

# Potencia nominal de un transformador de energía eléctrica

¿A qué se denomina potencia nominal de un transformador? Este es un valor relevante de los transformadores de energía eléctrica de potencia, que figura en su placa característica y en forma bien visible, con números grandes, sobre el tanque de expansión o la cuba y que no siempre es bien interpretado. Usualmente se lo expresa en kVA o en MVA (miles o millones de volt-ampere) y define el "tamaño" del transformador o los valores máximos de corriente correspondiente a cada arrollamiento.

Para un mejor entendimiento de este parámetro fundamental del transformador, nos basaremos para las definiciones en la norma IRAM 2099 "Transformadores de potencia. Generalidades"

El punto "Condiciones normales de servicio" de esta norma, establece entre otras, las prescripciones detalladas en cuanto a altitud y temperatura ambiente en las cuales será instalado el transformador.

Establecidas las condiciones normales de servicio o funcionamiento del transformador, se define como régimen nominal al conjunto de valores numéricos atribuidos a las magnitudes que definen el funcionamiento del transformador, en condiciones especificadas en esta norma, y que sirven de base a las garantías del fabricante y a los ensayos. Estas magnitudes nominales pueden ser, entre otras: tensión nominal, corriente nominal, potencia nominal, etc.

Siguiendo por lo establecido por la IRAM 2099, nos detendremos en la definición de potencia nominal: cuan-

do se aplica la tensión nominal al arrollamiento primario y la corriente nominal atraviesa los bornes del arrollamiento secundario, el transformador recibe la potencia nominal. El transformador deberá poder operar, en servicio continuo, a la potencia nominal en las condiciones normales de servicio mencionadas y sin exceder los límites de calentamiento especificados en la IRAM 2018 "Transformadores de potencia. Ensayos de calentamiento". También se establece que cuando en ciertas circunstancias se asignen valores diferentes de potencia aparente, por ejemplo con diferentes métodos de enfriamiento (ONAN<sup>1</sup> 14 MVA y ONAF<sup>2</sup> 20 MVA), la potencia nominal es igual al valor máximo (20 MVA).

Habiendo definido la potencia nominal del transformador veremos cómo se verifica este valor a través de mediciones.

Citando nuevamente a la IRAM 2099, se define como pérdidas de vacío a la potencia activa absorbida cuando la tensión nominal, a la frecuencia nominal, se aplica a los bornes de uno de los arrollamientos estando el otro a circuito abierto, y como pérdidas debidas a la carga a la potencia activa absorbida a la frecuencia nominal y a la temperatura de referencia, cuando la corriente nominal atraviesa los bornes de línea de uno de los arrollamientos, estando los bornes del otro arrollamiento en cortocircuito (pérdidas debido a la





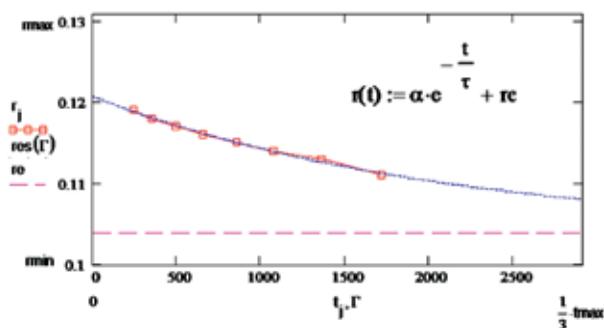
resistencia eléctrica de los arrollamientos). Estos valores de pérdidas de potencia activa (transformadas en calor) son muy importantes, ya que la suma de ambas (pérdidas totales) es lo que elevará la temperatura del transformador en funcionamiento y determinará su potencia nominal.

Como ya hemos mencionado, el transformador deberá poder operar, en servicio continuo, a la potencia nominal en las condiciones normales de servicio mencionadas y sin exceder los límites de calentamiento especificados en la IRAM 2018 " Transformadores de potencia. Ensayos de calentamiento ", siendo estos límites fijados en 60 °C para la sobre elevación de la temperatura del punto más caliente del aceite por encima de la temperatura ambiente y en 65 °C para la sobre elevación de la temperatura promedio de los arrollamientos por encima de la temperatura ambiente.

Es esta norma IRAM 2018 la que detalla el procedimiento para el ensayo de calentamiento, el único método válido para determinar la potencia real del transformador. A continuación haremos una muy breve descripción para entender su importancia.

Al transformador con un arrollamiento en cortocircuito, se le hace circular una corriente (con tensión reducida) tal que la potencia activa absorbida sea igual o lo más próxima posible a la potencia de pérdidas totales (pérdidas de vacío mas las pérdidas debidas a la carga). Esta corriente de ensayo, que será un poco mayor que la nominal debido a las pérdidas de vacío mencionadas, se mantendrá el tiempo necesario has-

ta lograr el equilibrio térmico con el medioambiente, o sea que la temperatura del aceite medida con un termómetro adecuado en la parte superior de la cuba del transformador, se mantenga estable o que la variación sea menor a 1 °C por hora en al menos tres horas. Este valor de temperatura de la capa superior del aceite menos la temperatura ambiente (con las correcciones establecidas por la IRAM 2018, en el caso de no dé que la potencia de ensayo no sea exactamente igual a las pérdidas totales), corresponderá al calentamiento de la capa superior del aceite y deberá ser menor a 60 °C. Para la medición de la temperatura media de los arrollamientos deberá usarse un método indirecto, ya que no es accesible la zona de los arrollamientos para realizar la medición con un termómetro. El procedimiento es el siguiente: después de que se llegó al estado de equilibrio térmico descripto, se interrumpe la corriente de ensayo y se desconecta el transformador, iniciando en ese instante de corte de la corriente la medición del tiempo con un cronómetro. Luego y en el menor tiempo posible se conectará un medidor de resistencia eléctrica (miliohmímetro, puente de wheatstone o kelvin, etc.) y se irán tomando pares de valores de resistencia-tiempo, de modo que mediante fórmulas matemáticas (regresión exponencial por mínimos cuadrados) o métodos gráficos, lograr obtener la función de la curva de enfriamiento del arrollamiento ensayado. Con esta función es posible extrapolar el valor de la resistencia del arrollamiento que tenía al momento de la interrupción de la corriente (tiempo cero), y mediante la fórmula que vincula la variación de la resistencia del material del arrollamiento (cobre o aluminio) con la temperatura, se logra determinar qué temperatura media tenía este arrollamiento en ese instante (tiempo cero). Restando a este valor de temperatura el valor de la temperatura ambiente (y con las correcciones establecidas por la IRAM 2018, en el caso de no de que la potencia de ensayo no sea exactamente igual a las pérdidas tota-



les) obtenemos el valor del calentamiento medio del arrollamiento ensayado, que deberá ser menor a 65 °C.

$$\theta_{Cu} = \frac{R_T}{R_{T_o}} (235 + T_o) - 235 - T_o$$

Es importante destacar que este es el valor medio del calentamiento del arrollamiento y como existen diferencias de temperaturas dentro, debe calcularse el punto más caliente mediante fórmulas establecidas en la IRAM 2018.

### Conclusiones

- » Si a un transformador se le realiza el ensayo de calentamiento según IRAM 2018 y los resultados obtenidos no sobrepasan las temperaturas por esta norma fijada, podemos asegurar que este transformador y todos los que sean iguales a este (ensayo de tipo), serán de la potencia nominal garantizada.
- » Si cumple el punto anterior, el transformador será apto para el uso a la potencia nominal en forma ininterrumpida.
- » No se deberá sobrepasar la potencia nominal en ningún caso si no se cumple con lo establecido en la IRAM 2473 "Guía de carga para transformadores sumergidos en aceite". Como el calor generado por las pérdidas de potencia activa en arrollamientos y núcleo magnético debe conducirse a través del medio refrigerante (aceite) y de este al ambiente, y como este proceso no es instantáneo sino que se realiza con una constante de tiempo para los arrollamientos de algunos minutos y una constante de tiempo para el aceite de algunas horas, es imprescindible respetar lo indicado por la IRAM 2473 para evitar el rápido deterioro del sistema de aislación del transformador por exceso de temperatura. Esto es así porque si existe una sobrecarga (aumento de la corriente por encima de la nominal), los arrollamientos que se calentarán más rápidamente que el aceite (menor constante de

tiempo térmico) que pueden originar un gran número de situaciones de riesgos (disminución de la rigidez dieléctrica de los aislantes por formación de burbujas de gas, deterioro de juntas, sobrecalentamiento en conmutadores, etc.).

- » Cabe aclarar por todo lo dicho anteriormente que un transformador ONAN/ONAF corresponde su potencia nominal al valor de potencia ONAF (con los ventiladores en funcionamiento) y cuando está en condición ONAN (ventiladores apagados) solo podrá trabajar a potencia reducida. Por ejemplo, un transformador ONAN/ONAF 14/20 MVA es un transformador calculado, diseñado y construido para 20 MVA (y todos sus valores característicos o nominales de pérdidas, corrientes, impedancias de cortocircuito, secciones de conductores, dimensionamiento del conmutador, etc. corresponden a 20 MVA) y cuando los ventiladores están detenidos, su potencia se reduce a 14 MVA. Por el contrario, un transformador de 14 MVA con el agregado de ventiladores no se "agrandan" a uno de 20 MVA<sup>3</sup>. ■

1. ONAN: Circulación del aceite en forma natural y enfriamiento por aire en forma natural (por termosifón en ambos casos).
2. ONAF: Circulación del aceite en forma natural (termosifón) y enfriamiento por aire en forma forzada (con ventiladores).
3. El sistema ventilación de Aire Forzado (ONAF) se utiliza convenientemente para reducir el tamaño de los radiadores necesarios para transformadores de gran potencia nominal, que de utilizar el sistema de ventilación de Aire Natural (ONAN) resultaría de dimensiones muy grandes.

**Por**

**Dpto. Ingeniería Mayo Transformadores**