Bab IV

PENGAMAN YANG DIGUNAKAN PADA SALURAN TRANSMISI ANTARA PLTU. GRESIK DENGAN G.I. GILI TIMUR

A. DASAR - DASAR SISTIM PENGAMAN

Reley pengaman yang diterapkan pada saluran transmisi, adalah untuk melindungi saluran dan peralatan terhadap keru - sakkan dengan cara menghilangkan gangguan yang terjadi secara cepat dan tepat.

Kecuali itu untuk membatasi daerah yang terkena gangguan semi nim mungkin, sehingga penyaluran tenaga listrik melalui saluran transmisi dapat terjamin.

Oleh karena itu untuk saluran transmisi 150 KV antara P.L.T.U. Gresik dengan Gardu Induk (GI) Gili Timur Madura, dipilih jenis relay pengaman yang sesuai dan dapat mendeteksi gangguan secara tepat dan cepat.

Suatu relay pengaman biasanya dipisahkan menjadi 3 (tiga) elemen dasar seperti :

- Elemen sensor, ialah suatu alat yang bereaksi apabila terjadi perubahan arus pada rangkaian yang diamankan.

- Elemen pembanding, ialah suatu alat yang bekerjanya mem - bandingkan besar arus pada relay dengan setting relay yang berbeda.
- Elemen kontrol, suatu alat yang bekerjanya memutuskan aliran yang diamankan baik secara langsung atau tidak langsung.

B Syarat - Syarat Pengaman.

Untuk menjamin keandalan dari pada sistim tenaga listrik, maka relay pengaman yang merupakan kunci kelangsungan kerja suatu sistim, harus memenuhi persyaratan dan kemampuan sebagai berikut :

- Kecepatan bereaksi.

Kecepatan bereaksi dari relay pengaman adalah dimana saat relay mulai merasakan adanya gangguan sampai denga pelaksanaan pelepasan pemutus (PMT).

Waktu bereaksi diusahakan secepat mungkin sehingga dapat menghindarkan kerusakan - kerusakan pada alat yang ditimbulkan oleh gangguan yang terjadi, serta mengurangi melu asnya pengaruh akibat dari adanya gangguan tersebut.

Waktu total yang dipergunakan untuk memutuskan hubungan adalah jumlah waktu bereaksi dari relay pengaman dan waktu yang dipergunakan untuk pelepasan pemutus (PMT).

$$top = tp + tcb \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (12.a)$$

dimana :

top = waktu total yang digunakan untuk memu-

tuskan hubungan.

tp = waktu bereaksi dari unit relay.

tcb = waktu yang dipergunakan untuk pelepasan pemutus (PMT)

Sehubung dengan batas - batas stabilitas dari sistim tenaga listrik, maka suatu saat waktu bereaksi relay perlu juga diadakan perlambatan waktu (time delay) terutama untuk mengatasi gangguan - gangguan sesaat, atau secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

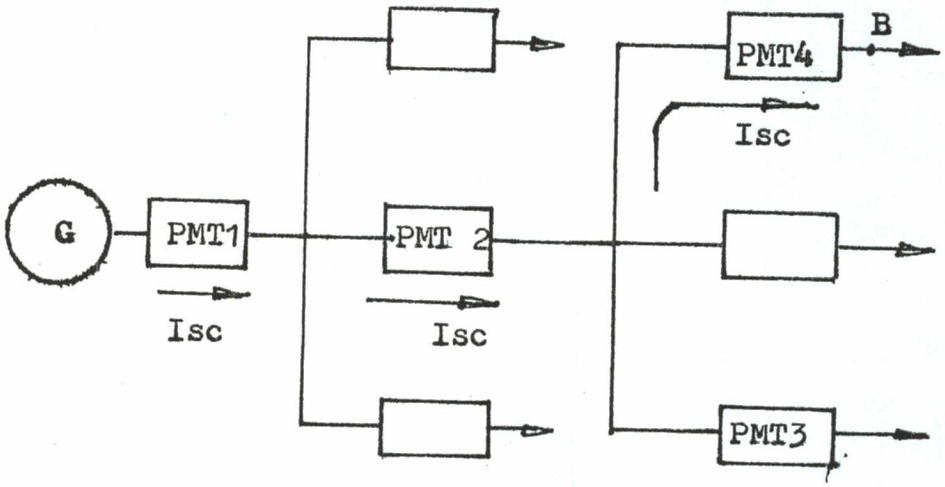
$$top = tp + tcb + At \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (12.b)$$

dimana :

At = waktu yang dibutuhkan untuk perlambatan waktu - Selektif.

Yang dimaksud dengan selektif dari relay pengaman ialah kecermatan pemilihan dalam mengadakan pengamatan, hal ini menyangkut koordinasi pengamanan dari sistim secara keseluruhan. Guna mendapatkan keandalan yang tinggi pada suatu sistim tenaga, maka relay - relay pengaman harus mempunyai kemampuan selektif yang baik.

Dengan demikian segala tindakannya akan tepat, sehingga gangguan dapat diatasi sekecil mungkin atau dilokalisir pada daerah tertentu saja. Guna mendapatkan gambaran yang lebih jelas bisa dilihat pada contoh berikut ini (lihat gambar 18)



Gambar. 18.

Diagram Rangkaian Sistim Tenaga Untuk Pengaman Yang Selektif.

Dalam rangkaian sistim tenaga listrik seperti pada gam - bar diatas, apabila terjadi gangguan dititik B, koordinasi pe ngaman dibuat sedemikian rupa sehingga pemutus (PMT) 4. saja yang boleh lepas, sedang untuk pemutus (PMT).1, PMT 2 dan yang lainnya sama sekali tidak boleh lepas.

- Sensitivitas (kepekaan relay)

Kepekaan dari relay pengaman diartikan sebagai kecepa - tan relay untuk memberikan jawaban (response), bila merasa- kan adanya gangguan. Dalam hal ini relay harus dapat bekerja dengan kepekaan yang tinggi.

- Keandalan (reliability)

Keandalan relay diartikan sebagai kemampuan relay atau sistim relay yang dapat bekerja secara baik dan kemampuan

menghindari operasi yang tidak diperlukan.

Keandalan relay dihitungdengan jumlah relay bekerja (mengaman kan) terhadap jumlah gangguan yang terjadi. Keandalan relay yang baik adalah 90 - 95 % (pôrsen).

C. Macam - Macam dan Fungsi Relay.

Macam dan fungsi relay yang digunakan pada saluran transmisi dengan tegangan 150 KV antara P.L.T.U. Gresik - G.I Gili Timur adalah sebagai berikut :

1.Relay Over Current (relay arus lebih).

Relay over current adalah relay pengaman yang be - kerja apabila arus yang mengalir pada cabang saluran yang diamankan melebihi arus penyetelan relay.

Berdasarkan pada prinsip kerja yang sederhana dan kemampuan kerjanya, maka relay arus lebih dipakai untuk :

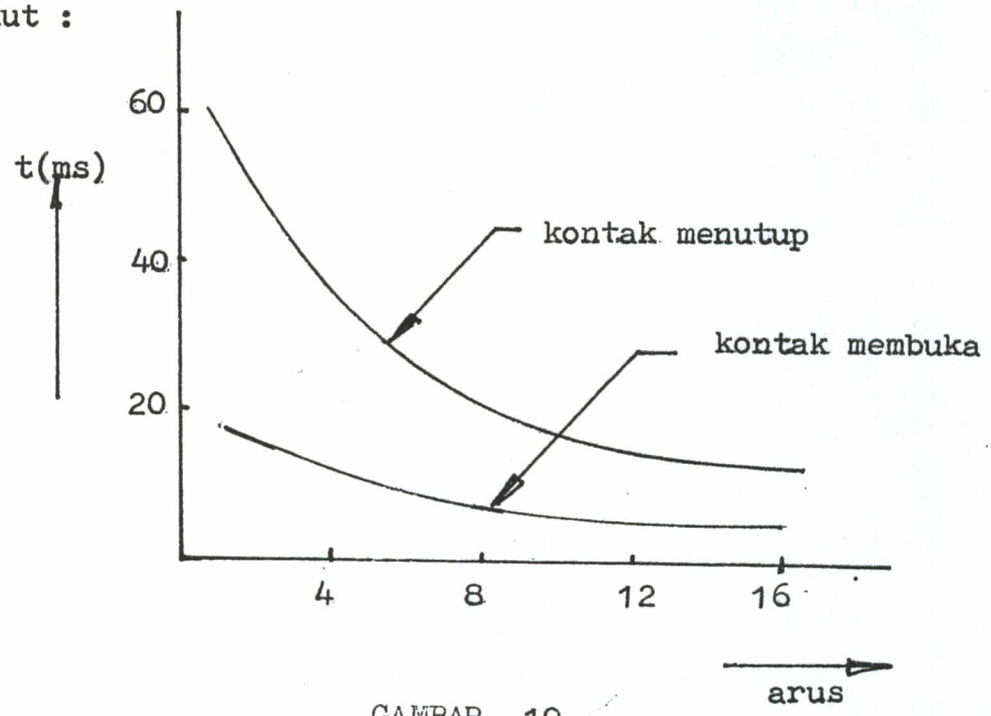
- pengaman adanya hubungan singkat.
- pembatasan terhadap besarnya arus yang diijinkan.
- elemen strat dari suatu pengaman sistim transmisi.

Relay arus lebih yang digunakan pada P.L.T.U. Gresik dan Gardu Induk Gili Timur mempunyai karakteristik seperti pada gambar. 19. dimana relay tersebut untuk mendeteksi arus gangguan dan arus lebih.

- Karakteristik relay over current.

Karakteristik relay over current yang dipakai pada saluran transmisi kabel laut dengan tegangan 150 KV, antara P.L.T.U. Gresik dengan G.I. Gili Timur adalah sebagai

berikut :



GAMBAR. 19.

KARAKTERISTIK RELAY ARUS LEBIH.

- Setting relay arus lebih.

Setting dari relay arus lebih dengan cara menentukan terlebih dahulu kapasitas arus pembawa pada masing-masing penghantar,dalam hal ini dihitung pada saluran transmisi udara dan saluran transmisi kabel laut.

Kapasitas arus pembawa pada saluran transmisi udara, konduktor dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$I = \sqrt{\frac{Hw + \left(Hr - \frac{Ws}{\eta\theta} \right) \pi / \eta D \theta}{R}} \quad \text{.....(13)}$$ 44)

dimana :

I = kapasitas arus pembawa (A).

---

44).PLN. Proyek Induk Jaringan Jawa Timur, Tahun 1980.

Hw = koeffisien hilangnya konveksi panas ($W/^{O}C\text{-}Cm^{2}$

$$Hw = \frac{0,00572}{\left(273 + T + \frac{\theta}{2} \right)^{0,123}} \sqrt{\frac{V}{D}}$$

$$Hr = 0,000576 \frac{\left(\frac{273 + T + \theta}{100}\right)^{4} - \left(\frac{-273 + T}{100}\right)^{4}}{\theta}$$

$$R = R_{20} \left\{ 1 + \alpha (t - 20) \right\}$$

$\theta = t - T$

Hr = koeffisien hilangnya radiasi panas ($W/^{O}C\text{-}Cm^{2}$)

V = kecepatan angin 25 meter/detik.

D = diameter konduktor (Cm)

T = tahanan ambient ($40^{O}C$).

θ = temperatur rise konduktor (^{O}C)

R = tahanan konduktor pada temperatur, t (ohm/Cm)

R_{20} = tahanan konduktor pada temperatur $20^{O}C$.

α = koeffisien temperatur dari tahanan (per ^{O}C)

= $0,00403\ ^{O}C$.

Ws = energi radiasi solar diassumsikan sebesar 0,1 (w/Cm^{2})

η = koeffisien permukaan, diassumsikan sebesar 0,9

Sedang kapasitas arus pembawa dari pada saluran kabel laut oil filled dengan diameter 300 mm dapat dihitung

memakai persamaan seperti berikut[45])

$$I = \frac{P}{V \times 3} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (14)$$

dimana :

I = kapasitas arus pembawa (A)

P = rating daya (MVA)

V = tegangan nominal pada saluran transmisi (KV)

Jadi setting dari relay arus lebih untuk menentukan besarnya waktu trip (lepas) dipakai nilai dari kapasitas arus pembawa yang lebih kecil diantara saluran udara dan saluran kabel laut, dengan menggunakan current ratio dari transformator arus yang sesuai. Maka diperoleh setting arusnya setelah itu dari karakteristik relay arus lebih,dapat ditentukan waktu trip (lepas) seperti pada gambar. 19.

2. RELE JARAK

Dengan bertambah lajunya perkembangan sistim tenaga listrik serta banyaknya sistim interkoneksi yang digunakan pada transmisi tegangan tinggi, untuk menjamin kontinuitas pelayanan dan pengaturan tegangan yang baik.Maka un - itu timbul masalah untuk mengatasi gangguan dengan cepat dan tepat baik gangguan permanen maupun gangguan sesaat. Dalam hal ini untuk mencegah meluasnyan pengaruh dari gang - tersebut terhadap cabang - cabang sistim pada saluran

45). Ibid.

transmisi yang diinterkoneksi tadi. Untuk iti diperlukan suatu sistim pengaman dengan kecepatan tinggi.

Sistim pengaman relay jarak adalah suatu sistim pengaman yang mempunyai kelebihan, ditinjau dari segi cara kerjanya dan dapat dimodifikasikan dalam suatu unit pengaman dan cocok digunakan untuk pengaman suatu sistim transmisi yang penting.

Sistim pengaman relay jarak adalah sistim pengaman yang waktu kerjanya dipengaruhi oleh atau tergantung pajarak dari atau ketitik gangguan, secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$t_{op} = f\ (Isc)$$

$$t_{op} = f\left(\frac{Ur}{Ir}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (15)$$

dimana :

t_{op} = waktu kerja (operasi) relay

$\frac{Ur}{Ir}$ = besaran impendansi dari relay dari atau ke titik gangguan.

Relay ini bekerjanya tidak tergantung pada besarnya tegangan dan arus hubung singkat, kecuali apabila hasil bagi antara tegangan dan arus hubung sungkat sama dengan harga sitting impendansi dari relay itu sendiri. Relay jarak cocok untuk mengamankan sistim transmisi, dimana besaran sistim transmisi adalah impendansi yang harganya tergantung dari panjangnya saluran transmisi sehingga jenis ini dapat digunakan untuk mengatasi gangguan yang terjadi disepanjang saluran

transmisi.

Macam - Macam Relay Jarak.

Relay jarak berdasarkan macamnya adalah sebagai berikut:

- Relay jarak lebih (Over type distance relay), relay ini bekerja jika impendansi yang terhitung ($\frac{Ur}{Ir}$), mempunyai harga yang lebih besar dari impendansi setting, Relay jenis ini digunakan pada saluran transmisi yang panjang.
- Relay jarak kurang (under type distance relay), relay ini bekerja jika impendansi yang terhitung ($\frac{Ur}{Ir}$), mempunyai harga yang lebih kecil dari setting. Relay ini digunakan pada saluran transmisi yang pendek.

Berdasarkan macam settingnya relay jarak yang digunakan pada saluran transmisi kabel laut dan transmisi kabal udara antara P.L.T.U.Gresik - G.I. Gili Timur, yaitu menggunakan jenis relay jarak kurang.

Karena panjang saluran transmisi tersebut merupakan saluran transmisi yang pendek. Sedang relay jaraknya yang dipakai pada saluran transmisi kabel laut dan transmisi kabel udara diatas, ada 2 (dua) macam yaitu relay jarak umtuk mengatasi gangguan antara phase dengan phase dan phase ke tanah.

Berdasarkan karakteristiknya relay jarak dapat dibedahkan menjadi :[46].

- Relay jarak dengan karakteristik impendansi murni (Z), relay ini disebut juga "Relay jarak impendansi.
- Relay jarak dengan karakteristik admitansi (Y), relay ini

---

46).Madhava Rae, TS, Power Protection Static Relay, Tata Mac Graw-Hill Publishing Co. ltd. New Delhi, 1979.p. 251

disebut juga "Relay mho".

- Relay jarak dengan karakteristik reaktansi (X), relay ini disebut "Relay reaktansi".
- Relay jarak dengan karakteristik resistansi (R), relay ini disebut juga relay Resistansi.

Jadi macam karateristiknya relay jarak yang digu kan pada saluran transmisi kabel laut antara P.L.T.U. Gresik dan G.I.Gili Timur, relay jaraknya mempunyai karakteristik relay reaktansi, untuk mengatasi gangguan antara phase dengan phase dan gangguan phase ke tanah.

Karakteristik relay jarak untuk mengatasi gangguanantara phase dengan phase dapat dilihat pada gambar. 20, karakteristik phase dari unit reaktansi ditunjukkan sebuah garis lurus dan untuk unit starting ditunjukkan dengan sebush lingkaran dan bila saluran impendansi ditunjukkan dari relay berada didalam daerah operasi, maka operasi akan terjadi.

Jika arus pengoperasian kecil, pengukuran jarak tidak seakurat seperti hal koordinasi relai impendansi.

Karakteristik reaktansi arus terhadap pengoperasian dari unit reaktansi dapat dilihat pada gambar.21, dan bebas untuk setting jarak.

Sedang karakteristik relay jarak untuk mengatasi gangguan phase ke tanah dapat dilihat pada gambar. 22, yang merupakan karakteristik phase dari unit reaktansi, ditunjukkan oleh sebuah garis lurus dankarakteristik dari unit

startingnya ditunjukkan dengan sebuah lingkran dan relay akan bekerja apabila impendansi saluran yang diijinkan dari sisi relay terdapat disebelah jangkauan operasi ini.
Pada gambar. 23, menunjukkan karakteristik hubungan antara arus - reaktansi operasional dari unit reaktansi, dan bervariasi tergantung dari setting relay jarak.

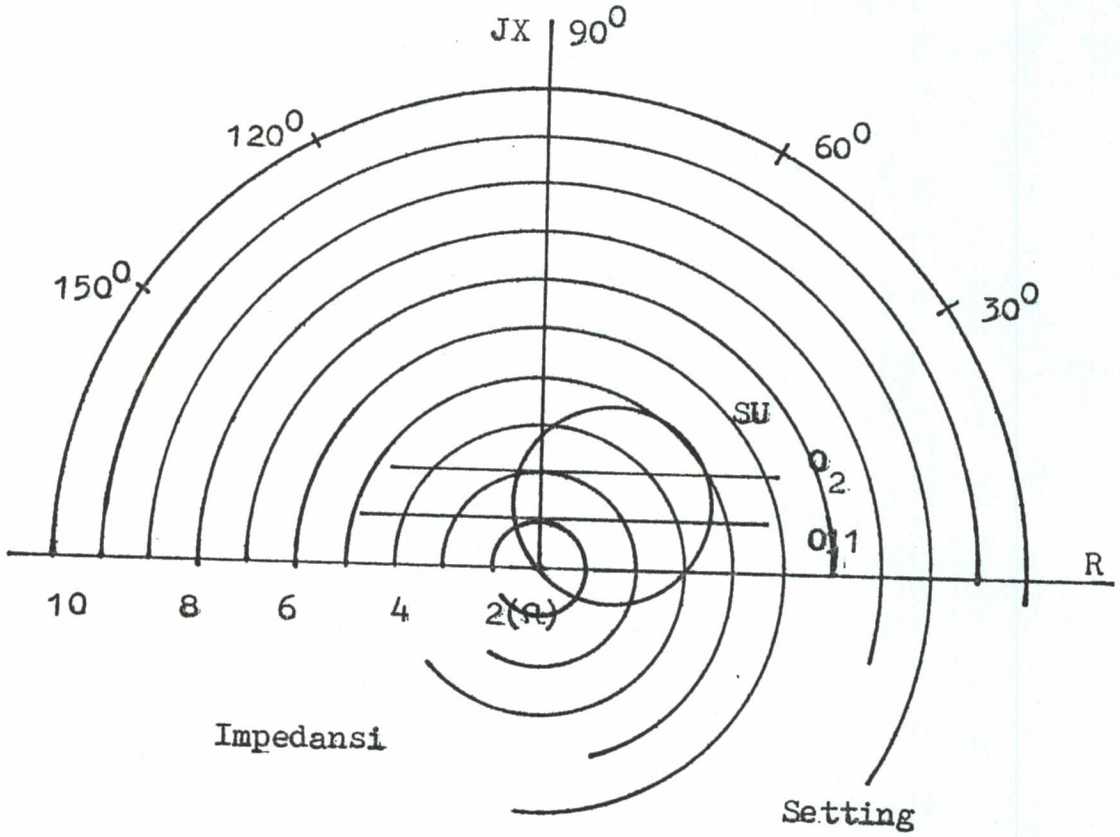
Sudut torque maks, dari unit starting diatur untuk arus langging sebesar 60^0 atau 75^0 seperti yang ditentukan.
Gambar. 24, menunjukkan karakteristik hubungan antara arus-impendansi pada keadaan normal ketika untuk starting pada kondisi torque maksimum.
Untuk gambar. 25 menunjukkan karakteristik hubungan antara tegngan dan arus dari unit SU dan O , sedang pada gambar. 26 menunjukkan karakteristik waktu operasinya.
Setting.

Setting dari pada relay jarak yang digunakan pada saluran transmisi antara P.L.T.U.Gresik dengan G.I. Gili Timur adalah sebagai berikut :

Reaktansi dari trafo arus (CT) dan trafo tegangan (PT) pada sisi sekunder dapat dihitung dari sisi primer pada daerah saluran transmisi yang diamankan adalah sebagai berikut :

$$X_2 = \frac{\text{CT ratio}}{\text{PT ratio}} \times X_1 \qquad \text{.....(16)}$$

dimana :

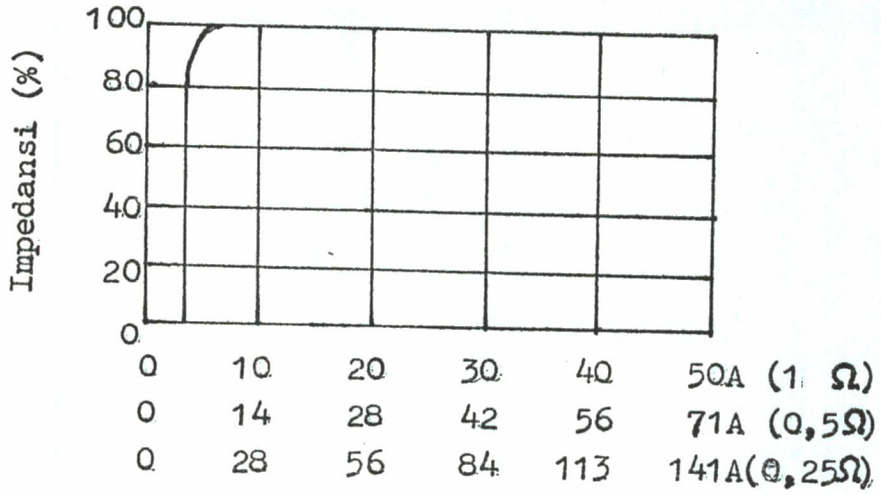


Setting

SU	5 Ω
O_1	1 Ω
O_2	2 Ω

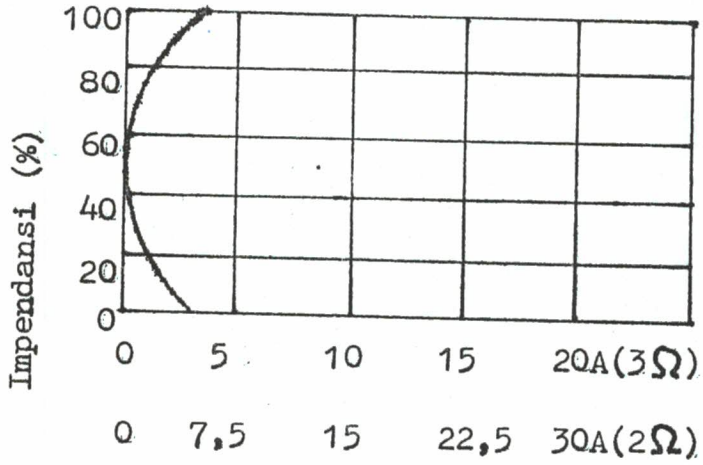
GAMBAR . 20

KARAKTERISTIK PHASE



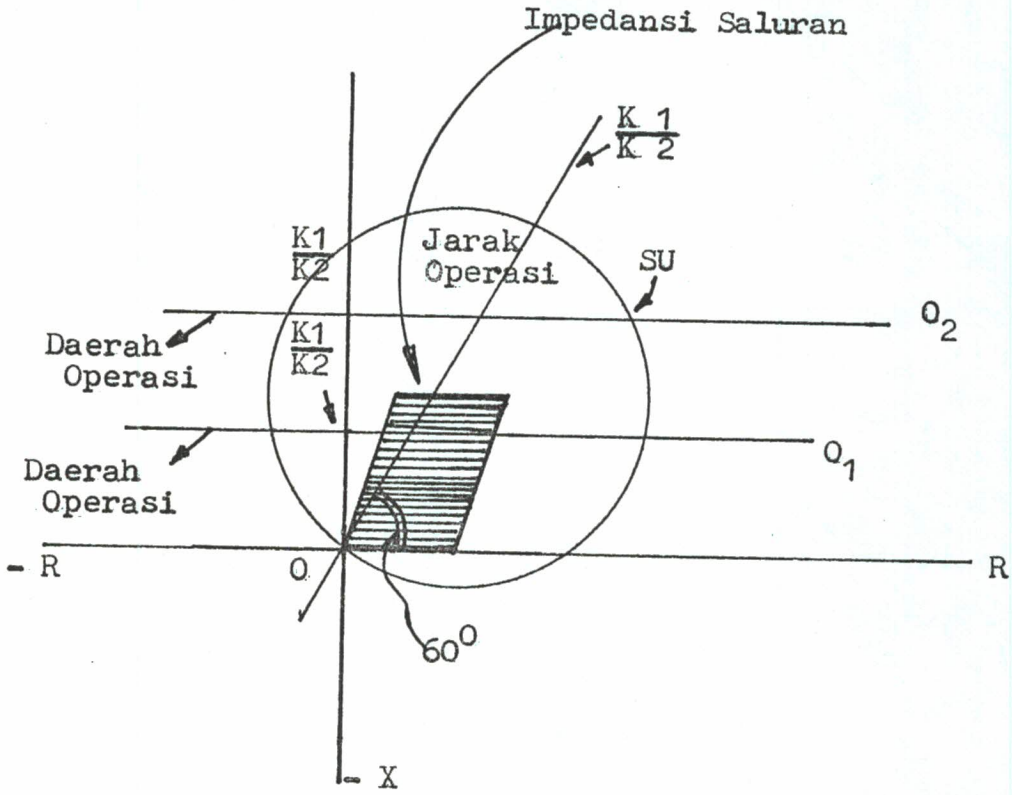
GAMBAR . 21.a

KARAKTERISTIK ARUS - REAKTANSI (O)



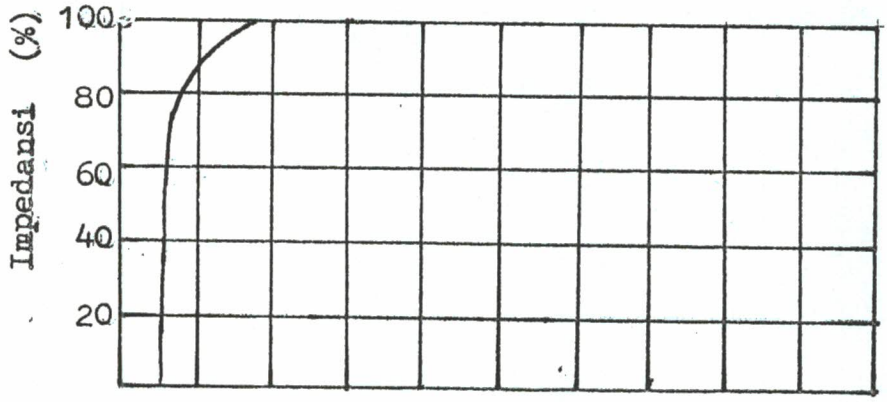
GAMBAR . 21.b

KARAKTERISTIK ARUS - REAKTANSI (SU)



GAMBAR . 22

KARAKTERISTIK PHASE



0 10 A 20 A(0,25)

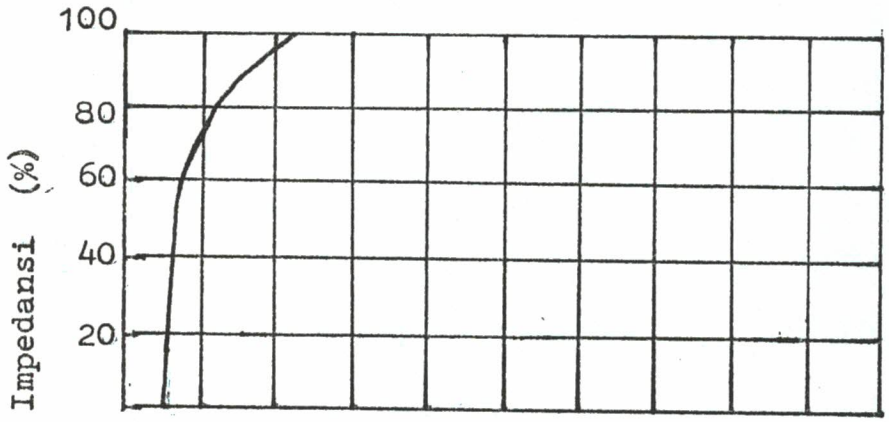
0 5 A 10 A(0, 5)

0 3,5 A 7 A(1)

Arus (I_R = 31 A)

GAMBAR. 23

KARAKTERISTIK ARUS JARAK (0)



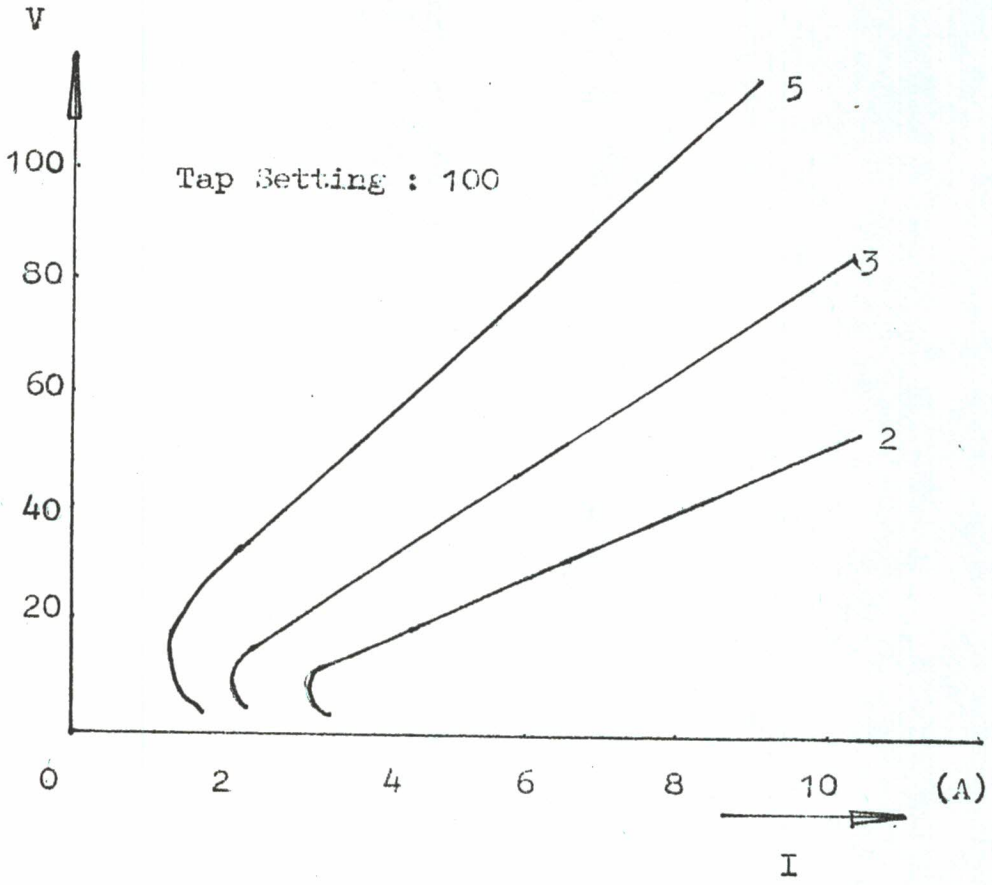
0 A 5 A 10 A (3Ω)

0 A 3 A 6 A (5Ω)

Arus (I_R)

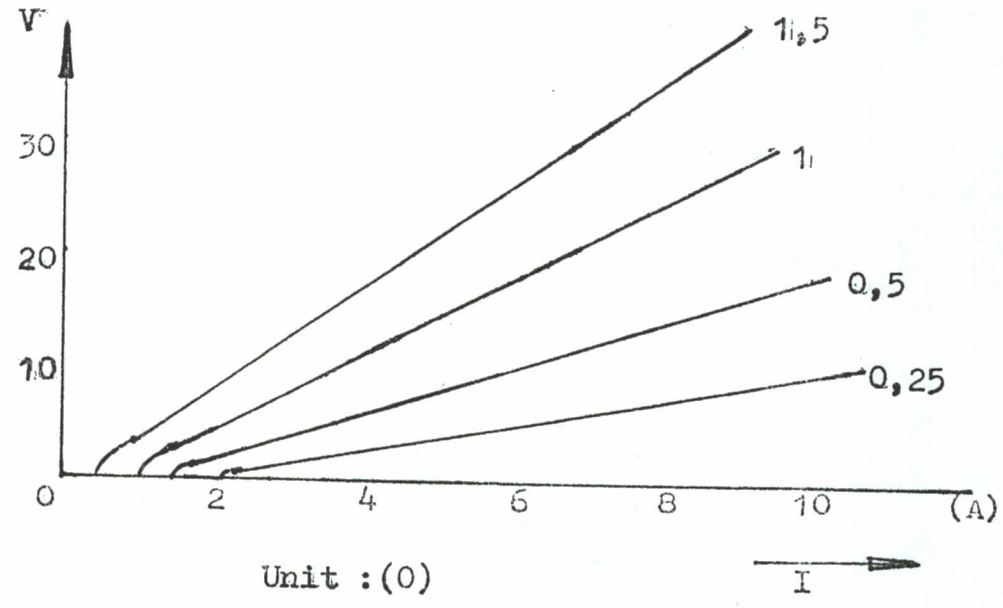
Gambar. 24

KARAKTERISTIK ARUS JARAK (SU)



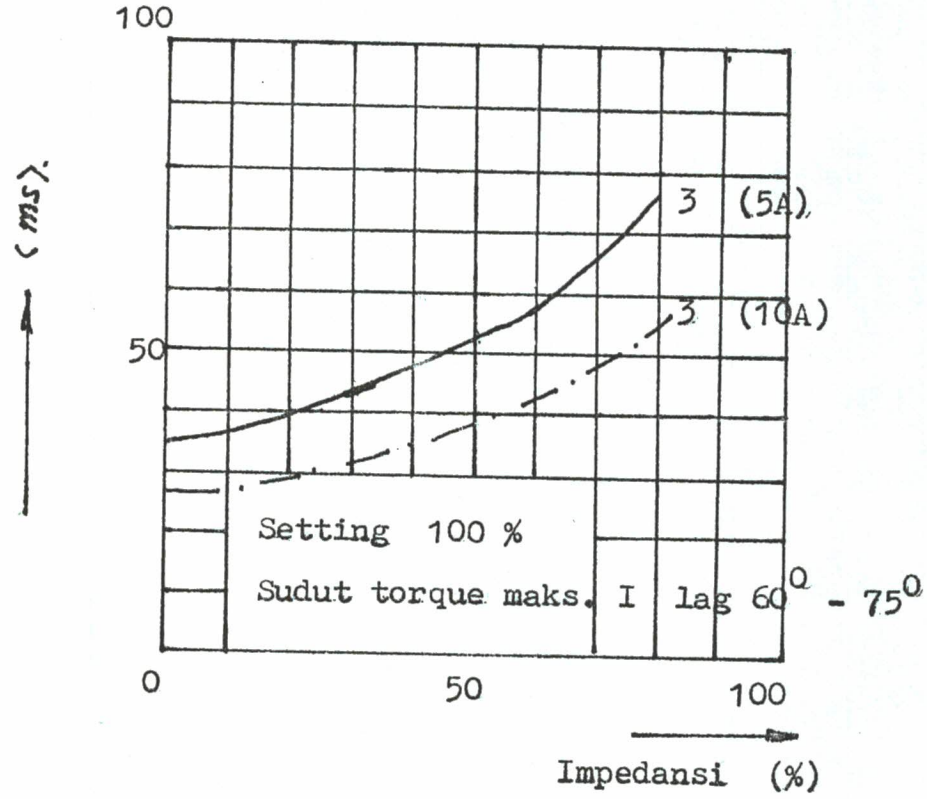
Unit : SU

Gambar. 25



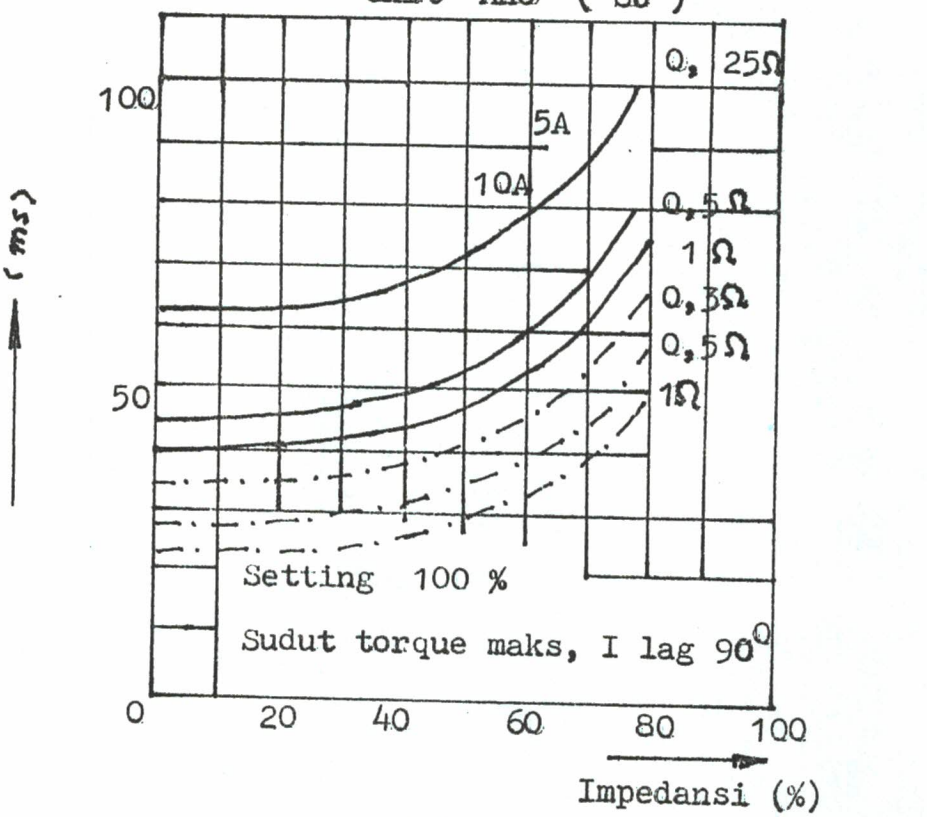
Unit :(0)

KARAKTERISTIK ARUS - TEGANGAN



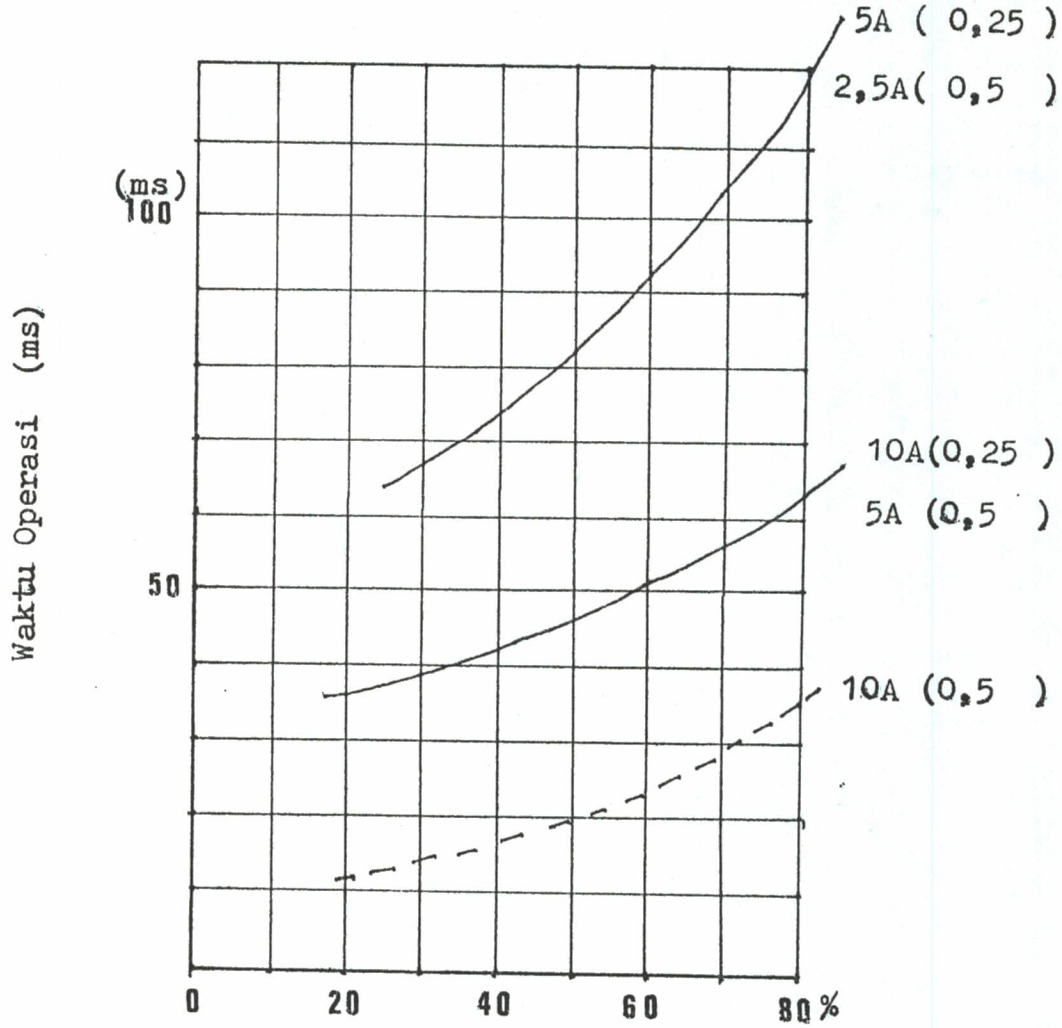
GAMBAR . 26.a

Unit Mho (SU)



GAMBAR .26.b

Unit Reaktansi (O)



GAMBAR .27

Waktu operasi (O)

(Unit Reaktansi)

X_1 = reaktansi primer yang diperoleh dari trafo arus dan trafo tegangan.

X_2 = reaktansi sekunder yang diperoleh dari trafo arus dan trafo tegangan.

Dalam hak ini mengijinkan untuk mensetting O_1, sebesar 80 % dari jarak yang terpendek terhadap terminal yang berlawanan pada daerah yang diamankan. Apabila tegangan yang digunakan pada kumparan tegangan dari relay adalah sebanding dengan harga tap dan setting dari jarak berbanding terbalik dengan harga tap, maka tap dapat dipilih dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{\text{jarak setting minimum relay } (\Omega)}{\text{jarak setting yang diinginkan } (\Omega)} \times 100\ \%$$

= harga tap .....(17)

Tap O_2 settingnya didasarkan pada jarak terhadap pusat dari bagaian terpanjang pada terminal yang berlawanan, tetapi apabila zone (daerah) berikutnya lebih panjang dari bagian yang diamankan, maka setting cukup sebesar 150 % dari bagian yang diamankan itu sendiri.

Sebaliknya bila bagian berikutnya lebih pendek tap O_2 harus diestting lebih kecil atau lebih rendah dari 120 % X bagian yang diamankan itu sendiri. Dalam keadaan demikian, apabila bagaian zone (daerah) 2 yang diamankan berikutnya saling o - ver lap dengan zone 2 yang diamankan itu sendiri maka, time delay dari zone 2 harus disetting dengan tepat sepanjang

bagaian berikutnya.

Tap SU harus disetting menjangkau zone 2 untuk gangu-an hubung singkat melalui tahanan busur maksimum.
Walaupun relay yang demikian dapat digunakan untuk pengaman cadangan dari zone 3 yang diamankan dengan mensetting jarak terhadap titik berikutnya, dari bagaian berikut penggunaan tap yang lebih rendah dari pada O_2 tidak diinginkan didalam hubungan terhadap kontak yang saling bekerja sama.

Setting jarak sebesar 2 atau 3 kali setting jarak u-nit O_2. Sedang setting jarak SU ditentukan oleh impendansi da-ri sudut torque maksimum 60^0 terhadap impendansi, dan perbe-daan dari setting jarak unit O_1 dan unit O_2 dimana nilai reak-tansi murni yang digunakan.

3.Relay Under Voltage.

Relay under voltage adalah suatu relay yang berfung-si mengomando pemutus (PMT) untuk trip (lepas), bila tega-ngan suatu sistim dibawah tegangan normal, relay under vol-tage yang dipakai pada saluran transmisi antara P.L.T.U. - Gresik dan Gardu Induk Gili Timur, mempunyai karakteristik seperti pada gambar 1. Pada appendik .

Pembagaian zone (daerah) dan time delay dari sistim penga-man relay jarak. 47)

Untuk membatasi daerah jangkauan dari sistim pengaman relay jarak, maka perlu ditentukan pembagaian daerah pada suatu sistim transmisi panjang, yang menghubungkan dua buah pem -

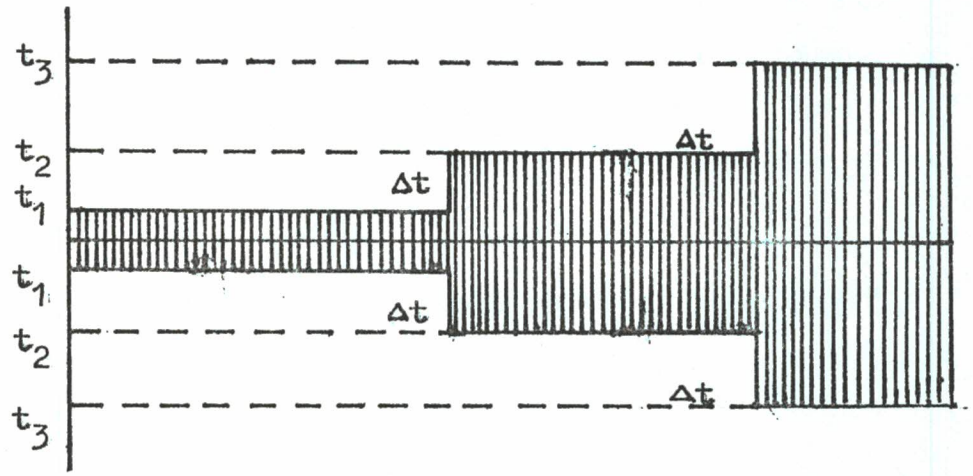
bangkit atau sistim interkoneksi sederhana, guna mempertinggi effektifitas dan selektifitas sistim pengaman. Untuk pembagaian zone ini dilakukan dengan penambahan alat yang dinamakan relay arah jarak dan relay waktu.

Pembagian zone dan time delay pada gambar 28, adalah sebagai berikut :

Zone I = 80 % dari section I, dengan waktu kerja = t_1 detik

Zone II = section I + 50 % dari section II, dengan waktu kerja $t_2 = (t_1 + \Delta t)$ detik.

Zone III = section I + section II + 25 % dari section III dengan waktu kerja $t_3 = (t_1 + 2\Delta t)$ detik.



GAMBAR. 28

PEMBAGAIAN ZONE

Blok diagram sistim protektip yang digunakan pada prinsipnya hanya ada 3 (tiga) macam gangguan yang datang dari luar sistim, yaitu :

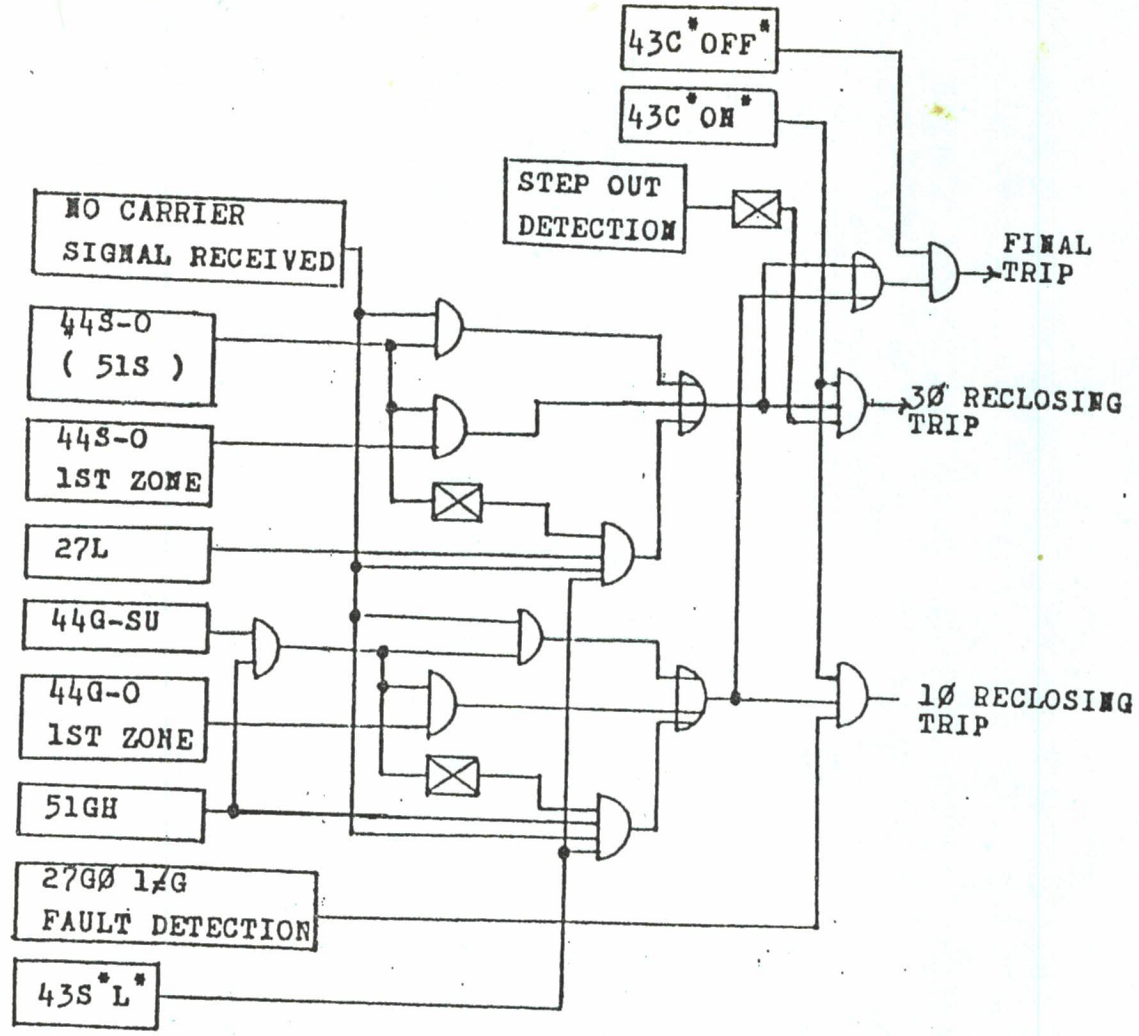
- Gangguan tanah yang meliputi gangguan satu phase ke tanah,dua phase ke tanah dan tiga phase ke tanah
- Gangguan hubung singkat antar phase yang meliputi hubung singkat dua phase dan hubung singkat tiga phase.
- Gangguan dari kedua gangguan diatas.

Sedang gangguan lepas sinkron dapat disamakan dengan gangguan hubung singkat tiga phase.

Sistim untuk pengaman terhadap gangguan tersebut berbeda, tergantung dari macam gangguan serta letak gangguan terhadap titik lokasi relay. Apabila suatu gangguan terjadi didalam saluran yang diproteksi dalam arah internal, maka dilakukan oleh pengaman utama yang dapat bekerja dengan cepat.

Sedangkan bila gangguan terjadi diluar daerah yang diamankan, maka dilakukan oleh pengaman cadangan dengan kelambatan waktu (time - delay). Siatim pengaman saluran transmisi 150 KV antara P.L.T.U. Gresik ke Gardu Induk Gili Timur masing - masing stasionnya sama.

Blok diagram masing - masing sistim pengaman itu ditunjukkan pada gambar 29 dan gambar 30.



Keterangan :

AND

OR

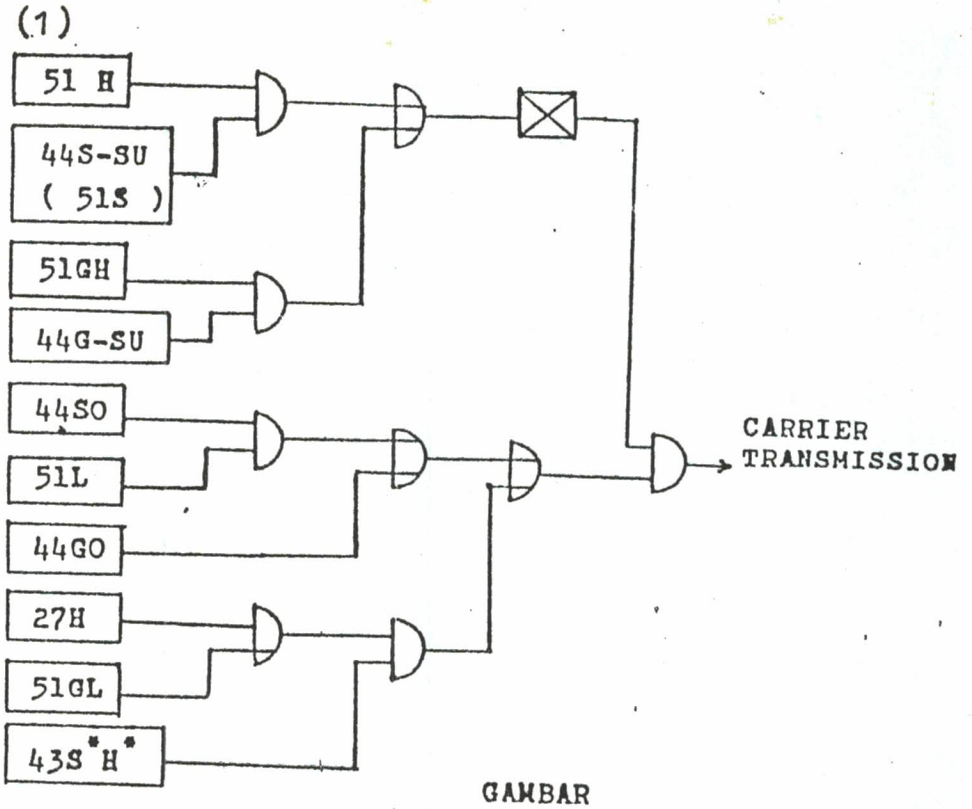
NOT

PICK UP DELAY

GAMBAR. 29

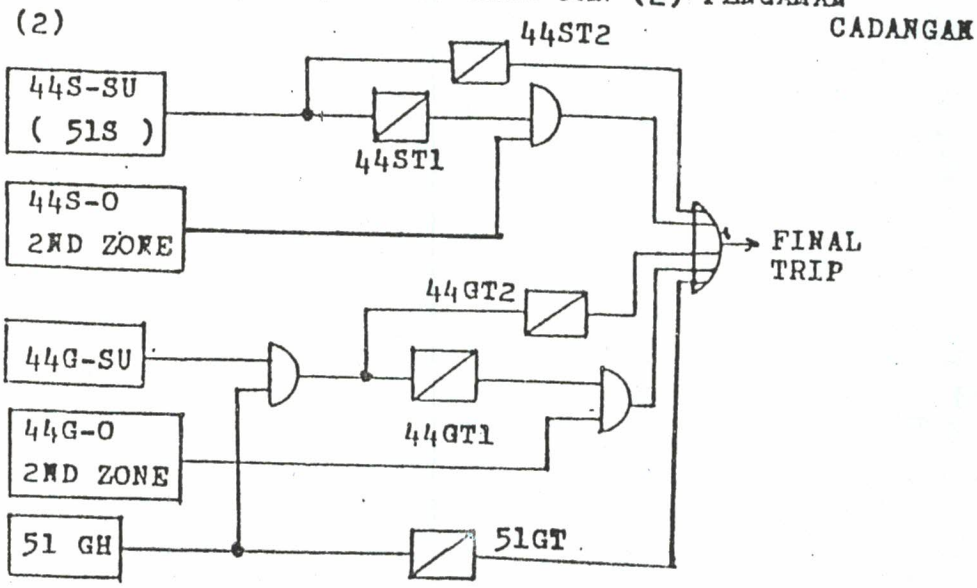
PENGAMAN UTAMA[47)]

47). PLN. Proyek Induk Jaringan Jawa Timur, Tahun 1982



GAMBAR

(1) CARRIER CONTROL DAN (2) PENGAMAN CADANGAN



GAMBAR. 30

(1) CARRIER CONTROL DAN [48]

(2) PENGAMAN CADANGAN

---

48). Ibid.