

MINGGU IX

Transformer tank and cooling system

Transformer Tank Requirements

Tank Construction

Transformer Cooling

6 Tangki Trafo dan sistim pendingin

6.1 Kebutuhan Tangki Trafo

Tangki dibuat dengan membentuk pelat baja yang dilas untuk dipakai sebagai wadah sebagai penempatan kumpulan inti dan lilitan dengan lapisan minyak. Tangki transformator didesain untuk menutup transformator dari luar suasana dan dapat menahan daya electromechanical, Pemuaian minyak dan getaran yang dihasilkan atas kondisi beban dan kesalahan akan menjadi kriteria yang diikuti

Kekuatan untuk mencegah tangki pecah di bawah kondisi kesalahan tenaga rendah:

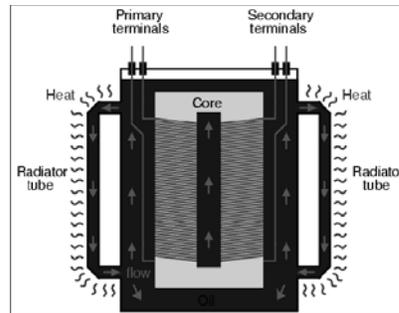
- Tangki transformator, perlengkapan pendingin dan subyek penempatan sampai tekanan akan didesain untuk tahan, tanpa perubahan bentuk permanen, tekanan sedikitnya dua puluh lima persen lebih besar dari pada pengoperasian tekanan maksimum. Bentuk maksimum tahan tekanan akan ditunjukkan di atas plat nama.
- Termasuk dalam perluasan volume untuk membolehkan pengoperasian di bawah kondisi beban yang ditetapkan. Tutup utama akan dilas ke atas tangki. Satu atau lebih banyak handhole akan disediakan di tutup tangki untuk akses penyambungan bushing dan transformator arus, kalau diperlukan. Ukuran lubang akan cukup untuk memindahkan transformator arus mana pun.
- Dasar transformator akan dapat digulingkan ataupun didorong di arah salah satu dari kedua dasar ditengah tangki. Dasar dirancang ditengah pusat gaya berat transformator karena dalam pengangkutan tidak akan keluar dari dasar oleh kemiringan sebesar lima belas derajat.
- Gantungan pengangkat dapat dilakukan di masing-masing sudut tangki, gantungan didesain untuk memberikan faktor keamanan minimum sebanyak 5.
- Area pembungkus, bantalan atau pendukung akan disediakan.
- Ketepatan pengangkat, untuk mengangkut transformator secara paralel untuk yang lainnya dari kedua sisi, akan disediakan.

Paking

Paking akan saling cocok untuk cairan pelapis di tanki transformator. Paking dibuat terus-menerus dengan silicone cair yang terbuat dari bahan viton. Dimana permukaan logam ke paking akan mulus, dan akan mempunyai cukup kekakuan untuk memastikan daya tekanan paking.

Tipe-tipe tangki:

1. Tangki dengan lembaran baja polos tanpa penyejuk luar untuk daya yang kecil
2. Tipe piringan ketel dengan plat tabung pendingin
3. Tangki dengan radiator luar yang dihubungkan ke tangki
4. Tangki dengan radiator yang terpisah disambung dengan pipa



Gambar.6.1. Memperlihatkan inti transformator dan tabung radiator

6.2 Konstruksi tangki

Tangki pelat baja polos

Terbuat dari lembar-lembar baja tipis polos dengan ketebalan sekitar 3 mm tangki tanpa tabung pendingin luar, tangki ini dipakai untuk perumahan transformator kecil mulai dari rating 50 KVA.

Lembar-lembar yang lebih tebal dipakai untuk dasar yang bergantung pada instalasi. Keempat dinding samping terbuat dari satu lembar baja dan dilas secara vertikal, pengelasan listrik dilakukan secara terpisah pada pelat ketel tebal:

Pembuatan sejenis ini dipakai untuk distribusi pendingin transformator pada semua ukuran di atas 50 KVA, tabung pendingin disatukan ke dinding tangki untuk mendapatkan tambahan pendingin pada permukaan dan sirkulasi minyak panas. Ketel plat baja kualitas tinggi dengan ketebalan dari 5 mm sampai 12 mm dipotong dan disambung secara permanen dengan cara mengelasnya untuk mendapatkan kekuatan kaku dengan jarak diatas 1 mm untuk mencegah tonjolan. Tangki yang telah diuji untuk tekanan (7 psig) dan kevakuman (0,1 torr atau kurang) menurut standards. Tabung pendingin diatur dengan jarak sekitar 8 cm dari tengah ke tengah plat dasar sekitar 8 sampai 15 mm.

Dimensi optimal tangki dan kekuatan kaku dihitung menggunakan komputer untuk membantu alat perancang. Sudut interior transformator dilas untuk mendapatkan tambahan kekuatan dan untuk mencegah terjadinya kebocoran. Tangki transformator diuji untuk kebocoran dengan cara mengisi minyak dan disimpan dibawah tekanan sebesar $0,5 \text{ kg/cm}^2$ selama beberapa jam dan semua sambungan sendi diberi bedak kapur biru berpendar yang menyala pada kegelapan yang melokalisir lokasi kebocoran yang sangat kecil.

Perawatan permukaan: tangki disemprot dari dalam dan luar untuk menyiapkan permukaan dasar yang bersih. Noda kasar dari sambungan pengelasan dibersihkan dan digerinda dengan seksama dengan menyemprotkan udara tekanan tinggi. Lapisan premier oksida merah dipakai sebelum cat akhir menurut spesifikasi dilakukan.

Pengepasan dan perlengkapan:

Tutup atas transformator dilengkapi dengan item berikut

- 1) HV dan LV terminal busing
- 2) Netral busing jika ada
- 3) Baut pengangkat pada plat atas
- 4) Flang penghubung transformator dengan pelindung
- 5) Flang penggantung untuk tap penggantian kepala
- 6) Kantong untuk termometer
- 7) Pipa pengalir minyak

Transformator ukuran yang lebih besar mempunyai aksesori tambahan berikut

- 1) Outlet pengetesan minyak dengan pelindung
- 2) Indikator temperatur minyak dan pendingin

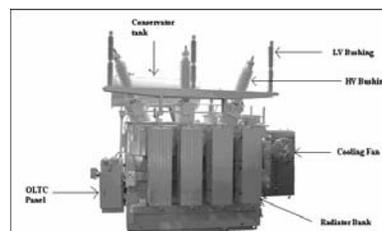
Tangki dengan radiator bank:

Untuk transformator dengan rating 5 MVA keatas, tabung pendingin tidak mencukupi untuk transformator berpendingin minyak secara efisien, radiator terpisah dapat dilepaskan (tabung baja bulat panjang dilas didalam pelat baja ditekan)disambungkan di sisi transformator yang mempunyai klep masuk dan klep keluar radiator seperti itu dihubungkan dengan tangki transformator juga tidak di satu sisi untuk transformator kurang dari 5 MVA dan di kedua sisi radiator 5 MVA dihubungkan dengan tangki transformator dengan alat klep penutup. Metode ini membolehkan radiator individu dipisahkan dengan tidak mengalirkan minyak ke transformator. Klep penyetop diletakkan pada posisi handel penunjuk dan dengan kunci spring. Bagian bawah radiator mempunyai steker untuk outlet minyak dan bagian atas steker untuk pembuangan udara.

Aliran minyak transformator terjadi kenaikan dengan gaya ikutan saat transformator berisi minyak panas di dalam transformator ke atas tangki dan memasuki tabung radiator (pada Inlet) dan sesudah beredar di tabung dan aliran minyak di dinginkan kembali ke dalam tangki melalui dasar radiator (Outlet). Untuk transformator lebih dari 30-100 MVA ditambah dengan pendingin kipas disamping ataupun di dasar radiator bank untuk pendinginan minyak yang lebih baik.

Tangki dengan radiator ditempatkan secara terpisah:

Untuk transformator tegangan tinggi dan besar aliran minyak didalam radiator tidak mencukupi untuk pendinginan radiator bank yang ditempatkan secara terpisah jauh dari tangki dan gaya aliran minyak dilakukan pemompaan dengan pompa yang ada untuk sirkulasi udara balik radiator, untuk lebih baik juga dilakukan dengan pendinginan air diluar tabung radiator, tetapi perawatan kebocoran akan sukar.



Gambar.6.2 Gambar transformator serta radiator dan aksesoris kipas pendingin dengan tangki transformator:

Bagian berikut dipasang ke tangki transformator menurut susunan

- 1) konservator minyak
- 2) pipa buangan udara
- 3) outlet sampel minyak
- 4) relai buchholz
- 5) klep tekanan ringan
- 6) meteran ketinggian minyak
- 7) meteran temperatur minyak
- 8) meteran temperatur pendingin
- 9) bushing HV dan LV
- 10) bushing netral
- 11) tap penukar
- 12) sistem pendingin (radiator atau pipa)
- 13) kios penyusun, dll,

Sistem pendingin:

Transformers tipe pendingin kering.

- | | |
|----------------------------|-----------------------------------|
| AN – Air Natural ; | (Udara biasa) |
| AF – Air forced (by Fans); | tekanan udara (menggunakan kipas) |

Pendinginan dengan minyak celup transformator

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| ONAN - Oil Natural Air Natural; | minyak dan udara biasa |
| ONAF - Oil Natural Air Forced; | minyak dan tekanan udara |
| OFAF - Oil Forced Air Forced; | tekanan minyak dan tekanan udara |
| ONWF - Oil Natural Water Forced; | minyak dan tekanan air |
| OFWF - Oil Forced Water Forced; | tekanan minyak dan tekanan air |

Udara biasa: hanya dapat dipakai untuk tipe transformator kering (yaitu dengan balutan resin dan resin resapan)

Tekanan udara: Selalu untuk tipe transformator tekanan udara kering di dalam permukaan tangki dengan kipas yang diatur alat pengatur panas pada tangki

Minyak dan udara biasa: cara ini paling luas dipakai sebagai pendingin karena transformator minyak untuk 30 MVA keatas. Pendinginan dengan minyak, diperuntukkan untuk transformator di bawah beban dan arus minyak panas diedarkan di inti dan lilitan, minyak diedarkan di tangki oleh konveksi alami.

Tangki polos tanpa tabung pendingin dipakai untuk rating 50 KVA keatas diatas rating tabung pendingin dipasang ke tangki untuk aliran yang lebih baik dan pendingin diatas 5 MVA.

Minyak dan tekanan udara: beberapa buah kipas besar digantung dekat radiator transformator dan beberapa buah di bawah (transformator besar 100 MVA) atau di dalam (30-75 MVA) tergantung pada bentuk dan kipas ini secara otomatis dihidupkan kalau suhu minyak transformator naik di atas satu nilai yang ditentukan dan mati kalau kurang di bawah nilai yang ditentukan.

Tekanan minyak dan tekanan udara: untuk transformator di atas 100 MVA sistem pendingin ONAF tidak mencukupi, oleh karena itu aliran tekanan minyak juga dipakai untuk pendinginan yang lebih baik disamping aliran tekanan udara. Pompa digunakan untuk mendorong minyak dari atas transformator (outlet) ke dalam radiator bank yang ditempatkan berjarak dari tangki dan dihubungkan dengan pipa keluar dan pipa ke dalam.

Minyak dan tekanan air: Tipe ini adalah pendingin yang dipakai di tempat di mana ada ruang pembatas untuk air yang ada secara leluasa, dengan memakai pompa air diedarkan disekitar tabung radiator untuk mendinginkan minyak transformator yang beredar oleh konveksi alami. Tetapi dewasa ini sistem sejenis ini dihentikan karena kini transformator dirancang mempunyai radiator dan sistem pendingin yang didesain lebih baik.

6.3 Pendingin Transformator

Rugi beban-nol dan kerugian beban adalah dua sumber penting dalam pemanas dipertimbangkan model trafo tenaga yang berkenaan dengan panas. Rugi beban-nol terdiri dari histeresis dan kerugian pusaran di (dalam) inti trafo, dan kerugian ini hadir kapan saja trafo diberi tenaga. Kerugian Histeresis ada dalam kaitan dengan magnet dasar di (dalam) material yang membariskan dengan medan magnet yang bertukar-tukar [itu].

Arus pusar disebabkan oleh inti medan magnet yang bertukar-tukar [itu]. Jumlah histeresis dan kerugian pusaran adalah bergantung pada [atas] menggairahkan voltase trafo [itu]. Kerugian Beban adalah sumber trafo [yang] [yang] penting [yang] memanaskan, terdiri dari kerugian tembaga dalam kaitan dengan melilit pembalasan dan stray kerugian beban dalam kaitan dengan arus pusar di (dalam) lain struktural bagian-bagian dari trafo [itu]. Kerugian Tembaga terdiri dari kedua-duanya DC kerugian pembalasan, dan melilit kerugian arus pusar. Angka kerugian adalah bergantung pada [atas] trafo [mengisi/memuat] sekarang, seperti halnya temperatur minyak. DC kerugian pembalasan meningkat/kan dengan suhu naik, [selagi/sedang] lain kerugian beban ber/kurang dengan meningkat(kan) temperatur minyak. Semua faktor ini dipertimbangkan kalkulasi [dari;ttg] capaian trafo yang berkenaan dengan panas.

Metode dasar untuk pendingin trafo adalah dengan memindahkan panas dari inti dan lilitan kepada [itu] pembatas minyak. Peredaran [yang] alami minyak memindahkan panas [itu] ke radiator eksternal. Radiator meningkat/kan area bidang pendingin [itu] tangki/tank trafo. Pompa mungkin (adalah) digunakan untuk peningkatan alir minyak, meningkat(kan) efisiensi radiator [itu]. Di (dalam) trafo arus tidak diarahkan, minyak yang dipompa mengalir dengan [cuma-cuma/bebas] melalui/sampai tangki/tank [itu]. Di (dalam) trafo arus diarahkan, minyak yang dipompa [wajib/ terpaksa] mengalir sepanjang [itu] melilit.

Pendingin udara yang dipaksa biasanya diterapkan pada [atas] trafo [kuasa/ tenaga] besar, menggunakan kipas;penggemar untuk [meletup/memukul] udara (di) atas permukaan radiator, yang dapat menggandakan efisiensi radiator [itu]. Karena beberapa trafo [kuasa/ tenaga] besar, air mendingin boleh menggantikan radiator besar. [Kuasa/ tenaga] besar Trafo boleh juga mempunyai penilaian/beban maksimum tambahan untuk berbagai langkah-langkah [dari;ttg] mendingin dipaksa. Secara normal, hanya dua langkah-langkah diterapkan, menyediakan trafo yang menilai setara dengan 133% dan 167% tentang yang self-cooled menilai.

Antara IEEE dan IEC mendirikan;penetapan tujuan baku untuk berbagai pendingin gaya trafo. IEEE telah mengadopsi perencanaan IEC. Rancangan itu sepenuhnya menguraikan metode pendingin untuk trafo, dan metode pendingin berdampak pada tanggapan trafo dalam membatasi minyak untuk memberi kondisi muatan. Tabel 6.1 Daftar rancangan pendingin transformator biasa.

Tabel 6.1: Rancangan pendingin transformator

Old IEEE Cooling Designations		IEC Equivalent
Self-cooled	OA	ONAN
Forced air cooled	FA	ONAF
Directed-flow forced liquid cooled	FOA	ODAF
Water cooled	OW	OFWF
Forced liquid and water cooled	FOW	OFWF

Perencanaan pendingin dengan aturan lama IEEE dengan padanan IEC

Pendinginan sendiri;	OA ONAN
Daya pendinginan udara;	FA ONAF
Mengikuti aliran daya cairan pendingin;	FOA ODAF
Pendingin air;	OW OFWF
Air dan daya cairan pendingin;	FOW OFWF

Dampak Temperatur Minyak pada [atas] trafo daya TERUS MENINGKAT beban Trafo [mengisi/memuat] peningkatan temperatur membatasi minyak, memuat[lah di atas papan nama [yang] menilai melibatkan resiko beberapa. Trafo dinilai pada suatu temperatur minyak maksimum naik (di) atas berkenaan dengan lingkungan, dengan trafo modern menilai pada 65° C naik di atas berkenaan dengan lingkungan. Resiko ini meliputi mengurangi integritas dielektrikum dalam kaitan dengan pembangkit gas, kekuatan mekanis yang dikurangi dan kelainan bentuk [yang] permanen [dari;ttg] komponen struktural seperti inti dan lilitan, atau mungkin kerusakan pada peralatan pelengkap seperti sesuatu yang berubah ketukan, tabung-bantalan, atau transformator arus.

Temperatur minyak, oleh karena itu, membuat suatu pilihan baik untuk menggunakan [ketika;seperti] basis suatu perlindungan berfungsi, menyediakan kepekaan [bagi/kepada] sejumlah isu trafo mungkin. Batas Temperatur baku digambarkan IEEE Pemandu untuk

Memuat Mineral-Oil Membenamkan Trafo [Kuasa/ tenaga], (yang diuraikan sisa catatan/kertas ini [sebagai/ketika] Pemandu untuk Memuat) didaftarkan Tabel 6.2.

Tabel 6.2: Batas temperatur standar, 65° C pada trafo, 30° batas temperatur standar pada suhu lingkungan

Standard temperature limits		
Average winding temperature rise	65° C	Above ambient
Hot-spot temperature rise	80° C	Above ambient
Top liquid temperature rise	65° C	Above ambient
Maximum temperature limit	110° C	Absolute

Rata-Rata temperatur lilitan naik 65° C Di atas berkenaan dengan lingkungan
 Hot-Spot Temperatur naik 80° C Di atas berkenaan dengan lingkungan
 Temperatur Cairan Puncak naik 65° C Di atas berkenaan dengan lingkungan
 Batasan suhu maksimum 110° C Absolut

Satu faktor di (dalam) trafo over-temperature kondisi-kondisi adalah hilangnya hidup isolasi/penyekatan. Eram isolasi/penyekatan catatan/kertas yang disuling didasarkan pada temperatur, isi embun, dan isi oksigen dari waktu ke waktu. Sistem Pemeliharaan Minyak modern memperkecil dampak embun dan oksigen pada [atas] hidup isolasi/penyekatan. Oleh karena itu, mengeram studi trafo menggunakan hottest-spot temperatur minyak [itu] untuk menentukan hidup trafo. [3] Istilah " hidup trafo" diasumsikan untuk berarti hidup isolasi/penyekatan [itu] trafo, [yang] bukan total hidup operasional. " Loss-Of-Life" diasumsikan untuk berarti hilangnya total hidup isolasi/penyekatan trafo.

Untuk kenaikan 65° C trafo beroperasi di suhu maksimum, Pemandu untuk beban menggunakan 65,000 jam (7.4 tahun) [sebagai/ketika/sebab] pengharapan hidup normal, berdasar pada 50% kekuatan mekanis yang ditahan isolasi/penyekatan [itu]. Pemandu untuk Memuat juga negara yang 180,000 jam (20.6 tahun) adalah juga suatu nilai layak untuk suatu pengharapan hidup normal. [Alat/ makna] ini, [yang] pada kenyataannya, [bahwa/yang] trafo dapat dioperasikan sangat sempurna [mengisi/memuat] untuk 65,000 jam (di) atas total hidup [yang] operasional trafo [sebelum/di depan] kekuatan mekanis isolasi/penyekatan dikurangi oleh separuh, meningkat(kan) kemungkinan kegagalan selama korsleting. Hubungan antar[a] temperatur minyak dan pengharapan hidup trafo diberi oleh mempercepat mengeram faktor, FAA. FAA untuk 65° C naik trafo digambarkan sebagai:

$$F_{AA} = e^{-\left[\frac{15,000}{383} - \frac{15,000}{\Theta_H + 273} \right]} \text{ per unit,}$$

Dimana Θ_H adalah hott-spot temperatur (° C) FAA adalah suatu pengali untuk tingkat trafo mengeram, dan adalah lebih besar dari 1 ketika hottest-spot temperatur melebihi yang 30° C

batas temperatur disain berkenaan dengan lingkungan 110° C. Faktor ini melakukan penyesuaian pengharapan hidup yang normal trafo untuk over-temperatures. Karena suatu trafo mengoperasikan secara terus-menerus pada suatu temperatur spesifik, pengharapan hidup yang nyata adalah pengharapan hidup yang normal yang dibagi oleh mempercepat mengeram faktor FAA.

For example, if $\Theta_H = 140^\circ \text{C}$, then

$$F_{AA} = e^{\left[\frac{15,000}{383} - \frac{15,000}{\Theta_H + 273} \right]} = e^{\left[\frac{15,000}{383} - \frac{15,000}{140 + 273} \right]} = 17.$$

$$\text{Life expectancy} = \frac{65,000}{17.2} = 3779 \text{ hours}$$