

**ANALISA RESPON MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN
PEMASANGAN KAPASITOR UNTUK MEREDUKSI KEDIP
TEGANGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE
PSCAD / EMTDC POWER SIMULATION**

SKRIPSI



Disusun Oleh :
Bernat Jhonson Aritonang
NIM. 02.12.088

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2011**

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISA RESPON MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN PEMASANGAN KAPASITOR UNTUK MEREDUKSI KEDIP TEGANGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE PSCAD / EMTDC POWER SIMULATION

SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan
Memenuhi Syarat-Syarat Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik*

Disusun Oleh :
BERNAT JHONSON A
02.12.088



Diperiksa dan Disetujui,

Ir. M. ABDUL HAMID, MT

NIP. Y. 101 8800 188

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2011

ABSTRAK

ANALISIS RESPON MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN PEMASANGAN KAPASITOR UNTUK MEREDUKSI KEDIP TEGANGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE PSCAD / EMTDC POWER SIMULATION

BERNAT JHONSON ARITONANG, NIM 02.12.088

Dosen Pembimbing : Ir. M. Abdul Hamid, MT

Motor telah sering digunakan untuk membantu berbagai pekerjaan manusia. Masalah yang dapat muncul dan mengganggu motor adalah tegangan kedip. Dalam skripsi ini dilakukan pemodelan gangguan motor induksi tiga phasa, yaitu berupa kedip tegangan dan pemasangan kapasitor yang digunakan untuk mereduksi gangguan tersebut dengan menggunakan program PSCAD.

Setelah dilakukan simulasi, tanpa menggunakan kapasitor data-data yang didapatkan menunjukkan bahwa gangguan kedip tegangan yang masuk ke dalam motor induksi menimbulkan pengaruh pada parameter motor seperti torsi, arus, tegangan, dan kecepatan putar. Dimana pada waktu durasi gangguan 0.03 second mengalami penurunan tegangan., untuk mengurangi gangguan yang ada pada motor maka dipasang kapasitor yang berfungsi untuk mereduksi gangguan tersebut.

Kata kunci : Motor induksi 3 fasa, Kedip tegangan, Kapasitor.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan berkat dan rahmat-Nya sehingga penelitian berjudul Analisa Analisa respon motor induksi 3 fasa dengan pemasangan kapasitor untuk mereduksi kedip tegangan menggunakan software PSCAD / EMTDC power simulation dapat terselesaikan.

Penelitian ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana teknik. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kami sampaikan pada:

1. Bapak Ir. Soeparno Djivo, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Sidik Noertjahjono, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang.
3. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1.
4. Bapak Ir. M. Abdul Hamid, MT, MT selaku Dosen Pembimbing.
5. Rekan-rekan Asisten Laboratorium Analisis Sistem Tenaga Teknik Elektro ITN Malang.
6. Teman – teman dekat ku yang selalu dukung aku Spesial thanks to Fafa, Brian, Sarip, sintha, joko, Guntur, hairil, dll. Thanks yo rek aku lulus akhirnya hehehee...
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan dan penyusunan penelitian ini.

Penyusun telah berusaha menampilkan penelitian ini dalam kondisi yang terbaik dan setepat mungkin, namun karena keterbatasan dan kelemahan yang ada, pasti terbuka kemungkinan kesalahan. Untuk itu penyusun mengharap masukan positif dari semua pihak untuk perbaikan penelitian ini.

Malang, Agustus 2011

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GRAFIK	viii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Metodologi Penelitian	3
1.6. Relevansi	4

BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Teori Dasar Motor Induksi	5
2.1.1. Konstruksi Motor Induksi.....	5
2.1.2. Prinsip Kerja Motor Induksi.....	8
2.2. Kecepatan Rotor dan Slip	9
2.3. Frekuensi Rotor dan Kopel Motor Induksi	9
2.4. Rangkaian Ekivalen	11
2.5. Rangkaian Ekivalen Stator	11
2.6. Rangkaian Ekivalen Rotor.....	12
2.7. Model Rangkaian DQ.....	15
2.8. Operasional motor induksi	18
2.9. Performa <i>Steady State</i>	18

2.10. Pengujian Motor Induksi Tiga Fasa	19
2.10.1. Pengujian Arus Searah (DC Test).....	19
2.10.2. Pengujian Tanpa Beban (<i>No-Load Test</i>).....	20
2.10.3. Pengujian Rotor Ditahan (<i>Blocked Rotor Test</i>).....	22
2.11. Kapasitor	24
2.11.1. Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt	25
2.11.2. Kapasitor Shunt	26
2.12. Sistem Per - Unit	28
2.12. Voltage Dip (SAG)	29

BAB III PEMODELAN MOTOR INDUKSI 3 PHASA DAN VOLTAGE DIP

3.1. <i>Software PSCAD/EMTDC V 4.2 Power Simulation</i>	31
3.2. Pemodelan Gangguan (<i>voltage dip</i>)	33
3.3. Algoritma Pemrograman	38
3.3.1. Algoritma Pemecahan Masalah.....	38
3.4. Flowchart Pemecahan Masalah Secara Umum	39
3.4.1. Simulasi.....	39

BAB IV ANALISA PARAMETER MOTOR DAN HASIL SIMULASI

4.1. Pengujian Parameter Motor Induksi.....	41
4.1.1. Alat-alat yang digunakan	41
4.1.2. Pengujian Arah Searah (<i>DC Test</i>)	42
4.1.3. Pengujian Tanpa Beban (<i>No Load Test</i>)	42
4.1.4. Pengujian Rotor Tertahan (<i>Blocked Rotor Test</i>)	43
4.2. Analisa Parameter Motor Induksi.....	43
4.3. Simulasi Motor Induksi	43
4.3.1. Tampilan Parameter	46
4.3.2. Hasil Simulasi Percobaan Saat Terjadinya Voltage Dip Tanpa Kapasitor dan Terhubung Dengan Kapasitor.....	49

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	81
-----------------------	----

DAFTAR PUSTAKA	82
-----------------------------	----

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

2-1.	Kontruksi motor induksi	6
2-2.	Penampang motor rotor lilitan.....	7
2-3.	Variasi Kopel terhadap Slip untuk Motor Sangkar Tupai	10
2-4.	Rangkaian Ekivalen Stator.....	12
2-5.	Rangkaian Ekivalen Rotor.....	13
2-6.	Rangkaian Ekivalen Motor Induksi	14
2-7.	Rangkaian Ekivalen DQ Motor Induksi	16
2-8.	Karakteristik Motor Induksi keadaan <i>steady state</i>	19
2-9.	Rangkaian Pengujian Arus Searah.....	20
2-10.	Rangkaian Pengujian Tanpa Beban (<i>No-Load Test</i>).....	21
2-11.	Rangkaian Pengujian Rotor Tertahan (<i>Blocked Rotot Test</i>)	23
3-1.	Tampilan Utama <i>Software PSCAD / EMTDC Power Simulation</i>	31
3-2.	Tampilan Modul Utama	32
3-3.	Tampilan Master <i>Library</i>	32
3-4.	Pemodelan Gangguan Voltage Dip Pada Motor Induksi Menggunakan PSCAD	33
3-5.	Motor Induksi 3 Fasa	33
3-6.	Multimeter	34
3-7.	Switch Putar	34
3-8.	Panci Kontrol Jenis Gangguan	35
3-9.	Sumber Arus	35
3-10.	Tampilan gambar <i>Breaker</i> yang ada di PSCAD.....	36
3-11.	Tampilan Gambar untuk Model Gangguan	36
3-12.	Tampilan Gambar Untuk Model Kapasitor	36
3-13.	Blok PSCAD Secara Keseluruhan	37
4-1.	Parameter Motor Induksi 3 fasa.....	46
4-2.	Tampilan Blok Parameter 3 Phase Breaker	47
4-3.	Blok Parameter Power Supply.....	48

4-4.	Single Line Motor Pada Saat Keadaan Normal	49
4-5.	Single Line Motor Pada Saat Gangguan.....	49
4-6.	Single Line Motor Pada Saat Gangguan Terhubung Kapasitor.....	49
4-7.	Gelombang Tegangan Saat Keadaan Normal	50
4-8.	Gelombang Torsi Saat Keadaan Normal	50
4-9.	Gelombang Kecepatan Saat Keadaan Normal.....	51
4-10.	Gelombang Slip Saat Keadaan Normal	51
4-11.	Gelombang Tegangan Saat Gangguan Kedip Tegangan 1 Fasa Ketanah.....	52
4-12.	Gelombang Torsi Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan 1 Fasa Ketanah.....	53
4-13.	Gelombang Kecepatan Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan 1 Fasa Ketanah.....	54
4-14.	Gelombang Slip Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan 1 Fasa Ketanah.....	54
4-15.	Gelombang Tegangan Saat Gangguan Kedip Tegangan 2 Fasa Ketanah.....	55
4-16.	Gelombang Torsi Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan 2 Fasa Ketanah.....	56
4-17.	Gelombang Kecepatan Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan 2 Fasa Ketanah.....	57
4-18.	Gelombang Slip Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan 2 Fasa Ketanah.....	57
4-19.	Gelombang Tegangan Saat Gangguan Kedip Tegangan 3 Fasa Ketanah.....	58
4-20.	Gelombang Torsi Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan 3 Fasa Ketanah.....	59
4-21.	Gelombang Kecepatan Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan 3 Fasa Ketanah.....	60

4-22. Gelombang Slip Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan 3 Fasa Ketanah.....	60
4-23. Gelombang Tegangan Saat Gangguan Kedip Tegangan Antar Fasa.....	61
4-24. Gelombang Torsi Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan Antar Fasa	62
4-25. Gelombang Kecepatan Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan Antar Fasa	63
4-26. Gelombang Slip Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan Antar Fasa	63

DAFTAR GRAFIK

2-1. Grafik Voltage Dip	30
-------------------------------	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring berkembangnya teknologi dalam sistem tenaga listrik, ukuran tingkat keandalan dan keamanan suatu sistem tenaga listrik menjadi faktor tuntutan yang utama, disamping itu faktor keamanan terhadap manusia dan peralatan yang terpasang dari gangguan pada sistem tersebut menjadi syarat keadilan suatu sistem tenaga listrik.

Pada proses produksi banyak sekali menggunakan motor listrik, baik yang berukuran besar maupun kecil dan membutuhkan suplai listrik yang senantiasa harus dalam keadaan hidup tetapi ada saatnya pada waktu motor induksi beroperasi terjadi voltage dip (kedip tegangan) dengan besaran antara 10 hingga 90% dan dengan durasi siklus $\frac{1}{2}$ hingga 1 menit. Voltage dip (kedip tegangan) tersebut merupakan gangguan – gangguan suplai yang ada pada saat gangguan yang lebih besar dari proses – proses produktif. Pada kasus motor starting motor induksi, voltage dip (kedip tegangan) terjadi karena starting motor induksi dapat mencapai 5 – 7 kali arus nominal, dan hal ini sangat berpengaruh terhadap kinerja dari motor dimana pengaruhnya bisa berkisar dari gangguan awal hingga gangguan sedang.

Rencana ini mempertimbangkan studi keadaan / kondisi dimana besarnya pengaruh voltage dip (kedip tegangan) terhadap motor induksi 3 fasa dengan menambahkan kapasitor.

Penelitian ini dilangsungkan dalam bentuk analitis dengan menggunakan PSCAD / EMTDC *power simulation* dan secara eksperimen di lakukan di laboratorium Konversi Energi Elektrik Institut Teknologi nasional Malang.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka permasalahan yang timbul adalah bagaimana respon motor induksi terhadap gangguan voltage dip (kedip tegangan) dan cara untuk mereduksi kedip tegangan tersebut.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menganalisa pengaruh gangguan voltage dip (kedip tegangan) terhadap motor induksi dan cara untuk mereduksi gangguan yang di timbulkan dengan menambahkan kapasitor pada sytem motor induksi.

1.4. Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam skripsi akan lebih terarah sesuai dengan tujuan dan judul yang ada, maka permasalahan dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut :

- a) Analisis dilakukan pada Motor Induksi 3 phasa. DE LORENZO/DL1022, 1,1 Kw Tegangan nominal jangkar (V_a) : 220 V, Arus nominal jangkar (I_a) : 6,5 A , Tegangan nominal medan (V_d) : 190 V, Putaran (N) : 3000 rpm.
- b) Analisa Menggunakan Software *PSCAD*
- c) Pembahasan lebih ditekankan pada respon motor induksi 3 phasa terhadap gangguan kedip tegangan dan mengatasi gangguan kedip tegangan tersebut.
- d) Motor beroperasi pada keadaan steady state.

- e) Tidak membahas pengasutan motor induksi.
- f) Tidak membahas sistem auto transformator
- g) Tidak membahas sistem proteksi motor.

1.5. Metodologi Penelitian

Dalam melaksanakan penulisan skripsi ini metodelogi sebagai berikut:

a. Studi literatur

- 1. Mempelajari literatur yang berhubungan dengan gangguan kedip tegangan pada motor induksi 3 fasa,
- 2. Mempelajari mengenai perubahan tegangan sesaat yang menyebabkan kedip karena adanya gangguan dan pengaruhnya pada motor induksi 3 fasa.

b. Pengumpulan Data

- 1. Pengambilan data dari alat yang akan digunakan untuk eksperimen.
- 2. Melakukan eksperimen dan pengambilan data dari motor induksi yang akan di analisa melalui percobaan dengan metode pengujian arus searah (*DC Test*), Pengujian rotor tertahan (*Block Rotor Test*) dan pengujian tanpa beban (*No Load Test*).
- 3. Melakukan simulasi dari data yang ada dengan bantuan *software PSCAD/EMTDC Power Simulation*.
- 4. Menganalisa hasil Simulasi.
- 5. Menarik Kesimpulan.

1.6. Relevansi

Dengan adanya analisa pada sistem motor induksi 3 fasa saat terjadi voltage dip (kedip tegangan) dapat diketahui bahwa kualitas kerja motor induksi menurun, maka untuk mengurangi besarnya gangguan tersebut adalah dengan menambahkan kapasitor. Dengan terpasangnya kapasitor yang sesuai diharapkan dapat mengurangi gangguan voltage dip (kedip tegangan).

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Teori Dasar Motor Induksi

Motor arus bolak – balik (motor AC) adalah suatu mesin yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik atau tenaga gerak, dimana tenaga gerak ini berupa perputaran pada poros motor. Salah satu jenis motor AC ini adalah motor induksi atau motor tak serempak.

Dinamakan motor tak serempak (asynchrone) karena putaran poros motor tidak sama dengan putaran medan fluks magnet stator. Dengan kata lain, bahwa antara putaran rotor dan putaran fluks magnet terdapat selisih putaran yang disebut slip.

Motor induksi polyphase banyak dipakai di kalangan industri. Hal ini disebabkan karena motor induksi memiliki konstruksi yang kuat dan karakteristik kerja yang baik. Beberapa kelebihan dari motor induksi adalah :

1. Bentuknya sederhana, dengan konstruksi yang cukup kuat.
2. Harga relatif murah dan dapat diandalkan.
3. Efisiensinya tinggi dan pada keadaan normal tidak memerlukan sikat sehingga rugi-rugi gesekan dapat dikurangi.
4. Perawatan yang minimum.

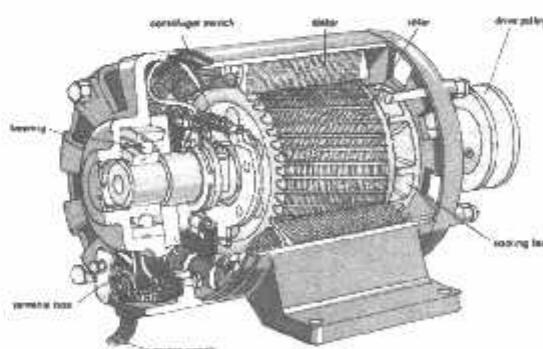
Namun disamping itu, motor ini tetap memiliki kelemahan, diantaranya adalah :

1. Pengaturan kecepatannya berpengaruh pada efisiensinya.
2. Kecepatannya akan berkurang jika bebanya bertambah.
3. kopel mulanya lebih rendah daripada mesin arus searah paralel.

2.1.1. Konstruksi Motor Induksi

Motor induksi ini terdiri dari dua bagian, yaitu bagian yang diam, merupakan kumparan stator dan bagian yang berputar atau kumparan rotor. Jenis motor induksi yang paling umum adalah motor sangkar tupai (*squirrel-cage motor*) dan motor rotor-lilitan (*wound-motor*). Kedua motor itu bekerja berdasarkan prinsip dasar dan konstruksi stator yang sama. Perbedaan diantara keduanya terletak pada konstruksi rotornya.

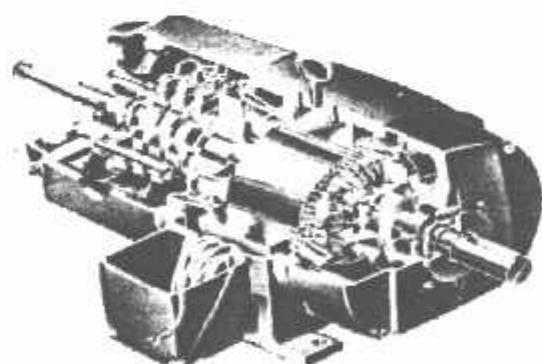
Motor sangkar tupai mempunyai konstruksi yang sangat sederhana, sehingga harganya murah. Penampang potongan motor sangkar tupai tiga fase ditunjukkan pada gambar 2-1.



Gambar 2-1
Konstruksi Motor Induksi

Inti stator terbuat dari berlapis – lapis pelat baja beralur, yang didukung dalam rangka stator yang terbuat dari besi tuang. Sedangkan lilitannya diletakkan dalam alur stator yang terpisah 120° listrik. Lilitan fase ini bisa tersambung dengan delta ataupun Y. Rotor dari motor sangkar tupai adalah konstruksi dari inti berlapis dengan konduktor yang dipasangkan paralel dengan poros dan mengelilingi permukaan inti. Konduktornya tidak terisolasi dari inti. Pada setiap ujung rotor, konduktor rotor semuanya dihubung-singkatkan dengan cincin ujung. Konduktor rotor dan cincin ujung serupa dengan sangkar- tupai yang berputar sehingga dinamakan demikian.

Sedangkan padamotor rotor-lilitan perbedaan dengan motor sangkar-tupai adalah pada konstruksi rotornya. Pada motor rotor-lilitan, rotor dililit dengan lilitan terisolasi serupa dengan lilitan stator. Lilitan fase rotor dihubungkan secara Y dan masing – masing fase ujung terbuka dikeluarkan ke cincin slip yang terpasang pada poros rotor. Penampang motor rotor-lilitan seperti terlihat pada gambar 2-2



Gambar 2-2
Penampang motor rotor lilitan.

2.1.2. Prinsip Kerja Motor Induksi

Motor induksi ini bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, yaitu dimulai dengan pemberian tegangan pada kumparan stator, kemudian kumparan ini akan menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron yang memiliki persamaan :

dimana :

ns = Kecepatan putar dari medan putar.

f = Frekuensi arus dan tegangan stator.

p = Banyaknya kutub.

Medan putar yang dihasilkan oleh stator itu akan memotong konduktor-konduktor pada rotor, sehingga timbul tegangan induksi (ggl), karena rangkaian rotor merupakan rangkaian tertutup, maka ggl (E) akan menghasilkan arus (I). dengan adanya arus maka akan timbul gaya (F) pada rotor sehingga kumparan rotor juga akan ikut berputar mengikuti medan putar stator. Jadi dalam motor induksi tidak ada hubungan listrik ke rotor, arus rotor merupakan arus induksi. Perbedaan putaran relatif antara stator dan rotor disebut slip. Bertambahnya beban akan memperbesar kopel motor, yang akan menyebabkan arus induksi pada kumparan rotor menjadi semakin besar juga, dan slip antara medan putar stator dan putaran rotor juga akan menjadi semakin besar. Oleh karena itu, maka jika beban motor bertambah, putaran rotor cenderung akan menurun.

2.2. Kecepatan Rotor dan Slip

Dalam motor induksi dikenal istilah slip, yaitu perbedaan kecepatan antara medan putar stator dan kecepatan rotor. Slip dapat dinyatakan dalam putaran tiap menit, tetapi lebih umum dinyatakan dalam persen dari kecepatan sinkron. Slip dapat dijelaskan dalam rumus berikut :

Dimana :

N_{slip} = kecepatan slip, rpm
 N_s = kecepatan sinkron, rpm
 N_r = kecepatan rotor, rpm

2.3. Frekuensi Rotor dan Kopel Motor Induksi

Persamaan umum dari kopel mula adalah :

Dimana :

- T = kopel mula
- E = ggl induksi
- I = arus (A)
- K = konstanta

Frekuensi rotor dapat mempengaruhi karakteristik motor. Frekuensi rotor bergantung pada slip. Makin besar slip, makin besar frekuensi rotor. Untuk setiap harga slip, frekuensi rotor fr sama dengan frekuensi stator dikalikan dengan slip

atau $f_r = S \cdot f_s$. hubungan antara frekuensi stator dan frekuensi rotor dengan kecepatan rotor dan kecepatan medan magnet adalah sebagai berikut :

$$ns = \frac{120f}{2p} \quad \dots \dots \dots \quad (2.4)$$

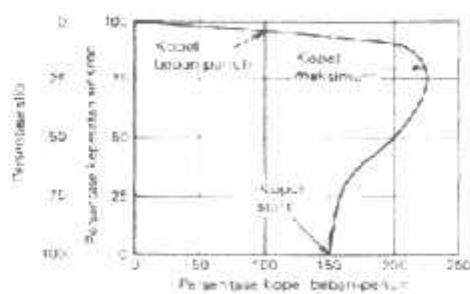
$$ns - nr = \frac{120f}{2p} \quad \dots \dots \dots \quad (2.5)$$

Dimana : f_r = frekuensi rotor

f_s = frekuensi stator

Kopel dibutuhkan untuk mengatasi rugi-rugi motor. Kopel dihasilkan dalam motor induksi oleh interaksi antara fluks stator dan rotor. Agar dapat dihasilkan kopel yang disebabkan oleh arus rotor yang terinduksi, maka rotor harus berputar pada kecepatan yang lebih rendah daripada kecepatan sinkron.

Hubungan antara kopel dengan kecepatan putaran slip dapat dilihat pada gambar 2-3



Gambar 2-3

Dimana : T = kopel
 K = konstanta
 Φ = fluksi stator yang berputar
 I_r = arus rotor
 $\cos \theta_r$ = faktor daya rotor

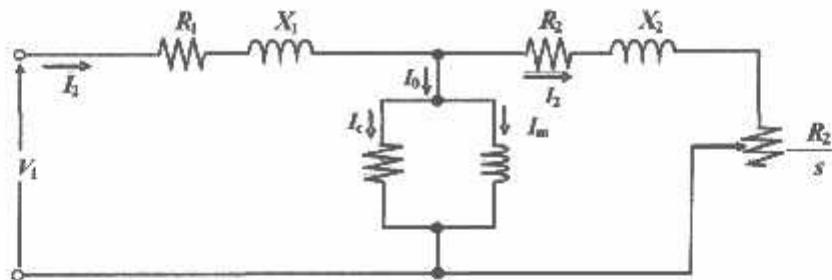
2.4. Rangkaian Ekivalen

Motor induksi memiliki prinsip kerja yang sama dengan transformator yang berbeban resistif, yaitu bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetis seperti yang telah dijelaskan diatas. Oleh karena itu, maka penggambaran rangkaian ekivalen motor induksi berdasarkan rangkaian ekivalen transformator, di mana stator identik dengan sisi primer transformator dan rotor identik dengan sisi sekunder transformator. Perbedaan mendasar antara keduanya adalah transformator merupakan medan listrik statis, sedangkan motor induksi adalah mesin listrik dinamis.

2.5. Rangkaian Ekivalen Stator

Apabila kumparan stator diberikan tegangan catu dari jala – jala sebesar V_1 , maka akan mengalir arus putar tiga fase pada kumparan stator yang membangkitkan medan magnet tiga fase. Arus stator (I_1) bercabang menjadi dua komponen arus yaitu :

1. Komponen arus beban (I_2).
2. Komponen arus eksitasi (I_0).



Gambar 2 – 4
Rangkaian Ekivalen Stator

Dimana : V_t = tegangan terminal per-fase
 R_t = resistansi kumparan stator per-fase
 X_t = reaktansi bocor kumparan stator per-fase
 E_t = tegangan induksi (ggl) per-fase di dalam kumparan stator
 G_c = konduktansi rugi-rugi inti stator per-fase
 B_m = suseptansi magnetisasi stator per-fase

2.6. Rangkaian Ekivalen Rotor

Pada saat rotor diam, medan putar stator akan memotong batang konduktor rotor dengan kecepatan putar sinkron (n_s), sehingga frekuensi arus rotor sama dengan frekuensi arus stator ($f_s = f_r$) dan slip sama dengan satu ($s = 1$).

Dengan mengetahui bahwa frekuensi arus / tegangan rotor adalah frekuensi sif, maka reaktansi bocor rotor (*leakage reactance*) per-fase adalah :

$$X_2' = s X_2 \quad (2.8)$$

Dimana X_2 merupakan reaktansi rotor pada start atau diam.

Tegangan induksi pada rotor :

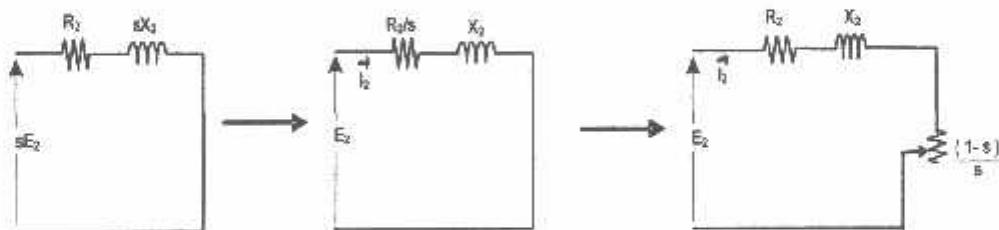
$$E_2 = 4,44 f_2 N_2 \Phi_m \quad (2.10)$$

Pada slip s , frekuensi rotor menjadi $s f_s$, maka tegangan induksi pada rotor (E_2') pada slip s , adalah :

$$E_2' = 4,44 f_1 N_2 \Phi_m \quad (2.11)$$

Dengan memasukkan persamaan (2.11) ke (2.12) maka didapat persamaan :

$$E_2' = s E_2 \quad (2.12)$$



Gambar 2 – 5
Rangkaian Ekivalen Rotor

Dimana :

S = slip

E_2 = tegangan induksi per-fase di dalam rotor pada keadaan diam

R_2 = resistansi kumparan rotor per-fase berpatokan pada stator

X_2 = reaktansi bocor rotor per-fase berpatokan pada stator

Berdasarkan persamaan (2.9) dan (2.13) maka diperoleh rangkaian ekivalen rotor seperti pada gambar 2 – 5.

Besar arus rotor (I_2) saat berputar adalah :

$$I_2 = \frac{sE_2}{\sqrt{R_2^2 + (sX_2)^2}} \quad \dots \dots \dots \quad (2.13)$$

Atau

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + X_2^2}} \quad \dots \dots \dots \quad (2.14)$$

Sedangkan torsi untuk motor induksi dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

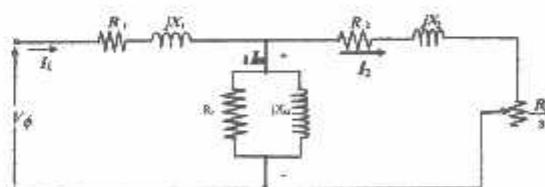
$$P_O = T_O \omega_r \quad \dots \dots \dots \quad (2.15)$$

$$T_O = \frac{P_O}{\omega_r} \quad \dots \dots \dots \quad (2.16)$$

$$\omega_r = \frac{2\pi n_r}{60} \quad \dots \dots \dots \quad (2.17)$$

$$P_{in} = \sqrt{3}V_1 I \cos \phi \quad \dots \dots \dots \quad (2.18)$$

Jadi rangkaian ekivalen secara keseluruhan ketika motor berjalan adalah sebagai berikut :



Gambar 2 – 6
Rangkaian Ekivalen Motor Induksi

Dimana :

V_t = tegangan terminal

R_1 = resistansi kumparan stator

X_1 = reaktansi kumparan stator

X_m = reaktansi magnetik

I_1 = Arus input

I_2 = Arus Rotor

I_m = Arus Magnetisasi (Amp)

E_1 = tegangan induksi (ggl) di dalam kumparan stator

S = slip

R_2 = resistansi kumparan rotor (ohm)

X_2 = reaktansi bocor rotor per-phasa berpatokan pada stator

(ohm)

R_c = Resistansi Rugi Inti (ohm)

P_o = Daya Output (Watt)

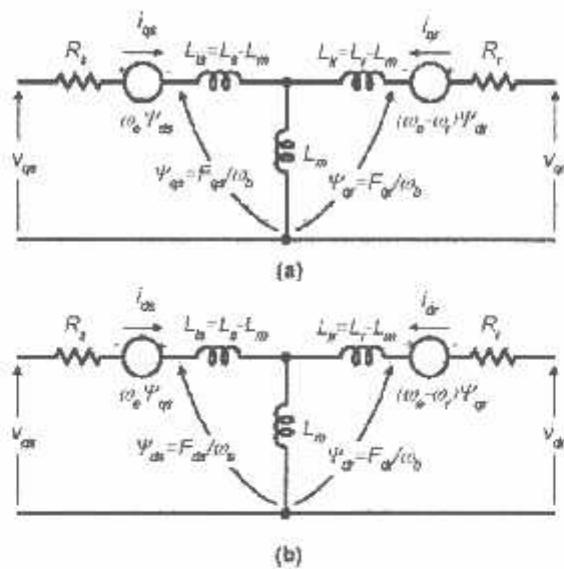
P_{in} = Daya Input (Watt)

T_o = Torsi Mekanik (Nm)

ω_r = Kecepatan Sudut Rotor (rad / sec)

2.7. Model Rangkaian DQ

Untuk dapat menganalisis respons transient pada motor induksi dengan perubahan torsi mekanik yang bervariasi maka rangkaian ekivalen harus dirubah dalam bentuk rangkaian DQ



Gambar 2 – 7
Rangkaian Ekivalen DQ Motor Induksi

$$\frac{dF_{qs}}{dt} = \omega_b \left[v_{qs} - \frac{\omega_e}{\omega_b} \cdot F_{ds} + \frac{Rs}{x_{ls}} (F_{mq} + F_{qs}) \right] \dots \quad (2.19)$$

$$\frac{dF_{ds}}{dt} = \omega_b \left[v_{ds} + \frac{\omega_e}{\omega_b} \cdot F_{qs} + \frac{Rs}{x_{ls}} (F_{md} + F_{ds}) \right] \dots \quad (2.20)$$

$$\frac{dF_{qr}}{dt} = \omega_b \left[v_{qr} - \frac{(\omega_e - \omega_r)}{\omega_b} \cdot F_{dr} + \frac{Rs}{x_{lr}} (F_{mq} - F_{qr}) \right] \dots \quad (2.21)$$

$$\frac{dF_{dr}}{dt} = \omega_b \left[v_{dr} + \frac{(\omega_e - \omega_r)}{\omega_b} \cdot F_{qr} + \frac{Rs}{x_{lr}} (F_{mq} - F_{dr}) \right] \dots \quad (2.22)$$

$$F_{mq} = X_{ml} \left[\frac{F_{qs}}{X_{ls}} + \frac{F_{qr}}{X_{lr}} \right] \dots \quad (2.23)$$

$$F_{md} = X_{ml} \cdot \left[\frac{F_{ds}}{X_{ls}} + \frac{F_{dr}}{X_{lr}} \right] \dots \quad (2.24)$$

$$X_{ml} = \frac{1}{\left(\frac{1}{X_m} + \frac{1}{X_{ls}} + \frac{1}{X_{lr}} \right)} \dots \quad (2.25)$$

$$i_{qs} = \frac{1}{x_{ls}} \cdot (F_{qs} - F_{mq}) \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2.26)$$

$$i_{ds} = \frac{1}{X_{ls}} \cdot (F_{ds} - F_{md}) \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2.27)$$

$$i_{qr} = \frac{1}{X_{lr}} \cdot (F_{qr} - F_{mq}) \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2.28)$$

$$i_{dr} = \frac{1}{X_{lr}} \cdot (F_{dr} - F_{md}) \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2.29)$$

$$T_e = \frac{3}{2} \left(\frac{P}{2} \right) \frac{1}{\omega_b} (F_{ds} \cdot I_{ds} - F_{qs} \cdot I_{qs}) \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2.30)$$

$$T_e - T_L = J \cdot \left(\frac{2}{p} \right) \frac{d\omega_r}{dt} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2.31)$$

Dimana

d : sumbu *direct*

q : sumbu *quadrature*

r : rotor variabel

F_{ij} : fluks

V_{qs}, V_{ds} : Tegangan stator sumbu q dan d

F_{mq}, F_{md} : Fluks Magnetic sumbu q dan d

R_r : Rotor Resistance

R_s : Stator Resistance

X_{ls} : Reaktansi Stator

X_{lr} : Rekatansi Rotor

I_{qs}, I_{ds} : Arus stator sumbu q dan d

I_{qr}, I_{dr} : Arus Rotor sumbu q dan d

P : Jumlah dari Kutub

T_e : Torsi Output Electrik

T_L : Torsi Beban

J : Moment Inertia

ω_e : Frekuensi elektrik sudut stator

ω_b : Frekuensi dasar elektrik sudut motor

w_r : Kecepatan elektrik sudut rotor

Pada umumnya pada sebuah motor induksi telah terdapat informasi pada name plate dimana data informasi itu merupakan dasar dalam pengoperasian motor tersebut.

Data tersebut berupa :

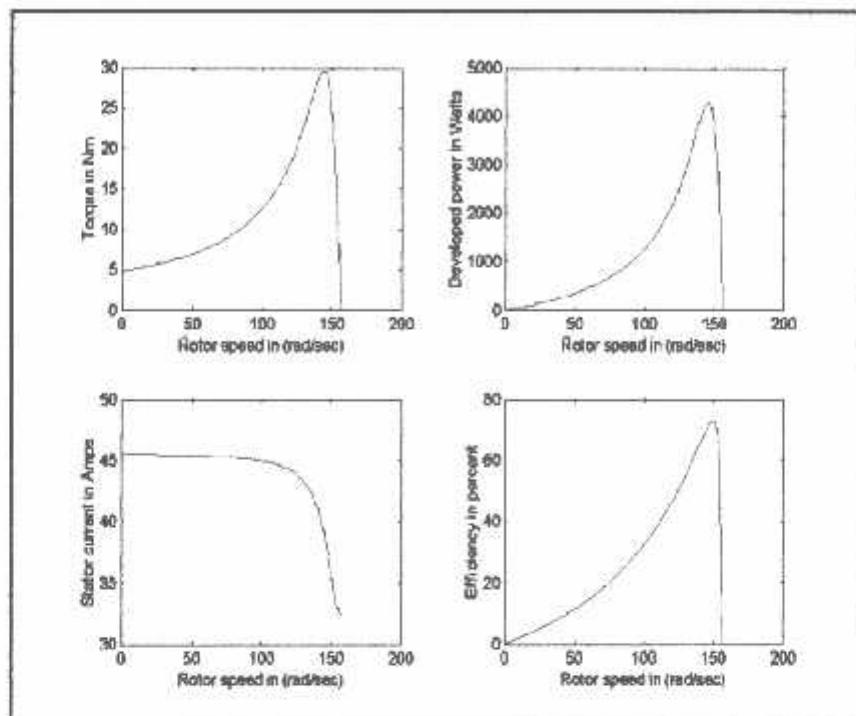
- Daya Output (Hp / KW)
- Tegangan Nominal V_{L-L} (volt)
- Arus Nominal (Amp)
- Power Faktor
- Kecepatan (rpm)
- Jumlah Kutub

2.8. Operasional Motor Induksi

Mejalankan motor induksi 3 fase akan mengalami dua keadaan atau kondisi yaitu keadaan *transient* (peralihan) dan keadaan *steady state* (mantap).

2.9. Performa *Steady State*

Kondisi motor dalam keadaan *steady state* adalah kondisi dimana motor dalam keadaan stabil mantap dimana hampir tidak ada perubahan arus, torsi maupun tegangan serta kecepatan sehingga motor dikatakan telah bekerja sesuai dengan name plate. Keadaan *steady state* ini merupakan gambaran secara keseluruhan dari motor tersebut yang dapat dijadikan acuan untuk penggunaannya.



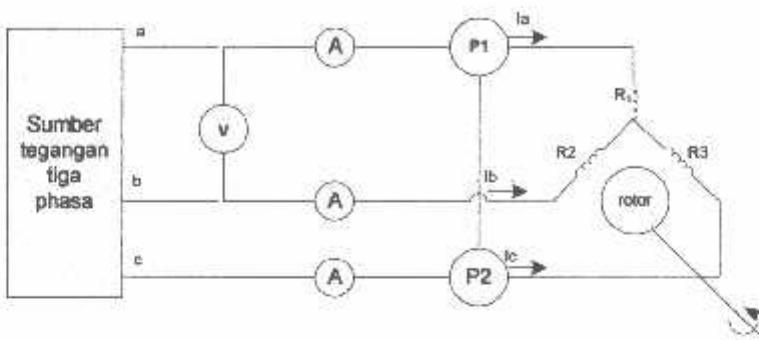
Gambar 2 - 8
Karakteristik Motor Induksi keadaan *steady state*

2.10. Pengujian Motor Induksi Tiga Phasa

Untuk menganalisis motor diperlukan inputan parameter motor yang dapat diperoleh dengan melakukan pengujian.

2.10.1. Pengujian Arus Searah (DC Test)

Tujuan dari pengujian arus searah (DC test) adalah untuk menentukan nilai resistansi stator. Diagram pengukuran ditunjukkan pada gambar 2 – 8.



Gambar 2 – 10
Rangkaian Pengujian Tanpa Beban (No-Load Test)

$P_{3-\phi}$, daya total yang terukur dari P1 dan P2 :

$$P_{3-\phi} = P1 + P2 \text{ Watt}$$

$$\text{P}_{nl} \text{ daya per phasa } P_{nl} = \frac{P_{3-\phi}}{3} \text{ Watt / phasa}$$

Dengan asumsi bahwa tegangan antar phasa stator seimbang, maka tegangan phasa stator :

$$V_{nl} = \frac{V_{ab}}{\sqrt{3}} \text{ Volt / phasa} \dots \dots \dots \dots \dots (2.33)$$

Untuk arus pada *no load* :

$$I_{nl} = \frac{I_a + I_b + I_c}{3} \text{ Ampere} \dots \dots \dots \dots \dots (2.34)$$

$$Z_{nl} = \frac{V_{nl}}{I_{nl}} \text{ Ohm} \dots \dots \dots \dots \dots (2.35)$$

$$R_{nl} = \frac{P_{3-\phi}}{3I_0^2} \text{ Ohm} \dots \dots \dots \dots \dots (2.36)$$

$$X_{nl} = \sqrt{Z_{nl}^2 - R_{nl}^2} \text{ Ohm} \dots \dots \dots \dots \dots (2.37)$$

R_c , resistansi rugi – rugi inti :

Rugi – rugi stator

$$P_c = P_{nl} - P_\alpha \dots \dots \dots \dots \quad (2.38)$$

$$R_c = \frac{E_a^2}{P_c} \text{ Ohm / phasa} \dots \dots \dots \dots \quad (2.39)$$

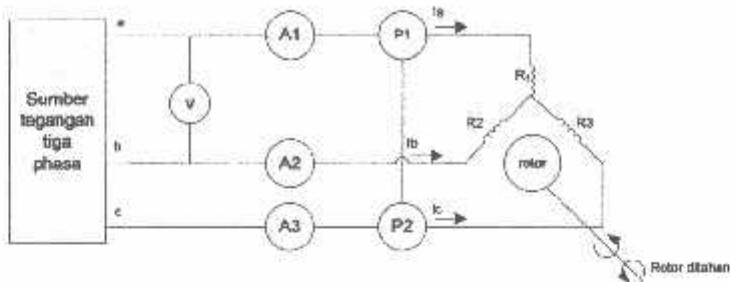
$$P_{rs} = I_{2nl} \cdot R_s 3(\text{Watt}) \dots \dots \dots \dots \quad (2.40)$$

Rugi gesek, angin, rugi besi :

$$f_{wc} = _{nirs} P - p(\text{Watt}) \dots \dots \dots \dots \quad (2.41)$$

2.10.3. Pengujian Rotor Ditahan (*Blocked Rotor Test*)

Tujuan pengujian rotor tertahan adalah untuk menentukan resistansi rotor pada motor induksi. Pada saat pengujian ini perputaran rotor motor induksi di kunci / di blok sehingga slip (s) sama dengan satu. Suplai tegangan tiga phasa motor induksi adalah tegangan yang nilainya di bawah tegangan nominalnya, yakni tegangan yang dapat menghasilkan arus nominalnya. Sebagai pendekatan, diasumsikan bahwa arus pemagnetan (I_m) cukup kecil akibat penurunan suplai tegangan serta motor dalam keadaan tidak berputar ($s = 1$) sehingga rugi – rugi inti dapat di abaikan.



Gambar 2 – 11

Rangkaian Pengujian Rotor Tertahan (*Blocked Rotot Test*)

$P_{3-\phi}$, daya total yang terukur dari W_s dan W_b :

$$P_{3-\phi} = P_a + P_b$$

Watt.....(2.42)

Daya total tiga – phasa merupakan rugi – rugi tembaga stator dan rotor, karena motor tidak berputar maka rugi – rugi diabaikan.

$$P_{br} = \frac{P_{3\phi}}{3} \text{ Watt /}$$

phasa.....(2.43)

Dengan asumsi bahwa tegangan antar phasa stator seimbang, maka tegangan phasa stator :

$$V_{br} = \frac{V_{ab}}{\sqrt{3}} \text{ Volt / phasa.....(2.44)}$$

I_{br} , arus phasa stator :

$$I_{br} = \frac{I_a + I_b + I_c}{3}(2.45)$$

R_{ek} , resistansi ekivalen :

$$R_{ek} = \frac{P_{br}}{I_{br}^2} \text{ Ohm / phasa. (2.46)}$$

Untuk R_r , reistansi rotor berpatokan pada stator :

$$R_r = R_{ek} - R_s \text{ Ohm / phasa. (2.47)}$$

Z_{br} , Impedansi rotor tertahan :

$$Z_{br} = \frac{V_{br}}{I_{br}} \text{ Ohm / phasa. (2.48)}$$

X_{ek} , reaktansi ekivalen :

$$X_{ek} = \sqrt{(Z_{br})^2 + R_{ek}^2} \text{ (2.49)}$$

Dimana motor induksi yang dipakai adalah motor induksi dengan rotor sangkar tunggal. Secara umum X_s dan X_r diasumsikan, sehingga :

$$X_s = X_r = 0,5 X_{ek} \text{ ohm / phasa}$$

2.11. Kapasitor

Secara sederhana kapasitor terdiri dari dua plat logam yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik dan kapasitor ini mempunyai sifat menyimpan muatan listrik. Pada beberapa tahun lalu kebanyakan kapasitor terbuat dari dua buah plat aluminium murni yang dipisahkan oleh tiga atau lebih lapisan kertas yang dilapisi oleh bahan kimia. Kapasitor daya telah mengalami perkembangan yang begitu cepat selama 30 tahun terahir. Karena bahan dielektrik yang digunakan lebih efisien serta teknologi pembuatan kapasitor lebih baik.

2.11.1. Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt

Fungsi utama dari pemakaian kapasitor seri atau kapasitor shunt, dalam sistem tenaga adalah untuk membangkitkan daya reaktif, untuk memperbaiki faktor daya dan tegangan, sehingga meningkatkan kapasitas sistem dan mengurangi rugi daya jaringan.

a. Kapasitor Seri

Kapasitor seri adalah kapasitor yang dihubungkan seri dengan impedansi saluran yang bersangkutan, pemakaiannya amat dibatasi pada saluran distribusi, karena peralatan pengamannya cukup rumit. Jadi secara umum dikatakan biaya untuk pemasangan kapasitor seri lebih mahal dari pada biaya pemasangan kapasitor *shunt* (paralel).

b. Kapasitor *Shunt* (paralel)

Kapasitor *shunt* adalah kapasitor yang dihubungkan paralel dengan saluran dan secara intensif digunakan pada saluran distribusi. Kapasitor *shunt* mencatu daya reaktif atau arus yang menentang komponen arus beban induktif.

Dengan dipasangnya kapasitor *shunt* pada jaringan distribusi akan dapat memperbaiki profil tegangan, memperbaiki faktor daya dan menaikkan kapasitas sistem serta dapat mengurangi rugi-rugi saluran.

2.11.2 Kapasitor *Shunt*

Kapasitor *shunt* adalah kapasitor yang dihubungkan paralel dengan saluran dan secara intensif digunakan pada sistem distribusi. Kapasitor shunt mencatat daya reaktif atau arus yang menentang komponen arus beban induktif. Dengan dipasangnya kapasitor shunt pada jaringan distribusi akan dapat memperbaiki profil tegangan, memperbaiki faktor daya, dan menaikkan kapasitas sistem serta dapat mengurangi rugi saluran.

Ada dua cara dalam pemakaian kapasitor shunt:

- Kapasitor tetap
- Kapasitor saklar

a. Kapasitor Tetap

Adalah kapasitor untuk kompensasi daya reaktif yang kapasitasnya tetap dan selalu terpasang di jaringan. Penggunaan kapasitor jenis ini harus memperhatikan kenaikan tegangan yang terjadi pada saat beban ringan agar tidak melebihi batas tegangan yang ditetapkan.

b. Kapasitor Saklar

Adalah kapasitor untuk mengkompensasi daya reaktif yang dapat dihubungkan dan dilepaskan dari jaringan dan dapat diatur besar kapasitasnya sesuai dengan kondisi beban.

Kapasitor terdiri dari dua permukaan penghantar dimana muatan dapat disimpan, dipisahkan oleh sebuah lapisan tipis isolasi yang memiliki tahanan yang sangat besar. Lapisan isolasi yang memisahkan kedua permukaan penghantar pada kapasitor dinamakan dielektrika. Fungsi dari bahan dielektrika tersebut adalah:

1. Untuk memisahkan kedua permukaan penghantar secara mekanis, sehingga walaupun jaraknya berdekatan tetapi antara satu dengan yang lainnya tidak saling berhubungan.
2. Untuk memperbesar kemampuan kedua permukaan penghantar dalam menerima tegangan.
3. Untuk memperbesar nilai kapasitansi.

Jika motor induksi langsung dihubungkan ke jala-jala maka daya reaktif disediakan oleh jala-jala. Jika motor induksi bekerja sendiri maka diperlukan penyedia daya reaktif. Dan daya reaktif tersebut didapat dari kapasitor yang dipasang pada terminal generator tersebut. Besarnya nilai kapasitor tersebut ditentukan dari diagram Heyland yaitu dari besarnya arus buta yang diperlukan pada beban tertentu.

$$X_e = \frac{V_n}{I_b}$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_e}$$

dimana:

V_n = tegangan nominal.

I_b = Arus buta didapat dari diagram Heyland

X_c = reaktansi yang diperlukan untuk menyediakan arus buta

C = nilai kapasitor yang diperlukan untuk menyediakan arus buta

f = frekuensi yang diinginkan

2.12. Sistem Per-Unit

Untuk memudahkan perhitungan-perhitungan dalam sistem tenaga listrik digunakan sistem p.u (*per-unit*) yang didefinisikan sebagai perbandingan harga yang sebenarnya dengan harga dasar (*base value*), sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Besaran per-unit} = \frac{\text{Besaran sebenarnya}}{\text{Besaran dasar dengan ukuran yang sama}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Rumus yang digunakan untuk penentuan arus dasar dan impedansi dasar adalah:

➤ Untuk data 1 fasa

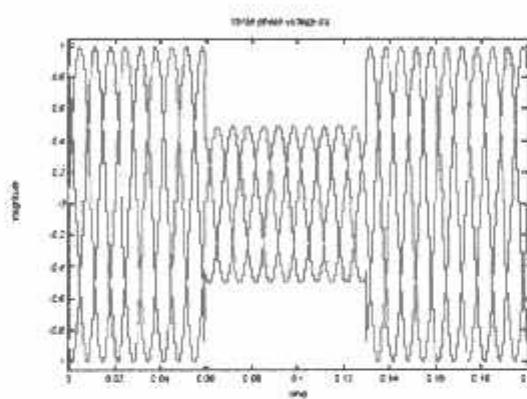
Arus dasar

$$I_d = \frac{kVA \text{ dasar } 1 \text{ fasa}}{kVA \text{ dasar } L-N} \dots\dots\dots(2.13)$$

Impedansi dasar

$$Z_d = \frac{(kV \text{ dasar } L-N)^2 \times 1000}{kVA \text{ dasar } 1 \text{ fasa}} \dots\dots\dots(2.14)$$

Penurunan tegangan disebabkan oleh arus (I ampere) yang melalui impedansi (Z ohm). Perubahan tegangan sebesar (ΔV volt) diakibatkan adanya tahanan dan reaktansi dalam suatu rangkaian. Bila hubungan antara tegangan dan arus sbb; $V = I \cdot Z$ maka dengan perubahan tegangan dengan Z tetap akan terjadi perubahan besar arus dan hal ini akan mempengaruhi rugi – rugi daya pada motor induksi.



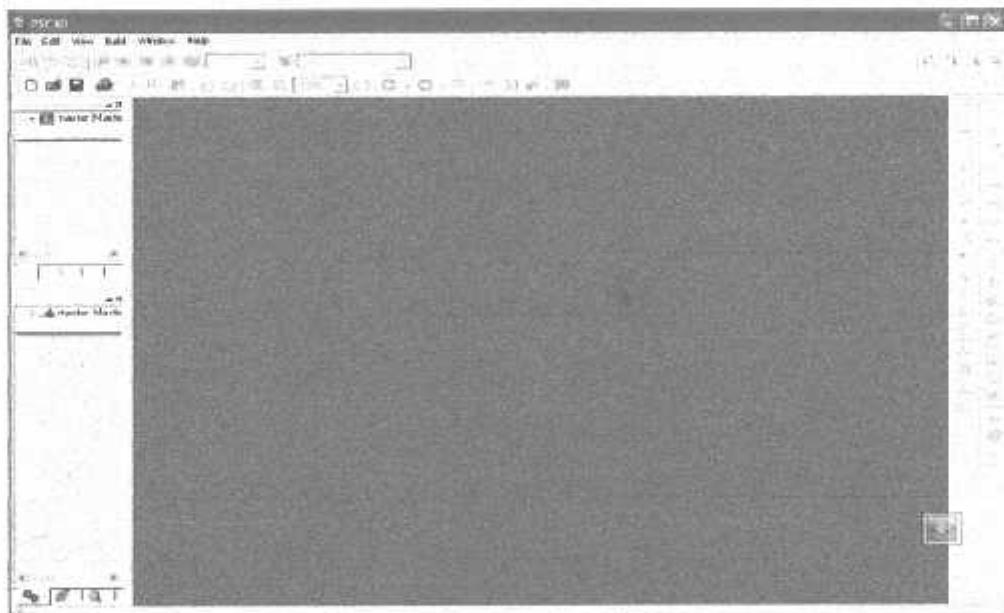
Grafik 1. Voltage Dip

BAB III

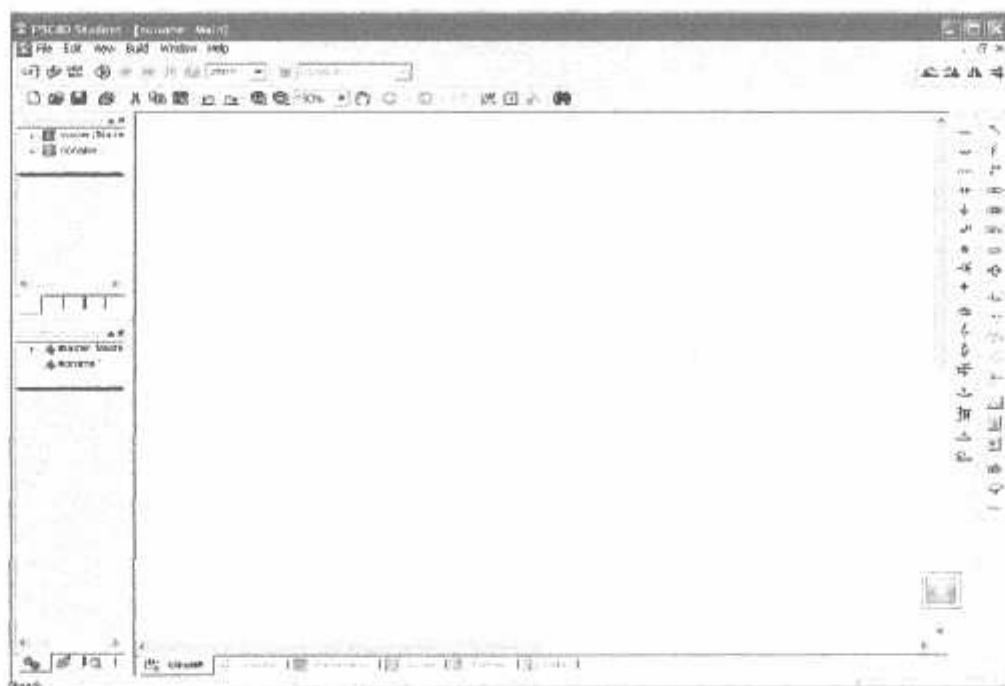
PEMODELAN MOTOR INDUKSI 3 PHASA DAN VOLTAGE DIP

3.1. *Software PSCAD/EMTDC V 4.2 Power Simulation*

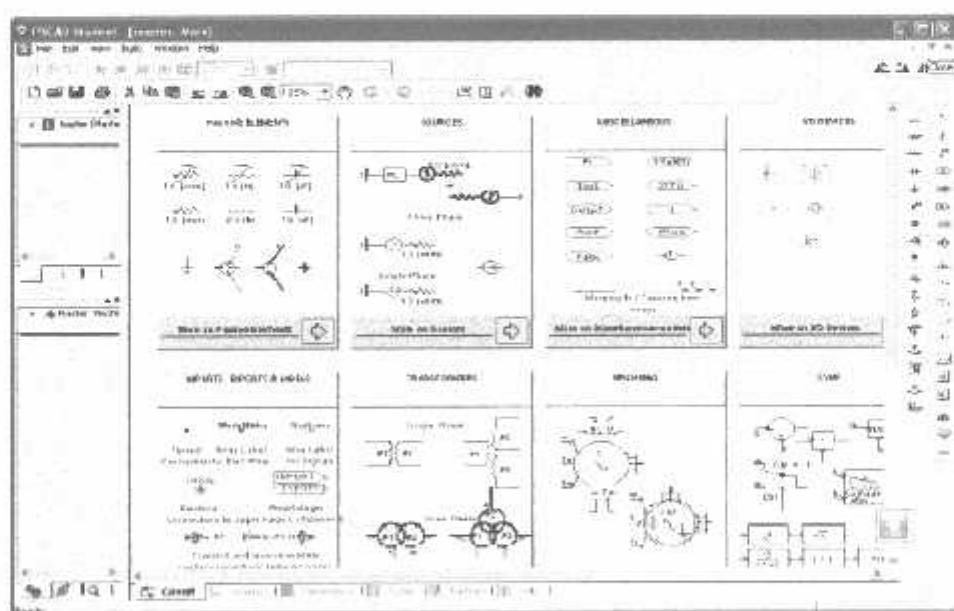
PSCAD (*Power System CAD*) adalah *graphical user interface* yang sangat baik dan fleksibel. PSCAD memungkinkan pengguna menggambar mengkonstruksi sebuah rangkaian, menjalankan sebuah simulasi, analisa hasil dan manajemen data terintegrasi secara lengkap. Penggambaran, pengontrolan dan pengukuran juga tersedia, jadi pengguna dapat mengubah parameter sistem, menjalankan simulasi dan melihat hasil secara langsung. Tampilan Utama *PSCAD Power Simulation* adalah sebagai berikut :



Gambar 3 - 1
Tampilan utama *Software PSCAD/EMTDC Power Simulation*



Gambar 3 - 2
Tampilan Modul Utama

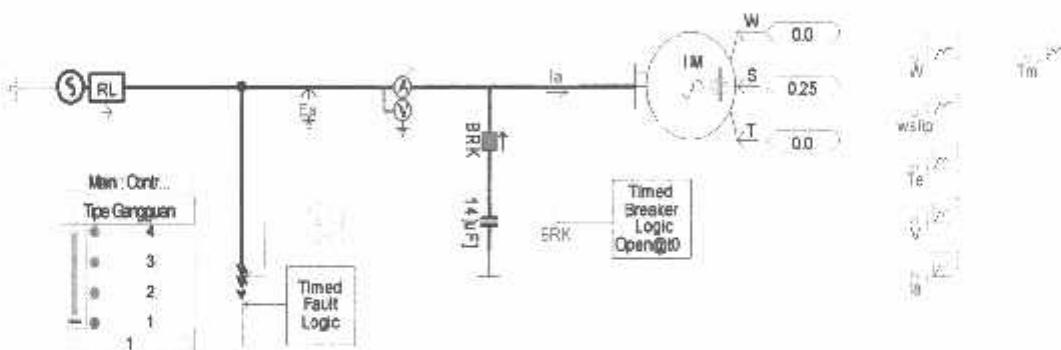


Gambar 3 - 3
Tampilan *Master Library*

3.2. Pemodelan Gangguan (*voltage dip*)

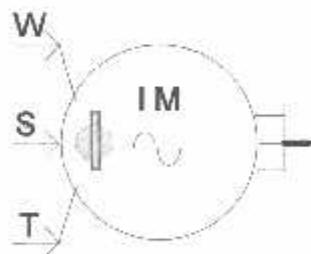
Didalam library PSCAD sudah tersedia blok motor induksi 3 fasa (*induction motors*), kita tinggal menginputkan parameter – parameter yang dibutuhkan blok tersebut.

Untuk mengontrol gangguan pada motor induksi 3 fasa maka motor induksi harus dimodelkan dalam bentuk persamaan dynamics motor induksi 3 fasa.



Gambar 3-4

Pemodelan Gangguan *voltage dip* pada Motor Induksi menggunakan PSCAD



Gambar 3 - 5
Motor Induksi 3 Fasa

Blok motor induksi ini merupakan motor jenis sangkar tupai atau biasa juga disebut *squirrel cage induction motor* yang dapat beroperasi sebagai motor ataupun generator, W, S, TL pada gambar diatas adalah sebagai control untuk mengukur keluaran dari motor yang berupa kecepatan, slip, dan torsi..



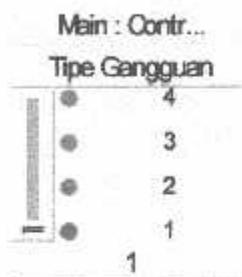
Gambar 3 - 6
Multi Meter

Gambar diatas adalah gambar blok multi meter yang berfungsi sebagai alat ukur yang digunakan dalam simulasi untuk mengukur dan mengeluarkan hasil dari sinyal v dan I pada saat sistem beroperasi.



Gambar 3 - 7
Switch Putar

Gambar diatas merupakan blok dari switch yang berfungsi untuk mengontrol pergantian untuk mengatur tipe gangguan pada sumber arus 3 fasa pada sistem.



Gambar 3 - 8
Panel Kontrol Jenis Gangguan

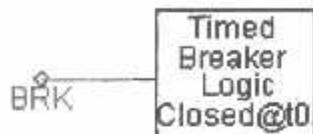
Gambar diatas merupakan blok panel untuk mengatur jenis gangguan yang diinginkan yang diatur dari angka 1 sampai 10, berikut jenis gangguan yang ada pada panel control tersebut diatas :

- 1 = Gangguan 1 fasa
- 2 = Gangguan 2 fasa
- 3 = Gangguan 3 fasa
- 4 = Gangguan antar fasa



Gambar 3 - 9
Panel Kontrol Jenis Gangguan

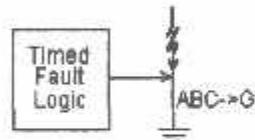
Gambar diatas merupakan blok untuk sumber tegangan 3 fasa yang digunakan pada sistem.



Gambar 3 – 10

Tampilan gambar *Breaker* yang ada di PSCAD

Gambar diatas adalah tampilan dari *breaker* yang ada di dalam PSCAD dan di gunakan sebagai pengaman bila terjadi gangguan pada motor dengan menggunakan fungsi waktu.



Gambar 3 – 11

Tampilan Gambar untuk Model Gangguan

Gambar diatas merupakan gambar yang di gunakan sebagai inputan gangguan voltage dip pada motor induksi 3 fasa yang di dalamnya terdapat timer yang berfungsi untuk mengatur lamanya gangguan.

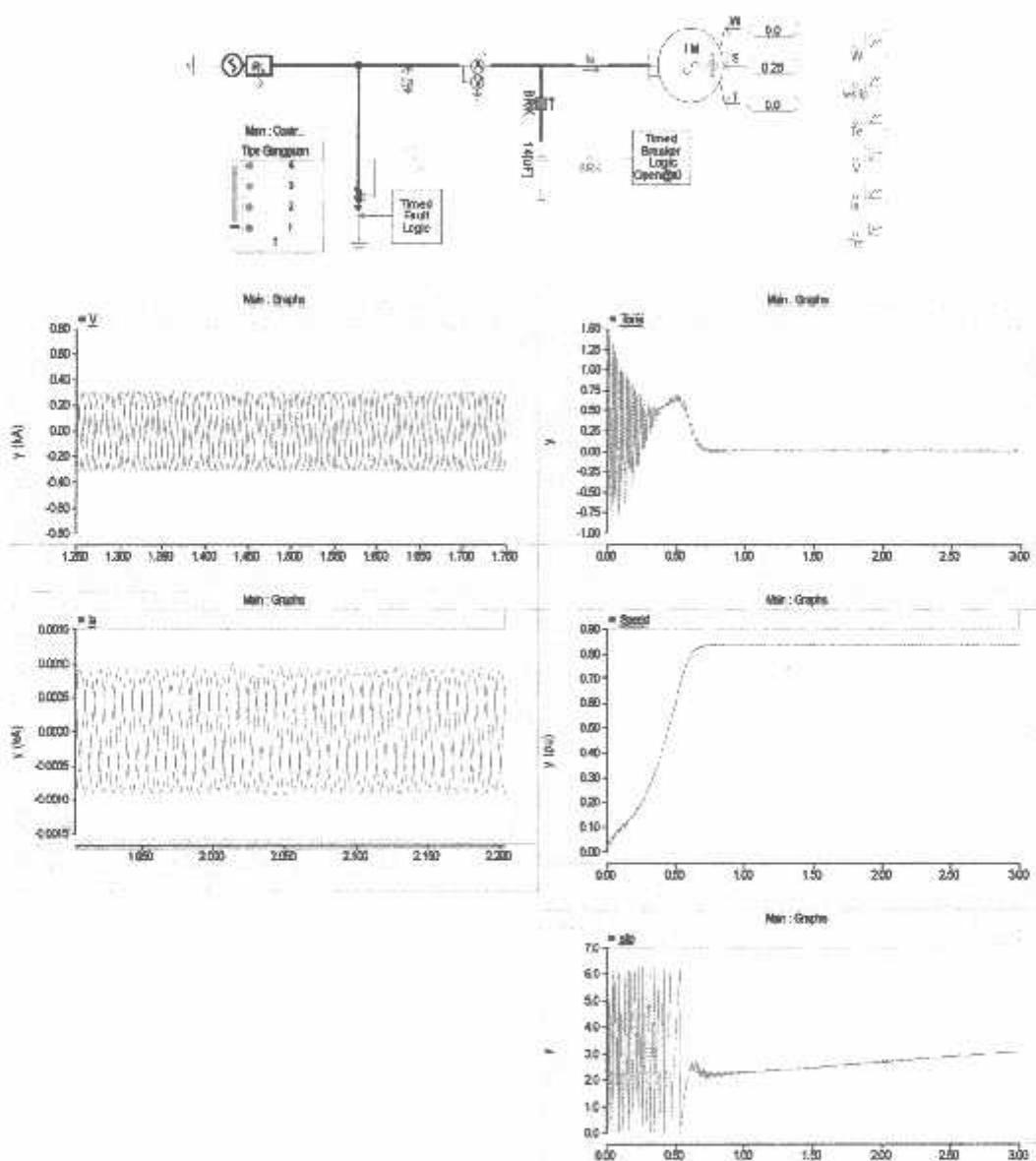


Gambar 3 – 12

Tampilan Gambar untuk Model Kapasitor

Gambar diatas merupakan gambar blok kapasitor yang di gunakan untuk mereduksi gangguan kedip tegangan pada motor induksi 3 fasa.

Secara lengkap blok dari PSCAD dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 3 – 13
Blok PSCAD secara keseluruhan

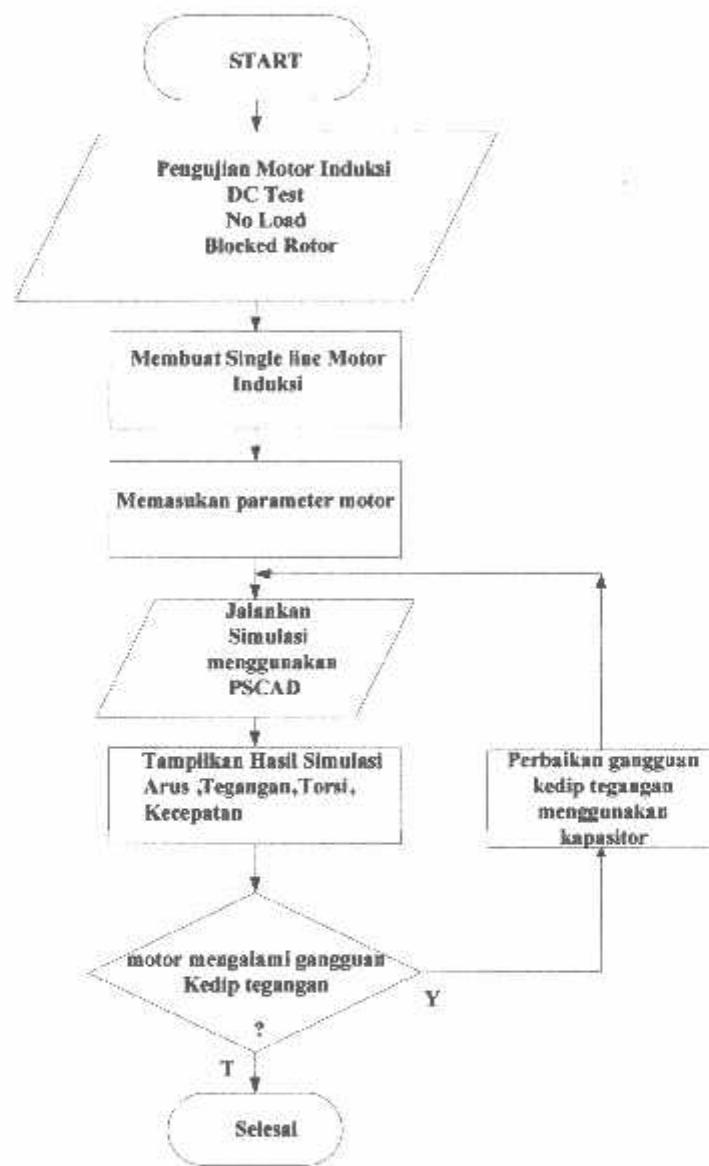
3.3. Algoritma Pemrograman

3.3.1. Algoritma Pemecahan Masalah

1. Pengujian Parameter Motor Induksi
 - a. DC Test
 - b. Beban Nol (*No Load Test*)
 - c. Rotor Tertahan (*Blocked Rotor Test*)
2. Menggambar single line pada software PSCAD
3. Memasukan parameter motor induksi.
4. Menjalankan simulasi Motor Induksi dengan parameter motor dengan bantuan software PSCAD.
5. Menampilkan Hasil Simulasi Tegangan, Arus, Kecepatan, Torsi.
6. Perbaikan gangguan kedip tegangan menggunakan kapasitor.

3.4. Flowchart Pemecahan Masalah Secara Umum

3.4.1. Simulasi



*Flowchart pemasangan kapasitor pada motor induksi 3 fasa menggunakan
PSCAD / EMTDC Power Simulation*

BAB IV

ANALISA PARAMETER MOTOR

DAN HASIL SIMULASI

Untuk menentukan parameter-parameter motor induksi yang akan dianalisa maka dapat dilakukan dengan mengambil parameter dengan melakukan pengujian.

4.1 Pengujian Parameter Motor Induksi

4.1.1 Alat-alat yang digunakan

- a. Motor induksi Tiga Phasa DE LORENZO / DL 1022

Data papan (*Name Plate*)

TEGANGAN	: 230 / 380 (Δ/Y) VOLT
ARUS	: 4,3/2,5 (Δ/Y) AMPERE
COS ϕ	: 0,83
FREKUENSI	: 50 Hz
DAYA	: 1,1 KW
PUTARAN	: 2820 RPM
KUTUB	: 2 KUTUB
KELAS ISOLASI	: F

- b. Voltmeter DE LORENZO DL 1031
- c. Ampermeter DE LORENZO DL 1031
- d. Wattmeter 3 Phasa DE LORENZO 1031
- e. Tachometer DE LORENZO DL 1031
- f. Ac voltage regulator dan DC Supply DE LORENZO 1013 M2
- g. Current Break DE LORENZO

4.1.2 Pengujian Arah Searah (*DC Test*)

Tabel 4 - 1
Data Hasil Pengujian Arus Searah

NO	Vdc (volt)	I (Ampere)
1	4	0,75
2	6	1,12
3	8	1,44
4	10	1,78
5	12	2,14

4.1.3 Pengujian Tanpa Beban (*No Load Test*)

Tabel 4 - 2
Data Hasil Pengujian Beban No Load Test

I _{motor} (Ampere)			P _{3 phasa} (watt)	V _{L-L} (volt)	Frekuensi (Hz)
a	b	c			
0,59	0,68	0,59	90	220	50

4.1.4 Pengujian Rotor Tertahan (*Blocked Rotor Test*)

Tabel 4 - 3
Data Hasil Pengujian Motor Rotor Tertahan

I_{motor} (Ampere)			$P_{3\ Phasa}$ (watt)	V_{L-L} (volt)
a	b	c		
2,5	2,5	2,5	230	78

4.2 Analisa Parameter Motor Induksi

A. Dari pengujian arus searah besarnya resistansi stator adalah:

Dengan menggunakan persamaan 2.32

$$R_s = R_{dc} = \frac{V_{dc}}{I_{dc}} \Omega$$

$$\text{Maka } R_{dc}(1) = \frac{4}{0,75} = 5,33\Omega$$

$$R_{dc}(2) = \frac{6}{1,12} = 5,35\Omega$$

$$R_{dc}(3) = \frac{8}{1,44} = 5,55\Omega$$

$$R_{dc}(4) = \frac{10}{1,78} = 5,61\Omega$$

$$R_{dc}(5) = \frac{12}{2,14} = 5,61\Omega$$

$$R_s = \frac{5,33 + 5,35 + 5,55 + 5,61 + 5,61}{5} = 5,49 / phasa$$

B. Dari pengujian Tanpa Beban (No Load Test)

$$I_{tb} = \frac{I_{ta} + I_{tb} + I_{tc}}{3}$$

$$I_{tb} = \frac{0,59 + 0,68 + 0,59}{3} = 0,62 \text{ A}$$

$$Z_{tb} = \frac{V}{\sqrt{3}I_{tb}} = \frac{220}{\sqrt{3} \times 0,62} = 205 \Omega$$

$$R_{tb} = \frac{P_{(3\Phi)}}{3I_{tb}^2} = \frac{90}{3 \cdot (0,62^2)} = 78 \Omega$$

$$X_{tb} = \sqrt{Z_{tb}^2 - R_{tb}^2} = \sqrt{205^2 - 78^2} = 189,58 \Omega$$

C. Dari Rotor tertahan (Blocked Rotor Test)

$$I_{br} = \frac{I_{bra} + I_{brb} + I_{bre}}{3}$$

$$I_{br} = \frac{2,5 + 2,5 + 2,5}{3} = 2,5 \text{ A}$$

$$Z_{br} = \frac{V}{\sqrt{3}I_{br}} = \frac{78}{\sqrt{3} \times 2,5} = 18,01 \Omega$$

$$R_{rt} = \frac{P_{(3\Phi)}}{3I_{rt}^2} = \frac{230}{3 \cdot (2,5^2)} = 12,267 \Omega$$

$$X_{br} = \sqrt{Z_{br}^2 - R_{br}^2} = \sqrt{18,01^2 - 12,267^2} = 13,08 \Omega$$

$$X_{rl} = X_s + X'_r$$

Motor induksi yang dipakai adalah motor induksi dengan rotor sangkar tungal kelas A, maka secara umum X_s dan X'_r diasumsikan sama, sehingga:

$$X_s = X'_r = \frac{1}{2} \cdot 13,08 = 6,54 \Omega$$

Besarnya raktansi yang pada terminal stator pada keadaan tanpa beban (X_{tb}) mendekati sama dengan $X_s + X_m$ yang merupakan reaktansi diri stator sehingga:

$$X_{ss} = X_{tb} = X_s + X_m$$

$$X_m = X_{tb} - X_s$$

$$= 189,58 - 54$$

$$= 183,04 \Omega$$

Resistansi stator dapat dipandang sebagai harga DC-nya maka resistansi rotor dapat ditentukan sebagai berikut:

$$R = R_{rt} - R_s$$

$$= 12,267 - 5,49$$

$$= 6,78 \Omega$$

$$X_{rr} = X'_r + X_m$$

$$= 6,54 + 183,04 = 189,58 \Omega$$

$$R'_r = R \left(\frac{X_r}{X_m} \right)^2$$

$$= 6,78 \left(\frac{189,58}{183,04} \right)^2 = 7,02 \Omega$$

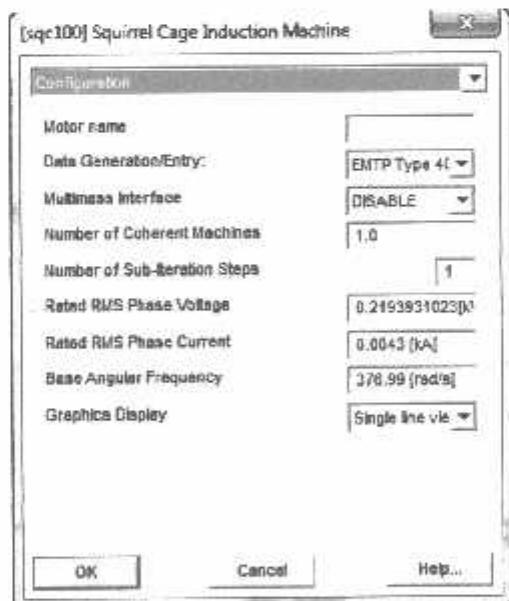
Tabel 4 - 4
Hasil Perhitungan Pengujian Parameter Motor Induksi Tiga Phasa

rs	rr	xls	xlr	xm
5,49	7,02	6,54	6,54	183,04

4.3 Simulasi Motor Induksi

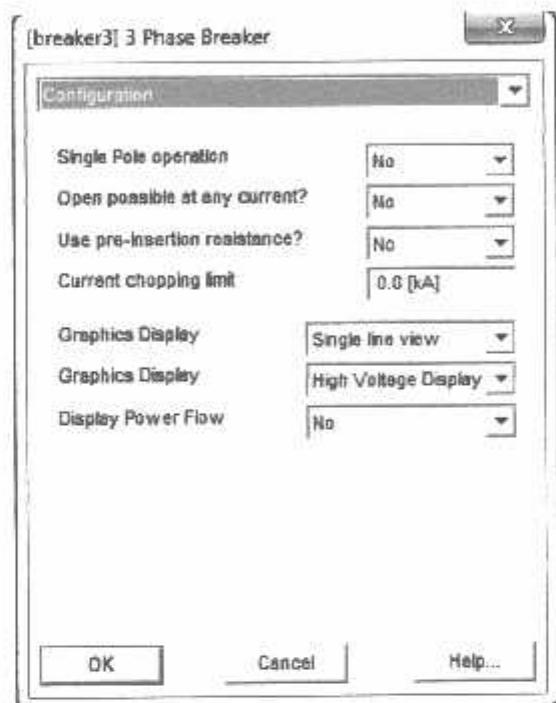
4.3.1 Tampilan Parameter

Dengan menggunakan parameter yang telah dihitung melalui pengujian dan *name plate* motor maka kita dapat melakukan analisa untuk mendapatkan beberapa data dari simulasi motor induksi yang telah dihubungkan dengan kapasitor. PSCAD yang digunakan pada skripsi ini adalah PSCAD versi 4.2. berikut adalah bentuk hasil tampilan parameter motor induksi 3 fasa.



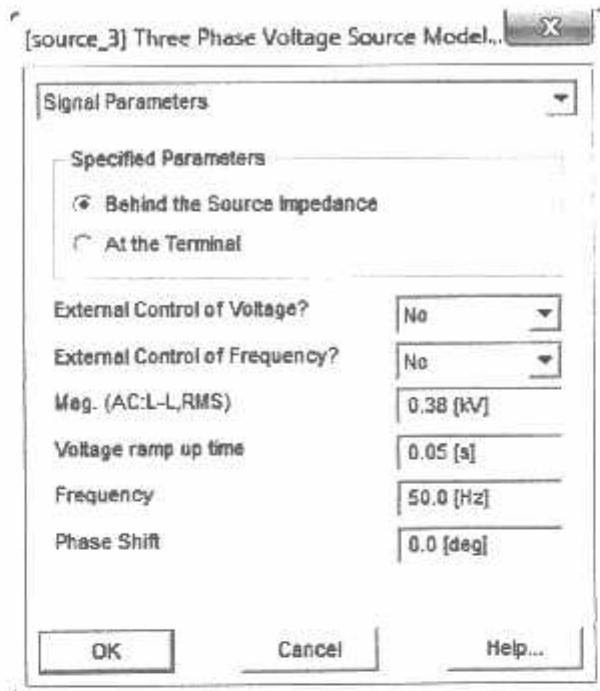
Gambar 4-1
Parameter Motor Induksi 3 fasa

Dari gambar diatas rugi-rugi gesekan diabaikan sehingga bisa memungkinkan terjadi suatu inputan data yang kurang sempurna, namun tidak berpengaruh besar terhadap hasil simulasi.



Gambar 4-2
Tampilan Blok Parameter 3 Phase Breaker

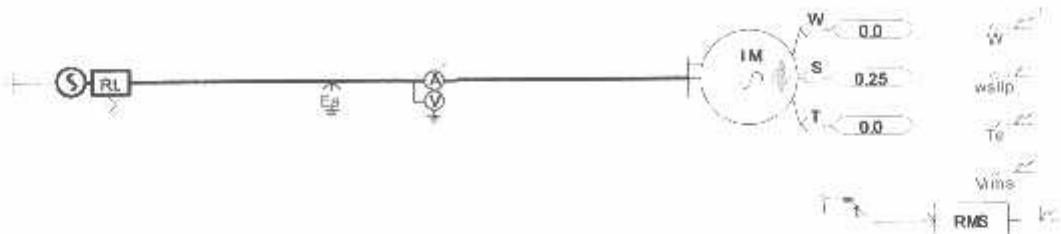
Dalam pemakaian blok 3 phase breaker diharapkan mengisikan parameter-parameter yang telah disediakan sesuai dengan setting yang diperlukan. Untuk pengaturan waktu terjadinya gangguan diatur dengan setting waktu tidak boleh sama dengan nol.



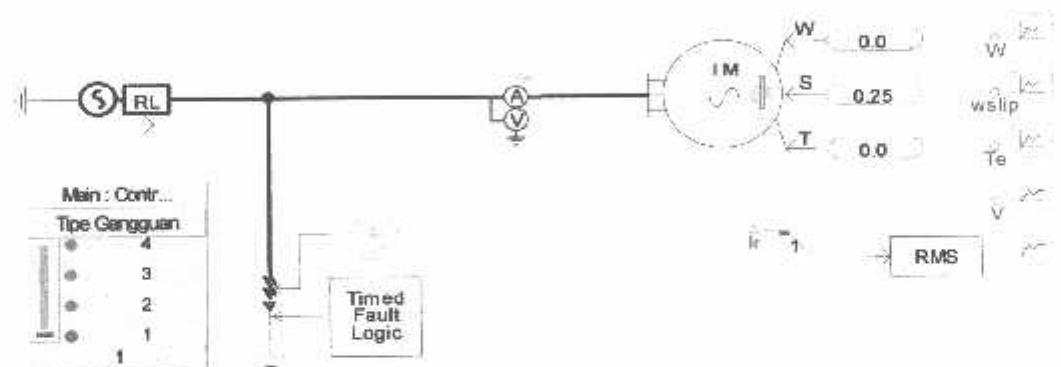
Gambar 4-3
Blok Parameter Power Supply

Gambar diatas merupakan blok sumber tiga fasa pada PSCAD yang akan digunakan dalam simulasi tegangan kedip pada motor induksi 3 fasa dimana tegangan yang digunakan 380 V dan frekwensi 50 Hz.

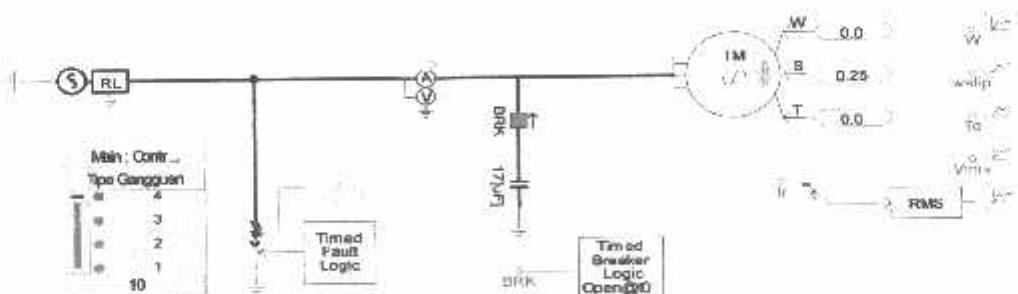
4.3.2. Hasil Simulasi Percobaan Saat Terjadinya Voltage Dip Tanpa Kapasitor dan Terhubung Dengan Kapasitor



Gambar 4-4
Single Line Motor Pada Saat Keadaan Normal

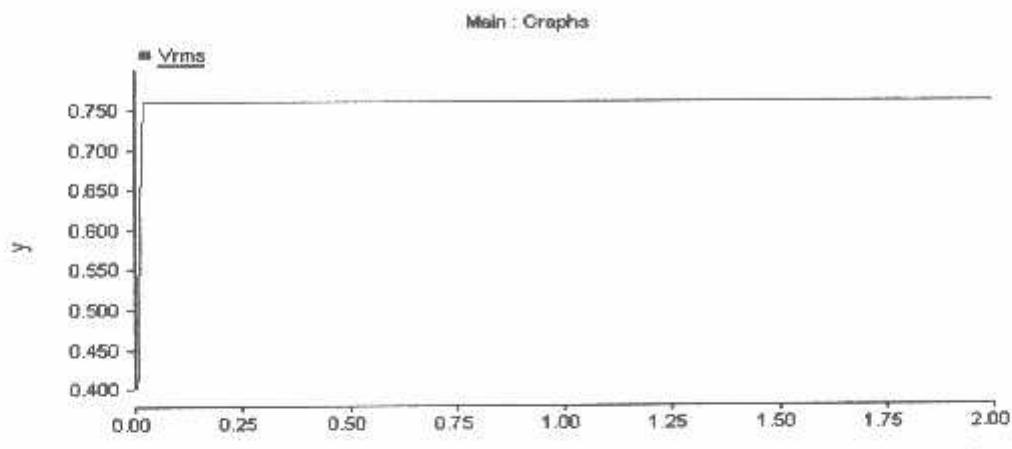


Gambar 4-5
Single Line Motor Pada Saat Gangguan



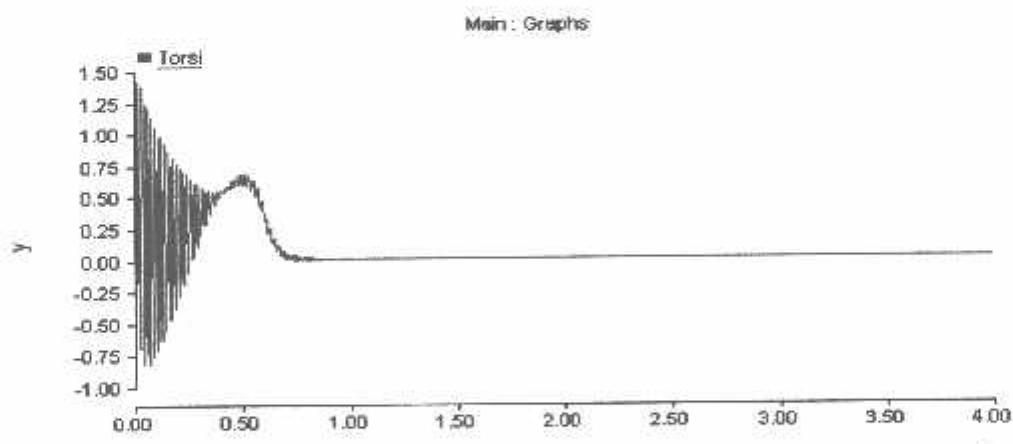
Gambar 4-6
Single Line Motor Pada Saat Gangguan Terhubung Kapasitor

Hasil Simulasi Pada Saat Keadaan Normal :



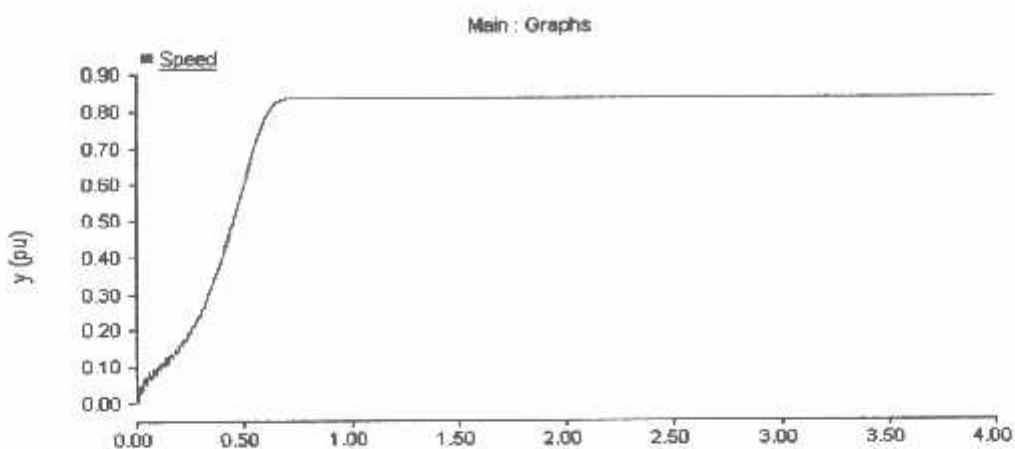
Gambar 4-7
Gelombang Tegangan Saat Keadaan Normal

Dari hasil simulasi dalam keadaan normal dapat dilihat dari gambar diatas dimana gelombang tegangan Vrms dalam keadaan normal mencapai 0.7599 pu



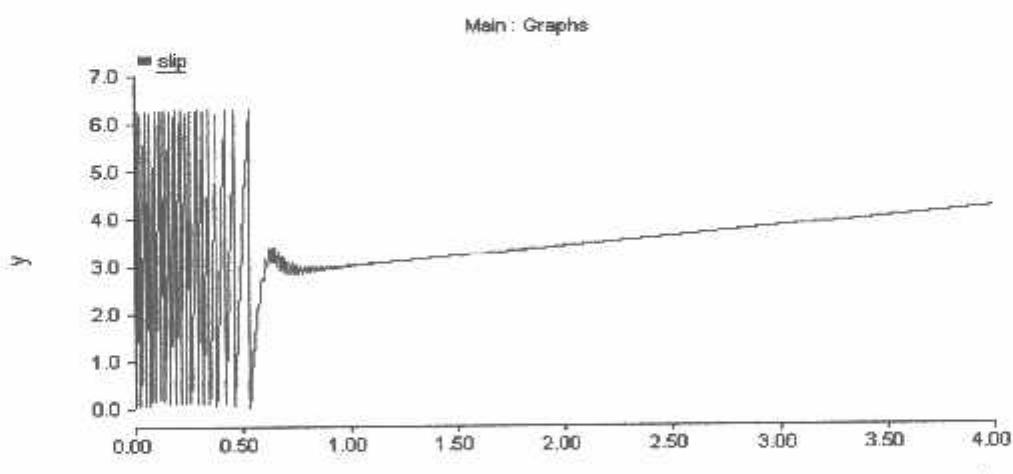
Gambar 4-8
Gelombang Torsi Saat Keadaan Normal

Dari hasil simulasi dalam keadaan normal dapat dilihat dari gambar diatas dimana gelombang torsi mencapai 0.0066 pu



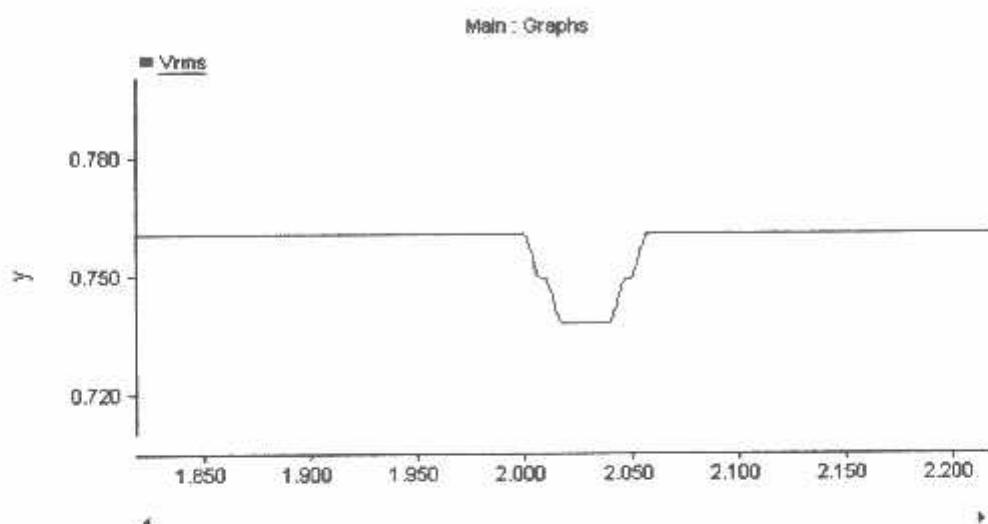
Gambar 4-9
Gelombang Kecepatan Saat Keadaan Normal

Dari hasil simulasi dalam keadaan normal dapat dilihat dari gambar diatas dimana gelombang kecepatan mencapai 0.7599 pu.



Gambar 4-10
Gelombang Slip Saat Keadaan Normal

Dari hasil simulasi dalam keadaan normal dapat dilihat dari gambar diatas dimana gelombang slip naik mencapai 3.383 pu dan turun 3.372 pu.

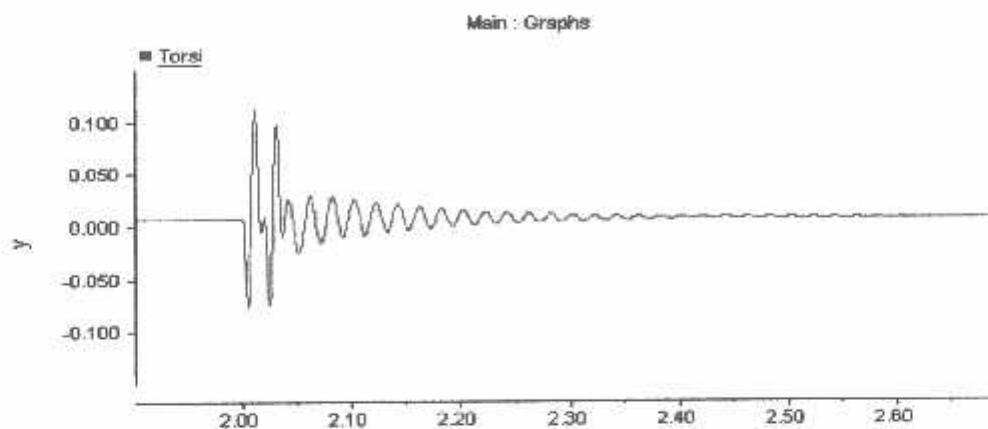
Hasil Simulasi Pada Saat Terjadi Gangguan Kedip Tegangan Satu Fasa Ke Tanah :

Gambar 4-11
Gelombang Tegangan Saat Gangguan Kedip Tegangan 1 Fasa
Ketanah

Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan satu fasa ketanah dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, tegangan Vrms mencapai 0.737 kA atau mengalami penurunan sebesar 0.022 kA selama 0.058 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.059.

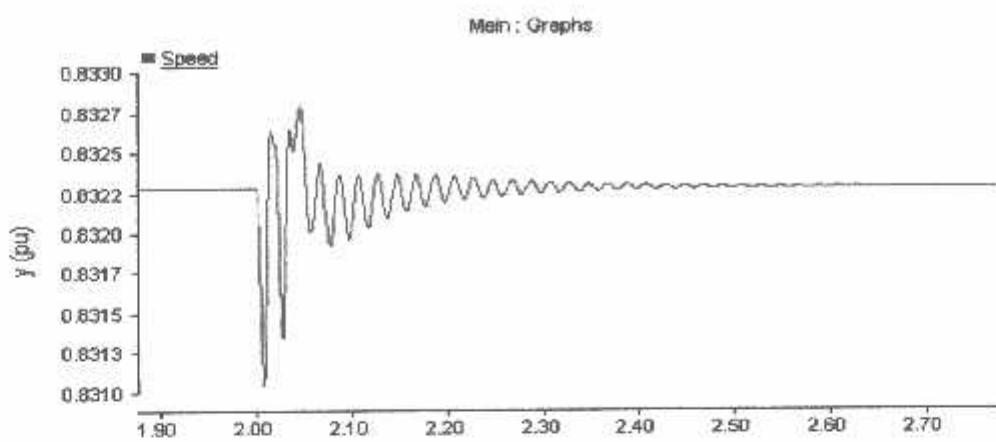
Respon Motor Pada saat Terjadi Gangguan Kedip Tegangan Satu

Fasa Ke Tanah :



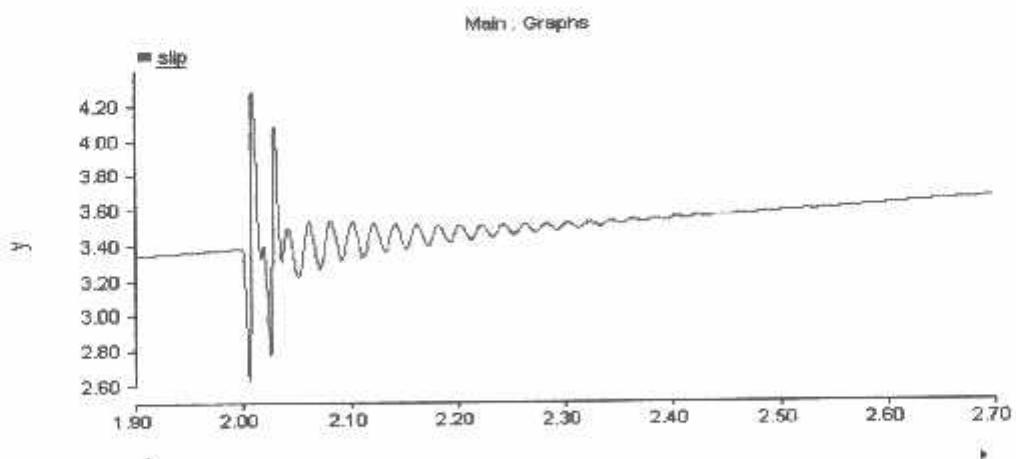
Gambar 4-12
Gelombang Torsi Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan 1 Fasa
Ketanah

Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan satu fasa ketanah dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, torsi pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 0.110 pu dan turun mencapai -0.077 pu selama 0.61 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.62.



**Gambar 4-13
Gelombang Kecepatan Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan 1 Fasa Ketanah**

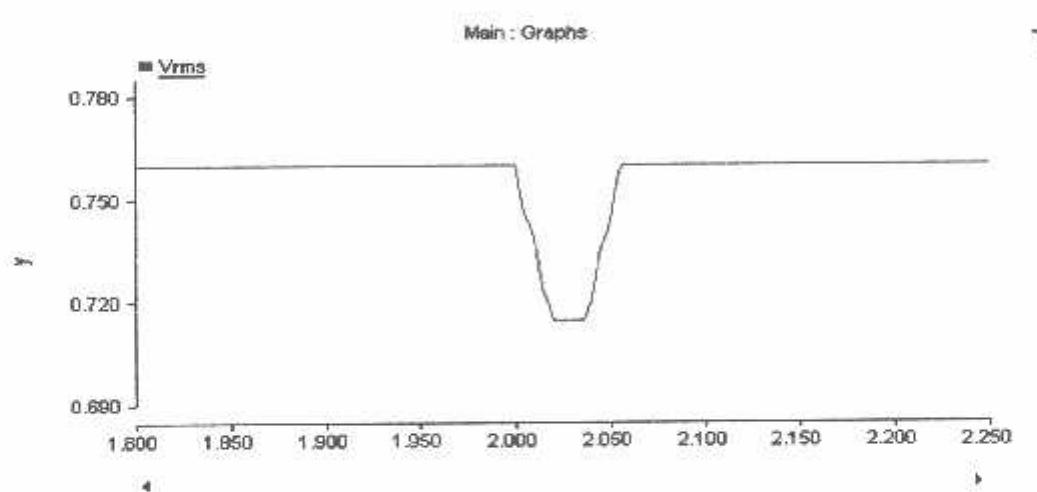
Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan satu fasa ketanah dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, kecepatan pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 0.833 pu dan turun mencapai 0.831 pu selama 0.60 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.64.



**Gambar 4-14
Gelombang Slip Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan 1 Fasa Ketanah**

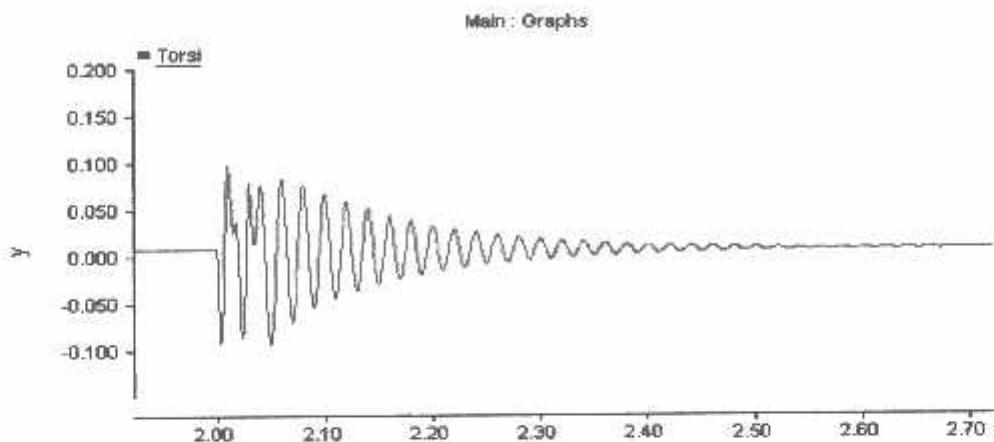
Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan satu fasa ketanah dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, slip pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 4.269 pu dan turun mencapai 2.625 pu selama 0.60 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.55.

Hasil Simulasi Pada Saat Terjadi Gangguan Kedip Tegangan Dua Fasa Ke Tanah:



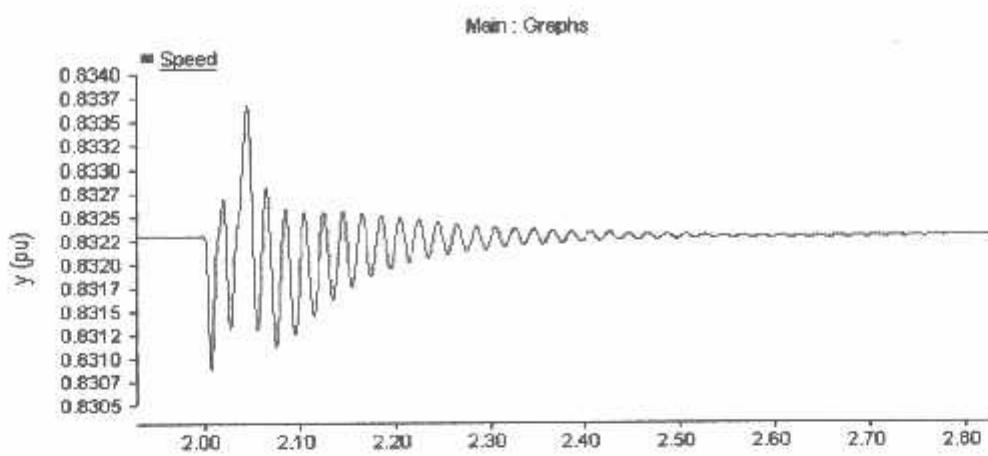
Gambar 4-15
Gelombang Tegangan Saat Gangguan Kedip Tegangan 2 Fasa Ketanah

Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan dua fasa ketanah dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, tegangan Vrms mencapai 0.714 kV atau mengalami penurunan sebesar 0.045 kV selama 0.058 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.059.

Respon Motor Pada saat Terjadi Gangguan Kedip Tegangan Dua Fasa Ke Tanah :

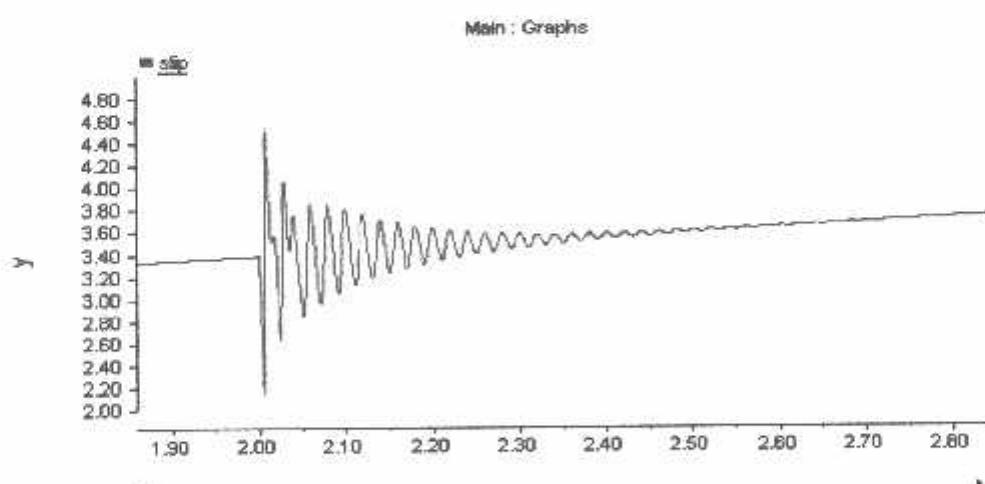
Gambar 4-16
Gelombang Torsi Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan 2 Fasa Ketanah

Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan dua fasa ketanah dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, torsi pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 0.096 pu dan turun mencapai -0.095 pu selama 0.67 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.68.



Gambar 4-17
Gelombang Kecepatan Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan 2 Fasa Ketanah

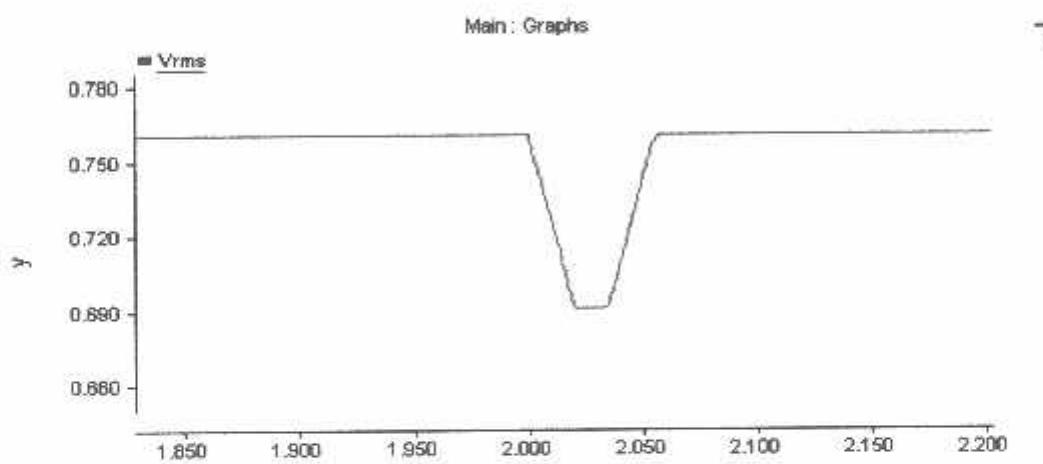
Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan dua fasa ketanah dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, kecepatan pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 0.834 pu dan turun mencapai 0.831 pu selama 0.78 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.79.



Gambar 4-18
Gelombang Slip Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan 2 Fasa Ketanah

Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan dua fasa ketanah dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, slip pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 4.563 pu dan turun mencapai 2.126 pu selama 0.70 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.71.

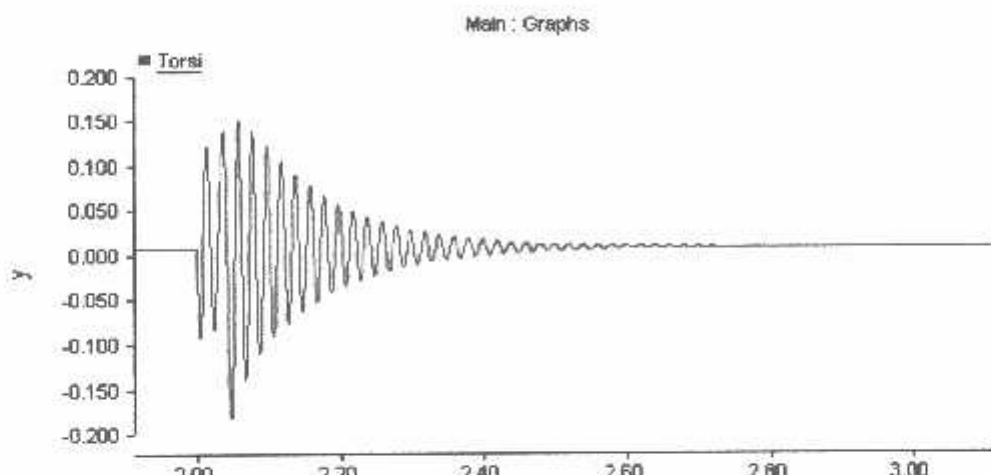
Hasil Simulasi Pada Saat Terjadi Gangguan Kedip Tegangan Tiga Fasa Ke Tanah :



**Gambar 4-19
Gelombang Tegangan Saat Gangguan Kedip Tegangan 3 Fasa Ketanah**

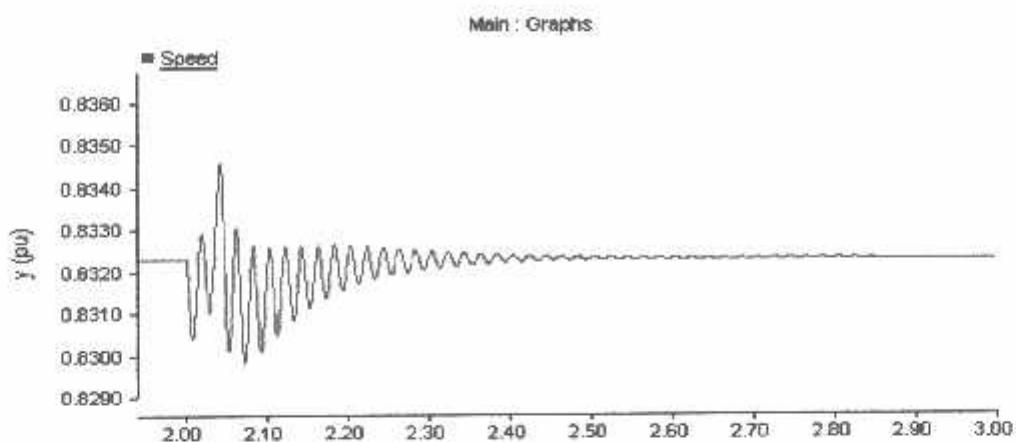
Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan tiga fasa ketanah dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, tegangan Vrms mencapai 0.691 kA atau mengalami penurunan sebesar 0.068 kA selama 0.058 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.059.

Respon Motor Pada saat Terjadi Gangguan Kedip Tegangan Tiga Fasa Ke Tanah :



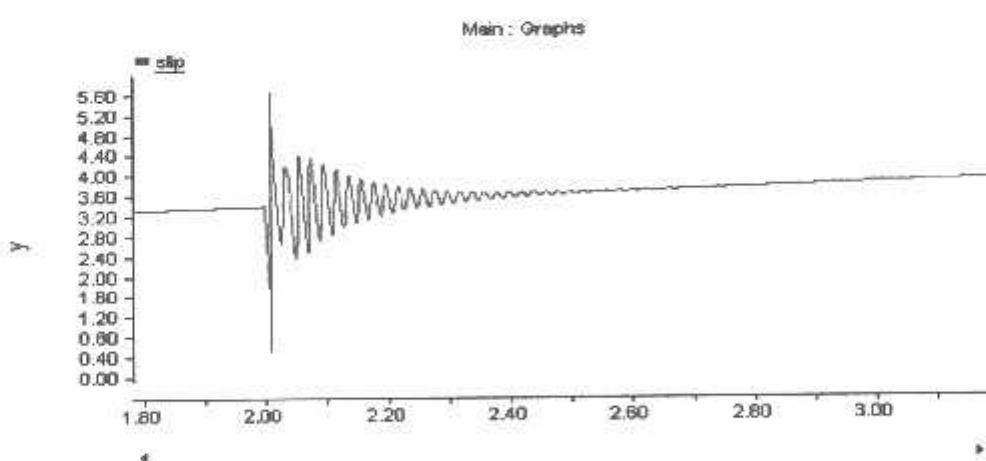
Gambar 4-20
Gelombang Torsi Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan 3 Fasa Ketanah

Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan tiga fasa ketanah dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, torsi pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 0.149 pu dan turun mencapai -0.185 pu selama 0.73 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.74.



Gambar 4-21
Gelombang Kecepatan Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan 3 Fasa Ketanah

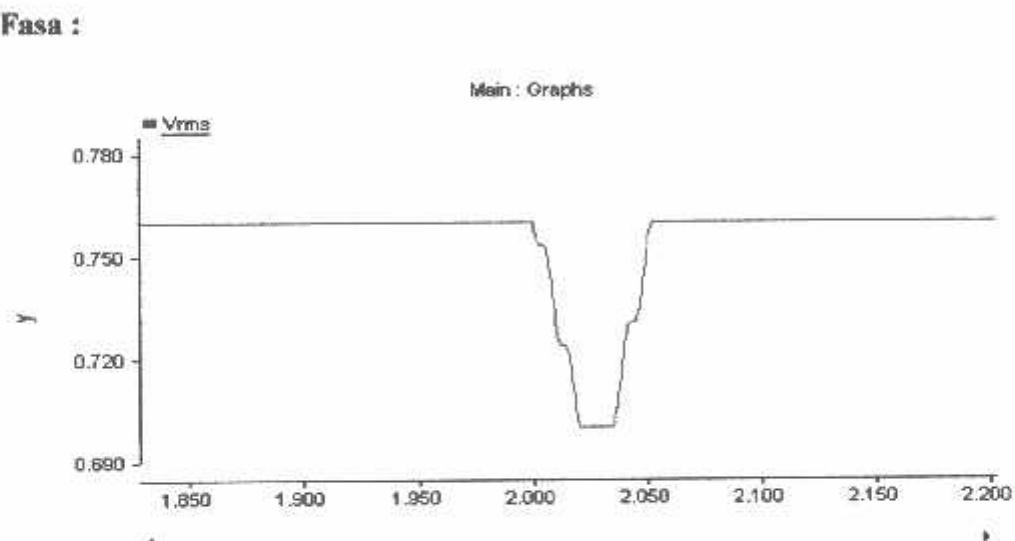
Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan tiga fasa ketanah dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, kecepatan pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 0.835 pu dan turun mencapai 0.830 pu selama 0.85 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.86.



Gambar 4-22
Gelombang Slip Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan 3 Fasa Ketanah

Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan tiga fasa ketanah dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, slip pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 5.627 pu dan turun mencapai 0.483 pu selama 0.75 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.76.

Hasil Simulasi Pada Saat Terjadi Gangguan Kedip Tegangan Antar Fasa :

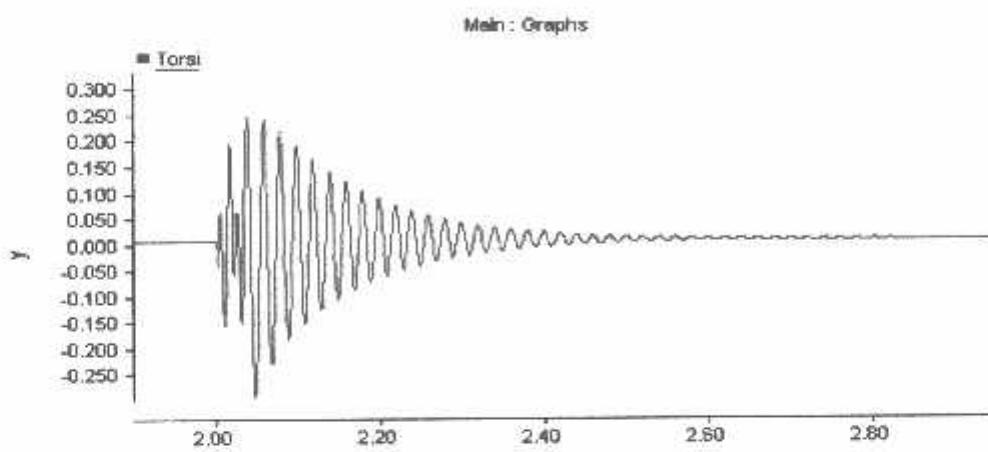


Gambar 4-23
Gelombang Tegangan Saat Gangguan Kedip Tegangan Antar Fasa

Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan antar fasa dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, tegangan Vrms mencapai 0.700 kA atau mengalami penurunan sebesar 0.059 kA selama 0.054 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.055.

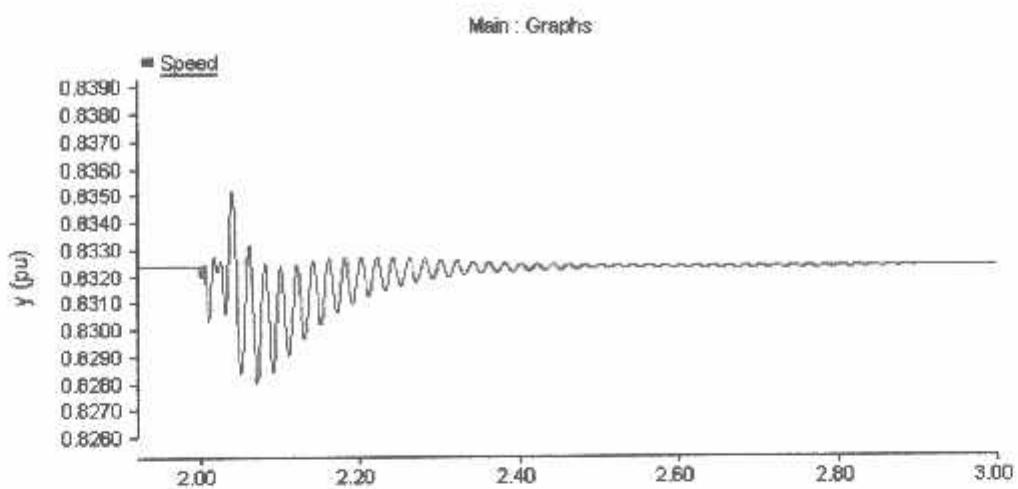
Respon Motor Pada saat Terjadi Gangguan Kedip Tegangan Antar Fasa

Fasa :



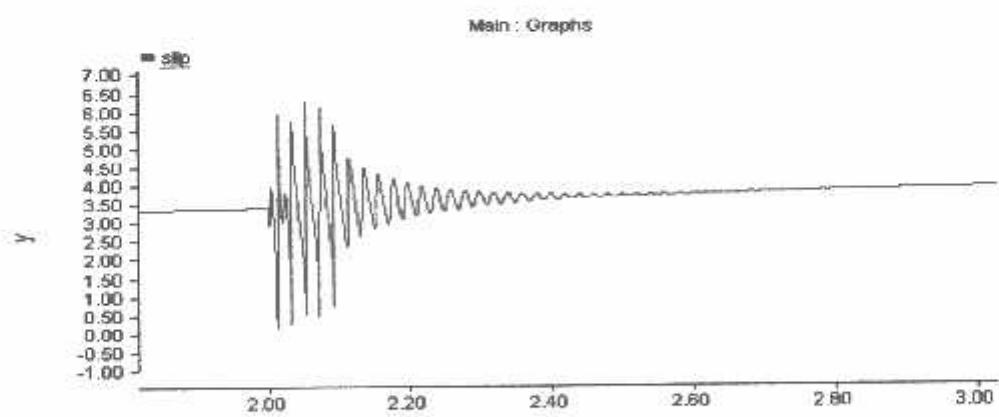
Gambar 4-24
Gelombang Torsi Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan Antar Fasa

Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan antar fasa dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, torsi pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 0.244 pu dan turun mencapai -0.293 pu selama 0.82 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.83.



Gambar 4-25
Gelombang Kecepatan Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan Antar Fasa

Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan antar fasa dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, kecepatan pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 0.835 pu dan turun mencapai 0.828 pu selama 0.90 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.91.



Gambar 4-26
Gelombang Slip Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan Antar Fasa

Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan antar fasa dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, slip pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 6.226 pu dan turun mencapai 0.125 pu selama 0.75 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.81.

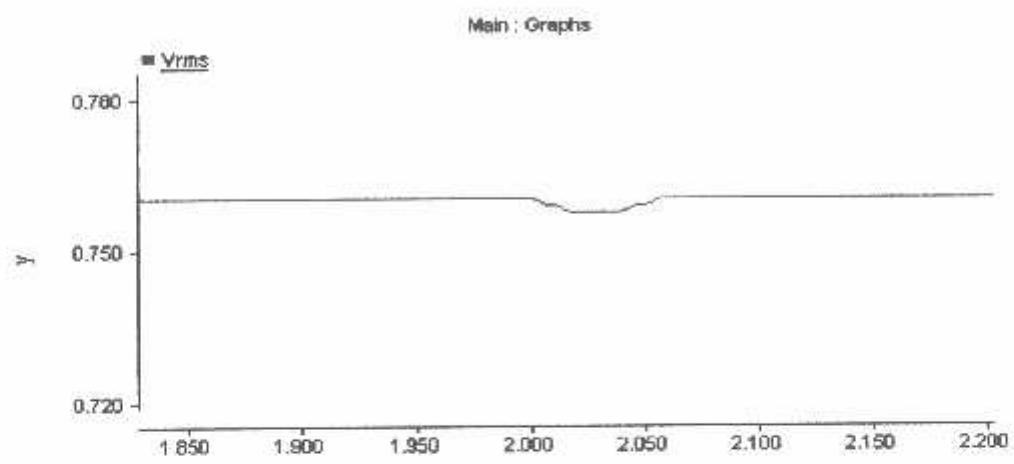
Jenis gangguan	Tegangan (Vrms) [kA]	Torsi [pu]	Kecepatan [pu]	Slip [pu]
1 fasa ke tanah	0.837	0.110 s/d - 0.077	0.833 s/d 0.831	4.269 s/d 2.625
2 fasa ketanah	0.814	0.096 s/d - 0.095	0.834 s/d 0.831	4.563 s/d 2.126
3 fasa ketanah	0.891	0.149 s/d - 0.185	0.835 s/d 0.830	5.627 s/d 0.483
Antar fasa	0.800	0.244 s/d - 0.293	0.835 s/d 0.828	6.226 s/d 0.125

Tabel 4 - 5
Data hasil Analisa Gangguan Kedip Tegangan tanpa terhubung kapasitor

Hasil simulasi saat terjadinya gangguan kedip tegangan dengan durasi waktu 0.03 second dapat di lihat dari tabel 4.6 diatas. Yang menunjukkan lamanya waktu pada saat terjadi gangguan pada sisi tegangan maupun dari motor induksi 3 fasa.

Berikut adalah hasil simulasi pada saat terjadi gangguan kedip tegangan selama 0.03 detik dan terhubung kapasitor dengan jenis gangguan 4 macam yaitu gangguan 1 fasa ketanah, 2 fasa ketanah, 3 fasa ketanah, dan antar fasa. hasil yang akan dimunculkan ada 4 macam yaitu tegangan (Vrms), torsi, kecepatan, dan slip.

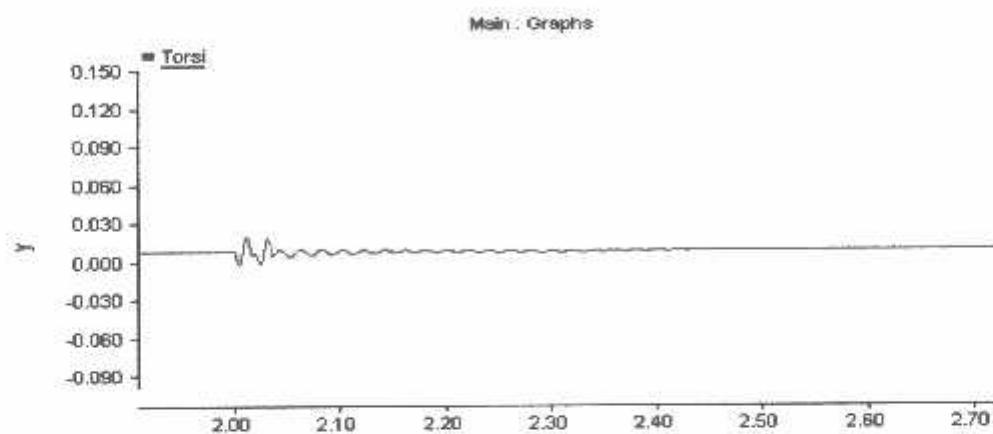
**Hasil Simulasi Percobaan Saat Terjadinya Gangguan Kedip
Tegangan Satu Fasa Ke Tanah Terhubung Kapasitor :**



**Gambar 4-27
Gelombang Tegangan Saat Gangguan Kedip Tegangan Satu Fasa Ke
Tanah Terhubung Kapasitor**

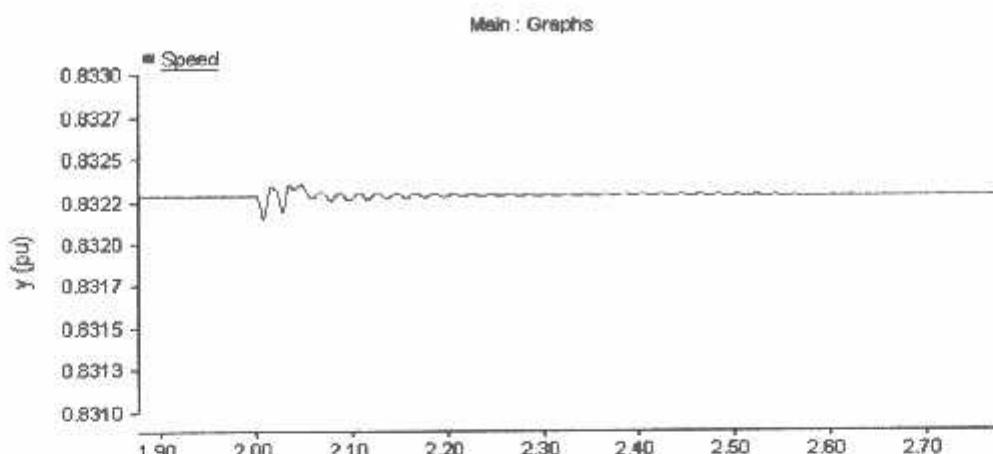
Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan satu fasa ketanah terhubung kapasitor dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, tegangan Vrms mencapai 0.757 kA atau mengalami penurunan sebesar 0.002 kA selama 0.057 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.058.

Respon Motor pada Saat Gangguan Kedip Tegangan Satu Fasa Ke Tanah Terhubung Kapasitor



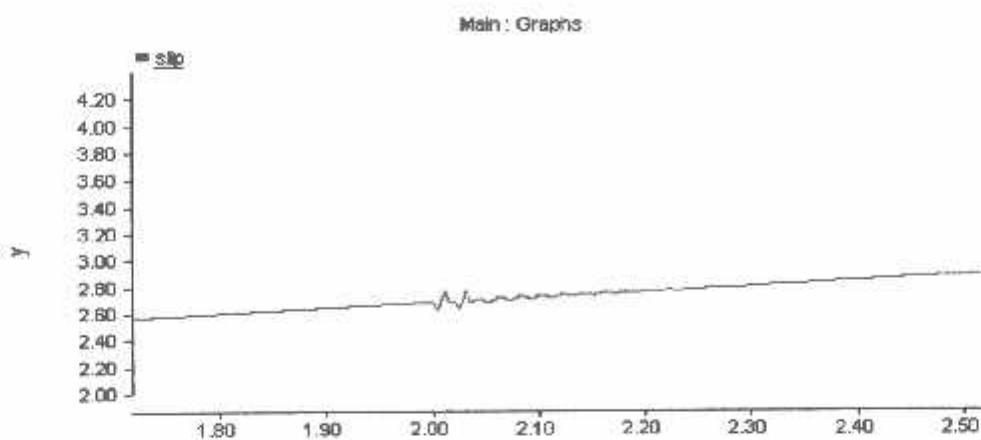
Gambar 4-28
Gelombang Torsi Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan Satu Fasa Ke Tanah Terhubung Kapasitor

Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan satu fasa ketanah terhubung kapasitor dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, torsi pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 0.019 pu dan turun mencapai -0.003 pu selama 0.43 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.44.



Gambar 4-29
Gelombang Kecepatan Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan Satu Fasa Ke Tanah Terhubung Kapasitor

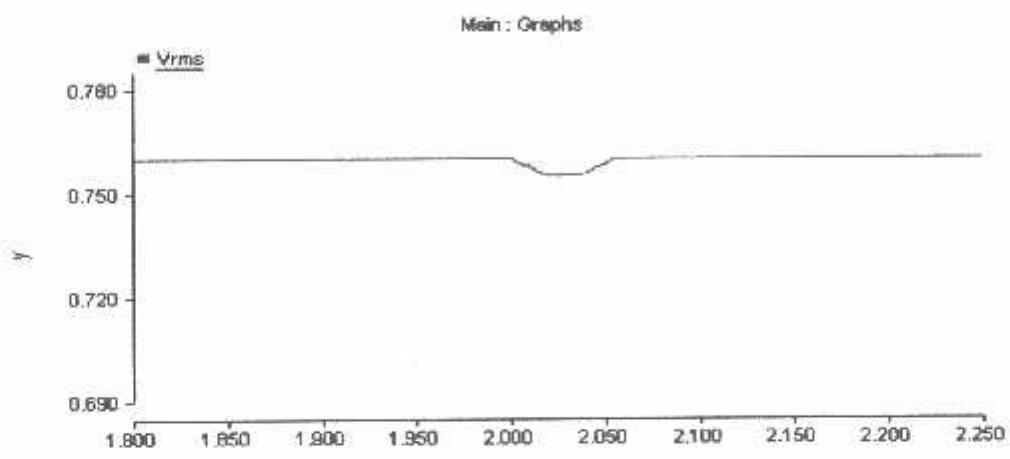
Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan satu fasa ketanah terhubung kapasitor dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, kecepatan pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 0.8322 pu dan turun mencapai 0.8321 pu selama 0.56 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.57.



Gambar 4-30
Gelombang Slip Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan Satu Fasa Ke Tanah Terhubung Kapasitor

Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan satu fasa ketanah terhubung kapasitor dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, slip pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 2.767 pu dan turun mencapai 2.619 pu selama 0.23 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.24.

**Hasil Simulasi Percobaan Saat Terjadinya Gangguan Kedip
Tegangan Dua Fasa Ke Tanah Terhubung Kapasitor :**

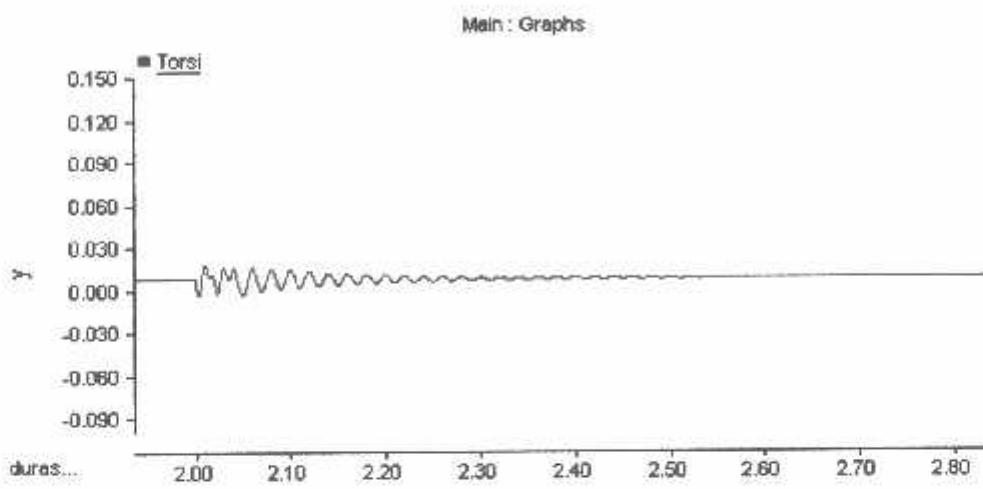


**Gambar 4-31
Gelombang Tegangan Saat Gangguan Kedip Tegangan Dua Fasa Ke
Tanah Terhubung Kapasitor**

Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan dua fasa ketanah terhubung kapasitor dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, tegangan Vrms mencapai 0.755 kA atau mengalami penurunan sebesar 0.004 kA selama 0.056 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.057.

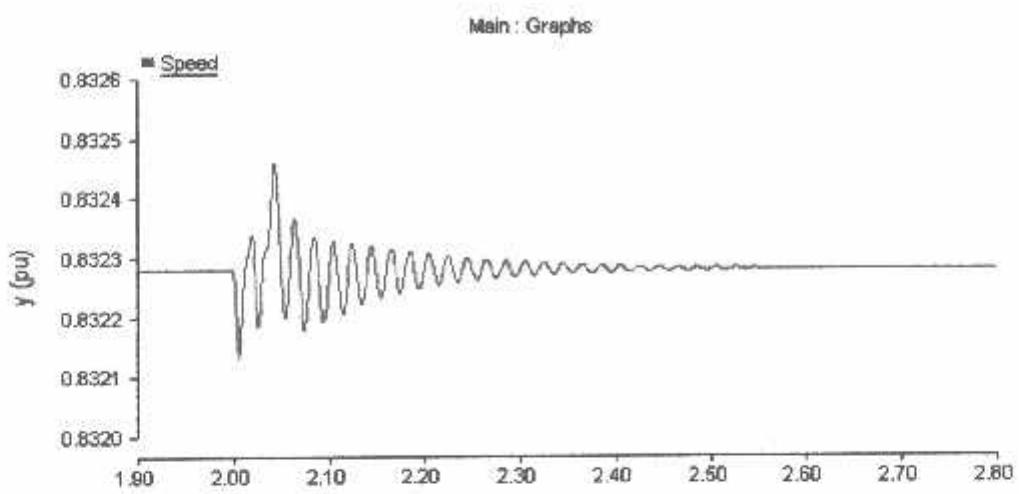
Respon Motor pada Saat Gangguan Kedip Tegangan Dua Fasa Ke

Tanah Terhubung Kapasitor :



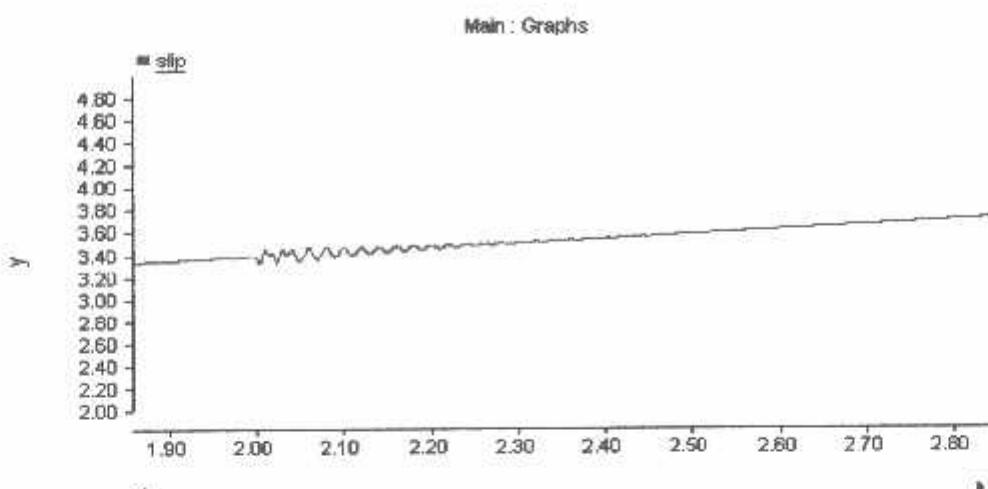
Gambar 4-32
Gelombang Torsi Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan Dua Fasa
Ke Tanah Terhubung Kapasitor

Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan dua fasa ketanah terhubung kapasitor dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, torsi pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 0.017 pu dan turun mencapai -0.005 pu selama 0.53 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.54.



**Gambar 4-33
Gelombang Kecepatan Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan Dua Fasa Ke Tanah Terhubung Kapasitor**

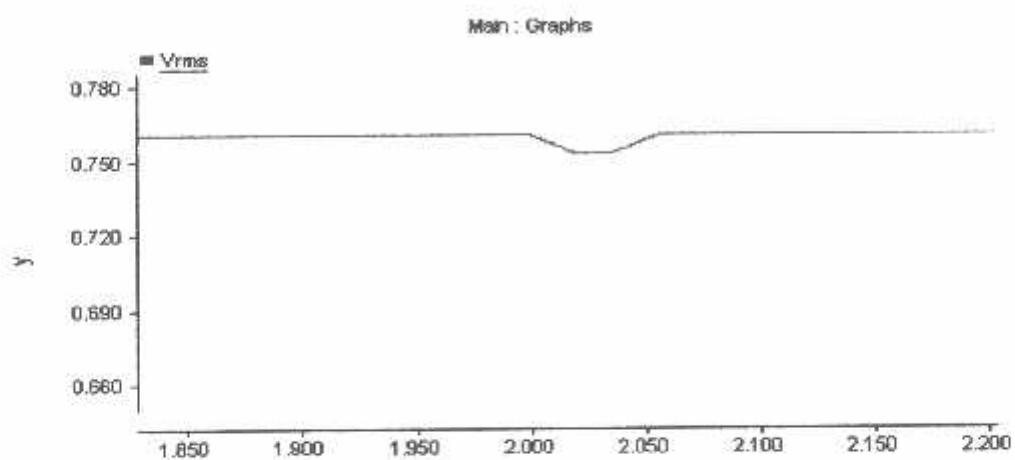
Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan dua fasa ketanah terhubung kapasitor dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, kecepatan pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 0.8324 pu dan turun mencapai 0.8321 pu selama 0.55 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.53.



**Gambar 4-34
Gelombang Slip Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan Dua Fasa Ke Tanah Terhubung Kapasitor**

Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan dua fasa ketanah terhubung kapasitor dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, slip pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 3.554 pu dan turun mencapai 3.310 pu selama 0.45 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.46.

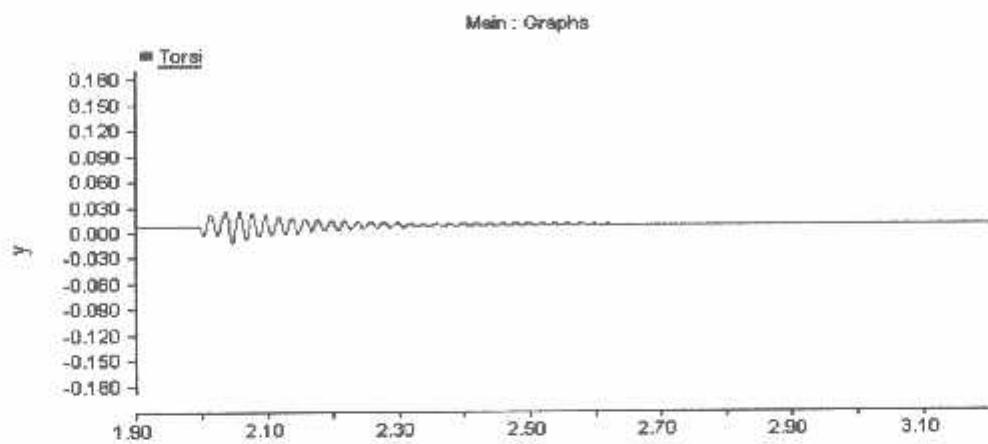
**Hasil Simulasi Percobaan Saat Terjadinya Gangguan Kedip
Tegangan Tiga Fasa Ke Tanah Terhubung Kapasitor :**



**Gambar 4-35
Gelombang Tegangan Saat Gangguan Kedip Tegangan Tiga Fasa Ke
Tanah Terhubung Kapasitor**

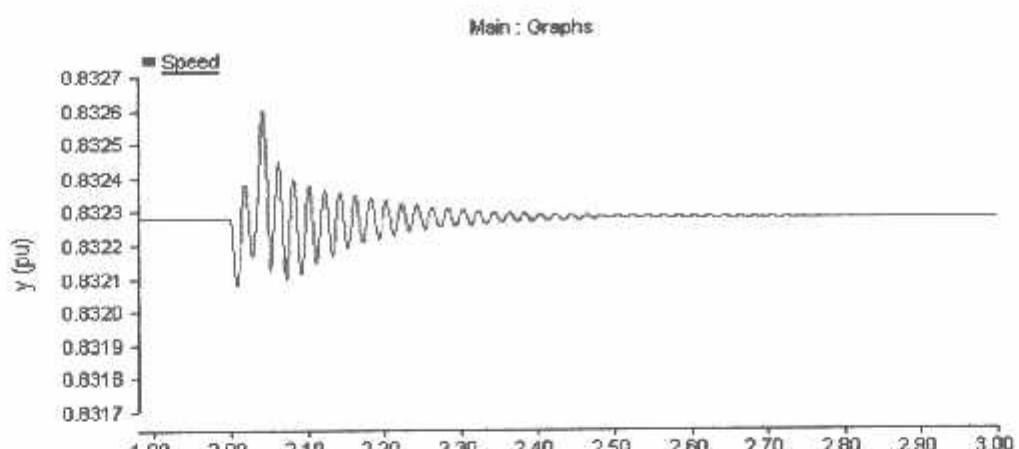
Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan tiga fasa ketanah terhubung kapasitor dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, tegangan Vrms mencapai 0.752 pu atau mengalami penurunan sebesar 0.007 pu selama 0.057 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.058.

Respon Motor pada Saat Gangguan Kedip Tegangan Tiga Fasa Ke Tanah Terhubung Kapasitor :



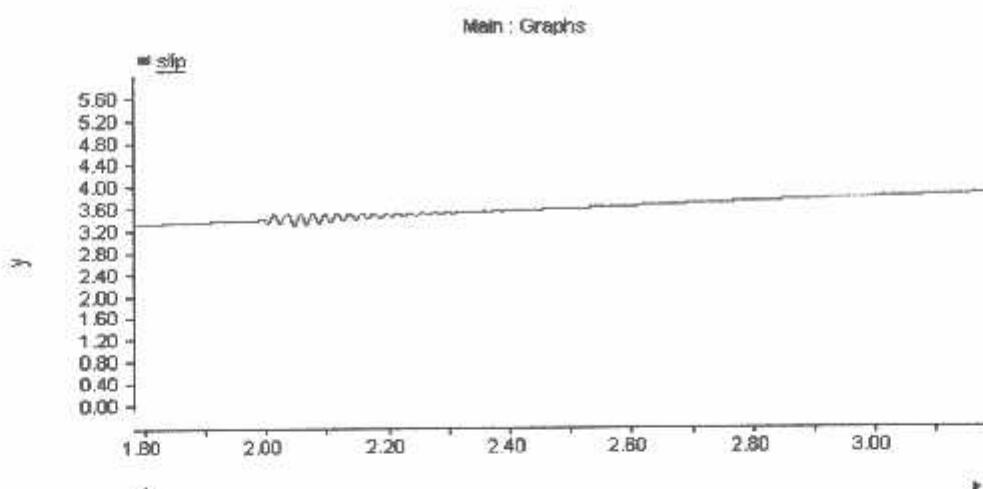
**Gambar 4-36
Gelombang Torsi Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan Tiga Fasa Ke Tanah Terhubung Kapasitor**

Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan tiga fasa ketanah terhubung kapasitor dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, torsi pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 0.022 pu dan turun mencapai -0.014 pu selama 0.62 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.63.



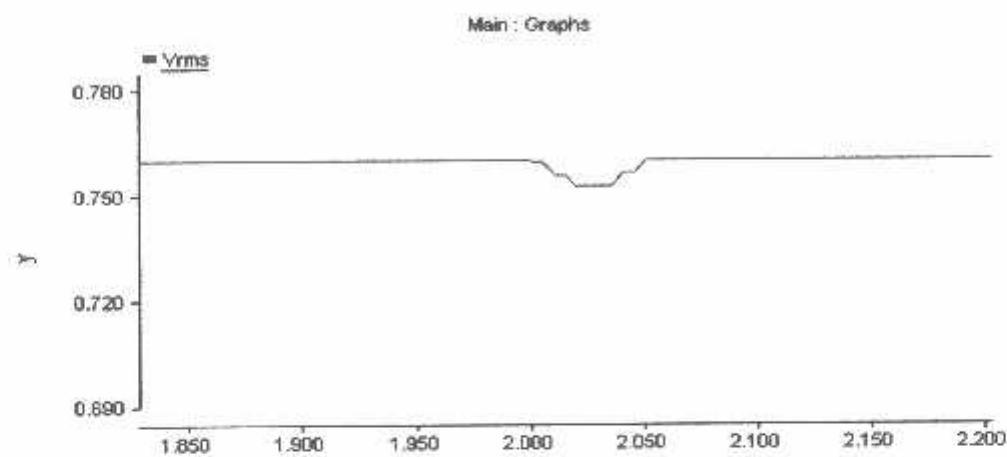
**Gambar 4-37
Gelombang Kecepatan Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan Tiga Fasa Ke Tanah Terhubung Kapasitor**

Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan tiga fasa ketanah terhubung kapasitor dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, kecepatan pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 0.8325 pu dan turun mencapai 0.8321 pu selama 0.77 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.78.



**Gambar 4-38
Gelombang Slip Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan Tiga Fasa Ke Tanah Terhubung Kapasitor**

Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan tiga fasa ketanah terhubung kapasitor dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, slip pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 3.534 pu dan turun mencapai 3.273 pu selama 0.39 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.39.

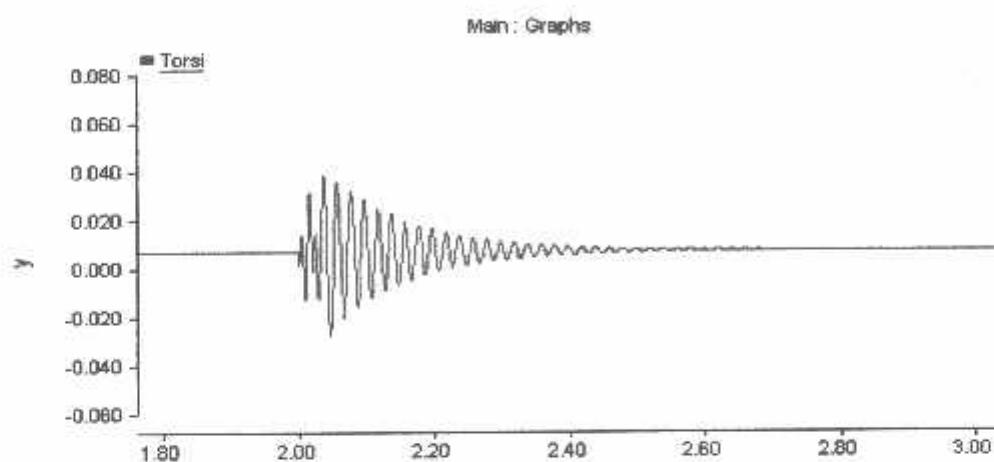
Hasil Simulasi Percobaan Saat Terjadinya Gangguan Kedip Tegangan Antar**Fasa Terhubung Kapasitor :****Gambar 4-39**

**Gelombang Tegangan Saat Gangguan Kedip Tegangan Antar Fasa
Terhubung Kapasitor**

Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan antar fasa terhubung kapasitor dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, tegangan Vrms mencapai 0.753 kA atau mengalami penurunan sebesar 0.006 kA selama 0.052 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.053.

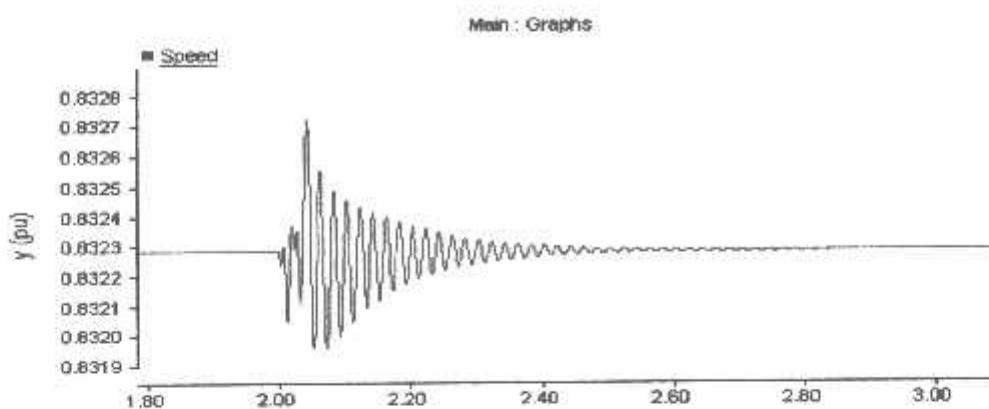
Respon Motor pada Saat Gangguan Kedip Tegangan Antar Fasa Terhubung

Kapasitor :



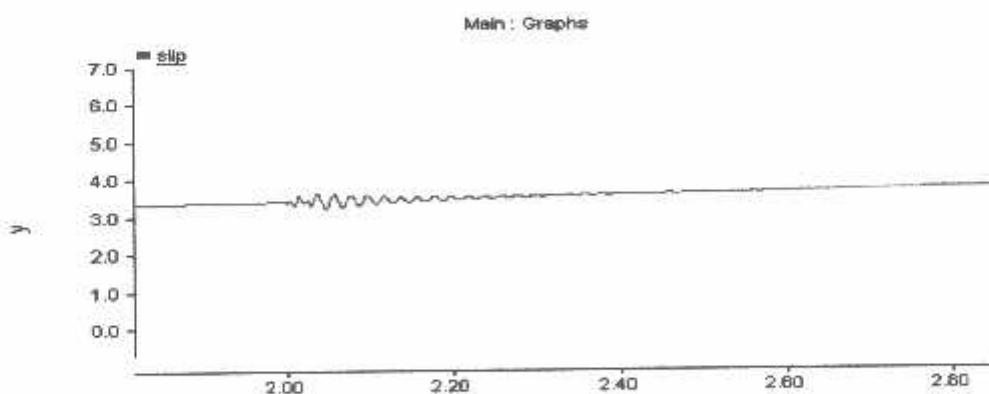
Gambar 4-40
Gelombang Torsi Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan Antar Fasa
Terhubung Kapasitor

Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan antar fasa terhubung kapasitor dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, torsi pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 0.038 pu dan turun mencapai -0.028 pu selama 0.68 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.69.



Gambar 4-41
Gelombang Kecepatan Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan Antar Fasa Terhubung Kapasitor

Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan antar fasa terhubung kapasitor dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, kecepatan pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 0.8327 pu dan turun mencapai 0.8319 pu selama 0.84 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.85.



Gambar 4-42
Gelombang Slip Motor Saat Gangguan Kedip Tegangan Antar Fasa Terhubung Kapasitor

Dari hasil simulasi gangguan kedip tegangan antar fasa terhubung kapasitor dapat dilihat dari gambar diatas dimana pada saat terjadinya gangguan, slip pada motor mengalami kenaikan hingga mencapai 3.603 pu dan turun mencapai 3.193 pu selama 0.57 detik dan akan kembali normal pada detik ke 2.58.

Jenis gangguan	Tegangan (Vrms) [kA]	Torsi [pu]	Kecepatan [pu]	Slip [pu]
1 fasa ke tanah	0.957	0.019 s/d - 0.003	0.8322 s/d - 0.8321	2.767 s/d 2.619
2 fasa ketanah	0.955	0.017 s/d - 0.005	0.8324 s/d - 0.8321	3.554 s/d 3.410
3 fasa ketanah	0.952	0.022 s/d - 0.014	0.8325 s/d - 0.8321	3.534 s/d 3.473
Antar fasa	0.953	0.038 s/d - 0.028	0.8327 s/d - 0.8319	3.603 s/d 3.593

Tabel 4 - 6
Data Hasil Analisa Gangguan Kedip Tegangan Terhubung Kapasitor

Tabel diatas merupakan lamanya gangguan dari kedip tegangan terhubung kapasitor, dari tabel tersebut diatas dapat dilihat dengan terpasangnya kapasitor dapat mereduksi besar gangguan pada sistem motor induksi 3 fasa yang terjadi pada sistem.

BAB V

Kesimpulan

Dari analisa yang dilakukan pada motor induksi 3 fasa DELORENZO/DL 1021 1,1 Kw pada saat terjadi gangguan kedip tegangan selama 0.03 detik, akan menyebabkan sebagai berikut :

1. Pada saat terjadi gangguan kedip tegangan motor mengalami perubahan pada systemnya yang terjadi pada kecepatan motor, torsi, slip dan tegangan.
2. Kecepatan pada motor mengalami penurunan yang disebabkan oleh perubahan tegangan masuk pada motor.
3. Perubahan yang terjadi pada tegangan yaitu mengalami penurunan tegangan yang dikarenakan gangguan tersebut
4. Pada torsi motor mengalami kenaikan yang dikarenakan tegangan turun sehingga menyebabkan torsi naik.
5. Pada sisi slip motor mengalami gangguan yang disebabkan dari berubahnya kecepatan pada motor dan torsi pada motor.
6. Setelah pemasangan kapasitor yang sesuai $17 \mu\text{F}$ maka gangguan kedip tegangan dapat di reduksi sekecil mungkin dan mendekati keadaan normalnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. IEEE Std. 1159-1995, IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. IEEE, November 1995.
2. Rashid Muhammad H, “*Power Electronics Circuit, Devices, and Application*”, Prentice Hall, 1993.
3. R.C. Dugan, M.F. McGranaghan , and H.W. Beatys,
4. Awan Uji Krismanto, ST, MT , Ir. Yusuf Ismail Nahkoda, MT “Modul Pelatihan PSCAD/EMTDC (*Power System Computer Aided Design/ Elektromagnetik Trasient Including DC*)”, 2010
5. Stephen J. Chapman. *Electrical Machinery Fundamentals*, McGraw-Hill International Editons,1985.
6. R. Krishan.1998. *Electric Motor Drives Modeling, Analysis and Control*. Pretince hall International Inc.
7. www.microchip.com *AC Induction Motor Fundamentals*
8. Zuhal.” Dasar Teknik Tenaga Listrik” Penerbit ITB Bandung.
9. Achyanto,Djoko, “ Mesin – mesin Listrik (Edisi keempat) ”, Jakarta,Erlangga.1992.

LAMPIRAN



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

T. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

1. Nama : BERNAT JHONSON ARITONANG
2. NIM : 02.12.088
3. Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1
4. Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
5. Judul Skripsi : **ANALISA RESPON MOTOR INDUKSI 3 FASA
DENGAN PEMASANGAN KAPASITOR UNTUK
MEREDUKSI KEDIP TEGANGAN MENGGUNAKAN
SOFTWARE PSCAD / EMTDC POWER SIMULATION**

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Sabtu
Tanggal : 20 Agustus 2011
Dengan Nilai : 79,52 (B +) ✓

Panitia Ujian Skripsi

Ketua

(Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT.)
NIP. Y. 1018800189

Sekretaris

(Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST, MT.)
NIP. Y. 1030800417

Anggota Penguji

Penguji I

(Ir. H. Taufik hidayat, MT.)
NIP. Y. 1018700151

Penguji II

(Awan Uji Krismanto, ST, MT.)
NIP. 132314402



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Sabtu
Tanggal : 20 Agustus 2011

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Bernat Jhonson Aritonang
2. NIM : 02.12.088
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : ANALISA RESPON MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN PEMASANGAN KAPASITOR UNTUK MEREDUKSI KEDIP TEGANGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE PSCAD / EMTDC POWER SIMULATION

No	Materi Perbaikan	Ket
1	Perbaiki kesimpulan	
2	Bandingkan hasil pengujian torsi, kecepatan, tegangan, arus	

Diperiksa dan disetujui,

Dosen Penguji I

Ir. H. Taufik Hidayat, MT
NIP. Y. 1018700151

Dosen Penguji II

Awan Uji Krismanto, ST, MT
NIP. 198003012005011002

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Ir. M. Abdul Hamid, MT
NIP. Y. 1018800188

```

!-----+
! Generated by : ESMAC v4.2.0
!
! Warning: The content of this file is automatically generated.
! Do not modify, as any changes made here will be lost!
!-----+



!-----+
! Local Node Voltages
!-----+
VOLTAGES:
  1      0.0 // NT_1(1)
  2      0.0 // NT_1(2)
  3      0.0 // NT_1(3)
  4      0.0 // NT_2(1)
  5      0.0 // NT_2(2)
  6      0.0 // NT_2(3)

!-----+
! Local Branch Data
!-----+
BRANCHES:
  0   4     RS      1.0          // 1      GND  NT_2(1)
  0   5     RS      1.0          // 1      GND  NT_2(2)
  0   6     RS      1.0          // 1      GND  NT_2(3)
  4   1     A       1.0          // 1  NT_2(1)  NT_1(1)
  5   2     A       1.0          // 1  NT_2(2)  NT_1(2)
  6   3     A       1.0          // 1  NT_2(3)  NT_1(3)
  4   5     RS  1000000.0        // 1  NT_2(1)  NT_2(2)
  5   6     RS  1000000.0        // 1  NT_2(2)  NT_2(3)
  6   4     RS  1000000.0        // 1  NT_2(3)  NT_2(1)
  4   0     RS  1000000.0        // 1  NT_2(1)      GND
  5   0     RS  1000000.0        // 1  NT_2(2)      GND
  6   0     RS  1000000.0        // 1  NT_2(3)      GND

!-----+
! Local Transformer Data
!-----+
TRANSFORMERS:
DATAMOD:
  ! 80:[sql100] Squirrel Cage Induction Machine
  ! Induction Motor Model Data
  0.0075 / R1
  0.134715062811 2.40756222478 0.134715062811 0.136920735149 0.169285902408
  0.114597385847 / X10 X20 X230 X3 R2 R3
  0.0 1.0 1000.0 1.0 -1.0 -1.0 / Mutual Saturation Disabled
  0.0 1.0 1000.0 1.0 -1.0 -1.0 / Leakage Saturation Disabled
  0.3 0.008 376.99 / J D ( w is for compatibility with old subroutine)
  0.38 0.0043 376.99 / Vbase Ibase OMC

INTABMOD:
ENDPAGE

```

```

!-----!
! Generated by : PSCAD v4.2.0
!
! Warning: The content of this file is automatically generated.
!           Do not modify, as any changes made here will be lost!
!-----!

!-----!
! Local Node Voltages
!-----!

VOLTAGES:
 1      0.0 // NT_1(1)
 2      0.0 // NT_1(2)
 3      0.0 // NT_1(3)
 4      0.0 // NT_2(1)
 5      0.0 // NT_2(2)
 6      0.0 // NT_2(3)

!-----!
! Local Branch Data
!-----!

BRANCHES:
 0 4    RS    1.0          // 1    GND  NT_2(1)
 0 5    RS    1.0          // 1    GND  NT_2(2)
 0 6    RS    1.0          // 1    GND  NT_2(3)
 4 1    A
 5 2    A
 6 3    A
 4 5    RS  1000000.0     // 1    NT_2(1)  NT_1(1)
 5 6    RS  1000000.0     // 1    NT_2(2)  NT_1(2)
 6 4    RS  1000000.0     // 1    NT_2(3)  NT_1(3)
 4 0    RS  1000000.0     // 1    NT_2(1)  NT_2(2)
 5 0    RS  1000000.0     // 1    NT_2(2)  NT_2(3)
 6 0    RS  1000000.0     // 1    NT_2(3)  NT_2(1)
               // 1    NT_2(1)  GND
               // 1    NT_2(2)  GND
               // 1    NT_2(3)  GND

!-----!
! Local Transformer Data
!-----!

TRANSFORMERS:
DATAENDS:
! 30:[sqc100] Squirrel Cage Induction Machine
! Induction Motor Model Data
 0.0075 / R1
 0.134715062811 2.40756222478 0.134715062811 0.136920735149 0.169285902408
 0.114597385847 / XLO XMO X230 X3 R2 R3
 0.0 1.0 1000.0 1.0 -1.0 -1.0 / Mutual Saturation Disabled
 0.0 1.0 1000.0 1.0 -1.0 -1.0 / Leakage Saturation Disabled
 0.3  0.008   376.99 / J D ( w is for compatibility with old subroutine)
 0.38 0.0043   376.99 / Vbase Ibase OMO

DATAENDS:
ENDPAGE

```

```

! Generated by : PSCAD v4.2.0

! Warning: The content of this file is automatically generated.
! Do not modify, as any changes made here will be lost!

! Component      : Main
! Description   :

-----  

SUBROUTINE DSDyn()  

-----  

! Standard includes  

-----  

INCLUDE 'nd.h'  

INCLUDE 'emtconst.h'  

INCLUDE 'emtstor.h'  

INCLUDE 'sc.h'  

INCLUDE 'sl.h'  

INCLUDE 's2.h'  

INCLUDE 's4.h'  

INCLUDE 'branches.h'  

INCLUDE 'pscadv3.h'  

INCLUDE 'names.h'  

INCLUDE 'radiolinks.h'  

INCLUDE 'matlab.h'  

-----  

! Function/Subroutine Declarations  

-----  

SUBR    SCIM           ! Squirrel Cage Induction Machine Model  

SUBR    ESYB05_B        ! 3 Phase PRM Source model (Branch Version) w/ zero  

sequence  

-----  

! Variable Declarations  

-----  

! Subroutine Parameters  

-----  

! Electrical Mode Indexes
  INTEGER NT_1(3), NT_2(3)

! Control Signals
  INTEGER IT_1, IT_2
  REAL    RT_1, W, Te, wsip, Vrms, RT_2
  REAL    RT_3, ir(3), V(3), Po, Qo, wmot, Tm
  REAL    Teta

! Internal Variables
  LOGICAL LVDI_1
  INTEGER IVDI_1
  REAL    RVDI_1, E_MES, Q_MES, E_EM3
  REAL    THETA_D, SRC_V, SRC_F, SRC_P

! Indexing variables
  INTEGER ISTOI, ISTOP, IT_0
  INTEGER IPGB
  ! Storage Indexes
  ! Control/Monitoring

```

```

INTEGER ISUBS, SS(1), IBRCH(1), TNODE           ! SS/Node/Branch/Xfmr

!-----
! Record local indexes
!-----

! Dodyn <-> Discut Transfer index storage
NTXFR = NTXFR + 1
TXFR(NTXFR,1) = NSTOI
TXFR(NTXFR,2) = NSTOI
TXFR(NTXFR,3) = NSTOF

! Record Offset and Increment Storage Counters
ISTOI      = NSTOI
NSTOI      = NSTOI + 2
ISTOF      = NSTOF
NSTOF      = NSTOF + 18
IPGB       = NPGB
NPGB       = NPGB + 4
INODE      = NNODE + 2
NNODE      = NNODE + 8

! Initialize Subsystem Mapping
ISUBS = NSUBS + 0
NSUBS = NSUBS + 1

DO 100 IT_0 = 1,1
    SS(IT_0) = SJSR(ISUBS + IT_0)
100 CONTINUE

! Initialize Branch Mapping.
IBRCH(1) = KARCH(SS(1))
NBRCH(SS(1)) = KBARTH(SS(1)) + 12

!-----
! Transfers from storage arrays
!-----

RT_1      = STOF(ISTOF + 1)
W         = STOF(ISTOF + 2)
Te        = STOF(ISTOF + 3)
wsip     = STOF(ISTOF + 4)
Vrms     = STOF(ISTOF + 5)
IT_1      = STOF(ISTOI + 1)
RT_2      = STOF(ISTOF + 6)
RT_3      = STOF(ISTOF + 7)
IT_2      = STOF(ISTOI + 2)
Po        = STOF(ISTOF + 14)
Qo        = STOF(ISTOF + 15)
wmot     = STOF(ISTOF + 16)
Tm        = STOF(ISTOF + 17)
Teta     = STOF(ISTOF + 18)

! Array(1:3) quantities...
DO 101 IT_0 = 1,3
    Tr(IT_0) = SJSR(ISTOF + 7 + IT_0)
    V(IT_0) = SJSR(ISTOF + 10 + IT_0)
101 CONTINUE

!-----
! Transfer from Imports
!-----

```

```

!-----  

! Electrical Node Lookup  

!-----  

! Array(1:3) quantities...  

DO 102 IT_0 = 1,3  

    NT_1(IT_0) = NODE(INODE + 0 + IT_0)  

    NT_2(IT_0) = NODE(INODE + 3 + IT_0)  

102 CONTINUE  

!-----  

! Read Model data (if any)  

!-----  

IF ( TIMELEQ ) THEN  

    FILENAME = 'Main.dta'  

    CALL EMTCOPENFILE  

    SECTION = 'DATADBD:'  

    CALL EMTCSETSECTION  

ENDIF  

!-----  

! Generated code from module definition  

!-----  

! 1C:[const] Real Constant  

RT_2 = 0.0  

! 3C:[const] integer Constant  

IT_2 = 0  

! 4C:[const] Real Constant  

RT_3 = 0.0  

! 70:[tfaultn] Timed Fault Logic  

! Timed fault logic  

IF ( T_MEZERC ) THEN  

    IT_1 = 0  

ELSE  

    IF ( TIME .GE. 2.0 ) IT_1 = 1  

    IF ( TIME .GE. (2.0+0.03) ) IT_1 = 0  

ENDIF  

! 80:[sqc100] Squirrel Cage Induction Machine  

! Squirrel Cage Induction Machine Model  

:  

NSTORF = NSTORF+5  

STORE(NSTORF-5) = RT_3  

STORE(NSTORF-4) = RT_2  

CALL SQCIM(SS(1), NT_1(1), NT_1(2), NT_1(3), 1.0, STORE(NSTORF-5), S4  

STORE(NSTORF-4), STORE(NSTORF-1), IT_2, STORE(NSTORF-3), STORE(NSTO6  

&RF-2), 1)  

Po = STORE(NSTORF-5)  

Co = STORE(NSTORF-4)  

wnot = STORE(NSTORF-3)  

Tm = STORE(NSTORF-7)  

W = STORE(NSTORF-6)  

Te = STORE(NEXC-89)  

Teta = STORE(NSTORF-2)  

wslip = STORE(NSTORF-1)
:  

! 90:[tpf1t] Three Phase Fault

```

```

!
! Multi-phase Fault
!
  RVDI_1 = 0.001
  IF (RVDI_1 .GT. 0.01*1000000.0) RVDI_1 = 0.01*1000000.0
  CALL EMTEC_3PHFAULT1(3S(1), (IBRCH(1)+7), (IBRCH(1)+8), (IBRCH(1)+9),
  & (IBRCH(1)+10), (IBRCH(1)+11), (IBRCH(1)+12), 0, IT_1, NINT(RT_1)&
  &, 0.0, RVDI_1, 1000000.0)
  RVDI_1 = (OPENBR( (IBRCH(1)+7),SS(1)).AND.OPENBR( (IBRCH(1)+8),SS(6
  &1)).AND.OPENBR( (IBRCH(1)+9),SS(1)).AND.OPENBR( (IBRCH(1)+10),SS(1&
  &5)).AND.OPENBR( (IBRCH(1)+11),SS(1)).AND.OPENBR( (IBRCH(1)+12),SS(14
  &5)))
  IVDI_1 = E_Btot(LVDI_1)
  IF(FIRSTSTEP .OR. (IVDI_1 .NE. STORI(NSTORI))) THEN
    CALL FSCAD_AGI(26479696,1-IVDI_1,"AGI")
    STORI(NSTORI) = IVDI_1
  ENDIF
  NSTORI = NSTORI + 1

! 100:[pgb] Output Channel 'Torsi'
  PGF(IPGB+2) = Te

! 110:[pgb] Output Channel 'slip'
  PGF(IPGB+3) = wslip

! 120:[pgb] Output Channel 'Speed'
  PGF(IPGB+4) = W

! -1:[source3] Three Phase Voltage Source Model 1 'Source1'
! 3-Phase source: Source1
  SRC_V = 0.38
  SRC_F = 50.0
  SRC_P = 0.523598775598
  CALL ESY865_B(SS(1), (IBRCH(1)+1), (IBRCH(1)+2), (IBRCH(1)+3), 0, 0, 6
  &0, SS(1), NT_2(1), NT_2(2), NT_2(3), -0.0001, 0.0, 0.1, 0.0, 0&
  &0, 50.0, SRC_F, 0, SRC_V, 0.0, 1.0, 1.0, 1.0, SRC_F
  &P, 0.38, 0.0023, 1.0, 230.0, 0.02, 0.05, 1.0, 0.02, 0.05&
  &, 0, P_MES, Q_MES, E_RMS, THETA_D)

!
!-----[source3] Feedbacks and transfers to storage
!-----

  STOF(ISTOF + 1) = RT_1
  STOF(ISTOF + 2) = W
  STOF(ISTOF + 3) = Te
  STOF(ISTOF + 4) = wslip
  STOF(ISTOF + 5) = VRMS
  STOF(ISTOF + 6) = IT_1
  STOF(ISTOF + 7) = RT_2
  STOF(ISTOF + 8) = RT_3
  STOF(ISTOF + 9) = IT_2
  STOF(ISTOF + 10) = Po
  STOF(ISTOF + 11) = Qo
  STOF(ISTOF + 12) = wmot
  STOF(ISTOF + 13) = Tm
  STOF(ISTOF + 14) = Teta

! Array(1:3) quantities...
  DO 103 IT_0 = 1,3
    STOF(ISTOF + 7 + IT_0) = IR(IT_0)
  103 CONTINUE

```

```

      STOP(ISTOF + 10 + IT_0) = V(IT_0)
103 CONTINUE

!-----+
! Transfer to Exports
!-----+

!-----+
! Close Model Data read
!-----+

      IF ( TIMEEND ) CALL EMTDC_CLOSEFILE
      RETURN
      END

!-----+
SUBROUTINE DSCout()
!-----+
! Standard includes
!-----+
INCLUDE 'nd.h'
INCLUDE 'emtconst.h'
INCLUDE 'emtstor.h'
INCLUDE 's0.h'
INCLUDE 's1.h'
INCLUDE 's2.h'
INCLUDE 's4.h'
INCLUDE 'branches.h'
INCLUDE 'pcadv5.h'
INCLUDE 'names.h'
INCLUDE 'radiolinks.h'
INCLUDE 'matlab.h'

!-----+
! Function/Subroutine Declarations
!-----+
      REAL    EMTDC_VVDC      |
      REAL    P3PH3            |
      SUBR   DGTR_RMS3        ! '3 Phase Digital RMS Meter'

!-----+
! Variable Declarations
!-----+



! Electrical Node Indexes
      INTEGER NT_2(3)

! Control Signals
      REAL    Vrms, Ir(3), V(3)

! Internal Variables
      REAL    RVDI_1

! Indexing variables
      INTEGER ISTOL, ISTOI, ISTOF, IT_0          ! Storage Indexes
      INTEGER IPGB                         ! Control/Monitoring
      INTEGER ISOBS, SS(1), IBRCH(1), INODE       ! S9/Node/Branch/Xfmr

!-----+

```

```

! Record local indexes
!-----
! Dodyn c-> Dual Transfer Index storage
NTXFR = NTXFR + 1
ISTOL = TXFR(NTXFR,1)
ISTOI = TXFR(NTXFR,2)
ISTOF = TXFR(NTXFR,3)

! Record Offset and Increment Storage Counters
NPGB = NPGB
NPGB = NPGB + 4
INODE = INODE + 2
NNODE = NNODE + 8

! Initialize Subsystem Mapping
ISUBS = NSUBS + 0
NSUBS = NSUBS + 1

DO 100 IT_0 = 1,1
  SS(IT_0) = SUBS(NSUBS + IT_0)
100 CONTINUE

! Initialize Branch Mapping,
IBRCH(1) = KERCH(SS(1))
NBRCH(SS(1)) = NBRCH(SS(1)) + 12

! Transfers from storage arrays
!-----
Vrms = 0.0F(ISTOF + 5)

! Array(1:3) quantities...
DO 101 IT_0 = 1,3
  IR(IT_0) = RTOF(ISTOF + 7 + IT_0)
  V(IT_0) = RTOF(ISTOF + 10 + IT_0)
101 CONTINUE

!-----+
! Electrical Node Lookup
!-----+

! Array(1:3) quantities...
DO 102 IT_0 = 1,3
  NT_Z(IT_0) = NODH(INODE + 3 + IT_0)
102 CONTINUE

!-----+
! Read Model data (if any)
!-----+
IF (LIMESIZE) THEN
  FILENAME = 'Main.dta'
  CALL ENDDC_OPENFILE
  SECTION = 'DATADSO:'
  CALL ENDDC_GOPENSECTION
ENDIF

!-----+
! Generated code from module definition

```

```

!-----  

! 20:[multimeter] Multimeter  

  Ir(1) = ( CBR((IBRCH(1)+4), SS(1)))  

  Ir(2) = ( CBR((IBRCH(1)+5), SS(1)))  

  Ir(3) = ( CBR((IBRCH(1)+6), SS(1)))  

!  

  V(1) = EMTDC_VVDC(SS(1), NT_2(1), 0)  

  V(2) = EMTDC_VVDC(SS(1), NT_2(2), 0)  

  V(3) = EMTDC_VVDC(SS(1), NT_2(3), 0)  

!  

  RVD1_1 = 3.33333333333 * P3PH3(SS(1), (IBRCH(1)+4), (IBRCH(1)+5), &  

&(IBRCH(1)+6), 0.02,0)  

!  

  CALL DGTL_RMS3(256,SS(1),NT_2(1),NT_2(2),NT_2(3),50.0,1.0,0.0,RVD1_&  

&_1)  

  RVD1_1 = 2.0*RVD1_1  

  Vrms = RVD1_1  

!  

!  

! 60:[pgb] Output Channel 'Vrms'  

  PG3(IPGB+1) = Vrms  

!  

! 96:[tpfilt] Three Phase Fault  

!  

! Multi-phase Fault Currents  

!  

!-----  

! Feedbacks and transfers to storage  

!-----  

  STOF(ISTOF + 5) = Vrms  

!  

! Array(1:3) quantities...  

  DO 103 IT_0 = 1,3  

    STOF(ISTOF + 7 + IT_0) = Ir(IT_0)  

    STOF(ISTOF + 10 + IT_0) = V(IT_0)  

  103 CONTINUE  

!  

!-----  

! Close Model Data read  

!-----  

  IF ( .TRUE.) CALL EMTDC_CLOSEFILE  

  RETURN  

END

```

```

!-----!
! Generated by : ESCAD v4.2.0
!
! Warning: The content of this file is automatically generated.
!           Do not modify, as any changes made here will be lost!
!-----!

!-----!
! Local Node Voltages
!-----!

VOLTAGES:
 1      0.0 // NT_1(1)
 2      0.0 // NT_1(2)
 3      0.0 // NT_1(3)
 4      0.0 // NT_2(1)
 5      0.0 // NT_2(2)
 6      0.0 // NT_2(3)

!-----!
! Local Branch Data
!-----!

BRANCHES:
 C 4 RS 1.0 // 1 GND NT_2(1)
 C 5 RS 1.0 // 1 GND NT_2(2)
 C 6 RS 1.0 // 1 GND NT_2(3)
 4 1 A // 1 NT_2(1) NT_1(1)
 5 2 A // 1 NT_2(2) NT_1(2)
 6 3 A // 1 NT_2(3) NT_1(3)
 4 5 RS 1000000.0 // 1 NT_2(1) NT_2(2)
 5 6 RS 1000000.0 // 1 NT_2(2) NT_2(3)
 6 4 RS 1000000.0 // 1 NT_2(3) NT_2(1)
 4 C RS 1000000.0 // 1 NT_2(1) GND
 5 C RS 1000000.0 // 1 NT_2(2) GND
 6 O RS 1000000.0 // 1 NT_2(3) GND

!-----!
! Local Transformer Data
!-----!

TRANSFORMERS:
 DATASRC:
 ! 8C:\sgc100\ Squirrel Cage Induction Machine
 ! Induction Motor Model Data
 0.0075 / R1
 0.134715062811 2.40756222478 0.134715062811 0.136920735149 0.169285902438
 0.114597385847 / XLO XMC X230 X3 P2 R3
 0.0 1.0 1000.0 1.0 -1.0 -1.0 / Mutual Saturation Disabled
 0.0 1.0 1000.0 1.0 -1.0 -1.0 / Leakage Saturation Disabled
 0.3 0.208 376.99 / J.D ( w is for compatibility with old subroutine)
 0.38 0.0043 376.99 / Vbase Phase OMC

DATACONF:
ENDPAGE:
```

```

!=====
! Generated by : PSCAD v4.2.0
!
! Warning: The content of this file is automatically generated.
!           Do not modify, as any changes made here will be lost.
!=====

!-----
! Local Node Voltages
!-----
VOLTAGES:
  1      0.0 // NT_1(1)
  2      0.0 // NT_1(2)
  3      0.0 // NT_1(3)
  4      0.0 // NT_2(1)
  5      0.0 // NT_2(2)
  6      0.0 // NT_2(3)

!-----
! Local Branch Data
!-----
BRANCHES:
  0  4    RS     1.0          // 1      GND  NT_2(1)
  0  5    RS     1.0          // 1      GND  NT_2(2)
  0  6    RS     1.0          // 1      GND  NT_2(3)
  4  1    A      -            // 1  NT_2(1)  NT_1(1)
  5  2    A      -            // 1  NT_2(2)  NT_1(2)
  6  3    A      -            // 1  NT_2(3)  NT_1(3)
  4  5    RS   1000000.0      // 1  NT_2(1)  NT_2(2)
  5  6    RS   1000000.0      // 1  NT_2(2)  NT_2(3)
  6  4    RS   1000000.0      // 1  NT_2(3)  NT_2(1)
  4  0    RS   1000000.0      // 1  NT_2(1)      GND
  5  0    RS   1000000.0      // 1  NT_2(2)      GND
  6  0    RS   1000000.0      // 1  NT_2(3)      GND

!-----
! Local Transformer Data
!-----
TRANSFORMERS:

DATAEND:
! 80:1sgc100 Squirrel Cage Induction Machine
! Induction Motor Model Data
  0.0075 / R1
  0.134715062811 2.40756222478 0.134715062811 0.136920735149 0.169285902408
  0.114597385847 / XLO XMO XZ30 X3 R2 R3
  0.0 1.0 1000.0 1.0 -1.0 -1.0 / Mutual Saturation Disabled
  0.0 1.0 1000.0 1.0 -1.0 -1.0 / Leakage Saturation Disabled
  0.3 0.008 376.99 / J D ( w is for compatibility with old subroutine)
  0.38 0.0043 376.99 / Vbase Ibase OMO

DATASED:
ENDPAGE

```

```

!-----!
! Generated by : EECAD v4.2.0
!
! Warning: The content of this file is automatically generated.
!          Do not modify, as any changes made here will be lost!
!-----!
! Component   : Main
! Description  :
!-----!

!-----!
SUBROUTINE DSDyn()
!-----!
! Standard includes
!-----!

INCLUDE 'nd.h'
INCLUDE 'emtcoast.h'
INCLUDE 'emtstor.h'
INCLUDE 's0.h'
INCLUDE 's1.h'
INCLUDE 's2.h'
INCLUDE 's4.h'
INCLUDE 'branches.h'
INCLUDE 'pcediv3.h'
INCLUDE 'frames.h'
INCLUDE 'radiolinks.h'
INCLUDE 'matlab.h'

!-----!
! Function/Subroutine Declarations
!-----!

!     SUBR    SQCIM      : Squirrel Cage Induction Machine Model
!     SUBR    ESY365_B    ! 3-Phase RPI Source model (Branch Version) w/ Zero
sequence

!-----!
! Variable Declarations
!-----!

! Subroutine Parameters

! Electrical Node Indexes
  INTEGER NT_1(3), NT_2(3)

! Control Signals
  INTEGER IT_1, IT_2
  REAL    RT_1, W, Te, wslip, Vrms, RT_2
  REAL    RT_3, Ir(3), V(3), Fo, Qo, wmut, Tr
  REAL    Teta

! Internal Variables
  LOGICAL IVDI_1
  INTEGER IVDI_1
  REAL    RVDI_1, P_MES, Q_MES, E_RMS
  REAL    THETA_D, SRC_V, SRC_F, SRC_P

```

```

! Indexing variables
  INTEGER IGTOT, ISTCF, IT_0           ! Storage Indexes
  INTEGER IPGB                         ! Control/Monitoring
  INTEGER ISUBS, SS(1), IBRCH(1), INODE ! ES/Node/Branch/Yimr

!-----
! Record local indexes
!-----

! Dodyn <-> DSGUT transfer index storage
  NTXFR = NTXFR + 1                   ! Storage Indexes
  TXFR(NTXFR,1) = NSTOI               ! Control/Monitoring
  TXFR(NTXFR,2) = NSTOF               ! ES/Node/Branch/Yimr
  TXFR(NTXFR,3) = NSTOF

! Record Offset and Increment Storage Counters
  ISTOI = NSTOI
  NSTOI = NSTOI + 2
  ISTOF = NSTOF
  NSTOF = NSTOF + 18
  IPGB = NPGB
  NPGB = NPGB + 4
  INODE = NNODE + 2
  NNODE = NNODE + 8

! Initialize Subsystem Mapping
  ISUBS = NSUBS + 0
  NSUBS = NSUBS + 1

  DO 100 IT_0 = 1,1
    SS(IT_0) = SS(1)(ISUBS + IT_0)
  100 CONTINUE

! Initializing Branch Mapping.
  IBRCH(1) = NBRCH(SS(1))
  NBRCH(SS(1)) = LBRCH(SS(1)) + 12

!-----
! Transfers from storage arrays
!-----

  RT_1 = STOF(ISTOF + 1)
  W = STOF(ISTOF + 2)
  Te = STOF(ISTOF + 3)
  walip = STOF(ISTOF + 4)
  Vrms = STOF(ISTOF + 5)
  RT_2 = STOF(ISTOF + 6)
  IT_1 = STOF(ISTOF + 7)
  RT_3 = STOF(ISTOF + 8)
  IT_2 = STOF(ISTOF + 9)
  Po = STOF(ISTOF + 10)
  Qo = STOF(ISTOF + 11)
  wmot = STOF(ISTOF + 12)
  Tm = STOF(ISTOF + 13)
  Teta = STOF(ISTOF + 14)

! Array(1:3) quantities...
  DO 101 IT_0 = 1,3
    Ir(IT_0) = STOF(ISTOF + 1 + IT_0)
    V(IT_0) = STOF(ISTOF + 10 + IT_0)
  101 CONTINUE

```

```

!-----  

! Transfer from Imports  

!-----  

!-----  

! Electrical Node Lookups  

!-----  

! Array(1:3) quantities...  

DO 102 IT_0 = 1,3  

  NT_1(IT_0) = NODE(INODE + 0 + IT_0)  

  NT_2(IT_0) = MODR(INODE + 3 + IT_0)  

102 CONTINUE  

!-----  

! Read Model data (if any)  

!-----  

  IF ( TIMEZERO ) THEN  

    FILENAME = 'Main.dta'  

    CALL EMDC_OPENFILE  

    SECTION = 'DATADSD:  

    CALL EMDC_GOTOSECTION  

  ENDIF  

!-----  

! Generated code from module definition  

!-----  

! 10:[const] Real Constant  

  RT_2 = 0.0  

! 30:[const] Integer Constant  

  IT_2 = 0  

! 40:[const] Real Constant  

  RT_3 = 0.0  

! 70:[default] Timed Fault Logic  

! Timed fault logic  

  TF ( TIMEZERO ) THEN  

    IT_1 = 0  

  ELSE  

    IF ( TIME .GE. 2.0 ) IT_1 = 1  

    IF ( TIME .GE. (2.0+0.03) ) IT_1 = 0  

  ENDIF  

! 80:[sq:100] Squirrel Cage Induction Machine  

! Squirrel Cage Induction Machine Model  

  NSTORF = NSTORF+5  

  STORE(NSTORF-5) = RT_3  

  STORE(NSTORF-4) = RT_2  

  CALL SQCIM(BS(1), NT_1(1), NT_1(2), NT_1(3), 1.0, STORE(NSTORF-5), $&  

  &STORE(NSTORF-4), STORE(NSTORF-1), IT_2, STORE(NSTORF-3), STORE(NSTORF-2), 1)  

  P0 = STORE(NSTORF-5)  

  O0 = STORE(NSTORF-4)  

  Wmot = STORE(NSTORF-3)  

  Tm = STORE(NSTORF-7)  

  W = STORE(NSTORF-6)  

  Te = STORE(NEXC-89)

```

```

Teta = STORE(NSTORF-2)
walip = STORE(NSTORF-1)

!
! 90:[tpf] Three Phase Fault
!
! Multi-phase Fault
!
    RVDI_1 = 0.001
    IF (RVDI_1 .GT. 0.01*1000000.0) RVDI_1 = 0.01*1000000.0
    CALL EMTDC_3PHFAULT1(SS(1), (IBRCH(1)+7), (IBRCH(1)+8), (IBRCH(1)+9),
    & (IBRCH(1)+10), (IBRCH(1)+11), (IBRCH(1)+12), 0, IT_1, NINT(RT_1)*
    &, 0.0, RVDI_1, 1000000.0)
    LVDI_1 = (OPENBR( (IBRCH(1)+7),SS(1)).AND.OPENBR( (IBRCH(1)+8),SS(1+
    &1)).AND.OPENBR( (IBRCH(1)+9),SS(1)).AND.OPENBR( (IBRCH(1)+10),SS(1+
    &1)).AND.OPENBR( (IBRCH(1)+11),SS(1)).AND.OPENBR( (IBRCH(1)+12),SS(1+
    &1)))
    IVDI_1 = E_BtoI(LVDI_1)
    IF(FIRSTSTEP .OR. IVDI_1 .NE. 0.0) (NSTORI)) THEN
        CALL ECRD_NC(26587664,1-IVDI_1,"AG1")
        NSTORI = IVDI_1
    ENDIF
    NSTORI = NSTORI + 1

! 100:[pgb] Output Channel 'Torrei'
    PGB(IPGB+2) = Te

! 110:[pgb] Output Channel 'slip'
    PGB(IPGB+3) = walip

! 120:[pgb] Output Channel 'Speed'
    PGB(IPGB+4) = W

! -1:[source3] Three Phase Voltage Source Model 1 'source1'
! 3-Phase source1 Source1
    SRC_V = 0.38
    SRC_F = 50.0
    SRC_P = 0.523598775598
    CALL ESYS65_B(SS(1), (IBRCH(1)+1), (IBRCH(1)+2), (IBRCH(1)+3), 0, 0, 4
    &0, BS(1), NT_2(1), NT_2(2), NT_2(3), -0.0001, 0.0, 0.1, 0.0, 0&
    &0.0, 50.0, SRC_F, 0, SRC_V, 0.0, 1.0, 1.0, 1.0, SRC_6
    &P, 0.38, 0.0023, 1.0, 230.0, 0.02, 0.05, 1.0, 0.02, 0.05&
    &, 0, P_MES, Q_MES, E_RMS, THETA_D)
    !-----  

    ! Feedbacks and transfers to storage
    !-----  

    STOF(ISTOF + 1) = RT_1
    STOF(ISTOF + 2) = W
    STOF(ISTOF + 3) = Te
    STOF(ISTOF + 4) = walip
    STOF(ISTOF + 5) = Vrms
    STOF(ISTOF + 6) = RT_2
    STOI(ISTOI + 1) = IT_1
    STOE(ISTOF + 7) = RT_3
    STOT(ISTOF + 2) = IT_2
    ATOF(ISTOF + 14) = Pq
    ATOF(ISTOF + 15) = Qq
    ATOF(ISTOF + 16) = wmot
    STOF(ISTOF + 17) = Tm

```

```

STOF(ISTOF + 18) = Teta

! Array(1:3) quantities...
DO 103 IT_0 = 1,3
    STOF(ISTOF + 7 + IT_0) = Ir(IT_0)
    STOF(ISTOF + 10 + IT_0) = V(IT_0)
103 CONTINUE

!-----
! Transfer to Exports
!-----

!-----
! Close Model Data read
!-----

      IF ( TIMEZERO ) CALL EMTDC_CLOSEPDIS
      RETURN
      END

!-----
SUBROUTINE DSCut()

!-----
! Standard includes
!-----

      INCLUDE 'nd.h'
      INCLUDE 'emtconst.h'
      INCLUDE 'emtstor.h'
      INCLUDE 'so.h'
      INCLUDE 's1.h'
      INCLUDE 's2.h'
      INCLUDE 's4.h'
      INCLUDE 'branches.h'
      INCLUDE 'pscedv3.h'
      INCLUDE 'frames.h'
      INCLUDE 'radiolinks.h'
      INCLUDE 'matlab.h'

!-----
! Function/Subroutine Declarations
!-----

      REAL      EMTDC_VVDC      !
      REAL      F3PH3      !
      ! SUBR     EGTL_RMS3      ! '3 Phase Digital RMS Meter'

!-----
! Variable Declarations
!-----

! Electrical Node Indexes
      INTEGER NT_2(3)

! Control Signals
      REAL      Vrms, Ir(3), V(3)

! Internal Variables
      REAL      RVDI_1

```

```

! indexing variables
    INTEGER ISTOL, ISTOI, ISTOF, IT_0           ! Storage Indexes
    INTEGER IPGB                                ! Control/Monitoring
    INTEGER ISUBS, SS(1), IBRCH(1), INODE        ! SS/Node/Branch/Ximr

!-----!
! Record local indexes
!-----!

! Dcmyr <-> Dcmt Transfer index storage
    NTXFR = NTXFR + 1
    ISTOL = TXFR(NTXFR,1)
    ISTOI = TXFR(NTXFR,2)
    ISTOF = TXFR(NTXFR,3)

! Record Offset and Increment Storage Counters
    IPGB      = NPGB
    NPGB      = NPGB + 4
    INODE     = MNODE + 2
    MNODE     = MNODE + 8

! Initialize Subsystem Mapping
    ISUBS = NSUBS + 0
    NSUBS = NSUBS + 1

    DO 100 IT_0 = 1,1
        SS(IT_0) = MBSN(ISUBS + IT_0)
100 CONTINUE

! Initialize Branch Mapping.
    IBRCH(1)      = BRCHN(SS(1))
    BRCHN(SS(1)) = BRCHN(SS(1)) + 12

!-----!
! Transfers from storage arrays
!-----!

    Vrms      = SFCP(ISTOF + 5)

! Array(1:3) quantities...
    DO 101 IT_0 = 1,3
        IR(IT_0) = STOF(ISTOF + 7 + IT_0)
        V(IT_0) = STOF(ISTOF + 10 + IT_0)
101 CONTINUE

!-----!
! electrical Node Lookup
!-----!

! Array(1:3) quantities...
    DO 102 IT_0 = 1,3
        NT_Z(IT_0) = NCNP(INODE + 3 + IT_0)
102 CONTINUE

!-----!
! Read Model data (if any)
!-----!

    IF ( TIMELEAP ) THEN
        FILENAME = 'Main.out'
        CALL RMTDC_OPENFILE

```

```

SECTION = 'DATADSC'
CALL EMTDC_OPENSECTION
EMTDC

!-----!
! Generated code from module definition
!-----!

! 20:[multimeter] Multimeter
  Ir(1) = ( CDR((IBRCH(1)+4), SS(1)))
  Ir(2) = ( CDR((IBRCH(1)+5), SS(1)))
  Ir(3) = ( CDR((IBRCH(1)+6), SS(1)))
!
  V(1) = EMTDC_VVDC(SS(1), NT_2(1), 0)
  V(2) = EMTDC_VVDC(SS(1), NT_2(2), 0)
  V(3) = EMTDC_VVDC(SS(1), NT_2(3), 0)
!
!
  RVD1_1 = 3.33333333333 * P3PH3(SS(1), (IBRCH(1)+4), (IBRCH(1)+5), &
  &(IBRCH(1)+6),0.02,0)
!
!
  CALL DGTL_RMS3(256,SS(1),NT_2(1),NT_2(2),NT_2(3),50.0,1.0,0.0,RVD1&
  &_1)
  RVD1_1 = 2.0*RVD1_1
  Vrms = RVD1_1
!
!
! 60:[pgb] Output Channel 'Vrms'
  PGP(IPGB+1) = Vrms
!
! 90:[tgflit] Three Phase Fault
!
! Multi-phase Fault Currents
!
!
!-----!
! Feedbacks and transfers to storage
!-----!

      S"OF(ISTOF + 5) = Vrms

! Array(1i3) quantities...
  DO 103 IT_0 = 1,3
    SITOF(ISTOF + 7 + IT_0) = IR(IT_0)
    STOF(ISTOF + 10 + IT_0) = V(IT_0)
  103 CONTINUEF

!-----!
! Close Model Data read
!-----!

  IF ( TIME2PP ) CALL EMTDC_CLOSEFILE
  RETURN
END

```