



PRÁCTICA Nº 1: TRANSFORMADORES

TEMA IV: Transformadores

OBJETIVOS:

- Conocer y utilizar los equipos de laboratorio.
- Analizar la corriente de vacío de un transformador.
- Determinar experimentalmente las polaridades de los devanados de un transformador.
- Determinar experimentalmente los valores de los parámetros del circuito equivalente a partir de los ensayos de vacío y cortocircuito. Realizar los ensayos por devanados diferentes.
- Razonar los cambios que se producen en las tensiones y corrientes del transformador al variar la forma de conexión de los devanados.
- Analizar el comportamiento del transformador en carga.

MATERIAL:

- Transformador trifásico formado por tres pares de devanados independientes con tensiones nominales de 220/125/ V – Corriente nominal de los devanados 4,5 A /7,9 A. Los tres devanados pueden conectarse en estrella o en triángulo.
- Autotransformador de relación de transformador variable (Variac) de 220 V, 10 A
- Pupitre para la conexión del circuito de mando que conecta y desconecta el transformador incluyendo protecciones y elementos de maniobra
- Transformador y sonda de corriente
- Amperímetros
- Voltímetros
- Carga trifásica resistiva
- Osciloscopio analógico

DURACIÓN ESTIMADA: Entre 3 y 4 Horas

¡ADVERTENCIA! Durante esta práctica se manipularán tensiones de 380 V y 220 V, por este motivo, es imprescindible realizar cualquier tipo de manipulación sobre las conexiones y los equipos tras haber desconectado todos los elementos de la red eléctrica (MEDIANTE LA PULSACIÓN DEL PULSADOR DE PARADA Y LA OBSERVACIÓN DE LAS LÁMPARAS DEL PUPITRE QUE INDICAN LA EXISTENCIA DE TENSIÓN)

1º RED ELÉCTRICA DEL LABORATORIO

El laboratorio en el que se realizarán las prácticas dispone de una red trifásica de 220 V (tensión de línea) mediante la cual se alimentarán todos los equipos trifásicos utilizados en ella. Aunque normalmente los sistemas trifásicos de baja tensión son de 380 V, en este caso se utilizan 220 V por motivos de seguridad. Dicha tensión proviene de un pupitre conectado a una toma trifásica del edificio. El pupitre dispone de un interruptor automático que lo protege y que permite conectar y desconectar su alimentación. **El interruptor en cuestión está situado en la parte posterior del pupitre, cuando el pupitre está conectado y, por tanto, existe tensión se iluminan 3 lámparas debajo de las letras R, S y T que indican las fases.**

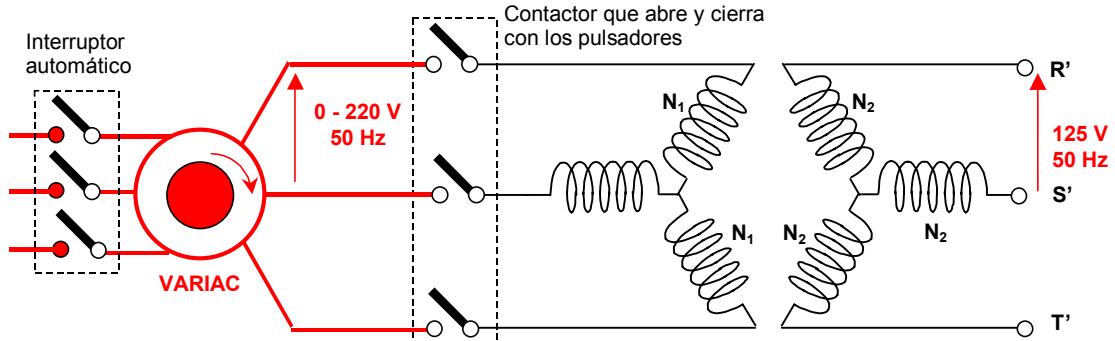
2º MANIOBRA, CONEXIÓN Y PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR

Para poder alimentar el transformador y desconectarlo de la red a voluntad se utilizará un contactor trifásico dentro del pupitre de prácticas. Asimismo, se dispondrá de un circuito de mando que incluye un pulsador de arranque, otro de parada, así como un fusible y un interruptor automático que protegen al transformador de cortocircuitos y sobrecargas. Puesto que el estudio de los elementos anteriores se realizará en otra parte del curso, el cableado necesario para disponer del pulsador de conexión y desconexión y de las protecciones se



habrá realizado con anterioridad sobre cada pupitre. Es decir, **cada grupo de prácticas encontrará el Variac conectado a la red a través de un contactor que puede ser cerrado o abierto a voluntad mediante la pulsación de un pulsador**. Asimismo, se podrá utilizar el interruptor automático del pupitre para el corte total de la alimentación del circuito.

Tal y como se indicó anteriormente, **se extremarán las precauciones comprobando que ningún dispositivo está sometido a tensión antes de proceder a manipularlo**. El esquema de la conexión de los elementos de maniobra es el siguiente:



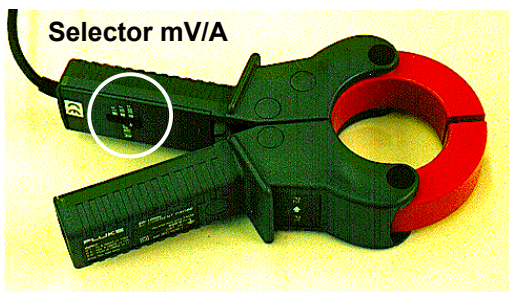
El Variac y el pupitre que se utilizarán en la práctica se pueden ver en las siguientes fotografías. En la fotografía del Variac situado a la derecha se observa el potenciómetro mediante el cual es posible modificar a voluntad la tensión suministrada por el equipo.



2º ANÁLISIS DE LA CORRIENTE DE VACÍO DEL TRANSFORMADOR

El primer paso de la práctica consistirá en observar la forma no senoidal de la corriente de vacío del transformador y determinar su valor mediante una medición realizada utilizando un osciloscopio y una pinza amperimétrica de corriente.

La pinza de corriente, idéntica a la de la fotografía siguiente, funciona como un transformador de intensidad que proporciona a su salida una tensión proporcional a la corriente que la atraviesa.



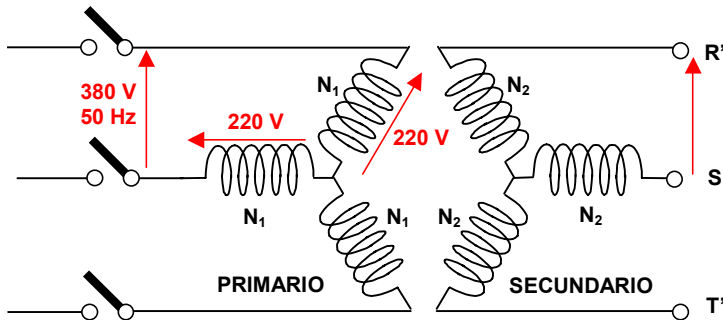
En la pinza existe un selector que permite regular la tensión que suministra por cada Amperio de corriente que la atraviesa. **Este selector debe estar siempre en una posición que asegure que la corriente a medir no exceda el rango máximo indicado en la propia pinza**. Es decir, si presenta una indicación del tipo **10 mV/A – 10 A**, esto significa que suministrará a su salida 10 mV por cada Amperio que la atraviese y que en ese rango la corriente máxima a medir es de 10 A.

Para la medida de la corriente de vacío del transformador, y puesto que es muy reducida, se tratará de utilizar la mayor escala posible, para ello se fijará el selector de la pinza en 100 mV/A.

El extremo de la pinza lleva un conector tipo BNC que se puede introducir directamente en cualquiera de las entradas del osciloscopio.



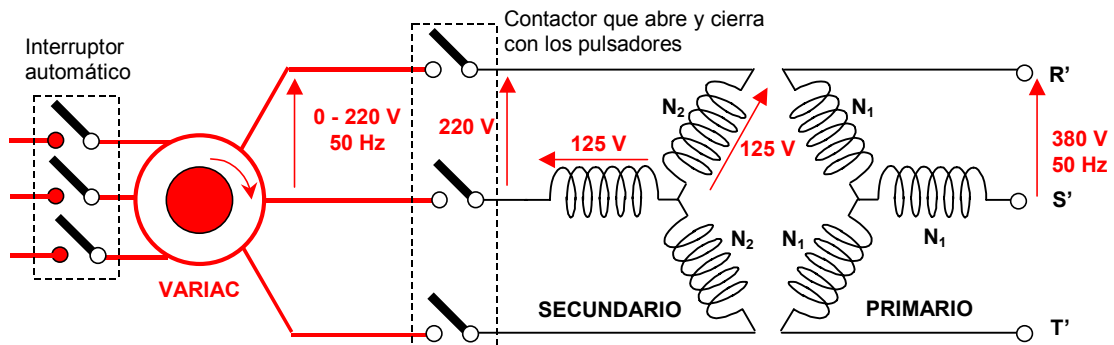
Para medir la corriente de vacío del transformador y para realizar el ensayo de vacío, debe tenerse en cuenta que existe una restricción importante. Al tratarse de un transformador que va a estar conectado estrella-estrella y ser la tensión nominal de cada devanado primario 220 V, sería necesaria una red de 380 V para poder llevar a cabo el ensayo de vacío en condiciones nominales:



En este esquema se puede observar como para conseguir que cada devanado del primario trabaje en condiciones nominales (220 V) sería necesario disponer de una red trifásica de 380 V.

La solución a este problema es sencilla, ya que basta con realizar los ensayos de vacío por el secundario, es

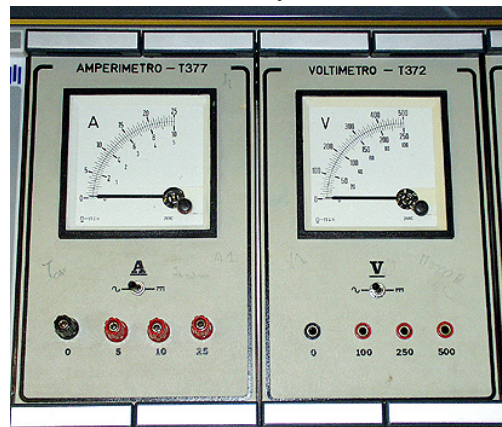
decir, conectar el Variac que permite alimentar el transformador entre 0 y 220 V al secundario del transformador. De esta forma, cuando la tensión aplicada sea de 220 V, los devanados del secundario del transformador estarán alimentados a 125 V que es su tensión nominal.



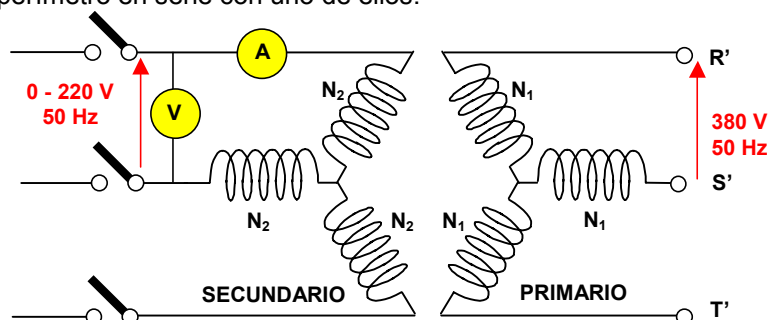
Para medir la corriente de vacío se procederá de la siguiente forma: en primer lugar, se conectarán un voltímetro y un amperímetro que midan la tensión de línea y corriente de línea del transformador respectivamente.

Los instrumentos de medida que se utilicen durante la práctica, voltímetros, amperímetros y vatímetros serán los que estén disponibles dentro del pupitre de prácticas (la fotografía de la derecha muestra un voltímetro y un amperímetro instalados en el interior del pupitre.).

En aquellos casos en los que no hubiese suficientes equipos en el pupitre, o su rango de medida no se adaptase a los valores de la magnitud a medir durante los ensayos, se emplearán instrumentos individuales como los que aparecen en la siguiente fotografía:



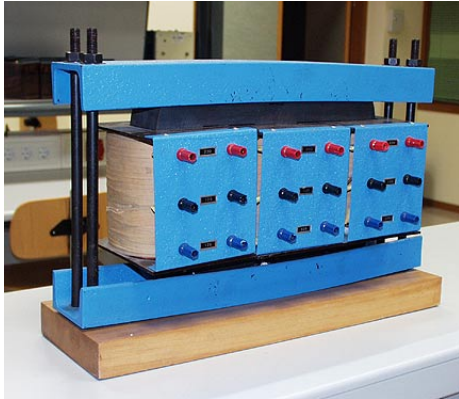
La conexión del voltímetro y del amperímetro se realizará con todo el circuito sin alimentación. El voltímetro se instalará entre dos cualesquiera de los cables de alimentación del transformador y el amperímetro en serie con uno de ellos:





Debe prestarse especial atención en la utilización de estos equipos, ya que la instalación del amperímetro en la ubicación del voltímetro y viceversa, podría producir daños importantes.

Una vez realizada la conexión del voltímetro y el amperímetro se conectará la pinza amperimétrica a cualquier entrada del osciloscopio. A continuación, se abrirá la pinza haciendo pasar cualquiera de los tres cables que alimentan al transformador por su interior, se cerrará y se depositará sobre la mesa o pupitre.



En la foto de la izquierda se puede ver el transformador que se utilizará en la práctica. Las bornas rojas, negras y azules son los terminales de conexión del transformador. El transformador presenta tres arrollamientos, es decir, existe un devanado primario de 220 V y dos secundarios de 125 V. Para la práctica se utilizará únicamente uno de los dos secundarios.

Al estar todos los terminales de cada una de las bobinas que constituyen primario y secundario accesibles, el transformador se puede conectar en estrella o en triángulo. **Para algunos ensayos se elegirá la conexión Yy y para otros Dy.**

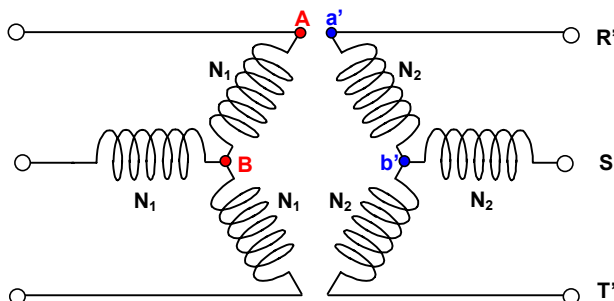
La pinza amperimétrica se colocará alrededor de cualquiera de los tres cables que van desde las bornas del Variac hasta el primario del transformador. Seguidamente, se comprobará que el VARIAC tiene el regulador de tensión en 0 y, por tanto, no suministra tensión al transformador. A continuación, se pulsará el pulsador de conexión y se hará girar el cursor del VARIAC hasta que la tensión aplicada al transformador sea la nominal, es decir hasta que el voltímetro indique 220 V. En esas condiciones se ajustará el osciloscopio hasta que en él se observe con claridad la señal correspondiente a la corriente de vacío. La medición de su valor eficaz se puede hacer directamente sobre el amperímetro o valorando la amplitud en mV que aparezca en la pantalla del osciloscopio y aplicando la conversión en A/mV que se haya seleccionado en la pinza. Una vez finalizada la medida, se bajará a 0 la tensión del Variac y se desconectará la alimentación pulsando el pulsador de parada.

EN EL DESARROLLO DE TODA LA PRÁCTICA ES FUNDAMENTAL COMPROBAR QUE NO HAY TENSIÓN APLICADA A LOS EQUIPOS ANTES DE MANIPULARLOS. PARA ELLO, SE OBSERVARÁN LOS INDICADORES LUMINOSOS DEL PUPITRE QUE DEBERÁN PERMANECER APAGADOS

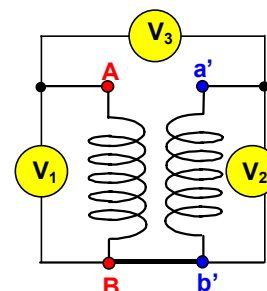
3º DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LAS POLARIDADES

En un transformador, terminales de igual polaridad serán aquellos que ante un flujo común presenten simultáneamente la misma tensión. Es decir, si se denominan A, B a los terminales del devanado primario y a', b' a los del secundario, se dirá que A y a' son de igual polaridad si se cumple que al aplicar más tensión al terminal A que al B, se obtiene más tensión en a' que en b'.

Los terminales de igual polaridad se pueden determinar mediante la medición de 3 tensiones:



Se designa uno de los devanados primarios y su correspondiente secundario como A, B y a', b'. Una vez hecho esto, se realiza el montaje de la siguiente figura, en el cual los puntos B y b' se unen en cortocircuito y se conectan los voltímetros V₁, V₂ y V₃.



A continuación, se alimenta el transformador y se regula el Variac para suministrarle una tensión menor o igual que la nominal, dejando el secundario en vacío. Se determinan entonces las indicaciones de los tres voltímetros. Si se cumple que:



- $V_1=V_2+V_3$: el terminal **b'** es de igual polaridad que **B**
- $V_1=V_2-V_3$: el terminal **b'** es de igual polaridad que **A**

Una vez determinadas las polaridades de los arrollamientos de una de las barras del transformador, el resto serán idénticas, ya que la disposición de devanados y terminales es la misma en las tres fases. Una vez finalizada la medida, se bajará a 0 la tensión del Variac y se desconectará la alimentación pulsando el pulsador de parada.

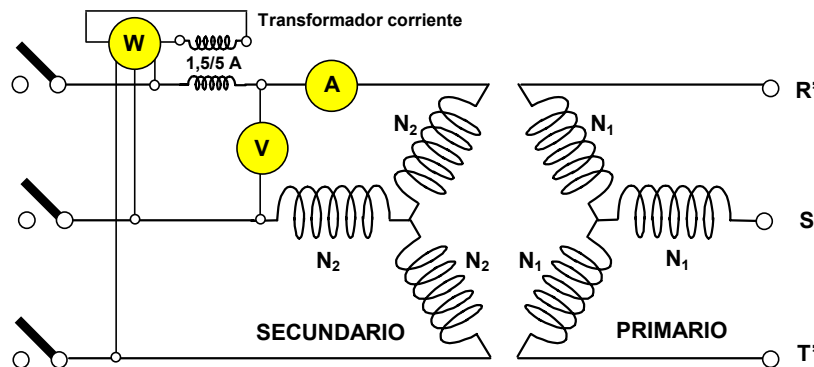
4º ENSAYO DE VACÍO

El siguiente paso en el desarrollo de la práctica consiste en realizar el ensayo de vacío. **Los ensayos de vacío y cortocircuito de un transformador se pueden realizar indistintamente aplicando la tensión en el primario o en el secundario.** En cualquiera de los dos casos, las pérdidas medidas durante el ensayo serán las mismas. De hecho, es frecuente realizar el ensayo de vacío por el lado de baja tensión, ya que la tensión necesaria en ese caso es menor y la corriente no es elevada. Sin embargo, el ensayo de cortocircuito suele realizarse por el lado de alta tensión, ya que no es necesario aplicar nada más que un pequeño porcentaje de la tensión nominal y por el lado del alta la corriente demandada es más baja.

El ensayo de vacío se realizará en este caso por el secundario, utilizando la misma forma de conexión que para la medida de la corriente de vacío. Los motivos para hacerlo de este modo son los expuestos en el apartado 2. Además, **se deberá realizar la conexión adicional de un transformador de corriente, ya que el vatímetro disponible no tiene sensibilidad suficiente para medir las pérdidas en vacío del transformador.**

En primer lugar, se conectarán un voltímetro y un amperímetro de la misma forma que se hizo en el caso de la medición de la corriente de vacío. El vatímetro, que será trifásico, se conectará de forma que mida las tres tensiones de línea en el primario del transformador y una de las corrientes de línea. Para la medición de la corriente de línea se conectará un transformador de corriente que amplifique en una relación de 1,5 – 5, de tal modo que la corriente amplificada será la que se suministre a la bobina amperimétrica del vatímetro:

A continuación, se muestra la forma de conexión de todos los elementos necesarios para realizar el ensayo de vacío:



Una vez realizada la conexión de todos los equipos, **se comprobará que no hay nada en contacto con el secundario.** Seguidamente se cerrará el circuito de alimentación y se subirá la tensión del Variac hasta que el voltímetro indique la tensión nominal del transformador (220 V).

Se anotarán entonces los valores de la corriente de vacío, tensión de alimentación y potencia consumida durante el ensayo. **Una vez finalizada la medida, se bajará a 0 la tensión del Variac y se desconectará la alimentación pulsando el pulsador de parada.**

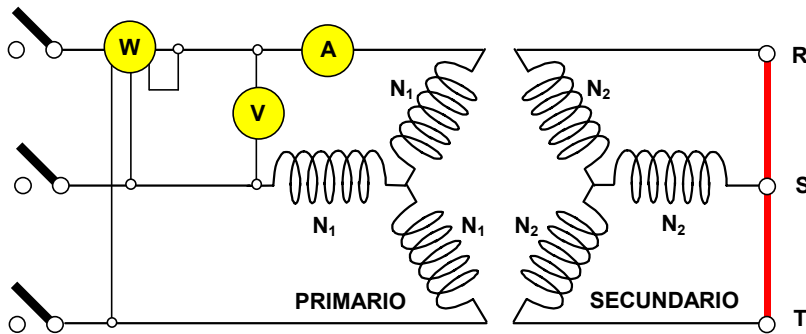
5º ENSAYO DE CORTOCIRCUITO

Tras realizar el ensayo de vacío se procederá con el de cortocircuito. **El ensayo de cortocircuito se realizará alimentando el transformador por el primario.** En este caso, la red de 220 V no plantea ninguna limitación, ya que en el ensayo de cortocircuito se utiliza una tensión muy inferior a la nominal de la máquina.

La conexión de los instrumentos de medida es muy similar a la de ensayo de vacío. El voltímetro y amperímetro se conectarán de igual forma, pero en esta ocasión en el devanado primario del transformador. Puesto que la potencia y corriente que se medirán en esta ocasión son más elevadas, se podrá prescindir del transformador de corriente realizando la medición de



la potencia directamente a partir del vatímetro. El secundario del transformador deberá estar cortocircuitado:

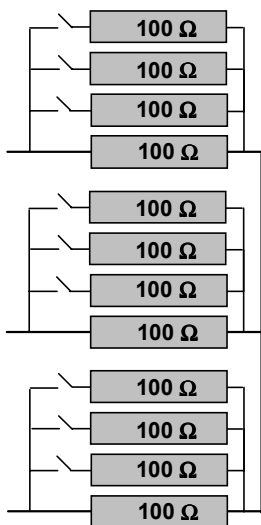


El ensayo se realiza subiendo gradualmente la tensión del Variac hasta que la corriente indicada por el amperímetro es la corriente nominal del transformador (4,5 A). Se anotarán entonces los valores de la corriente de corto, tensión de alimentación

y potencia consumida durante el ensayo. **Una vez finalizada la medida, se bajará a 0 la tensión del Variac y se desconectará la alimentación pulsando el pulsador de parada y abriendo el interruptor automático.**

6º ENSAYO EN CARGA

El ensayo en carga consistirá en conectar un banco de resistencias trifásicas como carga del transformador. El conjunto de resistencias disponible en el laboratorio permite conectar en paralelo 4 grupos de resistencias de 100 Ω en estrella. De este modo, si se conecta sólo el primer grupo se obtendrá una carga trifásica de 100 Ω. Conectando dos grupos la carga será de 50 Ω (dos de 100 Ω en paralelo), conectando 3 grupos será de 33 Ω (3 de 100 Ω en paralelo) y conectando los cuatro de 25 Ω. La forma en la que se conectan los elementos de la carga que se acaba de describir aparece en la siguiente figura:

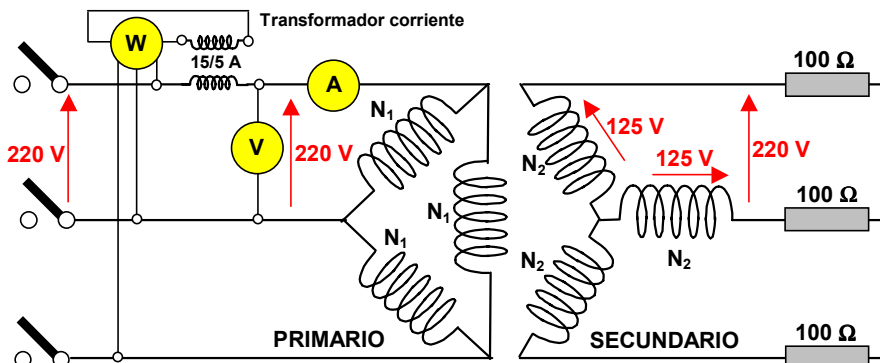


Para hacer el ensayo del transformador en carga existe la misma restricción que en el caso del ensayo de vacío, si se desea que el transformador trabaje en condiciones nominales. Es decir, no es posible aplicar la tensión nominal al primario del transformador puesto que la red trifásica del laboratorio es de 220 V de tensión de línea.

La forma de solucionar este inconveniente es cambiar la conexión de los devanados del transformador conectando el primario en triángulo. De este modo, al aplicar la tensión de 220 V se estará haciendo que trabaje en condiciones nominales.

Otro hecho importante a tener en cuenta durante el ensayo de carga es que los vatímetros disponibles para la medición de potencia no permiten trabajar con una corriente tan elevada como la que tendrá el transformador en carga. **Por este motivo, se introducirá el transformador de corriente, pero en este caso con el fin de reducir la corriente que mida la bobina amperimétrica del vatímetro.**

La carga trifásica de resistencias, se conectará en estrella al secundario del transformador, que también tendrá esta conexión, aplicando los 4 escalones de forma que la resistencia real conectada sea de 25 Ω.



Durante este ensayo, se medirá la corriente del primario, la tensión en bornes del primario y del secundario, así como la potencia absorbida por el transformador.



PRÁCTICA Nº 1: TRANSFORMADORES

Nombre y apellidos:

Número de matrícula:

Fecha:

Hora de inicio de la práctica:

Hora de finalización de la práctica:

RESULTADOS Y CÁLCULOS

Responder a las preguntas siguientes a partir de los datos obtenidos mediante las mediciones realizadas o bien realizando los cálculos que fuesen necesarios a partir de ellas:

1º) Valor de la corriente de vacío:

2º) Valor de la corriente nominal del primario del transformador:

3º) Valor de la corriente nominal del secundario del transformador:

4º) Valor de la relación de transformación:

5º) Valor de las pérdidas en el hierro:

6º) Valor de las pérdidas en el cobre:

7º) Valores de los parámetros del circuito equivalente del transformador referido al primario (desarrollar, en el caso de no tener espacio suficiente continuar por la cara posterior):



8º) Valores de las tensiones de cortocircuito relativas (desarrollar a continuación)

9º) Funcionamiento del transformador en carga

- Valor de la corriente del primario:
- Valor de la tensión del secundario:
- Valor de la relación de transformación:
- Valor del índice de carga:
- Valor del rendimiento: Incluir los cálculos a continuación: