

PEMILIHAN FUNGSI PROTEKSI DAN PERHITUNGAN SETTING RELAY DIGITAL MCX-913 UNTUK PROTEKSI TRANSFORMATOR STEP-UP 11,5 kV

Carwoto^{*)}

Abstrak

Salah satu cara memperoleh kehandalan sistem kelistrikan adalah dengan menerapkan sistem proteksi bagi peralatannya. Transformator step-up pada sistem transmisi tenaga listrik merupakan peralatan yang sangat penting dan memerlukan perlindungan dari berbagai gangguan.

Relay MCX-913 adalah jenis relay statik berbasis mikroprosessor untuk keperluan proteksi peralatan sistem tenaga listrik. Kelebihan relay ini antara lain adalah kemampuannya untuk mengoperasikan beberapa fungsi proteksi sekaligus dan menyimpan nilai settingnya. Tulisan ini membahas pemilihan fungsi-fungsi proteksi yang dimiliki oleh Relay MCX-913 beserta perhitungan nilai settingnya untuk diterapkan sebagai proteksi transformator step-up 11,5 kV. Terdapat enam fungsi proteksi yang dimiliki Relay MCX-913 yang secara teknis dapat diaktifkan sekaligus untuk memproteksi transformator step-up 11,5 kV.

Kata kunci : fungsi proteksi, relay digital, transformator step up

Pendahuluan

Tujuan utama sistem tenaga listrik adalah mensuplai kebutuhan energi listrik konsumen atau alat-alat pemakai tenaga listrik. Karena kebutuhan tenaga listrik berlangsung secara kontinyu, maka sistem tenaga listrik harus didesain sedemikian hingga merupakan suatu sistem yang handal dan ekonomis. Salah satu cara untuk memperoleh keandalan suatu sistem tenaga listrik adalah dengan menerapkan sistem proteksi atau perlindungan guna melindungi peralatan dari gangguan yang terjadi di dalam sistem. Karena itu, syarat-syarat sistem proteksi adalah reliable (handal), selektif (mampu memilah daerah perlindungan), stabil, dan sensitif (Davis, 1984).

Alat-alat pengaman atau proteksi kebanyakan berupa relay, mempunyai dua fungsi yaitu melindungi peralatan terhadap gangguan yang terjadi di dalam sistem agar tidak mengalami kerusakan serta melokalisir akibat gangguan supaya tidak menjalar di dalam sistem kelistrikan (Ward, 2004). Tugas Relay adalah membedakan gangguan dalam daerah perlindungannya dengan semua keadaan sistem yang lain (Horowitz, 1980). Relay akan memberikan daya/sinyal penggerak pada kumparan pemutus (*trip coil*) circuit breaker

yang berhubungan dengannya secara pasti dan mantap ketika alat ini mendeteksi adanya gangguan pada sistem yang berada di daerah pengawasannya. Dengan demikian komponen-komponen atau peralatan yang diproteksi akan terhindar dari kerusakan.

Dewasa ini kebanyakan relay yang dipabrikasi adalah relay digital. Hal ini disebabkan relay jenis digital memudahkan pensettingan serta memiliki sensitivitas tinggi. Salah satu relay model digital adalah Relay tipe MCX-912 buatan Asian Brown Boveri (ABB). Meskipun tergolong relay dengan model yang cukup lama, tetapi sampai sekarang masih banyak digunakan karena kehandalannya. Keunggulan lain relay MCX-913 adalah berbasis microprocessor serta dapat digunakan untuk menjalankan beberapa fungsi proteksi sekaligus dengan satu alat.

Tulisan ini memaparkan penentuan fungsi proteksi Relay MCX-913 yang dapat diterapkan untuk transformator penaik tegangan (step-up) 11,5 kV beserta perhitungan nilai settingnya. Untuk memudahkan penyajian, tulisan disusun dengan sistematika : tinjauan umum sistem proteksi pada transformator, pengenalan Relay MCX-913, dilanjutkan dengan perhitungan settingnya.

^{*)} Program Studi Teknik Informatika STMIK ProVisi Semarang

1. Sistem Proteksi Transformator

Transformator merupakan komponen yang penting dalam sistem tenaga. Oleh karena itu, pemilihan sistem proteksi trafo yang tepat akan meningkatkan keandalan bagi sistem tersebut. Menurut ANSI/IEEE C37.91.1985 secara umum gangguan pada transformator dapat dibagi menjadi dua, yaitu gangguan internal (*internal fault*) dan gangguan lewatan (*through fault*).

Gangguan internal pada trafo akan menjadi serius jika sampai berlanjut atau menimbulkan busur api pada trafo. Gangguan internal dapat diklasifikasikan menjadi dua golongan, yaitu gangguan elektrik dan *incipient fault*. Gangguan elektrik dapat menyebabkan kerusakan yang cukup serius, tetapi umumnya dapat dideteksi oleh adanya ketidakseimbangan arus atau tegangan. *Incipient fault* berupa gangguan minor akibat kerusakan pada konstruksi, misalnya terjadinya busur api dan pemanasan lokal akibat adanya cara penyambungan yang tidak baik, kerusakan isolasi pada baut-baut penjepit dan sebagainya. Gangguan ini tidak dapat dideteksi dari terminal trafo karena besar dan keseimbangan arus serta tegangan tidak berbeda dengan kondisi pada operasi normal.

Gangguan lewatan (*through fault*) dapat dibagi lagi menjadi gangguan pada kondisi overload dan kondisi *eksternal short circuit*. Trafo dapat beroperasi secara terus menerus pada arus beban nominalnya. Apabila beban yang dilayani lebih besar dari 100%, trafo akan mengalami pemanasan lebih. Kondisi ini mungkin tidak segera menimbulkan kerusakan trafo, tetapi bila berlangsung terus-menerus akan memperpendek umur isolasi. *External Short circuit* yaitu gangguan hubung singkat di luar trafo, misalnya hubung singkat di rel, di penghantar (*feeder*) atau gangguan pada generator. Gangguan ini dapat dideteksi karena timbulnya arus yang sangat besar, mencapai beberapa kali arus nominalnya.

Trafo harus tidak dihubungkan pada jala-jala ketika terjadi gangguan *overload* dan *eksternal short circuit*. Kondisi overload dapat dideteksi dengan relay thermal yang memberikan alarm dan perintah ke pemutusan suplai jika pemutusan itu diperlukan. Untuk kondisi *eksternal short circuit*, relay overcurrent atau fuse lazim dipakai untuk mengamankan

transformator. Daftar tipe-tipe gangguan pada transformator dapat dilihat pada Tabel 1.

Tipe-Tipe Gangguan pada Transformator

1. Tap Changer Failure

- a) Mechanical
- b) Electrical
- c) Contacts
- d) Leads
- e) Tracking
- f) Overheating
- g) Short circuit
- h) Oil leak
- i) External fault

2. Winding Failures

- a) Turn-to-turn insulation failure
- b) Surges due to lightning, switching, etc.
- c) Moisture
- d) External Fault
- e) Overheating
- f) Open winding
- g) Deterioration
- h) Improper blocking of turns
- i) Grounds
- j) Phase to phase failures
- k) Mechanical Failures

3. Bushing Failures

- a) Aging, contamination and cracking
- b) Flashover due to animal
- c) flashover due to surges
- d) Moisture
- e) Low oil

4. Terminal Board Failure

- a) Loose connections
- b) Leads (opened)
- c) Links
- d) moisture
- e) Insufficient insulation
- f) Tracking
- g) Short circuit

5. Miscellaneous Failure

- a) Bushing current transformer failure
- b) Metal particle in oil
- c) Damage in shipment
- d) External faults
- e) Bushing flange grounding
- f) Poor tank weld
- g) Auxiliary system failures
- h) Overvoltage
- i) Overloads
- j) Unidentified Problems

6. Core Failures

- Core insulation failure
- Ground strap burned away
- Shorted Laminations
- Loose clamps, bolts, wedges

Kegagalan internal pada transformator sangat sering hanya disebabkan oleh besarnya arus gangguan yang relatif lebih rendah dari pada rating trafo. Hal ini mengindikasikan perlunya sensitifitas dan kecepatan yang tinggi untuk mendapatkan proteksi trafo yang baik. Pemasangan peralatan proteksi yang lebih sensitif dapat diterapkan untuk mengurangi kerusakan dan biaya reparasi atau perbaikan peralatan. Biasanya terdapat beberapa skema proteksi yang secara teknis cocok untuk berbagai sensitifitas, kecepatan dan selektifitas.

Dalam memproteksi trafo, proteksi cadangan (*backup protection*) perlu dipertimbangkan (Ward, 2004). Kegagalan relay atau breaker selama terjadi gangguan pada trafo dapat menyebabkan kerusakan yang cukup ekstensif pada trafo dan perbaikannya sulit dilakukan. Pada saat gangguan menyebar dikarenakan tidak dapat diatasi oleh proteksi trafo, relay-relay remote line atau relay proteksi yang lain dapat dioperasikan. Bagian evaluasi yang diterapkan pada transformator harus meliputi bagaimana integritas sistem dapat mencegah setiap kegagalan yang terjadi. Transformator dengan peralatan proteksi yang modern secara umum lebih handal.

Mengenal Relay Digital MCX-913

Relay MCX-913 merupakan jenis relay statik berbasis mikroprosesor yang dapat digunakan sebagai relay proteksi pada mesin rotasi arus bolak-balik, transformator dan penyulang (*feeder*) sistem tenaga listrik. Relay buatan Asia Brown Boveri (ABB) ini merupakan gabungan dari berbagai jenis fungsi proteksi antara lain sebagai relay *overcurrent* dan *thermal overload*.

Kelebihan Relay MCX-913

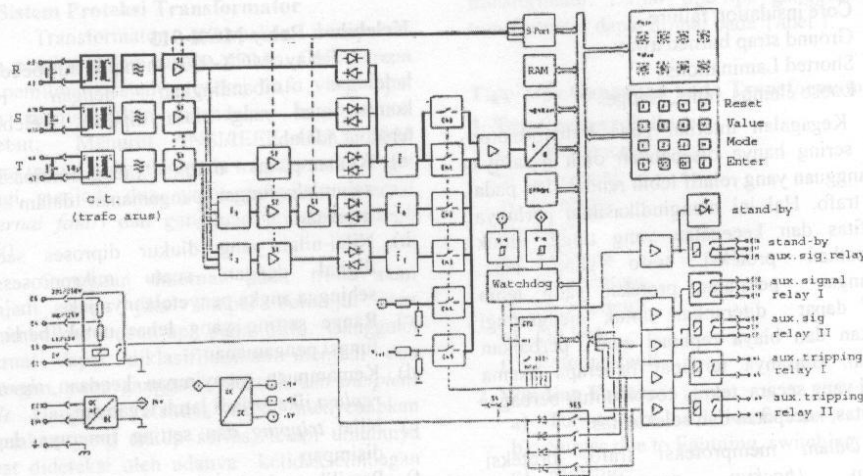
Relay MCX-913 mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan relay konvensional yang biasa dipakai. Kelebihan tersebut adalah:

- Kemampuan untuk mengkombinasikan sejumlah fungsi pengamanan dalam satu kesatuan.
- Nilai-nilai yang diukur diproses secara digital dengan suatu mikroprosesor, sehingga angka penyetelannya jelas.
- Range setting yang lebar untuk berbagai fungsi pengamanan
- Kemampuan menyimpan keadaan *thermal replica* jika terjadi jatuh tegangan
- Nilai *tripping* dan setting waktunya dapat disimpan
- Pemilihan berbagai fungsi proteksi dan penempatannya ke beberapa relay pembantu (*auxiliary relay*).
- Kemudahan dalam pengawasan, karena setiap keadaan dapat dibaca langsung oleh operator.

Karena kelebihan-kelebihan itulah, maka penggunaan Relay MCX 913 dapat menggantikan beberapa relay konvensional sekaligus. Namun demikian untuk dapat menggunakan relay ini terlebih dahulu harus ditentukan atau dipilih fungsi proteksi yang akan diaktifkan serta perhitungan dan penentuan nilai settingnya dengan tepat dan benar.

Prinsip Kerja Relay Mx913

Prinsip kerja Relay MCX 913 ini dijelaskan sesuai dengan blok diagram pada Gambar 1. Masukan yang diukur oleh relay dihubungkan fasa-per-fasa ke rangkaian sekunder transformator arus. Sinyal-sinyal yang proporsional dengan arus yang terukur arusnya lewat *bandpass filter* kemudian dilanjutkan ke rangkaian penyesuai (*matching circuit*).



Gambar 1. Blok diagram rangkaian Relay MCX 913

Nilai pick-up untuk berbagai fungsi pengamanan tidak ada hubungannya dengan rating arus relay ($I_N = 1A$ atau $5A$), tetapi dengan arus setting I_E . Arus ini ditentukan dari arus rating alat yang diproteksi dan perbandingan trafo dari trafo arus utama, dan dapat dipilih dalam daerah $I_E = 0,3 - 1,2 I_N$. Daerah ini dibagi dalam 4 sub range yang ditentukan dalam posisi plug-in jumper (sumbat) S1. Setelah dibandingkan, sinyal-sinyal arus fasa disearahkan dan kemudian dijumlahkan (pendeteksian dari nilai maksimumnya). Setelah itu diumpankan ke filter komponen urutan negatif (I_2) dan penjumlah (I_0). Dalam penjumlah (I_0) penjumlahan vektor dari arus tiga fasa terjadi sebab plug-in jumper memungkinkan trafo arus dari fasa S dipakai seperti masukan arus netral (I_0 eksternal) yang terjadi.

Dalam rangkaian filter (I_2) komponen urutan negatif diperoleh sinyal-sinyal arus fasa, yang tergantung dari posisi plug-in jumper S1 yang dilakukan untuk 2 atau 3 fasa. Penyearah berikutnya menggabungkan sinyal-sinyal arus fasa dan arus netral dengan memberikan sinyal-sinyal proporsional ke komponen urutan negatif ke memori nilai puncak I_1 , I_0 , I_2 . Dari sana mereka melewati A/D converter dan akhirnya diproses secara digital dengan mikroprosesor.

Pada saat kita akan menggunakan relay ini untuk tujuan proteksi, nilai-nilai pick-up dan time delay harus diset melalui alat input tombol tekan (*push button*). Setiap mengaktifkan fungsi-fungsi proteksi dari tombol tekan ini, maka "mode" dan "value" akan ditampilkan oleh layar display. Operasi menset nilai pick-up dan time delay ini mula-mula disimpan di dalam RAM (*Random Acces Memory*). RAM merupakan alat penyimpanan program atau data sesaat dan bersifat "volatile" serta akan menghapus semua informasi yang disimpan jika daya input diputuskan atau dimatikan.

Pemilihan Fungsi Proteksi Relay MCX913 pada Trafo Step-Up 11,5 kV

Fungsi-fungsi proteksi yang dapat diaplikasikan dari Relay MCX 913 meliputi proteksi *Negative Phase Sequence*, *Phase Fault Protection/Short Circuit*, *Overcurrent Protection*, *Earth Fault Protection*, *Motor Start Protection*, *Thermal Overload Protection*, *Blocked Rotor Protection*, *No Load Protection*, dan Proteksi start berulang dengan tingkatan-tingkatannya.

Dari beberapa fungsi proteksi tersebut, jika diterapkan sebagai proteksi pada transformator step-up 11,5 kV, Relay MCX 913

dapat difungsikan untuk tujuan-tujuan proteksi sebagai berikut:

1. Proteksi terhadap hubung singkat /short circuit ($I > I_1$)

Tidak tergantung dari fungsi-fungsi arus waktu lebih yang dimaksudkan untuk mendeteksi secara cepat arus hubung singkat yang tinggi. Mereka secara terpisah disesuaikan dan dihubungkan ke bagian instan dari relay arus sederhana (*simple current*). Nilai pick-up $I > I_1$ diset lebih besar daripada arus kerja maksimum dari alat yang diproteksi.

Arus lebih transient dapat terjadi dalam pelayanan yang bisa juga disebabkan akibat saklar operasi.

2. Proteksi Terhadap Arus Lebih /Overcurrent ($I > I_1$)

Dengan tiga fungsi waktu arus lebih $I_{1,2,3}$ bersama-sama dengan fungsi $I > I_1$, mungkin mencapai waktu dan tingkatan arus tripping. Mereka dapat diset terpisah. Fungsi $I > I_{1,2,3}$ selalu diaktifkan kecuali ketika I start pick-up.

3. Proteksi terhadap hubung tanah (I_0)

Nilai yang diukur untuk hubung tanah dideteksi dengan dua internal netral trafo arus atau formasi arus netral ketika seluruh tiga fasa dihubungkan.

4. Proteksi Terhadap Fasa Urutan Negatif (I_2)

Bentukan ini tidak dimaksudkan untuk ketidakseimbangan fase-fase dalam sistem arus bolak-balik tiga fase, yang dioperasikan dengan isolasi netral atau ditanahkan dalam beragam persoalan. Ketidakseimbangan tegangan utama, ketidakseimbangan beban dan kesalahan fasa-fasa dideteksi karena kemudian komponen arus urutan negatif I_2 terjadi.

5. Proteksi Start Motor (Istart)

Fungsi dari Istart umumnya dimaksudkan untuk memonitor berputarnya motor asinkron. Begitu arus fasa jatuh di bawah $0,1 I_E$, relay siap untuk start, yaitu ketika proteksi terhadap arus lebih $I > I_1$ dan low load $I < I_1$ tidak bekerja.

Jika arus fasa melebihi dari setting Istart, pada saat ini bagian dari arus waktu

diaktifkan. Tahap start berlangsung sampai arus fasa jatuh di bawah harga-harga yang direset dari arus start. Pada keadaan ini, proteksi terhadap arus lebih low load diaktifkan. Tripping terjadi saat $I^2 T$ melebihi nilai yang diset untuk $I^2 T$ start.

6. Proteksi Terhadap Thermal Overload (Δv)

Proteksi terhadap thermal overload berdasarkan thermal replica dari alat yang diproteksi. Adanya peningkatan panas yang terlalu tinggi atau terlalu lama harus dicegah, yang dapat mengakibatkan isolasi dari peralatan yang diproteksi akan rusak dan usia pakainya lebih pendek. Kenaikan temperatur dimonitor dalam relay

MCX 913 dalam dua tingkat (Δv_1 dan Δv_2), urutan Δv_1 digunakan sebagai tingkat peringatan. Nilai yang diset untuk Δv_1 harganya 5% lebih rendah dari Δv_2 digunakan untuk tripping. Sinyal tripping diterapkan sampai temperatur jatuh dibawah nilai Δv_2 seperti yang diberikan dalam setting.

2. SETTING RELAY MCX 913 UNTUK PROTEKSI TRAF0 STEP-UP

Berikut ini akan dipaparkan studi kasus perhitungan dan penentuan setting Relay MCX-913 untuk proteksi transformator step-up dengan rating tegangan 11,5 kV. Untuk melakukan perhitungan dan penentuan setting, diperlukan data trafo dan data umum sistem tenaga listrik. Perhitungan setting dilakukan dengan dasar pertimbangan tingkat proteksi gangguan fasa.

Data-Data Yang Diperlukan

Untuk melakukan setting Relay MCX 913 diperlukan data spesifikasi relay itu sendiri, data peralatan yang akan diproteksi, serta data sistem tenaga listrik tempat pemasangan alat. Data-data yang berkaitan dengan performansi Relay MCX 913 untuk penyetingan terdapat pada manual Relay MCX 913. Sedangkan data transformator dan data sistem yang menjadi studi kasus pada tulisan ini adalah sebagai berikut.

a. Data Transformator :

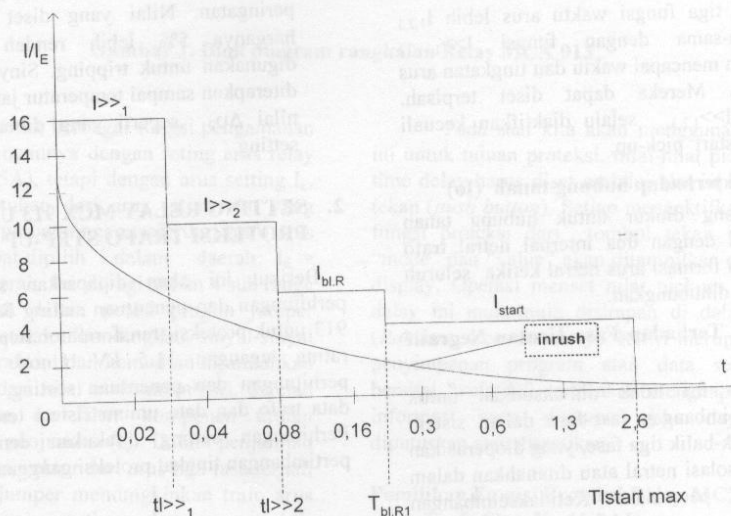
- rating daya $S_N = 30.000 \text{ kVA}$

- rating tegangan $U_N = 11,5 \text{ kV}$

- rating arus $I_N = 502 \text{ A}$
 - Inrush current $I_A = 9 \times I_N$
- Diasumsikan:
- rating kontinyu maksimum yang diijinkan $I_{\text{max.th.}} = 1,1 \times I_N$
 - konstanta waktu pemanasan $T = 70 \text{ menit}$
 - konstanta waktu pendinginan $T = 200 \text{ mnt}$

b. Data Sistem :

- pengetanahan high resistance
- arus gangguan tanah maksimum $I_{OP} = I_N$
- rasio trafo arus $K_I = 1750 \text{ A/1 A} = 1750$



Gambar 2. Tingkatan Fungsi Proteksi Gangguan Fasa

b. Arus basis (bassed current) I_E :

$$I_E = \frac{I_{NS}}{K_I \times I_{NR}} \times I_{NR} = \frac{502 \text{ A}}{1750 \times I_{NR}} \times I_{NR} = 0,30$$

$$\text{mode } 00 = 0,30$$

$$\text{Posisi link } S1 = 1-2 \quad S1 = 1-2$$

5.1. Perhitungan Setting

Bagian berikut menjelaskan dasar perhitungan setting relay MCX-913 untuk proteksi trafo step-up 11,5 kV beserta nilai settingnya. Penjelasan dasar perhitungan di tuliskan di sebelah kiri, sedangkan nilai settingnya ditulis di sebelah kanan.

a. Dasar Pertimbangan:

Tingkatan proteksi gangguan fasa (*phase fault*) mengikuti kombinasi fungsi proteksi $I>>_1$, $I>>_2$, $I_{bl.r.}$. Proteksi motor start digunakan untuk mencegah *inrush current*. Fungsi-fungsi overcurrent $I>_1$, $I>_2$ dan $I>_3$ juga dipakai tingkatan waktu. Gambar 2 berikut memperlihatkan grafik tingkatan fungsi proteksi gangguan fasa (*phase fault*).

c. Proteksi gangguan fasa $I>>_1$, $I>>_2$, $I>_{bl.r.}$:

Setting untuk proteksi ini menurut grafik pada Gambar 3.2 adalah:

$$I>>_1 = 16 \times I_E \quad \text{mode } 01 = 16,0$$

$$\text{time delay : } t_{l>>1} = 0,03 \text{ detik}$$

$$\text{mode } 02 = 0,03$$

dasar perhitungan proteksi trafo step-nangnya. Penjelasan di sebelah kiri, ditulis di sebelah

uan fasa (*phase*) si fungsi proteksi proteksi motor start *inrush current* . $I_{>1}$, $I_{>2}$ dan $I_{>3}$ waktu. Gambar 2 grafik tingkatan sa (*phase fault*).

t
→

$I_{>1}$, $I_{>2}$,

menurut grafik pada

01 = 16.0

etik

$$I_{>2} = 10 \times I_E$$

$$\text{mode 41} = 10.0$$

$$\text{time delay } tI_{>2} = 0,08 \text{ detik}$$

$$\text{mode 42} = 0.08$$

$$I_{bl.r.} = 6 \times I_E$$

$$\text{mode 11} = 6.0$$

$$tI_{bl.r.} = 0.2$$

$$\text{mode 12} = 0.2$$

d. Proteksi arus lebih (over current) $I_{>1}$, $I_{>2}$, $I_{>3}$

Tipikal setting untuk proteksi ini adalah:

$$I_{>1} = 3 \times I_E$$

$$\text{mode 03} = 3.0$$

$$tI_{>1} = 10 \text{ detik.}$$

$$\text{mode 04} = 10.0$$

$$I_{>2} = 2 \times I_E$$

$$\text{mode 43} = 2.0$$

$$tI_{>2} = 30 \text{ detik}$$

$$\text{mode 44} = 30$$

$$I_{>3} = 1,4 \times I_E$$

$$\text{mode 45} = 1.4$$

$$tI_{>4} = 60 \text{ detik}$$

$$\text{mode 46} = 60.0$$

e. Negative Phase Sequence (NPS):

Fungsi proteksi ini tidak dipergunakan.

$$\text{mode 05} = 0.00$$

$$\text{mode 06} = 0.00$$

f. Proteksi gangguan tanah I_0 :

Arus internal I_0 akan diturunkan secara internal melalui penjumlahan vektor dan oleh karena itu relay MCX 913 harus dipilih:

$$S2 = 1-2$$

$$S3 = 1-2$$

Tipikal setting untuk proteksi ini adalah 0,4 sampai $0,8 \times I_N$.

$$\text{Pilih } I_0 = 0,4 \times I_N = 0,4 \times I_E$$

$$\text{mode 07} = 0.40$$

Tipikal time delay : $t I_0 = 0,2$ sampai 1 detik.

$$\text{Pilih } tI_0 = 0,2 \text{ detik}$$

$$\text{mode 08} = 0.20$$

Display arus netral di mode 09 "internal",

$$I_0(\text{resp.s}) \text{ input c.t ratio}$$

$$\text{mode 10} = 1.0$$

g. Proteksi Motor Start I_{start} :

Tipikal setting untuk I_{start} menurut grafik pada Gambar 3.2 adalah:

$$I_{start} = 4 \times I_E \quad \text{mode 13} = 4.0$$

$$I^2 T_{start} = 32 I_E^2 \text{ detik} \quad \text{mode 14} = 32.0$$

Dari sini maka maximum operating time-nya :

$$t_{start \max} = 32 / 4^2 = 2 \text{ detik.}$$

h. Proteksi thermal overload Δu_1 :

$\Delta u_1 = 95\%$ sampai 110 %. Pilih $\Delta u_1 = 105 \times I_N^2$, maka:

$$\Delta u_1 = 105\% \times I^2 = 105\%. \quad \text{mode 30} = 105$$

$\Delta u_2 = 85\%$ sampai 105%. Pilih $\Delta u_2 = 100\%$, maka:

$$\Delta u_2 = 100\% \times I_{1,2} = 121\% \quad \text{mode 31} = 121$$

Asumsikan:

$$\Delta H_{\Delta u} = 20\% \quad \text{mode 32} = 20$$

$$\text{heating time constan } T = 70 \text{ menit}$$

$$\text{mode 33} = 70$$

$$\text{cooling time constan } T = 200 \text{ menit}$$

$$\text{mode 34} = 200$$

i. Pemilihan fungsi proteksi:

Hanya fungsi-fungsi proteksi yang diberikan di atas yang akan diaktifkan. Dari Manual, maka harga 11 akan diset untuk mode 47.

$$\text{mode 47} = 11$$

Kombinasi ini juga meliputi proteksi NPS (I_2), yang harus dibuat "in-active"

$$\text{mode 05} = 0$$

j. Tripping Logic

Tripping dari $I_{>1,2}$ di-latch dan dibuat melalui relay bantu tripping AR11. Hal ini juga diterapkan untuk tripping I_{start} dan $I_{bl.r.}$

Tripping $I_{>1,2,3}$ dan harus diaktifkan oleh relay bantu tripping AR1.

Pick-up $I_{>3}$ harus disinyalkan dengan relay bantu signalling MRI dan trip I_0 dengan relay signaling bantu MR11.

Berdasarkan Tabel pada Manual, maka:

$$\text{Phase faults } I_{>1}: \quad \text{mode 101} = 0003$$

$$\text{Overcurrent } I_{>1}: \quad \text{mode 103} = 0020$$

$$\text{Earth Fault } I_0: \quad \text{mode 107} = 0200$$

$$\text{Blocked Rotor } I_{bl.r.}: \quad \text{mode 111} = 0002$$

$$\text{Motor Starting } I_{start}: \quad \text{mode 113} = 0002$$

Thermal Overload $\Delta V_1, \Delta V_2$: mode 130 = 0020
 Phase Fault $I > I_2$: mode 141 = 0003
 Overcurrent $I > I_2$: mode 143 = 0020
 Overcurrent $I > I_2$: mode 145 = 1020.

k. Blocking Logic:

Jika suatu signal dipakai untuk memblocking input relay MCX 913, maka whole relay harus diblock dan semua relay bantu direset. Setting yang cocok menurut petunjuk pemakaian adalah:

Link sumbat

S4 = 2-3

Saklar DIL S65

Closed.

Penutup

Dari pembahasan dan uraian yang telah dipaparkan terdahulu, secara garis besar dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Pemasangan Relay MCX 913 untuk transformator step-up akan berfungsi untuk memproteksi transformator terhadap hubungan singkat, arus lebih, *ground fault*, NPS (*Negative Phase Sequence*), *thermal overload* dan proteksi dari arus start yang tinggi.
- Secara teknis, pemasangan Relay MCX 913 dapat menggantikan fungsi beberapa relay proteksi serta menambah beberapa fungsi proteksi. Oleh karena itu jika dimungkinkan oleh pertimbangan yang lain seperti pertimbangan ekonomi, maka dapat dilakukan pemasangan relay dengan setting seperti yang diapaparkan pada tulisan ini.

Daftar Pustaka

- ANSI/IEEE C37.91.1985. (1985). IEEE Guide for Protective Relay Application to Power Transformer.
- Davis, T. (1984). Protection of Industrial Power System. England: Pergamon Press.
- Horowitz, S. H. (1980). Protective Relaying for Power System. New York: IEEE Press.
- Kimbark, E. W. Power System Stability vol. II: Power Circuit Breakers and Protective Relays. New York: John Wiley and Sons.
- Mason, C.R. The Art & Science of Protective Relaying. General Electric co.
- Motor Protection/Overcurrent/Thermal Overload Relay Type MCX 913 (912) Instruction for Installation and Operation, BBC Brown Boveri, 1987.
- Supriyadi, E. (1999). Sistem Pengamanan Tenaga Listrik. Yogyakarta: Adicita Karya Nusa.
- Tobing, B. L. (2003). Peralatan Tegangan Tinggi. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Tocci, R.J. (1991). Digital Systems: Principles and Applications. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc.
- Ward, S., T. Dahlin, and W. Higinbotham. (2004). Improving Reliability for Power System Protection. Paper presented on 58th Annual Protective Relay Conference, Atlanta, GA, April 28-30, 2004.