

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Análisis para el control del exceso de maniobras del OLTC
y sus efectos en la contaminación del aceite dieléctrico en
el transformador TP01 60/22 kV de la S. E. Ingenio,
Huancavelica**

Franklin Mael Alfaro Papuico
Ruben Jefferson Arzapalo Chavez
Ricardo Huamani Mayhua

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista

Huancayo, 2025

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Gabriel Osiris Cairampoma Rodriguez
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 24 de Febrero de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Análisis para el control del exceso de maniobras del OLTC y sus efectos en la contaminación del Aceite Dieléctrico en el Transformador TP01 60/22 KV de la S.E Ingenio Huancavelica.

Autores:

1. Franklin Mael Alfaro Papuico– EAP. Ingeniería Eléctrica
2. Ruben Jefferson Arzapalo Chavez – EAP. Ingeniería Eléctrica
3. Ricardo Huamani Mayhua – EAP. Ingeniería Eléctrica

Se procedió con la carga del documento a la plataforma “Turnitin” y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 15 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- | | | |
|---|--|--|
| • Filtro de exclusión de bibliografía | SI ☒ | NO ☐ |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir “SI”): | SI ☐ | NO ☒ |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante | SI ☐ | NO ☒ |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,



Asesor de trabajo de investigación

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	xviii
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1 Problema general.....	4
1.1.2 Problemas específicos.....	4
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 Justificación e importancia	5
1.3.1 Justificación teórica.....	5
1.3.2 Justificación práctica	5
1.3.3 Justificación social.....	5
1.4 Delimitación del proyecto	6
1.5 Hipótesis y variables.....	6
1.5.1 Hipótesis general	6
1.5.2 Hipótesis específicas	6
1.5.3 Descripción de variables y operacionalización de variables	7
CAPÍTULO II.....	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1 Antecedentes de la investigación.....	8
2.1.1 Antecedentes internacionales	8

2.1.2	Antecedentes nacionales	10
2.2	Bases teóricas	13
2.2.1	Aspectos normativos.....	13
2.2.1.1	Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE)	13
2.2.1.2	Tolerancias establecidas en la IEEE 519-1992	14
2.2.1.3	IEEE. C57.106-2015, IEEE Guide for Acceptance and Maintenance of Insulating Oil in Equipmen (Guía IEEE para la aceptación y mantenimiento del aceite aislante en equipos).	16
2.2.1.4	I.EEE. C57.104-2019, Guía IEEE para la interpretación de los gases generados en minerales transformadores sumergidos en aceite.....	19
2.2.1.4.1	La relación C_2H_2/H_2	21
2.2.1.4.2	Estado 3 de la DGA.....	21
2.2.1.5	IEEE C57.139-2015, Guía IEEE para el análisis de gases disueltos en cambiadores de tomas de carga de transformadores.	22
2.2.2	Tensión.....	22
2.2.2.1	Indicador de calidad de tensión.....	22
2.2.2.2	Tolerancias permisibles.....	23
2.2.2.3	Compensaciones por mala calidad de tensión.	25
2.2.2.4	Control de calidad de tensión.....	26
2.2.2.5	Perturbaciones en la tensión.....	26
2.2.3	Transformador de potencia	27
2.2.3.1	Partes del transformador:	27
2.2.3.1.1	Núcleo	27
2.2.3.1.2	Devanados	28
2.2.3.1.3	Aislamientos.....	28
2.2.3.1.4	Medio refrigerante.....	29
2.2.3.1.5	Tanque	29
2.2.3.2	Valores nominales del transformador de potencia	30
2.2.3.2.1	Tensión nominal:	30
2.2.3.2.2	Tensión normalizadas:	30
2.2.3.2.3	Relación de transformación nominal:.....	30
2.2.3.2.4	Margen de ajuste nominal:	31
2.2.4	Aceite dieléctrico	32
2.2.4.1	Propiedades de los aceites dieléctricos	33
2.2.4.1.1	Propiedades físicas.....	33
2.2.4.1.2	Propiedades químicas	35

2.2.4.2	Proceso de degradación de los aceites dieléctricos	36
2.2.4.3	Contaminación del aceite dieléctrico por acetileno (C ₂ H ₂).....	39
2.2.4.4	Medidas de control de riesgo por contaminación C ₂ H ₂ en el aceite dieléctrico	39
2.2.4.5	INEN aceite dieléctrico	40
2.2.5	El OLTC	40
2.2.5.1	Escaneo del OLTC en transformadores de potencia.....	41
2.2.5.2	Clases de OLTC primordiales.....	41
2.2.5.2.1	OLTC resistivos.....	42
2.2.5.2.2	OLTC reactivo	42
2.2.6	Tapcon 230 MR	42
2.2.6.1	Determinación del ancho de banda.....	43
CAPÍTULO III		44
METODOLOGÍA		44
3.1	Método, tipo o alcance de investigación	44
3.1.1	Enfoque de investigación	44
3.1.2	Tipo de investigación	44
3.1.3	Alcance de investigación.....	44
3.1.4	Diseño de investigación	45
3.1.5	Método de investigación	46
3.2	Materiales y métodos.....	46
3.2.1	Población, muestra y muestreo	46
3.2.2	Técnica e instrumento de recolección de datos	48
3.2.3	Técnica de procesamiento y análisis de datos.....	50
CAPÍTULO IV.....		51
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		51
4.1	Presentación de resultados	51
4.1.1	Modelo mental.....	51
4.1.2	Descripción general.....	52
4.1.2.1	Datos del transformador de potencia de la S. E Ingenio	52

4.1.2.2	Diagrama unifilar	53
4.1.2.3	Diagrama unifilar con medidores analizadores de redes.....	54
4.1.3	Análisis de pre prueba	55
4.1.3.1	Pre prueba de aceite	55
4.1.3.1.1	Aceite dieléctrico de la cuba del transformador.....	55
4.1.3.1.2	Aceite dieléctrico de la cuba del conmutador Bajo Carga (OLTC)	56
4.1.3.2	Pre prueba de gases disueltos.....	58
4.1.3.3	Pre prueba de perfil de tensiones	59
4.1.3.4	Pre prueba Controlador automático de tensión TAPCON 230 MR	62
4.1.4	Análisis de post prueba	66
4.1.4.1	Post prueba del aceite.....	66
4.1.4.1.1	Aceite dieléctrico de la cuba del transformador.....	66
4.1.4.1.2	Aceite dieléctrico de la cuba del conmutador bajo carga (OLTC).....	67
4.1.4.2	Post prueba de gases disueltos.....	68
4.1.4.2.1	Análisis de gases disueltos del transformador.....	68
4.1.4.2.2	Análisis de gases disueltos del conmutador	69
4.1.4.3	Post Prueba del perfil de tensiones.....	70
4.1.4.4	Post prueba del controlador automático de tensión TAPCON 230 MR..	73
4.1.5	Análisis realizados	75
4.1.5.1	Análisis fisicoquímico.....	75
4.1.5.1.1	Análisis fisicoquímico del transformador.....	75
4.1.5.1.2	Análisis fisicoquímico del conmutador OLTC	76
4.1.5.2	Análisis de gases.....	77
4.1.5.2.1	Análisis de gases disueltos del transformador y evaluación de condición según los:	77
4.1.5.2.2	Análisis de gases disueltos del conmutador OLTC y evaluación de condición.....	79
4.1.5.3	Análisis del sistema de control de tensión con el TAPCON 230 MR.....	80
4.1.5.4	Análisis de variación en la tensión de barras 22kV y 60kV con referencia al número de maniobras.....	81
4.2	Prueba de hipótesis	89
4.3.	Discusión de resultados.....	95
CAPÍTULO V.....		102
CONCLUSIONES.....		102
CAPÍTULO VI.....		104

RECOMENDACIONES.....	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
ANEXOS	111
ANEXO 01: Matriz de consistencia.....	111
ANEXO 02: Definición de términos básicos	17
ANEXO 03: Definición de abreviaturas.	19
ANEXO 04: Instrumento de recolección de datos	20
ANEXO 05: Diagrama unifilar S.E Ingenio.	22
ANEXO 06: Transformador de Potencia TP01 análisis realizado 29.08.2021	23
ANEXO 07: Placa De Características Transformador De Potencia TP01 60/22 KV.	24
ANEXO 08: Registro de Tensiones, números de maniobras por día del OLTC.....	25
ANEXO 09: Base de datos del número de maniobras del OLTC	25
ANEXO 10: Resultados de la evaluación Físico Químico.....	25
ANEXO 11: PERFILES DE TENSIÓN 2.5%.....	25
ANEXO 12: Protocolos de análisis de aceite del transformador.....	26
ANEXO 13: Protocolo de análisis de aceite del conmutador.	29

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 01: Valores máximos de las tensiones armónicas totales e individuales con base en su nivel de tensión. Tomada de “Recomendaciones prácticas para el control de armónicos”, por IEEE 519-1992, p. 11.1	15
Figura 02: Límites sugeridos para el uso continuado de aceite aislante envejecido. Tomado de “Guía IEEE para la Aceptación y Mantenimiento del Aceite Aislante en Equipos”, IEEE. C57.106- 2015, p.18.	17
Figura 03: Límites para el uso continuo de aceite aislante envejecido en servicio para cambiadores de tomas en carga. Tomado de “Guía IEEE para la Aceptación y Mantenimiento del Aceite Aislante en Equipos”, IEEE. C57.106- 2015, p.24.	18
Figura 04: Concentraciones de gas del percentil 95 en función del O ₂ /N ₂ y la edad en µL/L (ppm). Tomado de “Guía IEEE para la Interpretación de los Gases Generados en Minerales Transformadores sumergidos en aceite”, IEEE. C57.104- 2019, p.42.	20
Figura 05: Método de las proporciones de Rogers. extraído de “Guía IEEE para la Interpretación de los Gases Generados en Minerales Transformadores sumergidos en aceite”, IEEE. C57.104- 2019, p.45.	21
Figura 06: Concentraciones límites seguras en ppm de gases disueltos en aceite.P.4 MEYER, Jörg. Transformación energética (34).....	23
Figura 07: Indicadores de la calidad de producto (tensión). Tomado de “Resolución OSINERGMIN” N°. 616-2008-OS-CD, p.28.	24
Figura 08: Clasificación de los aceites dieléctricos. Tomado de “Tratamiento en aceite dieléctrico a través del sistema de termo vacío aplicable a transformadores de distribución en las oficinas de la Sunat”, por Fredy Tello. 2017, p.51.....	33
Figura 09: Número de neutralización vs temperatura. Tomado de “Tratamiento en aceite dieléctrico a través del sistema de termo vacío aplicable a transformadores de distribución en las oficinas de la Sunat”, por Fredy Tello. 2017, p.63.....	37
Figura 10: Curva de oxidación de un aceite dieléctrico. Tomado de “Tratamiento en aceite dieléctrico a través del sistema de termo vacío aplicable a transformadores de distribución en las oficinas de la Sunat”, por Fredy Tello. 2017, p.64.....	38
Figura 11: Motivos de las fallas de los transformadores. Tomado de «Escaneo del OLTC en transformadores de potencia», por OMICRON Magazine 2016, p. 01.....	41

Figura 12: Fórmula para determinación del ancho de banda. Extraído de Manual de instrucciones de servicio Regulador de Tensión TAPCON 230 expert. p.84.....	43
Figura 13: Símbolo del diseño de investigación experimental - Pre experimental de un “diseño preprueba/posprueba con un solo grupo” por Hernández y Mendoza. 2018, p. 162.	45
Figura 14: Registro de Control de parámetros Transformador de potencia	48
Figura 15: Ficha de Registro de tensiones 60 kV y 22 kV límites tolerables	49
Figura 16: Ficha de Registro de número de maniobras por día del OLTC bajo carga	49
Figura 17: Trasformador de Potencia SE Ingenio. Fuente Propia	52
Figura 18: Diagrama unifilar SE. Ingenio Modificado de los diagramas unifilares de la base de datos de la empresa, con autorización escrita para la utilización de este diagrama. Anexo 4	53
Figura 19: Diagrama Unifilar con medidores analizadores de redes. Modificado de los diagramas unifilares de la base de datos de la empresa Conelsur, con autorización escrita para la utilización de estructura de dispositivos electrónicos inteligentes “IEDS”. Anexo 15.....	54
Figura 20: Resultados de la evaluación Propiedad FQE. Tomada de “ANÁLISIS DE MUESTRAS ACEITE DE TRANSFORMADOR TP-01- S/N: L30328” por SIFUENTES y NANFUÑAY. 2021, p.10.....	55
Figura 21: Resultados de los análisis de aceite dieléctrico del conmutador OLTC. Tomada de “ANÁLISIS DE MUESTRAS ACEITE DE TRANSFORMADOR TP-01- S/N: L30328” por SIFUENTES y NANFUÑAY. 2021, p.14.....	56
Figura 22: Resultados de la evaluación de análisis cromatográfica. Tomada de “ANÁLISIS DE MUESTRAS ACEITE DE TRANSFORMADOR TP-01- S/N: L30328” por SIFUENTES y NANFUÑAY. 2021, p.20.....	57
Figura 23 Diagnóstico del análisis de gases disueltos. Tomada de “ANÁLISIS DE MUESTRAS ACEITE DE TRANSFORMADOR TP-01- S/N: L30328” por SIFUENTES y NANFUÑAY. 2021, p.11.....	58
Figura 24: Registro de tensión número de maniobras por día conmutador bajo carga OLTC. Fuente Propia	60
Figura 25: Regulador de tensión S.E. Ingenio Tapcon 230 MR. Fuente Propia.....	62

Figura 26: pantallas desplegables fijas en la línea de comandos. Tomada del Manual de instrucciones de servicio Regulador de Tensión TAPCON 230 experto. P.112.....	63
Figura 27: Tensión primaria del transformador de tensión. Fuente Propia	64
Figura 28: Ajuste del ancho de banda inicial Tapcon 230MR es de 1%. Fuente Propia	64
Figura 29: Ajuste del tiempo de retardo T1. Fuente Propia	65
Figura 30: Resultados de las evaluaciones Físico-Químico. Tomada de “ANÁLISIS DE MUESTRAS ACEITE DE TRANSFORMADOR TP-01- S/N: L30328” por CASTAÑEDA y NANFUÑAY. 2023. p. 09.....	66
Figura 31: Resultados de los análisis de aceite dieléctrico del conmutador OLTC. Tomada de “ANÁLISIS DE MUESTRAS ACEITE DE TRANSFORMADOR TP-01- S/N: L30328” por JOSEPH CASTAÑEDA Y OSWALDO NANFUÑAY. . 2023. p.12.	67
Figura 32: Diagnóstico del análisis de gases disueltos. Tomada de “ANÁLISIS DE MUESTRAS ACEITE DE TRANSFORMADOR TP-01- S/N: L30328” por JOSEPH CASTAÑEDA Y OSWALDO NANFUÑAY. 2023. p.10.	68
Figura 33: Análisis de gases disueltos del conmutador. Tomada de “ANÁLISIS DE MUESTRAS ACEITE DE TRANSFORMADOR TP-01- S/N: L30328” por JOSEPH CASTAÑEDA Y OSWALDO NANFUÑAY.. 2023. p.13.	69
Figura 34: Tensiones en 22 KV registradas post regulación. Fuente Propia	71
Figura 35: Perfil de tensiones post regulación. Fuente Propia	72
Figura 36: Ancho de banda a 2.5%. Fuente Propia	73
Figura 37: Tiempo de conmutación de paso en el OLTC. Fuente Propia	73
Figura 38: Tensión de referencia a 22.6KV. Fuente Propia.....	74
Figura 39: Resultados de las evaluaciones Físico-Químico. Tomada de “ANÁLISIS DE MUESTRAS ACEITE DE TRANSFORMADOR TP-01- S/N: L30328” por CASTAÑEDA y NANFUÑAY. 2023. p. 09.....	75
Figura 40: Análisis fisicoquímico del conmutador. Fuente Propia. Tomada de “ANÁLISIS DE MUESTRAS ACEITE DE TRANSFORMADOR TP-01- S/N: L30328” por JOSEPH CASTAÑEDA Y OSWALDO NANFUÑAY. . 2023. p.12.	76

Figura 41: Análisis de gases disueltos del transformador. Tomada de “ANÁLISIS DE MUESTRAS ACEITE DE TRANSFORMADOR TP-01- S/N: L30328” por JOSEPH CASTAÑEDA Y OSWALDO NANFUÑAY. 2023. p.10.	77
Figura 42: Criterio IEC. Tomada de “ANÁLISIS DE MUESTRAS ACEITE DE TRANSFORMADOR TP-01- S/N: L30328” por JOSEPH CASTAÑEDA Y OSWALDO NANFUÑAY. 2023 p. 11.....	78
Figura 43: Análisis de gases disueltos del conmutador. Tomada de “ANÁLISIS DE MUESTRAS ACEITE DE TRANSFORMADOR TP-01- S/N: L30328” por JOSEPH CASTAÑEDA Y OSWALDO NANFUÑAY.. 2023. p.13.	79
Figura 44: Comportamiento solo con tiempo de retardo T1. Tomada del Manual de instrucciones de servicio Regulador de Tensión TAPCON 230 experto. P.81.....	80
Figura 45: Sólo comportamiento con un periodo de retardo de T1 y T2. Tomada del Manual de instrucciones de servicio Regulador de Tensión TAPCON 230 experto. P.82.....	81
Figura 46: Variación tensión Barras S.E INGENIO. Fuente Propia.....	82
Figura 47: Paso de regulación del cambiador de tomas por rangos de tensión. Tomada del procedimiento técnico de ingreso, modificación y retiro de instalaciones del SEIN.....	82
Figura 48: Cambios de Tap Ingenio con banda 1%. Fuente Propia.....	84
Figura 49: Cambios de Tap Ingenio con banda 2%. Fuente Propia.....	84
Figura 50: Número de maniobras OLT 2022-2023. Fuente Propia	90
Figura 51: Total de maniobras del OLTC con demasiados cambios. Fuente Propia	92
Figura 52: Total de maniobras del OLTC al ajuste del ancho de banda en el TAPCON 230 MR. a +- 2.5% del TP-01 de la SE Ingenio. Fuente propia	92
Figura 53: Demostración de la reducción de la contaminación por acetileno, pruebas de análisis de aceite 2021 -2023. Adaptados de “Análisis de aceite dieléctrico Transformador TP-01 SE Ingenió 2021 y 2023” (35) (36)	94
Figura 54: Ajuste efectiva y eficiente del Controlador TAPCON 230 MR. Elaboración propia.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de cambios de TAPS en el transformador TP01 de la S/E Ingenio, considerando tres días de tiempo de estudio.	85
Tabla 2. Posibles escenarios de tensiones tras una regulación de +1%, +1,5% y +2% para cada caso.	85
Tabla 3. Resultados de Tensión de Base a Configuración SW1 (Pantalla 02/30 de TAPCON 230 MR a 22.6 kV) con Tolerancia de Banda +-5%.....	87
Tabla 4. Regulación del Ancho de Banda del TAPCON 230 MR a +-2,5% del TP-01 de la SE Ingenio.....	88
Tabla 05: Cuadro comparativo reducción del número de maniobras del OLTC del transformador de potencia TP-01 de la SE Ingenio	89
Tabla 06: Cuadro comparativo reducción C2H2 como consecuencia de la reducción exceso de maniobras transformador TP-01.....	91

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se enfocó en abordar el exceso de maniobras del conmutador bajo carga (OLTC) en el transformador TP01 de la Subestación Ingenio Huancavelica los años 2021 al 2023. El objetivo principal fue reducir el número de maniobras mediante la implementación del regulador de ancho de banda Tapcon MR 230, optimizando los ajustes. Esta investigación utilizó un enfoque cuantitativo, tipo aplicado, alcance descriptivo, de diseño experimental, donde se manipulan una variable independiente para analizar las consecuencias en la variable dependiente, además se empleó un modelo preexperimental, diseño de prueba preprueba/posprueba con un solo grupo. El método utilizado es un método empírico que se basa en el conocimiento y la perspicacia del investigador. Los resultados de la investigación demostraron el éxito de esta estrategia, logrando un promedio diario de 4 maniobras, reduciendo un 80 % en número de maniobras inicial, en conformidad a las Normas Técnicas de Calidad de Servicios Eléctricos (NTCSE) se mantienen los rangos de tolerancia establecidas referente a calidad de energía $\pm$ % 5. Además, se mitigó el nivel de contaminación del aceite dieléctrico de 15,742 ppm en agosto de 2021 a 3,466 ppm en agosto de 2023. En conclusión, la optimización y ajuste del controlador del cambiador de tomas bajo carga (OLTC) en el transformador TP-01 en la Subestación Eléctrica (S.E.) Ingenio durante el período 2021-2023, consiguió con éxito la reducción del número de maniobras. Después de analizar las muestras pre y post, se identificaron diferentes escenarios para reducir el exceso de maniobras, y se determinó que la mejor opción era ajustar el TAPCON 230 MR a un margen del 2.5%. Este ajuste resultó en una reducción sustancial en las maniobras diarias. Con estos ajustes, se mitigó efectivamente los efectos negativos causados por los gases contaminantes en el aceite dieléctrico, originados por las descargas de baja intensidad debido al exceso de conmutación diaria en los TAP del transformador TP-01. Como consecuencia, se demostró con éxito la reducción de acetileno (C_2H_2), lo que tiene un impacto positivo en la longevidad y el rendimiento del transformador.

Palabras claves: OLTC, Aceite dieléctrico, Tapcon MR 230, Maniobras excesivas, NTCSE.

ABSTRACT

The present research work was focused on addressing the excess switching of the on-load switchgear (OLTC) in the Transformer TP01 of the Ingenio Huancavelica substation for the years 2021 to 2023. The main objective was to reduce the number of switching operations by implementing the TAPCON MR 230 bandwidth regulator, optimizing the settings. This research used a quantitative approach, applied type, descriptive scope, experimental design, where the independent variable was manipulated to analyze the consequences on the dependent variable, in addition it will be of pre-experimental model, pre-test/post-test design with a single group. The method used is an empirical method that relies on the knowledge and insight of the researcher. The results of the research demonstrated the success of this strategy, achieving a daily average of 4 maneuvers, reducing by 80% the initial number of maneuvers, in compliance with the Technical Standards for Electrical Services Quality (NTCSE). In addition, the dielectric oil contamination level was mitigated from 15,742 ppm in August 2021 to 3,466 ppm in August 2023. In conclusion, the optimization and adjustment of the control at Transformer TP01 at S.E. Ingenio (2021-2023) reduced daily maneuvers, improving operational efficiency. The implementation of adjustments in the TAPCON 230 MR achieved an 80% reduction in daily maneuvers. In addition, the reduction of dielectric oil contamination was successfully demonstrated, with a positive impact on the longevity and performance of the TP01 Transformer.

Keywords: OLTC , Dielectric oil, Tapcon MR 230, Excessive shunting, NTCSE.