

BAB 2

TRANSFORMATOR EAF (ELECTRIC ARC FURNACE)

2.1. TRANSFORMATOR EAF

Transformator EAF (Electric Arc Furnace) adalah transformator yang digunakan untuk menyuplai tenaga listrik pada elektroda untuk proses peleburan scrap/besi tua pada industri baja di PT. ISPAT INDO.

2.2. DATA TEKNIS TRANSFORMATOR EAF

2.2.1. DATA TEKNIS TRANSFORMATOR EAF BARU

- Kapasitas : 100 MVA
- Tegangan : 33.000/892 V
- Arus : 1217 – 1750 A
- Impedansi : 7,25 %
- Hubungan Belitan : Delta-delta

2.2.2. DATA TEKNIS TRANSFORMATOR EAF LAMA

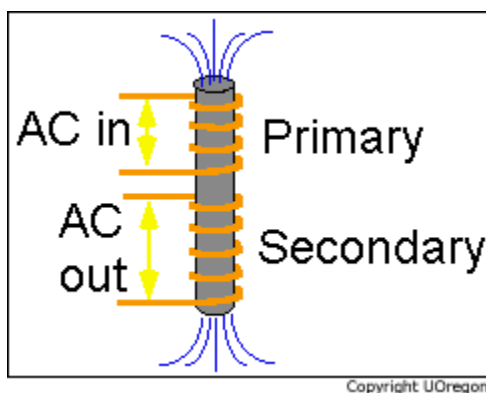
- Kapasitas : 100 MVA
- Tegangan : 33.000/798 V
- Arus : 881 – 1400 A
- Impedansi : 10 %

- Hubungan Belitan : Delta-delta

2.3. Teori Dasar Transformator

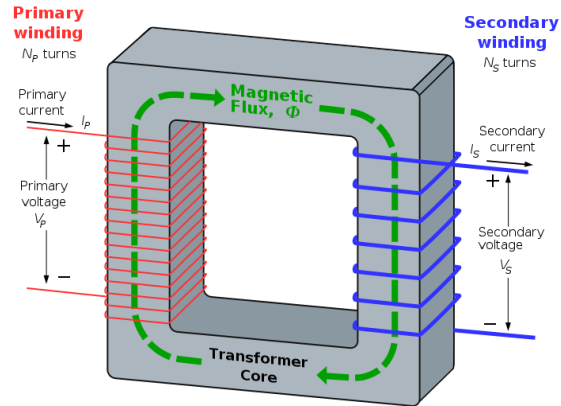
2.3.1. Pengertian dan Fungsi Transformator

Transformator merupakan peralatan listrik yang berfungsi untuk menyalurkan daya/tenaga dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Transformator menggunakan prinsip hukum induksi faraday dan hukum Lorentz dalam menyalurkan daya, dimana arus bolak balik yang mengalir mengelilingi suatu inti besi maka inti besi itu akan berubah menjadi magnet. Dan apabila magnet tersebut dikelilingi oleh suatu belitan maka pada kedua ujung belitan tersebut akan terjadi beda potensial (gambar 2.3.1.a).



Gambar 2.3.1.a. Arus bolak balik mengelilingi inti besi

Arus yang mengalir pada belitan primer akan menginduksi inti besi transformator sehingga didalam inti besi akan mengalir flux magnet dan flux magnet ini akan menginduksi belitan sekunder sehingga pada ujung belitan sekunder akan terdapat beda potensial (Gambar 2.3.1.b) .



Gambar 2.3.1.b. Prinsip kerja transformator

2.3.2. Jenis Transformator

Berdasarkan fungsinya transformator tenaga dapat dibedakan menjadi :

- Trafo pembangkit
- Trafo gardu induk / penyaluran
- Trafo distribusi

Transformator tenaga untuk fungsi penyaluran dapat dibedakan menjadi:

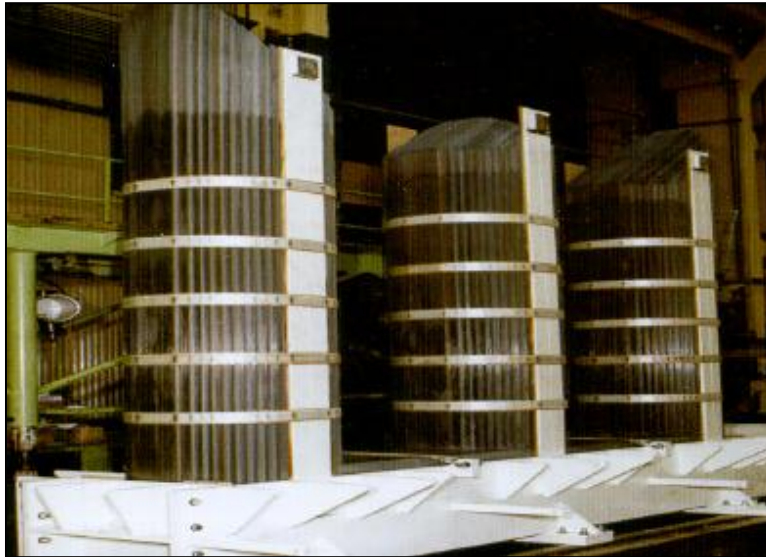
- Trafo besar
- Trafo sedang
- Trafo kecil

2.3.3. Bagian – Bagian Transformator dan Fungsinya

2.3.3.1. Inti Besi (Electromagnetic Circuit)

Inti besi berfungsi untuk mempermudah jalan fluksi, yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Dibuat dari lempengan-lempengan besi tipis

yang berisolasi, untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh “Eddy Current”.

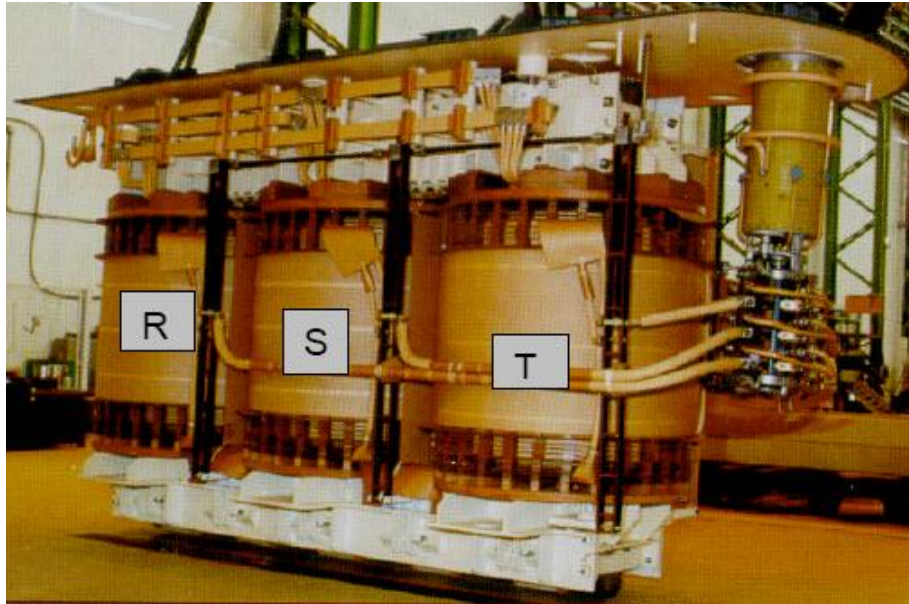


Gambar 2.3.3.1. Inti besi

2.3.3.2. Belitan (Winding)

Beberapa lilitan kawat berisolasi akan membentuk suatu kumparan. Kumparan tersebut diisolasi, baik terhadap inti besi maupun terhadap kumparan lain dengan isolasi padat seperti karton, pertinax dan lain-lain.

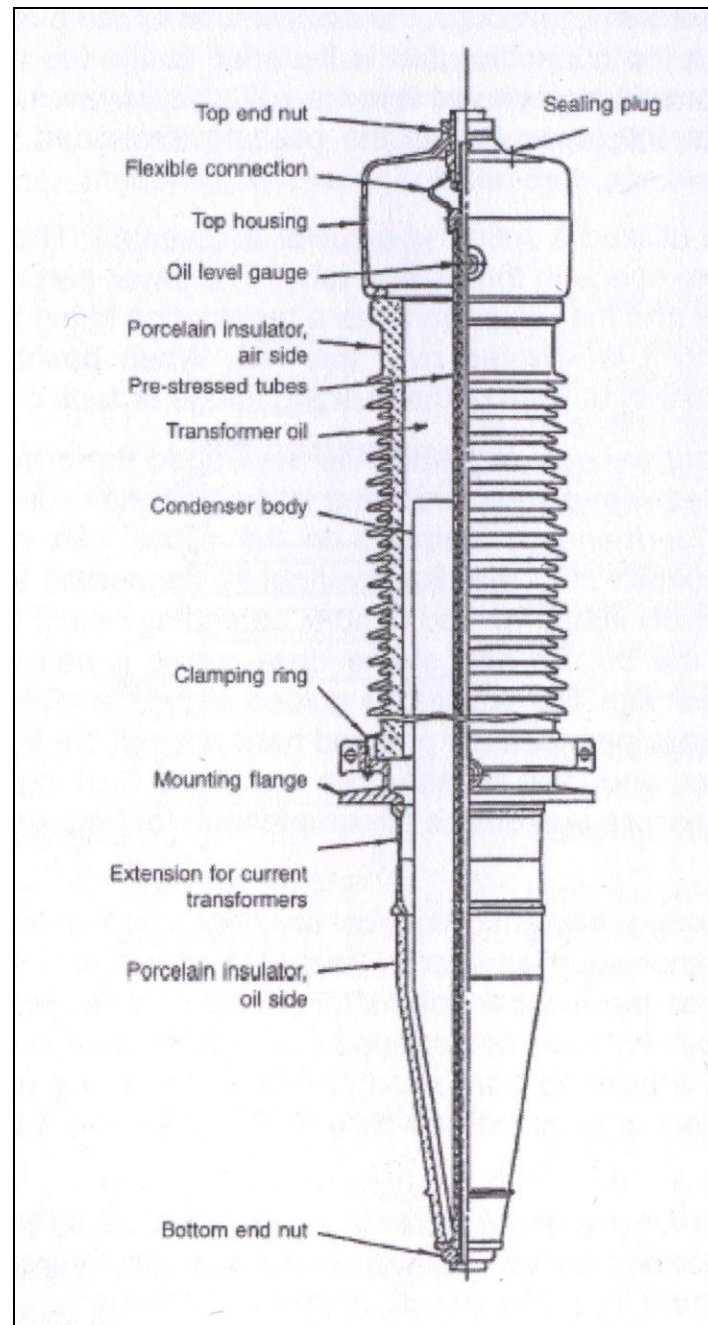
Umumnya pada transformator terdapat kumparan primer dan sekunder. Bila kumparan primer dihubungkan dengan tegangan / arus bolak-balik, maka pada kumparan tersebut timbul fluksi. Fluksi ini akan menginduksikan tegangan, dan bila pada rangkaian sekunder ditutup (bila ada rangkaian beban) maka akan menghasilkan arus pada kumparan ini. Jadi kumparan sebagai alat transformasi tegangan dan arus.



Gambar 2.3.3.2. Belitan trafo

2.3.3.3. Bushing

Bushing merupakan sarana penghubung antara belitan dengan jaringan luar. Bushing terdiri dari sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator. Isolator tersebut berfungsi sebagai penyekat antara konduktor bushing dengan body main tank transformator.

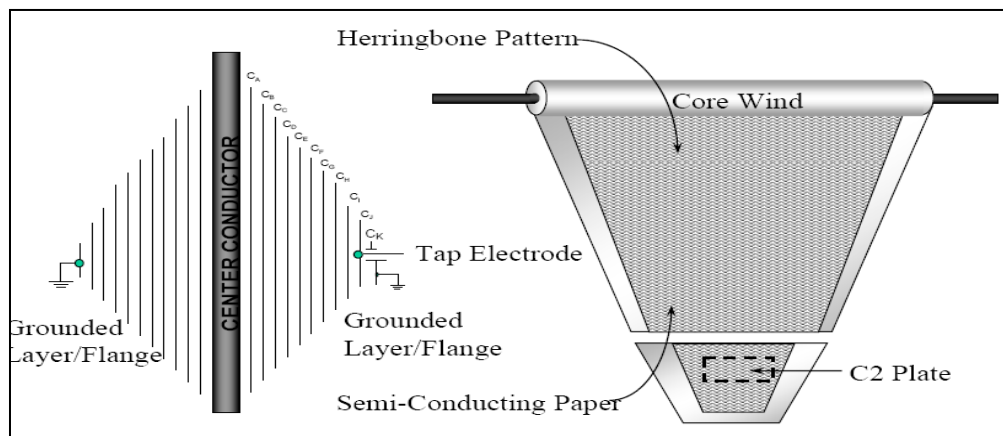


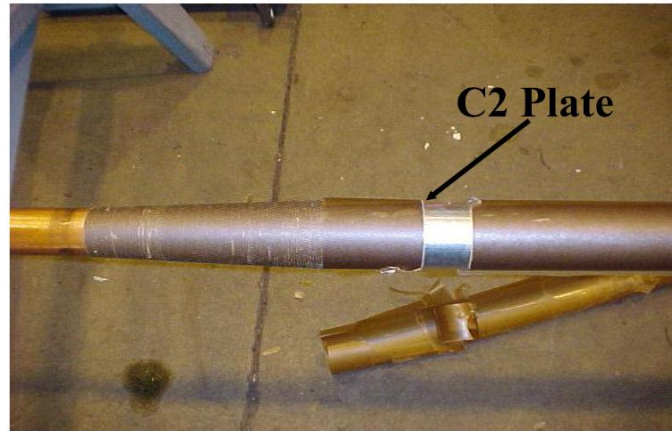
Gambar 2.3.3.3.a. Bagian – bagian dari bushing



Gambar 2.3.3.3.b Bushing

Secara garis besar bushing dapat dibagi menjadi empat bagian utama yaitu isolasi, konduktor, klem koneksi, dan asesoris. Isolasi pada bushing terdiri dari dua jenis yaitu oil impregnated paper dan resin impregnated paper. Pada tipe oil impregnated paper isolasi yang digunakan adalah kertas isolasi dan minyak isolasi sedangkan pada tipe resin impregnated paper isolasi yang digunakan adalah kertas isolasi dan resin.

Gambar 2.3.3.3.c. Kertas isolasi pada bushing (*oil impregnated paper bushing*)

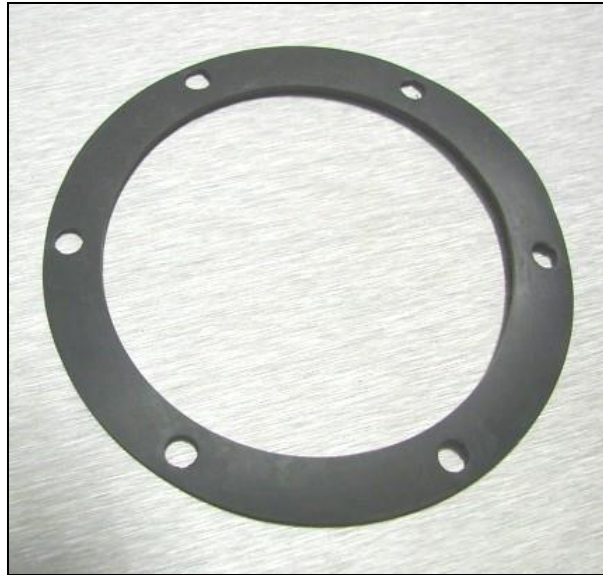


Gambar 2.3.3.3.d. Konduktor bushing dilapisi kertas isolasi

Terdapat jenis-jenis konduktor pada bushing yaitu hollow conductor dimana terdapat besi pengikat atau penegang ditengah lubang konduktor utama, konduktor pejal dan flexible lead.

Klem koneksi merupakan sarana pengikat antara stud bushing dengan konduktor penghantar diluar bushing.

Asesoris bushing terdiri dari indikasi minyak, seal atau gasket dan tap pengujian. Seal atau gasket pada bushing terletak dibagian bawah mounting flange.



Gambar 2.3.3.3.e. Gasket / seal antara flange bushing dengan body trafo



Gambar 2.3.3.3.f. Indikator level minyak bushing

2.3.3.4. Pendingin

Suhu pada transformator yang sedang beroperasi akan dipengaruhi oleh kualitas tegangan jaringan, losses pada trafo itu sendiri dan suhu lingkungan. Suhu operasi yang tinggi akan mengakibatkan rusaknya isolasi kertas pada transformator. Oleh karena itu pendinginan yang efektif sangat diperlukan.

Minyak isolasi transformator selain merupakan media isolasi juga berfungsi sebagai pendingin. Pada saat minyak bersirkulasi, panas yang berasal dari belitan akan dibawa oleh minyak sesuai jalur sirkulasinya dan akan didinginkan pada sirip – sirip radiator. Adapun proses pendinginan ini dapat dibantu oleh adanya kipas dan pompa sirkulasi guna meningkatkan efisiensi pendinginan.

Tabel 2.3.3.4. Macam macam pendingin pada transformator

No.	Macam Sistem Pendingin *)	Media			
		Dalam Transformator		Diluar Transformator	
		Sirkulasi alamiah	Sirkulasi Paksa	Sirkulasi Alamiah	Sirkulasi Paksa
1.	AN	-	-	Udara	-
2.	AF	-	-	-	Udara
3.	ONAN	Minyak	-	Udara	-
4.	ONAF	Minyak	-	-	Udara
5.	OFAN	-	Minyak	Udara	-
6.	OFAF	-	Minyak	-	Udara
7.	OFWF	-	Minyak	-	Air
8.	ONAN/ONAF	Kombinasi 3 dan 4			
9.	ONAN/OFAN	Kombinasi 3 dan 5			
10.	ONAN/OFAF	Kombinasi 3 dan 6			
11.	ONAN/OFWF	Kombinasi 3 dan 7			



Gambar 2.3.3.4. Radiator

2.1.3.5. Konservator (Oil Preservation & Expansion)

Saat terjadi kenaikan suhu operasi pada transformator, minyak isolasi akan memuai sehingga volumenya bertambah. Sebaliknya saat terjadi penurunan suhu operasi, maka minyak akan menyusut dan volume minyak akan turun. Konservator digunakan untuk menampung minyak pada saat transformator mengalami kenaikan suhu.



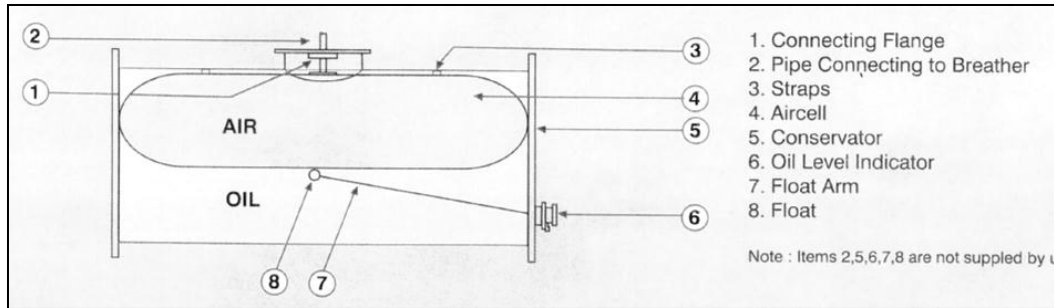
Gambar 2.3.3.5.a. Konservator

Seiring dengan naik turunnya volume minyak di konservator akibat pemuaian dan penyusutan minyak, volume udara didalam konservator pun akan bertambah dan berkurang. Penambahan atau pembuangan udara didalam konservator akan berhubungan dengan udara luar. Agar minyak isolasi transformator tidak terkontaminasi oleh kelembaban dan oksigen dari luar, maka udara yang akan masuk kedalam konservator akan difilter melalui silicagel.



Gambar 2.3.3.5.b. Silica gel

Untuk menghindari agar minyak trafo tidak berhubungan langsung dengan udara luar, maka saat ini konservator dirancang dengan menggunakan brether bag/rubber bag, yaitu sejenis balon karet yang dipasang didalam tangki konservator.



Gambar 2.3.3.5.c. Konstruksi konservator dengan rubber bag

2.3.3.6. Minyak Isolasi Transformator & Isolasi Kertas

1. Minyak isolasi transformator

Minyak isolasi pada transformator berfungsi sebagai media isolasi, pendingin dan pelindung belitan dari oksidasi. Minyak isolasi trafo merupakan minyak mineral yang secara umum terbagi menjadi tiga jenis, yaitu parafinik, napthanik dan aromatik. Antara ketiga jenis minyak dasar tersebut tidak boleh dilakukan pencampuran karena memiliki sifat fisik maupun kimia yang berbeda.



Gambar 2.3.3.6.a. Minyak Isolasi Transformator

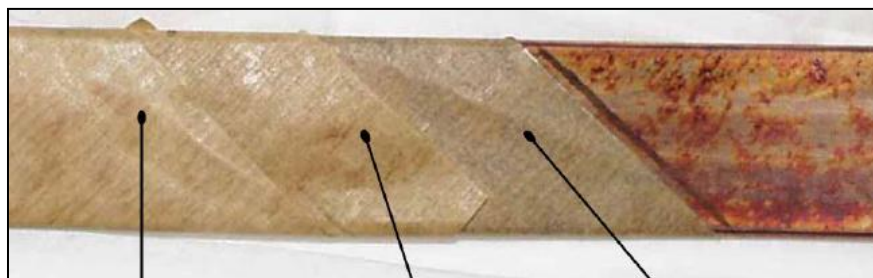
Didalam standar IEC 60422 telah dicantumkan parameter-parameter minyak isolasi dengan batasan-batasan minimum untuk minyak isolasi yang baru dimasukan kedalam peralatan sebelum energize.

Tabel 2.3.3.6. Batasan nilai parameter minyak isolasi yang baru dimasukan kedalam peralatan sebelum dilakukan proses energize

Property	Highest voltage for equipment kV		
	<72,5	72,5 to 170	>170
Appearance	Clear, free from sediment and suspended matter		
Colour (on scale given in ISO 2049)	Max. 2,0	Max. 2,0	Max. 2,0
Breakdown voltage (kV)	>55	>60	>60
Water content (mg/kg) ^a	20 ^b	<10	<10
Acidity (mg KOH/g)	Max. 0,03	Max. 0,03	Max. 0,03
Dielectric dissipation factor at 90°C and 40 Hz to 60 Hz ^c	Max. 0,015	Max. 0,015	Max. 0,010
Resistivity at 90 °C (GΩm)	Min. 60	Min. 60	Min. 60
Oxidation stability	As specified in IEC 60296		
Interfacial tension (mN/m)	Min. 35	Min. 35	Min. 35
Total PCB content (mg/kg)	Not detectable (< 2 total)		
Particles	-	-	See Table B.1 ^d

2. Kertas isolasi trafo

Isolasi kertas berfungsi sebagai isolasi, pemberi jarak, dan memiliki kemampuan mekanis.



Gambar 2.3.3.6.b. Tembaga yang dilapisi kertas isolasi

2.3.3.7. Tap Changer

Kestabilan tegangan dalam suatu jaringan merupakan salah satu hal yang dinilai sebagai kualitas tegangan. Transformator dituntut memiliki nilai tegangan output yang stabil sedangkan besarnya tegangan input tidak selalu sama. Dengan mengubah banyaknya belitan pada sisi primer diharapkan dapat merubah ratio antara belitan primer dan sekunder dan dengan demikian tegangan output/sekunder pun dapat disesuaikan dengan kebutuhan sistem berapapun tegangan input/primernya. Penyesuaian ratio belitan ini disebut Tap changer.

Proses perubahan ratio belitan ini dapat dilakukan pada saat trafo sedang berbeban (On load tap changer) atau saat trafo tidak berbeban (Off load tap changer).

Tap changer terdiri dari :

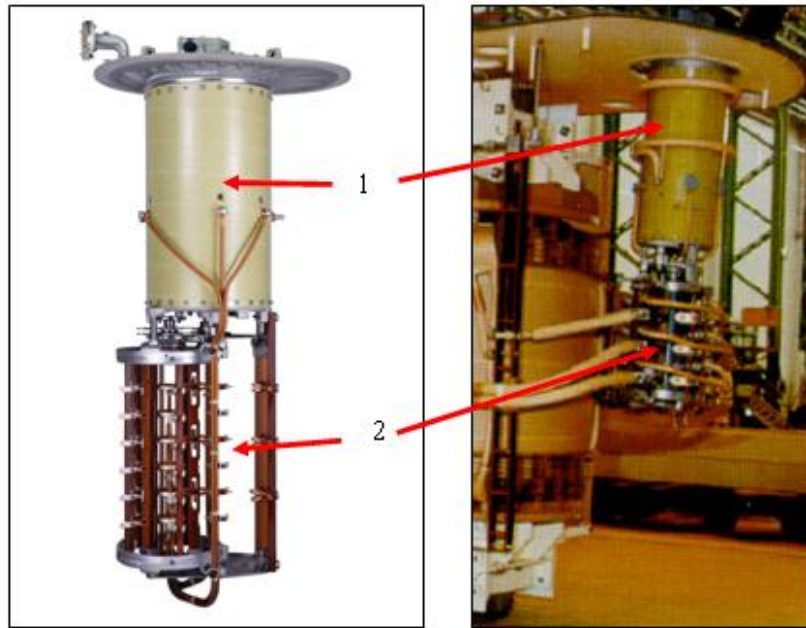
- Selector Switch
- Diverter Switch
- Tahanan transisi

Dikarenakan aktifitas tap changer lebih dinamis dibanding dengan belitan utama dan inti besi, maka kompartemen antara belitan utama dengan tap changer dipisah.

Selector switch merupakan rangkaian mekanis yang terdiri dari terminal terminal untuk menentukan posisi tap atau ratio belitan primer.

Diverter switch merupakan rangkaian mekanis yang dirancang untuk melakukan kontak atau melepaskan kontak dengan kecepatan yang tinggi.

Tahanan transisi merupakan tahanan sementara yang akan dilewati arus primer pada saat perubahan tap.



Keterangan :

1. Kompartemen Diverter Switch
2. Selektor Switch

Gambar 2.3.3.7.a. OLTC pada transformator

Media pendingin atau pemadam proses switching pada diverter switch yang dikenal sampai saat ini terdiri dari dua jenis, yaitu media minyak dan media vacuum. Jenis pemadaman dengan media minyak akan menghasilkan energi arcing yang membuat minyak terurai menjadi gas C_2H_2 dan karbon sehingga

perlu dilakukan penggantian minyak pada periode tertentu. Sedangkan dengan metoda pemadam vaccum proses pemadaman arcing pada waktu switching akan dilokalisir dan tidak merusak minyak.



a.



b.

Gambar 2.3.3.7.b. Kontak switching pada diverter switch

- a. Media pemadam arcing menggunakan minyak
- b. Media pemadam arcing menggunakan kondisi vaccum