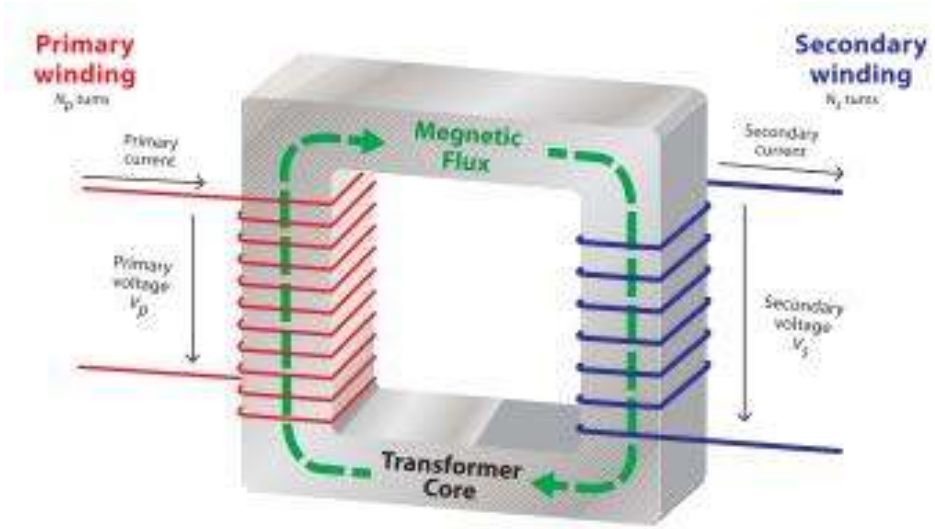
TRANSFORMERS

การใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้า



อุปกรณ์ที่อาศัยหลักการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้า

เพื่อให้เปลี่ยนแปลงค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้

เพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ โดยที่ความถี่ไม่เปลี่ยนแปลง

หม้อแปลงไฟฟ้า (TRANSFORMER)

หม้อแปลงไฟฟ้า โดยทั่วไปถ้ามองในมุมของ การใช้งาน หม้อแปลงก็เป็นอุปกรณ์ต้นทางแรกที่จะเป็นอุปกรณ์ที่ส่งถ่ายพลังงานไฟฟ้าไปสู่อุปกรณ์อื่นในระบบไฟฟ้า ซึ่งหากมองถึง การติดตั้ง ความสวยงามของทัศนียภาพ ดูปลอดภัย ก็เป็นอีกมุมมองในการตัดสินใจเลือกออกแบบและใช้งาน

ประเภทของหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้าแยกตามชนิดของฉนวน มี 2 ชนิด

1) หม้อแปลงแบบน้ำมัน (Oil - Immersed Type Transformer)

2) หม้อแปลงแบบแห้ง (Dry Type Transformer)

Oil - Immersed Type Transformer

- Hermetically Sealed
  - without Gas Cushion
  - with N_2
- Open Type With Conservator
- Special Transformer

Dry Type

Cast Resin Transformer

Conventional Low Voltage Dry Type

OIL – IMMERSED TYPE TRANSFORMER

Hermetically Sealed

เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำมันที่มีตัวถังแบบปิดสนิท เพื่อป้องกันความชื้นจากอากาศภายนอกเข้าไปสัมผัสกับน้ำมัน เพราะจะเป็นผลให้ความเป็นฉนวนของน้ำมันจะลดลง และเมื่อมีการสัมผัสกับก๊าซออกซิเจนในอากาศจะทำให้เกิดการอ๊อกซิเดชั่น น้ำมันจะแปรสภาพเป็นกรดทำลายฉนวนกระดาษของหม้อแปลง ส่งผลให้อายุการใช้งานหม้อแปลงสั้นลง

- **Hermetically Sealed without Gas Cushion**

  หม้อแปลงชนิดนี้จะมีตัวถังแบบปิดสนิทไม่มีอากาศหรือก๊าซใดๆ อยู่ภายในตัวถังหม้อแปลง

- **Hermetically Sealed with N2**

  หม้อแปลงชนิดนี้มีถังแบบปิดสนิทและมีเติมด้วยอากาศแห้งหรือก๊าซเฉื่อยที่ไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำมัน ได้แก่ ก๊าซไนโตรเจน (N2)

OIL – IMMERSED TYPE TRANSFORMER

Open Type With Conservator Tank

หม้อแปลงชนิดนี้จะมีถังน้ำมันสำรอง (conservator tank) ติดตั้งกับตัวถังและมีช่องเปิดสู่ภายนอกให้อากาศสามารถถ่ายเทเข้า-ออกได้ โดยผ่านทางกระเปาะแก้วบรรจุสารดูดความชื้น (dehydrating breather with silica gel) ที่ติดตั้งไว้กับถังน้ำมันสำรอง เพื่อป้องกันความชื้นเข้าสู่ภายใน แต่ก็มีโอกาสที่ความชื้นจะเข้าไปสู่ภายในได้ หากสารดูดความชื้นเสื่อมสภาพจึงจำเป็นต้องดูแลสารดูดความชื้นให้อยู่ในสภาพปกติพร้อมใช้งานอยู่เสมอ

OIL TRANSFORMER WINDINGS

- Prevention of moisture from the ambient is achieved by
  - Hermetically sealed tank
  - Separating the tank with a conservator – outside air enters through a Silica Gel Breather

OIL – IMMERSED TYPE TRANSFORMER

Special Transformers

- **Transformer for VSPP and SPP Application**

เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำมันแบบ Step up ที่นำไปใช้กับ SPP (Small Power Producer) และ VSPP (Very Small Power Producer)

- **AVR Transformer with On Load Tap Changer**

เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำมันโดยขดลวดจะเป็นแบบออโต้ ที่ใช้งานเพื่อปรับแรงดันไฟฟ้าด้านแรงสูงให้สม่ำเสมอโดยอัตโนมัติ โดยการติดตั้งอุปกรณ์ปรับเปลี่ยนแทปขณะมีโหลด (On Load Tap Changer หรือ OLTC) ซึ่งจะสามารถปรับแรงดันไฟฟ้าให้สม่ำเสมอโดยอัตโนมัติในขณะจ่ายกระแสไฟฟ้าโดยไม่ต้องดับไฟ Transformer with On Load Tap Changer

- **Transformer with On Load Tap Changer**

เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำมันโดยขดลวดจะเป็นแบบแยกขดลวด ที่นำไปใช้งานเพื่อปรับระดับแรงดันด้านแรงต่ำให้สม่ำเสมอโดยอัตโนมัติ โดยการติดตั้งอุปกรณ์ปรับเปลี่ยนแทปขณะมีโหลด (On Load Tap Changer หรือ OLTC) ซึ่งจะสามารถปรับแรงดันไฟฟ้าให้สม่ำเสมอโดยอัตโนมัติในขณะจ่ายกระแสไฟฟ้าโดยไม่ต้องดับไฟ

OIL – IMMERSED TYPE TRANSFORMER

Special Transformers

- **Transformer for Unit Substation**

  เป็นหม้อแปลงที่ออกแบบเพื่อติดตั้งใช้งานใน Enclosure ของ Unit Substation ซึ่งการระบายความร้อนของหม้อแปลงทำได้ยาก จึงจำเป็นที่ต้องออกแบบให้ดีกว่าหม้อแปลงตามมาตรฐานทั่วไป และหม้อแปลงที่ใช้มักเติมด้วยน้ำมันหม้อแปลงชนิดติดไฟยาก (less flammable oil)

- **Transformer for Coal Mine Application (Vibration Proof)**

  เป็นหม้อแปลงที่ออกแบบให้รับแรงสั่นสะเทือนจากการขนส่งและการใช้งานได้ดีเป็นพิเศษเหมาะสำหรับใช้งานในเหมืองถ่านหินซึ่งมีการสั่นสะเทือนจากการทำเหมืองถ่านหิน

- **Transformer for Solar Farm Application**

  เป็นหม้อแปลงชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำมันที่นำไปใช้กับผู้ผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (solar energy) เนื่องจากการใช้งานจะต้องใช้งานร่วมกับ Solar Invertor ดังนั้นหม้อแปลงจำาเป็นต้องมี Copper Shield ด้วยเพื่อป้องกัน Harmonic

OIL – IMMERSED TYPE TRANSFORMER

Special Transformers

Earthing Transformer

เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำมันที่นำไปใช้ในระบบไฟฟ้า 3 Phase ที่ระบบไฟฟ้าเป็นชนิดไม่ต่อลงดินแต่ต้องการใช้ระบบไฟฟ้าเป็นชนิดต่อลงดินจึงจำเป็นต้องสร้างจุด Neutral ให้ระบบเพื่อเป็นจุดต่อลงดินโดยผ่านหม้อแปลงนี้ หม้อแปลงชนิดนี้จะมีขดลวดที่ต่อเป็นแบบ Zig-Zag เพื่อให้สามารถได้ค่า Zero Phase Impedance ที่เหมาะสมในการต่อลงดิน

Scott-T Transformer

เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำมันที่ไปใช้ในการจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อให้เป็นระบบ 2 Phase จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าระบบ 3 Phase ขดลวดจะถูกต่อแบบ Scott-T Connection

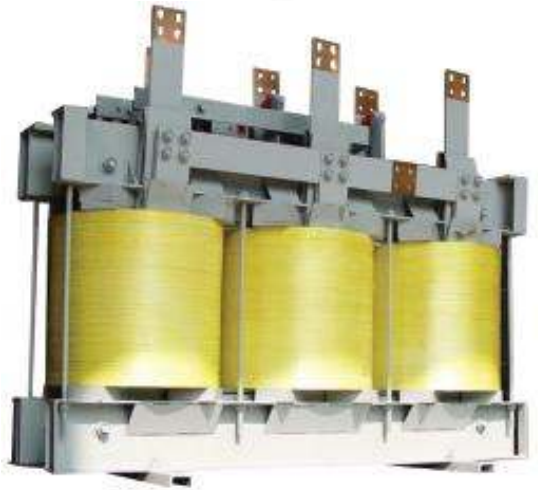
DRY TYPE TRANSFORMER

- **Cast Resin Transformer**

  เป็นหม้อแปลงแบบแห้งที่ขดลวดด้านแรงสูงห่อหุ้มด้วยฉนวน Class F ซึ่งฉนวนมีค่าทนอุณหภูมิได้ถึง 155 °C ที่ทำด้วย Resin with Glass Fiber Reinforced ซึ่งมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวของวัสดุทั้งสองที่ใกล้เคียงกัน เพื่อลดโอกาสขดลวดแตกร้าวจากการใช้งานช่วงอณุหภูมิสูง กระบวนการหล่อเรซินจะทำภายใต้สภาวะสุญญากาศ (vacuum) ทำให้ขดลวดปราศจากฟองอากาศ (void free) มีจุดประสงค์เพื่อใช้ในอาคารหรือพื้นที่ ที่คำนึงถึงเรื่องความปลอดภัยจากเพลิงไหม้ เป็นพิเศษเช่น ในอาคารสูง โรงพยาบาล เป็นต้น หม้อแปลงชนิดนี้จะไม่ติดไฟเมื่อเกิดลัดวงจรหรือระเบิดอันเป็นสาเหตุให้เกิดเพลิงไหม้อาคาร

- **Conventional Low Voltage Dry Type**

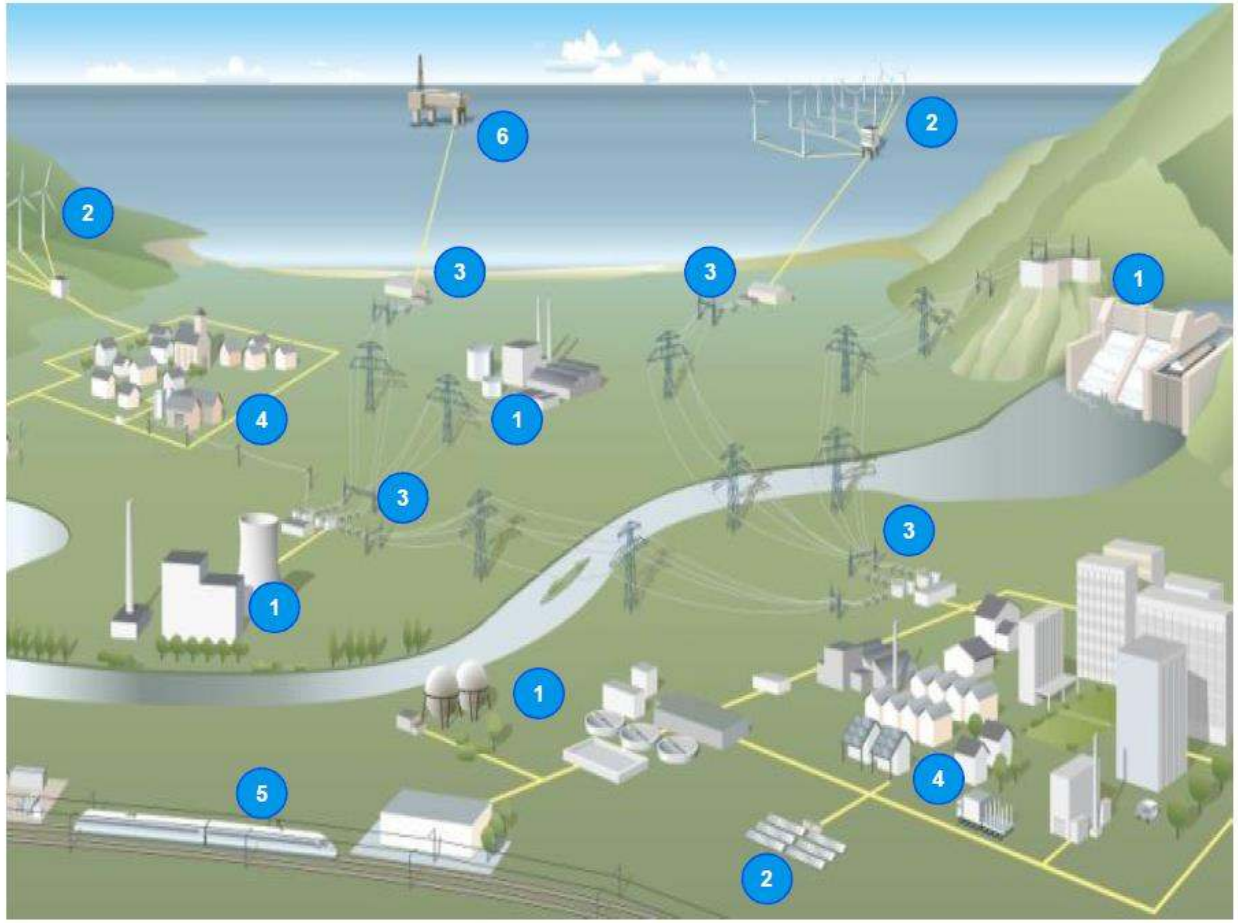
  เป็นหม้อแปลงชนิดแห้งที่ใช้ฉนวน Class H ซึ่งฉนวนมีค่าทนอุณหภูมิได้ถึง 180C สำหรับแปลงระบบไฟฟ้าแรงต่ำที่แรงดันไม่เกิน 1,000 V



ELECTRICITY DISTRIBUTION APPLICATIONS

Application

1. Power generation
2. Wind & Solar Power generation
3. Transmission and distribution
4. Commercial and residential usage
5. Railway application
6. Oil & Gas application



Transformer Type

1. Power transformers
2. Dry or Special transformers
3. Power and distribution transformers
4. Dry and distribution transformers
5. Dry or Special transformers (Traction)
6. Subsea transformers

ELECTRICITY DISTRIBUTION - WHY HV

- Total 3 Phase Losses = 3 I2R
- Active Power, P = √3 VI Cos Φ
- I = P / (√3 V Cos Φ)
- Losses = P2 R / (V2 Cos2 Φ)
- Losses are inversely proportional to the square of Voltage & directly proportional to the square of the Active Power
- High system voltage reduces transmission losses
- Requires more expensive lines, cables & transformers
- Generator transformers are step up
- Distribution transformers are generally step down
- Voltage taken down in several steps
- Lower voltages closer to the consumers

LV terminals

Normal arrangement:
Top, rear
Special version:
Bottom, available on request at extra charge

HV terminals

Variable arrangements, for optimal station design. HV tapping links for adjustment to system conditions, reconnectable in de-energized state*

Temperature monitoring

By PTC or Pt 100 thermistor detectors in the LV winding

Paint finish on steel parts

Thick layer coating, RAL 5009. On request: Two-component varnish (for aggressive environments or high humidity)

Ambient class E2
Climatic category C2

(If the transformer is installed outdoors, degree of protection IP23 must be assured)

Fire class F1

* on-load tap changers on request

Three-leg core

Made of grain-oriented, low-loss electrolaminations insulated on both sides

Resilient spacers

To insulate core and windings from mechanical vibrations, resulting in low noise emissions

HV winding

Consisting of vacuum-potted single foil-type aluminum coils. See enlarged detail in fig. 5.9-5

LV winding

Made of aluminum strip. Turns firmly glued together by means of insulating sheet wrapper material

Insulation

Mixture of epoxy resin and quartz powder makes the transformer practically maintenance-free, moisture-proof, tropicalized, flame-resistant and self-extinguishing

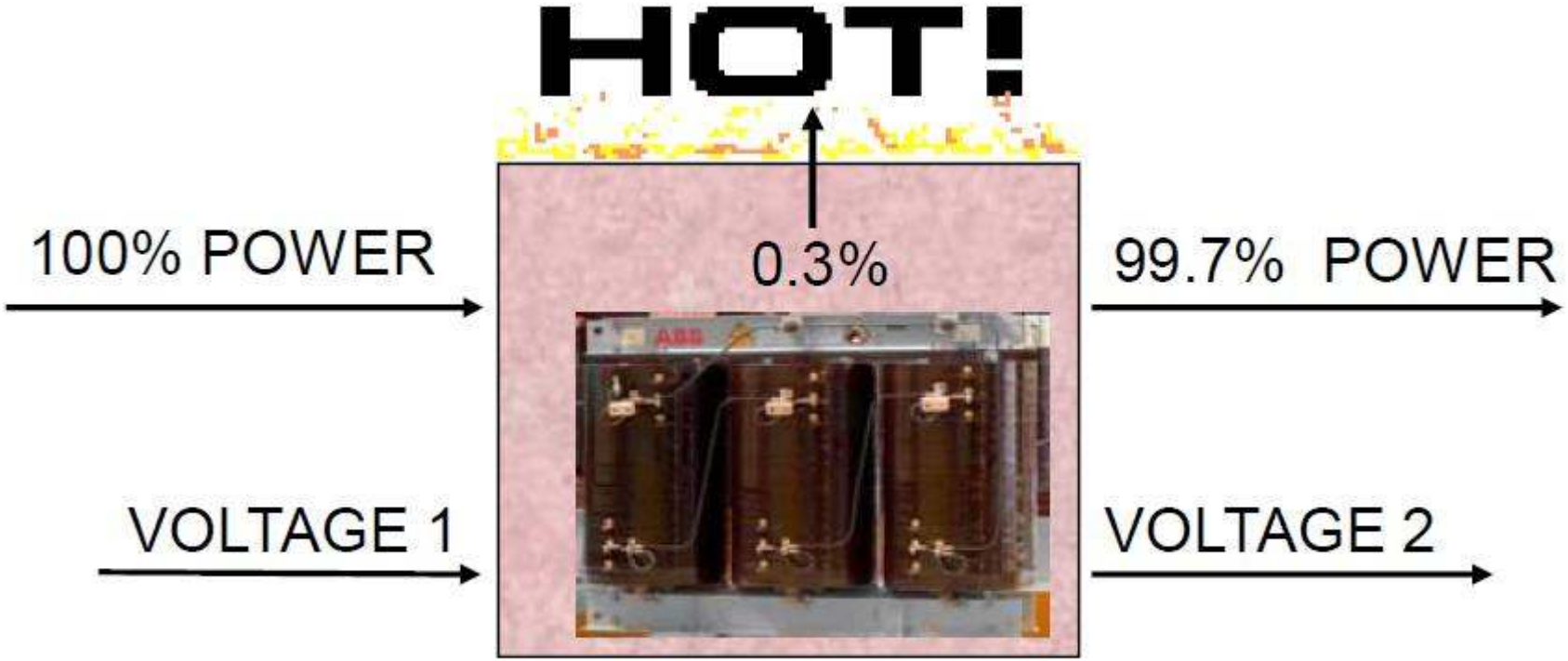
Clamping frame and truck

Rollers can be swung around for lengthways or sideways travel

TRANSFORMER FUNDAMENTALS
HEAT LOSS

Losses generate heat

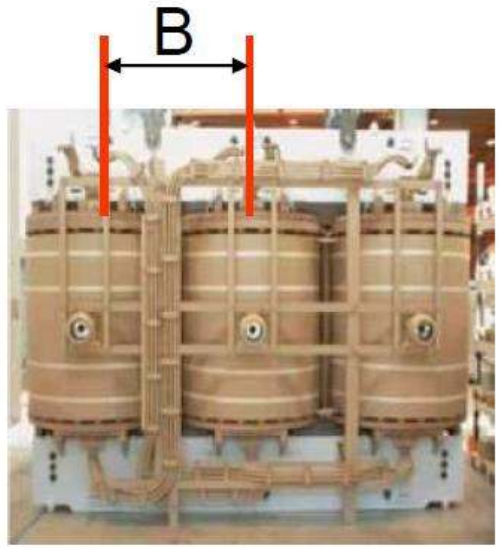
- Removed through air ventilation or oil circulation



TRANSFORMER FUNDAMENTALS
NO-LOAD LOSS

- No-load losses do not depend on the temperature
- Oil transformers have lower no-load losses than dry transformers for the same rating because the core is smaller (air needs larger clearance).

Example
1000 KVA:
No-load losses
for a dry
transformer:
2.300 W



Example
1000 KVA:
No-load losses
for an oil
transformer:
1.700 W

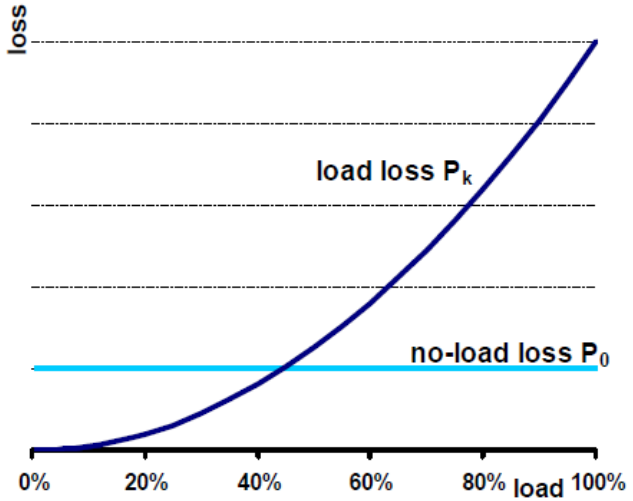
TRANSFORMER FUNDAMENTALS

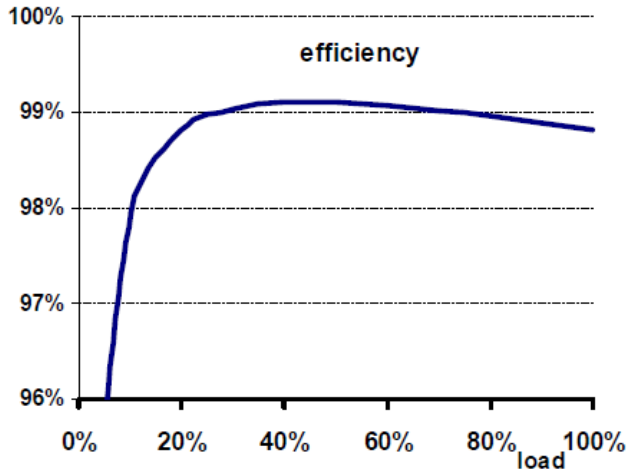
TEMPERATURE REFERENCE FOR LOAD LOSS

- Load loss:
- Load losses must be always referred **to the same temperature**
- Reference temperature for oil transformers is T=75º
- and for dry transformers T=120º. (F-class)
- Formula for recalculating the losses to any temperature:

$$P120º = P75º \times (234,5 + 120)/(234,5+75)$$

TRANSFORMER FUNDAMENTALS
LOSSES AND EFFICIENCY





Transformers have 2 loss components:

- No-load loss in iron core:
  - due to hysteresis and eddy currents
  - independent of load
- Load loss in windings:
  - due to resistive and eddy currents
  - increases with square of load
  - load loss value is given for 100% load

Transformer efficiency can easily be calculated from the losses

- maximum efficiency is typically at 40-50% load

COMPARE LOSSES: Oil Immersed Transformer Hermitically Sealed Type 12/24KV

	Brand A		Brand B		Brand C	
KVA	No Losses (W)	Losses (W)	No Losses (W)	Losses (W)	No Losses (W)	Losses (W)
1000	1600	13500	1600	13000	1600	13000
1250	1800	16000	1800	15500	1800	16000
1500	2000	18900	2100	18500	2100	19000
2000	2700	22700	2600	22500	2600	22700
2500	3200	26800	3000	26500	3300	26800

COMPARE LOSSES: Dry Type Transformer 24KV

	Brand D		Brand E		Brand F	
KVA	NO-LOAD LOSSES (W)	LOSSES (W)	NO-LOAD LOSSES (W)	LOSSES (W)	NO-LOAD LOSSES (W)	LOSSES (W)
1000	2300	9790	1550	9000	2100	7470
1250	2900	12020	1800	11000	2400	9440
1600	3100	14240	2200	13000	2600	10700
2000	4200	17550	2600	16000	3500	12800
2500	5000	17550	3100	19000	4300	15400

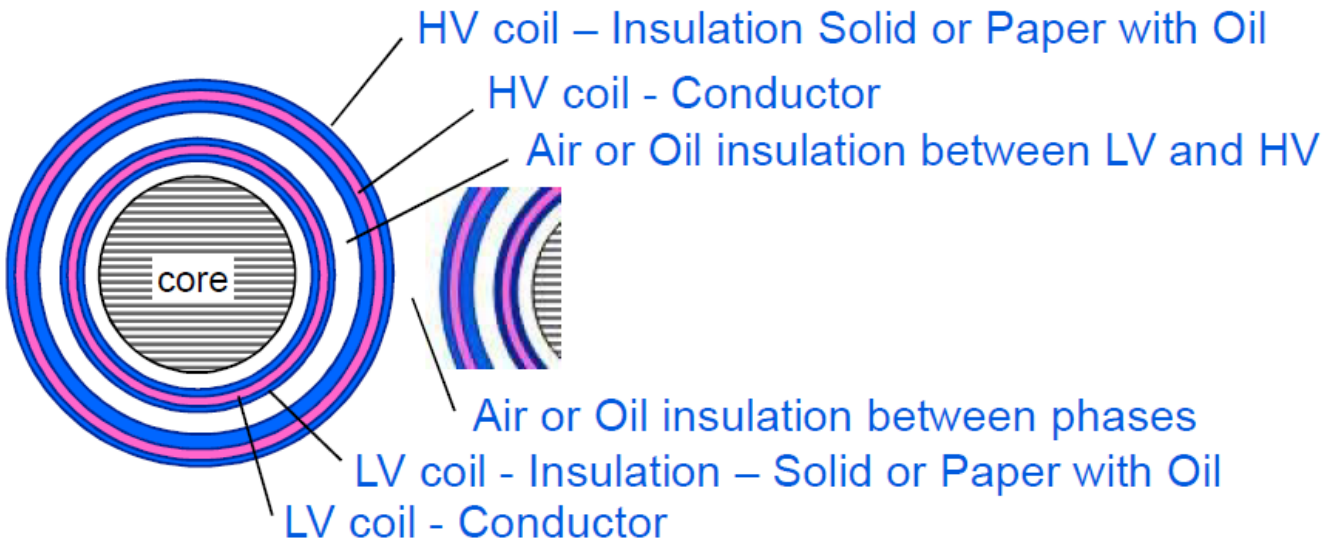
TRANSFORMER FUNDAMENTALS

WINDINGS AND CONDUCTOR MATERIALS

- Copper or Aluminum conductor is used
- Cu has a higher conductivity (1.7*108Wm) than Al (2.8*108Wm), but a higher density
- Transformers with windings made of Cu or somewhat more compact, but heavier than those made of Al
- Cu is more expensive than Al and more kg of metal is needed => transformers with Cu windings are more expensive
- Specific markets or customers may require
- Cu windings LV and HV coils use mostly the same conductor material,
- but it can also be different
- Cu and Al can be used in the shape of wires or foils

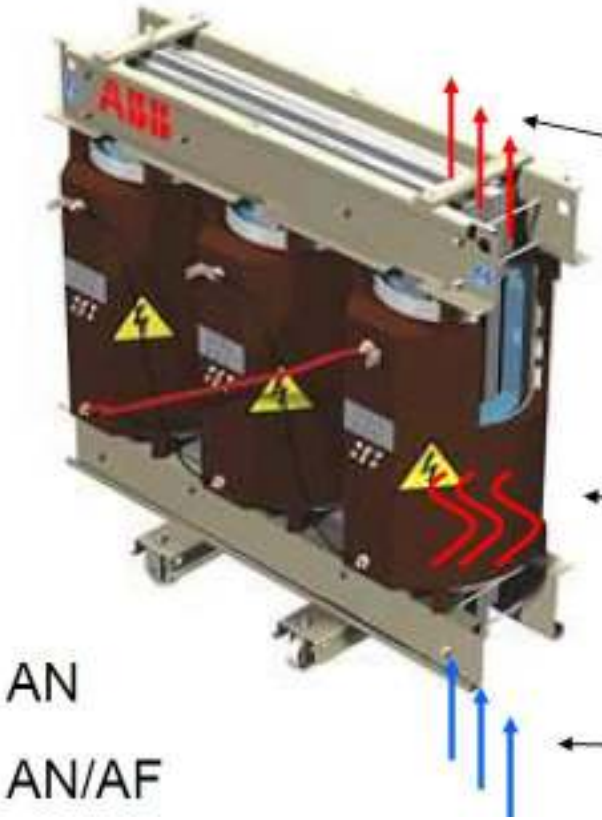
TRANSFORMER FUNDAMENTALS
INSULATION

- Transformer components need to be electrically insulated:
  - HV coil versus LV coil, phase versus phase, and coils versus core
- The majority of voltage and the electric field is taken up by air or oil
- The main purpose of the solid or paper insulation is:
  - dielectric insulation
  - avoidance of shorts between windings turns due to contamination
  - mechanical rigidity and protection for the coils



TRANSFORMER FUNDAMENTALS
COOLING OF DRY TRANSFORMERS

- In a dry transformer the heat generated by coils and core is dissipated to air



Hot air exit from the transformer

Heat generated in coils and core are transferred by the air through convection

Cold air entrance from the ambient

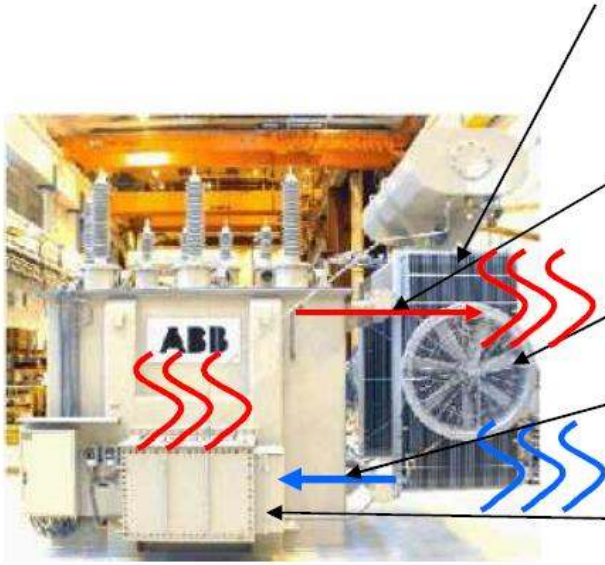
- AN
- AN/AF

TRANSFORMER FUNDAMENTALS
COOLING OF OIL TRANSFORMERS

- Mineral or synthetic oil is used for cooling & insulation
  - O Mineral Oil with Flash Point ≤ 300°C,
  - K Flash Point > 300°C & biodegradable
- Heat dissipated to air in the radiator

- ONAN
- ONAF
- OFAF
- KNAN
- ……..

Radiators with fans



The hot liquid, coming from coils and core, flows through the radiators

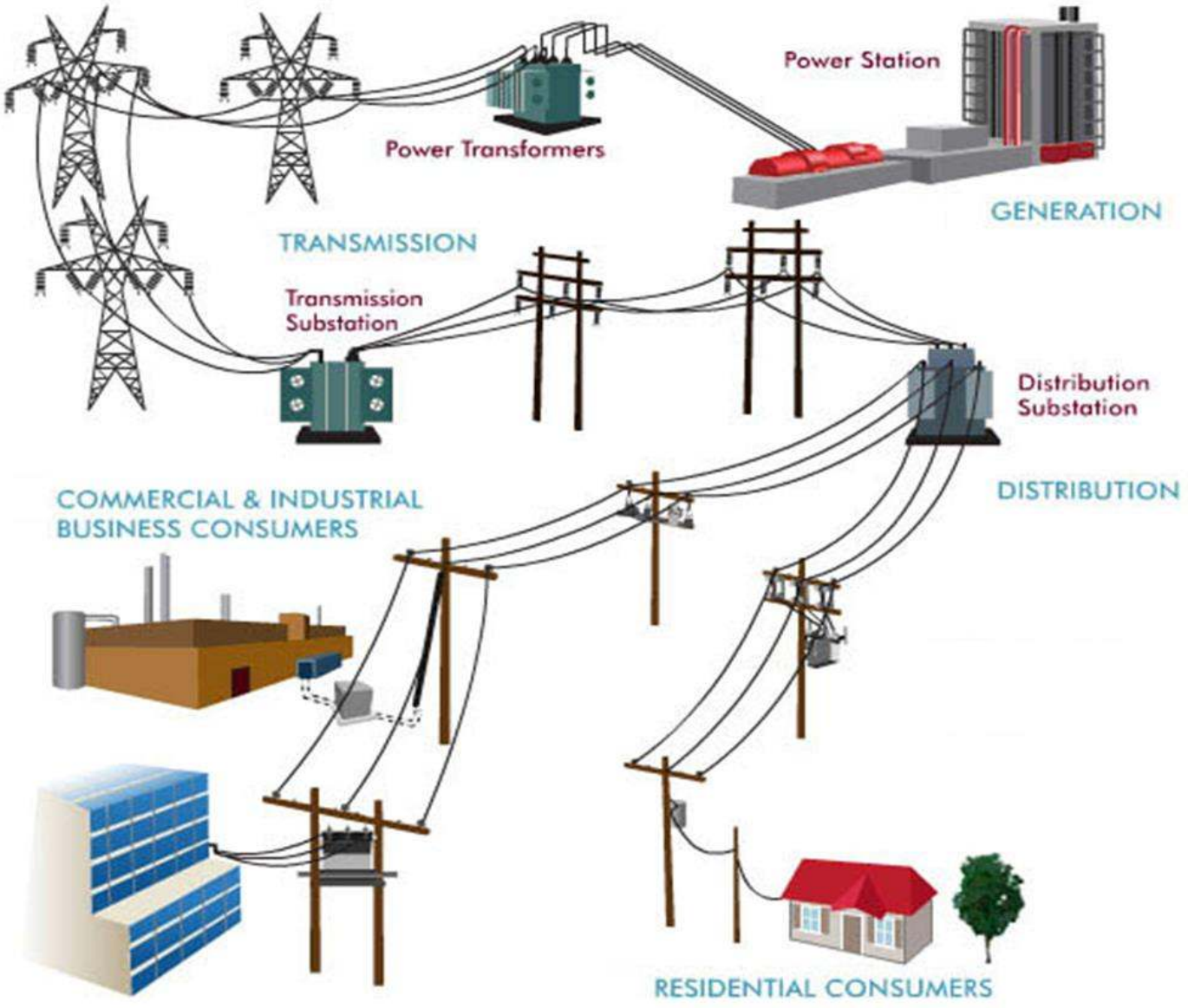
The heat is transferred in the radiators to ambient air, cooling thereby the liquid

The colder liquid flows back into the transformer tank

The cycle starts again: heat is generated at coils and core and transferred to the liquid

การติดตั้ง

Electricity System Interconnected

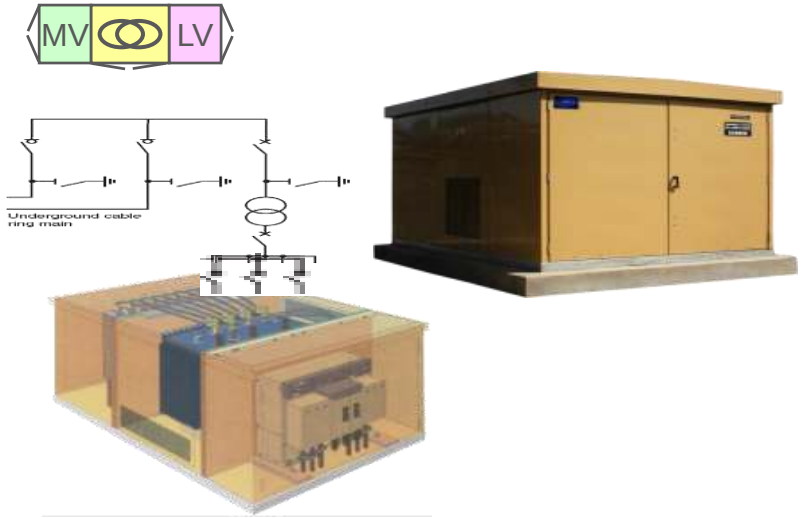


ข้อกำหนดมาตรฐานการติดตั้ง วสท.หม้อแปลงไฟฟ้าการติดตั้ง

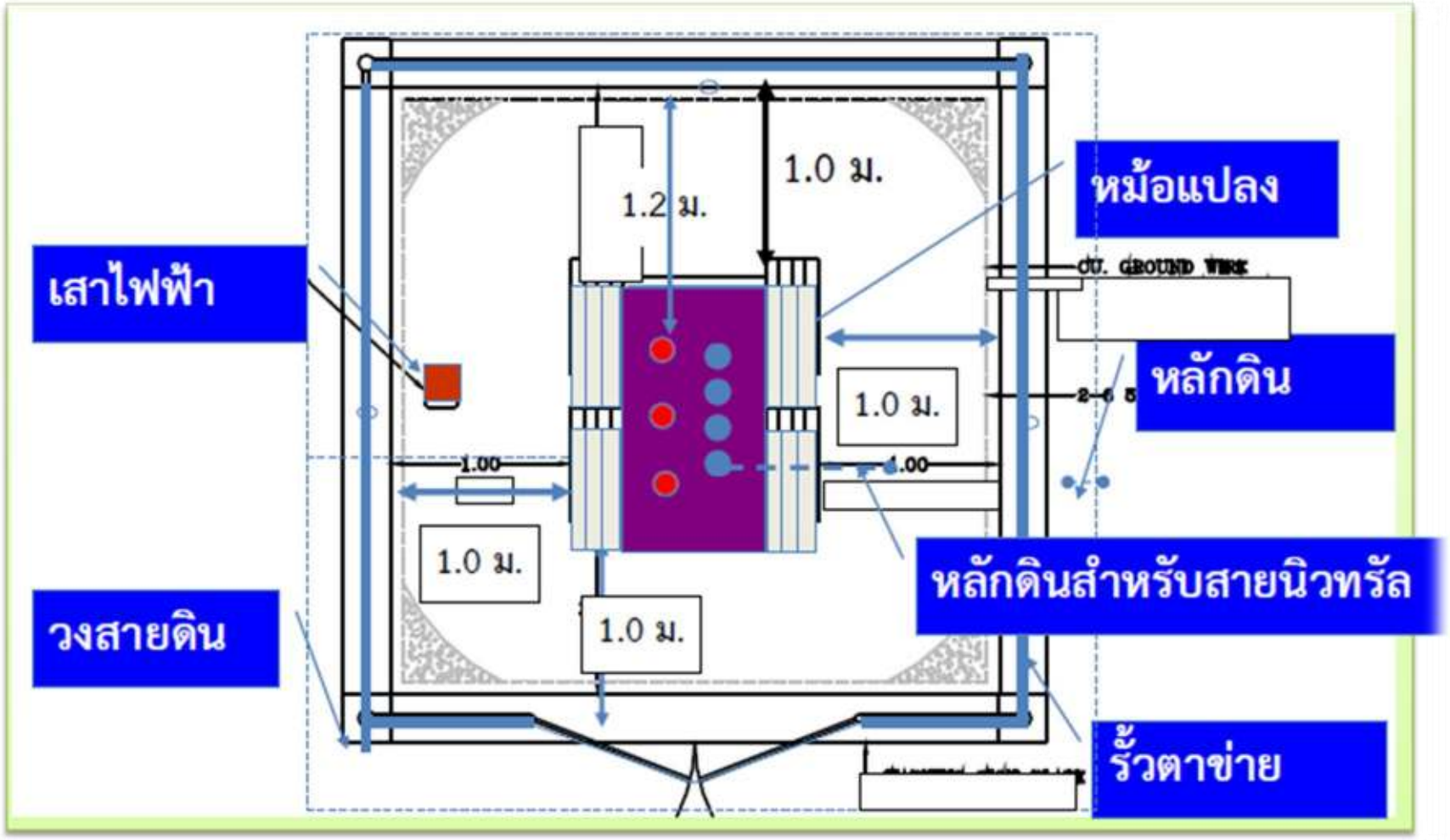
- ติดตั้งภายนอกอาคาร
  - บนนั่งร้านหม้อแปลง
  - บนลานหม้อแปลง
  - ในเครื่องห่อหุ้ม (Pad Mounted)
- ติดตั้งภายในอาคาร
  - ในเครื่องห่อหุ้ม
  - ในห้องหม้อแปลง

รูปแบบการติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า

รูปแบบการติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า



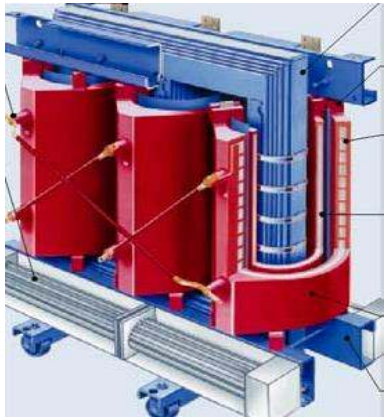
มาตรฐาน : ระยะห่างหม้อแปลงกับรั้วหม้อแปลง



ข้อกำหนดมาตรฐานการติดตั้ง วสท.หม้อแปลงไฟฟ้า
ข้อกำหนดเฉพาะในการติดตั้งหม้อแปลงแต่ละชนิด

- ขนาดไม่เกิน 112.5 kVA ติดตั้งห่างจากวัสดุไวไฟไม่น้อยกว่า 0.3 ม. หรือ กั้นด้วยแผ่นกันความร้อน หรือ อยู่ในเครื่องห่อหุ้ม
- ขนาดเกิน 112.5 kVA ต้องติดตั้งในห้องหม้อแปลง ยกเว้น.....
  1. มีระบบอุณหภูมิฉนวนไม่ต่ำกว่า 150°C และกั้นด้วยแผ่นกันความร้อนหรืออยู่ห่างจากวัสดุติดไฟได้
  2. มีระบบอุณหภูมิฉนวนไม่ต่ำกว่า 150°C และอยู่ในเครื่องห่อหุ้มปิดมิดชิด

- ต้องมีเครื่องห่อหุ้มที่ทนสภาพอากาศ และหม้อแปลงที่ขนาดเกิน 112.5 kVA ต้องอยู่ห่างจากวัสดุติดไฟได้ไม่น้อยกว่า 0.3 ม.



ติดตั้งได้ทั้งใน
และนอกอาคาร

ชนิดฉนวน
ของเหลวไม่ติดไฟ

ในอาคาร — ต้องอยู่ในห้องหม้อแปลง

นอก
อาคาร — เหมือนหม้อแปลงทั่วไป

ติดตั้งได้ทั้งในและนอกอาคาร

ชนิดฉนวนของเหลวติดไฟได้และติดไฟยาก

ในอาคาร

- ต้องอยู่ในห้องหม้อแปลง ยกเว้นหม้อแปลงสำหรับเตาหลอมขนาดไม่เกิน 75 kVA แต่ต้องมีรั้วล้อมรอบ

นอกอาคาร

- ต้องมีการปิดกั้นไฟที่เกิดจากของเหลวของหม้อแปลงลามไปติดอาคาร เมื่อ..
  - อยู่ใกล้อาคารหรือวัสดุที่ติดไฟได้
  - อยู่ใกล้ทางหนีไฟ ประตู หรือหน้าต่าง
- ส่วนที่มีไฟแรงสูง ต้องห่างจากอาคารไม่น้อยกว่า 1.80 ม.

ข้อกำหนดมาตรฐานการติดตั้ง วสท.หม้อแปลงไฟฟ้า

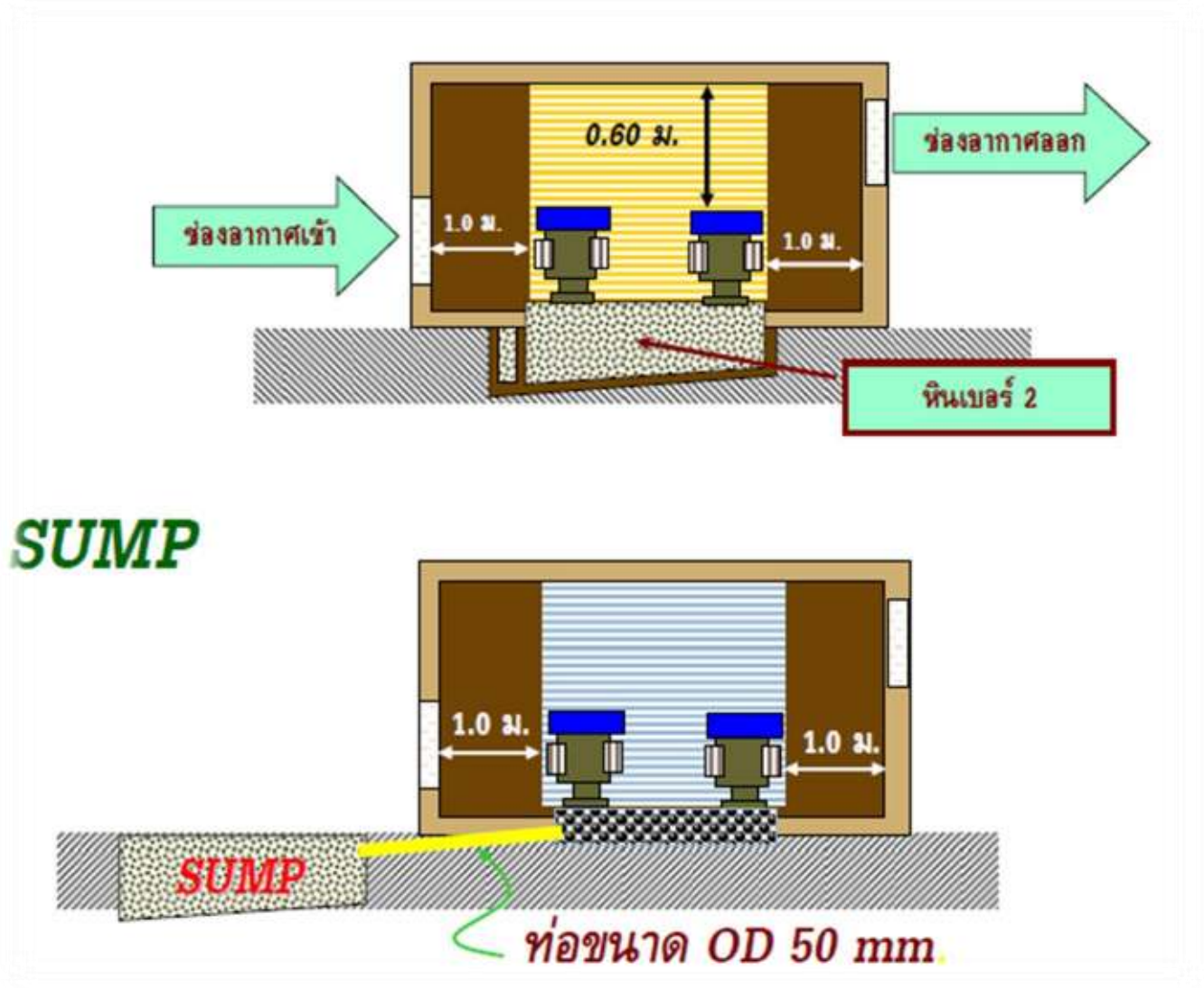
ห้องหม้อแปลงไฟฟ้า

- ห้องหม้อแปลงต้องอยู่ในบริเวณที่ขนย้ายหม้อแปลงทั้งลูกและระบายอากาศ ได้สะดวก หากใช้ท่อลมต้องเป็นชนิดทนไฟ
- ต้องเข้าตรวจสอบและบำรุงรักษาได้สะดวก
- การระบายความร้อน
  - ระบบหมุนเวียนอากาศตามธรรมชาติ
    - ขนาด 1 ตร.ม./1000 kVA
  - ใช้พัดลมดูดอากาศออก
    - ขนาดพัดลม 8.4 ลบ.ม./นาที/Total kW Loss
  - เครื่องปรับอากาศ
    - ขนาด 3,412 btu/h/kW_{loss}

ข้อกำหนดมาตรฐานการติดตั้ง วสท.หม้อแปลงไฟฟ้า: *โครงสร้างห้องหม้อแปลง*

ผนังและหลังคา	• คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 125 มม. (65 มม.) • อิฐ คอนกรีตบล็อก หนา 200 มม. (100 มม.) หรือ • สอดคล้องตามมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย วสท.
พื้น	• คอนกรีตเสริมเหล็กหนา 125 มม.
SUMP	• ขนาดที่สามารถบรรจุน้ำมันหม้อแปลงลูกที่มากที่สุดได้ไม่น้อยกว่า 3 เท่า และ • บรรจุหินเบอร์ 2 จน เต็ม • ถ้าบ่อพักอยู่นอกห้อง ต้องมีท่อ OD 50 มม. ระบายของเหลวออกภายนอก

ข้อกำหนดมาตรฐานการติดตั้ง วสท.หม้อแปลงไฟฟ้า: *โครงสร้างห้องหม้อแปลง*



ข้อกำหนดมาตรฐานการติดตั้ง วสท.หม้อแปลงไฟฟ้า: โครงสร้างห้องหม้อแปลง

- ประตู เป็นเหล็กหนาไม่น้อยกว่า 1.6 มม. และ มีประตูฉุกเฉินชนิดที่เปิดออกภายนอก
- มีธรณีประตู สูง 100 มม.
- สวิตช์ ต้องเป็นชนิด Load Break
- ต้องมีการต่อลงดิน (ขนาดสายต่อหลักดินไม่เล็กกว่า 35 ตร.มม.)
- ต้องมีแสงสว่างอย่างเพียงพอ ไม่น้อยกว่า 200 ลักซ์
- มีคู่มือการปฐมพยาบาล ด้วยการผายปอด
- ห้ามมีระบบท่ออื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้อง อยู่หรือผ่านห้อง
- ในห้องห้าม เก็บวัสดุที่ไม่เกี่ยวข้องกับการใช้งานทางไฟฟ้า และเก็บวัสดุเชื้อเพลิง

ข้อกำหนดมาตรฐานการติดตั้ง วสท.หม้อแปลงไฟฟ้า: โครงสร้างห้องหม้อแปลง

ห้องหม้อแปลง...
ฉนวนของเหลวไม่ติดไฟ & แบบแห้ง

- เหมือนห้องหม้อแปลงทั่วไป ยกเว้น ไม่ต้องมี SUMP (หม้อแปลงฉนวนของเหลวไม่ติดไฟ ต้องมีท่อระบายของเหลวออกนอกห้อง)
- ความหนาของผนังห้องลดลงได้...
  - คอนกรีตเสริมเหล็ก 65 มม.
  - อิฐทนไฟ คอนกรีต บล็อก 100 มม.

ลานหม้อแปลง (Transformer Yard)

- ต้องมีที่ล้อมที่ใส่กุญแจได้ และเข้าถึงได้เพื่อการตรวจสอบและบำรุงรักษา
- ส่วนที่มีไฟฟ้าแรงสูงเหนือที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน สูงไม่น้อยกว่า 2.75 ม. หรือมีที่กั้นเพื่อป้องกันการสัมผัส

มาตรฐานของหม้อแปลงไฟฟ้า

- การออกแบบ : วสท. 2556
- เหมาะในการติดตั้ง : ภายนอกอาคาร , ภายในอาคาร
- ผ่านมาตรฐานการทดสอบ : Temp Rise และอื่น
  - IEC 60076-11 : ฉนวน Class F = 155 C
  - IEC 60076-2 : ฉนวน Class A = 105 C
  - ความคงทนของขดลวดต่อแรงดันไฟฟ้า IEC 60076-3

- ระยะเวลาในการเสื่อมสภาพของน้ำมันหม้อแปลง
- โอกาสในการเกิดความเสียหายในกรณีที่ขาดการดูแล บำรุงรักษา
- ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง การบำรุงรักษา
- ขนาดของหม้อแปลง
- ค่าความสูญเสียของหม้อแปลง (Losses)
- วัตถุดิบ (Material) ของขดลวด
- ความสามารถในการระบายความร้อน
- ราคาของหม้อแปลง ในขนาดพิกัดที่เท่าๆ ในแต่ละยี่ห้อ

การทดสอบ

มาตรฐานการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า

- IEC 60076
- ANSI C57.12-1993
- NEMA TR.1
- TIS 384-2543

TEST LABORATORIES

Two test rooms certificate ISO / IEC 17025 since 2001 according to ENAC

(general requirements for the competence of testing and calibration laboratories)

THE FINAL TEST
ROUTINE AND SPECIAL TESTS

Routine and special Tests:

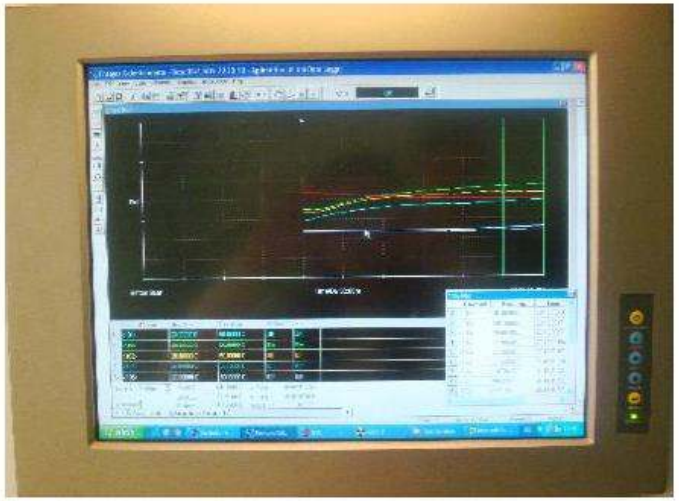
FAT

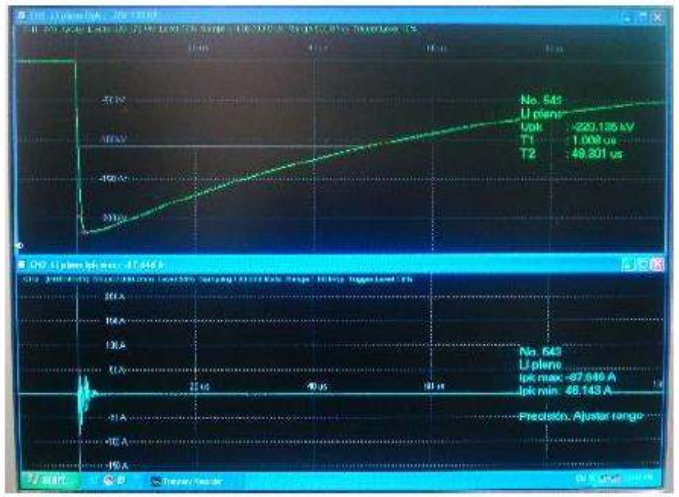
Temperature Rise Test

Lightning Impulse test

Sound level test

Other special tests…





การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า

- การทดสอบประจำ (Routine test)
- การทดสอบเฉพาะแบบ (Type test)
- การทดสอบพิเศษ (Special test)

การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า

การทดสอบประจำ (Routine Test) ประกอบด้วย

1. **การวัดความต้านทานของขดลวด (measurement of winding resistance)**

   เป็นการวัดความต้านทานของขดลวดแต่ละขด เพื่อเปรียบเทียบค่าที่วัดได้ระหว่างเฟสว่ามีขดลวดใดผิดปกติหรือไม่และเพื่อเอาค่าที่วัด ได้มาอ้างอิงกับอุณหภูมิปัจจุบัน สำหรับการแปลงค่าอ้างอิงไปที่อุณหภูมิอื่น เช่น ที่อุณหภูมิ 75 °C

2. **การวัดอัตราส่วนของแรงดันและการตรวจสอบการกระจัดเฟส (measurement of voltage ratio and check of phase displacement)**

   เป็นการวัดอัตราส่วนของแรงดันของหม้อแปลงเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดว่ามีค่าถูกต้อง มีค่าความคาดเคลื่อนอยู่ในพิกัดมาตรฐานหรือไม่และเป็นการวัดค่าความต่างเฟสของขดลวดทั้งสองด้านหรือที่เรียกว่าการหา Vector Group ของหม้อแปลง

การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า

การทดสอบประจำ (Routine Test) ประกอบด้วย

3. การวัดอิมพีแดนซ์ลัดวงจร (measurement of short-circuit impedance)

เป็นการวัดหา Impedance Voltage ด้วยวิธีการลัดวงจรหม้อแปลงระหว่างการตรวจวัด

4. การวัดความสูญเสียมีโหลด (measurement of load loss)

เป็นการวัดหาค่าความสูญเสียขณะจ่ายโหลดหรือ Copper Loss

5. การวัดความสูญเสียไม่มีโหลด และกระแสไม่มีโหลด (measurement of no - load loss and current)

เป็นการวัดหาค่าความสูญเสียขณะที่ไม่ได้จ่ายโหลดหรือความสูญเสียในแกนเหล็ก (Core Loss) และวัด หาค่ากระแสที่ไหลในขดลวดในขณะไม่ได้จ่ายโหลดหรือ No-Load Current

การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า

การทดสอบประจำ (Routine Test) ประกอบด้วย

6. การทดสอบความทนต่อแรงดันตามความถี่กำลังไฟฟ้า (power frequency AC withstand test)

เป็นการตรวจสอบฉนวนภายในหม้อแปลงที่คั่นอยู่ระหว่าง ขดแรงสูงกับแรงต่ำ แรงสูงกับ Ground แรงต่ำกับGround ด้วยการจ่ายแรงดันสูงกระแสสลับ 50Hz ระหว่างจุดที่จะทดสอบตามค่าและเวลาที่มาตรฐานกำหนด

7. การทดสอบความคงทนต่อแรงดันเหนี่ยวนำเกิน (induced voltage test)

เป็นการตรวจสอบฉนวนของเส้นลวดแต่ละเส้นที่พันเป็นขดลวด ด้วยการจ่ายแรงดันสูงเป็นสองเท่าให้กับชุดขดลวดตามระยะเวลาที่มาตรฐานกำหนด

8. การวัดค่าความต้านทานฉนวน (measurement of insulation resistance)

เป็นการตรวจวัดค่าความเป็นฉนวนโดยรวมของหม้อแปลงหรือที่เรียกว่า Megger Test โดยค่าวัดได้ต้องมีค่าสูงตามที่มาตรฐานกำหนด

การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า

การทดสอบประจำ (Routine Test) ประกอบด้วย

9. การทดสอบรอยรั่วซึมของน้ำมัน (oil leak test)

เป็นการทดสอบหาจุดรั่วซึมของตัวถังเมื่อเกิดความดันเพิ่มขึ้น

10. การทดสอบความเป็นฉนวนของน้ำมัน (oil dielectric strength test)

เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าความเป็นฉนวนของน้ำมันโดยการวัดความชื้นและความเป็นกรดของน้ำมัน

การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า

การทดสอบเฉพาะแบบ (Type Test)

1. การทดสอบแรงดันอิมพัลส์ฟ้าผ่า (lightning impulse test)
   เป็นการทดสอบความคงทนของฉนวนต่อแรงดันฟ้าผ่าตามที่มาตรฐานกำหนด

2. การทดสอบอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (temperature rise test)
   เป็นการทดสอบเพื่อวัดค่าอุณหภูมิขณะที่หม้อแปลงรับภาระสูงสุดว่ามีค่าไม่สูงเกินกว่ามาตรฐานหรือที่ตกลงกัน หากไม่ผ่านการทดสอบ แสดงว่าหม้อแปลงไฟฟ้านั้นมีขนาดพิกัดไม่ตรงกับที่ตกลงหรือไม่เต็ม KVA

3. การวัดระดับเสียง (determination of sound level)
   เป็นการทดสอบเพื่อวัดระดับเสียงของหม้อแปลงขณะที่จ่ายแรงดันปกติ

การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า

การทดสอบพิเศษ (Special Test)

1. การทดสอบความคงทนต่อการลัดวงจร (short-circuit withstand test)
   เป็นการการคงทนต่อแรงทางกลที่เกิดขึ้นขณะเกิดการลัดวงจร

2. การวัดการคายประจุบางส่วน (partial discharge measurement)
   เป็นการทดสอบการคายประจุไฟฟ้าระหว่างตัวนำผ่านโพลงอากาศในฉนวนต่างๆ ภายในหม้อแปลง เช่น น้ำมัน เรซิน เป็นต้น

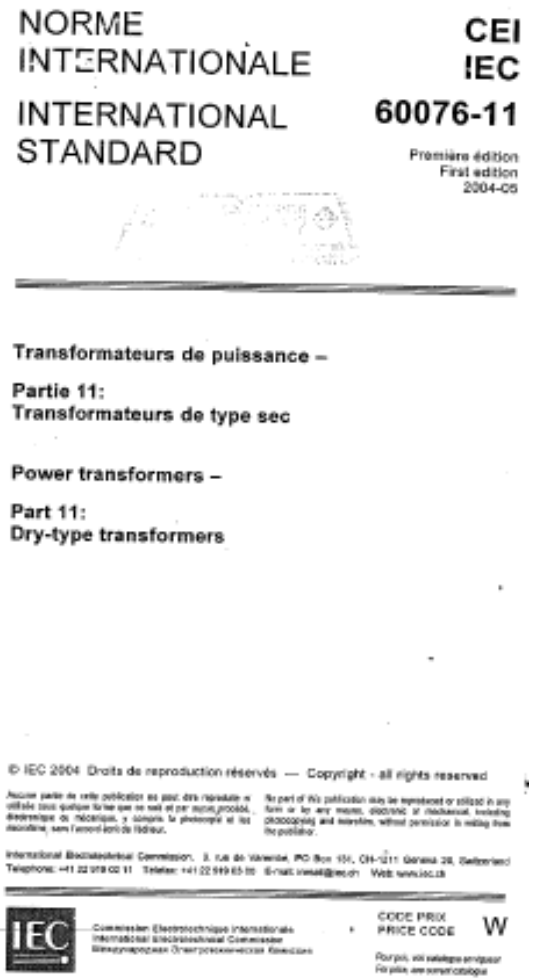
Insulation Class and Temperature Rise

F Class or H Class Insullation Material

Insulation Class	Permissible temp. Rise (K)	Max. System temperature (°C)
B	80	130
F	100	155
H	125	180

Routine tests according to IEC 60076-11 year 2004

- Measurement of winding resistance
- Measurement of ratio and proof of the vector group
- Measurement of short-circuit impedance, impedance voltage and short-circuit losses
- Measurement of no-load losses and no-load current
- Test with applied withstand voltage
- Test with induced withstand voltage
- Measurement of partial discharges



NORME INTERNATIONALE
INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60076-11

Première édition
First edition
2004-05

Transformateurs de puissance –

Partie 11:
Transformateurs de type sec

Power transformers –

Part 11:
Dry-type transformers

© IEC 2004 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

CODE PRIX
PRICE CODE W

Highlights

- F class insulation
- HV coils completely cast under vacuum into moulds
- Based on high reinforcement of glass fibres insulation
- Best mechanical strength and ideal resistance against temperature fluctuations

Highlights

- Hardly inflammable and self-extinguishing under short circuit conditions
- No content of any halogen, silicones, nitrogen in the insulation materials.
- Low partial discharge
- Highly moisture proof, The transformer can operate under highly relative humidity and be switched on without pre-drying even after a long period of storage.
- Most efficient cooling, forced cooling system renders increase of load up to 40%

DRY TYPE TRANSFORMER

High Quality Performance

- non-inflammable and self extinguishing :
  It is certified as F1
- insensitive to very high level of thermal shocks and load fluctuations and overload conditions :
  It is certified as C2
- insensitive to corrosive environment & resistant to pollution & humidity:

  It is certified as E2
- With respect to the dynamics ability to withstand short circuits.

  It is certified of short circuit performance.
- Passed the Seismic Qualification test

  It is certified of Seismic Qualification

Sample Test Report of Dry Type Transformer

Test Report CESI B1015151 Approved Page 1

Client	**BEST - Balikesir Elektromekanik Sanayi Tesisleri A.S.**
Address of the Client	Agir Sanayi Bolgesi TR-10040 BALIKESIR - TURKEY
Manufacturer	**BEST - Balikesir Elektromekanik Sanayi Tesisleri A.S.**
Tested samples/Items	Non-enclosed three-phase dry-type power transformer, with non-encapsulated windings, for continuous duty, with cooling by air natural convection (AN): Type BEST - 630 - 10.5/36 - 630 kVA - 10,5 kV / 0,4 kV
Tests carried out	***Thermal shock test for C2 class transformers*** ***Environmental Test Class E2 transformer***
Standards/Specifications	IEC 60076-11 (Ed.1.0) (2004-05)
Tests date	**from** May 12, 2011 **to** May 31, 2011

The results reported in this document relate only to the tested samples/items.
Partial reproduction of this document is permitted only with the written permission from CESI.

No. of pages	21	**No. of pages annexed**	
Issue date	June 06, 2011		
Prepared	PPR - Mantegazza Vittorio		
Verified	PPR - Vigleri Mauro, TPI - Pizzi Franco		
Approved	PMI - The Manager - Arcidiaco Lorenzo		

CESI S.p.A. Testing & Certification Division Testing Operations Area "Allan Plattner" Manager

CESI Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano Giacinto Motta spa — Via R. Rubattino 54, 20134 Milano - Italy, Telefono +39 022125.1, Fax +39 0221259440, http://www.cesi.it — Capitale sociale € 550.000 Euro i.v. — Codice Fiscale e numero iscrizione CCIAA 00793580150 — Registro Imprese di Milano, Codice Confidenza N. R.E.A. 429222, P.I. IT00793580150

KEMA

-1- TIC 3089-11

INSPECTION REPORT

Report number	TIC 3089-11
Client	BEST A.Ş Oraganize Sanayi Bolgesi 7Cd, No 1. Balikesir 10100 Turkey
Reference	PO 27466 date 27 May 2011 (72130094)
Concerning	Fire behaviour test for class F1 transformer
Date	7 June, 2011
Place	Balikesir, Turkey
Object	1 column of dry type transformer 630 KVA
Manufacturer	BEST A.Ş., Balikesir, Turkey

REQUIREMENTS
The requirements as mentioned in the standard IEC 60076-11 (2004), clause 28.3.

TEST PROGRAMME
The programme was specified by the client.
For the programme reference is made to page 3.

SUMMARY AND CONCLUSION
The test results obtained relate only to the work ordered and to the material tested.
The height Y of table 6 was 90mm in stead of approxamitely 40 mm
The transmission of the visible light was not measured.
The gas flow rate in the chimney was not measured.
The test passed the criterea quà temperatures of the evaluation of IEC 60076-11, clause 28.8.

KEMA Nederland B.V.

Author G.J. Veldscholten

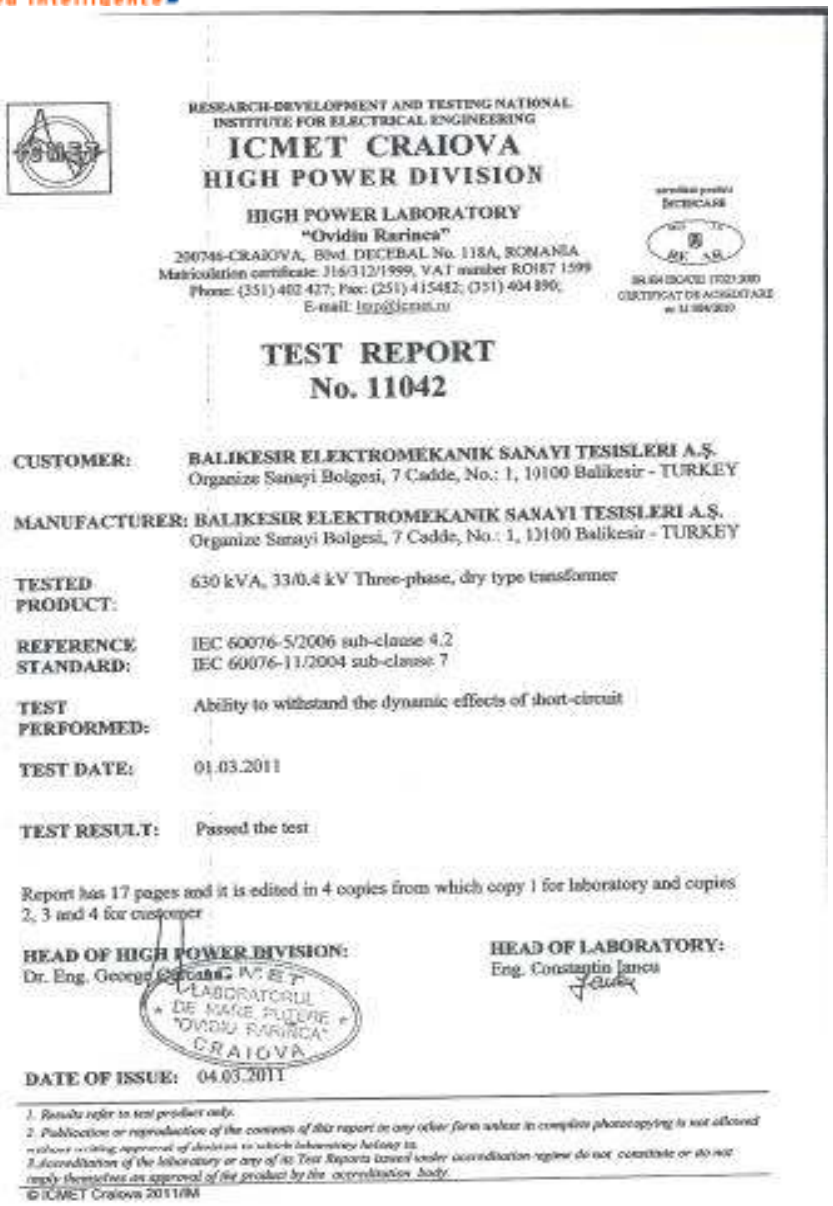
S.A.M. Verhoeven
Director Testing, Inspections & Certification The Netherlands

This report consists of:
22 pages incl. 2 annexes (15 pages)

Arnhem, 13 July 2011

© Copyright: Publication or reproduction of the contents of this report in any other form than a complete copy to the letter, is not allowed without our written consent.

Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem, Telephone +31 26 3 56 22 65, Telefax +31 26 4 46 17 28



RESEARCH-DEVELOPMENT AND TESTING NATIONAL INSTITUTE FOR ELECTRICAL ENGINEERING

ICMET CRAIOVA
HIGH POWER DIVISION

HIGH POWER LABORATORY
"Ovidiu Raricea"
200746-CRAIOVA, Blvd. DECEBAL No. 118A, ROMANIA
Matriculation certificate: 316/312/1999, VAT number RO187 1599
Phone: (351) 402 427; Fax: (251) 415482; (351) 404 890;
E-mail: lpr@icmet.ro

TEST REPORT
No. 11042

CUSTOMER:	**BALIKESIR ELEKTROMEKANIK SANAYI TESISLERI A.Ş.** Organize Sanayi Bolgesi, 7 Cadde, No.: 1, 10100 Balikesir - TURKEY
MANUFACTURER:	**BALIKESIR ELEKTROMEKANIK SANAYI TESISLERI A.Ş.** Organize Sanayi Bolgesi, 7 Cadde, No.: 1, 10100 Balikesir - TURKEY
TESTED PRODUCT:	630 kVA, 33/0.4 kV Three-phase, dry type transformer
REFERENCE STANDARD:	IEC 60076-5/2006 sub-clause 4.2 IEC 60076-11/2004 sub-clause 7
TEST PERFORMED:	Ability to withstand the dynamic effects of short-circuit
TEST DATE:	01.03.2011
TEST RESULT:	Passed the test

Report has 17 pages and it is edited in 4 copies from which copy 1 for laboratory and copies 2, 3 and 4 for customer

HEAD OF HIGH POWER DIVISION:
Dr. Eng. George [illegible]

LABORATORUL DE MARE PUTERE "OVIDIU RARINCA" CRAIOVA

HEAD OF LABORATORY:
Eng. Constantin Iancu

DATE OF ISSUE: 04.03.2011

1. Results refer to test product only.
2. Publication or reproduction of the contents of this report in any other form unless in complete photocopying is not allowed without written approval of division to which laboratory belongs to.
3. Accreditation of the laboratory or any of its Test Reports issued under accreditation regime do not constitute or do not imply themselves an approval of the product by the accreditation body.

© ICMET Craiova 2011/0M

KEMA

TIC 2130-13

TYPE TEST CERTIFICATE OF SHORT-CIRCUIT PERFORMANCE

APPARATUS	A three-phase dry type distribution transformer
DESIGNATION	Dry type distribution transformer **SERIAL No.** 1329

Rated power	1500 kVA
Rated voltage	11 kV ± 3 x 2,5% / 0,4 kV
Connection symbol	Dyn11
Rated frequency	50 Hz

MANUFACTURER	BEST Transformers, Balikesir, Turkey
TESTED FOR	BEST Transformers, Balikesir, Turkey
TESTED BY	KEMA HIGH-POWER LABORATORY AND HIGH-VOLTAGE LABORATORY Utrechtseweg 310 - 6812 AR Arnhem - The Netherlands
DATE(S) OF TESTS	15 to 25 November 2013

The apparatus, constructed in accordance with the description, drawings and photographs incorporated in this Certificate, has been subjected to the series of proving tests in accordance with

IEC 60076-5 (2006)

This Type Test Certificate has been issued by KEMA following exclusively the STL Guides.

The results are shown in the record of Proving Tests and the oscillograms attached hereto. The values obtained and the general performance are considered to comply with the above Standard with respect to the dynamic ability to withstand short-circuits.

This Certificate applies only to the apparatus tested. The responsibility for conformity of any apparatus having the same designations with that tested rests with the Manufacturer.

This Certificate consists of 43 sheets in total.

© Copyright. Only integral reproduction of this Certificate is permitted without written permission from KEMA. Electronic copies in e.g. PDF-format or scanned version of this Certificate may be available and have the status "for information only". The sealed and bound version of the Certificate is the only valid version.

KEMA Nederland B.V.

S.A.M. Verhoeven
Director Testing, Inspections & Certification The Netherlands

Arnhem, 15 January 2014

Comparison Table between Local Assembly and Fully Imported Dry Type Transformer

Description	Local Assembly	Fully Import			
		Brand A	Brand B	Brand C	Brand D
Routine Test					
Measurement of winding resistance	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Measurement of ratio and proof of the vector group	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Measurement of short-circuit impedance, impedance voltage and short-circuit losses	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Measurement of no-load losses and no-load current	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Test with applied withstand voltage	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Test with induced withstand voltage	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Measurement of partial discharges	On request	Yes	Yes	Yes	Yes
Type Test					
Lightning Impulse Test	On request	On request	On request	On request	On request
Temperature Rise Test	On request	On request	On request	On request	On request
Special Test Ceritificates					
Ability to withstand the dynamics effects of Short Circuit Performance Test	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Climatic Test (Thermal Shock Test)	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Environmental Test	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Fire Behavior Test	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Seismic Test	No	N/A	N/A	N/A	Yes

TRANSFORMER SPECIFICATION
BASIC

- Rated Power in kVA
  - kW x Power Factor
- Primary Voltage (± 5% Tolerance)
- Secondary Voltage at no load
- Number of phases & Frequency (± 5% Tolerance)
- Impedance
  - `Resistance to AC circuit with magnitude & phase
- Altitude (< 1000 m a.s.l.) & ambient temperature (40°C)
- Cooling type ← with AF, rating increases by up to 40%
- Losses ← low loss transformers up to ~50% higher costs
- Winding Material ← with Cu about 70% higher price

TRANSFORMER SPECIFICATION
ELECTRICAL INSULATION SYSTEM

- Thermal Class
  - It indicates the maximum temperature that a material can admit without changing its characteristics
  - The temperature rise admitted in windings will depend on the insulation material thermal class

thermal class	max. temp. admitted by the insulation material (°C)	average max. temperature rise in windings (K)	
(A)	105	65	← Oil
(B)	130	80	
(F)	155	100	← Dry
(H)	180	125	↙
(C)	220	150	

TRANSFORMER SPECIFICATION
WINDING TEMPERATURE RISE

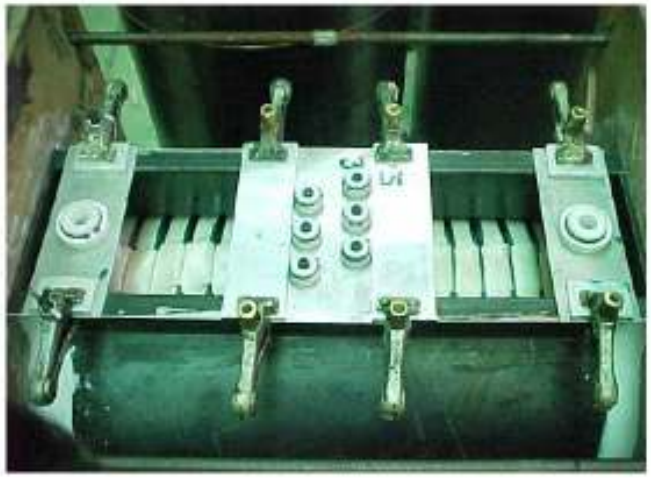
- The allowed winding temperature rise depends on the insulation class, maximum ambient temperature and hot spot
- Simple consideration: max. ambient T + winding T-rise <= max. T-rise admitted by the insulation class
- Example: oil transformer:
  - Maximum ambient temperature: 40ºC
  - Insulation class (A) = 105º C
  - Winding temperature rise admitted = 105 – 40 = 65ºC
    => allowed average winding T-rise:60°C
- Example: dry transformer:
  - Maximum ambient temperature: 40ºC
  - Insulation class (F) = 155º C
  - Winding temperature rise admitted = 155 – 40 = 115ºC
    => allowed average winding T-rise 100°C
- In practice the transformer is not continuously at 100% load and the temperature varies (day, month, year). This compensates for increased temperature during overload periods

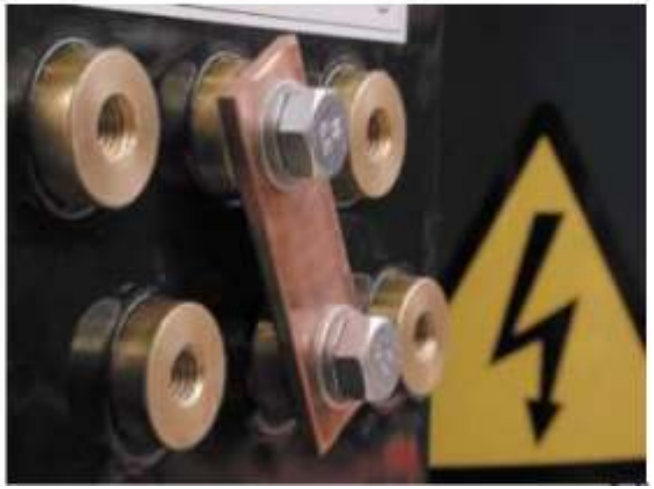
TRANSFORMER SPECIFICATION
TAP CHANGER

- Match the transformer to the system
  - Variation in primary or secondary voltage
- Example + or - 5% Tap for a 11 to 0.4 kV transformer
  - Turns Ratio = 11 / 0.4 = 27.5
  - Increase in Turns Ratio = 1.05 * 27.5 = 28.875
  - Decrease in Turn Ratio = 0.95 * 27.5 = 26.125
  - If Primary Voltage is constant, the secondary voltage at
    - +5% Tap – 11 / 28.875 = 380 V
    - -5% Tap – 11 / 26.125 = 412 V
  - To keep the Secondary Voltage constant with the Primary Voltage changing
    - +5% Tap – 0.4 * 28.875 = 11.55 k V
    - -5% Tap – 0.4 * 26.125 = 10.45 kV

TRANSFORMER SPECIFICATION
OFF LINE TAP CHANGER

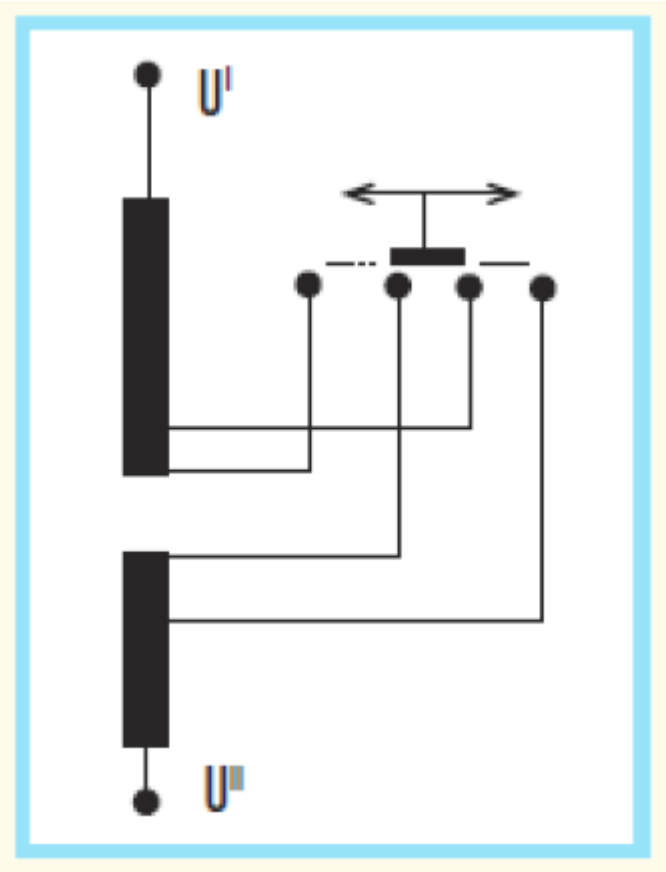
- Discrete voltage regulation by varying the number of turns
- Distribution transformers are normally furnished with **off-load tap changers**
- The standard number of positions is 5 (+/-2x2.5%). More positions can be manufactured on request
- Connections are normally bolted for Dry Type





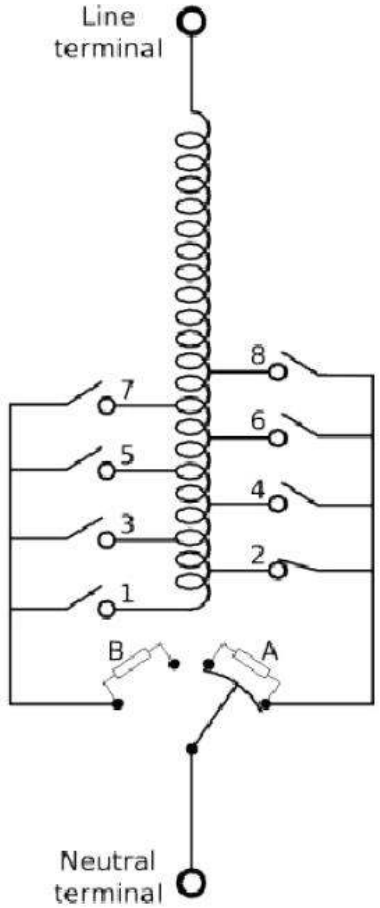
TRANSFORMER SPECIFICATION
OFF LINE TAP CHANGER – OIL TYPE

- Tap changer located in the tank



TRANSFORMER

On-Load Tap Changer for frequently varying voltages



Dry-type transformers

New IEC 60076-11 requirement

Table 5 - Sequence of Tests

Classes			Climatic		Environmental			Fire Behavior	
Tests		Clauses	C1	C2	E0	E1	E2	F0	F1
1	Thermal Shock at -5 ℃	27.3	Yes	No	-	-	-	-	-
2	Thermal Shock at -25 ℃	27.4	No	Yes	-	-	-	-	-
3	Condensation test	26.3.1	-	-	No	Yes	No	-	-
4	Condensation and Humidity Test	26.3.2	-	-	No	No	Yes	-	-
5	Fire Behavior	28.3	-	-	-	-	-	No	Yes

Special Test

Environmental classes according to IEC Standard:

- E0 No condensation occurs on the transformers and pollution is negligible
- E1 Occasional condensation can occurs on the transformer. Limited pollution is possible
- E2 Frequent condensation or heavy pollution or combination of both.

Test conditions (new) for classes E1/E2:

A) condensation test

- humidity in the test chamber >93% ; conductivity of the water shall be 0,1 - 0,3 S/m for class E1; 0,5 …1,5 S/m for class E2.
- temperature has to be regulated in such a manner that condensed water occurs on the surface of the transformer tank.
- test duration: 6 hours
- after that: separate-source and induced voltage tests (reduced to 75%)

B) humidity penetration test

- humidity in the test chamber: 90% ±5%
- temperature: 50 °C ±3°C
- test duration: 144 Std.
- after that: separate-source and induced voltage tests (reduced to 75%)

Special Test

Climatic classes according to IEC Standard:

- C1 indoor installation only; operation at ambient temperature >-5° ; transport and storage down to -25 °C
- C2 transport, storage and operation down to -25 °C

Test procedure (new):

- decrease of ambient temperature down to -25 °C in 8 hours
- maintain of the transformer at - 25 °C for 12 hours
- Class C1 only: Rise of temperature to - 5°C in 4 hours
- Class C1 only: Maintain of the transformer at - 5 °C for 12 hours
- temperature shock: Apply of twice the rated current until the maximum operation temperature is reached.
- after that: separate-source, induced voltage tests (reduced to 75%) and partial discharge measurement

Special Test

Fire behaviour classes according to IEC Standard:

- F0 no special fire risk to consider
- F1 transformer is subject to fire hazard → restricted flammability and minimised emission of toxic substances and opaque smokes

Test procedure to prove fire behaviour class F1:

- definite test chamber described in HD 464 S1 Annex ZC
- combustion of a definite amount of alcohol under the test object
- additional heating by a radial electric panel
- controlled air flow in the combustion chamber
- permanent recording of temperatures and smoke production

Test criteria : no exceeding of definite maximum values for temperature rise and smoke production during various test phases

TRANSFORMER SPECIFICATION

Environmental & Climatic Conditions – Dry Type

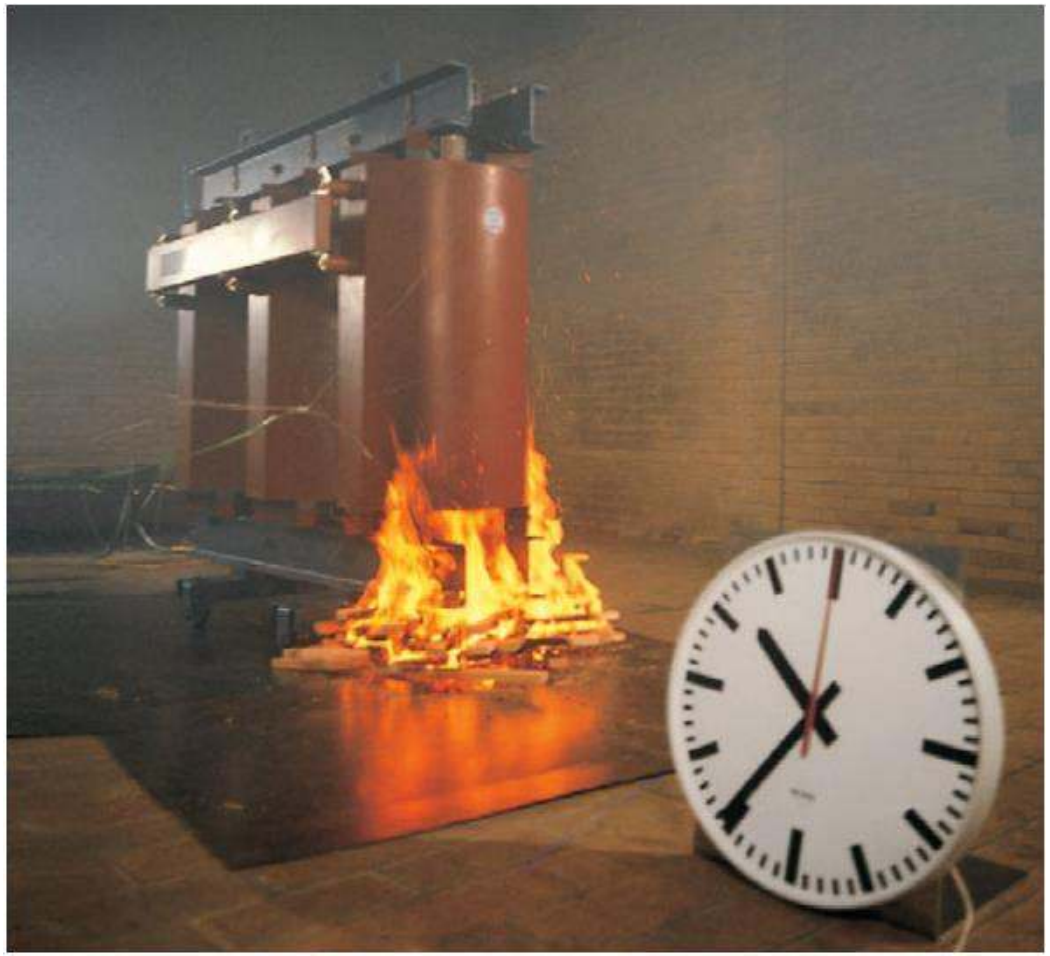
Environmental Class:

- E0 Normal indoor installation, no condensation, no considerable pollution
- E1 Limited pollution, occasional condensation e.g. off circuit periods
- E2 Heavy pollution, frequent condensation

Climate Class:

- C1 Lowest ambient temperatures:
  - operation – 5°C
  - storage and transport - 25°C
- C2 Lowest ambient temperatures:
  - operation –25 °C
  - storage and transport at –25°C

DRY-TYPE TRANSFORMERS SPECIAL TEST CLASSIFIED UNDER THE CATEGORIES LISTED BELOW:



- Environmental categoryE2
- Climatic category C2
- Fire category F1

TRANSFORMER SPECIFICATION
FIRE RESISTANCE – DRY TYPE

Fire Class:

- F0 No special requirements except typical characteristics for dry-type transformers
- F1 Increased demands
  - All materials practically free of halogens
  - Limited formation of fumes
  - Limited contribution with calorific energy to the source of fire
  - Self extinguishing transformer fire

COST DRIVERS
VOLTAGE CLASS AND IMPULSE LEVEL (BIL)

The transformer must withstand the corresponding BIL level according to the voltage level – Induced Voltage (Separate Source Withstand) & Lightning Impulse Test

The different standards (IEC, ANSI, etc.) give more than one BIL level for the same voltage. For example in IEC:

U_M	F.I. kV_{ef}	BIL List 1	BIL List 2
1,1	3		
3,6	10	20	40
7,2	20	40	60
12	28	60	75
17,5	38	75	95
24	50	95	125
36	70	145	170
52	95		250
72,5	140		325

The lower the BIL-level for the same U_M, the lower is the price

TRANSFORMER SPECIFICATION
ENCLOSURE AND IP CLASSIFICATION

- The "IP" classification describes the degree of protection provided by enclosures
- Explanation of numbers: IP23
  - 1st number: protection against solid foreign objects: e.g. 2 corresponds to openings of max. 12.5 mm diameter (=finger).
  - 2nd number: protection against water: e.g. 3 provides protection against sprayed water

IP

First characteristic numeral	
Protected from solids	
0	Not protected
1	50mm diameter
2	12.5mm diameter
3	2.5mm diameter
4	1.0mm diameter
5	Dust resistant
6	Dust tight

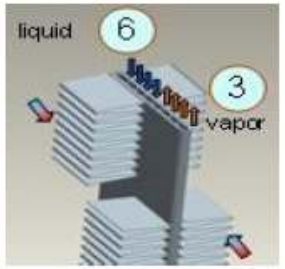
Second characteristic numeral	
Protected from water	
0	Not protected
1	Dripped vertically
2	Dripped at 15°angle
3	Sprayed
4	Splashed
5	Jet spray
6	Strong jet spray
7	Temporary immersion
8	Continuous immersion

DRY TRANSFORMERS - ACCESSORIES

ENCLOSURES

- Dry transformers can be used for indoor or outdoor installations
- for outdoor installations an enclosure is always necessary
- for indoor applications client may want an enclosure due to:
- safety reasons (energized transformers are not allowed to be
- touched)
- ambient conditions (e.g. dust, water,..)

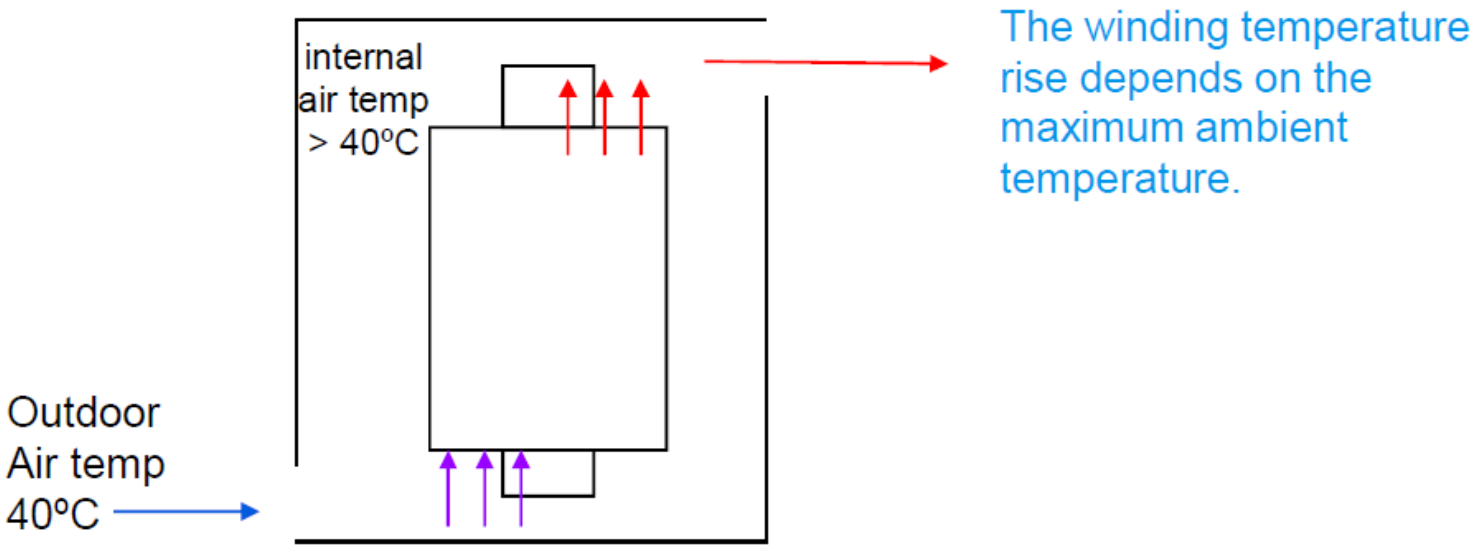
ENCLOSURE AND COOLING



- Ventilated and non-ventilated enclosures (for high IP) need to be distinguished
- In case of dirty or contaminated ambient, non-ventilated enclosures should be used
- Non-ventilated enclosures could need a heat exchanger
- Heat exchangers can be air-to-air or air-to-water heat exchangers
- Recently a more compact thermosiphon-based air-to-air heat exchanger was introduced
- Additionally the direct-water cooled technology is now available and allows to take out heat directly from the transformer without the need to pass via a heat exchanger

ENCLOSURE AND COOLING

- When a dry transformer is defined with enclosure, the temperature rise for windings needs to be lower than for IP00 transformers, because the air temperature inside the enclosure is higher.
- A complete air temperature calculation is required. The larger the IP degree, the lower the winding temperature rise is permitted



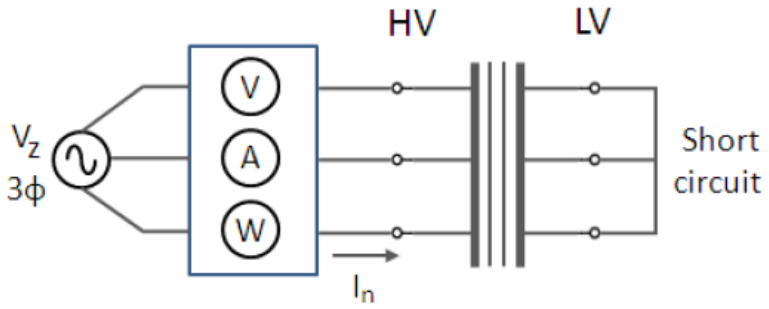
The winding temperature rise depends on the maximum ambient temperature.

OIL TRANSFORMERS - ACCESSORIES

TRANSFORMER BASIC REQUIREMENTS

- Primary & Secondary Voltages with tapping
  - Measure, Calculate and confirm
- Maximum Coincident Load + contingency for planned & unplanned growth
  - kVA = kV x A x 1.732 (square root of 3)
- Harmonics
  - < 5% THD
  - K Factors – weighting for harmonics
    - K 1 is linear load
    - K 4, 9 & 13 are common – transformer Is de-rated accordingly
  - Harmonic Filtering

IMPEDANCE MEASUREMENT



- Short circuit secondary windings
- Increase voltage on primary windings until full load current flows on the secondary
  - Impedance Voltage is due to winding resistance and leakage current
- Z in % - (Impedance Voltage / Rated Voltage)
- Short circuit Impedance is the percentage of drop in Voltage due to winding resistance and leakage reactance to the rated Voltage

IMPEDANCE

- Typical values 4 to 6% depending on the transformer size
  - Impedance is specified at 100% load
  - For ANAF rating it is at AN rating & not at AF
- Determines the maximum value of current under fault conditions
  - Impacts on the design of the protection system
  - Impedance increases with the number of turns and the thickness of the coil
  - Impedance reduces with core area and the height of the transformer
  - Design is a compromise between losses and impedance

SIZE

- Space constraints
- transformer are bigger and heavier
- No specific advantage between Al or Copper
- Cu transformers are shorter, fatter and heavier but more expensive

Sizes for the Same Rating - Al vs Cu					
Winding	Length	Width	Height	Weight	Price
Aluminium	1,700	801	2,076	3,105	100%
Copper	1,850	1,010	1,850	4,300	175%
%	109%	126%	89%	138%	

LOCATION

- Outdoor / Indoor, Dusty, Salty
  - Indoor – preferably dry transformers
    - Self extinguishing and environmentally friendly
    - Lower maintenance
  - Outdoors
    - Dry transformers can be installed with IP44 enclosure
      - C4H painting, Sealing of low voltage coil and space heaters
  - Oil transformers are suitable for external installation with harsh environmental conditions

MAINTENANCE & LIFE CYCLE EXTENSION

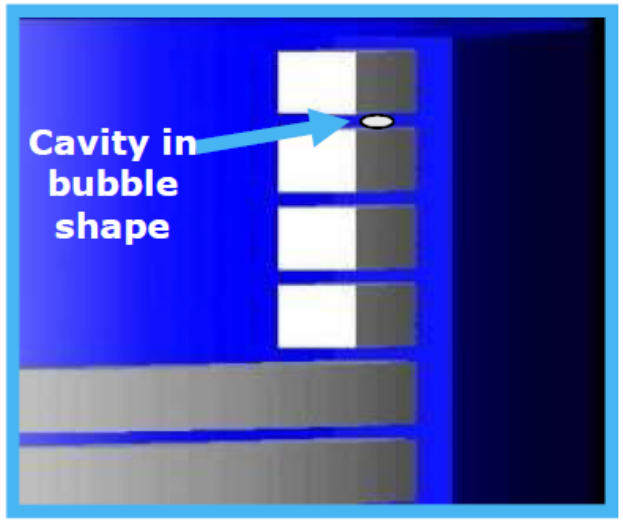
- Preventive & corrective maintenance
- On site active part drying & de-gassing
- Oil regeneration
- Life extension products
- End of life management

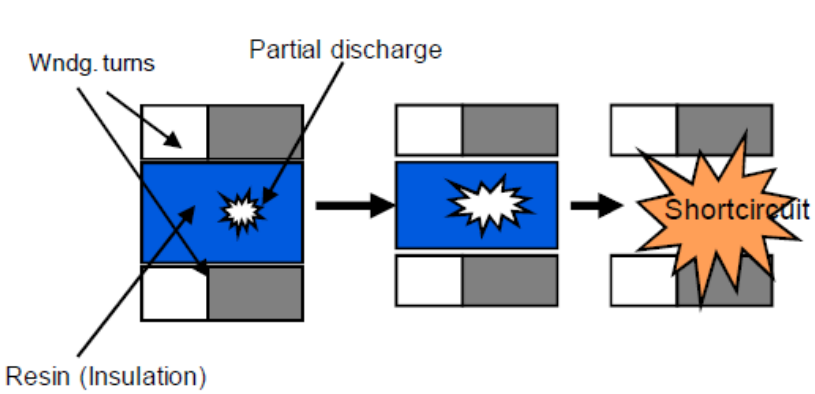
MAINTENANCE
DRY TRANSFORMERS

- Low maintenance
- Annual or quarterly for harsh environments such as dust or fumes or exposed to vibrations
  - Check for tightness of screws and bolts
  - Clean dusty surfaces with vacuum clearer or with dry air / Nitrogen
- Insulation Resistance Test

MAINTENANCE
PARTIAL DISCHARGES

- If the insulation of a winding has a defect, partial discharge appears.
- In a vacuum cast transformer this defect can originate from an air bubble generated during the resin filling process.
- This air cavity creates small electrical discharges, e.g. due to the potential difference between two turns. With time it destroys the insulation.





Partial discharges must be measured. Standard values are below 10 pC

MAINTENANCE
OIL TRANSFORMERS

- Check oil leaks and oil level at regular intervals
- Oil including Midel are hygroscopic – will absorb atmospheric moisture
  - Maintenance of Silica Gel Breather - monthly
  - Annual Oil Sampling
    - Increase frequency if highly loaded
    - Serviceability of oil – dielectric strength & water content
    - Insulation system – deterioration of oil & paper produces combustible gases – Dissolved Gas Analysis
- Maintenance of accessories

การตรวจสอบ

การตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อแปลง

การบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้าที่นิยมใช้กันทั่วไปอาจแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีคือ

- **การบำรุงรักษาเชิงแก้ไข (collective maintenance)**

การบำรุงรักษา**หลังจากที่หม้อแปลงชำรุดแล้ว**เป็นการบำรุงรักษาที่อาจส่งผลกระทบต่อการผลิต เนื่องจากหม้อแปลงอาจชำรุดมากจนไม่สามารถใช้งานต่อและการชำรุดดังกล่าวอาจลุกลามจนเป็นความเสียหายที่มีค่าใช้จ่ายสูงได้

การตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อแปลง

- **การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (preventive maintenance)**

การบำรุงรักษาที่ทำตามแผนและระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้ เพื่อป้องกันการชำรุดของหม้อแปลงไฟฟ้า และยังสามารถยืดอายุการใช้งานหม้อแปลงให้ยาวนานขึ้น โดยมีการวางแผนการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมออาจเป็นรายเดือน เป็นรายไตรมาส หรือรายปี เป็นต้น โดยการบำรุงรักษาจะทำทั้งขณะที่จ่ายไฟและเมื่อดับไฟแล้ว ซึ่งหากพบเจอความผิดปกติใด ๆ ก็จะสามารถวางแผนในการซ่อมบำรุงได้ เพราะการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเป็นการบำรุงรักษาที่**เน้นการตรวจพบและซ่อมแซม**ก่อนที่หม้อแปลงไฟฟ้าจะเกิดการ Breakdown หรือหากต้องมีการดับไฟฟ้า ก็เป็นการดับไฟฟ้าอย่างมีแผนล่วงหน้า ทำให้สามารถรับมือถึงผลที่จะกระทบที่ตามมาได้

การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PREVENTIVE MAINTENANCE)

- **ด้วยวิธี Visual Check หรือ Inspection Check**

เป็นการตรวจสอบอุปกรณ์ภายนอกที่ทำาได้ด้วยตัวเอง

- **ด้วยวิธีวัดหรือทดสอบ (Measurement Or Testing)**

เป็นการวัดและทดสอบอย่างละเอียดเพิ่มเติมจาก Visual Check / Inspection Check

- **Insulation Resistance Measurement (Polarization Index)**
- **PT 100 Check (measure resistance compare with table)**
- **Temperature Protection Test**

งานตรวจสอบ แก้ไข ซ่อม/บำรุงรักษา

ตรวจดูสารกรองความชื้น หากเสื่อมคุณภาพต้องรีบเปลี่ยน

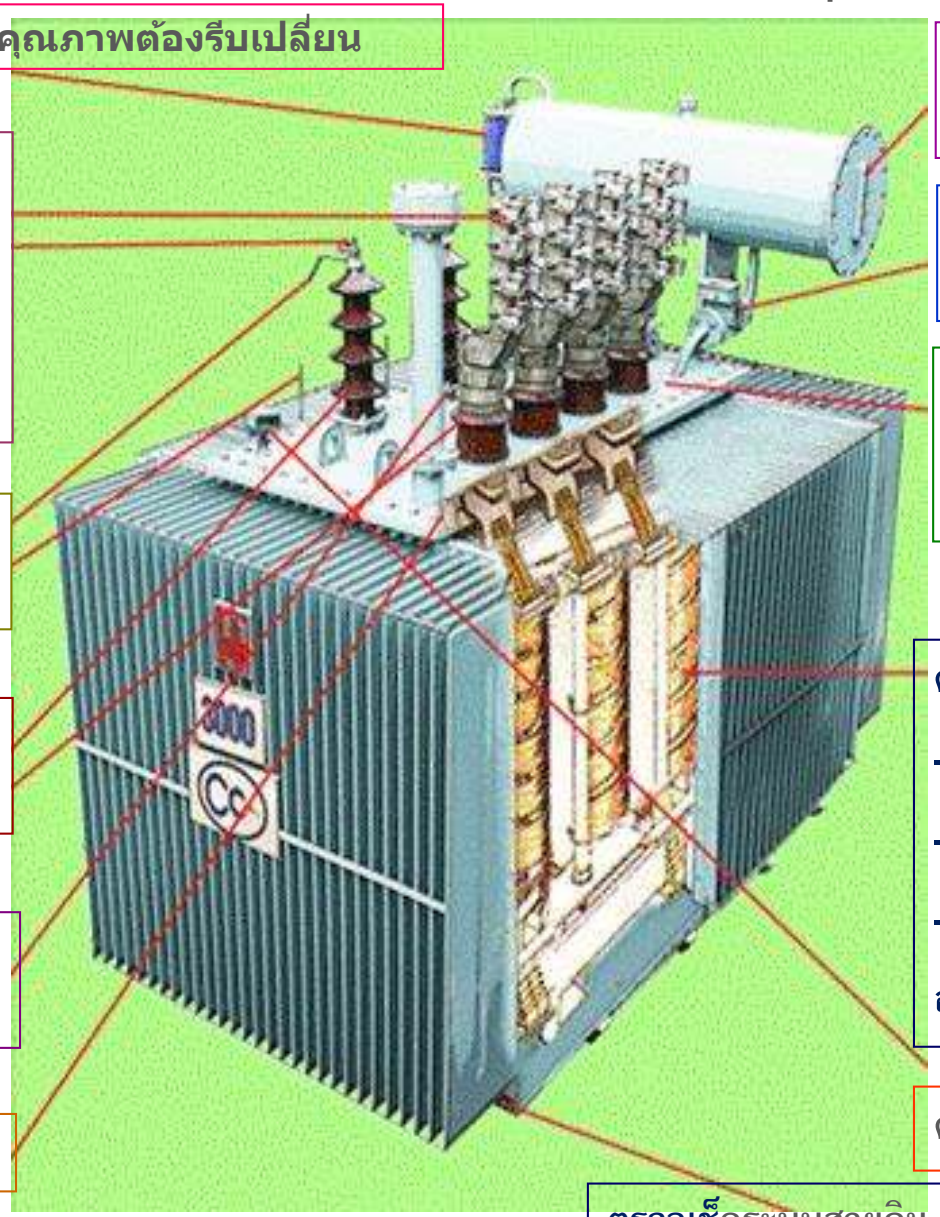
ตรวจสอบและขันขั้วต่อสายทุกจุด ทั้งด้านแรงสูงและแรงต่ำ ให้กระชับแน่นอยู่เสมอ เพื่อป้องกัน ARC และเกิด OXIDE อันอาจทำให้หม้อแปลงชำรุดได้

ตรวจสอบและตั้งระยะแกนล่อฟ้าให้ถูกต้อง

ทำความสะอาดBushing ทั้งแรงสูงและแรงต่ำ

ตรวจเช็คการทำงานของอุปกรณ์ปรับแรงดัน

ตรวจเช็คปะเก็นทุกจุด



ตรวจดูระดับและค่าความเป็นฉนวนของน้ำมัน

ตรวจสอบการใช้งานของ Buchholz relay

ทำความสะอาดและตรวจดูการรั่วซึมของน้ำมันตามบริเวณตัวถังโดยรอบ

ตรวจวัดค่าฉนวนระหว่าง
- ขดลวดแรงสูงกับขดลวดแรงต่ำ
- ขดลวดแรงสูงกับ Earth
- ขดลวดแรงต่ำกับ Earth

อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยหรือไม่

ตรวจเช็คการทำงานของเทอร์โมมิเตอร์

ตรวจเช็คระบบสายดิน

ข้อควรปฏิบัติก่อนการตรวจสอบและบำรุงรักษา

1. การตรวจสอบหม้อแปลงไฟฟ้าขณะจ่ายไฟ **ไม่ควรเข้าตรวจสอบในขณะที่สภาพอากาศมีความชื้นสูงหรือหลังฝนตก** เพราะความชื้นในอากาศทำาให้ความเป็นฉนวนลดลง อาจเกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้ และในขณะที่ทำการตรวจสอบ ห้ามเข้าใกล้ส่วนที่มีไฟฟ้าเกินกว่าระยะที่จะเป็นอันตรายได้
2. การตรวจสอบหม้อแปลงไฟฟ้าขณะที่ดับไฟ ในการดับ**จะต้องดับไฟด้านแรงต่ำก่อนและดับด้านแรงสูงตาม** และเมื่อดับไฟแล้วให้ทำการตรวจสอบว่ามีไฟหรือไม่ เมื่อมั่นใจแล้วว่าไม่มีไฟให้ทำการ Discharge ประจุที่อาจจะตกค้างในตัวหม้อแปลงให้หมดก่อนทุกครั้ง รวมทั้งทำการต่อกราวน์อยู่ตลอดเวลาในขณะที่ปฏิบัติงาน
3. ควร**สวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยต่าง ๆ ให้ครบถ้วน** เช่น ถุงมือฉนวนที่เหมาะสมกับแรงดันไฟฟ้า หมวกเซฟตี้ รองเท้าฉนวน จะช่วยลดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้
4. ผู้ทำการตรวจสอบ **ต้องมีความรู้เรื่องอันตรายจากไฟฟ้า**และวิธีการป้องกันอันตรายด้วย

ตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้า (Main Tank)

- ตรวจสอบรอยรั่วซึมของน้ำมัน, คราบน้ำมันบริเวณรอยเชื่อม
- ตรวจสอบคราบสกปรก, ฝุ่นและขยะที่เกาะติด
- ตรวจดูว่าเกิดสนิมหรือการกัดกร่อนของตัวถัง

งานตรวจสอบ แก้ไข ซ่อม/บำรุงรักษา

ตรวจสอบรอยรั่วซึมของอุปกรณ์รอบตัวถัง หม้อแปลงไฟฟ้า

งานตรวจสอบ แก้ไข ซ่อม/บำรุงรักษา

ตรวจหารอยรั่วซึม

งานตรวจสอบ แก้ไข ซ่อม/บำรุงรักษา

ชุดกรองความชื้น (Dehydrating Breather)

- ตรวจสอบการเปลี่ยนสีของซิลิก้าเจล (Silica gel) หากเสื่อมคุณภาพจะเปลี่ยนจาก สีน้ำเงินเป็นสีชมพู หรือดำ ควรเปลี่ยนใหม่
- ตรวจสอบระดับน้ำมันในถ้วยใต้กระบอกกรองความชื้นว่ามีอยู่ในระดับมาตรฐาน
- ตรวจสอบซีลยางและน๊อตสกูรต้องไม่มีคราบน้ำมันซึมและซีลยางไม่แตกระแหง มีผิวเรียบ
- ต้องดึงแผ่นอลูมิเนียมออกก่อนติดตั้งและจ่ายไฟ

งานตรวจสอบ แก้ไข ซ่อม/บำรุงรักษา

บุชชิ่งแรงสูง – แรงต่ำ พร้อมปะเก็น

- ตรวจสภาพผิว (คราบน้ำมัน, รอย Flash Over)
- ตรวจความสะอาดของบุชชิ่ง
- ตรวจดูรอยรั่วซึมของคราบน้ำมัน, สภาพซีลยาง
- ตรวจดู Bolt & Nut ของบุชชิ่งแรงสูง – แรงต่ำ

(บิ่น/แตก ชำรุด หรือมีฝุ่นเกาะหนา อาจเป็นตัวนำให้ไฟรั่วลงดินทำให้ไฟดับได้)

งานตรวจสอบ แก้ไข ซ่อม/บำรุงรักษา ขั้วต่อสายไฟเข้า – ออก (ด้านแรงสูง และแรงต่ำ)

(Terminal Connector H.V.-L.V.)

- ตรวจดูรอยอาร์ค (Arc) อ๊อคไซด์ของโลหะ และสนิม

- ตรวจขัน Bolt & Nut ของ Terminal Connector ให้แน่น

- ตรวจสอบความสะอาดและทา Compound เพื่อช่วยเคลือบคลุมหน้าสัมผัสไว้เป็นการกันความชื้นและออกซิเจนในอากาศ

งานตรวจสอบ แก้ไข ซ่อม/บำรุงรักษา

ชุดปรับแรงดันไฟฟ้า (Off Load Tap Changer)

- ตรวจสภาพของ Handle และ Tap Changer ตรงล๊อคหรือไม่
- ตรวจสอบรอยรั่วซึมของน้ำมันและซีลยาง (Seal)
- ตรวจสอบการอาร์ค (Arc) หรือเชื่อมติดของ Tap Changer โดยการหมุนไป – มา 4 - 5 ครั้ง

งานตรวจสอบ แก้ไข ซ่อม/บำรุงรักษา

ที่วัดระดับน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า

- สังเกตการขยับตัวของเข็มวัดระดับน้ำมัน
- ตรวจดูระดับน้ำมันอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน หรือไม่
- ตรวจขัน น๊อต สกูรให้แน่น
- ตรวจสอบรอยรั่วซึมของน้ำมันและซีลยาง(Seal)
- ตรวจสอบ กระจก/พลาสติก ว่าแตกชำรุดหรือไม่

งานตรวจสอบ แก้ไข ซ่อม/บำรุงรักษา

เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)

- ตรวจสอบกระจก/พลาสติก หน้าปัดแตกชำรุดหรือไม่
- ตรวจสอบรอยรั่วซึมคราบน้ำมัน
- ตรวจสอบค่าอุณหภูมิ Top Oil ว่าเกินค่าที่กำหนดหรือไม่
- ตรวจสอบการวัดอุณหภูมิถูกต้องหรือไม่

งานตรวจสอบ แก้ไข ซ่อม/บำรุงรักษา

อุปกรณ์ความดัน (Pressure Relief Device)

ตรวจสอบรอยรั่วซึมและคราบน้ำมัน บริเวณปะเก็น

ตรวจสอบปะเก็นฝาถัง (Cover Gasket)

- ตรวจสภาพปะเก็นฝาถัง
- ตรวจดูรอยรั่วซึมของน้ำมัน

งานตรวจสอบ แก้ไข ซ่อม/บำรุงรักษา

ตรวจสอบบุชโฮลซ์ รีเลย์ (Buchholz Relay)

- ตรวจสอบรอยรั่วซึมบริเวณกระจก หน้าปัดแตกชำรุดหรือไม่
- ตรวจสอบว่ามี Gas สะสมมากผิดปกติหรือไม่
- ตรวจสอบการรั่วซึมของข้อต่อเกลียว
- ตรวจสอบการทำงานของบุชโฮลซ์รีเลย์

งานตรวจสอบ แก้ไข ซ่อม/บำรุงรักษา

ตรวจสอบจุดติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า

- ตรวจสอบความปลอดภัยของพื้นที่ติดตั้งหม้อแปลง

งานตรวจสอบ แก้ไข ซ่อม/บำรุงรักษา

ตรวจสอบเบิร์ดการ์ด - อาร์คชิ่งฮอร์น

- ติดตั้งครบ
- ระยะถูกต้อง

งานตรวจสอบ แก้ไข ซ่อม/บำรุงรักษา

ตรวจวัดแรงดัน - กระแสไฟฟ้า

- อยู่ในพิกัด
- โหลดสมดุลย์

งานตรวจสอบ แก้ไข ซ่อม/บำรุงรักษา

ตรวจสอบอุปกรณ์ตัดตอนแรงสูงและล่อฟ้าแรงสูง

- สภาพภายนอกผิวมันเรียบไม่แตกร้าว
- ใส้ฟิวส์ประมาณ1.5 เท่าของพิกัด
- การเข้าสายแน่นสนิทไม่มีรอยอาร์ค

งานตรวจสอบ แก้ไข ซ่อม/บำรุงรักษา

ทดสอบค่าเป็นฉนวนและความเป็นกรดของน้ำมัน

- ทดสอบค่า **Breakdown Voltage** ตามมาตรฐาน **ASTM D877** หรือ **IEC**
- ตรวจสอบสีของน้ำมัน
- ตรวจสอบค่าความเป็นกรดและ ความหนืด
- ตรวจสอบสิ่งเจือปนในน้ำมัน

Test Method	Electrodes	Gap (mm.)	Oil Dielectric Strength (kV)	Result
ASTM D877-02		2.54	> 30	Good
			27 - 29	Fair
			21 - 26	Recondition
			< 20	Poor
IEC 60156		2.5	> 40	Good
			36 - 40	Fair
			30 - 35	Recondition
			< 30	Poor

งานตรวจสอบ แก้ไข ซ่อม/บำรุงรักษา

การวัดปริมาณน้ำในน้ำมัน (Water Content Measurement)

Test Method	ปริมาณน้ำในน้ำมัน (ppm)	Result
ASTM D1533-88	< 35	Good
	> 35	Poor
IEC 60814	< 10	Good
	10 - 25	Fair
	> 25	Poor

งานทดสอบ แก้ไข ซ่อม/บำรุงรักษา

ตรวจวัดค่ากราวด์ของหม้อแปลง

- ขั้วต่อสะอาด,รัดแน่น
- ค่ามาตรฐาน < 5 Ω

งานทดสอบ แก้ไข ซ่อม/บำรุงรักษา

การตรวจวัดค่า Insulation Resistance (500 Vdc. – 5000 Vdc.)

- H.V. – L.V.
- H.V. – Ground
- L.V. – Ground

ทำการวัดค่าความต้านทานฉนวนเป็นเวลา 1 นาที

แรงดัน kV.	อุณหภูมิแวดล้อม (°C)					
	20	25	30	35	40	50
22-33	1000	750	500	375	250	125
12-24	800	600	400	300	200	100
ไม่เกิน 3.5	400	300	200	150	100	50

งานทดสอบ แก้ไข ซ่อม/บำรุงรักษา

ตรวจวัดค่าความต้านทานของขดลวดทั้งแรงสูง – แรงต่ำ

เป็นการวัดความต้านทานของขดลวดแต่ละขด เพื่อเปรียบเทียบค่าที่วัดได้ระหว่างเฟสว่ามีขดลวดใดผิดปกติหรือไม่

Winding resistance test

ลำดับที่	รายการที่ตรวจ	จุดที่ตรวจ	รอบระยะเวลาของการตรวจ	รายละเอียด
1	อุปกรณ์กรองความชื้น	• อุปกรณ์บรรจุซิลิกาเจล, สีและปริมาณของซิลิกาเจล • น้ำมันในกระปุกน้ำมันกรองอากาศ (Oil Seal)	6 เดือน	• ตรวจสภาพอุปกรณ์, สีและปริมาณของซิลิกาเจล ถ้าสังเกตเห็นว่าสีของซิลิกาเจลเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีชมพูอ่อนๆ ให้ทำการเปลี่ยนซิลิกาเจลใหม่ • ตรวจระดับน้ำมันที่กระปุกน้ำมันกรองอากาศ ระดับที่ถูกต้องจะต้องอยู่ที่ระดับตามกำหนด
2	สภาพภายนอกของหม้อแปลงไฟฟ้า	บริเวณจุดเชื่อมต่อในส่วนต่างๆ, สี ของหม้อแปลงไฟฟ้า และปะเก็นยาง	1 ปี	ตรวจสภาพภายนอกของหม้อแปลงไฟฟ้า การรั่วซึมของน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า ตามจุดเชื่อมต่อต่างๆ หากพบข้อบกพร่องใดๆ ต้องทำการแก้ไขให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์พร้อมใช้งาน
3	ความต้านทานของฉนวน	HV – LV LV – Ground HV – Ground		ตรวจวัดความต้านทานของฉนวนหากพบว่าได้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานนั่นแสดงถึงความผิดปกติของหม้อแปลงไฟฟ้าต้องตรวจสอบหาสาเหตุเพื่อหาทางแก้ไขต่อไป
4	น้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า	• ค่า AC Breakdown Voltage • ค่าความเป็นกรด	1 ปี	• ค่าDielectric ของน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้าควรมากกว่า 30 kV • ค่าความเป็นกรด ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.2 mg KOH/g
5	5.1 เทอร์โมมิเตอร์	บริเวณหน้าปัดเทอร์โมมิเตอร์	1 ปี	• ทำความสะอาดและตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ภายนอกหน้าปัดและส่วนอื่นๆ ของเทอร์โมมิเตอร์
	5.2 ระดับน้ำมัน	Oil Level gauge		• มาตรบอกระดับน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้าต้องไม่มีการการรั่วซึมของน้ำมันจากอุปกรณ์ดังกล่าว

ตารางตรวจสอบเพื่อบำรุงรักษาหม้อแปลง

ลำดับที่	รายการที่ตรวจ	จุดที่ตรวจ	รอบระยะเวลาของการตรวจ	รายละเอียด
6	อุปกรณ์ป้องกันความดันเกิน (Pressure Relief Device)	สภาพภายนอกของอุปกรณ์	1 ปี	ตรวจสอบสภาพต้องไม่มีการรั่วซึมของน้ำมันจากอุปกรณ์ดังกล่าว
7	บุชชิ่งแรงสูง, บุชชิ่งแรงต่ำ และจุดต่อที่เกอร์มินอล	สภาพภายนอกของอุปกรณ์ , ความสะอาด และขั้วต่อ		ตรวจสอบสภาพและทำความสะอาดภายนอกของอุปกรณ์และความแน่นของขั้วต่อ
8	อุปกรณ์ปรับ Tap แบบ Off-circuit	สภาพของอุปกรณ์ และตำแหน่งของ Tap		ตรวจสอบสภาพและการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าต้องมีการจ่ายไฟราบเรียบสม่ำเสมอ (Smooth)
9	จุดต่อกราวด์	สภาพภายนอกของอุปกรณ์ , ความสะอาด และขั้วต่อ		ตรวจสอบสภาพและทำความสะอาดภายนอกของอุปกรณ์วัดค่าความต้านทานของหลักกราวด์ และตรวจสอบความแน่นของขั้วต่อต่างๆ
10	อุปกรณ์ป้องกัน 10.1 เบรกเกอร์ด้านแรงต่ำและ Signal Light	สภาพและสถานะ (Normal, Reset/open หรือ Close) ของเบรคเกอร์		ตรวจสอบสภาพและสถานะการทำงานของอุปกรณ์
	10.2 ฟิวส์ป้องกัน	สภาพของอุปกรณ์		ตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์
	10.3 ล่อฟ้า (Lightning Arrester)	สภาพภายนอกของอุปกรณ์, ความสะอาดและขั้วต่อ		ตรวจสอบสภาพและทำความสะอาดภายนอกของอุปกรณ์และความแน่นของขั้วต่อต่างๆ

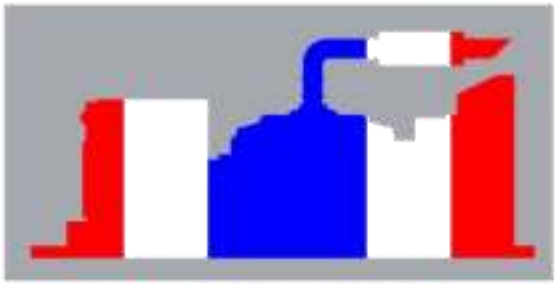
ตารางตรวจสอบเพื่อบำรุงรักษาหม้อแปลง

ตารางตรวจสอบเพื่อบำรุงรักษาหม้อแปลง

ลำดับที่	รายการที่ตรวจ	จุดที่ตรวจ	รอบระยะเวลาของการตรวจ	รายละเอียด
11	บุชโชรีเลย์	• สภาพภายนอกและการทำงานของอุปกรณ์ • การสะสมตัวของปริมาณก๊าซหรืออากาศ	1 ปี	• ตรวจสอบสภาพภายนอก และทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ โดยกดสลักชี้บ่งที่อยู่ด้านบนของบุชโชรีเลย์ • ระบายอากาศทิ้งโดยเปิดรูระบายอากาศที่อยู่ด้านบนและระบายน้ำมันทิ้งโดยเปิดรูระบายที่ด้านล่างของบุชโชรีเลย์
12	การตรวจสอบภายในตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้า	• สภาพภายในตัวถังของหม้อแปลงไฟฟ้า • สภาพของส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้า	10 ปี	• ตรวจสอบสภาพภายในตัวถังของหม้อแปลงไฟฟ้าโดยถอด Hand Hole หรือฝาถังหม้อแปลงไฟฟ้าสังเกตการเปลี่ยนสีของส่วนต่างๆ และกลิ่น • การเกิดสารแขวนลอยบนผิวหน้าน้ำมันและวัสดุแปลกปลอมสภาพของขดลวดและแกนเหล็ก

SPECIAL THANKS

- บริษัท เจริญชัยหม้อแปลงไฟฟ้า จำกัด
- บริษัท เอ-ซาย เทคโนโลยี จำกัด
- บริษัท ซีซี หม้อแปลงไฟฟ้า จำกัด
- บริษัท เอบีบี จำกัด



Indeed Academy
Indeed Intelligence

END