BAB IV.
RELE PROTEKSI

4.1 Pendahuluan

Rele proteksi suatu peralatan yang didesain untuk mengamankan peralatan system tenaga listrik pada kondisi tidak normal.

Rele proteksi adalah susunan piranti, baik elektronik maupun magnetic yang direncanakan untuk mendeteksi suatu kondisi ketidak normalan pada peralatan listrik yang bisa membahayakan peralatan tersebut. Jika bahaya itu muncul maka relay pengaman akan secara otomatis memberikan sinyal atau perintah untuk membuka pemutus tenaga (circuit breaker) agar bagian yang tergangu dapat dipisahkan dari system yang normal.

Relay proteksi dapat mengamankan peralatan dengan cara mengukur atau membandingkan besaran-besaran yang dirasakanya, misalnya arus, tegangan, daya, sudut phasa, frekuensi, impedansi dan sebagainya. Alat tersebut akan mengambil keputusan seketika dengan perlambatan waktu membuka pemutus tenaga atau hanya memberikan tanda tanpa membuka pemutus tenaga. Disamping itu relay juga berfungsi untuk menunjukan lokasi dan macam gangguanya. Berdasarkan data dari relay maka akan memudahkan kita dalam menganalisis ganguanya.

4.2 Fungsi Relay Proteksi

Pada Prinsipnya relay proteksi yang dipasang pada system tenaga listrik mempunyai 3 macam fungsi, yaitu :

1. Merasakan, mengukur dan menentukan bagian sistem yang terganggu serta megisolasinya.
2. mengurangi kerusakan yang lebih parah dari peralatan yang tergangu
3. mengurangi pengaruh ganguan terhadap bagian sistem yang lain tidak tergangu dalam sistem tersebut serta dapat beroperasi normal.

4.3 Klasifikasi Rele Proteksi

1. Berdasarkan Besaran Input
   -Arus[I]: Relai Arus lebih [OCR] dan Relai Arus kurang [UCR]
   -Tegangan [U] : Relai tegangan lebih [OVR] dan Relai tegangan kurang [UVR]
   -Frekuensi [f] : Relai frekuensi lebih {OFR] dan Relai frekuensi kurang [UFR]
   -Daya [P ; Q] : Relai daya Max / MinRelai arah / Directional
   Relai Daya balik
   -Impedansi [Z] : Relai jarak [Distance]
   -Beda arus : Relai diferensial
2. Berdasarkan Karakteristik Waktu kerja
   -Seketika [Relai instsnt / Moment /high speed]
   -Penundaan waktu [time delay]
   Definite time relay
   Inverse time relay
   -Kombinai instant dengan tunda waktu
3. Berdasarkan jenis kontak
   -Relai dengan kontak dalam keadaan
   normal terbuka [normally open contact]
   -Relai dengan kontak dalam keadaan
   normal tertutup [normally close contact]

4. Berdasarkan Fungsi

-Relai Proteksi

-Relai Monitor

-Relai programming ; Reclosing relay synchro check relay

- Relai pengaturan {regulating relay]

-Relai bantu sealing unit, lock out relay, closing relay dan tripping relay

5 Berdasarkan Prinsip Kerja

-Tipe Elektromekanis

a. Tarikan magnit ; - tipe Plunger
- tipe hinged armature
- tipe tuas seimbang

b. Induksi : - tipe shaded pole
- tipe KWH
- tipe mangkok { Cup]

-Tipe Thermis

-Tipe gas ; relai buccholz

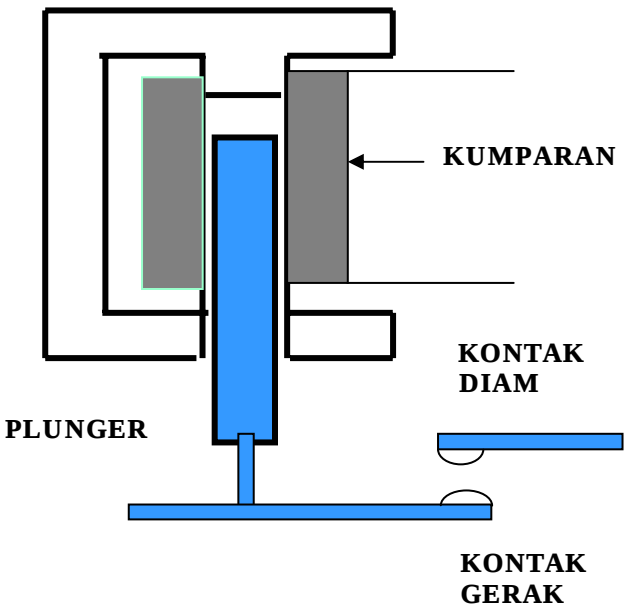
-Tipe Tekanan ; pressure relay

-Tipe Statik [Elektronik]

1. Tipe Plunger (silinder).

Bila kumparan diberi arus melebihi nelai pick upnya, maka plunger akan bergerak keatas dan terjadi penutupan kontak. Gaya yang ditimbulkan sebanding dengan kwadrat arus pada kumparan.

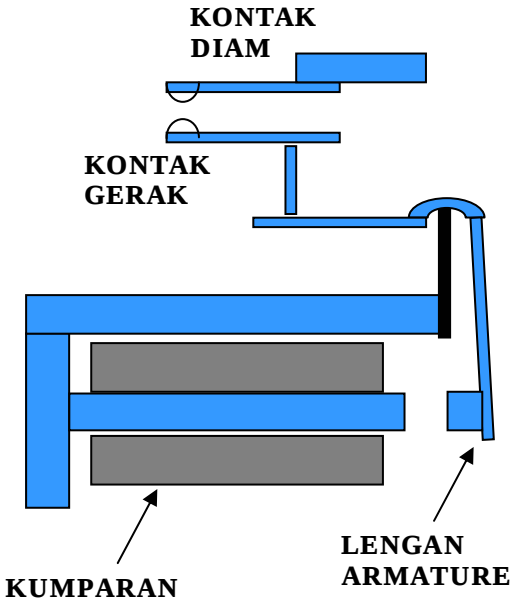
Rele ini mempunyai waktu kerja yang cepat, sehingga banyak digunakan sebagai rele instantaneous, dimana prinsip relay ini dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah



Gambar 4.1 Prisip dasar relay tipe plunger (silinder

2. Tipe Hinged Armature (kedudukan engsel).

Bila kumparan diberi arus maka lengan akan tertatik sehingga ujung lengan yang lain akan menggerakkan kontak. Gaya elektromagnetik juga sebanding dengan kwadrat arus kumparan. Tipe ini banyak digunakan sebagai rele bantu, karena dapat mempunyai kontak yang banyak dan kontaknya mempunyai kapasitas pemutusan arus yang lebih besar, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.2 dibawah.

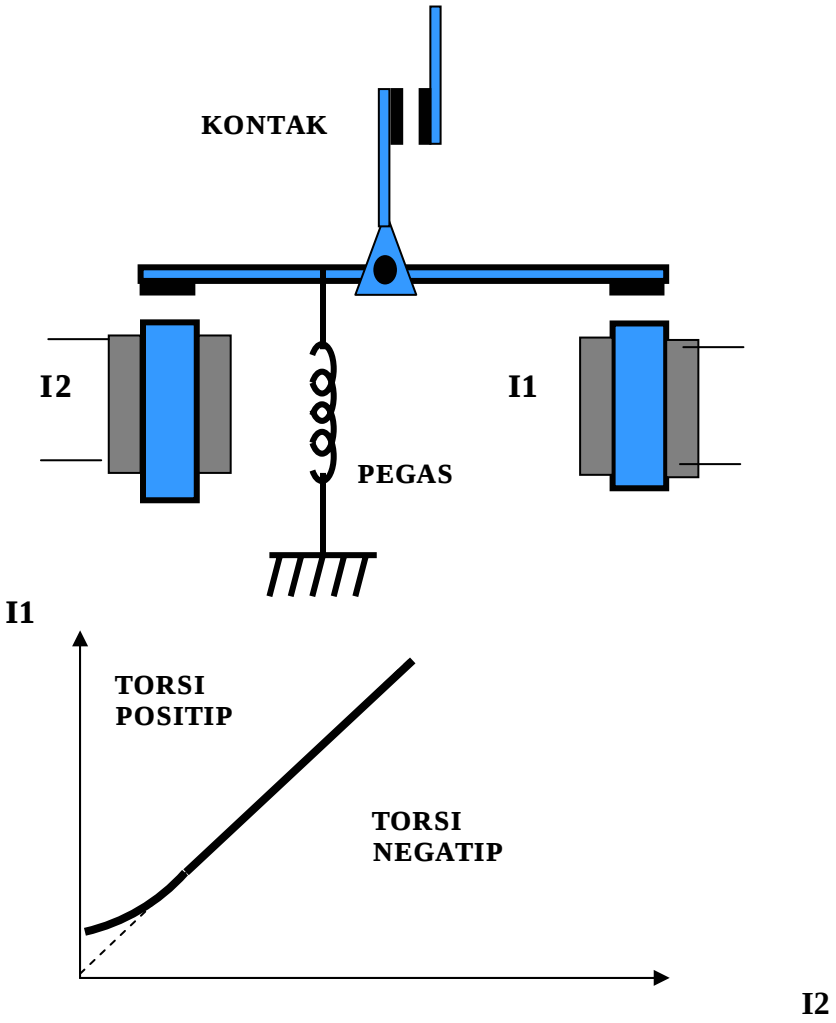


Gambar 4.2 Prinsip dasar relay tipe hinged armature (kedudukan engsel)

3. Tipe Tuas Seimbang [Balance Beam]

Tipe ini terdiri dari dua kumparan yitu kumparan kerja dan penahan dalam keadaan seimbang , dimana gaya pegas diabaikan maka $I_1/I_2 = K$ [konstanta]. Bila I_1/I_2 lebih besar dari K maka rele akan menutup kontak. Bila I_1/I_2 lebih kecil dari K maka rele akan membuka kontak.

Tipe ini banyak digunakan sebagai rele differential dan rele jarak untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.3 dibawah.



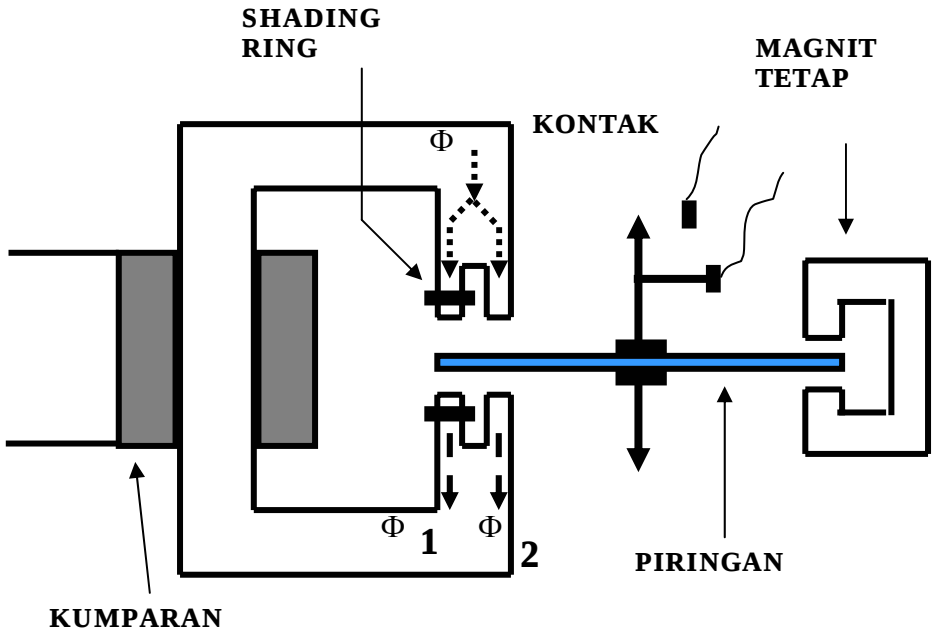
Gambar 4.3 Prinsip dasar relay tipe tuas seimbang [balance beam]

4. Tipe Shaded Pole Induction Disk (kutub piringan induksi)

Terjadi beda sudut fasa antara flux 2 dengan flux 1, kedua flux ini akan menginduksikan arus pusar pada piringan. Interaksi antara kedua flux tersebut akan menimbulkan torsi dan menggerakkan piringan, karena kontak gerak dipasang pada poros maka kontak akan menutup

Terjadi beda sudut fasa antara flux 2 dengan flux 1, kedua flux ini akan menginduksikan arus pusar pada piringan. Interaksi antara kedua flux tersebut akan menimbulkan torsi dan menggerakkan piringan, karena kontak gerak dipasang pada

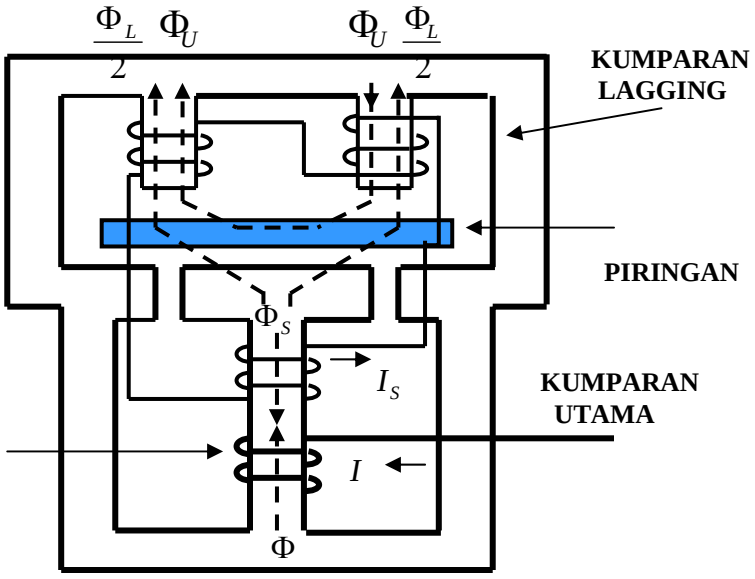
poros maka kontak akan menutup, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.4 dibawah.



Gambar 4.4 Prinsip dasar relay tipe shaded pole induction disk (kutub piringan induksi)

5. Tipe Wattmetrik [KWH]

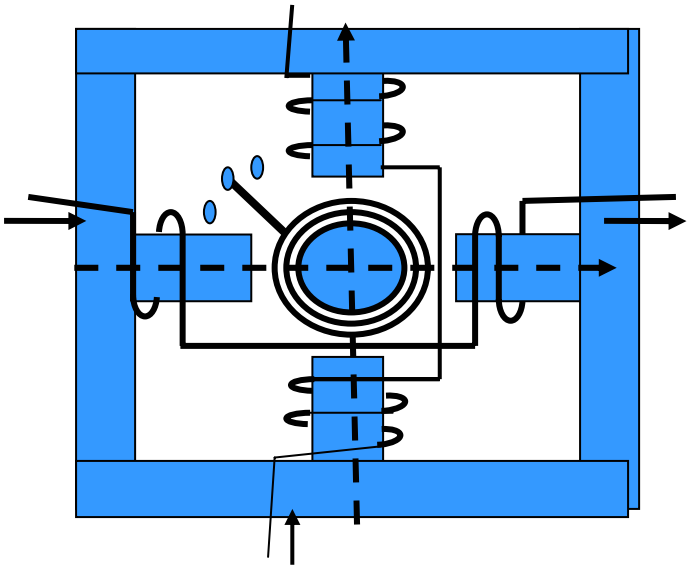
Interaksi antara flux U dan terhadap flux yang diperoleh dari arus pusar yang diinduksikan pada piringan akan menggerakkan piringan untuk berputar. Putaran ini akan menutup kontak. Umumnya karakteristik tunda waktunya adalah invers, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.4 dibawah.



Gambar 4.4 Prinsip dasar relay tipe Wattmetrik [KWH]

6. Induksi CUP

Prinsipnya sama seperti motor induksi terdapat rotor aluminium berbentuk silinder yang ditengahnya inti magnetik sehimngga silinder tersebut dapat berputar. Pada silinder dipasang kontak gerak dan dapat menutup kontak kekiri atau kekanan, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.5 dibawah.



Gambar 4.5 Prinsip dasar relay tipe Induksi CUP

7. Relai Statik / Elektronik.

Relai ini bekerja berdasarkan semi konduktor dimana penjelasannya dapat diperhatikan keterangan dibawah

Unit- unit dasar dari relai statik:

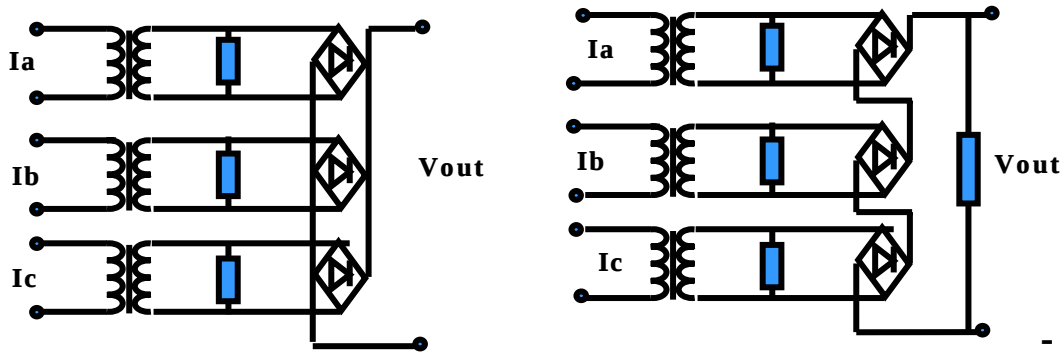
1. Sircuit input ini biasanya dengan menggunakan intermediate travo arus
2. Rectifier / penyearah
3. Level detector
4. Timer/integrator
5. Polarity detector
6. Comparator

1. Sircuit input [INTERMEDIATE CT DAN RECTIFIER]

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.6 dibawah.

Autput tergantung dari tegangan instant yang tertinggi

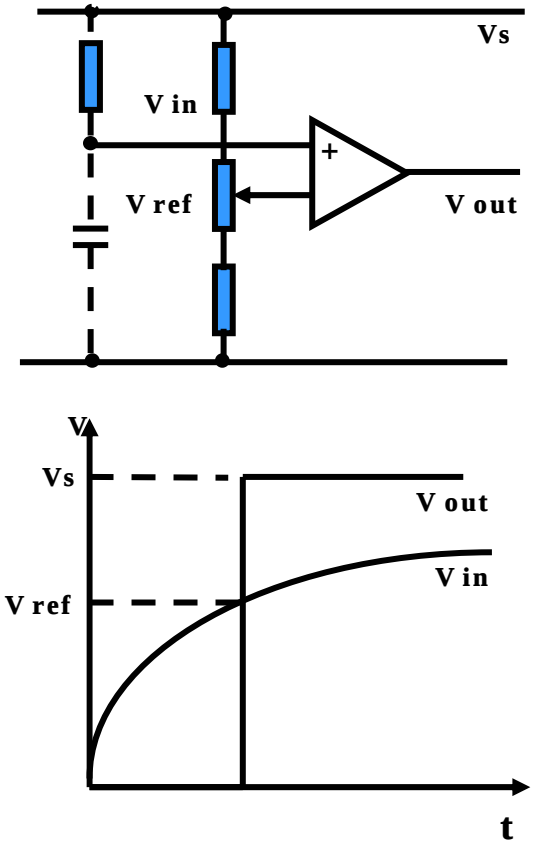
Autput tergantung dari Arus instant yang tertinggi



Gambar 4.6 Prinsip dasar relay elektronika tipe Sircuit input

2. Level detector

Level detector DC digunakan untuk mendeteksi bila level tegangan DC pada input melebihi set levelnya. Bila level ini dilampaui maka autput dari level detector berubah dari kondisi matib menjadi hidup dan autput akan menggerakkan rele output, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.7 dibawah.

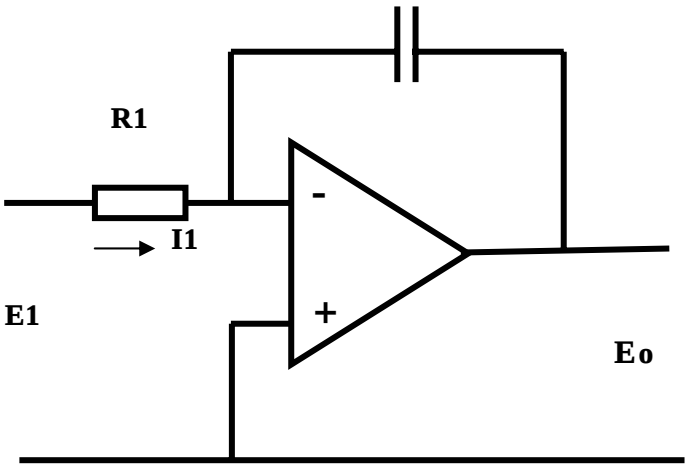


Gambar 4.7 Prinsip dasar relay elektronika tipe level detector.

3. Integrator / Timing Circuit.

Sircuit integrator banyak digunakan dalam relai statik ,. Input arus E1/R1 dalam feedback loop capasitif lewat C. Inverter terminal input adalah pada common earth potensial , jadi tegangan pada C menjadi sama dan berlawanan dengan Eo. Eo sebanding dengan integral dari E1.

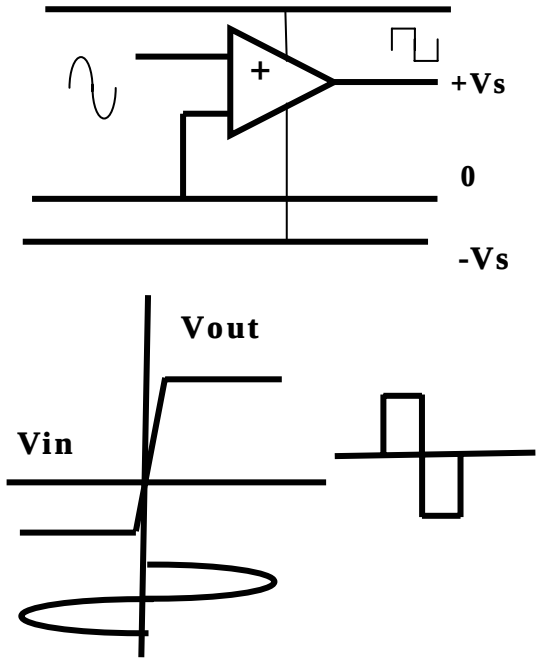
Sircuit ini dapat digunakan sebagai relai waktu dimana kecepatan perubahan dari output sebanding dengan besarnya sinyal input. untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.8 dibawah.



Gambar 4.8 Prinsip dasar relay elektronika tipe integrator

5. Polarity Detector

Input signal adalah gelombang sinus yang mana diubah ke bentuk gelombang kotak oleh gain amplifier. 0utput signal pada dasarnya adalah digital yang hanya mempunyai dua keadaan tinggi dan rendah (high dan low), untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.9 dibawah.



Gambar 4.9 Prinsip dasar relay elektronika tipe ipolaritas detector

5. Komparator

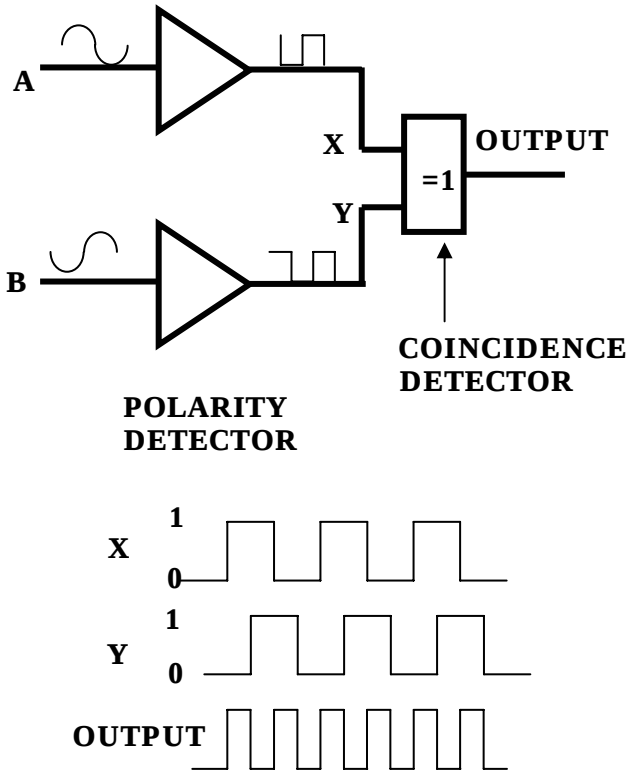
Untuk lebih jelasnya, relai yang mempunayai in out lebih dari satu maka digunakan Komparator. Misalnya yang digunakan pada relai daya atau directional dan relai jarak

Tipe-tipe Komparator 1. Koparator amplitudo
2. Komparator fasa

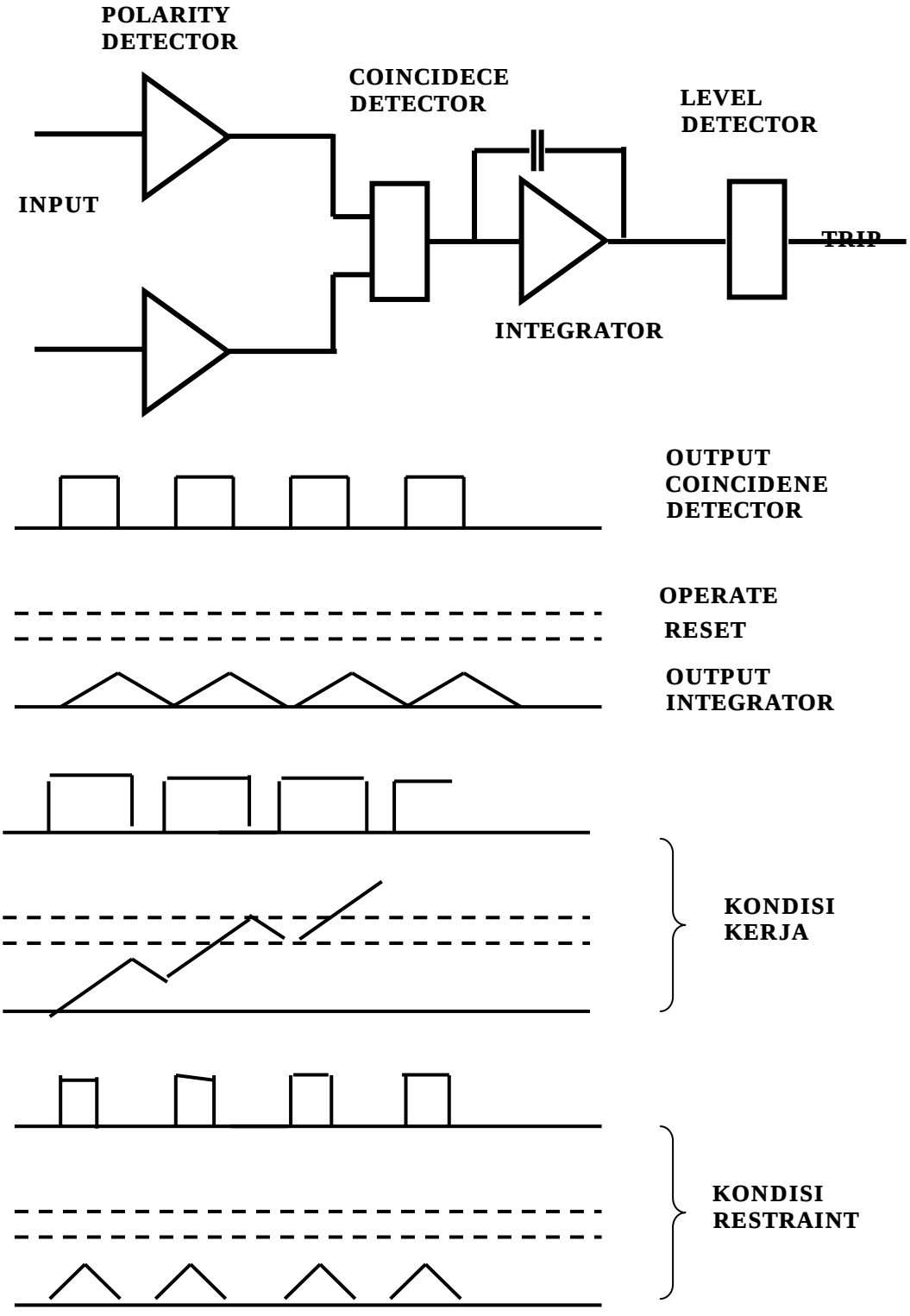
1. Koparator amplitudo

Mengukur beda fasa antara dua input gelombang sinus A dan B. Kedua gelombang ini diubah kebuntuk kotak.

Kedua gelombang kotak mempunyai sisi-sisi yang sesuai dengan gelombang sinusnya , dan dibandingkan dengan gerbang exclusive OR yang berbentuk logik. Gelombang logik ini mempunyai sifat hanya akan memberi uotput bila salah satu ada signal, tetapi tidak kedua-duanya dan bekerja sebagai polarity concidence detector, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.10 dibawah.



Gambar 4.10a Prinsip dasar relay tipe comparator satu tingkat

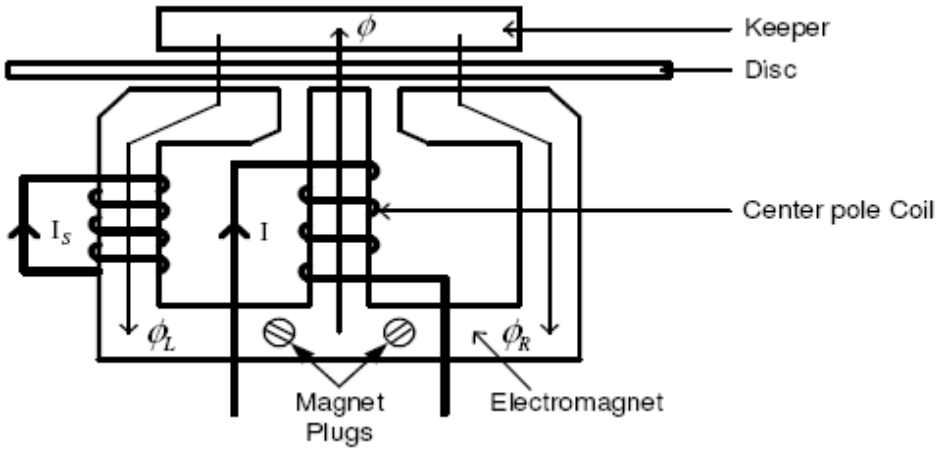


Gambar 4.10b Prinsip dasar relay comparator dua tingkat

4.4 Rele arus lebih tipe induksi

Rele arus lebih adalah rele proteksi yang memberikan respon dengan adanya arus tertentu dan cara kerjanya simpel dan harganya lebih murah. Proteksi arus lebih berbeda dengan proteksi beban lebih. Dimana proteksi arus lebih adalah untuk mengamankan arus gangguan dan proteksi beban lebih untuk pemakaian beban

Rele arus lebih induksi piringan (*disk*) memberikan waktu operasi *inverse* dengan suatu karakteristik waktu minimum tertentu (*definite minimum time*). Rele mempunyai dua elektromaknit. Elektromaknit bagian atas mempunyai dua lilitan yang terdiri primer dan sekunder yang dihubungkan ke Transformator Arus (CT) dari saluran untuk daerah pengamanan dan membuka dengan waktu yang dapat ditentukan. Seperti gambar dibawah

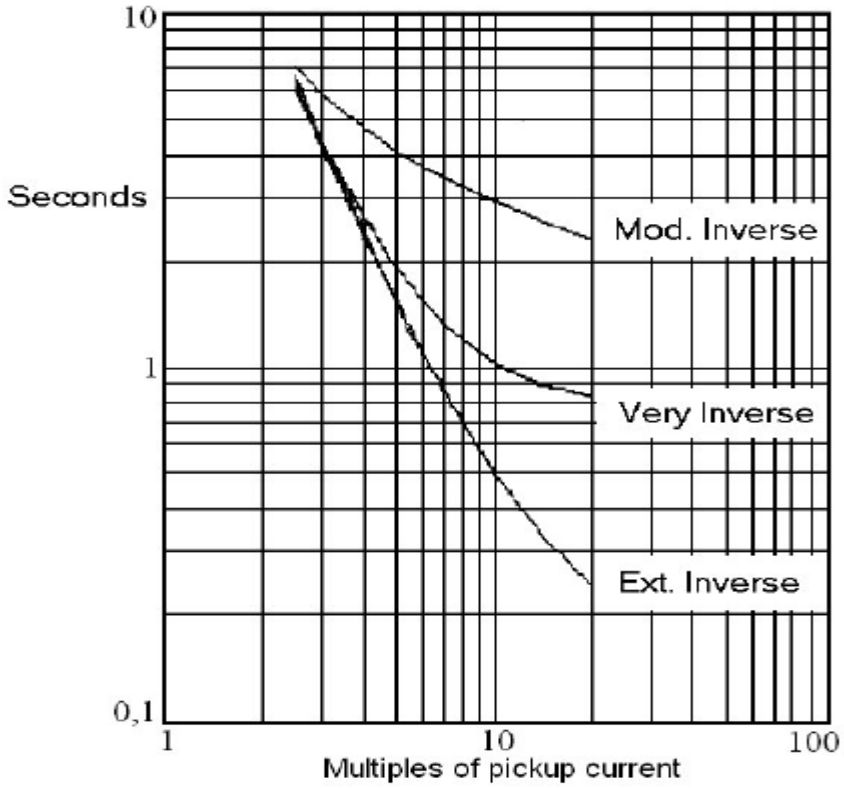


Gambar 4.11 Rele tipe induksi piringan (*disk*)

Tipe rele ini terdiri dari implementasinya terdiri dari tiga kutub elektromagnet. Tenaga operasi untuk rele adalah menggunakan lilitan pada pusat kutub inti. Salah satu kutub bagian luar dilengkapi dengan lilitan dengan suatu kelambatan dan kutub yang satu lagi tenpa lilitan. Arus (I) pada lilitan utama menghasilkan flux (Φ), yang dihasilkan melalui piringan sampai ke penjaga (*keeper*). Φ ini mengarah ke Φ_L sebelah kiri dan Φ_R sebelah kanan, maka $\Phi = \Phi_L + \Phi_R$. Dihubung singkatnya lilitan ketinggalan pada kaki kiri menyebabkan Φ_L ketinggalan dari Φ_R dan Φ. Dengan fundamental arus fick-up dimasuki, maka torsi dari maknit yang cukup untuk menjadi sumber pengendalian dan

menyebabkan piringan mulai bergerak. Torsi ini mengakibatkan interaksi antara piringan dengan arus yang dihasilkan dari masing masing kutub dan dua kutub flux yang lain.(Horowitz, 1992)

Standard kurva karakteristik arus – waktu dari *inverse times over current* rele diperlihatkan pada gambar dibawah (IEEE standard inverse-time, vol.14 1996)



Gambar 4.12 Kurva dari karakteristik *inverse time over current* rele

Berhubungan dengan persamaan pada tipe rele induksi piringan yang berputar maju posisi penuh . Torsi operasi adalah sebanding untuk akar-akar arus dan sama dengan penjumlahan dari *moment inersia* waktu piringan dipercepat.

Maka untuk pengaturan torsi memberikan persamaan dibawah

$$K_I . I^2 = m\frac{d\theta}{dt^2} + K_d \frac{d\theta}{dt^2} + \frac{\tau_F - \tau_S}{\theta_{\max}}\theta + \tau_S \quad \text{.....(2.41)}$$

dengan θ = putaran piringan

θ_{max} = putaran piringan untuk kontak menutup

K_I = hubungan arus dengan torsi konstan

m = momen inersia piringan

I = arus input

K_d = faktor tarikan maknit

τs = torsi awal

τ_F = torsi maximum

Momen inersia dari piringan kecil maka diabaikan dan sumber torsi digambarkan konstan, sebab dari gradien kompensasi menambah torsi yang menyebabkan memperlambat dari piringan, maka persamaan diatas dapat disederhanakan

$$K_I . I^2 - \tau_S = K_d \frac{d\theta}{dt} \quad \text{.....(2.42)}$$

Konstanta K_I dapat dihilangkan dengan mengenalkan M yang mana ratio dari arus masukan I untuk memulai menggerakan piringan (arus pick up) bila M = I/Ipu

Maka integral persamaan (42)

$$\theta = \int_0^{T_0} \frac{\tau_S}{Kd}\left(M^2 - 1\right)dt \quad \text{.....(2.43)}$$

Dengan T_0 adalah waktu yang butuhkan untuk putaran piringan untuk putaran penuh. Persamaan (43) sama sama dibagi dengan θ maka persamaan dinamik

$$\int_0^{T0} \frac{\tau_S}{Kd\theta}\left(M^2 - 1\right)dt = \int_0^{To} \frac{1}{t(I)}dt = 1 \quad \text{.....(2.44)}$$

t(I) adalah karakteristik arus waktu dan konstanta $A = K_d\theta/\tau_S$. Terakhir persamaan arus waktu adalah ,

$$\text{t(I)} = \frac{\frac{Kd\theta}{\tau_S}}{M^2 - 1} = \frac{A}{M^2 - 1} \quad \text{.....(2.45)}$$

Tersambungnya kontak kontak tergantung pada nomor lilitan yang digunakan dan dapat diatur dengan memberikan arus setting yang diinginkan. Dengan terminalnya terdiri dari tujuh tap untuk batas dari 50 % - 200 % dalam batas 25 %. Jika rele kembali merespon untuk gangguan maka tingkatan disusun untuk memberikan batas 10 % - 70 %. Penyesuaian dari setting arus adalah dengan memasukkan suatu pin antara sumber

jepitan dibebani dari soket jembatan (pada nilai batas) . Ketika pin ditukar berarti menukar nilai settting pada rele . Rele dengan otomatis untuk setting yang paling tinggi. Selanjutnya transformator arus sekunder (CTs) tidak membuka rangkaian. Lilitan kedua, merupakan kekuatan induksi dari sisi primer, dan dihubungkan seri dengan lilitan pada maknit

Rele arus lebih tipe induksi memberikan waktu operasi *inverse* dengan suatu karakteristik waktu minimum tertentu (*definite minimum time*). Rele mempunyai dua elektromaknit. Elektromaknit bagian atas mempunyai dua lilitan yang terdiri primer dan sekunder yang dihubungkan ke Transformator Arus (CT) dari saluran untuk daerah pengamanan dan membuka dengan waktu yang ditentukan. Tersambungnya kontak kontak tergantung pada nomor lilitan yang digunakan dan dapat diatur dengan memberikan arus setting yang diinginkan. Dengan terminalnya terdiri dari tujuh tap untuk batas dari 50 % - 200 % dalam batas 25 %. Jika rele kembali merespon untuk gangguan tanah maka tingkatan disusun untuk memberikan batas 10 % - 70 %. Penyesuaian dari setting arus adalah dengan memasukkan suatu pin antara sumber jepitan dibebani dari soket jembatan (pada nilai batas) . Ketika pin ditukar berarti menukar nilai settting pada rele . Rele dengan otomatis untuk setting yang paling tinggi. Selanjutnya transformator arus sekunder (CTs) tidak membuka rangkaian. Lilitan kedua, merupakan kekuatan induksi dari sisi primer, dan dihubungkan seri dengan lilitan pada maknit

Torsi pada rele arus lebih elektromekanik tipe induksi ini persamaan adalah:

$$T = k \cdot I^2 rms - k_2 \quad \text{(2.46)}$$

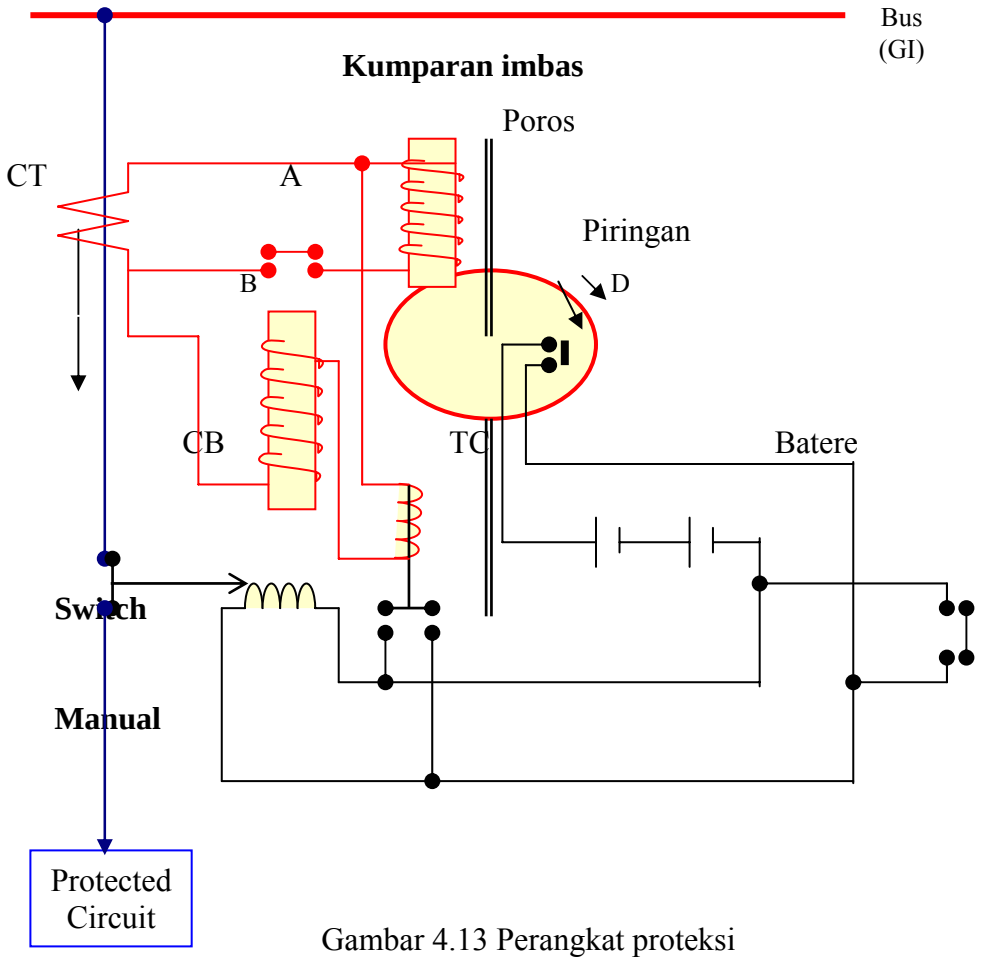
Dengan Irms = Arus rms yang lewat pada lilitan

k_2 = torsi kerja dari sumber.

Piringan alumanium akan menggerakkan kontak yang mana menutup kedua ujung kontak (kontak menutup), ketika piringan mempunyai rotasi sudut, dapat diatur 0^0 - 360^0 dan tergantung kepada setting rele .

4.5 Prinsip kerja rele arus lebih elektromekanik tipe induksi

Secara umum pemakaian rele arus lebih sebagai proteksi hubungan singkat dan keadaan-keadaan tidak normal pada operasi system distribusi tenaga listrik, lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah:



Gambar 4.13 Perangkat proteksi

Dengan piranti proteksi adalah sebagai berikut:

1. Transformatur arus (CT)
2. Transformator tegangan (PT)
3. *Circuit Breaker* (CB)
4. Batere
5. *Tripping Coil* (TC)
6. Rele

- B Elektromaknit untuk meutup kontak A
- A Kontak penutup rankaian kumparan imbas
- C Kontak-kontak yang ditutup oleh pal D
- D Pal penutup kontak yang terletak pada keping imbas, yang berputar bersama piringan.

Rele elektromaknetik terdiri dari rangkaian listrik yang menggerakkan suatu mekanisme yang pada akhirnya harus mentripkan CB. dengan jalan menutup kontak pemberi arus *trip coil* (TC) dari CB.

Apabila arus beban melebihi nilai tertentu maka kontak A menutup dan arus akan mengalir melalui elektromaknit kumparan imbas yang akan memutar piringan. Berputarnya piringan akan membawa pal D yang akhirnya menutup kontak C dan menyebabkan TC bekerja menjatuhkan CB.

Dari uraian diatas tampak bahwa lamanya waktu, yang menentukan lamanya rele bekerja ditentukan oleh penyetelan jarak pal D dengan kontak E. Sedangkan besarnya arus yang menyebabkan rele bekerja ditentukan dengan penyetelan pegas yang menahan penutupan kontak A.

Tripping Coil Instantenous (TCI) adalah untuk instantenous trip yaitu rele akan bekerja tampa *time delay* untuk nilai arus diatas harga tertentu yang bias menyebabkan kumparan TCI bekerja dan lansung mengerjakan trip coil (TC) yang menjatuhkan CB. Karena pada rele ini bekerjanya yang melebihi arus nominalnya yang sebanding dengan arus beban, maka rele ini disebut rele arus lebih.