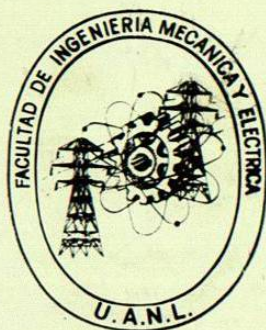


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



**UTILIZACION EFICAZ TEORICO PRACTICA DE
LA CARTA DE OPERACION PARA MAQUINAS SINCRONAS**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA ELECTRICA
CON ESPECIALIDAD EN POTENCIA**

P R E S E N T A

Ing. José Saucedo Valdez

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE DE 1993

TM

Z5853

.M2

FIME

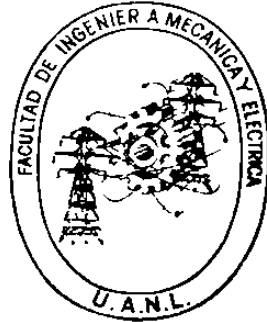
1993

S2



1020070663

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



**UTILIZACION EFICAZ TEORICO PRACTICA DE
LA CARTA DE OPERACION PARA MAQUINAS SINCRONAS**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA ELECTRICA
CON ESPECIALIDAD EN POTENCIA**

P R E S E N T A

Jug. José Saucedo Valdez

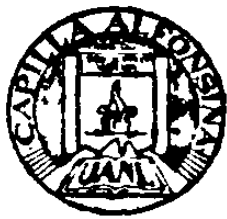


MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE DE 1993

FONDO 1234

TM
Z.8
12
F. e
1
2



FONDO TESIS

25999

*A NUESTRO PADRE
DIOS
TODOPODEROSO
ABSOLUTO
REAL
INFINITO
ETERNO
SEÑOR DE LOS COSMOS
REY DEL MULTIVERSO*

A MIS PADRES:

**SR. JOSE B. SAUCEDO CONTRERAS
SRA. CAROLINA VALDEZ DE SAUCEDO**

**GRACIAS POR SU FRATERNAL AFECTO,
LLENO DE EJEMPLOS Y CONSEJOS,
QUE ILUMINA MI EXISTENCIA.**

A MI ESPOSA:

SRA. SILVIA FLORES DE SAUCEDO

**GRACIAS, COMPAÑERA DE MI VIDA,
POR TU SIEMPRE PLENA ENTREGA
CON MARAVILLOSO E INFINITO AMOR.**

A MIS HIJOS:

**JOSE SAUCEDO FLORES
JULIO SAUCEDO FLORES
JAVIER SAUCEDO FLORES
JESUS SAUCEDO FLORES
SILVIA PATRICIA SAUCEDO F.
JEMIMA ANGELICA SAUCEDO F.**

**GRACIAS POR SU FILIAL CARIÑO,
BENDICION DE DIOS EN MI HOGAR
MI EXCELSO Y MAXIMO TESORO.**

A MI ASESOR:

M.C. FERNANDO BETANCOURT RAMIREZ

***JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PLANEACION
CENTRO NACIONAL DE CONTROL ELECTRICO
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD***

***EN SINCERO RECONOCIMIENTO
A SUS OPINIONES Y SUGERENCIAS,
LAS CUALES HICIERON POSIBLE
LA REALIZACION DE ESTA TESIS.***

A MIS PADRINOS:

***ING. JOSE ANTONIO GONZALEZ TREVIÑO
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE
INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA***

***M.C. MARCO ANTONIO MENDEZ CAVAZOS
SUB-DIRECTOR DE LA DIVISION DE
ESTUDIOS DE POST-GRADO.***

***GRACIAS POR SU DECIDIDO RESPALDO
LLENO DE AMISTOSO ENTUSIASMO
HACIA ESTA MODESTA INVESTIGACION.***

RECONOCIMIENTO ESPECIAL:

**A LOS FUNCIONARIOS RESPONSABLES DEL
CENTRO NACIONAL DE CONTROL ELECTRICO,
POR LA GENTILEZA DE SUS ATENCIONES
EN SUMINISTRO DE INFORMACION VALIOSA
PARA SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA.**

**M.C. HUMBERTO SALINAS BARRERA
JEFE DEPTO. DE ANALISIS
AREA DE CONTROL - MONTERREY, N.L.**

**M.C. MARCOS VALENZUELA ORTIZ
JEFE DEPTO. DE ANALISIS
AREA DE CONTROL - BAJA CALIFORNIA, B.C.**

**ING. JUAN MANUEL REYES SANCHEZ
JEFE DEPTO. DE ANALISIS
AREA DE CONTROL - GOMEZ PALACIO, DGO.**

AGRADECIMIENTO TOTAL:

**AL PERSONAL CALIFICADO DE LA
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD,
POR EL APOYO TECNICO ESPECIALIZADO
COMPLETAMENTE BRINDADO.**

**ING. RAUL GONZALEZ GARZA
SUPERINTENDENTE ELECTRICO
REGION DE PRODUCCION NORTE**

ASISTENTES:

**ING. CARLOS URRETA
ING. JUAN LUIS LOZANO
ING. JOSE JIMENEZ**

GRACIAS

A TODAS LAS PERSONAS DE

LA DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

*LA FACULTAD DE INGENIERIA
MECANICA Y ELECTRICA*

LA FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

*QUE CONTRIBUYERON
CON SU APOYO MORAL
A REALIZAR ESTA OBRA.*

PARA USTEDES TODA MI GRATITUD.

J.S.V.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

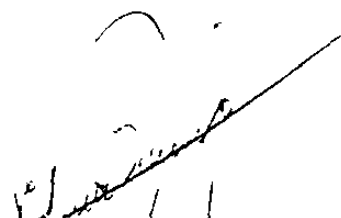
Los miembros del comite de tesis recomendamos que la
presente tesis realizada por el ING. JOSE SAUCEDO VALDEZ sea
aceptada como opción para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS DE INGENIERIA ELECTRICA
con especialidad en:

POTENCIA ELECTRICA.

EL COMITE DE TESIS


M.C. FERNANDO BETANCOURT RAMIREZ
ASESOR


M.C. FELIX GONZALEZ ESTRADA
COASESOR


M.C. EVELIO GONZALEZ F.
COASESOR

INDICE

RESUMEN

PROLOGO

ABREVIATURAS

CAPITULO I ELEMENTOS DE CONSTRUCCION DE LA MAQUINA SINCRONICA. PAGINAS

I.1) INTRODUCCION.....	2
I.2) ELEMENTOS FISICOS.....	3
I.3) ELEMENTOS AUXILIARES.....	5
I.4) CLASIFICACION GENERAL.....	6
I.5) CONJUNTOS CONSTRUCTIVOS.....	8

CAPITULO II ELEMENTOS DE OPERACION DE LA MAQUINA SINCRONICA

II.1) INTRODUCCION.....	15
II.2) OPERACION DE LA MAQUINA SINCRONICA.....	17
II.3) DIAGRAMAS MONOFASICOS DE FUNCIONAMIENTO.....	24
II.4) MAQUINA CON ROTOR DE POLOS LISOS.....	30
II.5) MAQUINA CON ROTOR DE POLOS SALIENTES.....	32

CAPITULO III ANALISIS MATEMATICO DE LA MAQUINA SINCRONICA

III.1) INTRODUCCION.....	37
III.2) RELACIONES MATEMATICAS.....	39
III.3) TRANSFORMACION DE ECUACIONES.....	45
III.4) IMPEDANCIAS OPERACIONALES.....	51
III.5) TOPICOS ESPECIALES.....	54

CAPITULO IV ANALISIS TEORICO DE POTENCIAS ELECTRICAS

IV.1) INTRODUCCION.....	68
IV.2) DIAGRAMA GENERICO DE POTENCIAS.....	74
IV.3) POTENCIA ELECTRICA COMPLEJA.....	80
IV.4) CURVA DE POTENCIA VS ANGULO DE POTENCIA PARA MAQUINA DE POLOS LISOS.....	85
IV.5) CURVA DE POTENCIA VS ANGULO DE POTENCIA PARA MAQUINA DE POLOS SALIENTES.....	89

CAPITULO V ANALISIS TEORICO DE LA CARTA DE OPERACION PARA LA
MAQUINA SINCRONICA.

V.1) INTRODUCCION.....	94
V.2) DIAGRAMA CIRCULAR.....	95
V.3) CONDICIONES DE CAPABILIDAD.....	98
V.4) PROCEDIMIENTO GRAFICO.....	100
V.5) ANALISIS DE LA CARTA DE OPERACION.....	104

CAPITULO VI APLICACION DE LA CURVA DE CAPABILIDAD EN GENERADORES
DE POLOS LISOS

VI.1) GENERALIDADES.....	108
VI.2) OBTENCION IDEAL DE DATOS Y PARAMETROS.....	112
VI.3) DETERMINACION IDEAL DE LA CURVA DE CAPABILIDAD.....	114
VI.4) OBTENCION REAL DE DATOS Y PARAMETROS.....	116
VI.5) DETERMINACION REAL DE LA CURVA DE CAPABILIDAD.....	119

CAPITULO VII APLICACION DE LA CURVA DE CAPABILIDAD EN GENERADORES
DE POLOS SALIENTES.

VII.1) GENERALIDADES.....	124
VII.2) OBTENCION IDEAL DE DATOS Y PARAMETROS.....	127
VII.3) DETERMINACION IDEAL DE LA CURVA DE CAPABILIDAD.....	131
VII.4) OBTENCION REAL DE DATOS Y PARAMETROS.....	135
VII.5) DETERMINACION REAL DE LA CURVA DE CAPABILIDAD.....	138

CONTRIBUCIONES FINALES.....	141
-----------------------------	-----

ANEXOS.....	147
-------------	-----

BIBLIOGRAFIA.....	157
-------------------	-----

RESUMEN

Es de la máxima importancia, un estudio previo de la máquina sincrónica, ya que el propósito principal de esta tesis está ligado en forma imprescindible con ésta.

Por lo anterior es conveniente un conocimiento somero de su estructura, con sus componentes de construcción esenciales que la integran.

También el funcionamiento normal para su conversión de energía, distinguiendo cuando la máquina eléctrica trabaja como motor, o bien como generador.

Se presenta una revisión matemática de los parámetros a utilizar en las ecuaciones fundamentales y en los diagramas fasoriales de operación.

Realizando un análisis suficiente del manejo de las energías utilizadas, acentuando lo que ocurre con el flujo de sus diferentes potencias.

El desarrollo de esta tesis pretende demostrar en forma adecuada, la consideración siguiente, como hipótesis de trabajo:

La carta de operación muestra en forma objetiva (mediante una gráfica, conocida como curva de capacidad) las condiciones de funcionamiento correcto dentro de los límites de seguridad, para cada Generador sincrónico.

En términos sencillos se trata de la representación mediante un dibujo, de las especificaciones de la unidad, en un diagrama genérico de potencias.

Siendo el objetivo el presentar las características teórico prácticas de la curva de operación; Se investigan las posibilidades y limitaciones de la máquina, según las condiciones reales existentes en una Central Generadora de Energía Eléctrica.

PROLOGO

Los principios generales de la utilización eficaz teórico-práctica de la carta de operación para máquinas sincrónicas son tratados en esta investigación.

El desarrollo gráfico ya especializado del Diagrama de Potencias para la determinación de la curva de capacidad, permite una comprensión completa para una ulterior aplicación práctica.

Se describen los elementos físicos constituyentes de una máquina sincrónica con la separación de sus partes mecánicas y eléctricas (Capítulo I).

Se presenta una explicación de su comportamiento y de sus fundamentos teóricos necesarios, como: formulación de sus ecuaciones fundamentales, desarrollo de sus circuitos equivalentes y representación de sus diagramas fasoriales (Capítulo II).

El tomar en cuenta un lenguaje conveniente para obtener un entendimiento útil, será considerado por la gran cantidad de términos existentes en el campo de las máquinas eléctricas (Capítulo III).

Desde el análisis de potencias, continuando con las características de funcionamiento, se llega hasta la síntesis gráfica conocida como curva de capacidad (Capítulos IV y V).

Se tratan casos teóricos que demuestran en forma adecuada la aplicación en problemas ideales de la carta de operación, y se tratan casos prácticos que muestran en forma correcta la aplicación en problemas reales de la carta de operación. (Capítulos VI y VII).

Se presentan finalmente las contribuciones de los factores mas relevantes a considerar, para integrarse al campo del conocimiento sobre la curva de capacidad en las máquinas sincrónicas.

ABREVIATURAS

COG	--->	Carta de Operación del Generador Síncrono
COM	--->	Carta de Operación del Motor Síncrono
FEM	--->	Fuerza Electro-Motriz
FMM	--->	Fuerza Magneto-Motriz
GPL	--->	Generador Síncrono Rotor Polos Lisos
GPS	--->	Generador Síncrono Rotor Polos Salientes
GSG	--->	Generador Síncrono General
MAG	--->	Motor Asíncrono General
MEL	--->	Limitador de Mínima Excitación
MPL	--->	Motor Síncrono Rotor Polos Lisos
MPS	--->	Motor Síncrono Rotor Polos Salientes
MSG	--->	Motor Síncrono General
MST	--->	Máquina Síncrona Trifásica
OEL	--->	Limitador de Máxima Excitación
PSS	--->	Sistema Estabilizador de Potencia
RAV	--->	Regulador Automático de Voltaje
SEP	--->	Sistema Eléctrico de Potencia
VHL	--->	Limitador de Volts/Hertz