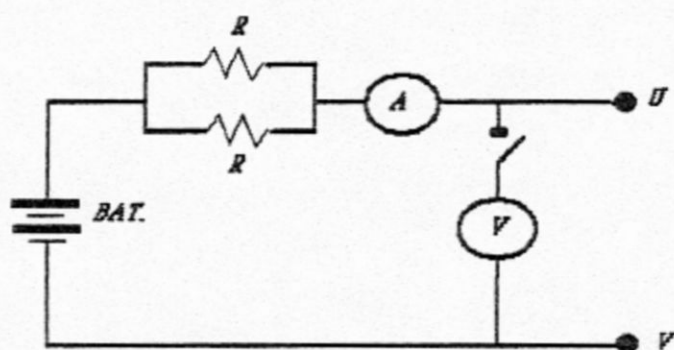
- 1 Voltímetro de bobina móvil
 - Fabricante : GANZ.
 - Tipo : HDV- 2
 - Clase de precisión : 0.5
 - Rangos : 60-120-300-600 mV
1.2 - 3 - 6 V

B) METODO DE PUENTES

- Puente Wheatstone
 - Fabricante : GANZ.
 - Tipo : HDV- 2
 - Clase de precisión : 0.5
 - Rangos : 60-120-300-600 mV
1.2 - 3 - 6V

2.4.6 CIRCUITO UTILIZADO

Caída de Potencial



2.5 MEDIDA DE LA RELACION DE TRANSFORMACION Y GRUPO DE CONEXION

2.5.1 FINALIDADES Y CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE ESTA PRUEBA

La finalidad de este ensayo es comprobar las relaciones de transformación de tensiones entre los arrollamientos de alta y baja tensión en todas las posiciones del conmutador.

Esta prueba deberá ser efectuada con la tensión nominal ó con una tensión inferior a la nominal y con una frecuencia nominal ó con una frecuencia mayor que la nominal.

$$\text{error de relación} = \frac{a_n - a_x}{a_x} * 100$$

$$a_n = \frac{U_{1n}}{U_{2n}}, \quad (U_{1n}, U_{2n} \text{ tensiones primaria y secundaria nominales})$$

$$a_x = \frac{U_{1x}}{U_{2x}}, \quad (U_{1x}, U_{2x} \text{ tensiones primaria y secundaria medidas})$$

Es importante el control de polaridad y correspondencia de fase (índice horario y grupo de conexión), para el servicio en paralelo de transformadores.

2.5.2 METODOS DE ENSAYO

A) METODO DEL VOLTIMETRO

Este método utiliza dos voltímetros conectados tanto en el primario como en el secundario. Para lograr una mayor precisión los dos voltímetros deben ser leídos simultáneamente y deberán ser intercambiados y las pruebas repetidas. El promedio de los resultados es la relación corregida.

B) METODO DEL TRANSFORMADOR PATRON

Consiste en comparar el transformador que se desea conocer con un transformador patrón de relación conocida. Para efectuar esta prueba se excitan en paralelo tanto el transformador por probar como el transformador patrón de la

misma relación nominal y con los dos secundarios conectados en paralelo, pero con un voltímetro conectado entre los dos terminales de polaridad similar.

Con éste método se logra mayor precisión debido a que el voltímetro indica la diferencia de tensiones secundarias.

C) METODO DEL TRANSFORMADOR DE REFERENCIA, DE RELACION VARIABLE.

Este método utiliza un equipo especialmente construido, el cual consiste de un transformador de relación variable y un galvanómetro.

La escala del equipo indica la relación de tensión cuando el galvanómetro registra una deflexión nula.

Por comodidad y conveniencia se lleva a cabo con la utilización de un aparato llamado T.T.R. (turn-transformer-ratio).

D) METODO DE PUENTE

Los puentes para la medida de la relación de transformación comparan fasores paralelos, por lo que al utilizarlos en la medida de la relación de unidades trifásicas que presenten un desplazamiento angular entre los vectores representativos de las tensiones primaria y secundaria diferente a "0°" ó "180°", habrá que buscar de

acuerdo al desfase la comparación de segmentos paralelos (lo que por otra parte significaría la confirmación del grupo de conexión de la unidad en prueba).

De acuerdo al puente de Barbauielat, el procedimiento consiste en alimentar el devanado de alta tensión con una tensión V_1 (normalmente 220 V) del transformador bajo ensayo, alimenta también una especie de potenciómetro constituido por las resistencias óhmicas R y r , una de ellas regulable (en nuestro caso R) y la bobina fija b_2 de un instrumento electrodinámico a través de las adecuadas resistencias adicionales.

La bobina móvil b_m del aparato, queda alimentada por una tensión representada por el vector AB cuyo extremo B al variar R se traslada a lo largo de V_1 . En consecuencia al variar R se modifica la fase del vector AB y por lo tanto la fase de las corriente I_m que circula por la bobina móvil.

Suponiendo despreciables las inductancias de las bobinas fijas y móvil, la corriente I_2 de la bobina fija estará en fase con la V_1 y al alcanzarse el punto en que como se indica en la figura el vector AB sea normal a V_1 , el electrodinamómetro quedará reducido a cero puesto que las corrientes I_2 y I_m de cada una de las bobinas estarán en cuadratura entre sí.

En estas condiciones la proporción será:

$$\frac{V_1}{V_2 \cos} = \frac{R + r}{r} = K$$

El ángulo (diferencia de fase entre alta y baja tensión) es siempre muy pequeño, de modo que puede considerarse $\cos = 1$

entonces la relación sería:

$$K = \frac{v_1}{V_2}$$

2.5.3 PARA DETERMINAR LA POLARIDAD DE LOS TRANSFORMADORES SE EMPLEAN USUALMENTE

A) METODO DE GOLPE INDUCTIVO CON CORRIENTE CONTINUA

Este método utiliza una fuente de tensión continua y un voltímetro. Cuando se aplica la fuente de tensión en un período transitorio, la deflexión de la aguja del voltímetro, indicará la polaridad del transformador.

B) METODO DE CORRIENTE ALTERNA

La determinación de la polaridad y del grupo de conexión por éste método consiste en colocar al mismo potencial dos bornes (generalmente del mismo nombre), uno del arrollamiento primario y otro del secundario y medir

las tensiones resultantes entre los bornes restantes; luego con el auxilio de los diagramas vectoriales y de la geometría se pueden calcular los valores esperados (de acuerdo al grupo) y compararlos con las medidas.

En el caso de ser un transformador monofásico, la polaridad será aditiva si la tensión leída entre bornes restantes del primario y secundario es mayor que la tensión aplicada al primario; la polaridad será sustractiva si la tensión entre bornes restantes del primario y secundario es menor que la tensión aplicada al primario.

2.5.4 EQUIPOS E INSTRUMENTOS NECESARIOS PARA EFECTUAR ESTE ENSAYO

METODO DE PUENTE

(Ver detalle de equipo en apendice)

Fabricante : HARTMANN & BRAUN
Tipo : METK 3

METODO DE CORRIENTE ALTERNA

- Un voltímetro de hierro móvil

Fabricante : GANZ.

Tipo : HLV- 2

Clase de precisión : 0.5

Rangos : 3 - 6 - 12 - 30 - 60- 120 -
300 - 600 V

2.6 MEDIDA DE LAS PERDIDAS DEBIDAS A LA CARGA Y DE LA TENSION DE CORTOCIRCUITO

2.6.1 FINALIDADES Y CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE ESTA PRUEBA

Esta prueba tiene por finalidad determinar las pérdidas en carga de un transformador y su tensión de cortocircuito (impedancia porcentual).

A) PERDIDAS EN CORTOCIRCUITO

La pérdida en carga de un transformador y la pérdida causada por la corriente de carga del transformador, incluyen:

1. Las pérdidas en el cobre I^2R .
2. Las pérdidas por corrientes Foucault, provocadas por el flujo de dispersión en los conductores.
3. Las pérdidas por histéresis y por corrientes de Foucault, provocadas por el flujo de dispersión en el tanque, en los elementos de sujeción y en el núcleo del transformador.

Las pérdidas por corriente de Foucault e histéresis son normalmente agrupadas con el nombre de pérdidas adicionales.

La medición de las pérdidas en carga deben ser medidas a la frecuencia nominal y con una corriente entre 25% y 100% de la corriente nominal.

El valor medido deberá ser corregido mediante la siguiente relación:

$$P_{cc} = P'_{cc} \left(\frac{I_{cc}^2}{I'_{cc}} \right)$$

Donde:

P_{cc} , valor de las pérdidas en carga a la corriente nominal I_{cc} .

P'_{cc} , valor de las pérdidas en carga a la corriente de prueba I'_{cc} .

Las pérdidas medidas como descritas mencionadas incluyen la pérdida en el núcleo, que corresponde a la tensión de cortocircuito, y tal pérdida puede ser deducida de las pérdidas totales en cortocircuito, a fin de obtener de forma más precisa, las pérdidas reales en carga.

Estas pérdidas en el núcleo pueden ser determinadas midiendo las pérdidas de vacío aplicando una tensión igual al valor de la tensión de cortocircuito (en los transformadores de distribución se puede despreciar estas pérdidas).

Las pérdidas en el cobre I^2R de los dos arrollamientos deben ser calculadas a partir de la medición de resistencia óhmica (corregida para la temperatura a la cual fue realizada la prueba de cortocircuito) y las corrientes que fueron usadas en la medición de la tensión de cortocircuito.

Estas pérdidas I^2R , sustraídas de las pérdidas de cortocircuito, resultan las pérdidas adicionales del transformador.

Los valores obtenidos no deben superar los valores de garantía mas la tolerancia (+ 1/7 P_g para las pérdidas y + 10% para la tensión de cortocircuito).

CORRECCION POR TEMPERATURA

Las pérdidas efecto Joule (I^2R) aumentan con la temperatura (coeficiente de temperatura positivo para la resistividad). Por el contrario, las pérdidas adicionales disminuyen con la temperatura (con la resistividad).

Las pérdidas nominales en cortocircuito hay que darlas reducidas a unas temperaturas de referencia que, según CEI 76, son:

CLASE DE AISLAMIENTO	TEMPERATURA DE REFERENCIA
A, E, B	75 °C
F, H	115°C

Para el cálculo, se admitirá el aumento de pérdidas

$$\text{Pérdidas por efecto Joule} = \text{Pérdidas } t_2^{\circ}\text{C} \frac{234.5 + t_1}{234.5 + t_2}$$

$$\text{Pérdidas adicionales} = \text{Pérdidas } t_2^{\circ}\text{C} \frac{234.5 + t_2}{234.5 + t_1}$$

La temperatura del ensayo será la medida en la capa superior del aceite del transformador, supuesto que lleve 8 horas sin haber estado conectado.

B) TENSION DE CORTOCIRCUITO

La tensión de cortocircuito del transformador, vista de los terminales del arrollamiento energizado, es la tensión requerida para hacer circular la corriente nominal del transformador teniendo el otro arrollamiento en cortocircuito, con ambos arrollamientos conectados para operación a tensión nominal.

La tensión de cortocircuito comprende una componente activa que corresponde a las pérdidas I^2R (en fase con la corriente) y una componente reactiva que corresponde a las pérdidas adicionales (en cuadratura con la corriente).

Los valores por unidad de los componentes activa, reactiva y de cortocircuito son obtenidos dividiendo E_x , E_x y E_x por la tensión nominal.

Los valores porcentuales son obtenidos multiplicando los valores por unidad, por 100.

Normalmente, para el cálculo de la tensión de cortocircuito en valores porcentuales se realiza de la siguiente manera:

$$1. P_{cc \text{ amb}} = \left(\frac{I_N}{I_D} \right)^2 P_{cc \text{ p}}$$

$$2. E_z \text{ amb} \% = \frac{P_{cc \text{ amb}}}{S_N} * 100$$

$$3. E_z \text{ amb} = \left(\frac{I_N}{I_D} \right) \left(\frac{V_D}{V_N} \right)$$

$$4. E_z \text{ amb} \% = \frac{E_z \text{ amb}}{100}$$

$$5. P_j \text{ amb} = \dots (I^2 R)_{AT} + (I^2 R)_{BT}$$

$$6. P_{adic \text{ amb}} = P_{cc \text{ amb}} - P_j \text{ amb}$$

$$7. P_{j75^{\circ}\text{C}} = P_{j\text{ amb}} \left(\frac{234.5 + 75}{234.5 + t_{\text{amb}}} \right)$$

$$8. P_{\text{adic}75^{\circ}\text{C}} = P_{\text{adic amb}} \left(\frac{234.5 + t_{\text{amb}}}{234.5 + 75} \right)$$

$$9. P_{\text{cc}75^{\circ}\text{C}} = P_{j75^{\circ}\text{C}} + P_{\text{adic}75^{\circ}\text{C}}$$

$$10. E_{x75^{\circ}\text{C}}\% = \frac{P_{\text{cc}75^{\circ}\text{C}}}{\text{SN}} * 100$$

$$11. E_x\% = \sqrt{(E_{z\text{ amb}}\%)^2 - (E_{r\text{ amb}}\%)^2}$$

$$12. E_{z75^{\circ}\text{C}}\% = \sqrt{(E_{x75^{\circ}\text{C}}\%)^2 + (E_x\%)^2}$$

Donde:

- $E_{z \text{ amb}\%}$, $E_{z 75^{\circ}\text{C}\%}$, Componente activa de la tensión de cortocircuito a temperatura ambiente y a 75°C en valor porcentual.
- $E_x\%$, Componente reactiva de la tensión de cortocircuito en valor porcentual.
- $E_{z \text{ amb}\%}$, $E_{z 75^{\circ}\text{C}\%}$, Tensión de cortocircuito a temperatura ambiente y a 75°C en valor porcentual.
- I_N , I_p , Corriente nominal y corriente medida en prueba.
- V_N , V_p , Tensión nominal y tensión medida en prueba.
- $P_{cc \text{ amb}}$, $V_{cc \text{ amb}}$, Pérdidas en el cobre y tensión de cortocircuito medidas a valores nominales y temperatura ambiente.
- $P_j \text{ amb}$, $P_j 75^{\circ}\text{C}$, Pérdidas por efecto Joule a temperatura ambiente y a 75°C.
- $P_{adic \text{ amb}}$, $P_{adic 75^{\circ}\text{C}}$, Pérdidas adicionales a temperatura ambiente y a 75°C.

2.6.2 METODOS DE ENSAYO

METODO DE CORTOCIRCUITO

Este método utiliza vatímetro-voltímetro-amperímetro, y consiste en cortocircuitar uno de los arrollamientos (de preferencia y para mayor facilidad, el de baja tensión) y aplicar una tensión a la frecuencia nominal, de modo que por los arrollamientos circule la corriente nominal.

Con la corriente a frecuencia ajustadas para los valores, mas próximos posibles a las nominales, deben tomar lecturas simultáneas del amperímetro, voltímetro, vatímetro y frecuencímetro.

La temperatura del aceite debe se registrada durante la prueba.

2.6.3 EQUIPOS E INSTRUMENTOS NECESARIOS PARA EFECTUAR ESTE ENSAYO

Para la realización de la prueba consideramos como valores máximos:

$$V_{cc} = 450 \text{ V}$$

$$I_{cc} = 36.37 \text{ A}$$

$$P_{cc} = 9830 \text{ W}$$

- VOLTIMETRO

Fabricante : GANZ
Tipo : HLV - 2
Clase de precisión : 0.5
Rangos : 60 - 120 - 300 - 600 V

- AMPERIMETRO

Fabricante : GANZ
Tipo : HLA - 2
Clase de precisión : 0.5
Rangos : 0.6 - 1.2 - 3 - 6 A

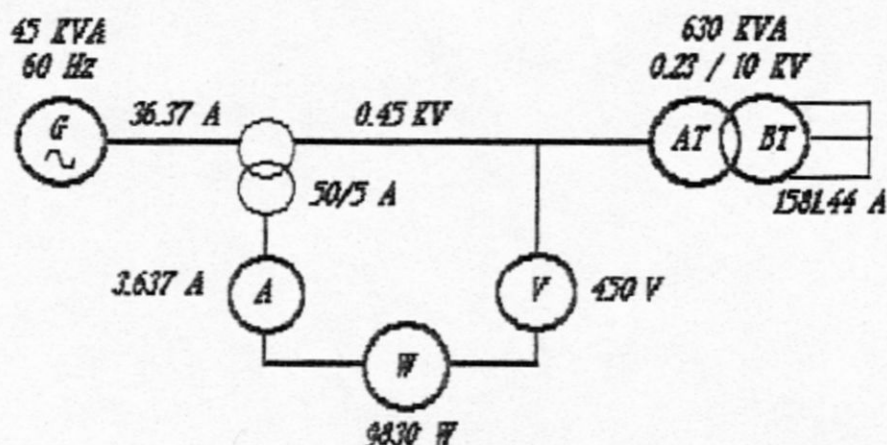
- VATIMETRO

Fabricante : GANZ
Tipo : HEWa -2
Clase de precisión : 0.5
Rangos : 240 - 600 - 1200
2400 W

- TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

Fabricante : GANZ
Tipo : SV 001
Clase de precisión : 0.1
Relacion de transformación : 0.25 - 0.5 - 1 - 2.5 - 5
10 - 25 - 50 - 100 /5

2.6.4 CIRCUITO UTILIZADO



2.7 MEDIDA DE LAS PERDIDAS Y DE LA CORRIENTE EN VACIO

2.7.1 FINALIDADES Y CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE ESTA PRUEBA

Las pérdidas en vacío de un transformador consiste principalmente en las pérdidas del fierro con que ésta fabricado el núcleo del transformador y es función del valor, frecuencia y forma de onda de la tensión aplicada.

Las pérdidas en vacío que fundamentalmente se componen de las pérdidas por histéresis que dependen del valor máximo de la inducción (por lo tanto del valor medio de la tensión), y de las pérdidas por corrientes de Foucault que dependen del cuadrado del valor eficaz de la tensión; dependen en razón de esta última componente de la forma de

onda de tensión (factor de forma), es por ésta razón que para su medida se precisa realizar la medida del factor de forma (K_f):

$$K_f = \frac{V_{ef}}{V_m}$$

Donde:

V_{ef} , valor eficaz de la onda de tensión en Volts.

V_m , valor medio de la onda de tensión en Volts.

Debido a que la corriente en vacío del transformador a causa del fenómeno de histéresis ostenta un alto contenido de armónicas; provoca caídas de tensión en las impedancias del generador alimentador y del transformador auxiliar (caso de utilizarse), que derivan en que la onda de tensión generada se aparte de la forma sinusoidal y como las pérdidas en vacío se refieren a una onda sinusoidal se precisa realizar la corrección de la medida. Para lo cual se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$P_o = \frac{P_{om}}{P_1 + K_f^2 P_2}$$

Donde :

P_o , Pérdidas del fierro corregidas (en base senoidal).

P_{om} , Pérdidas del fierro medidas empleando el voltímetro de valor medio.

P_1 , Proporción de las pérdidas por histéresis.

P_2 , Proporción de las pérdidas por corrientes de Foucault.

K_f , Factor de forma.

Para las inducciones normalmente utilizadas se pueden utilizar los valores siguientes a los indicados por el fabricante:

- Plancha laminada en	P_1	0.5	P_2	0.5
- Plancha laminada en caliente	P_1	0.8	P_2	0.2

Los valores de las pérdidas y de la corriente en vacío medidas deben corresponder a los cálculos y/o garantizados dentro de las tolerancias $+ 1/7 P_0$ (para las pérdidas de vacío P_0) y $+ 0.3 I_0$ (para la corriente en vacío I_0).

2.7.2 METODOS DE ENSAYO

METODO DEL VOLTIMETRO DE TENSION ABSOLUTA (PERDIDAS EN VACIO)

Este método es el mas preciso y recomendado.

El voltímetro deberá ser conectado lo mas próximo a la carga, el amperímetro lo mas próximo a la fuente, y el vatímetro entre los dos.

El transformador puede ser ensayado, energizándose por el arrollamiento de alta ó baja tensión, pero mas conveniente es realizar ésta prueba energizando por el arrollamiento de baja tensión, para mayor facilidad en la medición de la corriente.

Antes de realizar la medida de las pérdidas, cerciorarse que el tiempo de impregnación de la parte activa es el prescrito y que las moléculas de aire hayan sido expulsadas mediante los pernos de purga previstos.

La corriente de excitación es la que mantiene la excitación del transformador. Se determina tomando en cuenta los valores de corriente por fase del transformador durante la prueba de pérdidas de excitación. El promedio de corriente de cada fase es el que nos indicará éste valor. Usualmente la corriente de excitación se expresa en por ciento de la corriente normal de el devanado en el cual se hace la medición.

2.7.3 EQUIPOS E INSTRUMENTOS NECESARIOS PARA EFECTUAR ESTE ENSAYO

Para la realización de la prueba consideramos como valores máximos:

$V_o = 230 \text{ V}$

$I_o = 26.88 \text{ A}$

$P_o = 1488 \text{ W}$

- VOLTIMETRO
 - Fabricante : GANZ
 - Tipo : HLV - 2
 - Clase de precisión : 0.5
 - Rangos : 60 - 120 - 300 - 600 V

- VOLTIMETRO
 - Fabricante : YOKOGAWA
 - Modelo : 2017
 - Clase de precisión : 0.5
 - Rangos : 30 - 75 - 150 - 300 V

- AMPERIMETRO
 - Fabricante : GANZ
 - Tipo : HLA - 2
 - Clase de precisión : 0.5
 - Rangos : 0.6 - 1.2 - 3 - 6 A

- VATIMETRO
 - Fabricante : GANZ
 - Tipo : HEWa -2
 - Clase de precisión : 0.5
 - Rangos : 240 - 600 - 1200 - 2400 W

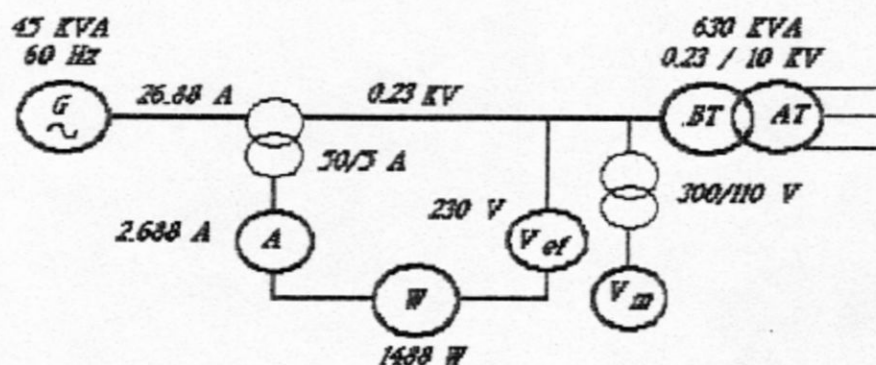
- TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
 - Fabricante : GANZ
 - Tipo : SV 001
 - Clase de precisión : 0.1

Relacion de transformación : 0.25 - 0.5 - 1 - 2.5 - 5
10 - 25 - 50 - 100 / 5

- TRANSFORMADOR DE TENSION

Fabricante : YOKOGAWA
Modelo : 226103
Clase de precisión : 0.2
Relacion de transformación : 100 - 200 - 300 - 500 V

2.7.4 CIRCUITO UTILIZADO



2.8 ENSAYO DE TENSION INDUCIDA

2.8.1 FINALIDADES Y CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE ESTA PRUEBA

Este ensayo tiene por finalidad verificar el aislamiento entre espiras, bobinas, derivaciones, terminales, aisladores del transformador y si es capaz de soportar una sobretensión entre espiras, de por lo menos dos veces la tensión nominal del arrollamiento, sin que se produzcan descargas y sin evidencias de falla.

En este ensayo se debe aplicar una tensión con una frecuencia tal que la corriente de excitación no exceda en 30% la corriente nominal del transformador. Normalmente una frecuencia de 120 Hz es suficiente, pudiendo, por conveniencia, usar frecuencias mayores.

El tiempo de duración de la prueba se determinará con auxilio de la siguiente fórmula:

$$t = \frac{120 f_n}{f_p}$$

Donde:

t, tiempo en segundos.

f_n , frecuencia nominal en Hz.

f_p , frecuencia de prueba en Hz.

Pero en ningún caso el tiempo de duración de la prueba será inferior a 15 seg. ni superior a 60 seg.

En esta prueba, como la carga es capacitiva hay que preveer su compensación a fin de reducir los riesgos de autoexcitación del generador.

El transformador salva la prueba cuando durante su ejecución no se producen descargas eléctricas ni ruidos de descarga en el interior de él, la indicación de los voltímetros y amperímetros es constante, sin parpadeos y en el compartimiento del relé Bucholz no se han acumulado moléculas de gas inflamable.

2.8.2 METODO DE ENSAYO

Se excita el transformador en prueba por el lado de baja tensión (generalmente), con una tensión que induzcan en el lado de alta tensión, la tensión de prueba; para evitar el problema de la saturación del circuito magnético, la frecuencia de la tensión de alimentación debe ser por lo menos igual al doble de la frecuencia nominal.

Al final del ensayo la tensión de prueba deberá ser disminuida rápidamente por lo menos a una tercera parte de su magnitud plena antes de abrir el interruptor.

2.8.3 EQUIPOS E INSTRUMENTOS NECESARIOS PARA EFECTUAR ESTE ENSAYO

Considerando prueba de transformador trifásico :

630 KVA - 10 / 0.23 KV - 36.77 / 1581.44 A

En prueba :

$$V_p = 2 V_{nom} = 2 (230) = 460 \text{ V}$$

$$f_p = 2 f_{nom} = 2 (60\text{Hz}) = 120 \text{ Hz}$$

$$I_o = 26.88 \text{ A}$$

$$I_p = 1.2 I_o = 1.2 (26.88) = 32.36 \text{ A}$$

GRUPO GENERADOR

ALTERNADOR :

Potencia : 15 KVA

Fase : 3

Polos : 4

Frecuencia : 60 Hz - 120 Hz

Velocidad : 1800 RPM - 3600 RPM

Tensión : 230 V - 460 V

MOTOR PRIMO C.C.,EXCITACION DERIVACION (SHUNT)

Potencia : 25 HP

Velocidad : 3600 RPM

Tensión : 220 V

- VOLTIMETRO

Fabricante : GANZ

Tipo : HLV - 2

Clase de precisión : 0.5

Rangos : 60 - 120 - 300 - 600 V

- FRECUENCIMETRO

Fabricante : YOKOGAWA

Modelo : 203803

Clase de precisión : 0.5

Rangos : 100 - 300 HZ

- TRANSFORMADOR DE TENSION

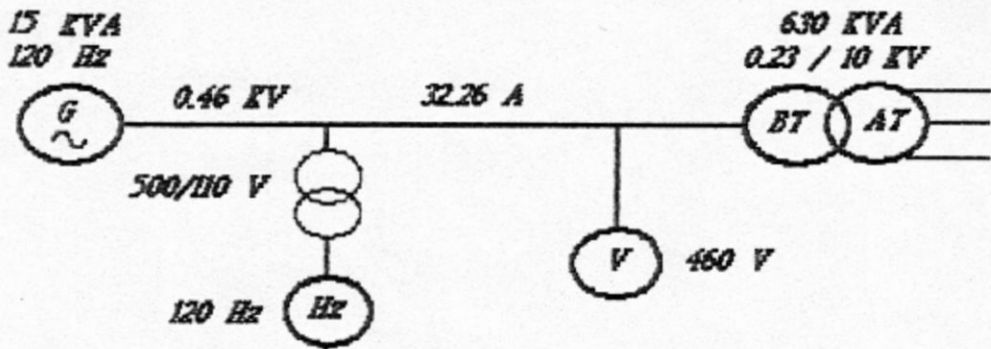
Fabricante : YOKOGAWA

Modelo : 226103

Clase de precisión : 0.2

Relación de transformación : 100 - 200 - 300 - 500 V

2.8.4 CIRCUITO UTILIZADO



2.9 ENSAYO DE TENSION APLICADA

2.9.1 FINALIDADES Y CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE ESTA PRUEBA

Este ensayo tiene por finalidad verificar si el transformador es capaz de soportar el ensayo de tensión aplicada sin que se produzcan descargas ni que haya evidencia de falla; comprueba el nivel de aislamiento entre arrollamientos y entre arrollamientos y tierra.

En el siguiente cuadro se tienen los niveles de aislamiento para los transformadores sumergidos en aceite previstos para soportar los ensayos con ondas de choque (se ha tomado una parte del cuadro presentado en la norma ITINTEC 370.002).

Tensión Máxima de la Red KV (Eficaz)	Tensión de Prueba con frecuencia Industrial KV (Eficaz)
3.6	16
7.2	22
12	28
17.5	38
24	50

2.9.2 METODO DE ENSAYO

Todos los terminales externos del arrollamiento en ensayo deben ser unidos al terminal de la fuente de ensayo. Todos los terminales externos de los demás arrollamientos y partes metálicas (inclusive el tanque y el núcleo) deben ser unidos a otro terminal de la fuente de ensayo y a tierra.

El ensayo debe ser ejecutado con una frecuencia no inferior a 80% de la nominal, y la tensión de ensayo debe ser mantenida durante 60 segundos.

El ensayo debe empezar con una tensión eficaz máxima igual a 1/3 del valor del ensayo, elevando esta tensión al valor apropiado lo más rápido posible sin que se interrumpa el circuito. Al final del ensayo se reduce rápidamente la tensión a 1/3 de su pleno valor antes de desconectar.

2.9.3 EQUIPOS E INSTRUMENTOS NECESARIOS PARA EFECTUAR ESTE ENSAYO

- TRANSFORMADOR REGULADOR

Fases	: 1
	Potencia: 1 kVA
Tensión	: 220 / 0 - 240 V
Frecuencia	: 60 HZ

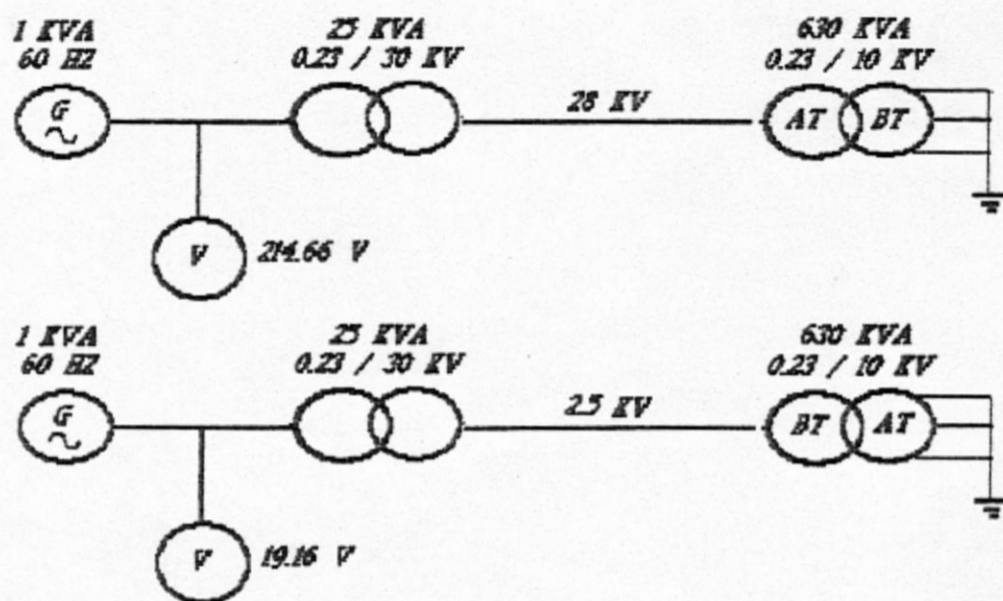
- TRANSFORMADOR AUXILIAR

Fases : 1
Potencia : 25 kVA
Tensión : 220 / 30000 V
Frecuencia : 60 HZ

- VOLTIMETRO

Fabricante : GANZ
Tipo : HLV - 2
Clase de precisión : 0.5
Rangos : 60 - 120 - 300 - 600 V

2.9.4 CIRCUITO UTILIZADO



2.10 ENSAYO DE CALENTAMIENTO

2.10.1 FINALIDADES Y CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE ESTA PRUEBA

La prueba de calentamiento sirve para determinar la elevación de la temperatura de un transformador sobre la temperatura ambiente cuando se encuentra en condiciones de carga normales especificadas. Por lo tanto para determinar la elevación, la unidad debe probarse con su tensión y corriente nominales simultáneamente.

La vida de los materiales aislantes comunmente usados en transformadores, depende mucho de la temperatura máxima a la cual éstos estan sujetos y a la duración de ésta temperatura.

2.10.2 METODOS DE ENSAYO

METODO DE CARGA EFECTIVA

Un transformador de potencia pequeña puede ser probado bajo condiciones reales de carga, usando un banco de lamparas, reóstatos; sin embargo para transformadores de gran capacidad éste método es demasiado costoso pues exige el manejo de grandes cantidades de energía.

METODO DE CARGA POR OPOSICION

Cuando se dispone de dos transformadores similares, uno puede usarse como carga del otro y el segundo es conectado a su alimentación. Para éste caso la energía requerida es la necesaria para suministrar las pérdidas de ambos transformadores. Para efectuar la prueba por

este método, se conectan en paralelo y a la línea de alimentación los arrollamientos de baja tensión de ambos transformadores, mientras que los de alta tensión se conectan en serie y en oposición. Puesto que los transformadores son idénticos y los arrollamientos de alta están conectados en oposición, no circulara por estos ninguna corriente, en cambio en los arrollamientos de baja tensión circula la corriente de excitación, como es obvio en estas condiciones la potencia consumida por cada transformador corresponde a las pérdidas en vacío.

Este método requiere una gran cantidad de equipos de prueba y de equipos auxiliares, así como un consumo de energía considerable.

Debido a estos requisitos el método de oposición es de difícil uso en el caso de transformadores de potencia.

METODO DE CORTOCIRCUITO.-

Este método requiere valores predeterminados precisos de las pérdidas en vacío y pérdidas en el cobre, incluyendo las pérdidas por dispersión, a la temperatura nominal de referencia (75 °C).

En esta forma se obtiene la elevación de temperatura de aceite sobre el ambiente (Gradiente: Aceite-Ambiente). Ya que la elevación de la temperatura se ha estabilizado, se reduce la corriente que circula por los arrollamientos

a un valor tal que el transformador desarrolla sólo la pérdida del cobre a plena carga y se permite un lapso de tiempo para que la elevación de temperatura del cobre sobre el aceite (Gradiente: Cobre-Aceite) se estabilice, generalmente es suficiente de una a dos horas. Una vez logrado lo anterior se hace el corte de la prueba.

La elevación de la temperatura de un transformador sobre la temperatura ambiente s considera formada por dos elevaciones o gradientes.

- 1.- Elevación: cobre-aceite.
- 2.- Elevación: aceite-ambiente.

La suma de estos gradientes no deberá exeder de la temperatura garantizada, generalmente indicada en la placa.

CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL COBRE

$$T = \frac{R}{r} * (234.5 + t) - 234.5$$

T : Temperatura que se desea determinar (en caliente) del cobre.

t : Temperatura en frio.

R : Resistencia a la temperatura T (del cobre).

r : Resistencia a la temperatura t (del cobre).

Al valor obtenido se le resta el valor de la temperatura del aceite a la hora del corte y se obtiene el gradiente: cobre-aceite a este valor se le agrega el gradiente : aceite-ambiente que se obtienen al bajar a corriente nominal y se obtiene la elevación total.

La resistencia en caliente debe corregirse por extrapolación, del error causado por perdidas de tiempo en conectar el puente después de haber hecho el corte.

REQUISITOS PARA LA PRUEBA DE CALENTAMIENTO.-

- 1 Al hacer la prueba, el transformador deberá estar ensamblado y equipado con indicadores térmicos (termómetros).
- 2 En caso de ser tipo aceite, el transformador deberá estar lleno de aceite hasta el nivel apropiado.
- 3 El lugar en que se efectue la prueba deberá estar libre de corriente de aire hasta el grado que sea posible.
- 4 La temperatura ambiente debe medirse en varios termómetros los cuales se colocan en diferentes partes alrededor de la unidad en prueba, a una distancia de uno a dos metros y a la mitad de su altura y deben protegerse, además, contra corriente de aire y calentamiento anormales.

- 5 La temperatura del arrollamiento del transformador en prueba deberá medirse en termómetros insertados en sus arrollamientos, cuando se trata de un transformador tipo seco, o bien cuando se trata de un transformador en aceite se sumerge el termómetro aproximadamente 5 centímetros bajo la superficie superior del aceite.

- 6 Al usar el método de corto circuito generalmente se alimenta el transformador por el lado de alta tensión, de tal forma que se apliquen a este la suma de las pérdidas de cobre más las pérdidas en el núcleo, corregidas a 75 grados.

- 7 Antes de iniciar la prueba de un transformador deben hacerse los arreglos necesarios:

Primero se hace el arreglo para poder conectar las puntas de medición a los puentes en una forma correcta para tener una conexión firme y se facilite el manejo a la hora de medir la resistencia en caliente.

En segundo lugar, debe de considerarse el arreglo necesario de modo que facilite que el circuito de alimentación pueda ser interrumpido con suficiente rapidez al hacer el corte de la prueba.

En tercer lugar, deben hacerse las lecturas en frío de la resistencia del arrollamiento.

8 Considerando que el transformador está disipando una potencia igual a la suma de las pérdidas de cobre y las de fierro, la estabilización térmica se alcanzará cuando la temperatura del aceite (o de el arrollamiento del transformador en el de tipo seco) no varie más de un Grado centigrado, y la del medio refrigerante no más de 1.5 grados centígrados en el mismo sentido durante 3.5 horas.

De la lectura anterior se determina la elevación promedio de la temperatura del aceite superior, sobre el ambiente (gradiente: Aceite-Ambiente).

9 Se deberan anotar los intervalos de tiempo transcurrido desde el instante del corte hasta cada uno de los instantes que se hace la medición de la resistencia a fin de que con las correcciones adecuadas se puedan determinar el valor de la resistencia (en caliente) Ohmica de los arrollamientos en el instante preciso de el corte. Este dato servirá de referencia para determinar la elevación total del transformador.

10 Todas las lecturas deberán ser hechas dentro de los cuatro siguiente minutos al corte. Si no se consigue obtener un número suficiente de lecturas en el lapso de tiempo marcado, la prueba deberá reanudarse hasta que se logre estabilizar temperaturas, lo cual sucede aproximadamente a las dos horas después de el primer corte, siempre y cuando la prueba se halla reanudado inmediatamente.

CORRECCION DE ELEVACION DE TEMPERATURA OBSERVADA
AL TIEMPO DE CORTE.-

Puesto que la temperatura de un arrollamiento empieza a descender a partir del instante en que se hace el corte hasta que se empiezan a tomar las lecturas, se hace necesario la aplicación de un factor correctivo para este efecto. Esta corrección puede hacerse aproximadamente de la siguiente forma:

Se traza una curva de resistencia óhmica-tiempo, siendo el tiempo medido desde el instante en que interrumpe la alimentación hasta el instante en que se toma la última lectura de resistencia.

Esta curva comienza en el tiempo de haber hecho el corte, construida la curva se prolonga su origen hasta que corta el eje de las resistencias que corresponde al tiempo cero, que es el instante del corte.

Cuando se efectúa el cálculo de la elevación de la temperatura por el método empírico el cual se obtiene considerando como la resistencia en caliente de la primera lectura que se obtiene. Se puede aplicar una corrección arbitraria de un grado centígrado por cada minuto, siempre y cuando el lapso de tiempo transcurrido desde el instante del corte hasta el de la primera medición de resistencia en caliente, no sea mayor de cuatro minutos.

2.10.3 EQUIPOS E INSTRUMENTOS NECESARIOS PARA EFECTUAR ESTE ENSAYO

Para la realización de la prueba consideramos como valores máximos:

$$V_e = 532 \text{ V}$$

$$I_e = 43 \text{ A}$$

$$P_e = 11318 \text{ W}$$

- VOLTIMETRO

Fabricante	: GANZ
Tipo	: HLV - 2
Clase de precisión	: 0.5
Rangos	: 60 - 120 - 300 - 600 V

- AMPERIMETRO

Fabricante	: GANZ
Tipo	: HLA - 2
Clase de precisión	: 0.5
Rangos	: 0.6 - 1.2 - 3 - 6 A

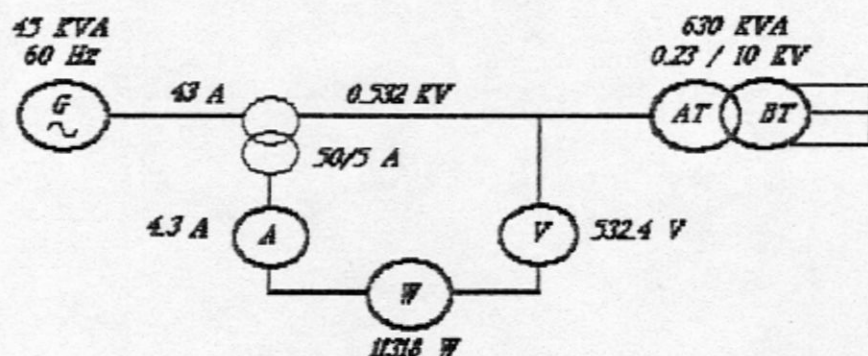
- VATIMETRO

Fabricante	: GANZ
Tipo	: HEWa -2
Clase de precisión	: 0.5
Rangos	: 240 - 600 - 1200 2400 W

- TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

Fabricante : GANZ
Tipo : SV 001
Clase de precisión : 0.1
Relacion de transformación : 0.25 - 0.5 - 1 - 2.5 - 5
10 - 25 - 50 - 100 /5

2.10.4 CIRCUITO UTILIZADO



CAPITULO III :

CALCULO DEL TRANSFORMADOR AUXILIAR PARA PRUEBA DE TENSION
APLICADA DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION

3.1 RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS A OBTENER

POTENCIA	:	25 KVA
FRECUENCIA	:	60 HZ
FASES	:	1
RELACION DE TRANSFORMACION	:	220 / 30000 V
POLARIDAD	:	SUSTRACTIVA
REFRIGERACION	:	ONAN
PERDIDAS EN EL COBRE (A 75°C)	:	725 W
PERDIDAS EN EL FIERRO	:	225 W
IMPEDANCIA A 75°C	:	
ALTITUD DE SERVICIO	:	1000 msnm
SOBREELEVACION DE TEMPERATURA EN EL COBRE A PLENA CARGA	:	60°C

3.2 SIMBOLOS A EMPLEAR

Cu , cobre

Fe , fierro

S_{cu} S_{Fe} , secciones, en cm^2

b , densidad de flujo, en gauss

d , densidad de corriente, en amp/mm^2

E , fuerza electromotriz, en Volts

V , voltaje, en Volts

I , corriente, en Amperes

Z , impedancia, en Ohms

R , resistencia, en Ohms

- X , reactancia, en Ohms
- f , frecuencia, en Hertz
- N , número de espiras
- p , primario (subíndice)
- s , secundario (subíndice)
- a , ancho de ventana, en cm
- L , longitud de ventana, en cm
- d , diámetro, en cm
- S , potencia aparente, en VA
- P , potencia activa, en W
- G , peso, en Kg

3.3 CALCULO DE LAS DIMENSIONES DEL NUCLEO

- Aplicando CRITERIO DE MINIMO COSTO
Actualmente relación de precio de Cobre Vs. precio de Fierro, aproximadamente es igual a 3.
- Tipo de núcleo : COLUMNAS

3.3.1 Hallando factor de ventana (f_v):

KVA \ KV	3.6	12	36
13.33	0.26	0.23	-
25.0	-----		f_v
53.33	0.30	0.27	0.15

De tabla adoptamos : $f_v = 0.15$

3.3.2 Hallando diámetro de columna (d), longitud (L) y ancho de ventana (a):

	f_v	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4
$m = a/d$	1.1	x	0.8	0.65	0.57	
$l' = L/d$	4.5	y	3.3	2.8	2.5	

Por transposición :

$$\frac{x - 1.1}{0.8 - 1.1} = \frac{0.15 - 0.1}{0.2 - 0.1}, \quad x = 0.95$$

$m = a/d = 0.95$

$$\frac{y - 4.5}{3.3 - 4.5} = \frac{0.15 - 0.1}{0.2 - 0.1}, \quad y = 3.9$$

$l' = L/d = 3.9$

$$aLd^2 = 5.7345 * 1010 \frac{S}{f \cdot B \cdot J \cdot f_u \cdot f_v}$$

factor de utilización (f_u), empleando 3 escalones :

$$f_u = 0.861$$

$$aLd^2 = 5.7345 * 1010 \frac{25}{(60)(14800)(320)(0.861)(0.15)}$$

$$aLd^2 = 39064.13$$

$$d = \left(\frac{aLd^2}{ml'} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{39064.13}{(0.95)(3.9)} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$d = 10.133 \text{ cm}$

$a = md = 0.95 (10.133)$

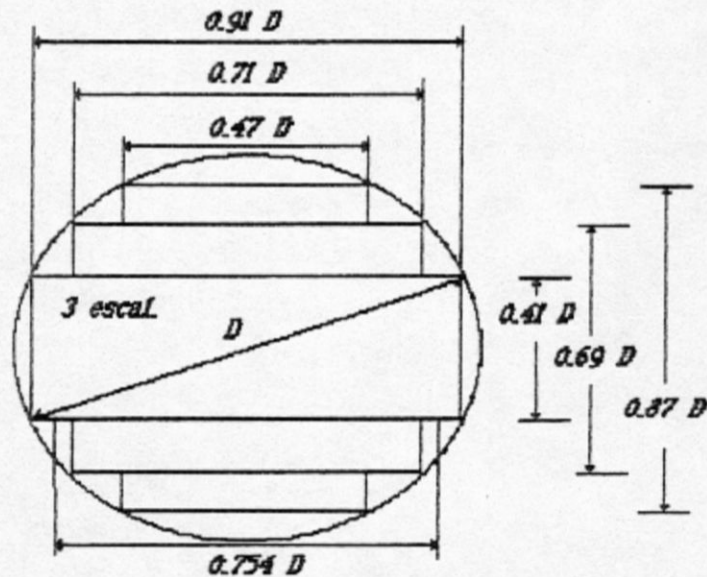
$a = 9.63 \text{ cm}$

$L = 1'd = 3.9 (10.133)$

$L = 39.52 \text{ cm}$

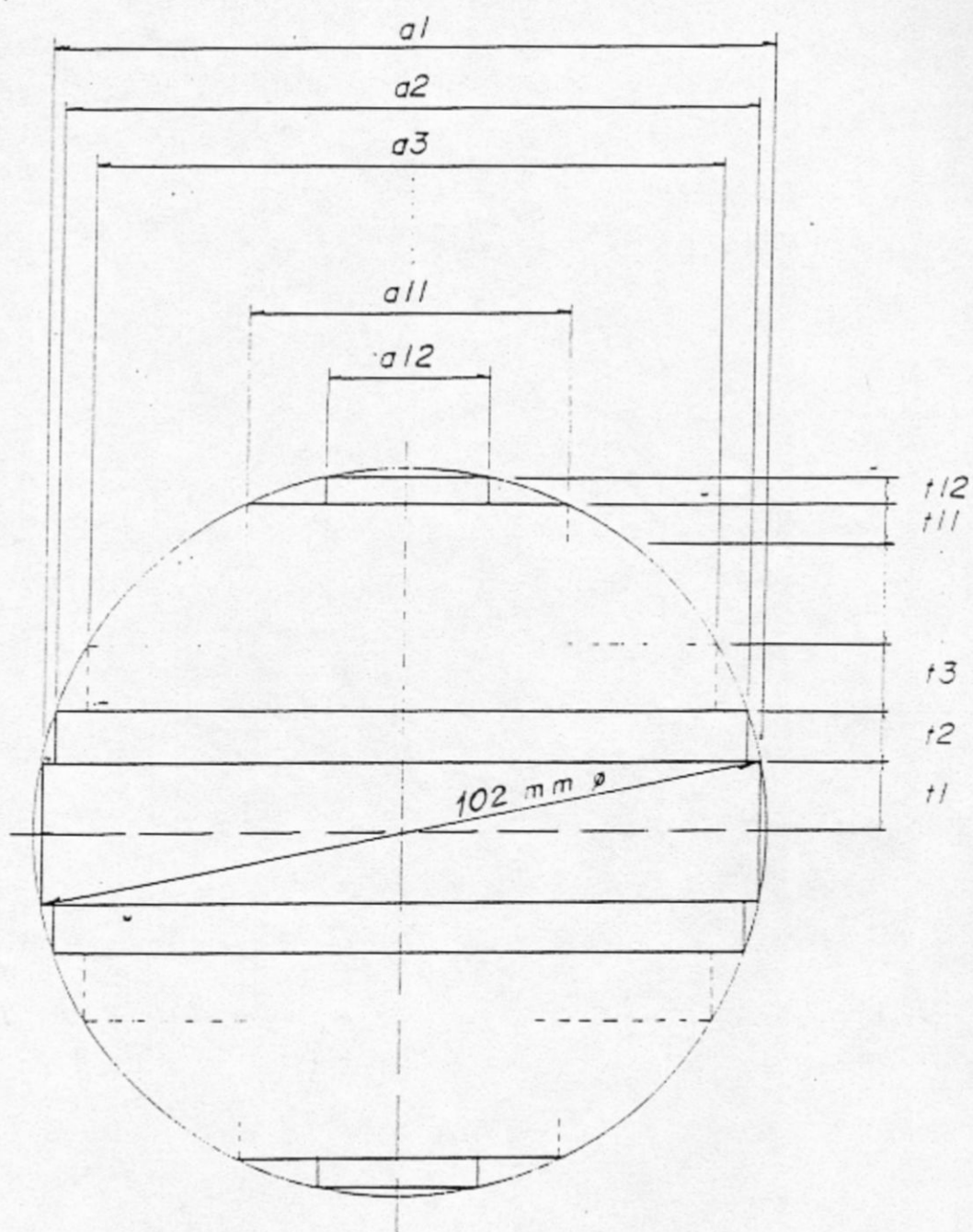
3.4 SECCION DEL NUCLEO POR COLUMNA

Empleando 3 escalones y considerando $d = 102 \text{ mm}$:



- Considerando el corte del ancho de cinta (dado por el fabricante)
Ver hoja siguiente con datos considerados.
- Sección del Núcleo de fierro por columna, con factor de apilamiento (f_{\bullet}) = 0.96 :

Escalón N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a (mm)	90	70	50	-								
t (mm)	24	13.1	7.3	-								



TRANSFORMADOR DE POTENCIA

N° Serie	Tipo	Fases	kVA	Voltios	Amps.	Hz	Grupo		
	ONAN	1	25	220	30000	113.64	0.833	60	I10
Cliente							OT N°		
							Fecha	-01-94	
Especificación de Escalones del NUCLEO 102 ϕ / 390 / 135							Diseño	H. HAMILLO	
N° de Escalones: 3							Factor de apilamiento:	0.96	
							Revisó		
							Visto		

LAMINA TIPO	ESCALON N°	DIMENSIONES (mm)		CANTIDAD			PESO (kg)	
		Ancho	Longitud	N° Capas	Factor	Tiro	or -sc ón	Total
A	1	90	480	89	4	356	15.863	31.726
	2	70	480	49		196	6.734	13.468
	3	50	480	27		108	2.681	5.362
	4	-	-	-		-	-	-
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							
	11							
	12							
B	1	90	225	89	6	356	7.436	14.872
	2	70	225	49		196	3.157	6.314
	3	50	225	27		108	1.257	2.514
	4	-	-	-		-	-	-
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							
	11							
	12							
C	1	-	-	-	2	-	-	-
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							
	11							
	12							

TRANSFORMADOR DE POTENCIA						Peso total del Núcleo		74.256 kg	
N° Serie	Tipo	Fases	kVA	Voltios	Amps	Hz	Grupo		
	ONAN	1	25	220	30000	113.64	0.833	60	Iio
Cliente							OT N°		
							Fecha		-01-94
Especificación de Láminas del NUCLEO 102 ^φ /390/135							Diseño		H. HANILLA
							Revisó		
Diámetro (mm)		Sección (cm ²)		Tipo Hierro		Visto			
102		66.086		M4					

$$S_{\Sigma} = [9 (4.8) + 7 (2.62) + 5 (1.46)] * 0.96$$

$$S_{\Sigma} = 66.0864 \text{ cm}^2$$

3.5 NUMERO DE ESPIRAS DE BOBINADO PRIMARIO Y SECUNDARIO

Número de espiras primarias (N_p):

$$E = 4.44 * 10^{-8} \text{ f. } S_{\Sigma} \cdot B \cdot N_p$$

$$220 \text{ V} = 4.44 * 10^{-8} (60 \text{ Hz}) (66.0864 \text{ cm}^2) (14800 \text{ g}) N_p$$

$$N_p = 84.43 \text{ espiras}$$

Considerando $N_p = 84 \text{ espiras}$, $B = 14876 \text{ gauss}$

Número de espiras secundarias (N_s):

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} , \quad \frac{84}{N_s} = \frac{220}{30000}$$

$$N_s = 11454 \text{ espiras}$$

Consideramos VOLT/ ESPIRA = 2.619

Las espiras totales se distribuyen en dos columnas, quedando por columna :

$$N_p = 42 \text{ espiras}, N_s = 5727 \text{ espiras}$$

3.6 CALCULO DE LAS SECCIONES DE CONDUCTOR DE COBRE Y LA DENSIDAD DE CORRIENTE DE LOS BOBINADOS

Las corrientes nominales a través de los aisladores son:

De la tabla de alambres redondos esmaltados (según fabricante), tenemos :

CONDUCTORES DE COBRE

DE SECCION CIRCULAR

CAL	SECCION	DIAMETRO	D+dE	R 20°C	LONG.UNIT.	PESO TOTAL
AWG	mm ²	mm	mm	Ω/Km	Km/Kg	Kg/Km
41	0.0040	0.071	0.091	4420.7	27.027	0.037
40	0.0050	0.079	0.102	3518.5	20.834	0.048
39	0.0064	0.089	0.114	2780.8	16.667	0.060
38	0.0082	0.102	0.130	2102.5	13.158	0.076
37	0.0100	0.114	0.145	1690.2	10.527	0.095
36	0.0130	0.127	0.160	1368.3	8.333	0.119
35	0.0160	0.142	0.178	1091.2	6.622	0.151
34	0.0200	0.160	0.198	856.0	5.305	0.188
33	0.0250	0.180	0.224	670.8	4.228	0.236
32	0.0320	0.203	0.249	538.3	3.333	0.300
31	0.0400	0.226	0.274	426.9	2.661	0.376
30	0.0510	0.254	0.302	338.6	2.120	0.472
29	0.0650	0.287	0.338	268.5	1.690	0.592
28	0.0800	0.320	0.373	212.9	1.339	0.747
27	0.1020	0.361	0.417	168.9	1.065	0.939
26	0.1290	0.404	0.462	133.9	0.847	1.181
25	0.1630	0.455	0.516	106.2	0.673	1.485
24	0.2040	0.511	0.577	84.21	0.532	1.879
23	0.2550	0.576	0.643	66.79	0.422	2.367
22	0.3220	0.643	0.714	52.96	0.337	2.965
21	0.4070	0.724	0.798	42.00	0.266	3.753
20	0.5150	0.813	0.892	33.31	0.212	4.715
19	0.6500	0.912	0.993	26.42	0.168	5.929
18	0.8200	1.020	1.110	20.95	0.133	7.473
17	1.0400	1.150	1.240	16.61	0.106	9.411
16	1.3100	1.290	1.384	13.17	0.084	11.801
15	1.6500	1.450	1.547	10.47	0.066	14.978
14	2.0900	1.630	1.732	8.285	0.053	18.787
13	2.6300	1.830	1.923	6.571	0.042	23.636
12	3.3000	2.050	2.151	5.211	0.033	29.948
11	4.1500	2.300	2.408	4.132	0.026	37.564
10	5.2600	2.588	2.695	3.278	0.021	47.393
09	6.6310	2.906	3.020	2.600	0.016	59.880
08	8.3670	3.264	3.383	2.061	0.013	75.188
07	10.5500	3.665	3.787	1.634	0.010	95.238
06	13.3000	4.115	4.244	1.296	0.008	119.765

CONDUCTORES DE COBRE DE SECCION

RECTANGULAR DIN 46433

a/b	1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.2	2.5	2.8
5.0	4.86	5.79	6.79	7.19	7.69	8.19	8.69	9.19	9.45	10.5	12.0	13.5
5.5	5.36	6.39	7.49	7.94	8.49	9.04	9.59	10.10	10.50	11.60	13.20	14.90
6.0	5.86	6.99	8.19	8.69	9.29	9.89	10.50	11.10	11.50	12.70	14.50	16.30
6.5	6.36	7.59	8.89	9.44	10.10	10.70	11.40	12.00	12.50	13.80	15.70	17.70
7.0	6.86	8.19	9.59	10.20	10.90	11.60	12.30	13.00	13.50	14.90	17.00	19.10
7.5	7.36	8.79	10.30	10.90	11.70	12.40	13.20	13.90	14.50	16.00	18.20	20.50
8.0	7.86	9.39	11.00	11.70	12.50	13.30	14.10	14.90	15.50	17.10	19.50	21.90
9.0	8.86	10.60	12.40	13.20	14.10	15.00	15.90	16.80	17.50	19.30	22.00	24.70
10.0	9.86	11.80	13.80	14.70	15.70	16.70	17.70	18.70	19.50	21.50	24.50	27.50

NOTA: a, b en mm

seccion efectiva en mm²

$$I_p = \frac{25000 \text{ VA}}{220 \text{ V}} = 113.636 \text{ A}$$

$$I_s = \frac{25000 \text{ VA}}{30000 \text{ V}} = 0.833 \text{ A}$$

Calibre AWG	Diámetro Nominal mm	Sección Nominal mm ²	Diámetro Total-DE mm
# 24	0.511	0.204	0.577
# 23	0.576	0.255	0.643
# 22	0.643	0.322	0.714

Considerando la densidad de corriente (σ) = 3.2 A/mm²

$$S_{cu p} = \frac{113.636 \text{ A}}{3.2 \text{ A/mm}^2} = 35.5 \text{ mm}^2$$

$$S_{cu s} = \frac{0.833 \text{ A}}{3.2 \text{ A/mm}^2} = 0.260 \text{ mm}^2$$

Para bobinado secundario, consideramos alambre #23 AWG, obteniendo como densidad de corriente :

$$\sigma_s = \frac{0.833 \text{ A}}{0.255 \text{ mm}^2} = 3.267 \text{ A/mm}^2$$

Para bobinado primario, se utiliza platina de cobre desnuda (se produce en el país) forrada con cinta de algodón. Las dimensiones se obtienen, considerando la longitud de ventana y la distancia aislante mínima entre bobinado y yugo.

Teniendo : $L = 390 \text{ mm}$

Considerando separación aislante bob.- yugo (o) = 15 mm

Longitud disponible para bobinado primario :

$$390 - 2 (15) = 360 \text{ mm}$$

Encontramos la altura de la platina forrada :

$$\frac{360}{43} = 8.37 \text{ mm}$$

Para bobinado primario, consideramos 2 platinas de cobre paralelos, forrados con cinta de algodón de las siguientes dimensiones :

Desnudo: $2.5 * 7.3 \text{ mm}$, Forrado : $3.5 * 8.3 \text{ mm}$

Sección de cobre : $18.25 - 0.9 = 17.35 \text{ mm}^2$

Sección de cobre total : $2 * 17.35 = 34.7 \text{ mm}^2$

Obteniendo como densidad de corriente

$$\sigma_p = \frac{113.636 \text{ A}}{34.7 \text{ mm}^2} = 3.275 \text{ A/mm}^2$$

3.7 DISTRIBUCION DE LAS ESPIRAS DEL BOBINADO PRIMARIO Y SECUNDARIO POR COLUMNA

BOBINADO PRIMARIO (BT)

Tipo	:	cilíndrico
Número de espiras	:	42
Conductor forrado	:	2 # 3.5 * 8.3 mm
Número de capas	:	1
Longitud axial	:	356.9 mm
Longitud axial de bobina con relleno	:	370 mm
Separación mínima con yugo	:	10 mm
Longitud axial total	:	390 mm

BOBINADO SECUNDARIO (AT)

Tipo	:	Cilíndrico
Número de espiras	:	5727
Conductor forrado	:	# 23 AWG - DE
(espiras normales)		d = 0.643 mm
Conductor forrado	:	# 23 AWG - DE
		(espiras de entrada) c/cinta de papel

$$d = 1.443 \text{ mm}$$

$$\text{Número de espiras por bobina} : \frac{1000 \text{ V}}{2.619 \text{ V/esp}} = 382$$

$$\text{Número de bobinas} : \frac{5727}{382} = 15$$

Por mejor distribución adoptamos 14

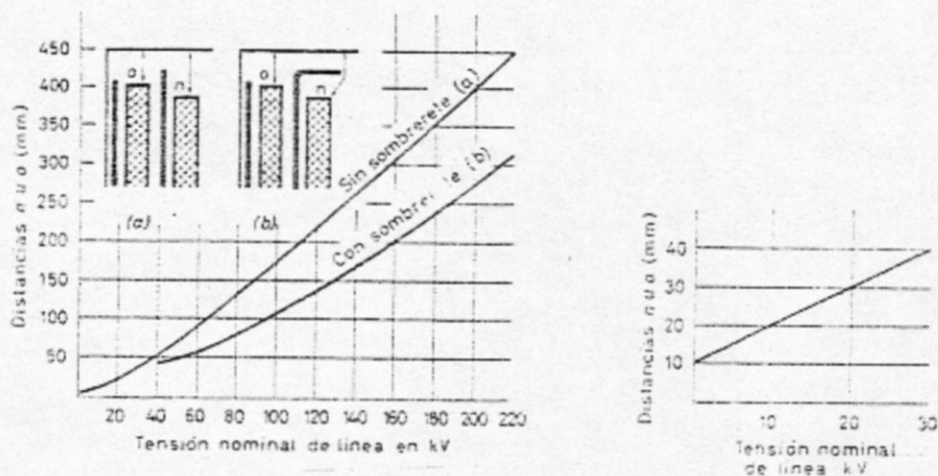
Hallando longitud axial disponible para bobinado AT

Longitud de ventana : 390 mm

Separador axial de 4 mm entre bobinas : $13 * 4 = 52$ mm

Separación mínima entre bobina y yugo : $2 * 20 = 40$ mm

Para 30 KV, $n = 20$ mm (adoptado)



Distancia n u o entre los devanados y el yugo.

Longitud disponible AT : $390 - [52 + 40] = 258$ mm

Longitud axial por bobinas : $\frac{258}{14} = 18.4$ mm

Número de espiras de choque o de entrada de línea recomendable 3 % del total, 1 % como mínimo con aislamiento indicado en figura y el 2 % con el mismo grueso o en disminución progresiva hasta coincidir con el de las bobinas normales.

$$1/100 * 11454 = 114.54$$

$$2/100 * 11454 = 229.08$$

Consideramos por columna:	218	espiras de choque
	108	espiras intermedias
	5401	espiras normales
	<hr/>	
	5727	espiras totales

- Adoptamos 2 bobinas de choque cada uno con 109 espiras

$$\text{Espiras de choque por capa: } \frac{18.4}{1.443} = 12.75$$

(adoptamos 11)

Longitud axial bobina de choque:

$$12 * 1.443 = 17.316 \text{ mm} \quad \text{con tolerancia 18 mm}$$

$$\text{Número de capas bobina de choque : } \frac{109}{11} = 10 \text{ capas}$$

- Adoptamos 1 bobina intermedia con 108 espiras

$$\text{Espiras intermedias por capa: } \frac{18.4}{1.443} = 12.75 \text{ espiras}$$

(adoptamos 11)

Longitud axial bobina intermedia:

$$12 * 1.443 = 17.316 \text{ mm} \quad \text{con tolerancia 18 mm}$$

- Adoptamos 11 bobinas normales

Espiras por bobina normal : $\frac{5401}{11} = 491$ espiras

Espiras normales por capa : $\frac{18.4}{0.643} = 28.62$ espiras 0.643
(adoptamos 26)

Longitud axial bobina normal: $27 * 0.643 = 17.361$ mm
(con tolerancia 18 mm)

Número de capas bobina normal: $\frac{491}{11} = 19$ capas

3.8 CALCULO SE LOS DIAMETROS DE LAS BOBINAS

Diámetro del núcleo: 102 mm

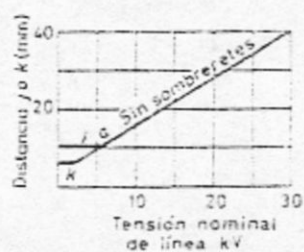
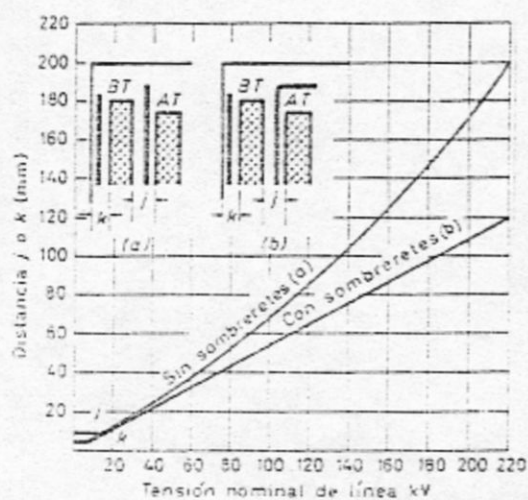
Aislamiento entre bobinado BT y núcleo

Para $U_1 = 220$ V , $k = 3$ mm (adoptado 5.0 mm)

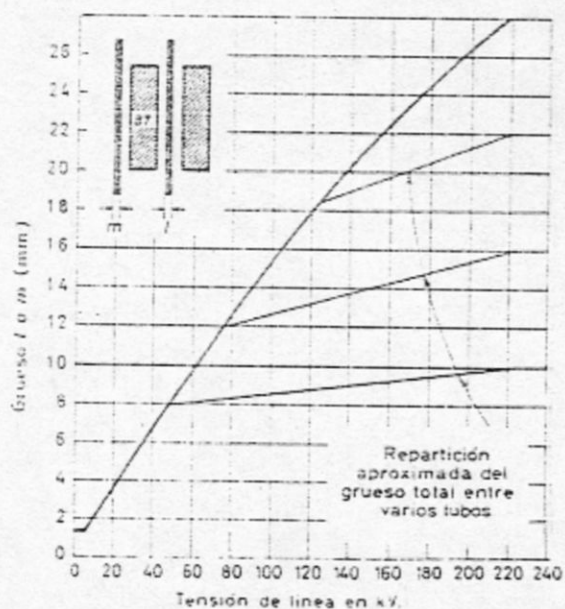
Tubo aislante entre BT y núcleo

Para $U_1 = 220$ V , $m = 1.5$ mm (adoptado 0.5 mm)

El aislamiento de los conductores y la distancia k en el aceite es suficiente.



Distancias mínimas j entre devanados A.T. - B. T., y k respecto a la columna, para transformadores en aceite.



Espesor total l o m de los tubos aislantes entre devanador A. T.-B. T., o entre B. T. y el núcleo.

Diámetro interno de bobina BT $102 + 2 (5) = 112$ mm

Espesor radial de bobina BT $2 * 3.5 = 7$ mm

(adoptamos 7.5 mm)

Diámetro externo de bobina BT $112 + 2 (7.5) = 127 \text{ mm}$

Aislamiento entre bobinado de BT y AT

Para $U_2 = 30 \text{ KV}$, $j = 20 \text{ mm}$ (adoptado 20 mm)

Tubo aislante entre BT y AT

Para $U_2 = 30 \text{ KV}$, $l = 5 \text{ mm}$ (adoptado 5 mm)

Diámetro interno de bobina AT $127 + 2 (20) = 167 \text{ mm}$

Espesor radial de la bobina AT

Bobinas de choque e intermedias, considerando 10 capas y entre capas papel 0.1 mm:

$10 * 1.443 + 18 * 0.1 = 15.33 \text{ mm}$ (adoptado 16 mm)

Bobinas normales, considerando 19 capas y entre capas papel 0.1 mm :

$19 * 0.643 + 18 * 0.1 = 14.02 \text{ mm}$ (adoptado 15 mm)

Diámetro externo de bobina AT

Bobinas de choque e intermedias: $167 + 2 (16) = 199 \text{ mm}$

Bobinas normales: $167 + 2 (15) = 197 \text{ mm}$

3.9 PESOS DEL NUCLEO Y DEL COBRE

PESO DEL COBRE (G_{Cu})

Diámetro medio del bobinado primario (BT):

$D_{m \text{ p}} = 112 + 7 = 119 \text{ mm}$

Diámetro medio del bobinado secundario (AT) :

Bobinado de choque:

$D_{m \text{ c h}} = 167 + 16 = 183 \text{ mm}$

Bobinado normal :

$$D_m = n = 167 + 15 = 182 \text{ mm}$$

Longitud media del bobinado primario (BT) :

$$l_{m p} = \pi D_{m p} = \pi (119) = 373.850 \text{ mm}$$

Longitud media del bobinado secundario (AT):

$$l_{m s ch} = \pi D_{m s ch} = \pi (183) = 574.911 \text{ mm}$$

$$l_{m s n} = \pi D_{m s n} = \pi (182) = 571.769 \text{ mm}$$

Bobinado primario (BT) : Se incluye las salidas del bobinado, considerando 1000 mm dicho tramo.

$$G_{cu p} = \tau_{cu} [N_p l_{m p} + 1000] S_{cu p}$$

$$G_{cu p} = 0.89 * 10^{-5} [42 (373.85) + 1000] * 35.5$$

$$G_{cu p} = 5.277 \text{ Kg (Por columna)}$$

$$G_{cu pt} = 2 * 5.277 = 10.544 \text{ Kg (Total)}$$

Bobinado secundario (AT) :

$$G_{cu s} = \tau_{cu} [N_s l_{m s} + 1000] S_{cu s}$$

$$G_{cu s ch} = 0.89 * 10^{-5} [109 (574.911)] * 0.255 * 2$$

$$G_{cu s ch} = 0.285 \text{ Kg (Bobinado de choque-Por columna)}$$

$$G_{cu s i} = 0.89 * 10^{-5} [108 (574.911)] * 0.255$$

$$G_{cu s i} = 0.141 \text{ Kg (Bobinado intermedio-Por columna)}$$

$$G_{cu s n} = 0.89 * 10^{-5} [491 (571.769)] * 0.255 * 11$$

$$G_{cu s n} = 7.008 \text{ Kg (Bobinado normal-Por columna)}$$

$$G_{cu s} = 0.285 + 0.141 + 7.008$$

$$G_{cu s} = 7.434 \text{ Kg (Por columna)}$$

$$G_{cu st} = 2 * 7.434 = 14.868 \text{ Kg (Total)}$$

$$G_{cu t} = G_{cu pt} + G_{cu st}$$

$$G_{Cu} + = 10.544 + 14.868$$

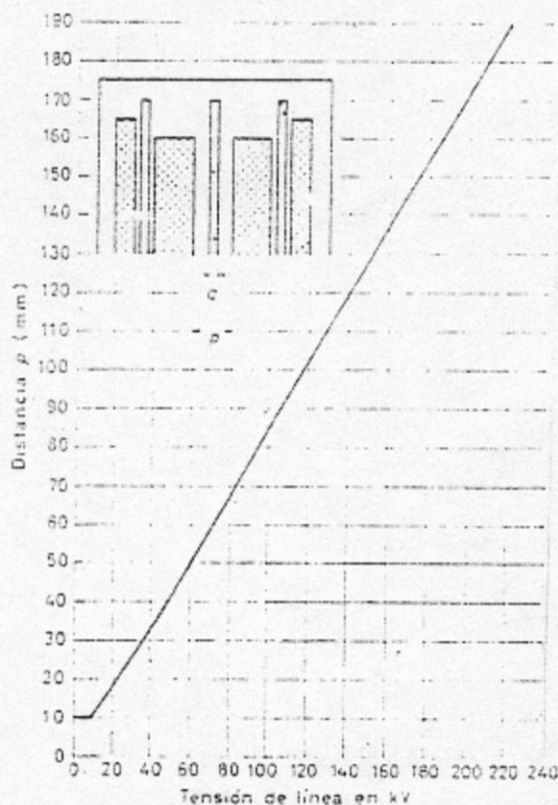
$$G_{Cu} + = 25.412 \text{ Kg (Peso de cobre total)}$$

Peso del Fierro (G_{Fe})

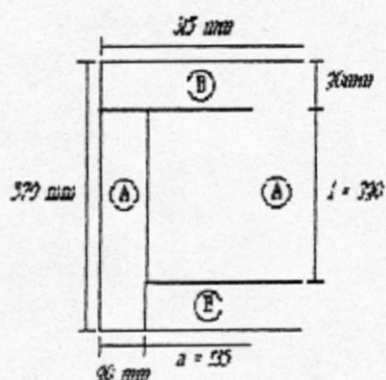
Considerando distancia aislante entre bobinados de A.T. de columnas sucesivas (p):

Para $U = 30 \text{ Kv}$, $p = 25 \text{ mm}$. (considerando 25.5)

El núcleo queda con las siguientes dimensiones:



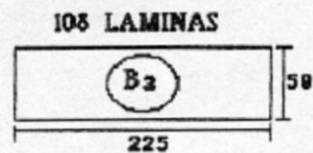
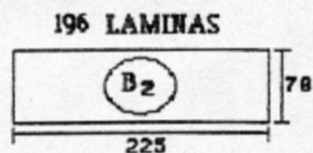
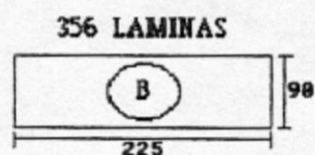
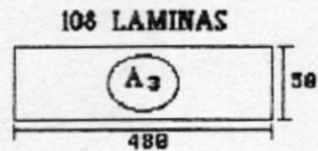
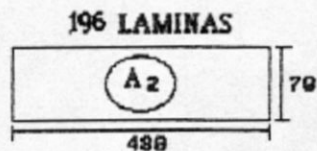
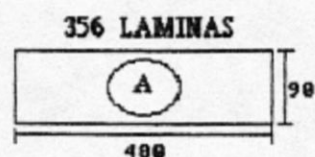
Distancias mínimas entre bobinas de alta tensión.



Número de Laminas

$$A_1 = B_1 = \frac{48 * 2}{0.28 * 0.96} = 356 \text{ Lam.} \quad A_2 = B_2 = \frac{26.2 * 2}{0.28 * 0.96} = 196 \text{ Lam.}$$

$$A_3 = B_3 = \frac{14.6 * 2}{0.28 * 0.96} = 108 \text{ Lam.}$$



VALORES EN MILIMETROS

$$\begin{aligned}A_1 &= 9 * 48.0 * 4.80 * 7.65 * 10^{-3} * 2 = 31.726 \text{ Kg} \\A_2 &= 7 * 48.0 * 2.62 * 7.65 * 10^{-3} * 2 = 13.468 \text{ Kg} \\A_3 &= 5 * 48.0 * 1.46 * 7.65 * 10^{-3} * 2 = 5.362 \text{ Kg} \\B_1 &= 9 * 22.5 * 4.80 * 7.65 * 10^{-3} * 2 = 14.872 \text{ Kg} \\B_2 &= 7 * 22.5 * 2.62 * 7.65 * 10^{-3} * 2 = 6.314 \text{ Kg} \\B_3 &= 5 * 22.5 * 1.46 * 7.65 * 10^{-3} * 2 = 2.514 \text{ Kg}\end{aligned}$$

74.256

3.10 PERDIDAS EN EL FIERRO Y EN EL COBRE

Consideramos 1.65 W/kg consumo perdido en el fierro.

$$1.65 * 74.256 = 123 \text{ W.}$$

PERDIDAS EN EL COBRE A PLENA CARGA y 75°C

$$K = \frac{\rho_{75}}{\gamma_{cu}} = \frac{\rho_{75cc} + \Delta \rho}{\gamma_{cu}}$$

$$P_{cu} = \frac{\rho_{75}}{\gamma_{cu}} \left(\frac{I}{S_{cu}} \right)^2 G_{cu} = K \sigma^2 G_{cu} 10^3$$

Resistividad aparente a CA, que incluye efecto pelicular y el efecto de las corrientes parásitas inducidas por el flujo disperso.

$\Delta\rho$ = Representa el aumento de la resistividad aparente que tiene en cuenta el efecto pelicular y el efecto de las corrientes parásitas

$\rho_{75cc} = 2.16 \Omega \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$ (para el cobre comercial).

$\gamma_{cu} = 8.9 \text{ gr/cm}^3$.

$$\Delta\rho = \left[\frac{4}{45} h_{id}^4 + \frac{1}{9} h_{id}^4 (m_e^2 - 1) \right] \rho_{75cc}$$

($h_{id} < 1$)

$$B_{id} = 0.2 \sqrt{\frac{f}{\rho_{75cc}} \frac{L_c}{L_{eq}}} h$$

$$B_{id} = 0.2 \sqrt{\frac{60}{2.16} \frac{L_c}{L_{eq}}} h = 1.05 \sqrt{\frac{L_c}{L_{eq}}} h$$

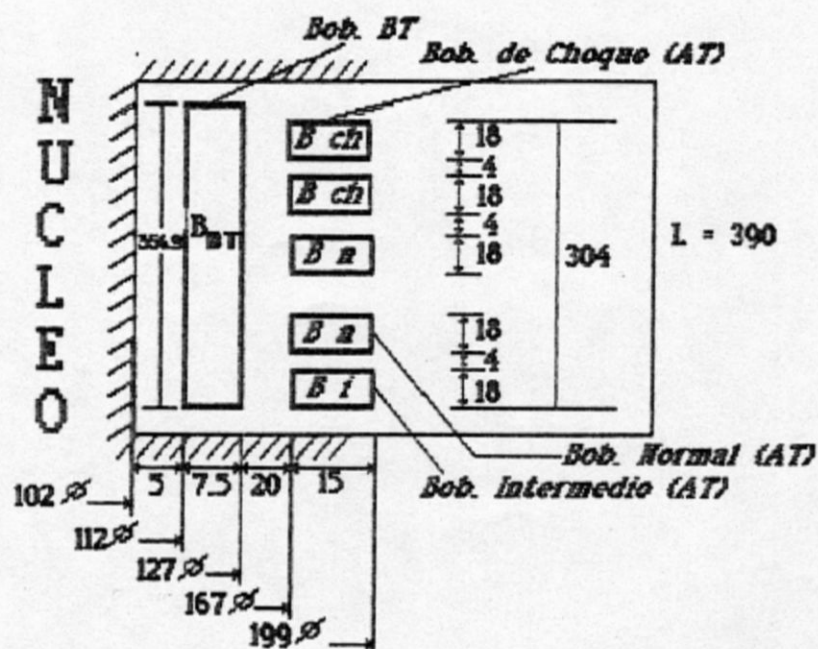
L_c = Longitud axial con conductores desnudos.

L_d = Longitud axial con conductores aislados.

L_{eq} = Longitud total del devanado, incrementado en el doble del espesor del mismo, teniendo como límite la altura de la columna.

- Δ_w = Espesor de bobina.
 h = Ancho de conductor desnudo.
 m_w = Número de capas.

Para Bobinado Primario (BT)



$$L_w = 42 * 7.3 = 306.6 \text{ mm.}$$

$$L_{wq} = L_w + 2 \Delta_w$$

$$L_{wq} = 43 * 8.3 + 2 (7) = 370.9 \text{ mm.}$$

$$h = 0.7 \text{ cm.}$$

$$h_{id} = 1.05 \sqrt{\frac{306.6}{370.9}} * 0.7 = 0.668$$

$$0.2 \sqrt{\frac{60}{2.16}} \sqrt{\frac{L_c}{L_{wq}}} h = 1.05 \sqrt{\frac{L_c}{L_{wq}}} * h$$

$$\Delta\rho = \left[\frac{4}{45} 0.668^4 + \frac{1}{9} 0.668^4 (1^2 - 1) \right] \rho_{75cc} = 0.0177 \rho_{75cc}$$

$$K_{BT} = \frac{\rho_{75cc} + 0.0177 \rho_{75cc}}{\gamma_{cu}} = 1.017 * \frac{2.16 * 10^{-6}}{8.9}$$

$$K_{BT} = 2.468 * 10^{-7}$$

$$P_{cu BT} = 2.468 * 10^{-7} * \sigma_{BT}^2 * G_{cu} * 10^3$$

$$P_{cu BT} = 2.468 * 10^{-7} * 3.201^2 * 10.544 * 10^3$$

$$P_{cu BT} = 266.64 \text{ W}$$

Para Bobinado Secundario (AT)

$$L_a = 3 (11 * 0.576) + 11 (26 * 0.576)$$

$$L_a = 183.744 \text{ mm.}$$

$$L_{eq} = L_a + 2 \Delta_m$$

$$L_{eq} = (14 * 18) + (13 * 4) + (2 * 15)$$

$$L_{eq} = 334 \text{ mm.}$$

$$h = 0.0576 \text{ cm.}$$

$$h_{id} = 1.05 \sqrt{\frac{183.744}{334}} * 0.0576$$

$$h_{id} = 0.0448 \text{ cm.}$$

$$\Delta\rho = \left[\frac{4}{45} 0.0448^4 + \frac{1}{9} 0.0448^4 (19^2 - 1) \right] \rho_{75cc} = 1.6149 * 10^{-4} \rho_{75cc}$$

$$K_{AT} = \frac{\rho_{75cc} + 1.6149 \rho_{75cc}}{\gamma_{cu}} = 2.6149 * \frac{2.16 * 10^{-6}}{8.9}$$

$$K_{AT} = 2.427 * 10^{-7}$$

$$P_{cu AT} = 2.427 * 10^{-7} * \sigma_{BT}^2 * G_{cu} * 10^3$$

$$P_{cu AT} = 2.427 * 10^{-7} * 3.267^2 * 14.868 * 10^3$$

$$P_{cu AT} = 385.14 \text{ W}$$

Perdidas Totales en el Cobre ($P_{cu \text{ TOT}}$).

$$P_{cu \text{ TOT}} = P_{cu \text{ BT}} + P_{cu \text{ AT}}$$

$$P_{cu \text{ TOT}} = 266.64 + 385.14$$

$$P_{cu \text{ TOT}} = 651.78 \text{ W}$$

3.11 TENSION DE CORTOCIRCUITO ($E_x\%$)

Caída óhmica total en corriente alterna a 75°C. ($E_R\%$)

$$E_R\% = \frac{P_{cu\ tot}}{S_{nom}} * 100\%$$

Donde:

$P_{cu\ tot}$ = Perdidas Totales en el Cobre.

S_{nom} = Potencia nominal del transformador.

$$E_R\% = \frac{652}{25000} * 100\%$$

$$E_R\% = 2.60\%$$

Caída de reactancia específica. ($E_x\%$)

$$E_x\% = 7.45 * 10^{-2} * S_{nom} * \frac{D_{mo} * [\Delta e_b + \frac{\Delta e_p + \Delta e_s}{3}]}{L_m * (Volt/esp)^2}$$

Donde:

S_{nom} = Potencia Nominal del transformador

D_{mo} = Diametro medio del canal aislante entre bobinados

Δ_{co} = Espesor de canal aislante entre bobinados

Δ_{op} = Espesor del bobinado primario.

Δ_{os} = Espesor del bobinado secundario

L_m = Altura media de los bobinados primario y secundario.

$$E_x \% = 6.76 * 10^{-2} * 25 * \frac{147 * [20 + \frac{7.5 + 15}{3}]}{330.45 * 2.619^2}$$

$$E_x \% = 3.014 \%$$

$$E_r \% = \sqrt{E_R \%^2 + E_x \%^2}$$

$$E_r \% = \sqrt{2.60^2 + 3.014^2}$$

$$E_r \% = 3.98 \%$$

3.12 DIMENSIONES DEL TANQUE

Cálculo de la disipación del tanque en transformadores en aceite.

El calentamiento máximo del aceite en la parte superior del tanque no debe exceder, según las normas CEI los 60°C sobre

un ambiente de 40°C, cuando el transformador lleva conservador de aceite y los 55°C cuando no lleva conservador.

A éste calentamiento máximo del aceite θ_{ac} le corresponde un calentamiento medio que depende de la diferencia de altura entre el punto medio de los arrollamientos y el punto medio del elemento refrigerante.

Se ha encontrado que para el calentamiento medio se puede considerar un 85% del valor máximo, esto es:

$$\theta_{ac-m} = 0.85 \theta_{ac}$$

Tanque de Paredes Lisas.

La disipación térmica, contando siempre nada más que con la superficie lateral, se produce por radiación y convección y ambos fenómenos intervienen en el mismo grado, dando en conjunto un coeficiente de disipación cuyo valor varía con el calentamiento máximo del aceite. El valor de éste coeficiente es de 670 W/m² para un calentamiento máximo del aceite de 50°C.

La superficie de disipación del tanque es igual a:

$$S_{dis} = 2[L_{INT} + A_{INT}] * H_{\theta} \text{ (m}^2\text{)}$$

En Donde:

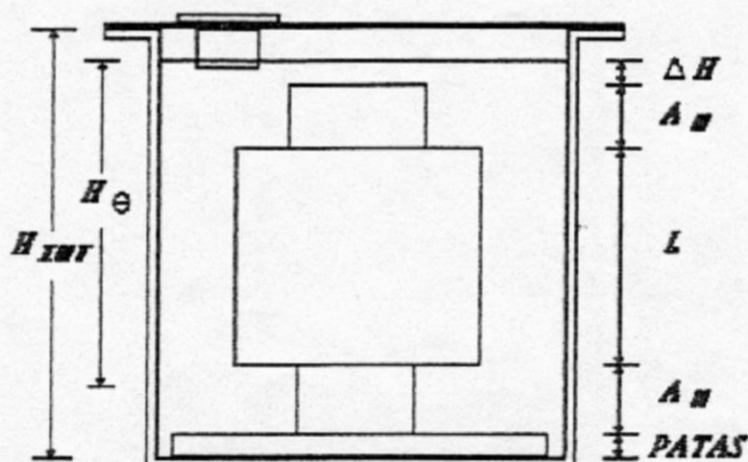
L_{INT} = Longitud de la pared frontal del tanque.

A_{INT} = Longitud de la pared lateral del tanque.

H_{θ} = Altura neta de disipación.

La disipación es de:

$$W_L = 670 \text{ K}\Theta * S_{d1} * (W)$$



Siendo la perdida total del transformador (P_{TOT}):

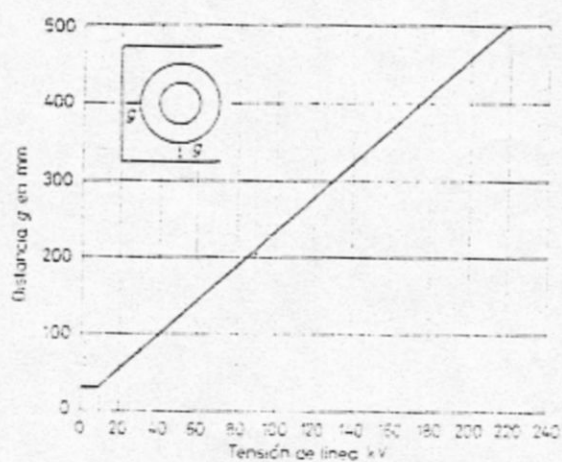
$$P_{TOT} = 775 \text{ W}$$

La superficie necesaria de disipación es:

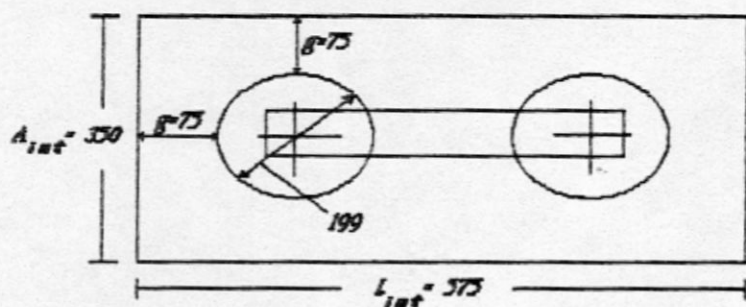
$$S_d = \frac{775 \text{ (W)}}{670 \text{ (W/Kg)}} = 1.156 \text{ m}^2$$

La distancia mínima entre bobina AT y tanque:

$$g = 75 \text{ mm.}$$



Consideramos:



$$H_{INT} = 800 \text{ mm.}$$

Teniendo:

$$A_N = 90 \text{ mm.}$$

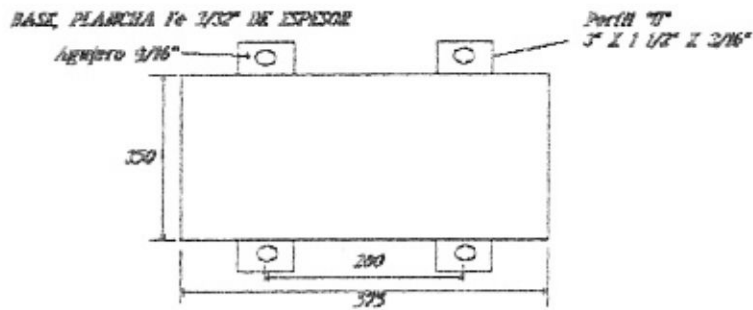
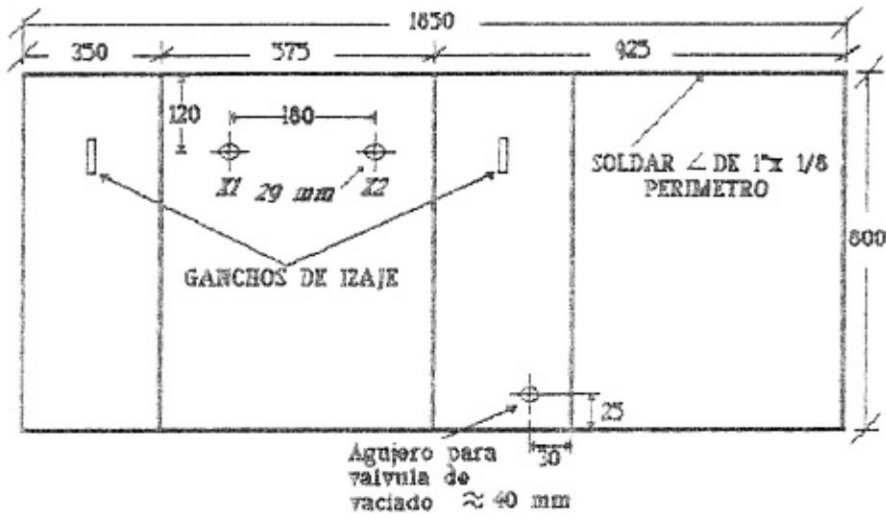
$$L = 390 \text{ mm.}$$

$$\Delta H = 150 \text{ mm.} \quad H_{\theta} = 660 \text{ mm.}$$

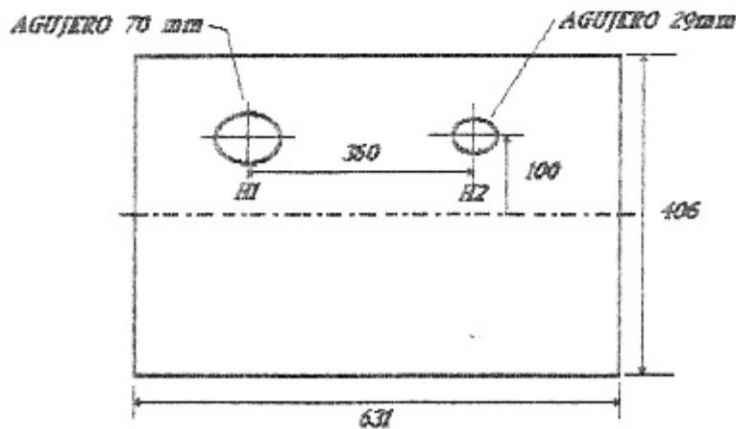
$$S_{dis} = 2 [0.575 + 0.35] 0.66$$

$$S_{dis} = 1.221 \text{ m}^2. \quad (\text{adoptado})$$

3.43 FABRICACION DE CAJA PARA TRANSFORMADOR MONOFASICO
EN ACEITE 25 KVA - 0.22 / 30 KV - 60 HZ .

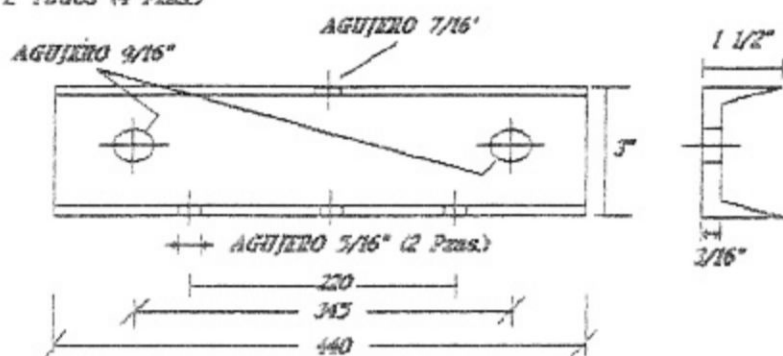


TAPA PLANCHA DE Fe 1/4" DE ESPESOR

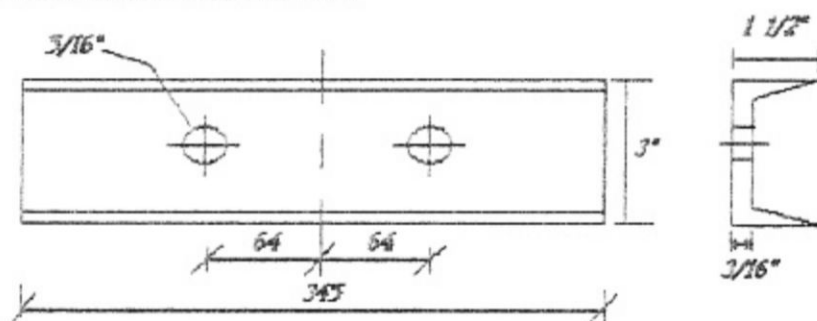


SUBECCION DE NUCLEO DEL TRANSFORMADOR
25 KVA - 0.22 / 30 KV - 60 Hz

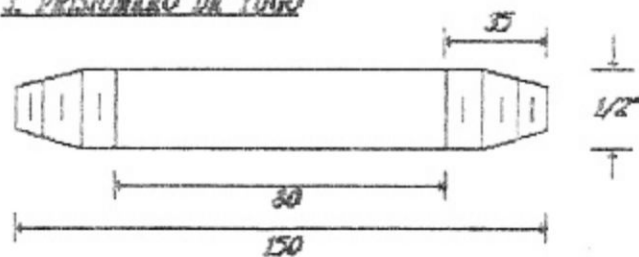
1. YUGOS (4 Pzas.)



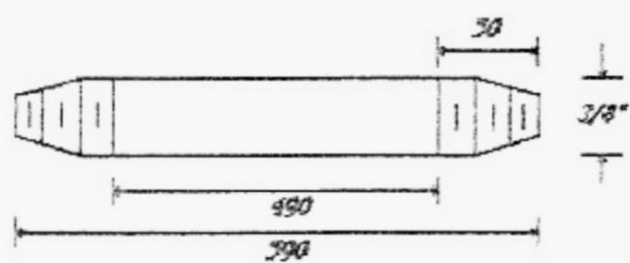
2. PATAS DE APOYO (2 Pzas.)



3. PRISIONERO DE YUGO



4. PRISONERO DA COLUMBIA



TRANSFORMADORES - HOJA DE CALCULO

ORDEN DE TRABAJO N°

 SECO EN ACEITE FABRICACION REPARACION

Cliente				Cantidad	
Marca			Número	Fases	1
kVA	25		Grupo	Ciclos	60
VOLTIOS	220		AMP.	m.s.n.m.	1000
	30000				Impedancia

	VOLTIOS	ESPIRAS	NUCLEO				PESOS	
			DIAMETRO	TIPO LAM.	ESPEJOR	CINTAS	FIERRO Kg	COBRE Kg
A.T.			102	M4	0.26 mm		24.256	25.412
			390					2.922
	30000	11454	135				116	130
			225	90mm - 48mm				36
B.T.			66.086 m ²	70mm - 26.2mm				
	220	84	14876	50mm - 14.6mm				
			Nº ESCALONES					
						TOTAL Kg	282	

		BAJA TENSION	ALTA TENSION
1	DEVANADO		
2	UBICACION	INTERIOR	EXTERIOR
3	TENSION NOMINAL	220 V	30000 V
4	TENSION ENSAYO	2.5 KV	70 KV
5	INTENSIDAD	113.636 A	0.833 A
6	CONDUCTOR	2 # 2.5 x 7.3 mm	1 # 23 AWG
7	TIPO AISLAMIENTO	Cinta de silicona 110mm	D.E.
8	CONDUCTORES	JUNTOS	
9	EN PARALELO	SUPERP.	
10	SECCION TOTAL	34.7 mm ²	0.260 mm ²
11	DENSIDAD CORRIENTE	3.275 A/mm ²	3.267 A/mm ²
12	ESPIRAS POR COLUMNA	42	5401 + 326 = 5727
13	ESPIRAS POR BOBINA	1	NORMAL 11 x 491 CALCULO EXTERIOR 2.109 + 1 x 108
14	Nº DE CAPAS	1	19
15	ESPIRAS POR CAPA	42	26
16	AISLAMIENTO DE CAPAS	-	Papel 0.1 mm
17	CANALES DE VENTILACION	-	-
18	ESPEJOR RADIAL	7 / 7.5 mm	14.02 / 15 mm 15.33 / 16 mm
19	DIAMETRO INTERIOR	112 mm	167 mm
20	DIAMETRO EXTERIOR	127 mm	197 mm 199 mm
21	LONG. AXIAL NETA BOB.	356.9 mm	17.361 mm 17.316 mm
22	LONG. AXIAL TOTAL BOB.	370 mm	18 mm 18 mm
23	SEP. AXIAL DE BOBINAS	-	Distancia de carton 4mm esp.
24	LONG. AXIAL TOTAL DEV.	370 mm	304 mm
25	LONGITUD MEDIA DEV.	373.85 mm	571.269 mm 574.911 mm
26	PESO COBRE POR COLUMNA	5.277 Kg	7.008 Kg 0.426 Kg
27	AISLAMIENTO ENTRE DEVANADOS	7mm ACEITE + 5mm CARTON + 8mm ACEITE = 20mm	
28	PESO COBRE TOTAL	10.544 Kg	14.265 Kg = 25.412
29			

TANQUE	LARGO	ANCHO	ALTURA	Nº ALET/NB	DISIPACION	DISIPACION
		575 mm	350 mm	800 mm	-	898 W
VALORES CALCULADOS	Pfe.	Pcu	Ptot	% ex	% ex	% ex
MEDIDAS	123 W	652 W	775 W	2.60%	3.014%	3.98%

Observaciones:

CONCLUSIONES

1. Es importante que un transformador de distribución al ser recepcionado en una empresa de servicios, para su mantenimiento o reparación, y en el caso de fabricación, cumpla con el llenado de los diferentes protocolos de prueba, a fin de tener su historial respectivo.
2. Con la finalidad de garantizar el buen funcionamiento de los transformadores, se ha detallado la descripción de los equipos y aparatos eléctricos con que debe contar una Sala de Pruebas, de acuerdo a la realización de cada una de las pruebas de recepción, empleando una determinada marca de instrumentos, pudiendo ser estas ampliadas y reemplazadas por otras de características similares.
3. Al obtener resultados, en la Sala de Pruebas, coincidentes con los valores garantizados dados como calculista en la fabricación de transformadores de distribución; en el presente trabajo muestro el cálculo del transformador auxiliar de 25 KVA - 0.23/30 KV - 60 Hz, en base de fuentes de información de acceso común, estando seguros del cumplimiento de sus especificaciones.

4. Por último, es necesario considerar que que las personas responsables de operar en una Sala de Pruebas tengan buen conocimiento técnico de las pruebas a realizar, para ello se debe de brindarles informaciones al respecto, así como las relacionadas con la seguridad industrial.

BIBLIOGRAFIA

- **CALCULO INDUSTRIAL DE MAQUINARIAS ELECTRICAS**
CORRALES MARTIN, Juan
Editorial Labor

- **TEORIA, CALCULO Y CONSTRUCCION DE TRANSFORMADORES**
ESCUELA DEL TECNICO ELECTRICISTA
Editorial Labor

- **TRANSFORMADORES ELECTRICOS INDUSTRIALES**
CAMARENA, PEDRO
Editoria CECSA

- **TRANSFORMADORES**
RAS, Enrique
Editorial Marcombo

- **MAQUINAS ELECTRICAS**
KOSTENKO
Editorial MIR

- **MAQUINAS ELECTRICAS**
IVANOV - SMOLENSKI
Editorial MIR

- **CIRCUITOS MAGNETICOS Y TRANSFORMADORES**
STAFF OF DEPARTAMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING,
MASSACHUSETTS.
John Wiley & Sons

- **TRANFORMADORES DE POTENCIA**
NORMA ITINTEC 370.002

REPARACION DE TRANSFORMADOR

O.T. N°:

CLIENTE:

DATOS DE PLACA

Marca:	N°:	Frecuencia:	Año:
Tipo:	Fases:	Grupo Conex.:	Altitud:
Potencia:	Tensión:	Peso aceite:	
Tcc:	Corriente:	Peso total:	
Norma:	Cl. de Aisl.:		

1 OBSERVACIONES EXTERNAS

Fecha:

Firma:

Recepcionado	Parte activa y tanque <input type="checkbox"/>	Parte activa sola <input type="checkbox"/>				
Placa	Rota <input type="checkbox"/>	Borrada <input type="checkbox"/>	No tiene <input type="checkbox"/>	Bien <input type="checkbox"/>		
Tanque	Sucio <input type="checkbox"/>	Abollado <input type="checkbox"/>	Perforado <input type="checkbox"/>	Oxidado <input type="checkbox"/>	Bien <input type="checkbox"/>	
Tapa	Sucia <input type="checkbox"/>	Abollada <input type="checkbox"/>	Perforada <input type="checkbox"/>	Oxidada <input type="checkbox"/>	Bien <input type="checkbox"/>	
Conservador	Sucio <input type="checkbox"/>	Abollado <input type="checkbox"/>	Perforado <input type="checkbox"/>	Oxidado <input type="checkbox"/>	Bien <input type="checkbox"/>	No tiene <input type="checkbox"/>
Empaquetaduras	Malogradas <input type="checkbox"/>	Bien <input type="checkbox"/>				
Conmutador	Tiene <input type="checkbox"/>	No tiene <input type="checkbox"/>	Roto <input type="checkbox"/>	Trabado <input type="checkbox"/>		
Bornes A.T.	Fases: Rotos <input type="checkbox"/>	Astillados <input type="checkbox"/>	Flojos <input type="checkbox"/>	Bien <input type="checkbox"/>		
Bornes B.T.	Fases: Rotos <input type="checkbox"/>	Astillados <input type="checkbox"/>	Flojos <input type="checkbox"/>	Bien <input type="checkbox"/>		
Ind. nivel aceite	Roto <input type="checkbox"/>	No tiene <input type="checkbox"/>	Bien <input type="checkbox"/>	Nivel de aceite: Bajo <input type="checkbox"/>	Normal <input type="checkbox"/>	
Termómetro	Roto <input type="checkbox"/>	No tiene <input type="checkbox"/>	Bien <input type="checkbox"/>	Aguja Max. temperatura.....°C		
Válvula seguridad	Rota <input type="checkbox"/>	No tiene <input type="checkbox"/>	Bien <input type="checkbox"/>			
Relé Buchholz	Roto <input type="checkbox"/>	No tiene <input type="checkbox"/>	Bien <input type="checkbox"/>			
Desecador	Roto <input type="checkbox"/>	No tiene <input type="checkbox"/>	Bien <input type="checkbox"/>	Color		
Ruedas	Cantidad: Tiene <input type="checkbox"/>	No tiene <input type="checkbox"/>				
Válvula drenaje	Rota <input type="checkbox"/>	Golpeada <input type="checkbox"/>	No tiene <input type="checkbox"/>	Bien <input type="checkbox"/>		
Perno puesta tierra	Roto <input type="checkbox"/>	Golpeado <input type="checkbox"/>	No tiene <input type="checkbox"/>	Bien <input type="checkbox"/>		
Radiador de calor	Tiene <input type="checkbox"/>	No tiene <input type="checkbox"/>				
	Aletas: Rotas <input type="checkbox"/>	Golpeadas <input type="checkbox"/>	No tiene <input type="checkbox"/>	Bien <input type="checkbox"/>		
	Tubos: Rotos <input type="checkbox"/>	Golpeados <input type="checkbox"/>	No tiene <input type="checkbox"/>	Bien <input type="checkbox"/>		
Otros						

2 PRUEBA DE RECEPCION

Fecha:

Firma:

2.1.	Medida de aislamiento con.....de.....voltios(.....) ..	
2.2.	Medida de resistencia de bobinados (.....) ..	
2.3.	Prueba de relación: Bien <input type="checkbox"/>	Mal <input type="checkbox"/>
2.4.	Grupo de conexión: Bien <input type="checkbox"/>	Mal <input type="checkbox"/>

3 OBSERVACIONES INTERNAS

Fecha:

Firma:

Aceite	Tiene <input type="checkbox"/>	No tiene <input type="checkbox"/>	Limpio <input type="checkbox"/>	Sucio <input type="checkbox"/>	Lodo en el fondo: Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Fusible	Tiene <input type="checkbox"/>	No tiene <input type="checkbox"/>	Cantidad: Quemados <input type="checkbox"/>	Bien <input type="checkbox"/>	Amps.	
Conmutador	Roto <input type="checkbox"/>	Trabado <input type="checkbox"/>	Sucio <input type="checkbox"/>	No tiene <input type="checkbox"/>	Bien <input type="checkbox"/>	
Interruptor	Bien <input type="checkbox"/>	Mal <input type="checkbox"/>	No tiene <input type="checkbox"/>	Tipo:		
Perfiles	Rotos <input type="checkbox"/>	Quemados <input type="checkbox"/>				
Núcleo	Bien <input type="checkbox"/>	Mal <input type="checkbox"/>				

CLIENTE

OT N°

PRUEBA PREVIA DE

TRANSFORMADOR DE _____ KVA

EN ACEITE EN SECO

DATOS

MARCA		V		FASES	
TIPO				FRECUENCIA	c/s
NORMA		A		GRUPO	
ALTITUD	msnm			TCC	%

1 MEDIDA DEL AISLAMIENTO

DENOMINACION	H Ω	TENSION DC
AT Vs M		V
AT Vs BT		V
BT VS M		V

Ta = °C INSTRUMENTO ()

2 MEDIDA DE LA RESISTENCIA

RESISTENCIA AT		RESISTENCIA BT	
UV	Ω	UV	Ω
VW	Ω	VW	Ω
WU	Ω	WU	Ω

Ta = °C INSTRUMENTO ()

3 RELACION DE TRANSFORMACION

INSTRUMENTO ()

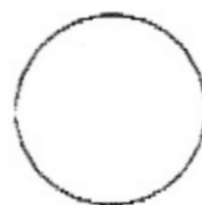
POSIC	RELACION TEORICA n_T	RELACION MEDIDA	N_H	ERROR%

4 GRUPO DE CONEXION

UNTIENDO U - u

INSTRUMENTO ()

BORNES	TENSION
UV	
VM	
WU	
Vv	
Vw	
Nv	
Nw	



5 DISTRIBUCION DE FLUJO

INSTRUMENTO ()

ALIM. MONOFASICA		TENSION MEDIDA		CORRIENTE	
UV	VW	WU	U		
VM	WU	UV	V		
WU	UV	VW	W		

6 OBSERVACIONES:

PROTOCOLO DE PRUEBAS

TRANSFORMADOR

 EN SECO
 ACEITE

FABRICANTE							OT N°		
N° SERIE	TIPO	FASES	kVA	VOLTIOS	AMPERIOS	Hz	T _{cc} (%)	GRUPO	NORMAS

1- MEDIDA DEL AISLAMIENTO (M ohms)		T _a (°C)	VOLTIOS DC	AT - M	AT - BT	BT - M
------------------------------------	--	---------------------	------------	--------	---------	--------

2- RELACION DE TRANSFORMACION Y VERIFICACION DE POLARIDAD Y GRUPO

POS.	RELACION TEORICA	RELACION MEDIDA			ERROR (%)	POLARIDAD

3- RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE		T _a (°C)	NORMA	kV	kV/cm
-----------------------------------	--	---------------------	-------	----	-------

4- PRUEBA EN VACIO

kVa	VOLTIOS			AMPERIOS			VATIOS		
	U - V	V - W	W - U	U	V	W	W1	W2	TOTAL

5- MEDIDA DE LA RESISTENCIA

B.T.	T _a = °C	A.T.	POS	T _a = °C	POS.	T _a = °C	POS.	T _a = °C	POS.	
FASES	#V	A	Ω	FASES	V	A	Ω	V	A	Ω
U - V				U - V						
V - W				V - W						
W - U				W - U						

6- PRUEBA EN CORTOCIRCUITO

POS	VOLTIOS			AMPERIOS			VATIOS			T _a (°C)	P _{cu} (a In) VATIOS	T _{cc} (%)
	U - V	V - W	W - U	U	V	W	W1	W2	TOTAL			

7- PRUEBA DE TENSION INDUCIDA min.				8- PRUEBA DE TENSION APLICADA min.					
VOLT.	Hz	AMPS	Vn.	AT/BT-M	kV	A	BT/AT-M	kV	A

9- RESUMEN		CALCULADO	GARANTIZADO	TOLERANCIA	MEDIDO	OBSERVACIONES
P _{Fe} a V _n , F _n (VATIOS)						
P _{cu} a 75 °C, I _n (VATIOS)						
T _{cc} a 75 °C (%)						

AEL INGENIEROS DPTO. DE CONTROL DE CALIDAD	PROBAADO:	SUPERVISION:	SUPERVISION:
	FECHA:	FECHA:	FECHA:

PDF-48002/4

EF T

EBT Esquema T

Clave:

Instalación:

Prueba de Entrega:

Marcha en // con transf. N°

Conexión de Entrega:

Fases

Transformador

Tipo

Nr

kVA

V

A

Conexión Grupo

E.c.c. f

%

1. RELACION DE TRANSFORMACION EN VACIO

Posición del Commutador	Tensiones comparadas en Volt		Tensiones comparadas en Volt		Tolerancia admisible ± 0,5 %
	AT	BT	Arroll. A.T.	Arroll. B.T.	
1
2
3
4
5

2. POLARIDAD:

3. PERDIDAS EN VACIO

Tensión Nominal V frecuencia Hz
 Corriente en vacío en la fase = A
 Corriente en vacío en la fase = A
 Corriente en vacío en la fase = A
 Pérdidas en vacío W

4. PERDIDAS EN CORTO - CIRCUITO

Corriente Nominal A frecuencia Hz
 Pérdidas en el Cobre a: °C = W
 Pérdidas en el Cobre a: °C = W
 Tensión de Corto-Circuito a: °C = %
 Tensión de Corto-Circuito a: °C = %
 Prueba realizada en la posición del conmutador de AT BT

5. RESISTENCIA

Arrollamiento de AT Ω por fase, a: °C
 Arrollamiento de BT Ω por fase, a: °C

6. AISLAMIENTO

Prueba de tensión inducida a: frecuencia: Hz ; V min.
 Prueba con tensión externa:
 Arrollamiento de AT contra BT y tierra kV min.
 Arrollamiento de BT contra AT y tierra kV min.

Lima, Medido Controlado

BROWN BOVERI Industrial Canepa Tabini S.A.

Dpto Control de Calidad
Fabrica Caillao

PROTOCOLO DE PRUEBA
Transformadores de Potencia

Pag. Nº 2

II Pérdidas

2.1 Pérdidas en Vacío

Calc:

W, Garant:

W+

%

	V		C=	V		C=	Corriente		C=	Pérdidas			C=
	Lectura	k		Lectura	k		Lectura	k		A	Nº	Lect	
1,1 Vn													
Vn													
0,9 Vn													

2.2 Pérdidas y Tensión de Corto Circuito

Alim. Por:

Pos.	V		C=	A		C=	Pérdidas			C=	°C	Wcu (a In)	Z %
	Lectura	K		Lectura	K		Amps.	Nº	Lect.				

III - Aislamiento

3,1 Tensión Aplicada	AT-BTyM =	KV, 1min.	A	3,2 Tensión Inducida	/	V, 120 Hz
	BT-ATyM =	KV, 1min.	A		Veces Vn,	A, 1min

Calculo de I²R. Pos.

IV Resumen

	°C	DISEÑO	GARANTIA	Tot. %	MEDIDO	ERROR %	
						DIS	GAR
I ² R, ATa							
I ² R, BTa							
I ² R, Totala							
I ² R, Totala							
W Icircul.							
W Icircul.							
W Totales							

Fecha:

Probado por:

V;B.

METRISO[®] 5000

Bedienungsanleitung

Nr. 3.348.010.01

ABB METRAWATT

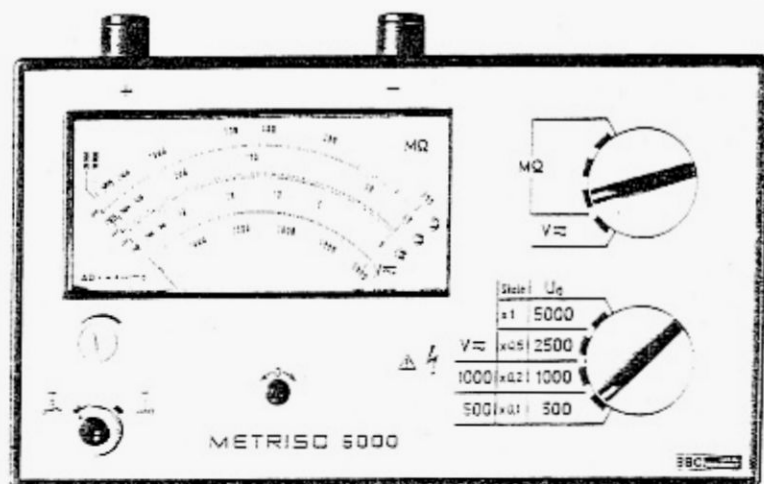


ABB
ASEA BROWN BOVERI

3. Technische Kennwerte

Meßbereiche

Isolationswiderstand

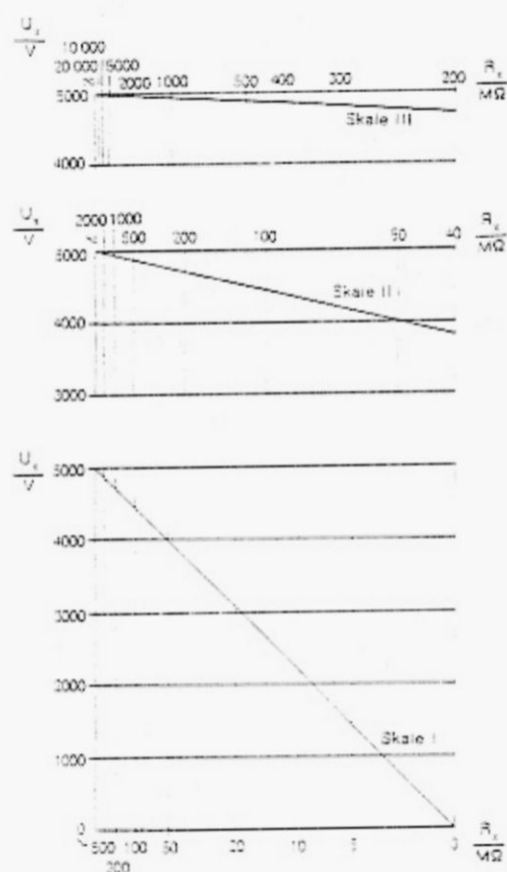
Meßbereich	Skala	Skalenumrechnungsfaktor	Leeriaufspannung	Innenwiderstand
0 ... 50 MΩ/∞ 4 ... 200 MΩ/∞ 20 ... 2 000 MΩ/∞	I II III	x 0,1	500 V	1,25 MΩ
0 ... 100 MΩ/∞ 8 ... 400 MΩ/∞ 40 ... 4 000 MΩ/∞	I II III	x 0,2	1000 V	2,5 MΩ
0 ... 250 MΩ/∞ 20 ... 1 000 MΩ/∞ 100 ... 10 000 MΩ/∞	I II III	x 0,5	2500 V	6,25 MΩ
0 ... 500 MΩ/∞ 40 ... 2 000 MΩ/∞ 200 ... 20 000 MΩ/∞	I II III	x 1	5000 V	12,5 MΩ

Spannung

Meßbereich	Skalenumrechnungsfaktor	Innenwiderstand
500 V _{AC}	x 0,1	ca. 1,25 MΩ
1000 V _{AC}	x 0,2	ca. 2,5 MΩ

Skalen

Länge der Skalen:	Bereich III	111,5 mm
	Bereich II	97,4 mm
	Bereich I	95,8 mm
	Bereich V _{AC}	78,5 mm



Spannung U_i am Prüfobjekt in Abhängigkeit von R_i . Die Werte gelten bei Leeriaufspannung 5000 V, bei 2500 V sind die Werte mit dem Faktor 0,5, bei 1000 V mit 0,2 und bei 500 V mit 0,1 zu multiplizieren.

INSTRUCCIONES con lista de recambios



MEDIDOR DE LA RELACION DE TRANSFORMACION
DE TRANSFORMADORES .

con ajuste digital y lectura directa del
error de la relación de transformación

L-Nr. 4444-110



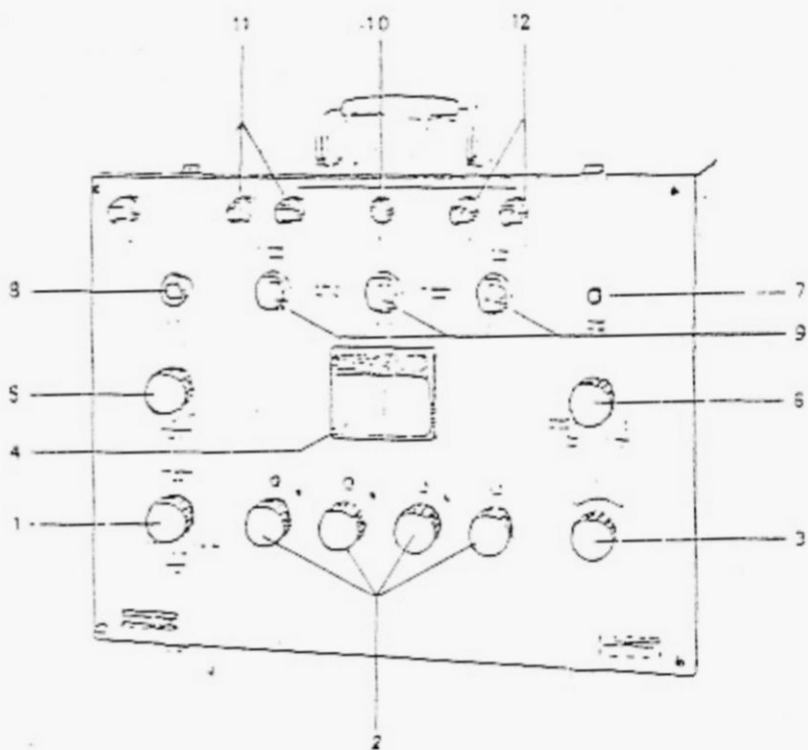
HARTMANN & BRAUN AG · FRANKFURT / MAIN
M E S S - U N D R E G E L T E C H N I K

I N D I C E

Página

1.	Introducción	3
2.	Resumen de las normas VDE para transformadores y bobinas de reacción, VDE 0532/8.64	4
3.	Método de medición	4
3.1.	Medición de la relación de transformación	4
3.2.	Medición del error de la relación de transformación	5
3.3.	Control de la polaridad	7
4.	Campos de medición	7
4.1.	Campos de medición de la relación de transformación	7
4.2.	Campo de medición del error de la relación de transformación	8
5.	Exactitud de la medida	8
5.1.	Exactitud del sistema de medición	8
5.1.1.	Exactitud del divisor de tensión inductivo	8
5.1.2.	Exactitud del ajuste de la relación de transformación	8
5.1.3.	Exactitud del potenciómetro	9
5.1.4.	Sensibilidad de ajuste del circuito de medición	9
5.2.	Influencia de la tensión de medición	10
6.	El indicador de cero dependiente de la fase	11
7.	Consumo propio de la instalación de medición	13
8.	Montaje de la instalación de medición	13
9.	Mediciones con el medidor de la relación de transformación	14
9.1.	Medición de la relación de transformación de transformadores	14
9.2.	Medición de la relación de transformación de auto-transformadores	15
9.3.	Grupos de conexión para transformadores trifásicos	17-19
10.	Lista de piezas de recambio	20
11.	Esquema completo	

- 1) Selector de rango
- 2) Conmutadores para las décadas
- 3) Potenciómetro
- 4) Indicador (-50 μ A...0...+50 μ A)
- 5) Regulador de sensibilidad
- 6) Conmutador del "tipo de medición"



- 7) Potenciómetro (para el ajuste a cero)
- 8) Lámpara de alarma (4V; 0,25A)
- 9) Descargadores de sobretensión
- 10) Fusible (0,5A)
- 11) Bornes tensión U;V (Tensión primaria)
- 12) Bornes tensión u,v (Tensión secundaria)

1. Introducción

Una de las magnitudes características más importantes de un transformador es su relación nominal de transformación u_N , que está definida como la relación de las tensiones nominales del bobinado de alta y de baja tensión. El cociente de estas tensiones se determina en un circuito puente.

El puente se alimenta con tensión normal de red de 220 V, 50 Hz ó 60 Hz. Una vez efectuado el ajuste del circuito puente se lee el cociente en los discos provistos de números con su posición decimal.

En estos discos con cifras puede ajustarse por otra parte también el cociente, que se deduce de los valores nominales de las tensiones en los bobinados de alta y baja tensión. Tras efectuar el ajuste mediante los elementos correspondientes se lee la desviación porcentual del valor real al valor prefijado, referida a este último, sobre una escala. Durante esta medición el transformador está libre de carga. El ajuste cero se determina por medio de un indicador de cero dependiente de la fase. El punto cero del indicador se encuentra en el centro de la escala. El equilibrio del puente se efectúa en la dirección de una sola componente. Por ello la operación de ajuste es tan sencilla como en el caso de un puente de corriente continua. El tiempo de ajuste corto del instrumento del punto cero facilita una operación rápida de equilibrado del puente.

Mediante el empleo de un divisor de tensión inductivo y del indicador del punto cero dependiente de la fase se alcanza una elevada exactitud de medición así como una gran sensibilidad del equilibrado.

Los fusibles incorporados garantizan un elevado margen de seguridad de servicio del aparato.

Además del cociente de las tensiones del bobinado de alta y baja tensión puede controlarse asimismo el desfase de las tensiones en las bobinas, caracterizado por el grupo de conexión (VDE 0532/8.64 en el párrafo 9). El control de la polaridad y la medición de la relación de transformación pueden efectuarse con este aparato en una sola operación.

2. Resumen de las normas VDE Q532/8.64

§ 20 Relación nominal de transformación

La relación nominal de transformación (u_N) de un transformador es la relación exacta de las tensiones nominales de los bobinados de alta y baja tensión (por ejem. 20.000 V/400 V).

§ 55 Verificación de la relación de transformación y del grupo de conexión

- a) La comprobación de la relación de transformación se efectúa con la medición en el circuito puente. En caso de transformadores cuyos devanados posean salidas múltiples, la medición de la relación de transformación se refiere a todas las salidas o sea posiciones del selector o conmutador correspondiente.
- b) El grupo de conexión se determina mediante la medición en el circuito puente o mediante medición de tensión.

§ 62 Desviaciones admisibles

- a) La tolerancia es la desviación admisible entre el valor real y el valor prefijado. Se expresa referida a este último.

Tolerancias:

Relación nominal de transformación según § 20 y § 55 $\pm 0,5\%$ ó $\pm 1/10$ de la tensión nominal de cortocircuito medida en porcientos. Será valedero el menor de ambos valores.

3. Procedimientos de medición

3.1. Medición de la relación de transformación

El esquema utilizado para la medición del cociente de alta y baja tensión está representado en forma simplificada en la fig. 1.

En el circuito de medición el transformador a medir X está conectado por su bobinado de

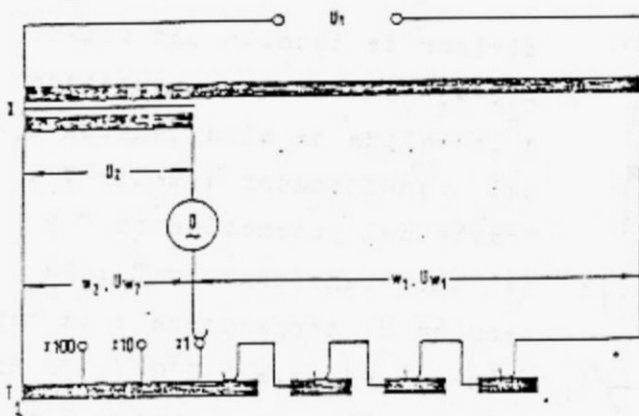


Fig. 1 Medidor de la relación de transformación con ajuste digital del cociente entre alta y baja tensión.

alta tensión a la tensión de red, por ejemplo a $U_1 = 220$ V, 50 Hz ó 60 Hz. En paralelo a la bobina de alta tensión se encuentra el divisor de tensión inductivo T_1 , cuyo número de espiras ajustable w_2, w_1 se encuentran montadas sobre un núcleo común. Tras efectuado el ajuste del puente, la tensión secundaria U_2 del transformador a medir es igual a la tensión U_{w_2} del divisor de tensión inductivo T_1 .

La igualdad de tensiones se verifica con el indicador de punto cero dependiente de la fase, que se encuentra en el ramal diagonal del puente. El indicador de cero señala la igualdad de ambas tensiones U_2 y U_{w_2} en la dirección de la componente principal.

El equilibrio del puente se consigue ajustando el número de espiras w_1, w_2 . El potenciómetro P (Fig. 2), que sirve para determinar el error de la relación de transformación, se encuentra en este caso en posición cero. Estando el puente equilibrado se obtiene la relación siguiente:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{U_{w_2} + U_{w_1}}{U_{w_2}} = \frac{w_2 + w_1}{w_2} = \bar{u}$$

El cociente \bar{u} puede leerse directamente. El amplio margen de ajuste de los números de espiras w_2, w_1 ofrece un alcance de medición para el cociente \bar{u} entre alta y baja tensión de 1...1.000.

3.2. Medición del error de la relación de transformación

La fig. 2 muestra el circuito de medición ampliado con la disposición para medir el error de la relación de transformación. Contrariamente al esquema simplificado de la fig. 1 el

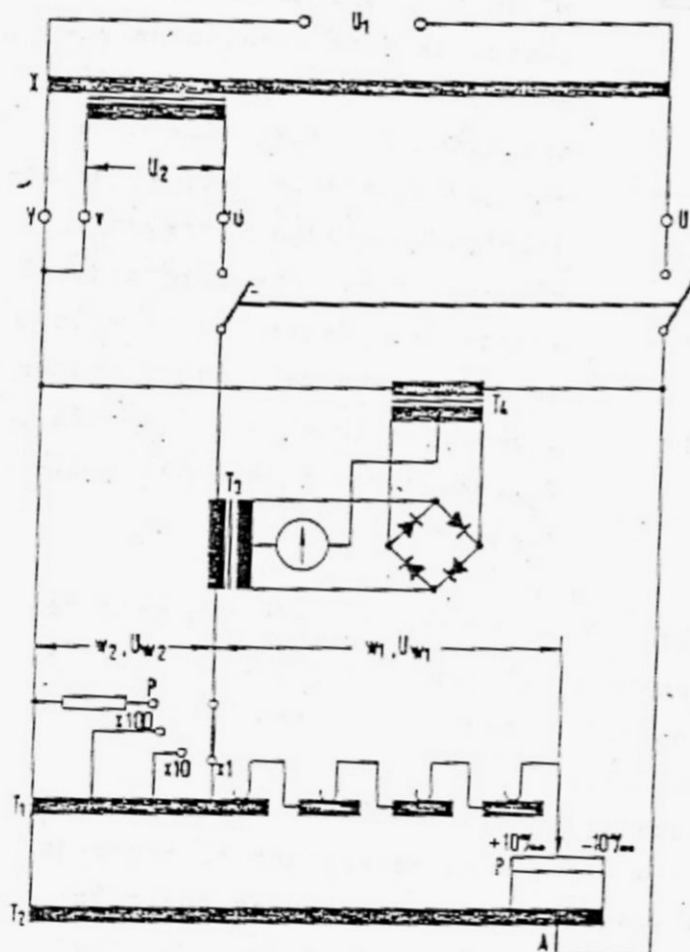


Fig. 2 Medidor de la relación de transformación con ajuste digital de la relación de transformación y de la lectura del error de la relación de transformación.

El ajuste del punto cero se efectúa mediante el potenciómetro P. La igualdad de tensiones se consigue cuando la tensión de alimentación del divisor w_1, w_2 es reducida mediante el potenciómetro P en un 5%. Una tensión menor en el divisor corresponde por lo tanto a un error positivo, una tensión mayor a un error negativo de la relación de transformación.

La escala del potenciómetro P está dividida en espacios que corresponden

divisor de tensión inductivo w_2, w_1 se encuentra conectado a la salida de alta tensión U_1 del transformador a medir X a través del potenciómetro P y del autotransformador T_2 . La tensión U_1 corresponde a la tensión de red, p.ej. 220 V, 50 Hz ó 60 Hz. El potenciómetro P es simétrico al cursor A en el autotransformador T_2 . El cursor A está conectado a la bobina de alta tensión del transformador a medir X. La tensión existente en el divisor w_2, w_1 puede variarse con el potenciómetro P respecto a la alta tensión U_1 del transformador a medir X en $\pm 10\%$.

Si el cociente de los valores nominales de alta y baja tensión del transformador a medir está ajustado en el divisor w_2, w_1 y siendo el error de relación de transformación por ejemplo + 5%, esto significa que la tensión U_2 del transformador a medir X es 5% menor que la tensión U_{w2} del divisor T_1 .

a 1 %. El error de la relación de transformación del transformador a medir puede por lo tanto leerse directamente sobre esta escala.

El alcance de medición del potenciómetro es de ± 10 %; la posición central correspondiente al valor 0 % está provista de una entalladura para el cursor.

3.3. Control de la polaridad

Al efectuar el control de polaridad en la posición del conmutador "Polung" la tensión de entrada U_M del indicador (Fig. 5) se encuentra conectada a través de una resistencia en serie (ajuste de sensibilidad) a la baja tensión U_2 del transformador a medir (Fig. 2). La tensión de referencia del indicador está conectada a la alta tensión U_1 del transformador a medir. El indicador de cero dependiente de la fase señala, si la tensión U_2 se encuentra en fase o en contrafase respecto a la tensión de alimentación U_1 del transformador a medir. Si la baja tensión U_2 está en fase con la alta tensión U_1 , la desviación de la aguja del indicador se efectúa hacia la derecha, estando ambas en contrafase, hacia la izquierda.

4. Campos de medición

4.1. Campos de medición de la relación de transformación

Para medir el cociente entre baja y alta tensión se dispone de tres ~~campos~~ campos de medición:

1...9,999 10...99,99 100...999,9

Los ~~campos~~ campos de medición están determinados por los ~~márgenes~~ márgenes de ajuste de los números de espiras $w_2 + w_1$ y w_2 del divisor de tensión inductivo. Los números de espiras $w_2 + w_1$ se pueden ajustar en cuatro décadas con $9 \cdot 1000 + 9 \cdot (100 + 10 + 1)$ espiras. El ~~margen~~ margen de ajuste del número de espiras de $w_2 + w_1$ se encuentra entre 1.000 y 9999 espiras. El número de espiras w_2 es ajustable mediante el selector del campo de medición a 10; 100 ó 1.000 espiras. El selector del campo de medición sitúa también la coma automáticamente.

El cociente de las tensiones U_1 y U_2 se desprende de la ecuación

$$\ddot{u} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{w_2 + w_1}{w_2}$$

Introduciendo en esta ecuación los valores límites de los números de espiras ajustables w_2 , w_1 , se obtiene un alcance de medición de 1...1.000. El cociente puede leerse directamente en los discos con cifras.

4.2. Caso de medición del error de la relación de transformación

Para medir la desviación de la relación de transformación real a la relación nominal de un transformador se dispone de un alcance de medición $\pm 10\%$. Este alcance de medición está determinado por el margen de tensión $\pm 10\%$, ajustable mediante el potenciómetro P en el divisor T_1 respecto a la tensión de alimentación U_1 del transformador a medir X. El error de la relación de transformación se lee sobre la escala del potenciómetro calibrado en $\%$, ~~tras~~ efectuado el ajuste del puente.

5. Exactitud de la medición

5.1. Exactitud del conjunto de medición

La exactitud del conjunto de medición está determinada por la exactitud del divisor de tensión inductivo, por la exactitud del ajuste de la relación de transformación, por la exactitud del potenciómetro, cuya escala sirve para la lectura del error de la relación de transformación y por la sensibilidad del ajuste del circuito de medición. Todas estas influencias determinan conjuntamente una tolerancia del sistema de medición inferior a $\pm 0,1\%$.

5.1.1. Exactitud del divisor de tensión inductivo

La exactitud del divisor de tensión inductivo está determinada sobre todo por la exactitud de su número de espiras. Estas están bobinadas sobre un núcleo común. Su número puede determinarse de una forma fácil. Las resistencias óhmicas son proporcionales a los números de espiras y despreciables en comparación con las resistencias inductivas. La dispersión magnética que puede influenciar la relación de división produce un error inferior a $\pm 0,02\%$ en todo el campo de tensión y frecuencia del divisor.

5.1.2. Exactitud del ajuste de la relación de transformación

El divisor inductivo dispone de 4 décadas para el ajuste del cociente

entre alta y baja tensión. El cociente puede ajustarse en un alcance entre 1 y 999,9. Al efectuar la medición se encuentran conectadas las cuatro décadas. La exactitud de ajuste del divisor se encuentra por lo tanto entre 0,1 y 0,01%. Utilizando la escala, que sirve para determinar el error de la relación de transformación, puede conseguirse una exactitud de ajuste para el cociente de 0,01% en todo el campo de medición.

5.1.3. Exactitud del potenciómetro

El potenciómetro P dispone de una escala con división lineal para un campo de medición de la relación de transformación de $\pm 10\%$. La división tiene una longitud ± 60 mm. El error de división es pequeño siendo la tolerancia de lectura $\pm 0,01\%$.

El potenciómetro P es alimentado por el transformador T_2 . El error de tensión de este transformador ejerce una influencia de segundo orden sobre la indicación del potenciómetro. Un error de tensión por ejemplo de 1% del transformador produce un error máximo de la relación de transformación de 0,01%. El error de tensión del transformador T_2 , los errores del divisor y de lectura del potenciómetro P producen en conjunto una tolerancia $\pm 0,02\%$.

5.1.4. Sensibilidad de ajuste del circuito de medición

El indicador cero dependiente de la fase garantiza una alta sensibilidad de ajuste conjuntamente con el divisor de tensión inductivo. Bajo sensibilidad de ajuste se entiende un desequilibrio porcentual del puente, bajo el cual el indicador cero acusa una desviación bien visible.

En la fig. 3 se muestra la sensibilidad de ajuste del medidor de relación de transformación referida a una desviación del galvanómetro de una división de escala (1,2 mm) en función del cociente entre baja y alta tensión del transformador a medir.

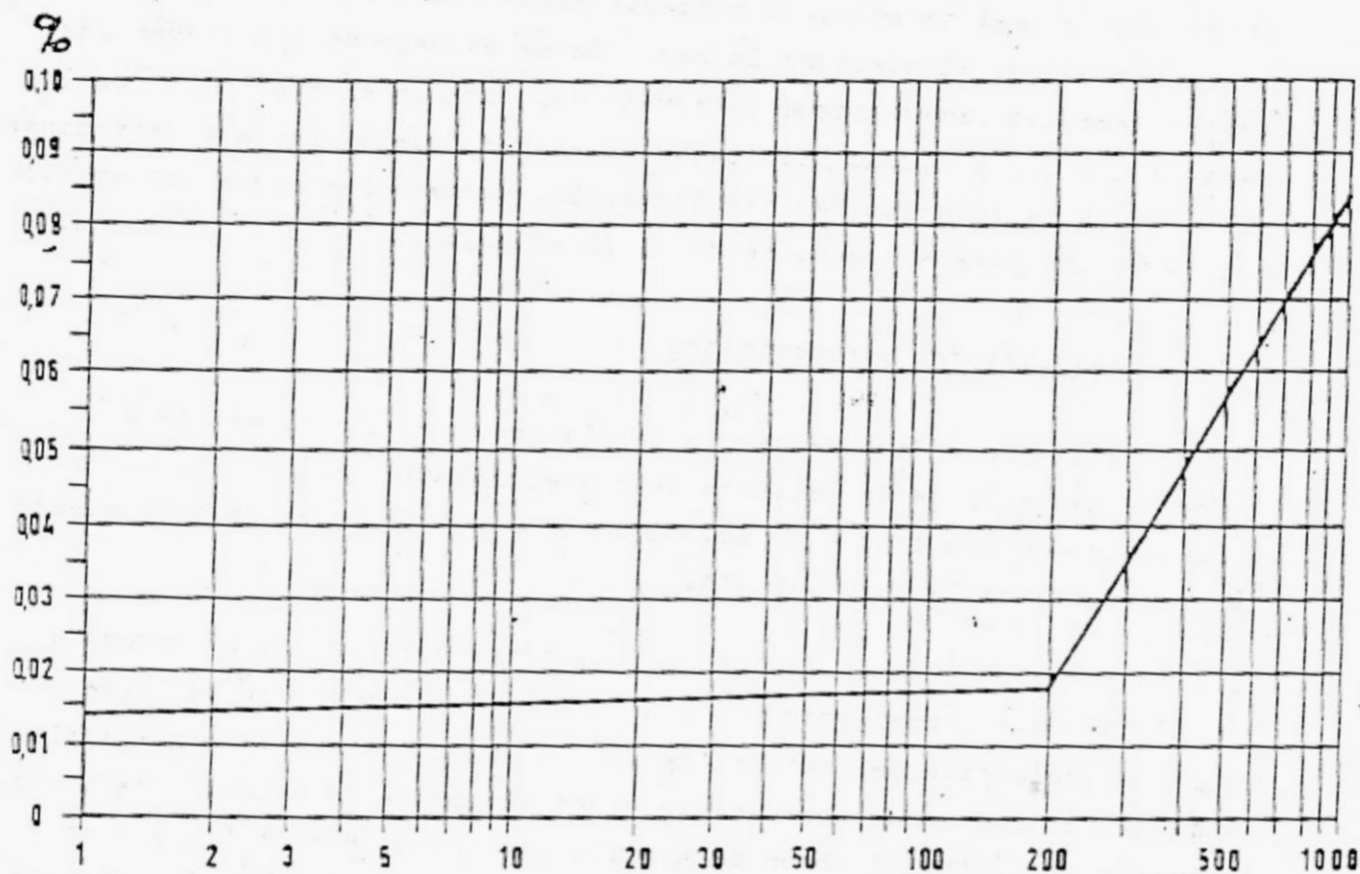


Fig. 3 Sensibilidad de ajuste del medidor de relación de transformación (desviación del galvanómetro 1,2 mm).

Ableichempfindlichkeit % = Sensibilidad de ajuste %

Übersetzung, Quotient % von Ober- u. Unterspannung = Relación de transformación, cociente entre alta y baja tensión.

5.2. Influencia de la tensión de medición

Midiendo la relación de transformación de un transformador en función de la tensión, se obtiene una curva semejante a la representada en la fig. 4.

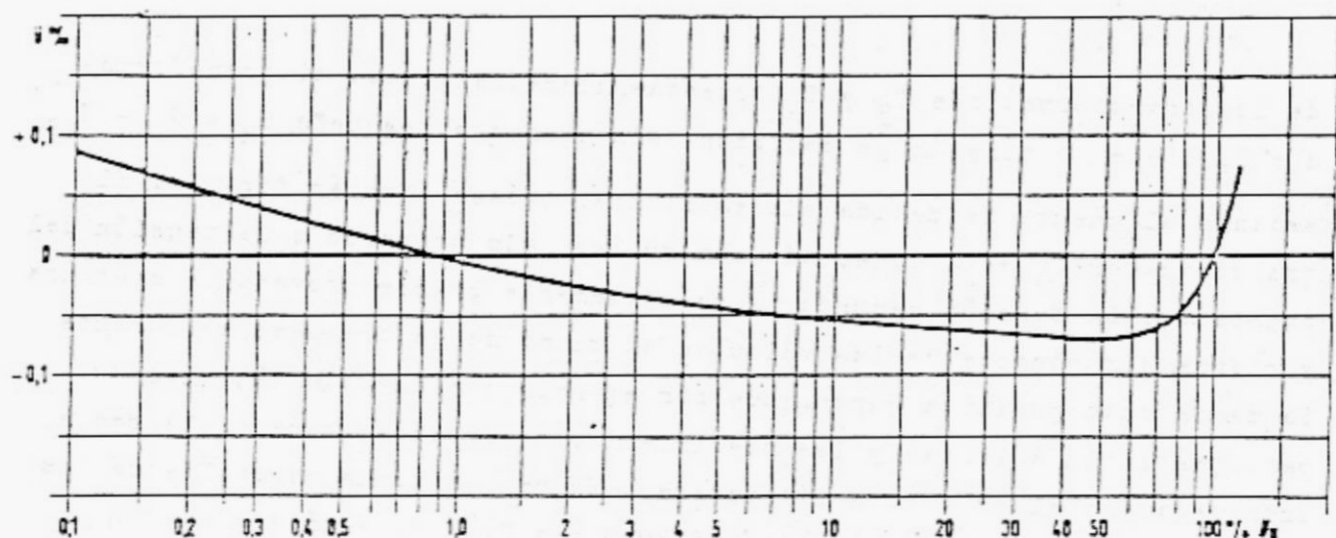


Fig. 4 Error de transformación de un transformador 200-MVA 127 kV/10 kV en función de la tensión.

Sobre el eje de abscisas se encuentran en escala logarítmica los valores de tensión en % de la tensión nominal y sobre el eje de ordenadas en escala lineal los errores de transformación en %. A la tensión nominal ($100\% U_N$) el transformador medido tiene un error de transformación de $+0,024\%$. Con tensión decreciente el error de transformación se vuelve primero negativo, reduciéndose luego y alcanzando aproximadamente a 1% de la tensión nominal el mismo valor que a 100% de ésta. Reduciendo la tensión todavía más y midiendo la relación de transformación a $0,174\%$ de la tensión nominal, o sea con tensión de red 220 V , se obtiene un error de la relación de transformación, que excede en $+0,05\%$ el correspondiente al valor 100% de la tensión nominal.

Por ello pueden medirse las relaciones de transformación en transformadores de altas tensiones nominales con suficiente exactitud utilizando la tensión normal de red.

6. El indicador de cero dependiente de la fase

En el rectificador de circuito puente de la fig. 5 se muestran cuatro rectificadores conectados en serie con sentido de paso en forma de un anillo cerrado (modulador anular en circuito puente). La resistencia de paso de un rectificador disminuye al aumentar la corriente. Mediante una tensión alterna de valor adecuado se varía la resistencia de paso de un valor mínimo hasta un valor máximo. Los rectificadores actúan como válvulas que se abren o se cierran.

En ambas diagonales del puente se encuentran las tensiones secundarias

de los transformadores T_3 y T_4 opuestas diametralmente. El transformador T_3 tiene la tensión de medición relativamente pequeña $U_M = U_2 - U_{w2}$ estando el puente de medida sin equilibrar (véase también fig. 2). El transformador T_4 está conectado con su bobinado primario a la tensión del puente U_1 . La tensión secundaria relativamente grande provoca la apertura y cierre sincrónicos de las válvulas al ritmo de la frecuencia. Durante la media onda positiva supongamos por ejemplo que las dos válvulas superiores están abiertas y las dos inferiores cerradas, durante la media onda negativa el proceso sería inverso. Entre las tomas centrales de los bobinados secundarios de los transformadores T_3 y T_4 está situado un instrumento indicador de corriente continua.

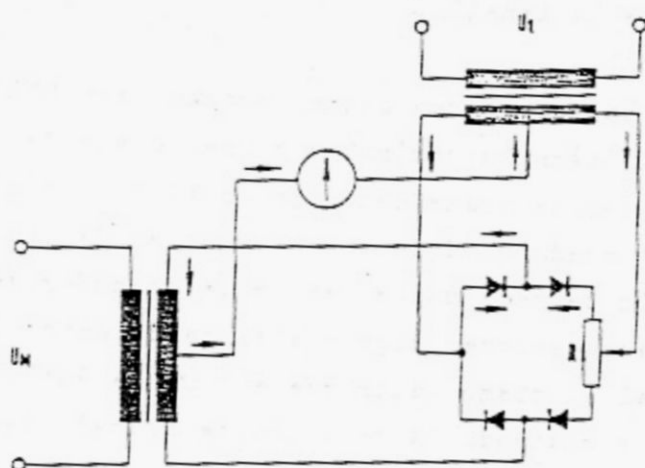


Fig. 5 Indicador cero dependiente de la fase con modulador anular en circuito puente.

En la fig. 5 está señalado el recorrido de la corriente de una media onda, que fluye a través del galvanómetro existiendo una pequeña tensión de medición U_M .

Bajo la acción de la tensión U_1 las dos válvulas superiores están abiertas y las dos inferiores cerradas. La corriente del galvanómetro tiene un valor máximo, cuando las tensiones U_M y U_1 están en fase, y es cero al existir entre U_M y U_1 un desfase de 90° . Con 180° de desfase la dirección de la corriente en el galvanómetro es opuesta. El punto cero del galvanómetro se encuentra en el centro; el ajuste del puente de medida de tensión alterna se efectúa de la misma forma que en un puente de tensión continua. La corriente continua a través del galvanómetro es proporcional a la tensión de medida U_M y al coseno del ángulo de desfase entre la tensión de medida U_M y la tensión U_1 . De esta forma se obtiene la fase, que sólo responde a la componente

que se encuentra en dirección de la tensión U_1 .

La asimetría de los rectificadores se corrige mediante la resistencia de simetría R_D (punto cero eléctrico).

7. Consumo de la instalación de medida

El consumo de la instalación de medida a la tensión de 220 V, 50 Hz es de aprox. 5 VA, $\cos \beta$ aprox. 0,8. En esta cifra está también incluido el consumo de la lámpara de aviso con su transformador correspondiente.

8. Construcción del conjunto de medida

El conjunto de medida está montado en un maletín metálico con tapa desmontable (490 mm x 410 mm x 175 mm, 14 kg.).

Los interruptores para el ajuste del ~~campo~~ de medición y del cociente U así como el potenciómetro que sirve para determinar el error de la relación de transformación, están situados horizontalmente en línea. Los interruptores para el ajuste del cociente están provistos de discos con cifras. Las cifras ajustadas, visibles a través de ventanitas, se agrupan formando una línea. Mediante el selector del ~~campo~~ de medición se sitúa la coma automáticamente. De esta forma se excluyen errores de lectura.

El instrumento de cero con su punto cero en el centro está situado en posición central y es asimismo bien legible. El instrumento posee una resistencia interna de aprox. $2,300 \Omega$ en un campo de medición de $\pm 50 \mu A$. A la izquierda junto al instrumento de cero se encuentra el botón de ajuste de sensibilidad y a la derecha un conmutador que en la posición "Messen" (medición) conecta el divisor de tensión inductivo a la tensión de medida. Con el mismo interruptor se conecta en la posición "Polung" (polaridad) el circuito de medida para verificar el desfase mutuo entre las tensiones de los bobinados del transformador a medir. En la posición del interruptor "Nullpunkt" (punto cero) puede finalmente verificarse el punto cero eléctrico del indicador cero mediante un potenciómetro (punto cero) que se encuentra emplazado encima del mencionado interruptor y se efectúa el ajuste utilizando un destornillador. De esta forma se evita un desajuste no intencionado del potenciómetro.

En cuanto la tensión de medida se encuentra en los terminales U, V se enciende la lámpara de aviso en la parte superior izquierda. Esta lám-

para de 4 V 0,25 A puede cambiarse tras desmontar la tapa protectora.

El instrumento dispone de pequeños derivadores de tensión rellenos de gas como protección contra sobretensiones. La tensión de reacción de estos derivadores es de 300 V. Habiendo reaccionado un protector de sobretensión, éste vuelve a estar dispuesto a funcionar tras desaparecer la sobretensión. Tras un funcionamiento repetido es conveniente cambiar estos derivadores de tensión. Los derivadores de tensión se encuentran entre los terminales U y tierra, u y tierra Vv y tierra. A los terminales U, V se conecta la alta tensión y a los terminales u, v la baja tensión del transformador a medir. Los terminales V y v están conectados entre sí en el interior del aparato. Esto debe tenerse en cuenta sobre todo al efectuar pruebas con autotransformadores. Como indicación de esta conexión los terminales V y v sobre la placa frontal del aparato se encuentran unidos por una línea.

Como último debemos mencionar también el fusible (0,5 A), que se encuentra en serie con el instrumento indicador de cero en el ramal diagonal del puente. Este fusible debe proteger al indicador de cero de sobrecarga. El fusible se encuentra en el centro entre ambos pares de terminales.

9. Mediciones con el medidor de las relaciones de transformación

9.1. Medición de la relación de transformación de transformadores (Bobinados primario y secundario separados)

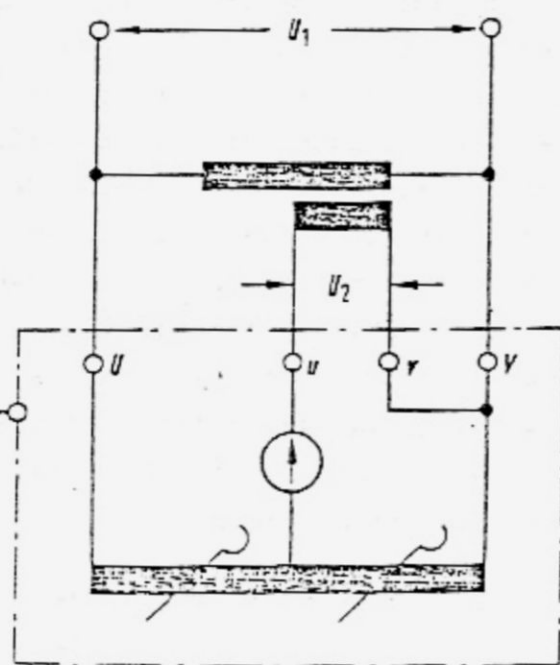


Fig. 6. Conexión

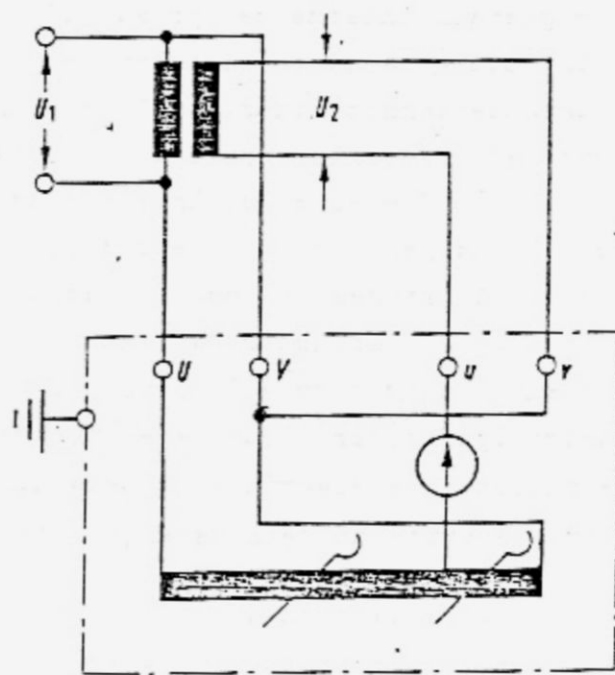


Fig. 7. Conexión

U_1 = Tensión de red 220 V 50 Hz ó 60 Hz conectada al bobinado de alta tensión.

U_2 = Tensión en el bobinado de baja tensión.

Con el medidor de la relación de transformación sólo puede medirse el cociente de dos tensiones en fase. Para la medición es indistinto, que los transformadores a medir sean excitados en una fase o en tres fases, tratándose de transformadores trifásicos. Las relaciones de transformación que se producen al excitar en una fase se desprenden de la tabla 1 los de excitación trifásica de la tabla 2.

Antes de efectuar la medición de la relación de transformación puede verificarse en la posición del conmutador "Polung" (polaridad), si la tensión secundaria del transformador a medir se encuentra en fase o en contrafase respecto a la tensión primaria. ~~Estando polarizada correctamente,~~ el indicador cero muestra desviación hacia la derecha. Para aumentar la desviación debe utilizarse el ajuste de sensibilidad.

9.2. Medición de la relación de transformación de autotransformadores

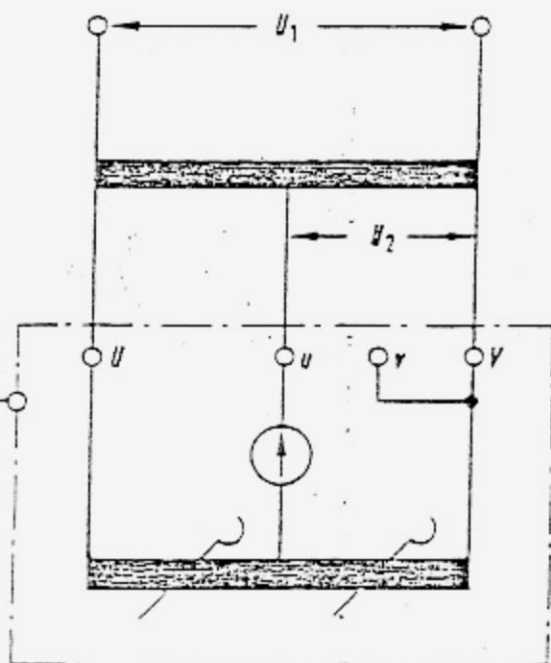


Fig. 8 Esquema básico

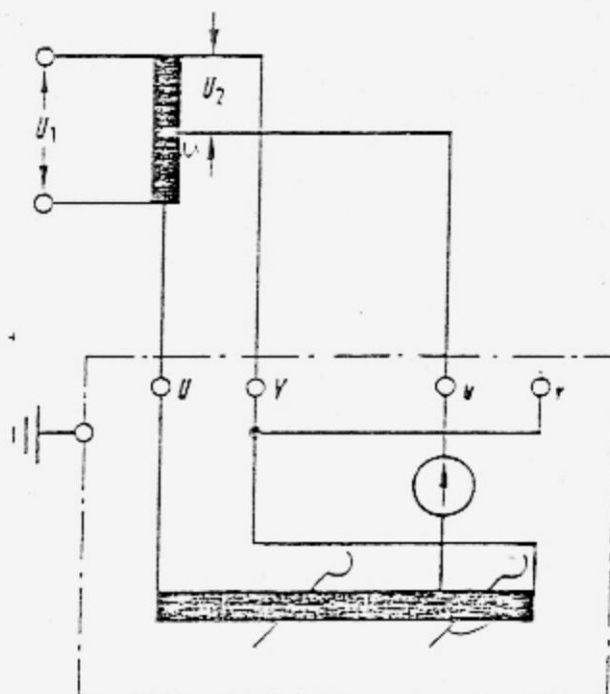


Fig. 9 Conexiones

U_1 = Tensión de red 220 V, 50 ó 60 Hz conectada a los extremos del bobinado.

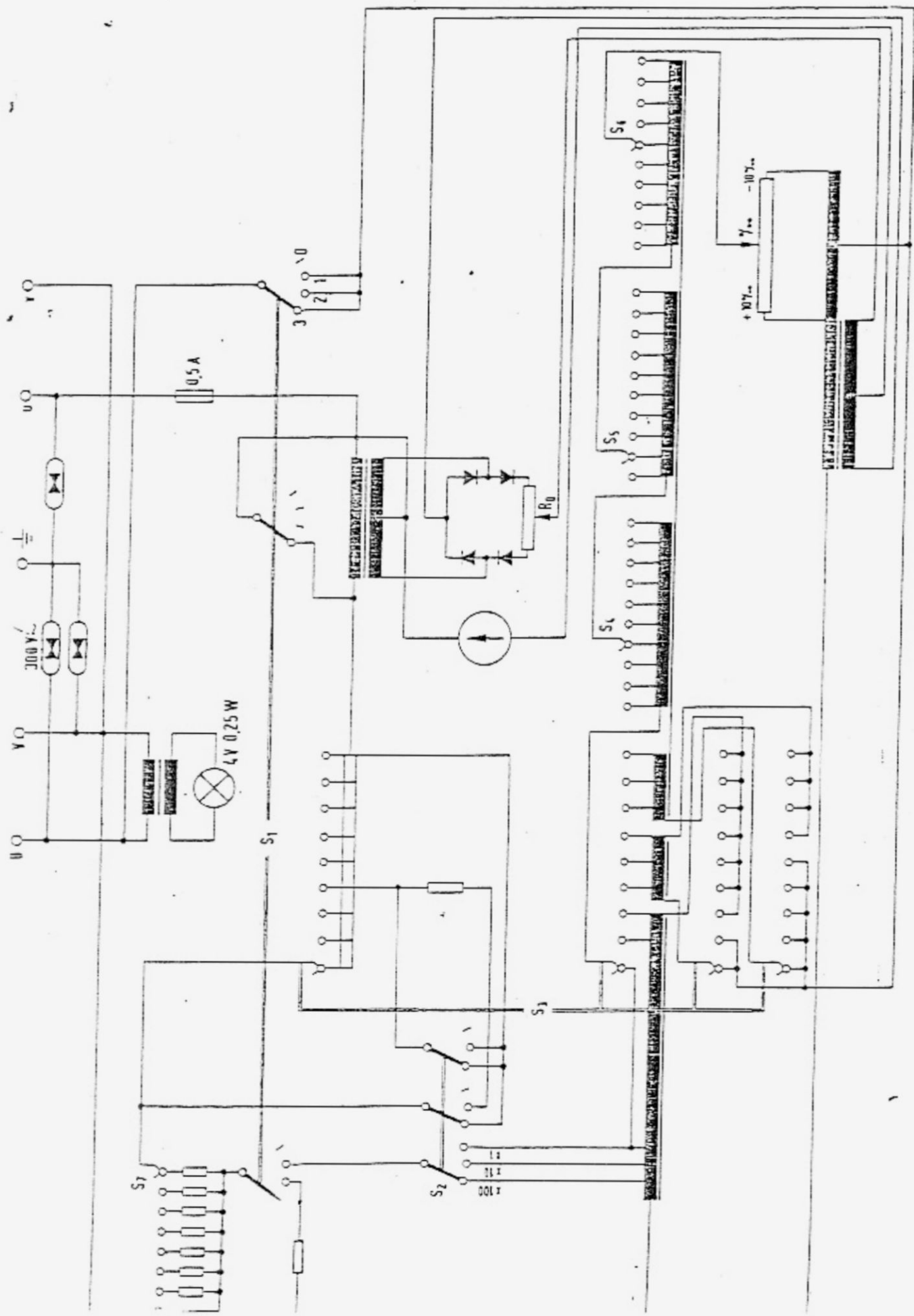
Aviso importante: En el interior del aparato están unidos los terminales V y v entre sí.

Si se conecta la toma del transformador a medir al terminal v, se producirá un cortocircuito!

El terminal v debe permanecer libre!

Conéctese con polaridad correcta!

La toma del transformador a medir debe de conectarse al terminal u!



Grupo de conexión VDE 0532/8.64	Transformador a medir		Conexión del transformador a medir a los terminales U V y u v de la instalación de medida		Valor de medición		
	Alta tens. U ₁	Baja tens. U ₂					
Dd 0			U	V	u	v	$\frac{U_1}{U_2}$
			V	W	w	U	
			W	U	U	U	
Yy 0			U	V	u	v	$\frac{U_1}{U_2}$
			V	W	w	U	
			W	U	U	U	
Dz 0			U	V	u	v	$\frac{U_1}{U_2}$
			V	W	w	U	
			W	U	U	U	
Dy 5			U	V	0	U	$\frac{U_1 \cdot \sqrt{3}}{U_2}$
			V	W	0	v	
			W	U	0	U	
Dy 5			U	V	U+V	U	$\frac{U_1}{0,866 \cdot U_2}$
			V	W	U+V	v	
			W	U	U+V	U	
Dy 5			U	W+Y	U	U	$\frac{0,866 \cdot U_1}{U_2}$
			V	U+V	U	v	
			W	V+U	U	U	
Yd 5			U	0	U	U	$\frac{U_1}{U_2 \cdot \sqrt{3}}$
			V	0	U	v	
			W	0	U	U	
Yd 5			U	V+W	U	U	$\frac{0,866 \cdot U_1}{U_2}$
			V	W+U	U	v	
			W	U+V	U	U	
Yd 5			U	V	U+V	U	$\frac{U_1}{0,866 \cdot U_2}$
			V	W	U+V	v	
			W	U	U+V	U	
Yz 5			U	V	0	U	$\frac{U_1 \cdot \sqrt{3}}{U_2}$
			V	W	0	v	
			W	U	0	U	
Yz 5			U	V	U+V	U	$\frac{U_1}{0,866 \cdot U_2}$
			V	W	U+V	v	
			W	U	U+V	U	
Yz 5			U	V+W	U	U	$\frac{0,866 \cdot U_1}{U_2}$
			V	W+U	U	v	
			W	U+V	U	U	
Dd 6			U	V	U	U	$\frac{U_1}{U_2}$
			V	W	U	v	
			W	U	U	U	
Yy 6			U	V	U	U	$\frac{U_1}{U_2}$
			V	W	U	v	
			W	U	U	U	
Dz 6			U	V	U	U	$\frac{U_1}{U_2}$
			V	W	U	v	
			W	U	U	U	

Tabla 1 (hoja 1)

Conexión con excitación monofásica del transformador a medir

Grupo de conexión VDE 0532/8.64	Transformador a medir		Conexión del transformador a medir a los terminales U V y u v de la instalación de medida				Valor de medición
	Alta tens. U_1	Baja tens. U_2					
Dy 11			U	V	u	0	$\frac{U_1 \cdot \sqrt{3}}{U_2}$
			V	W	v	0	
			W	U	w	0	
Dy 11			U	V	u	v+w	$\frac{U_1}{0,866 \cdot U_2}$
			V	W	v	w+u	
			W	U	w	u+v	
Dy 11			U	V+W	u	w	$\frac{0,866 \cdot U_1}{U_2}$
			V	W+U	v	u	
			W	U+V	w	v	
Yd 11			U	0	u	w	$\frac{U_1}{U_2 \cdot \sqrt{3}}$
			V	0	v	u	
			W	0	w	v	
Yd 11			U	V+W	u	w	$\frac{0,866 \cdot U_1}{U_2}$
			V	W+U	v	u	
			W	U+V	w	v	
Yd 11			U	V	u	v+w	$\frac{U_1}{0,866 \cdot U_2}$
			V	W	v	w+u	
			W	U	w	u+v	
Yz 11			U	V	u	0	$\frac{U_1 \cdot \sqrt{3}}{U_2}$
			V	W	v	0	
			W	U	w	0	
Yz 11			U	V	u	v+w	$\frac{U_1}{0,866 \cdot U_2}$
			V	W	v	w+u	
			W	U	w	u+v	
Yz 11			U	V+W	u	w	$\frac{0,866 \cdot U_1}{U_2}$
			V	W+U	v	u	
			W	U+V	w	v	

Tabla 1 (hoja 2)

Conexión con excitación monofásica del transformador a medir

Grupo de conexión VDE 0532/8.64	Conexión del transformador a medir a los terminales U V y u v de la instalación de medida	Excitación del transformador a medir
Schaltgruppe VDE 0532/8.64	Anschluß des Prüflings an die Klemmen U V und u v der Meßeinrichtung	Erregung des Prüflings
Dd0-Yy0-Dz0	U V u v	3 × 220
	V W v w	
	W U w u	
Dd6-Yy6-Dz6	U V v u	3 × 220
	V W w v	
	W U u w	
Dy5-Yz5	U V 0 u	3 × 220
	V W 0 v	
	W U 0 w	
Yd5	U 0 w u	3 × 380
	V 0 u v	
	W 0 v w	
Dy11-Yz11	U V u 0	3 × 220
	V W v 0	
	W U w 0	
Yd11	U 0 u w	3 × 380
	V 0 v u	
	W 0 w v	

Tabla 2

Conexión con excitación trifásica

2016 Portable High-Frequency Milliammeters & Voltmeters



(Ammeter)

260 x 180 x 115 mm 2.5 kg
10-1/4 x 7-1/8 x 4-1/2" 5.5 lbs

Model 2016 instruments are essentially millivoltmeters of the highly sensitive moving coil type with self-contained vacuum couple. Range switching is made by connecting the vacuum thermocouple in parallel with suitable shunts.

SPECIFICATIONS

Principle: Moving coil type taut-band suspension system with self-contained vacuum couple.

Rated Accuracy: Ammeter: $\pm 1.0\%$ of full scale value at 50Hz. Voltmeter: $\pm 0.5\%$ of full scale value at 50Hz.

Frequency Coverage: From 10 Hz to 100 kHz or more depending on range. (See below.)

Frequency Influence: Max. 1.0% of indicated value within the above frequency coverage.

Maximum Input Current: 150% of the rated value.

Scale Length: Approx. 135 mm (5-3/8").

Dimensions: Milliammeters: 260 x 180 x 90mm (10-1/4 x 7-1/8 x 3-1/2"). Voltmeter: 195 x 170 x 87 mm (7-3/4 x 6-3/4 x 3-1/2").

Ranges:

Name	Model	Range	Frequency
Milliammeter	201601	0-20/200/2000 mA	10-100kHz
Milliammeter	201602	0-100/1000/10000 mA	10-100kHz
Milliammeter	201603	0-100/1000/10000 mA	10-100kHz
Voltmeter	201604	0-100/1000/10000 V	10-100kHz

Note: Model 2016 Milliammeters contain Code 209902 (5 mA) Vacuum Couples which can easily be replaced by the user. Spare Vacuum Couples are available at extra cost as a set including mounting plate and adjusting resistor. Replacement by the user, however, results in a change of instrument accuracy; i.e., from $\pm 0.5\%$ and $\pm 1.0\%$ to $\pm 1.0\%$ and $\pm 1.5\%$ respectively.

Optional Accessories: 209101 Carrying case for 2016 Voltmeter. 209201 Carrying case for 2016 Ammeter.

2017 Portable Audio-Frequency Voltmeter



195 x 170 x 87 mm 1.8 kg
7-3/4 x 6-3/4 x 3-1/2" 4.0 lbs

Model 2017 is a rectifier type for use in the 45Hz to 10kHz audio-frequency range. This instrument is well suited as a precision flux voltmeter for use with an Epstein Iron Loss Test Set.

Common to 2016 & 2017

True RMS measurement

Friction-free taut band suspension system

Superior temperature characteristics due to thermocouple compensation

SPECIFICATIONS

Principle: Moving coil type with rectifier.

Rated Accuracy: $\pm 0.5\%$ of full scale value at 45 Hz to 10 kHz.

Range: 30, 75, 150, 300V.

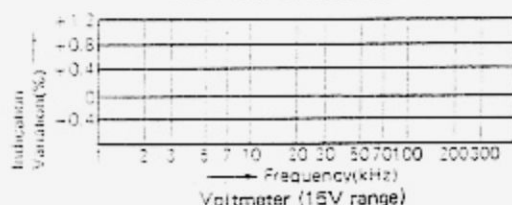
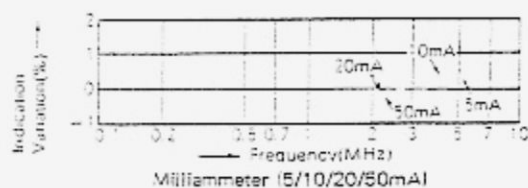
Scale Length: Approx. 135 mm (5-3/8").

Scale Divisions: 150.

Deflection Angle: 35°.

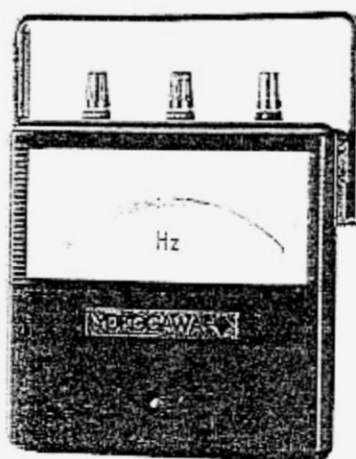
Approx. Volt-Ampere Loss: 1,000Ω/V.

Optional Accessory: 209101 Carrying case.



Frequency characteristics of Model 2016

2038 Portable Frequency Meters



195 x 175 x 87 mm 1.5 kg
(7-3/4 x 6-7/8 x 3-1/2" 4.0 lbs)

Model 2038 uses a frequency-to-DC current transducer which drives a high sensitivity moving coil type indicator. It features accurate frequency measurements without noticeable influence of line voltage fluctuation (50 to 300V) or waveform distortion.

- Shock-and-vibration-proof taut band suspension indicator with transducer
- Negligible influence of voltage and waveform distortion
- Compact and lightweight
- Legible scale of perfect uniform graduation

SPECIFICATIONS

Ranges and Rated Accuracy:

Model	Range	Accuracy (of full scale)
203831	45 to 65 Hz	±0.2%
203832	20 to 100 Hz	±1.0%
203803	100 to 300 Hz	±0.5%
203804	300 to 500 Hz	±0.5%

Note: For voltages higher than specified, use External Potential Transformers.

Principle of Operation: Frequency sensing transducer.

Rated Voltage: 120V/240V (2 ranges).

120V: Usable in the range of 50 to 100V.

240V: Usable in the range of 100 to 300V.

Scale Length: Approx. 135mm (deflection angle: 85°).

Scale Division: 45 to 65 Hz range: 100 divisions (0.2 Hz/div.) 20 to 100 Hz range: 30 divisions (1.0 Hz/div.) 100 to 300 Hz and 300 to 500 Hz ranges: 100 divisions (2.0 Hz/div.).

Power Consumption: 120V range: approx. 1.3 VA, 240 V range: approx. 2 VA.

Insulation Resistance: More than 100 MΩ at 500V DC between electric circuit and case.

Dielectric Strength: 2,000V AC for one minute between electric circuit and case.

Optional Accessory: 209101 Carrying case.

2039 Portable Power Factor Meters



260 x 180 x 116 mm 2.9 kg
(10-1/4 x 7-1/8 x 4-5/8" 6.4 lbs)

Model 2039 is used for measurement in single-phase and balanced three-phase circuits. From a phase discriminating circuit, the output of the built-in transducer produces a DC proportional to the phase between voltage and current to operate the DC indicator.

- Good frequency response
- Accuracy unaffected for frequencies of 45 to 80Hz.
- Excellent overload characteristics
- Excellent linearity over a voltage range of 50 to 300V

SPECIFICATIONS

Principle: Phase angle sensing transducer.

Rated Accuracy: 3.0% within the effective power factor measuring range.

Ranges:

Current	Voltage	Model
0.2/1 A	120V (Usable	203901
1/5 A	in the range	203902
5/25 A	of 50 to 300 V)	203903

Notes: 1. For ranges higher than 25A, use one External Current Transformer with 203902 & 203903.

2. For ranges higher than 300V, use one External Potential Transformer.

Scale: Power Factor: Lead 0-0.3-1.0-0.3-0 Lag,
Phase Angle: Lead 90°-0°-90° Lag.

Effective Power Factor Measuring Range: Lead 0.5-1.0-0.5 Lag.

Scale Length: Approx. 135 mm (5-3/8").

Frequency Effects: Within ±1.5° in phase angle at 45 to 65 Hz.

Volt-Ampere Loss:

Voltage Circuit (120V) ... Approx. 0.14 VA,

Current Circuit (5A) ... Approx. 2.4 VA,

Optional Accessory: 209201 Carrying case.

INSTRUCCIONES PARA EL USO

Voltímetro portátil de hierro móvil

Tipo HLV-2

1. Campo de utilización

El instrumento sirve para la medición de tensiones de corriente continua y de corriente alterna y se puede utilizar en todos los terrenos de las mediciones electro-técnicas requieren la realización rápida y de alta precisión. Las cuatro gamas de medición amplían considerablemente su terreno de utilización, dando simultáneamente un carácter universal al instrumento.

Los voltímetros se construyen en dos versiones; para gamas de tensiones bajas y más elevadas, con cuatro alcances de medición en cada instrumento. La conmutación de los alcances de medición se realiza mediante un conmutador incorporado. Los sistemas medidores poseen blindaje anti-magnético, que evita los efectos perturbadores de campos magnéticos hasta 0,5 mT. Durante las mediciones los instrumentos se pueden colocar lado a lado sin temor a efectos perturbadores de campos magnéticos dispersos que pueden alterar los resultados obtenidos.

2. Datos técnicos

Alcance de medición	Consumo de corriente
3 V	200 mA
6 V	100 mA
12 V	100 mA
30 V	100 mA
60 V	10 mA
120 V	5 mA
300 V	5 mA
600 V	5 mA

Klase točnosti: 0,5

Dopusťtavná poгрешность: $\pm 0,5\%$ при постоянном и переменном напряжении, от максимального значения диапазона измерения.

Длина шкалы: 120 ± 3 мм

Время установки: максимумо 4 сек

Частота: 40 ... 60 ... 400 Гц

Испытательное напряжение: $2 \sqrt{2} U_{\text{эф}}$ 50 Гц, 1 мин.

3. Подготовка к измерению

Вольтметр во время эксплуатации устанавливается в горизонтальное положение.

Срезка при помощи соответствующих ручья устанавливается на 0.

Перед включением вольтметра в цепь измерения целесообразно переключатель предела измерения установить на наибольшее значение напряжения, а затем с учетом отклонения можно провести переклещивание в более чувствительные положения.

Таким образом предохраняется прибор от погрешностей измерения возможной перегрузкой.

4. Чистка и уход за прибором

Непосредственно перед измерением не допускается протирка стекла прибора при помощи сухой тряпки, так как создающийся при этом электростатический эффект оказывает воздействие на измерение. Если протирка является неизбежной, то статический эффект можно уменьшить путем очищивания стекла прибора. Статический эффект сам по себе исчезает через некоторое время.

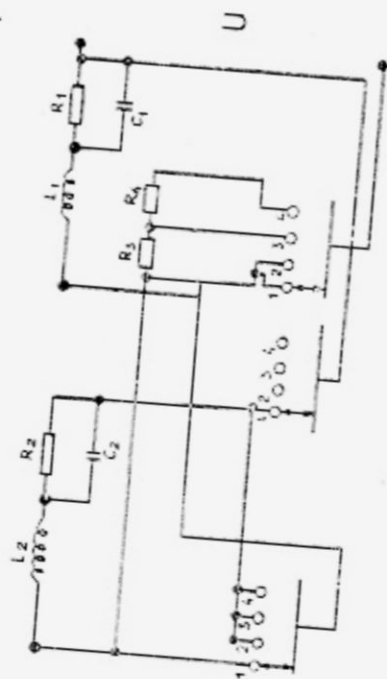
Измерительный механизм устанавливается на подшипниках с натяжением штифта, а контактные сегменты переключателя отolu-чены и поэтому не требуют ухода. Перед измерением следует обратить внимание на отсутствие соединительных клемм.

Прибор необходимо защищать от значительных механических воздействий.

Clase de precisión
Error permisible

0,5
 $\pm 0,5\%$ para tensiones
de corriente continua
y de corriente alterna,
referido al valor máximo
del alcance de medición
120 ± 3 mm
Frecuencia
40 ... 60 ... 400 c/s
Tensión de ensayo
2 kV off a 50 c/s por
1 min

Schaltschema
Wiring diagram
Schéma des connexions
Принципиальная схема
Esquema de conexiones



3. Preparaciones para las mediciones

La posición de uso regular del voltímetro es la horizontal a cero. Antes de intarcalor el voltímetro en el circuito de medida, será conveniente poner el conmutador de alcances al valor máximo de tensión y después, observando las desviaciones de la aguja, cambiar hacia las posiciones de mayor sensibilidad. Así el instrumento se puede proteger contra deterioraciones provocadas por sobrecargas casuales.

4. Limpieza, mantenimiento del instrumento

Evitemos frotar el cristal del instrumento directamente antes de una medición ya que el efecto electrostático producido puede afectar las mediciones. En caso de que la limpieza del cristal fuera inevitable, el efecto electrostático se puede eliminar echando el aliento sobre el mismo. El efecto electrostático cesa también por sí solo después de un breve tiempo. El sistema medidor es del tipo de cinta tensa, los segmentos de contacto del conmutador poseen un recubrimiento de oro que elimina la necesidad de su mantenimiento. Antes de comenzar con las mediciones, téngase cuidado de la limpieza de los terminales de conexión. Los instrumentos se deben proteger contra sollicitaciones mecánicas fuertes.

Класс точности: 0,5

Допустимая погрешность: $\pm 0,5\%$ от максимального значения диапазона измерений при постоянном и переменном токе

Длина шкалы: 120 ± 3 мм

Время приборами: максимумно 4 сек.

Частота: 40 ... 60 ... 400 Гц

Нормативное и фирменное: 2 кнзэфр 5 тн в 1 мм

3. Подготовка к измерению

Амперметр при эксплуатации устанавливается в горизонтальное положение. Стрелка при посылке соответствующей ручки устанавливается на нуль. Перед включением амперметра в измерительную цепь, необходимо переключатель пределов измерения установить на большее значение тока, а затем, с учетом отклонения ее, можем провести перемещение в более чувствительное положение. Таким образом предохраняется прибор от возможных повреждений, связанных перегрузкой.

4. Чистка, уход за прибором

Целесообразно перед измерением нельзя чистить стекло прибора при помощи сухой тряпки, т. к. создающийся при этом электростатический эффект оказывает влияние на измерение. Если нельзя избежать загрязнения, то статическое влияние можно сократить путем дыхания на стекло. По истечении короткого времени статический эффект исчезает сам по себе.

Измерительный механизм устанавливается на подшипниках с натяжной шпилькой, а контактные сегменты переключателя покрываются золотом, следовательно они не требуют ухода. Перед измерением следует обратить внимание на чистоту соединительных клемм. Приборы нужно защищать от значительных механических воздействий.

INSTRUCCIONES PARA EL USO

Amperímetro portátil de hierro móvil

Tipo: HLA-2

1. Campo de utilización

El instrumento ha sido diseñado para la medición de corrientes continua y alterna, se puede utilizar para mediciones electrónicas en terrenos donde la medición rápida y de alta precisión es necesaria. Los cuatro gamas de medición provistos por el instrumento sirven para el ampliamiento de su campo de utilización, dando al mismo tiempo un carácter universal al instrumento.

Los amperímetros se fabrican en dos modelos: para alcances de medición bajos y más elevados con cuatro alcances de medición en cada instrumento. La conmutación de los alcances de medición se realiza mediante un conmutador incorporado. Los mecanismos medidores poseen blindaje magnético por lo que campos magnéticos de intensidad inferior a 0,5 mT no ejercen ninguna influencia sobre la precisión de la medición. Durante las mediciones los instrumentos se pueden colocar inmediatamente uno junto a otro ya que no poseen campo magnético disperso que pueda perturbar la medición.

2. Datos técnicos

Alcance de medición	Resistencia interna	Inductividad
63 mA	48 Ohmios	28,00 mH
120 mA	12 Ohmios	6,00 mH
300 mA	2 Ohmios	1,30 mH
600 mA	0,5 Ohmios	0,36 mH

0,6 A	360 Mohmios	220 mH
1,2 A	90 Mohmios	55 mH
3 A	60 Mohmios	8 mH
6 A	15 Mohmios	2 mH

GERÄTEKONSTRUKTION
 zum Tragen an elektrodynamischen
 Leistungsmessgeräten
 Typ: HEM-2

1./ Anwendungsbereich

Das Gerät eignet sich zur Messung der Wirkleistung von Gleich- und Wechselstromnetzen. Das Gerät wird mit einem im Einzelnen konstruierten elektrodynamischen Messwerk hergestellt. Mit den eingebauten Vorwiderständen kann das Gerät nur zur Leistungsmessung in Blindstromnetzen verwendet werden. Mit Hilfe eines getrennten Vorwiderstandes eignet es sich auch zur Messung der Leistung asymmetrisch belasteter Empfängernetze.

Das Leistungsmessgerät wird für einen Nennstrom und vier Nennspannungen hergestellt. Die Auswahl der Spannung erfolgt mit dem eingebauten Schalter. In dem Gerät ist ein einstufiger Potentiometer vorgeschaltet, mit dessen Hilfe die Richtung des in der Drehspule fließenden Stromes geändert und so der richtige Zeigeranschlag eingestellt werden kann.

Die Messwerke werden mit magnetischer Abschirmung versehen, demzufolge die Messungen durch Fremdfelder unter 0,5 mT nicht beeinflusst werden. Auch das magnetische Feld der Messung führt zu keinen Messfehlern. Bei der Messung können die Messwerke unmittelbar nebeneinander angeordnet werden, da kein magnetisches Streufeld vorliegt, durch das die Messung gestört werden könnte.

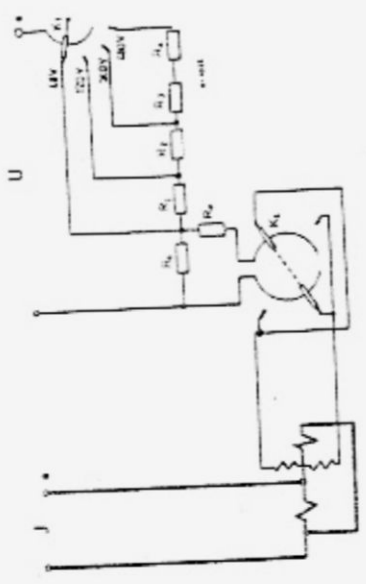
2./ Technische Daten

Messbereich

U _N	I _N	S	W	W	W	W
120-240-360-500	5	1	1	1	1	1
240-360-500-1200-2400 240-360-500-1200-2400						

- Genauigkeitsklasse: ± 0,5 % bei Gleich- und Wechselstromleistungen, bezogen auf den Höchstwert des Messbereiches.
- Skalenlänge: 120 ± 3 mm
- Skalenteil: max. 4 n
- Frequenz: 40... 60 ... 400 Hz
- Prüfspannung: 2 kV eff. 1 Min.
- Stromaufnahme des Spannungszweig bei U_N: 5,00 mA
- Leistungsaufnahme des Stromzweigs bei I_N: 0,5 VA

3./ Innere Schaltung des Gerätes



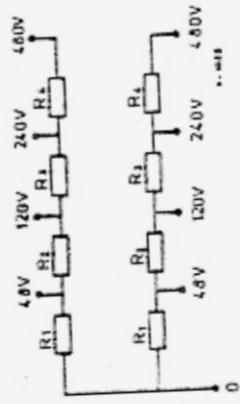
Beuerkeit der Anschlusaktionen überzeugen.
 Die Geräte sind vor übermäßigen mechanischen Einwirkungen zu schützen.

6./ Gestruarter Vorwiderstand

In Verbindung mit dem Vorwiderstand von Typ R_{M-2} kann das Wattmeter auch zu Leistungsmessungen von symmetrisch belasteten Dreiphasennetzen geeignet gemacht werden.

Schaltung des Vorwiderstands

- $R_1 = 16 \text{ k}\Omega$
- $R_2 = 24 \text{ k}\Omega$
- $R_3 = 40 \text{ k}\Omega$
- $R_4 = 80 \text{ k}\Omega$



WVA-1

4./ Vorbereitung der Messung

Zum Gebrauch wird das Wattmeter in zurecht Lage gebracht. Der Zeiger wird mit Hilfe des Nullpunktstallknopfes auf Null gestellt. Bevor das Gerät in den Messkreis geschaltet wird, ist es zweckmäßig den Spannungsschalter in seine Höchststellung von 480 V zu bringen.

Vor Anschluss des Gerätes hat man sich zweckmäßigerweise auch von der Stromstärke zu überzeugen

Nach erfolgtem Anschluss wird - soweit dies erforderlich ist - mit Hilfe des Polwechschalters - der richtige Anschluss eingesteuert.

Man werden mit dem Spannungsschalter stets niedrigere Werte geschaltet und der entsprechenden Anschluss in dieser Weise eingeteilt.

Dadurch wird das Gerät vor Schäden zufolge eventueller Überlastungen geschützt.

Die mit einem Stern \star bezeichneten Anschlüsse bedeuten den Beginn der Strom- bzw. der Spannungsmessung.

Galie des gleichen Potential der mit einem Stern bezeichneten Anschlüsse nicht geschaltet werden kann /z.B. bei Blindleistungsmessungen/, darf bei größeren Phasenwinkeln nur eine Spannung von max. 360 V benutzt werden, in dieser Weise sind die 360/220 V Netze direkt messbar, während für Netze mit höheren Spannungen zweckmäßigerweise Messwandler mit Keordator Bekundwicklung verwendet werden.

5./ Beimgebung und Wartung des Gerätes

Unmittelbar vor der Messung darf man das Gerät nicht mit einem trockenen Lappen reiben, da die dadurch entstehende elektrostatische Wirkung den Messvorgang beeinträchtigt. Sollte ein Abwischen des Gerätes unvermeidlich sein, so kann die statische Wirkung durch ein Anhauchen des Glases verringert werden. Die statische Wirkung hört nach einer kurzen Zeit auch von sich selbst auf.

Das Messwerk ist spannungsgelagert, die Kontaktsegmente des Schalters sind mit Goldüberzügen versehen und bedürfen daher keiner Wartung. Vor der Messung soll man sich von der

6./ Technische Daten

- Genaueigkeitsklasse: 0,2
- Stromaufnahme: 3 mA
- Prüfspannung: 2 kV erst 1 Min.
- Messe: 180 x 95 x 95 mm

Terreno de aplicación



El instrumento es adecuado para medir intensidades de corriente continua. Puede ser utilizado en las esferas de las mediciones electrodinámicas donde hacen falta mediciones rápidas y exactas. Las siete u ocho gamas de medición incorporadas en el instrumento, amplían su terreno de aplicación y lo convierten en un instrumento universal. Los amperímetros se fabrican en tres modelos: uno para alcances de μA , uno para mA y uno para A . El alcance del miliamperímetro y del amperímetro puede ser, además extendido mediante una derivación (shunt) de 60 mV . El cambio de gama de medición tiene lugar mediante un conmutador de alcances situado.



IIIDA-2

VALORES DE LAS RESISTENCIAS RE DERIVACION:

	medidor de μA	medidor de mA	medidor de A
$R_0 + R_e$	$12 \text{ kohm} \pm 0,02\%$	$200 \text{ ohm} \pm 0,05\%$	$200 \text{ ohm} \pm 0,05\%$
R_1	$39,537 \text{ ohm} \pm 0,02\%$	$2 \text{ ohm} \pm 0,05\%$	$0,02 \text{ ohm} \pm 0,05\%$
R_2	$61,626 \text{ ohm} \pm 0,02\%$	$2 \text{ ohm} \pm 0,05\%$	$0,02 \text{ ohm} \pm 0,05\%$
R_3	$251,63 \text{ ohm} \pm 0,02\%$	$6 \text{ ohm} \pm 0,05\%$	$0,06 \text{ ohm} \pm 0,05\%$
R_4	$443,35 \text{ ohm} \pm 0,02\%$	$10 \text{ ohm} \pm 0,05\%$	$0,1 \text{ ohm} \pm 0,05\%$
R_5	$989,01 \text{ ohm} \pm 0,05\%$	$20 \text{ ohm} \pm 0,05\%$	$0,2 \text{ ohm} \pm 0,05\%$
R_6	$4153,8 \text{ ohm} \pm 0,02\%$	$60 \text{ ohm} \pm 0,05\%$	$0,6 \text{ ohm} \pm 0,05\%$
R_7	$1800 \text{ ohm} \pm 0,02\%$	$100 \text{ ohm} \pm 0,05\%$	$1 \text{ ohm} \pm 0,05\%$
R_8			$198 \text{ ohm} \pm 0,05\%$



Datos técnicos

Gama de medición:
 microamperímetro: $15-30-75$
 — $150-300-750-1500-1500 \mu\text{A}$
 miliamperímetro: $0,6-1,2-3-6-12-30-60 \text{ mA}$ 60 mV ;
 $0,6 \text{ mA}$ para derivación
 amperímetro: $60-120-300 \text{ mA}$;
 $0,6-1,2-3-6 \text{ A}$ 60 mV ;
 $0,6 \text{ mA}$ para derivación
 Clase de tensión: máx. 240 mV
 Error de precisión: $0,5$
 Error admisible: $\pm 0,5\%$, respecto al valor máximo de la gama de medición
 Longitud de escala: $120 \pm 3 \text{ mm}$
 Tiempo de estabilización de la aguja: máx. 4 seg
 Tensión de prueba: 2 kV , 50 Hz , 1 mm
 La gama de medición puede ser extendida mediante la derivación de 60 mV tipo SH-2 a los siguientes valores:
 $12-30-60-120 \text{ A}$ y $300-600-1200 \text{ A}$



Preparativos para la medición

3

Colocar el amperímetro en posición horizontal y ajustar el índice a cero mediante el borne de ajuste a cero. Antes de conectar el amperímetro al circuito de medición, teniendo cuidado de conectar justamente las polaridades, será oportuno ajustar el conmutador del límite de medida al valor máximo y sólo teniendo en cuenta la deflexión del índice cambiar el límite de medida de más a más sensible, así se podrá evitar los daños derivantes de una sobrecarga eventual.



HDA-2

4

Limpieza y mantención del instrumento

Inmediatamente antes de la medición no se debe tocar el cristal del instrumento con paño seco, dado que el efecto electrostático que de ello surge, influye en el resultado de la medición. En cuanto fuese inevitable su uso antes de la medición, entonces el efecto electrostático puede ser disminuido expidiendo un aliento sobre el vidrio. Dicho efecto electrostático se elimina por sí mismo al cabo de un breve tiempo. Los cojinetes del filamento del medidor, así como los segmentos del conmutador se fabrican con revestimiento de plata, por lo cual estos elementos no exigen mantenimiento alguno. Antes de proceder a la medición hay que controlar si los bornes de conexión están adecuadamente limpios.

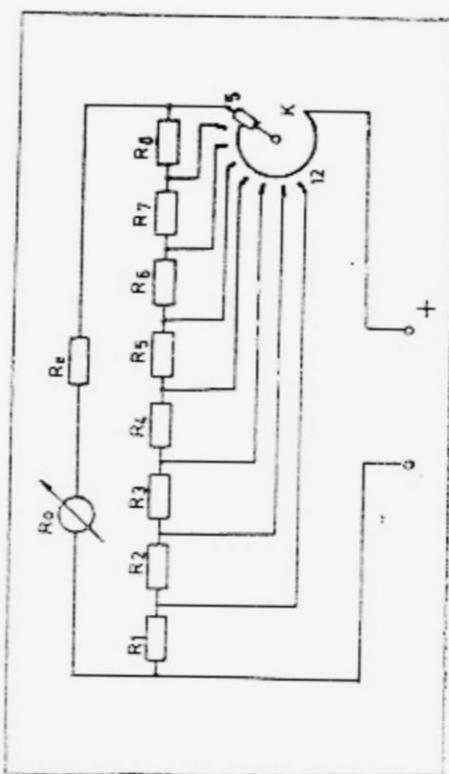
Los instrumentos deben ser protegidos contra las fuertes influencias mecánicas.

		Cantidad	
		10	100
Muelle extensor de filamento:	11-6332-81	2	20
Muelle en "S" de Cu 1,5 x 0,05:	20 mm	10	400
Espejo plano:	222-842	11-1445-36	5
Pala de goma:	282-726	11-4276-18	40
Aguja de vidrio:	255-833	11-3031-30	10
Cruz indicadora:	263-581	11-3556-29	10
Núcleo de soporte del filamento:	230-011	11-1726-85	20
Rodillo I:	230-012	11-1727-83	20
Rodillo II:	231-304	11-1745-84	20
Soporte del móvil:	262-073	11-3235-81	10
gamas:			
Filamento	15 mA-1500 mA 0,28 CH73	1	10
de torsión	0,6 mA-60 mA 0,8 CH73	1	10
	60 mA-6 A 0,8 CH73	1	10
Botón de terminal:			
	330-043	14-0539-11	10
Tuerca circular:			
	308-014	11-0511-03	5
Tapa armada:			
	304-147	17-0378-04	5
Centro de caja:			
	304-022	14-0183-42	5
Fundamento:			
	287-778	11-4776-94	5
gamas:			
Base-lente	15 mA-1500 mA 101-151	11-0145-01	10
embo- binado	0,6 mA-60 mA 101-112	15-0106-11	10
	60 mA-6 A 101-112	15-0106-11	10
Botón giratorio:			
	331-063	14-0335-19	5
Commutador:			
	352-099	10-0348-13	5
Carrete gama:			
de resist-	163-114	15-1475-20	5
tea-	163-115	15-1476-20	5
	163-116	15-1477-20	5
cia	163-117	15-1478-20	5



SCHEMATIC
CIRCUIT DIAGRAM
ПРИНЦИПАЛЬНАЯ СХЕМА
SCHEMA DE CONEXIONES
VALORES DE LAS RESISTENCIAS ADAPTADORAS

	Cantidad		
	10	100	
Carrete de resistencia, gama: 15 mA—1500 mA	163—118 163—119 163—120 163—121	15—1479—20 15—1480—20 15—1481—20 15—1482—20	5 5 5 5
Carrete de resistencia, gama: 0,6 mA—60 mA	163—113 163—109 163—110 163—102 163—112 163—111 163—103	15—1474—20 15—1470—20 15—1471—20 15—1463—20 15—1473—20 15—1472—20 15—1461—20	5 10 5 5 5 5 5
Carrete de resistencia, gama: 60 mA—6 A	163—113 163—122 163—123 163—124	15—1474—20 15—1463—20 15—1464—20 15—1465—20	5 5 5 5
Tapón de cierre:	283—797	11—4369—94	1
Botón de puesta a cero:	330—042	14—0330—33	10
Patrón:	233—311	11—1929—85	5
Cristal:	223—839	11—1530—36	5



Terreno

de aplicación



El instrumento es adecuado para medir tensiones de corriente continua. Puede ser utilizado en las esferas de la técnica de mediciones electro-técnicas, donde se requieren mediciones rápidas y exactas. Con el fin de extender el terreno de aplicación y de brindar un carácter más universal al instrumento, este se ha provisto de siete gamas de medición. Los voltímetros se fabrican en dos variantes una para bajas y otra para altas tensiones, con siete alcances de medición cada variante. Un conmutador incorporado permite la comunicación de las distintas gamas de medición.



HDV-2

VALORES DE LAS RESISTENCIAS ADAPTADORAS

	Medidor de mV—V	Medidor de V
$R_0 + R_e$	240 ohm $\pm 0,1\%$	24 kohm $\pm 0,1\%$
R_1	240 ohm $\pm 0,1\%$	24 kohm $\pm 0,1\%$
R_2	720 ohm $\pm 0,1\%$	72 kohm $\pm 0,1\%$
R_3	1 200 ohm $\pm 0,1\%$	120 kohm $\pm 0,1\%$
R_4	2 400 ohm $\pm 0,1\%$	240 kohm $\pm 0,1\%$
R_5	7 200 ohm $\pm 0,1\%$	720 kohm $\pm 0,1\%$
R_6	12 000 ohm $\pm 0,1\%$	600 + 600 kohm $\pm 0,1\%$



Datos técnicos

Gama de medición:
medidor de mV—V: 60—120—
300—600 mV; 1,2—3—6 V
medidor de V: 6—12—30—60—
120—300—600 V
Resistencia interna:
4000 Ohm V
Clase de precisión: 0,5
Error admisible: $\pm 0,5\%$, res-
pecto al valor máximo de la
gama de medición.
Longitud de escala: 120 \pm
3 mm
Tiempo de estabilización
fóe la aguja: máx. 4 seg.
Tensión de prueba:
2 kV, 50 Hz, 1 min



Preparación

de la medición



El voltímetro se debe colocar en posición horizontal al ponerlo en servicio. La aguja se debe graduar a cero mediante el botón respectivo.

Antes de aplicar el voltímetro al circuito de medición, convenientemente a la polaridad, es conveniente poner el conmutador de gamas en la posición del mayor valor de tensión y luego, tomando en consideración la desviación de la aguja, puede pasarse a posiciones cada vez más sensibles. De este modo podemos preservar al instrumento contra daños que puedan provocar eventuales sobrecargas.



HDV-2



Limpieza

y manutención del instrumento

Inmediatamente antes de la medición no se debe tocar el cristal del instrumento con puño seco, dado que el efecto electrostático que de ello surge influye en el resultado de la medición. En cuanto fue- se inevitable su uso antes de la medición, entonces el efecto electrostático puede ser disminuido expidiendo un aliento sobre el vidrio. Dicho efecto electrostático se elimina por sí mismo al cabo de un breve tiempo.

Los cojinetes del filamento del medidor, así como los segmentos del conmutador se fabrican con revestimiento de plata, por lo cual estos elementos no exigen mantenimiento alguno. Antes de proceder a la medición hay que controlar si los bornes de conexión están adecuadamente limpios.

Los instrumentos deben ser protegidos contra las fuertes influencias mecánicas.

	Muelle exten- sor de filamento:	11—6332—81	Cantidad	
			10	100
Muelle en „S“:	20 mm		2	20
Especio plano:	222—842	11—1445—36	—	5
Plata de goma:	282—726	11—4276—48	4	20
Arrojo de vidrio:	255—833	11—3031—30	1	10
Curz indicadora:	203—581	11—3556—29	1	10
Núcleo de so- porte del filamento:	230—011	11—1726—85	2	20
Rodillo I:	230—012	11—1727—83	2	20
Rodillo II:	231—304	11—1745—81	2	20
Soporte del móvil:	262—073	11—3235—81	1	10
Botón de terminal:	330—033	14—0539—11	—	30
Tapa armada:	304—147	17—0378—04	—	5
Centro de caja:	304—022	14—0183—42	—	5
Fundamento:	287—778	11—4776—04	—	5
Botón giratorio:	331—063	11—0553—19	—	5
Interruptor:	352—089	10—0348—13	—	5
Tuerca circular:	208—614	11—0514—03	—	5
Tapón de cierre:	283—797	11—4369—94	1	10
Filamento de torsión. siana:	0,8 CH73		1	10
60mV—6V	0,8 CH73		1	10
6V—600V				
Básculo ombobinado:	101—452	15—0146—01	1	5
60mV—6V	101—452	15—0146—01	1	5
6V—600V				

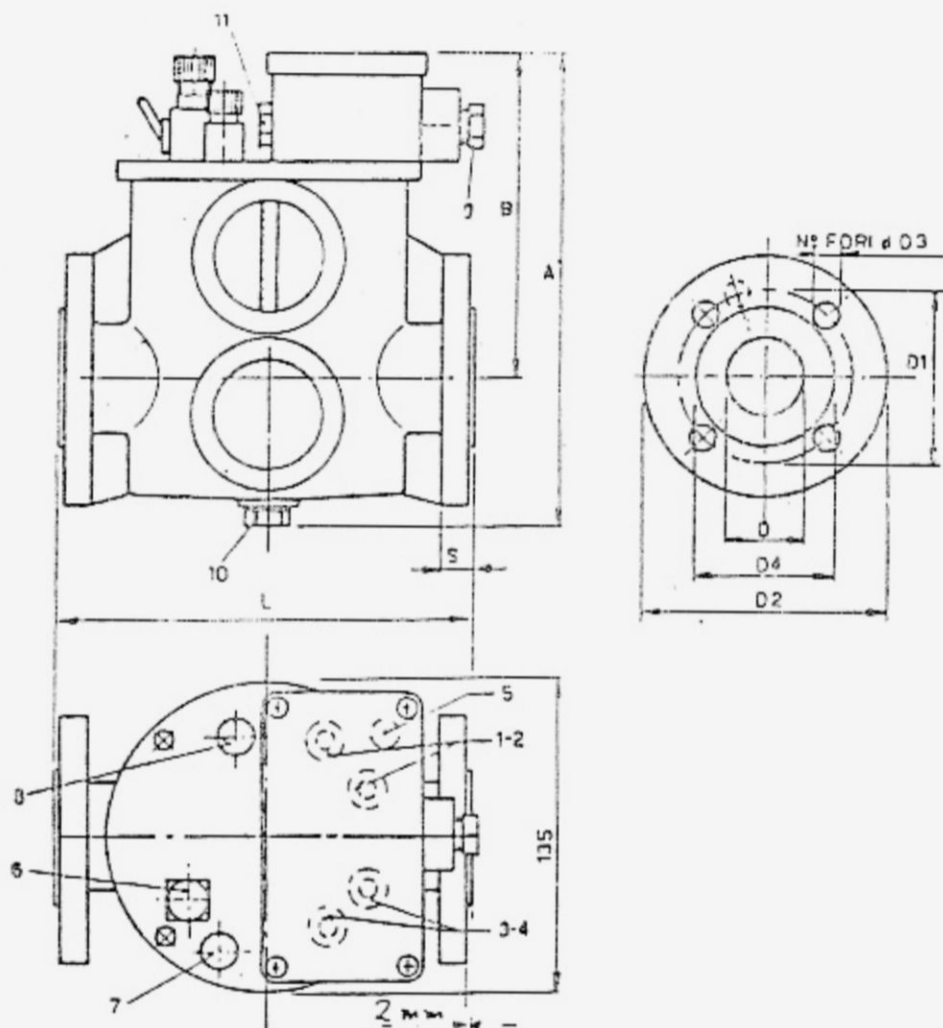


COMEM
MONTORSO - VI

Relè ad accumulo di gas Tipo Buchholz
Relais a accumulation de gaz Type Buchholz
Gas actuated relays Buchholz Type
Relais mit gasspelcherung Typ Buchholz
Relés de acumulación de gas Tipo Buchholz

BR. 25 - BR. 50 - BR. 80

NORME DIN 42586 FORMA BR



1-2 Morsetti di sgancio	1-2 Bornes de décrochage	1-2 Release Terminals	1-2 Auslöseklammen	1-2 Bornes de desenganche
3-4 Morsetti di allarme	3-4 Bornes d'alarme	3-4 Alarm terminals	3-4 Alarmklemmen	3-4 Bornes de alarma
5 Morsetto di terra	5 Borne de terre	5 Earth terminal	5 Erdklemme	5 Borne de tierra
6 Rubinetto di sfiato	6 Robinet d'échappement	6 Breather Cock	6 Entlüftungshahn	6 Grifo de evacuación del aire
7 Valvola prova pneumatica	7 Soupape pour essai mécanique	7 Valve of pneumatic test	7 Ventil zur pneumatischer Prüfung	7 Válvula para la prueba neumática
8 Prova meccanica circuito di allarme e circuito di sgancio	8 Essai mécanique du circuit d'alarme et circuit de décrochage	8 Mechanical test of the alarm circuit and release circuit	8 Mechanische Prüfung des Alarmpreises und Auslösekreises	8 Prueba mecánica del circuito de alarma y circuito de desenganche
9 Pressacavo PG 16	9 Presse-câble PG 16	9 Cable presa PG 16	9 Kabelbuchse PG 16	9 Prensa de cable PG 16
10 Tappo di scarico	10 Bouchon de vidange	10 Drain plug	10 Ablassstopfen	10 Tapón de descarga
11 Tappo PG 16	11 Bouchon PG 16	11 Plug PG 16	11 Stopfen PG 16	11 Tapón PG 16

TIPO TYPE	A	B	D	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	L	S	NI*	KG
BR 25	187	129,5	25	85	115	14	68	200	15	4	3,1
BR 50	232	149,5	50	125	165	18	102	195	18	4	3,7
BR 80	260	160	80	150	200	18	138	195	18	4 (8)	4,8

DESCRIPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

El cuerpo de los relés consta de compactas fundiciones de aleación de aluminio, resistentes a la corrosión y exentas de porosidad.

En los lados opuestos hay las ventanillas de inspección.

Estos son de cristal templado y tienen una escala graduada la calibración de la cual en cm^3 concierne el volumen interior del relé.

En la parte superior hay:

- n. 1 grifo para la descarga de los gases con salida roscada G 1/4 mocho con tapón de cierre.
 - n. 1 válvula para la prueba neumática de los circuitos de alarma y de disparo con tapón de tierra.
 - n. 1 dispositivo para la prueba mecánica de los circuitos de alarma y de disparo con tapón de cierre.
 - n. 1 caja de bornes de hermeticidad al interior de la cual hay:
 - n. 4 aisladores de nylon (tenientes los números 1 - 2 - 3 - 4) a los cuales conectan los circuitos eléctricos interiores (solo 2 por la forma A);
 - n. 1 borne para la puesta a tierra.
- La caja de bornes tiene dos rascos PG 16 paralelos al flujo del aceite. Sobre una se atornilla un prensacable y un tapón cierre la otra.

En la parte inferior hay el tapón para la eventual descarga del aceite. La parte interior consta de un bastidor metálico que soporta:

- n. 2 flotadores de latón (solo 1 por la forma A).
- Interruptores eléctricos (solo 1 por la forma A).
Interruptor está cerrado en una ampolla de vidrio conteniente gas neutro.
- n. 1 rodeta metálica, calibrada, para la señalación de las fuertes corrientes de aceite de retorno (del transformador al recipiente de conservación).
- n. 2 imanes permanentes (éstos solo en los tipos con interruptor de mando magnético).

INTERRUPTORES ELÉCTRICOS

Alimentación: 24 + 220 Volt c.a. alterno o c.c. c.c.

Corriente nominal: 0.5 amp. referida a 10.000 maniobras

Potencia de interrupción: 2 amp.

Circuito exterior: c.c. alterno (50 Hz) $\cos \varphi = 0,4 \pm 25\%$
c.c. c.c. $\tau = L/R 40 \text{ ms} \pm 15\%$.

Estos interruptores pueden ser de ampolla de mercurio (sigla H) o de mando magnético (sigla M).

El circuito eléctrico de alarma conecta los aisladores marcados con los números 3 y 4.

El circuito eléctrico de disparo conecta los aisladores marcados con los números 1 y 2.

Grado de protección: IP 54.

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

Temperatura de ejercicio: todos los relés son idóneos para funcionar con temperaturas del aceite incluidas entre -25°C y $+100^\circ\text{C}$.

Señalación de intervención de los interruptores eléctricos:

- En el relé de forma A:
 - cuando se ha acumulado en su interior un volumen de gas igual a 100 cm^3 ;
 - cuando el aceite contenido en el relé disminuye de un volumen igual a 100 cm^3 ;
 - cuando la velocidad de las corrientes del aceite que corren, del transformador al recipiente de conservación, alcanza los 100 $\text{cm}/\text{segundo}$ referida al diámetro del agujero.

ALARMA

- Relé de tipo BG 25 y BR 25:
 - cuando se ha acumulado en su interior un volumen de gas igual a 150 cm^3 ;
- cuando el aceite contenido en los relés disminuye de un volumen igual a 150 cm^3 .
- Relé de tipo BR 50 y BR 50:
 - cuando se ha acumulado en su interior un volumen de gas igual a 250 cm^3 ;
 - cuando el aceite contenido en los relés disminuye de un volumen igual a 250 cm^3 .

DISPARO

Sobre todos los tipos de relé hay esta intervención:

1. Después de aquella (intervención) de alarma, si continua la acumulación de gas o pérdida de aceite, sea como sea

siempre antes de permitir a la burbuja de gas de salir del relé.

2. cuando la velocidad de las corrientes de aceite, que corren del transformador al recipiente de conservación, alcanza los 100 $\text{cm}/\text{segundo}$ referida al diámetro del agujero. No hay alguna intervención por las corrientes de aceite que corren del recipiente de conservación al transformador.

RESISTENCIA A LAS VIBRACIONES

Los relés llenos de aceite, quite decir en las condiciones de normal ejercicio, han sido puestos sobre una tabla vibrante teniendo la anchura de las vibraciones de 2 mm

- Relés con interruptores de ampolla de mercurio (sigla H)
Comenzando de cero se han alcanzado 150 vibraciones horizontales por segundo (75 Hz) y a este punto los contactos han comenzado a dar señales de cierre.
Siempre comenzando de cero se han alcanzado 120 vibraciones verticales por segundo y los contactos han comenzado a dar señales de cierre.
- Relés con interruptores de mando magnético (sigla M)
Comenzando de cero se han alcanzado 200 vibraciones horizontales por segundo (100 Hz) sin que los contactos hayan dado señales de cierre.
Siempre comenzando de cero se han alcanzado los 200 vibraciones verticales por segundo (100 Hz) y los contactos no han dado durante toda la prueba algún señal de cierre.
Las pruebas han sido ejecutadas con los siguientes tiempos:

30 segundos: de 0 Hz + 100 Hz
50 segundos: 100 Hz constantes
30 segundos: de 100 Hz + 0 Hz.

INDICACIONES DE MONTAJE

En los relés hay una flecha que indica la dirección de montaje (del transformador al recipiente de conservación).

Se admite una inclinación máxima de 4° sobre el eje horizontal hacia el recipiente de conservación.

Es una buena regla controlar el funcionamiento de los circuitos eléctricos después de haber ejecutado el montaje.

PRUEBAS Y ENSAYOS

Interruptores y flotadores se ponen en autoclave e inmersos en aceite teniendo la temperatura de 90°C y sometidos a una presión constante de 100 KPa por 8 horas y quiere decir para eliminar aquellos que, por causa de mala construcción tuvieran dejado, filtrar aceite.

En los cuerpos de los relés sin aparato interior, se hacía circular aceite a la temperatura de 80°C a una presión constante de 300 KPa por 8 horas consecutivas para eliminar aquellas que presentan pérdidas o exudaciones.

El ensayo final consiste en, al relleno de los relés con aceite a la temperatura de 90°C a una presión constante de 100 KPa por 4 horas. Controlar que no haya alguna pérdida o exudación. Por lo menos 5 veces hay que ejecutar el funcionamiento del relé controlando la perfección y verificando que el cierre de los circuitos eléctricos se realice cuando el interior hay el volumen de gas prefijado; que la señalación de las fuertes corrientes de aceite de retorno se realice cuando la velocidad de éstas alcanza el mínimo fijado.

Última prueba el aislamiento hacia puesta a tierra a la tensión de 2000 Volt 50 Hz por la duración de un minuto.

SIGLAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL TIPO

Cada relé tiene su sigla la cual fija todas las características.

En las formas A y BG, las letras que identifican el tipo serán siempre seguidas por otras dos; la primera indicará el tipo de interruptor y la segunda el esquema del circuito eléctrico (ejemplo: AHE = relé de forma A con interruptor de ampolla de mercurio — esquema eléctrico E).

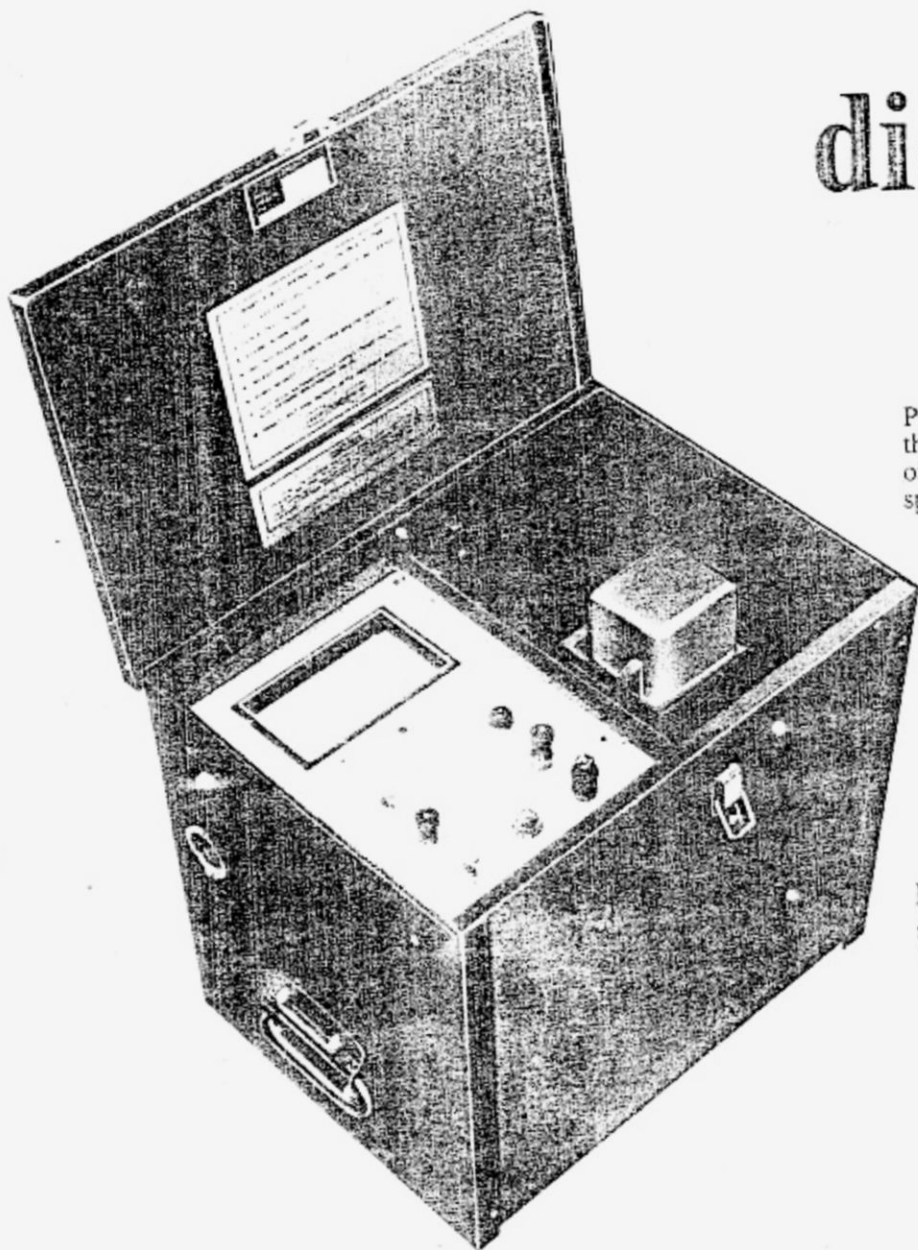
En la formas BR la sigla se forma con estas dos letras seguidas por:

- a) una cifra de dos números que indica el diámetro del agujero de brida y portanto el tamaño de relé
- b) una primera letra:
 - M = interruptor de mando magnético
 - H = interruptor de ampolla de mercurio
- c) una segunda letra para indicar el esquema del circuito eléctrico interior (A B C D E F).

Ejemplo: relé BR 25 HA = relé de gas de forma BR 25 con interruptores de ampolla de mercurio, esquema eléctrico interior A.

HP 7106 liquid dielectric testers

Portable units designed to test the breakdown voltage of insulating oils in accordance with ASTM specifications.



Model OC-60A
shown with Hipotronics'
VDE test cell


- Four models available:
 - OC-50A (0-50 KV rms) Automatic
 - OC-60A (0-60 KV rms) Automatic
 - OC-90A (0-90 KV rms) Automatic
 - OC-51M (0-50 KV rms) Manual Only
- Perform tests to these specifications automatically:
 - ASTM D149
 - ASTM D877
 - ASTM D1816
- Fully automatic models — just select motorized rate of rise . . . memory meter records breakdown voltage

HIPOTRONICS
HIPOTRONICS, INC.


AUTOMATIC TESTERS

(Models OC-50A, OC-60A & OC-90A)

- Extended voltage ranges (to 50KV, 60KV & 90KV) to accommodate the dielectrics now being used in transformers, bushings, capacitors, etc.
- Memory Meter provides absolute accuracy and repeatability of readings, allowing truly comparative readings of different dielectrics and periodic comparative readings of the same dielectric.
- Automatic rate of rise with manual dwell at any voltage.
- Completely self-contained, with no external equipment needed.
- Interlocked test cell and sliding lucite cover panel for operator safety.
- No adjustments required.
- Cup options: takes standard disc test cell or VDE test cell.



TC/DE: ASTM test cell with disc electrodes (oil cup). Adjustable 1-inch diameter electrode and standard 0.100-inch gap gauge. For testing with Models OC-50A, OC-60A and OC-51M at 3,000 volts per second in accordance with ASTM specification D877.



TC/VDE: ASTM test cell with VDE electrodes and motor-driven circulating system. For testing with Models OC-50A, OC-60A and OC-51M per ASTM specification D1816 at 500 volts per second.

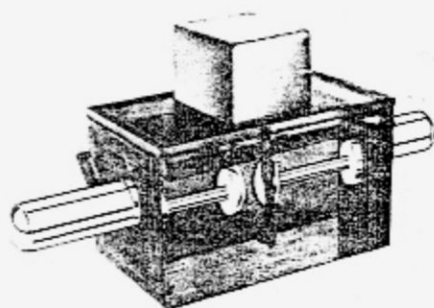
Test Cell Specifications:

Type	TC/DE	TC/VDE	TC/CE90*
Unit tested with	OC-50A, OC-60A, OC-51M	OC-50A, OC-60A, OC-51M	OC-90A
Specification tested to	D-877	D-1816	D-877, D-1816
Weight (lbs)	2	4	5

*Includes oil circulator VDE electrodes for conversion to disc electrode use.

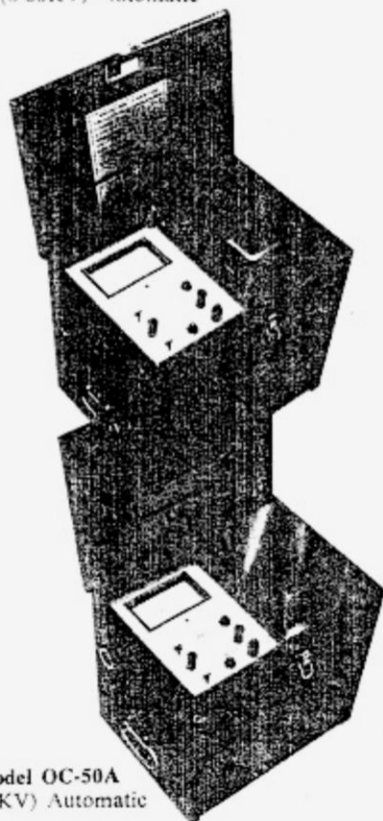
EASY TO OPERATE . . . WITH ABSOLUTE ACCURACY FOR ASTM SPECS

1. A motor-driven power stat automatically raises the voltage as required (500 volts per second for ASTM D1816 or 3,000 volts per second for ASTM D877).
2. An overload circuit instantaneously shuts off the voltage at the moment of arcover (breakdown voltage of the oil).
3. A memory meter retains the breakdown voltage reading until manually reset.
4. Manual override provides safety factor if necessary to stop test before breakdown occurs.



TC/CE90: ASTM test cell with VDE electrodes and motor-driven circulating system for testing to ASTM specification D1816; convertible to disc electrodes (electrodes included) with 0.100-inch gap gauge for testing to ASTM specification D877. This combination test cell has been designed specifically for Model OC-90A.

Model OC-60A
(0-60KV) Automatic



Model OC-51M (0-50KV) Manual Only

- Variable output transformer for adjusting test voltages from zero to maximum.
- Accepts all standard cups.
- Overload circuit breaker shuts off voltage instantly at breakdown point.
- Interlocked test cell and sliding lucite cover panel provide operator safety.



Test Unit Specifications:

Model	OC-50A	OC-60A	OC-90A	OC-51M
Input	115V, 50/60 Hz, 2 amps, single phase			
Output	0-50KV rms @ 2KVA	0-60KV rms @ 2KVA	0-90KV rms @ 2KVA	0-50KV rms @ 2KVA
Accuracy	Memory Meter, 2% at full scale			
Rate of Rise	Automatic 500 V/sec for ASTM D1816 and 3000 V/sec for ASTM D 877, with manual dwell at any voltage			Manual only
Dimensions (in.)	15½W x 15 H x 11½D	15½W x 15 H x 11½D	29 W x 17½H x 11½D	15½W x 15 H x 11½D
Weight	60	60	117	50

Model OC-50A
(0-50KV) Automatic

COLOR CHECK YOUR OILS WITH THIS COLOR GUIDE

A quart sample of oil is required to properly determine the color. NEW Transformer Oil will discolor as oxidation of the oil takes place. COLOR BY ITSELF is not a reliable test to evaluating the condition of the oil for further use, but indicates that something is happening within the transformer that requires investigation.

Rule of Thumb

Once transformer oil changes from the yellow range into the oranges and reds, the oil has degraded to the point where the vital parts of the transformer are being seriously affected. To determine the full extent of degradation of the oil, follow the dielectric breakdown test procedures as specified in ASTM specification numbers D877 and/or D1816.

EFFECT ON TRANSFORMER

TRANSFORMER OIL Color Chart

NOTATION	ACTION	Interfacial Tension Dynes/CM	Acid (Neut.) No. mg/KOH/g	Color Classification
Providing these functions: 1. Efficient Cooling 2. Preserving Insulation	Annual Testing Required. Purpose: To evaluate one year's operation of the transformer — Establish trends.	30-45	0.03 to 0.10	GOOD
Polar Compounds (sludges) in solution (Products of oil oxidation) causes the drop in IFT.	Annual Testing Required. Hot oil cleaning of oil and transformer should be considered.	27-29	0.05 to 0.10	PROP A
Fatty Acids coat the windings. Sludges in solution ready for initial fall-out. Sludges in insulation voids highly probable.	Annual Testing Required. Hot oil cleaning of transformer required at this time to eliminate rapid deterioration of insulation.	24-27	0.11 to 0.15	MARGINAL
In almost 100% of the transformers in this range sludges are deposited on core and coils. Sludges are first deposited in fin areas.	Annual testing Required. Hot oil cleaning using multiple passes of hot clean naphthenic oil required to re-dissolve these sludges.	18-24	0.16 to 0.40	BAD
	Annual Testing Required. SludgPurg® procedures required to arrest the harmful effects of oil decay products.	14-18	0.41 to 0.65	
	Annual Testing Required. SludgPurg® procedures required to remove the accumulation of decay products.	9-14	0.66 to 1.50	
Vast quantities of sludges may require other means than SludgPurg® procedures	Annual Testing Required. Drain, flush, add new oil and SludgPurg®. Requires power outage to accomplish this work.	6-9	1.50 and higher	CLASS 7 OILS



ELECTROLUBE

COMUNICACION TECNICA

ELECTROLUBE

ELECTROLUBE es un aceite lubricante que se elabora con aceites básicos nafténicos nacionales altamente refinados y que se recomienda para ser usado en transformadores e interruptores eléctricos. Este aceite sirve para aislar en los transformadores y llaves de interrupción.

Se caracteriza por ser altamente resistente a la oxidación y formación de borra, siendo químicamente neutro y libre de sustancias nocivas.

ELECTROLUBE ha sido previamente tratado con ácido sulfúrico, lo cual ha permitido elevar su poder dieléctrico hasta 30,000 voltios.

Se recomiendan las mayores precauciones en la manipulación de este aceite para evitar su contaminación con la humedad; de lo contrario, bajará su poder dieléctrico.

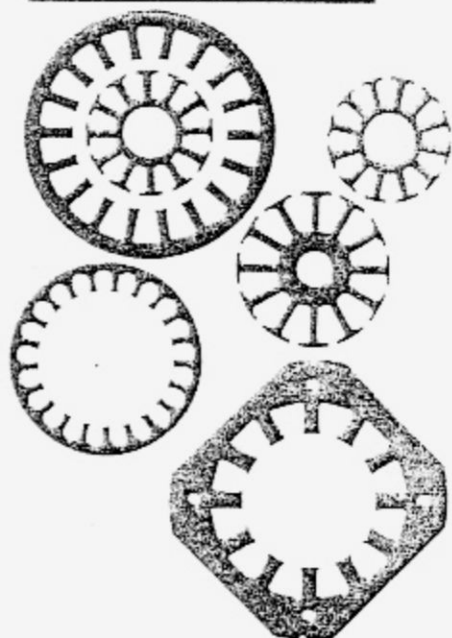
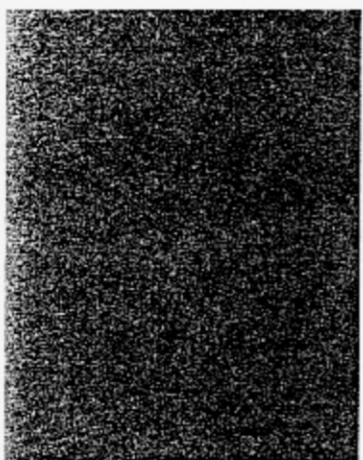
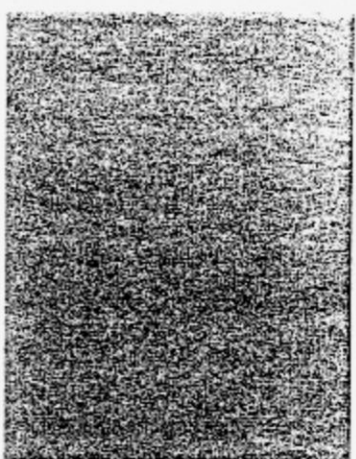
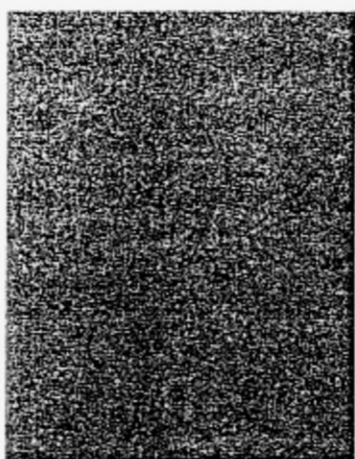
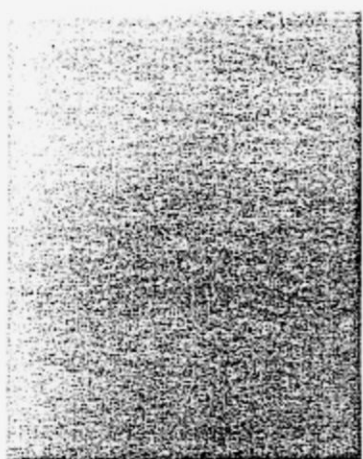
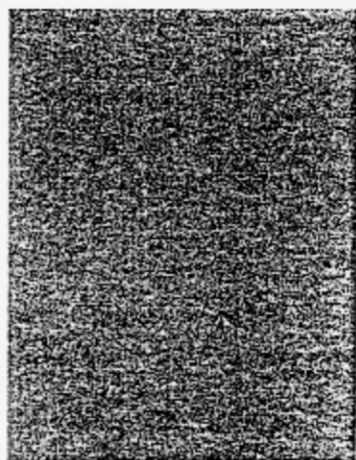
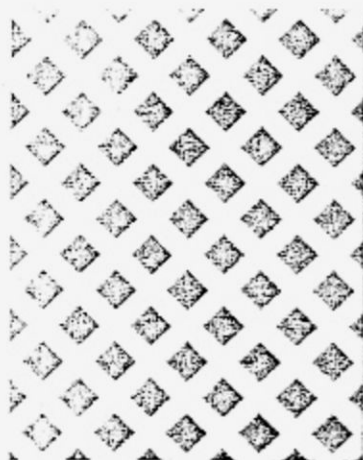
ELECTROLUBE ha sido formulado para dar las siguientes características de un buen aceite para transformadores eléctricos:

- Tiene baja viscosidad: es un aceite muy liviano que fácilmente disipa el calor absorbido en el transformador o interruptor.
- Tiene un alto poder dieléctrico, el cual llega hasta 30,000 voltios.
- Está libre de ácidos, álcalis y azufre corrosivo.
- Es altamente resistente a la oxidación y formación de borra.
- Es un aceite que no se emulsiona con el agua.
- Tiene bajo punto de fluidez (-35°F.) que permite usarlo a bajas temperaturas.
- No ataca el barniz de recubrimiento de las bobinas.

INSPECCIONES TÍPICAS: ELECTROLUBE

Gravedad °API	25.7
Punto de inflamación °F.	290
Punto de fluidez °F.	-20
Visc. SSU a 100°F.	84.2
Visc. SSU a 210°F.	36.8
Número de neutralización	0.01
Color, Robinson	19 1/2
Poder dieléctrico, voltios	30,000

Pressboard. For Insulation class A.



KREMPER

ELECTRICAL INSULATION MATERIALS · FIBRE-REINFORCED PLASTICS · FLEXIBLE BASE MATERIALS

August Krempel Soehne GmbH + Co. · P.O.B. 484 · D-7000 Stuttgart 1 · Tel. (07 11) 64 30 31 · Telex 7 22 032

Advantages.

Pressboard is a proven insulating material with a cellulose base used for insulation class A (105°C). Its structure and its material properties are defined in DIN 7733, the test procedure is laid down in DIN 7734 (VDE 0315).

Apart from the high dielectric strength and the high impregnating capacity with transformer oil (mixed dielectric oil-cellulose) it is quite remarkable that pressboard has no melting point. For this reason it is capable of withstanding short duration thermal stresses (e.g. a few seconds at 350°C) without any significant deterioration in its properties and in many cases is often used instead of plastic insulation in machines which operate for short periods to withstand temperatures up to approx. 190°C.

Pressboard can be stamped out, folded, cut and partially shaped. This means no problems with subsequent processing.

Composition.

The raw material base for the fibrous product pressboard is unbleached sulphate cellulose, which is derived from conifers from northern countries.

Pressboard is manufactured on special paper machines. It will in the first instance be necessary to loosen the cellulose fibres from their compound and crush them in a grinding mill into an aqueous suspension. This fibre-water mixture is conveyed to several cylindrical strainers arranged one behind the other (round sieves) after several rinsing processes and then formed into the wet multi-layer fibrous fleece ("sheet") by filtration. The water is then removed from this fleece which is then pressed into a sheet and dried in warm air.

The chemical bond of fibres in this process is not achieved by any added binding agent, but exclusively by hydrogen linkages. Pressboard is therefore a pure natural product.

The appropriate mechanical processes applied during the manufacture will achieve a fibre orientation in the longitudinal direction (machine direction) which is as near as possible equal to that in the transverse direction. This means that similar strength and shrinkage values are to a large extent guaranteed for both directions.

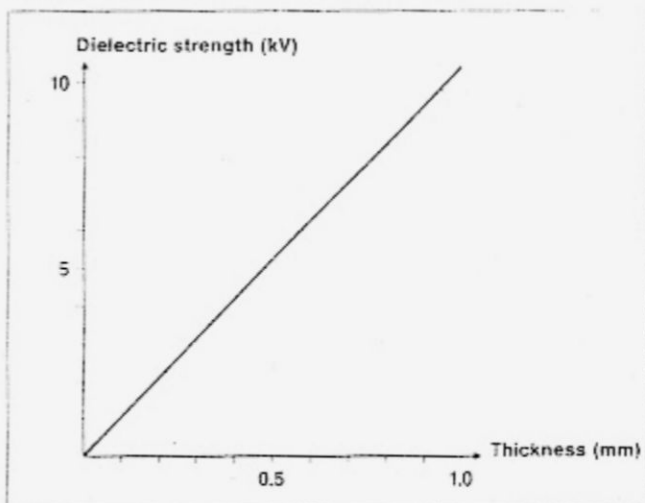
The pressboard is calendered after the drying process to obtain the specified thickness and density and hence its good mechanical and electrical properties.

Pressboard is manufactured with different qualities as well as different dimensions. The properties

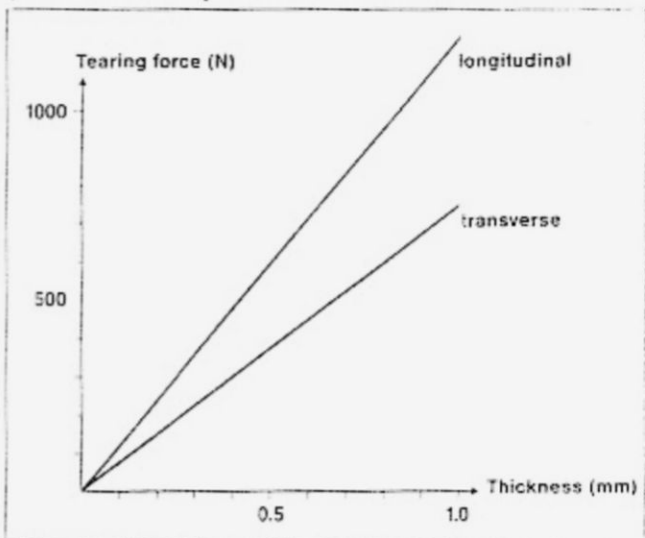
of the pressboard can be varied by suitable choice of the cellulose, by special preparation of the fibres, by special machine settings and by special drying processes.

Pressboard is supplied both in reels and in sheets, where the thinner material is formed from several bonded layers of foils and the thicker material by bonding several layers of pressboards (adhesive with a low electrolyte content). As the thickness of the material can have a significant effect on the technical properties, it is necessary to find the optimum relationship between the dimensions of the material and the specified minimum values when designing electrical machines.

Dielectric strength as a function of the material thickness (for transformer pressboard RPT - minimum values)



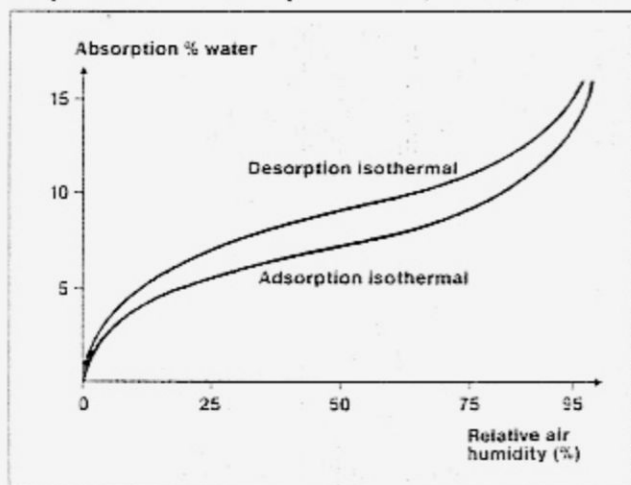
Tearing force as a function of the material thickness (for transformer pressboard RPT - minimum values)



Width of strip specimen 15 mm

Cellulose is always in a certain equilibrium with the surrounding air humidity. For this reason the properties of pressboard will depend to a considerable extent on the moisture content in each case. The distance between adsorption isotherms and desorption isotherms corresponds to the diffusion resistance, which is only broken down by a specific diffusion gradient. The natural equilibrium must if at all possible remain undisturbed, in order to avoid processing difficulties.

Sorption isotherms of pressboard (at 20 °C)

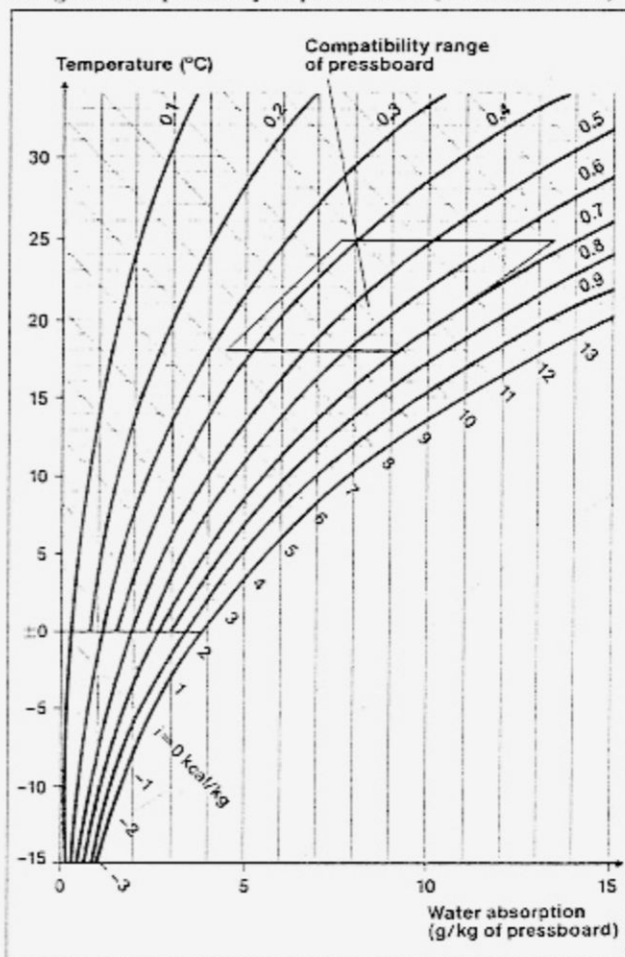


The strength of an insulation is mainly determined by the impregnating agent used. By impregnating with liquid or molten materials, an attempt is made to exclude the ionizing gases and to protect the carefully dried fibre materials against the effect of the atmospheric moisture. Complete removal of the air trapped between the pores is therefore a precondition for the impregnating agent to permeate effectively.

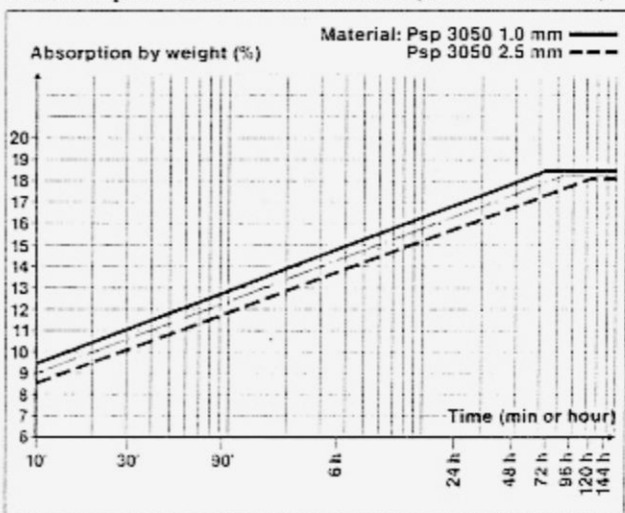
This produces the ideal mixed dielectric of oil-cellulose, so that the prolific absorption of oil by the pressboard will also continue to ensure the prominence of this material in the construction of oil-filled transformers and capacitors.

Cellulose products tend to break down when subjected to penetrating thermal stresses over long periods. The average degree of polymerization drops slowly, so that the breakdown when using an additional insulating material (e.g. insulation oils, impregnating resins) occurs more slowly, as the oxidation will have no effect. Long-term research has shown that whereas the mechanical values are reduced after storage at high temperatures, the dielectric strength will nevertheless be retained.

Range of compatibility of pressboard (at 1013.25 hPa)



Oil absorption as a function of time (at 105 °C ± 1 °C)



Programme.

The following range of pressboard reels and pressboard sheets can be supplied:

Standard types of pressboard reels

Designation	Type as per DIN	Colour	Applications
Machine pressboard RPG	Psp 3020	brown	Stamped and shaped components, coil formers, stator and rotor end plates, stamped shims
High-grade pressboard EPR	Psp 3040	greyish black	Slot linings, circumferential insulation, interleaving insulation for electrical machines, stamped components
Transformer pressboard RPT	Psp 3055	natural colours	Insulating components in oil-filled transformers, layer insulation, core insulation
Capacitor pressboard RPK	Psp 3065*	natural colours	Insulating components in oil-filled capacitors, layer insulation
Special pressboard NUTOFLEX	Special quality with high expansion	violet	Circumferential insulation, slot lining, stamped and shaped components
Special pressboard NUTODUR	Special quality with high bending strength	green	Stamped shims, slot closures

*DIN values correspond to Psp 3060 (see pressboard sheets)

Standard types of pressboard sheets

Designation	Type as per DIN	Colour	Applications
Machine pressboard	Psp 3010	brown	Stamped and shaped components, coil formers, stator and rotor end plates, stamped shims
High-grade pressboard	Psp 3030	greyish black	Interleaving insulation for electrical machines, slot covers, coil formers, stamped components
Transformer pressboard	Psp 3050	natural colours	Insulating components in oil-filled transformers, angle rings
Transformer pressboard STABIL	Psp 3052	natural colours	Insulating components in oil-filled transformers, insulating cylinders, spacing strips, spacers, pitch rings
Capacitor pressboard	Psp 3060	natural colours	Insulating components in oil-filled capacitors, disks, rings, spacers
Special pressboard NUTOFLEX	Special quality with high expansion	violet	Circumferential insulation, slot lining, stamped and shaped components
Special pressboard NUTODUR	Special quality with high bending strength	green	Stamped shims, slot closures

The different types of pressboard are again supplied in specific standard thicknesses. However, it will also be possible to supply intermediate thicknesses if sufficiently large quantities are purchased.

Characteristic values.

Insulation class A

Properties of pressboard reels

Properties	Type (0.25 to 1.0 mm)	Measuring unit	Psp 3020 RPG	Psp 3040 EPR	Psp 3055 RPT	Psp 3065 RPK	Special pressboard NUTOFLEX	Special pressboard NUTODUR
Colour	-		brown	greyish black	natural colours	natural colours	violet	green
Density approx.		g/cm ³	1.00-1.20	1.00-1.20	1.20-1.25	1.20-1.30	1.15-1.25	1.10-1.20
Tensile strength longitudinal		N/mm ²	≥ 70	≥ 75	≥ 80	≥ 80	≥ 80	≥ 60
transverse		N/mm ²	≥ 40	≥ 45	≥ 50	≥ 50	≥ 50	≥ 30
Failure strain longitudinal		%	≥ 4.0	≥ 5.0	≥ 6.0	≥ 6.0	≥ 6.0	≥ 5.0
transverse		%	≥ 9.0	≥ 11.0	≥ 12.0	≥ 12.0	≥ 12.0	≥ 10.0
Dielectric strength		kV/mm	≥ 10.0	≥ 10.0	≥ 10.5	≥ 12.0	10.0	8.0
Shrinkage (24 h/120°C)		%	1.8	1.8	1.0	1.0	1	1
Coefficient of linear thermal expansion		K ⁻¹	5 · 10 ⁻⁶	5 · 10 ⁻⁶	5 · 10 ⁻⁶	5 · 10 ⁻⁶	5 · 10 ⁻⁶	5 · 10 ⁻⁶
Thermal conductivity		W/(K·m)	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.415
Moisture content ^{b)}		Weight%	8	8	8	8	8	8
Melting point		°C	none	none	none	none	none	none

^{b)} See also above "Sorption isothermals"

Properties of pressboard sheets

Properties	Type (0.25 to 1.0 mm)	Measuring unit	Psp 3010	Psp 3030	Psp 3050	Psp 3052	Psp 3060
Colour	-		brown	greyish black	natural colours	natural colours	natural colours
Density approx.		g/cm ³	1.20-1.30	1.25-1.35	1.20-1.30	1.15-1.30	1.25-1.30
Tensile strength longitudinal		N/mm ²	≥ 75	≥ 90	≥ 90	≥ 100	≥ 90
transverse		N/mm ²	≥ 45	≥ 50	≥ 50	≥ 70	≥ 50
Failure strain longitudinal		%	≥ 5.5	≥ 7.0	≥ 6.0	≥ 6.0	≥ 6.0
transverse		%	≥ 10.0	≥ 12.0	≥ 12.0	≥ 12.0	≥ 12.0
Dielectric strength		kV/mm	≥ 11.0	≥ 13.0	≥ 12.0	≥ 12.0	≥ 12.0
Shrinkage (24 h/120°C)		%	1.8	1.8	1.0	0.5	1.5
Coefficient of linear thermal expansion		K ⁻¹	5 · 10 ⁻⁶	5 · 10 ⁻⁶	5 · 10 ⁻⁶	5 · 10 ⁻⁶	5 · 10 ⁻⁶
Thermal conductivity		W/(K·m)	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Moisture content		Weight%	8	8	8	8	8
Melting point		°C	none	none	none	none	none

See entry "General instructions" for tests and methods of measurement.

New standards are being prepared for pressboard.

Table 1.

Guaranteed maximum core losses for cold rolled, non-oriented electrical steel

W/kg at 50 c/sec

 P_{10} = core losses at 10,000 gauss (1.0 T) P_{15} = core losses at 15,000 gauss (1.5 T)

Grade	Silicon %	0.35 mm		0.50 mm		0.63 mm		0.75 mm	
		P_{10}	P_{15}	P_{10}	P_{15}	P_{10}	P_{15}	P_{10}	P_{15}
DK-90	1.0			3.60	8.60	4.40	10.50	4.90	11.50
DK-80	1.0			3.30	8.00	3.90	9.10	4.40	10.00
DK-70	1.0			3.00	6.80	3.70	8.60	4.20	9.50
DK-66	1.3			2.60	6.00	3.30	7.50	3.80	8.50
DK-59	1.7			2.30	5.80	2.90	7.20	3.20	7.50
CK-44	2.1			2.90	4.50	2.30	5.20		
CK-43	2.5			1.75	4.00	2.00	4.60		
CK-40	2.5	1.40	3.30	1.70	4.00	1.95	4.60		
CK-37	2.7	1.35	3.00	1.65	3.60	1.90	4.20		
CK-33	2.8	1.20	2.80	1.45	3.30	1.70	3.90		
CK-31	3.0	1.10	2.60	1.35	3.10				
CK-29	3.0	1.00	2.50	1.25	2.90				

0.35 mm = 0.014 in 0.50 mm = 0.020 in 0.63 mm = 0.025 in 0.75 mm = 0.030 in

1.000 W/kg = 0.454 W/lb

W/lb at 60 c/sec

Grade	Silicon %	0.35 mm		0.50 mm		0.63 mm		0.75 mm	
		P_{10}	P_{15}	P_{10}	P_{15}	P_{10}	P_{15}	P_{10}	P_{15}
DK-90	1.0			2.07	4.95	2.53	6.05	2.81	6.60
DK-80	1.0			1.90	4.60	2.24	5.22	2.53	5.75
DK-70	1.0			1.72	3.91	2.13	4.95	2.41	5.45
DK-66	1.3			1.49	3.45	1.90	4.31	2.18	4.89
DK-59	1.7			1.32	3.33	1.67	4.13	1.84	4.31
CK-44	2.1			1.15	2.59	1.32	2.99		
CK-43	2.5			1.01	2.30	1.15	2.65		
CK-40	2.5	0.80	1.90	0.98	2.30	1.12	2.65		
CK-37	2.7	0.78	1.72	0.95	2.07	1.09	2.41		
CK-33	2.8	0.69	1.61	0.83	1.90	0.98	2.24		
CK-31	3.0	0.63	1.50	0.78	1.79				
CK-29	3.0	0.58	1.44	0.72	1.67				

0.35 mm = 0.014 in 0.50 mm = 0.020 in 0.63 mm = 0.025 in 0.75 mm = 0.030 in

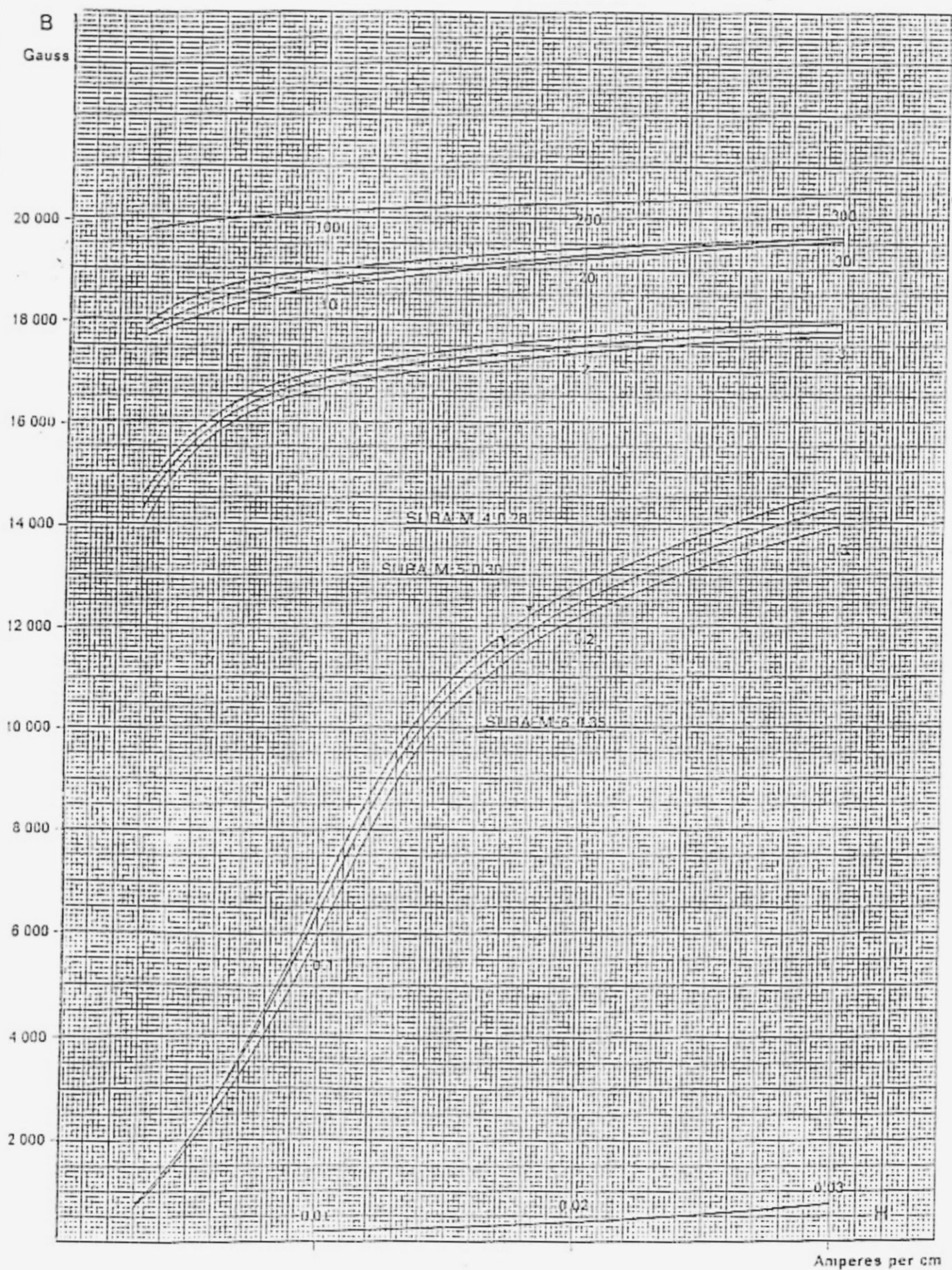
1.000 W/lb = 2.205 W/kg

Table 2.

Guaranteed maximum core losses at 15,000 gauss (1.5 T) for oriented steel

Grade	0.28 mm		0.30 mm		0.35 mm	
	50 c/s W/kg	60 c/s W/lb	50 c/s W/kg	60 c/s W/lb	50 c/s W/kg	60 c/s W/lb
M-4	0.89	0.53	0.89	0.53	—	—
M-5	0.95	0.57	0.97	0.58	1.00	0.60
M-6	1.06	0.63	1.07	0.64	1.11	0.66
M-7	—	—	1.19	0.71	1.22	0.73
M-8	—	—	—	—	1.34	0.80

0.28 mm = 0.011 in 0.30 mm = 0.012 in 0.35 mm = 0.014 in



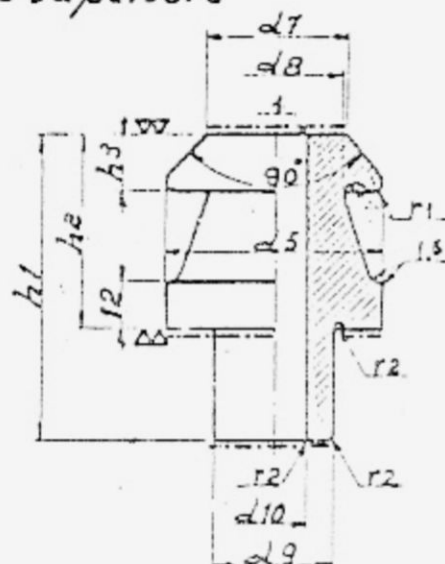


ISOLATORI PASSANTI PER TRASFORMATORI PER INTERNO E PER ESTERNO

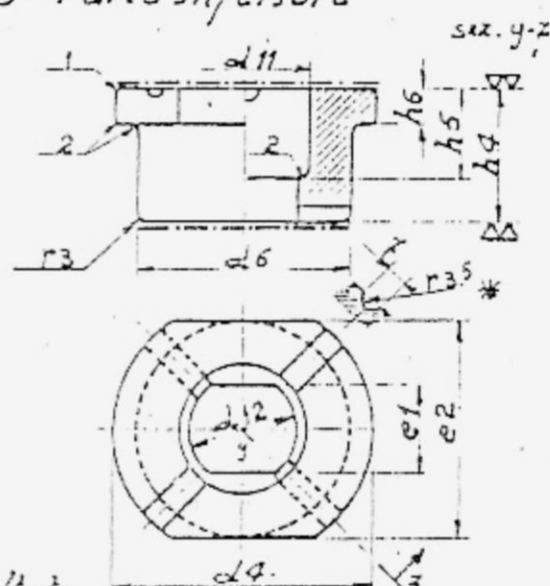
SERIE DIN 42530-68

Classe KV-250 ÷ 3150 A

A-Parte superiore



B-Parte inferiore



Smalto: marrone.

----- non smaltato

Tolleranze generali: DIN 40680 grado grossolano.

A-Parte superiore

Tip. IMEC	Tip. DIN 42530	d5	d7	d8	d9 max.	d10 min.	h1 max.	h2 min.	h3	r1	r2	Impiego
19'218	A1-250	50	32	34	27	14	70	45	13	2.5	1	DT 250
19'220	A1-630	70	47	49	43	22	80	55	16	3	1	DT 630
19'222	A1-1000	90	65	67	53	32	85	55	16	3	1.5	DT 1000
19'224	A1-2000	104	80	82	66	44	85	55	16	3	1.5	DT 2000
19'226	A1-3150	125	100	100	86	50	95	55	16	3	1.5	DT 3150

B-Parte inferiore

Tip. IMEC	Tip. DIN 42530	d4	d6 e2	d11 min.	d12 min.	e1 min.	h4 min.	h5 min.	h6	r3	Impiego
19'219	B 250	60	50	30	26	20	30	20	8	2	DT 250
19'221	B 630	85	70	46	41	29	30	20	8	3	DT 630
19'223	B 1000	110	90	57	46	37	35	25	10	4	DT 1000
19'225	B 2000	125	104	70	64	51	35	25	10	4	DT 2000
19'227	B 3150	150	125	90	80	61	35	25	12	4	DT 3150

Canali esistenti solo per i tipi: 19'219 - DIN 42530 B 250
19'227 - DIN 42530 B 630

TAV. 182



INDUSTRIA MILANESE ELETTRO CERAMICA

SOCIETA' PER AZIONI - CAPITALE L. 10.000.000

Sede legale: 20131 MILANO - Via G. Pacchio, 3 - Tel. 270797

Amministrazione e Ufficio Vendite: 24043 CARAVIGLIO - Via Traviglio 8 - Telef. 51561 (5 linee ricerca automat.) - Telex: 35413 IMXC

Stabilimenti: 24043 CARAVIGLIO (Bg) - Via Traviglio, 8 20035 LISSONE (MI) - Via G. Giardino, 22 - Tel. 11078

C. C. I. A. MILANO N. 126282

TRIBUNALE MILANO N. 5891 REG. SUL.

C. C. I. A. BERGAMO N. 37284

ISOLATORI PASSANTI PER TRASFORMATORI PER INTERNO E PER ESTERNO

SERIE DIN 42531-68

Classe 10÷30 KV - 250A

Impiego:

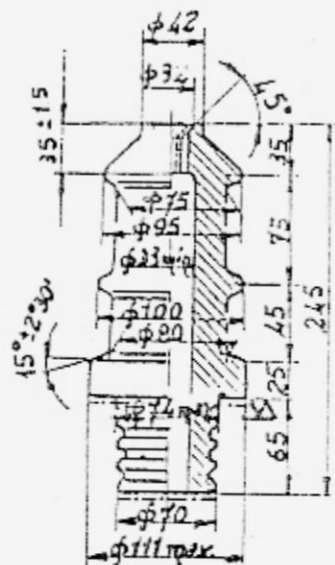
DT 10Nf 250

Impiego:

DT 20Nf 250-
DT 30Nf 250

Impiego:

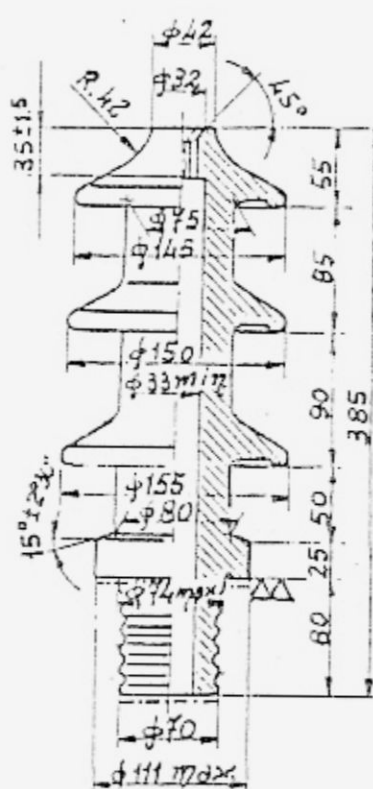
DT 30Nf 250



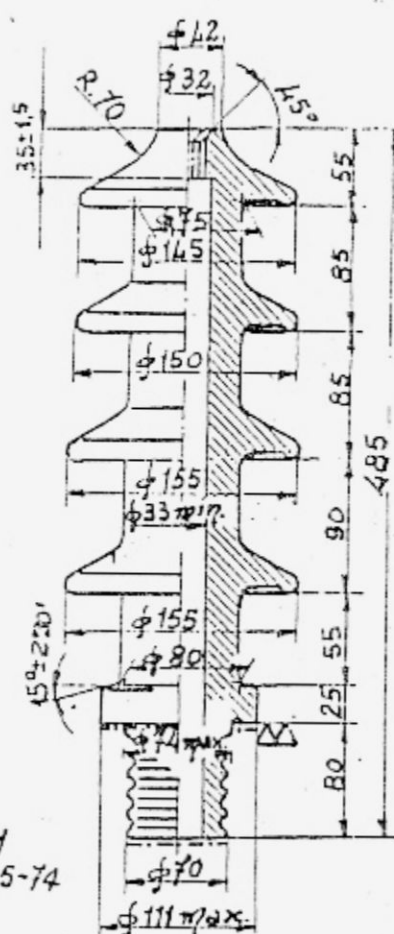
Isol. 20389-10Nf DIN 42531

Impiego:

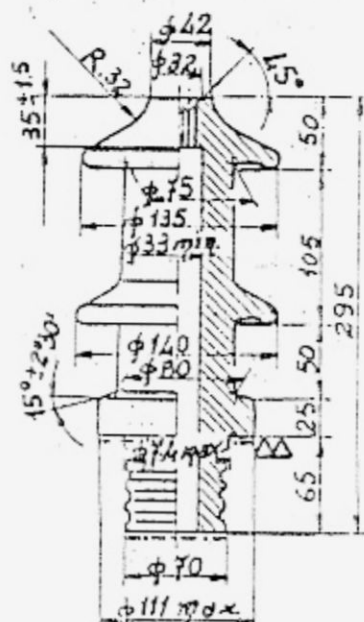
DT 10Nf 250-DT 20Nf 250



Isol. 20391-20Nf DIN 42531
UNEL 38145-74



Isol. 21247-30Nf DIN 42531



Isol. 20390-10Nf DIN 42531
UNEL 38145-74

Smalto: marrozza non smaltata
Tolleranze generali: DIN 40680 grado pressolama

TAV. 184

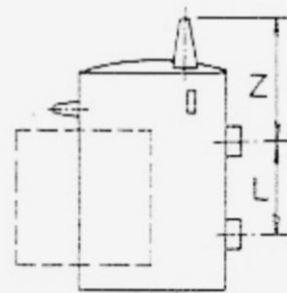
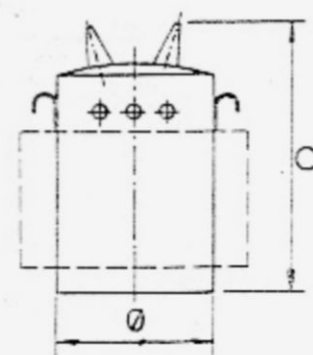
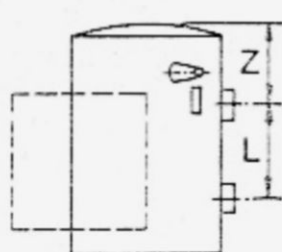
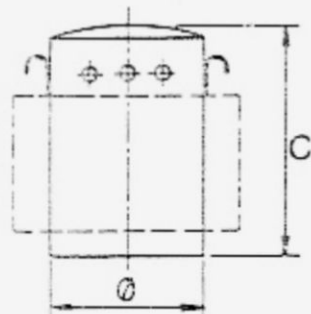
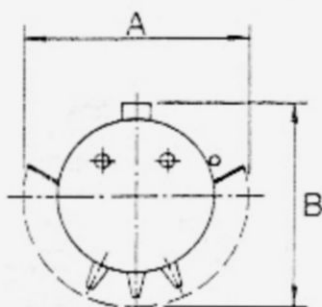
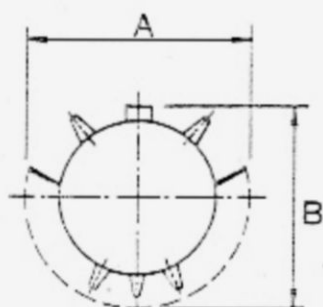
Transformador Monofásico en Aceite para Montaje en Poste
Dimensiones y Pesos Aproximados

FIG. 1: Bornes AT Laterales

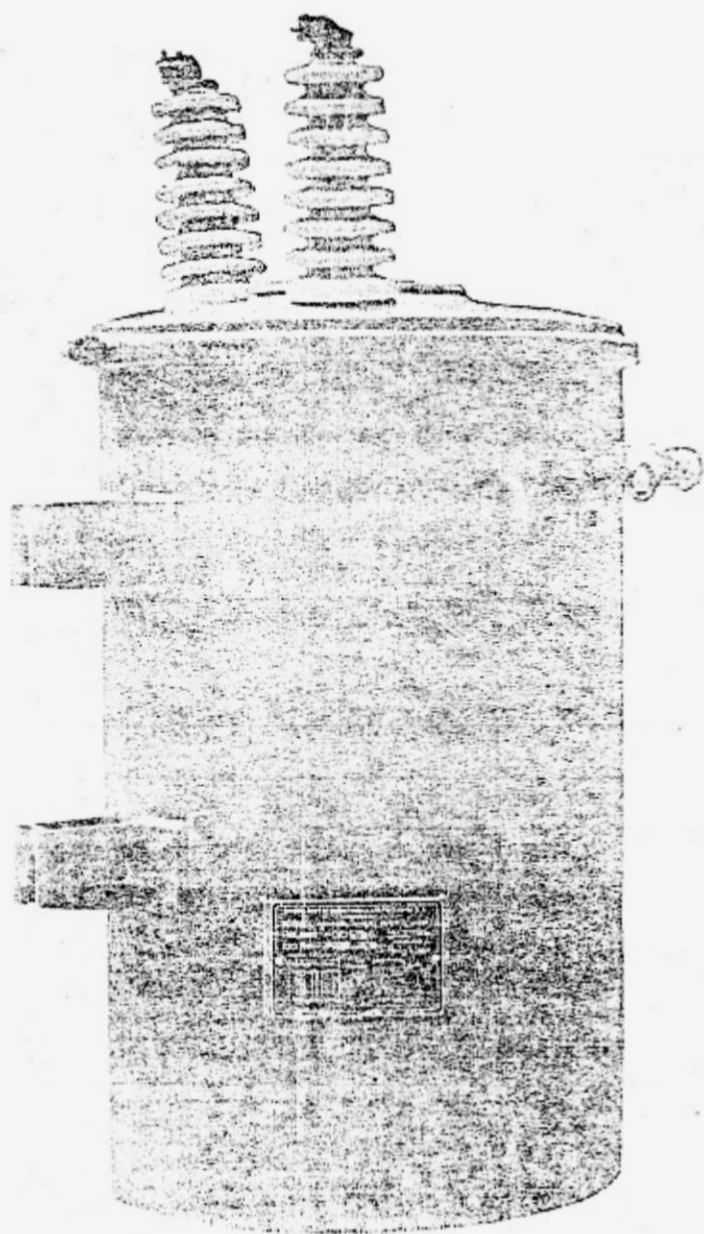
FIG. 2: Bornes AT sobre la tapa

FIG.	Tensiones (kV)		Potencia kVA	Dimensiones en (mm)						Peso (kg.)	
	A.T.	B.T.		β	A	B	C	L	Z	Aceite	Total
1	7.2 48/832Y	0.120/0.240	15	480	700	660	850	285	260	82	210
			25	480	700	660	850	285	260	82	220
			37.5	480	700	660	1055	285	327	108	290
			50	480	700	660	1055	285	327	108	300
			75 *	525	800	700	1105	590	215	142	455
			100*	525	800	700	1105	590	215	140	465
2	12	0.120/0.240	15	480	600	660	1100	285	490	82	210
			25	480	600	660	1100	295	490	82	220
			37.5	480	600	660	1305	285	540	108	290
			50	480	600	660	1305	285	540	108	300
			75 *	525	730	700	1365	590	475	142	455
			100*	525	730	700	1365	590	475	140	465

1000 m.s.n.m.

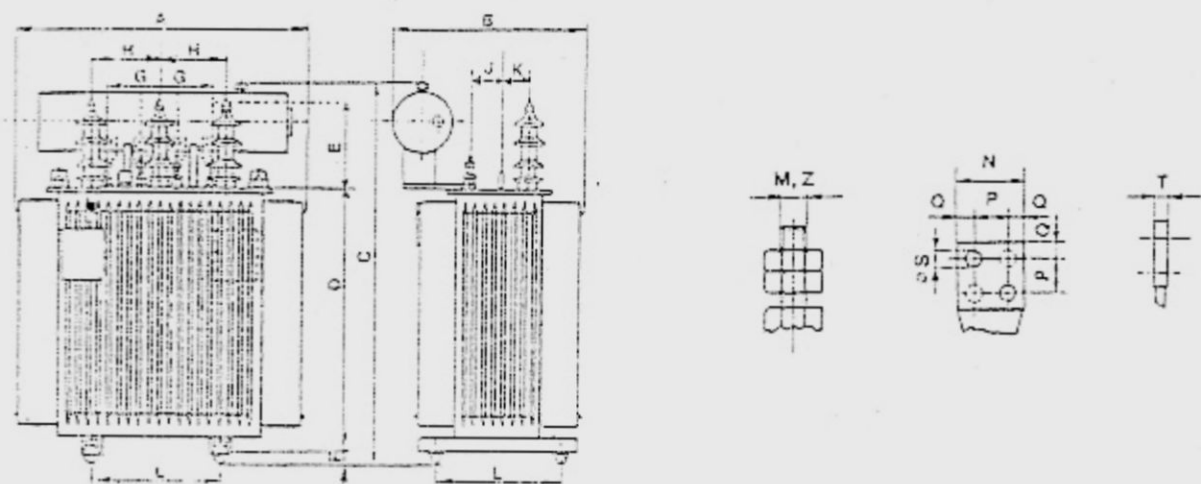
* con aletas de refrigeracion.

NOS RESERVAMOS EL DERECHO DE
INTRODUCIR CAMBIOS EN EL
DISEÑO DIMENSIONES, ETC.



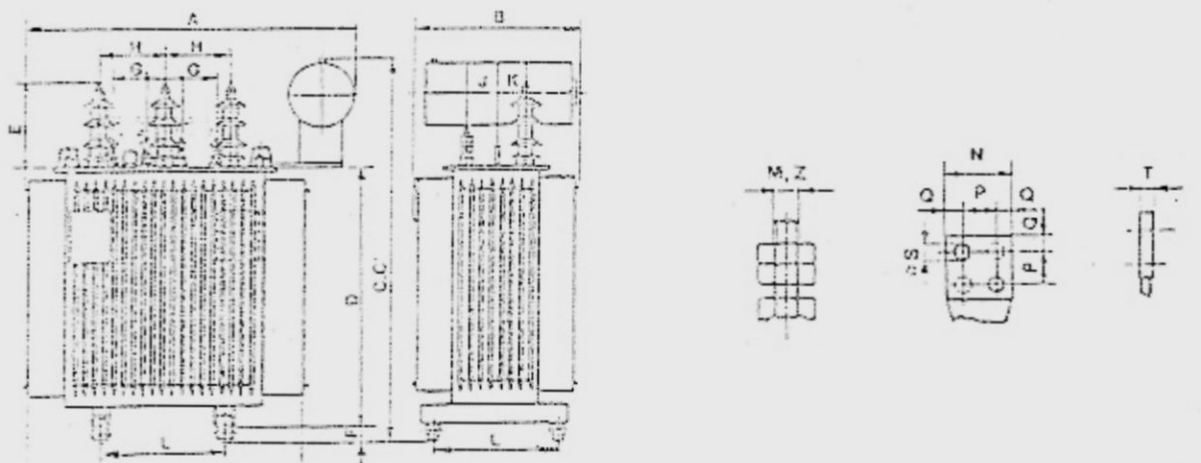
TRANSFORMADOR MONOFASICO TIPICO PARA MONTAJE EN POSTE

Nuestra firma ha incursionado con marcado éxito en la fabricación de transformadores monofásicos de distribución para instalación en poste, logrando una gran racionalización en su producción y por ende precios muy competitivos en el Mercado Internacional. Su bajo costo y alta calidad han orientado a las principales empresas de energía eléctrica en el Perú, utilizar este tipo de transformadores en la electrificación de zonas rurales y Ciudades satélites de la Capital.



DIMENSIONES EN m.m. (APROXIMADAS)

Potencia kVA	A	B	C	D	E		F	G	H	J	K	L	CONEXIONES							
					10kV	20kV							B.T.						A.T.	
					M	N							P	Q	R	S	T	Z		
50	870	790	1505	915	310	385	71	195	250	90	90	420	M12	-	-	-	-	-	-	M12
100	970	895	1565	978	310	385	71	250	350	100	100	470	M20	-	-	-	-	-	-	M12
100-200	1140	975	1650	1083	310	365	71	300	350	110	110	470	M20	-	-	-	-	-	-	M12
250-320	1260	995	1760	1173	310	385	71	300	350	130	130	470	-	60	32	14	14	12	12	M12



DIMENSIONES EN m.m. (APROXIMADAS)

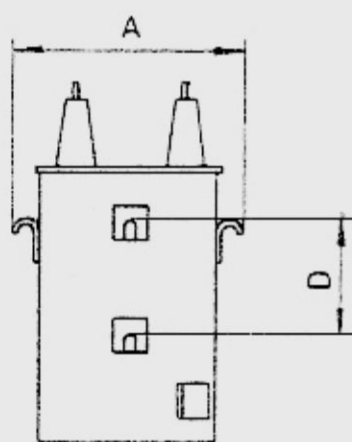
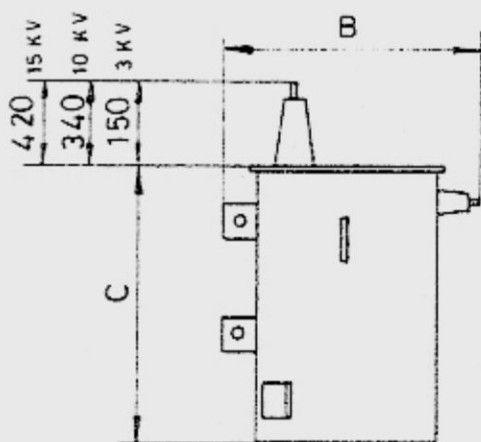
Potencia kVA	A	B	C	C'	D	E		F	G (x)	H (x)	J (x)	K (x)	L	CONEXIONES (x)							
						10kV	20kV							B.T.						A.T.	
						Z	N							P	Q	R	S	T	M		
400-500	1600	1030	1815	1904	1362	310	385	80	315	315	185	150	570	-	60	32	14	14	12	12	M12
640-800	1800	1030	1910	2075	1405	310	385	80	315	315	160	160	570	-	100	50	25	18	20	20	M12
1000-1250	2081	1042	2235	2235	1575	310	385	80	345	400	125	175	670	-	100	50	25	18	20	20	M12
1600	2263	1177	2291	2291	1600	310	385	86	345	400	175	175	820	-*	100	50	25	18	20	20	M12

- C' = EJECUCION CON RELÉ BUCHHOLZ
- (x) = DIMENSIONES MAS USUALES
- * USAR: A. 1600 HASTA 12 kV. a 1000 ms.n.m.
- * USAR: A. 1571 HASTA 12 kV. a 1000 ms.n.m.

NOS RESERVAMOS EL DERECHO DE INTRODUCIR CAMBIOS EN EL DISEÑO, DIMENSIONES, ETC.

TRANSFORMADORES MONOFASICOS DELCROSA

DEVANADOS EN ACEITE CON ENFRIAMIENTO NATURAL
A.T. DESDE 3KV HASTA 15KV B.T. HASTA 600V (CONEX. SER-PAR)



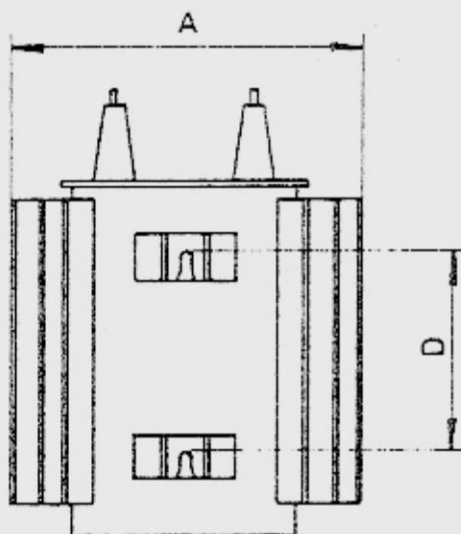
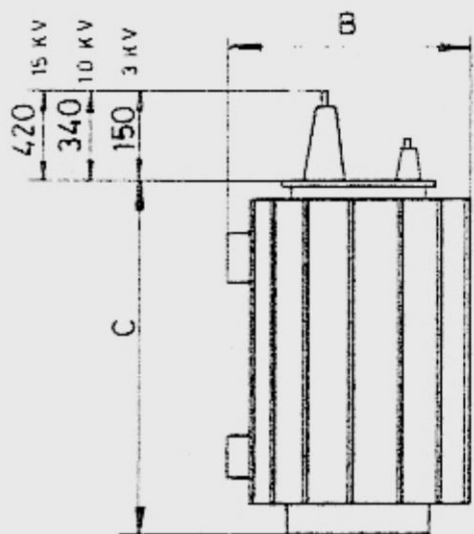
TIPO	POTENCIA KVA	Dimensiones aproximadas en mm.					PESO Kg.
		A	B	C	D	E	
TPN101	5	540	660	600	285	TIPO A	120
TPN102	15	540	660	700	285	TIPO A	155
TPN103	25	540	660	800	285	TIPO A	200

AGARRADERAS (VER E')



TIPO A

TIPO B



TIPO	POTENCIA KVA	Dimensiones aproximadas en mm.					PESO Kg.
		A	B	C	D	E	
TPN 1065	37,5	660	470	770	285	TIPO A	250
TPN 1079	50	750	470	820	285	TIPO A	310
TPN 1092	64	790	560	970	590	TIPO B	420
TPN1092	75	790	560	970	590	TIPO B	440
TPN1112	100	850	600	1030	590	TIPO B	560

TN0138B

NOS RESERVAMOS EL DERECHO DE CAMBIOS EN LAS DIMENSIONES Y PESO



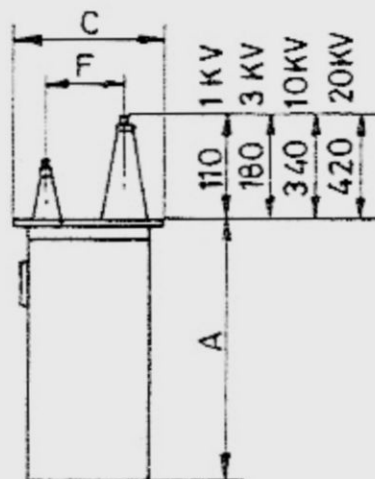
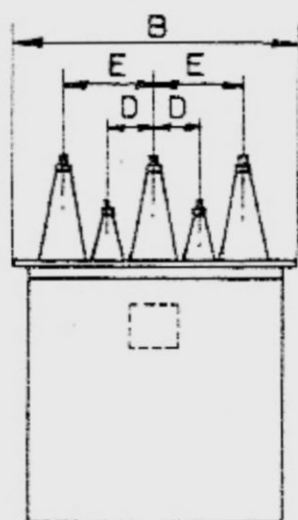
PRIMERA FABRICA DE MOTORES Y REDUCTORES.
DE VELOCIDAD DEL GRUPO ANDINO.

Av. Argentina 1509 al 1549 Apartado 48 Teléfono 310677-Cables Delcrosa-Telex 25665 PE-LIMA-1 PERU

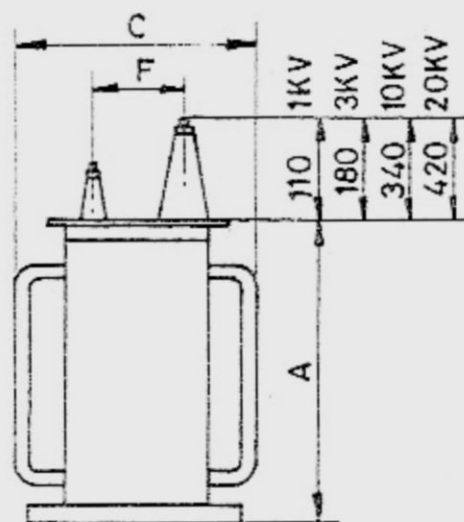
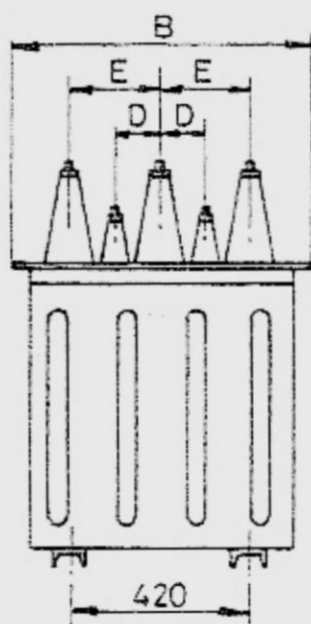
TRANSFORMADORES TRIFASICOS DELCROSA

DEVANADOS EN ACEITE CON ENFRIAMIENTO NATURAL

AISL. CLASE A 60 Hz. NORMAS: IEC 76, ITINTEC 370.002



TIPO	POTENCIA KVA.	DIMENSIONES APROXIMADAS EN mm.						PESO TOTAL Kg
		A	B	C	D	E	F	
TED 3034	10	710	635	345	150	230	170	200
TED 3046	25	800	715	375	150	230	200	300



TIPO	POTENCIA KVA	DIMENSIONES APROXIMADAS EN mm.						PESO TOTAL Kg.
		A	B	C	D	E	F	
TED 3058	37.5	810	755	590	150	280	210	365
TED 3065	50	830	775	600	150	280	220	425
TED 3079	80	860	835	620	150	280	240	500

NOS RESERVAMOS EL DERECHO DE CAMBIOS EN LAS DIMENSIONES Y PESO

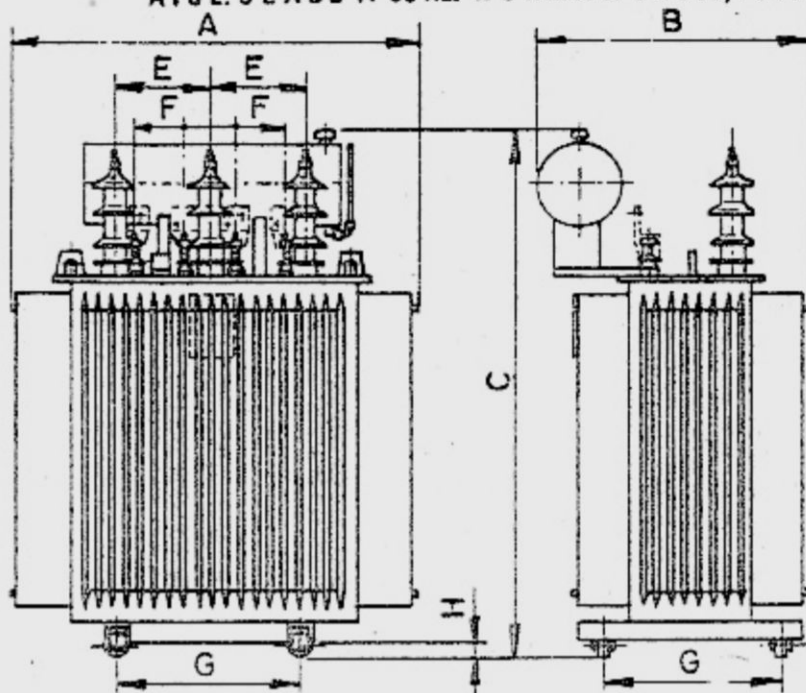


PRIMERA FABRICA DE MOTORES Y REDUCTORES DE VELOCIDAD DEL GRUPO ANDINO

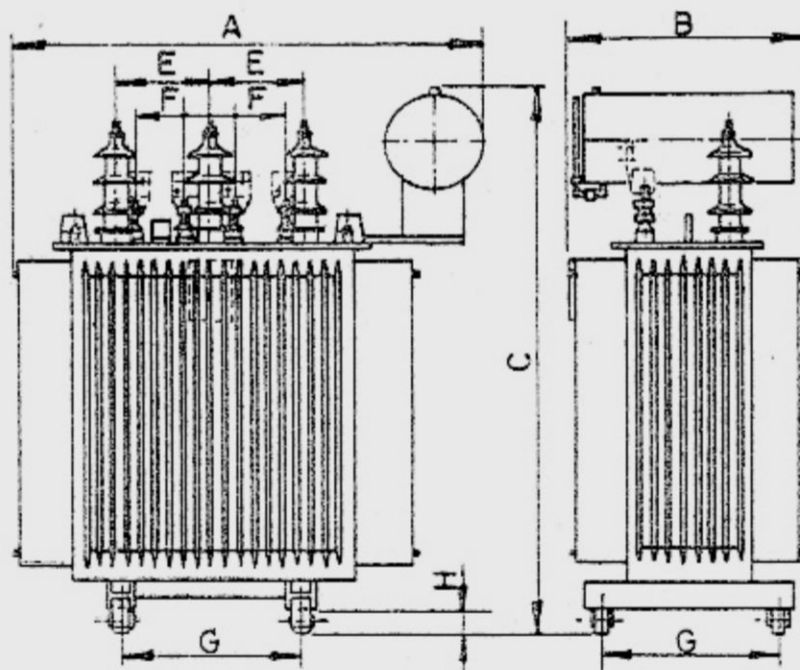
Av. Argentina 1509 al 1549 Apartado 48 Teléfono 310677-Cables Delcrosa-Telex 25665 PE-LIMA-1 PERU

TRANSFORMADORES TRIFASICOS DELCROSA
DEVANADOS EN ACEITE CON ENFRIAMIENTO NATURAL.

AISL. CLASE A 60HZ. NORMAS: IEC 76, ITINTEC 370.002.



TIPO	KVA	DIMENSIONES (m.m)							PESOS (Kg.)		
		A	B	C	E	F	G	H	PARTE ACT.	ACEITE	TOTAL
TECD 3092	100	930	690	1590	280	100	450	90	410	210	730
TECD 3112	160	990	760	1620	300	160	450	90	530	260	930
TECD 3153	250	1170	850	1690	300	160	570	90	690	320	1210



TIPO	KVA	DIMENSIONES (mm)							PESOS (Kg.)		
		A	B	C	E	F	G	H	PARTE ACT.	ACEITE	TOTAL
TECD 3205	400	1560	830	1870	300	160	570	90	990	420	1710
TECD 3267	630	1720	980	2070	300	160	570	140	1340	550	2340
TECD 3322	1000	1785	1020	2280	300	160	820	140	1870	750	3300
TECO 3393	1800	2050	1085	2590	400	240	820	140	2420	950	4250

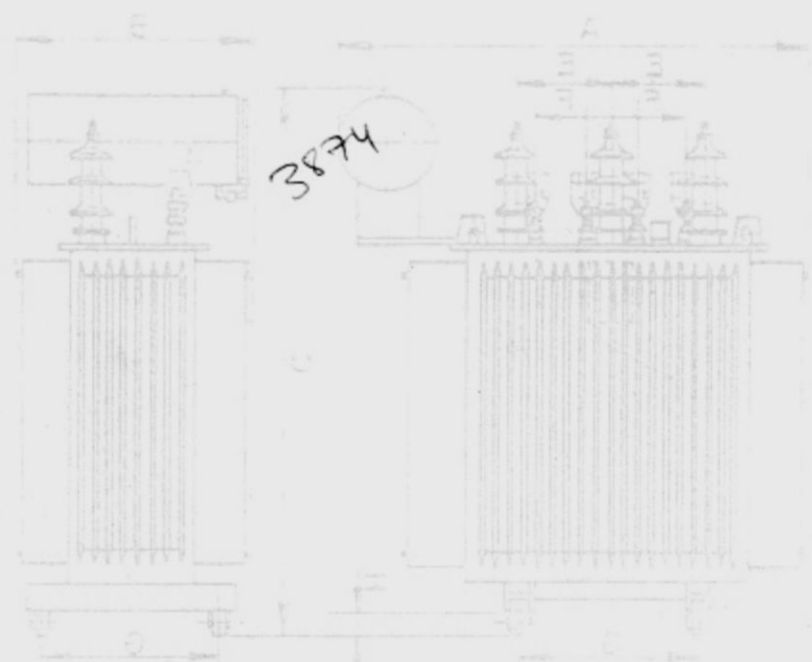
IN 7550 B.

NOS RESERVAMOS EL DERECHO DE CAMBIOS EN LAS DIMENSIONES Y PESOS

TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS DELCOSA
DEVANADOS EN ACEITE CON ENFRIAMIENTO NATURAL
AISL CLASE A 60Hz NORMA: IEC 78, TINT E 270.002



TIPO	KVA	DIMENSIONES (mm)										PESOS (kg)		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	TOTAL
TDCD 2502	250	1520	450	1870	300	100	270	80	190	40	210	40	1730	210
TDCD 3543	350	1710	580	2070	300	80	270	80	230	30	280	30	2340	280
TDCD 5002	500	1785	1020	2380	300	180	350	140	180	30	350	30	3300	350
TDCD 7002	700	2020	1095	2820	400	240	450	140	220	30	450	30	4250	450



TIPO	KVA	DIMENSIONES (mm)										PESOS (kg)		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	TOTAL
TDCD 2502	250	1520	450	1870	300	100	270	80	190	40	210	40	1730	210
TDCD 3543	350	1710	580	2070	300	80	270	80	230	30	280	30	2340	280
TDCD 5002	500	1785	1020	2380	300	180	350	140	180	30	350	30	3300	350
TDCD 7002	700	2020	1095	2820	400	240	450	140	220	30	450	30	4250	450

RESERVAMOS EL DERECHO DE CAMBIOS EN LAS DIMENSIONES Y PESOS