

DESAIN PENGONTROLAN STARTING MOTOR INDUKSI TIGA PHASA BERKAPASITAS 2.5 MW DENGAN MENGGUNAKAN AUTOTRANSFORMATOR

Ganda Muharetana, Noveri Lysbeti Marpaung

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Email: Gandamuharetana1990@gmail.com

ABSTRACT

Three phase induction motor is very widely used as a driving force in the industry because many have the advantage, but there are also disadvantages. Advantages of three phase induction motor that is strong and sturdy, cheap and reliable, high efficiency on the state of normal work, and perawatanya easy, while weaknesses such as the current starting of the initial reach five to seven times the nominal current motor work full load, especially for motor big power. Use of the method of induction motor starting using autotransformator can reduce the starting current induction motor so that the motor starting currents induced not by starting to use the method of direct on line (DOL). The use of multiple tap for starting a good thing to do because it can prevent the starting current is suddenly soared, so that the starting current could rise bertahap. Adapun objectives of workmanship of this study are: Designing Control Design Three Phase Induction Motor Starting Capacity 2.5 MW With using Autotransformator, so that it can cope with the weakness of the current induction motor in the form of initial starting of reaching five to seven times.

Keywords : Induction Motor Starting, Autotransformator

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di masa sekarang sangat pesat pertumbuhannya, hal itu terlihat dari semakin banyaknya industri-industri yang berdiri dan memproduksi alat-alat teknologi masa kini. Motor-motor induksi sangat penting penggunaannya sebagai alat bantu penggerak peralatan lain seperti pada industri perakitan alat-alat transportasi, perakitan alat berat maupun pada industri pertambangan motor induksi juga sangat dibutuhkan, paling banyak digunakan dalam industri dengan skala besar maupun kecil dan di dalam rumah tangga alasannya adalah bahwa karakteristiknya hampir sesuai dengan kebutuhan dunia industri, pada umumnya

dalam kaitannya dengan harga, kesempurnaan, pemeliharaan, dan kestabilan kecepatan.

Motor induksi (*asinkron*) ini pada umumnya hanya memiliki satu suplai tenaga yang mengeksitasi belitan stator, belitan rotornya tidak terhubung langsung dengan sumber tenaga listrik, melainkan belitan ini dieksitasi oleh induksi dari perubahan medan magnetik yang disebabkan oleh arus pada belitan stator. Hampir semua motor AC yang digunakan adalah motor induksi, terutama motor induksi tiga fasa yang paling banyak dipakai di perindustrian.

Secara umum motor induksi tiga fasa dapat *distartkan* baik secara langsung ke rangkaian ataupun dengan mengenakan tegangan yang

telah dikurangi ke motor selama periode *starting*. Motor yang distart pada tegangan penuh akan menghasilkan kopel *start* yang lebih besar sehingga arusnyapun besar dibanding jika motor distart pada tegangan yang dikurangi. Tegangan yang dikurangi yang diberikan pada motor selama periode *starting* akan mengurangi arus *starting*, dan pada saat yang sama menambah waktu percepatan karena kopel *start* yang berkurang.

Motor induksi tiga fasa sangat banyak dipakai sebagai penggerak di perindustrian karena banyak memiliki keuntungan, tetapi ada juga kelemahannya. Keuntungan motor induksi tiga fasa yaitu kokoh dan kuat, murah dan dapat diandalkan, efisiensi yang tinggi pada keadaan kerja normal, dan perawatannya mudah, sedangkan kelemahannya berupa arus pengasutan awal yang mencapai lima hingga tujuh kali dari arus nominal kerja motor beban penuh, terutama untuk motor berdaya besar.

Berdasarkan latar belakang yang disampaikan diatas, maka kelemahan yang dimiliki motor induksi berupa arus pengasutan awal yang mencapai lima hingga tujuh kali, dalam perumusan masalah akan diangkat tentang desain pengontrolan starting motor induksi tiga fasa berkapasitas 2.5 MW dengan menggunakan autotransformator.

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari pengerjaan Skripsi ini yaitu : Merancang Desain Pengontrolan Starting Motor Induksi Tiga Fasa Berkapasitas 2.5 MW Dengan Menggunakan Autotransformator, sehingga dapat menanggulangi kelemahan motor induksi berupa arus pengasutan awal yang mencapai lima hingga tujuh kali.

Agar penelitian ini lebih terarah dan mendapatkan hasil sesuai dengan yang diharapkan, maka penulis menetapkan batasan-batasan masalah yang diteliti yaitu:

1. Tidak membahas masalah pengereman.
2. Tidak membahas masalah pembebanan.

3. Tidak membahas pengaturan kecepatan motor induksi
4. Autotransformator hanya di bahas secara umum

II. METODE PENELITIAN

Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi adalah motor listrik arus bolak-balik yang putaran rotornya tidak sama dengan putaran medan stator, dengan kata lain putaran rotor dengan putaran medan pada stator terdapat selisih putaran yang disebut slip. Motor induksi merupakan motor yang memiliki konstruksi yang baik, harganya lebih murah dan mudah dalam pengaturan kecepatannya. Disamping itu motor induksi juga memiliki efisiensi yang tinggi saat berbeban penuh dan tidak membutuhkan perawatan yang banyak. Akan tetapi jika dibandingkan dengan motor DC, motor induksi masih memiliki kelemahan dalam pengaturan kecepatan. Dimana pada motor induksi pengaturan kecepatan sangat sukar untuk dilakukan, sementara pada motor DC hal ini tidak tidak dijumpai.

Jenis Motor Induksi Tiga Fasa

Ada dua jenis motor induksi tiga fasa berdasarkan rotornya yaitu:

1. Motor induksi tiga fasa sangkar tupai (squirrel-cage motor).
Penampang motor sangkar tupai memiliki konstruksi yang sederhana. Inti stator pada motor sangkar tupai tiga fasa terbuat dari lapisan – lapisan pelat baja beralur yang didukung dalam rangka stator yang terbuat dari besi tuang atau pelat baja yang dipabrikasi. Lilitan – lilitan kumparan stator diletakkan dalam alur stator yang terpisah 120 derajat listrik. Lilitan fasa ini dapat tersambung dalam hubungan delta (Δ) ataupun bintang (Y).
2. Motor induksi tiga fasa rotor belitan (wound-rotor motor).
Motor rotor belitan (motor cincin slip) berbeda dengan motor sangkar tupai dalam hal konstruksi rotornya. Seperti

namanya, rotor dililit dengan lilitan terisolasi serupa dengan lilitan stator. Lilitan fasa rotor dihubungkan secara Y dan masing – masing fasa ujung terbuka yang dikeluarkan ke cincin slip yang terpasang pada poros rotor.

Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi adalah peralatan pengubah energi listrik ke bentuk energi mekanik. Pengubahan energi ini bergantung pada keberadaan fenomena alami magnetik, medan listrik, gaya mekanis dan gerak.

Jika pada belitan stator diberi tegangan tiga fasa, maka pada belitan stator akan mengalir arus tiga fasa, arus ini menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron (n_s). Medan magnet ini akan memotong belitan rotor, sehingga pada belitan rotor akan diinduksikan tegangan yang sama seperti tegangan yang diinduksikan dalam lilitan sekunder transformator oleh fluksi yang dihasilkan arus pada belitan primer.

Rangkaian rotor merupakan rangkaian tertutup, baik melalui cincin ujung atau tahanan luar. Tegangan induksi pada rotor akan menghasilkan arus yang mengalir pada belitan rotor. Arus yang mengalir pada belitan rotor berada dalam medan magnet yang dihasilkan stator, sehingga pada belitan rotor akan dihasilkan gaya (F). Gaya (F) ini akan menghasilkan torsi (τ), jika torsi yang dihasilkan lebih besar dari torsi beban, maka rotor akan berputar dengan kecepatan yang searah dengan medan putar stator. dan jelas serta konsisten dengan cara penulisan yang baku.

METODOLOGI PENELITIAN

Data di lapangan

Pengumpulan atau pengambilan data pada penelitian dilakukan di lapangan dengan mengambil spesifikasi motor yang akan dikontrol. Tujuan dari pengambilan data di lapangan agar data yang diperoleh merupakan data terbaru. Dari data-data yang telah dikumpulkan digunakan untuk menentukan

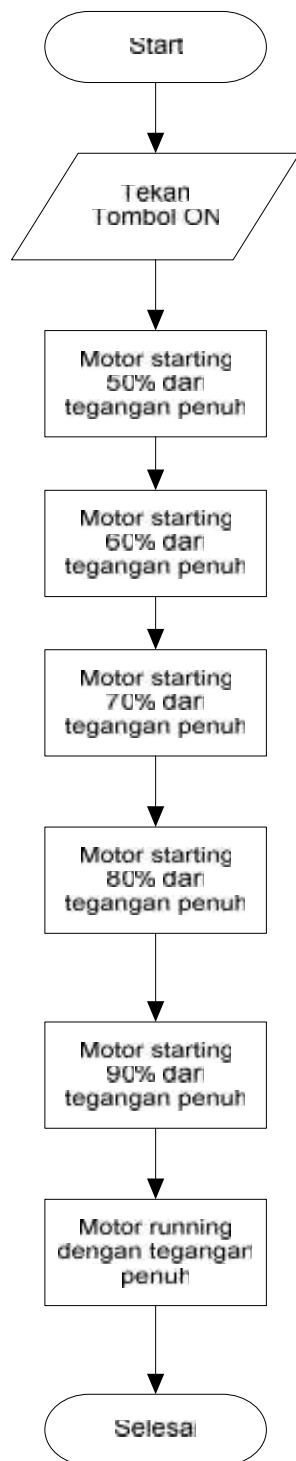
variabel-variabel data penelitian yang akan digunakan.

Adapun variabel data yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Motor induksi tiga phasa Daya keluar 2380kW, Merk Fuji Elektrik, Tipe MRA4231B, Arus Nominal 470 A, Tegangan Nominal 3300V, Frekuensi 50 Hz, Kecepatan putaran 2980rpm, kutub/poles 2, Insulation class f.
2. Autotransformer
3. Vacum Kontaktor
4. Vacum Breaker
5. Kontaktor
6. Panel Kontrol.
7. Breake

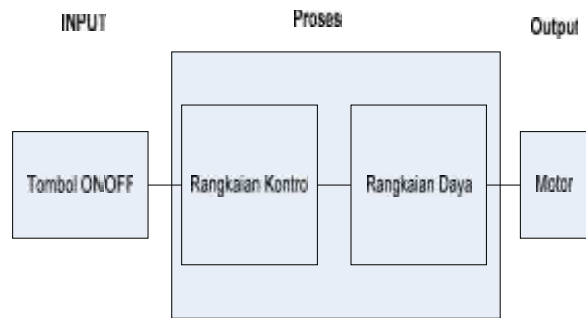
Flowchart perancangan cara kerja sistem pengontrolan

Perancangan cara kerja sistem pengontrolan yang akan diterapkan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut dibawah ini.



Rangkaian Sistem Kendali motor induksi tiga fasa

Tahapan perancangan sistem pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.3 Rangkaian Perancangan Sistem dibawah ini.



Fungsi setiap blok gambar rangkaian sistem pengontrolan starting motor tiga phasapada Gambar 3.3 diatas.

1. Tombol ON

Tombol ON berfungsi untuk mengaktifkan rangkaian kontrol. Komponen ini merupakan komponen yang terdapat pada blok input pada blok diagram. Tombol ON menggunakan push button (sakelar mekanis) untuk menghindari error jika menggunakan sakelar

2. Tombol Off

Tombol off ini berfungsi untuk mematikan rangkaian kontrol. Komponen ini merupakan komponen yang terdapat pada blok input pada blok diagram

3. Kontaktor

Kontaktor merupakan komponen yang banyak terdapat pada panel kontrol. Kontaktor-kontaktor ini berguna untuk mengontrol bekerjanya vacuum contactor mulai dari tap 50%, 60% hingga mencapai tap 100%. Komponen ini terdapat pada blok proses

4. Timer On Delay

Timer On Delay ini berfungsi sebagai pengatur pergantian tap autotransformator motor induksi yang akan dikontrol. Komponen ini terdapat pada bagian blokm proses.

5. Lampu

Lampu merupakan penanda pada rangkaian kontrol bahwa tiap bagian dari kontrol dari pengontrolan motor induksi telah bekerja.

Komponen ini terdapat pada bagian blok proses.

6. Vacuum Contactor

Vacuum contactor merupakan komponen listrik yang mengontrol langsung motor induksi tiga fasa. Vacuum contactor ini dikontrol oleh kontaktor yang terdapat pada panel kontrol. Komponen ini terdapat pada bagian blok proses.

7. Motor Induksi tiga fasa

Motor induksi tiga fasa ini merupakan beban/output yang nantinya akan digerakkan /dikendalikan oleh blok proses.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Rangkaian Kontrol Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Autotransformator

Dari perancangan penggunaan peralatan dan bahan pada bab sebelumnya, maka dibuatlah rangkaian kontrol seperti yang bisa dilihat pada gambar di bawah ini

Seperti yang telah disebutkan padaperancangan rangkaian kontrol motor induksi tiga fasa, alat pengontrolan tidak menggunakan alat-alat elektronik elektronik seperti PLC, mikrokontroler karena alat-alat tersebut tidak dapat bekerja normal pada saat motor tersebut start. Jadi pada rangkaian kontrol lebih ditekankan pada penggunaan sakelar-sakelar mekanis, kontaktor dan timer on delay.

Kontaktor-kontaktor yang digunakan pada rangkai adalah sebagai berikut:

1. Kontaktor K1

Kontaktor K1 merupakan kontaktor utama yang berguna untuk mengontrol seluruh rangkaian, di mana jika kontaktor ini diaktifkan maka seluruh rangkaian kontrol akan bekerja dan jika kontaktor ini dimatikan maka seluruh rangkaian ini akan tidak bekerja. Selain itu jika kontaktor ini diaktifkan maka kontaktor vakum (KV7) akan langsung aktif dan memberikan suplai tegangan pada belitan primer pada autotransformer.

2. Kontaktor K2

Kontaktor K2 berfungsi untuk mengaktifkan vacuum kontaktor 1 (KV1) yang akan menstart awal motor induksi tiga fasa pada autotransformator tap 1 (50%)

3. Kontaktor K3

Kontaktor K3 berfungsi untuk mengaktifkan vacuum kontaktor 2 (KV2) yang akan menstart awal motor induksi tiga fasa pada autotransformator tap 2 (60%)

4. Kontaktor K4

Kontaktor K4 berfungsi untuk mengaktifkan timer on delay T2. Kontaktor ini menjaga tegangan suplai pada timer on delay T2 selama rangkaian kontrol mendapat suplai tegangan.

5. Kontaktor K5

Kontaktor K5 berfungsi untuk mengaktifkan vacuum kontaktor 3 (KV3) yang akan menstart awal motor induksi tiga fasa pada autotransformator tap 3 (70%)

6. Kontaktor K6

Kontaktor K6 berfungsi untuk mengaktifkan timer on delay T3. Kontaktor ini menjaga tegangan suplai pada timer on delay T3 selama rangkaian kontrol mendapat suplai tegangan.

7. Kontaktor K7

Kontaktor K7 berfungsi untuk mengaktifkan vacuum kontaktor 4 (KV4) yang akan menstart awal motor induksi tiga fasa pada autotransformator tap 4 (80%)

8. Kontaktor K8

Kontaktor K8 berfungsi untuk mengaktifkan timer on delay T4. Kontaktor ini menjaga tegangan suplai pada timer on delay T4 selama rangkaian kontrol mendapat suplai tegangan.

9. Kontaktor K9

Kontaktor K9 berfungsi untuk mengaktifkan vacuum kontaktor 5 (KV5) yang akan menstart awal motor induksi tiga fasa pada autotransformator tap 5 (90%)

10. Kontaktor K10

Kontaktor K10 berfungsi untuk mengaktifkan timer on delay T5. Kontaktor ini menjaga tegangan suplai pada timer on delay T5 selama rangkaian kontrol mendapat suplai tegangan.

11. Kontaktor K11

Kontaktor K11 berfungsi untuk mengaktifkan vacuum kontaktor 6 (KV6) yang akan menstart awal motor induksi tiga fasa pada autotransformator tap 6 (100%)

Penggunaan sakelar pada rangkaian kontrol antara lain:

1. Sakelar (push button) S0

Sakelar S0 berguna untuk memutus arus ke rangkaian kontrol, sehingga semua komponen yang terdapat di dalamnya tidak mendapat suplai arus listrik (rangkaian kontrol dalam keadaan off).

2. Sakelar (push button) S1

Sakelar S1 berguna untuk menghidupkan rangkaian. Pada saat sakelar S1 ditekan rangkaian mulai mendapatkan arus listrik, sistem pengontrolan akan bekerja sesuai dengan desain rangkaian yang dibuat.

Penggunaan timer pada rangkaian kontrol antara lain:

1. On Delay timer T1

Timer on delay T1 ini bekerja apabila diberi tegangan input pada coil terminal inputannya. Timer on delay T1 berguna untuk pertukaran tap pada autotransformer dari tap 1 menjadi tap 2.

2. On Delay timer T2

Timer on delay T2 ini bekerja apabila diberi tegangan input pada coil terminal inputannya. Timer on delay T2 berguna untuk pertukaran tap pada autotransformer dari tap 2 menjadi tap 3.

3. On Delay timer T3

Timer on delay T3 ini bekerja apabila diberi tegangan input pada coil terminal inputannya. Timer on delay T3 berguna

untuk pertukaran tap pada autotransformer dari tap 3 menjadi tap 4.

4. On Delay timer T4

Timer on delay T4 ini bekerja apabila diberi tegangan input pada coil terminal inputannya. Timer on delay T4 berguna untuk pertukaran tap pada autotransformer dari tap 4 menjadi tap 5.

5. On Delay timer T5

Timer on delay T5 ini bekerja apabila diberi tegangan input pada coil terminal inputannya. Timer on delay T5 berguna untuk pertukaran tap pada autotransformer dari tap 5 menjadi tap 6

Lampu pilot pada rangkaian berguna untuk :

1. PL1 (Pilot Lamp 1)

PL1 berguna sebagai lampu pemberi tanda bahwa rangkaian telah mendapat suplai tegangan

2. PL2 (Pilot Lamp 2)

PL2 berguna sebagai lampu pemberi tanda bahwa rangkaian saat ini mengaktifkan start autotransformator tap1(50%)

3. PL3 (Pilot Lamp 3)

PL3 berguna sebagai lampu pemberi tanda bahwa rangkaian saat ini mengaktifkan start autotransformator tap2 (60%)

4. PL4 (Pilot Lamp 4)

PL4 berguna sebagai lampu pemberi tanda bahwa rangkaian saat ini mengaktifkan start autotransformator tap3 (70%)

5. PL5 (Pilot Lamp 5)

PL5 berguna sebagai lampu pemberi tanda bahwa rangkaian saat ini mengaktifkan start autotransformator tap4 (80%)

6. PL6 (Pilot Lamp 6)

PL6 berguna sebagai lampu pemberi tanda bahwa rangkaian saat ini mengaktifkan start autotransformator tap5 (90%)

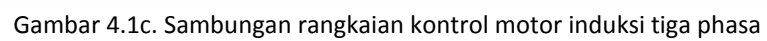
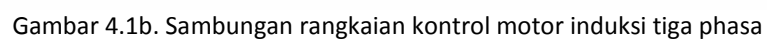
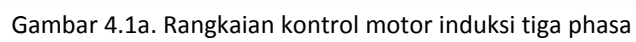
7. PL7 (Pilot Lamp 7)

PL7 berguna sebagai lampu pemberi tanda bahwa rangkaian saat ini mengaktifkan start autotransformator tap6 (100%)

Kontaktor vakum yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Kontaktor vakum KV1
Kontaktor vakum KV1 merupakan kontaktor vakum KV1 untuk menstart motor menggunakan autotransformator tap1 (50%)
2. Kontaktor vakum KV2
Kontaktor vakum KV2 merupakan kontaktor vakum KV2 untuk menstart motor menggunakan autotransformator tap2 (60%)
3. Kontaktor vakum KV3
Kontaktor vakum KV3 merupakan kontaktor vakum KV3 untuk menstart motor menggunakan autotransformator tap3 (70%)
4. Kontaktor vakum KV4
Kontaktor vakum K4 merupakan kontaktor vakum KV4 untuk menstart motor menggunakan autotransformator tap4 (80%)
5. Kontaktor vakum KV5
Kontaktor vakum KV5 merupakan kontaktor vakum KV5 untuk menstart motor menggunakan autotransformator tap5 (90%)
6. Kontaktor vakum KV6
Kontaktor vakum KV6 merupakan kontaktor vakum KV6 untuk menstart motor menggunakan autotransformator tap6 (100%)
7. Kontaktor vakum KV7
Kontaktor vakum KV7 merupakan kontaktor vakum KV7 untuk menstart motor menggunakan autotransformator tap6 (100%)

Rangkaian pada sistem pengontrolan motor induksi tiga phasa ini terdiri dari rangkaian kontrol dan rangkaian daya. Rangkaian kontrol dapat dilihat pada jambar 4.1. Rangkaian daya dapat dilihat pada gambar 4.3



Analisa kerja rangkaian kontrol

Pada gambar rangkaian kontrol motor induksi tiga phasa terdapat dua buah sakelar / push button, yang pertama adalah push button S0 yang berfungsi sebagai pemutus arus pada rangkaian kontrol /mematikan rangkaian kontrol dan yang kedua adalah push button S1 sebagai tombol untuk menjalankan/mengaktifkan rangkaian kontrol tersebut. Jika push button S1 ditekan maka kontaktor utama K1 akan bekerja, kunci kontaktor yang normally open akan menutup sehingga rangkaian kontrol bekerja dan lampu PL1 akan menyala sebagai lampu tanda bahwa rangkaian kontrol sudah dialiri arus listrik. Selain itu hidupnya kontaktor K1 akan memberi supply pada kontaktor vakum KV7 yang berguna untuk mengaktifkan tegangan masuk ke autotransformator yang pada mulanya putus dari sumber tegangan.

Pada saat yang bersamaan timer on delay T1 mendapat arus listrik dan autotransformator tap 1 (mendapat suplai tegangan sebesar 50% dari tegangan normal) akan tersambung melalui kontaktor K2 (ditandai dengan hidupnya lampu PL2) yang mengaktifkan kontaktor vakum KV1 sehingga motor induksi bekerja dengan tegangan 50% dari tegangan nominal.

Setelah 5 detik (tergantung pengaturan waktu timer) kontaktor K2 akan mati (off ditandai dengan matinya lampu PL2) dan pada saat yang bersamaan kontaktor K3 (ditandai dengan lampu PL3) menyalakan kontaktor vakum KV2 menyambungkan autotransformator pada tap 2 (60% tegangan suplai) dan K4 sehingga timer on delay T2 mendapat arus listrik

Pada saat 5 detik mulai dari timer T2 mendapat arus listrik, kotak timer T2 yang normally open akan menutup dan yang normally close akan membuka, sehingga kontaktor K3 akan mati (KV2 mati), dan pada saat yang sama kontaktor K5 dan KV3 akan aktif yang menyambungkan motor dengan

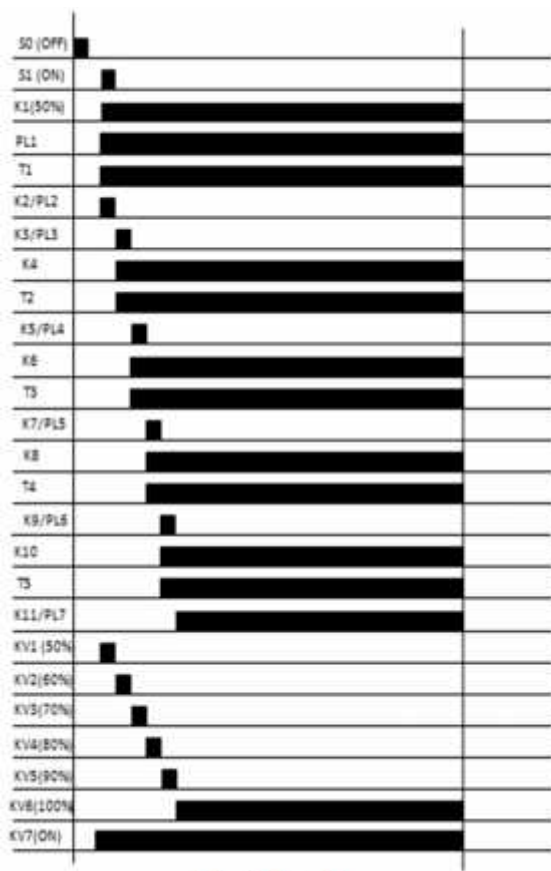
tegangan suplai dari autotransformator tap 3 sebesar 70%.

Kontaktor K5 akan mengaktifkan kontaktor K6. Kontaktor K6 akan aktif dan menyuplai serta menjaga asupan arus untuk T3. Pada saat 5 detik dari timer T3 mendapat supply arus listrik, kunci normally open akan menjadi close dan kunci normally close akan menjadi open, Kunci timer T5 ini akan mematikan kontaktor K5 (suplai autotransformator 70%) dan menhidupkan kontaktor K7 (lampu tanda PL5 menyala) sehingga kontaktor vakum KV4 menyambungkan motor induksi dengan autotransformator tap 4 dengan tegangan suplai sebesar 80% dari tegangan nominal motor. Kontaktor K7 akan menyuplai arus listrik untuk kontaktor K8. Kontaktor K8 akan menhidupkan timer on delay T4

Pada saat 5 detik sejak timer on delay T4 mendapat suplai arus listrik, kontak dari kontaktornya mulai bekerja, kontak yang awalnya normally open menjadi close dan normally close menjadi open. Hal ini membuat kontaktor K7, KV4 dan lampu PL5 menjadi mati. Sedangkan kontaktor K9 menjadi hidup. Hidupnya kontaktor K9 ini membuat KV5 (kontaktor vakum) menjadi bekerja dan motor mendapat suplai arus dari autotransformator tap 5 (kondisi tegangan 90%) selain itu lampu tanda PL6 hidup.

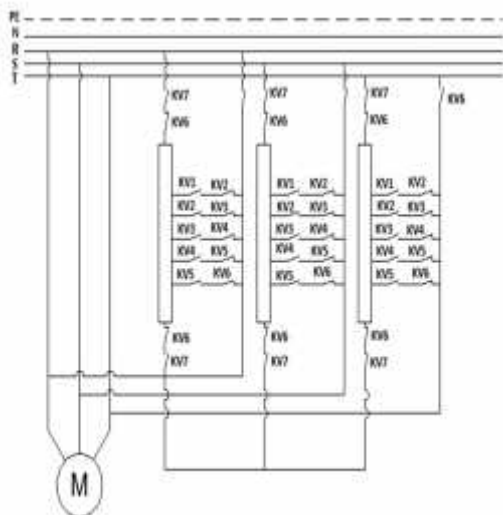
Bekerjanya kontaktor K9 ini membuat kontaktor K10 dan timer on delay T5 menjadi bekerja karena mendapat arus listrik. Pada saat 5 detik mulai dari timer on delay mendapat catu daya kontak dari timer on delay T5 bekerja sehingga kontak yang semula normally open menjadi close dan normally close menjadi open sehingga lampu PL6, Kontaktor K9 dan kontaktor vakum KV5 menjadi mati (tidak mendapat suplai catu daya) dan kontaktor K7, lampu PL7 dan kontaktor vakum KV6 menjadi aktif (tegangan motor menjadi 100%).

Cara kerja rangkaian kontrol tersebut dapat dilihat dari gambar timing diagram rangkaian kontrol dibawah.



Analisa kerja rangkaian daya

Rangkaian daya adalah rangkaian yang terhubung langsung dengan beban listrik.



Gambar 4.3. Rangkaian daya motor induksi tiga fasa

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari perancangan yang dilakukan, didapatkan kesimpulan antara lain :

1. Penggunaan metoda starting motor induksi menggunakan autotransformator dapat mengurangi arus start motor induksi sehingga arus starting motor induksi tidak sebesar starting motor menggunakan metoda direct on line (DOL).
2. Penggunaan beberapa tap untuk starting baik untuk dilakukan karena dapat mencegah arus start yang tiba-tiba melonjak, sehingga arus start bisa naik secara bertahap.

5.1 Saran

Terdapat beberapa saran berkaitan dengan penelitian ini antara lain :

1. Untuk autotransformator yang tidak memiliki banyak tap, bisa menggunakan beberapa autotransformator

Melakukan perbandingan starting dengan menggunakan metoda star delta.

DAFTAR PUSTAKA

Gerhardt W Heumann , John Wiley & Sons, 1961, Magnetic Control of Industrial Motors Part 2.

V Cohen, G Sutton, 1984, Guide to the application of MCCB's for LV Electrical Installations.

Paisley B Harwood, 1959, Control of Electric Motor.