

809/HD/84

PERPUSTAKAAN IKIP PADANG
KOLEKSI BIDANG ILMU
TIDAK DIPINJAMKAN
KHUSUS DIPAKAI DALAM PERPUSTAKAAN

BAHAN PENGAJARAN PRAKTIKUM TRANSFORMATOR
DALAM MATA KULIAH "MESIN LISTRIK" JURUSAN ELEKTRO
FPTK IKIP PADANG



MILIK PERPUSTAKAAN
- IKIP - PADANG -

Oleh
Chaldir Arsyad

Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan
Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan Padang
1984

Pengembangan Fakultas Pendidikan Teknologi dan Keterampilan , Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan Padang dan Yogyakarta telah melaksanakan pembaharuan-program pendidikannya . Pembaharuan program pendidikan tersebut adalah suatu program terpadu antara matakuliah teori dan praktek . Keterampilan dari satu pihak dan pihak yang lain antara pengetahuan Teknik dan Keguruan .

Produk dari pendidikan ini diharapkan sebagai tenaga pengajar di STM Pembangunan . Dengan demikian FPTK IKIP.Padang dan Yogyakarta mempersiapkan tenaga pengajar dalam bidang teknologi.

FPTK IKIP Padang dan Yogyakarta telah sampai pada pembekuan kurikulum dan silabinya , diterbitkan buku pedoman pelaksanaan Program Pendidikan . yang terbagi dalam beberapa buku yaitu;Buku A , B ,C dan D. Disamping buku-buku tersebut diterbitkan pula petunjuk pengajaran lain seperti ,Skema Kerja , Job - Sheet, Lab Sheet dan sebagainya .

Bertitik tolak dari sistim pembaharuan Program Pendidikan dan Pedoman Pelaksanaan serta sarana lainnya untuk mencapai tujuan pendidikan tersebut dan kelancaran proses belajar mengajar dirasa perlu adanya suatu buku buku (literatur) dalam setiap matakuliah. Untuk mengisi kekosongan literatur dan terbatasnya buku buku dalam bahasa Indonesia dalam bidang teknik , perlu adanya penyusunan buku pegangan mata kuliah yang akan disajikan kepada mahasiswa.

Khususnya jurusan elektro FPTK IKIP.Padang, para staf telah berusaha untuk menyusun buku buku pegangan dalam mata kuliahnya masing-masing .

Dalam hal ini, termasuk pula mata kuliah "Mesin Listrik" yang disampaikan kepada mahasiswa tingkat II jurusan Elektro. Pada mata kuliah "Mesin Listrik" diharapkan mahasiswa dapat mengetahui prinsip-prinsip pengoperasian dan konstruksi (termasuk bahan yang di gunakan) dari semua jenis mesin listrik (Motor, Generator maupun arus bolak balik) dan Transformator

Buku pengajaran mata kuliah mesin listrik kami coba menyusunnya dari materi-materi yang diberikan, dalam perkuliahan selama ini. Disini kami bisa baru dapat menerbitkan dalam bentuk buku yang berjudul :

"Bahan Pengajaran Pratikum Transformator dalam mata kuliah mesin listrik."

Akhirkata bantuan dan kritikan dari semua pihak yang menggunakan buku ini untuk penyempurnaannya, sehingga tercapai mutu pendidikan yang diharapkan di-FPTK IKIP. Padang, akan kami terima dengan baik dan senang hati serta mengucapkan banyak terima kasih.

MILIK PERPUSITAKSIAN IKIP PADANG		Padang 2 Juli 1984.
DITERIMA TEL	10-10-1984	
SUNDER HANSA	Drs Chaidir Arsyad	
KOLEKSI	K-1	
NO. ACQUIS	809/Hdl/84-60 (2)	
KULIAH	621.314 Ars 60	

Penulis

BAB IV. Penyearah arus	42
A. Percobaan penyearah satu phase- setengah gelombang dengan thyristor	43
B. Percobaan penyearah satu phase- gelombang penuh dengan thyristor	47
C. Penyearah tiga phase setengah gelombang - dengan thyristor	50
D. Penyearah tiga phase gelombang penuh- dengan thyristor	54

— & —

Pendahuluan

Transformator adalah suatu alat listrik tanpa bagian-bagian yang dapat bergerak untuk merubah energi listrik dari suatu jala-jala dengan imbas elektro magnetik pada suatu frekwensi yang sama dengan merubah tegangan atau arus .

Transformator mempunyai suatu rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya , melalui suatu gandengan magnetik atau hubungan magnetik .

Gandengan magnetik diperoleh dari 2 kumparan pada sisi primer dan sisi sekunder serta suatu inti besi yang berfungsi untuk menyalurkan flux magnetik .

Kumparan primer adalah kumparan trafo yang berhubungan pada sumber arus listrik, kumparan primer ini dapat merupakan kumparan-kumparan untuk tegangan tinggi atau tegangan rendah tergantung pada penggunaannya .

Kumparan sekunder adalah kumparan yang mengeluarkan tegangan tinggi atau tegangan rendah. Sedangkan inti besi adalah bagian besi tempat mengeluarkan fluksi bersama . Besi trafo terbuat dari laminasi - laminasi yang disusun sedemikian rupa , masing masing laminasi diisolasi satu sama lainnya dengan oksidasi seperti lapisan vernis atau kertas .

Transformator dikelompokkan seperti :

1. Transformator daya .
2. Transformator distribusi .
3. Transformator instrument, yang terdiri dari transformator arus dan tegangan .

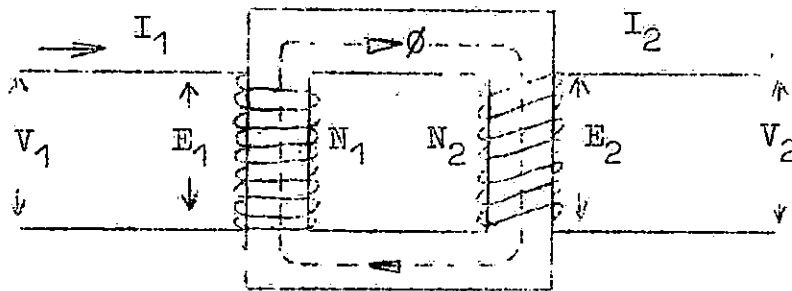
A. Perinsip kerja transformator

2

Kerja transformator berdasarkan perinsipnya induksi elektro maknetik yang berkaitan pula dengan teori mesin-mesin listrik , dalam hal ini mempunyai tiga dasar penting hubungan dengan elektro maknetik .

Hubungan ini bagai mana membangkitkan medan listrik dengan mengubah-ubah medan maknit terhadap waktu (hukum Faraday) dan bagai mana arus yang bergerak menimbulkan medan maknit (hukum Ampere) serta energi listrik yang diperoleh dari sumber , tersimpan dalam bentuk energi maknit (energi dalam maknit)

Hubungan rangkaian seperti gambar 1 di atas ini berlaku untuk suatu transformator .



Gambar 1 .

MILIK PERPUSTAKAAN
- IKIP - PASO 2 -

Pada kumparan perimer dihubungkan dengan tegangan V_1 yang sinusoid, akan mengalir arus pada perimer sebesar I_1 yang juga sinusoid dalam kumparan N_1 belitan. Karena tegangan V_1 akan timbul imbas E_1 , didalam kumparan perimer yang juga sinusoidal yang bertentangan dengan V_1 . Fluk yang dibangkitkan juga sinusoidal yang tertinggal 90° dari E_1 atau mendahului 90° dari V_1 . Dengan bentuk persamaan fluknya : $\phi = \phi_m \sin wt$. Tegangan induksi e_1 yang diakibatkan oleh fluk adalah :

$$e_1 = - N_1 \frac{d\phi}{dt}$$

$$e_1 = - N_1 \frac{d(\phi_m \sin wt)}{dt}$$

$$e_1 = - N_1 w \phi_m \cos wt$$

dimana e_1 tertinggal 90° dari fluks (ϕ) maka diperoleh harga efektifnya :

$$E_1 = \frac{N_1 \cdot 2 \pi f \phi_m}{\sqrt{2}}$$

$$E_1 = 4,44 N_1 \cdot f \phi_m$$

padakumparan sekunder, fluks bersama menimbulkan

$$e_2 = - N_2 \frac{d\phi}{dt}$$

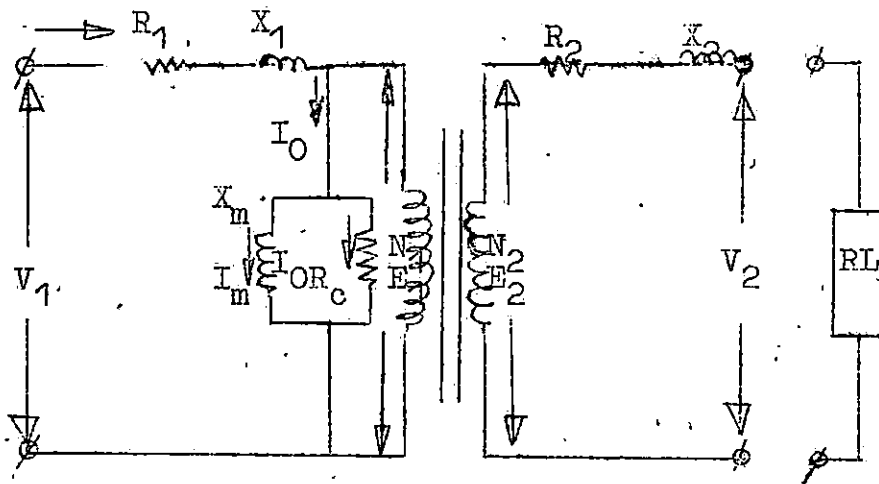
$$e_2 = - N_2 w \phi_m \cos wt$$

Harga efektif $E_2 = 4,44 N_2 f \phi_m$

Untuk transformator ideal pada keadaan tidak berban $V_1 = E_1$ dan $E_2 = V_2$ adalah tegangan pada ujung-ujung teransformator tersebut.

Sedangkan arah vektor E_1 dan E_2 berlawanan dengan arah vektor V_1 dan V_2 .

Rangkaian ekivalent yang dipakai untuk menganalisa kerja dari suatu transformator adalah sebagai berikut :



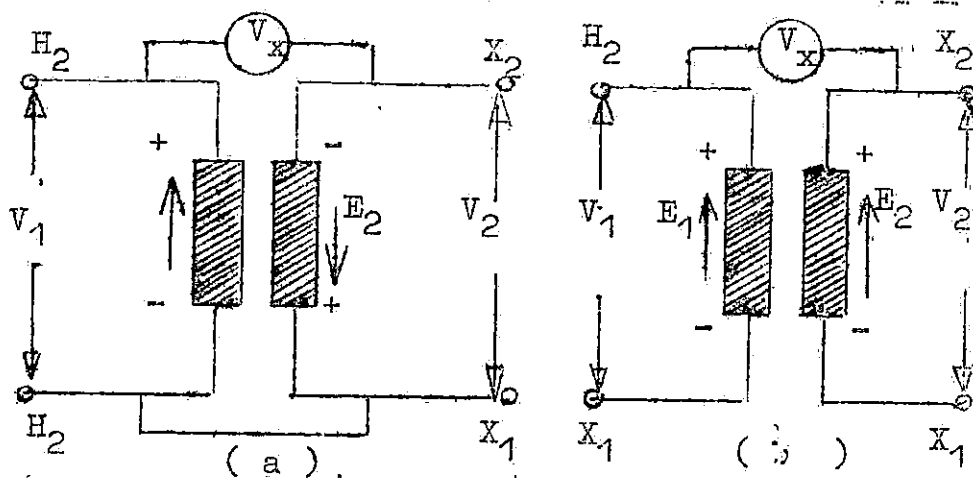
Gambar 2 .

Keterangan :

- V_1 = Tegangan sumber sisi primer .
 V_2 = Tegangan jepitan sisi sekunder .
 E_1 = Tegangan induksi pada sisi primer .
 E_2 = Tegangan induksi pada sisi sekunder .
 R_1 , R_2 = Tahanan kumparan primer dan sekunder .
 X_1 , X_2 = Reaktansi kumparan primer dan sekunder .
 R_c = Tahanan karena adanya rugi inti .
 X_m = Reaktansi yang menimbulkan fluksi utama .
 I_c = Arus penguatan ..
 I_m = Arus magnetasi .

1. Polaritas .

Polaritas dari suatu transformator tergantung dari arah belitan masing-masing kumparan . Dalam mengetahui polaritas transformator untuk memisahkan mana terminal-terminal primer dan sekunder ,serta mana sisi-sisi tegangan tinggi atau tegangan rendah . Pada terminal - terminal tegangan tinggi (sumber arus) dinyatakan dengan huruf H , dan sisi tegangan rendah (dianggap terminal-ke beban) dinyatakan dengan huruf X . Perhatikan arah vektor tegangan E Pada Gambar 3 .



Gambar 3 .

Tegangan induksi E yang ditunjukkan masing-masing anak panah seperti gambar 3 a , dimana terminal H₁ (-) mempunyai polaritas berbeda dengan terminal X₁ (+) sedangkan H₂ (+) mempunyai polaritas berbeda dengan X₂ (-) maka untuk polaritas ini dikenal dengan polaritas penjumlahan .

Untuk mengetahui apakah suatu transformator mempunyai polaritas penjumlahan atau pengurangan maka dilakukan pengukuran seperti gambar 3 .

Hasil pengukuran tegangan antara terminal , terminal H₂ dengan X₂ , dinyatakan dengan V_x . Polaritas transformator penjumlahan dimana V_x = V₁ yang tergambar pada 3 b .

a . Percobaan polaritas .

Tujuan :

Dapat menentukan polaritas transformator satu pha-
sa atau tiga pha-
sa yang hendak ditest .

Alat-alat yang diperlukan .

- 1. Transformator satu pha-
sa .
1 Kva / 50 Hz / 220 Volt, date 81/No7402...1 buah
- 2. Transformator tiga pha-
sa ,
TT. 222/ 50 Hz / 2 KVA.
220 Volt / 2 x 63,5 Volt/pha-
sa.1 buah
- 3. Saklar TO.30 / 16 Amp/380 Volt1 buah
- 4. Voltmeter AC/DC class (1.0)
model SPT.s 5191/Meco .

a. Pengamatan :

Tegangan perimer (H₁ H₂) = 220 Volt , f 50 Hz.

Bentuk H₁ - X₁ dihubungkan .

- VH₂ - VX₂ = Volt .
- VX₁ - VX₂ = Volt.
- VH₂ - VX₁ = Volt .

Bentuk H₂ - X₂ dihubungkan singkat .

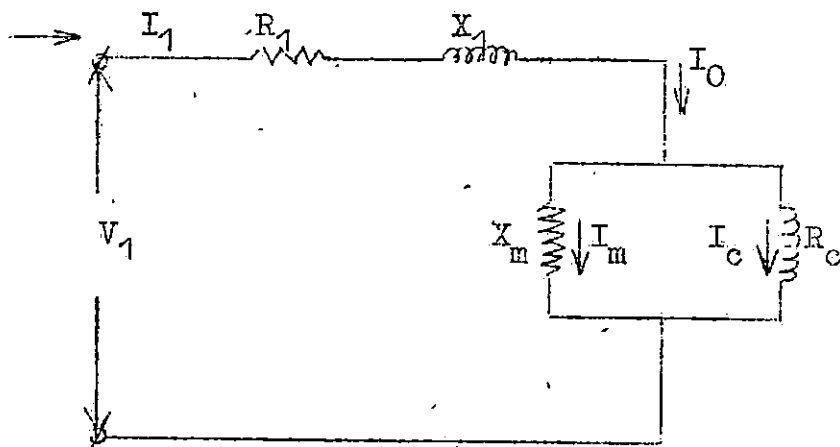
- VH₁ - VX₁ = Volt.
- VX₁ - VX₂ = Volt.
- VH₁ - VX₂ = Volt.

b. Tugas .

Tentukan polaritas dari transformator dan jenis apa transformator tersebut .

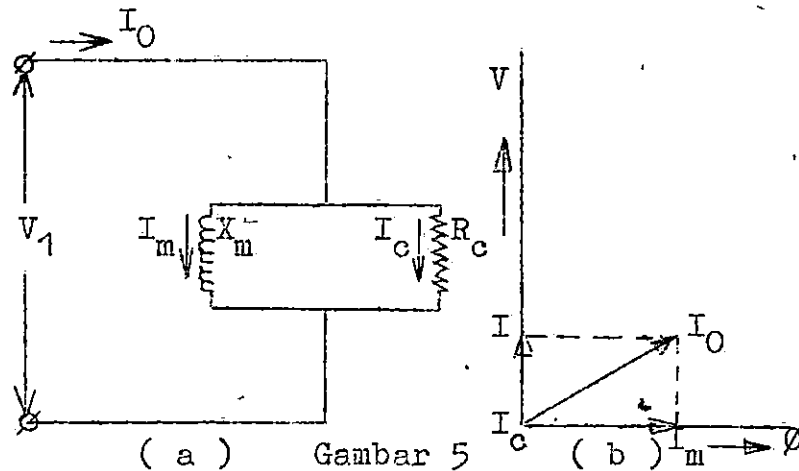
2. Transformator tanpa beban .

Transformator yang dimaksud dengan tanpa beban bila sisi primer dihubungkan dengan sumber daya arus bolak balik dengan frekwensi (f), sedangkan pada sisi sekunder berada dalam keadaan terbuka . Pada waktu transformator dalam tidak berbeban , arus I_1 dan I_0 mempunyai perbedaan yang sangat kecil dan R_1 dibandingkan dengan R_c dapat diabaikan (Gambar 4) dalam rangkaian e-kifalen .



Gambar 4 .

Dimana R_1 R_c dan X_1 X_m , dengan perkataan Z_1 Z_0 maka rangkaian pengganti untuk trafo tanpa beban dapat mendekati sebagai berikut (Gambar 5)



(a) Gambar 5

(b)

Dalam hal ini ada dua komponen yang perlu diperhatikan pada transformator beban nol (tanpa beban) tahanan maknetisasi (R_c) dan reaktansi bocor (X_m). Maka daya input dari transformator tanpa beban diperoleh rugi-rugi inti.

Dimana rugi-rugi inti ini terdiri dari rugi hysteresis dan addy current (arus pusing). Grafik V_1 terhadap I_0 adalah merupakan garis yang linier, tetapi setelah menempuh daerah yang jenuh garis akan merupakan garis lengkung yang mengikuti kurva B H

Grafik W_0 terhadap V_1 :

$$W_0 = \frac{V_1^2}{Z_{ex}}$$

$$V_1 = (P_{in})^{1/2} \cdot (Z_{ex})^{1/2}$$

Ini adalah merupakan garis lengkung dan ditinjau dari rugi-rugi tanpa beban maka :

$$P_{ex} = Kh \cdot V_1^2 + \left(\frac{V_1}{I}\right)^{1,6}$$

Dalam hal ini juga merupakan garis lengkung dari percobaan transformator tanpa beban disamping diperoleh rugi-rugi inti juga dapat menentukan perbandingan belitan .

a. Percobaan transformator tanpa beban .

Tujuan .

Setelah melakukan percobaan transformator - tanpa beban dapat menentukan :

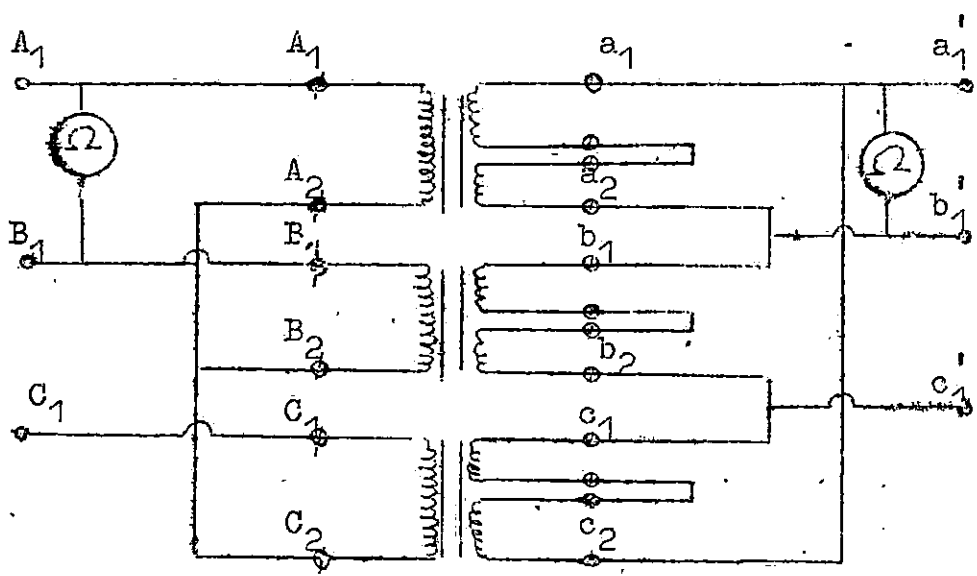
- 1). Konstanta transformator berupa tahanan magnetisasi dan reaktansi bocor .
- 2). Rugi-rugi inti transformator .
- 3). Karakteristik tanpa beban . W_0 terhadap V_1 I_0 terhadap V_1 .
- 4). Perbandingan belitan transformator .

Alat-alat yang diperlukan .

- | | | |
|--|----|------|
| a). Transformator TT.222. 3 fasa ,
2 KVA, 220 Volt/2 x 63,5 Volt/fasa | .1 | buah |
| b). Ohm meter jembatan weston type
type V 378935. | 2 | buah |
| c). Volt meter AC/DC class (1.0) | 2 | buah |
| d). Amper meter AC/DC Class (1.0) | 1 | buah |
| e). Watt meter AC/DC class (0,5) | 1 | buah |
| f). Slide regulator 2 KVA | 1 | buah |
| g). Saklar TO 30 16 Amp/380 Volt | .2 | buah |
| h). Cos phi meter type 3304 | 1 | buah |

b. Pengamatan pengukuran transformator .

Transformator TT 222. 3 fasa 2 KVA/2 x 63,5 V per fasa dihubungkan dalam bentuk star delta .



Gambar 6. Pengukuran transformator.

1). Pengamatan sebelum percobaan lain .

Belitan primer (ohm)	Belitan sekunder (ohm)
A ₁ - B ₁ A ₁ - C ₁ B ₁ - C ₁	a ₁ ¹ - b ₁ ¹ a ₁ ¹ - c ₁ ¹ b ₁ ¹ - c ₁ ¹

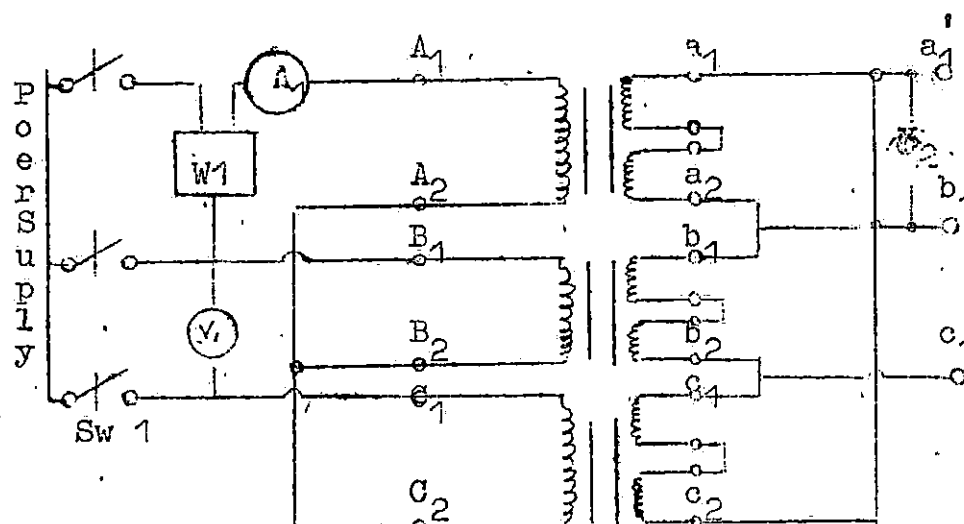
2). Pengamatan sesudah percobaan lain .

Belitan primer (ohm)	Belitan sekunder (ohm) .
A ₁ - B ₁ A ₁ - C ₁	a ₁ ¹ - b ₁ ¹ a ₁ ¹ - c ₁ ¹ b ₁ ¹ - c ₁ ¹

3). Suhu kamar: °C .

c. Pengamatan transformator tanpa beban .

Transformator TT. 222 tiga phase , 2 KVA, 220 volt-
2 x 63,5 Volt/phasa , dihubungkan dalam bentuk s-
tar /delta seperti yang terlihat pada gambar be-
rikut ini .



Gambar 7. Percobaan tanpa beban .

1) Pengamatan :

Tegangan V_1 diatur 0 sampai 220 Volt .

$$V_1 = A_1 \cdot W_1 \cdot V_2 \cdot \cos \phi .$$

2). Tugas hasil pengamatan .

(a) Tahanan magnetisasi dan reaktansi bocor .

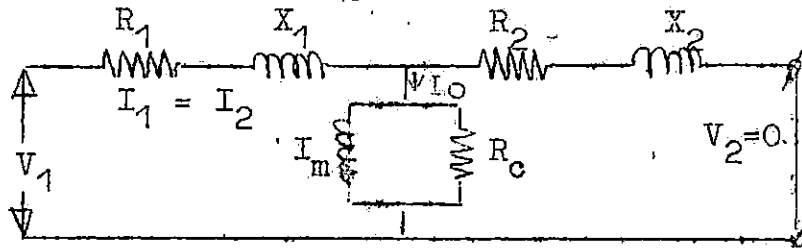
(b) Karakteristik tanpa beban $W_0 = f (V_1)$ dan $I_0 = f (V_1)$

(c) Perbandingan belitan transformator .

(d) Kesimpulan .

3. Transformator hubung singkat .

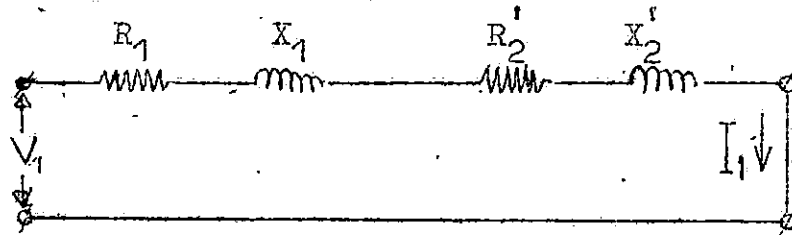
Transformator hubung singkat dapat digambar rangkaian ekivalennya sebagai berikut :



Gambar 8 .

Rangkaian ekivalen hubung singkat .

Dalam metode ini sangat baik untuk menentukan beberapa parameter dari suatu transformator . Untuk percobaan hubung singkat , tegangan input (V_1) relatif kecil, sedangkan z_0 z_{ep} . Maka perktis- I_0 sangat kecil dan dalam hal ini dapat diabaikan terhadap I_1 atau I_2 , oleh karena itu rangkaian ekivalennya dapat disederhanakan sebagai berikut.



Gambar 9.

Rangkaian pengganti hubungan singkat .

Dari sisi perimer , maka berlaku $Z_{sc} = \frac{V_1}{I_1}$

dimana $W_{sc} = \frac{V_1^2}{Z_{sc}}$ dan $W_{sc} = I_1^2 \cdot I_{sc}$ atau

$$R_{sc} = \frac{W_{sc}}{I_1^2}$$

Jadi : $X_{sc} = V Z_{sc}^2 - R_{sc}^2$ $R_{sc}' = R_1 + R_2$.

V_{sc} merupakan jatuh tegangan dalam belitan primer dan sekunder, tegangan ini masih rendah, arus akan besar dari arus nominal sedangkan tegangan relatif masih rendah. Grafik I_{sc} terhadap V_1 merupakan garis lurus bila inti teras teras transformator terletak dalam daerah yang tidak jenuh. Karena EMF induksi lawan yang besar dari belitan sekunder, sedangkan grafik W_{sc} terhadap V_1 merupakan garis lengkung yang dapat dilihat dari rumus diatas. Dari percobaan hubung singkat ini rugi-rugi tembaga sangat besar dibandingkan dengan rugi inti, karena kerapatan fluks yang sangat kecil menyebabkan rugi-rugi inti menjadi sangat kecil dan dapat diabaikan.

a. Percobaan transformator hubung singkat.

Tujuan :

Setelah melakukan percobaan transformator hubung-singkat dapat menentukan :

- 1). Konstanta-konstanta transformator seperti impedansi pengganti Z_{sc} , tahanan pengganti R_{sc} , dan reaktansi pengganti X_{sc} pada keadaan sekunder dihubungkan singkat.
- 2). Rugi-rugi tembaga ($I^2 \cdot R_{sc}$).
- 3). Karakteristik hubungan singkat yaitu .

$$I_{sc} = f (V_1)$$

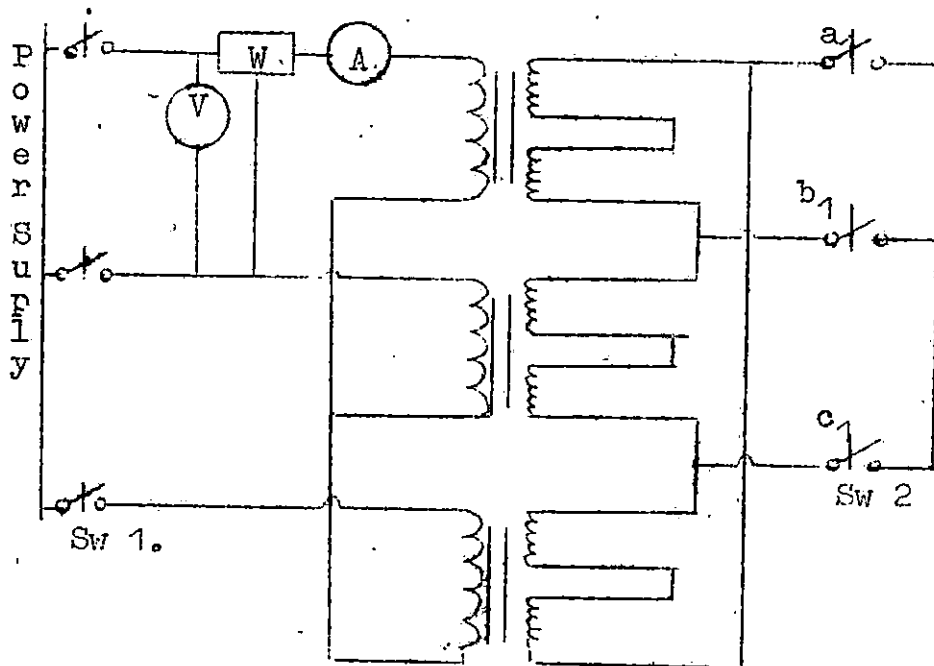
$$R_{sc} = f (V_1) .$$

Alat-alat yang diperlukan .

- a). Transformator TT. 222 / 3phasa-
2 KVA/220Volt/2 x 63,5 Volt/phasa1 buah
- b). Slide regulator 2 KVA 110/220Volt,
output 0 sampai 240 Volt3 buah
- c). Voltmeter AC/DC class (1.0)1 buah.
- d). Amper meter AC/DC class (1.0)1 buah
- e). Watt meter AC/DC class (1)1 buah
- f). Switch TO 30 /380 Volt2 buah

b. Pengamatan transformator hubung singkat .

Transformator TT. 222/3 phasa dihubungkan dalam bentuk star/delta seperti pada gambar di bawah ini .



Gambar 10.10

Percobaan hubungan singkat .

1). Pengamatan :

Tegangan V_1 diatur dari 0 sampai 60 Volt dan dari 60 Volt sampai 0 Volt .

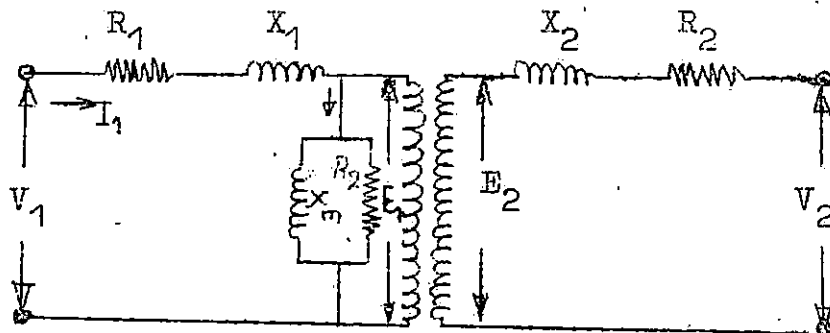
V_1	A_{sc}	W_{sc}

2). Tugas dari hasil pengamatan .

- (a) Impedansi dan reaktansi dari transformator
- (b) Rugi - rugi tembaga .
- (c) Kesimpulan .

B. Menentukan parameter transformator .

Rangkaian ekivalen dari suatu transformator :



Gambar 11 . Rangkaian ekivalen trafo .

Dari percobaan polaritas didapat dari pengukuran langsung yaitu R_{dc} ($A_1 - B_1$) pada sisi sekunder . Dimana pengukuran ini kita gunakan arus DC (Deret Current) , untuk menjadikan satuan kedalan arus bolak balik , kita harus mengalirkan dengan suatu konstanta 1,25 dengan ini diperoleh bentuknya sebagai berikut ;

$$R_{sc} = 1,25 R_{dc} .$$

Sedangkan dari percobaan transformator tanpa beban dan hubungan singkat, diperoleh besaran - besaran yaitu : R_c , X_m ; a , Z_{sc} , R_{sc} , X_{sc} , disamping itu rugi - rugi inti dan rugi-rugi tembaga

Rugi -rugi inti terdiri dari :

$$P_b = P_h + I_p$$

$$P_b = K_h \cdot f \cdot B_m^{1,6}$$

$$P_b = K_p \cdot f^2 \cdot B_m^2$$

Sedangkan : $B_m = \frac{V}{f}$

dimana : P_h = rugi hysteresis .

P_p = rugi eddy current .

K_k = konstanta hysteresis .

K_p = konstanta arus eddy .

f = frekwensi .

B_m = fluksi maksimum .

Jadi : $P_h + p = K_k \cdot f \cdot B_m^{1,6} + K_p \cdot f^2 \cdot B_m^2$

Rugi-rugi inti ($P_b + P_w$) tergantung dari - pada frekwensi dan kerapatan fluks maksimum, untuk memisahkan kedua rugi tersebut diperlukan dua frekwensi yang berbeda f_1 dan f_2 pada percobaan tanpa beban .

Sehingga :

$$P_p - h = K_p \cdot f_1^2 \cdot B_m^2 - K_k \cdot f_1 \cdot B_m^{1,6}$$

$$P_p - h = K_p \cdot f_2^2 \cdot B_m^2 - K_k \cdot f_2 \cdot B_m^{1,6}$$

Dari kedua persamaan diatas dapat di tentu-
 K_p dan K_k sehingga P_p dan P_k dapat ditentukan .

Rugi-rugi tembaga :

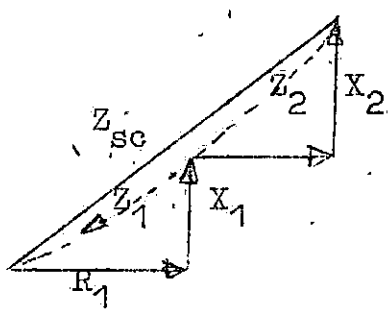
Rugi-rugi tembaga ini diperoleh dari percobaan -
 hubungan singkat dari transformator ; rugi C_h to-
 tal = $I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 R_2$. Dalam halini arus maksi-
 mum yang mengalir dapat dibaca pada Ampere meter,
 yaitu I_1 dan tegangan hubungan singkat dibaca pa-
 da volt méter $V_1 = V_{sc}$, serta daya maksimum di-
 peroleh dari $W_1 = W_{sc}$.

$V_{sc} = I_1^2 \cdot R_1$ atau $I_2^2 \cdot R_p$ (rugi tembaga)

V_{sc} merupakan jatuh tegangan dalam belitan peri-
 mer dan sekunder , jika R_1 dapat diukur , R_{sc} di-
 tentukan dari turunan rumus , a . R_p dapat di cari :

$R_2 = R_{sc} - R_1$.
 $R_2 = R_{sc} - R_1$.

Dengan demikian menentukan parameter -para-
 meter yang dihubungkan singkat seperti berikut.



621.314
 Ars
 61

Gambar 12 . Hubungan parameter trans-
 mator .

a. Menganalisa hasil percobaan transformator tanpa beban dan hubungan singkat .

Tujuan :

Setelah melakukan beberapa percobaan di atas diharapkan dapat menentukan :

- 1). Parameter yang ada pada transformator .
- 2). Rugi-rugi yang terdapat pada transformator .

b. Tugas yang dilakukan .

- 1). Tinjauan teori dari transformator .
- 2). Menentukan parameter dari transformator .
- 3). Rugi - rugi transformator .
- 4). Kesimpulan .

1. Transformator berbeban .:

Transformator dibebani dengan tegangan V_{in} primer dijaga konstan dan faktor kerja tertentu, dimana besarnya beban berubah-ubah pula .

Pada ujung sekunder terjadi jatuh tegangan yang disebabkan oleh tahanan dalam sendiri dan reaktansi bocornya tegangan ujung sekunder pada keadaan tanpa beban V_2 , tegangan induksi $E_2 = V_2 = X_2 = V_1$ sebab pada tanpa beban jatuh inpendansi diabaikan ,sedangkan tegangan diujung sekunder pada beban penuh adalah V_2 . Sedangkan tegangan tanpa beban penuh dikenal sebagai pengaturan turun (regulation down) atau pengaturan naik(regulation up) :

Jatuh tegangan pada arus beban penuh dinyatakan dalam persentase dari tegangan normal belitan, untuk ini adalah sebagai berikut :

Persentase tahanan dan reaktansi pada beban penuh pada sisi primer adalah :

$$\% R = \frac{I_1 \cdot R_1}{V_1} \cdot 100\% = \frac{I_1^2 \cdot R_1}{V_1 \cdot I_1} \cdot 100\%$$

$$\% X = \frac{I_2 \cdot X_2}{V_2} \cdot 100\% = \frac{I_1 \cdot X_2}{V_2 \cdot I_2} \cdot 100\%$$

Persentase impedansi pada beban penuh dari kedua sisi :

$$\% Z = \frac{I_1 \cdot Z_1}{V_1} \cdot 100\% = \frac{I_2 \cdot Z_2}{V_2} \cdot 100\%$$

$$\text{Jadi : } \% Z = \sqrt{(\% R)^2 + (\% X)^2}$$

Dengan berubahnya arus beban pada rugi-rugi tembaga dan belitan primer sekunder akan berubah pula, sehingga efisiensi dari transformator akan berubah pula sesuai dengan perubahan beban.

Efisiensi dapat dihitung secara langsung dengan memasang watt meter pada input dari suatu transformator, dari sini dapat dibaca P_{in} dan P_{out} maka efisiensi transformator :

$$\% \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \cdot 100\%$$

Bila impedansi diperkecil (impedansi beban) maka arus beban akan lebih besar dan daya output juga akan naik, bertambahnya arus output, maka akan bertambah pula arus primer. Perhatikan dari sisi sekunder dimana rugi tembaga $I_2^2 R_2$ dan rugi besi W_b .

Hal ini dapat diterangkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{P_{out}}{P_{in}} &= \frac{V_2 I_2 \cos \phi}{V_2 I_2 \cos \phi - \text{rugi-rugi}} \\ &= \frac{V_2 I_2 \cos \phi}{V_2 I_2 \cos \phi + I_2^2 R_2 + W_b} \\ &= 1 + \frac{V_2 \cos \phi}{I_2 R_2} + \frac{V_2 I_2 \cos \phi}{W_b} \\ \frac{d \epsilon}{d I_2} &= 0 + \frac{V_2 \cos \phi}{R_2} - \frac{V_2 I_2 \cos \phi}{W_b} \end{aligned}$$

Efisiensi maksimum bila :

$$\frac{d \epsilon}{d I_2} = 0 \dots \dots \dots \frac{V_2 \cos \phi}{R_2} = \frac{V_2 I_2^2 \cos \phi}{W_b}$$

$$\text{Jadi } W_b = I_2^2 \cdot R_2 .$$

a. Percobaan transformator berbeban .

Tujuan .

Setelah melakukan percobaan transformator tanpa beban diharapkan dapat menentukan :

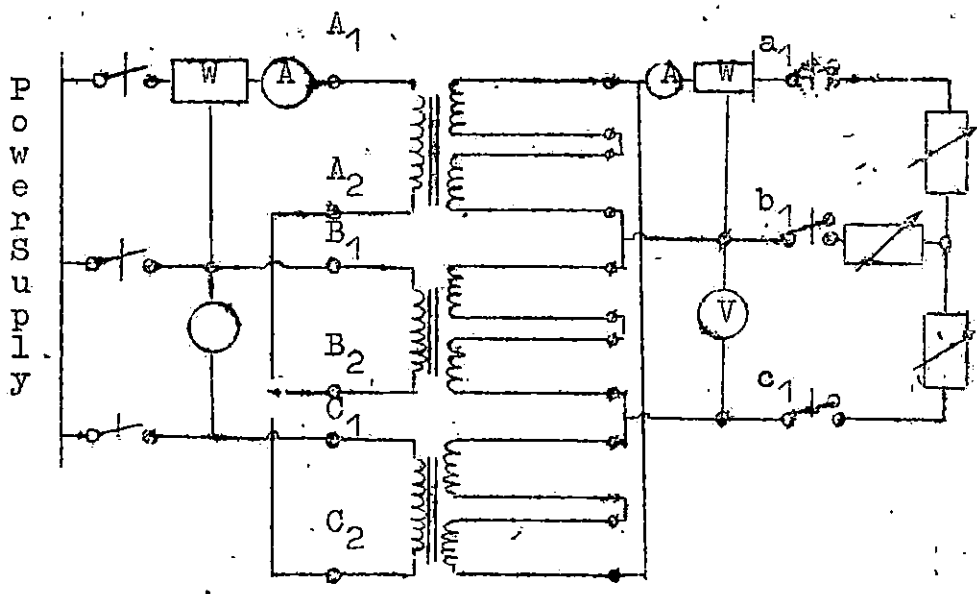
- 1). Karakteristik transformator berbeban resistansi induktif dan kapasitif .
- 2). Karakteristik efisiensi , bila beban berubah - dengan tegangan masuk dan faktor kerja yang konstan

Alat-yang diperlukan :

- a). Transformator TT.222/3phasa/2KVA,
220Volt/2 x 63,5V/phasa.1 buah
- b). Power suplay 3phasa, 50 Hz /TF 123,
AC 3 x 0s/d 220Volt1 buah
- c). Watt meter AC/DC class (0.5)type,
2041/Yew2 buah
- d). Volt meter AC/EC class (1.0)model,
SPT.S No5191/Meco2 buah
- e). Amper meter AC/DC class(1.0)model,
, SPT.S No 5305/Meco2 buah
- f). Cos Ø meter type 33041 buah
- g). Saklar TO 30/16A/380V2 buah
- h).. Beban/Load resistansi ,
TB 40 3,3 Kw ,50 Hz1 buah
Beban/Load reactor, TB 41,
2,5 KVar1 buah
Beban/Load capasitorTB 42 / 2,8KVAR..1 buah

b. Pengamatan transformator bebaban .

Transformator TT 222/3 phasa dihubungkan da-
lam bentuk star delta ,seperti pada gambar 13 .



Gambar 13 . Transformator berbeban .

1). Pengamatan load resistor :

Tegangan input $V_1 = 220$ Volt konstan, $I_2 = 0$ s/d 5 Amper .

I_1	W_1	I_2	V_2	W_2	$\text{Cos } \phi$

2). Pengamatan load reaktor (Induktif) .

Tegangan input $V_1 = 220$ Volt konstan , $I_2 = 0$ s/d 1,15 Amp .

I_1	W_1	I_2	V_2	W_2	$\text{Cos } \phi$

3). Pengamatan load capacitor :

Tegangan input $V_1 = 220$ Volt konstan $I_2 = 0$ s/d ..
1,25 Amp .

$$I_1 \quad W_1 \quad I_2 \quad V_2 \quad W_2 \quad \text{Cos } \emptyset \quad .$$

4). Pengamatan load resistor, reaktor dan capasi -
tor . Tegangan input $V_1 = 220$ Volt konstan .
Capasitor mulai dari step 0 sampai step 6 .
Reactor mulai dari step 0 sampai step 10 .
Resistor diatur sedemikian rupa .

$$\text{Step C} \quad \text{Step L} \quad I_1 \quad W_1 \quad I_2 \quad V_2 \quad W_2$$

c. Tugas dari hasil dari pengamatan . .

1). Karakteristik efesiensi fungsi arus beban .

$f (I_2)$ load resistor (R)

$f (I_2)$ load reactor (L)

$f (I_2)$ load capasitor(C.)

2). Karakteristik efesiensi pada $\text{Cos } \emptyset$ konstan .

$f (I_2)$ load R , L dan C .

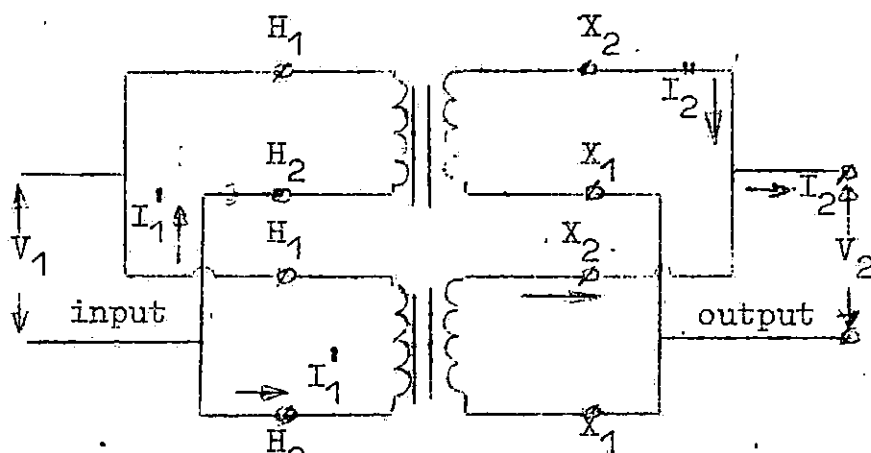
3). Kesimpulan dari pengamatan .

2. Transformator kerja paralel .

Transformator kerja paralel adalah untuk melayani beban bersama-sama bila satu transformator tidak sanggup (beban tidak sanggup , dilayani oleh satu transformator saja) adapun cara menghubungkannya dimana sisi primer dan sisi sekunder , dari transformator tersebut dihubungkan paralel. untuk ini kedua transformator itu harus melayani beberapa syarat. Syarat hubungan paralel adalah sebagai berikut :

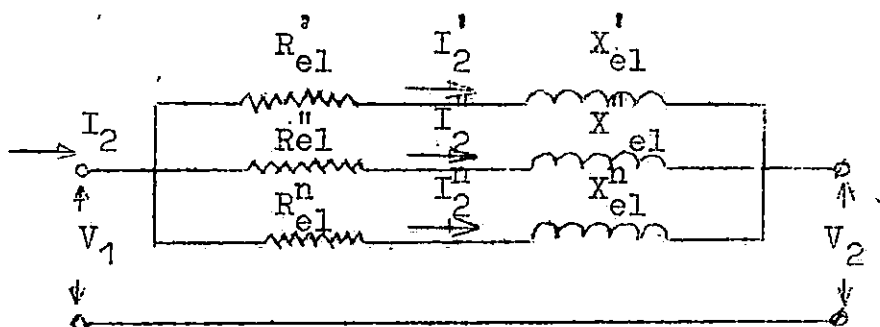
- a. Kedua transformator mempunyai perbandingan belitan yang sama .
- b. Tegangan nominal keduanya hampir sama .
- c. Kedua transformator keduanya mempunyai frekuensi yang sama .
- d. Persentase impedansi yang sama .
- e. Polaritas kedua transformator yang sama .
- f. Frekuensi phasa harus sama .

Yang dimaksud dengan perbandingan belitan adalah perbandingan rating tegangan yang akan diparalel tidak berbeda terlalu menyolok, sebagai contoh satu transformator dengan 220Volt/2 x 63,5-volt/phasa boleh diparalel dengan transformator lain yang ratingnya 210/2 x 63,5 Volt/Phasa .



Gambar 14 .

Rangkaian 2 transformator yang di' para-
lekan .



Gambar 15 .

Rangkain pengganti transformator yang --
dihubungkan paralel .

Sedangkan polaritas - polaritas transforma -
tor diketahui , maka 'terminal-terminal dengan tan-
da yang sama saling dihubungkan .

Disamping itu yang perlu diperhatikan, dalam memparalelkan transformator, besarnya impedansi dari pada transformator tersebut. Pada gambar 14, rangkaian dua buah transformator yang diparalelkan transformator I, II ... dan seterusnya sampai dengan transformator n, ini tergantung dari beban yang akan dilayani.

Dari transformator yang diparalel itu, dapat dipedomani pada bagian dalam bentuk rangkaian pengganti untuk memudahkan berapa besarnya impedansi z (R , X) dari masing-masing transformator.

Rangkaian pengganti merupakan pendekatan terhadap sisi sekunder, sesuai dengan perhitungan-perhitungan pengaturan tegangan. Bila a = perbandingan belitan R_{el}^I , R_{el}^{II} , R_{el}^{n} masing-masing tahanan pengganti terhadap sisi rangkaian sekunder maka

$$I_2 Z_{el} = I_2^I Z_{el}^I = I_2^{II} Z_{el}^{II} = I_2^n Z_{el}^n$$

Z_{el}^I , Z_{el}^{II} , Z_{el}^n masing-masing impedansi pengganti terhadap tegangan sekunder.

Untuk Z_{el} adalah impedansi pengganti terhadap sisi sekunder dari transformator yang diparalelkan maka

$$Z_{el} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{el}^I} + \frac{1}{Z_{el}^{II}} + \dots + \frac{1}{Z_{el}^n}}$$

Untuk dua transformator yang diparalelkan, dimisalkan masing-masing mempunyai impedansi Z'_{el} dan Z''_{el} ; dalam hal ini :

$$I_2' Z'_{el} = I_2'' Z''_{el}$$

maka :

$$\frac{I_2'}{I_2''} = \frac{Z''_{el}}{Z'_{el}}$$

Ini berarti arus-arus transformator pada hubungan paralel, berbanding terbalik dengan masing-masing impedansi pengganti sehingga transformator-transformator di paralel membawa arus yang sebanding dengan rating KVA. Untuk ini gambaran yang kongkrit dimisalkan 3 buah transformator yang dihubungkan paralel masing-masing mempunyai daya nominal dari 20, 75, 40 KVA serta tegangan hubungan singkatnya 2, 5, 4 dan 3%.

Beban yang akan dilayani 135KVA sama dengan jumlah daya nominal semua transformator.

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } I_2' : I_2'' : I_2''' &= \frac{20}{2,5} : \frac{75}{4} : \frac{40}{3} \\ &= 12 : 28 : 20 . \end{aligned}$$

maka :

$$T_1 = \frac{20}{60,12} \cdot 135 = 26,94 \text{ (20KVA)}$$

$$T_2 = \frac{28,12}{60,12} \cdot 135 = 63,14 \text{ (75KVA)}$$

$$T_3 = \frac{20}{60,12} \cdot 135 = 44,94 \text{ (40KVA)}$$

Dengan demikian 2 (dua) transformator T1 dan T2 mempunyai beban lebih karena tegangan hubungan singkat yang rendah , maka untuk transformator yang dikerjakan paralel sangat mempengaruhi dari tegangan hubungan singkat yang kecil , akan mendapat beban tertinggi secara relatif .

a. Percobaan transformator kerja paralel .

Tujuan :

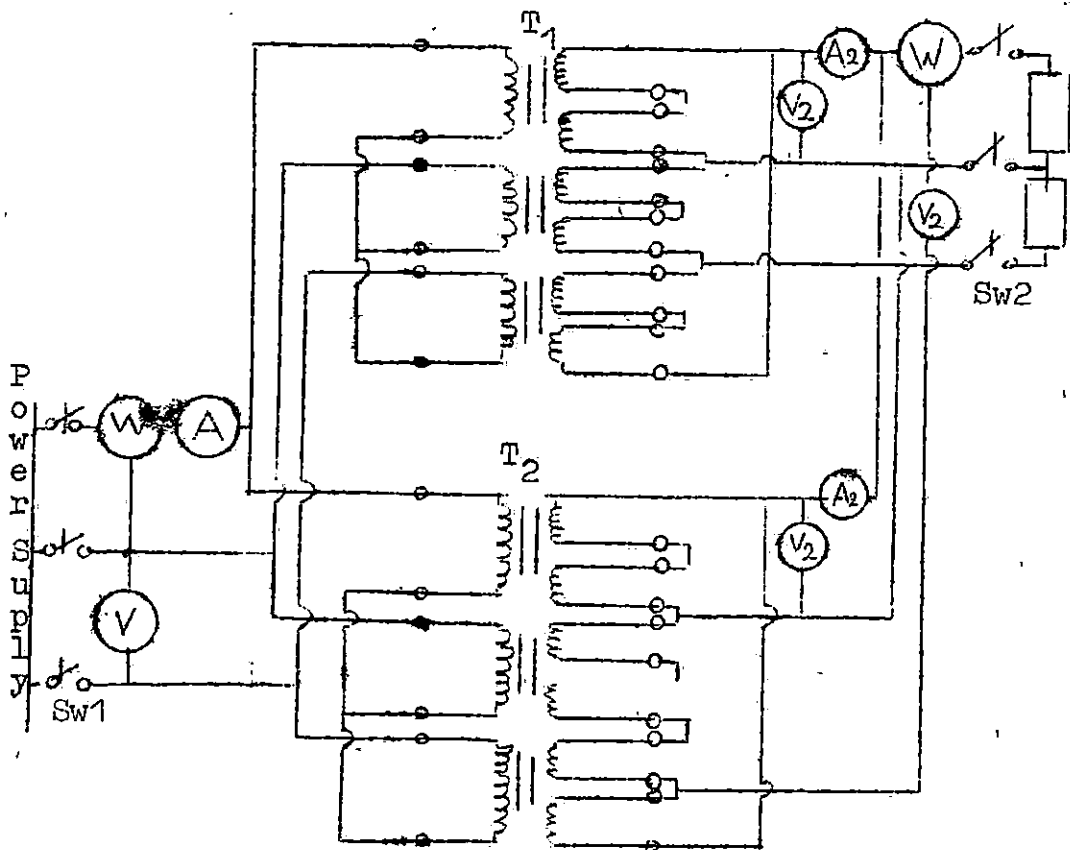
Setelah melakukan percobaan transformator kerja paralel dapat mengetahui dan menentukan kerja serta pembagian arus antara 2 transformator juga kapasitas dan perbandingan belitan nya sama .

Alat-alat yang diperlukan dalam percobaan .

- 1). Transformator TT.222 /3 phasa,
2KVA , 220/63,5 Volt/phasa 2 buah
- 2). Watt meter AC/DC class (0,5)
type 2041 / Yew 2 buah
- 3). Voltmeter AC/DC class (1.0) model,
SPT.S 5191/ meco 4 buah
- 4). Amper meter AC/DC class (1.0) model,
SPT.S 5305 meco 5 buah
- 5). Power suplay 3 phasa 50Hz ,
TF 123 , 3 x 0 s/d 220 Volt 1 buah
- 6). Saklar TO.30 16 Amp/380 Volt 2 buah
- 7). Beban resistanse TB 40 3,3 Kw /50Hz... 1 buah

b. Pengamatan transformator kerja paralel .

Dua buah transformator TT 222 3 phasa 220Volt 2 x 63,5 Volt/phasa masing-masing dihubungkan dalam bentuk star delta lihat gambar 16.



Gambar 16 . Transformator kerja paralel.

Pengamatan yang dilakukan :

Tegangan input $V_1 = 220$ Volt konstan .

Atur I beban dari 0 sampai 5. Amper .

I_1	w_2	I_2'	V_2'	I_2''	V_2''	I_b	V_b	w_b	$\frac{Z_{e1}''}{Z_{e1}}$

c. Tugas dari hasil pengamatan :

- 1). Analisa dat pengamatan sesuai dengan teori kerja paralel dan prinsip transformator.
- 2). Tarik kesimpulan dari analisa pengamatan .

BAB. II.

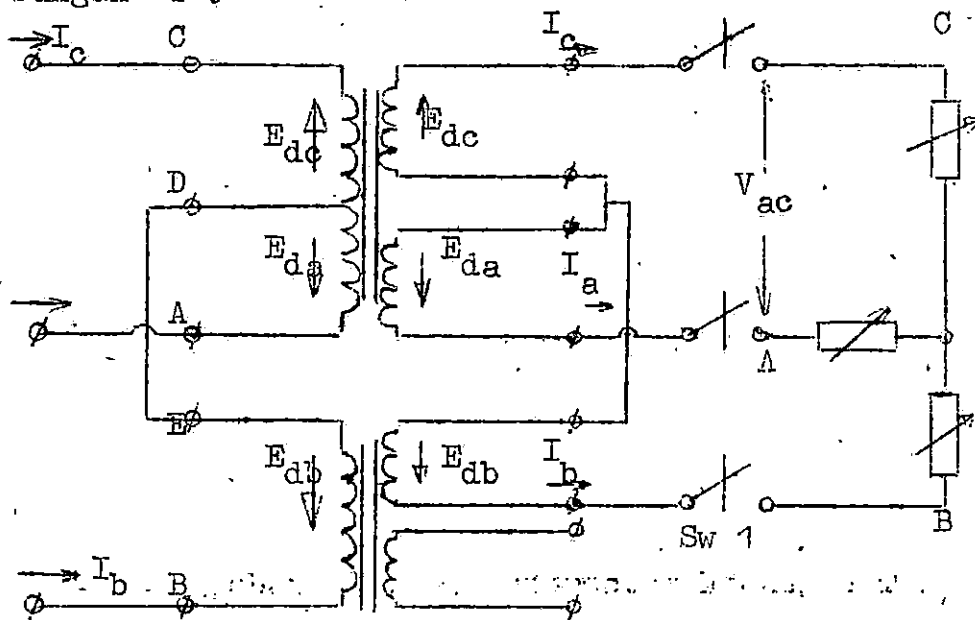
Transformator hubungan darurat .

A. Transformator hubungan T .

Dalam pendistribusian daya tiga fase , digunakan tiga buah transformator satu fase atau transformator tiga phasa untuk melayani daya dari sumber berbeban . Keadaan darurat atau karena alasan ekonomis , mungkin saja menggunakan dua transformator untuk melayani daya tiga fase . Untuk hal ini kedua transformator dihubungkan dalam bentuk rangkaian T , juga disebut hubungan accot .

Persyaratan yang harus dipenuhi dari kedua transformator harus mempunyai arus rating yang sama (kemampuan arus) , salah satu transformator yang akan dibuat hubungan T , harus mempunyai senter tep .

Transformator type TT 222. 3 phasa 2KVA/220-volt 2 x 63,5 volt/fase, dapat dipakai untuk hubungan T .

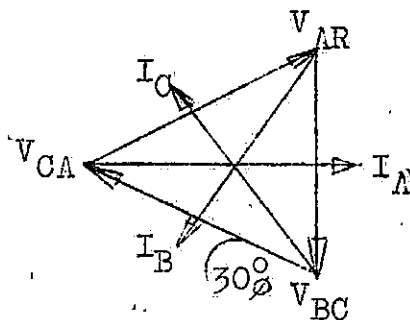


Gambar 17. Transformator hubungan T .

Hubungan belitan perimer yang tertera pada gambar 17 yang mempunyai jepitan B, E dihubungkan ke senter tep transformator utama (O). Sistem tiga fasa (A, B, C), kemampuan transformator ini lebih kecil dari kemampuan transformator tiga fasa biasa . Maka faktor kerja (utilization factor) dari hubungan T sebesar :

$$\frac{\sqrt{3} V_2 I_2}{2 V_2 I_2} = 0,866 .$$

Dilihat dari sisi sekunder maka kedua transformator dan diagram faktornya seperti gambar 18 .



Gambar 18. Diagram vector hubungan T .

Disini dapat diperhatikan bahwa separuh dari transformator utama yang bekerja pada sudut fasa $\phi + 30^\circ$ tertinggal dan separuh lainnya bekerja pada sudut fasa $\phi - 30^\circ$ terdahulu. Dalam hal diatas terlihat bahwa walaupun besarnya tegangan input dan besarnya beban tiap-tiap fasa seimbang , tetapi tegangan output yang dihasilkan tidak seimbang . Ini disebabkan karena ketidak seimbangan inpendansi pengganti dari transformator pada tiap fasa , sehingga tegangan jatuh pada setiap fasa-pun berbeda .

1. Percobaan transformator hubungan T .

Tujuan :

Setelah mempelajari dan melakukan percobaan transformator hubungan T diharapkan dapat :

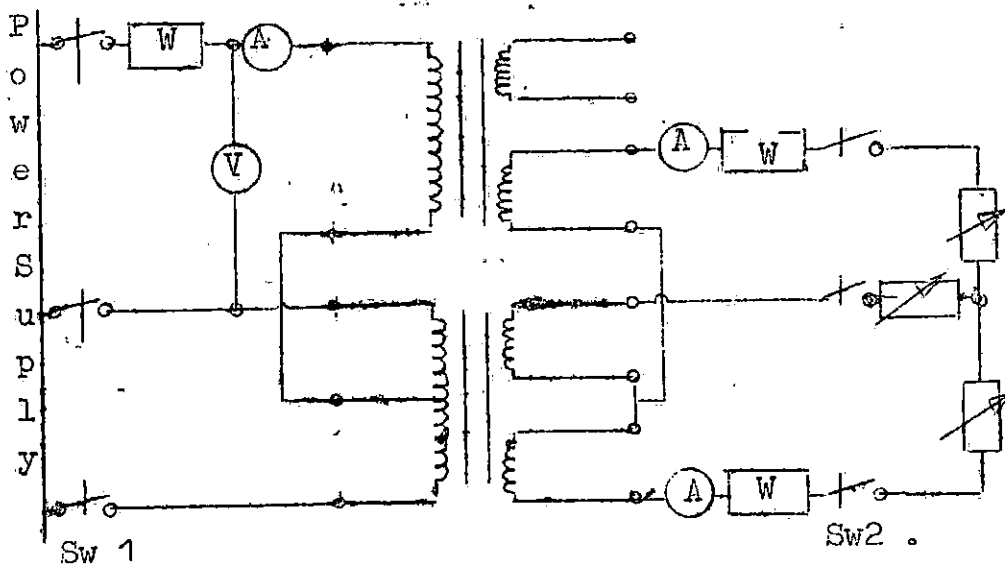
1. Mengetahui pemakaian dua transformator satu fasa sebagai pengukur daya tiga fasa .
2. Mengetahui persyaratan -persyaratan transformator yang dapat dibuat hubungan T dalam melayani beban tiga fasa dalam keadaan darurat, serta kemampuan daya yang dikeluarkan .

Alat-alat yang diperlukan dalam percobaan.

- a). Transformator TT. 222. 3 fasa, 2KVA, 220/2x63,5 Volt/fasa , satu unit .
- b). Watt meter AC/DC class (0,5) type 2041/ yew satu buah .
- c). Volt meter AC/DC class (1.0) model SPT.S No53-91 / meco , empat buah .
- d). Amper meter AC/DC class (1.0) model SPT.S No-5305 meco , empat buah .
- e). Power suplay tiga fasa 50 Hz Tf .123, 3 x0 s/ d 220 volt/fasa , satu unit .
- f). Saklar TO 30 /16 A/380 Volt, dua buah .
- g). Cos phi meter , satu buah .
- h). Beban resistor TB 40, 3,3 Kw, 50 Hz , satu buah

b. Pengamatan transformator hubungan T .

Transformator TT 222, 3 fasa 2KVA 220 Volt / 2 x 63,5 volt/fasa , dihubungkan T kumparan primer ataupun kumparan sekunder , seperti pada gambar 19.



Gambar 19. Rangkaian percobaan hubungan T .

Pengamatan yang dilakukan , tegangan input 3 -
 phasa 220 Volt konstan , atur beban untuk I_2 maksimu -
 mum 5 Amper .

I_{in}	W_{in}	$\text{Cos } \phi$	V_2'	V_2''	V_3''	I_2'	I_2''	I_2'''	W_2'	W_2''

B. Transformator hubungan V (Open delta threephase connutions) .

Hubungan V atau delta terbuka digunakan sebagai tindakan darurat (emergency measure) dan di mana beban yang akan dipasang akan bertambah . Bila tiga buah transformator perbandingan lilitannya sama dihubungkan dalam star atau delta maka ini setangkup . Kalau salah satu transformator rusak maka hubungan terjadi dalam bentuk open delta (hubungan V), maka sistim ini jadinya tidak setangkup .

Tegangan bentuk hubungan delta sama dengan tegangan phasanya, arus yang mengalir merupakan jumlah vektor arus-arus fasa yang didekatnya, dan ini sama dengan $\sqrt{3}$ kali arus fasa itu. Maka keadaan-normal V_3 , V_2 , I_2 kalau diperlihatkan hubungan V atau delta terbuka, arus yang mengalir sama pada setiap phasanya. Daya normal masing-masing transformator adalah $V_f \cdot I_f$, jumlah daya normal kelompok transformator hubungan V akan menjadi :

$$2 V_f \cdot I_f = 2 V_2 \cdot I_2 \dots\dots\dots$$

Faktor kegunaan (utilization) kelompok transformator ini sebesar :

$$\frac{\sqrt{3} V_2 \cdot I_2}{2 \cdot V_2 \cdot I_2} = 0,866 .$$

Jadi pengurangan kemampuan kelompok transformator tersebut menjadi :

$$\frac{2}{3} \cdot 0,866 = 0,577 .$$

Jika satu unit dari kelompok delta tiga fasa rusak dan harus disingkirkan, maka beban menjadi 57,7% (untuk dua unit hubungan V)

Contoh :

Suatu daerah memerlukan daya terpasang pada waktu sekarang besarnya 577 KVA, tetapi diperkirakan dalam dua tahun lagi menjadi 1000 KVA.

Perusahaan listrik dapat memilih untuk memasang sekarang dua unit transformator berdaya 333KVA, dalam hubungan V atau delta terbuka. Untuk ini bisa mensuplai 577KVA ditambah untuk bisa dibuat sistem delta (delta tertutup) akan mengangkat beban 1000KVA.

MILIK P...
-- IKIP --

1. Percobaan transformator hubungan V (open delta)

Tujuan :

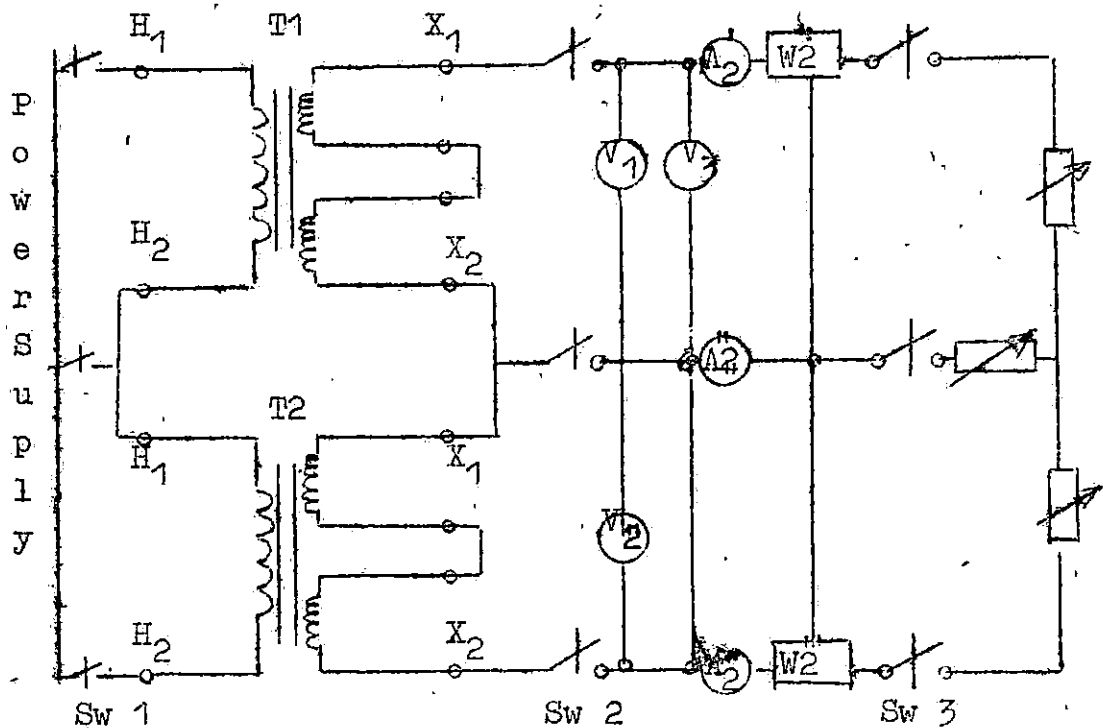
Setelah melakukan percobaan hubungan V dari dua transformator dapat mengetahui untuk memindah - kan (transfer) daya beban tiga fasa dan efisiensi kerja dari transformator tersebut dibandingkan dengan tiga buah transformator yang seharusnya dipasang tiga buah .

Alat-alat yang diperlukan dalam percobaan :

- 1). Transformator TT 222/3 fasa 2KVA/
220/2 x 63,5 Volt/ fasa 1 buah
- 2). Power suplay 3 fasa , 50Hz ,
TF 123 AC 3 x 0s/d220 Volt 1 buah
- 3). Wattmeter AC/DC class (0,5) type,
2041/yew 3 buah
- 4). Volt meter AC/DC class (1.0) model,
SPT.S No. 5191/meco 4 buah
- 5). Amper meter AC/DC class (1.0) model,
SPT.S no 5305/ meco 4 buah
- 6). Saklar TO 30/16 Amper/380 Volt 3 buah
- 7). Cos phi meter 1 buah
- 8). Beban resistor TB 40/3,3Kw/50Hz 1 buah

2. Pengamatan transformator hubungan V (open delta) .

Transformator TT 222/3 fasa /2 KVA/220/2x63,5V per fasa, sisi primer dan sekunder dihubungkan dengan bentuk V (open delta) . seperti gambar 20 lihat halaman 36 .



Gambar 20 .

Rangkaian percobaan hubungan V .

Pengamatan yang dilakukan .

Tegangan input 3 fase 220volt konstan , atur I_2'' maksimum 6 Amper .

I_1	W_1	$\cos \phi$	V_2'	V_2''	V_2'''	I_2'	I_2''	I_2'''	W_1	W_2''

1. Tugas dari hasil pengamatan .

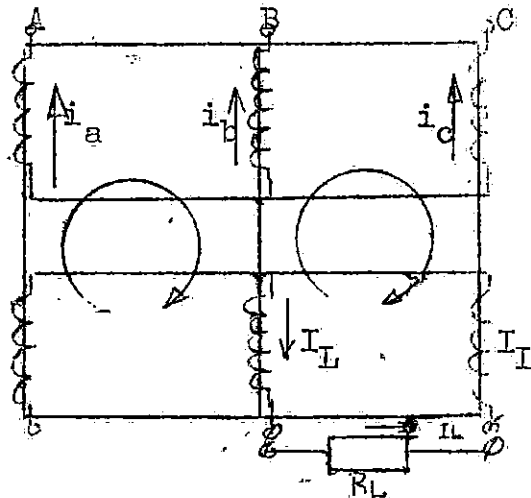
Catat data yang diperlukan , tegangan output seimbang dan beban seimbang , mengapa faktor kerja berbeda dan jelaskan kesimpulan tentang transformator hubungan V (open delta) .

BAB III.

Transformator beban tak seimbang .

(Unbalance loading).

Suatu transformator 3 phasa pada sekundernya, dalam bentuk tidak seimbang sedangkan pada perimer akan mengalir arus I_a , I_b dan I_c . Maka pada kumparan sekunder mengalir arus sebesar I_L , disini dapat dilihat pada gambar 21 untuk transformator dalam bentuk hubungan Y/Y yang dibebani tidak seimbang .



Gambar 21 .

Transformator hubungan Y/Y .

Kalau diperhatikan arus yang mengalir tertutup antara A dan B ,dari kumparan perimer akan diperoleh ; $i_a - i_b + I = 0$.

Sedangkan arus yang mengalir untuk lingkaran magnet pada rangkaian tertutup antara B dan C yang memberikan persamaan ; $I_L + i_b - i_c - I_L = 0$.

Dari persamaan diatas banyak besaran yang tidak diketahui seperti i_a , i_b dan i_c maka masih perlu diperoleh satu persamaan yang berkaitan dengan besaran tersebut. Untuk ini kita bisa menggunakan hukum Kirchoff, dalam hubungan bintang pada sisi perimer adalah : $i_a + i_b + i_c = 0$.

Tiga persamaan dengan tiga besaran yang tidak diketahui dapat diselesaikan dengan hasil sebagai berikut : $i_a = 0$; $i_b = I_L$ dan $i_c = -I_L$.

Ini mutlak berlaku untuk semua golongan hubungan adalah keharusan Nol nya gaya gerak magnet melalui lingkaran magnet yang tertutup. Dalam hal ini pembagian arus antara fasa A, B dan C tidak seimbang dan ini tidak menguntungkan bagi transformator, kalau pembebanan yang tidak seimbang untuk transformator tiga fasa sebaiknya dicari jalan untuk pemecahannya, untuk ini bisa dilakukan dengan satu set kumparan pembantu ekstra, dihubungkan segitiga atau menggunakan dua transformator satu fasa dalam bentuk hubungan scott atau open delta.

A. Percobaan transformator beban tak seimbang.

Tujuan.

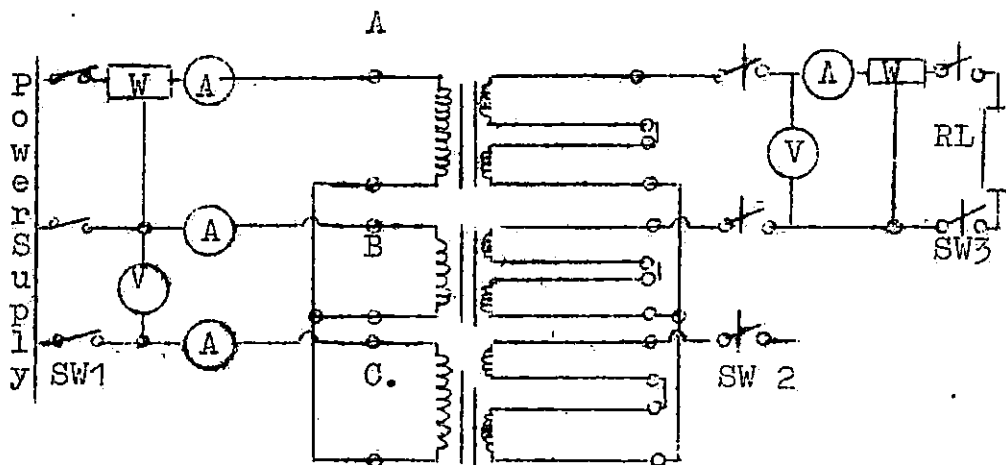
Setelah melakukan percobaan transformator beban tak seimbang, diharapkan mendapat pengertian tentang pembagian arus-arus pada sisi perimer, pemberian kesan antara dua fasa atau hanya antara fasa dan titik Netral (Nol).

Alat -alat yang dibutuhkan .

- 1). Transformator TT 222/3phasa/2KVA,
220Volt/2 x 63,5Volt/phase1 buah
- 2). Power suplay 3 phasa /50HzTF123,
AC 3 x 0 s/d 220Volt1 buah
- 3). Wattmeter AC/DC class(0,5)type,
2041/yew2 buah
- 4). Volt meter AC/DC class(1.)model,
SPT.S No 5191/ meco4 buah
- 5). Amper meter AC/DC class (1.0)
model SPT.S 5305/meco4 buah
- 6). Saklar TO 30/16 Amper380Volt3 buah
- 7). Beban reistor TB 40/3,3Kw 50Hz1 buah

1. Pengamatan transformator Y/Y .

Transformator TT 222/3 phasa / 2KVA/220V/2 x 63,5V - per phasa, sisi-sisi primer dan sekunder dihubungkan dalam bentuk bintang-bintang .



Gambar 22 . Transformator hubungan Y/Y .

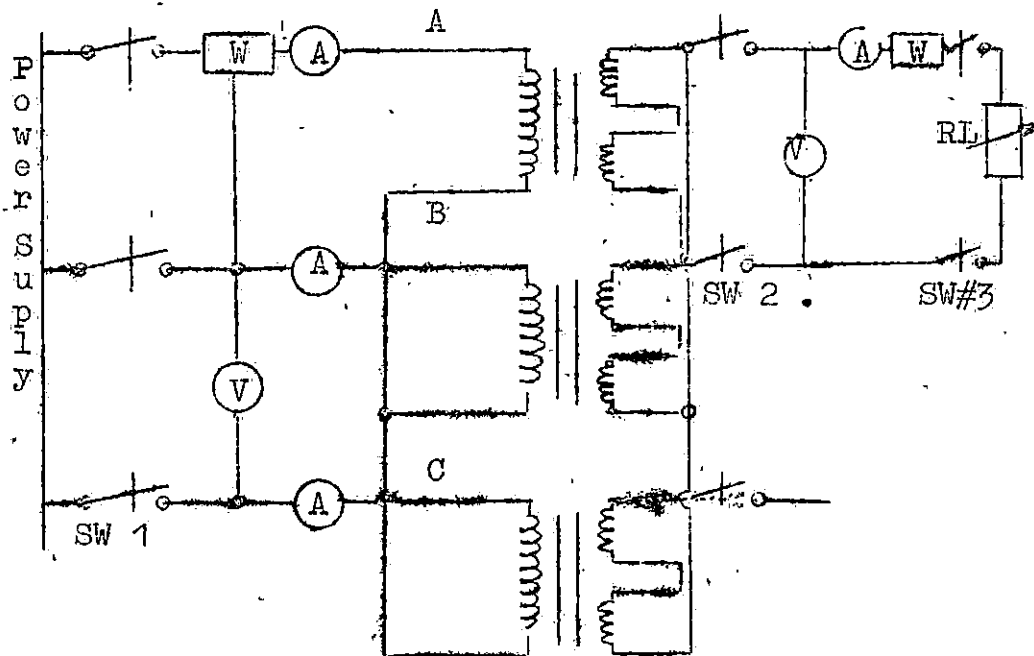
Pengamatan :

Tegangan input 3 phase 220volt konstan atur beban - dari 0 sampai 5Amper ,.

I_a	I_b	I_c	W_1	I_2	V_2	W_2

2. Pengamatan transformator y Y/D .

Transformator TT 222/3phase 2KVA 220/2x63,5vol perphasa dibuat hubungan Star/Delta (Y/D)



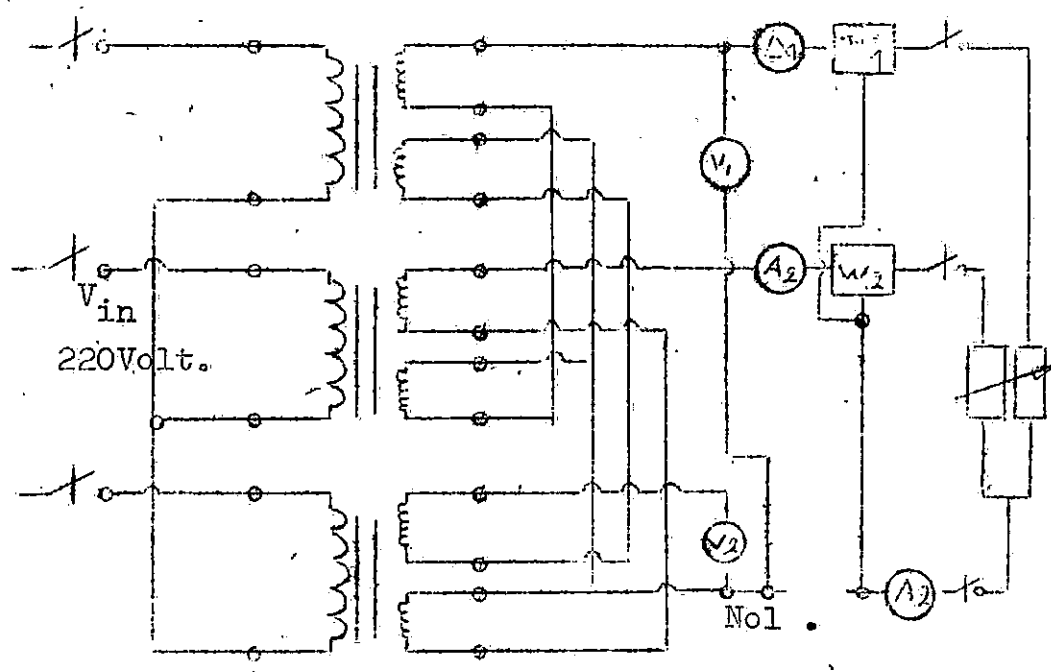
Gambar 23 .
 Transfomator hubungan Y/D .

Pengamatan : Tegangan input 3 phase 220volt konstan dan atur beban dari 0 sampai 5 amper .

I_a	I_b	I_c	W_1	V_2	I_2	W_2

3. Pengamatan transformator Y/Z .

Transformator TTT 222/3phase 220vol
2 x 63,5 volt/phase dibuat hubungan Y/Z.



Gambar 24 .
Transformator hubungan Star/Zikzak.

Pengamatan :

Tegangan input 3 phase 220volt konstan dan-
bebab diatur dari 0 sampai 5 amper .

I_a	I_b	I_c	W_1	V_2	I_2	W_2

Tugas dari hasil pengamatan diatas .:
Analisa dari hasil percobaan dan tarik kesimpulan
akibat transformator dibebani tidak seimbang .

BAB IV.

Penyearah arus.

Penyearah arus adalah untuk mengubah arus bolak-balik menjadi arus searah. Dalam hal ini dapat dilakukan dua cara, yaitu cara dinamis dan statis. Pengubahan arus dengan cara dinamis seperti, Synchronous converter, inverter, inductor, synchronous generator set dan lain-lain. Sedangkan penyearah arus yang menggunakan cara statis seperti, Mercury Arc Rectifier, Hat Chatoda rectifier, Semi konduktor germanium dan Silicon rectifier dan lain-lain.

Penyearah yang menggunakan cara dinamis pada peratikum transformator ini kita tidak melakukan dan ini akan dibahas pada pratikum mesin listrik DC/AC. Dan pada mata kuliah sistem suply daya listrik, disini kita akan membicarakan penyearah arus dengan cara statis. Untuk ini sebaiknya kita juga membatasi diri dalam pembicaraan penyearah arus yang menggunakan semi konduktor saja, karena pada jenis penyearah sistem statis yang lain sekarang ini sangat jarang digunakan.

Penyearah semi konduktor banyak dikenal dalam bentuk dioda, dioda zener, thyristor dan lain sebagainya. Setiap dioda dan thyristor mempunyai karakteristik yang sama tetapi pada thyristor mempunyai arus kisi (gate) mempersingkat daerah arus kerja. Pada umumnya untuk mendapatkan tegangan searah dari arus bolak-balik yang digunakan sebagai penyedia arus searah, penguatan, pengaturan daya dan perputaran dari mesin-mesin listrik sangat baik menggunakan thyristor.

Thyristor dengan rangkaian tertentu dapat menghasilkan tegangan searah yang diinginkan dan arus tertentu dengan mengatur sudut penyalaan pada sisi kisi (gate) nya. Disamping itu keuntungan menggunakan thyristor dalam pengaturan motor listrik adalah sebagai berikut ; pengaturan yang halus (kontinu), kerugian daya yang kecil dan pemeliharaan yang lebih sederhana.

Peratikum yang akan dilakukan untuk menyelidiki berbagai macam rangkaian thyristor untuk phase tunggal dan tiga phase dengan mengatur kisi (gate) tertentu.

A. Percobaan penyearah satu phase setengah gelombang dengan thyristor.

Tujuan :

Setelah mempelajari dan melakukan percobaan penyearah satu phase setengah gelombang diharapkan dapat :

1. Menentukan V_{DC} f () dengan mengatur tegangan kisi (gate) sebagai fungsi dari sudut penyalaan.

2. Membuat karakteristik :

V_{DC} f (I_{DC}) dan P_{out} f (P_{in})
dimana sudut penyalaan = konstan dan beban R_L = variabel.

3. Membuat karakteristik :

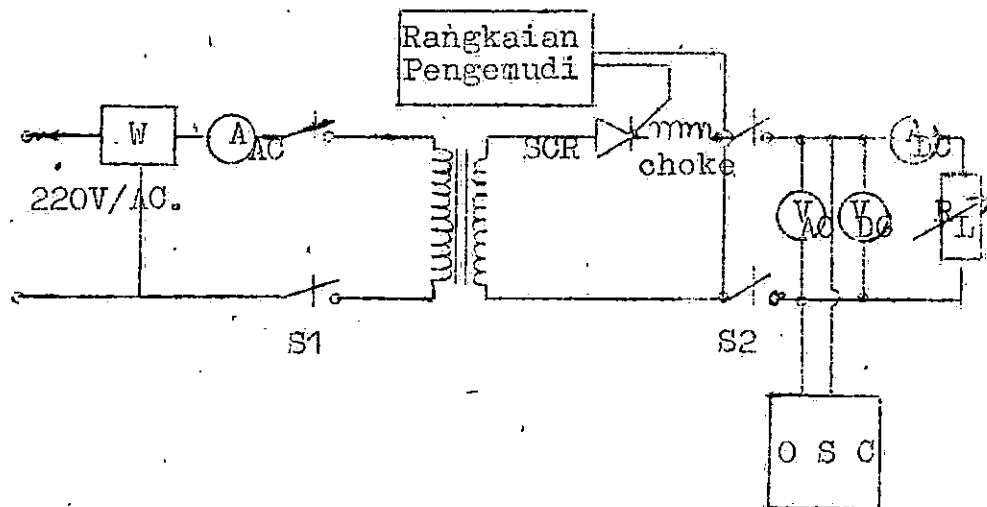
V_{DC} f (I_{DC}) dan P_{out} f (P_{in}) dimana R_L = konstan dan sudut penyalaan = variabel.

4. Menentukan faktor ripple bentuk setiap keadaan dalam penguatan diatas.

Alat-alat yang diperlukan dalam percobaan .

- | | | |
|---|---|------|
| a. Oscilloscope CS 1562 A /10MHz | 1 | buah |
| b. Transformator satu phase 1KVA/50Hz,
220Volt | 1 | buah |
| c. Wattmeter AC/DC kelas (0,5)type2041-
Yew | 1 | buah |
| d. Voltmeter AC type SPT.SNo5213 | 1 | buah |
| e. Voltmeter AC/DC klas (1.0)typeSPT.S-
No 5191/meco | 1 | buah |
| f. Amperemeter DC type 2011 klas(0,5) | 1 | buah |
| g. Amperemeter Ac/DC klas (1.0) type-
SPT.S No 5305/meco | 1 | buah |
| h. Saklar TO 30/16Amper/380Volt | 2 | buah |
| i. Beban resistor TB 40/3,3Kw/50Hz | 1 | buah |

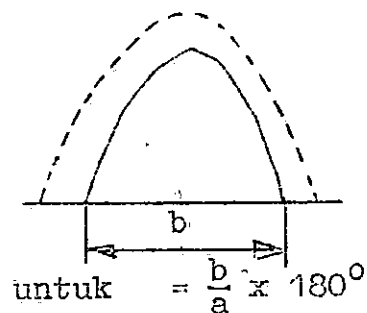
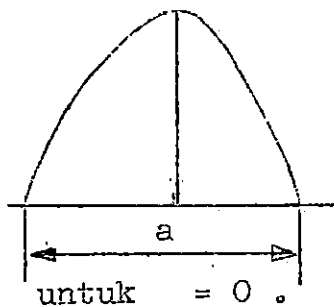
1) Prosedur pengamatan yang dilakukan .



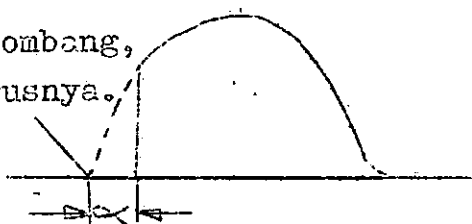
Gambar 25 .

Rangkaian penyearah setengah gelombang .

- a). Rakit rangkaian percobaan seperti Gbr 25 beban resistor R_L dalam keadaan maksimum .
- b). "On" Switch oscilloscope atur menurut yang semestinya melihat gelombang suatu tegangan .
- c). Switch "On" kan lalu switch S_2
- d). Amati layar oscilloscope bentuk gelombang yang terjadi bahwa $V_{DC} f(\alpha)$. Bentuk gelombang masih mirip sinusioda, dengan mengubah hanya amplitudo yang berubah. Dimana $\alpha = 0$ amplitudo Sedangkan untuk α membesar maka amplitudo mengecil dan gelombang tidak simetris .



Bentuk gelombang,
yang seharusnya.



- e). Pengamatan = konstan dan beban R_L = fariabel.
 - 1/. Set rangkaian pengemudi untuk harga $\alpha = 0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$ dan 90° keadaan masing masing konstan .
 - 2/. Atur beban R_L bertahap, sampai maksimum .
 - 3/. Amati pada saat tersebut dan catat V_{DC} , V_{AC} , I_{DC} , P_{in} dan P_{out} .

- 4/. Rumus-rumus yang digunakan untuk menentukan faktor ripple dan daya keluar adalah :

$$f_r = \frac{V_{AC}}{V_{DC}} \quad \text{dan} \quad P_{out} = V_{DC} \cdot I_{DC}$$

- 5/. Tabel pengamatan = Constan, R_L fariabel .

α	V_{DC} Volt	V_{AC} Volt	I_{DC} Amp	P_{in} Watt	f_r	P_{out} Watt

- f). Pengamatan beban R_L = konstan dan = fariabel

- 1/. Tentukan beban R_L terlebih dahulu , untuk R_L -medium .
- 2/. Atur pada saat = 0° , catat semua harga dari-alat-alat ukur .
- 3/. lakukan perubahan harga dari 0° sampai = 90°
- 4/. Buat total pengamatan R_L = konstan dan =fariabel seperti dibawah ini .

α	V_{DC} Volt	V_{AC} Völt	I_{AC} Amp	P_{in} Watt	f_r	P_{out} Watt.
0°						
20°						
90°						

B. Percobaan penyearah satu phase gelombang penuh dengan thyristor .

Tujuan . :

Setelah mempelajari dan melakukan percobaan-
penyearah satu phase gelombang dengan thyristor di-
harapkan dapan :

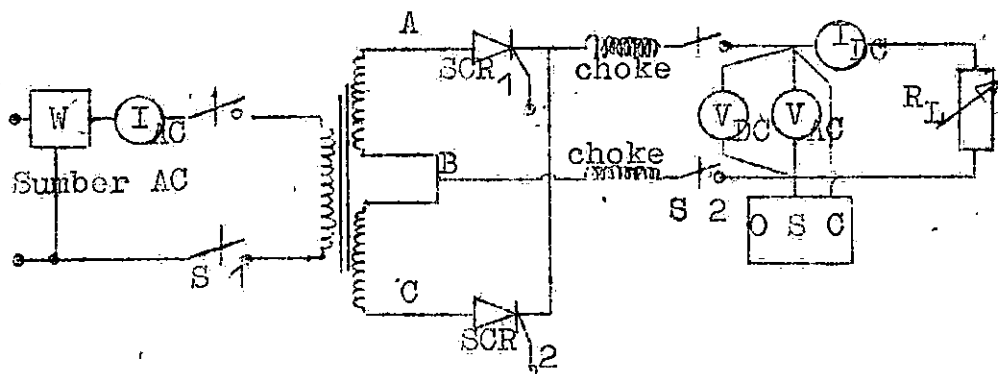
1. Menentukan karakteristik V_p f () sebagai fungsi sudut penyalan .
2. Karakteristik V_{DC} f (I_{DC}) dan P_{out} f (P_{in}) untuk = Konstan dan beban R_L = variabel .
3. Menentukan karakteristik V_{DC} f (I_{DC}) dan P_{out} f (P_{in}) untuk R_L = konstan, = variabel .
4. Menentukan besarnya faktor ripple untuk setiap keadaan .

Alat-alat yang diperlukan dalam percobaan .

- | | |
|--|-------|
| a. Transformator satu phase VA/50Hz 220 Volt | 1buah |
| b. Oscilloscope CS 1562 A/10MHz | 1buah |
| c. Wattmeter AC/DC klas 0,5 type 2041 yew | 1buah |
| d. Voltmeter AC model SPT.S No5213/meco | 2buah |
| e. Voltmeter DC type 519 klas 1.0 type SPT.S | 1buah |
| f. Ampermeter DC type 2011/klas 0,5 | 1buah |
| g. Saklar TO 30/16Amper/380Volt | 2buah |
| h. Beban resistor TB 40/3,3Kw/50Hz | 1buah |
| i. Rangkaian pengemudi thyristor | 1buah |

Rangkaian pengamatan :

Seperti terlihat pada gambar 26 .

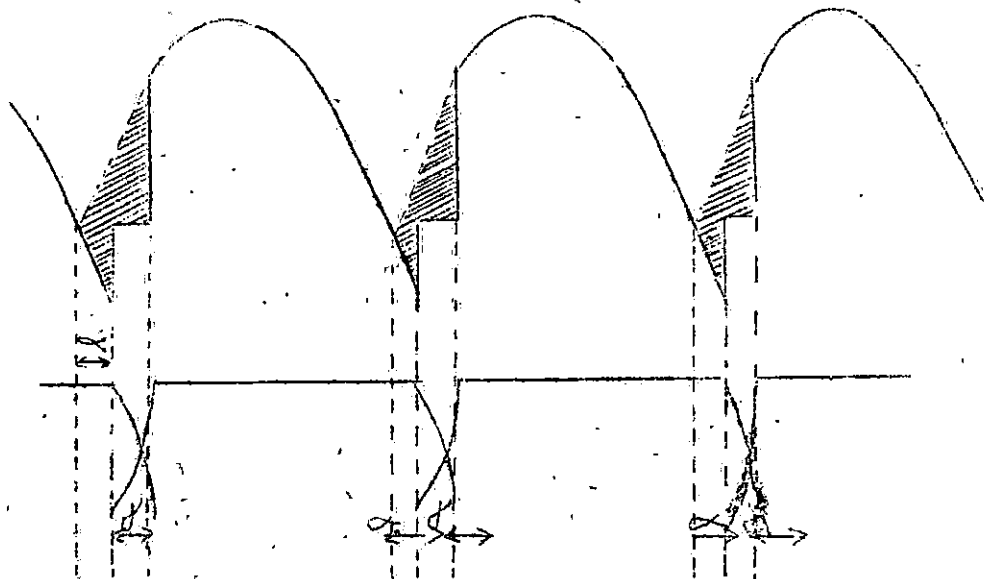


Gambar 26 .

Rangkaian penyearah gelombang penuh .

Prosedur pengamatan .

- 1/. Rangkai percobaan seperti gambar 26 ,dimana beban R_L dalam keadaan maksimum .
- 2/. "On" Switch oscilloscope dan atur menururt yang semestinya untuk dapat melihat bentuk gelombang out put yang dihasilkan .
- 3/. Switch S_1 di " On " kan .
- 4/. Amati bentuk gelombang output untuk tegangan dan arus dimana gelombang input betul-betul sinusoide murni adalah seperti berikut .



5/. Tabel pengamatan : V_p f (α) .

$\alpha = 0^\circ$	30°	45°	60°	75°	90°
V_p Volt=					

6/. Pengamatan terhadap = konstan dan belitan R_L variabel .

- Atur sudut penyalaaan $\alpha = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ konstan untuk keadaan masing-masing beban .
- Beban R_L diatur bertahap sampai maksimum .
- Amati setiap tahap beban dan faktor ripple-sesuai dengan persamaan diatas, catat besaran-besaran :

α konstan	V_{DC} Volt.	V_{AC} Volt.	I_{DC} Amp	P_{in} . fr Watt.	P_{out} Watt.
---------------------	-------------------	-------------------	-----------------	------------------------	--------------------

7/. Pengamatan terhadap beban R_L =konstan α = variabel .

- Tentukan beban R_L terlebih dahulu dalam keadaan medium .
- Atur sudut penyalaaan keadaan $\alpha = 30^\circ$ secara bertahap sampai 90° .
- Catat perubahan-perubahan terjadi seperti tabel dibawah ini .

α variabel	V_{DC} Volt	V_{AC} Volt.	I_{DC} Amp	P_{in} . fr Watt.	P_{out} Watt .
30° ↑ ↓ 90°					

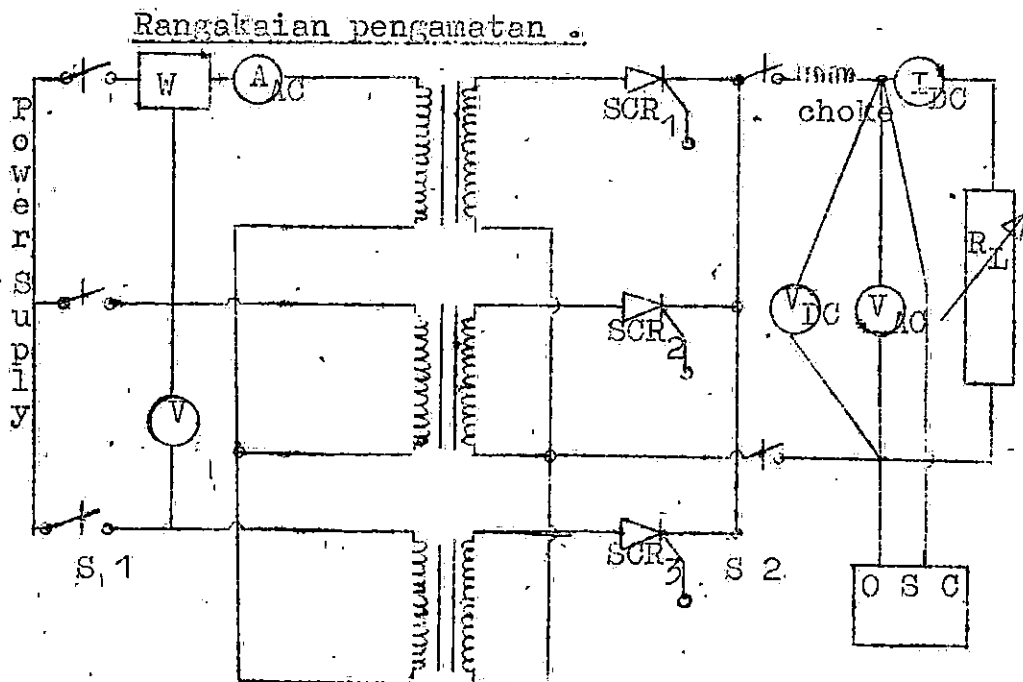
C. Penyearah tiga phase setengah gelombang dengan thyristor .

Tujuan : Setelah melakukan percobaan penyearah tiga phase setengah gelombang diharapkan dapat ;

1. Mengetahui cara kerja dari penyearah tiga phasa - setengah gelombang dengan menggunakan thyristor .. sebagai penyearah dan hubungan V_p fungsi terhadap sudut penyalan pada kisi (gate) .
2. Menentukan dan menggambarakan karakteristik V_{DC} f (I_{DC}) dan P_{out} f (P_{in}) pada keadaan $\alpha =$ konstan dan $R_L =$ variabel .
3. Menentukan dan menggambarakan karakteristik , V_{DC} f (I_{DC}) dan P_{out} f (P_{in}) pada keadaan $\alpha =$ variabel dan R_L konstan .
4. Menentukan faktor ripple untuk setiap macam keadaan .

Alat-alat yang diperlukan dalam percobaan .

- a. Transformator TT.222/3phase 2KVA,
220Volt/2 x 63,5Volt/phase 1 buah
- b. Power suplay 3 phase 50Hz TF123,
AC 3 x 0 s/d 220Volt 1 buah
- c. Oscilloscope CS 1562 A /10MHz 1 buah
- d. Wattmeter AC/DC klas 0,5 type 2041 yew 1 buah
- e. Ampermeter AC/DC klas 1.0 type SPT.S,
No 5305/meco 1' buah
- f. Ampermeter DC type 2011 klas 0,5 1 buah
- g. Voltmeter AC/DG klas 1.0 type SPT.S No 5191.. 1 buah
- h. Voltmeter AC type SPT.SN_o5213/meco 1 buah
- i. Saklar TO 30/16Amper/380Volt 2 buah
- j. Beban resistor TB 40/3,3Kw/50Hz 1 buah



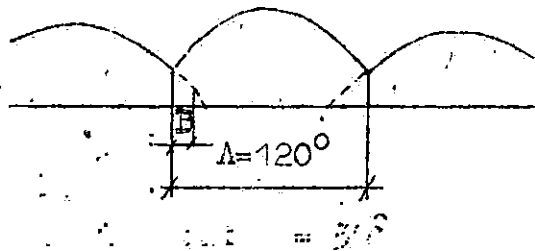
Gambar 27 .

Penyearah tiga fasa setengah,
gelombang dengan thyristor .

Prosedur pengamatan .

- 1/. Buat rangkaian seperti gambar 27 .
- 2/. Atur beban R_L dalam keadaan maksimum , S_1 dan S_2 dalam keadaan tertutup (on).
- 3/. Tegangan pengemudi kisi (gate) dari thyristor - dengan rangkaian gate berada 120° , yaitu ;
 $SCR_1 = 60^\circ$, $SCR_2 = 180^\circ$, $SCR_3 = 300^\circ$.
- 4/. Potensio pada rangkaian gate ditur , sehingga , didapat harga amplitudo maksimum . Pada saat $\alpha = 0$, catat harga V_p setahap demi setahap menurut sudut-sudut yang dikehendaki . Hasil out put ditentukan dengan besarnya α , di mana hal ini dibagi atas tiga daerah .

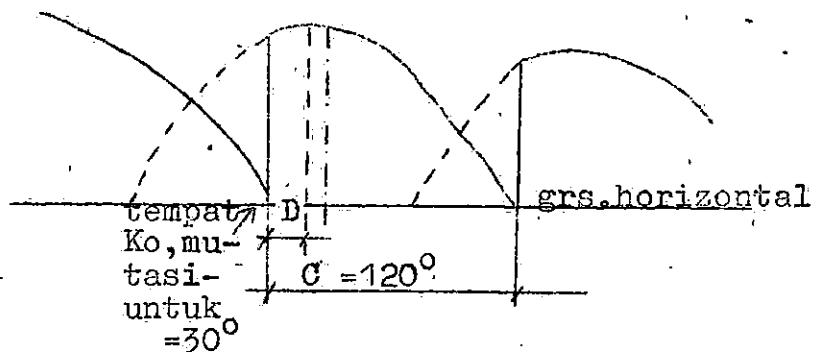
- a/. Untuk $\theta = 0^\circ$ sampai 30° dengan besarnya, bentuk amplitudo sebagai berikut :



Jadi daerah inidimana panjang horizontal berku-rang sebesar B , dari panjang horizontal to-tal A maka:

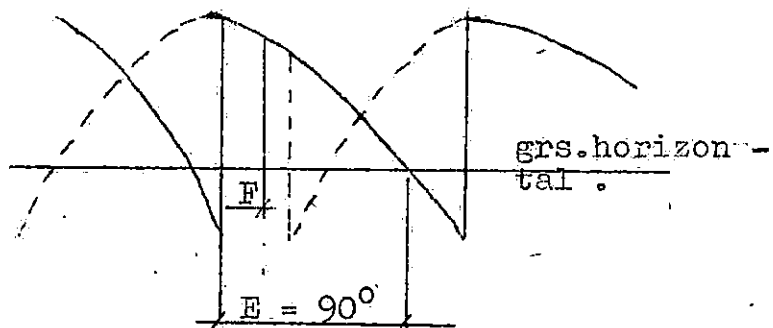
$$= \frac{B}{A} \times 120^\circ .$$

- b/. Untuk $\theta = 30^\circ$ sampai 60° .



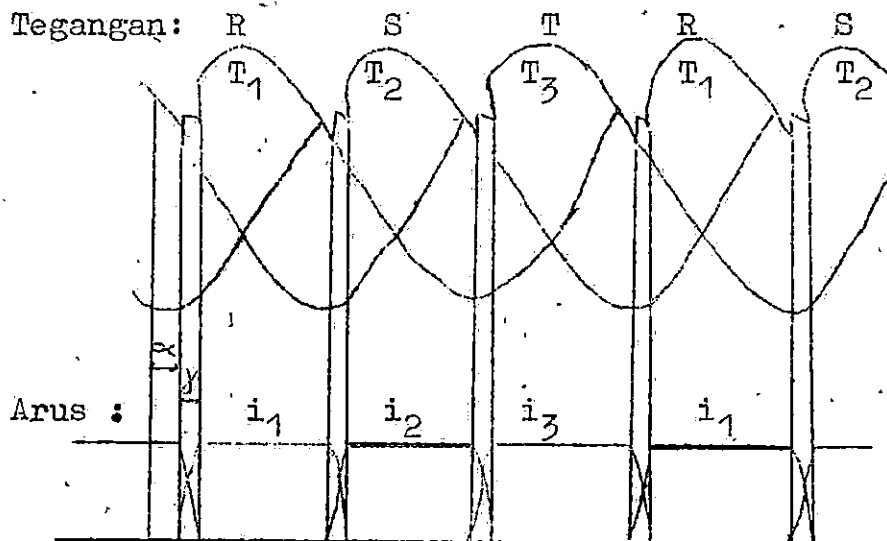
Dimana sudut penyalaan : $= 30^\circ + \frac{D}{C} \times 120^\circ .$

- c/. Untuk $\theta = 60^\circ$ sampai 90° .



Dimana $= 60^\circ + \frac{F}{E} \times 90^\circ .$

- 5/. Pengamatan untuk $\theta = \text{konstan}$ dan $R_L = \text{variabel}$
- Atur tegangan kisi (gate) sehingga ekivalent, dengan $\theta = 0^\circ$.
 - Beban R_L diatur bertahap dari maksimum sampai minimum untuk I_{DC} harga batas yang diizinkan.
 - Lakukan pencatatan pada setiap tahap tersebut, harga-harga V_{DC} , V_{AC} (V_{eff}), I_{DC} , P_{in} dan P_{out} .
 - Amatilah bentuk gelombang out put, yang sebetulnya secara teoritis seperti gambar dibawah ini.



- 6/. Pengamatan untuk $R_L = \text{Konstan}$ dan $\theta = \text{variabel}$.
- Beban diatur sedemikian rupa dan dijaga konstan maka tegangan kisi (gate) dinaikan mulai dari kedudukan $\theta = 0^\circ$ sampai 90° .
 - Cara yang lain sama seperti diatas.
 - Pada setiap tahap catat harga-harga seperti pada tabel dibawah ini.

α variabel	V_{DC} Volt	V_{AC} Volt	I_{DC} Amp	P_{in} Watt	fr	P_{out} Watt
0° \updownarrow 90°						

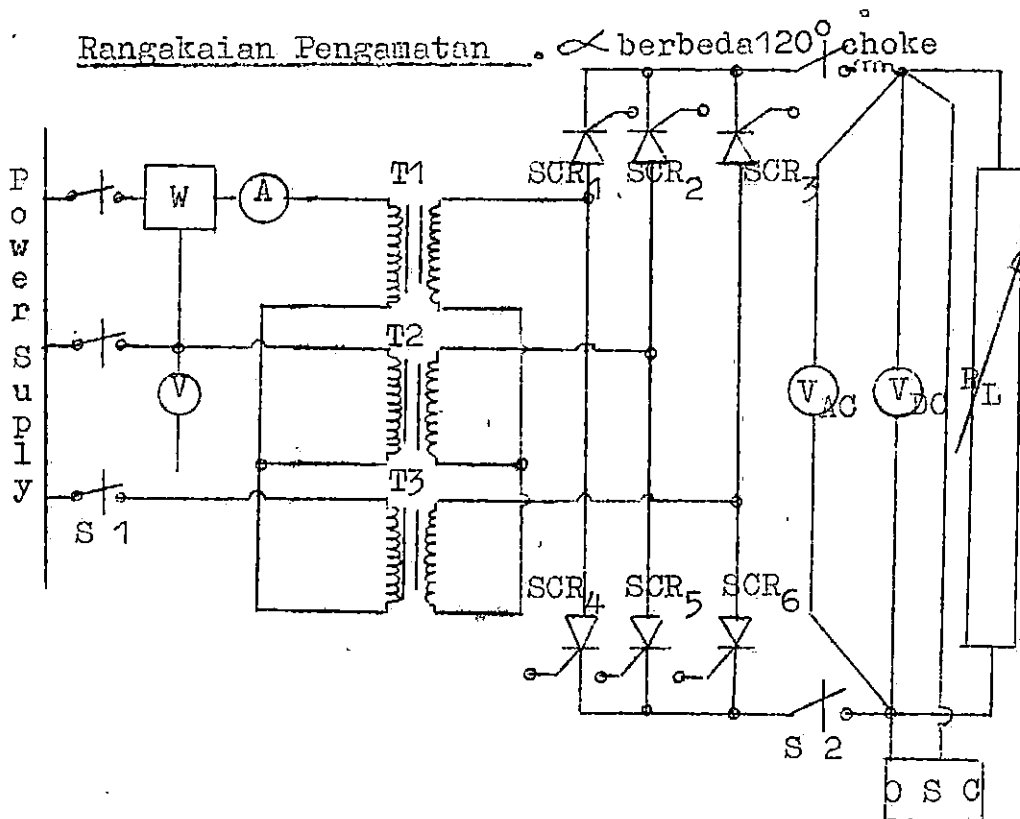
D. Penyearah tiga fasa gelombang penuh dengan-thyristor .

Tujuan : Setelah melakukan percobaan tiga phase gelombang penuh dengan thyristor diharapkan dapat :

1. Menentukan tabel V_p f () sesuai dengan hasil percobaan sebelum ini .
2. Menentukan karakteristik;
 V_{DC} f (I_{DC}) dan P_{out} f (P_{in}) dimana keadaan-
 = konstan , R_L = variabel .
3. Menentukan karakteristik;
 V_{DC} f (I_{DC}) dan P_{out} f (P_{in}) dimana keadaan-
 = variabel, R_L = konstan .
4. Mencari besarnya faktor ripple untuk seriap keadaan .

Alat-alat yang diperlukan dalam percobaan .

- a. Transformator TT 222,3phase,2KVA,
220Volt,2x63,5Volt/phase 1 buah
- b. Oscilloscope CS. 1562 A/10MHz 1 buah
- c. Power Suply 3 phase,50Hz TF123,
AC 3 x 0 s/d 220Volt 1 buah
- d. Wattmeter AC/DC klas 0,5 type,
2041/Yew 1 buah
- e. Amper meter AC/DC klas 1.0 type,
SPT.S No 5305/ meco 1 buah
- f. Amper meter DC type 2011 klass0,5 1 buah
- g. Voltmeter AC/DC klas 1.0 tupeSPT.S,
No 5191 / meco 1 buah
- i. Saklar TO 30/16 Amp/380 Volt 1 buah
- j. Beban resistor TB 40 /3,3Kw /50Hz 1 buah

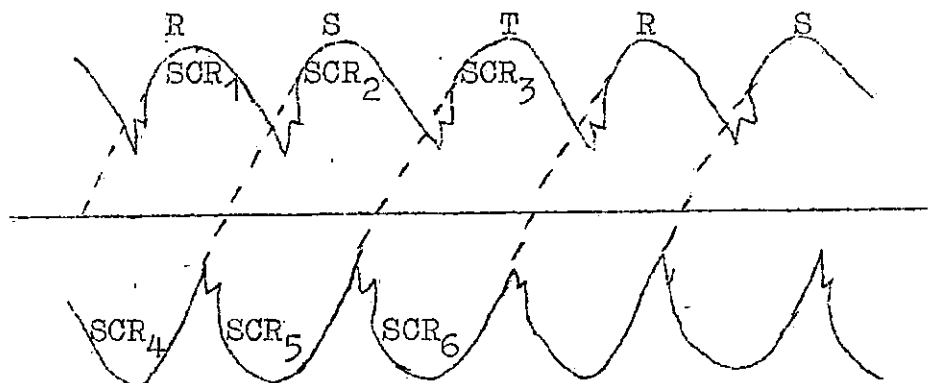


Gambar 28 .

Rangkaian percobaan penyearah tiga phase gelombang penuh dengan thyristor .

Prosedur pengamatan .

- 1/. Langkah pengamatan sama dengan percobaan penye-
arah tiga phase setengah gelombang diatas .
- 2/. Pada pengamatan ini hanya rangkaian seperti di-
atas ,dimana SCR_1 dan SCR_4 berbeda 180° dalam-
hal ini adalah . $SCR_1 = 60^\circ$, $SCR_2 = 180^\circ$, $SCR_3 =$
 300° , $SCR_4 = 240^\circ$, $SCR_5 = 0^\circ$, $SCR_6 = 120^\circ$.
- 3/. Penentuan sudut penyalaan (α) ialah dengan --
memperkalikan amplitudo dari gelombang tegangan
out put pada layar oscilloscope. Bentuk gelomba-
ng secara teoritis ;



Dengan mengabaikan dari pengaruh γ maka dida-
pat ;
$$V_{DC} = \frac{3 E \sqrt{2}}{\pi} \cos \alpha = V_m \cos \alpha$$

Untuk $\gamma = 0$ pada oscilloscope adalah panjang am-
plitudo ini dinamakan V_m .

Maka untuk harga yang lain :misalnya.

$$\gamma = 30^\circ \quad V_{DC} = V_m \cdot \cos 30^\circ = 0,866 V_m$$

$$\gamma = 60^\circ \quad V_{DC} = V_m \cdot \cos 60^\circ = 0,5 V_m$$

Waktu menentukan harga yang dikehendaki ,ca-
tat harga V_p , buat tabel seperti dibaeah ini .

Tabel $V_p f(\alpha)$

α	0°	30°	40°	60°	70°	90°
V_p (Volt)						

4/. Tabel pengamatan bentuk $\alpha = \text{Konstan}$ $R_L = \text{variabel}$

α Konstan	V_{DC} Volt	V_{AC} Volt	I_{DC} Amp	P_{in} Watt	fr	P_{out} Watt
0°						
30°						
60°						

5/. Tabel pengamatan untuk R_L konstan dan variabel

α Variabel	V_{DC} Volt	V_{AC} Volt	I_{DC} Amper	P_{in} Watt	fr	P_{out} Watt
0°						
90°						