

Nota de aplicación

Medición de la relación de vueltas de transformadores estrella-triángulo con una relación de voltaje baja

La relación de vueltas de un transformador es la relación entre el número de vueltas en una bobina de mayor tensión y la de una bobina de menor tensión. La prueba que determina la relación de vueltas de un transformador es una de las pruebas básicas de los transformadores.

Puede utilizarse para verificar la calidad de fabricación y las especificaciones de diseño, pero también para detectar una amplia gama de problemas con transformadores, como una relación de vueltas incorrecta debido a cortocircuitos entre las bobinas, entre la bobina y la tierra, operaciones incorrectas de los cambiadores de derivación, etc.

La medición está estandarizada y se describe en diversas normas nacionales e internacionales, como IEC 60076-1 e IEEE Std. 62-1995. Si el transformador tiene derivaciones con carga, la relación de vueltas debe determinarse para todas estas derivaciones. Por razones de seguridad, el transformador debe excitarse desde la bobina de alta tensión. Se debe tener cuidado durante la aplicación de voltaje y durante la medición.

La mayoría de los instrumentos de medición disponibles comercialmente hoy en día miden la relación de vueltas en el rango de 0,8 a 50.000. Este rango de medición garantiza que la medición sea posible para la mayoría de los transformadores que se utilizan. Sin embargo, hay algunos transformadores con relación de vueltas cercana a 1. Esto puede crear un problema de medición para combinaciones de transformadores delta-estrella y estrella-delta.

El valor calculado de la relación de vueltas para ciertos grupos vectoriales (estrella-estrella, delta-delta) es igual a la relación de la placa de nombre, lo que significa que la relación de voltaje de tres fases indicada en la placa del transformador es igual a la relación del número de vueltas de las bobinas de alta tensión a baja tensión. Para otros grupos vectoriales, la relación de vueltas de las bobinas no es la misma que la relación de la placa de nombre. Por ejemplo, para grupos estrella-delta la relación de vueltas es $\sqrt{3}$ veces menor que la relación de la placa, mientras que para delta-estrella es $\sqrt{3}$ veces mayor. Cuando el instrumento TRT calcula una desviación entre la relación de vueltas medida y la relación de la placa, estos factores $\sqrt{3}$ se tienen en cuenta automáticamente.

Se elaborará el análisis de la medición en un transformador trifásico YNd11 15/11 kV. El cambiador de taps desenergizado con 9 pasos ($\pm 4 \times 2,5\%$) está montado en el lado de alta tensión del transformador.

Si se realiza la medición secuencial estándar de tres fases aplicando tensiones de prueba monofásicas desde el lado de HV, los resultados esperados de la relación de vueltas se muestran en la Tabla 1. El principio de conexión se muestra en la Figura 1.

Como se puede ver en la Tabla 1, los modernos probadores de relación de vueltas no podrán medir la relación en las posiciones 1-5 ya que la relación es inferior a 0,8. El instrumento TRT mostraría un error en estos casos.

DET Ctap	Rango	Voltaje Lado HV [V]	Voltaje LV Side [V]	Voltaje Razón	Relación de vueltas
1	10%	13 500	11 000	1,2273	0,7094
2	-7,5%	13 875		1,2614	0,7291
3	-5%	14 250		1,2954	0,7488
4	-2,5%	14 625		1,3295	0,7685
5	0	15 000		1,3636	0,7882
6	+2,5%	15 375		1,3977	0,8079
7	+5%	15 750		1,4318	0,8276
8	+7,5%	16 125		1,4659	0,8473
9	+10%	16 500		1,5000	0,8671

Tabla 1. Datos de placa de características para el transformador YNd11 15/11 kV

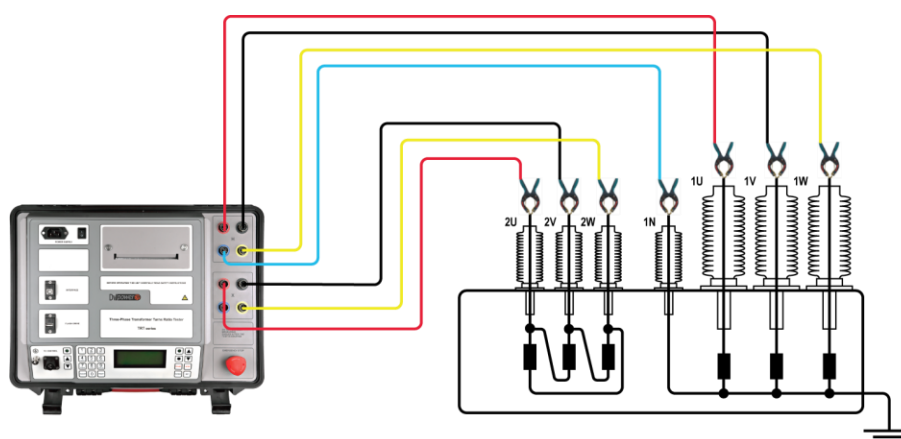


Figura 1. Conexión de TRT al transformador YNd11

Para resolver este problema, la prueba secuencial de relación de turns trifásica debe realizarse desde el lado de 11 kV del transformador. En este caso, el transformador debe ser probado con conexiones invertidas – los cables H del TRT deben conectarse al lado LV del transformador, y los cables X del TRT deben conectarse al lado HV del transformador. Aunque el voltaje entre líneas en el lado de 15 kV es mayor que el voltaje entre líneas en el lado de 11 kV, podemos usar el hecho de que el voltaje entre fases en el lado de 11 kV es mayor que el voltaje entre fases en el lado de 15 kV, debido al mayor número físico de espiras en el lado de 11 kV. Esta conexión se muestra en la Figura 2.

Esto significa que, para la prueba de relación de transformación secuencial, este transformador debe tratarse como un transformador Dyn11/15 kV. En este caso, la relación de vueltas esperada para todas las tomas se muestra en la Tabla 2.

DET Ctap	Rango	Voltaje Lado HV [V]	Voltaje Lado de Baja Tensión [V]	Relación de Voltaje	Relación de vueltas
1	-10%	11 000	13 500	0,8148	1,4113
2	-7,5%		13 875	0,7928	1,3732
3	-5%		14 250	0,7719	1,3370
4	-2,5%		14 625	0,7521	1,3027
5	0		15 000	0,7333	1,2702
6	+2,5%		15 375	0,7154	1,2392
7	+5%		15 750	0,6984	1,2097
8	+7,5%		16 125	0,6822	1,1816
9	+10%		16 500	0,6667	1,1547

Tabla 2. Datos de la placa de características del transformador Dyn1 11/15 kV

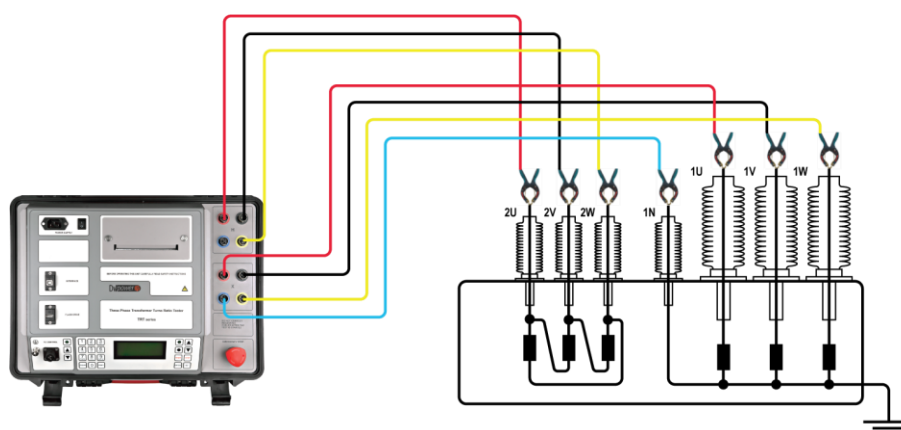


Figura 2. Conexión inversa de TRT al transformador YNd11

Si se introducen tensiones de la placa nominal, El medidor de relación de transformación TRT calculará la desviación de la relación. Para introducir correctamente las tensiones de la placa nominal en este caso, el usuario debe:

- Seleccionar DETC en el lado de baja tensión
- Inserte 9 posiciones de tap
- Inserte 11.000 V como tensión de la placa de identificación del lado de alta tensión
- Inserte 13.500 V como tensión de la placa de identificación del primer tap del lado de baja tensión
- Inserte 16.500 V como tensión de la placa de identificación del último tap del lado de baja tensión

Figura 3. Ajustes de prueba en el software DV-Win

Los resultados de la relación de turnos obtenidos con el dispositivo TRT en ese transformador YNd11 de 15/11 kV se muestran en la Figura 4 a continuación.

Vector Group	Nameplate Ratio	HV_LV Tap Position	Test Voltage	Test	Turns Ratio Phase A	Turns Ratio Phase B	Turns Ratio Phase C	Ratio Deviation Phase A	Ratio Deviation Phase B	Ratio Deviation Phase C	Turns ratio pass/fail
Dyn1	11000 / 135...	1	170 V	Sequential 3...	1.4075	1.4071	1.4073	-0.27 %	-0.29 %	-0.29 %	Pass
Dyn1	11000 / 138...	2	170 V	Sequential 3...	1.3696	1.3693	1.3695	-0.26 %	-0.28 %	-0.27 %	Pass
Dyn1	11000 / 142...	3	170 V	Sequential 3...	1.3338	1.3335	1.3336	-0.24 %	-0.26 %	-0.25 %	Pass
Dyn1	11000 / 146...	4	170 V	Sequential 3...	1.2998	1.2995	1.2996	-0.23 %	-0.25 %	-0.24 %	Pass
Dyn1	11000 / 150...	5	170 V	Sequential 3...	1.2675	1.2672	1.2673	-0.21 %	-0.23 %	-0.22 %	Pass
Dyn1	11000 / 153...	6	170 V	Sequential 3...	1.2367	1.2365	1.2366	-0.20 %	-0.22 %	-0.21 %	Pass
Dyn1	11000 / 157...	7	170 V	Sequential 3...	1.2074	1.2072	1.2073	-0.19 %	-0.21 %	-0.20 %	Pass
Dyn1	11000 / 161...	8	170 V	Sequential 3...	1.1795	1.1793	1.1794	-0.18 %	-0.19 %	-0.18 %	Pass
Dyn1	11000 / 165...	9	170 V	Sequential 3...	1.1528	1.1526	1.1527	-0.17 %	-0.18 %	-0.17 %	Pass

Figura 4. Resultados de la relación de giro al probar el transformador YNd11 desde el lado de 11 kV

Si el usuario quiere medir la relación de tensión utilizando la prueba trifásica simultánea disponible en los dispositivos TRT, el transformador debe tratarse tal como es: YNd11 15/11 kV. Para esa prueba, los cables H de TRT deben conectarse al lado de 15 kV del transformador, y los cables X de TRT deben conectarse al lado de 11 kV del transformador.