



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Proteksi Distribusi Tenaga Listrik

2.1.1 Pengertian Sistem Proteksi

Secara umum sistem proteksi ialah cara untuk mencegah atau membatasi kerusakan peralatan terhadap gangguan, sehingga kelangsungan penyaluran tenaga listrik dapat di pertahankan. Rele proteksi ialah susunan peralatan yang di rencanakan untuk dapat merasakan adanya ketidak normalan pada peralatan atau bagian sistem tenaga listrik dan segera secara otomatis memberi perintah untuk membuka pemutus tenaga untuk memisahkan peralatan atau bagian dari sistem yang terganggu dan memberi isyarat berupa lampu dan bel. Rele proteksi dapat merasakan atau melihat adanya gangguan pada peralatan yang di gunakan dengan mengukur dan membandingkan besaran-besaran yang diterima, misalnya arus, tegangan, daya, frekuensi, dan impedansi dengan besaran yang telah di tentukan, kemudian mengambil keputusan untuk seketika ataupun dengan perlambatan waktu membuka pemutus tenaga. Pemutus tenaga umumnya dipasang pada generator, transformator daya, saluran transmisi, saluran distribusi dan sebagainya supaya masing-masing bagian sistem dapat dipisahkan sedemikian rupa sehingga sistem lainya tetap dapat beroperasi (Samaulah, 2004 : 3).

2.1.2 Tujuan Sistem Proteksi

Gangguan pada sistem ditribusi tenaga listrik hampir seluruhnya merupakan gangguan hubung singkat, yang akan menimbulkan arus yang cukup besar. Semakin besar sistemnya semakin besar gangguanya. Arus yang besar bila tidak segera di hilangkan akan merusak peralatan yang dilalui arus gangguan. Untuk melepaskan daerah yang terganggu itu maka diperlukan suatu sistem proteksi, yang pada dasarnya adalah alat pengaman yang bertujuan untuk melepaskan atau membuka sistem yang terganggu, sehingga arus gangguan ini akan padam. Adapun tujuan dari sistem proteksi antara lain (Samaulah, 2004 : 101) :



1. Untuk menghindari atau mengurangi kerusakan akibat gangguan pada peralatan yang terganggu atau peralatan yang dilalui oleh arus gangguan.
2. Untuk melokalisir (mengisolasi) daerah gangguan menjadi sekecil mungkin.
3. Untuk dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen. Serta memperkecil bahaya bagi manusia.

2.1.3 Persyaratan Sistem Proteksi

Tujuan utama sistem proteksi adalah :

1. Mendeteksi kondisi abnormal (gangguan)
2. Mengisolir peralatan yang terganggu dari sistem.

Persyaratan terpenting dari sistem proteksi yaitu :

2.1.3.1 Kepekaan

Pada prinsipnya relay harus cukup peka sehingga dapat mendeteksi gangguan di kawasan pengamannya, termasuk kawasan pengaman cadangan-jauhnya, meskipun dalam kondisi yang memberikan deviasi yang minimum.

Untuk relay arus-lebih hubung-singkat yang bertugas pula sebagai pengaman cadangan jauh bagi seksi berikutnya, relay itu harus dapat mendeteksi gangguan pada tingkat yang masih dini sehingga dapat membatasi kerusakan. Bagi peralatan seperti tersebut di atas, hal ini sangat penting karena jika gangguan itu sampai merusak besi laminasi stator atau inti trafo, maka perbaikannya akan sangat sukar dan mahal.

Sebagai pengaman gangguan tanah pada SUTM, relay yang kurang peka menyebabkan banyak gangguan tanah, dalam bentuk sentuhan dengan pohon yang tertiuip angin, yang tidak bisa di deteksi. Akibatnya, busur apinya berlangsung lama dan dapat menyebar ke fasa lain, maka relay hubung-singkat yang akan berkerja. Gangguan sedemikian bisa terjadi berulang kali di tempat yang sama yang dapat mengakibatkan kawat cepat putus. Sebaiknya jika terlalu peka, relay



akan terlalu sering trip untuk gangguan yang sangat kecil yang mungkin bisa hilang sendiri atau risikonya dapat di batalkan atau dapat di terima.

2.1.3.2 Keandalan

Ada tiga aspek dalam keandalan :

1. Dependability

Yaitu tingkat kepastian bekerjanya (keandalan kemampuan bekerjanya). Pada prinsipnya pengaman harus dapat diandalkan bekerjanya (dapat mendeteksi dan melepaskan bagian yang terganggu), tidak boleh gagal berkerja. Dengan kata lain perkataan dependability-nya harus tinggi.

2. Security

Yaitu tingkat kepastian untuk tidak salah berkerja (keandalan untuk tidak salah kerja). Salah kerja adalah kerja yang semestinya tidak harus berkerja, misalnya karena lokasi gangguan dari luar kawassan pengamananya atau sama sekali tidak ada gangguan atau kerja yang terlalu cepat atau terlalu lambat. Salah kerja mengakibatkan pemadaman yang sebenarnya tidak perlu terjadi. Jadi pada prinsipnya pengaman tidak boleh salah berkerja, dengan lain perkataan security-nya harus tinggi.

3. Availability

Yaitu perbandingan antara wktu dimana pengaman dalam keadaan berfungsi/siap kerja dan waktu total dalam operasinya.

Dengan relay elektromekanis, jika rusak/tak berfungsi, tidak diketahui segera. Baru di ketahui dan di perbaiki atau di ganti. Disamping itu, sistem proteksi yang baik juga dilengkapi dengan kemampuan mendeteksi terputusnya sikrit trip, sikrit sekunder arus, sirkit sekunder teganganserta hilangnya tegangan serta hilangnya tegangan searah (DC voltage), dan memberikan alarm sehingga bisa di perbaiki, sebelumm kegagalan proteksi



dalam gangguan yang sesungguhnya, benar benar terjadi. Jadi avilability dan keandalanya tinggi.

2.1.3.3 Selektifitas

Pengaman harus dapat memisahkan bagian sistem yang terganggu sekecil mungkin yaitu hanya seksi atau per

Latan yang terganggu saja yang termasuk dalam kawasan pengamanan utamanya. Pengamanan sedemikian disebut pengaman yang selektif.

Jadi relai harus dapat membedakan apakah :

1. Gangguan terletak di kawasan pengamanan utamanya dimana ia harus berkerja cepat.
2. Gangguan terletak di seksi berikutnya dimana ia harus berkerja dengan waktu tunda (sebagai pengaman cadangan) atau menahan diri untuk tidak trip.
3. Gangguanya di luar daerah pengamanya, atau sama sekali tidak ada gangguan, dimana ia tidak harus berkerja sama sekali. ada gangguan, dimana ia tidak harus berkerja sama sekali.

Untuk itu relay-relai, yang di dalam sistem terletak secara seri, dikoordinie dengan mengatur peringkat waktu (time grading) atau peningkatan setting arus (current grading) atau gabungan dari keduanya. Untuk itulah relay dibuat dengan bermacam-macam jenis dan karakteristiknya. Dengan pemilihan jenis dan karakteristik relay yang tepa, spesifikasi trafo arus yang benar, serta penentuan setting rele yang terkoordinir dengan baik, selektifitas yang baik dapat diperoleh.

Pengman utama yang memerlukan kepekaan dan kecepatan yang tinggi, sperti pengaman transformator tenaga, gnerator, dan busbar pada sistem tenaga listrik extra tinggi dibuat berdasarkan perinsip kerja yang mempunyai kawasan pengaman yang batasnya sangat jelas dan pasti, dan tidak selektif terhadap gangguan di luar kawasanya, sehingga sangat selektif, tapi tidak bisa memberikan pengamanan cadangan bagi seksi berikutnya.



2.1.3.4 Kecepatan

Untuk memperkecil kerugian/kerusakan akibat gangguan, maka bagian yang terganggu harus di pisahkan secepat mungkin dari bagian sistem lainnya. Waktu total pembebasan sistem dari gangguan adalah waktu sejak munculnya gangguan, sampai bagian yang terganggu benar-benar terpisah dari bagian sistem lainnya.

Kecepatan itu penting untuk :

1. Menghindari kerusakan secara thermis pada peralatan yang di lalui arus gangguan serta membatasi kerusakan pada alat yang terganggu.
2. Mempertahankan kesetabilan sistem
3. Membatasi ionisasi (busur api) pada gangguan di saluran udara yang akan berarti memperbesar kemungkinan berhasilnya penutupan balik PMT (reclosing) dan memepersingkat dead timenya (interval waktu antara buka dan tutup).

Untuk menciptakan selektifitas yang baik, mungkin saja suatu pengaman terpaksa di beri waktu tunda (td) namun waktu tunda tersebut harus sesingkat mungkin (seperlunya saja) dengan memperhitungkan resikonya.

2.2 Gangguan Hubung Singkat

Dari berbagai peralatan yang terpasang pada sisitem distribusi tenaga listrik mulai dari pembangkit sampai ke jaringan distribusi, dua pertiga dari jumlah gangguan yang terjadi adalah pada jaringan distribusiny. Hal ini di mengerti karena panjangnya jaringan distribusi yang tebantang dan beroperasi pada kondisi udara yang berbeda, sehingga jarinagan merupakan subjek dari gangguan yang umumnya berasal dari alam.

Analisa gangguan hubung singkat adalah analisa kelakuan dari sistem distribusi tenaga listrik pada keadaan gangguan hubung singkat. Hasil langsungnya adalah arus dan tegangan akibat dari gangguan tersebut, sedangkan tujuannya adalah :

1. Memeriksa atau mendapatkan besar daya hubung singkat pada rel daya (busbar) yang ada. Dengan mengetahui besar daya hubung singkat itu,



dapat di tentukan besar kapasitas alat pemutus daya yang sesuai untuk setiap saluran fasa rel daya tersebut.

2. Mendapatkan besar arus hubung singkat mengalir pada setiap peralatan (saluran, transformator dan lain-lain) untuk menentukan setting.

Pada sirkuit tiga fasa arus bolak-balik, terdapat 3 macam hubung singkat yang dapat di bedakan antara lain :

1. Hubung singkat tiga fasa
2. Hubung singkat dua fasa
3. Hubung singkat satu fasa ke tanah

Dari ketiga macam gangguan di atas, gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah merupakan gangguan dengan probabilitas kejadian yang terbesar.

Gangguan hubung singkat tersebut dapat menyebabkan :

- a. Kerusakan pada peralatan di tempat kejadian hubung singkat.
- b. Menurunnya tegangan dan frekuensi, sehingga menjadi tak normal.
- c. Tergantungnya sebagian atau seluruh pelayanan tenaga listrik.

Karena kemungkinan terjadinya gangguan secara bersamaan sangat kecil, maka pada perencanaan sistem proteksi biasanya hanya dimisalkan terjadi gangguan pada tiap-tiap bus. Pengecualian pada gangguan dua fasa ke tanah pada sistem yang di kentanahkan (under ground system), karena kemungkinan terjadinya gangguan jenis ini tetap ada.

Dalam menentukan penyetelan rele sistem proteksi, yang pertama kali diperlukan adalah mengetahui besar arus hubung singkat yang mungkin terjadi. Untuk memberikan sekema rele proteksi yang mungkin, perhitungan hubung singkat ini dapat di batasi hanya pada kebutuhan rele yang di rencanakan. Tetapi bagaimanapun juga perlu diketahui reaksi suatu rele terhadap gangguan jenis lai. Gangguan hubung singkat tiga fasa pada jaringan akan menyebabkan adanya arus yang sangat besar, arus dari sistem tetap simetris, sehingga analisisnya dapat diselesaikan dengan menggambarkan sistem tersebut sebagai rangkaian satu fasa.



2.3 Rele Proteksi Digital SEPAM

Sepam adalah rele proteksi digital terbaru dari generasi relai proteksi yang dimulai sejak 15 tahun yang lalu oleh Schneider Electric.

Adapun kelebihan yang dimiliki oleh Relai Proteksi Digital SEPAM antara lain :

1. Fungsi proteksi yang lengkap untuk aplikasi substation/feeder, transformer, motor, busbar.
2. Display LCD dengan tampilan grafis memberikan kemudahan pembaca dan pengguna.
3. Input dan output logik untuk kontrol CB close/open, inhibit closing, remote tripping.
4. Tegangan kerja 24-250 Vdc / 120-240 Vac
5. Sebagai opsi, memonitor CB untuk perawatan : waktu operasi, waktu charging, supervisi trip circuit (power supplai, wiring, dan trip coil), operation counter, dan total kumulatif arus trip.
6. Sebagai opsi, memonitor temperatur melalui RTD (motor dan transformer)



Gambar 2.1 Relai Proteksi Digital SEPAM Series 40

Di PT Bukit Asam (Persero) tbk menggunakan Relai Proteksi Digital SEPAM series 40. Yang dapat memproteksi beberapa gangguan, antara lain :

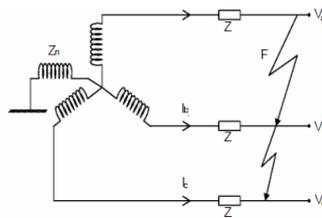
1. Undervoltage



2. Overvoltage
3. Directional active over power
4. Directional reactive over power
5. Phasa under current
6. Temperatur monitoring
7. Broken conductor
8. Thermal overload
9. Phasa over current
10. Breaker failure
11. Earth fault
12. Recloser
13. Over frequency
14. Under frequency

2.4 Perhitungan Arus Hubung Singkat

2.4.1 Arus Hubung Singkat Tiga Fasa



Gambar 2.2 Hubung Singkat Tiga Fasa

Gangguan huabung singkat 3 fasa menggunakan impedansi urutan positif teganganya yaitu $E_{f\text{fasa}}$. Perhitungan arus gangguan huabung singkat 3fasa yaitu dengan menggunakan rumus (Arismunandar, A dan S. Kuwahara, 1993: 73) :

$$I_{3\text{fasa}} (\text{pu}) = \frac{E (\text{pu})}{Z_1} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

$I_{3\text{fasa}} (\text{pu})$ = Arus gangguan huabung singkat 3 fasa



$E(\text{pu})$ = Tegangan Transformator (pu)

Z_1 = Impedansi Positif

Dimana :

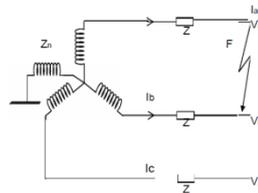
$$Z_1 = Z_2 = Z_{\text{total}}$$

Z_1 = Impedansi urutan positif

Z_2 = Impedansi urutan negatif

Z_{total} = Impedansi total

2.4.2 Arus Hubung Singkat Dua Fasa



Gambar 2.3 Hubung Singkat Dua Fasa

Gangguan hubung singkat dua fasa menggunakan impedansi penjumlahan antara jumlah impedansi urutan positif pu (Z_1) ditambah urutan negatif pu (Z_2), dengan ekivalen $Z_1 + Z_2$ perhitungan arus gangguan hubung singkat dua fasa dalam satuan per unit (pu) menggunakan rumus (Arismunandar, A dan S. Kuwahara, 1993: 73) :

$$I_{2 \text{ fasa}} (\text{pu}) = \frac{E (\text{pu})}{Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

$I_{2 \text{ fasa}} (\text{pu})$ = Arus gangguan hubung singkat 2 fasa

$E(\text{pu})$ = Tegangan Transformator (pu)

Z_1 = Impedansi Positif

Z_2 = Impedansi Negtif

Dimana :

$$Z_1 = Z_2 = Z_{\text{total}}$$

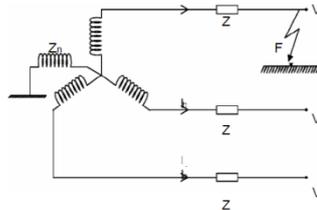
Z_1 = Impedansi urutan positif



Z_2 = Impedansi urutan negatif

Z_{total} = Impedansi total

2.4.3. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah



Gambar 2.4 Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah menggunakan impedansi yang merupakan penjumlahan antara impedansi urutan positif ditambah urutan negatif dan ditambah impedansi urutan nol yaitu $Z_1+Z_2+Z_0$. Perhitungan arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah dapat di hitung menggunakan rumus (Stevenson, 1983 : 288) :

$$I_{0 \text{ fasa}} (\text{pu}) = \frac{E (\text{pu})}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$I_{0 \text{ fasa}} (\text{pu})$ = Arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

$E(\text{pu})$ = Tegangan Transformator (pu)

Z_1 = Impedansi Positif

Z_2 = Impedansi Negatif

Dimana :

$$Z_1=Z_2=Z_0 =Z_{total}$$

Z_1 = Impedansi urutan positif

Z_2 = Impedansi urutan negatif

Z_0 = Impedansi urutan nol

Z_{total} = Impedansi total



2.5 Impedansi

Impedansi merupakan perbandingan tegangan dan arus pada rele, dimana arus beban biasanya jauh lebih kecil dari arus gangguan, maka perbandingan impedansi akan besar sekali pada keadaan sistem yang normal. Sebelum menghitung arus gangguan hubung singkat, terlebih dahulu dihitung besar impedansi (Z) dari sumber ke titik gangguan. Berdasarkan fungsinya impedansi secara umum dibedakan menjadi 3 yaitu :

2.5.1 Impedansi Sumber (Z_p)

Impedansi sumber merupakan impedansi yang terdapat pada pusat pembangkit. Apabila akan menghitung impedansi yang terdapat pada gardu induk, maka dapat di hitung dengan menggunakan rumus (Stevenson, 1983 : 249) :

$$Z_p \text{ (pu)} = \frac{MVA \text{ trafo}}{MVA \text{ hubung singkat}} \text{ per satuan}$$

$$= \frac{MVA \text{ trafo}}{\sqrt{3} \times (kV \text{ nominal}) \times I_{sc} \times 10^{-3}} \text{ per satuan} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

MVA trafo = daya pada trafo

Z_p (pu) = Impedansi sumber (pu)

I_{sc} = Arus Hubung Singkat pada Trafo (kA)

Arus Hubung singkat pada Trafo dapat di hitung menggunakan persamaan (<http://direktorilistrik.blogspot.co.id/2013/10/metode-sederhana-menghitung-arus.html>):

$$FLA = \frac{kVA}{\sqrt{3} \times L-L \text{ (sekunder)} kV} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

FLA = Arus Beban Penuh transformator (A)

kVA = Daya Transformator (kVA)



$$I_{sc} = \frac{100}{Z} \times FLA \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

I_{sc} = Arus hubung singkat Transformator (A)

Z = Impedansi Transformator (%)

FLA = Arus beban penuh Transformator (A)

2.5.2 Impedansi Trafo (Z_t)

Impedansi trafo tenaga merupakan impedansi yang terdapat pada nama plate transformator.

2.5.3 Impedansi Saluran (Z_L)

Untuk impedansi saluran dapat dihitung dengan rumus (Stevenson, 1983 : 32) :

$$Z_L \text{ (pu)} = \frac{Z_1 \times MVA_{(dasar)}}{kV^2} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

Z_L = Impedansi saluran dalam per unit (pu)

Z_1 = Impedansi saluran (ohm)

$MVA_{(dasar)}$ = Daya pada trafo

kV = Tegangan pada jaringan

dimana untuk menghitung besaran impedansi saluran dalam satuan ohm Z_1 dapat digunakan rumus (Stevenson, 1983 :144) :

$$Z_1 \text{ (ohm)} = L \times (RL + jXL) \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

$Z_1 \text{ (ohm)}$ = Impedansi saluran (ohm)

L = Panjang Saluran

RL = Tahanan Kabel



X_L = Reaktansi Kabel

Nilai resistansi kabel dan reaktansi kabel dapat di peroleh dari data kabel yang dikeluarkan oleh industri.

2.5.4 Impedansi Total (Z_{total})

Impedansi total dapat di hitung dengan rumus :

$$Z_{total} = Z_p + Z_t + Z_L \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

Z_{total} = Impedansi Total (pu)

Z_p = Impedansi Sumber (pu)

Z_t = Impedansi Transformator (pu)

Z_L = Impedansi Saluran (pu)

2.6 Prinsip Dasar Perhitungan Setting Arus Dan Waktu

Prinsip-prinsip dasar yang digunakan dalam perhitungan setting arus (Samaulah, 2004 : 59) :

$$I_s = \frac{K_{fk}}{k_d} I_{max} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

K_{fk} = Faktor keamanan (1,1 – 1,2)

K_d = Faktor arus kembali (arus kembali/arus kerja) untuk rele dengan karakteristik waktu tertentu 0,8-0,9 dan untuk rele dengan karakteristik waktu terbalik (rele jenis induksi) dan rele static mendekati 1,0

I_{max} = arus dasar

Prinsip-prinsip dasar yang digunakan dalam perhitungan setting waktu. Sedangkan waktu pemutusan dapat di hitung melalui :



$$T_{ms} = \frac{tx \left[\frac{I_{fault}}{I_{set}} \right]^{0,02} - 1}{0,14} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

T_{ms} = Setting waktu rele (s)

t = waktu kerja rele (s)

I_{set} = Arus setting primer (A)

I_{fault} = Arus gangguan hubung singkat (A)

2.7. Rele Arus Lebih (OCR)

2.7.1. Pengertian Rele Arus Lebih (OCR)

Relay arus lebih atau yang lebih dikenal dengan OCR (Over Current Relay) merupakan peralatan yang mensinyalir adanya arus lebih, baik yang disebabkan oleh adanya gangguan hubung singkat atau over load yang dapat merusak peralatan sistem tenaga yang berada dalam wilayah proteksinya.

Rele arus lebih ini digunakan hampir pada seluruh pola pengamanan sistem tenaga listrik, lebih lanjut relay ini dapat digunakan sebagai pengaman utama ataupun pengaman cadangan.

Pada transformator tenaga, OCR hanya berfungsi sebagai pengaman cadangan (back up protection) untuk gangguan eksternal atau sebagai backup bagi outgoing feeder. OCR dapat dipasang pada sisitem tegangan tinggi saja, atau Pada sisi tegangan menengah saja, atau pada sisi tegangan tinggi dan tegangan menengah sekaligus. Selanjutnya OCR dapat menjatuhkan PMT pada sisi dimana rele terpasang atau dapat menjatuhkan PMT dikedua sisi transformator tenaga. OCR jenis defenite time ataupun inverse time dapat dipakai untuk proteksi transformator terhadap arus lebih.

Sebagai pengaman Transformator tenaga dan SUTT bertujuan untuk :

1. Mencegah kerusakan Transformator tenaga atau SUTT dari gangguan hubung singkat.
2. Membatasi luas daerah terganggu (pemadaman) sekecil mungkin.

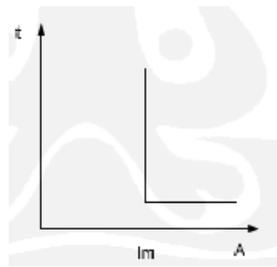


3. Hanya bekerja bila pengaman utama Transformator tenaga atau SUTT tidak bekerja.

2.7.2 Jenis Rele Berdasarkan Karakteristik Waktu

2.7.2.1 Rele Arus Lebih Sesaat

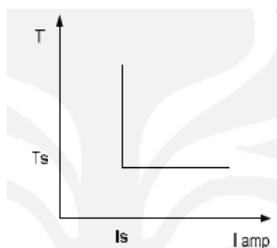
Adalah relay arus lebih yang tidak mempunyai waktu tunda/waktu kerja sesaat (20-100 ms). Relay bekerja pada gangguan yang paling dekat dengan lokasi dimana relay terpasang atau dibedakan berdasarkan level gangguan secara lokasi sistem. Rele ini umumnya dikombinasikan dengan rele arus lebih dengan karakteristik waktu tertentu atau waktu terbalik dan hanya dalam beberapa hal berdiri sendiri secara khusus (Samaulah, 2004 : 53)



Gambar 2.5 Karakteristik Waktu Seketika

2.7.2.2 Rele Arus Lebih Definite

Adalah rele dimana waktu tundanya tetap, tidak tergantung pada Besarnya arus gangguan. Jika arus gangguan telah melebihi arus settingnya berapapun besarnya arus gangguan relay akan bekerja dengan waktu yang tetap (Samaulah, 2004 : 54)

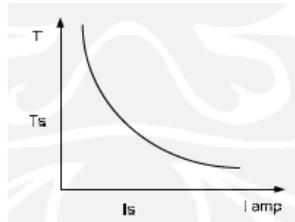


Gambar 2.6 Karakteristik Waktu tertentu



2.7.2.3 Rele arus lebih inverse

Adalah relay dimana waktu tundanya mempunyai karakteristik tergantung pada besarnya arus gangguan. Jadi semakin besar arus gangguan maka waktu kerja relay akan semakin cepat, arus gangguan berbanding terbalik dengan waktu kerja relay (Samaulah, 2004 : 54).



Gambar 2.7 Karakteristik waktu terbalik

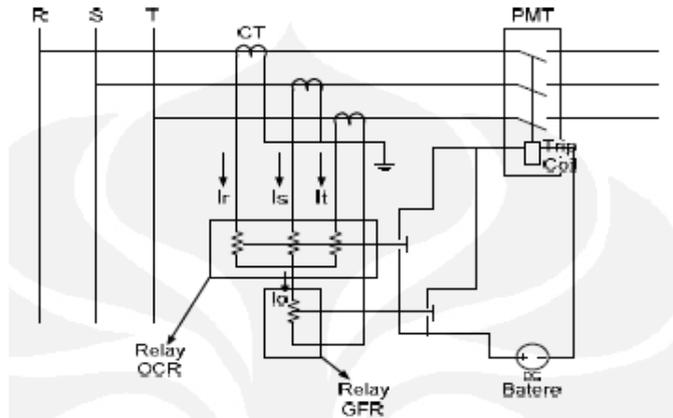
Bentuk perbandingan terbalik dari waktu arus ini sangat bermacam-macam tetapi dapat di golongkan menjadi (Samaulah, 2004 : 55) :

- a. VeryInverse
- b. LongInverse
- c. ExtremelyInverse

2.8. Rele Hubung Tanah (GFR)

2.8.1 Pengertian GFR

Rele hubung tanah yang lebih dikenal dengan GFR (Ground Fault Relay) pada dasarnya mempunyai prinsip kerja samandengan rele arus lebih (OCR) namun memiliki perbedaan dalam kegunaannya. Bila rele OCR mendeteksi adanya hubungan singkat antara fasa, maka GFR mendeteksi adanya hubung singkat ketanah. Dibawah ini merupakan gambar rangkaian pengawatan GFR.



Gambar 2.8 rangkaian pengawatan relay GFR

2.8.2 Prinsip Kerja GFR

Pada kondisi normal beban seimbang I_r , I_s , I_t sama besar, sehingga pada kawat netral tidak timbul arus dan relay hubung tanah tidak dialiri arus. Bila terjadi ketidak seimbangan arus atau terjadi gangguan hubung singkat ketanah, maka akan timbul arus urutan nol pada kawat netral, sehingga relay hubung tanah akan bekerja.

2.8.3 Setting GFR

2.8.3.1 Arus setting GFR

Penyetelan relay OCR pada sisi primer dan sisi sekunder transformator tenaga terlebih dahulu harus dihitung arus nominal transformator tenaga. Arus setting untuk relay OCR baik pada sisi primer maupun pada sisi sekunder transformator tenaga adalah :

$$I_{set} (prim) = 0,2 \times I_{nominal} \text{ trafo} \dots\dots\dots(2.12)$$

Nilai tersebut adalah nilai primer, Untuk mendapatkan nilai setelan sekunder yang dapat disetkan pada relay OCR, maka harus dihitung dengan menggunakan rasio trafo arus (CT) yang terpasang pada sisi primer maupun sisi sekunder transformator tenaga.



$$I_{\text{set(sekunder)}} = I_{\text{set (pri)}} \times \frac{1}{\text{Ratio CT}} \dots\dots\dots(2.13)$$

2.8.3.2 Setelan waktu (TMS)

Hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat, selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai setelan waktu kerja relay (TMS). Sama halnya dengan relay OCR, relay GFR menggunakan rumus penyetingan TMS yang sama dengan relay OCR. Tetapi waktu kerja relay yang diinginkan berbeda.

menentukan nilai TMS yang akan disetkan pada relay GFR, transformator tenaga diambil arus hubung singkat 1 fasa ke tanah dengan rumus (Pandjaitan, 2012 : 72) :

$$T_{ms} = \frac{tx \left[\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}} \right]^{0,02} - 1}{0,14} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

T_{ms} = Setting waktu rele (s)

t = waktu kerja rele (s)

I_{set} = Arus setting primer (A)

I_{fault} = Arus gangguan hubung singkat (A)