

TRAINING TRANSFORMATOR

OUTLINE

- ✱ Dasar teori trafo
- ✱ Maintenance
- ✱ Troubleshooting
- ✱ Accesories

Tujuan

- ✦ Mengerti trafo dengan baik
- ✦ Mampu melaksanakan maintenance
- ✦ Mampu menangani masalah trafo dengan cepat dan tepat

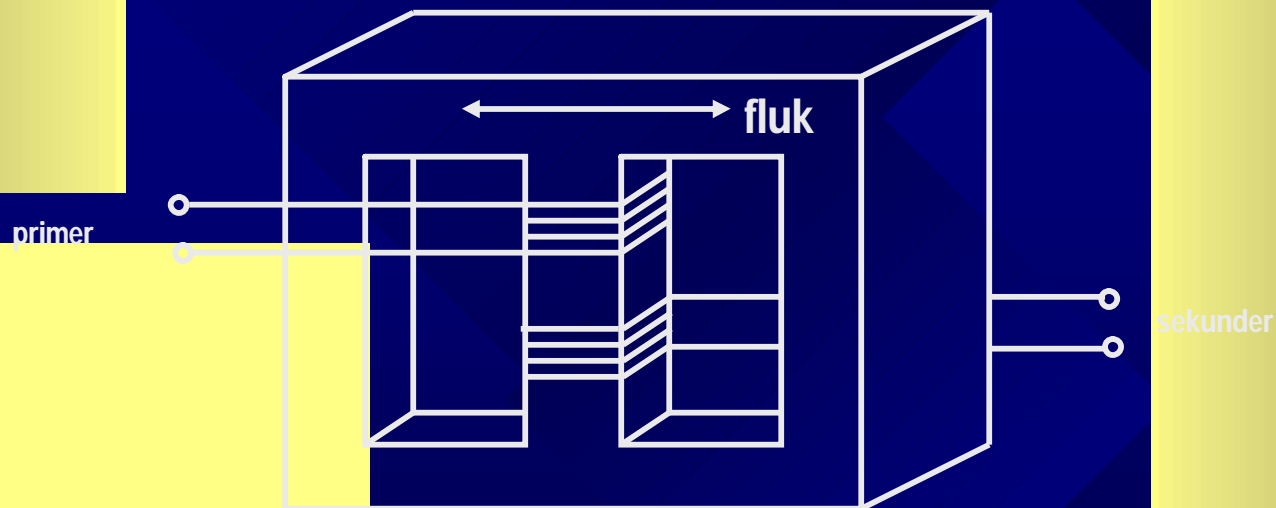


TEORI TRANSFORMATOR

Teori Transformator

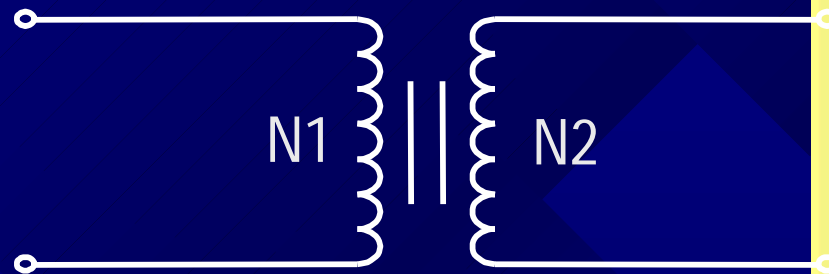
☀ Pengertian

Transformator adalah suatu alat magnetoelektrik yang mentransfer energi dengan merubah tegangan bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain.



Persamaan Dasar Trafo

- ✦ $V_1/N_1 = V_2/N_2$
- ✦ $I_1/I_2 = N_2/N_1$

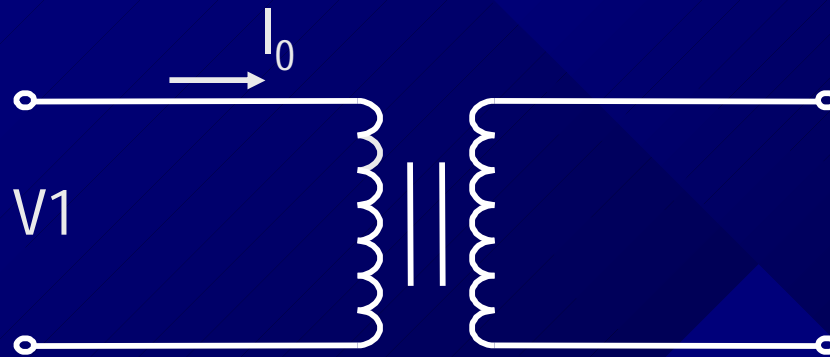


Sisi Primer adalah sisi dimana trafo terhubung dengan sumber tegangan.

Sisi sekunder adalah sisi dimana trafo terhubung dengan beban

Kondisi Trafo saat beban nol

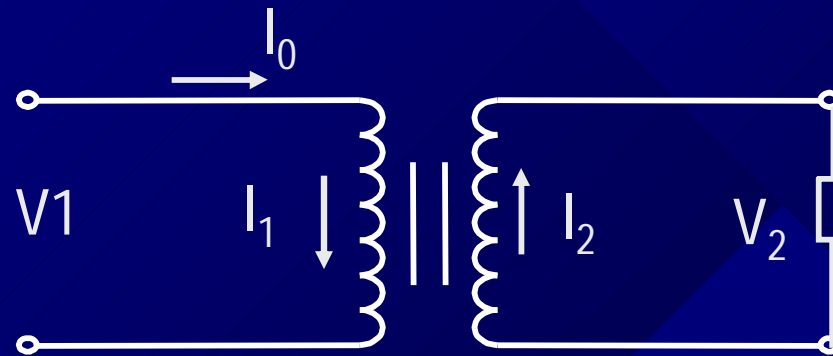
- ★ Rangkaian tanpa beban



Jika trafo telah terhubung dengan sumber (energized) maka akan timbul arus I_0 yaitu arus magnetisasi sehingga rugi besi pada saat kondisi tersebut telah dibangkitkan.

Kondisi trafo saat berbeban

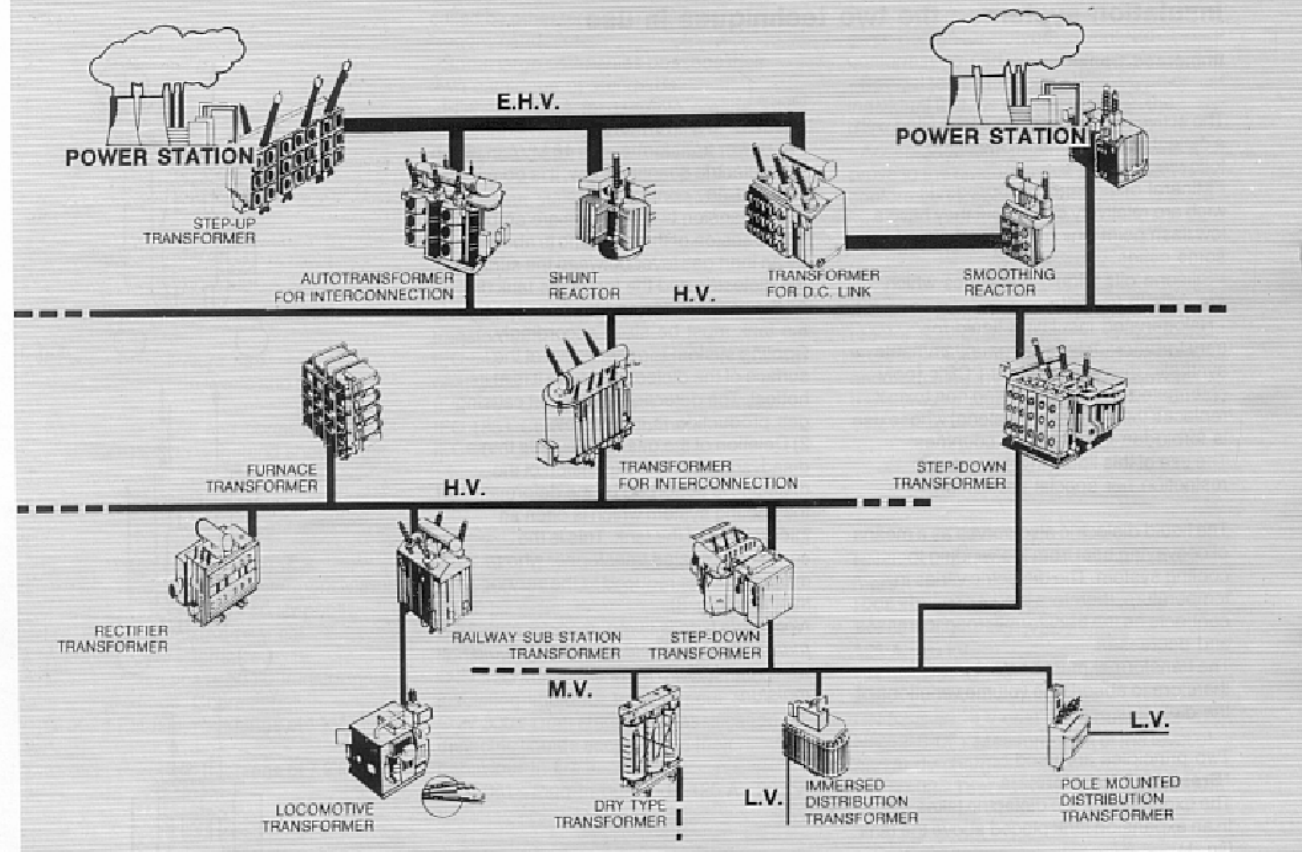
- Rangkaian Listrik



Dalam kondisi berbeban akan mengalir arus I_1 dan I_2 , secara empiris maka terjadi drop tegangan V_2 dan terjadi rugi besi dan tembaga di trafo.

Trafo Dalam Jaringan Listrik

As an example we give below the arrangement in principle of an electrical system.





KERJA PARALEL TRAF0

Syarat Kerja Paralel

- ✦ Syarat-syarat kerja paralel
 - Tegangan harus sama
 - Fasa harus sama
 - Frekuensi harus sama
 - Impedansi sama dalam toleransi 10%
 - Hubungan/vektor group sama

Jika vektor group berbeda maka harus diperhatikan koneksi di HV dan LV nya.

Kerja Paralel

- Transformator dapat beroperasi paralel bilamana trafo tsb dikoneksi pada sistem primer dan sekunder yang sama dan letaknya cukup berdekatan (terminal to terminal) sedemikian rupa sehingga external impedansi akibat busbar untuk koneksi paralel dapat diabaikan dibanding dengan impedansi trafo.
- Fungsi Kerja paralel:
Menggabungkan dua atau lebih trafo dengan karakteristik listrik yang sama untuk memikul beban bersama-sama.
- Keuntungan Kerja paralel:
 - Maintenance bisa dilakukan bergantian shg listrik tdk padam
 - Kontinuitas listrik terjamin karena bila salah satu trafo ada gangguan trafo yang lain bisa beroperasi

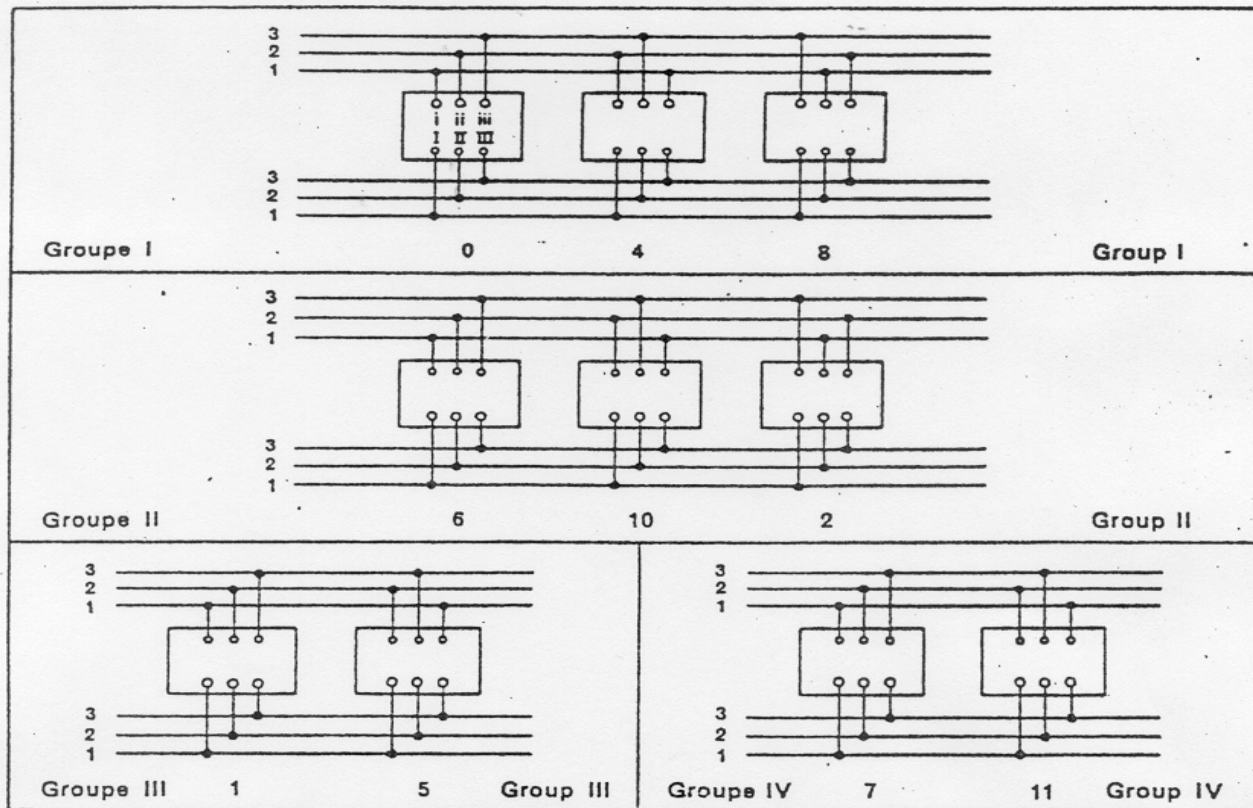
Kerja Paralel dg Vektor Group Berbeda

- Group I : angka jam 0, 4, dan 8
- Group II : angka jam 6, 10 dan 2
- Group III : angka jam 1 dan 5
- Group IV : angka jam 7 dan 11

Kombinasi berikut ini tidak bisa dilakukan:

- Group I : dengan group II, III atau IV
- Group II : dengan group I
- , III atau
- Group III : angka jam 1 dan 5
- Group IV : angka jam 7 dan 11

Kombinasi Paralel Vektor Group Berbeda



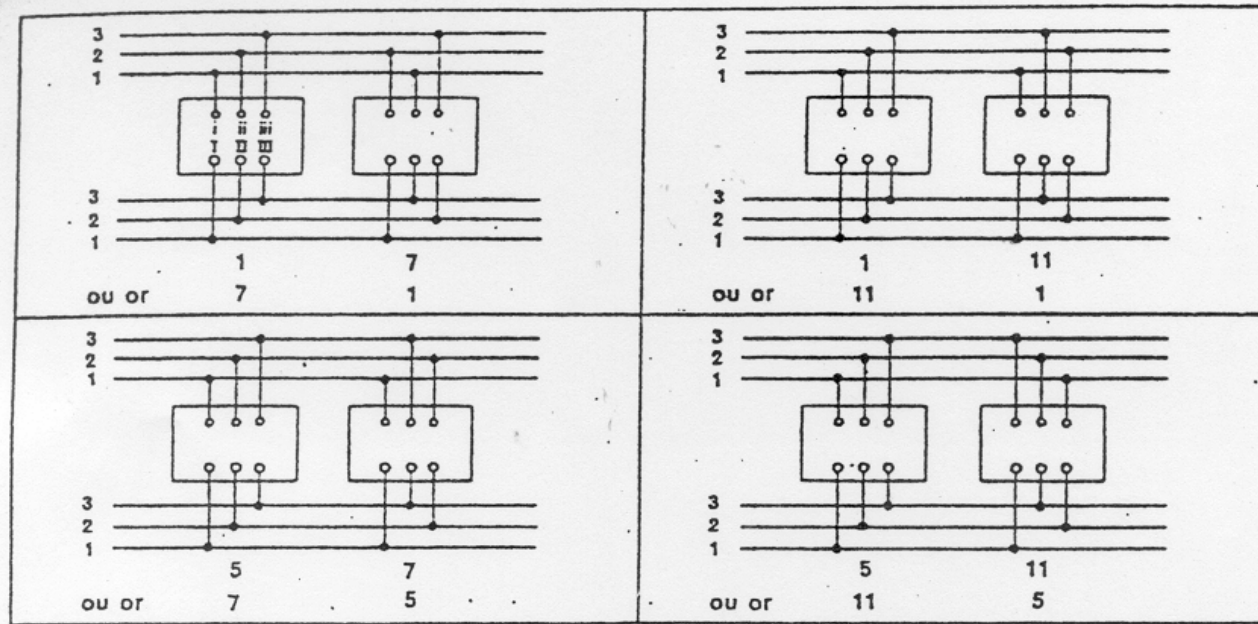
079178

Les chiffres au bas de chaque schéma sont les indices horaires

The large figures at the foot of each diagram give the clock-hour figures.

FIG. 2. — Marche en parallèle de transformateurs du même groupe.
Parallel operation of transformers of the same group.

Kombinasi Paralel Vektor Group Berbeda



080/78

Les chiffres au bas de chaque schéma sont les indices horaires.

The large figures at the foot of each diagram give the clock-hour figures.

FIG. 3. — Marche en parallèle de transformateurs appartenant aux groupes III et IV.
Parallel operation of transformers of Groups III and IV.

Contoh Kerja Paralel

- Trafo I = 3 ph, 50 Hz, 1000 kVA, 20 kV – 400 V, Dyn-5
Impedansi = 5%
- Trafo II = 3 ph, 50 Hz, 800 kVA, 20 kV – 400 V, Dyn-5
Impedansi = 4.5%

Tentukan supply masing-masing trafo.

$$\text{Supply} = \text{Kapasitas trafo} \times \frac{\text{impedansi terkecil}}{\text{impedansi trafo}}$$

$$\text{Trafo I} = 1000 \text{ kVA} \times 4.5\%/5\% = 900 \text{ kVA}$$

$$\text{Trafo II} = 800 \text{ kVA} \times 4.5\%/4.5\% = 800 \text{ kVA}$$

$$\text{Sehingga total kapasitas paralel} = 900 + 800 = 1700 \text{ kVA}$$

Contoh Kerja Paralel

- Seperti contoh diatas apabila disupply sesuai kapasitas trafo:

$$\text{Supply} = \text{Kapasitas paralel} \times \frac{\text{total sup ply kapasitasn o min al}}{\text{total sup plykapasit astotal}}$$


Total kapasitas nominal = 1000 kVA + 800 kVA = 1800 kVA

Supply trafo I = 900 kVA x 1800 kVA/1700 kVA = 953 kVA

Supply trafo II = 800 kVA x 1800 kVA/1700 kVA = 847 kVA

Total supply = 953 + 847 = 1800 kVA

Terlihat bahwa trafo I underload 47 kVA sedangkan trafo II
Overload 47 kVA.



TYPE TRANSFORMATOR

Jenis-jenis Trafo

- ONAN : oil immersed self cooled/in/outdoor use/step down/step up/ hermetically sealed
- ONAN : oil natural air natural
- Type pendinginan lain:
 - ONAF : oil natural air force
 - OFAF : oil force air force
 - ODAF : oil directed air force
- Hermetically sealed : terselubung penuh
- Type lain:
 - hermetically sealed with N2 cushioned
 - air sealed
 - conservator with breather
 - CSP – completely self protected

Jenis-jenis Trafo

- ☀ Jumlah Phase

- 3 phase
- 1 phase

- ☀ Aplikasi

- Trafo tenaga/power transformer
- Trafo distribusi/distribution transformer
- Instrument transformer

- ☀ Medium isolasi

- Oil immersed transformer
- Dry type transformer

Type Hermetically Seal



Total Filling Transformer

Type Nitrogen Cushion



Type Conservator



Type Conservator



Breather



Conservator with rubber bag/diaphragm



Dry Type Cast Resin



Power Transformer



20 MVA, 20 kV-8.5 kV, YNd-5

Distribution Transformer



100 kVA, 20 kV-400V, Yzn-5

Instrument Transformer



CT Indoor



VT Outdoor

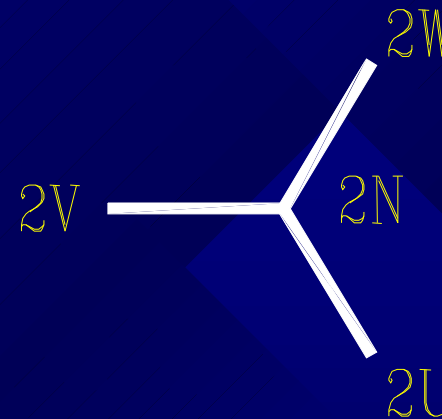
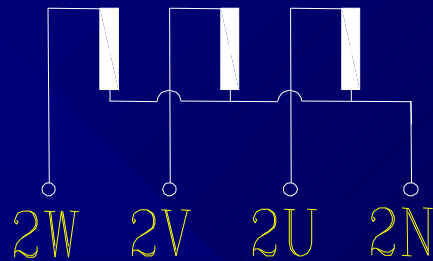
Trafo Tiga Phase

- ☀ Pemilihan hubungan untuk kumparan trafo 3 phase didasarkan atas operasi sistem kelistrikan, misalnya:
 - kerja paralel dengan trafo yg sudah ada
 - Perlu tidaknya titik netral
- ☀ Ada tiga macam hubungan trafo:
 - Bintang
 - Delta
 - Zig-zag

Tipe Hubungan

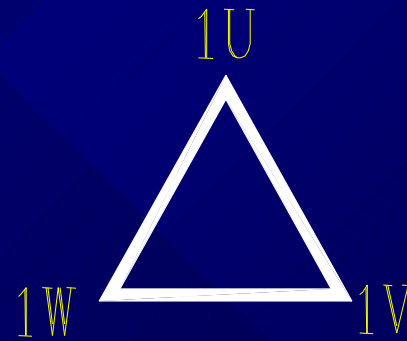
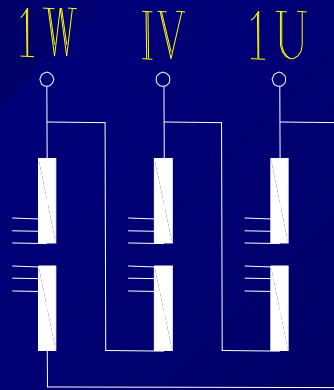
★ Rangkaian Listrik

- Hubungan Bintang, simbol: Y, y



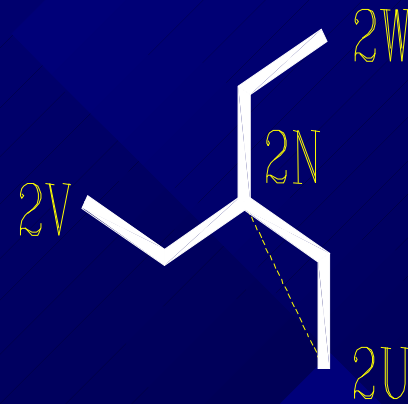
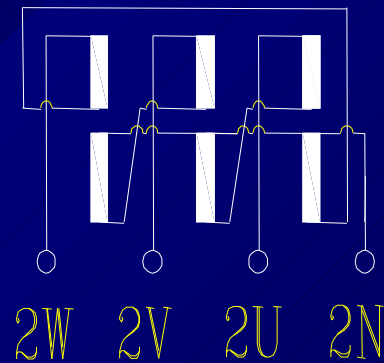
Hubungan bintang biasanya dipakai ketika sistem perlu titik netral untuk pembebanan, atau untuk sistem tegangan tinggi > 70 kV bisa dipakai tingkat isolasi bertingkat dan penyadapan on load tap changer dari netral

☀ Hubungan Delta, simbol: D, d



Hubungan delta biasanya dipakai untuk sistem dengan arus tinggi.

☀ Hubungan Zig-zag, simbol: Z, z



Hubungan zig-zag dipakai untuk trafo distribusi yang kecil <160 kVA
Atau untuk grounding transformer.

Macam Hubungan/Vector Group

- Hubungan trafo menandakan bagaimana sebuah trafo kumparan-kumparan saling dihubungkan. Untuk penetapan hubungan ini dipergunakan tiga jenis tanda atau kode, yaitu:
 - tanda hubungan untuk sisi tegangan tinggi terdiri atas I, D, Y, Z
 - Tanda hubungan untuk sisi tegangan rendah terdiri atas i, d, y, z
 - Angka jam yang menyatakan bagaimana kumparan pada sisi teg. rendah terletak terhadap sisi teg. tinggi

Hubungan menurut VDE

Golongan-golongan hubungan yang lazim menurut VDE 0532

1	2	3		4		5
Tanda		Gambar		Hubungan Kumparan		Perbandingan lilitan N
Angka Jam	Golongan Hub.	TT	tr	TT	tr	
Transformator Tiga Fasa						
0	Dd0					$\frac{w_1}{w_2}$
	Yy0					$\frac{w_1}{w_2}$
	Dz0					$\frac{2w_1}{3w_2}$
5	Dy5					$\frac{w_1}{\sqrt{3}w_2}$
	Yd5					$\frac{\sqrt{3}w_1}{w_2}$
	Yz5					$\frac{2w_1}{\sqrt{3}w_2}$
6	Dd6					$\frac{w_1}{w_2}$
	Yy6					$\frac{w_1}{w_2}$
	Dz6					$\frac{2w_1}{3w_2}$
11	Dy11					$\frac{w_1}{\sqrt{3}w_2}$
	Yd11					$\frac{\sqrt{3}w_1}{w_2}$
	Yz11					$\frac{2w_1}{\sqrt{3}w_2}$
Transformator Satu Fasa						
0	Ii0					$\frac{w_1}{w_2}$

*VDE-Vorschriften, Regeln für Transformatoren. VDE-Verlag GmbH, Berlin

Vector group yg lazim dipakai:

- Dyn5
- YNyn6
- YNyn0
- Yzn-5
- Dyn1
- Dyn11
- YNd5
- YNd11
- YNd1



INRUSH CURRENT

Inrush Current

- Pada saat tegangan tinggi trafo masuk ke jaringan (switch on) maka dalam waktu 1 detik arus yang sangat besar akan timbul dan menurun secara exponential sampai nilai exciting currentnya (I_0), kejadian ini disebut inrush current.
- Inrush current tidak bisa dihindarkan waktu pengoperasian trafo namun bisa ditangani dengan mensetting relay dan time delaynya.



MAINTANANCE TRANSFORMATOR

Maintenance Transformator

- Tujuan

- Menjaga trafo tetap bekerja sesuai performansi dan tindakan preventive maintenance.

- Melakukan record yang diperlukan untuk tindakan pencegahan dan keefektifan bekerjanya trafo.

- Pengecekan berkala tiap tahun/annual maintenance.

- Deteksi dini bila ada kerusakan trafo.

- Mengoptimalkan umur trafo yang dipengaruhi oleh umur isolasi kertas.

Metode Maintenance

☀ Pemeriksaan Berkala 1 Tahun

- Periksa sambungan ulir, baut
- Periksa keadaan minyak trafo apakah penuh atau sudah berkurang dilihat dari indicator DGPT/DMCR.
- Periksa sambungan kabel/konduktor pada terminal bushing dan pengetanahan.
- Membersihkan isolator terminal plug in bushing dan LV bushing, DMCR, dengan kain kering. Jika basah dipakai alkohol.
- Pembersihan radiator dengan udara bertekanan
- Pengecatan bagian yang berkarat terutama radiator
- Periksa kontak point relay DMCR apakah berfungsi dengan baik.

Metode Maintenance

- Pemeriksaan Berkala 4 Tahun
 - Melakukan pemeriksaan tahunan tersebut diatas
 - Memeriksa keadaan kualitas minyak trafo (test BDV oli)
 - Melakukan pembersihan tahunan seperti diatas
- Bila kualitas minyak telah dibawah standard $<30 \text{ kV}/2.5 \text{ mm}$ maka minyak harus di filter/ganti baru.
- Setiap penanganan trafo harus dilakukan oleh personnel yang berpengalaman.
- Mengutamakan keselamatan kerja.
- Memastikan trafo telah diketanahkan saat pekerjaan maintenance dilakukan

Alat Kerja Maintenance

- ✦ Tightening Torque
- ✦ Megger/Insulation Tester
- ✦ BDV Oil
- ✦ Thermal Cam Infrared

Predictive Maintenance

- ✦ DGA test
- ✦ Power factor/Tangen Delta test
- ✦ Furanic Test (power trafo)
- ✦ Degree of Polimerization (DP) – power trafo

DGA

✦ Dissolved Gas Analysis

Mengetahui kadar zat terlarut dalam oli yaitu:

H₂, C₂H₂, C₂H₄

- ✦ Kadar zat terlarut ini menandakan apakah terjadi gassing karena penuaan isolasi, partial discharge, flash over

Power Factor test

- ✦ Mengetahui kondisi isolasi trafo
- ✦ Harus di cek rutin karena menggunakan metode perbandingan
- ✦ Bila nilai makin besar, menandakan kondisi insulasi yang menurun

Furanic Test

- ✱ Mengetahui kondisi isolasi yang telah bereaksi dengan oli yang tidak dilengkapi sample paper
- ✱ Kadar selulosa isolasi: kertas, pressboard, cotton band yaitu:
 - 2 furaldehyde
 - 2 acetilfuran
 - 5 metyl-furaldehyde

DP test

- ✱ Mengetahui kondisi isolasi yang telah bereaksi dengan oli yang dilengkapi sample paper
- ✱ Nilai DP akan semakin turun karena trafo beroperasi
- ✱ Standard minimum 950

Spesifikasi Transformator

- Dalam mendesain, memfabrikasi dan melakukan test terhadap produk trafo maka acuan yang dipakai pabrikan adalah standard.
- Standard bisa berasal dari standard internasional yang telah dipakai diberbagai negara dan teruji juga standard dari pemakai sendiri/user.
- Berawal dari standard yang disepakati maka pabrikan dan pemilik mempunyai acuan bersama sehingga segala deviasi dan ketidaksesuaian selalu didasarkan pada standard.

Standard Internasional

- ☀ Beberapa standard internasional trafo yang sering dipakai:

IEC 76	Institute of Electrotechnical Committee
ANSI C.57	American National Standards Institute
NEMA TR1	National Electrical Manufacturers Association
BS 171	British Standard

- ☀ Beberapa standard nasional trafo yang perlu diketahui:

SPLN 50:97	Standard Perusahaan Listrik Negara
PUIL 2000	Peraturan Umum Instalasi Listrik
SNI 04:89	Standard Nasional Indonesia

Standard dari pemakai dikeluarkan saat tender untuk request for quotation dan berbagai syarat-syaratnya (requisitions)

Service Condition

- Kondisi operasi suhu trafo tidak lebih dari 40°C dan rata-rata harian 30°C .
- Bila trafo dalam kondisi melebihi syarat tersebut akan mengurangi life expectancy.
- Disarankan ditambahkan fan agar kondisi operasi sesuai.
- Ketinggian maksimum: 1000 m dpl.
- Semakin tinggi maka air density berkurang sehingga perlu desain khusus sesuai standard misalnya temperature rise, jarak bebas di udara dll.

Standard

- ✦ Trafo didesain, difabrikasi dan di test sesuai dengan standard:

IEC Pub 76/SPLN 50/97/ SLI 1985/ANSI

Kesesuaian meliputi semua karakteristik listrik dan mekanik termasuk toleransi.

- ✦ Bila pemakai ada permintaan khusus maka akan dicantumkan dalam spec Trafindo

Rating

- ★ Rating meliputi:
 - Phase, Frekuensi, Daya
 - Teg. Primer dan koneksinya
 - Teg. Sekunder dan koneksinya
 - Bila ada dobel teg. Primer maka kapasitas tiap tegangan ditentukan.
 - Bila ada dobel teg. sekunder maka kapasitas tiap tegangan ditentukan termasuk apakah beroperasi simultan atau non simultan
- ★ Tapping : $\pm 2.5\%$ & $\pm 5\%$
- ★ Phase relationship = vector group Dyn5

Electrical Performance

- Daftar insulation class IEC 76

Class kV	BIL kV	Applied kV
1.1	-	3
3.6	40	10
7.2	60	20
12	75	28
17.5	95	38
24	125	50
36	170	70

Temperature rise

- ✱ Oil temperature rise = 60°C
- ✱ Winding temperature rise = 65°C
- ✱ Pengujian pada rated voltage
- ✱ No load = rugi besi
- ✱ Load losses = rugi beban
- ✱ Load losses tergantung pada beban dan dinyatakan lebih mudah dengan efisiensi trafo.

Efisiensi trafo

- ★ Formula

$$\text{Efisiensi} = (\text{output}/\text{input}) \times 100\%$$

$$\text{input} = \text{output} + \text{rugi-rugi}$$

rugi-rugi terdiri dari:

rugi besi = besarnya tetap

rugi beban = $(\text{persen beban})^2 \times \text{rugi beban penuh}$

misal : load losses = 18100 W pada beban penuh 1600 kVA

maka pada 50% beban (800 kVA) load losses menjadi
 $= .5^2 \times 18100 = 4525 \text{ W}$

Exciting current, Impedance

- ✦ Arus eksitasi = 2%
artinya 2% dari I_{nominal}
- ✦ Impedansi = 6%
pengaruh impedansi:
 - pengaturan tegangan
 - short circuit trafo

Voltage Regulation

- ✱ Adalah pengaturan tegangan pada power factor 1.0 dan 0.8
- ✱ Pada saat trafo tanpa beban output tegangan 400 V, pada saat berbeban penuh dengan pf. 1.0 maka terjadi drop tegangan 1.30% atau output menjadi 394.8 V
- ✱ Pada beban penuh p.f 0.8 output menjadi 381.92 V

Spesifikasi Khusus

- ★ Bila perlu spec khusus yang diinfokan ke pabrikan:
 - type beban (kontinu, intermittent)
 - tingkat polusi (heavily salted, rusted)
 - hazardous area (class and division)
 - altitude
 - reduce loss
 - tingkat harmonisa (THD)
 - 2 atau 3 winding



KONSTRUKSI TRANSFORMATOR

Konstruksi Trafo

- ☀ Core/Inti

Adalah bagian yang berfungsi sebagai sirkuit magnetis antara belitan primer dan sekunder. Terbuat dari Cold-rolled silicon steel sheet type M4 0.27 mm

- ☀ Winding/Kumparan

Adalah kumparan trafo yang terdiri dari sisi primer (bagian yang terhubung ke sumber tegangan) dan sisi sekunder (sisi yang terhubung ke beban)

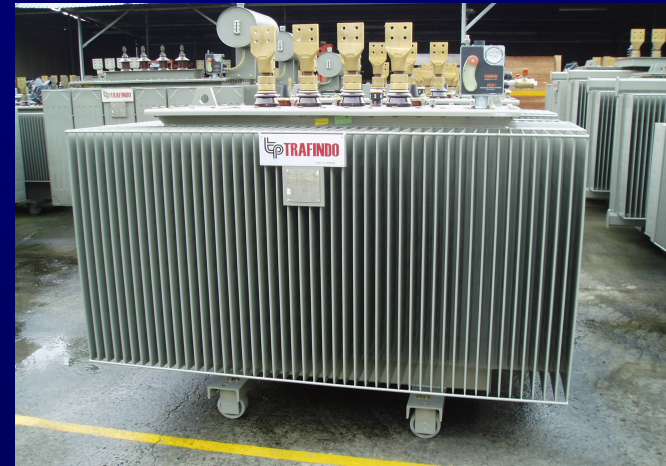
- ☀ Tanki trafo dan radiator

Sebagai tempat core coil, oli dan pendinginan alamiah

- ☀ Oli trafo

Media pendinginan dan isolasi

Inti, Kumparan dan Tanki



Core dan winding disupport kuat untuk menahan gaya axial dan radial karena beban.

Coil didesain kokoh, sirkulasi oil optimum, tahan short circuit

Oli transformator

- ✱ Berfungsi sebagai pendingin dan isolasi
- ✱ Type : Mineral Oil
- ✱ Spec : Comply with IEC 296 class I
- ✱ Electrical breakdown: >50 kV/2.5 mm
- ✱ Minimum standard : 30 kV/2.5 mm
- ✱ Insulation : Class A (105 Deg C)

Bagian pendukung yang lain

- ☀ Tap changer

Sebagai pengubah sadapan sisi primer 20 kV



Tapping : 21-20.5-20 R – 19.5-19 kV

Bisa juga untuk adjust tegangang LV 420-410-390-380 V

- ✦ Earthing Terminal
Pengetanahan trafo untuk safety personnel
- ✦ Filter valve dan Drain valve
Berfungsi dalam penggantian minyak atau filter minyak
- ✦ Name Plate
Mencantumkan spesifikasi trafo
- ✦ Bushing HV dan LV
Terminal penghubung trafo HV dan LV

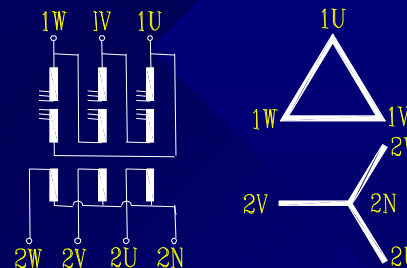


Name Plate

TRANSFORMER

PHASE		3	ORDER No.	
FREQUENCY	Hz	50	SERIAL No.	
kVA		1250	YEAR OF MANUFACTURE	2004
VOLT	HV	20000	STANDARD	IEC-76
	LV	400	TYPE OF COOLING	ONAN
AMPERE	HV	36.08	VECTOR GROUP	Dyn-5
	LV	1804.28	TEMP. RISE OIL/WINDING °C	60 / 65
IMPEDANCE	%	5.5	TRANSFORMER OIL Liter	875
INSULATION CLASS		A	TRANSFORMER WEIGHT kg	3550
B I L (kV)	HV	LI 125 AC 50 / LI - AC 3		

HV.TAP.VOLT	SW.POS
21000	1
20500	2
20000	3
19500	4
19000	5



pt trafoindo prima perkasa

Office : Jln. Hayam Wuruk 4 FX, Jakarta 10120, Phone 3451384, 3850703, 3861865
 Facsimile, 3850702 - 3861869 E-mail : trafo@trafoindonesia.com.
 Factory : Jln. Raya Pasar Kenis, Desa Alan Jaya, Kecamatan Jatiumung Tangerang 15133
 Phone, 5903801 - 5903802 Facsimile, 5900616

Proteksi Transformator

- DGPT-2/DMCR

Relay yang berfungsi mendeteksi:

- Timbulnya gas dan kebocoran oli : default = 170 cm³
- Pressure/tekanan : setting = 0.3 bar
- Temperature alarm : setting = 85 Deg C
- Temperature trip : setting = 95 Deg C

Tersedia kontak NO dan NC



- ☀ Pressure relief Device

Alat untuk melepaskan pressure karena pengaruh suhu atau telah terpenuhinya setting pressure.

setting = 7 psi, 8 psi, 10 psi. Tersedia 1 contact alarm.

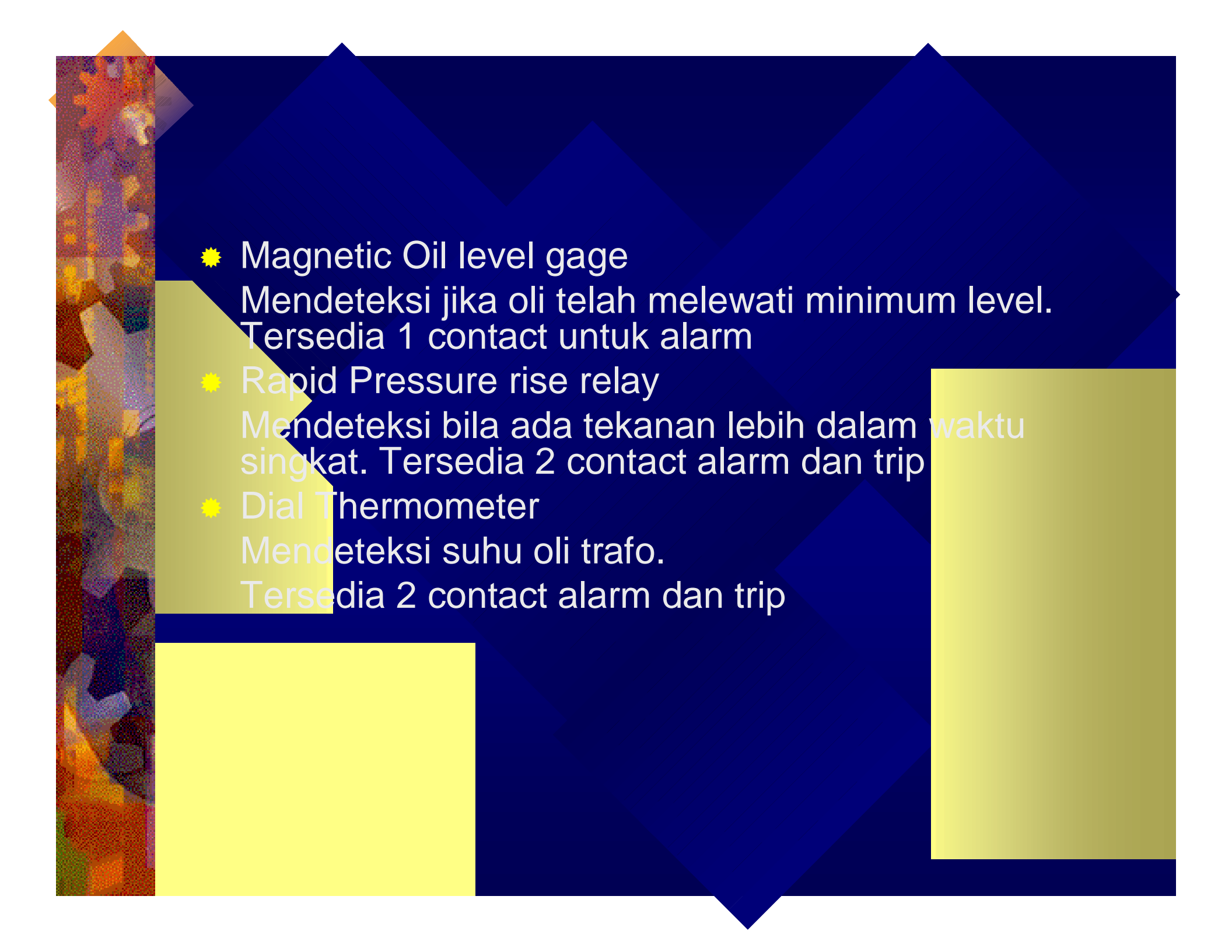
- ☀ Buchholz Relay

Detektor timbulnya gas. Tersedia 2 contact yaitu alarm dan trip.

- ☀ Winding Thermometer

Mendeteksi suhu kumparan

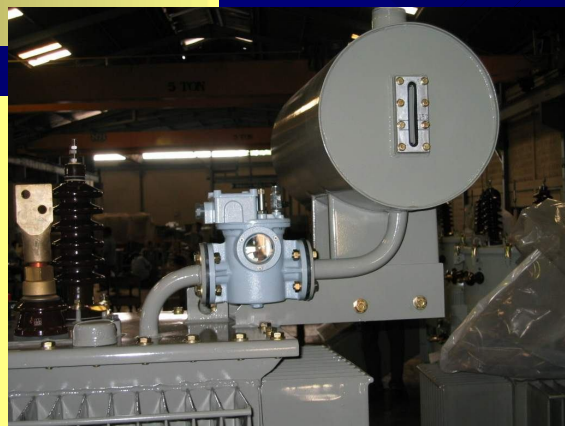
Tersedia 4 contact alarm, trip, fan on.

- 
- ✦ Magnetic Oil level gage
Mendeteksi jika oli telah melewati minimum level.
Tersedia 1 contact untuk alarm
 - ✦ Rapid Pressure rise relay
Mendeteksi bila ada tekanan lebih dalam waktu singkat. Tersedia 2 contact alarm dan trip
 - ✦ Dial Thermometer
Mendeteksi suhu oli trafo.
Tersedia 2 contact alarm dan trip

Indikator



Oil level indicator
Dipasang on cover



Oil level indicator
Dipasang di conservator atau bisa di tank