UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA:
INGENIERÍA ELÉCTRICA

TITULACIÓN A OBTENER:
TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO

TEMA:
"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA MÁQUINA SÍNCRONA DIDÁCTICO PARA EL LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES ENFOCADO A LA ENSEÑANZA PRÁCTICA DE LAS MÁQUINAS SÍNCRONAS"

AUTORES:
ADRIÁN ANÍBAL COELLO VELÁSQUEZ
JORGE MARCELO ORTIZ MORALES

DIRECTOR:
ING. OTTO W. ASTUDILLO ASTUDILLO

GUAYAQUIL, MARZO DE 2015

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores; y el patrimonio intelectual de la misma a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**.

Guayaquil, 03 de Marzo del 2015

_____

Adrián Aníbal Coello Velásquez

C.I.: 092197651-0

_____

Jorge Marcelo Ortiz Morales

C.I.: 171391752-2

CERTIFICACIÓN

Por medio de la presente doy constancia que los Sres. Adrián Aníbal Coello Velásquez y Jorge Marcelo Ortiz Morales han desarrollado y elaborado satisfactoriamente el proyecto final de titulación, que se ajusta a las normas establecidas por la Universidad Politécnica Salesiana, por tanto, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

_____

Ing. Otto W. Astudillo Astudillo

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A mis padres por el apoyo en todo momento de mi vida, a mi Esposa por darme siempre animo de salir adelante, a mis profesores por el conocimiento que aportaron a mi persona durante el transcurso de mi carrera.

Jorge Ortiz Morales

A Dios por haberme dado la vida y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres por los valores inculcados en mí y haberme dado la oportunidad de tener una buena educación.

A mis maestros de la Universidad Politécnica Salesiana que me impartieron sus conocimientos y experiencias en el transcurso de mi vida estudiantil.

Adrián Coello Velásquez

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis hijos Jorge Andrés, Sebastián Alejandro y Marvin Gabriel.

Jorge Ortiz Morales

A mis padres Onofre y Narcisa quienes han sido el pilar fundamental en mi vida y depositaron toda su confianza en mí para la realización de este proyecto.

A mi prometida Alejandra Alarcón quien se ha mantenido a mi lado apoyándome incondicionalmente en todo momento, y animándome a alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales.

Adrián Coello Velásquez

INDICE GENERAL

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA I
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD II
CERTIFICACIÓN III
AGRADECIMIENTO IV
DEDICATORIA V
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO 1 2
EL PROBLEMA 2
1.1. Planteamiento del problema 2
1.2. Delimitación del problema 2
1.2.1. Delimitación temporal 2
1.2.2. Delimitación espacial 2
1.2.3. Delimitación académica 3
1.3. Objetivos 3
1.3.1. Objetivo general 3
1.3.2. Objetivos específicos 3
1.4. Justificación 4
CAPÍTULO 2 6
PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA MÁQUINA SÍNCRONA 6
2.1. Principio de funcionamiento del generador eléctrico 6
2.1.1. Máquina giratoria elemental 8
2.1.2. Definición de variables 9
2.1.3. Análisis de la máquina giratoria 10
2.2. Ejemplos sobre el principio de funcionamiento de un generador 23
CAPÍTULO 3 36
BANCO DE PRUEBAS PARA MÁQUINA SÍNCRONA 36
3.1. Propósito del diseño 36
3.2. Diseño y construcción 36
CAPÍTULO 4 41
DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS INSTALADOS 41
4.1. Power meter PM700 41
4.2. Amperímetro análogo DC 42
4.3. Relé de Potencia inversa BE3-32 43
4.4. Relé de Potencia inversa PRCR 88 44
4.5. Relé de Sincronismo BE3-25 45
4.6. Sincronoscopio 46
4.7. Variador de voltaje 46
CAPÍTULO 5 48
MANTENIMIENTO Y OEPRACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA MÁQUINA SINCRONA 48
5.2. Fuente variable DC –V01 49

5.3. Fuente variable DC –V02 50
5.4. Fuente variable DC –V03 51
5.5. Analizador de red –PM01 52
5.6. Relé de potencia inversa 52
5.7. Relé de sincronismo 53
5.8. Fuente variable AC –V04 54
CAPÍTULO 6 55
PRÁCTICAS PARA EL BANCO DE PRUEBAS PARA MÁQUINA SINCRONA 55
6.1. Práctica #1: Normas de seguridad del banco de pruebas para máquina síncrona 55
6.1.1. Datos informativos. 55
6.1.2. Datos de la práctica. 55
6.1.3. Banco de pruebas para máquina síncrona. 57
6.1.4. Normas de seguridad de los elementos del banco de pruebas. 58
6.1.5. Cuestionario 58
6.1.6. Anexos 58
6.1.7. Proyecto 59
6.2. Práctica #2: Comprobación de elementos del banco de pruebas para máquina síncrona 60
6.2.1. Datos informativos. 60
6.2.2. Datos de la práctica. 60
6.2.3. Cuestionario 64
6.2.4. Anexos 64
6.2.5. Proyecto 64
6.3. Práctica #3: Impedancia sincrónica: Prueba de circuito abierto, prueba de corto circuito y prueba de tensión continua 89
6.3.1. Datos informativos. 89
6.3.2. Datos de la práctica. 89
6.3.3. Cuestionario. 91
6.3.4. Anexos. 92
6.3.5. Proyecto. 92
6.4. Práctica #4: Diagrama fasorial de un generador alimentado por una carga resistiva, inductiva y capacitiva. 101
6.4.1. Datos informativos. 101
6.4.2. Datos de la práctica. 101
6.4.3. Cuestionario. 104
6.4.4. Anexos. 104
6.4.5. Proyecto. 104
6.5. Práctica #5: Curva de capacidad de un generador síncrono 115
6.5.1. Datos informativos. 115
6.5.2. Datos de la práctica. 115
6.5.3. Cuestionario. 117
6.5.4. Anexos. 118
6.5.5. Proyecto. 118

6.6. Práctica #6: Métodos de sincronismo de generadores 123
6.6.1. Datos informativos. 123
6.6.2. Datos informativos. 123
6.6.3. Cuestionario. 125
6.6.4. Anexos. 126
6.6.5. Proyecto. 126
6.7. Práctica #7: Sincronismo de dos generadores con la RED. Distribución de carga: Potencia Activa y Potencia Reactiva. 139
6.7.1. Datos informativos. 139
6.7.2. Datos de la práctica. 139
6.7.3. Cuestionario. 142
6.7.4. Anexos. 142
6.7.5. Proyecto. 142
6.8. Práctica #8: Sincronismo de dos generadores con la RED. Protección de potencia (32). Generador motorizado 148
6.8.1. Datos informativos. 148
6.8.2. Datos de la práctica. 148
6.8.3. Cuestionario. 150
6.8.4. Anexos. 150
6.8.5. Proyecto. 150
BIBLIOGRAFÍA 155

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Generador eléctrico básico 6
Figura 2: Máquina giratoria 8
Figura 3: Flujo de potencias 12
Figura 4: Equivalente Eléctrico Máquina giratoria 12
Figura 5: Pendiente de Operación 13
Figura 6: Curva de característica magnética 13
Figura 7: Control frecuencia de la fem f vs P 14
Figura 8: Espira Giratoria ωt=0° 15
Figura 9: Espira Giratoria ωt=30° 15
Figura 10: Espira Giratoria ωt=60° 16
Figura 11: Espira Giratoria ωt=90° 16
Figura 12: Espira Giratoria ωt=120° 17
Figura 13: Espira Giratoria ωt=150° 17
Figura 14: Espira Giratoria ωt=180° 18
Figura 15: Espira Giratoria ωt=210° 18
Figura 16: Espira Giratoria ωt=240° 19
Figura 17: Espira Giratoria ωt=270° 19
Figura 18: Espira Giratoria ωt=300° 20
Figura 19: Espira Giratoria ωt=330° 20
Figura 20: Espira Giratoria ωt=360° 21
Figura 21: Función Senoidal fem (T1-T2) 22
Figura 22: Máquina Giratoria. Ejemplo. Datos 23
Figura 23: Resultado. Equivalente Eléctrico y Flujo de Potencias. Sin regulación de tensión terminal 27
Figura 24: Resultado. Pendiente de Operación. Sin regulación de tensión terminal 28
Figura 25: Resultado. Característica Magnética. Sin regulación de tensión terminal 28
Figura 26: Resultado. Máquina Giratoria. Sin regulación de tensión terminal 29
Figura 27: Resultado. Equivalente eléctrico y flujo de potencias. Con regulación de tensión terminal 33
Figura 28: Resultado. Pendiente de operación. Con regulación de tensión terminal. 34
Figura 29: Resultado. Característica magnética. Con regulación de tensión terminal 34
Figura 30: Resultado. Máquina giratoria. Con regulación de tensión terminal. 35
Figura 31: Banco de pruebas con perforaciones y calados para los equipos 38
Figura 32: Banco de pruebas con serigrafía hecha de acrílico 39
Figura 33: Banco de pruebas con los equipos montados 40
Figura 34: Power Meter 700. Recuperado de (http://www.schneider-electric.com, 2008) 41
Figura 35: Amperímetro analógico. Recuperado de (http://www.simpsonelectric.com, 2014) 42
Figura 36: Relé de potencia a inversa. Recuperado de (http://www.basler.com, 2013) 43
Figura 37: Relé de potencia a inversa. Recuperado de (http://www.zahra-germany.com, 2014) 44
Figura 38: Relé de sincronismo. Recuperado de (https://es.basler.com/, 2013) 45
Figura 39: Sincronoscopio. Recuperado de (http://www.camscointernational.com, 2012) 46
Figura 40: Variador de voltaje 46

Figura 41: Tablero Banco de Pruebas 49
Figura 42: Fuente Variable DC 50
Figura 43: Fuente variable DC –V02 50
Figura 44: Fuente variable DC –V03 51
Figura 45: Analizador de Red –PM01 52
Figura 46: Relé de potencia inversa 53
Figura 47: Relé de sincronismo 53
Figura 48: Fuente variable AC –V04 54
Figura 49: Banco de pruebas para máquina síncrona 57

RESUMEN

El presente proyecto de tesis se lo implementó específicamente en el laboratorio de motores y generadores de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

En la universidad se dicta la materia Maquinas Eléctricas II, cuyo contenido abarca todo lo que respecta a máquinas rotativas: Motores y Generadores. En la actualidad, para complementar la teoría con la parte práctica el laboratorio dispone de máquinas síncronas, dinamómetros, autotransformadores, etc., pero esto no es suficiente para que los estudiantes tengan una idea más clara de la materia en la parte práctica, esto es, debido a la falta de más equipos y a la incomodidad que existe en conectar cada equipo con otro.

Por esta razón se decide construir un banco de pruebas didáctico en el cual se concentren todos los equipos e instrumentos necesarios para facilitar las conexiones al estudiante al momento de efectuar prácticas como: Curvas de magnetización de un generador, sincronismo de generadores, métodos de sincronismo, etc.

Para que el banco de pruebas para máquinas síncronas sea totalmente aprovechado, se entregará un manual de operación el cual contenga 8 prácticas resueltas.

ABSTRACT

The following thesis project was implemented specifically in the Motors and Generators Laboratory in UPS Guayaquil (Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil Office).

In the university the subject Electrical Machinery II is given, which contents cover everything about electrical rotating machinery: motors and generators. Nowadays, to complement theoretical knowledge with laboratory practices, the Electrical Laboratory owns synchronous machines, autotransformers, dynamometers, etc., but this is not enough for students to get a clearer view or idea in terms of practical procedures, this is, due to the lack of equipment and difficulties that arise when devices or equipment has to be connected between each other.

For this reason, it has been decided to build the didactic test block in which all the equipments and instruments required are embedded in order to make connections easy for the student, in laboratory practices such as: acquisition of magnetization curves in generators, generators synchronization, synchronization methods, etc.

In order to take full advantage of the synchronous machines test block, an operations manual will be delivered with the full contents of the laboratory practices been resolved.

INTRODUCCIÓN

La Universidad Politécnica Salesiana es una institución de educación superior que cuenta, como especialización técnica, con la carrera de Ingeniería Eléctrica la misma que contiene una malla curricular muy completa para la formación de profesionales honrados y buenos cristianos con capacidad académica e investigativa, que contribuyan al desarrollo sostenible local y nacional.

Entre las materias dictadas se encuentra la asignatura Máquinas Eléctricas II correspondiente al sexto ciclo, en la cual se explican los fenómenos y aplicaciones de las máquinas síncronas (Generadores).

Para complementar el análisis teórico y modelos desarrollados en las aulas, se ve la necesidad de usar un espacio físico en el laboratorio de "Motores y Generadores" para la construcción de un banco de pruebas para máquinas síncronas con una guía de ocho prácticas; de esta manera se aporta con el proceso de estudio que caracteriza a la Universidad Politécnica Salesiana.

El presente trabajo de tesis es desarrollado en seis capítulos, a continuación una breve reseña:

CAPÍTULO 1: Se plantea la problemática que llama la atención a los autores, para buscar una solución se plantea el objetivo general y los específicos, y las hipótesis a demostrarse.

CAPÍTULO 2: Se revisan los conceptos y la teoría que son necesarias para desarrollar y enunciar la solución al problema.

CAPÍTULO 3: Se presentan los diseños físicos y esquemas eléctricos de fuerza del banco de pruebas para máquinas síncronas.

CAPÍTULO 4: Se detallan las características técnicas de los equipos e instrumentos seleccionados que se utilizarán en el banco de pruebas.

CAPÍTULO 5: Se expone un protocolo de pruebas para el mantenimiento de los equipos en instrumentos seleccionados.

CAPÍTULO 6: Se presenta una guía con ocho prácticas aplicadas, las mismas que complementan la teoría de las máquinas síncronas.

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Al no existir en el Laboratorio de Motores y Generadores, un módulo que permita realizar y analizar el comportamiento de generadores trifásicos de corriente alterna conectados en paralelo (sincronismo), la asignatura Maquinaria Eléctrica II, presenta un vacío entre los conceptos teóricos desarrollados en la clase y el correspondiente análisis experimental, lo cual impide que los estudiantes conceptualicen de mejor manera el tema tratado, el mismo que resulta de aplicación eminentemente práctico en la vida profesional de Ingenieros Eléctricos como también Electrónicos.

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Delimitación temporal

La construcción del banco de pruebas para máquinas síncronas y su manual de operación, que contendrá 8 prácticas desarrolladas, se ejecutaron en un tiempo estimado de un semestre a partir del mes de Octubre del 2014.

1.2.2. Delimitación espacial

Este módulo de entrenamiento se diseñará e implementará para maquinas síncronas Hampden SM-300, el mismo que debe operar junto con dichas maquinas en el Laboratorio de Motores y Generadores de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, Laboratorio ubicado en el Bloque “B” piso 3.

1.2.3. Delimitación académica

Esta investigación busca potencializar el desarrollo de la asignatura "Maquinaria Eléctrica II", en su parte experimental (laboratorio), los conceptos teóricos impartidos en el aula de clase sobre sincronismo de generadores, se verán reforzados y optimizados con el uso de un módulo de entrenamiento, el cual permita realizar conexiones y mediciones, de forma real, para análisis del comportamiento de los distintos parámetros y variables que gobiernan un sistema de generadores trifásicos de corriente alterna que operan en condiciones de sincronismo.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Diseñar e implementar de un banco de pruebas para máquina síncrona didáctico para el laboratorio de motores y generadores, enfocado a la enseñanza de las máquinas síncronas y elaborar un manual de procedimientos para diez prácticas académicas aplicadas en la materia.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diseñar un banco de pruebas que contenga los equipos necesarios y la facilidad para poder realizar prácticas con máquinas síncronas.
- Construir un tablero de pruebas en base al diseño planteado.
- Desarrollar una guía de 8 prácticas, las mismas que se realizarán en el banco de pruebas construido. Las prácticas a realizarse son:
    1. **Práctica #1:** Normas de seguridad para el uso del banco de pruebas.
    2. **Práctica #2:** Pruebas de equipos e instrumentos del tablero.

3. **Práctica #3:** Impedancia sincrónica: Prueba de circuito abierto, prueba de cortocircuito y prueba de tensión continua.
4. **Práctica #4:** Diagrama fasorial de un generador síncrono alimentando una carga resistiva, con carga capacitiva y carga inductiva.
5. **Práctica #5:** Curva de capacidad de un generador síncrono.
6. **Práctica #6:** Métodos de sincronismo de generadores.
7. **Práctica #7:** Sincronismo de dos generadores con la RED. Distribución de carga: Potencia Activa y Potencia Reactiva.
8. **Práctica #8:** Sincronismo de dos generadores con la RED. Protección de potencia inversa (32). Generador motorizado.

1.4. Justificación

Las maquinas Síncronas AC que se encuentran en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, presentan el inconveniente en sus accesorios, partes y demás elementos necesarios para la optimización del uso de las mismas por lo cual no se puede realizar prácticas ni pruebas una vez que estas entran en paralelo (sincronismo), por este motivo nace la idea de diseñar y construir un módulo, didácticamente desarrollado para el entrenamiento de máquinas síncronas en paralelo.

Cabe recalcar que el estudio del sincronismo de generadores trifásicos es de carácter fundamental para el desarrollo académico en la asignatura, “Maquinas Eléctricas II”, materia indispensable en la formación de estudiantes de las carreras de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica.

Finalmente el sincronismo de generadores trifásicos es la técnica de operación de toda central de generación de electricidad, a pequeña, mediana y gran escala.

CAPÍTULO 2

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA MÁQUINA SÍNCRONA

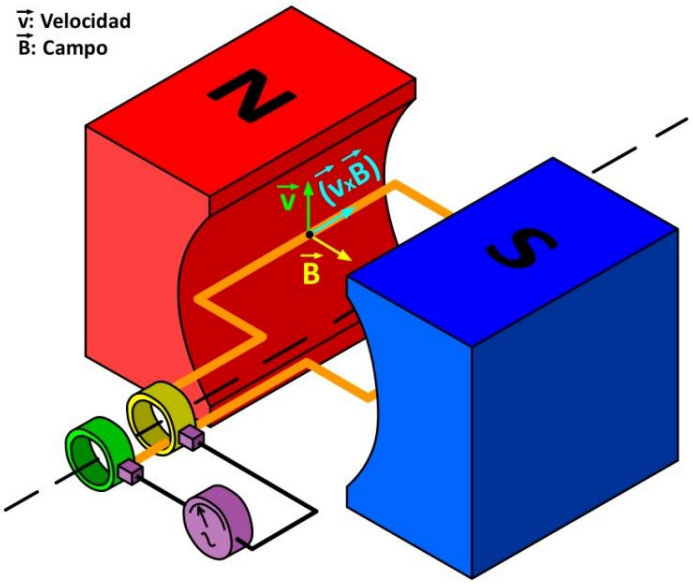
2.1. Principio de funcionamiento del generador eléctrico

El funcionamiento del generador eléctrico, se basa en el principio general de inducción de voltaje en un conductor dentro de un campo magnético, esta es la ley de Faraday.

Faraday (1820) indica en su ley que: *"Todo conductor eléctrico* $\vec{l}$ *que es atravesado por un campo magnético* $\vec{B}$ *y entre ambos existe una velocidad relativa* $\vec{v}$*, en los terminales de dicho conductor se inducirá una fuerza electromotriz (fem)"*. **(Chapman, 2007)**.

Este generador consta de dos partes fundamentales, el inductor (Polos N y S), que es el que crea el campo magnético $\vec{B}$ y el inducido $\vec{l}$ que es el conductor o espira el cual es atravesado por las líneas de fuerza de dicho campo (Ver Figura 1).

Figura 1: Generador eléctrico básico



Fuente: Los autores

Al aplicarle un torque circular a la espira $\vec{l}$ esta empezará a girar sobre su propio eje, con lo cual estamos creando la variable velocidad $\vec{v}$ entre el campo $\vec{B}$, que es fijo, y el conductor $\vec{l}$ que está en movimiento; entonces según la ley de Faraday, en el galvanómetro g tendremos un voltaje generado (fem).

Para profundizar más sobre los fenómenos que se generan al momento de la inducción de voltaje en los terminales de la espira giratoria y el uso que le damos a ese voltaje generado veamos el siguiente punto de este mismo capítulo, donde se identifica a cada uno de ellos con ejemplos.

2.1.1. Máquina giratoria elemental

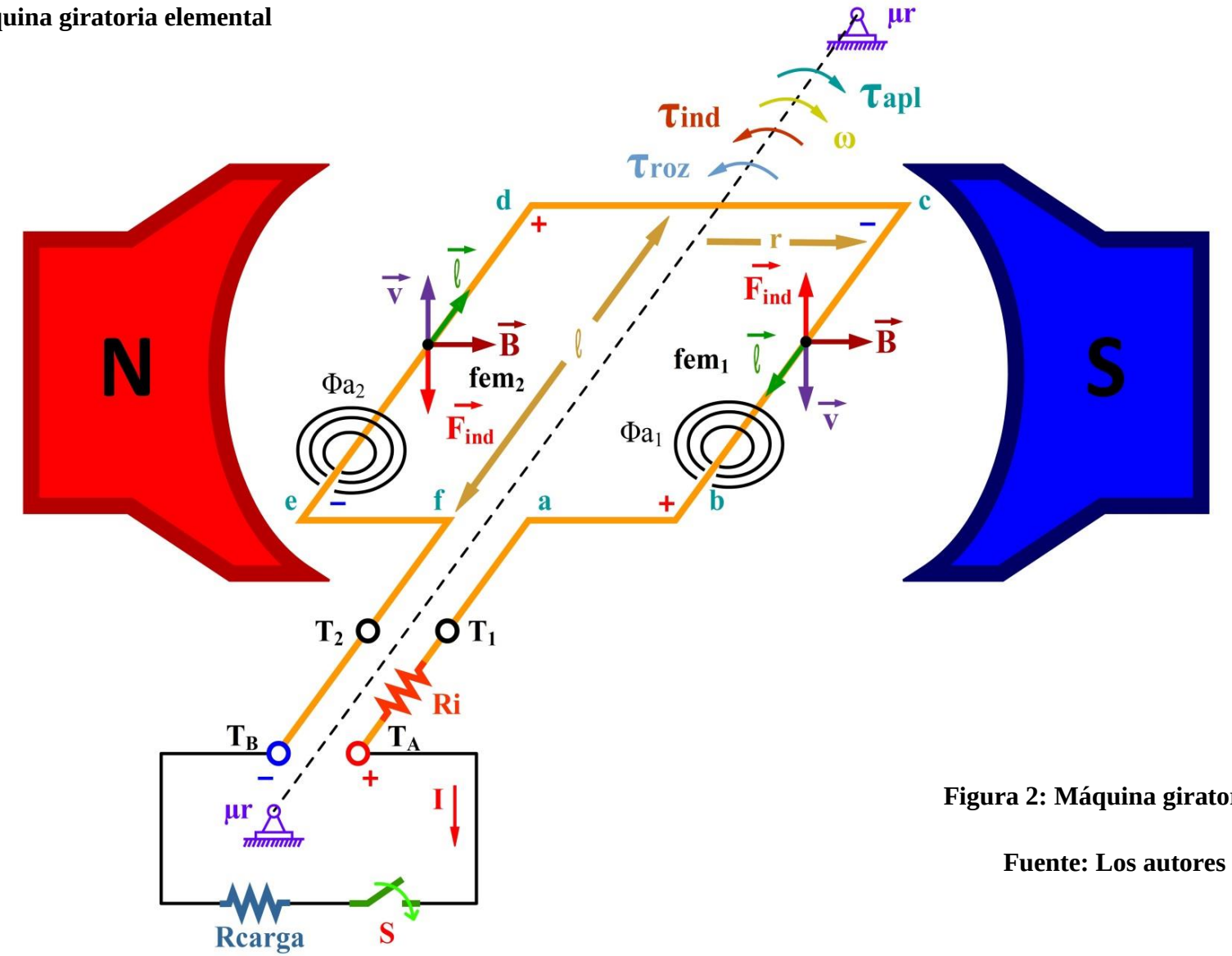


Figura 2: Máquina giratoria

Fuente: Los autores

2.1.2. Definición de variables

N: Polo magnético inductor norte, (B, Tesla, T).

S: Polo magnético inductor sur, (B, Tesla, T).

M: Masa de la Espira, (Kilogramos, Kg).

Ur: Coeficiente de rozamiento, (adimensional)

l: Longitud de la Espira, (metros, m)

r: Radio de la espira, (metros, m)

g: Gravedad, (g=10 m/s^2)

Ri: Resistencia interna de la espira (ohmios, Ω).

T1-T2: Terminales de la espira antes de Ri.

TA-TB: Terminales de la espira después de Ri.

(a-b), (b-c), (c-d), (d-e), (e-f): Segmentos de la espira.

Po, P1: Puntos de análisis sobre la espira.

Tapl: Torque Aplicado al eje de la máquina, (Newton*metros, N.m).

Troz: Torque de Rozamiento entre el eje y el rodamiento de la máquina, (N.m).

ω: Velocidad angular de la espira, (Radianes/Segundos, rad/s).

v: Velocidad Lineal o tangencial de la espira (Metros/Segundos, m/s).

Find: Fuerza inducida sobre la espira, (Newton, N)

Tind: Torque Inducido sobre la espira, (Newton*metros, N.m).

Tres: Torque Resistente total sobre la espira, (Newton*metros, N.m).

Fem: Fuerza Electromotriz Inducida sobre la espira, (Voltios, V).

$\vec{l}$: Vector longitud, (Metros, m).

$\vec{B}$: Vector de densidad de campo magnético, (Tesla, T).

Rcarga: Resistencia de carga, (ohmios, Ω).

I: Corriente carga, (Amperios, A).

2.1.3. Análisis de la máquina giratoria

1. Tapl (Motor Primario)
2. Tapl $>$ Troz $\rightarrow \omega$
3. $\text{Troz} = \text{Fr} * \text{r} = 2(\text{Ur} * \text{Mesp} * \text{g}) * \text{r}$
4. $\text{Fem (b} - \text{c)} = (\vec{\text{v}} \text{ x } \vec{\text{B}})\text{x } \vec{\text{l}} = \text{v} * \text{B} * \text{l} * \text{sen } \theta \begin{cases} \vec{\text{v}} \\ \vec{\text{B}} \end{cases} * \cos \alpha \begin{cases} \vec{\text{v}} \text{ x } \vec{\text{B}} \\ \vec{\text{l}} \end{cases}$
5. $Fem\ (d - e) = (\vec{v}\ x\ \vec{B})x\ \vec{l} = v * B * l * sen\ \theta \begin{cases} \vec{v} \\ \vec{B} \end{cases} * \cos \alpha \begin{cases} \vec{v}\ x\ \vec{B} \\ \vec{l} \end{cases}$
6. Fem (c - d); Fem (e - f); Fem (a - b) = No Existe
7. $Fem\ (T1 - T2) = 2 * v * B * l; wt = 0°$
8. $Fem\ (T1 - T2); Para\ wt = 30°, 60°, 90°, 120° \ldots etc.$ Ver item 29
9. Colocamos Carga: S(on) → I
10. En $P0 = \overrightarrow{Find} = (\vec{l}\ x\ \vec{B}) * I = l * B * I * sen(90°) = l * B * I$
11. En $P1 = Find = l * B * I$
12. $Tind = 2 * Find * r = 2 * l * B * I * r$
13. $Tres = Tind + Troz$
14. Como el $Tres.$ es contrario al $Tapl \rightarrow w \downarrow$
15. $w = 2 * \pi * f$
16. $f = ctte. \rightarrow w = ctte \rightarrow Tapl \uparrow$
17. $Punto\ de\ Equilibrio: Tapl = Tres$
18. $Si\ I \uparrow \rightarrow Tind \uparrow \rightarrow Tres \uparrow; si\ w = ctte \rightarrow Tapl \uparrow$
19. $Tension\ Terminal\ (VTA - TB) = Fem - Ri * I$

20. $Regulacion\ V(TA-TB)=ctte$

a. $Regulacion\ por\ velocidad\ (w)$

No es factible porque w controla la f

b. $Regulacion\ por\ Campo\ (B)$

$Si\ B\uparrow \rightarrow V(TA-TB)\uparrow$

21. Calculo Fem_{rms} $(T1-T2)$

$Fem_{rms} = Fem_{pico}\ /\sqrt{2} \quad = \frac{2*v*B*l}{\sqrt{2}}$

$Fem_{rms} = \frac{2(w*r)*B*l}{\sqrt{2}}$

$Fem_{rms} = \frac{(2r*l)*B*w}{\sqrt{2}}; \phi = B*A$

$Fem_{rms} = \frac{\phi*w}{\sqrt{2}}$

$Fem_{rms} = \frac{\phi*2*\pi*f}{\sqrt{2}} * \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}}$

$Fem_{rms} = \phi*\sqrt{2}*\pi*f\ (1\ espira)$

$Fem_{rms} = k*\phi*\sqrt{2}*\pi*f*N$

22. Forma General de la Fem.

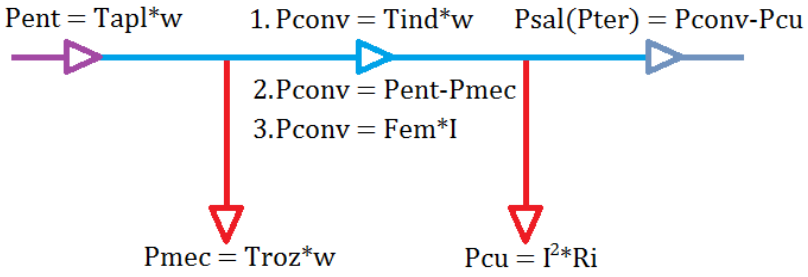
$Fem\ = 2*v*B*l$

$Fem = \phi*w$ (1 espira)

$Fem = k*\phi*w$ (N espiras)

23. Flujo de Potencias y Rendimiento sin regulación de VT.

Figura 3: Flujo de potencias



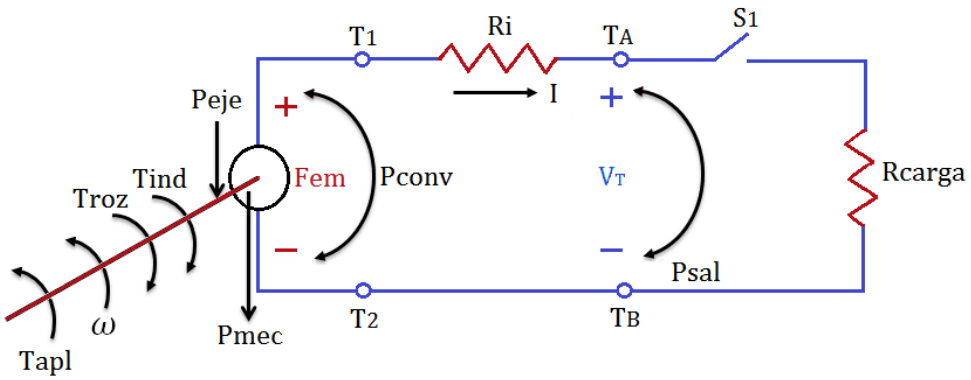
Fuente: Los autores

24. Rendimiento

$$\%n = \frac{Psalida}{Pentrada} * 100$$

25. Equivalente eléctrico

Figura 4: Equivalente Eléctrico Máquina giratoria



Punto de Equilibrio

$Tapl = Troz + Tind$

$Tind = 2 * \ell * B * I * r = K * \phi * I$

$Troz = 2 * Ur * Mesp * g * r$

$Peje = Tapl * \omega$

$Pconv = Peje - Pmec$

$VT = Fem - Ri * I$

$Fem.pico = 2 * v * B * \ell = k * \phi * \omega$

$v = \omega * r$

$Fem\ rms = \sqrt{2} * \pi * f * \phi * N * Kd$

$Psal = VT * I = Pconv - Pcu$

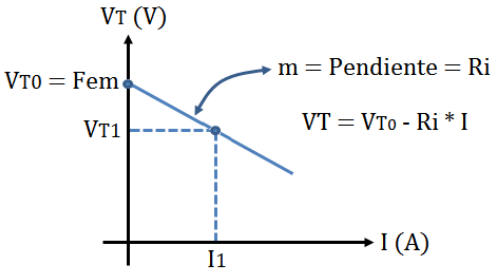
$Pcu = I^2 * Ri$

$\%n = \frac{Psal}{Pent} * 100$

Fuente: Los autores

26. Pendiente de operación.

Figura 5: Pendiente de Operación

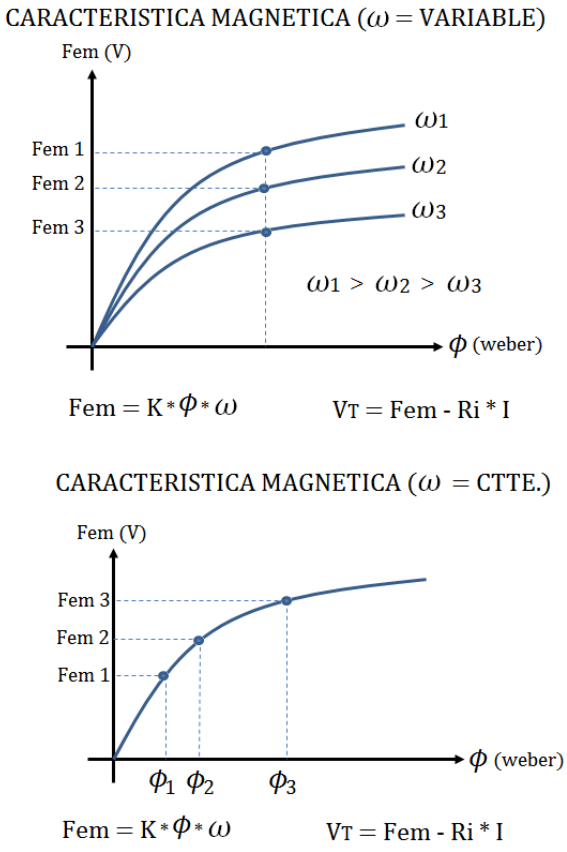


VT0: Tension Terminal a Vacio
VT1: Tension Terminal para una Carga I1

Fuente: Los autores

27. Regulación de tensión terminal (VT).

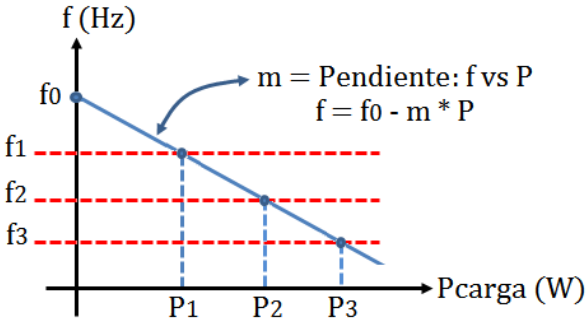
Figura 6: Curva de característica magnética



Fuente: Los autores

28. Control de frecuencia de la f.e.m.

Figura 7: Control frecuencia de la fem f vs P



f0: Frecuencia a Vacio
f1: Frecuancia para la Carga P1
Para $\omega_0 = 2*\pi*f_0 \rightarrow Fem_0 = k*\phi*\omega_0$
Para $\omega_1 = 2*\pi*f_1 \rightarrow Fem_1 = k*\phi*\omega_1$
Para $\omega_2 = 2*\pi*f_2 \rightarrow Fem_2 = k*\phi*\omega_2$

Fuente: Los autores

29. Cálculo de la f.e.m. entre los terminales de la espira T1 – T2

$$fem = (\vec{v} \times \vec{B}) \blacksquare \vec{l} \Rightarrow vBl \times \sin\alpha \begin{cases} \vec{v} \\ \vec{B} \end{cases} \times \cos\beta \begin{cases} \vec{v} \times \vec{B} \\ \vec{l} \end{cases}$$

Formula General de la Fem

ωt = 0°

$$\text{fem}_{(b-c)} = vBl \times \sin(90°) \times \cos(0°) = vBl$$

$$\text{fem}_{(d-e)} = vBl \times \sin(90°) \times \cos(0°) = vBl$$

$$\mathbf{fem_{(T_1-T_2)}} = \text{fem}_{(b-c)} + \text{fem}_{(d-e)} = vBl + vBl = \mathbf{2vBl}$$

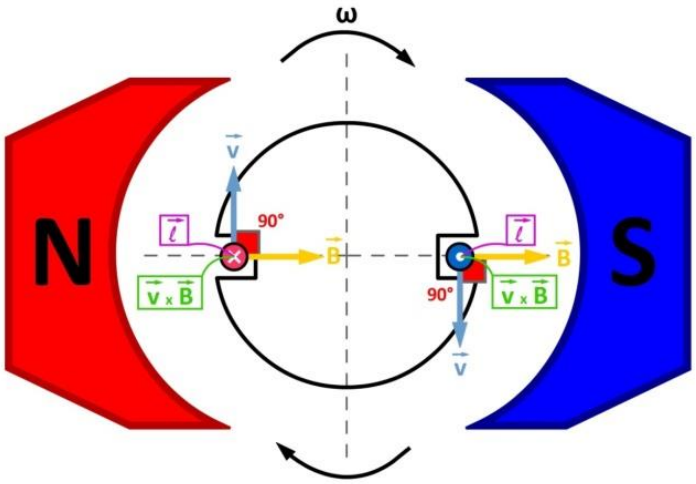


Figura 8: Espira Giratoria ωt=0°

Fuente: Los autores

ωt = 30°

$$\text{fem}_{(b-c)} = vBl \times \sin(120°) \times \cos(0°) = \frac{\sqrt{3}}{2} vBl$$

$$\text{fem}_{(d-e)} = vBl \times \sin(60°) \times \cos(0°) = \frac{\sqrt{3}}{2} vBl$$

$$\mathbf{fem_{(T_1-T_2)}} = \text{fem}_{(b-c)} + \text{fem}_{(d-e)} = \frac{\sqrt{3}}{2} vBl + \frac{\sqrt{3}}{2} vBl = \mathbf{\sqrt{3}\, vBl}$$

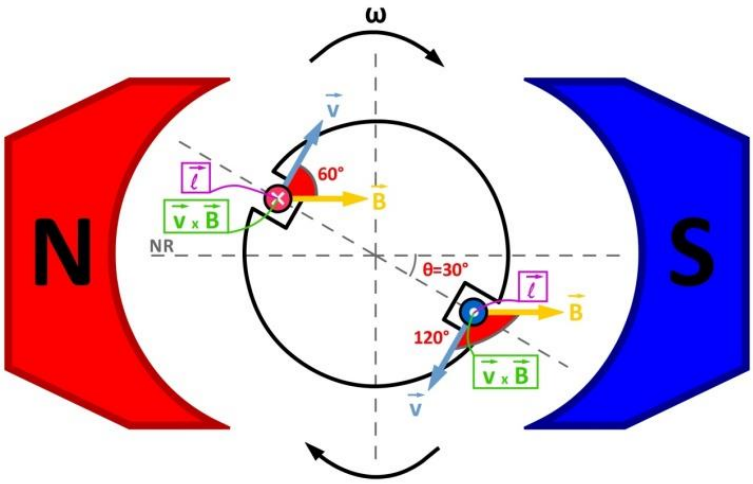


Figura 9: Espira Giratoria ωt=30°

Fuente: Los autores

ωt = 60°

$$\text{fem}_{(b-c)} = vBl \times \sin(150°) \times \cos(0°) = \frac{1}{2}\, vBl$$

$$\text{fem}_{(d-e)} = vBl \times \sin(30°) \times \cos(0°) = \frac{1}{2}\, vBl$$

$$\mathbf{fem_{(T_1-T_2)}} = \text{fem}_{(b-c)} + \text{fem}_{(d-e)} = \frac{1}{2}\, vBl + \frac{1}{2}\, vBl = \mathbf{vBl}$$

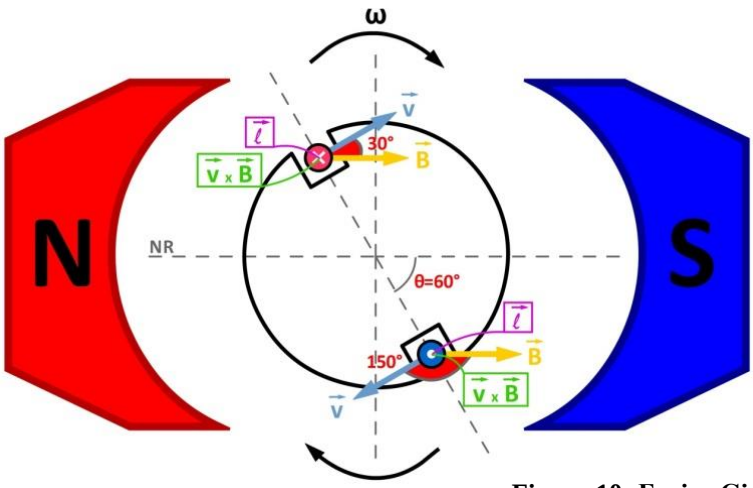


Figura 10: Espira Giratoria ωt=60°

Fuente: Los autores

ωt = 90°

$$\text{fem}_{(b-c)} = vBl \times \sin(180°) \times \cos(0°) = 0$$

$$\text{fem}_{(d-e)} = vBl \times \sin(0°) \times \cos(0°) = 0$$

$$\mathbf{fem_{(T_1-T_2)}} = \text{fem}_{(b-c)} + \text{fem}_{(d-e)} = 0 + 0 = \mathbf{0}$$

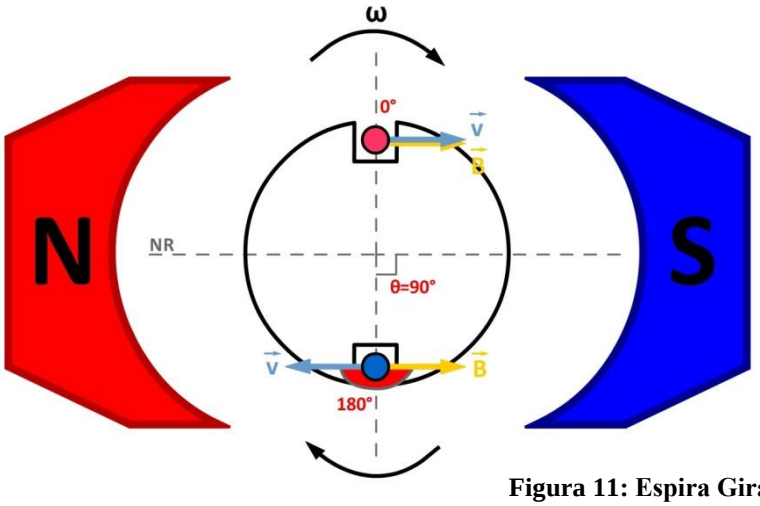


Figura 11: Espira Giratoria ωt=90°

Fuente: Los autores

ωt = 120°

$\text{fem}_{(b-c)} = vBl \times \sin(210°) \times \cos(0°) = -\frac{1}{2}\, vBl$;

$\text{fem}_{(d-e)} = vBl \times \sin(330°) \times \cos(0°) = -\frac{1}{2}\, vBl$

$\mathbf{fem_{(T_1-T_2)}} = \text{fem}_{(b-c)} + \text{fem}_{(d-e)} = -\frac{1}{2}\, vBl - \frac{1}{2}\, vBl = \mathbf{-vBl}$

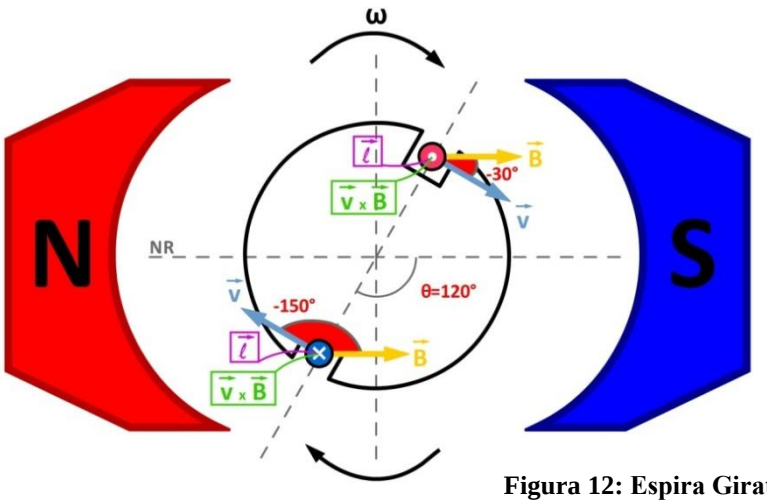


Figura 12: Espira Giratoria ωt=120°

Fuente: Los autores

ωt = 150°

$\text{fem}_{(b-c)} = vBl \times \sin(240°) \times \cos(0°) = -\frac{\sqrt{3}}{2}\, vBl$

$\text{fem}_{(d-e)} = vBl \times \sin(300°) \times \cos(0°) = -\frac{\sqrt{3}}{2}\, vBl$

$\mathbf{fem_{(T_1-T_2)}} = \text{fem}_{(b-c)} + \text{fem}_{(d-e)} = -\frac{\sqrt{3}}{2}\, vBl - \frac{\sqrt{3}}{2}\, vBl = \mathbf{-\sqrt{3}\, vBl}$

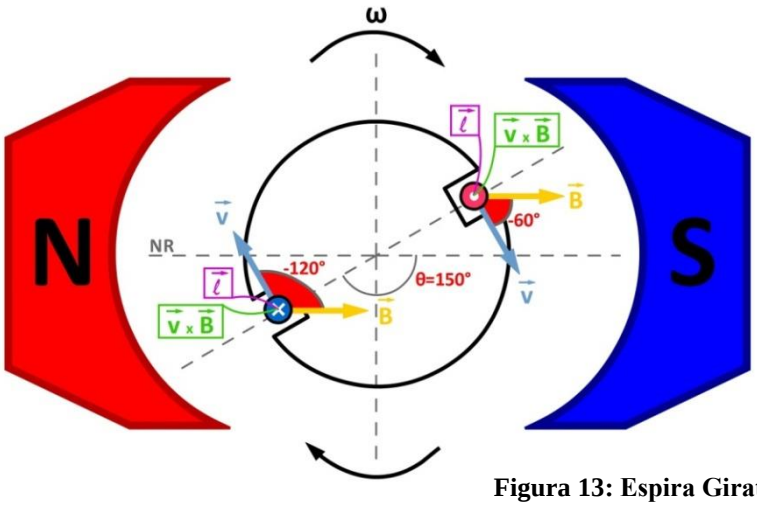


Figura 13: Espira Giratoria ωt=150°

Fuente: Los autores

ωt = 180°

$\text{fem}_{(b-c)} = vBl \times \sin(270°) \times \cos(0°) = -vBl$

$\text{fem}_{(d-e)} = vBl \times \sin(270°) \times \cos(0°) = -vBl$

$\mathbf{fem_{(T_1-T_2)}} = \text{fem}_{(b-c)} + \text{fem}_{(d-e)} = -vBl - vBl = \mathbf{-2vBl}$

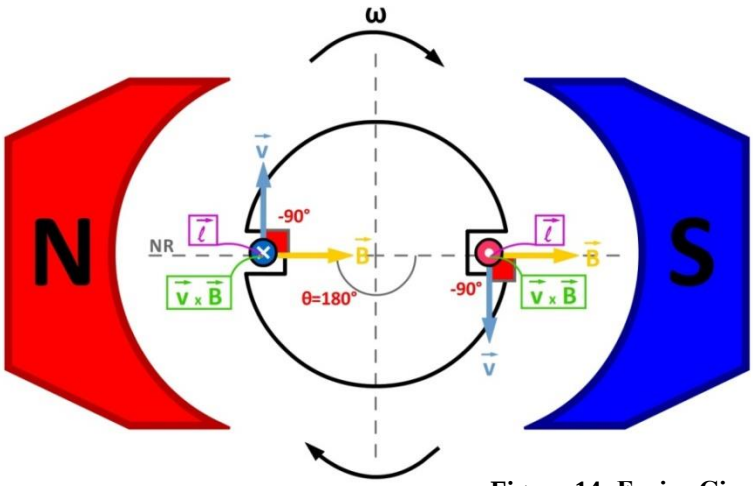


Figura 14: Espira Giratoria ωt=180°

Fuente: Los autores

ωt = 210°

$\text{fem}_{(b-c)} = vBl \times \sin(300°) \times \cos(0°) = -\frac{\sqrt{3}}{2} vBl$

$\text{fem}_{(d-e)} = vBl \times \sin(240°) \times \cos(0°) = -\frac{\sqrt{3}}{2} vBl$

$\mathbf{fem_{(T_1-T_2)}} = \text{fem}_{(b-c)} + \text{fem}_{(d-e)} = -\frac{\sqrt{3}}{2} vBl - \frac{\sqrt{3}}{2} vBl \Rightarrow \text{fem}_{(T_1-T_2)} = \mathbf{-\sqrt{3}\, vBl}$

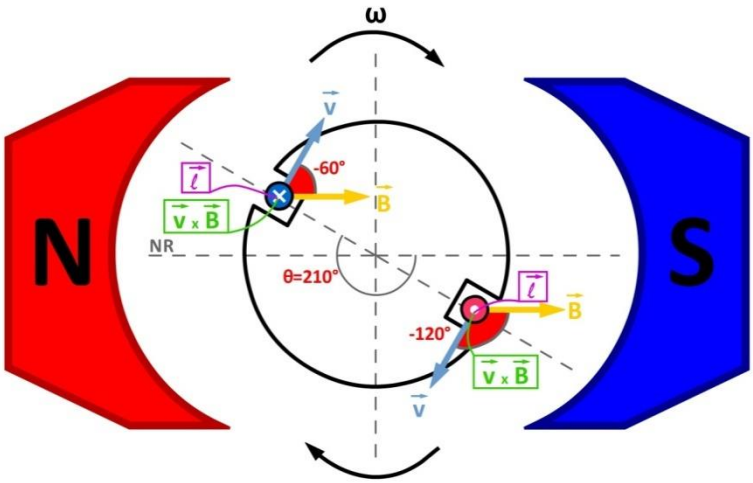


Figura 15: Espira Giratoria ωt=210°

Fuente: Los autores

ωt = 240°

$$\text{fem}_{(b-c)} = vBl \times \sin(330°) \times \cos(0°) = -\frac{1}{2}\, vBl$$

$$\text{fem}_{(d-e)} = vBl \times \sin(210°) \times \cos(0°) = -\frac{1}{2}\, vBl$$

$$\mathbf{fem_{(T_1-T_2)}} = \text{fem}_{(b-c)} + \text{fem}_{(d-e)} = -\frac{1}{2}\, vBl - \frac{1}{2}\, vBl = \mathbf{-vBl}$$

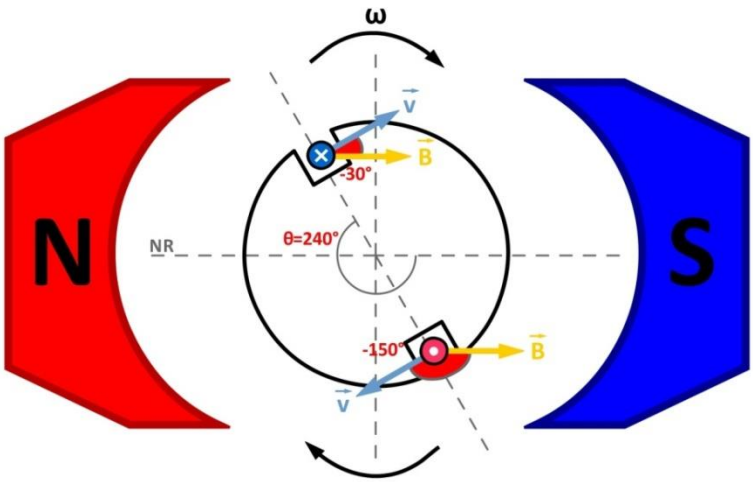


Figura 16: Espira Giratoria ωt=240°

Fuente: Los autores

ωt = 270°

$$\text{fem}_{(b-c)} = vBl \times \sin(360°) \times \cos(0°) = 0$$

$$\text{fem}_{(d-e)} = vBl \times \sin(180°) \times \cos(0°) = 0$$

$$\mathbf{fem_{(T_1-T_2)}} = \text{fem}_{(b-c)} + \text{fem}_{(d-e)} = 0 + 0 = \mathbf{0}$$

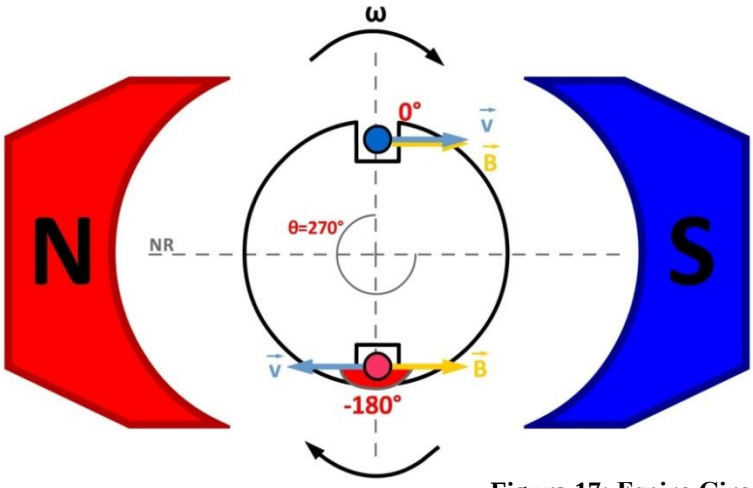


Figura 17: Espira Giratoria ωt=270°

Fuente: Los autores

ωt = 300°

$$fem_{(b-c)} = vBl \times \sin(30°) \times \cos(0°) = \frac{1}{2}\, vBl$$

$$fem_{(d-e)} = vBl \times \sin(150°) \times \cos(0°) = \frac{1}{2}\, vBl$$

$$\boldsymbol{fem_{(T_1-T_2)}} = fem_{(b-c)} + fem_{(d-e)} = \frac{1}{2}\, vBl + \frac{1}{2}\, vBl \; = \boldsymbol{vBl}$$

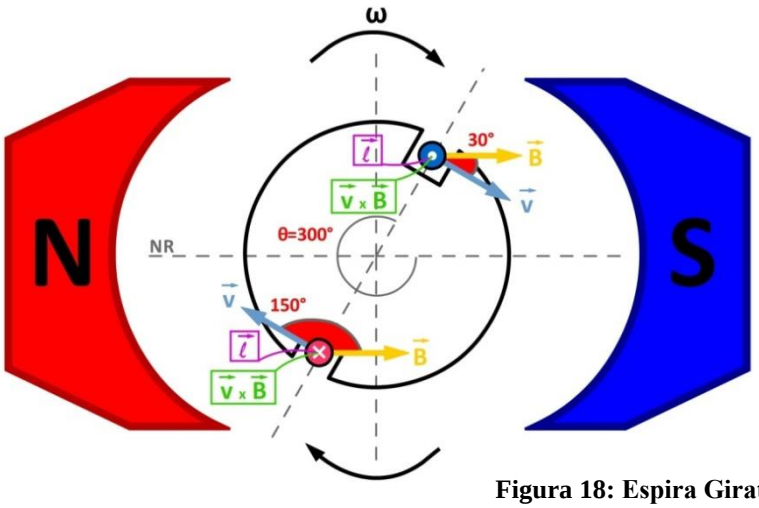


Figura 18: Espira Giratoria ωt=300°

Fuente: Los autores

ωt = 330°

$$\text{fem}_{(\text{b}-\text{c})} = \text{vBl} \times \sin(60°) \times \cos(0°) = \frac{\sqrt{3}}{2}\, \text{vBl}$$

$$\text{fem}_{(\text{d}-\text{e})} = \text{vBl} \times \sin(120°) \times \cos(0°) = \frac{\sqrt{3}}{2}\, \text{vBl}$$

$$\boldsymbol{\text{fem}_{(\text{T}_1-\text{T}_2)}} = \text{fem}_{(\text{b}-\text{c})} + \text{fem}_{(\text{d}-\text{e})} = \frac{\sqrt{3}}{2}\, \text{vBl} + \frac{\sqrt{3}}{2}\, \text{vBl} \; = \boldsymbol{\sqrt{3}\, \text{vBl}}$$

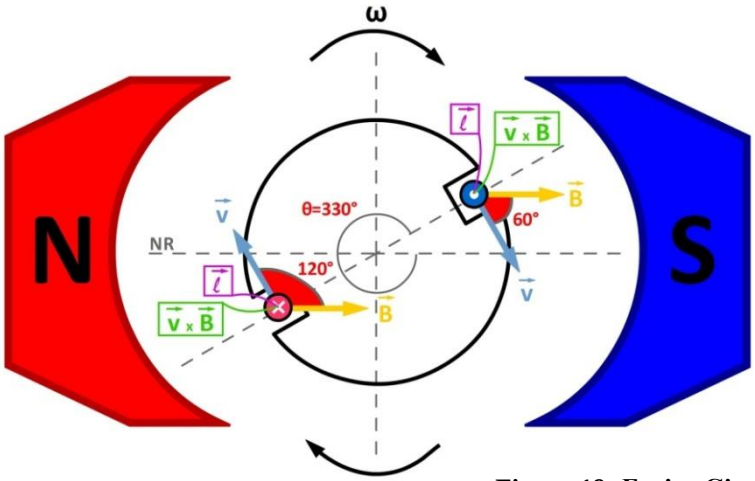


Figura 19: Espira Giratoria ωt=330°

Fuente: Los autores

ωt = 360°

$\text{fem}_{(b-c)} = vBl \times \sin(90°) \times \cos(0°) = vBl$

$\text{fem}_{(d-e)} = vBl \times \sin(90°) \times \cos(0°) = vBl$

$\mathbf{fem_{(T_1-T_2)}} = \text{fem}_{(b-c)} + \text{fem}_{(d-e)} = vBl + vBl = \mathbf{2vBl}$

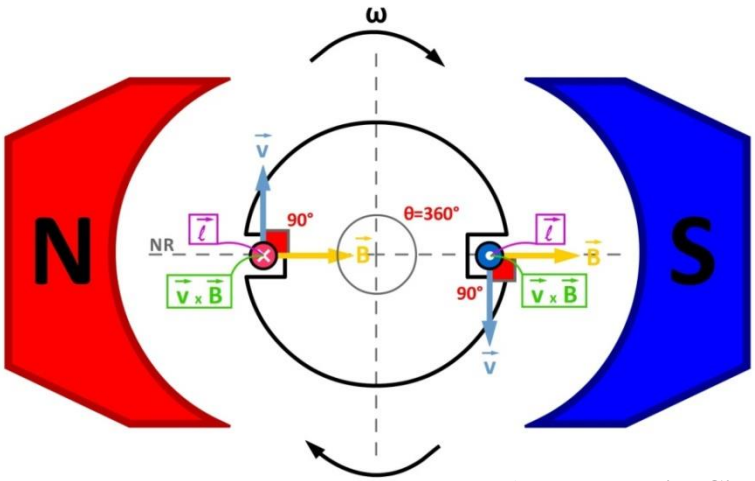


Figura 20: Espira Giratoria ωt=360°

Fuente: Los autores

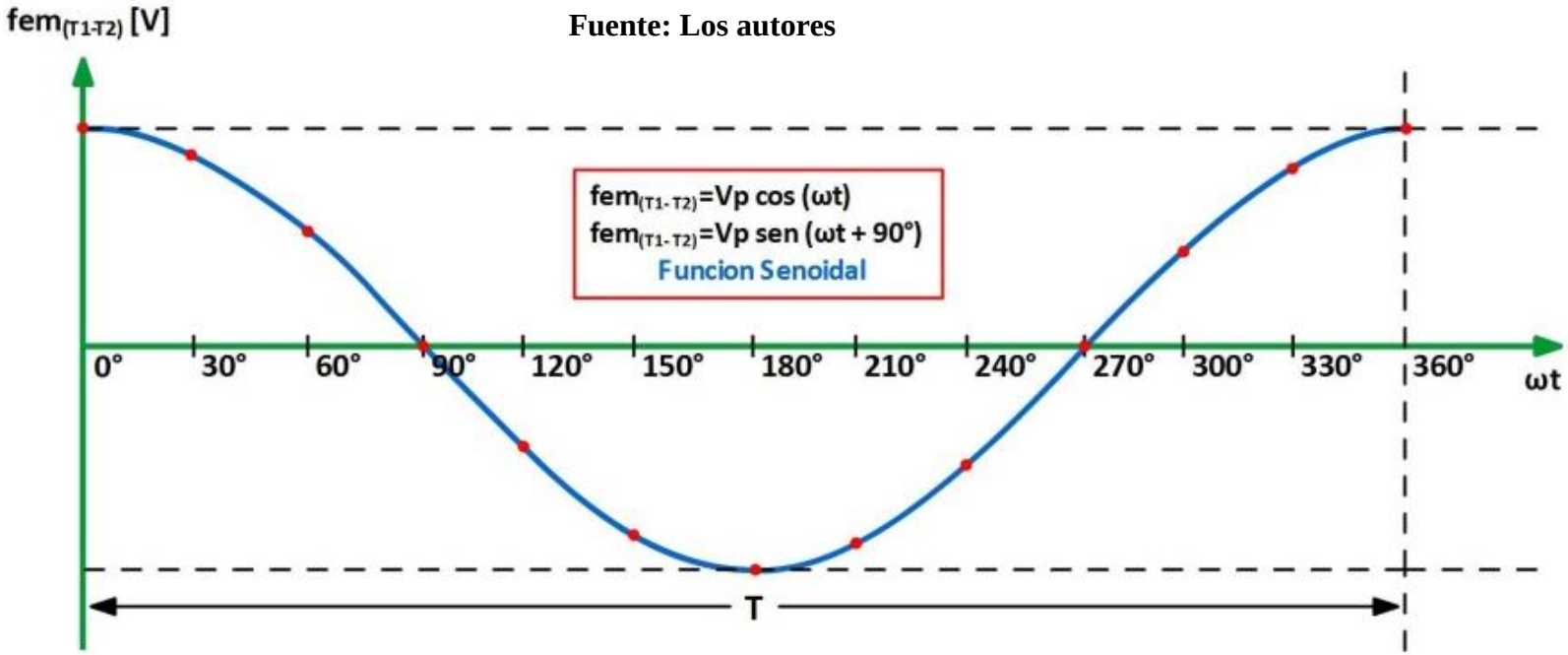
Tabla 1: Fem obtenida en diferentes ángulos de la espira

θ = ωt [grados]	Fem [V]	θ = ωt [grados]	Fem [V]	θ = ωt [grados]	Fem [V]	θ = ωt [grados]	Fem [V]	θ = ωt [grados]	Fem [V]
0°	$(+)\ 2.\text{v.B.l}$	90°	0	180°	$(-)\ 2.\text{v.B.l}$	270°	0	360°	$(+)\ 2.\text{v.B.l}$
30°	$(+)\ \sqrt{3}.\text{v.B.l}$	120°	$(-)\ \text{v.B.l}$	210°	$(-)\ \sqrt{3}.\text{v.B.l}$	300°	$(+)\ \text{v.B.l}$		
60°	$(+)\ \text{v.B.l}$	150°	$(-)\ \sqrt{3}.\text{v.B.l}$	240°	$(-)\ \text{v.B.l}$	330°	$(+)\ \sqrt{3}.\text{v.B.l}$		

Diagrama Fasorial de la f.e.m. inducida

Figura 21: Función Senoidal fem (T1-T2)

Fuente: Los autores



2.2. Ejemplos sobre el principio de funcionamiento de un generador

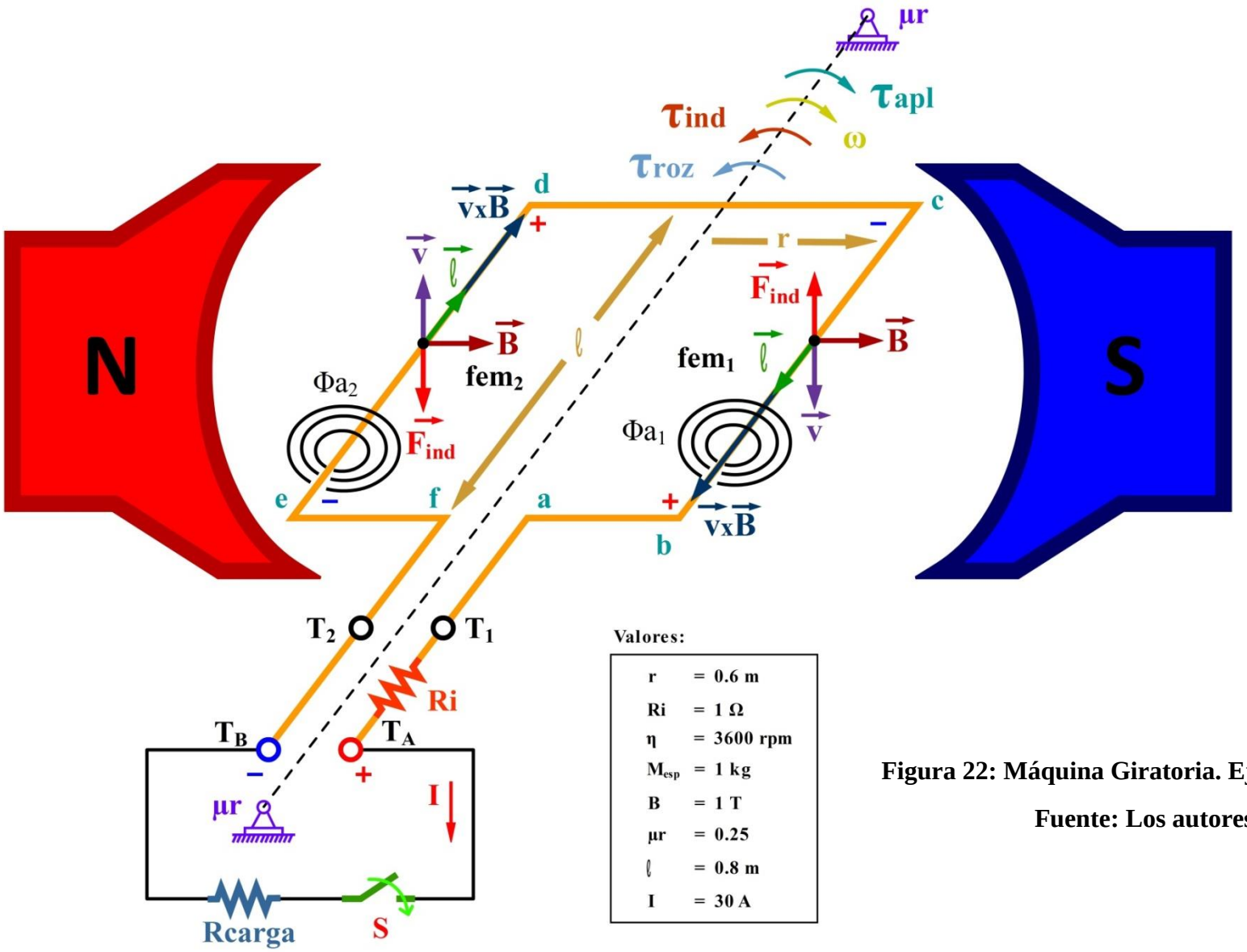


Figura 22: Máquina Giratoria. Ejemplo. Datos

Fuente: Los autores

1. $\text{Troz} = \text{Fr} * \text{r} = \mathbf{2(Ur * Mesp * g) * r}$

   $\text{Troz} = 2\left(0.25 * 1\text{Kg} * 10\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) * 0.6\text{m}$

   $\mathbf{Troz = 3\ N.m}$

2. $\text{Find} = \text{l} * \text{B} * \text{I}$

   $\text{Find} = 0.8\text{m} * 1\text{T} * 30\text{A}$

   $\mathbf{Find = 24N}$

3. $\text{Tind} = 2 * \text{Find} * \text{r} = \mathbf{2 * l * B * I * r}$

   $\text{Tind} = 2 * 0.8\text{m} * 1\text{T} * 30\text{A} * 0.6\text{m}$

   $\mathbf{Tind = 28.8\ N.m}$

4. $\text{Fem} = 2 * \text{v} * \text{B} * \text{l} = \mathbf{2} * (\omega * \mathbf{r}) * \mathbf{B} * \mathbf{l}$

   $\text{Fem} = 2 * \left(3600 * \frac{2\pi}{60}\right) * 0.6\text{m} * 1\text{T} * 0.8\text{m}$

   $\mathbf{Fem = 361.91V}$

5. $\text{Tres} = \text{Tind} + \text{Troz}$

   $\text{Tres} = 28.8\text{N.m} + 3\text{N.m}$

   $\mathbf{Tres = 31.8N.m}$

6. Punto de Equilibrio: $\mathbf{Tapl = Tres = 31.8N.m}$

7. Si I ↑ → Tind ↑ → Tres ↑; si $\omega = \text{ctte} \rightarrow$ Tapl ↑

8. Tension Terminal $\mathbf{V(TA - TB) = Fem - Ri * I}$

   $V(TA - TB) = 361.91V - (1\Omega * 30A)$

   $\mathbf{V(TA - TB) = 331.91V}$

9. Calculo Fem_{rms} $(T1 - T2)$

   $Fem_{rms} = \boldsymbol{\phi} * \sqrt{\mathbf{2}} * \boldsymbol{\pi} * \mathbf{f}$ **(1 espira)**; $\boldsymbol{\phi} = \mathbf{B} * \mathbf{A}$; $\mathbf{A = 2r * l}$

   $Fem_{rms} = 0.96T.m^2 * \sqrt{\mathbf{2}} * \boldsymbol{\pi} * 60Hz$; $\boldsymbol{\phi} = 1T * 0.96m^2$; $\mathbf{A = 2} * 0.6m *$ $0.8m$

   $\mathbf{Fem_{rms} = 255.91V}$

10. Flujo de Potencias y Rendimiento. Sin regulación de Tensión Terminal.

    Potencia de Entrada

    $Pent = Tapl * \omega$

    $Pent = 31.8N.m * 2 * \pi * 60Hz$

    $\mathbf{Pent = 11988.31W}$

    Perdidas Mecánicas

    $Pmec = Troz * \omega$

    $Pmec = 3N.m * 2 * \pi * 60Hz$

    $\mathbf{Pmec = 1130.97W}$

Potencia Convertida

1. $\mathrm{Pconv} = \mathrm{Tind} * \omega$

   $\mathrm{Pconv} = 28.8\mathrm{N.m} * 2 * \pi * 60\mathrm{Hz}$

   $\mathbf{Pconv = 10857.34W}$

2. $\mathrm{Pconv} = \mathrm{Pent} - \mathrm{Pmec}$

   $\mathrm{Pconv} = 11988.31\mathrm{W} - 1130.97\mathrm{W}$

   $\mathbf{Pconv = 10857.34W}$

3. $\mathrm{Pconv} = \mathrm{Fem} * \mathrm{I}$

   $\mathrm{Pconv} = 361.91\mathrm{V} * 30\mathrm{A}$

   $\mathbf{Pconv = 10857.34W}$

Perdidas en el Cu (Cobre)

$\mathrm{Pcu} = \mathrm{I}^2 * \mathrm{Ri}$

$\mathrm{Pcu} = 30\mathrm{A}^2 * 1\Omega$

$\mathbf{Pcu = 900W}$

Potencia de Salida

$\mathrm{Psal} = \mathrm{Pconv} - \mathrm{Pcu}$

$\mathrm{Pcu} = 10857.34\mathrm{W} - 900\mathrm{W}$

$\mathbf{Pcu = 9957.34W}$

11. Rendimiento

$$\%\mathrm{n} = \frac{\mathrm{Psalida}}{\mathrm{Pentrada}} * 100$$

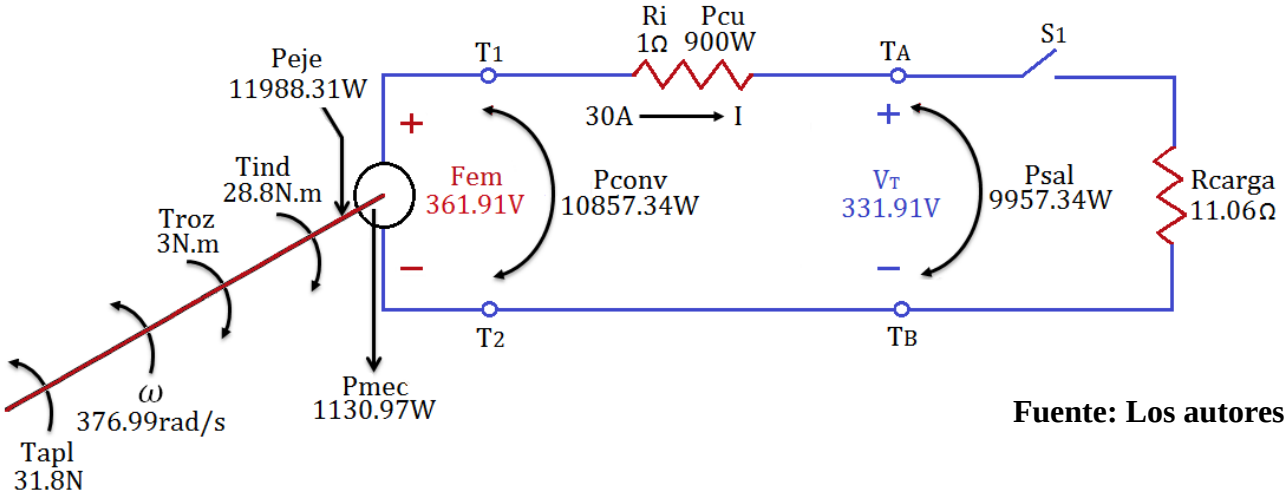
$$\%n = \frac{9957.34W}{11988.31W} * 100$$

$$\%\mathbf{n = 83.05\%}$$

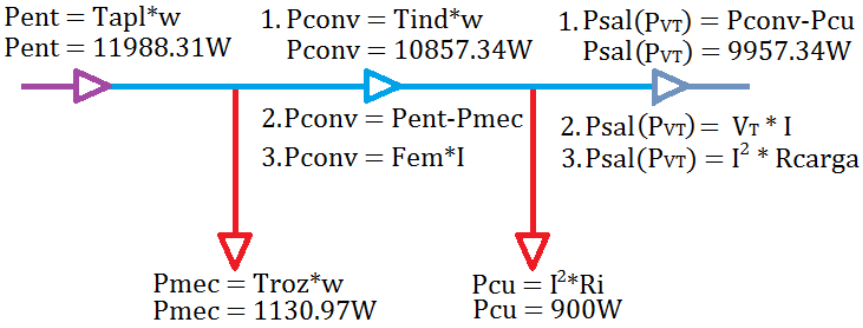
12. Equivalente Eléctrico y Flujo de Potencias. Sin Regulación de Tensión Terminal.

VT0 = 361.91V ; VTcarga = 331.91V ; ΔVT = VT0 – VTcarga = 30V

Figura 23: Resultado. Equivalente Eléctrico y Flujo de Potencias. Sin regulación de tensión terminal

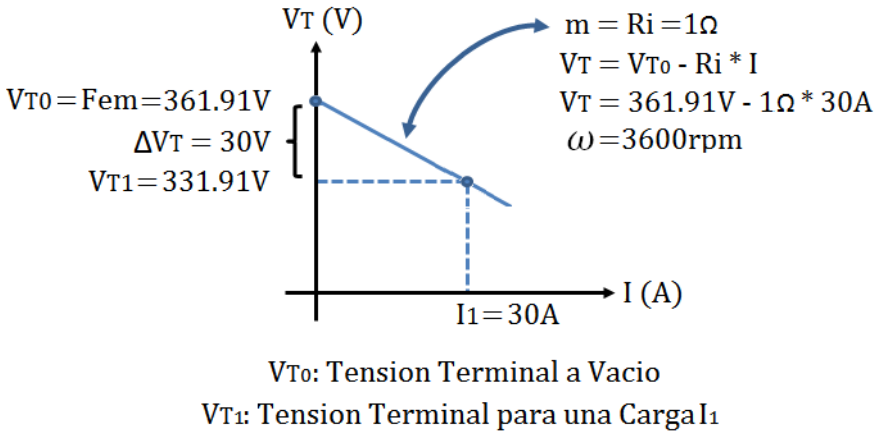


Fuente: Los autores



13. Pendiente de Operación.

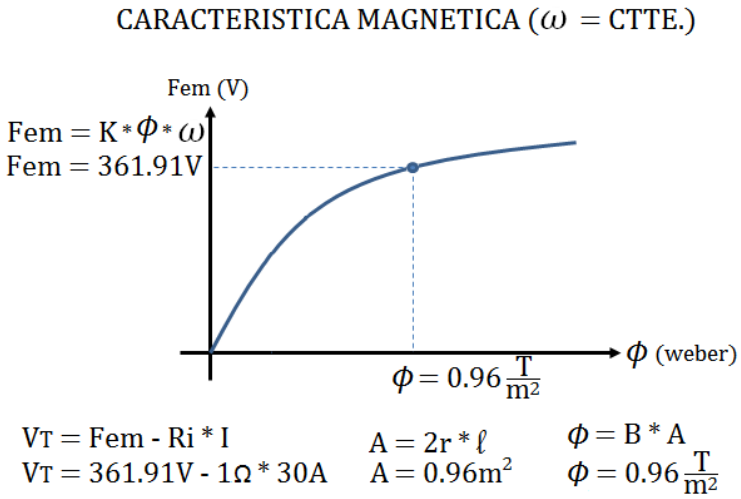
Figura 24: Resultado. Pendiente de Operación. Sin regulación de tensión terminal



Fuente: Los autores

14. Característica Magnética. Sin Regulación de Tensión Terminal.

Figura 25: Resultado. Característica Magnética. Sin regulación de tensión terminal



Fuente: Los autores

15. Generador trabajando sin recuperación de tensión terminal. (VT = ctte.)

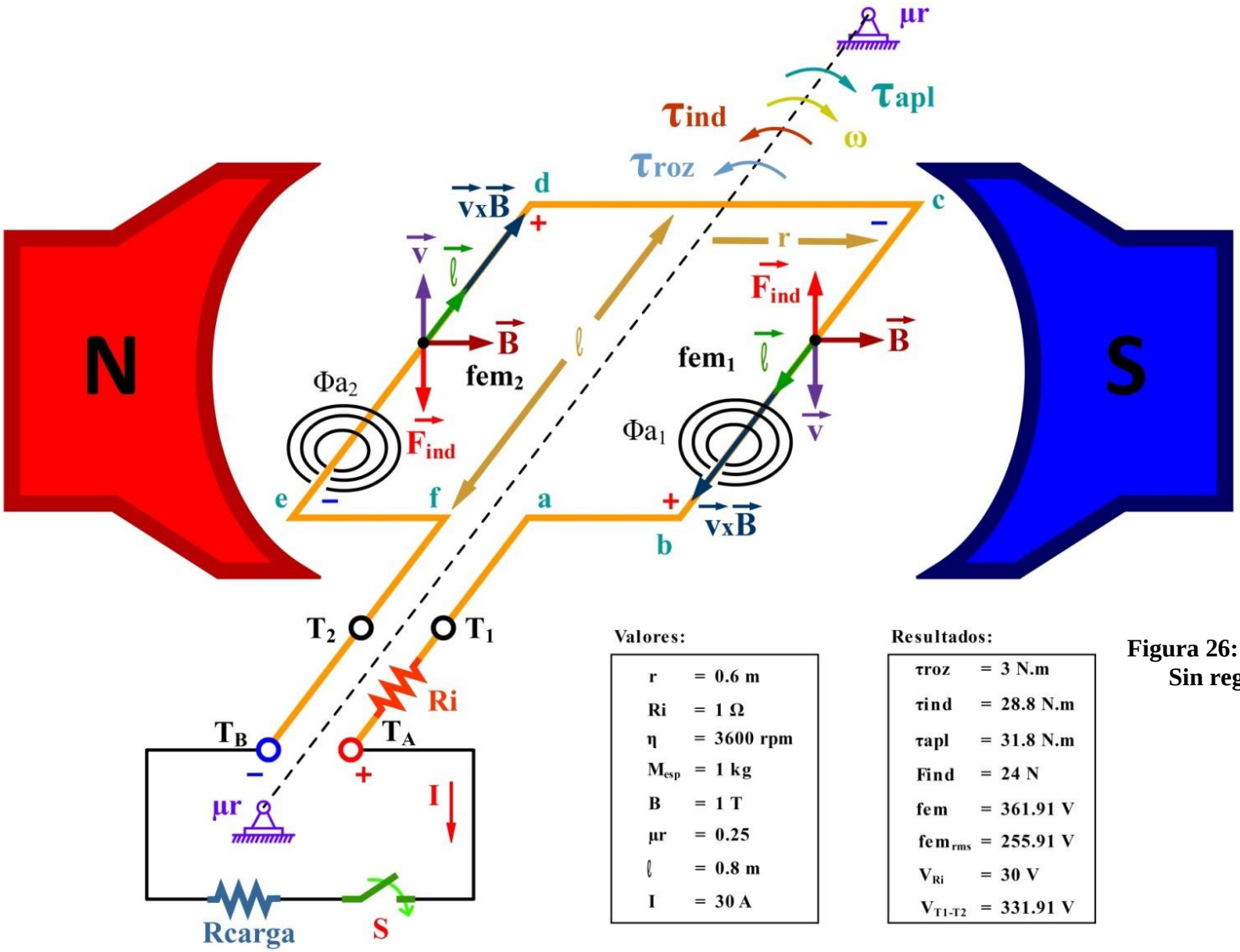


Figura 26: Resultado. Máquina Giratoria. Sin regulación de tensión terminal

Fuente: Los autores

16. Regulación de Tensión Terminal.

$$VTreg = 361.91V$$

$$Femreg = VTreg + Ri$$

$$Femreg = 361.91V + 30V$$

$$\mathbf{Femreg = 391.91V}$$

$$B = \frac{Femreg}{2w * r * l}$$

$$B = \frac{391.91V}{2 * \left(3600 * \frac{2\pi}{60}\right) * 0.6m * 0.8m}$$

$$\mathbf{B = 1.082T}$$

$$Troz = 2\left(0.25 * 1Kg * 10\frac{m}{s^2}\right) * 0.6m$$

$$\mathbf{Troz = 3\ N.m}$$

$$Find = l * B * I$$

$$Find = 0.8m * 1.082T * 30A$$

$$\mathbf{Find = 25.98N}$$

$$Tind = 2 * Find * r = \mathbf{2 * l * B * I * r}$$

$$Tind = 2 * 0.8m * 1.082T * 30A * 0.6m$$

$$\mathbf{Tind = 31.18\ N.m}$$

$$\text{Tres} = \text{Tind} + \text{Troz}$$

$$\text{Tres} = 31.18\text{N.m} + 3\text{N.m}$$

$$\mathbf{Tres = 34.18N.m = 34.18N.m}$$

Tension Terminal $\mathbf{V(TA - TB) = Fem - Ri * I}$

$$\text{V(TA} - \text{TB)} = 391.91\text{V} - (1\Omega * 30\text{A})$$

$$\mathbf{V(TA - TB) = 361.91V}$$

Calculo Fem_{rms} $(\text{T1} - \text{T2})$

$\text{Fem}_{\text{rms}} = \boldsymbol{\phi} * \sqrt{\mathbf{2}} * \boldsymbol{\pi} * \mathbf{f}\ (\mathbf{1\ espira});\ \boldsymbol{\phi} = \mathbf{B} * \mathbf{A};\ \mathbf{A} = \mathbf{2r} * \mathbf{l}$

$\text{Fem}_{\text{rms}} = 1.038\text{T.m}^2 * \sqrt{\mathbf{2}} * \boldsymbol{\pi} * 60\text{Hz};\ \boldsymbol{\phi} = 1.082\text{T} * 0.96\text{m}^2;\ \mathbf{A} = \mathbf{2} *\ 0.6\text{m} * 0.8\text{m}$

$\mathbf{Fem_{rms} = 276.89V}$

Flujo de Potencias y Rendimiento. Sin regulación de Tensión Terminal.

Potencia de Entrada

$$\text{Pent} = \text{Tapl} * \omega$$

$$\text{Pent} = 34.18\text{N.m} * 2 * \pi * 60\text{Hz}$$

$$\mathbf{Pent = 12885.55W}$$

Perdidas Mecánicas

$$\text{Pmec} = \text{Troz} * \omega$$

$$\text{Pmec} = 3\text{N.m} * 2 *\ \pi * 60\text{Hz}$$

$$\mathbf{Pmec = 1130.97W}$$

Potencia Convertida

1. $\mathrm{Pconv} = \mathrm{Tind} * \omega$

   $\mathrm{Pconv} = 31.18\mathrm{N.m} * 2 * \pi * 60\mathrm{Hz}$

   $\mathbf{Pconv = 11754.58W}$

2. $\mathrm{Pconv} = \mathrm{Pent} - \mathrm{Pmec}$

   $\mathrm{Pconv} = 12885.55\mathrm{W} - 1130.97\mathrm{W}$

   $\mathbf{Pconv = 11754.58W}$

3. $\mathrm{Pconv} = \mathrm{Femreg} * \mathrm{I}$

   $\mathrm{Pconv} = 391.91\mathrm{V} * 30\mathrm{A}$

   $\mathbf{Pconv = 11754.58W}$

Perdidas en el Cu (Cobre)

$\mathrm{Pcu} = \mathrm{I}^2 * \mathrm{Ri}$

$\mathrm{Pcu} = 30\mathrm{A}^2 * 1\Omega$

$\mathbf{Pcu = 900W}$

Potencia de Salida

$\mathrm{Psal} = \mathrm{Pconv} - \mathrm{Pcu}$

$\mathrm{Pcu} = 11754.58\mathrm{W} - 900\mathrm{W}$

$\mathbf{Pcu = 10854.58W}$

Rendimiento

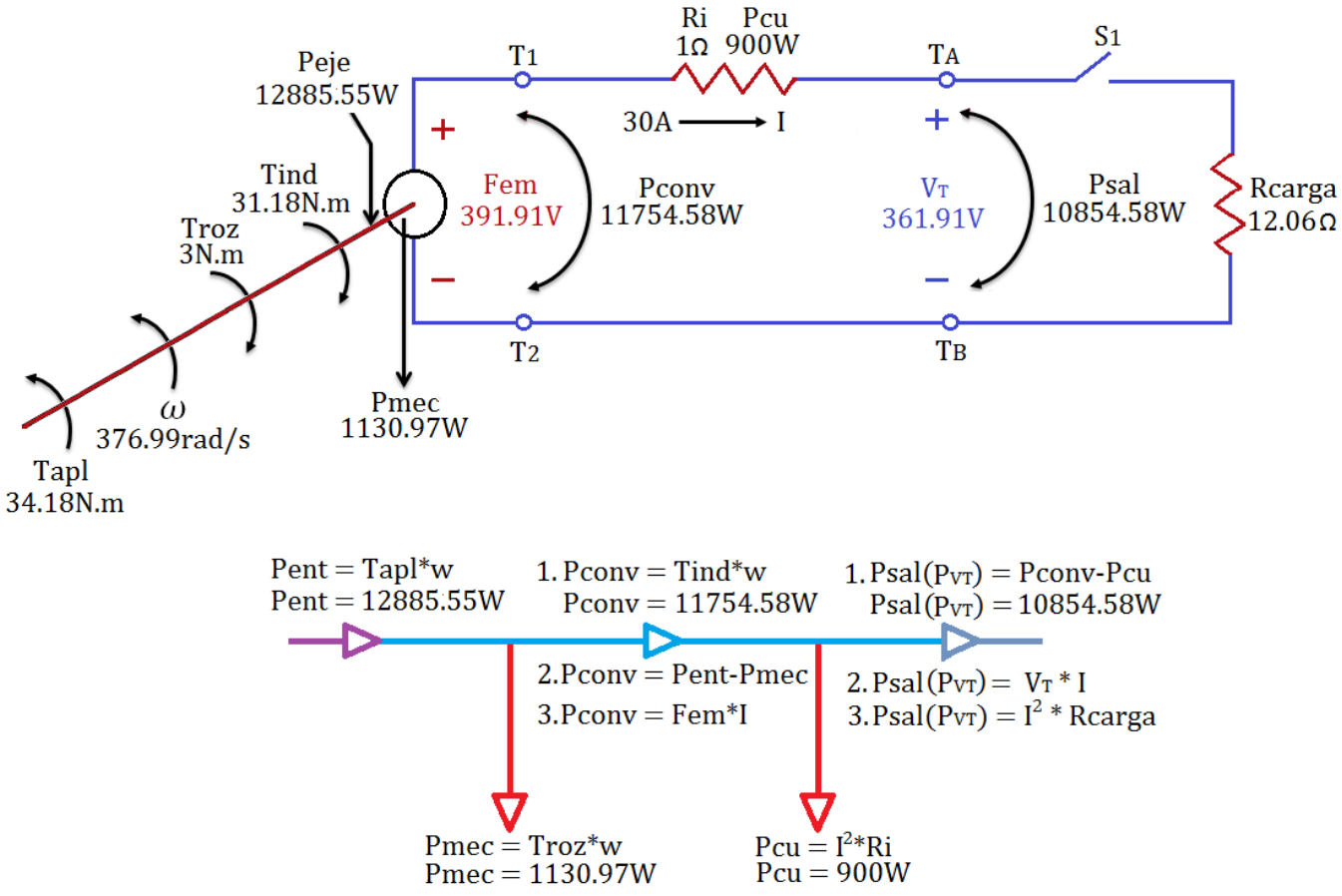
$$\%\mathrm{n} = \frac{\mathrm{Psalida}}{\mathrm{Pentrada}} * 100$$

$$\%\mathrm{n} = \frac{10854.58\mathrm{W}}{12885.55\mathrm{W}} * 100$$

$$\%\mathbf{n} = \mathbf{84.23}\%$$

17. Equivalente eléctrico y Flujo de Potencias con Regulación de Tensión Terminal

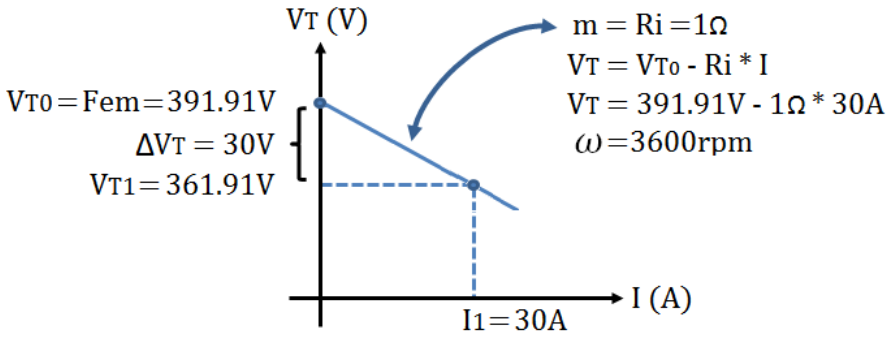
Figura 27: Resultado. Equivalente eléctrico y flujo de potencias. Con regulación de tensión terminal



Fuente: Los autores

18. Pendiente de Operación con Regulación de Tensión Terminal.

Figura 28: Resultado. Pendiente de operación. Con regulación de tensión terminal.



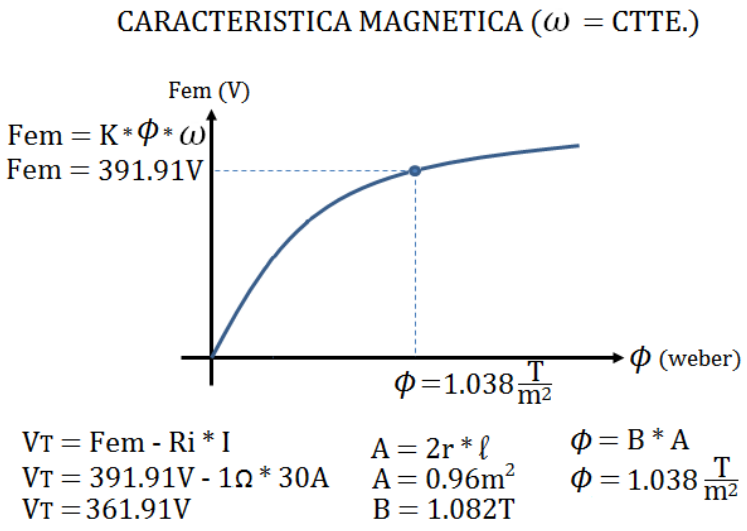
VT0: Tension Terminal a Vacio

VT1: Tension Terminal para una Carga I1

Fuente: Los autores

19. Característica Magnética. Sin Regulación de Tensión Terminal.

Figura 29: Resultado. Característica magnética. Con regulación de tensión terminal



Fuente: Los autores

20. Generador trabajando con recuperación de tensión terminal. (VT = Variable)

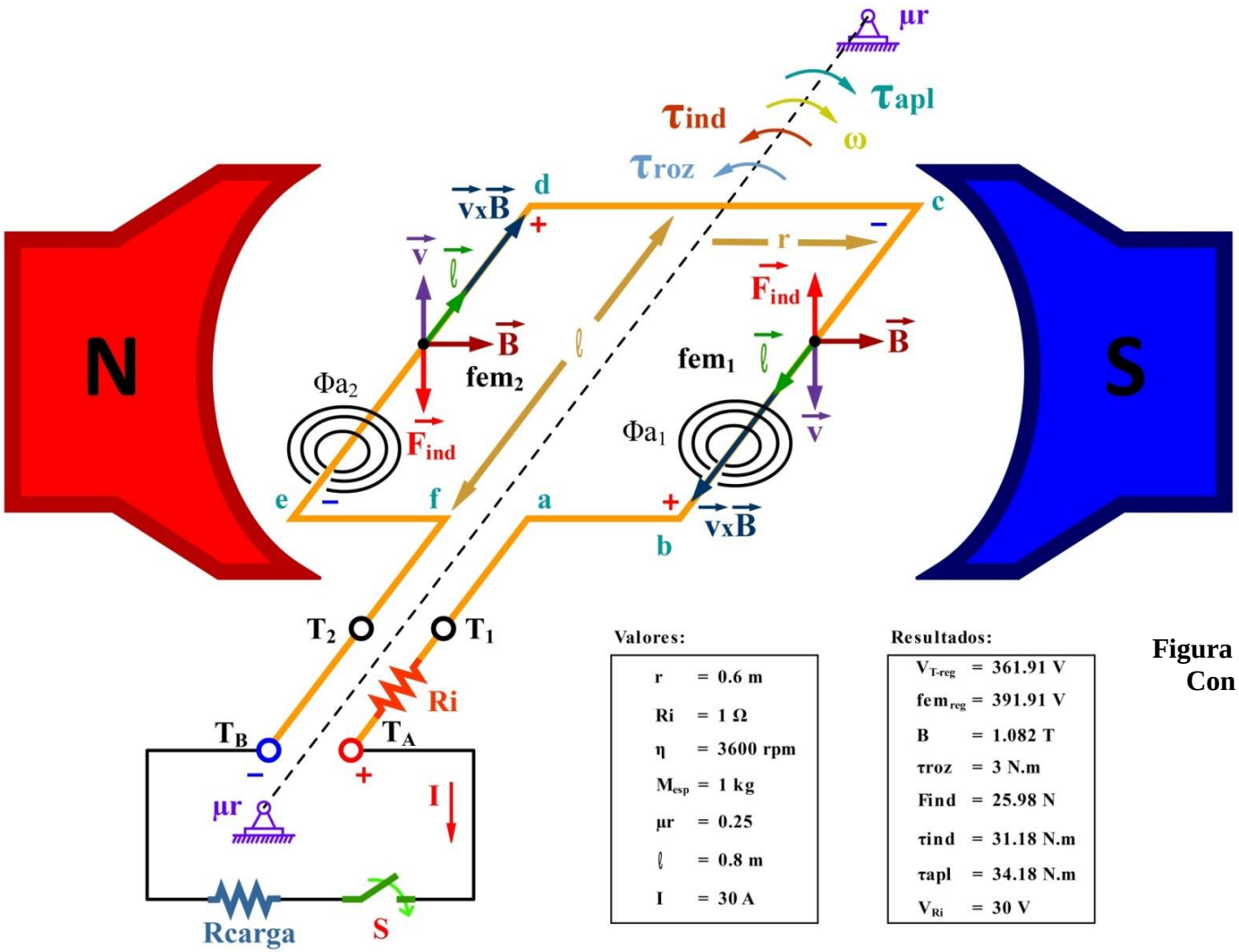


Figura 30: Resultado. Máquina giratoria. Con regulación de tensión terminal.

Fuente: Los autores

CAPÍTULO 3

BANCO DE PRUEBAS PARA MÁQUINA SÍNCRONA

3.1. Propósito del diseño

La construcción de este banco de pruebas tiene como propósito, brindar al estudiante una herramienta didáctica para comprender el funcionamiento, operación y comportamiento de las máquinas síncronas. Los estudiantes podrán realizar y comprender las prácticas con mayor interés disminuyendo la dificultad en la medición y toma de datos al tener en un solo lugar un tablero con todos los equipos de medición.

3.2. Diseño y construcción

Las prácticas para máquinas síncronas se las realiza bajo diversos tipos de conexiones, mismas que involucran parte de fuerza y parte de mediciones, por lo que, para el diseño del tablero se realizó un análisis de los equipos necesarios para realizar la práctica en la que intervienen mayor cantidad de dispositivos, es decir, en la de sincronismo de dos generadores con una barra infinita. Con la finalidad de abarcar en un mismo lugar y de forma conveniente al momento de realizar las prácticas, se utilizó una estructura metálica con las dimensiones (220cm x 119cm x 80cm).

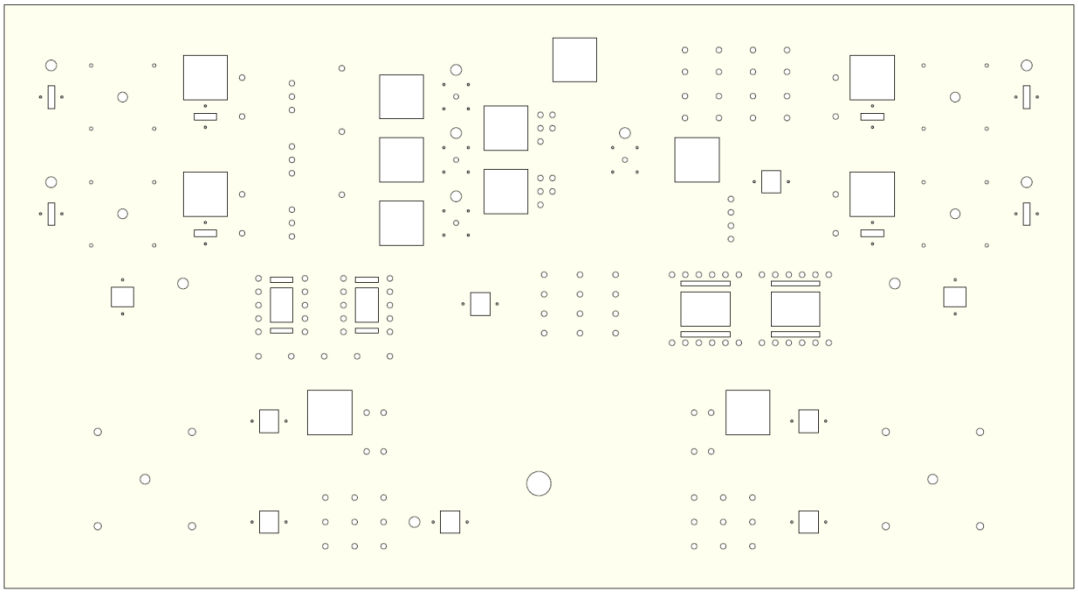
En la parte de fuerza, para representar la barra infinita se utilizó una fuente alterna de voltaje variable de 0 – 230V/ 32A (-V04), para la alimentación de la armadura del motor primario se utilizó una fuente continua de voltaje variable de 0 – 270V/ 32A (-V03), para la alimentación del campo del motor primario se utilizó una fuente continua de voltaje variable de 0 – 180V/ 2A (-

V01) y para la excitación del generador trifásico una fuente continua de voltaje variable de 0 – 220V/ 4A (-V02).

En la parte de medición y control se utilizaron: medidores de corriente análogos, para las corrientes de campo (-A01), armadura (-A03) y de la excitatriz (-A02); analizadores de red, con la posibilidad de medir voltajes, corrientes, frecuencia y potencias para: generadores, empresa eléctrica, barras y carga; para señalización luz pilotos, relés de potencia inversa para protección de los generadores, un relé de sincronismo; fusibles y breakers como protección contra sobre corriente y corto circuito.

Como parte de la implementación del tablero, se tomaron las dimensiones de cada uno de los instrumentos a ser utilizados, de esta manera se obtuvo un bosquejo con la posible ubicación de los mismos; poco a poco se fue buscando la mejor posición de acuerdo a la necesidad y tamaño de estos, una vez conocida las posiciones de todos los instrumentos involucrados (Figura 31), se procedió con las perforaciones y el calado en el tablero.

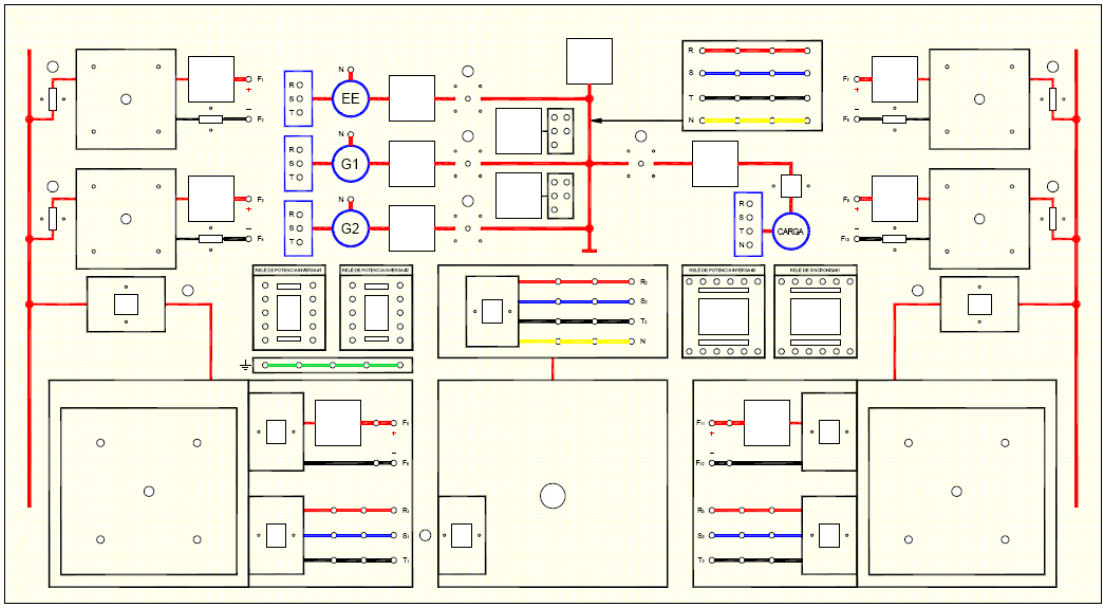
Figura 31: Banco de pruebas con perforaciones y calados para los equipos



Fuente: Los autores

Teniendo en cuenta las perforaciones y el calado para los equipos de potencia, protecciones e instrumentos, se procedió con la serigrafía en la parte frontal del banco de pruebas, para lo cual, se consideró identificación y separación para cada instrumento y equipo de tal forma de tener una mayor comodidad al momento de realizar la práctica (Figura 32).

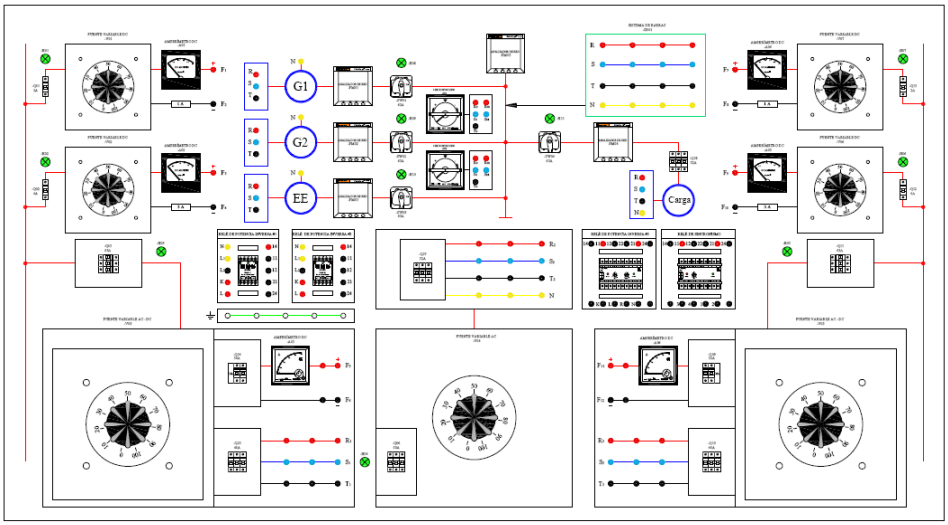
Figura 32: Banco de pruebas con serigrafía hecha de acrílico



Fuente: Los autores

Los equipos están identificados con acrílico en la parte superior con su respectivo nombre y código para poder referenciarlos con mayor facilidad en la elaboración de cada una de las prácticas (Figura 33).

Figura 33: Banco de pruebas con los equipos montados



Fuente: Los autores

Las características y dimensiones de los instrumentos utilizados en el banco de pruebas para máquina síncrona se detallan brevemente a continuación (con mayor detalle se especifican en el Capítulo 4), Adicionalmente la imágenes de construcción del módulo de pruebas se las puede observar en el ***ANEXO A.***

- Analizador de red (para medición de voltajes, corrientes, potencias, frecuencia de los generadores, barras y carga; 96*96 mm)
- Amperímetro (análogo de 0-1 Adc para medir corriente de campo de los motores primarios 72*72 mm; análogo de 0-5 Adc para medir corriente de excitación de los generadores 72*72 mm; análogo de 0-50 Adc para medir corriente de armadura de los motores primarios 96*96 mm.
- Sincronoscopio (análogo, para la sincronización de los generadores 96*96 mm)
- Lámparas de sincronismo (para la sincronización de los generadores)
- Relé de potencia inversa (como sistema de protección para los generadores 42*96 mm)
- Relé de sincronismo (para la sincronización de los generadores 105*56 mm)

CAPÍTULO 4

DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS INSTALADOS

4.1. Power meter PM700

Figura 34: Power Meter 700. Recuperado de
(http://www.schneider-electric.com, 2008)

El analizador de red PM700 es un equipo para medición de variables eléctricas, dentro de su configuración presenta la opción de realizar medición directa, así como medición indirecta, al ser un equipo de uso de laboratorio, se consideró el uso de medición indirecta por medio de transformadores de corriente con relación de 200 a 5, para fines didácticos dentro de la configuración del PM 700 se eligió una relación de los transformadores de corriente de 20000 a 5, de esta manera el PM700 indicará 100 Amperios cuando realmente existe 1 Amperio, todo esto con la finalidad de mejorar la precisión de la toma de medidas durante las prácticas de laboratorio.

El PM700 está equipado con una gran pantalla de cristal líquido (LCD) capaz de mostrar hasta 5 líneas de información, dentro del menú del equipo nos permite la visualización de parámetros eléctricos tales como:

- Voltaje de línea y voltajes de fase

- Corriente de línea (I1, I2, I3)
- Frecuencia
- Factor de potencia
- Potencias: activa, reactiva y aparente.

4.2. Amperímetro análogo DC

Figura 35: Amperímetro analógico. Recuperado de **(http://www.simpsonelectric.com, 2014)**

El amperímetro análogo DC está equipado internamente con una resistencia shunt, lo que permite realizar medición directa a través de sus terminales, en el banco de prueba para máquina síncrona, se consideró el uso de estos con una escala de: 0-1 para la corriente de campo del motor primario, de 0-3 para la corriente de campo del generador propiamente dicho y de 0 -50 para la corriente de armadura del motor primario.

4.3. Relé de Potencia inversa BE3-32

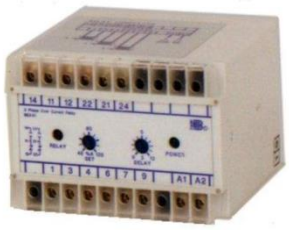


Figura 36: Relé de potencia a inversa. Recuperado de
(http://www.basler.com, 2013)

El relé de potencia inversa BE3-32 vigila la dirección del flujo de potencia de un generador AC, si el flujo de corriente desde el generador se encuentra invertido dispara un relé, el BE3-32 cuenta con un LED indicador de relé que indica el estado de los relé y un LED indicador de encendido que indica si el relé esta energizado.

El BE3-32 tiene dos potenciómetros externos, (SET y DELAY), el potenciómetro SET ajusta el punto en el cuál el relé se dispara cuando el flujo de corriente es detectado, este control es ajustable del 2% al 20% de la corriente nominal (5 A), el potenciómetro DELAY ajusta el tiempo desde el instante que se ha excedido el flujo de corriente inversa, tiene un rango de control de 0 a 20 segundos.

4.4. Relé de Potencia inversa PRCR 88

Figura 37: Relé de potencia a inversa. Recuperado de **(http://www.zahra-germany.com, 2014)**

El relé de potencia inversa PRCR 88 vigila la dirección del flujo de potencia de un generador AC.

El PRCR 88 tiene tres potenciómetros externos, (0-adj., IR[A], I^2 t [sec]), el ajuste del potenciómetro 0-adj. Garantiza que el generador siempre entregue potencia activa a la línea, el límite de corriente inversa puede ser ajustado con el potenciómetro IR[A], con el potenciómetro I^2 t se puede variar la curva de disparo en función del tiempo y la corriente inversa.

Este relé tiene una alarma cuando existe una corriente inversa, el relé uno se des-energiza inmediatamente en presencia de una corriente inversa, el relé dos se des-energiza si se excede el valor de corriente inversa dependiendo de I^2 t.

4.5. Relé de Sincronismo BE3-25

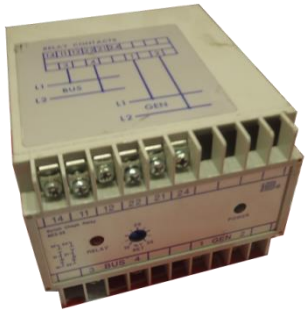


Figura 38: Relé de sincronismo. Recuperado de **(https://es.basler.com/, 2013)**

El Relé de sincronismo BE3-25 también conocido como relé de paralelismo es usado para garantizar que dos fuentes de corriente alterna estén sincronizadas, para que un sistema sea sincronizado, la frecuencia, ángulo de fase y voltaje deben estar dentro de límites permisibles pre-ajustados.

El BE3-25 tiene un potenciómetro externo (SET) ajustable de 10 a 30% del valor nominal, mediante el cual se establece la diferencia de voltaje aceptable en el que se producirá la sincronización. Cuando las dos entradas se encuentran dentro del rango aceptable el relé se energiza, cuenta con un LED indicador de relé que indica el estado del relé y un LED indicador de encendido que indica si el relé esta energizado.

4.6. Sincronoscopio

Figura 39: Sincronoscopio. Recuperado de
(http://www.camscointernational.com, 2012)

El Sincronoscopio es un equipo que indica la diferencia de frecuencias y ángulo de fase entre dos generadores, cuando la diferencia es cero, el puntero del instrumento permanece en la marca de sincronización, en el centro de la escala. El puntero muestra un movimiento en sentido horario cuando la frecuencia de la fuente a ingresar es mayor que la frecuencia de referencia y en sentido anti horario cuando la frecuencia de la fuente a ingresar es menor que la frecuencia de referencia.

4.7. Variador de voltaje

Figura 40: Variador de voltaje

Fuente: Los autores

El variador de voltaje o autotransformador variable, es un elemento utilizado para regular la tensión, desde 0 hasta un valor máximo, para variar el voltaje está equipado con un botón tipo perilla acoplado al eje que permite actuar sobre la escobilla y conseguir la tensión deseada.

CAPÍTULO 5

MANTENIMIENTO Y OEPRACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA MÁQUINA SINCRONA

En este capítulo se detalla la operación y mantenimiento preventivo a realizar a cada uno de los elementos con la finalidad de alargar la vida útil de los mismos.

En este capítulo se consideró el mantenimiento y operación para un solo equipo por tipo, ejemplo, el tablero cuenta con cinco analizadores de red se describe el mantenimiento para uno solo.

5.1. Tablero Banco de pruebas para máquina síncrona

La alimentación del tablero se la realiza mediante el uso de extensiones tipo industrial, mismas que cuentan con conectores tipo PG6 macho en sus dos extremos, conecte uno de los extremos al conector hembra del tablero y el otro a la toma del laboratorio.

Antes de energizar el tablero inspeccione visualmente que no existan herramientas ni otro tipo de elementos en la parte posterior.

Anualmente revise y reapriete todas y cada una de las conexiones del tablero, use siempre herramientas adecuadas de tal forma de no producir daño en los terminales de los elementos del tablero.

Al finalizar las prácticas des-energice los módulos del tablero desde el panel frontal, quite la alimentación del tablero desde los breakers ubicados al costado derecho del tablero, luego desconecte los conectores de alimentación.

Figura 41: Tablero Banco de Pruebas

Fuente: Los autores

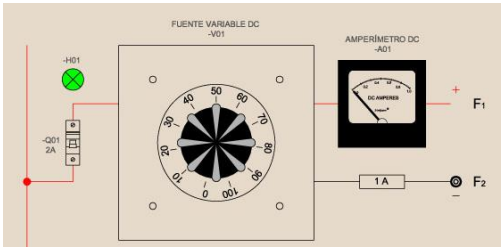
5.2. Fuente variable DC –V01

El módulo “Fuente variable DC –V01 cuenta con una protección al ingreso –Q01 de 2 A., así como de una luz piloto –H01 que indica si se encuentra energizado el variador de voltaje, un amperímetro DC –A01 con un rango de 0 a 1 A. con un fusible de 1 amperio para protección del amperímetro.

Antes de energizar –Q01 verifique que el variador –V01 se encuentre en el nivel mínimo, confirme que el fusible instalado no supere el valor máximo en la escala del amperímetro.

Sin carga, verifique la salida de voltaje en los terminales F1 y F2, haga variar el voltaje desde 0, hasta su valor máximo, semestralmente realice las mediciones de acuerdo a lo indicado los protocolos de mantenimiento.

Figura 42: Fuente Variable DC



Fuente: Los autores

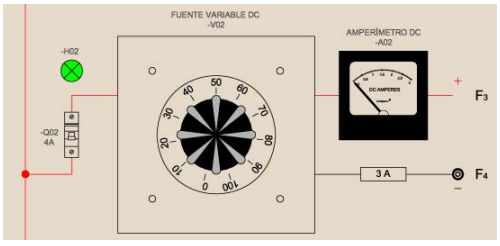
5.3. Fuente variable DC –V02

El módulo "Fuente variable DC –V02 cuenta con una protección al ingreso –Q02 de 4 A., así como de una luz piloto –H02 que indica si se encuentra energizado el variador de voltaje, un amperímetro DC –A02 con un rango de 0 a 3 A. con un fusible de 2 amperios para protección del amperímetro.

Antes de energizar –Q02 se debe verificar que el variador –V02 se encuentre en el nivel mínimo, confirme que el fusible instalado no supere el valor máximo en la escala del amperímetro.

Sin carga, verifique la salida de voltaje en los terminales F1 y F2, haga variar el voltaje desde 0, hasta su valor máximo, semestralmente realice las mediciones de acuerdo a lo indicado en los protocolos de mantenimiento.

Figura 43: Fuente variable DC –V02



Fuente: Los autores

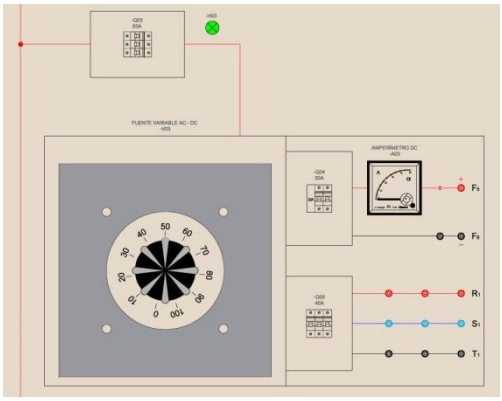
5.4. Fuente variable DC –V03

El módulo “Fuente variable DC –V03 cuenta con una protección al ingreso –Q03 de 63 A., así como de una luz piloto –H03 que indica si se encuentra energizado el variador de voltaje, un amperímetro DC –A03 con un rango de 0 a 50 A., con un fusible de protección de 32 amperios para protección del equipo de medición.

Antes de energizar –Q03 se debe verificar que el variador –V03 se encuentre en el nivel mínimo, confirme que el fusible instalado no supere el valor máximo en la escala del amperímetro.

Sin carga en los terminales F1, F2 verifique la salida de voltaje en estos terminales, haga variar el voltaje desde 0, hasta su valor máximo, semestralmente realice las mediciones de acuerdo a lo indicado en los protocolos de mantenimiento.

Figura 44: Fuente variable DC –V03



Fuente: Los autores

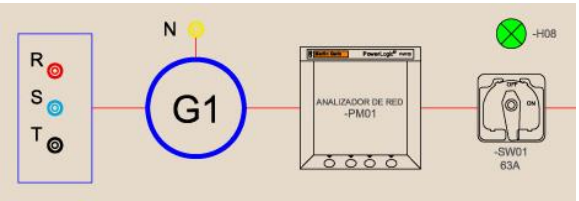
5.5. Analizador de red –PM01

El módulo “Analizador de red –PM01” se energiza al alimentar el tablero (ver § 6.1). Este módulo utiliza medición de corriente indirecta, para lo cual, se utilizó transformadores de corriente, uno por cada fase, estos transformadores de corriente tienen una relación de 200:1, no manipule la configuración del analizador, en caso de requerir alguna configuración (ver § 5.1).

Antes de iniciar la práctica limpie con un paño o franela secos la pantalla del analizador.

Semestralmente realice las mediciones de acuerdo a lo indicado en los protocolos de mantenimiento.

Figura 45: Analizador de Red –PM01



Fuente: Los autores

5.6. Relé de potencia inversa

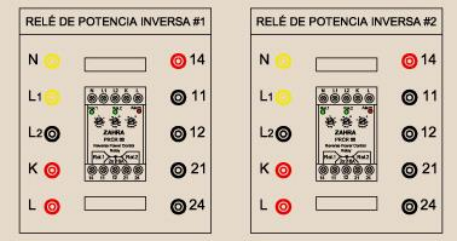
El módulo “Relé de potencia inversa” utiliza el voltaje que toma de muestra para su alimentación, dado que los niveles de corriente con que se trabaja no superan los 5 amperios se utilizó medición de corriente directa.

Utilice un destornillador de bornera para manipular los potenciómetros del relé, no juegue con ellos.

Semestralmente realice un reajuste de todas las conexiones.

Semestralmente realice las mediciones de acuerdo a lo indicado en los protocolos de mantenimiento.

Figura 46: Relé de potencia inversa



Fuente: Los autores

5.7. Relé de sincronismo

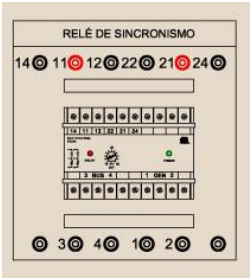
El módulo “Relé de sincronismo” utiliza el voltaje que toma de muestra del generador que ingresará en sincronismo para su alimentación.

Utilice un destornillador de bornera para manipular los potenciómetros del relé, no juegue con ellos.

Semestralmente realice un reajuste de todas las conexiones.

Semestralmente realice las mediciones de acuerdo a lo indicado en los protocolos de mantenimiento.

Figura 47: Relé de sincronismo



Fuente: Los autores

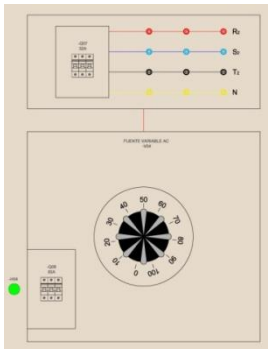
5.8. Fuente variable AC –V04

El módulo “Fuente variable AC –V04 cuenta con una protección al ingreso –Q06 de 50 A., así como de una luz piloto –H04 que indica si se encuentra energizado el variador de voltaje, así también, cuenta con una protección a la salida –Q07 de 32 A.

Antes de energizar –Q06 se debe verificar que el variador –V04 se encuentre en el nivel mínimo, el nivel mínimo de voltaje se encuentra en sentido contrario de las manecillas del reloj.

Sin carga, verifique la salida de voltaje en los terminales R, S, T, N, haga variar el voltaje desde 0, hasta su valor máximo, semestralmente realice las mediciones de acuerdo a lo indicado en el los protocolos de mantenimiento.

Figura 48: Fuente variable AC –V04



Fuente: Los autores

CAPÍTULO 6

PRÁCTICAS PARA EL BANCO DE PRUEBAS PARA MÁQUINA SINCRONA

En este capítulo se presentan las prácticas para el banco de pruebas para máquina síncrona enfocadas a un mejor aprendizaje de los estudiantes de máquinas eléctricas.

6.1. Práctica #1: Normas de seguridad del banco de pruebas para máquina síncrona

6.1.1. Datos informativos.

a. Materia: Máquinas II

b. Práctica: N° 1

c. Número de estudiantes: 6

d. Nombre del docente: Ing. Carlos Chávez

e. Tiempo estimado: 2 horas

6.1.2. Datos de la práctica.

f. Tema: Normas de seguridad del banco de pruebas para máquina síncrona

g. Objetivo general.

- ✓ Conocer las normas de seguridad a tener en cuenta al manipular los distintos elementos instalados en el banco de pruebas para máquinas síncronas.

h. Objetivos específicos.

- ✓ Establecer normas de seguridad para cada uno de los elementos instalados en el Banco de pruebas para máquinas síncronas
- ✓ Determinar normas de seguridad para evitar accidentes por electrocución.

i. Marco teórico.

- ✓ Conceptos de tensión de paso, tensión de contacto, efectos y consecuencias.
- ✓ Uso de equipos de protección y seguridad para evitar electrocuciones.

j. Marco procedimental.

- ✓ Conocer todos los elementos que se encuentran en el banco de pruebas.
- ✓ No realice ningún tipo de maniobras en la parte posterior del tablero cuando se encuentre encendido.
- ✓ Revise el estado de los variadores de voltaje, el voltaje debe estar dentro del rango deseado.
- ✓ Verifique que los cables de conexión a utilizar en las prácticas no presenten daños en su aislamiento.
- ✓ Revise que la bornera de conexión de tierra esté conectada al tablero.
- ✓ En caso de que un breaker se encuentre en posición de disparo, revise que ocasiono el cambio de estado, despeje la falla y luego arme nuevamente el breaker, de repetirse el disparo informe del mismo a su profesor guía.

k. Recursos utilizados (equipos y accesorios).

- ✓ Tablero "Banco de pruebas para máquina síncrona"
- ✓ Cables de laboratorio

l. Registro de resultados

- ✓ N/A

m. Anexos

- ✓ Diagrama del banco de pruebas para máquina síncrona

n. Bibliografía utilizada

- ✓ CODENSA (2014). *Seguridad*. Recuperado de http://www.codensa.com.co/documentos/06_02_2006_8_32_43_AM_Manual_.pdf.
- ✓ SCHNEIDER (2014). *Seguridad en instalaciones eléctricas.* Recuperado de http://www.schneider-electric.com.co/documents/eventos/memorias-jornadas-conecta/Seguridad/Seguridad-electrica.pdf.

o. Cronograma/ calendario

- ✓ De acuerdo a la planificación de cada docente.

6.1.3. Banco de pruebas para máquina síncrona.

Figura 49: Banco de pruebas para máquina síncrona

Fuente: Los autores

6.1.4. Normas de seguridad de los elementos del banco de pruebas.

- ✓ Nunca manipule ninguno de los elementos del banco de pruebas para máquina síncrona con las manos mojadas o húmedas.
- ✓ No utilice cables parchados, rotos, con plug defectuoso o sin plug.
- ✓ Verifique físicamente el estado de los cables de conexiones a utilizar.
- ✓ Por ninguna razón acceda a la parte posterior del banco de pruebas de máquina síncrona
- ✓ Antes de armar el circuito eléctrico, asegúrese de que todos los módulos estén des energizados.
- ✓ Antes de realizar cualquier cambio en el circuito eléctrico, asegúrese de que los breaker de alimentación de cada módulo estén abiertos.
- ✓ Si uno de los elementos presenta un incremento de temperatura o emite humo por un cortocircuito corte inmediatamente la alimentación para evitar descargas eléctricas.
- ✓ Si algún se salta reiteradamente consulte con el docente que se encuentre a cargo de la práctica.

6.1.5. Cuestionario

- ✓ Indique que seguridad debe tener con los elementos del banco de pruebas
- ✓ Indique que debe hacer si sale humo de los componentes eléctricos.
- ✓ ¿Por qué no debe utilizar cables de conexiones en mal estado?
- ✓ Indique por que no debe ir a la parte posterior del panel eléctrico.

6.1.6. Anexos

- ✓ Diagrama del banco de pruebas para máquina síncrona

6.1.7. Proyecto

- ✓ Evaluar y cotizar la instalación de los elementos utilizados en el banco de pruebas para máquinas síncronas.

6.2. Práctica #2: Comprobación de elementos del banco de pruebas para máquina síncrona

6.2.1. Datos informativos.

a. Materia: Máquinas II

b. Práctica: N° 2

c. Número de estudiantes: 6

d. Nombre del docente: Ing. Carlos Chávez

e. Tiempo estimado: 2 horas

6.2.2. Datos de la práctica.

f. Tema: Comprobación de elementos del banco de pruebas para máquina síncrona

g. Objetivo general.

- ✓ Conocer el funcionamiento y operación del banco de pruebas para realizar las correspondientes prácticas eléctricas.

h. Objetivos específicos.

- ✓ Identificar los módulos del tablero
- ✓ Identificar los elementos que forman parte de cada módulo
- ✓ Probar cada uno de los elementos y verificar su correcto funcionamiento

i. Marco teórico.

- ✓ Instrumentación para corriente alterna.
- ✓ Normas de seguridad de un laboratorio.
- ✓ Formatos de registro de valores experimentales.
- ✓ Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio

j. Marco procedimental.

- ✓ Revisar y analizar el diagrama eléctrico del tablero.

- ✓ Identificar los elementos que forman parte del banco de pruebas
- ✓ Verificar el funcionamiento de los elementos utilizando un protocolo de pruebas.
- ✓ Generar un reporte de operatividad de los elementos
- ✓ Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

k. Recursos utilizados (equipos y accesorios).

- ✓ Banco de Pruebas
- ✓ Instrumentos para medición de: tensión y corriente.
- ✓ Cables de laboratorio
- ✓ Formatos de registro de valores y resultados experimentales.

l. Registro de resultados.

- ✓ Protocolo de operatividad de fuente variable –V01
- ✓ Protocolo de operatividad de fuente variable –V02
- ✓ Protocolo de operatividad de fuente variable –V03
- ✓ Protocolo de operatividad de fuente variable –V04
- ✓ Protocolo de operatividad de fuente variable –V05
- ✓ Protocolo de operatividad de fuente variable –V06
- ✓ Protocolo de operatividad de fuente variable –V07
- ✓ Protocolo de operatividad de amperímetro –A01
- ✓ Protocolo de operatividad de amperímetro –A02
- ✓ Protocolo de operatividad de amperímetro –A03
- ✓ Protocolo de operatividad de amperímetro –A04
- ✓ Protocolo de operatividad de amperímetro –A05
- ✓ Protocolo de operatividad de amperímetro –A06

- ✓ Protocolo de operatividad de analizador de red –PM01
- ✓ Protocolo de operatividad de analizador de red –PM02
- ✓ Protocolo de operatividad de analizador de red –PM03
- ✓ Protocolo de operatividad de analizador de red –PM04
- ✓ Protocolo de operatividad de analizador de red –PM05
- ✓ Protocolo de operatividad de relé de potencia inversa #1
- ✓ Protocolo de operatividad de relé de potencia inversa #2
- ✓ Protocolo de operatividad de relé de potencia inversa #3
- ✓ Protocolo de operatividad de relé de sincronismo
- ✓ Protocolo de operatividad de Sincronoscopio #1
- ✓ Protocolo de operatividad de Sincronoscopio #2

m. Anexos.

- ✓ Formato para verificación de fuente variable –V01
- ✓ Formato para verificación de fuente variable –V02
- ✓ Formato para verificación de fuente variable –V03
- ✓ Formato para verificación de fuente variable –V04
- ✓ Formato para verificación de fuente variable –V05
- ✓ Formato para verificación de fuente variable –V06
- ✓ Formato para verificación de fuente variable –V07
- ✓ Formato para verificación de amperímetro –A01
- ✓ Formato para verificación de amperímetro –A02
- ✓ Formato para verificación de amperímetro –A03
- ✓ Formato para verificación de amperímetro –A04

- ✓ Formato para verificación de amperímetro –A05
- ✓ Formato para verificación de amperímetro –A06
- ✓ Formato para verificación de analizador de red –PM01
- ✓ Formato para verificación de analizador de red –PM02
- ✓ Formato para verificación de analizador de red –PM03
- ✓ Formato para verificación de analizador de red –PM04
- ✓ Formato para verificación de analizador de red –PM05
- ✓ Formato para verificación de relé de potencia inversa #1
- ✓ Formato para verificación de relé de potencia inversa #2
- ✓ Formato para verificación de relé de potencia inversa #3
- ✓ Formato para verificación de relé de sincronismo
- ✓ Formato para verificación de Sincronoscopio #1
- ✓ Formato para verificación de Sincronoscopio #2

n. Bibliografía utilizada

- ✓ CODENSA (2014). *Seguridad*. Recuperado de http://www.codensa.com.co/documentos/06_02_2006_8_32_43_AM_Manual_.pdf.
- ✓ SCHNEIDER (2014). *Seguridad en instalaciones eléctricas.* Recuperado de http://www.schneider-electric.com.co/documents/eventos/memorias-jornadas-conecta/Seguridad/Seguridad-electrica.pdf.

o. Cronograma/ calendario

- ✓ De acuerdo a la planificación de cada docente.

p. Registro y resultados

6.2.3. Cuestionario

- ✓ Indique que seguridad debe tener con los elementos del banco de pruebas
- ✓ Indique que debe hacer si sale humo de los componentes eléctricos.
- ✓ ¿Por qué no debe utilizar cables de conexiones en mal estado?
- ✓ Indique por que no debe ir a la parte posterior del panel eléctrico.

6.2.4. Anexos

- ✓ Diagrama del banco de pruebas para máquina síncrona

6.2.5. Proyecto

- ✓ Evaluar y cotizar la instalación de los elementos utilizados en el banco de pruebas para máquinas síncronas.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	**PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :** 388-016-2014-08-20
EQUIPO / AUTOTRANSFORMADOR VARIABLE / SERIE : FUENTE VARIABLE DC (-V01)	**FECHA :** 28/10/2014
PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE A DIFERENTES PORCENTAJES CON MULTIMETRO FLUKE 337	

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 337		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	VIN (VAC)	217 VAC	18%		ok	
2	VOUT (VDC) - 100%	194,9 VDC	18%		ok	
3	VOUT (VDC) - 50%	100,3 VDC	18%		ok	
4	VOUT (VDC) - 25%	49,2 VDC	18%		ok	
5	VOUT (VDC) - 0%	2,1 VDC	18%		ok	
6	ESTRUCTURA METALICA	ACEPTABLE	10%		ok	

RECOMENDACIONES:	*PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:*	*REALIZADO POR :*
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA	*RECIBIDO POR : Pruebas satisfactorias (ESV)*	*APROBADO POR :*

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	**PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :** *388-016-2014-08-20*
EQUIPO / AUTOTRANSFORMADOR VARIABLE / SERIE : *FUENTE VARIABLE DC (-V02)*	**FECHA :** *28/10/2014*
PRUEBA REALIZADA : *TOMA DE VALORES DE VOLTAJE A DIFERENTES PORCENTAJES CON MULTIMETRO FLUKE 337*	

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 337		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	VIN (VAC)	217 VAC	18%		ok	
2	VOUT (VDC) - 100%	222,9 VDC	18%		ok	
3	VOUT (VDC) - 50%	113 VDC	18%		ok	
4	VOUT (VDC) - 25%	56,8 VDC	18%		ok	
5	VOUT (VDC) - 0%	1,2 VDC	18%		ok	
6	ESTRUCTURA METALICA	ACEPTABLE	10%		ok	

RECOMENDACIONES:	*PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:*	*REALIZADO POR :*
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA	*RECIBIDO POR : Pruebas satisfactorias (ESV)*	*APROBADO POR :*

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	**PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :** *388-016-2014-08-20*
EQUIPO / AUTOTRANSFORMADOR VARIABLE / SERIE : *FUENTE VARIABLE AC-DC (-V03)*	**FECHA :** *28/10/2014*
PRUEBA REALIZADA *: TOMA DE VALORES DE VOLTAJE A DIFERENTES PORCENTAJES CON MULTIMETRO FLUKE 337*	

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 337		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	V R-S (V) IN	217,7 VAC	6%		ok	
2	V S-T (V) IN	219,2 VAC	6%		ok	
3	V T-R (V) IN	216 VAC	6%		ok	
4	V R-S (V) OUT 100%	258,9 VAC	6%		ok	
5	V S-T (V) OUT 100%	260 VAC	6%		ok	
6	V T-R (V) OUT 100%	258,2 VAC	6%		ok	
7	V R-S (V) OUT 50%	131,8 VAC	6%		ok	
8	V S-T (V) OUT 50%	132,2 VAC	6%		ok	
9	V T-R (V) OUT 50%	131,5 VAC	6%		ok	
10	V R-S (V) OUT 0%	0,9 VAC	6%		ok	
11	V S-T (V) OUT 0%	0,7 VAC	6%		ok	
12	V T-R (V) OUT 0%	1 VAC	6%		ok	
13	VOUT (VDC) - 100%	349 VDC	6%		ok	
14	VOUT (VDC) - 50%	179,4 VDC	6%		ok	
15	VOUT (VDC) - 25%	90,9 VDC	6%		ok	
16	VOUT (VDC) - 0%	1,7 VDC	6%		ok	
17	ESTRUCTURA METALICA	ACEPTABLE	4%		ok	

RECOMENDACIONES:	*PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:*	*REALIZADO POR :*
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA	*RECIBIDO POR : pruebas satisfactorias (ESV)*	*APROBADO POR :*

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | **PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :** 388-016-2014-08-20

EQUIPO / AUTOTRANSFORMADOR VARIABLE / SERIE : FUENTE VARIABLE AC (-V04) | **FECHA :** 28/10/2014

PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE A DIFERENTES PORCENTAJES CON MULTIMETRO FLUKE 337

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 337		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	V R-S (V) IN	217,7 VAC	8%			ok
2	V S-T (V) IN	219,2 VAC	8%			ok
3	V T-R (V) IN	216 VAC	8%			ok
4	V R-S (V) OUT 100%	217,7 VAC	8%			ok
5	V S-T (V) OUT 100%	217,3 VAC	8%			ok
6	V T-R (V) OUT 100%	219 VAC	8%			ok
7	V R-S (V) OUT 50%	106,7 VAC	8%			ok
8	V S-T (V) OUT 50%	107,2 VAC	8%			ok
9	V T-R (V) OUT 50%	108 VAC	8%			ok
10	V R-S (V) OUT 0%	1,3 VAC	8%			ok
11	V S-T (V) OUT 0%	0,7 VAC	8%			ok
12	V T-R (V) OUT 0%	1,3 VAC	8%			ok
13	ESTRUCTURA METALICA	ACEPTABLE	4%			

RECOMENDACIONES:	PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:	REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA	RECIBIDO POR : Pruebas satisfactorias (ESV)	APROBADO POR :

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	**PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :** *388-016-2014-08-20*
EQUIPO / AUTOTRANSFORMADOR VARIABLE / SERIE : *FUENTE VARIABLE DC (-V05)*	**FECHA :** *28/10/2014*
PRUEBA REALIZADA : *TOMA DE VALORES DE VOLTAJE A DIFERENTES PORCENTAJES CON MULTIMETRO FLUKE 337*	

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 337		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	VIN (VAC)	218,1 VAC	18%		ok	
2	VOUT (VDC) - 100%	196 VDC	18%		ok	
3	VOUT (VDC) - 50%	101,6 VDC	18%		ok	
4	VOUT (VDC) - 25%	51,9 VDC	18%		ok	
5	VOUT (VDC) - 0%	1,8 VDC	18%		ok	
6	ESTRUCTURA METALICA	ACEPTABLE	10%		ok	

RECOMENDACIONES:	*PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:*	*REALIZADO POR :*
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA	*RECIBIDO POR : pruebas satisfactorias (ESV)*	*APROBADO POR :*

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	**PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :** *388-016-2014-08-20*
EQUIPO / AUTOTRANSFORMADOR VARIABLE / SERIE : *FUENTE VARIABLE DC (-V06)*	**FECHA :** *28/10/2014*
PRUEBA REALIZADA : *TOMA DE VALORES DE VOLTAJE A DIFERENTES PORCENTAJES CON MULTIMETRO FLUKE 337*	

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 337		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	VIN (VAC)	218,1 VAC	18%		ok	
2	VOUT (VDC) - 100%	224,9 VDC	18%		ok	
3	VOUT (VDC) - 50%	110,8 VDC	18%		ok	
4	VOUT (VDC) - 25%	58,6 VDC	18%		ok	
5	VOUT (VDC) - 0%	1,8 VDC	18%		ok	
6	ESTRUCTURA METALICA	ACEPTABLE	10%		ok	

RECOMENDACIONES:	*PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:*	*REALIZADO POR :*
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA	*RECIBIDO POR : pruebas satisfactorias (ESV)*	*APROBADO POR :*

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	**PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :** *388-016-2014-08-20*
EQUIPO / AUTOTRANSFORMADOR VARIABLE / SERIE : *FUENTE VARIABLE AC-DC (-V07)*	**FECHA :** *28/10/2014*
PRUEBA REALIZADA *: TOMA DE VALORES DE VOLTAJE A DIFERENTES PORCENTAJES CON MULTIMETRO FLUKE 337*	

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 337		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	V R-S (V) IN	217,7 VAC	6%		ok	
2	V S-T (V) IN	219,2 VAC	6%		ok	
3	V T-R (V) IN	216 VAC	6%		ok	
4	V R-S (V) OUT 100%	260 VAC	6%		ok	
5	V S-T (V) OUT 100%	261,6 VAC	6%		ok	
6	V T-R (V) OUT 100%	259,7 VAC	6%		ok	
7	V R-S (V) OUT 50%	131 VAC	6%		ok	
8	V S-T (V) OUT 50%	131,5 VAC	6%		ok	
9	V T-R (V) OUT 50%	130,9 VAC	6%		ok	
10	V R-S (V) OUT 0%	0,7 VAC	6%		ok	
11	V S-T (V) OUT 0%	0,8 VAC	6%		ok	
12	V T-R (V) OUT 0%	0,9 VAC	6%		ok	
13	VOUT (VDC) - 100%	351,7 VDC	6%		ok	
14	VOUT (VDC) - 50%	176,4 VDC	6%		ok	
15	VOUT (VDC) - 25%	91,4 VDC	6%		ok	
16	VOUT (VDC) - 0%	4,7 VDC	6%		ok	
17	ESTRUCTURA METALICA	ACEPTABLE	4%		ok	

RECOMENDACIONES:	*PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:*	*REALIZADO POR :*
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA	*RECIBIDO POR : Pruebas satisfactorias (ESV)*	*APROBADO POR :*

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				***PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :*** *388-016-2014-08-20*		
INSTRUMENTACION / AMPERÍMETRO ANALÓGICO / SERIE : *AMPERÍMETRO DC (-A01)*						***FECHA :*** *28/10/2014*
PRUEBA REALIZADA *: TOMA DE VALORES UTILIZANDO RESISTENCIA FIJA (50 OHMS) Y TENSIÓN VARIABLE*						
ITEM	**VARIABLE**	**PATRON / FLUKE 117**		**DIAGNOSTICO**		**OBSERVACIONES**
1	I (A) - 0,3 VDC	0,006	22%	0,005	18%	ok
2	I (A) - 10 VDC	0,201	22%	0,2	22%	ok
3	I (A) - 25 VDC	0,508	22%	0,51	22%	ok
4	I (A) - 45 VDC	0,92	22%	0,92	22%	ok
5	DISPLAY	OK	12%	OK	12%	ok
	TOTAL		**100%**		**96%**	
RECOMENDACIONES:		*PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:*				*REALIZADO POR :*
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA		*RECIBIDO POR : los resultados son satisfactorios, la evidencia fotografica debe ser presentada para validar los resultados*				*APROBADO POR :*

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				**PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :** *388-016-2014-08-20*		
INSTRUMENTACION / AMPERÍMETRO ANALÓGICO / SERIE : *AMPERÍMETRO DC (-A02)*						**FECHA :** *28/10/2014*
PRUEBA REALIZADA *: TOMA DE VALORES UTILIZANDO RESISTENCIA FIJA (50 OHMS) Y TENSIÓN VARIABLE*						
ITEM	**VARIABLE**	**PATRON / FLUKE 117**		**DIAGNOSTICO**		**OBSERVACIONES**
1	I (A) - 0 VDC	0	22%	0	22%	ok
2	I (A) - 50,4 VDC	1,032	22%	1,01	22%	ok
3	I (A) - 100 VDC	2,05	22%	2,04	22%	ok
4	I (A) - 144,8 VDC	2,98	22%	2,96	22%	ok
5	DISPLAY	OK	12%	OK	12%	ok
	TOTAL		**100%**		**99%**	
RECOMENDACIONES:		*PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:*				*REALIZADO POR :*
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA		*RECIBIDO POR : los resultados son satisfactorios, la evidencia fotografica debe ser presentada para validar los resultados*				*APROBADO POR :*

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				**PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :** *388-016-2014-08-20*		
INSTRUMENTACION / AMPERÍMETRO ANALÓGICO / SERIE : *AMPERÍMETRO DC (-A03)*						**FECHA :** *28/10/2014*
PRUEBA REALIZADA *: TOMA DE VALORES UTILIZANDO RESISTENCIA FIJA (11,2 OHMS) Y TENSIÓN VARIABLE*						
ITEM	**VARIABLE**	**PATRON / FLUKE 117**		**DIAGNOSTICO**		**OBSERVACIONES**
1	I (A) - 0 VDC	0	18%	0	22%	ok
2	I (A) - 50,28 VDC	4,1	18%	4,1	18%	ok
3	I (A) - 100 VDC	8,3	18%	8,8	19%	ok
4	I (A) - 150 VDC	12,6	18%	13,2	19%	ok
5	I (A) - 200,5 VDC	16,8	18%	17,1	18%	ok
6	DISPLAY	OK	10%	OK	12%	ok
	TOTAL		**100%**		**108%**	
RECOMENDACIONES:		*PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:*				*REALIZADO POR :*
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA		*RECIBIDO POR : los resultados son satisfactorios, la evidencia fotografica debe ser presentada para validar los resultados*				*APROBADO POR :*

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				**PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :** *388-016-2014-08-20*		
INSTRUMENTACION / AMPERÍMETRO ANALÓGICO / SERIE : *AMPERÍMETRO DC (-A04)*						**FECHA :** *28/10/2014*
PRUEBA REALIZADA *: TOMA DE VALORES UTILIZANDO RESISTENCIA FIJA (11,2 OHMS) Y TENSIÓN VARIABLE*						
ITEM	**VARIABLE**	**PATRON / FLUKE 117**		**DIAGNOSTICO**		**OBSERVACIONES**
1	I (A) - 0 VDC	0	18%	0	22%	ok
2	I (A) - 50,28 VDC	4,1	18%	4,1	18%	ok
3	I (A) - 100 VDC	8,3	18%	8,8	19%	ok
4	I (A) - 150 VDC	12,6	18%	13,2	19%	ok
5	I (A) - 200,5 VDC	16,8	18%	17,1	18%	ok
6	DISPLAY	OK	10%	OK	12%	ok
	TOTAL		**100%**		**108%**	
RECOMENDACIONES:		*PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:*				*REALIZADO POR :*
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA		*RECIBIDO POR : los resultados son satisfactorios, la evidencia fotografica debe ser presentada para validar los resultados*				*APROBADO POR :*

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				**PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :** *388-016-2014-08-20*		
INSTRUMENTACION / AMPERÍMETRO ANALÓGICO / SERIE : *AMPERÍMETRO DC (-A05)*						**FECHA :** *28/10/2014*
PRUEBA REALIZADA *: TOMA DE VALORES UTILIZANDO RESISTENCIA FIJA (50 OHMS) Y TENSIÓN VARIABLE*						
ITEM	**VARIABLE**	**PATRON / FLUKE 117**		**DIAGNOSTICO**		**OBSERVACIONES**
1	I (A) - 0 VDC	0	22%	0	22%	ok
2	I (A) - 50,4 VDC	1,032	22%	1,01	22%	ok
3	I (A) - 100 VDC	2,05	22%	2,04	22%	ok
4	I (A) - 142,8 VDC	2,98	22%	2,96	22%	ok
5	DISPLAY	OK	12%	OK	12%	ok
	TOTAL		**100%**		**99%**	
RECOMENDACIONES:		*PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:*				*REALIZADO POR :*
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA		*RECIBIDO POR : los resultados son satisfactorios, la evidencia fotografica debe ser presentada para validar los resultados*				*APROBADO POR :*

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				**PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :** *388-016-2014-08-20*		
INSTRUMENTACION / AMPERÍMETRO ANALÓGICO / SERIE : *AMPERÍMETRO DC (-A06)*						**FECHA :** *28/10/2014*
PRUEBA REALIZADA *: TOMA DE VALORES UTILIZANDO RESISTENCIA FIJA (50 OHMS) Y TENSIÓN VARIABLE*						
ITEM	**VARIABLE**	**PATRON / FLUKE 337**		**DIAGNOSTICO**		**OBSERVACIONES**
1	I (A) - 0,476 VDC	0,0047	22%	0,005	23%	ok
2	I (A) - 10 VDC	0,201	22%	0,2	22%	ok
3	I (A) - 25 VDC	0,508	22%	0,51	22%	ok
4	I (A) - 45 VDC	0,92	22%	0,92	22%	ok
5	DISPLAY	OK	12%	OK	12%	ok
	TOTAL		**100%**		**101%**	
RECOMENDACIONES:		*PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:*				*REALIZADO POR :*
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA		*RECIBIDO POR : los resultados son satisfactorios, la evidencia fotografica debe ser presentada para validar los resultados*				*APROBADO POR :*

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | **PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :** 388-016-2014-08-20

INSTRUMENTACION / ANALIZADOR DE RED / SERIE : Analizador de red (-PM01) | **FECHA :** 28/10/2014

PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES UTILIZANDO EL MOTOR SIEMENS 1LA7 073-2YB60

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 435		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	V R-S (VAC)	120,9	7%	121	7%	ok
2	V S-T (VAC)	121,2	7%	121	7%	ok
3	V T-R (VAC)	121,8	7%	122	7%	ok
4	V R-N (VAC)	69,6	7%	70	7%	ok
5	V S-N (VAC)	71,6	7%	72	7%	ok
6	V T-N (VAC)	70,4	7%	70	7%	ok
7	IR (A)	0,9	7%	0,77	6%	ok
8	IS (A)	0,8	7%	0,71	6%	ok
9	IT (A)	0,9	7%	0,76	6%	ok
10	P 3Φ (W)	40	7%	40	7%	ok
11	Q3Φ (VAR)	170	7%	150	6%	ok
12	S3Φ (VA)	170	7%	150	6%	ok
13	fp3Φ	0,22	7%	0,285	9%	ok
14	DISPLAY	OK	9%	OK	9%	ok
	TOTAL		**100%**		**98%**	

RECOMENDACIONES:	PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:	REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA	RECIBIDO POR : las pruebas son satisfactorias, se debe adjuntar la evidencia fotografica para validar los resultados	APROBADO POR :

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				**PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :** 388-016-2014-08-20		
INSTRUMENTACION / ANALIZADOR DE RED / SERIE : Analizador de red (-PM02)						**FECHA :** 28/10/2014
PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES UTILIZANDO EL MOTOR SIEMENS 1LA7 073-2YB60						
ITEM	**VARIABLE**	**PATRON / FLUKE 435**		**DIAGNOSTICO**		**OBSERVACIONES**
1	V R-S (VAC)	119,4	7%	120	7%	ok
2	V S-T (VAC)	120,5	7%	121	7%	ok
3	V T-R (VAC)	120,3	7%	120	7%	ok
4	V R-N (VAC)	71,8	7%	72	7%	ok
5	V S-N (VAC)	74,5	7%	75	7%	ok
6	V T-N (VAC)	62,9	7%	63	7%	ok
7	IR (A)	0,8	7%	0,74	6%	ok
8	IS (A)	0,9	7%	0,71	6%	ok
9	IT (A)	0,9	7%	0,77	6%	ok
10	P 3Φ (W)	40	7%	40	7%	ok
11	Q3Φ (VAR)	170	7%	150	6%	ok
12	S3Φ (VA)	170	7%	150	6%	ok
13	fp3Φ	0,22	7%	0,285	9%	ok
14	DISPLAY	OK	9%	OK	9%	ok
	TOTAL		**100%**		**98%**	

RECOMENDACIONES:	*PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:*	*REALIZADO POR :*
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA	*RECIBIDO POR : las pruebas son satisfactorias, se debe adjuntar la evidencia fotografica para validar los resultados*	*APROBADO POR :*

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | **PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :** 388-016-2014-08-20

INSTRUMENTACION / ANALIZADOR DE RED / SERIE : Analizador de red (-PM03) | **FECHA :** 28/10/2014

PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES UTILIZANDO EL MOTOR SIEMENS 1LA7 073-2YB60

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 435		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	V R-S (VAC)	119,4	7%	120	7%	ok
2	V S-T (VAC)	120,5	7%	121	7%	ok
3	V T-R (VAC)	120,3	7%	120	7%	ok
4	V R-N (VAC)	71,8	7%	72	7%	ok
5	V S-N (VAC)	74,5	7%	75	7%	ok
6	V T-N (VAC)	62,9	7%	63	7%	ok
7	IR (A)	0,8	7%	0,74	6%	ok
8	IS (A)	0,9	7%	0,71	6%	ok
9	IT (A)	0,9	7%	0,77	6%	ok
10	P 3Φ (W)	40	7%	40	7%	ok
11	Q3Φ (VAR)	170	7%	150	6%	ok
12	S3Φ (VA)	170	7%	150	6%	ok
13	fp3Φ	0,22	7%	0,275	9%	ok
14	DISPLAY	OK	9%	OK	9%	ok
	TOTAL		**100%**		**97%**	

RECOMENDACIONES:	PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:	REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA	RECIBIDO POR : las pruebas son satisfactorias, se debe adjuntar la evidencia fotografica para validar los resultados	APROBADO POR :

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | **PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :** 388-016-2014-08-20

INSTRUMENTACION / ANALIZADOR DE RED / SERIE : Analizador de red (-PM04) | **FECHA :** 28/10/2014

PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES UTILIZANDO EL MOTOR SIEMENS 1LA7 073-2YB60

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 435		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	V R-S (VAC)	119,4	7%	120	7%	ok
2	V S-T (VAC)	120,5	7%	121	7%	ok
3	V T-R (VAC)	120,3	7%	120	7%	ok
4	V R-N (VAC)	71,8	7%	72	7%	ok
5	V S-N (VAC)	74,5	7%	75	7%	ok
6	V T-N (VAC)	62,9	7%	63	7%	ok
7	IR (A)	0,8	7%	0,74	6%	ok
8	IS (A)	0,9	7%	0,71	6%	ok
9	IT (A)	0,9	7%	0,77	6%	ok
10	P 3Φ (W)	40	7%	40	7%	ok
11	Q3Φ (VAR)	170	7%	150	6%	ok
12	S3Φ (VA)	170	7%	150	6%	ok
13	fp3Φ	0,22	7%	0,275	9%	ok
14	DISPLAY	OK	9%	OK	9%	ok
	TOTAL		**100%**		**97%**	

RECOMENDACIONES:	PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:	REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA	RECIBIDO POR : las pruebas son satisfactorias, se debe adjuntar la evidencia fotografica para validar los resultados	APROBADO POR :

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				**PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :** 388-016-2014-08-20		
INSTRUMENTACION / ANALIZADOR DE RED / SERIE : Analizador de red (-PM05)						**FECHA :** 28/10/2014
PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES UTILIZANDO EL MOTOR SIEMENS 1LA7 073-2YB60						
ITEM	**VARIABLE**	**PATRON / FLUKE 435**		**DIAGNOSTICO**		**OBSERVACIONES**
1	V R-S (VAC)	119,4	7%	120	7%	ok
2	V S-T (VAC)	120,5	7%	121	7%	ok
3	V T-R (VAC)	120,3	7%	120	7%	ok
4	V R-N (VAC)	71,8	7%	72	7%	ok
5	V S-N (VAC)	74,5	7%	75	7%	ok
6	V T-N (VAC)	62,9	7%	63	7%	ok
7	IR (A)	0,8	7%	0,74	6%	ok
8	IS (A)	0,9	7%	0,71	6%	ok
9	IT (A)	0,9	7%	0,77	6%	ok
10	P 3Φ (W)	40	7%	40	7%	ok
11	Q3Φ (VAR)	170	7%	150	6%	ok
12	S3Φ (VA)	170	7%	150	6%	ok
13	fp3Φ	0,22	7%	0,285	9%	ok
14	DISPLAY	OK	9%	OK	9%	ok
	TOTAL		**100%**		**98%**	

RECOMENDACIONES:	*PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:*	*REALIZADO POR :*
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA	*RECIBIDO POR : las pruebas son satisfactorias, se debe adjuntar la evidencia fotografica para validar los resultados*	*APROBADO POR :*

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	***PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :*** *388-016-2014-08-20*
INSTRUMENTACION / RELÉ DE PROTECCIÓN / SERIE : *Relé de potencia inversa #1*	***FECHA :*** *28/10/2014*
PRUEBA REALIZADA: *Se ajustó el potenciómetro [IR=1] y el potenciómetro [I ²*t=24]. Se usó una resistencia variable.*	

ITEM	VARIABLE	PATRON / CRONOMETRO		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	I=0,61A; Tiempo 1 [segundos]	24	20%			
2	I=1,23A; Tiempo 2 [segundos]	14,6	20%			
3	I=1,86A; Tiempo 3 [segundos]	5,98	20%			
4	I=2,48A; Tiempo 4 [segundos]	3,72	20%			
5	I=2,65A; Tiempo 5 [segundos]	2,65	20%			
	TOTAL		**100%**			

RECOMENDACIONES:	*PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:*	*REALIZADO POR :*
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA	*RECIBIDO POR :*	*APROBADO POR :*

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	**PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :** *388-016-2014-08-20*
INSTRUMENTACION / RELÉ DE PROTECCIÓN / SERIE : *Relé de potencia inversa #2*	**FECHA :** *28/10/2014*
PRUEBA REALIZADA: *Se ajustó el potenciómetro [IR=1] y el potenciómetro [I ²*t=24]. Se usó una resistencia variable.*	

ITEM	VARIABLE	PATRON / CRONOMETRO		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	I=0,61A; Tiempo 1 [segundos]	24	20%			
2	I=1,23A; Tiempo 2 [segundos]	14,6	20%			
3	I=1,86A; Tiempo 3 [segundos]	5,98	20%			
4	I=2,48A; Tiempo 4 [segundos]	3,72	20%			
5	I=2,65A; Tiempo 5 [segundos]	2,65	20%			
	TOTAL		**100%**			

RECOMENDACIONES:	*PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:*	*REALIZADO POR :*
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA	*RECIBIDO POR :*	*APROBADO POR :*

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				**PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :** *388-016-2014-08-20*		
INSTRUMENTACION / RELÉ DE PROTECCIÓN / SERIE : *Relé de potencia inversa #3*						**FECHA :** *28/10/2014*
PRUEBA REALIZADA: *Se ajustó el potenciómetro [% A SET=10] y el potenciómetro [DELAY =10]. Se usó una resistencia variable.*						
ITEM	**VARIABLE**	**PATRON / CRONOMETRO**		**DIAGNOSTICO**		**OBSERVACIONES**
1	I=0,5A; Tiempo 1 [segundos]	10	20%			
2	I=1,0A; Tiempo 2 [segundos]	8,05	20%			
3	I=1,5A; Tiempo 3 [segundos]	5,98	20%			
4	I=2,0A; Tiempo 4 [segundos]	3,45	20%			
5	I=2,5A; Tiempo 5 [segundos]	2,23	20%			
	TOTAL		**100%**			
RECOMENDACIONES:		*PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:*				*REALIZADO POR :*
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA		*RECIBIDO POR :*				*APROBADO POR :*

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				**PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :** *388-016-2014-08-20*		
INSTRUMENTACION / RELÉ DE PROTECCIÓN / SERIE : *Relé de sincronismo*						**FECHA :** *28/10/2014*
PRUEBA REALIZADA: *Se ajustó el potenciómetro de % Voltaje (Se utilizó dos fuentes variables de voltaje con frecuencia constante f=60 Hz)*						
ITEM	**VARIABLE**	**VOLTAJE 1 (V1) / %**		**VOLTAJE 2 (V2) / (% V1 - %V2)**		**OPERATIVIDAD**
1	10 % voltaje	120	100%	107,8	10%	20%
2	15 % voltaje	120	100%	102,7	14%	20%
3	20 % voltaje	120	100%	95,6	20%	20%
4	25 % voltaje	120	100%	90,2	25%	20%
5	30 % voltaje	120	100%	84,9	29%	20%
	TOTAL					100%
RECOMENDACIONES:		*PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:*				*REALIZADO POR :*
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA		*RECIBIDO POR :*				*APROBADO POR :*

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		**PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :** *388-016-2014-08-20*	
INSTRUMENTACION / AMPERÍMETRO ANALÓGICO / SERIE : *SINCRONOSCOPIO #1*			**FECHA :** *28/10/2014*
PRUEBA REALIZADA *: TOMA DE VALORES UTILIZANDO LA BARRA INFINITA Y UN GENERADOR*			
ITEM	**VARIABLE**	**COMPORTAMIENTO AGUJA /ESTADO**	**OPERATIVIDAD**
1	frecuencia que ingresa >	aguja gira en sentido horario	30%
2	frecuencia que ingresa <	aguja gira en sentido anti horario	30%
3	frecuencias iguales	aguja se detiene en la marca central	30%
4	DISPLAY	en buen estado	10%
	TOTAL		**100%**
RECOMENDACIONES:		*PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:*	*REALIZADO POR :*
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA		*RECIBIDO POR : los resultados son satisfactorios, la evidencia fotografica debe ser presentada para validar los resultados*	*APROBADO POR :*

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		**PROTOCOLO CON RESOLUCION . N :** *388-016-2014-08-20*	
INSTRUMENTACION / AMPERÍMETRO ANALÓGICO / SERIE : *SINCRONOSCOPIO #1*			**FECHA :** *28/10/2014*
PRUEBA REALIZADA *: TOMA DE VALORES UTILIZANDO LA BARRA INFINITA Y UN GENERADOR*			
ITEM	**VARIABLE**	**COMPORTAMIENTO AGUJA /ESTADO**	**OPERATIVIDAD**
1	frecuencia que ingresa >	aguja gira en sentido horario	30%
2	frecuencia que ingresa <	aguja gira en sentido anti horario	30%
3	frecuencias iguales	aguja se detiene en la marca central	30%
4	DISPLAY	en buen estado	10%
	TOTAL		**100%**
RECOMENDACIONES:		*PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:*	*REALIZADO POR :*
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA		*RECIBIDO POR : los resultados son satisfactorios, la evidencia fotografica debe ser presentada para validar los resultados*	*APROBADO POR :*

6.3. Práctica #3: Impedancia sincrónica: Prueba de circuito abierto, prueba de corto circuito y prueba de tensión continua

6.3.1. Datos informativos.

a. Materia: Máquinas II

b. Práctica: N° 3

c. Número de estudiantes: 6

d. Nombre del docente: Ing. Carlos Chávez

e. Tiempo estimado: 2 horas

6.3.2. Datos de la práctica.

f. Tema: Impedancia sincrónica: Prueba de circuito abierto, prueba de corto circuito y prueba de tensión continua.

g. Objetivo general.

- ✓ Determinar el modelo eléctrico equivalente de un Generador Síncrono Trifásico.

h. Objetivos específicos.

- ✓ Determinar la curva de magnetización del generador.
- ✓ Determinar la reactancia sincrónica por fase del generador.
- ✓ Determinar la resistencia sincrónica por fase del generador.
- ✓ Conocer el comportamiento de una máquina síncrona
- ✓ Poner en marcha una máquina síncrona trabajando como generador

i. Marco teórico.

- ✓ Tipos de motores primarios.
- ✓ Principio de una máquina síncrona trabajando como generador.
- ✓ Prueba de circuito abierto en una máquina síncrona.

j. Marco procedimental.

- ✓ Analizar el diagrama eléctrico de acuerdo a la prueba a realizar.
- ✓ Revisar el diagrama de conexiones de acuerdo a la prueba a realizar.
- ✓ Utilizar el banco de pruebas para máquina síncrona e implementar el diagrama de conexiones.
- ✓ Acoplar el dinamómetro con la máquina síncrona mediante el matrimonio.
- ✓ Poner en marcha el dinamómetro (Motor Primario) y regular la velocidad hasta obtener la velocidad nominal.
- ✓ Para la prueba de circuito abierto, tabular la corriente de campo de la máquina síncrona (IF) versus la fuerza electro motriz generada en la máquina síncrona (fem), obtener la curva de magnetización.
- ✓ Para la prueba de corto-circuito, tabular la corriente de campo (IF) versus la corriente de fase (IFASE), obtener la característica de cortocircuito de la máquina.
- ✓ Para la prueba de tensión continua, utilizar una tensión continua de prueba ≤ 10% del voltaje nominal (VNOMINAL).

k. Recursos utilizados (equipos y accesorios).

- ✓ Banco de pruebas para máquina síncrona.
- ✓ 1 Dinamómetro DYN-400.
- ✓ 1 Máquina síncrona SM-300.
- ✓ 1 Acoplador (Matrimonio).
- ✓ 3 Fuentes variables DC.
- ✓ Instrumentación para medición de corriente (DC)
- ✓ Instrumentación para medición de voltaje (DC).

- ✓ Cables de laboratorio
- ✓ Protecciones de los equipos del banco de pruebas. Breakers y fusibles.

l. Registro de resultados.

- ✓ Tabla.
- ✓ Cálculos relacionados.
- ✓ Cuestionario de Preguntas.
- ✓ Observaciones, comentarios, conclusiones.

m. Anexos.

- ✓ Diagrama de conexiones.
- ✓ Diagrama eléctrico por fase.
- ✓ Tabla de medición y resultados.
- ✓ Gráfica reactancia sincrónica.

n. Bibliografía utilizada.

- ✓ Steven J. Chapman, (2007). Máquinas Eléctricas, McGraw-Hill Interamericana.
- ✓ Juan José Manzano Orrego, (2010). Máquinas Eléctricas, Paraninfo.

o. Cronograma / Calendario.

- ✓ De acuerdo a la planificación del docente.

p. Registro y resultados.

6.3.3. Cuestionario.

- ✓ ¿Qué es un motor primario? ¿Cuál es su función principal?
- ✓ ¿Qué es una máquina síncrona? Describa sus partes fundamentales.
- ✓ ¿Para qué sirve la prueba de circuito abierto en una máquina síncrona?¿Cuál es el propósito?

- ✓ Explique qué experiencia tuvo durante el desarrollo de la práctica. ¿Qué fue lo más significativo para usted?
- ✓ Comercialmente, en el país, ¿Cuál es la tensión que entregan los generadores de las centrales?
- ✓ ¿Qué significa velocidad de sincronismo y cómo se calcula?
- ✓ La corriente empleada en el circuito de excitación del generador es ¿Alterna o Continua?

6.3.4. Anexos.

- ✓ Sin anexo.

6.3.5. Proyecto.

- ✓ Investigar y elaborar un resumen sobre las aplicaciones de la máquina síncrona.

DIAGRAMA DE CONEXIONES:

PRÁCTICA #3.1
CURVA DE MAGNETIZACIÓN DE UNA MÁQUINA SÍNCRONA
(PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO)

DIAGRAMA DE CONEXIÓN DINAMÓMETRO
MOTOR PRIMARIO 1

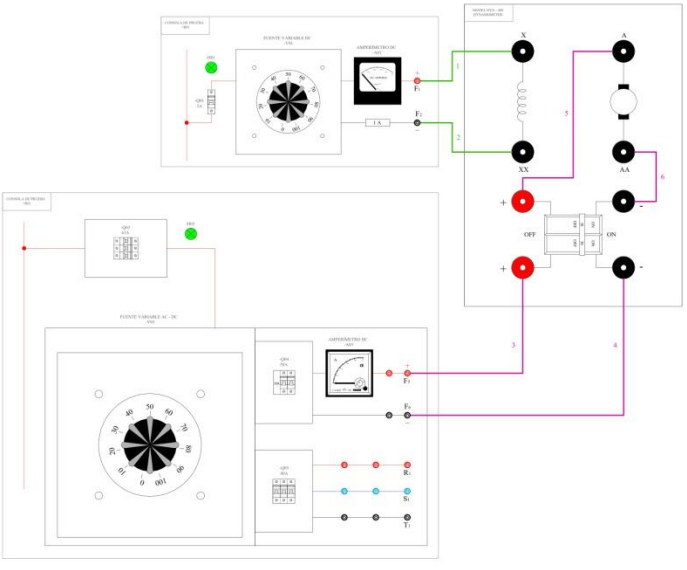
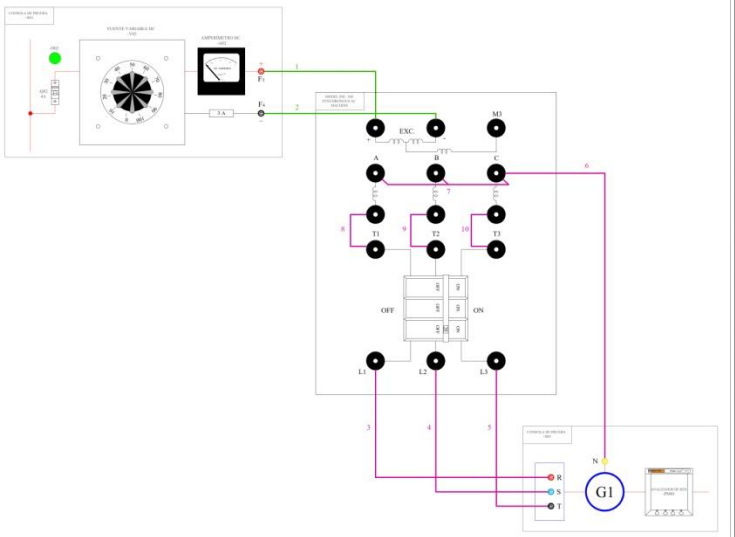


DIAGRAMA DE CONEXIÓN MÁQUINA SÍNCRONA
OPERANDO COMO GENERADOR



LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexión	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F1	DYN - 400	x	Alimentación SHUNT de dinamómetro
2	+R01	F2	DYN - 400	xx	Alimentación SHUNT de dinamómetro
3	+R01	F5	DYN - 400	+	Alimentación principal de dinamómetro
4	+R01	F6	DYN - 400	-	Alimentacion principal de dinamometro
5	DYN - 400	+	DYN - 400	A	Puente alimentación armadura dinamómetro
6	DYN - 400	-	DYN - 400	AA	Puente alimentación armadura dinamómetro

LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexión	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F3	SM - 300	+	Alimentación Excitación de Máquina Síncrona
2	+R01	F4	SM - 300	-	Alimentación Excitación de Máquina Síncrona
3	+R01	R	SM - 300	L1	Salida de Tensión Gen. con protección (Fem) L1
4	+R01	S	SM - 300	L2	Salida de Tensión Gen. con protección (Fem) L2
5	+R01	T	SM - 300	L3	Salida de Tensión Gen. con protección (Fem) L3
6	+R01	N	SM - 300	C	Punto estrella (Neutro)
7	SM - 300	A,B,C	SM - 300	A,B,C	Puentes punto estrella
8	SM - 300	T1	SM - 300		Salida de Tensión Gen. sin protección (Fem) L1
9	SM - 300	T2	SM - 300		Salida de Tensión Gen. sin protección (Fem) L2
10	SM - 300	T3	SM - 300		Salida de Tensión Gen. sin protección (Fem) L3

DIAGRAMA ELÉCTRICO POR FASE:

PRÁCTICA #3.1
CURVA DE MAGNETIZACIÓN DE UNA MÁQUINA SÍNCRONA
(PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO)

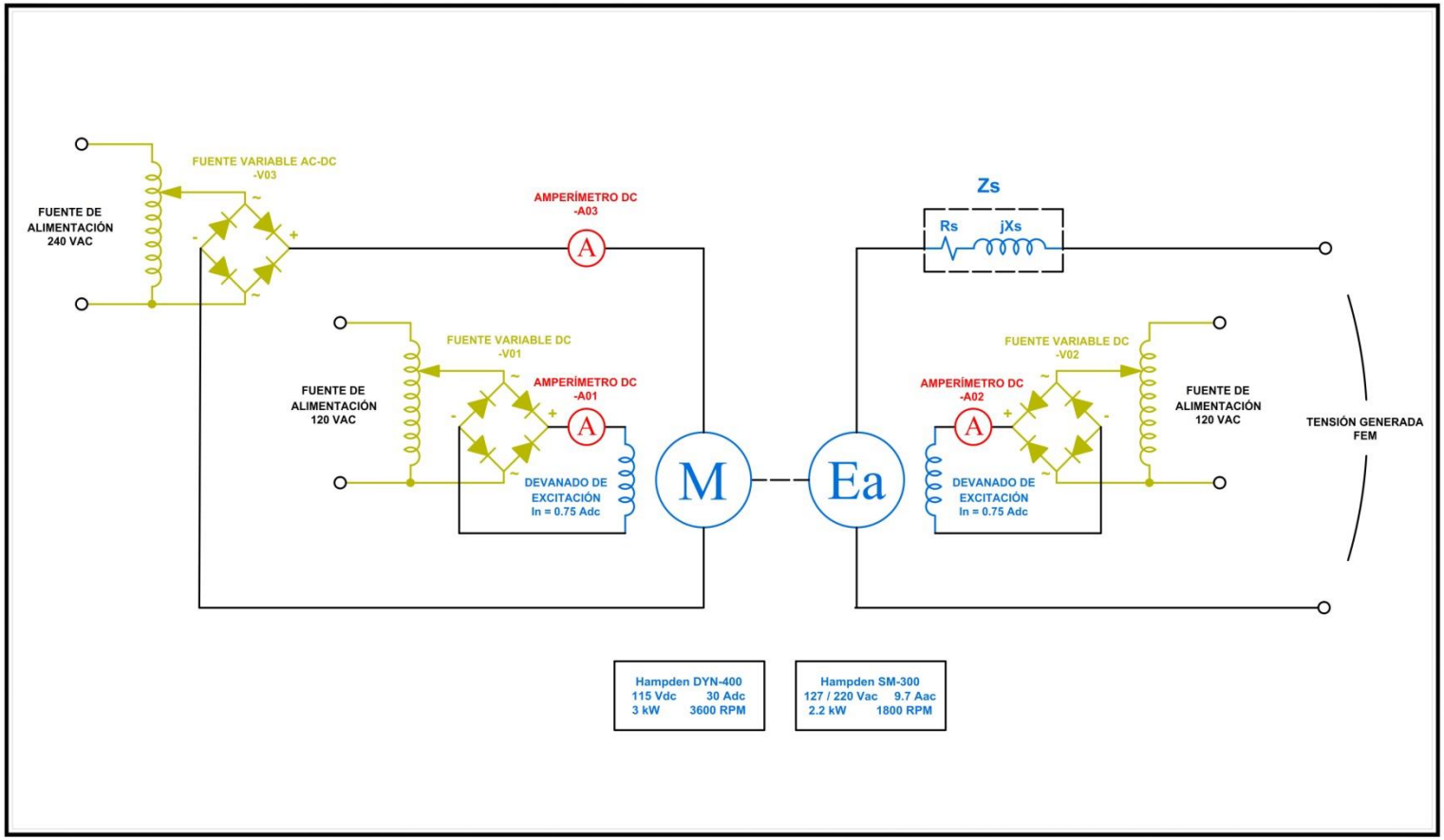


DIAGRAMA DE CONEXIONES:

PRÁCTICA #3.2
IMPEDANCIA SINCRÓNICA: PRUEBA DE CORTOCIRCUITO

DIAGRAMA DE CONEXIÓN DINAMÓMETRO
MOTOR PRIMARIO 1

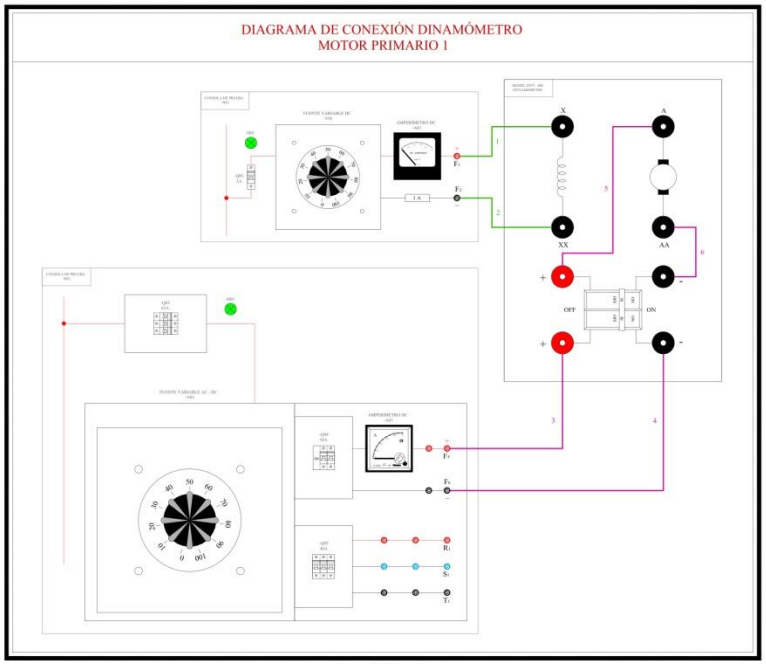
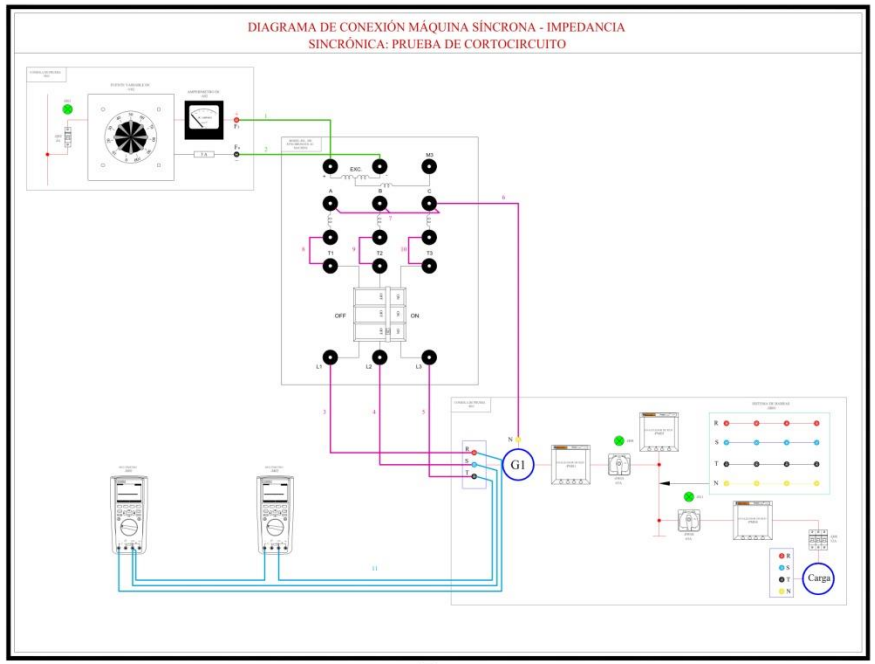


DIAGRAMA DE CONEXIÓN MÁQUINA SÍNCRONA - IMPEDANCIA SINCRÓNICA: PRUEBA DE CORTOCIRCUITO



LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexión	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F1	DYN - 400	x	Alimentación SHUNT de dinamómetro
2	+R01	F2	DYN - 400	xx	Alimentación SHUNT de dinamómetro
3	+R01	F5	DYN - 400	+	Alimentación principal de dinamómetro
4	+R01	F6	DYN - 400	-	Alimentacion principal de dinamometro
5	DYN - 400	+	DYN - 400	A	Puente alimentación armadura dinamómetro
6	DYN - 400	-	DYN - 400	AA	Puente alimentación armadura dinamómetro

LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexion	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F3	SM - 300	+	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
2	+R01	F4	SM - 300	-	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
3	+R01	R	SM - 300	L1	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L1
4	+R01	S	SM - 300	L2	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L2
5	+R01	T	SM - 300	L3	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L3
6	+R01	N	SM - 300	C	Punto estrella (Neutro)
7	SM - 300	A,B,C	SM - 300	A,B,C	Puentes punto estrella
8	SM - 300	T1	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L1
9	SM - 300	T2	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L2
10	SM - 300	T3	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L3
11	+R01	R,S,T,N	Amperimetros	-	Cortocircuito de la salida del generador

DIAGRAMA ELÉCTRICO POR FASE:

PRÁCTICA #3.2
IMPEDANCIA SINCRÓNICA: PRUEBA DE CORTOCIRCUITO

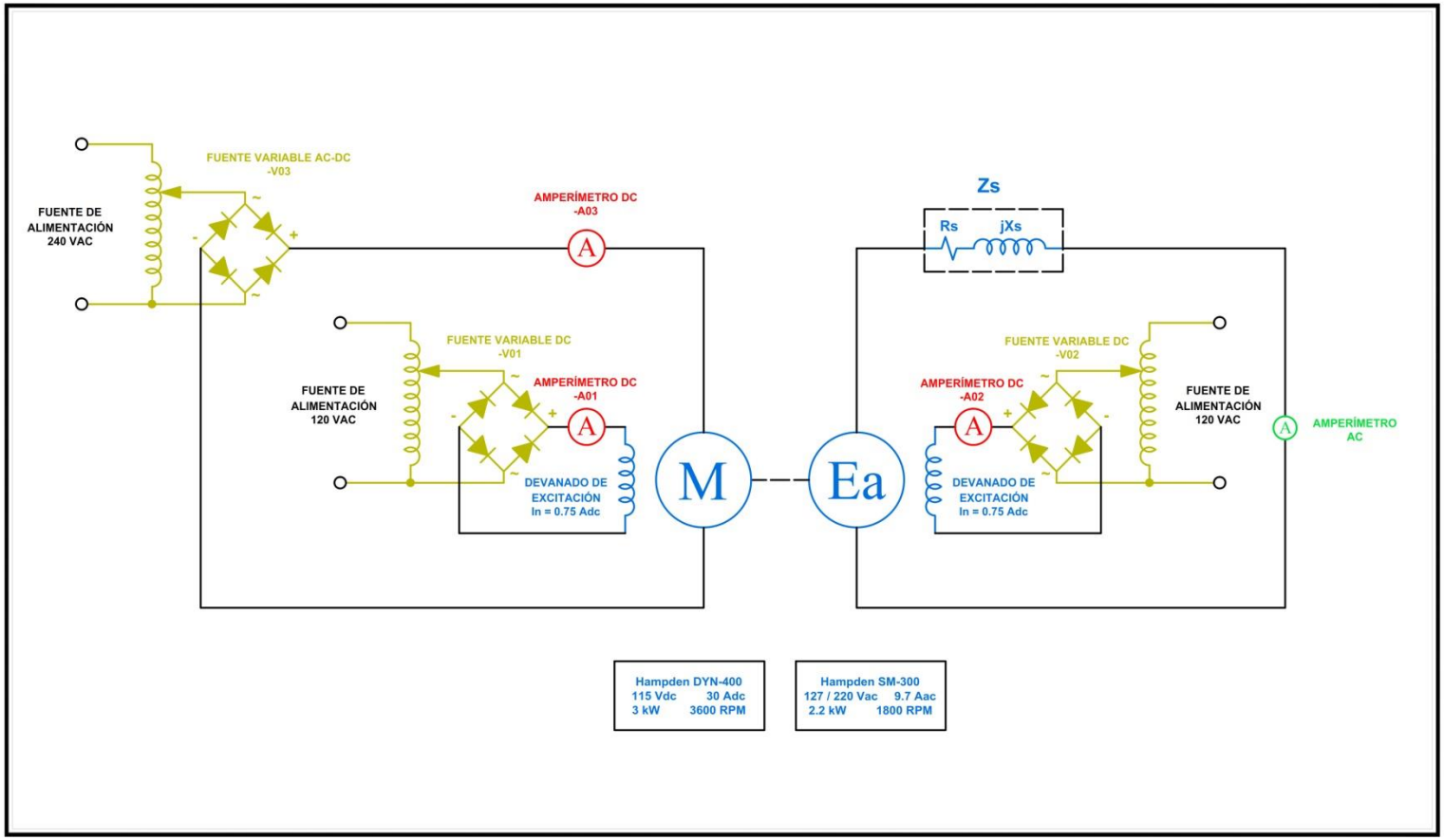
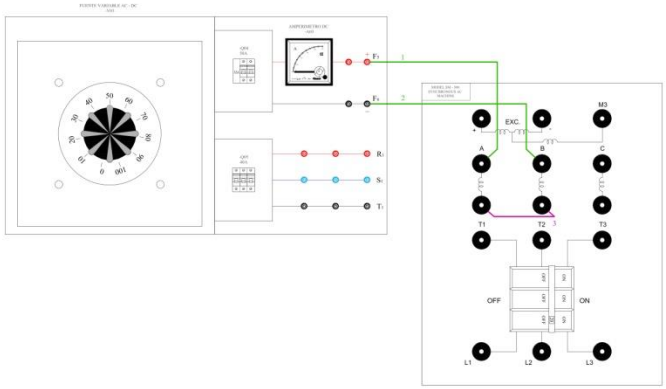


DIAGRAMA DE CONEXIONES:

PRÁCTICA #3.3
IMPEDANCIA SINCRÓNICA: PRUEBA DE TENSIÓN CONTÍNUA

DIAGRAMA DE CONEXIÓN MÁQUINA SÍNCRONA - IMPEDANCIA SINCRÓNICA:
PRUEBA DE TENSION CONTÍNUA

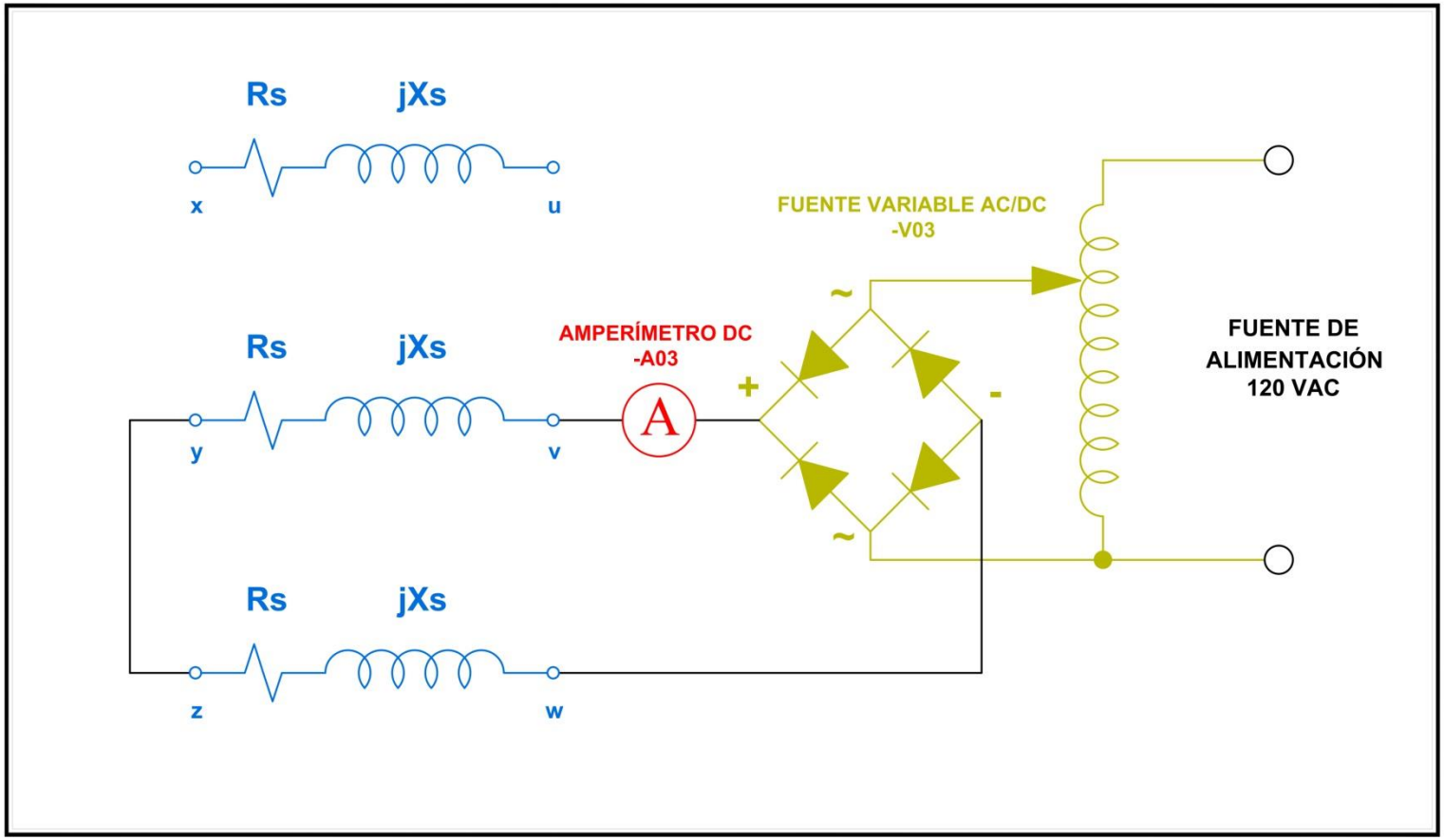


LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexion	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F3	SM - 300	A	Alimentacion devanado de inducido de la Máquina Sincrona
2	+R01	F4	SM - 300	B	Alimentacion devanado de inducido de la Máquina Sincrona
3	SM - 300	-	SM - 300	-	Puente entre devanados de inducido de la Maquina Sincrona

DIAGRAMA ELÉCTRICO POR FASE:

PRÁCTICA #3.3
IMPEDANCIA SINCRÓNICA: PRUEBA DE TENSIÓN CONTÍNUA

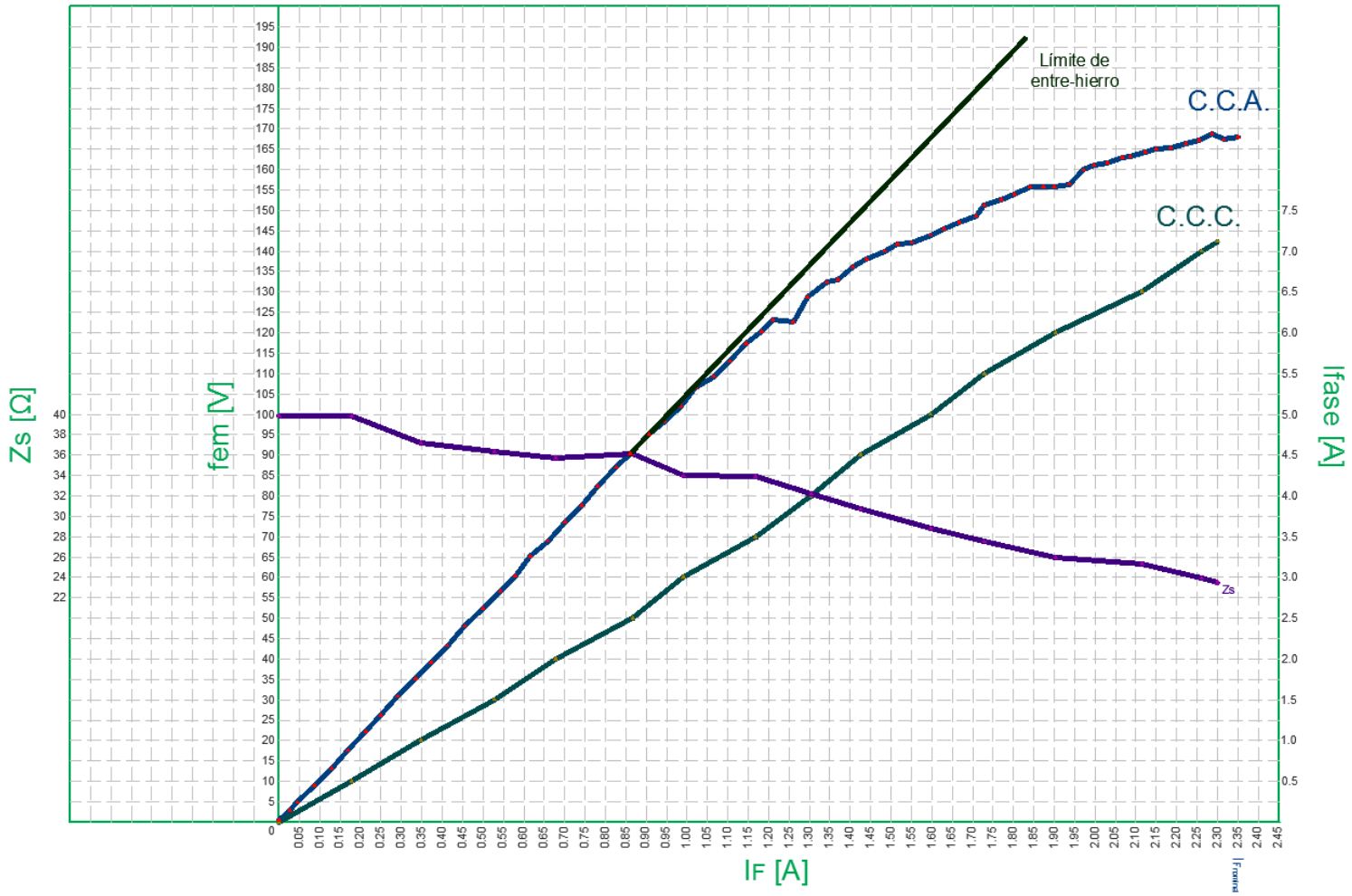


PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO (C.C.A.)							
n (rpm) = n (rpm) nominal							
VF [V]	RF [Ω]	IF [A]		Fem L-L [V]	Fem L-N [V]	Error	RF (Ω) Calculada
		Valor Calculado	Valor Experimental				

PRUEBA DE CORTO CIRCUITO (C.C.C.)		
n (rpm) = n (rpm) nominal		$X_S \cong \frac{E_A}{I_{CC}}$
ICC [A]	IF [A]	j Xs

PRUEBA DE TENSIÓN CONTINUA (P.T.C.)		
$X_S \cong \frac{E_A}{I_{CC}}$		
VCD [V]	ICD [A]	Rs [Ω]

Impedancia Sincrónica de la Máquina Hampden SM - 300



6.4. Práctica #4: Diagrama fasorial de un generador alimentado por una carga resistiva, inductiva y capacitiva.

6.4.1. Datos informativos.

a. Materia: Máquinas II

b. Práctica: N° 4

c. Número de estudiantes: 6

d. Nombre del docente: Ing. Carlos Chávez

e. Tiempo estimado: 2 horas

6.4.2. Datos de la práctica.

f. Tema: Diagrama fasorial de un generador alimentado por una carga resistiva, inductiva y capacitiva.

g. Objetivo general.

- ✓ Graficar el diagrama fasorial de un generador cuando trabaja con carga resistiva, con carga inductiva y con carga capacitiva.

h. Objetivos específicos.

- ✓ Conocer el comportamiento de la fem (Ea) de un generador ante diferentes tipos de carga.
- ✓ Encontrar el valor de tensión de la fem (Ea) mediante su diagrama fasorial.

i. Marco teórico.

- ✓ Generador síncrono alimentando diferentes tipos de carga.
- ✓ Selección de equipos de acuerdo al trabajo que realiza.

j. Marco procedimental.

- ✓ Analizar el diagrama eléctrico de acuerdo a la prueba a realizar.

- ✓ Revisar el diagrama de conexiones de acuerdo a la prueba a realizar.
- ✓ Utilizar el banco de pruebas para máquina síncrona e implementar el diagrama de conexiones.
- ✓ Acoplar el dinamómetro con la máquina síncrona mediante el matrimonio.
- ✓ Poner en marcha el dinamómetro (Motor Primario) y regular la velocidad hasta obtener la velocidad nominal.
- ✓ Utilizar la gráfica de impedancia sincrónica obtenida en la práctica anterior.
- ✓ Generar una tensión de 150 VAC en la salida del generador.
- ✓ Conectar una carga trifásica resistiva (FP=1) y tomar valores de voltajes y corrientes.
- ✓ Conectar una carga trifásica inductiva (FP=0,8 atraso) y tomar valores de voltajes y corrientes.
- ✓ Conectar una carga trifásica capacitiva (FP=0,8 adelanto) y tomar valores de voltajes y corrientes.
- ✓ Con los resultados obtenidos de la tabla graficar la curva de magnetización.
- ✓ Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

k. Recursos utilizados (equipos y accesorios).

- ✓ Banco de pruebas para máquina síncrona.
- ✓ 1 Dinamómetro DYN-400.
- ✓ 1 Máquina síncrona SM-300.
- ✓ 1 Carga trifásica resistiva.
- ✓ 1 Carga trifásica inductiva.
- ✓ 1 Carga trifásica capacitiva.

- ✓ 1 Acoplador (Matrimonio).
- ✓ 3 Fuentes variables DC.
- ✓ Instrumentación para medición de corriente (DC)
- ✓ Instrumentación para medición de voltaje (DC).
- ✓ Cables de laboratorio
- ✓ Protecciones de los equipos del banco de pruebas. Breakers y fusibles.

l. Registro de resultados.

- ✓ Tabla.
- ✓ Cálculos relacionados.
- ✓ Cuestionario de Preguntas.
- ✓ Observaciones, comentarios, conclusiones.

m. Anexos.

- ✓ Diagrama de Conexiones
- ✓ Diagrama Eléctrico por fase.
- ✓ Tabla de medición y resultados.
- ✓ Diagrama fasorial de un generador con carga resistiva.
- ✓ Diagrama fasorial de un generador con carga inductiva.
- ✓ Diagrama fasorial de un generador con carga capacitiva.

n. Bibliografía utilizada.

- ✓ Steven J. Chapman, (2007). Máquinas Eléctricas, McGraw-Hill Interamericana.
- ✓ Juan José Manzano Orrego, (2010). Máquinas Eléctricas, Paraninfo.
- ✓ TUVERAS, (2015). Recuperado el 10 de Noviembre, de http://www.tuveras.com/alternador/alternador_principios.htm

o. Cronograma / Calendario.

- ✓ De acuerdo a la planificación del docente.

p. Registro y resultados.

6.4.3. Cuestionario.

- ✓ ¿Qué sucede con el valor de la tensión de la fem cuando se le añade una carga resistiva en los terminales VT del generador?
- ✓ ¿Qué sucede con el valor de tensión de la fem cuando se le añade una carga inductiva en los terminales VT del generador?

  ¿Qué sucede con el valor de tensión de la fem cuando se le añade una carga capacitiva en los terminales VT del generador?

6.4.4. Anexos.

- ✓ Sin anexo.

6.4.5. Proyecto.

- ✓ Calcular el valor de la fem, usando el software MATLAB, del ejercicio que se muestra a continuación: Página 298 del libro de Máquinas Eléctricas de Steven J. Chapman.

DIAGRAMA DE CONEXIONES:

PRÁCTICA #4.1
MÁQUINA SÍNCRONA OPERANDO COMO GENERADOR CON CARGA RESISTIVA

DIAGRAMA DE CONEXIÓN DINAMÓMETRO
MOTOR PRIMARIO 1

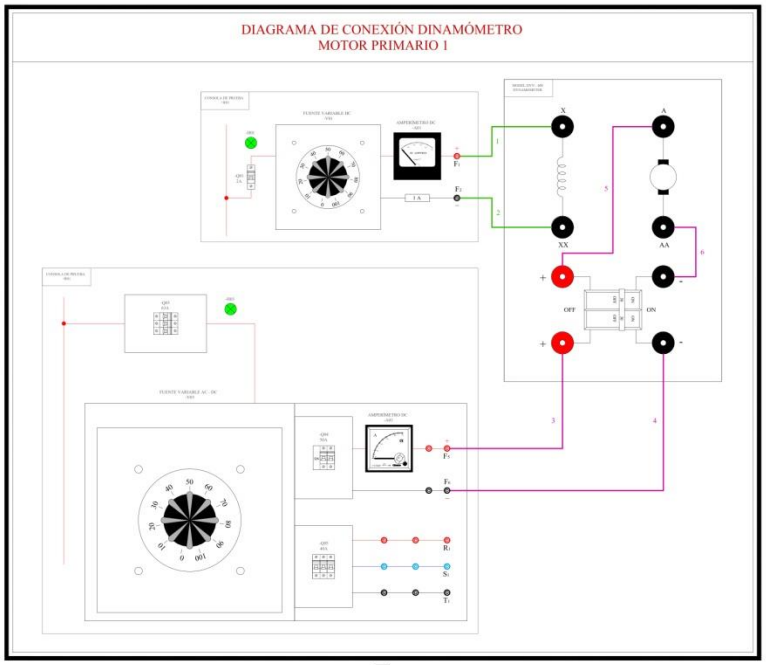
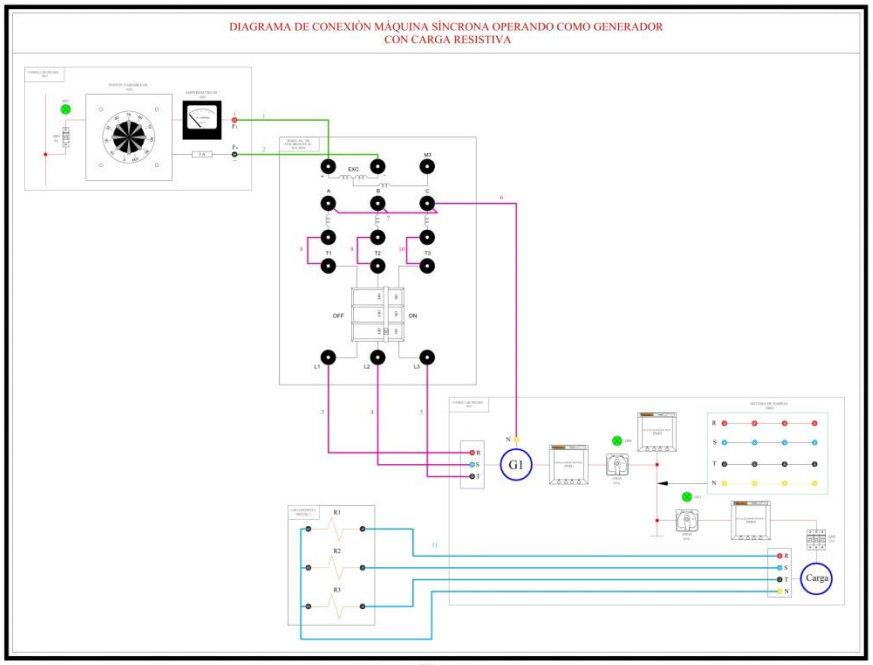


DIAGRAMA DE CONEXIÓN MÁQUINA SÍNCRONA OPERANDO COMO GENERADOR
CON CARGA RESISTIVA



LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexión	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F1	DYN - 400	x	Alimentación SHUNT de dinamómetro
2	+R01	F2	DYN - 400	xx	Alimentación SHUNT de dinamómetro
3	+R01	F5	DYN - 400	+	Alimentación principal de dinamómetro
4	+R01	F6	DYN - 400	-	Alimentacion principal de dinamometro
5	DYN - 400	+	DYN - 400	A	Puente alimentación armadura dinamómetro
6	DYN - 400	-	DYN - 400	AA	Puente alimentación armadura dinamómetro

LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexión	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F3	SM - 300	+	Alimentación Excitación de Máquina Sincrona
2	+R01	F4	SM - 300	-	Alimentación Excitación de Máquina Sincrona
3	+R01	R	SM - 300	L1	Salida de Tensión Gen. con protección (Fem) L1
4	+R01	S	SM - 300	L2	Salida de Tensión Gen. con protección (Fem) L2
5	+R01	T	SM - 300	L3	Salida de Tensión Gen. con protección (Fem) L3
6	+R01	N	SM - 300	C	Punto estrella (Neutro)
7	SM - 300	A,B,C	SM - 300	A,B,C	Puentes punto estrella
8	SM - 300	T1	SM - 300		Salida de Tensión Gen. sin protección (Fem) L1
9	SM - 300	T2	SM - 300		Salida de Tensión Gen. sin protección (Fem) L2
10	SM - 300	T3	SM - 300		Salida de Tensión Gen. sin protección (Fem) L3
11	+R01	R,S,T,N	Carga Resistiva 3ϕ	R1,R2,R3	Alimentación carga resistiva con tensión Gen.

DIAGRAMA ELÉCTRICO POR FASE:

PRÁCTICA #4.1
MÁQUINA SÍNCRONA OPERANDO COMO GENERADOR
CON CARGA RESISTIVA

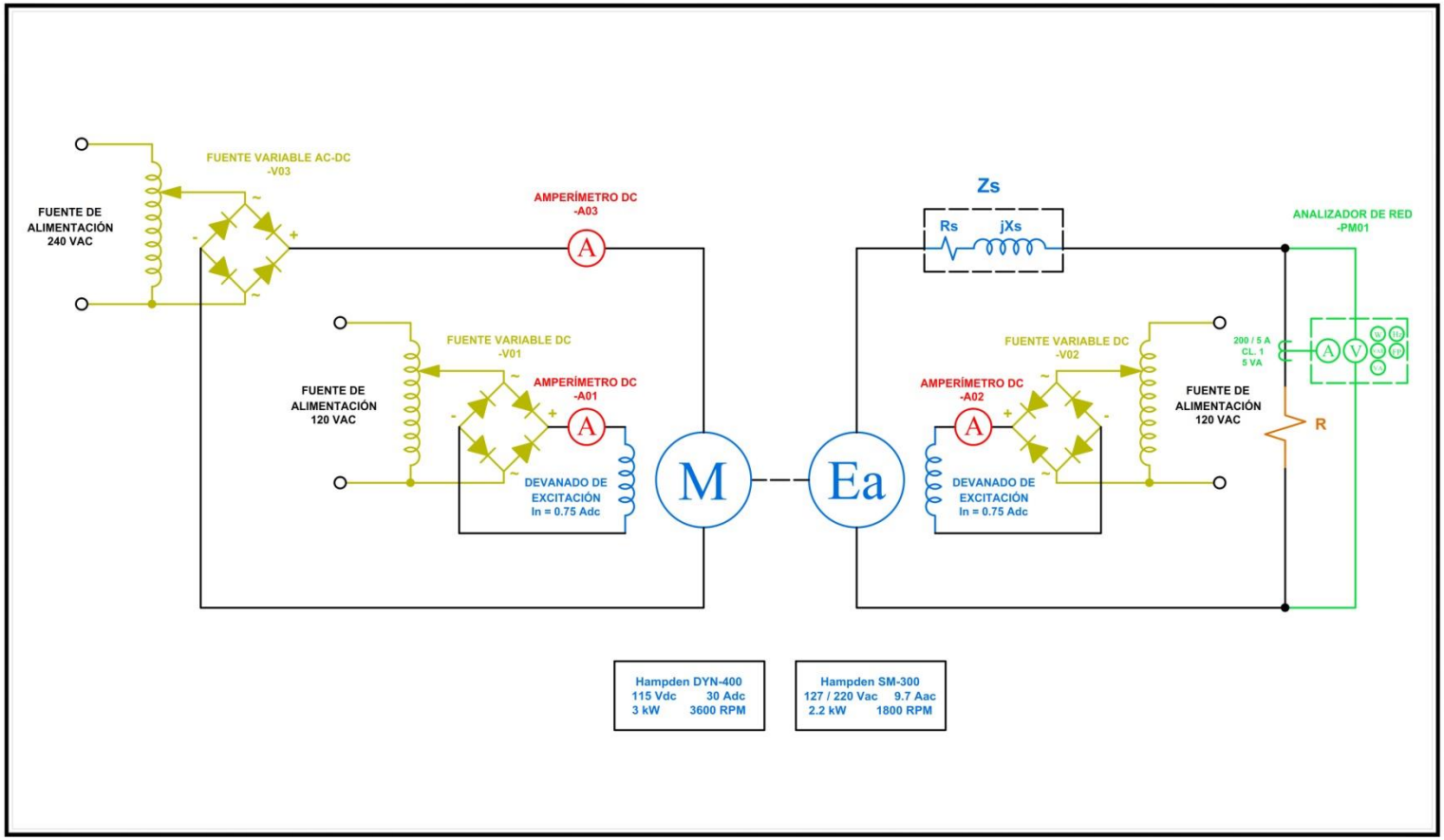


DIAGRAMA DE CONEXIONES:

PRÁCTICA #4.2
MÁQUINA SÍNCRONA OPERANDO COMO GENERADOR
CON CARGA INDUCTIVA

DIAGRAMA DE CONEXIÓN DINAMÓMETRO
MOTOR PRIMARIO 1

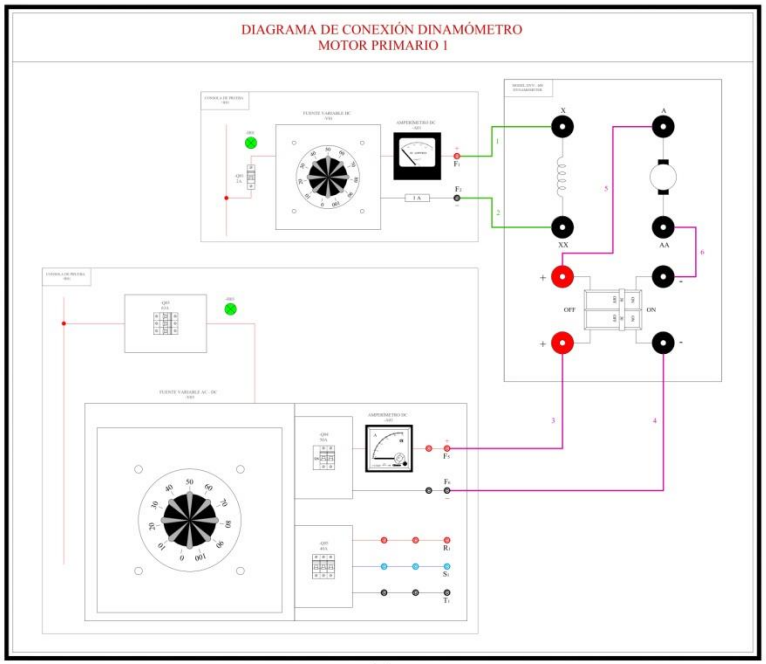
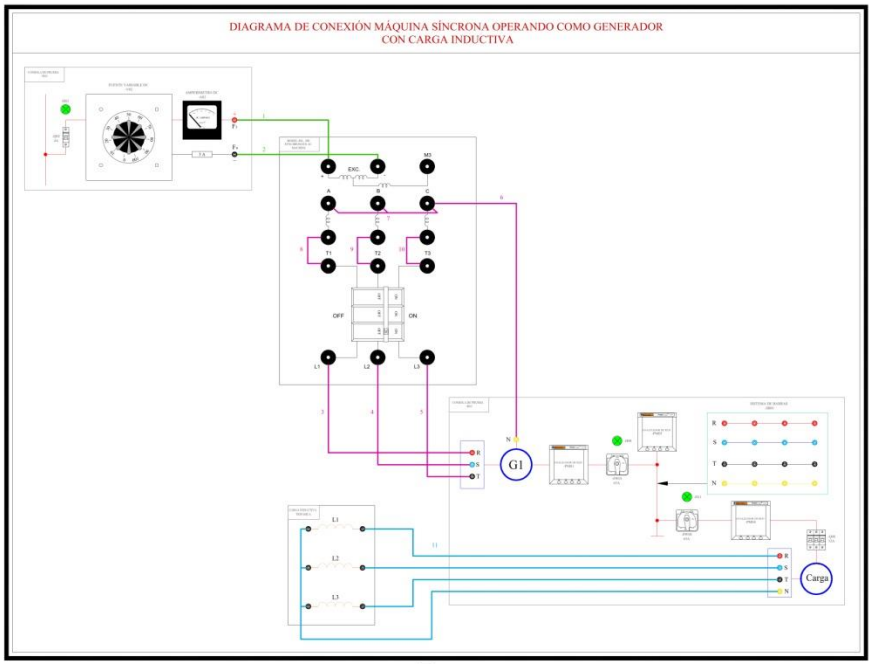


DIAGRAMA DE CONEXIÓN MÁQUINA SÍNCRONA OPERANDO COMO GENERADOR
CON CARGA INDUCTIVA



LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexión	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F1	DYN - 400	x	Alimentación SHUNT de dinamómetro
2	+R01	F2	DYN - 400	xx	Alimentación SHUNT de dinamómetro
3	+R01	F5	DYN - 400	+	Alimentación principal de dinamómetro
4	+R01	F6	DYN - 400	-	Alimentacion principal de dinamometro
5	DYN - 400	+	DYN - 400	A	Puente alimentación armadura dinamómetro
6	DYN - 400	-	DYN - 400	AA	Puente alimentación armadura dinamómetro

LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexión	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F3	SM - 300	+	Alimentación Excitación de Máquina Sincrona
2	+R01	F4	SM - 300	-	Alimentación Excitación de Máquina Sincrona
3	+R01	R	SM - 300	L1	Salida de Tensión Gen. con protección (Fem) L1
4	+R01	S	SM - 300	L2	Salida de Tensión Gen. con protección (Fem) L2
5	+R01	T	SM - 300	L3	Salida de Tensión Gen. con protección (Fem) L3
6	+R01	N	SM - 300	C	Punto estrella (Neutro)
7	SM - 300	A,B,C	SM - 300	A,B,C	Puentes punto estrella
8	SM - 300	T1	SM - 300		Salida de Tensión Gen. sin protección (Fem) L1
9	SM - 300	T2	SM - 300		Salida de Tensión Gen. sin protección (Fem) L2
10	SM - 300	T3	SM - 300		Salida de Tensión Gen. sin protección (Fem) L3
11	+R01	R,S,T,N	Carga Inductiva 3ϕ	L1,L2,L3	Alimentación carga inductiva con tensión Gen.

DIAGRAMA ELÉCTRICO POR FASE:

PRÁCTICA #4.2
MÁQUINA SÍNCRONA OPERANDO COMO GENERADOR
CON CARGA INDUCTIVA

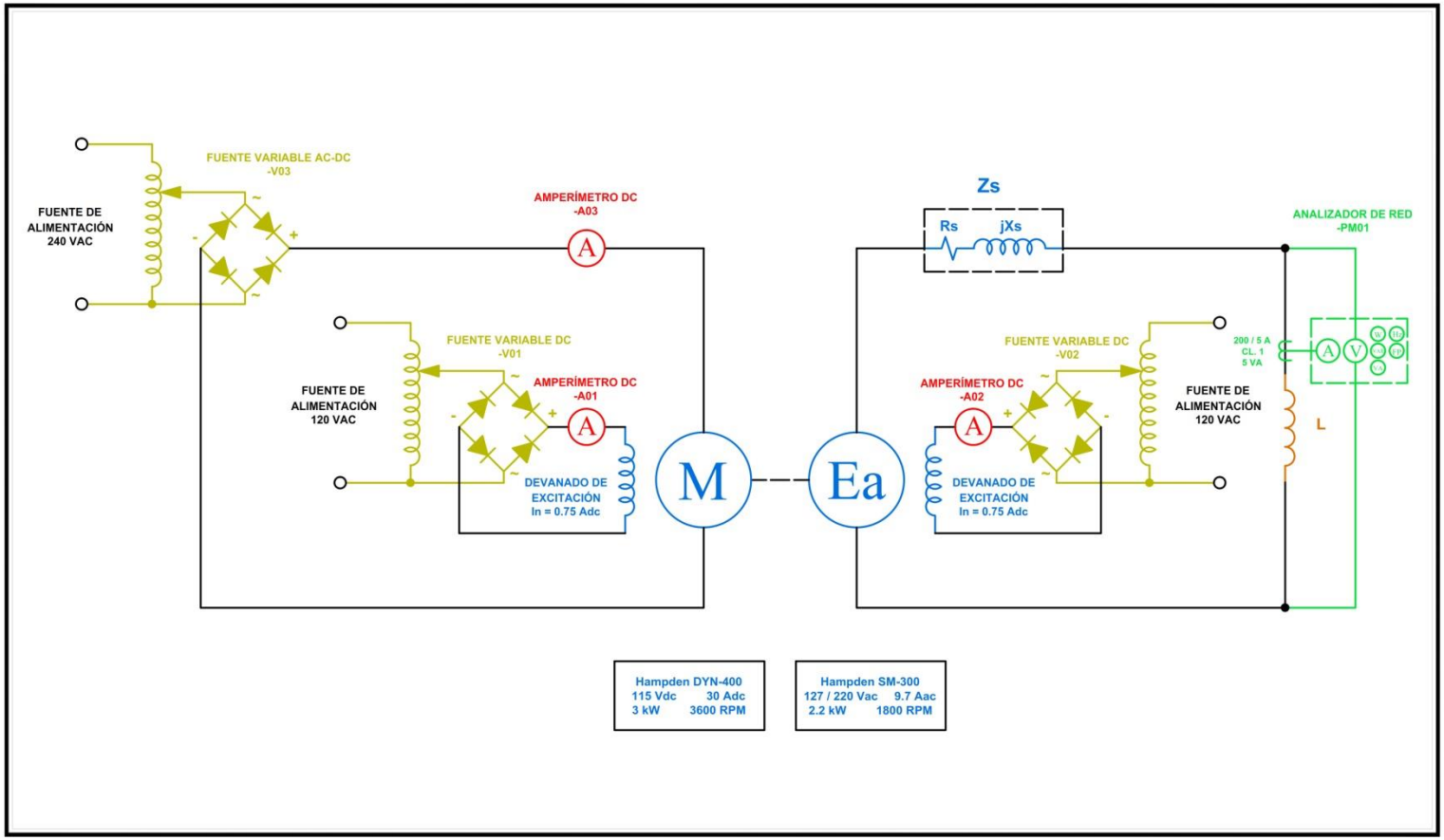


DIAGRAMA DE CONEXIONES:

PRÁCTICA #4.3
MÁQUINA SÍNCRONA OPERANDO COMO GENERADOR CON CARGA CAPACITIVA

DIAGRAMA DE CONEXIÓN DINAMÓMETRO
MOTOR PRIMARIO 1

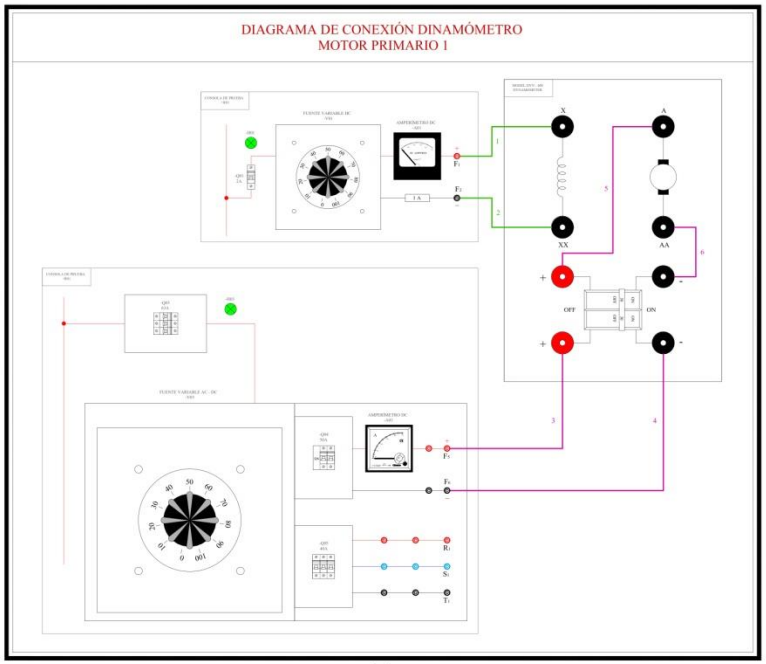
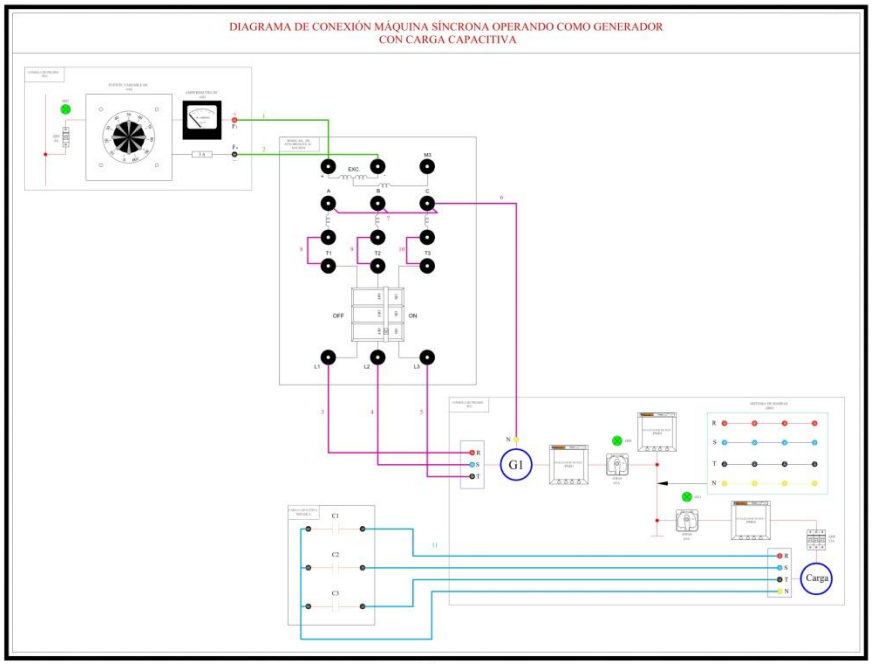


DIAGRAMA DE CONEXIÓN MÁQUINA SÍNCRONA OPERANDO COMO GENERADOR
CON CARGA CAPACITIVA



LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexión	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F1	DYN - 400	x	Alimentación SHUNT de dinamómetro
2	+R01	F2	DYN - 400	xx	Alimentación SHUNT de dinamómetro
3	+R01	F5	DYN - 400	+	Alimentación principal de dinamómetro
4	+R01	F6	DYN - 400	-	Alimentacion principal de dinamometro
5	DYN - 400	+	DYN - 400	A	Puente alimentación armadura dinamómetro
6	DYN - 400	-	DYN - 400	AA	Puente alimentación armadura dinamómetro

LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexión	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F3	SM - 300	+	Alimentación Excitación de Máquina Sincrona
2	+R01	F4	SM - 300	-	Alimentación Excitación de Máquina Sincrona
3	+R01	R	SM - 300	L1	Salida de Tensión Gen. con protección (Fem) L1
4	+R01	S	SM - 300	L2	Salida de Tensión Gen. con protección (Fem) L2
5	+R01	T	SM - 300	L3	Salida de Tensión Gen. con protección (Fem) L3
6	+R01	N	SM - 300	C	Punto estrella (Neutro)
7	SM - 300	A,B,C	SM - 300	A,B,C	Puentes punto estrella
8	SM - 300	T1	SM - 300		Salida de Tensión Gen. sin protección (Fem) L1
9	SM - 300	T2	SM - 300		Salida de Tensión Gen. sin protección (Fem) L2
10	SM - 300	T3	SM - 300		Salida de Tensión Gen. sin protección (Fem) L3
11	+R01	R,S,T,N	Carga Capacitiva 3ϕ	C1,C2,C3	Alimentación carga capacitiva con tensión Gen.

DIAGRAMA ELÉCTRICO POR FASE:

PRÁCTICA #4.3
MÁQUINA SÍNCRONA OPERANDO COMO GENERADOR
CON CARGA CAPACITIVA

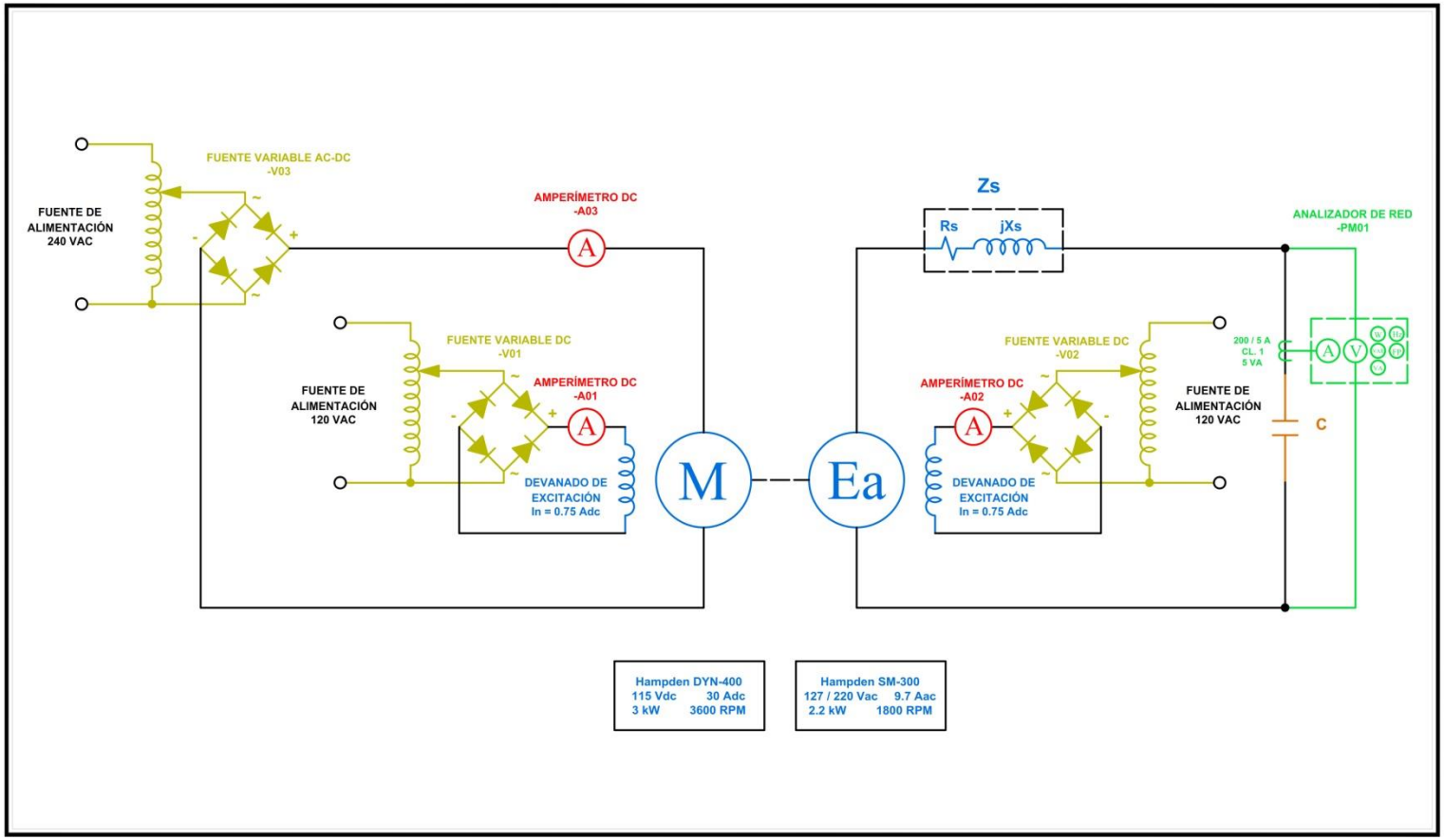


TABLA DE DATOS PARA EL DIAGRAMA FASORIAL

					CARGA			VOLTAJE DE FASE		VOLTAJE DE LA IMPEDANCIA SINCRONICA		VOLTAJE EN LA ARMADURA
n[rpm]	**If[A]**	**Rs [Ω]**	**Xs [Ω]**	**IL[A]**	**P [W]**	**Q [VAR]**	**FP**	**|Vfase| [V]**	**ϴVfase°**	**VZs(real) [V]**	**VZs(im) [V]**	**Ea [V]**

DIAGRAMA FASORIAL CON CARGA RESISTIVA

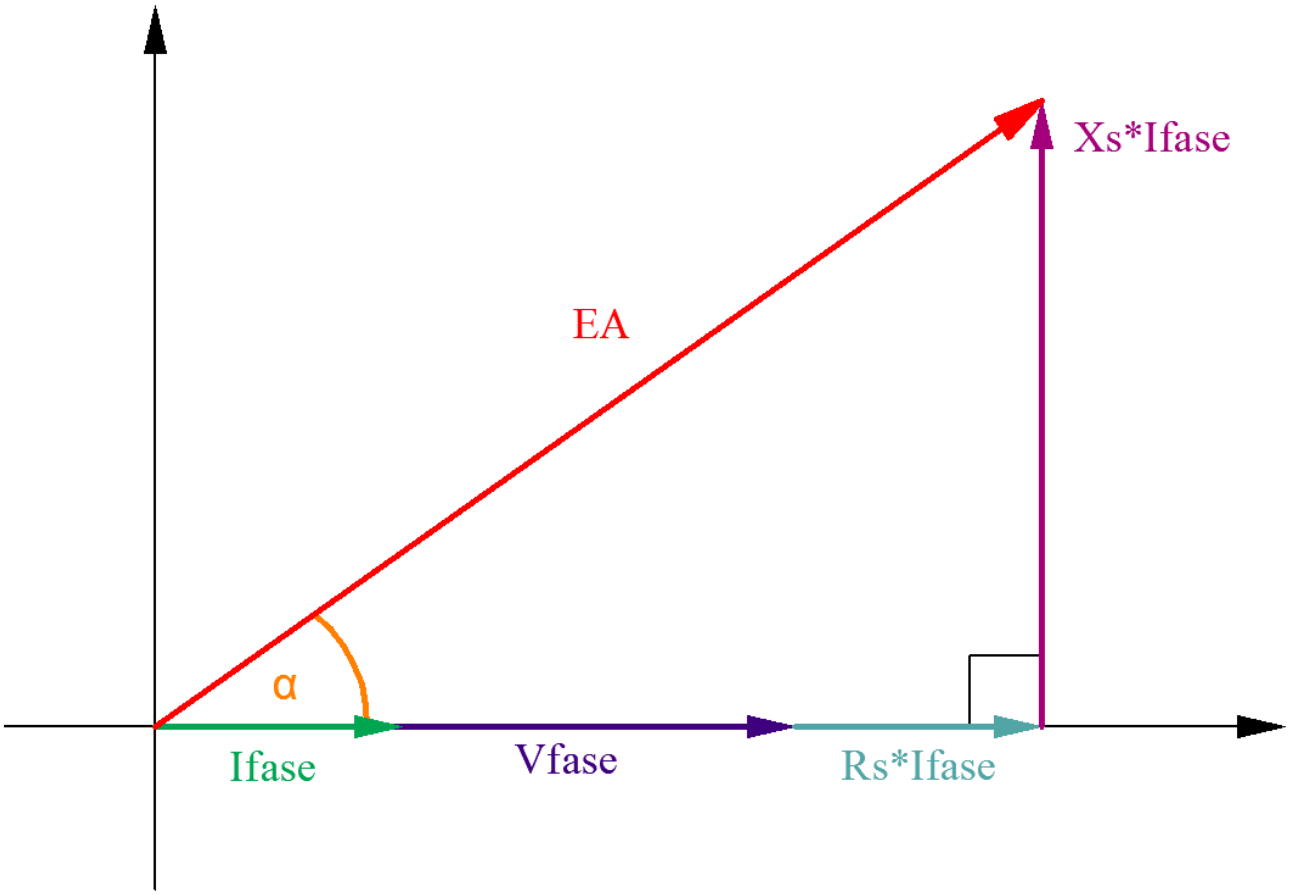


DIAGRAMA FASORIAL CON CARGA INDUCTIVA

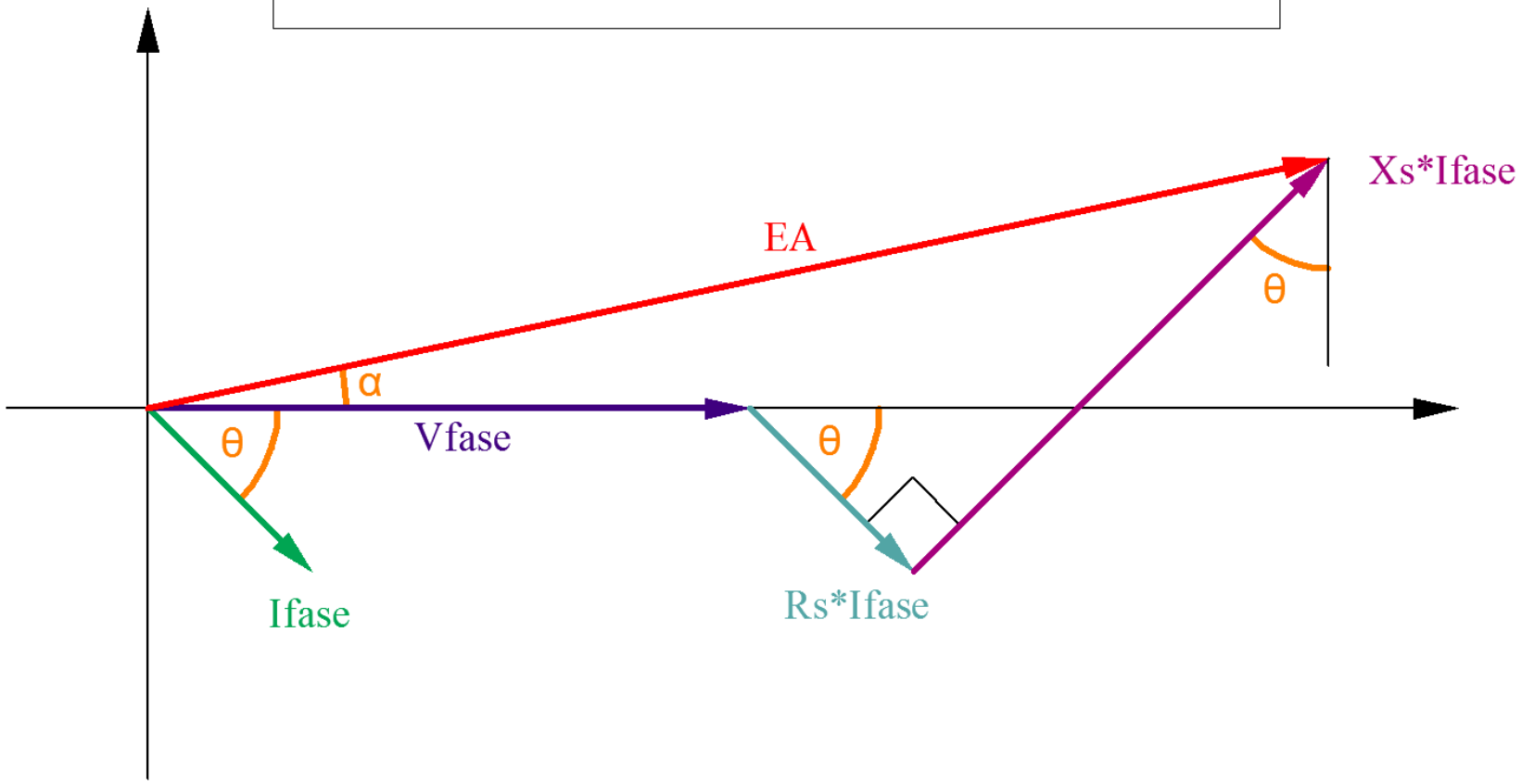
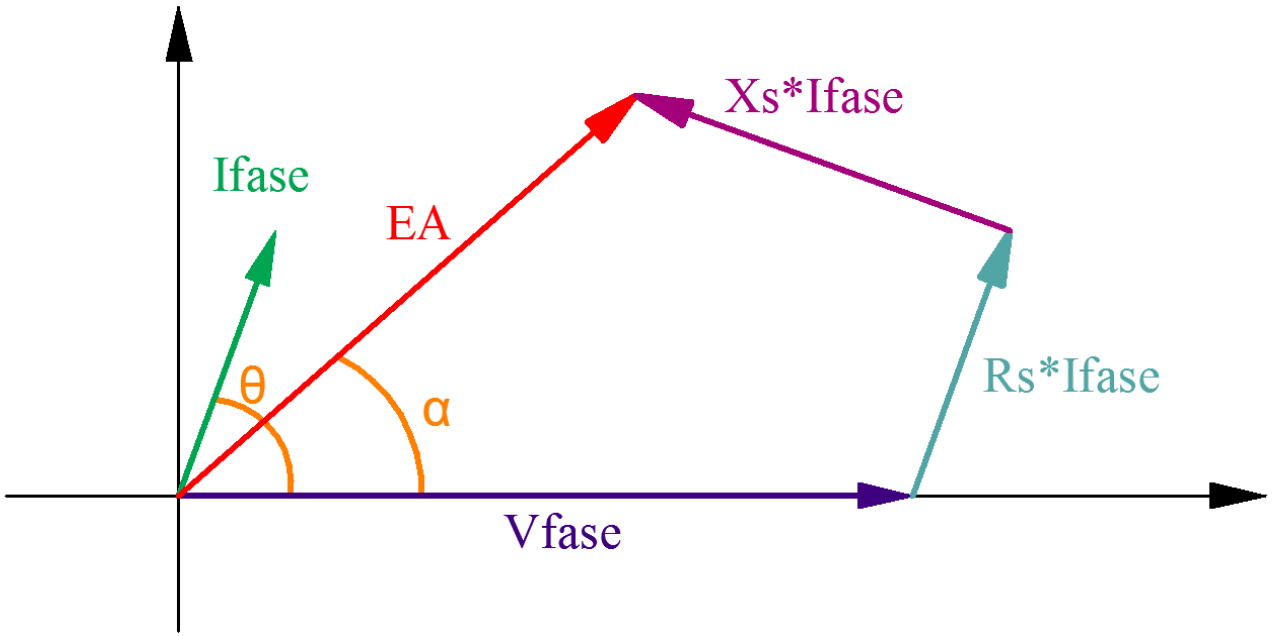


DIAGRAMA FASORIAL CON CARGA CAPACITIVA



6.5. Práctica #5: Curva de capacidad de un generador síncrono

6.5.1. Datos informativos.

a. Materia: Máquinas II

b. Práctica: N° 5

c. Número de estudiantes: 6

d. Nombre del docente: Ing. Carlos Chávez

e. Tiempo estimado: 2 horas

6.5.2. Datos de la práctica.

f. Tema: Curva de capacidad de un generador síncrono.

g. Objetivo general.

- ✓ Determinar la curva de capacidad de un generador síncrono trifásico.

h. Objetivos específicos.

- ✓ Saber que valores hay que tener en cuenta en los datos de placa tanto del motor primario como del generador para graficar la curva de capacidad.
- ✓ Hallar las ecuaciones con sus límites para evaluar valores de Potencia Activa y Reactiva en la curva de capacidad.

i. Marco teórico.

- ✓ Curva de capacidad.
- ✓ Diagrama fasorial.

j. Marco procedimental.

- ✓ Analizar el diagrama eléctrico de acuerdo a la prueba a realizar.
- ✓ Revisar el diagrama de conexiones de acuerdo a la prueba a realizar.

- ✓ Utilizar el banco de pruebas para máquina síncrona e implementar el diagrama de conexiones.
- ✓ Graficar la curva de capacidad del generador con los datos de placa especificados en los objetivos.
- ✓ Evaluar teóricamente en la curva de capacidad diferentes cargas y confirmar prácticamente si pueden ser o no abastecidos por el generador. Los puntos a evaluar son:

  P1 = 1154W; 800VAR

  P2 = 300W; 460VAR

  P3 = 570W; 1350VAR

  P4 = 2700W; 310VAR

k. Recursos utilizados (equipos y accesorios).

- ✓ Banco de pruebas para máquina síncrona.
- ✓ 1 Dinamómetro DYN-400.
- ✓ 1 Máquina síncrona SM-300.
- ✓ 1 Acoplador (Matrimonio).
- ✓ 3 Fuentes variables DC.
- ✓ Instrumentación para medición de corriente (DC)
- ✓ Instrumentación para medición de voltaje (DC).
- ✓ Cables de laboratorio
- ✓ Protecciones de los equipos del banco de pruebas. Breakers y fusibles.

l. Registro de resultados.

- ✓ Tabla.

- ✓ Cálculos relacionados.
- ✓ Cuestionario de Preguntas.
- ✓ Observaciones, comentarios, conclusiones.

m. Anexos.

- ✓ Diagrama de Conexiones
- ✓ Diagrama Eléctrico por fase.
- ✓ Tabla de medición y resultados.
- ✓ Datos de placa del dinamómetro.
- ✓ Datos de placa de la máquina síncrona.

n. Bibliografía utilizada.

- ✓ Steven J. Chapman, (2007). Máquinas Eléctricas, McGraw-Hill Interamericana.
- ✓ Juan José Manzano Orrego, (2010). Máquinas Eléctricas, Paraninfo.
- ✓ TUVERAS, (2015). Recuperado el 10 de Noviembre, de http://www.tuveras.com/acoplamientoms/acoplamientoms.htm

o. Cronograma / Calendario.

- ✓ De acuerdo a la planificación del docente.

p. Registro y resultados.

6.5.3. Cuestionario.

- ✓ ¿Para qué sirve la curva de capacidad de un generador eléctrico?
- ✓ ¿Cuáles son los parámetros que se debe conocer para poder graficar la curva de capacidad del generador?
- ✓ ¿Qué es el punto de operación seguro?

6.5.4. Anexos.

- ✓ Sin anexo.

6.5.5. Proyecto.

- ✓ Graficar la curva de capacidad partiendo del diagrama fasorial de un generador eléctrico.

DIAGRAMA DE CONEXIONES:

PRÁCTICA #5
CURVA DE CAPABILIDAD DE UNA MÁQUINA SÍNCRONA OPERANDO COMO GENERADOR

DIAGRAMA DE CONEXIÓN DINAMÓMETRO
MOTOR PRIMARIO 1

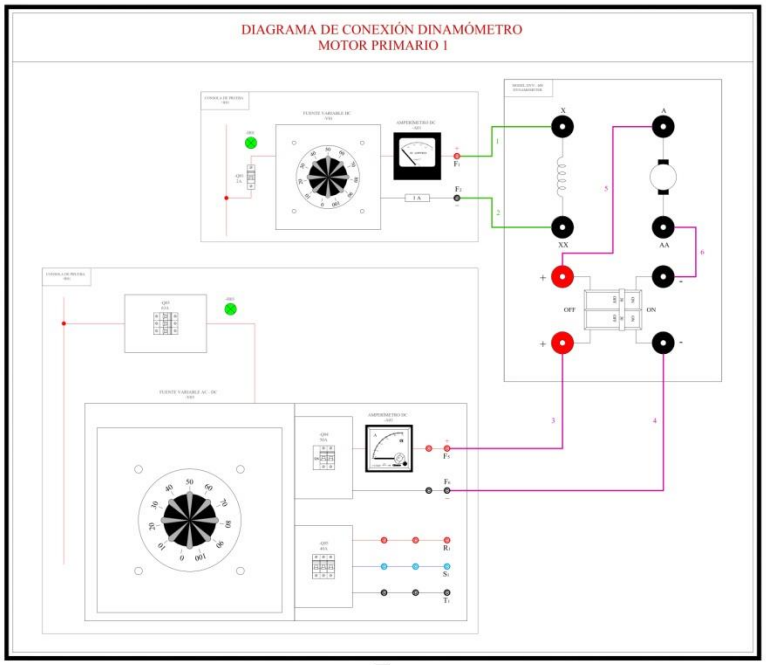
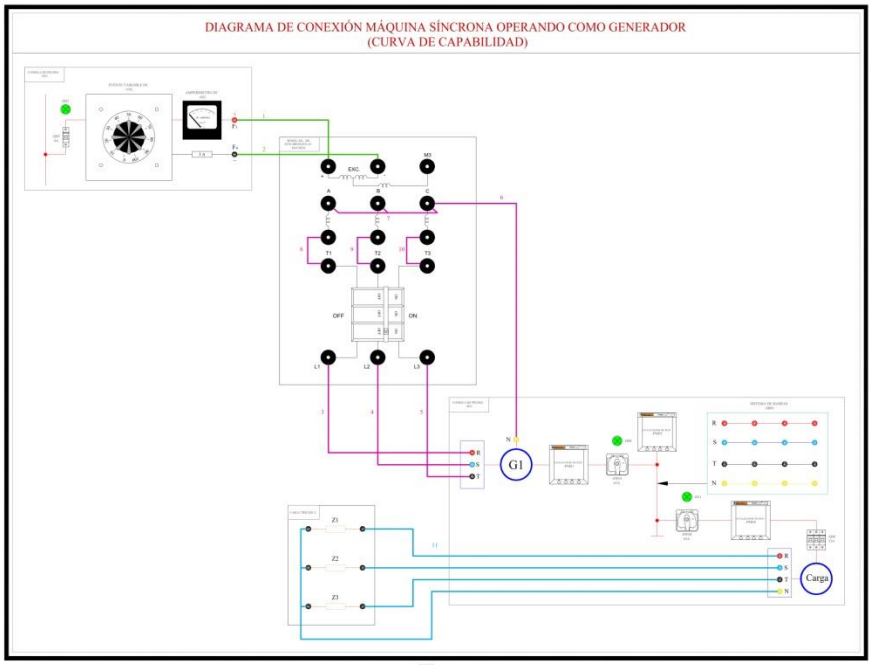


DIAGRAMA DE CONEXIÓN MÁQUINA SÍNCRONA OPERANDO COMO GENERADOR
(CURVA DE CAPABILIDAD)



LISTADO DE INTERCONEXIONES

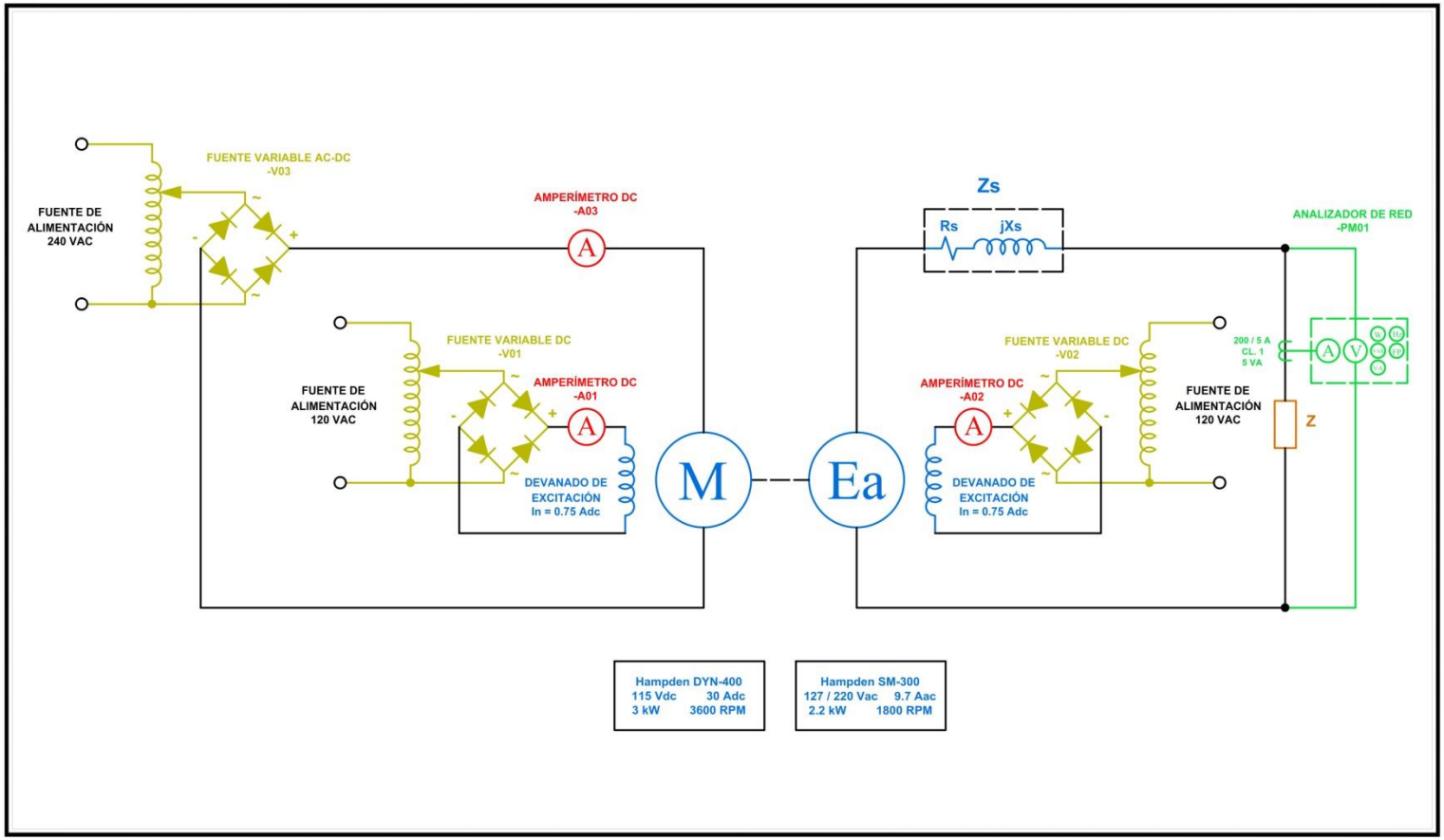
Interconexión	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F1	DYN - 400	x	Alimentación SHUNT de dinamómetro
2	+R01	F2	DYN - 400	xx	Alimentación SHUNT de dinamómetro
3	+R01	F5	DYN - 400	+	Alimentación principal de dinamómetro
4	+R01	F6	DYN - 400	-	Alimentacion principal de dinamometro
5	DYN - 400	+	DYN - 400	A	Puente alimentación armadura dinamómetro
6	DYN - 400	-	DYN - 400	AA	Puente alimentación armadura dinamómetro

LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexion	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F3	SM - 300	+	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
2	+R01	F4	SM - 300	-	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
3	+R01	R	SM - 300	L1	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L1
4	+R01	S	SM - 300	L2	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L2
5	+R01	T	SM - 300	L3	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L3
6	+R01	N	SM - 300	C	Punto estrella (Neutro)
7	SM - 300	A,B,C	SM - 300	A,B,C	Puentes punto estrella
8	SM - 300	T1	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L1
9	SM - 300	T2	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L2
10	SM - 300	T3	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L3
11	+R01	R,S,T,N	Carga 3ϕ	-	Alimentacion carga trifasica con tension Gen.

DIAGRAMA ELÉCTRICO POR FASE:

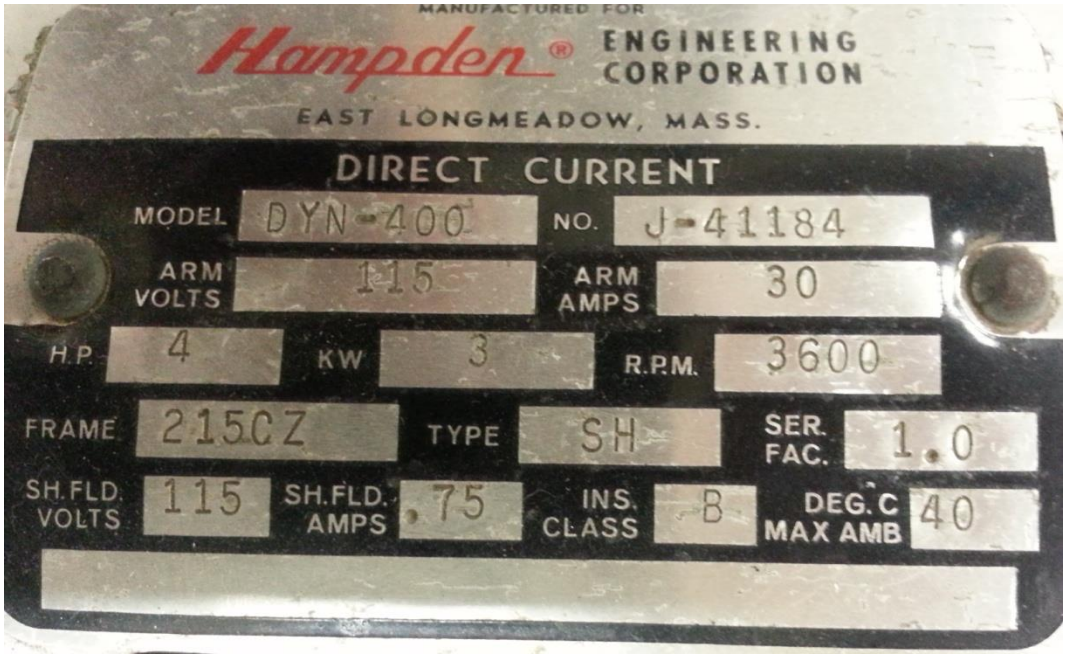
PRÁCTICA #5
CURVA DE CAPABILIDAD DE UNA MÁQUINA SÍNCRONA
OPERANDO COMO GENERADOR



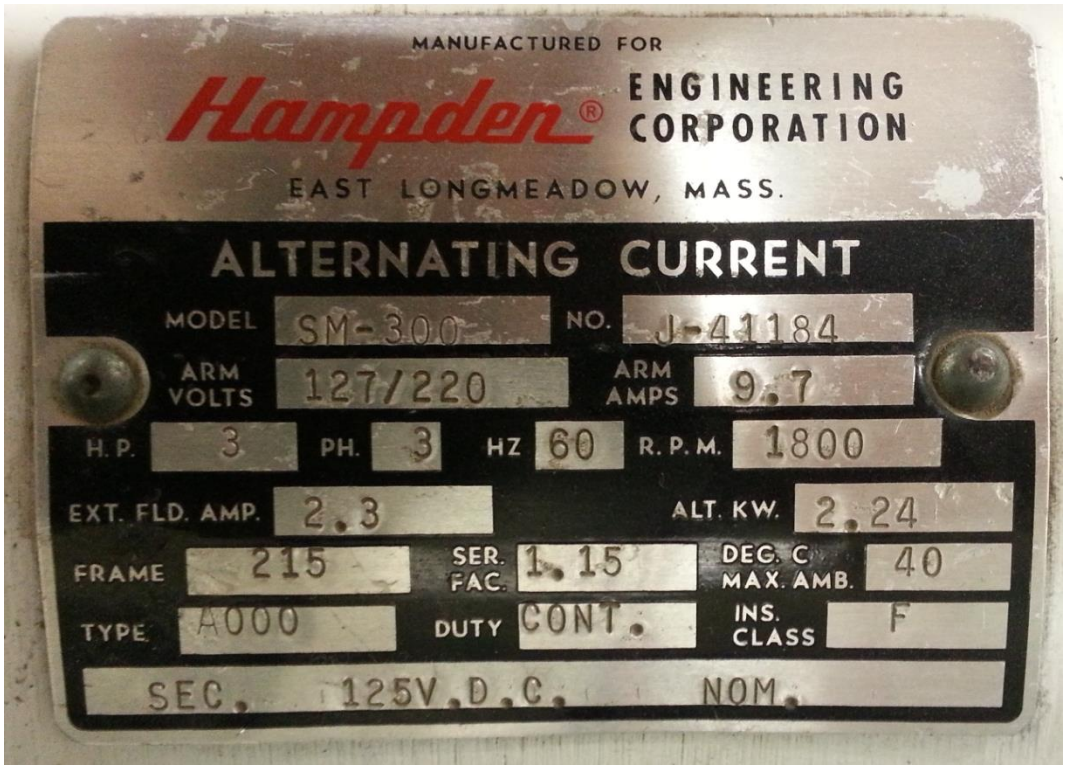
CURVA DE CAPACIDAD

			CARGA				Punto de operación
If [A]	**Vfase [V]**	**IL[A]**	**P [W]**	**Q [VAR]**	**FP**	**S [VA]**	**SI / NO**

DATO DE PLACA DEL DINAMÓMETRO



DATO DE PLACA DE LA MÁQUINA SÍNCRONA



6.6. Práctica #6: Métodos de sincronismo de generadores

6.6.1. Datos informativos.

a. Materia: Máquinas II

b. Práctica: N° 6

c. Número de estudiantes: 6

d. Nombre del docente: Ing. Carlos Chávez

e. Tiempo estimado: 2 horas

6.6.2. Datos informativos.

f. Tema: Métodos de sincronismo de generadores

g. Objetivo general.

Conocer los métodos utilizados para sincronizar un generador síncrono.

h. Objetivos específicos.

- ✓ Determinar las condiciones que debe cumplir un generador para trabajar en sincronismo.
- ✓ Utilizar un relé de sincronismo para sincronizar un generador síncrono.
- ✓ Utilizar un Sincronoscopio para sincronizar un generador síncrono.
- ✓ Utilizar el método de las luces apagadas para sincronizar un generador síncrono.
- ✓ Utilizar el método de una luz apagada y dos encendidas para sincronizar un generador síncrono.

i. Marco teórico.

- ✓ Sincronismo de generadores trifásicos
- ✓ Métodos de sincronismo de generadores.

j. Marco procedimental.

- ✓ Analizar el diagrama eléctrico de acuerdo a la prueba a realizar.
- ✓ Revisar el diagrama de conexiones de acuerdo a la prueba a realizar.
- ✓ Utilizar el banco de pruebas para máquina síncrona e implementar el diagrama de conexiones.
- ✓ Regular los valores de voltaje del módulo correspondiente a la empresa eléctrica (voltaje de barras).
- ✓ Poner en marcha el dinamómetro (Motor Primario) y regular la velocidad hasta obtener la velocidad nominal.
- ✓ Variar la corriente de excitación (I_F) hasta igualar el voltaje generado con el voltaje en las barras.
- ✓ Realizar las conexiones de acuerdo al método de sincronismo a utilizar.

k. Recursos utilizados (equipos y accesorios).

- ✓ Banco de pruebas para máquina síncrona.
- ✓ 1 Dinamómetro DYN-400.
- ✓ 1 Máquina síncrona SM-300.
- ✓ 1 Acoplador (Matrimonio).
- ✓ 3 Fuentes variables DC.
- ✓ Instrumentación para medición de corriente (DC)
- ✓ Relé de sincronismo
- ✓ Sincronoscopio
- ✓ Luces de sincronismo
- ✓ Cables de laboratorio

- ✓ Protecciones de los equipos del banco de pruebas. Breakers y fusibles.

l. Registro de resultados.

- ✓ Archivo fotográfico
- ✓ Cuestionario de Preguntas.
- ✓ Observaciones, comentarios, conclusiones.

m. Anexos.

- ✓ Diagrama de Conexiones
- ✓ Diagrama Eléctrico por fase.

n. Bibliografía utilizada.

- ✓ Steven J. Chapman, (2007). Máquinas Eléctricas, McGraw-Hill Interamericana.
- ✓ TUVERAS, (2015). Recuperado el 12 de Noviembre, de http://www.tuveras.com/acoplamientoms/acoplamientoms.htm

o. Cronograma / Calendario.

- ✓ De acuerdo a la planificación del docente.

p. Registro y resultados.

6.6.3. Cuestionario.

- ✓ Explique cuáles son las condiciones que deben cumplir dos generadores síncronos trifásicos para que puedan trabajar en sincronismo (Paralelo).
- ✓ ¿En qué consiste la prueba de luces apagadas? Explique qué sucede durante la prueba.
- ✓ ¿Qué otra prueba se puede realizar con las luces de sincronismo?, explique.
- ✓ ¿Cuál es el funcionamiento del Sincronoscopio?
- ✓ ¿Explique qué experiencia tuvo durante el desarrollo de la práctica. ¿Qué fue lo más significativo para usted?

6.6.4. Anexos.

- ✓ Sin anexo.

6.6.5. Proyecto.

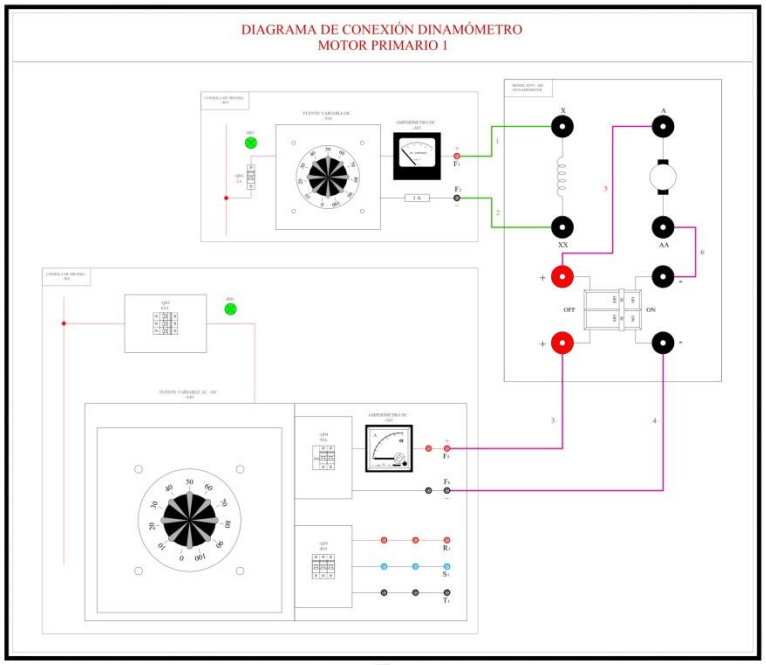
- ✓ Investigar otros métodos de sincronismo de generadores y elabore los diagramas eléctricos de los mismos.

DIAGRAMA DE CONEXIONES:

PRÁCTICA #6.1

MÉTODOS DE SINCRONISMO DE GENERADORES: SINCRONOSCOPIO ANALÓGICO

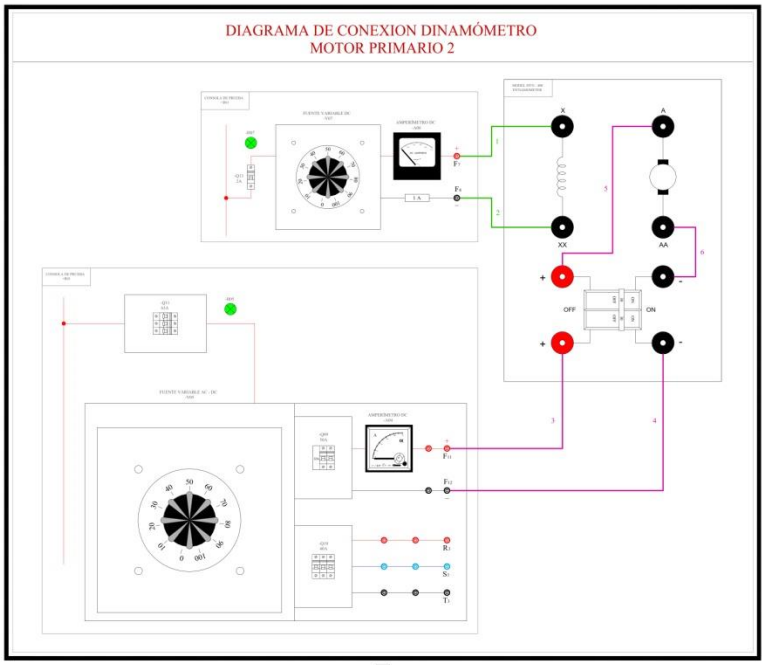
DIAGRAMA DE CONEXIÓN DINAMÓMETRO
MOTOR PRIMARIO 1



LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexión	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F1	DYN - 400	x	Alimentación SHUNT de dinamómetro
2	+R01	F2	DYN - 400	xx	Alimentación SHUNT de dinamómetro
3	+R01	F5	DYN - 400	+	Alimentación principal de dinamómetro
4	+R01	F6	DYN - 400	-	Alimentacion principal de dinamometro
5	DYN - 400	+	DYN - 400	A	Puente alimentación armadura dinamómetro
6	DYN - 400	-	DYN - 400	AA	Puente alimentación armadura dinamómetro

DIAGRAMA DE CONEXION DINAMÓMETRO
MOTOR PRIMARIO 2



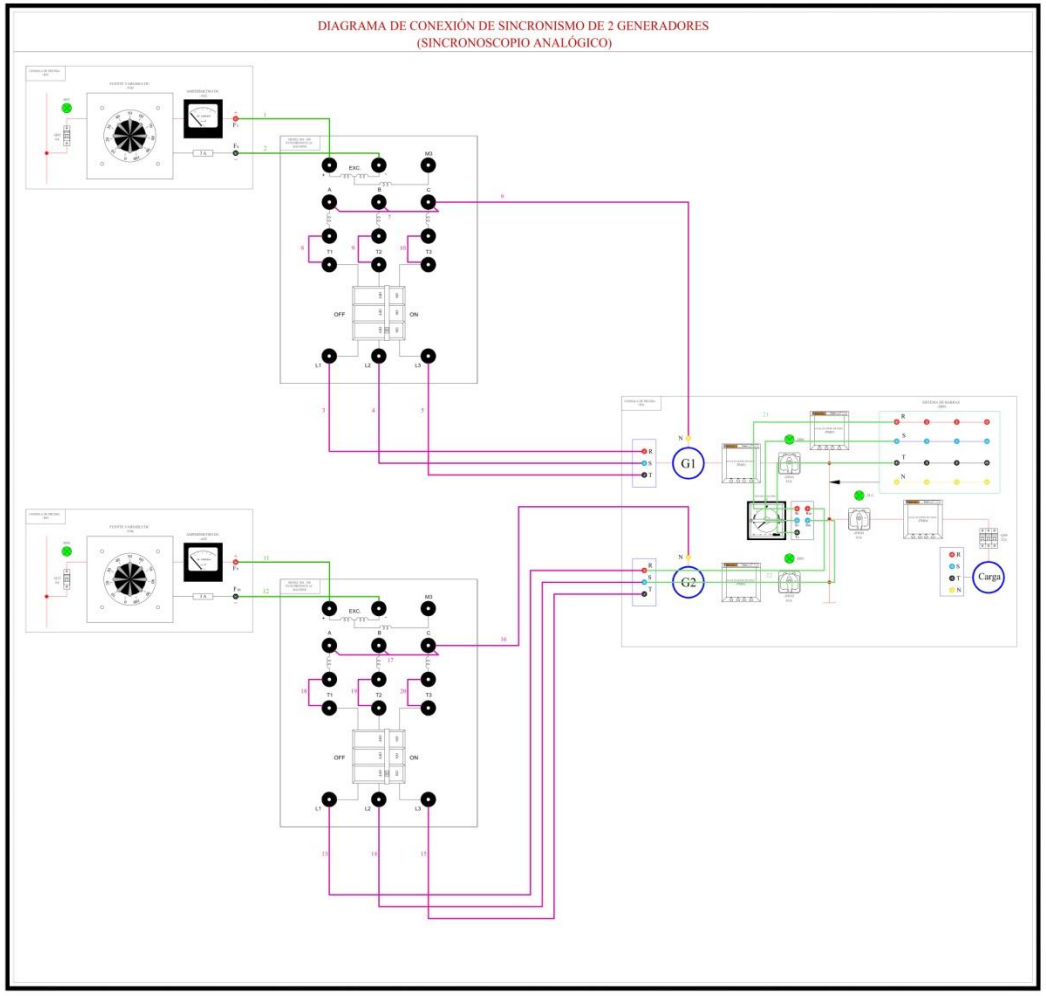
LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexion	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F7	DYN - 400	x	Alimentacion SHUNT de dinamometro
2	+R01	F8	DYN - 400	xx	Alimentacion SHUNT de dinamometro
3	+R01	F11	DYN - 400	+	Alimentacion principal de dinamometro
4	+R01	F12	DYN - 400	-	Alimentacion principal de dinamometro
5	DYN - 400	+	DYN - 400	A	Puente alimentacion armadura dinamometro
6	DYN - 400	-	DYN - 400	AA	Puente alimentacion armadura dinamometro

DIAGRAMA DE CONEXIONES:

PRÁCTICA #6.1

MÉTODOS DE SINCRONISMO DE GENERADORES: SINCRONOSCOPIO ANALÓGICO



LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexion	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F3	SM - 300	+	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
2	+R01	F4	SM - 300	-	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
3	+R01	R	SM - 300	L1	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L1
4	+R01	S	SM - 300	L2	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L2
5	+R01	T	SM - 300	L3	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L3
6	+R01	N	SM - 300	C	Punto estrella (Neutro)
7	SM - 300	A,B,C	SM - 300	A,B,C	Puentes punto estrella
8	SM - 300	T1	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L1
9	SM - 300	T2	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L2
10	SM - 300	T3	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L3
11	+R01	F9	SM - 300	+	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
12	+R01	F10	SM - 300	-	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
13	+R01	R	SM - 300	L1	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L1
14	+R01	S	SM - 300	L2	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L2
15	+R01	T	SM - 300	L3	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L3
16	+R01	N	SM - 300	C	Punto estrella (Neutro)
17	SM - 300	A,B,C	SM - 300	A,B,C	Puentes punto estrella
18	SM - 300	T1	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L1
19	SM - 300	T2	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L2
20	SM - 300	T3	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L3
21	+R01	RG,SG,TG	+R01	R,S,T,N	Conexion a juego de barras (RED)
22	+R01	RSB,SSB	+R01	R,S	Conexion a Generador que se conectara a RED

DIAGRAMA ELÉCTRICO TRIFÁSICO:

PRÁCTICA #6.1

MÉTODOS DE SINCRONISMO DE GENERADORES: SINCRONOSCOPIO ANALÓGICO

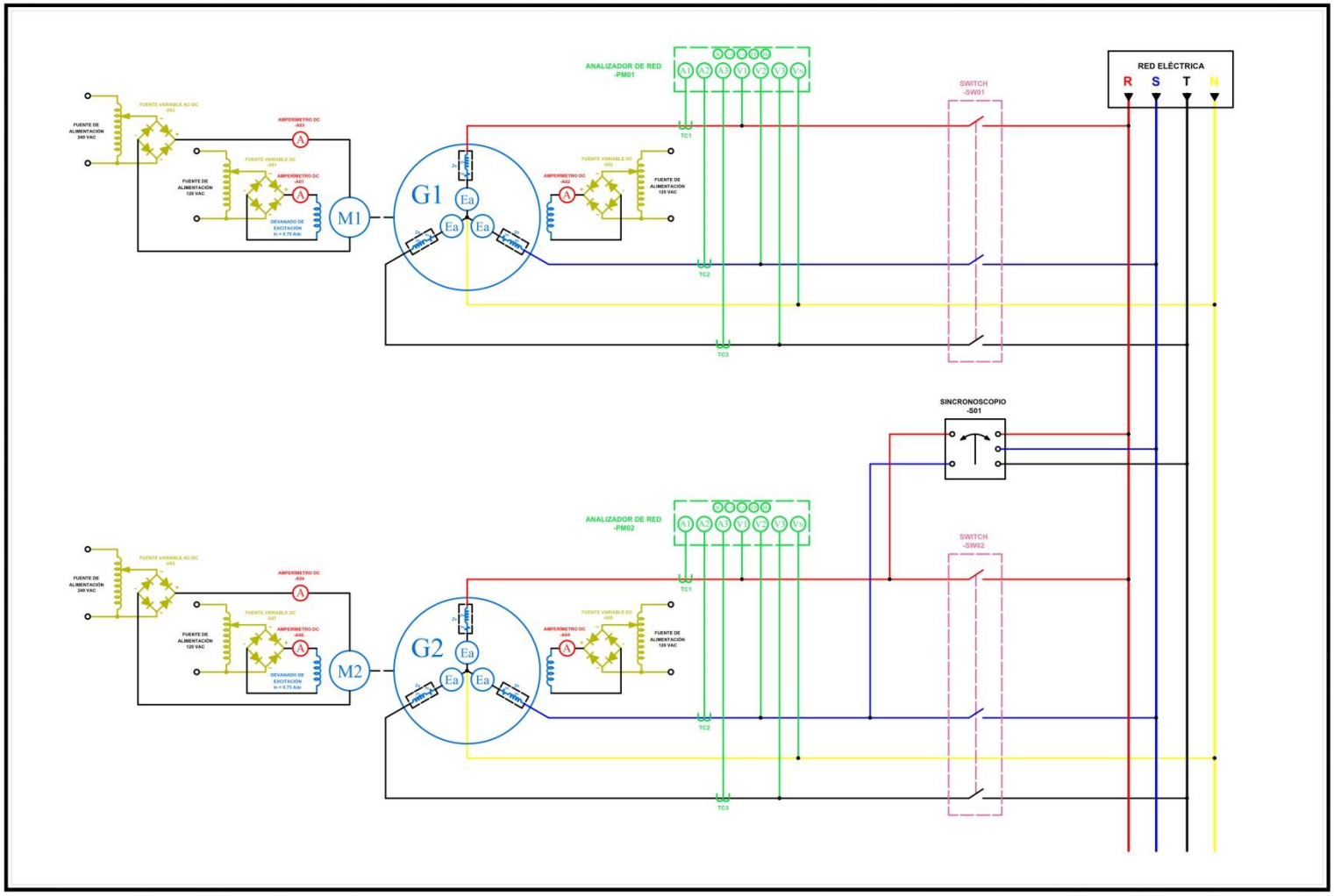
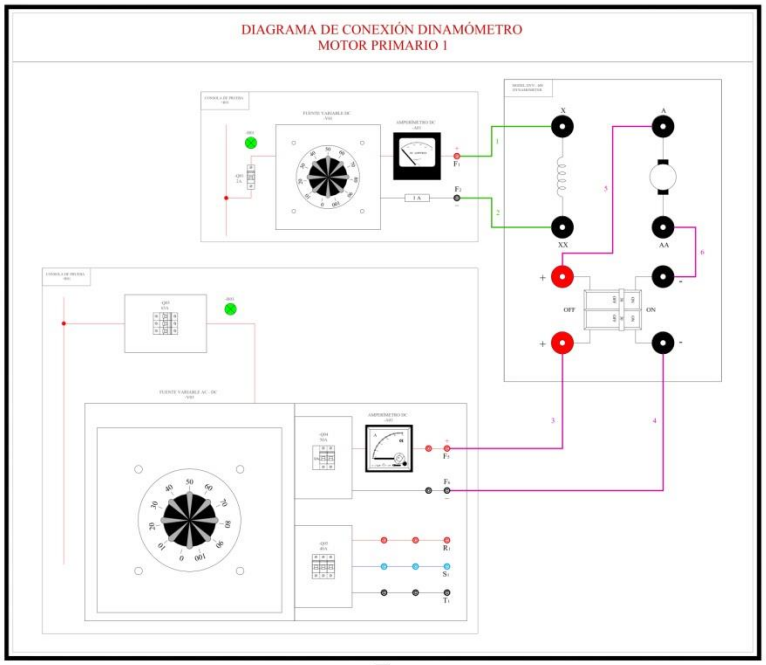


DIAGRAMA DE CONEXIONES:

PRÁCTICA #6.2

MÉTODOS DE SINCRONISMO DE GENERADORES: MÉTODO DE LAS LÁMPARAS APAGADAS

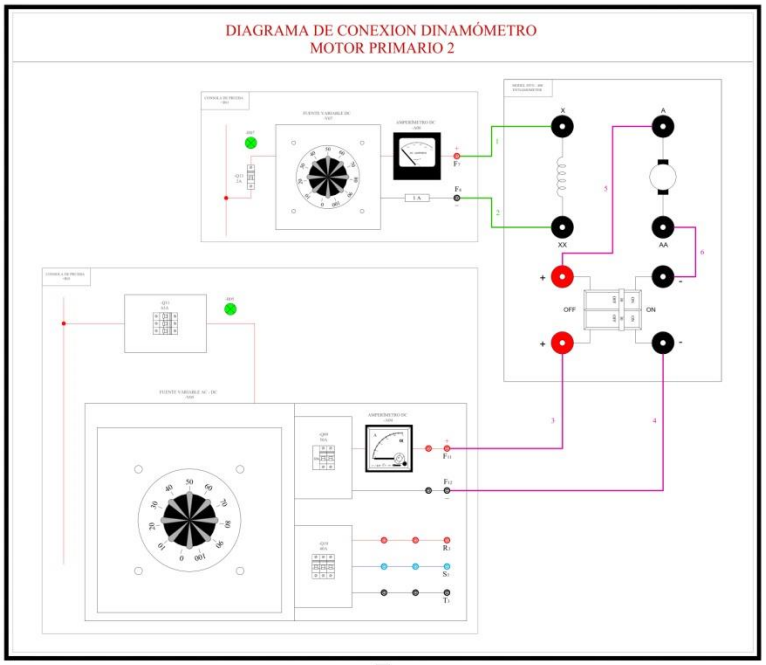
DIAGRAMA DE CONEXIÓN DINAMÓMETRO
MOTOR PRIMARIO 1



LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexión	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F1	DYN - 400	x	Alimentación SHUNT de dinamómetro
2	+R01	F2	DYN - 400	xx	Alimentación SHUNT de dinamómetro
3	+R01	F5	DYN - 400	+	Alimentación principal de dinamómetro
4	+R01	F6	DYN - 400	-	Alimentacion principal de dinamometro
5	DYN - 400	+	DYN - 400	A	Puente alimentación armadura dinamómetro
6	DYN - 400	-	DYN - 400	AA	Puente alimentación armadura dinamómetro

DIAGRAMA DE CONEXION DINAMÓMETRO
MOTOR PRIMARIO 2



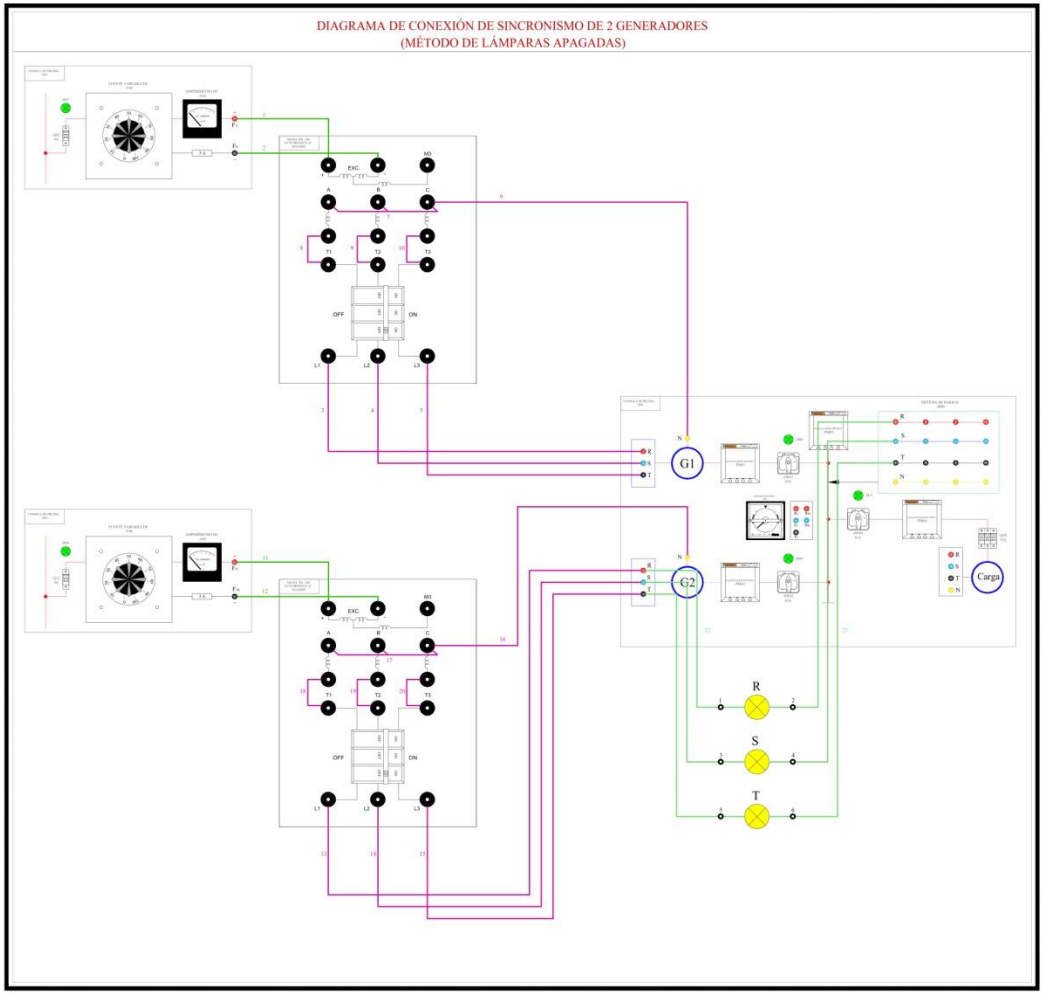
LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexion	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F7	DYN - 400	x	Alimentacion SHUNT de dinamometro
2	+R01	F8	DYN - 400	xx	Alimentacion SHUNT de dinamometro
3	+R01	F11	DYN - 400	+	Alimentacion principal de dinamometro
4	+R01	F12	DYN - 400	-	Alimentacion principal de dinamometro
5	DYN - 400	+	DYN - 400	A	Puente alimentacion armadura dinamometro
6	DYN - 400	-	DYN - 400	AA	Puente alimentacion armadura dinamometro

DIAGRAMA DE CONEXIONES:

PRÁCTICA #6.2

MÉTODOS DE SINCRONISMO DE GENERADORES: MÉTODO DE LAS LÁMPARAS APAGADAS



LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexion	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F3	SM - 300	+	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
2	+R01	F4	SM - 300	-	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
3	+R01	R	SM - 300	L1	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L1
4	+R01	S	SM - 300	L2	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L2
5	+R01	T	SM - 300	L3	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L3
6	+R01	N	SM - 300	C	Punto estrella (Neutro)
7	SM - 300	A,B,C	SM - 300	A,B,C	Puentes punto estrella
8	SM - 300	T1	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L1
9	SM - 300	T2	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L2
10	SM - 300	T3	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L3
11	+R01	F9	SM - 300	+	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
12	+R01	F10	SM - 300	-	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
13	+R01	R	SM - 300	L1	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L1
14	+R01	S	SM - 300	L2	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L2
15	+R01	T	SM - 300	L3	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L3
16	+R01	N	SM - 300	C	Punto estrella (Neutro)
17	SM - 300	A,B,C	SM - 300	A,B,C	Puentes punto estrella
18	SM - 300	T1	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L1
19	SM - 300	T2	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L2
20	SM - 300	T3	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L3
21	+R01	R,S,T	FOCOS	2,4,6	Conexión de lámparas para sincronismo
22	+R01	R,S,T	FOCOS	1,3,5	Conexión de lámparas para sincronismo

DIAGRAMA ELÉCTRICO TRIFÁSICO:

PRÁCTICA #6.2

MÉTODOS DE SINCRONISMO DE GENERADORES: MÉTODO DE LAS LÁMPARAS APAGADAS

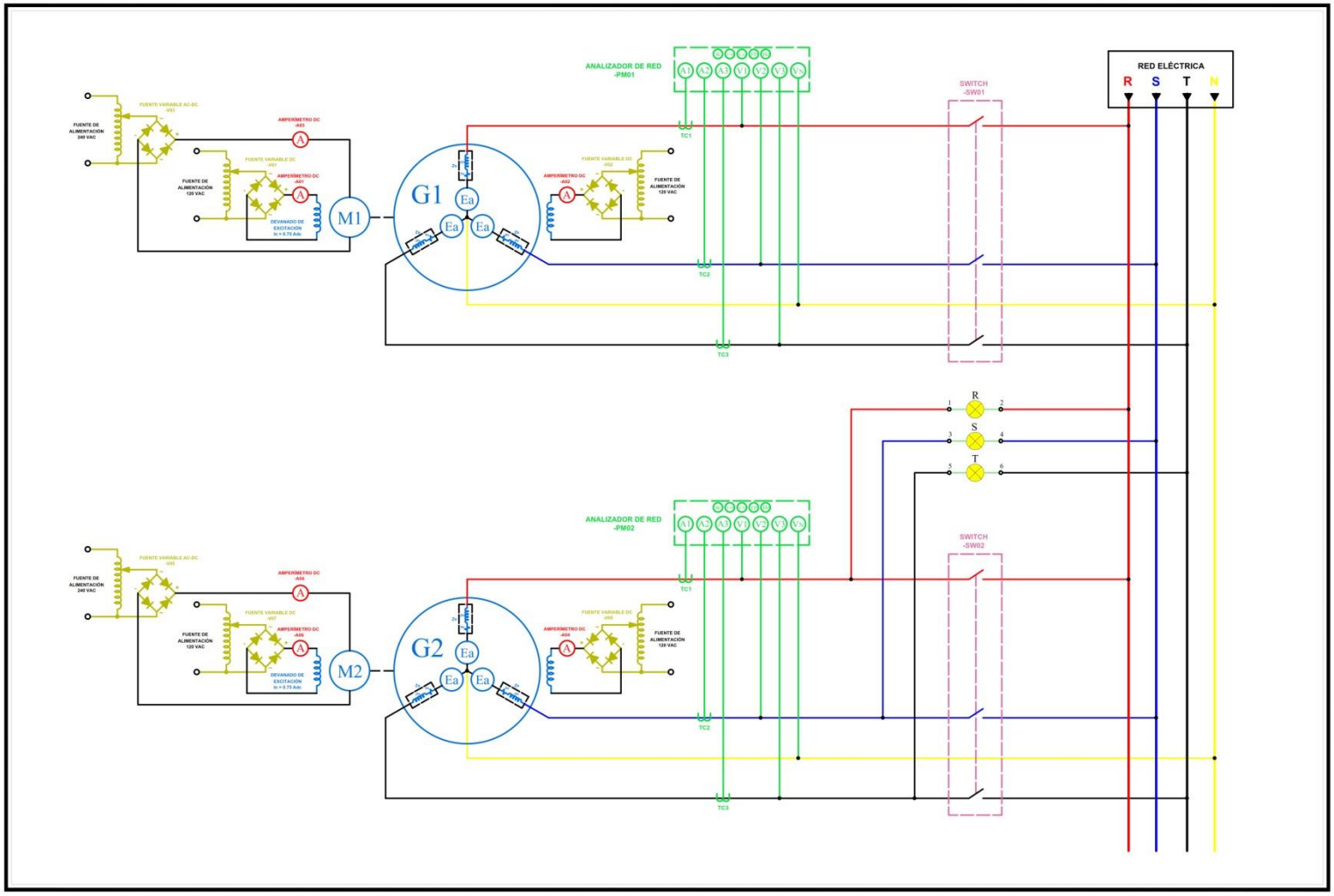
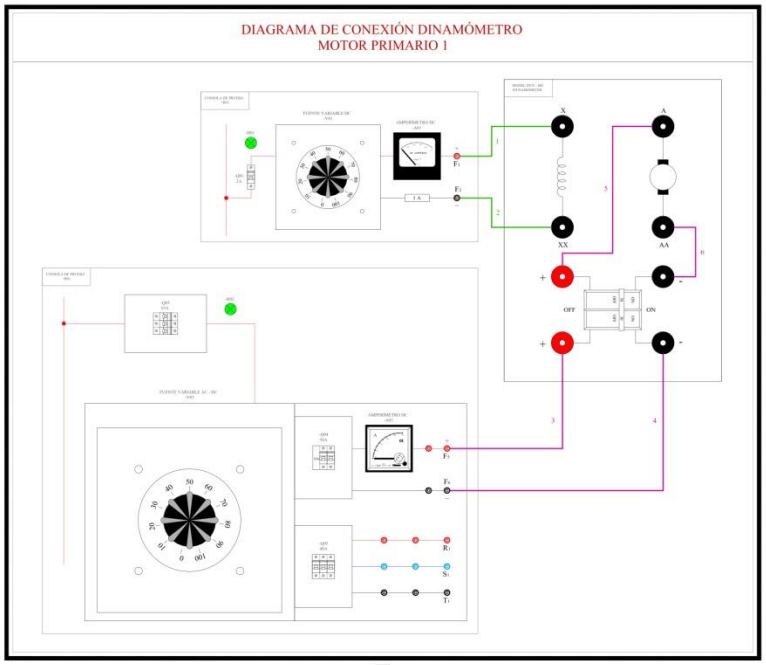


DIAGRAMA DE CONEXIONES:

PRÁCTICA #6.3

MÉTODOS DE SINCRONISMO DE GENERADORES: MÉTODO DE LAS LÁMPARAS ENCENDIDAS

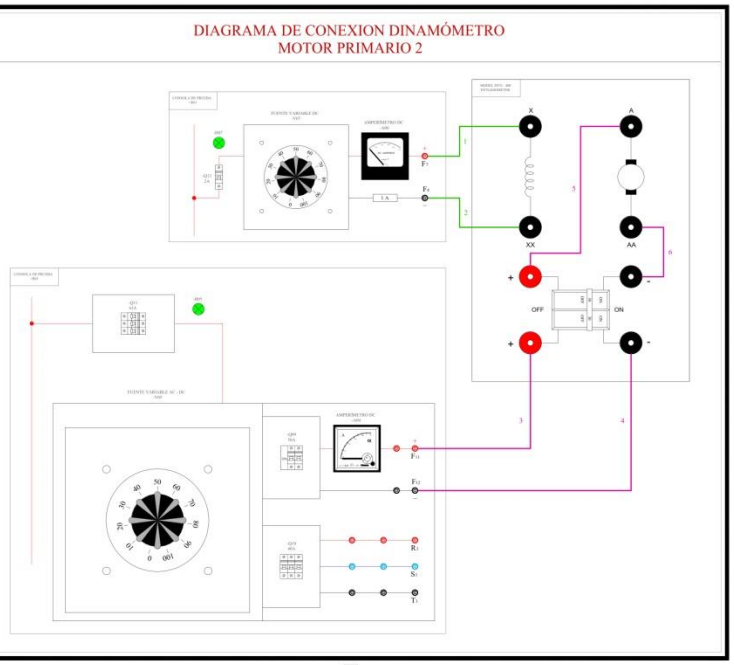
DIAGRAMA DE CONEXIÓN DINAMÓMETRO
MOTOR PRIMARIO 1



LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexión	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F1	DYN - 400	x	Alimentación SHUNT de dinamómetro
2	+R01	F2	DYN - 400	xx	Alimentación SHUNT de dinamómetro
3	+R01	F5	DYN - 400	+	Alimentación principal de dinamómetro
4	+R01	F6	DYN - 400	-	Alimentacion principal de dinamometro
5	DYN - 400	+	DYN - 400	A	Puente alimentación armadura dinamómetro
6	DYN - 400	-	DYN - 400	AA	Puente alimentación armadura dinamómetro

DIAGRAMA DE CONEXION DINAMÓMETRO
MOTOR PRIMARIO 2



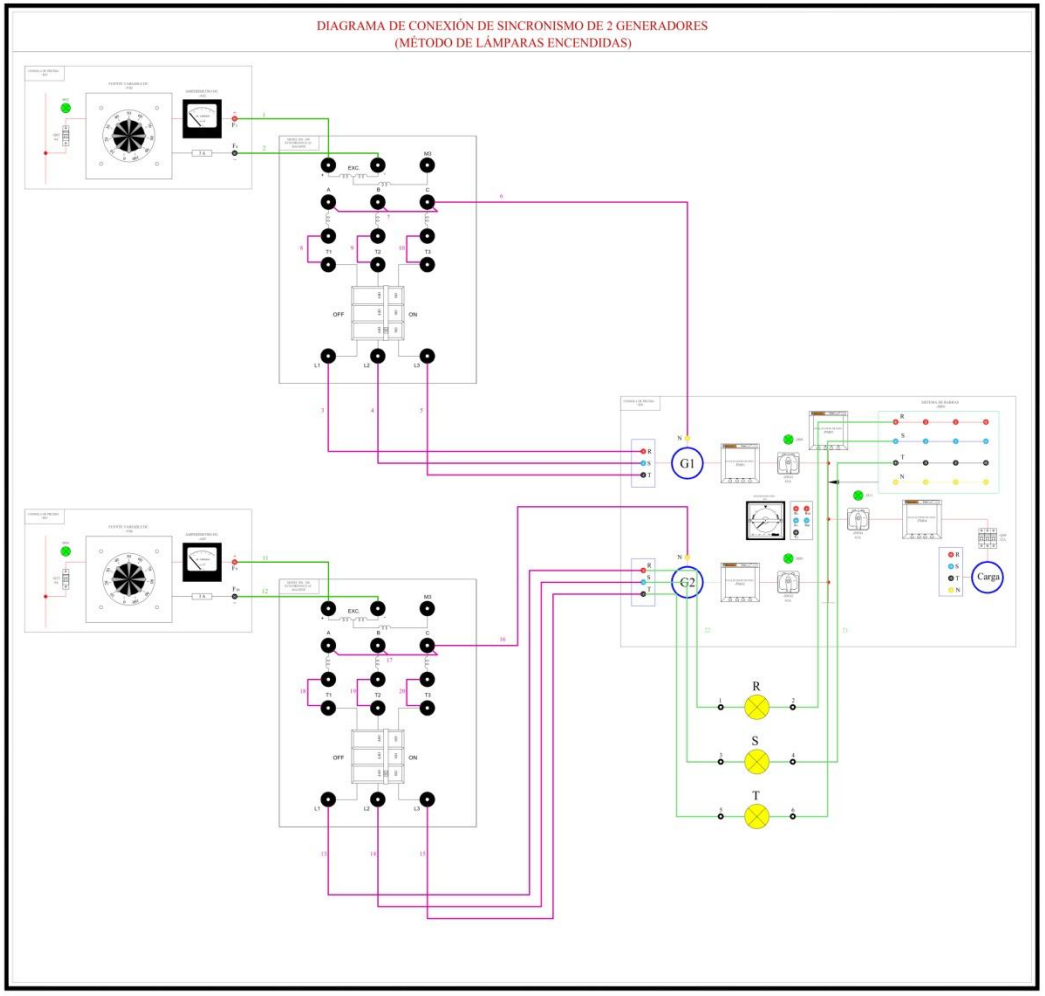
LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexion	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F7	DYN - 400	x	Alimentacion SHUNT de dinamometro
2	+R01	F8	DYN - 400	xx	Alimentacion SHUNT de dinamometro
3	+R01	F11	DYN - 400	+	Alimentacion principal de dinamometro
4	+R01	F12	DYN - 400	-	Alimentacion principal de dinamometro
5	DYN - 400	+	DYN - 400	A	Puente alimentacion armadura dinamometro
6	DYN - 400	-	DYN - 400	AA	Puente alimentacion armadura dinamometro

DIAGRAMA DE CONEXIONES:

PRÁCTICA #6.3

MÉTODOS DE SINCRONISMO DE GENERADORES: MÉTODO DE LAS LÁMPARAS ENCENDIDAS



LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexion	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F3	SM - 300	+	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
2	+R01	F4	SM - 300	-	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
3	+R01	R	SM - 300	L1	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L1
4	+R01	S	SM - 300	L2	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L2
5	+R01	T	SM - 300	L3	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L3
6	+R01	N	SM - 300	C	Punto estrella (Neutro)
7	SM - 300	A,B,C	SM - 300	A,B,C	Puentes punto estrella
8	SM - 300	T1	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L1
9	SM - 300	T2	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L2
10	SM - 300	T3	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L3
11	+R01	F9	SM - 300	+	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
12	+R01	F10	SM - 300	-	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
13	+R01	R	SM - 300	L1	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L1
14	+R01	S	SM - 300	L2	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L2
15	+R01	T	SM - 300	L3	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L3
16	+R01	N	SM - 300	C	Punto estrella (Neutro)
17	SM - 300	A,B,C	SM - 300	A,B,C	Puentes punto estrella
18	SM - 300	T1	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L1
19	SM - 300	T2	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L2
20	SM - 300	T3	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L3
21	+R01	R,S,T	FOCOS	2,6,4	Conexión de lámparas para sincronismo
22	+R01	R,S,T	FOCOS	1,3,5	Conexión de lámparas para sincronismo

DIAGRAMA ELÉCTRICO TRIFÁSICO:

PRÁCTICA #6.3

MÉTODOS DE SINCRONISMO DE GENERADORES: MÉTODO DE LAS LÁMPARAS ENCENDIDAS

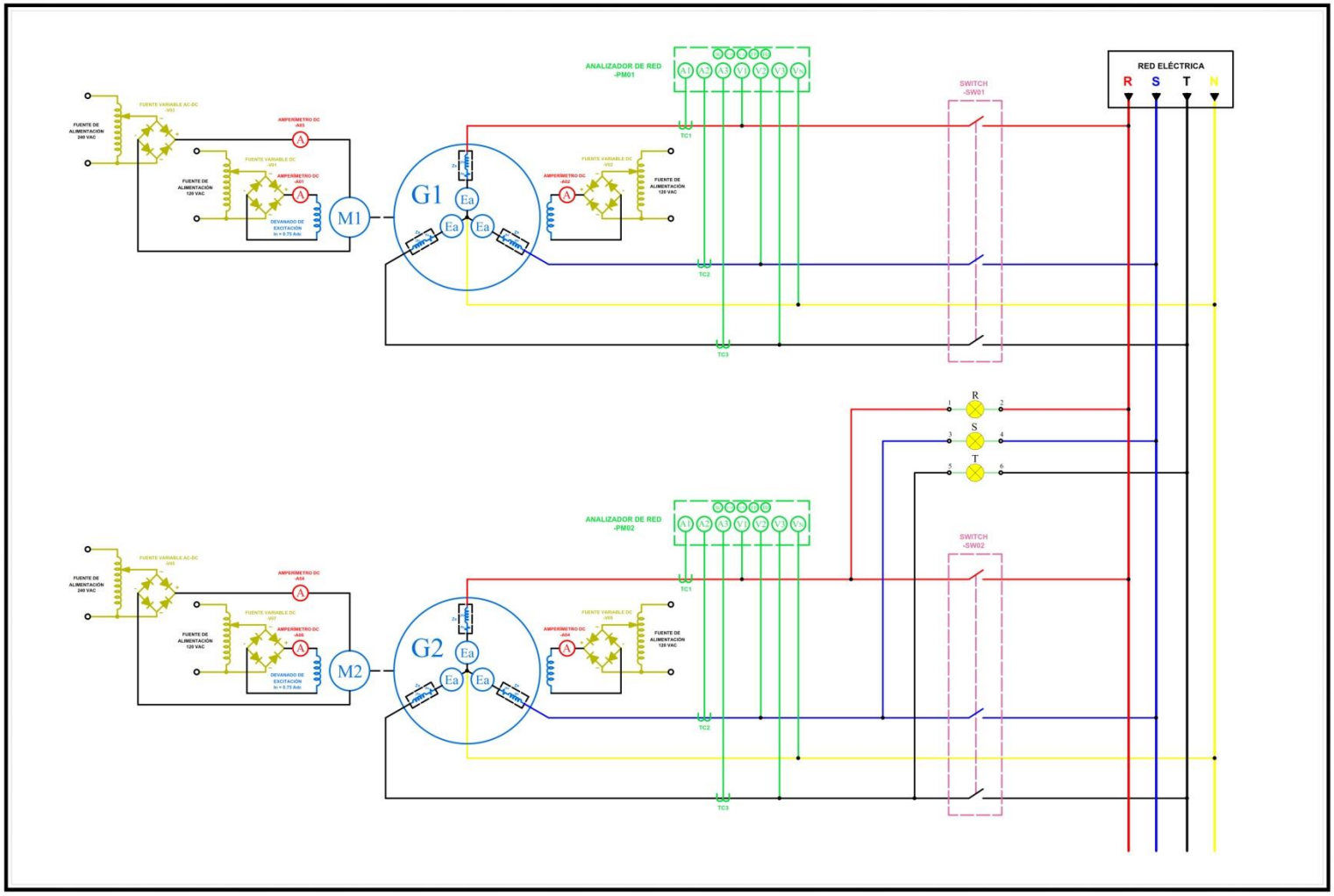
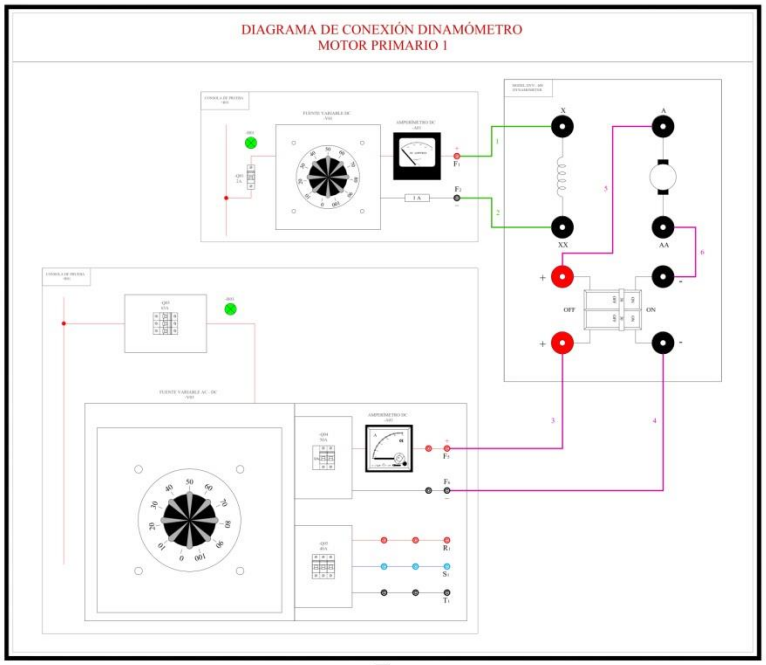


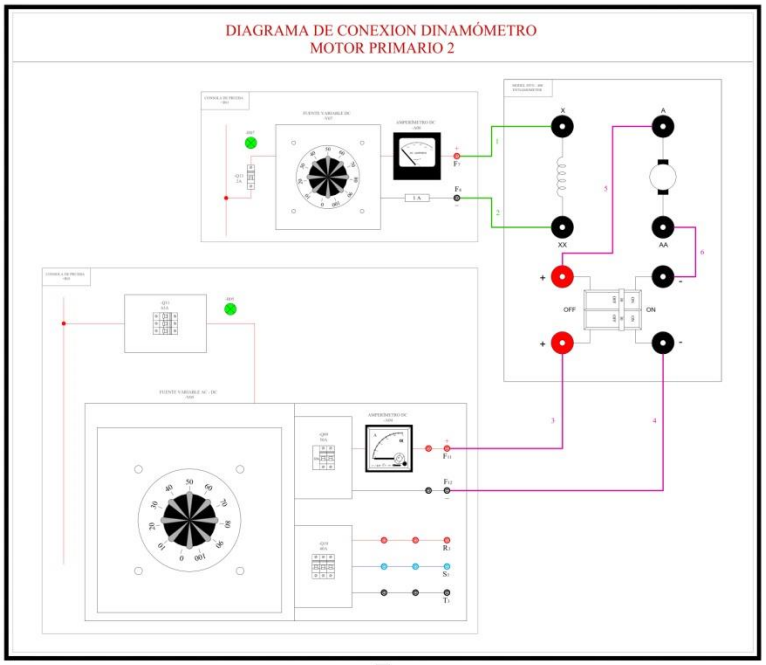
DIAGRAMA DE CONEXIONES:

PRÁCTICA #6.4
MÉTODOS DE SINCRONISMO DE GENERADORES: RELÉ DE SINCRONISMO



LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexión	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F1	DYN - 400	x	Alimentación SHUNT de dinamómetro
2	+R01	F2	DYN - 400	xx	Alimentación SHUNT de dinamómetro
3	+R01	F5	DYN - 400	+	Alimentación principal de dinamómetro
4	+R01	F6	DYN - 400	-	Alimentacion principal de dinamometro
5	DYN - 400	+	DYN - 400	A	Puente alimentación armadura dinamómetro
6	DYN - 400	-	DYN - 400	AA	Puente alimentación armadura dinamómetro

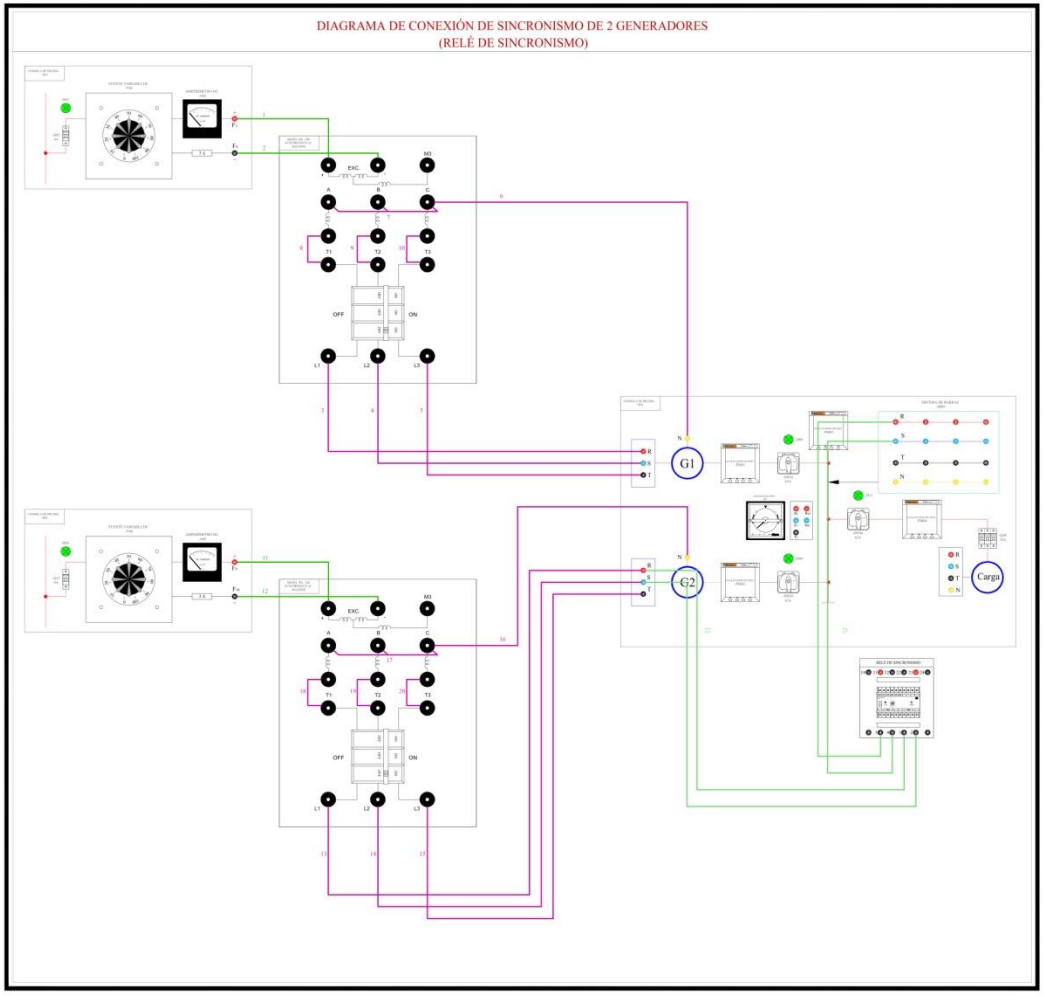


LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexion	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F7	DYN - 400	x	Alimentacion SHUNT de dinamometro
2	+R01	F8	DYN - 400	xx	Alimentacion SHUNT de dinamometro
3	+R01	F11	DYN - 400	+	Alimentacion principal de dinamometro
4	+R01	F12	DYN - 400	-	Alimentacion principal de dinamometro
5	DYN - 400	+	DYN - 400	A	Puente alimentacion armadura dinamometro
6	DYN - 400	-	DYN - 400	AA	Puente alimentacion armadura dinamometro

DIAGRAMA DE CONEXIONES:

PRÁCTICA #6.4
MÉTODOS DE SINCRONISMO DE GENERADORES: RELÉ DE SINCRONISMO



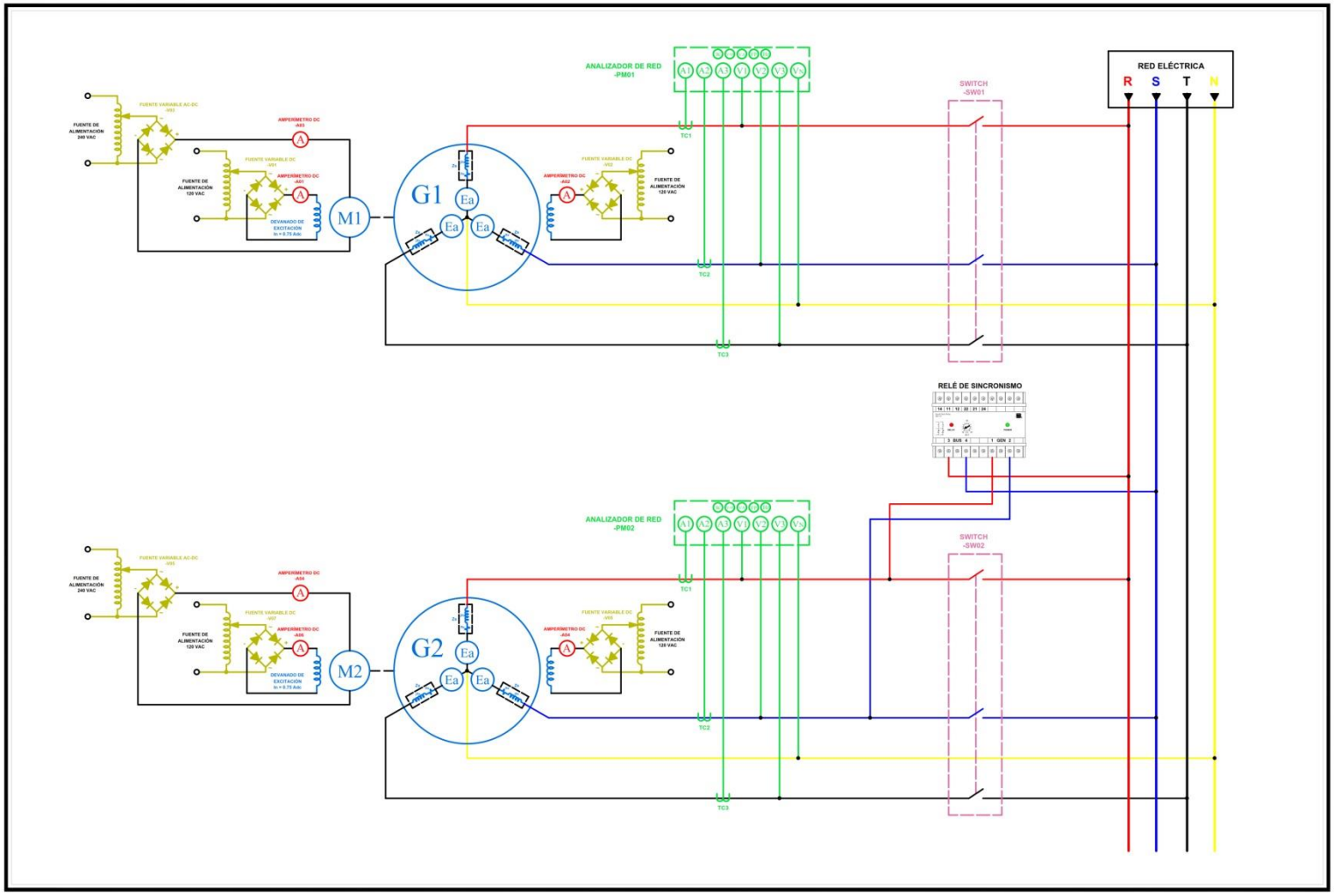
LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexion	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F3	SM - 300	+	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
2	+R01	F4	SM - 300	-	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
3	+R01	R	SM - 300	L1	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L1
4	+R01	S	SM - 300	L2	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L2
5	+R01	T	SM - 300	L3	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L3
6	+R01	N	SM - 300	C	Punto estrella (Neutro)
7	SM - 300	A,B,C	SM - 300	A,B,C	Puentes punto estrella
8	SM - 300	T1	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L1
9	SM - 300	T2	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L2
10	SM - 300	T3	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L3
11	+R01	F9	SM - 300	+	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
12	+R01	F10	SM - 300	-	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
13	+R01	R	SM - 300	L1	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L1
14	+R01	S	SM - 300	L2	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L2
15	+R01	T	SM - 300	L3	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L3
16	+R01	N	SM - 300	C	Punto estrella (Neutro)
17	SM - 300	A,B,C	SM - 300	A,B,C	Puentes punto estrella
18	SM - 300	T1	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L1
19	SM - 300	T2	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L2
20	SM - 300	T3	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L3
21	+R01	R,S	RELÉ	3,4	Conexión desde la red
22	+R01	R,S	RELÉ	1,2	Conexión desde el relé

DIAGRAMA ELÉCTRICO TRIFÁSICO:

PRÁCTICA #6.4

MÉTODOS DE SINCRONISMO DE GENERADORES: RELÉ DE SINCRONISMO



6.7. **Práctica #7:** Sincronismo de dos generadores con la RED. Distribución de carga: Potencia Activa y Potencia Reactiva.

6.7.1. Datos informativos.

a. Materia: Máquinas II

b. Práctica: N° 7

c. Número de estudiantes: 6

d. Nombre del docente: Ing. Carlos Chávez

e. Tiempo estimado: 2 horas

6.7.2. Datos de la práctica.

f. Tema: Sincronismo de dos generadores con la RED. Distribución de carga: Potencia Activa y Potencia Reactiva.

g. Objetivo general.

- ✓ Sincronizar dos generadores trifásicos con una barra infinita.

h. Objetivos específicos.

- ✓ Distribuir la carga en dos generadores sincrónicos trifásicos.
- ✓ Determinar las pendientes de operación, Frecuencia – Potencia activa y Tensión Terminal – Potencia Reactiva en un generador síncrono trifásico Utilizar un relé de sincronismo para sincronizar un generador síncrono.
- ✓ Conocer el comportamiento de un generador síncrono trifásico, funcionando en paralelo, al variar en uno de ellos la velocidad.
- ✓ Conocer el comportamiento de un generador síncrono trifásico, funcionando en paralelo, al variar en uno de ellos la corriente de campo.

i. Marco teórico.

- ✓ Sincronismo de generadores trifásicos
- ✓ Lazos de control para distribución de carga.

j. Marco procedimental.

- ✓ Analizar el diagrama eléctrico de acuerdo a la prueba a realizar.
- ✓ Revisar el diagrama de conexiones de acuerdo a la prueba a realizar.
- ✓ Utilizar el banco de pruebas para máquina síncrona e implementar el diagrama de conexiones.
- ✓ Regular los valores de voltaje del módulo correspondiente a la empresa eléctrica (voltaje de barras).
- ✓ Poner en marcha el dinamómetro (Motor Primario) y regular la velocidad hasta obtener la velocidad nominal.
- ✓ Variar la corriente de campo (I_F) hasta igualar el voltaje generado con el voltaje en las barras.
- ✓ Sincronizar el primer generador con la barra infinita.
- ✓ Desconectar la empresa eléctrica dejar la carga al generador No. 1
- ✓ Poner en marcha el segundo dinamómetro y regular la velocidad hasta obtener la velocidad nominal.
- ✓ Variar la corriente de campo (I_F) hasta igualar el voltaje generado con el voltaje en las barras.
- ✓ Sincronizar el segundo generador con las barras.
- ✓ Realizar la distribución de la carga.

k. Recursos utilizados (equipos y accesorios).

- ✓ Banco de pruebas para máquina síncrona.
- ✓ 2 Dinamómetro DYN-400.
- ✓ 2 Máquina síncrona SM-300.
- ✓ 2 Acoplador (Matrimonio).
- ✓ 6 Fuentes variables DC.
- ✓ Instrumentación para medición de corriente (DC)
- ✓ Luces de sincronismo
- ✓ Cables de laboratorio
- ✓ Protecciones de los equipos del banco de pruebas. Breakers y fusibles.

l. Registro de resultados.

- ✓ Archivo fotográfico
- ✓ Cuestionario de Preguntas.
- ✓ Observaciones, comentarios, conclusiones.

m. Anexos.

- ✓ Diagrama de Conexiones.
- ✓ Diagrama eléctrico por fase.
- ✓ Tabla de registros.

n. Bibliografía utilizada.

- ✓ Steven J. Chapman, (2007). Máquinas Eléctricas, McGraw-Hill Interamericana.
- ✓ TUVERAS, (2015). Recuperado el 12 de Noviembre, de http://www.tuveras.com/acoplamientoms/acoplamientoms.htm

o. Cronograma / Calendario.

- ✓ De acuerdo a la planificación del docente.

p. Registro y resultados.

6.7.3. Cuestionario.

- ✓ Explique ¿por qué se debe actuar simultáneamente sobre los controles de velocidad de los generadores para regular la distribución de potencia activa?
- ✓ cuáles son las condiciones que deben cumplir dos generadores síncronos trifásicos para que puedan trabajar en sincronismo (Paralelo).
- ✓ ¿En qué consiste la prueba de luces apagadas? Explique qué sucede durante la prueba.
- ✓ ¿Qué otra prueba se puede realizar con las luces de sincronismo?, explique.
- ✓ ¿Cuál es el funcionamiento del Sincronoscopio?
- ✓ ¿Explique qué experiencia tuvo durante el desarrollo de la práctica. ¿Qué fue lo más significativo para usted?

6.7.4. Anexos.

- ✓ Sin anexo.

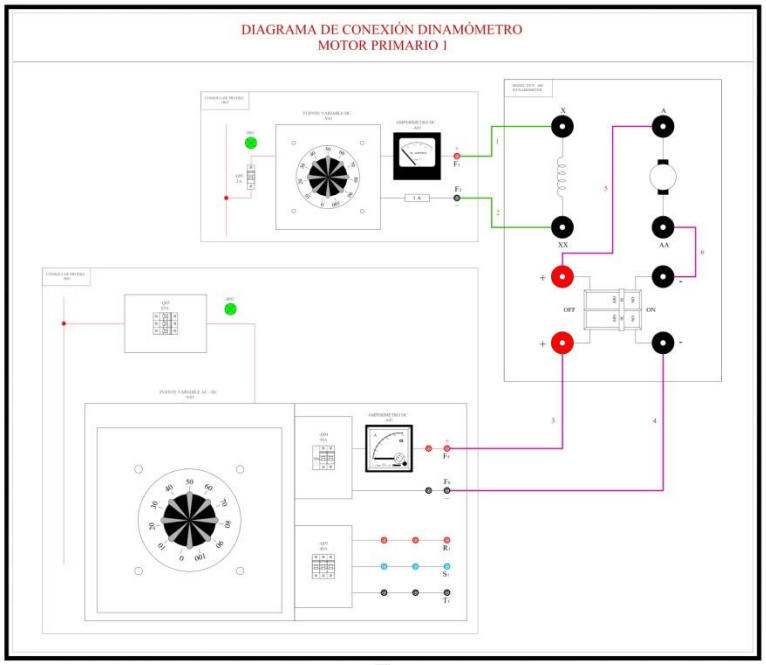
6.7.5. Proyecto.

- ✓ Investigar otros métodos de sincronismo de generadores y elabore los diagramas eléctricos de los mismos.

DIAGRAMA DE CONEXIONES:

PRÁCTICA #7
SINCRONISMO DE DOS GENERADORES CON LA RED. DISTRIBUCIÓN DE CARGA: POTENCIA ACTIVA Y POTENCIA REACTIVA

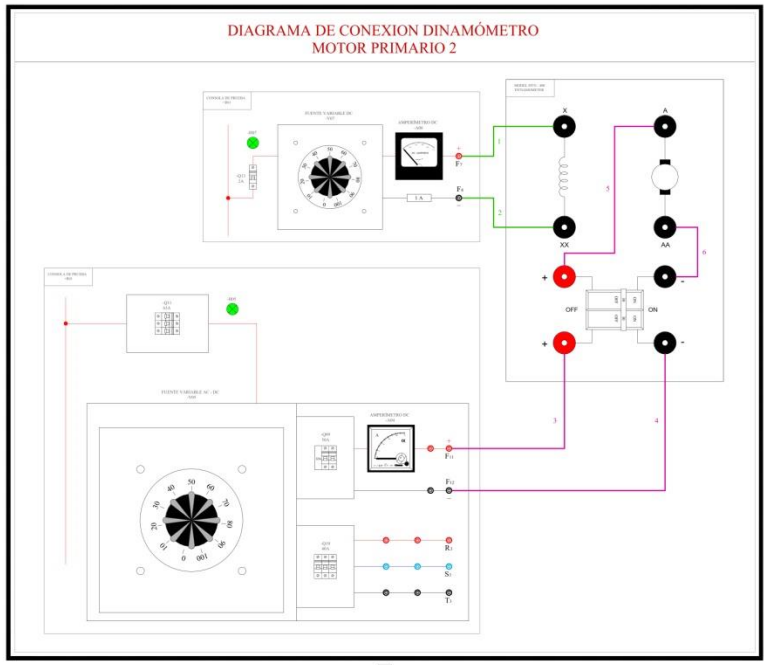
DIAGRAMA DE CONEXIÓN DINAMÓMETRO
MOTOR PRIMARIO 1



LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexión	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F1	DYN - 400	x	Alimentación SHUNT de dinamómetro
2	+R01	F2	DYN - 400	xx	Alimentación SHUNT de dinamómetro
3	+R01	F5	DYN - 400	+	Alimentación principal de dinamómetro
4	+R01	F6	DYN - 400	-	Alimentacion principal de dinamometro
5	DYN - 400	+	DYN - 400	A	Puente alimentación armadura dinamómetro
6	DYN - 400	-	DYN - 400	AA	Puente alimentación armadura dinamómetro

DIAGRAMA DE CONEXION DINAMÓMETRO
MOTOR PRIMARIO 2



LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexion	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F7	DYN - 400	x	Alimentacion SHUNT de dinamometro
2	+R01	F8	DYN - 400	xx	Alimentacion SHUNT de dinamometro
3	+R01	F11	DYN - 400	+	Alimentacion principal de dinamometro
4	+R01	F12	DYN - 400	-	Alimentacion principal de dinamometro
5	DYN - 400	+	DYN - 400	A	Puente alimentacion armadura dinamometro
6	DYN - 400	-	DYN - 400	AA	Puente alimentacion armadura dinamometro

DIAGRAMA DE CONEXIONES:

PRÁCTICA #7
SINCRONISMO DE DOS GENERADORES CON LA RED. DISTRIBUCIÓN DE CARGA: POTENCIA ACTIVA Y POTENCIA REACTIVA

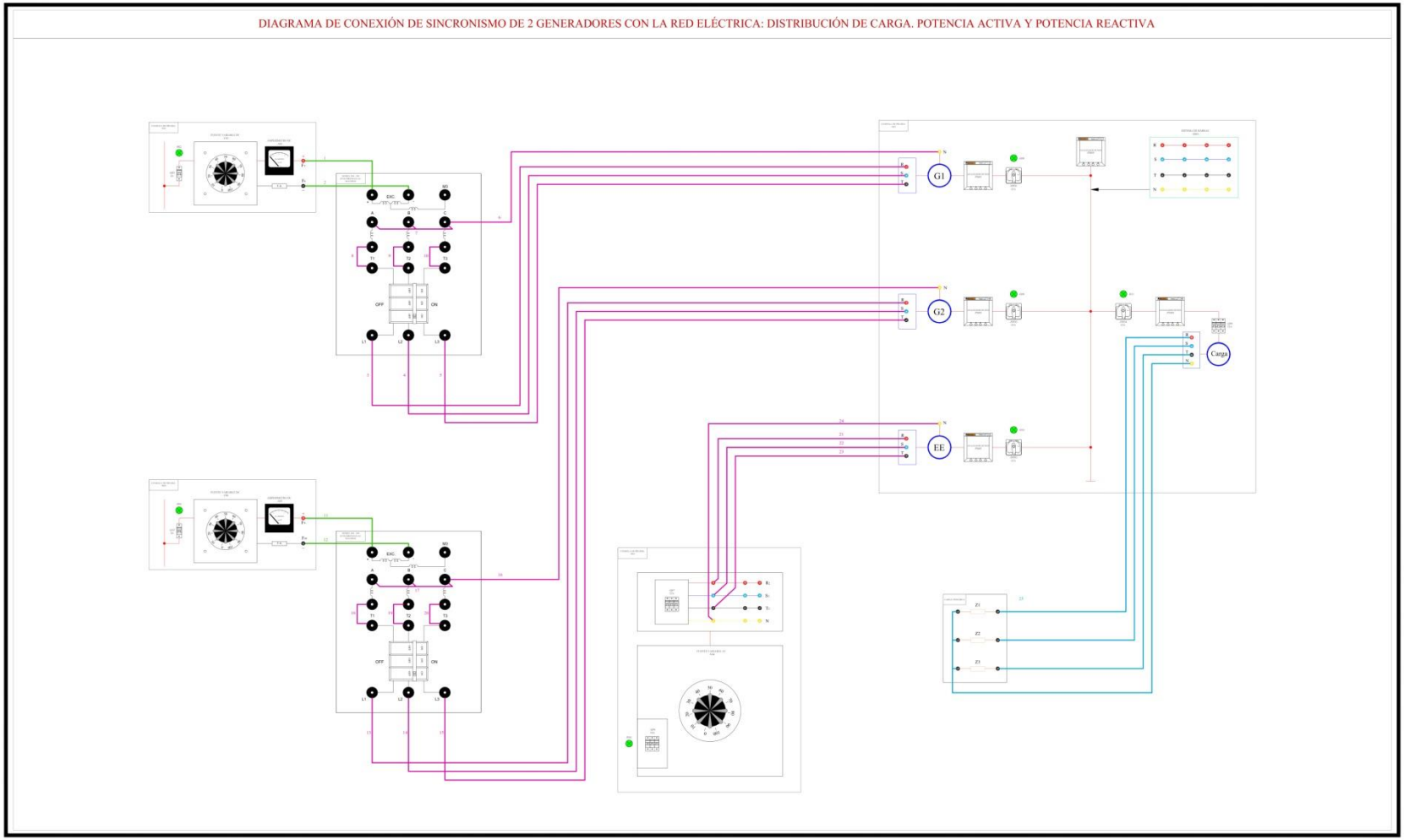


DIAGRAMA DE CONEXIONES:

PRÁCTICA #7

SINCRONISMO DE DOS GENERADORES CON LA RED. DISTRIBUCIÓN DE CARGA: POTENCIA ACTIVA Y POTENCIA REACTIVA

LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexion	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F3	SM - 300	+	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
2	+R01	F4	SM - 300	-	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
3	+R01	R	SM - 300	L1	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L1
4	+R01	S	SM - 300	L2	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L2
5	+R01	T	SM - 300	L3	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L3
6	+R01	N	SM - 300	C	Punto estrella (Neutro)
7	SM - 300	A,B,C	SM - 300	A,B,C	Puentes punto estrella
8	SM - 300	T1	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L1
9	SM - 300	T2	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L2
10	SM - 300	T3	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L3
11	+R01	F9	SM - 300	+	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
12	+R01	F10	SM - 300	-	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
13	+R01	R	SM - 300	L1	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L1
14	+R01	S	SM - 300	L2	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L2
15	+R01	T	SM - 300	L3	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L3
16	+R01	N	SM - 300	C	Punto estrella (Neutro)
17	SM - 300	A,B,C	SM - 300	A,B,C	Puentes punto estrella
18	SM - 300	T1	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L1
19	SM - 300	T2	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L2
20	SM - 300	T3	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L3

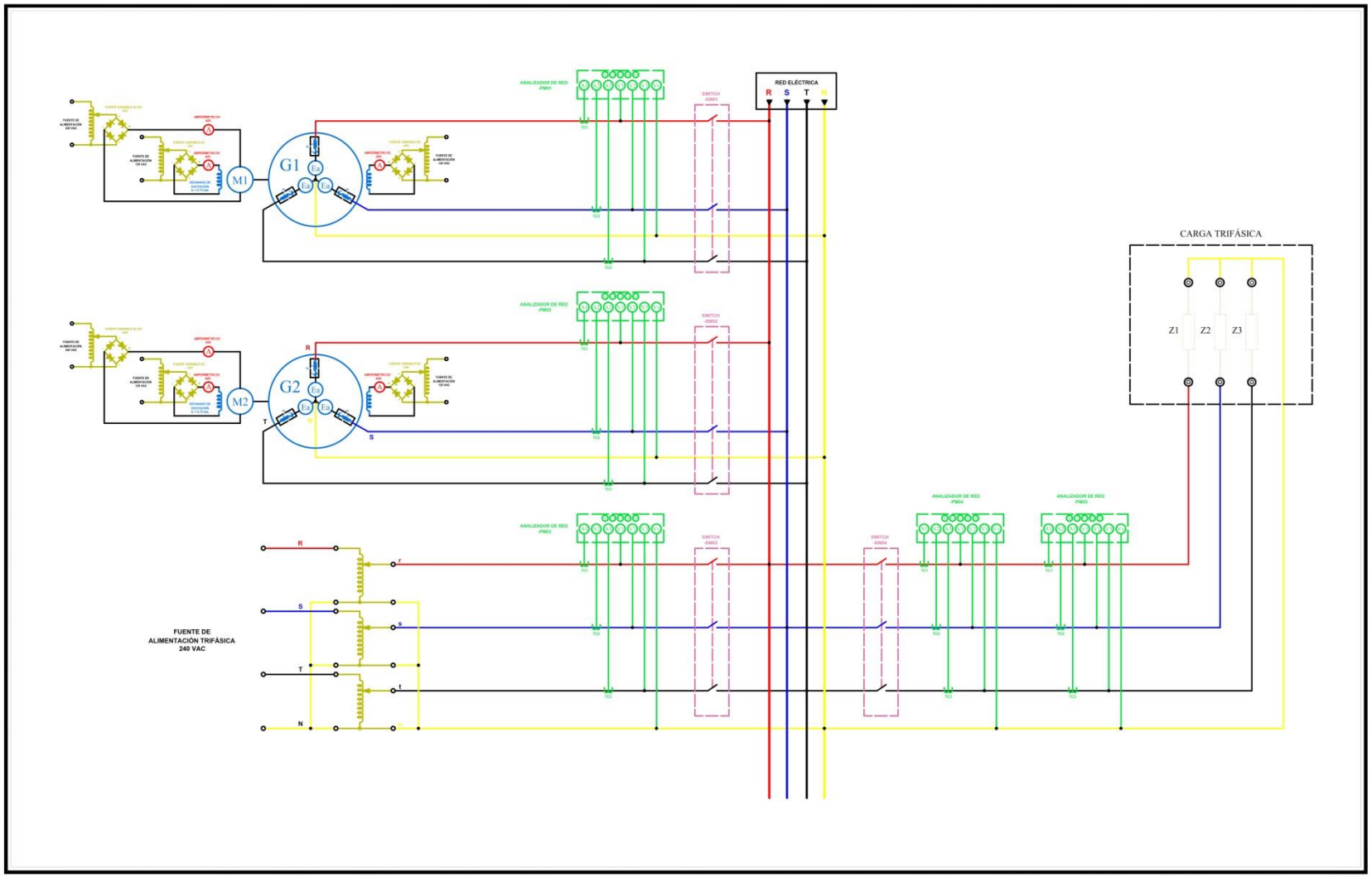
LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexion	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
21	+R01	R2	+R01	R	Salida de Empresa Eléctrica L1
22	+R01	S2	+R01	S	Salida de Empresa Eléctrica L2
23	+R01	T2	+R01	T	Salida de Empresa Eléctrica L3
24	+R01	N	+R01	N	Salida de Empresa Eléctrica N
25	+R01	R,S,T,N	+R01	R,S,T,N	Conexión a la carga

DIAGRAMA ELÉCTRICO POR FASE:

PRÁCTICA #7

SINCRONISMO DE DOS GENERADORES CON LA RED. DISTRIBUCIÓN DE CARGA: POTENCIA ACTIVA Y POTENCIA REACTIVA



PENDIENTE DE OPERACIÓN (m f vs P)

MOTOR PRIMARIO			GENERADOR				
n [rpm]	ω [rad/seg]	f [Hz]	VF [V]	IF [A]	VT [V]	IL [A]	P [W]

PENDIENTE DE OPERACIÓN (m VT vs Q)

MOTOR PRIMARIO			GENERADOR				
n [rpm]	ω [rad/seg]	f [Hz]	VF [V]	IF [A]	VT [V]	IL [A]	Q [W]

6.8. Práctica #8: Sincronismo de dos generadores con la RED. Protección de potencia (32). Generador motorizado

6.8.1. Datos informativos.

a. Materia: Máquinas II

b. Práctica: N° 8

c. Número de estudiantes: 6

d. Nombre del docente: Ing. Carlos Chávez

e. Tiempo estimado: 2 horas

6.8.2. Datos de la práctica.

f. Tema: Sincronismo de dos generadores con la RED. Protección de potencia (32). Generador motorizado.

g. Objetivo general.

Aplicar la protección de potencia inversa en dos generadores sincronizados con la red infinita.

h. Objetivos específicos.

- ✓ Conocer las características de la protección de potencia inversa.
- ✓ Aprender a calibrar el relé de potencia inversa.

i. Marco teórico.

- ✓ Sincronismo de generadores trifásicos
- ✓ Protección de potencia inversa.

j. Marco procedimental.

- ✓ Analizar el diagrama eléctrico de acuerdo a la prueba a realizar.
- ✓ Revisar el diagrama de conexiones de acuerdo a la prueba a realizar.

- ✓ Utilizar el banco de pruebas para máquina síncrona e implementar el diagrama de conexiones.
- ✓ Sincronizar los dos generadores con las barras alimentando una carga.
- ✓ Realizar la distribución de la carga repartida de manera proporcional entre el Generador 1, el Generador 2 y la Empresa Eléctrica.
- ✓ Disminuir el valor del voltaje de campo del generador 1 y la velocidad del motor primario 1 hasta el generador esté motorizado

k. Recursos utilizados (equipos y accesorios).

- ✓ Banco de pruebas para máquina síncrona.
- ✓ 2 Dinamómetro DYN-400.
- ✓ 2 Máquina síncrona SM-300.
- ✓ 2 Acoplador (Matrimonio).
- ✓ 6 Fuentes variables DC.
- ✓ Instrumentación para medición de corriente (DC)
- ✓ Relé de potencia inversa #1
- ✓ Relé de potencia inversa #2
- ✓ Relé de potencia inversa #3
- ✓ Luces de sincronismo
- ✓ Cables de laboratorio
- ✓ Protecciones de los equipos del banco de pruebas. Breakers y fusibles.

l. Registro de resultados.

- ✓ Archivo fotográfico
- ✓ Cuestionario de Preguntas.

- ✓ Observaciones, comentarios, conclusiones.

m. Anexos.

- ✓ Diagrama de Conexiones.
- ✓ Diagrama eléctrico por fase.

n. Bibliografía utilizada.

- ✓ Steven J. Chapman, (2007). Máquinas Eléctricas, McGraw-Hill Interamericana.
- ✓ Wikipedia, (2014). ANSI device numbers. Recuperado el 20 de Diciembre, de http://en.wikipedia.org/wiki/ANSI_device_numbers

o. Cronograma / Calendario.

- ✓ De acuerdo a la planificación del docente.

p. Registro y resultados.

6.8.3. Cuestionario.

- ✓ Explique en qué casos se usa la protección de potencia inversa.
- ✓ ¿Qué significa que el generador esté motorizado?

6.8.4. Anexos.

- ✓ Sin anexo.

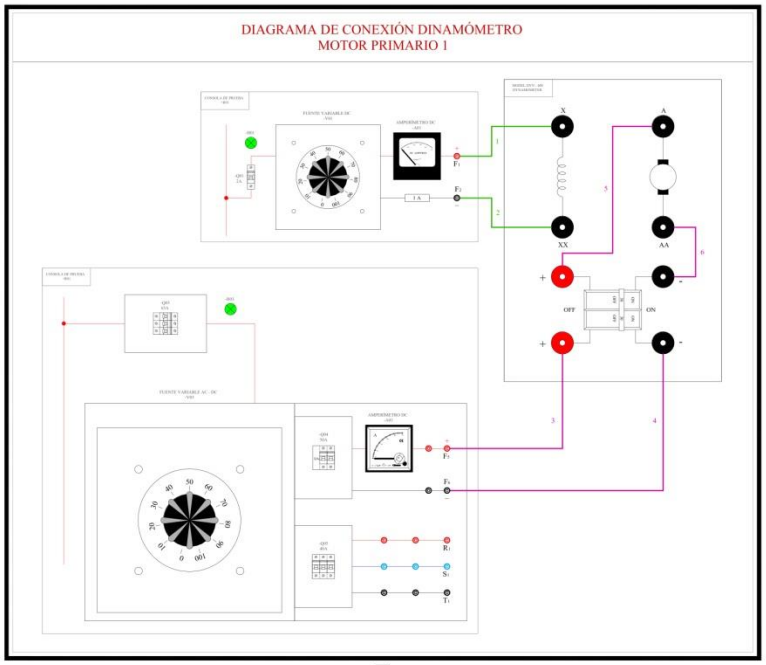
6.8.5. Proyecto.

- ✓ Investigar los tipos de protecciones que se le deben aplicar a un generador.

DIAGRAMA DE CONEXIONES:

PRÁCTICA #8
SINCRONISMO DE DOS GENERADORES CON LA RED.
PROTECCIÓN DE POTENCIA INVERSA (32). GENERADOR MOTORIZADO

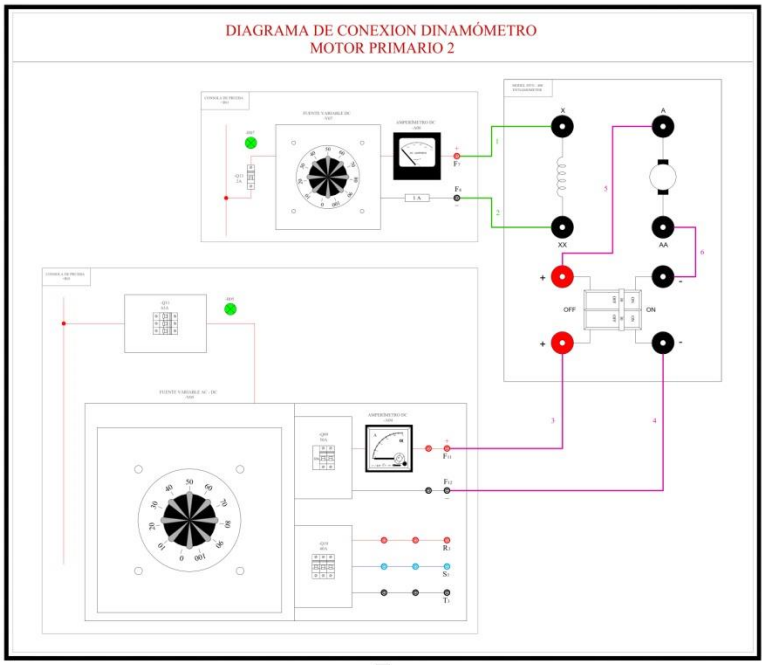
DIAGRAMA DE CONEXIÓN DINAMÓMETRO
MOTOR PRIMARIO 1



LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexión	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F1	DYN - 400	x	Alimentación SHUNT de dinamómetro
2	+R01	F2	DYN - 400	xx	Alimentación SHUNT de dinamómetro
3	+R01	F5	DYN - 400	+	Alimentación principal de dinamómetro
4	+R01	F6	DYN - 400	-	Alimentacion principal de dinamometro
5	DYN - 400	+	DYN - 400	A	Puente alimentación armadura dinamómetro
6	DYN - 400	-	DYN - 400	AA	Puente alimentación armadura dinamómetro

DIAGRAMA DE CONEXION DINAMÓMETRO
MOTOR PRIMARIO 2



LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexion	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F7	DYN - 400	x	Alimentacion SHUNT de dinamometro
2	+R01	F8	DYN - 400	xx	Alimentacion SHUNT de dinamometro
3	+R01	F11	DYN - 400	+	Alimentacion principal de dinamometro
4	+R01	F12	DYN - 400	-	Alimentacion principal de dinamometro
5	DYN - 400	+	DYN - 400	A	Puente alimentacion armadura dinamometro
6	DYN - 400	-	DYN - 400	AA	Puente alimentacion armadura dinamometro

DIAGRAMA DE CONEXIONES:

PRÁCTICA #8
SINCRONISMO DE DOS GENERADORES CON LA RED.
PROTECCIÓN DE POTENCIA INVERSA (32). GENERADOR MOTORIZADO

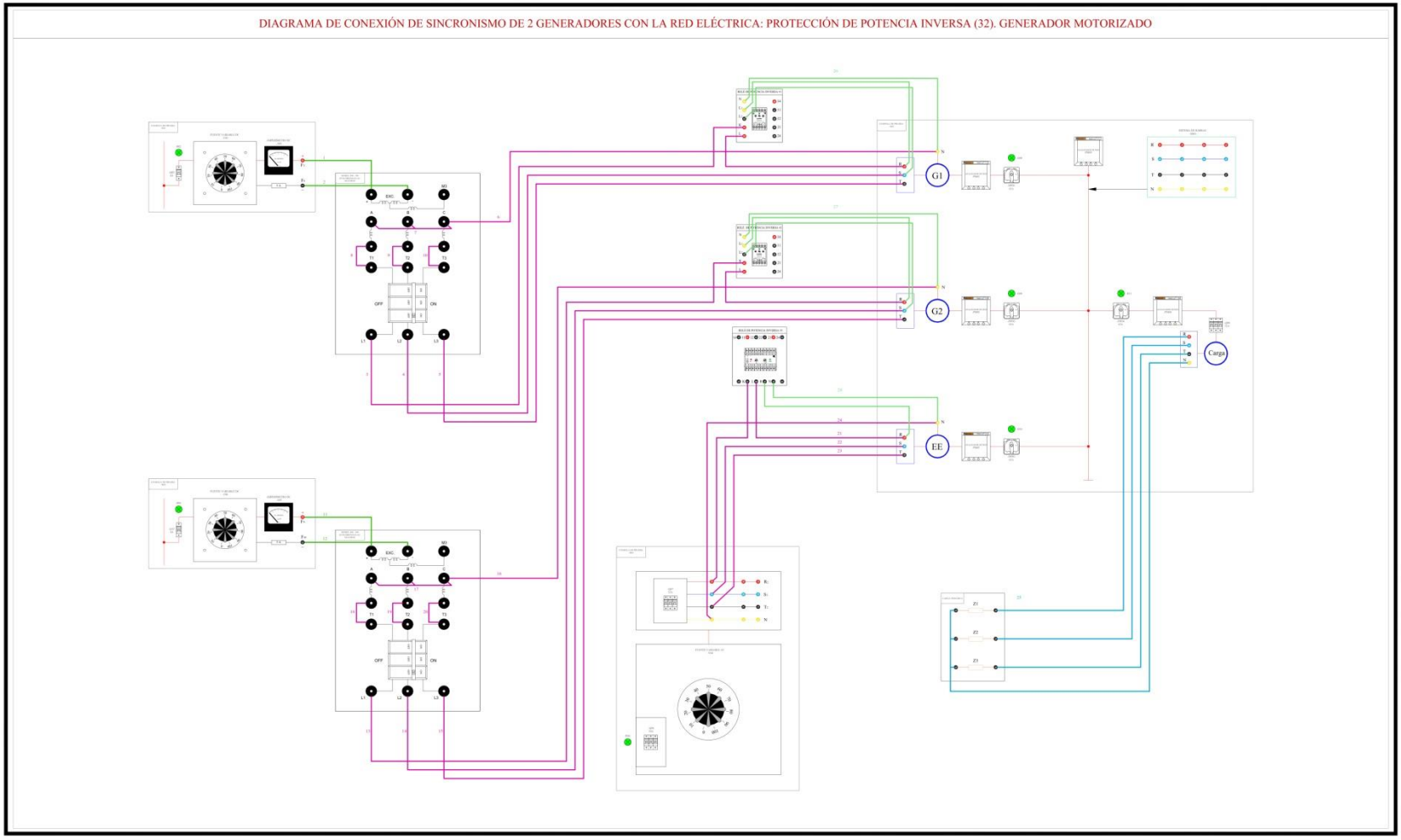


DIAGRAMA DE CONEXIONES:

PRÁCTICA #8
SINCRONISMO DE DOS GENERADORES CON LA RED.
PROTECCIÓN DE POTENCIA INVERSA (32). GENERADOR MOTORIZADO

LISTADO DE INTERCONEXIONES

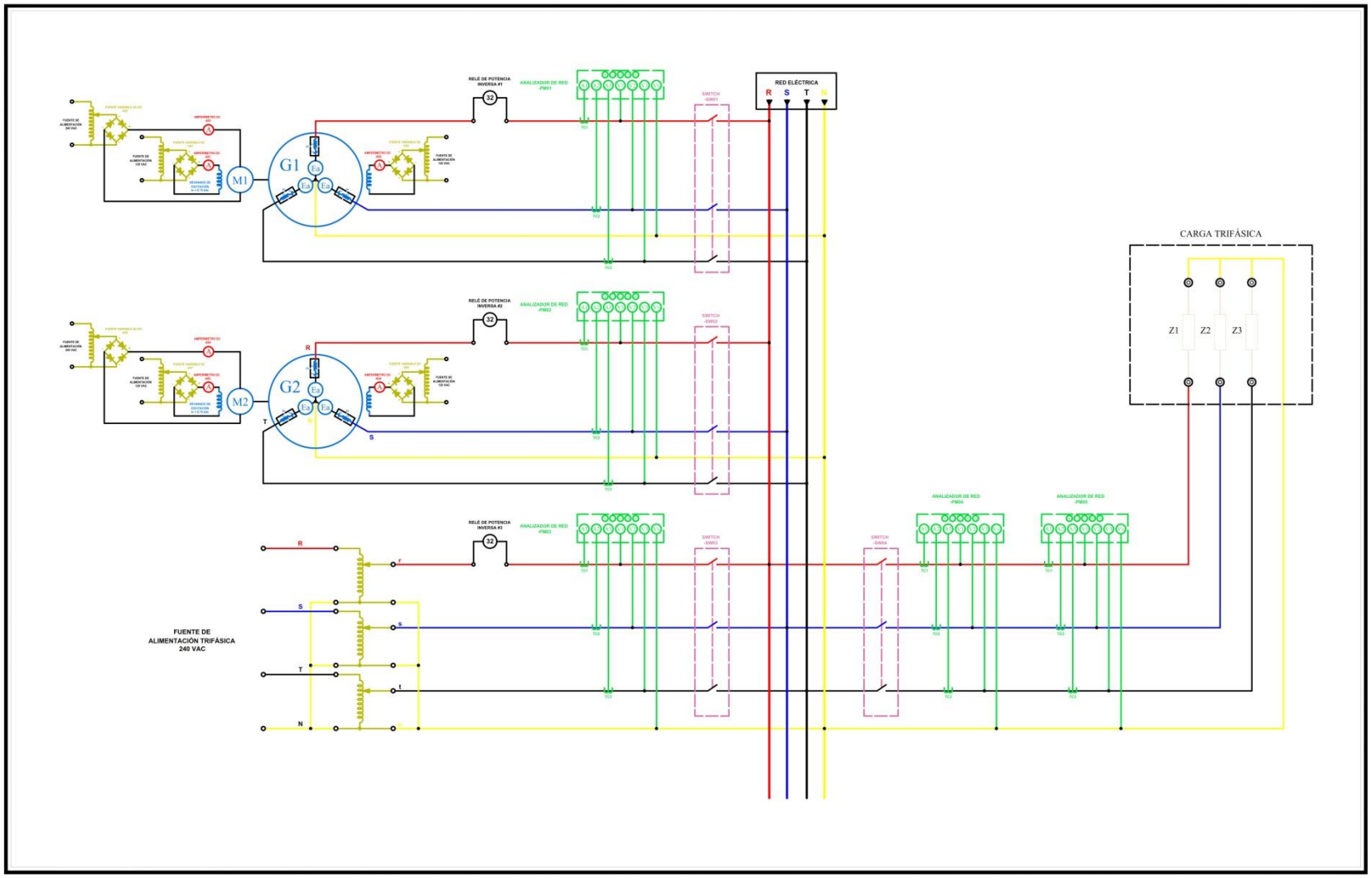
Interconexion	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
1	+R01	F3	SM - 300	+	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
2	+R01	F4	SM - 300	-	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
3	+R01	R	SM - 300	L1	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L1
4	+R01	S	SM - 300	L2	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L2
5	+R01	T	SM - 300	L3	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L3
6	+R01	N	SM - 300	C	Punto estrella (Neutro)
7	SM - 300	A,B,C	SM - 300	A,B,C	Puentes punto estrella
8	SM - 300	T1	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L1
9	SM - 300	T2	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L2
10	SM - 300	T3	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L3
11	+R01	F9	SM - 300	+	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
12	+R01	F10	SM - 300	-	Alimentacion Excitacion de Maquina Sincrona
13	+R01	R	SM - 300	L1	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L1
14	+R01	S	SM - 300	L2	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L2
15	+R01	T	SM - 300	L3	Salida de Tension Gen. con proteccion (Fem) L3
16	+R01	N	SM - 300	C	Punto estrella (Neutro)
17	SM - 300	A,B,C	SM - 300	A,B,C	Puentes punto estrella
18	SM - 300	T1	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L1
19	SM - 300	T2	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L2
20	SM - 300	T3	SM - 300		Salida de Tension Gen. sin proteccion (Fem) L3

LISTADO DE INTERCONEXIONES

Interconexion	SALIDA		LLEGADA		Observaciones
	Tablero / Equipo	Bornera	Tablero / Equipo	Bornera	
21	+R01	R2	+R01	R	Salida de Empresa Eléctrica L1
22	+R01	S2	+R01	S	Salida de Empresa Eléctrica L2
23	+R01	T2	+R01	T	Salida de Empresa Eléctrica L3
24	+R01	N	+R01	N	Salida de Empresa Eléctrica N
25	+R01	R,S,T,N	+R01	R,S,T,N	Conexión a la carga
26	+R01	L1,L2,N	+R01	R,S,N	Alimentación relé de potencia inversa #1
27	+R01	L1,L2,N	+R01	R,S,N	Alimentación relé de potencia inversa #2
28	+R01	R,N	+R01	R,N	Alimentación relé de potencia inversa #3

DIAGRAMA ELÉCTRICO POR FASE:

PRÁCTICA #8
SINCRONISMO DE DOS GENERADORES CON LA RED.
PROTECCIÓN DE POTENCIA INVERSA (32). GENERADOR MOTORIZADO



BIBLIOGRAFÍA

- ✓ CODENSA (2014). *Seguridad*. Recuperado de http://www.codensa.com.co/documentos/06_02_2006_8_32_43_AM_Manual_.pdf.
- ✓ SCHNEIDER (2014). *Seguridad en instalaciones eléctricas.* Recuperado de http://www.schneider-electric.com.co/documents/eventos/memorias-jornadas-conecta/Seguridad/Seguridad-electrica.pdf.
- ✓ Juan José Manzano Orrego, (2010). *Máquinas Eléctricas*, Paraninfo.
- ✓ *http://www.schneider-electric.com.* (4 de Febrero de 2008). Recuperado el 18 de Junio de 2014, de Schneíder Electric: http://www.schneider-electric.com/ww/en/download/document/PLSED106037FR?showAsIframe=true&xtmc=PM700&xtcr=4
- ✓ *http://www.camscointernational.com*. (2012). Recuperado el 18 de Junio de 2014, de Camsco International: http://www.camscointernational.com/productos/lista_de_productos_con_fotos00_R.pdf
- ✓ *http://www.basler.com*. (2013). Recuperado el 18 de Junio de 2014, de Basler Electric: https://es.basler.com/ResourceDownload.aspx?id=602
- ✓ *https://es.basler.com/*. (2013). Recuperado el 18 de Junio de 2014, de Basler Electric: https://www.basler.com/ResourceDownload.aspx?id=522
- ✓ *http://www.simpsonelectric.com*. (Septiembre de 2014). Recuperado el 18 de Octubre de 2014, de Simpson, Digital Panel Meters: www.simpsonelectric.com/images/File/datasheets/century_datasheet.pdf
- ✓ *http://www.zahra-germany.com*. (2014). Recuperado el 18 de Junio de 2014, de Zahra - Master Control Relays: http://www.zahra-germany.com/PRCR88.html

- ✓ Chapman, S. J. (2007). *Máquinas eléctricas.* Mexico: McGraw-Hill.
- ✓ TUVERAS, (2015). *Máquina Síncrona*. Recuperado el 10 de Noviembre, de http://www.tuveras.com