

GENERALIDADES

Los transformadores de aislación de uso médico para redes IT, son máquinas estáticas destinadas a proveer alimentación de energía en instalaciones eléctricas de red aislada para salas del grupo 2 en locales de uso médico, cumpliendo normas técnicas internacionales aplicables, como la IEC61558-2-15 y reglamentaciones vigentes en la República Argentina, tales como AEA90364 - Sección 710.

Los requisitos de la mencionada Sección 710 tienen en cuenta las probabilidades de riesgos para las personas y en especial para los pacientes, que puedan ocasionar las corrientes eléctricas de fuga al pasar por el organismo. Define tres tipos de salas de medicina humana y dental de acuerdo a su utilización y las clasifica en: salas del grupo 0, 1, 2a y 2b (*un resumen de las mismas se encuentra en el anexo I*).

Los transformadores de aislación deben estar diseñados para satisfacer los requisitos relacionados a las salas del grupo 2 (a y b), ya que en éstas es condición indispensable la instalación de una red aislada IT, a fin de lograr un suministro eléctrico seguro a los equipos electromédicos para intervenciones quirúrgicas y medidas vitales.

Una red aislada previene la ocurrencia del *macroshock* al personal médico y asegura la continuidad del servicio eléctrico frente a la denominada *primera falla*. Además permite prevenir junto a otras medidas complementarias; como la supervisión permanente por medio de un monitor de aislación y la instalación de una estructura equipotencial, la ocurrencia del *microshock* en los pacientes.

La referida reglamentación 710 de la AEA, determina el uso de transformadores monofásicos y de aislación seca debido a su menor riesgo de incendio, contaminación y mayor confiabilidad para la prestación del servicio y define un acotado rango de potencias que va desde 3.15kVA hasta 8kVA, siendo de 5kVA la potencia preferida para las Unidades de Terapia Intensiva y Quirófanos. *Transformadores de potencia menor a 3.15kVA no son aconsejables debido al elevado valor de su impedancia de cortocircuito que impedirá la actuación segura de los interruptores termomagnéticos colocados aguas abajo del transformador. Transformadores de potencias mayores a 8kVA no son aconsejables debido a la elevada capacidad distribuída que tendrá tanto el propio transformador como así también la instalación, ó sea el cableado de la red IT.*

La referida normativa solo admite el uso de transformadores trifásicos cuando los mismos alimentan exclusivamente a consumidores trifásicos y limita la relación de tensiones del mismo de manera tal de asegurarse que en ninguna condición falla, aparezcan en el lado secundario tensiones de fase superiores a 230Vca.

TRANSFORMADORES DE AISLACIÓN DE USO MÉDICO

Los transformadores de aislación para uso médico deben cumplir con las especificaciones técnicas definidas en las normativas anteriormente citadas y éstas serán de carácter obligatorio. Sin embargo existen otras, que a pesar de no estar específicamente indicadas, son indispensables para que el transformador cumpla con las condiciones de prestación requeridas para las salas del Grupo 2.

Las principales características técnicas que deben cumplir estos transformadores son:

1. Tipo: monofásicos de aislación seca.
2. Rango de potencias: de 3.15kVA a 8kVA.
3. Relación: 1:1 con tensión nominal máxima de $230V_{ca}$.
4. Corriente de vacío: menor al 3% de la corriente nominal (I_{nom}).
5. Corriente de conexión: menor a 12 veces la corriente nominal.
6. Tensión de cortocircuito: menor al 3% de la tensión nominal.
7. Clase térmica: aislación clase H.
8. Nivel de aislación: $3kV_{ca}$.
9. Rigidez dieléctrica, mayor a 500 MOhms.
10. Corriente de fuga a tierra: menor a 0.1mA.
11. Nivel de ruido: menor a 40dB a 30cm de distancia y a potencia nominal.
12. Pantalla electrostática entre primario y secundario.
13. Conexión para monitoreo de fuga, a mitad del bobinado secundario y a borne aislado.
14. Sensor de temperatura: de tipo PTC ó PT100.
15. Elevada capacidad de sobrecarga.

Los requisitos listados pueden ser alcanzados si se adoptan criterios muy cuidados y selectivos en todos los procesos de diseño y fabricación, tales como: *diseños verificados y validados, severos controles en los materiales usados en su construcción, procesos controlados y documentados en su fabricación y ensayos finales registrados para la verificación del cumplimiento de los requisitos definidos por las normas de aplicación.* Es evidente que solo aquellas empresas que operen bajo procedimientos documentados y certificados por un Sistema de Gestión de la Calidad según ISO 9001, podrán alcanzar las metas citadas.

Para lograr las características técnicas mencionadas en la fabricación de estos transformadores, se deberán tener en cuenta al menos los siguientes aspectos durante el proyecto, cálculo y fabricación de los mismos:

Núcleo de elevada calidad y bajas pérdidas

Un núcleo construido con chapa de Fe-Si de grano orientado M4, preferentemente con corte step-lap, garantiza baja corriente de vacío y disminuye de manera significativa las pérdidas en el mismo. La primera característica es necesaria para cumplir con el requisito de un valor inferior al 3% de la I_{nom} y la segunda, posibilitará disminuir significativamente la sobre elevación de temperatura en el núcleo.

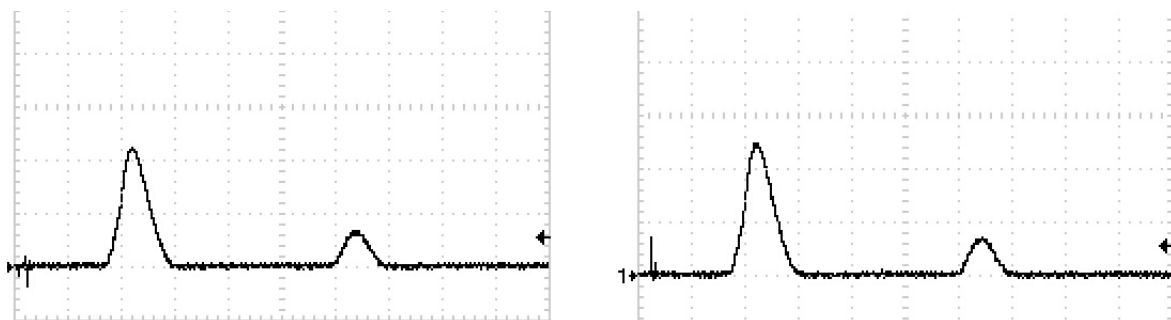
Bajas pérdidas específicas en el núcleo junto a la elección de una adecuada inducción magnética de trabajo y correcto diseño en la geometría de los bobinados, permite alcanzar el requisito de una corriente de inserción inferior a 12 veces la I_{nom} . *"Este requisito es indispensable para evitar la actuación intempestiva de las protecciones magnéticas aguas arriba del transformador, durante la conexión del mismo a la red"*.

Las curvas mostradas en la *Fig. 1*, muestran oscilogramas de las corrientes de inserción de un transformador de 5kVA a dos columnas obtenidas durante un ensayo según lo indicado el punto 13.3 de la IEC61558-2-15, *"El transformador en vacío se alimenta a la tensión primaria asignada. La tensión de alimentación se conecta y desconecta un total de 20 veces a intervalos de aproximadamente 10 s"*.

El valor de la corriente de inserción del transformador ($I_{inserción}$) será igual al máximo valor cresta registrado. El oscilograma (c) corresponde al mayor valor registrado durante el ensayo, $320 A_{pico}$, valor que corresponde a una corriente de inserción de 10.4 veces la nominal.

Figura 1:

Valores máximos registrados entre 20 disparos. Escalas: vertical $100A_{pico}/div$, horizontal: $5ms/div$



(a) disparo 1; $230A_{pico}$

(b) disparo 9; $260A_{pico}$

(c) disparo 15; 320A_{pico}

$$P_{nom} = 5kVA$$

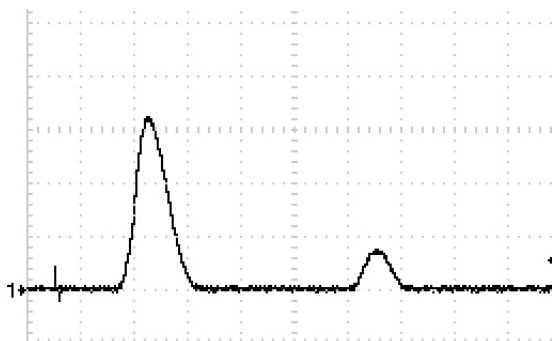
$$V_{nom} = 230V_{ca}$$

$$I_{nom} = P_{nom} / V_{nom} = 21.74 A_{rms}$$

$$I_{nom\ pico} = 30.74 A_{pico}$$

$$I_{inserción} = 320 A_{pico}$$

$$I_{inserción} / I_{nom\ pico} = 10.4\ veces$$



Geometría y densidad de corriente en los bobinados

El mayor rendimiento del núcleo magnético permite definir los bobinados con un número de espiras reducido. Esto es importante a la hora de cumplir con el requisito de una tensión de cortocircuito U_{cc} no superior al 3% de la U_{nom} . El valor de la U_{cc} referida a la tensión nominal del transformador es en términos porcentuales, numéricamente igual a la impedancia de cortocircuito Z_{cc} , por lo que ésta deberá ser inferior al 3%. Para lograr cumplir con este requisito es necesario proyectar los bobinados con un número de espiras reducido y una densidad de corriente suficientemente baja de modo tal de disminuir la componente resistiva de la Z_{cc} , además, se debe optimizar la geometría de los bobinados de manera tal de reducir la componente inductiva de la Z_{cc} .

$$U_{cc} = I_{nom} \times Z_{cc}$$

$$Z_{cc} = R_{cc} + jX_{cc}$$

R_{cc} : Componente resistiva

X_{cc} : Componente inductiva

El diseño del transformador debe garantizar muy bajas capacidades distribuidas entre los bobinados primario y secundario, y entre el bobinado secundario y el cuerpo del transformador (núcleo mas amarres metálicos conectados a tierra) para que, junto a la utilización de aislaciones de elevada resistividad dieléctrica, resulte en una corriente de fuga a tierra máxima no superior al límite de 0.1mA definido por la norma.

Gran capacidad de sobrecarga

Los transformadores analizados deben tener una gran capacidad de sobrecarga aún durante prolongados lapsos de tiempo, *"característica ésta muy importante en redes IT para salas del Grupo 2, ya que en todo momento se debe priorizar y garantizar la continuidad prestación del servicio de energía eléctrica aún en condiciones anómalas"*.

Para lograr este objetivo el transformador deberá estar construido con aislaciones clase H y proyectado con una *“muy baja sobre elevación térmica para condiciones normales”*, de manera tal que en condición de sobrecarga, las temperaturas alcanzadas por los bobinados no superen las máximas admitidas para la clase térmica citada, *“125°C de sobre elevación térmica sobre un ambiente de 40°C según la IEC61558”*.

Lograr este objetivo lleva a *“disponer el transformador sobre un núcleo a dos columnas e incorporar canales de ventilación entre bobinados para aumentar la superficie de disipación térmica del mismo”*, mientras que la elección de un número de espiras reducido y baja densidad de corriente en los bobinados, disminuye la potencia disipada por el conjunto logrando de este modo reducir la sobre elevación térmica.

$$DT = P_{dis} / K_{dis} S_{dis}$$

DT: sobre elevación térmica en °C

P_{dis}: potencia disipada en W

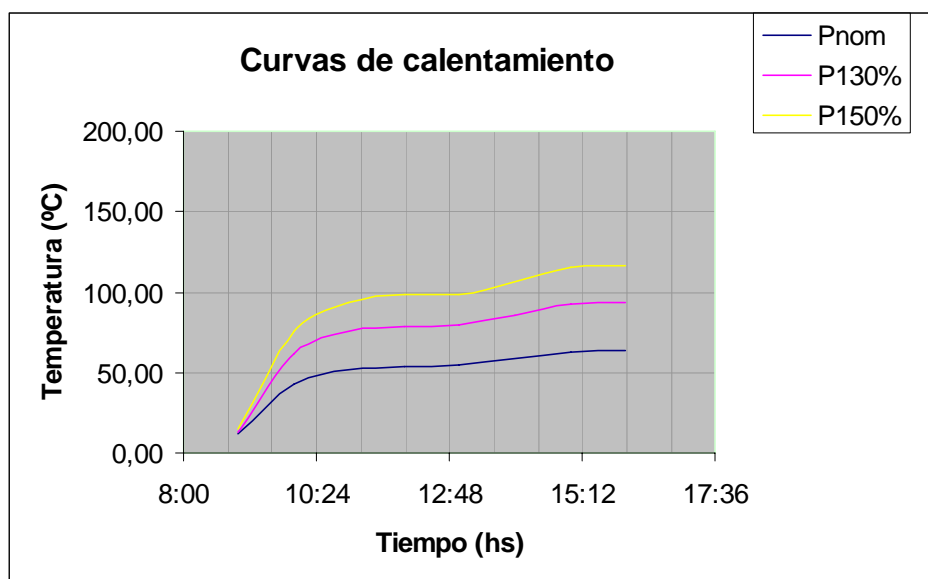
S_{dis}: superficie de disipación en m²

K_{dis}: constante térmica del conjunto

Las curvas de la *Fig.2*, muestran el calentamiento de un transformador de 5kVA a dos columnas, para distintas condiciones de carga (*a potencia nominal y con un 30 y 50% de sobrecarga*). Es de notar que a potencia nominal el transformador ensayado presenta una DT de 63°C, y que aún con un 50% de sobre carga, la máxima sobre elevación térmica alcanzada por los bobinados es de 116°C, valor que no sobrepasa el límite de 125°C definido por la norma IEC para la clase H.

Figura 2:

Curvas de calentamiento de un transformador de 5KVA, relación 230/230V_{ca}, a dos columnas. Las temperaturas del eje Y representan las sobre elevaciones térmicas alcanzadas en régimen.



Proceso de fabricación controlado

El proceso de fabricación de estos transformadores debe contemplar un cuidadoso armado de su parte activa (núcleo + bobinas), como así también la impregnación del conjunto con barnices clase H y su posterior horneado en condiciones controladas para el óptimo secado y curado del mismo. Esto permite garantizar el cumplimiento de los requisitos de baja rumorosidad (*menor a 40dB*) y elevada rigidez dieléctrica (*mayor a 3kVca*). El uso de prensayugos de sujeción aislados y con tratamiento anticorrosivo, bornes de carril con conexión a tornillo, bulón para toma de tierra con aterrado del núcleo y marcado según Norma, define un transformador adecuado para su utilización en locales de uso médico.

CONCLUSIONES

Los transformadores de aislación de uso médico son indispensables para la prevención de accidentes ocasionados por la posibilidad de ocurrencia de fugas y fallas a tierra en las instalaciones eléctricas de las salas del Grupo 2.

La elección de un transformador que no cumpla los requisitos de seguridad y funcionamiento antes analizados incrementará las posibilidades de falla en las instalaciones y por lo tanto, se verificará un empobrecimiento en materia de seguridad brindado por el establecimiento a sus pacientes y al personal médico.

Se recomienda entonces el uso de transformadores de aislamiento de probada calidad y eficiencia, ensayados y protocolizados con la rigurosidad definida en las normativas nacionales e internacionales aplicables y con respaldo técnico verificable.

ANEXO I:

Asignación de distintos tipos de sala según las subcláusulas 710.3.2.1 a 710.3.2.3

GRUPO DE APLICACIÓN	TIPO DE SALA DE ACUERDO A LA UTILIZACIÓN	TIPO DE UTILIZACIÓN MÉDICA
0	Salas de internación Salas de esterilización para cirugías Salas de lavado para cirugías Consultorios de medicina humana y dental	Ninguna utilización de equipos electromédicos
1	Salas para ecografía Salas de internación Salas para terapia física Salas de masajes Consultorios de medicina humana y dental Salas para diagnóstico radiológico y tratamiento Salas de parto	Utilización de equipos electromédicos a través de aberturas naturales en el cuerpo, ó con intervenciones quirúrgicas menores (cirugía menor)
2a	Salas de preparación para cirugías Salas para hidroterapia Salas para endoscopías Salas para diálisis Salas para yesos quirúrgicos Salas de endoscopia	Operaciones de cirugía menor, sin introducción de catéteres en el corazón (sin riesgo de microchoque)
2b	Salas para ambulatorios quirúrgicos Salas de examen intensivo con mediciones invasivas Salas de recuperación post-quirúrgica Salas de cirugías Salas de guardia para tratamiento de emergencia "Shock Room" Salas de examen intensivo Salas de cuidados intensivos (UTI) Salas para diagnóstico y tratamientos invasivos, guiados por imágenes (hemodinamia) Salas para cateterismo cardíaco para diagnóstico y tratamiento Quirófanos de obstetricia Salas para diálisis de emergencia ó aguda Salas de neonatología	Operaciones de órganos de todo tipo (cirugía mayor), introducción de catéteres en el corazón (cateterismo cardíaco), introducción quirúrgica de partes de aparatos, operaciones de todo tipo, mantenimiento de las funciones vitales con equipos electromédicos, intervenciones a corazón abierto (riesgo de microchoque)