MODEL JARINGAN TRANMISI TENAGA LISTRIK

TERJEMAHAN DARI

ELECTRIC POWER TRANMISSION LINE MODEL 199

oleh

Drs. Aslimeri

Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan
Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan
PADANG
1986

KATA PENGANTAR

Buku model jaringan tranmisi tenaga listrik ini merupakan terjemahan dari buku Electrical Power Transmission Line dari TERCO . Buku ini sengaja diterjemahkan untuk menunjang praktek tranmisi tenaga listrik dalam mata kuliah Transmisi dan distribusi tenaga listrik pada jurusan Pendidikan teknik Elektro FPTK IKIP Padang .

Dalam menterjemahkan buku ini, penterjemah banyak sekali mengalami kesulitan-kesulitan dalam menemukan kata-kata yang tepat dalam bahasa indonesia , kerena belum adanya pembakuan istilah-istilah teknik ,khususnya istilah teknik dalam bahasa Indonesia . Demi kesempurnaan buku ini, penterjemah sangat mengharapkan saran-saran dan kritik untuk perbaikan pada masa mendatang..

Akhirnya penterjemah mengharapkan semoga buku ini bisa bisa bermamfaat bagi segala pihak terutama mahasiswa jurusan pendidikan Teknik Elektro FPTK IKIP Padang .

PADANG Maret 1986

Penterjemah

DAFTAR ISI

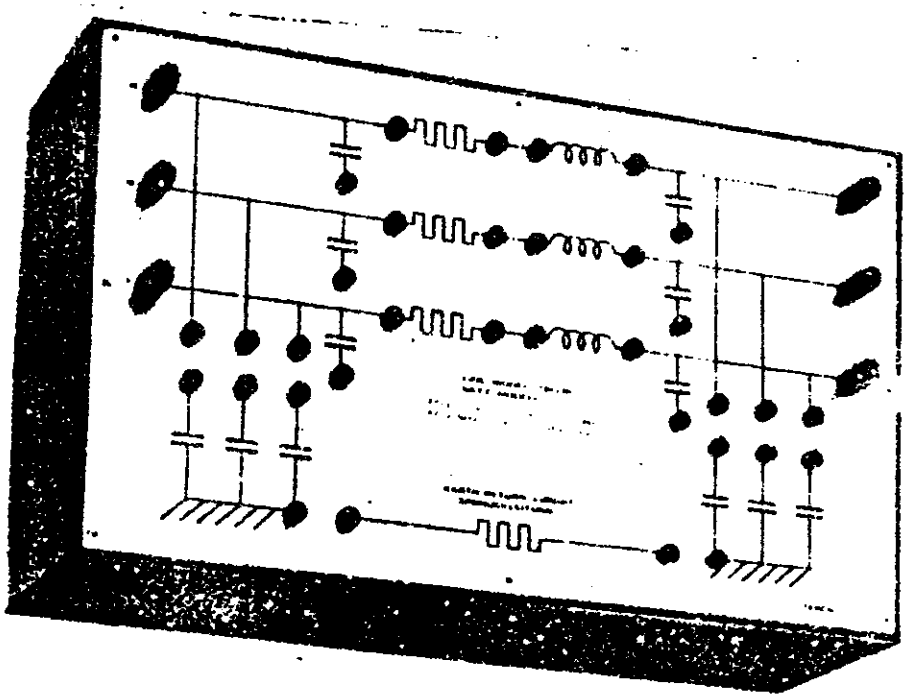
Halaman

PENDAHULUAN

Model jaringan tranmisi ini dapat disamakan dengan suatu jaringan tranmisi sepanjang 136 Km, tegangan 77 KV, dan arus yang mengalir 100 A . Sehingga daya yang disalurkan .

$$SN = \sqrt{3}\ 77 \cdot 10^{3} \cdot 100 = 13 \text{ MVA} .$$

Model jaringan ini mempunyai kontruksi seperti gambar . 1 .



GAMBAR . 1

Model jaringan tranmisi tenaga listrik

Data- data dari model ini adalah sebagai berikut :

1. Tegangan kerja 220 V (sebanding dengan tegangan 77 KV)
2. Arus kerja 5A (sebanding dengan arus 100 A .

3. Tahanan saluran 1,5 Ohm/ Phase .
4. Reaktansi saluran 3,15 Ohm/phase .
5. Capacitanci antara phase dengan tanah 3 μ F
6. Capacitanci antara phase dengan phase 10 μ F
7. Tahanan pentanhan 0,8 OHM .

Model jaringan ini dapat digunakan untuk .

1. Mengukur besarnya resistansi, Reaktansi dan capasitansi dari jaringan tranmisi .
2. Mengukur besarnya tegangan drop dan rugi-rugi pada jaringan tranmisi untuk berbagai jenis beban .
3. Untuk mengetahui besarnya arus hubung singkat pada jaringan tranmisi dan pada transformator .
4. Untuk mengetahui akibat kesalahan pentanahan pada jaringan .

Kerena model ini bekerja pada tegangan 220 V dan arusnya 5 A ini berarti perbandingannya adalah ;

220 Volt : 77000 Volt = 1 : 350, .

Perbandingan untuk arus 5 ; 100 = 1 : 20 .

Sehingga perbandingan ipedansi adalah 20 ; 350 = 1 ;17,5

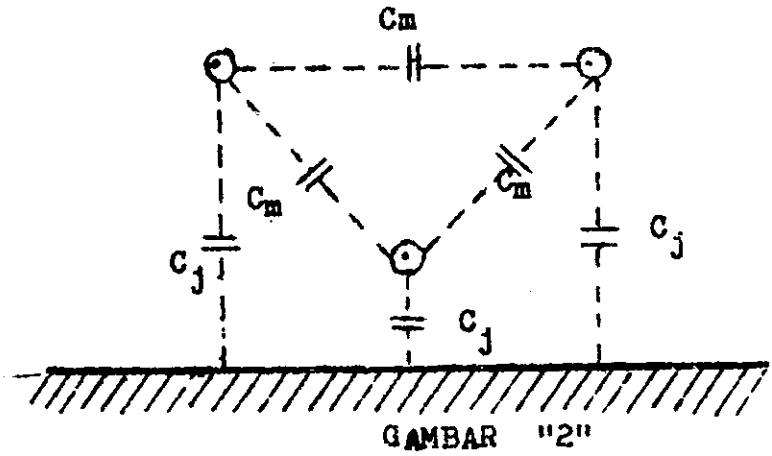
Perbandingan daya adalah sama dengan perbandingan arus dikali perbandingan tegangan , maka perbandingan daya :

1 : 350. 20 = 1 : 7000.

Model jaringan tranmisi ini terdiri dari beberapa tahanan , Inductor serta Capasitop . Berdasarkan tiori besarnya kapasitansi akan terbagirata sepanjang jaringan , akan tetapi pada model ini tidak dapat dibuat demikian kerena sulit sekali membagi kapasitansi yang terbagi rata sepanjang jaringan ,untukitu pada model ini capasitansi ini di pasang pada ujung-ujung model jaringan ; yang maka setengah dipasang di ujung jaringan dan setengah lagi dipasang

pada achir jaringan .

Dalam suatu jaringan tranmisi antara phase dengan phase dan antara phase dengan pentanahan terdapat capasitansi seperti gambar . 2



GAMBAR "2"

Capasistansi antara penghantar

Dari gambar dapat kita lihat bahwa capasitansi yang yang berbentuk segitiga yang diberi tanda dengan C m , bentuk segitiga ini bisa dirobah kedalam bentuk bintang . Kalau seandainya Cm itu seimbang maka mudah untuk merubahnya kedalam bentuk bintang .

Dalam jaringan tranmisi kalau kita hendak mengetahui rugi-rugi pada jaringannya kita harus memperhitungkan rugi-yang berupa tahanan, rugi yang berupa induktanci dan rugi yang berupa Reaktanci .

I. CHARACTARISTIK MODEL JARINGAN TRANMISI .

Untuk mendapatkan besarnya ipedansi dari model jaringan tranmisi ini dapat dilakukan dengan percobaan hubung singkat . Pada percobaan ini ujung achir dari model ini kita hubung singkatkan dan pada terminal masukan kita hubungkan dengan sebuah power suplay yang dapat diatur . Dengan mengatur tegangan masukan sampai amper meter monunjukan 5 A (Arus kerja dari jaringan ini) dari percobaan ini kita akan mendapatkan Tegangan dan daya pada saat hubung singkat .

Dari data diatas kita dapat menghitung besarnya Ipedansi, Resistansi dan Reaktansi dari jaringan dengan rumus .

$$Z = \frac{Vsc}{In}$$

$$R = \frac{Psc}{In^2}$$

$$X = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

Dimana :

Z = Ipedansi jaringan .

R = Resistansi

X = Reaktansi

Vsc= Tegangan hubung singkat

Psc= Daya pada saat hubung singkat .

In = Arus nominal jaringan .

Besarnya tahanan (Resistansi) pada jaringan ini tidak bisa diukur dengan Ohm meter, sebab induktansi yang ada juga merupakan tahanan ..

Dalam jaringan tiga phase dimana jarak antara hantaran jauh lebih besar dari diameter hantran maka berdasarkan hasil percobaan besarnya reaktansi sekitar 0,4 ohm per phase tiap kilo meter , dengan sendirinya kita bisa menghitung besarnya reaktansi untuk jaringan tersebut .

Kerena sekala ipedansi dari model jaringan ini adalah 1 : 17,5 sehingga besarnya inpedansi untuk 1 km

$= X \cdot 17,5 = 0,4 \cdot L.$

Kerena penghantar jang digunakan pada jaringan ini digunakan tembaga maka tahanan jenis tembaga 0,017 Ohm. mm^2/m

maka besarnya tahanan .

$$R \cdot 17,5 = 17 \cdot \frac{L}{A}$$

Dimana ; L = Panjang penghantar (Km)
A = Luas penampang penghantar

Capasitanci pada line dapat dihitung , dengan memberikan sumber tegangan pada jaringan dan mengukur arus tampa beban.. Maka dari itu dapat dihitung besarnya capasitansi per unit panjangnya jaringan yang mana sekala arus 1 ; 20 .

$$IC \cdot 20 = Uf \cdot 2\pi f \cdot c \cdot L .$$

Dimana :
Uf = tegangan sumber
L = Panjang jaringan . (Km) .

Untuk menentukan besarnya matual capasitansi secara kasar adalah $c = 9,5 \cdot 10^{-9}$ F/ Km per phase . Capasitanci terhadap pentanahan $Cj = 6. \cdot 10^{-9}$ F/Km per phase .

1.1. Percobaan hubung singkat .

A. Tujuan

Setelah melakukan pengamatan ini mahasiswa dapat mengetahui besarnya daya dan tegangan pada saat hubung singkat .

B..Alat dan bahan .

L = Line model TM 199 .

PR = PS = P T = Wattmeter 30 V, 5 A .

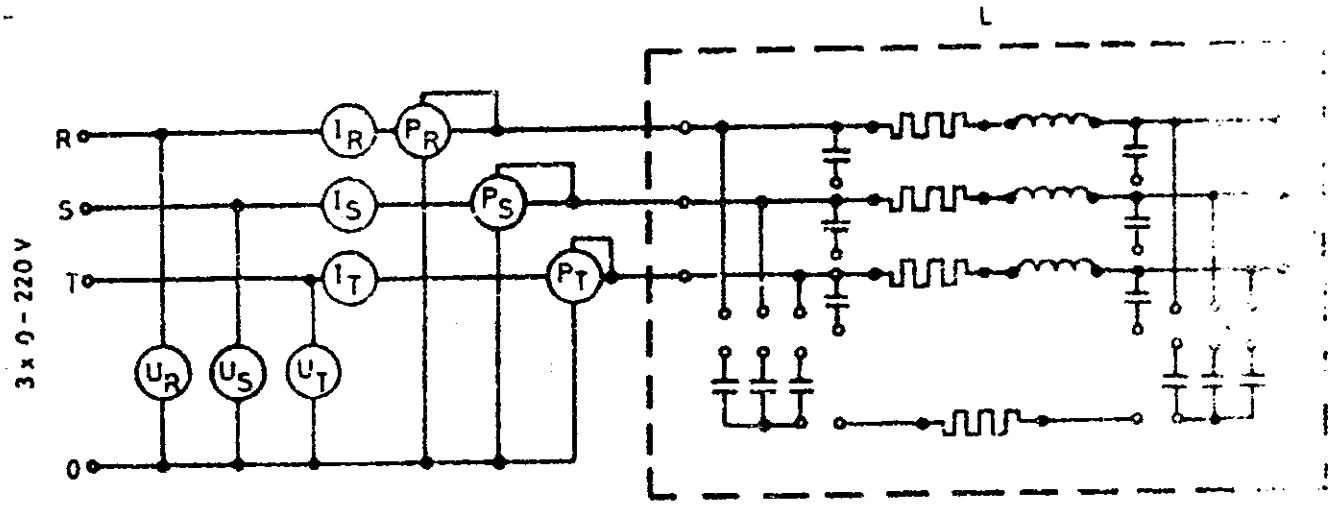
I_R = I_S = I_T = Ampermeter 5A

U_R = U_S = U_T = Voltmeter 30 V .

Power pack TF 123 .

C . LANGKAH KERJA.

1. Hubungkan rangkaian seperti gambar No 3



GAMBAR 3

Rangkaian test hubung singkat

2. Apabila sudah selesai periksakan kepada pembimbing saudara .
3. Kalau sudah benar hidupkan sumber tegangan 3 phase

dan naikkan tegangan sedikit-sedikit sampai amperme - ter menunjuk 5 A dan catat besarnya tegangan dan daya .

I.2. PERCOBAAN TAMPA BEBAN .

A. TUJUAN .

Setelah mengadakan pengamatan mahasiswa dapat me - ngetahui rugi tampa beban pada jaringan tranmisi .

B. Alat dan bahan .

Power pack TF 123 .

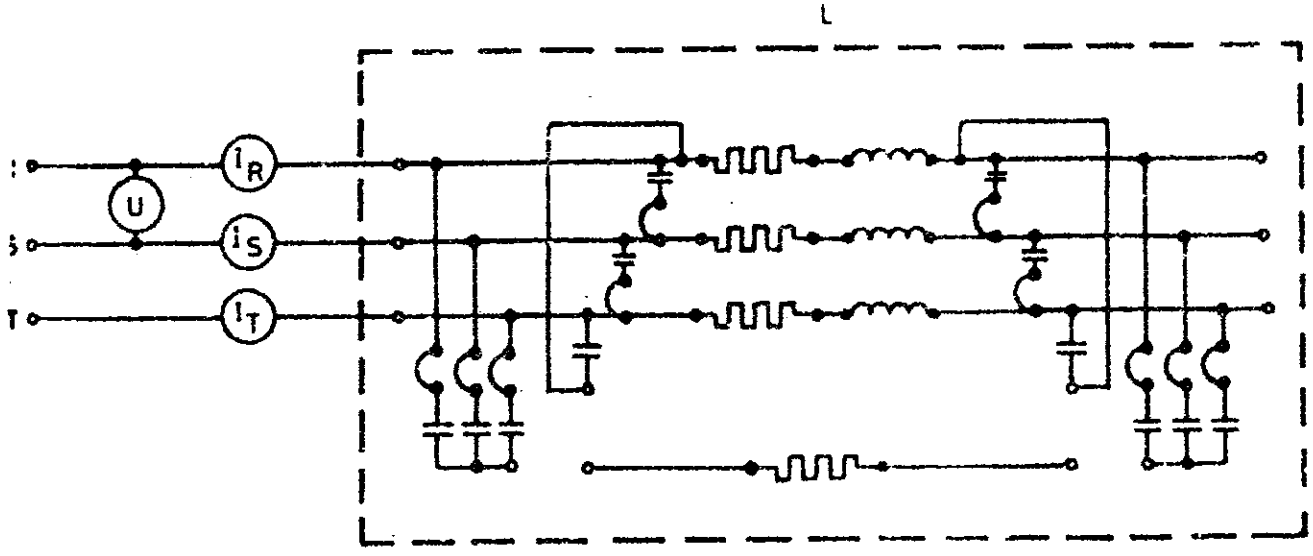
L = Line mode TM 199 .

I_R , I_S , I_T = Ampermeter 1,5 A

U = Voltmeter 240 V .

C. Langkah kerja .

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan .
2. Hubungkan rangkaian seperti gambar . 4 .



GAMBAR .4

Rangkaian test tampa beban

3. Hidupkan sumber tegangan dan atur tegangan masuk menjadi 220 Volt dan catat arus yang mengalir . Arus yang mengalir sama dengan Ic .
4. Cabutlah hubungan capasitanci antara phase dengan phase , tapi capasitanci terhadap pentanahan tetap terhubung .
5. Hubungkan sumber tegangan dan atur tegangan menjadi 220 Volt dan catat arus yang mengalir , arus yang mengalir samadengan I_{Cj}

D. TUGAS .

1. Hitunglah Z, R dan X untuk phase masing-masing phase pada percobaan hubung singkat dan hitung Z, R, dan X rata-rata .
2. Hitunglah panjang jaringan dengan mengunakan rumus

$$X_{Rata-rata} 17,5 = 0,4 \times L$$

3. Hitung luas penampang penghantar dengan rumus

$$R_{rata-rata} \cdot 17,5 = 17 \cdot \frac{L}{A} .$$

Dan tentukan besarnya penapang kawat sesuai dengan penampang kawat yang ada .

4. Hitung arus rata rata Ic dan arus rata-rata Icj.
5. Hitung matual kapasitanci dengan rumus

$$Ic \cdot 20 = \frac{77.000}{\sqrt{3}} \cdot 2 \pi f C$$

Hitunglah matual capasitanci per kilometer .

6. Hitunglah kapasitansi terhadap pentanahan dengan rumus

$$Icj \cdot 20 = \frac{77.000.}{\sqrt{3}} \; 2 \pi Cj$$

II. KERUGIAN TEGANGAN PADA JARINGAN .

Apabila jaringan listrik dipakai maka antara tegangan masukan dan tegangan pengeluaran ada perbedaannya . Untuk menentukan besarnya beda tegangan ini kita mengunakan rumus :

$$\Delta U = U_1 - U_2 = R \cdot I \cos \emptyset + X I \cdot \sin \emptyset - X \cdot Ic.$$

dimana :

U_1 = Tegangan masukan (Input)

U_2 = Tegangan pengeluaran (Output) .

R = Tahanan saluran .

I = Arus pada pengeluaran (Output)

$\emptyset$ = Beda phase pada output jaringan .

X = Reaktansi saluran .

$Ic = \frac{1}{2} W \cdot C$. dimanaC = matual capasitansi pada jaringan .

Jika kita mengukur besarnya ΔU dengan mengunakan volt meter yang mana $\Delta U = U_1 - U_2$, hasil penunjukan ini kurang tepat .
kita misalkan berdasarkan hasil pengukuran . U_1 = 130 Volt dan U_2 = 122 Volt , yang kita ukur dengan mengunakan Volt meter yang mempunyai ketelitian 1,5 %
Dari hasildiatas didapat beda tegangan sebesar 8 Volt, besarnya kesalahan meter adalah .

$$U_2 = \frac{1.5}{100} \times 130 + \frac{1,5}{100} \times 122 = \pm 3,9 \text{ V}$$

maka dari itu boleh dikatakan ketelitian meter kurang baik .

Salahsatu cara untuk mengetahui besarnya rugi tegangan

kita harus mengunakan meter yang mempunyai ketelitan yang baik .

2.1. Percobaan kerugian tegangan pada jaringan .

A. Tujuan .

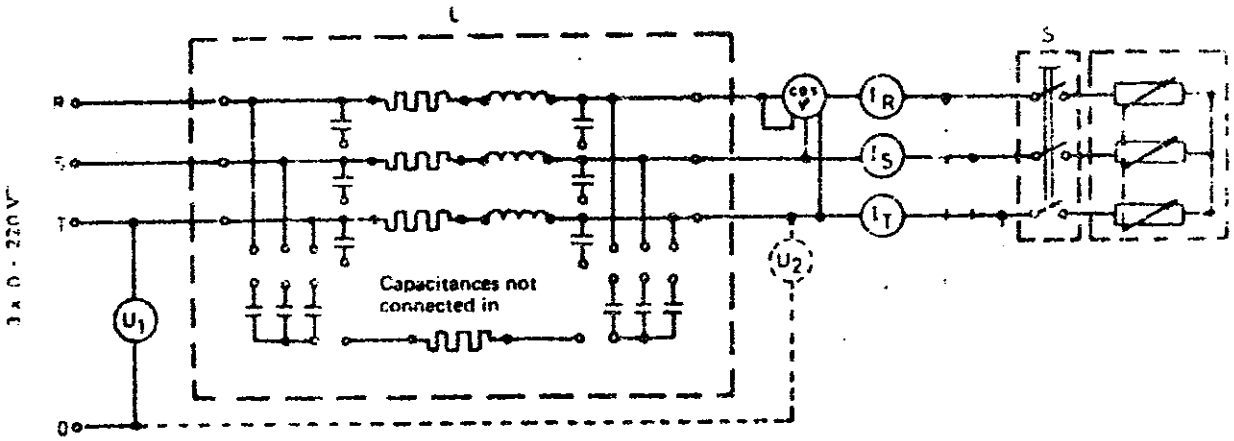
Setelah melakukan percobaan ini mahasiswa dapat mengetahui besarnya kerugian tegangan pada jaringan tranmisi .

B. Alat dan bahan .

1. Power Pack TF 123 .
2. L = Line model TM 199 .
3. R = Load resistor TB 40 .
4. X_L = Load reaktor TB 41
5. X_c = Load capasitor TB 42 .
6. U_1 = U_2 Volt meter .130 Volt .
7. Cos Ø = Power faktor meter 5A, 220V . 3 x 220 V
8. I_R = I_S = I_T = Ampermeter 5 A
9. Switch To 30 .

C. Langkah kerja .

1. Hubungkan rangkaian seperti gambar No 5 dan apabila sudah selesai periksakan kepada pembimbing saudara .
2. Hubungkan saklar Saklar 3 Phase dan naikkan tegangan lambat lambat sampai U_1 menunjukan arus 127 Volt .
3. Tutup saklar S dan aturlah beban sehingga amper meter menunjukan I A . , pada saat ini tegangan U_1 harus tetap 127 Volt , kalau kurang harus di naikkan .



GAMBAR 5

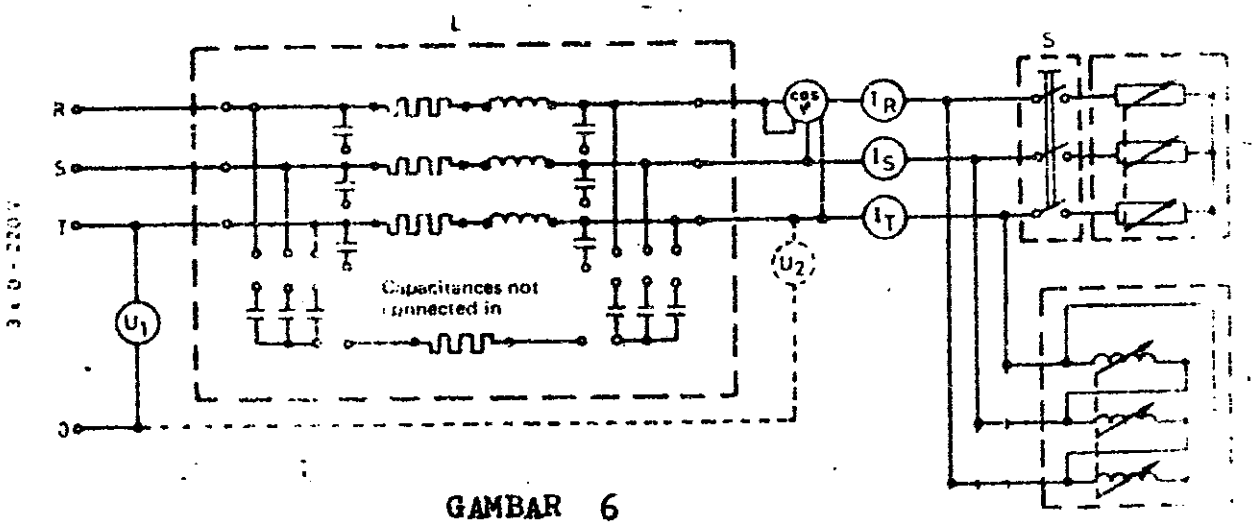
Rangkaian percobaan rugi tegangan dengan beban R

4. Pindahkanlah Volt meter U_1 Ke ujung pengeluaran (output) dan catatlah U_2 .

5. Aturlah I_T sampai 2 A dalam percobaan ini tegangan masukan (U_1) harus tetap 127 A . dan catatlah besarnya tegangan pengeluaran (output).

6. Ulangi langkah 5 untuk arus I_T 3 A, 4 A dan 5 Amper

7. Putuskan hubungan kebeban dengan jalan mematikan saklar S dan hubungkan beban resistor dengan beban reaktor seperti gambar . 6

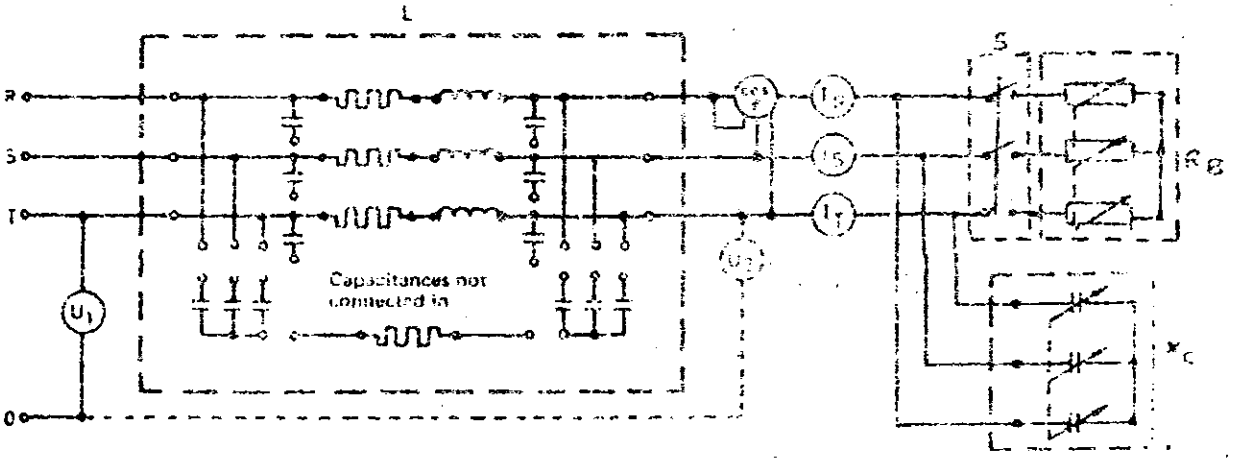


GAMBAR 6

Rangkaian percobaan rugi tegangan dengan beban XC

8. Hubungkan saklar S dan atur Load resistor dan load reaktor sehingga cos Ø meter menunjukkan beda phase sebesar 0,6 dan arus mengalir sekitar 1 A . Aturlah U_1 sempai 127 Volt dan cosinus = 0,6 dan catat besarnya arus . I_T dan U_2 .

9. Percobaan selanjutnya merupakan suatu jaringan dengan beban capasitif . Lepaskan saklar S dan ganti beban reaktif dengan beban kapasitif dan rangkai rang rangkaian seperti gambar 7



GAMBAR 7.

rangkaian percobaan rugi tegangan dengan beban Induktif

10 Hubungkan saklar S dan aturlah load reaktor supaya arus yang mengalir mendekati 0, 8 A dan cos Ø = 0,6, aturlah tegangan masukan (input) 127 Volt dan catat I_T dan U_2 .

11 Hubungkan line capacitanei antara phase dan pentanahan dan lakukan percobaan dengan cos Ø 0,6 induktif, o,6 Capsitif dan 1 . catatlah I_T dan U_2

12. Apabila sudah selesai kembalikan alat ketempat semula dalam keadaan baik .

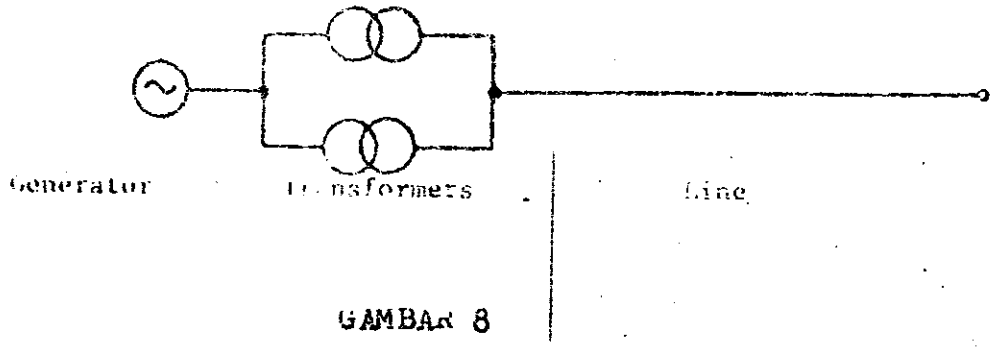
D. Tugas .

1. Buatlah grafik $U_2 = f(I_T)$ untuk semua percobaan
2. Hitunglah tegangan pengeluran (output) pada saat $U_1 = 127$ Volt arus yang mengalir 5 A ,Cos = 0,6 in duktif dengan mengunakan harga R, X dan C yang didapat pada percobaan .1.
3. Apa sebabnya tegangan yang terbaca berbeda dengan hasil perhitungan . ? .
4. Efek apa yang terjadi terhadap tegangan output, bila beban yang dipasang capasitif .

III. HUBUNG SINGKAT PADA JARINGAN.

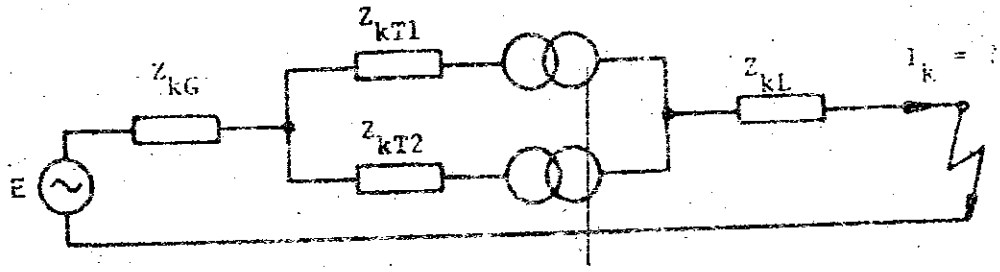
Pada jaringan tranmisi dan distribusi tenaga listrik kita harus mengetahui besarnya arus hubung singkat yang terjadi pada jaringan tersebut kalau terjadi hubung singkat . Dengan mengetahui arus hubungsingkat ini kita bisa menentukan besarnya pengaman yang harus dipasang pada jaringan tersebut .

Arus hubung singkat dapat dihitung dengan mengetahui parameter yang ada pada jaringan atau dengan jalan mengadakan percobaan test hubung singkat .
Sebagai contoh dapat dilihat pada gambar 8 yaitu suatu sistim jaringan yang mempunyai satu buah generator pembangkit tenaga listrik , dua buah transformator dan jaringan tenaga listrik .



GAMBAR 8
Sistim jaringan

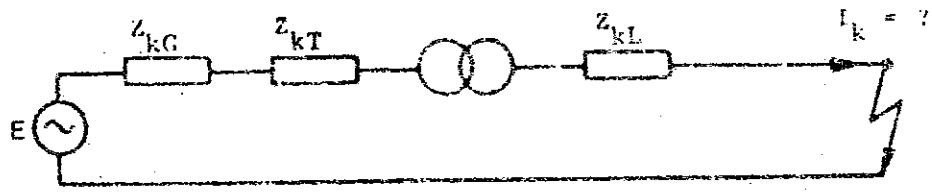
Gambar rangkaian diatas dapat diganti dengan rangkaian penganti yaitu ; Generator diganti dengan sumber tegangan yang hubungkan seri dengan suatu Ipedansi . Transformator diganti dengan trafo Ideal yang dihubungkan seri dengan suatu ipedansi dan penghantar diganti dengan ipedansi seperti gambar 9 .



GAMBAR 9

Rangkaian penganti jaringan

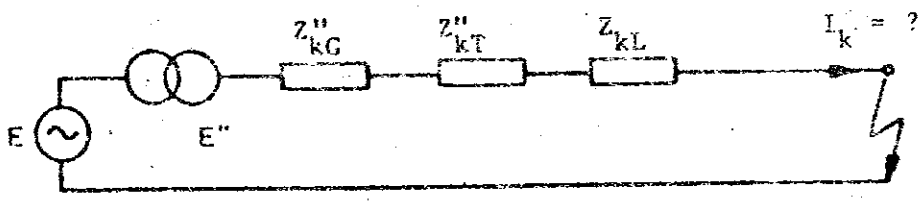
Dua buag transformator yang diparalelkan, dapat diganti dengan sebuah transformator seperti gambar 10



Gambar 10

Rangkaian penganti transformator

Ipedansi dari sebuah transformator dan generator dapat diganti dengan rangkaian penganti seperti gambar 11 .

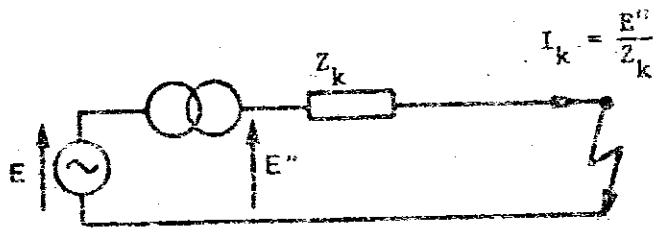


GAMBAR.11

Rangkaian penganti transformator dan generator

Dari gambar 11 didapat besaran Z_{KG} , Z_{KT} dan Z_{KL}

Rangkaian diatas dapat lagi disederhanakan seperti gambar 12



GAMBAR 12

Rangkaian penganti tranformator dan Generator

Dari rangkaian gambar 12 ini dapat dihitung besarnya arus hubungsingkat yaitu :

$$I_k = \frac{E''}{Z_k}$$

III.1. Percobaan hubung singkat pada transformator .

A. Tujuan .

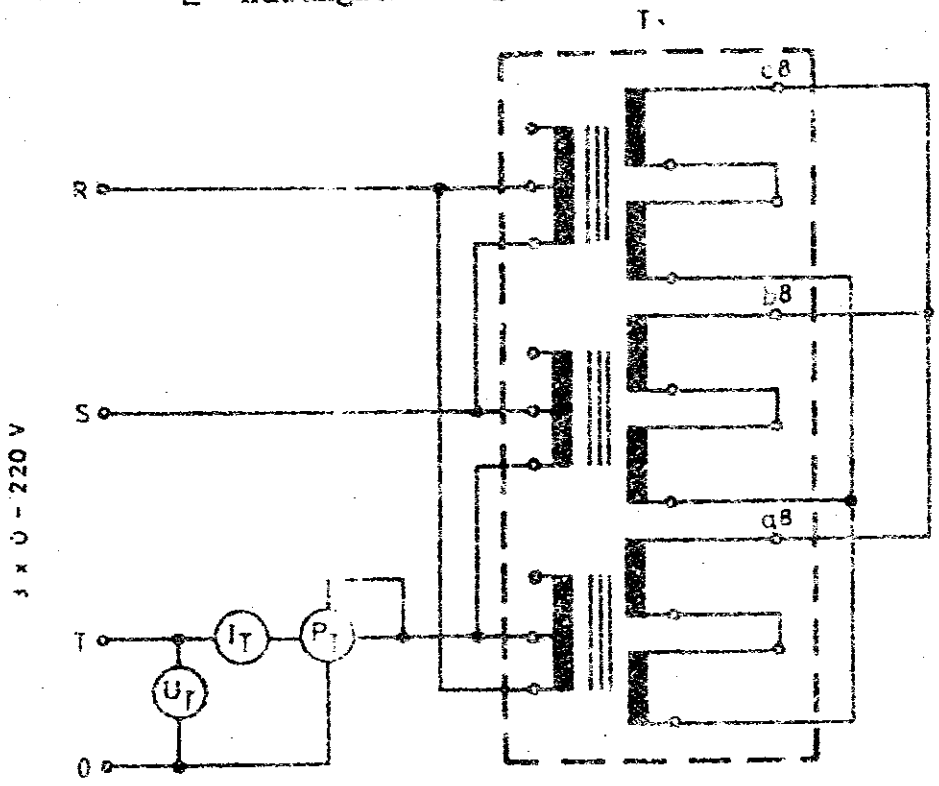
Setelah melakukan pengamatan ini mahasiswa dapat mengetahui besarnya daya dan tegangan pada saat terjadi hubung singkat pada transformator .

B. Alat dan bahan .

1. Power pack TF 123 .
2. Transformator TT 222 .
3. UT .=Voltmeter 30 V .
4. I_T = Ampermeter 6 A .
5. P_T = Wattmeter 30 V , 5 A .

C. Langkah kerja .

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan .
2. Hubungkan rangkaian seperti gambar no 13 .



GAMBAR 13.

Rangkaian transformator hubung singkat

3. Periksakan kepada pembimbing saudara , apakah rangkaiannya sudah benar hidupkan saklar pada power pack dan naikan tegangan lambat-lambat sampai ampermeter menunjukkan 5,25 A , catatlah tegangan (U_T) dan Daya (P_T) .

III. 2. Percobaan hubung singkat pada jaringan .

A. Tujuan .

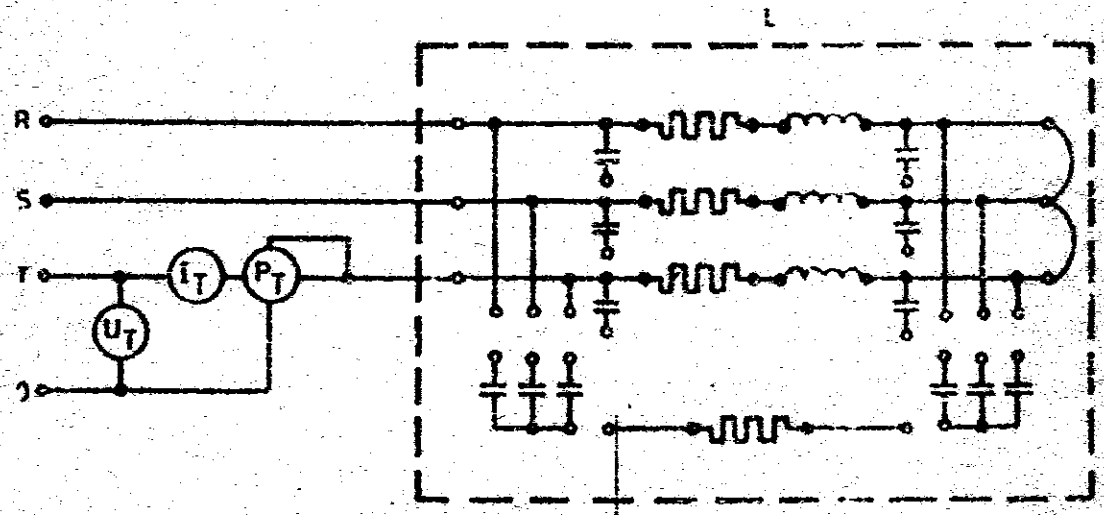
Setelah melakukan pengamatan ini mahasiswa dapat mengetahui daya dan tegangan pada saat terjadi hubungsingkat pada jaringan .

B .Alat dan bahan .

1. Power pack TF 123 .
2. Line model TM 199 .
3. Volt meter 30 V (U_T)
4. Amper meter 6A (I_T)
5. Watt meter 30 V , 5 A .

C. Langkah kerja .

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan .
2. Hubungkan rangkaian seperti gambar No 14 .



GAMBAR.14

Rangkaian hubungsingkat pada jaringan .

3. Periksakan kepada pembimbing saudara, apakah rang - kayan sudah benar .Kalau sudah benar hidupkan saklar pada power pack dan naikkan tegangan lambat-lambat sampai amper meter menunjukkan 5 A dan catatlah tegangan U_T dan daya P_T.

III. 3. Percobaan hubungsingkat pada jaringan yang mempu - nyai dua transformator .

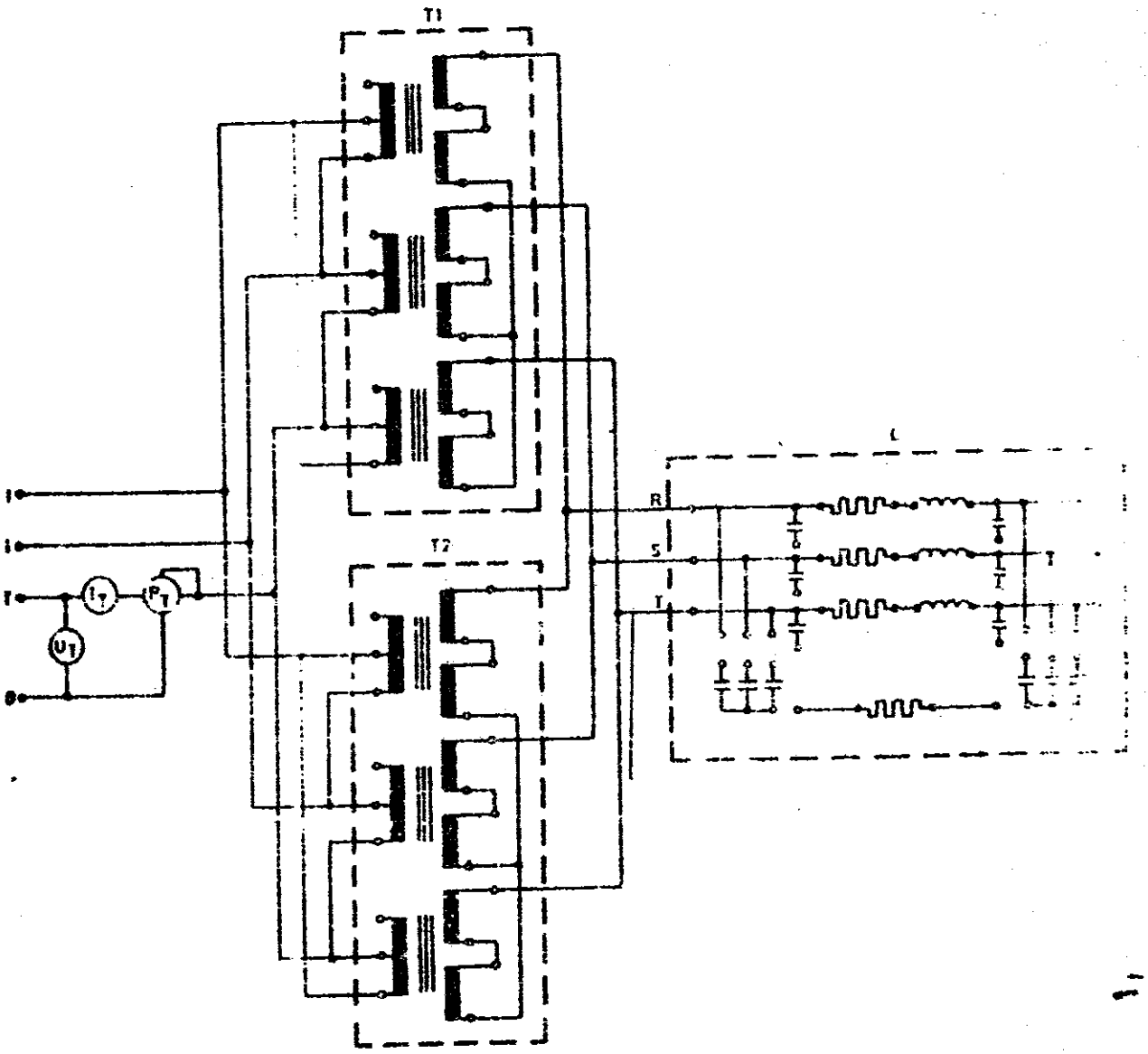
A. Setelah melakukan pengamatan ini mahasiswa dapat mengetahui daya dan tegangan pada saat terjadi hubung singkat pada jaringan yang mempunyai dua buah transformator .

B. Alat dan bahan .

1. Power pack 123 .
2 $T_1 = T_2$ = Transformator TT 222.
3 L = Line model TM 199 .
4 U_T = Volt meter 30 V .
5 I_T = Amper meter 6 A .
6 P_T = Watt meter 30 V, 5 A .

C. Langkah kerja .

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan .
2. Hubungkan rangkaian seperti gambar No 15 .
3. Apa bila sudah selesai periksakan kepada pembimbing saudara apakah rangkaian sudah bebar .
4. kalau sudah benar hidupkan saklar pada power pack dan naikkan tegangan lambat-lambat sampai amper meter menunjukkan 5 A .
5. Catatlah tegangan U_T dan daya P_T .



GAMBAR 15

Hubung singkat pada jaringan yang menpunyai trafo .

D. Tugas

1. Hitunglah Ipedansi transformator pada saat hubung singkat R_{KT} dan X_{KT} .

2. Hitunglah Ipedansi model jaringan hubungsingkat . R_{KL} dan X_{KL} .

3. Hitunglah besarnya tahanan penganti dan Reaktansi penganti .

$$R''_{KT} = R_{KT} \frac{U_2}{U_1}$$

$$= R_{KT} \left(\frac{220}{127}\right)^2 = R_{KT}$$

$$= R_{KT} \cdot 3 .$$

$$X''_{KT} = X_{KT} \cdot 3 .$$

4. Hitunglah ipedansi hubung singkat untuk transmisi secara keselurhhan yang mana kedua transformator yang digunakan mempunyai kraktaristik sama .
Kerena kraktaristiknya sama maka ipedansinya sama dengan setengah ipedansi satu tranformator dengan rumus:

$$Z_k = \left(\tfrac{1}{2} \cdot R''_{KT} + R_{KL} \right)^2 + \left(\tfrac{1}{2} X''_{KT} + X_{KL} \right)^2$$

5. Hitunglah arus hubung singkat dengan rumus .

$$I_K = \frac{U_2}{\sqrt{3}\ Z_K} = \frac{220}{\sqrt{3} \cdot Z_k}$$

6. Hitunglah kembali arus I_T yang didapat dari percobaan hubungan singkat pada jaringan yang mempunyai dua buah transformator dengan rumus .

$$I_K = I_T \frac{U_n}{U_T} = I_T \frac{127}{\sqrt{3}\ U_T}$$

Coba hitung arus hubung singkat pada jaringan sekunder dengan rumus .

$$I''_K = I_K \frac{127}{220}$$

hasil ini harus sama dengan Arus hubung singkat pada tugas No 6 .

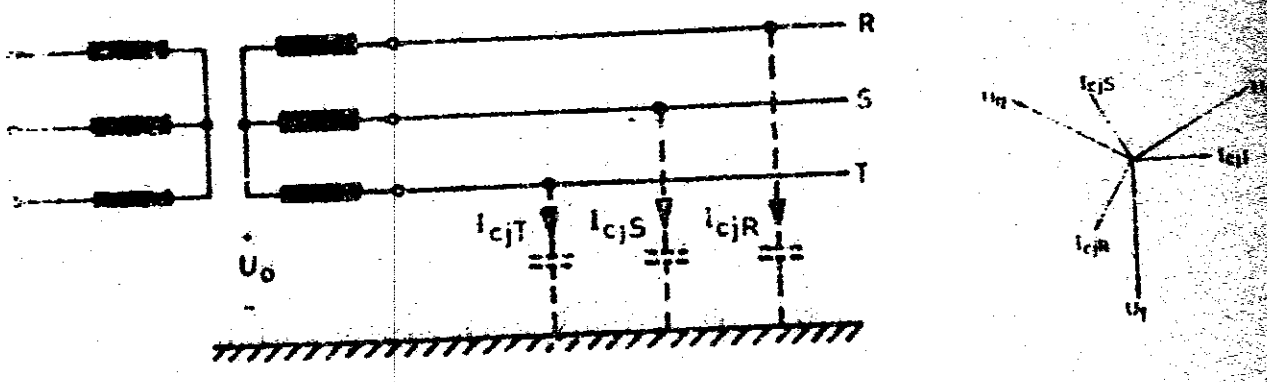
7. Coba beri saran bagai mana menurut saudara menghitung arus hubung singkat yang baik .

—

IV. KESALAHAN PENTANAHAN .

Didalam jaringan 3 Phase hantaran Nol dihubungkan dengan pentanahan , kalau terjadi hubungan singkat antara hantaran phase dan pentanahan maka pengaman hubung singkat atau MCB akan bekerja .

Dalam keadaan beban yang seimbang setiap phasenya arus yang mengalir dititik Nol tidak ada , akan tetapi pada jaringan tiga phase untuk tegangan 77 KV ada arus yang mengalir ketanah yang merupakan arus capasitansi antara penghantar dan tanah seperti gambar 16.

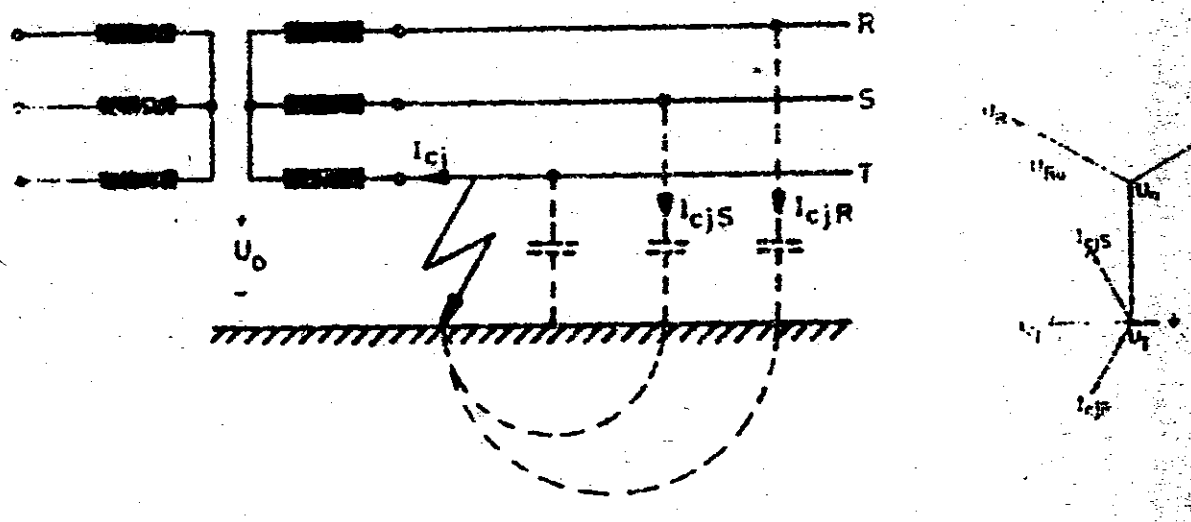


GAMBAR 16

Kebocoran arus capasitansi ke tanah

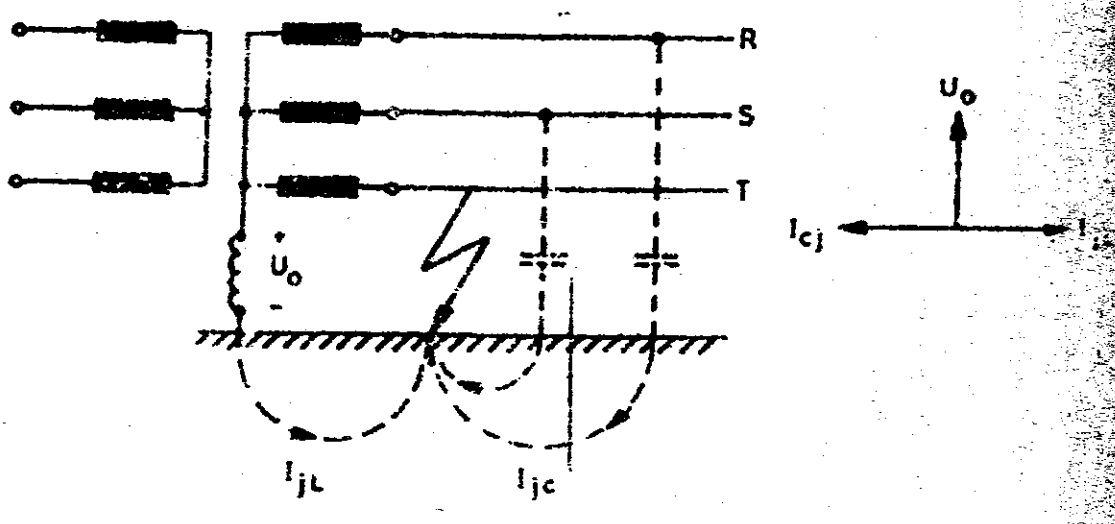
Apa bila salah satu phase putus dan menyentuh tanah maka pada titik Nol ada tegangan yang besarnya sama dengan tegangan phase . dan arus capasitansi yang mengalir akan berubah kerena ada tegangan ke tanah . Seperti gambar 17.

Apabila kita menghubungkan Induktansi antara titik Nol dan pentanahan , maka arus yang mengalir ke tanah akan menimbulkan beda phase sebesar 180° terhadap arus capasitif . Dengan memasang induktansi yang cocok kita bisa mengurangi arus yang mengalir pada posisi hubung singkat ini , yang dapat dilihat seperti gambar 18 .



GAMBAR 17

Arus phase yang bocor ke tanah



GAMBAR 18

Induktansi yang dipasang pada pentanahan

IV.1. Percobahan kesalahan pentanahan .

A .Tujuan .

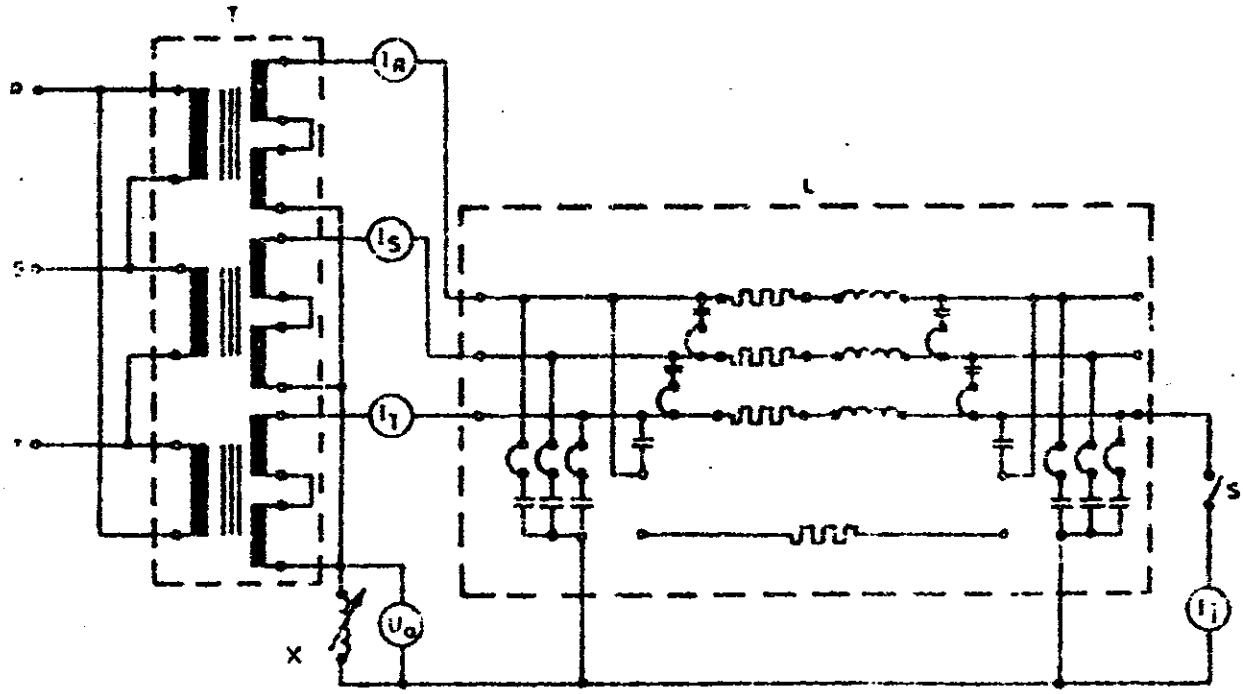
Setelah melakukan pengamatan ini mahasiswa dapat mengetahui akibat yang terjadi kalau ada kesalahan pentahan pada jaringan tranmisi .

B. Alat dan bahan .

1. Power pack TF 123 .
2. T = Transmator TT 122 .
3. I_R = I_S = I_T = Amper meter 2 A .
4. L = Line model TM 199 .
5. X = Load reaktor TB 41 .
6. S = Volt meter .
7. U_o= Volt meter 130 Volt .
8 I_j= Amper meter 5 A .

C. Langkah kerja .

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan .
2. Hubungkan rangkaian seperti gambar No 19 .



GAMBAR 19

Rangkaian percobaan kesalahan pentanahan