

## MASALAH OPEN TRANSITION PADA SAKLAR BINTANG-SEGITIGA SEBAGAI STARTING MOTOR INDUKSI 3 PASE

Oleh : Bambang Sarjono

Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang  
Jl. Prof. Sudarto SH. Tembalang, Semarang. 50275

### Abstrak

Salah satu cara untuk mengurangi arus mula pada saat starting motor induksi 3 pase adalah dengan cara mengurangi tegangan suplay yaitu, memakai saklar Bintang-Segitiga ( *star-delta starter*). Dalam hal ini tegangan yang diberikan hanya 58% dari nominal dan mengakibatkan momen puntir starting turun menjadi 83% dari nominal, maka percepatannya menjadi kecil dan putaran normal dicapai lebih lama. Sehingga momen starting yang hanya 33% dari seharusnya. Secara teoritis arus starting menjadi turun, yaitu : 2 kali arus nominal. Tetapi perlu dikemukakan di sini bahwa arus starting teoretis di atas hanya dapat terlaksana bila dipergunakan *star-delta starter* tipe "*closed-transition*", yaitu pada saat perpindahan dari bintang (*star*) ke segitiga (*delta*) tidak terjadi pemutusan hubungan antara tegangan sumber dengan motor, tapi diselang dengan tahanan. Pada starter tipe "*open-transition*" akan terjadi pemutusan hubungan antara tegangan sumber dengan motor pada saat perpindahan dari bintang ke segitiga. Jadi dapat dikatakan bahwa, starter bintang-segitiga tipe "*open-transition*" tidak akan mengurangi arus starting langsung. Maka dapat dikatakan bahwa starter bintang-segitiga tipe "*open-transition*" tidak direkomendasikan untuk starting motor induksi 3 pase.

**Kata kunci :** *Starting, Bintang-Segitiga.*

### 1. Pendahuluan

Pada umumnya starting motor induksi tiga fasa menggunakan saklar bintang -segitiga (*star-delta starter*). Pemakaian saklar tersebut pada dasarnya adalah untuk mengurangi arus mula yang relatif besar pada saat starting ( 6 kali arus nominal). Pengurangan arus mula dilakukan dengan penurunan tegangan sumber yang masuk ke motor. Pada saat *starting* motor dihubungkan dalam bentuk bintang, maka tegangan yang masuk ke motor sebesar 58 % dari tegangan nominal, dan beberapa saat kemudian motor diubah dalam hubungan segitiga, maka motor mendapat tegangan nominal. Tetapi perlu diketahui bahwa di dalam kenyataannya (praktek), pemakaian saklar bintang-segitiga tidak dapat menurunkan arus starting secara signifikan, karena dalam perubahan hubungan dari bintang ke segitiga akan terjadi pemutusan hubungan sumber tegangan terhadap motor. Sehingga motor seolah-olah di starting ulang melalui hubungan segitiga, maka motor akan mendapat arus staring yang relatif besar kembali. Phenomena tersebut terjadi karena, saklar bintang-segitiga yang dipergunakan pada umumnya memakai tipe *open- transition*, yaitu tipe saklar yang

tidak dapat menghubungkan sumber tegangan kepada motor secara kontinyu saat pensaklaran, atau dapat dikatakan bahwa terjadi pemutusan hubungan saat perpindahan dari hubungan bintang ke segitiga. Sehingga tujuan pemakaian saklar bintang-segitiga tidak dapat tercapai. Maka agar penggunaan saklar bintang-segitiga dapat sesuai tujuan, yaitu menurunkan arus mula, maka harus digunakan saklar tidak terjadi pemutusan hubungan tegangan sumber ke motor pada saat pemindahan dari hubungan bintang ke segitiga. Hal tersebut dapat dilakukan jika memakai saklar bintang-segitiga tipe *close transition*, tetapi ironisnya pemakaian saklar tipe tersebut tidak banyak digunakan di Indonesia.

### 2. Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi tiga fasa atau motor asinkron tiga fasa adalah suatu motor arus bolak-balik tiga fasa yang mempunyai putaran rotor lebih kecil dari putaran medan putar stator ( Soryatmo. F. 1987. p:74). Terdapat dua jenis motor induksi tiga fasa (Theraja. B.L. 1987, p :845), yaitu : motor induksi rotor sangkar dan rotor lili Keduanya mempunyai bentuk stator yang sama, dan hanya dibedakan oleh bentuk rotornya.

### 2.1. Rotor Sangkar

Motor induksi tiga fasa jenis rotor sangkar mempunyai stator yang terdiri dari inti berlapis dari pelat baja beralur dan didukung oleh rangka stator yang terbuat dari besi tiang. Stator tersebut mempunyai lilitan stator tiga fasa yang terletak dalam alur stator dan dapat terhubung dalam hubungan bintang tau segitiga. Rotor sangkar terdiri dari inti berlapis dengan konduktor yang terpasang secara paralel dengan poros dan terhubung singkat pada ujungnya serta terletak mengelilingi permukaan inti.

### 2.2. Rotor Lilit

Stator motor induksi rotor lilit sama seperti pada motor induksi rotor sangkar. Adapun rotor lilit terdiri dari inti dari pelat baja yang berlapis dan beralur. Di dalam alur diletakkan lilitan tiga fasa yang disambungkan dengan tiga buah cincin geser yang terbuat dari kuningan dan terletak pada ujung rotor pada poros yang sama. Pada cincin terdapat sikat yang terbuat dari carbon dan dihubungkan dengan tiga buah tahanan variabel di luar motor dan terhubung bintang. Tahanan variabel tersebut dapat diatur nilainya dari luar motor, yang berfungsi sebagai pengatur kecepatan dan pengasutan.

### 2.3. Prinsip Kerja

Bila lilitan stator diberi sumber tiga fasa, maka akan timbul medan putar pada stator. Medan putar tersebut akan memotong batang rotor atau lilitan rotor. Sehingga pada rotor akan timbul gaya gerak listrik induksi atau tegangan induksi di dalam batang rotor. Karena lilitan rotor merupakan rangkaian tertutup, maka dalam batang rotor atau lilitan rotor akan timbul arus rotor. Karena arus pada batang rotor terlingkup di dalam medan putar stator, maka dalam batang rotor atau lilitan rotor akan timbul gaya yang menyebabkan rotor berputar. Tegangan induksi akan selalu ada, jika ada perbedaan relatif antara putaran medan putar stator terhadap putaran batang rotor atau rotor. Perbedaan putaran antara

medan putar stator terhadap putaran batang rotor disebut slip. Bila putaran medan putar stator sama dengan putaran rotor, maka tidak akan terjadi perpotongan batang rotor terhadap medan putar stator, sehingga tidak akan timbul tegangan induksi serta tidak timbul arus dan torsi. Pada gambar 1, diperlihatkan perpotongan antara medan putar terhadap batang rotor, yang merupakan prinsip dasar dari kerja motor induksi. Berikut adalah persamaan-persamaan penting pada motor induksi.

Putaran stator :

$$n_s = \frac{60.f_s}{P} \dots\dots\dots (1)$$

Slip :

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \dots\dots\dots (2)$$

Putaran rotor :

$$n_r = n_s(1 - s) \dots\dots\dots (3)$$

Frekuensi rotor :

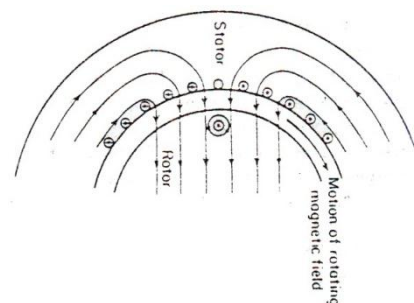
$$f_r = S.f_s \dots\dots\dots (4)$$

Torsi motor saat berputar :

$$T = \frac{3}{2.\pi.n_s} \frac{S.E_r^2.R_r}{R_r^2 + (S.X_r^2)} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan

- $n_s$  : putaran stator atau medan putar
- $n_r$  : putaran rotor
- $f_s$  : frekuensi stator
- $f_r$  : frekuensi rotor
- P : pasang kutub
- T : torsi
- S : Slip
- $E_r$  : Tegangan induksi rotor
- $X_r$  : reaktansi rotor
- $R_r$  : tahanan rotor



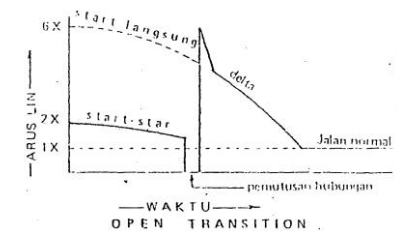
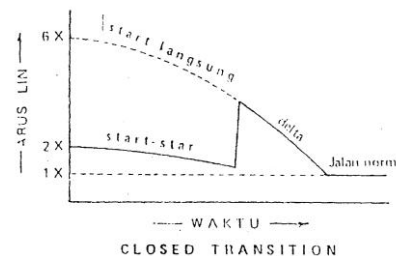
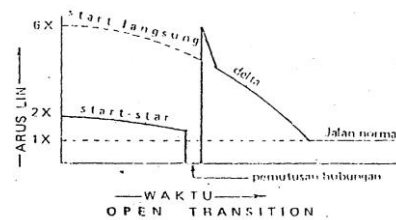
Gambar 1. Perpotongan medan putar terhadap batang rotor

### 3. Open And Close Transition Pada Star-Delta Starter

Untuk mengurangi arus *starting* yang mengganggu, biasanya motor dijalankan dengan cara pengurangan tegangan sumber (*reduced voltage starting*), dan yang paling sederhana memakai starter star-delta. Di sini tegangan *starting* hanya 58% dari nominal dan mengakibatkan momen puntir *starting* menjadi sangat berkurang, yaitu sebesar  $\frac{1}{3} \times 250\% = 83\%$  nominal. Sehingga percepatannya menjadi kecil dan putaran nonnal dicapai lebih lama. Akibat momen *starting* yang hanya 33% dari seharusnya, maka bila ada sedikit gangguan yang disebabkan oleh beban, kemungkinan motor tidak sanggup melepaskan diri gangguan tersebut, karena rendahnya momen *starting*. Keuntungannya hanya terletak pada arus *starting* yang lebih kecil, yaitu "teoretis"  $\frac{1}{3} \times 6 = 2$  kali arus normal.

Perlu diketahui di sini bahwa arus *starting* teoretis di atas hanya dapat terlaksana bila dipergunakan starter star-delta tipe "*closed-transition*", yaitu pada saat perpindahan dari star ke delta tidak terjadi pemutusan hubungan antara tegangan sumber dengan motor, tapi diselang dengan tahanan sebelum terhubung ke hubungan segitiga (*delta*).

Akan tetapi pada umumnya para konsumen di Indonesia memakai *star-delta starter* tipe "*open-transition*" maka yang terjadi adalah adanya pemutusan hubungan antara sumber tegangan dengan motor pada saat perpindahan dari *star* ke *delta*. Sehingga jelaslah pada waktu perpindahan ke *delta*, kejadiannya tidak berbeda dengan menstart langsung, yaitu dibarengi dengan kejutan arus besar dan bahwasanya arus *starting* akan tetap 6 kali arus nominal dan tidak serbesar 2 kali arus normal seperti apa yang sering disangka kebanyakan orang.



Memang benar pada mula-mula start ke hubungan start arus hanya 2 kali saja, tapi kejutan yang besar (6 kali) baru terasa pada saat perpindahan ke delta seperti terlihat pada grafik start (*open-transition*) di atas. Besarnya arus pada waktu perpindahan ke delta dapat terlihat jelas pada pada grafik start *open-transition*.

Setelah berputarnya motor pada waktu penghubungan ke delta tidak mengurangi arus *starting*, tapi hanya mempercepat periode mencapai putaran nominalnya. Peristiwa pertama adalah gejala induksi dan yang kedua adalah mekanis..

### 4. Penutup

Atas pertimbangan-pertimbangan di atas tidak dianjurkan menjalankan motor dengan mengurangi tegangan, dengan menggunakan saklar bintang-segitiga tipe *open-transition*. Tetapi bila dimungkinkan atau terbatasnya daya yang tersedia, maka disarankan menggunakan starter *autotrafo* ataupun *star-delta* tipe *closed-transition*. Sebagai catatan bahwa pada *starter star-delta* diperlukan (6) kabel, sedangkan pada *autotrafo* hanya (3) kabel dan momen

starting lebih besar untuk arus starting yang sama. Selain itu tegangan starting dapat diatur sesuai dengan kebutuhan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Fitzgerald. AE. Kingsle, Jr. Charles.,  
Usman. D. Stepen. 1986. **Electrical  
Machines**. Englad. Mc. Graw-Hill.  
Inc.
- Kadir, Abdul. 1999. **Motor Tak  
Serempak**. Jakarta . Djambatan.
- Mc. Pherson, George. 1981. **An  
Introduction To Electrical  
Machines Transformator**. New  
York. John Wiley & Son , Inc.
- Sen. S.K. 1991. **Rotating Electrical  
Machines**. New Delhi. Khana  
Publisher.
- Suryatmo. F. 1987. **Teknik Listrik Motor  
Generator**. Bandung. Prakarya  
International.
- Theraja . BL. 1987. **Text Book Electrical  
Technology**.New Delhi. Nirja  
Contruction and Development. Co.  
LTD. Ran Nagar