



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Dasar Sistem Proteksi

“Suatu sistem tenaga listrik dibagi ke dalam seksi-seksi yang dibatasi oleh PMT. Tiap seksi memiliki relai pengaman dan memiliki daerah pengamanan (*Zone of Protection*). Bila terjadi gangguan, maka relai akan bekerja mendeteksi gangguan dan PMT akan trip”(Harliandika Raditia,2012:6)

Proteksi Arus Lebih

“Bilamana terjadi gangguan, pada umumnya terjadi arus arus listrik yang lebih besar dari normal,yang dapat merusak peralatan dan mesin listrik”.(Abdul Kadir,1998:75)

Rele Proteksi adalah susunan peralatan pengaman yang dapat merasakan atau mengukur adanya gangguan atau ketidak stabilan sistem yang kemudian secara otomatis dapat memberikan respon berupa sinyal untuk menggerakkan sistem mekanisme pemutus tenaga untuk memisahkan sistem yang terganggu sehingga sistem lainnya dapat beroperasi secara normal.Rele proteksi biasanya digunakan untuk mendeteksi adanya gangguan pada sistem tenaga listrik terutama untuk :

a.Memberikan tanda bahaya atau membuka *Circuit breaker* (CB) sehingga memisahkan sebagian dari sistem tersebut selama terjadinya kondisi yang tidak normal.

b.Memisahkan bagian sistem yang tidak normal sehingga mencegah kesalahan yang berikutnya.

c,Melepas pemutus tenaga apabila gangguan di anggap berbahaya bagi peralatan-peralatan listrik seperti : generator,motor, trafo dan sebagainya.



Proteksi terdiri dari perangkat peralatan yang merupakan sistem yang terdiri dari komponen-komponen berikut :

- a. Rele dan rele bantu
- b. Trafo arus dan trafo tegangan
- c. Pemutus Tenaga
- d. Catu daya (*Battery*) AC dan DC

Jika salah satu komponen saja dari perangkat tidak bekerja sebagaimana mestinya, maka proteksi tersebut akan gagal bekerja. Jika proteksi bekerja sebagaimana mestinya, maka kerusakan yang parah akibat gangguan dapat di minimalkan.



2.2 Tujuan Proteksi

Tujuan Proteksi yang digunakan pada sistem tenaga listrik adalah :

- a. Menghindari atau mengurangi kerusakan akibat gangguan pada alat yang terganggu
- b. Memutuskan atau memisahkan daerah yang terganggu secepat mungkin sehingga sistem lainnya dapat beroperasi secara normal.

2.3 Fungsi Proteksi

Adapun fungsi dari rele proteksi pada sistem tenaga listrik adalah sebagai berikut :

- a. Memperkecil bahaya bagi manusia.
- b. Merasakan, mengukur dan menentukan bagian sistem yang terganggu serta memisahkan secepatnya sehingga sistem lain yang tidak terganggu dapat beroperasi secara normal.
- c. Mengurangi kerusakan yang lebih parah dari peralatan yang terganggu.

Mengurangi pengaruh gangguan terhadap bagian sistem lain yang tidak terganggu di dalam sistem tersebut serta mencegah meluasnya gangguan.

2.4 Penyebab Kegagalan Proteksi

Sistem proteksi tidak dapat sempurna walaupun sudah diusahakan pemilihan jenis rele yang baik dan penyetelan yang baik, tetapi adakalanya masih gagal bekerja. Hal yang menimbulkan kegagalan pengamanan dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- a. Kegagalan pada rele sendiri
- b. Kegagalan suplai arus ke rele. Rangkaian suplai ke rele dari trafo tersebut terbuka atau terhubung singkat.



- c. Kegagalan sistem suplai arus searah untuk tripping pemutus tenaga. Hal ini dapat disebabkan baterai lemah karena kurang perawatan, terbukanya atau terhubung singkat rangkaian arus searah.
- d. Kegagalan pada pemutus tenaga. Kegagalan ini dapat disebabkan karena kumparan trip tidak menerima suplai, kerusakan mekanis ataupun kegagalan pemutusan arus karena besarnya arus hubung singkat melampaui kemampuan dari pemutus tenaganya.

“Pengaturan arus waktu yang berbeda – beda pada pengaman arus lebih diperlukan guna memperoleh suatu koordinasi proteksi pada suatu saluran listrik, agar bagian saluran yang dikeluarkan dari jaringan terbatas pada bagian yang terganggu saja”. (Abdul khadir,1998:76)

2.5 Klasifikasi Rele Proteksi

2.5.1 Klasifikasi rele terhadap fungsi :

a Over / Under Voltage Rele

Rele ini bekerja dengan menggunakan tegangan sebagai besaran ukur, rele ini bekerja jika tegangan yang terdeteksi melebihi / dibawah tegangan setingnya. Aplikasi rele tegangan lebih

Sebagai pengaman gangguan tanah (pergeseran titik netral) pada jaringan yang disuplai dari trafo tenaga dimana titik netralnya ditanahkan melalui tahanan tinggi atau sistem mengambang.

Mencegah starting motor bila suplai tegangan turun.

b. Over / Under Current Relay

Rele ini bekerja didasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi atau kurang dari harga setingnya. Rele arus lebih berfungsi sebagai :



Pengaman gangguan hubung singkat anatr fasa maupun fasa ke tanah.

Pengaman beban lebih

Pengaman utama atau cadangan

c. Impedance relay

Rele ini bekerja oleh adanya perbandingan antara arus dan tegangan.

d. Differential relay

Rele ini bekerja bila ada perbedaan vektor dari dua besaran listrik atau lebih yang melebihi besaran yang telah ditentukan.

2.5.2 Klasifikasi rele berdasarkan waktu kerja:

a. Waktu kerja seketika

Rele yang bekerja jika jangka waktu rele mulai saat rele *pick up* sampai selesainya kerja rele sangat singkat, yaitu tanpa penundaan waktu.

b. Karakteristik waktu tertentu (*Definite Time*)

Rele yang bekerja jika jangka waktu mulai rele *pick up* sampai selesainya kerja rele diperpanjang dengan nilai tertentu dan tidak tergantung dari besarnya arus yang menggerakkan.

c. Karakteristik waktu terbalik (*Inverse Time*)

Rele yang bekerja jika jangka waktu rele mulai *pick up* sampai selesainya kerja rele diperpanjang dengan besarnya nilai yang berbanding terbalik dengan arus yang menggerakkan.

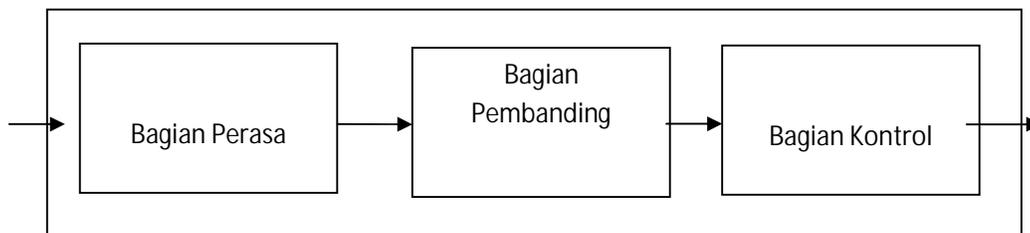


d. Karakteristik *inverse definite time*

Rele yang bekerja jika jangka waktu rele mulai *pick up* sampai selesainya kerja rele mempunyai sifat waktu terbalik untuk nilai arus yang kecil setelah rele *pick up* dan kemudian mempunyai sifat waktu tertentu untuk nilai arus yang lebih besar.¹

2.6 Bagian Umum Dari Suatu Rele Proteksi

Rele proteksi umumnya terdiri dari tiga bagian seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bagian Umum dari Suatu Proteksi

a. Bagian Perasa (sensing element)

Pada bagian ini, perubahan dari besaran ukur yang dirasakan selanjutnya diteruskan kebagian pembanding.

b. Bagian Pemanding (comparing element)

Yang akan membandingkan dan menentukan apakah besaran ukur masih dalam keadaan normal atau tidak.

c. Bagian kontrol

Pada bagian ini pembukaan circuit breaker (PMT) atau pemberian tanda / signal diatur dan dilaksanakan.²

¹ Harliandika Raditia.2012.Perhitungan Setting Rele Arus Lebih.Hal:6

² Samaullah.2004.Sistem Proteksi Tenaga Listrik.Hal:70



2.7. Syarat-Syarat Rele Proteksi

Ada beberapa persyaratan yang sangat perlu diperhatikan dalam suatu perencanaan sistem proteksi yang efektif, yaitu:

2.7.1 Kepekaan (sensitivity)

Pada prinsipnya rele harus cukup peka sehingga dapat mendeteksi gangguan dikawasan pengamanannya meskipun dalam kondisi yang memberikan rangsangan yang minimum. Untuk rele arus lebih yang bertugas pula sebagai pengaman cadangan jauh untuk seksi berikutnya, rele ini juga harus dapat juga mendeteksi arus gangguan hubung singkat 2 fasa yang terjadi di ujung akhir jaringan dalam kondisi pembangkitan minimum.

2.7.2 Keandalan (reliability)

Pada keandalan pengaman ada 3 aspek, pada sistem distribusi dengan tegangan menengah, yaitu :

a. Dependability

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

b. Security

Yaitu tingkat kepastian untuk tidak salah kerja (keandalan untuk tidak salah kerja). Salah kerja adalah kerja yang semestinya tidak harus kerja, misalnya karena lokasi gangguan di luar kawasan pengamanannya atau sama sekali tidak ada gangguan, atau kerja yang terlalu cepat atau terlalu lambat.



c. Availability

Yaitu perbandingan antara waktu dimana pengaman dalam keadaan siap kerja (actually in service) dari waktu total operasi.

d. Selektifitas (Selectivity)

Pengaman harus dapat memisahkan dimana bagian sistem yang terganggu sekecil mungkin yaitu hanya seksi atau peralatan yang terganggu saja yang menjadi kawasan pengaman utamanya. Pengaman sedemikian disebut pengamanan yang selektif.

Jadi rele harus dapat membedakan apakah gangguan terletak di kawasan pengaman utamanya dimana ia harus bekerja cepat atau terletak di seksi berikutnya di mana ia harus bekerja sama sekali karena gangguannya diluar daerah pengamanannya atau sama sekali tidak ada gangguan.

e. Kecepatan (Speed)

Untuk memperkecil kerugian/kerusakan akibat gangguan, dengan arus besar, maka bagian yang terganggu, harus dipisahkan secepat mungkin dari sumbernya. Untuk menciptakan selektifitas yang baik, mungkin saja suatu pengaman terpaksa diberi waktu tunda (time delay). Antara pengaman yang terpasang namun waktu tunda itu harus secepat mungkin, setelah waktu minimum yang diset kan ke rele untuk menghindari thermal stress adalah

$$t_{total} = t_{start} + t_{CT} + t_{PMT}$$

Dimana:

t_{total} = Waktu total pembebasan gangguan

t_{start} = Waktu start rele (waktu kerja tanpa waktu tunda)

t_{CT} = Waktu CT menerma arus besar



t_{PMT} = Waktu pemutusan arus gangguan PMT

Dengan peralatan proteksi yang terpasang pada sistem tegangan menengah kondisi saat ini yang mempunyai

$t_{start} = 20 - 30$ mili detik

$t_{CT} = 10$ mili detik

$t_{PMT} = 40 - 60$ mili detik

Maka t_{total} pengaman utama dengan waktu, bisa kurang 100milidetik. Setelan ini adalah setelan untuk pengaman dengan waktu instant (cepat), yang disetkan untuk pengaman listrik bila terjadi gangguan listrik dengan arus besar.

2.8 Perangkat Sistem Proteksi

Proteksi terdiri dari seperangkat peralatan yang merupakan sistem yang terdiri dari komponen-komponen berikut :

- a. Relay, sebagai alat perasa untuk mendeteksi adanya gangguan yang selanjutnya memberi perintah trip kepada Pemutus Tenaga (PMT).
- b. Trafo arus dan/atau trafo tegangan sebagai alat yang mentransfer besaran listrik primer dari sistem yang diamankan ke relai (besaran listrik sekunder).
- c. Pemutus Tenaga (PMT) untuk memisahkan bagian sistem yang terganggu.
- d. Batere beserta alat pengisi (batere charger) sebagai sumber tenaga untuk bekerjanya relai, peralatan bantu tripping.



e. Pengawatan (wiring) yang terdiri dari sirskit sekunder (arus dan/atau tegangan), sirskit tripping dan sirskit peralatan bantu.³

2.9 Rele Arus Lebih

“Adalah suatu rangkaian peralatan rele pengaman yang memberikan respon terhadap kenaikan arus yang melebihi harga arus yang telah ditentukan pada rangkaian yang diamankan”. (Harliandika Raditia, Juli 2012)

2.9.1 Keuntungan dan fungsi rele arus lebih

- a. Sederhana dan murah.
- b. Mudah penyetelannya.
- c. Merupakan rele pengaman utama dan cadangan.
- d. Mengamankan gangguan hubung singkat antar fasa maupun hubung singkat satu fasa ke tanah dan dalam beberapa hal dapat digunakan sebagai pengaman beban lebih.
- e. Pengamanan utama pada jaringan distribusi dan sub transmisi radial.
- f. Pengamanan cadangan untuk generator, trafo tenaga dan saluran transmisi.⁴

³ Ridwan Satria, 2013 (<http://www.slideshare.net/RidwanSatria1/macam-relay-proteksi-2014,20>)

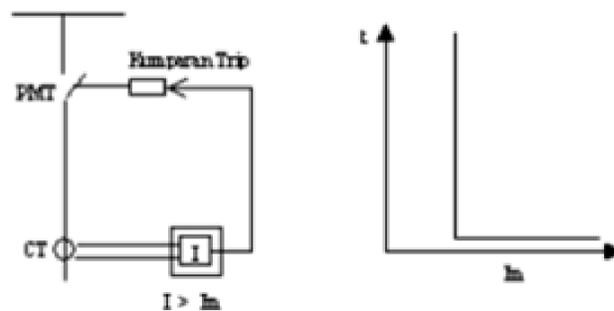
⁴ Samaullah. 2004. Sistem Proteksi Tenaga Listrik. Hal: 53



2.9.2 Karakteristik rele arus lebih

a. Relay waktu seketika (Instantaneous relay)

Relay yang bekerja seketika (tanpa waktu tunda) ketika arus yang mengalir melebihi nilai settingnya, relay akan bekerja dalam waktu beberapa mili detik (10–20ms).Dapat kita lihat pada gambar dibawah ini.

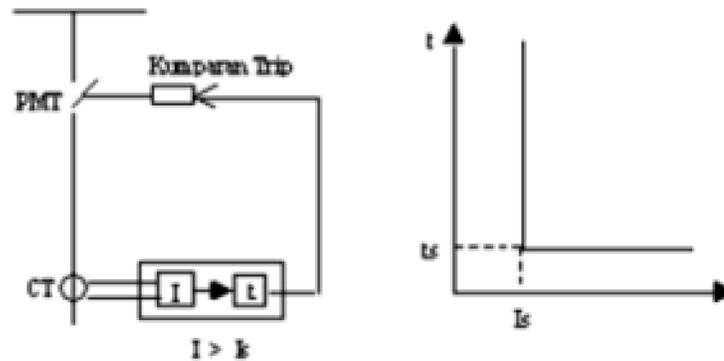


Gambar 2.2. Karakteristik Relay Waktu Seketika (Instantaneous Relay).

Relay ini jarang berdiri sendiri tetapi umumnya dikombinasikan dengan relay arus lebih dengan karakteristik yang lain.

b. Relay arus lebih waktu tertentu (definite time relay)

Relay ini akan memberikan perintah pada PMT pada saat terjadi gangguan hubung singkat dan besarnya arus gangguan melampaui settingnya (I_s), dan jangka waktu kerja relay mulai pick up sampai kerja relay diperpanjang dengan waktu tertentu tidak tergantung besarnya arus yang mengerjakan relay, lihat gambar dibawah ini.

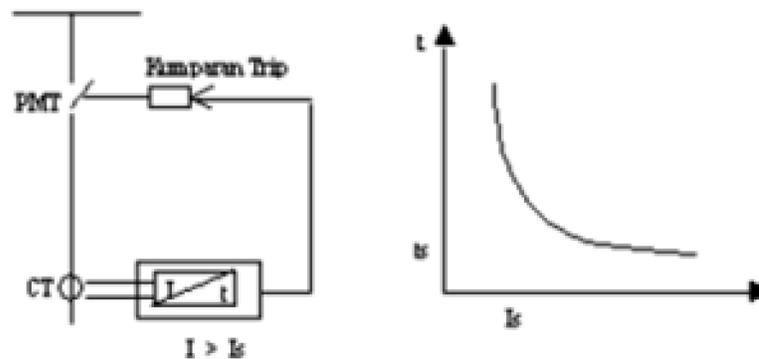


Gambar 2.3. Karakteristik Relay Arus Lebih Waktu Tertentu (Definite Time Relay).

c. Relay arus lebih waktu terbalik

Relay ini akan bekerja dengan waktu tunda yang tergantung dari besarnya arus secara terbalik (inverse time), makin besar arus makin kecil waktu tundanya. Karakteristik ini bermacam-macam dan setiap pabrik dapat membuat karakteristik yang berbeda-beda, karakteristik waktunya dibedakan dalam tiga kelompok :

- Standar invers
- Very inverse
- Extremely inverse



Gambar 2.4. Karakteristik Relay Arus Lebih Waktu Terbalik (Inverse Relay)



2.9.3 Pengaman pada rele arus lebih

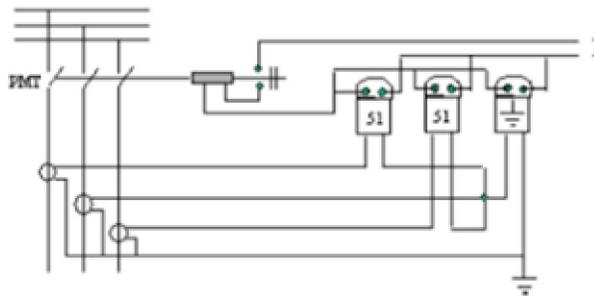
Pada relay arus lebih memiliki 2 jenis pengamanan yaitu:

a. Pengamanan hubung singkat fasa.

Relay mendeteksi arus fasa. Oleh karena itu, disebut pula “Relay fasa”. Karena pada relay tersebut dialiri oleh arus fasa, maka settingnya (I_s) harus lebih besar dari arus beban maksimum. Ditetapkan $I_s = 1,05 \times I_n$ (I_n = arus nominal peralatan terlemah).

b. Pengamanan hubung tanah.

Arus gangguan satu fasa tanah ada kemungkinan lebih kecil dari arus beban, ini disebabkan karena salah satu atau dari kedua hal berikut: Gangguan tanah ini melalui tahanan gangguan yang masih cukup tinggi. Pentanahan netral sistemnya melalui impedansi/tahanan yang tinggi, atau bahkan tidak ditanahkan. Dalam hal demikian, relay pengaman hubung singkat (relay fasa) tidak dapat mendeteksi gangguan tanah tersebut. Supaya relay sensitive terhadap gangguan tersebut dan tidak salah kerja oleh arus beban, maka relay dipasang tidak pada kawat fasa melainkan kawat netral pada sekunder trafo arusnya. Dengan demikian relay ini dialiri oleh arus netralnya.



Gambar 2.5 Pengaman Hubung Singkat⁵

⁵ Aditya.2009. (<http://dunia-listrik.blogspot.com/2009/07/relay-arus-lebih.html>)



2.9.4 Prinsip kerja rele arus lebih

Prinsip kerja relay OCR adalah berdasarkan adanya arus lebih yang dirasakan relay, baik disebabkan adanya gangguan hubung singkat atau overload (beban lebih) untuk kemudian memberikan perintah trip ke PMT sesuai dengan karakteristik waktunya.

2.9.5 Cara kerja rele arus lebih

Pada kondisi normal arus beban (I_b) mengalir pada SUTM / SKTM dan oleh trafo arus besaran arus ini di transformasikan ke besaran sekunder (I_r). Arus (I_r) mengalir pada kumparan relai tetapi karena arus ini masih lebih kecil dari pada suatu harga yang ditetapkan (setting), maka relai tidak bekerja.

Bila terjadi gangguan hubung singkat, arus (I_b) akan naik dan menyebabkan arus (I_r) naik pula, apabila arus (I_r) naik melebihi suatu harga yang telah ditetapkan (diatas setting), maka relai akan bekerja dan memberikan perintah trip pada tripping coil untuk bekerja dan membuka PMT, sehingga SUTM / SKTM yang terganggu dipisahkan dari jaringan.

2.10 Koordinasi Rele Arus Lebih Pada Penyulang Di Gardu Induk

Besarnya arus gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi di dalam suatu sistem kelistrikan perlu diketahui sebelum gangguan yang sesungguhnya terjadi. Hal ini biasanya dipakai dalam perencanaan peralatan instalasi tenaganya, misalnya menentukan spesifikasi CB (*Circuit Breaker*), konduktor yang digunakan, kapasitas termal dari trafo arus, dan lain-lain. Dari segi perusahaan, besarnya arus gangguan hubung singkat di tiap titik di dalam jaringan juga diperlukan, diantaranya untuk menghitung koordinasi rele proteksi. Untuk keperluan koordinasi rele proteksi, arus gangguan yang dihitung tidak hanya pada titik gangguan, tapi juga kontribusinya (arus gangguan yang mengalir di tiap cabang dalam jaringan yang menuju ke titik gangguan). Untuk



itu diperlukan cara menghitung arus gangguan hubung singkat yang dapat segera membantu dalam perhitungan koordinasi rele proteksi.⁶

2.10.1 Gangguan hubung singkat fasa 3

Rumus dasar yang digunakan untuk menghitung besarnya arus gangguan hubung singkat fasa 3 adalah:

$$I_{3\text{ fasa}} = \frac{V_f}{Z_{1eq}} \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana , I = Arus gangguan 3 fasa,

$$V = \text{Tegangan Fasa netral system (kV)} = \frac{kV}{\sqrt{3}} = V_{ph}$$

Z = Impedansi Urutan Positif (Z_{1eq})

sehingga arus gangguan hubung singkat 3 Fasa dapat dihitung sebagai

berikut : $I_{3\Phi} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}} \text{ (A)} \dots \dots \dots$

Dimana,

$I_{3\text{ fasa}}$ = Arus yang mengalir pada setiap fasa sewaktu terjadi gangguan hubung singkat di suatu titik didalam sistem (dalam Ampere)

V = Besar tegangan tiap fasa terhadap netral sistem (dalam Volt) *ph*

$$(V_f = \text{Tegangan Fasa - Netral} = \frac{20.000}{\sqrt{3}})$$

Z_{1eq} = impedansi ekivalen urutan positif

⁶ Harliandika.2012.Perhitungan Setting Rele Arus Lebih.Hal:10



2.10.2 Gangguan hubung singkat fasa dua

Rumus dasar yang digunakan untuk menghitung besarnya arus gangguan hubung singkat Fasa 2 adalah :

$$I_{2fasa} = \frac{V_f}{Z_{1eq} + Z_{2eq}} \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana:

I_{2fasa} = Arus yang mengalir pada setiap fasa sewaktu terjadi gangguan hubung singkat di suatu titik didalam sistem (dalam Ampere)

V = Besar tegangan tiap fasa terhadap netral sistem (dalam Volt) *ph*

$$(V_f = \text{Tegangan Fasa - Netral} = 20.000 / \sqrt{3})$$

Z_{1eq} = impedansi ekivalen urutan positif

Seperti halnya gangguan 3 fasa, Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa juga dihitung untuk lokasi gangguan yang diasumsikan terjadi pada 25%, 50%, 75%, dan 100% panjang feeder. Dalam hal ini dianggap nilai $Z_{1eq} = Z_{2eq}$, Impedansi Z_1 dan Z_2 adalah impedansi urutan positif dan impedansi urutan negatif dari seluruh impedansi masing-masing urutan didalam sistem, baik yang tersambung seri maupun paralel yang disederhanakan mejadi impedansi ekivalen urutan positif dan impedansi ekivalen urutan negatif.

2.11 Impedansi Sumber

Beberapa perusahaan listrik memberikan data pada langganan untuk menetapkan pemutus rangkaian bagi instalasi industri atau sistem distribusi yang dihubungkan pada sistem pemakaian di seberang titik. Biasanya data tadi berupa daftar megavoltampere hubung singkat dimana:

$$\text{MVA hubung - singkat} = \sqrt{3} \times (\text{kV nominal}) \times I_{sc} \times \dots\dots\dots (2.3)$$



Dengan menyelesaikan persamaan diatas dihasilkan :

$$X_{th} = \frac{(\text{nominal kV})^2}{MVA \text{ hubung-singkat}} \dots\dots\dots(2.4)$$

2.12 Impedansi Trafo

Untuk suatu Transformator impedansinya dapat ditinjau dari sisi tegangan tinggi atau sisi sekunder rendahnya. Apabila persen atau per unit dari impedansi suatu transformator ditinjau dari sisi tegangan rendah maka dasarnya juga dipilih pada sisi tegangan rendah dan bila ditinjau dari sisi tegangan tinggi maka besarnya juga dipilih pada sisi tegangan tingginya.

Pada perhitungan impedansi suatu transformator yang diambil adalah harga reaktansinya, sedangkan resistansinya diabaikan karena sangat kecil harganya. Untuk perhitungan itu di gunakan persamaan

$$X(pu) = x(\%) \left(\frac{\text{Tegangandasar}(kV)^2}{\text{Dayano min al}(MVA)} \right) \dots\dots\dots(2.5)$$

$$X_t = Z(\%) \cdot X(pu) \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana :

$X(pu)$ = Reaktansi dalam satuan perunit

$X(\%)$ = Reaktansi dalam satuan persen

Z = Impedansi Trafo



2.13 Perhitungan Impedansi Penyulang 20 kV

Data impedansi feeder bisa didapat dengan cara dihitung, dari table panjang saluran per km. impedansi yang akan dihitung disini tergantung dari besarnya impedansi/km yang didapat dari tempat pengambilan data

Dengan demikian nilai impedansi feeder dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Impedansi Penyulang} = \text{Panjang Penyulang} \times Z \text{ per km} \dots\dots\dots(2.7)$$

Untuk mendapatkan impedansi feeder secara keseluruhan maka di simulasikan lokasi gangguan per 25%, 50%, 75%, 100%, maka dapat dibuat

$$\text{Per } 25\%, 50\%, 75\%, 100\%, x \text{ Panjang feeder} \times Z \text{ per km} \dots\dots\dots(2.8)$$

Sedangkan nilai impedansi feeder yang dipakai untuk perhitungan setting rele arus lebih adalah lokasi gangguan yang di asumsikan pada 25% dari panjang feeder.

2.14 Impedansi Ekuivalen Jaringan

Perhitungan impedansi ekuivalen urutan positif dan negative Impedansi ekuivalen urutan positif dan negatif diperoleh dari penjumlahan impedansi sumber urutan positif/negatif, impedansi trafo urutan positif/negative dan impedansi feeder urutan positif/negatif. maka untuk memperoleh impedansi ekuivalen urutan positif/negatif, dihitung dengan menggunakan rumus :

Dasar hitung : $Z1 \text{ eki} = Z2 \text{ eki}$

$$ZT1 = j XT1$$

$$Z1 \text{ eki} = ZS1 + ZT1 + Z1 \text{ feeder} \dots\dots\dots (2.9)$$



Dimana :

$Z1_{eki}$ = Impedansi ekivalen urutan positif (Ohm)

$ZS1$ = Impedansi sumber urutan positif (Ohm) $ZT1$ = Impedansi trafo urutan positif (Ohm)

$Z1_{feeder}$ = impedansi feeder urutan positif (Ohm)

Setelah mendapatkan impedansi ekivalen dengan lokasi gangguan, selanjutnya perhitungan arus gangguan hubung singkat dapat dihitung dengan menggunakan rumus dasar seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, hanya impedansi yang mana dimasukan kedalam rumus dasar tersebut adalah tergantung dari jenis gangguan hubung singkatnya dimana gangguan hubung singkat tersebut baik fasa 3, dan fasa 2

Gangguan-gangguan tersebut dihitung untuk lokasi gangguan yang terjadi dengan mensimulasikan gangguan yang terjadi pada 25% dari panjang feeder yang dalam hal ini dianggap nilai dari $Z1_{eq} = Z2_{eq}$

2.15 Arus Gangguan Hubung Singkat

Setelah mendapatkan impedansi ekivalen sesuai dengan lokasi gangguan, selanjutnya perhitungan arus gangguan hubung singkat dapat dihitung dengan menggunakan rumus dasar seperti yang sudah dijelaskan, hanya saja impedansi ekivalen mana yang dimasukan kedalam rumus dasar tersebut adalah tergantung dari jenis gangguan hubung singkatnya, dimana gangguan hubung singkat itu bisa gangguang hubung singkat fasa 3, dan fasa 2,. Gangguan-gangguan tersebut dihitung untuk lokasi gangguan terjadi pada 25%; 50%; 75%; 100% panjang feeder. Dalam hal ini dianggap nilai $Z1_{eq} = Z2_e$



2.16 Koordinasi Rele Arus Lebih di Penyulang

2.16.1 Setelan arus

Sesuai British standar untuk rele inverse biasa diset sebesar 1,05 – 1,3 x I_{beban}. Rumus yang digunakan untuk menghitung setelan arus pada sisi primer yaitu :

$$I_{set(primer)} = 1,05 \times I_{beban} \dots \dots \dots (2.10)$$

$$\begin{aligned} I_{beban} &= I_N (stat 20 KV) \\ &= \frac{\text{Kapasitas daya trafo (KVA)}}{\sqrt{3} \times \text{Tegangan stat primer trafo (KV)}} \dots \dots \dots (2.11) \end{aligned}$$

Nilai setelan tersebut nilai primer, untuk mendapatkan nilai setelah sekunder yang disetkan pada rele arus lebih, maka harus dihitung dengan menggunakan data ratio trafo arus yang terpasang di feeder tersebut, yaitu sebagai berikut :

$$I_{set(sekunder)} = I_{set(primer)} \times \frac{1}{\text{Ratio CT}} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana ;

I_{set(sek)} = Arus yang disetting di primer

I_{set(pri)} = Arus yang di setting di sekunder

Ratio CT = Setting trafo arus yang terpasang di feeder

2.16.2 Setelan waktu (Tms)

Untuk setelah waktu rele *standart inverse* dihitung dengan menggunakan rumus kurva waktu dan arus. Rumus ini bermacam-macam sesuai



buatan pabrik pembuatan rele, dalam hal ini diambil rumus kurva waktu dan arus dari standart British, sebagai berikut :

$$t = \frac{0,14xtms}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1} \dots\dots\dots(2.13)$$

untuk menentukan nilai Tms yang akan disetkan pada rele arus lebih diambil, misal angka arus gangguan(*Ifault*) sebesar arus gangguan 3 fasa pada lokasi gangguan 25% panjang feeder, dan waktu kerja rele arus lebih difeeder itu diambil selama 0,3 detik, maka nilai Tms yang akan disetkan pada rele arus lebih adalah :

$$Tms = \frac{t \left\{ \left(\frac{I_{fault}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right\}}{0,14} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

t = Waktu Kerja

Tms = Setelah waktu

Ifault = arus gangguan hubung singkat (A)

Iset = Arus yang disetting di Primer (A)

2.16.3 Pemeriksaan selektifitas kerja rele arus lebih

Hasil perhitungan setelan rele arus lebih yang didapat masih harus ditinjau, waktu kerja rele arus lebih yang terpasang di feeder dan yang terpasang di incoming trafo sudah bekerja selektif, tetapi masih harus diperikasa apakah memberikan beda waktu kerja (*grading time*) yang terlalu lama Pemeriksaan ini



dilakukan terutama pada rele arus lebih jenis *standart (normal) inverse*, karena setelah waktu TMS pada rele arus lebih jenis inverse bukan menunjukkan lamanya waktu kerja rele tersebut. Lamanya waktu kerja rele ini ditentukan oleh besarnya gangguan yang mengalir di rele. Makin besar arus gangguan yang mengalir di rele maka makin cepat rele tersebut menutup kontakannya, yang kemudian memberikan tripping CB. Pemeriksaan ini dilakukan dengan memasukan nilai gangguan hubung singkat sesuai hasil perhitungan rumus standart inverse yang di gunakan.⁷

⁷ Harliandika.2012.Perhitungan Setting Rele Arus Lebih.Hal:17