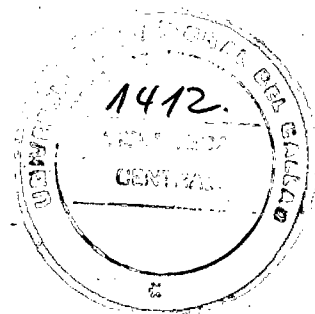
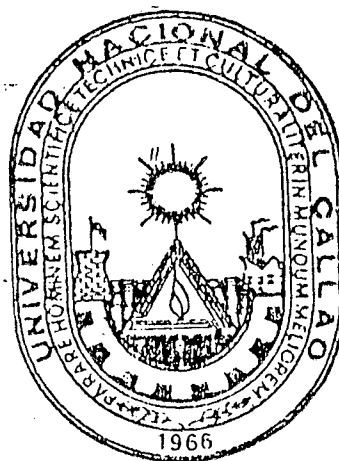


T-6243-
E
026
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

**FACULTAD DE INGENIERIA
ELECTRICA Y ELECTRONICA**



**ANALISIS DE LA OPERACION ESTACIONARIA
DEL MOTOR ASINCRONO TRIFASICO
OPERANDO EN UNA RED CON
VARIACIONES DE TENSION Y/O FRECUENCIA**

TESIS

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRICISTA**

PRESENTADO POR:

JOSE ZENOBIO OBREGON ASTOCONDOR

PROMOCION - 1987-A

CALLAO - PERU - 1991

S U M A R I O

TITULO : ANALISIS DE LA OPERACION ESTACIONARIA
DEL MOTOR ASINCRONO TRIFASICO OPERANDO
EN UNA RED CON VARIACIONES DE TENSION
Y/O FRECUENCIA.

AUTOR : JOSE ZENOBIO OBREGON ASTOCONDOR

TESIS DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRICISTA

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

CALLAO, 1991.

El presente trabajo desarrolla un modelo que a partir de los datos de diseño del fabricante, permite calcular las características electromecánicas del motor asíncrono trifásico, en condiciones nominales, ante cambios de frecuencia y/o tensión; con este objetivo se ha elaborado un programa de computadora.

Con el programa se logra el pronóstico del comportamiento del motor a partir de sus dimensiones. El modelo desarrollado nos permite cuantificar los

/

efectos que la variación de tensión y frecuencia tiene sobre las características electromecánicas y por lo tanto ayudará a determinar cuáles son los límites peligrosos de la tensión y/o frecuencia para la operación de un determinado motor.

Como aplicación, el modelo desarrollado, se calcula: el comportamiento de un motor de 18 HP, 4 polos, 60 Hz. para todos los casos posibles de variación de tensión y/o frecuencia tomando como límites los valores dados por las normas.

TABLA DE CONTENIDOS

| | Pág. |
|---|------|
| Introducción..... | 1 |
| Capítulo 1 CARACTERISTICAS DE LOS MOTORES ASIN- CRONOS TRIFASICOS | |
| 1.1 Tipos de motores asíncronos trifásicos.. | 3 |
| 1.2 Problemas de operación en motores asín- cronos..... | 8 |
| Capítulo 2 MODELO MATEMATICO | |
| 2.1 Circuito equivalente..... | 10 |
| 2.1.1 Circuito equivalente real..... | 10 |
| 2.1.2 Parámetros del circuito equivalen- te a partir de datos de diseño.... | 17 |
| 2.2 Circuito equivalente del motor de jaula simple..... | 37 |
| 2.3 Separación de pérdidas en el motor asín- crono..... | 43 |
| Capítulo 3 ANALISIS EN ESTADO ESTABLE ANTE VARIACIONES DE FRECUENCIA Y/O TENSION. | |
| 3.1 Recomendaciones dadas por las normas.... | 47 |
| 3.2 Cálculo de las características electro- mecánicas y diagramas de flujo del programa de cálculo..... | 49 |
| 3.3 Análisis de casos teóricos..... | 63 |

| | |
|--|----|
| 3.3.1 Variación de tensión con frecuencia constante..... | 63 |
| 3.3.2 Variación de frecuencia con tensión constante..... | 64 |
| 3.3.3 Variación de tensión y variación de frecuencia..... | 65 |
| Conclusiones..... | 66 |
| Bibliografía..... | 69 |
| Apéndices | |
| Apéndice A: Parámetros básicos, factor de saturación pérdidas en el hierro..... | 71 |
| Apéndice B: Factores skin para el circuito equivalente..... | 74 |
| Apéndice C: Deducción del torque electromagnético, potencia máxima y torque máximo de motor asíncrono..... | 78 |
| Apéndice D: Análisis de la corriente rotórica..... | 84 |
| Apéndice E: Cálculos y gráficas de las características electromecánicas..... | 87 |

I N T R O D U C C I O N

Actualmente nuestro país ha experimentado cambios bruscos en el sistema eléctrico, dichos cambios son las variaciones de tensión y/o frecuencia en la red que alimenta a las máquinas eléctricas.

Las variaciones de tensiones y/o frecuencias se da para los casos de poner en servicio los grupos electrógenos (equipos de emergencia) que nos suministran la tensión y la frecuencia; con valores cercanos a la nominal del motor, lo cual perturbará el funcionamiento normal del motor.

El modelo desarrollado ha sido implementado en una computadora PC-AT compatible y comprende los siguientes temas: características de los motores asíncronos trifásicos, el modelo matemático (circuito equivalente), los parámetros del circuito equivalente a partir de datos de diseño y separación de pérdidas en el motor asíncrono. También el análisis en estado estable ante variaciones de frecuencia y/o tensión, se analizan las características electromecánicas.

Como aplicación de la metodología desarrollada se presenta el cálculo del comportamiento para un motor asíncrono trifásico de 18 HP, 4 polos de 60 Hz, con

con rotor tipo jaula de ardilla y verificándose la validez de la metodología.

El autor desea expresar su agradecimiento a la Cía. Construcciones Electromecánicas DELCROSA S.A., en forma especial al Jefe del Departamento Técnico-Eléctrico, Ing. Enrique Quispe Oqueña por haber brindado las facilidades en el desarrollo de este trabajo y a la vez por su valioso asesoramiento.

CAPITULO 1

CARACTERISTICAS DE LOS MOTORES ASINCRONOS TRIFASICOS

Los motores de corriente alterna de tamaños grandes y pequeños tienen gran aplicación en la industria. Estos motores son producidos en gran volumen y con su grado de estandarización es útil para ser sustituido por motores de igual clasificación por otras fabricaciones.

1.1 TIPOS DE MOTORES ASINCRONOS TRIFASICOS

Los motores de inducción puede ser de jaula de ardilla o del tipo de rotor bobinado.

El motor de inducción de jaula de ardilla está clasificado por la NORMA NEMA (NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION) MG1.1978 MOTORS AND GENERATORS; de acuerdo al tipo de diseño del rotor en :

a) Rotor Diseño NEMA A.

Un diseño A es un motor de inducción con rotor de jaula de ardilla diseñado para resistir un arranque a plena tensión y desarrollar un torque de arranque y un torque máximo normal entre 150% a 200% el torque básico con valores mayores que el diseño NEMA B.

Resistir una corriente de arranque alta de siete veces la corriente nominal ($I_{arr} > 7 I_n$) y un deslizamiento a carga nominal entre 1 a 2%.

Estos motores son usados para aplicaciones donde requiera un torque máximo mayor que el normal, para satisfacer los requerimientos de sobrecargas de corta duración. Dichos motores son aplicados a cargas que requieren deslizamientos nominales muy bajos y del orden del 1% a 2%, es decir con velocidades casi constantes.

b) Rotor Diseño NEMA B.

Un diseño B es un motor de inducción con rotor de jaula de ardilla diseñado para resistir un arranque a plena tensión y desarrollar un torque de arranque y un torque máximo normal.

Su torque normal entre 150% a 200% del torque básico. En general, es el motor típico trifásico dentro del rango de 1 a 125 HP. La corriente de arranque de 6 a 7 veces la corriente nominal y deslizamiento normal entre 3 a 4 %. Por lo tanto la velocidad del motor en revoluciones por minuto es 96% de la velocidad síncrona.

Son motores que proporcionará un arranque y una aceleración suave para las cargas y también puede resistir temporalmente picos elevados de

carga sin detenerse.

c) Rotor Diseño NEMA C.

Un diseño C es un motor de inducción con rotor de jaula de ardilla diseñado para resistir un arranque a plena tensión y desarrollar un alto torque de arranque de 200% a 250% del torque básico, la corriente de arranque normal y deslizamiento normal.

Estos motores de inducción usan rotores de doble jaula de ardilla, que desarrollan un alto torque de arranque y por ello son utilizados para cargas de arranque pesado.

Estos motores tienen un deslizamiento nominal menor que el 5%.

d) Rotor Diseño NEMA D.

Un diseño D es un motor de inducción con rotor de jaula de ardilla diseñado para resistir un arranque a plena tensión, desarrollar un alto torque de arranque de 250% a 300% del torque básico con una corriente de arranque baja y un deslizamiento alto a carga nominal de 5 a 8%.

Este motor combina un alto torque de arranque con un alto deslizamiento nominal. Generalmente se presentan 2 tipos de diseño, uno con deslizamiento nominal de 5 a 8% y otro con

deslizamiento nominal de 8 a 13%, cuando el deslizamiento nominal puede ser mayor del 13% se les denomina / motores de alto deslizamiento o muy alto deslizamiento (ULTRA - HIGH - SLIP).

Estos motores de inducción son recomendados para cargas cíclicas y para cargas de corta duración con frecuentes arranques y paradas.

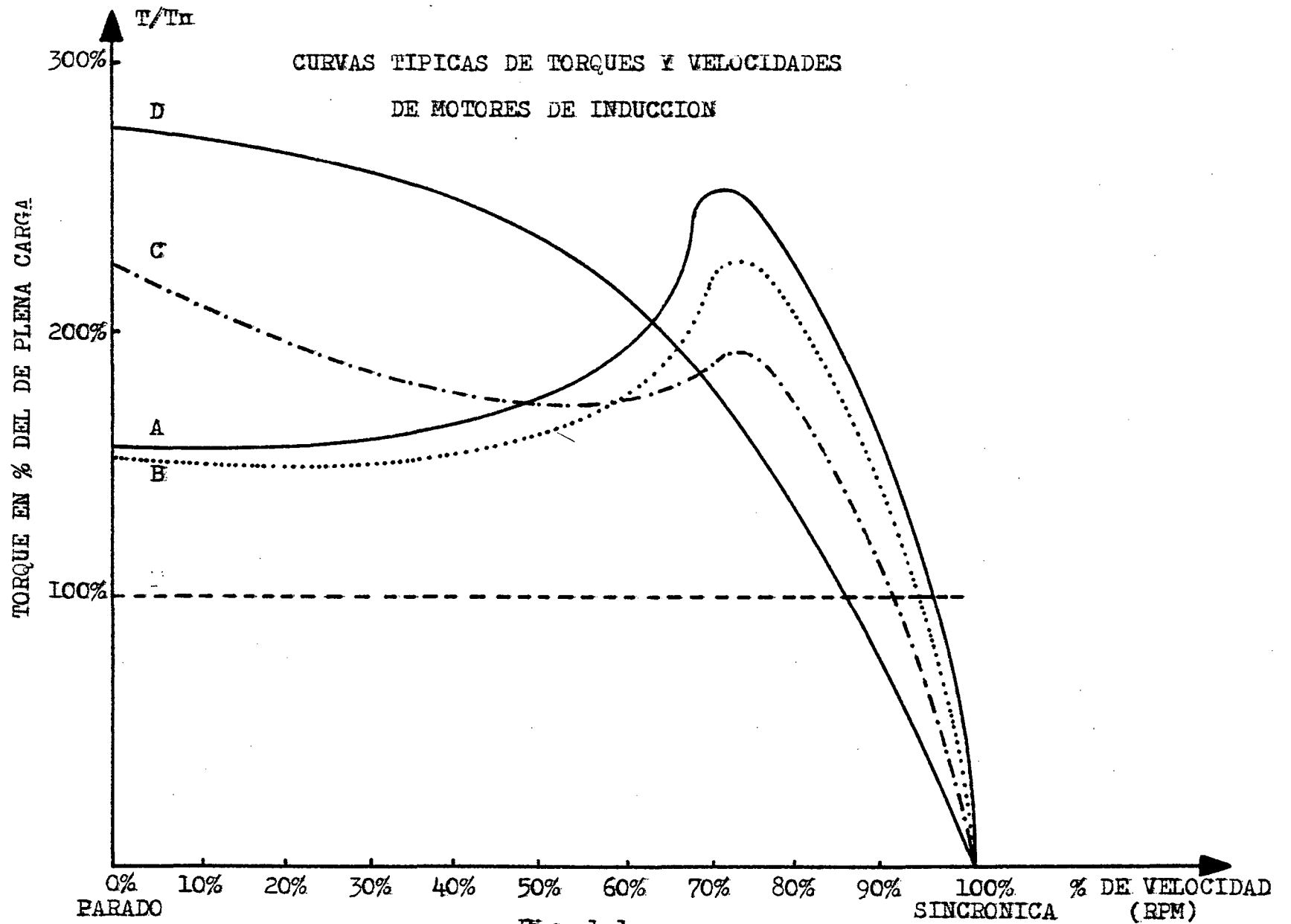


Fig. 1.1

1.2 PROBLEMAS DE OPERACION EN MOTORES ASINCRONOS

Los problemas de operación en motores surgen cuando la tensión y frecuencia de la red son diferentes a los valores nominales.

a). Efectos de Variación de la Frecuencia en el Motor Asíncrono.

Debido a que la inducción magnética de diseño de los bobinados del motor depende de la frecuencia, entonces una variación de la frecuencia aumentará o disminuirá la inducción del bobinado produciéndose la variación en el torque, la potencia y en las otras características electromecánicas. Al aplicarle al motor una frecuencia mayor en 5% de la nominal con tensión constante, su torque de arranque y torque máximo disminuirán, la velocidad síncrona se incrementará y las pérdidas en el fierro aumentarán.

Pero al suministrarle al motor una frecuencia menor que el 5% menos de la nominal, el torque de arranque y torque máximo se incrementará, la velocidad síncrona decrece, a plena carga decrece, además la inducción magnética aumenta y puede llegar a saturarse.

Las normas NEMA MG1. 1978 MOTORS AND GENERATORS recomienda una variación de la frecuencia de $\pm 5\%$ de la frecuencia nominal y las normas internacionales IEC recomiendan una

variación de $\pm 5\%$.

b) Efectos de Variación de Voltaje en el Motor Asíncrono.

La tensión de alimentación tiene un efecto sobre el torque y la potencia, por lo tanto su variación también producirá cambios en las características electromecánicas.

Al aplicar una tensión mayor en 10% de la tensión nominal, entonces el torque de arranque y torque máximo / se incrementará, la velocidad síncrona no varía y aumentan las pérdidas en el fierro del motor y puede producir calentamiento.

Al disminuir la tensión el torque de arranque y el torque máximo decrecen, su velocidad síncrona no varía, la corriente a plena carga se incrementará, las pérdidas en el cobre aumentan y por lo tanto el motor calentaría.

Las normas NEMA recomiendan una variación de $\pm 10\%$ de la tensión nominal y las normas IEC recomiendan una variación de $\pm 5\%$.

El presente trabajo pretende cuantificar los efectos que la variación de tensión y frecuencia tiene sobre las características electromecánicas y por lo tanto ayudará a determinar cuáles son los límites peligrosos de la tensión y/o frecuencia para la operación de un determinado motor.

CAPITULO 2

MODELO MATEMATICO

Para el análisis del motor asíncrono trifásico es necesario construir un modelo matemático para operación estacionaria, es decir su circuito equivalente.

2.1 CIRCUITO EQUIVALENTE

El circuito equivalente del motor asíncrono trifásico puede ser representado como un transformador de tipo generalizado debido a que se transforma la tensión, corriente, número de fases, frecuencia y el tipo de energía. Dicha representación se da para el caso de rotor giratorio y rotor inmóvil.

2.1.1 CIRCUITO EQUIVALENTE REAL

El circuito del estator y rotor están acoplados por el flujo de inducción mutuo (ϕ_m) que se induce en el circuito rotórico por la fuerza electromotriz:

$$E_{2s} \pm s.E_2$$

al girar el rotor.

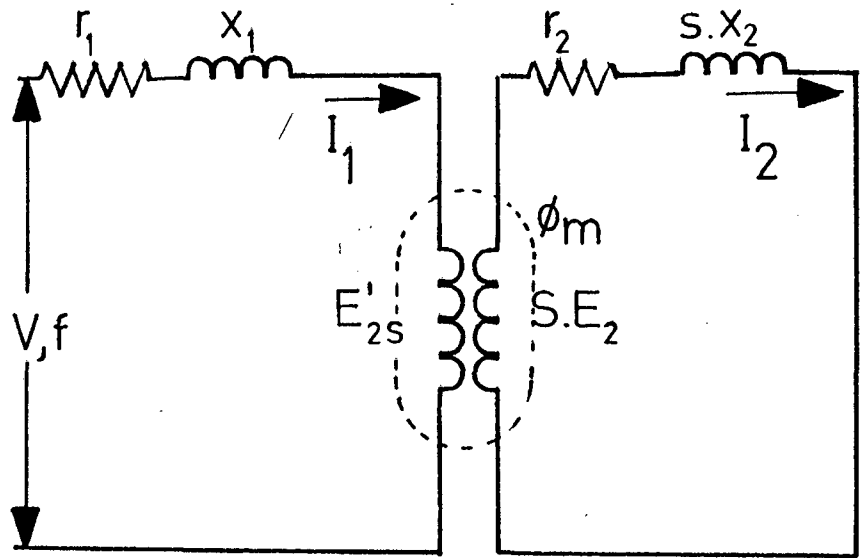


fig. 2.1

CIRCUITO EQUIVALENTE DEL MOTOR ASINCRONO

donde:

- V : Tensión de operación del motor
- f : Frecuencia de operación de la red
- x_1 : Reactancia de dispersión del estator
- r_1 : Resistencia de bobinado estático
- $s.x_2$: Reactancia de dispersión del rotor
- r_2 : Resistencia del rotor
- I_2 : Corriente rotórica
- I_1 : Corriente estática

s : Deslizamiento del motor

$E_{2a} = s.E_2$: Fuerza electromotriz del rotor.

Del circuito de la Fig. 2.1

$$I_2 = \frac{s.E_2}{r_2 + j.s.x_2} = \frac{E_2}{r_2/s + j.x_2}$$

La fuerza electromotriz $s.E_2$ con la frecuencia $s.f_1$ estando el rotor giratorio se reemplaza por la fuerza electromotriz E_2 con la frecuencia f_1 .

La reactancia con rotor giratorio $s.x_2$ a la frecuencia $s.f_1$ se reemplaza por la reactancia con rotor inmóvil x_2 a la frecuencia f_1 .

La resistencia rotórica puede ser reemplazada para un rotor inmóvil r_2 y un rotor giratorio $r_2 \cdot (1-s)/s$.

$$r_2/s = r_2 + r_2 (1-s)/s$$

El circuito equivalente de la máquina asíncrona como transformador sería:

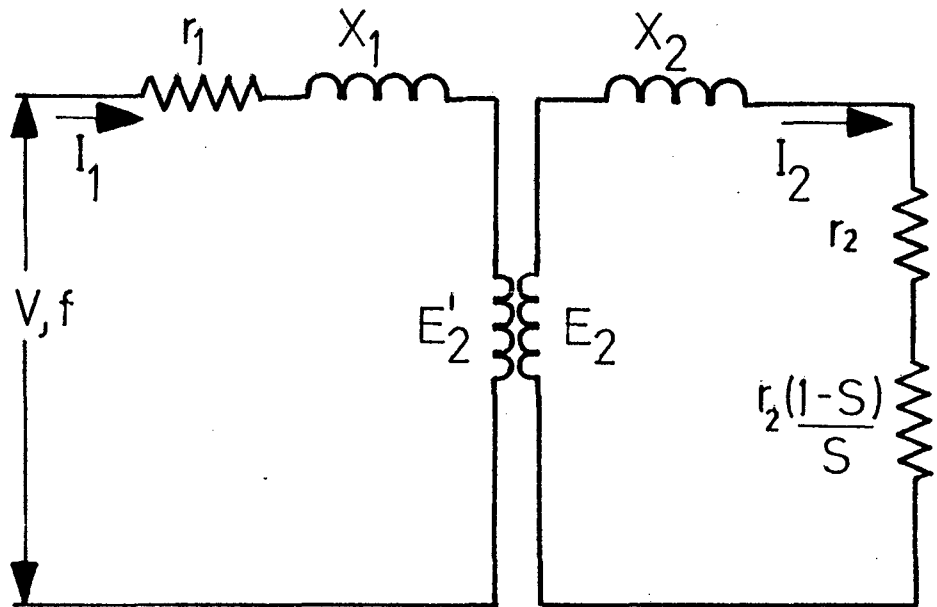


fig. 2.2

Con rotor inmóvil ($s=1$)

$$I_2 = \frac{E_2}{r_2 + j \cdot x_2}$$

Con rotor en movimiento:

$$I_2 = \frac{E_2}{r_2/s + j \cdot x_2}$$

Circuito Equivalente "T"

El circuito equivalente "T" de un motor asíncrono por fase, accionado a una tensión de fase "V" y a una frecuencia "f" se muestra en la figura 2.3.

$$E_2' = K_e E_2 \quad I_2' = I_2 / K_i \quad K_r = K_e K_i \quad X_2 = K_r X_2 \quad r_2 = K_r r_2$$

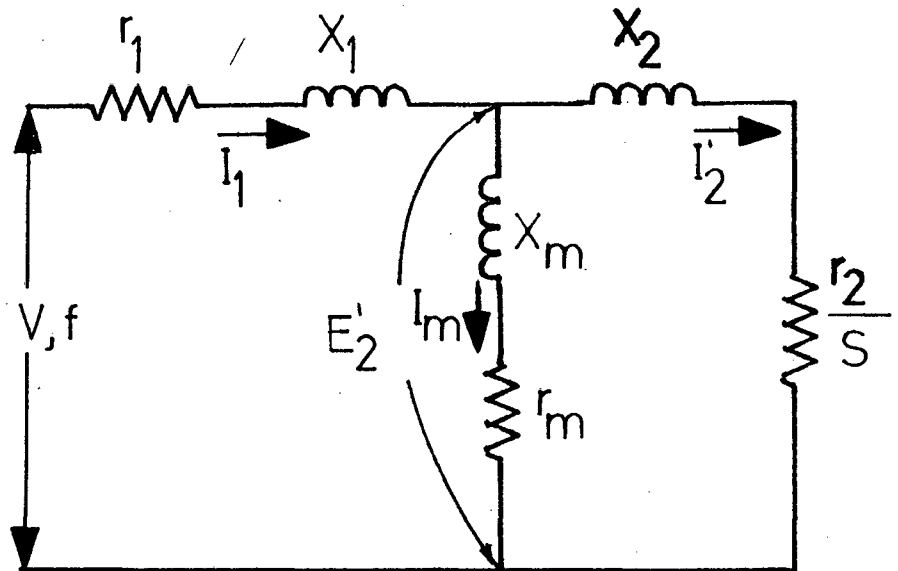


fig. 2.3

En este circuito:

- X_2 : Reactancia de dispersión del rotor referido al estator.
- r_2 : Resistencia del rotor referida al estator .
- X_m : Reactancia magnetizante
- R_m : Resistencia que incluye las pérdidas en el fierro.
- I_2' : Corriente rotórica referida al estator.
- I_m : Corriente magnetizante del motor
- I_1 : Corriente estatórica del motor.

A una tensión (V) y frecuencia (f) determinadas, las reactancias pueden ser escritas en función de parámetros que son independientes de la tensión y frecuencia del motor y tendremos :

$$X_1 = 2 \pi f L_1$$

$$X_2 = 2 \pi f L_2$$

$$X_m = 2 \pi f M = 2 \pi f M_0 / f_s.$$

donde:

L_1 : Inductancia de dispersión del estator

L_2 : Inductancia de dispersión del rotor referido al estator.

M : Inductancia magnetizante

M_0 : Constante de la inductancia magnetizante que sólo depende de las dimensiones geométricas del motor.

f_s : Factor de saturación del motor.

Circuito Equivalente "L invertida"

El circuito equivalente "L INVERTIDA", puede ser obtenido del circuito equivalente "T",

sacando la rama del medio a los bornes de entrada, como el motor no sólo transforma tensión sino también energía, es preciso utilizar factores de corrección para los nuevos parámetros; con estas correcciones el circuito equivalente tomaría la forma mostrada en la Fig. 2.4.

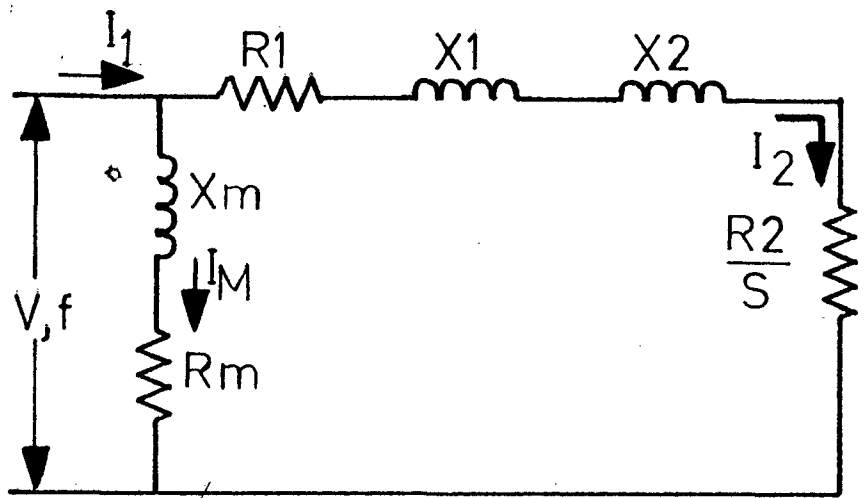


fig. 2.4

donde:

$$R_1 = C \cdot r_1$$

$$X_1 = C \cdot x_1$$

$$R_2 = C^2 \cdot r_2$$

$$X_2 = C^2 \cdot x_2$$

$$R_m = r_m + r_1$$

$$X_m = x_m + x_1$$

donde:

C : Coeficiente de dispersión total del circuito primario y puede calcularse por la relación:

$$C = 1 + X_1/X_m$$

$$C = 1 + \frac{2\pi f \cdot L_1}{2\pi f \cdot M_o / FS} = 1 + FS L_1 / M_o$$

$$C = 1 + FS \cdot K_o$$

donde:

$$K_o = L_1 / M_o$$

Ko : Constante que sólo depende de las dimensiones geométricas del motor.

2.1.2 PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE A PARTIR DE DATOS DE DISEÑO.

La precisión del modelo usado en la predicción/ del comportamiento del motor, depende fundamentalmente de la exactitud con que se calculen los parámetros del motor. Los parámetros del motor asíncrono trifásico son:

- R_1 : Resistencia del bobinado estatórico.
- X_1 : Reactancia de dispersión del bobinado estatórico
- X_M : Reactancia magnetizante
- R_M : Resistencia de pérdidas en el fierro
- R_2 : Resistencia rotórica del motor asíncrono
- X_2 : Reactancia de dispersión rotórica

Los parámetros dependen de la estructura geométrica y de las características electromagnéticas del motor asíncrono trifásico. Para el cálculo de la reactancia magnetizante hay que calcular: el factor de carter y el factor de saturación. El factor de carter permite reemplazar las superficies dentadas del entrehierro del motor por una superficie lisa y de este modo facilitar los cálculos del campo magnético. El factor de saturación es un coeficiente de corrección de permeabilidad para considerar la no linealidad de la característica de magnetización B-H del circuito magnético. Para el cálculo de los parámetros del motor se usa la metodología propuesta por el Dr.

Alger.

a) Factor de Carter: Entrehierro Corregido

El efecto que las ranuras estatóricas y rotóricas ejercen sobre el flujo magnético en el entrehierro, puede ser considerado cuando las superficies dentadas se reemplazan por superficies lisas del entrehierro g' , donde:

$$g' = g K_c.$$

donde:

K_c : es el factor de entrehierro o carter

g : entrehierro real.

g' /: entrehierro corregido

El factor de entrehierro puede ser hallado por la fórmula:

$$K_c = K_{c1} \cdot K_{c2}$$

donde:

$$K_{c1} = \frac{P_1 (5g + B_1)}{P_1(5g + B_1) - B_1 (g + B_1)}$$

$$K_{c2} = \frac{P2(5g + B2)}{P2(5g + B2) - B2 (g + B2)}$$

$$P1 = \pi D/S1 \qquad P2 = \pi D/S2$$

donde:

K_{c1} , K_{c2} : Factor de carter estatórico y rotórico

$P1$, $P2$: Paso de diente estatórico y rotórico.

D : Diámetro interno del estator

$B1$, $B2$: Apertura de la ranura del estator y rotor.

$S1$, $S2$: Número de ranuras del estator y rotor

b) Cálculo del Circuito Magnético, factor de saturación.

La fuerza magnetomotriz dada por el bobinado del motor se usa para vencer la reluctancia del entrehierro y otra parte se consume en las partes del circuito magnético, el factor de saturación nos dá el porcentaje de fuerza magnetomotriz que



se consume en el acero.

Para hallar los ampere-vueltas consumidos por el circuito magnético es necesario dividirlo en cinco partes, que están magnéticamente en serie: corona estatórica, diente estatórico, entrehierro, diente rotórico y corona rotórica.

Hay que calcular separadamente los ampere-vueltas requeridos en cada porción del circuito magnético y sumar estos componentes para obtener la fuerza magnetomotriz total requerida para magnetizar la máquina.

El factor de saturación está dado por:

$$F_s = \frac{(Amp-V)_{entrehierro} + (Amp-V)_{fierro}}{(Amp.-V)_{entrehierro}}$$

Tendremos que conocer el camino medio del flujo magnético y los ampere-vuelta en esa misma zona.

Las curvas Inducción vs Intensidad magnética en el diente y la corona pueden deducirse a partir de las curvas de

excitación en A-C que dan los fabricantes de acero magnético.

Los fabricantes nos dan las curvas B-H en el diente y la corona para el acero al Silicio H-23.

En el siguiente cuadro muestra las fórmulas para calcular el F.S.

| Zona | Area (m ²) | Inducción (T) | Long. Mag. |
|-------------------|--|--|--------------------------|
| Corona Estator | $2 L \cdot C1 \cdot Ko$ | $\frac{D \cdot Bg}{P \cdot C1 \cdot Ko}$ | $\frac{\pi (D-C1)}{2 P}$ |
| Diente Estator | $\frac{L \cdot T1 \cdot S1 \cdot Ko}{P}$ | $\frac{\pi \phi P}{2Area}$ | ATR1 |
| Corona Rotor | $2L \cdot C2 \cdot Ko$ | $\frac{\phi P}{Area}$ | $\frac{\pi (D1+C2)}{2p}$ |
| Diente Rotor | $\frac{L \cdot T2 \cdot S2 \cdot Ko}{P}$ | $\frac{\pi \phi P}{2Area}$ | ATR2 |
| Entre- hierro | Pp | Bg | $Kc G$ |

donde:

Ko : Factor de apilamiento.

ϕ : Flujo por polo (T/m²)

Kc : Factor de Carter.

- G : Entrehierro.
- ATR1 : Altura total de la ranura del estator.
- HR1 : Distancia entre centros de la ranura del estator.
- R4 : Radio menor de la ranura del estator.
- R3 : Radio mayor de la ranura del estator.
- H1 : Altura de la abertura del estator
- B1 : Abertura de la ranura del estator
- C1 : Longitud de la corona del estator
- T1 : Ancho del diente del estator
- L : Longitud del paquete magnético
- D : Diámetro interno del estator
- DI : Diámetro del rotor
- ATR2 : Altura total de la ranura del rotor.
- HR2 : Distancia entre centros de la ranura del rotor.

- R5 : Radio mayor de la ranura del rotor
- R6 : Radio menor de la ranura del rotor
- H2 : Altura de la abertura del rotor
- B2 : Abertura de la ranura del rotor
- C2 : Longitud de la corona del rotor
- DE : Diámetro externo del estator
- DEJ : Diámetro del eje del motor

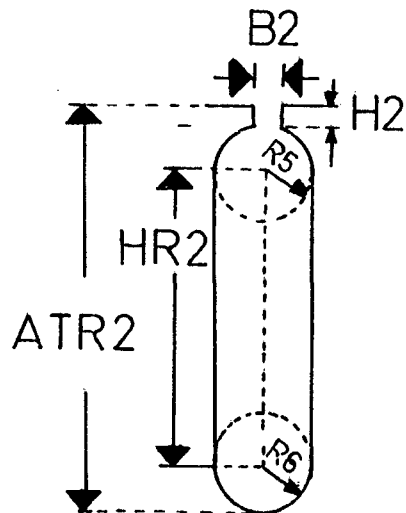
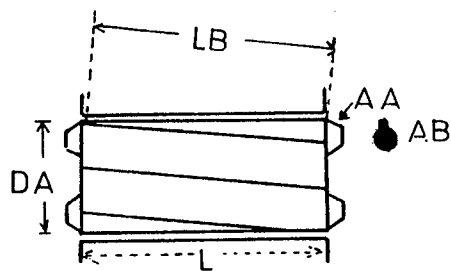
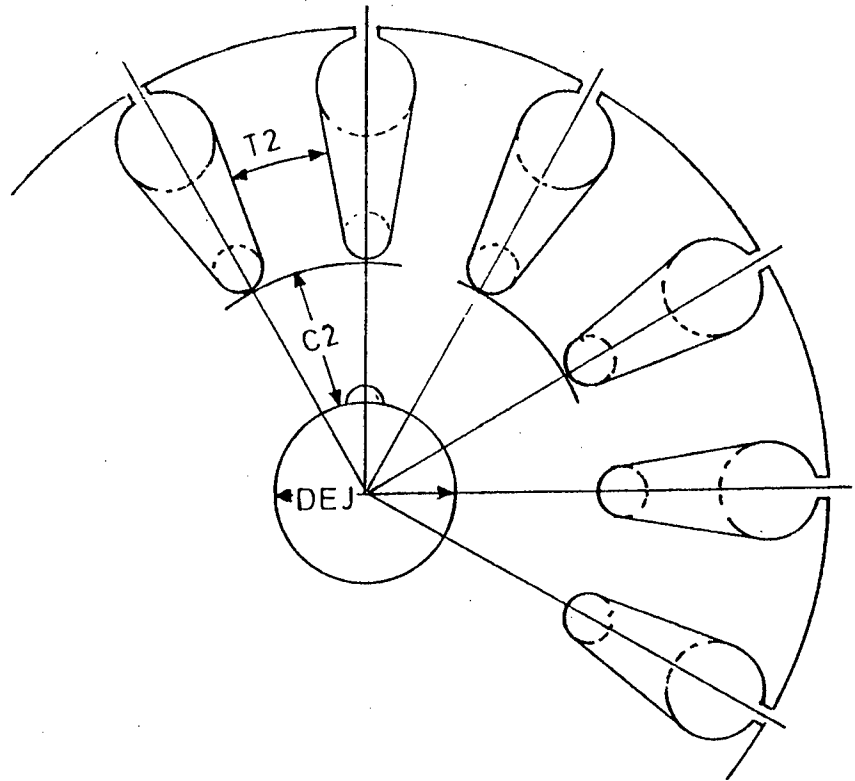


fig. 2.5

FORMA DE LA RANURA DEL ROTOR



LB : Longitud de la barra rotórica
 DA : Diametro medio del anillo
 AB : Area de la barra rotórica
 AA : Area del anillo
 L : Longitud del paquete magnetico
 C2 : Longitud de la corona del rotor
 T2 : Ancho del diente del rotor
 DEJ: Diámetro del eje del rotor

fig 2.6

DIMENSIONES DE LA CORONA Y DIENTE DEL ROTOR TIPO JAULA DE ARDILLA

c) Cálculo de los Parámetros del Motorc.1) Resistencia del Bobinado Estatórico Por Fase (R₁)

La resistencia del bobinado estatórico con corriente continua:

$$R_1 = R_{cu} \cdot NF \cdot Z_1 \cdot LCM / (SC \cdot CP)$$

| TIPO DE CONEXION | Y | YY | 3Y | 4Y | Δ | 2 Δ | 3 Δ | 4 Δ |
|--------------------|---|----|----|----|------------|-------------|-------------|-------------|
| CP | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| FACTOR DE CONEXION | 1 | 2 | 3 | 4 | $\sqrt{3}$ | $2\sqrt{3}$ | $3\sqrt{3}$ | $4\sqrt{3}$ |

R_{cu} : Resistividad del Cu a 20°C

(0.0176 Ω-mm²/m)

Z₁ : Número de conductores por ranura del estator.

SC : Sección del conductor equivalente en mm².

LCM : Longitud del conductor medio.

$$LCM = L + LCB = L + \pi DB \cdot KCB \cdot Y_p / S_1$$

$$NF = (Z_1 \cdot S_1) / (3 \cdot CP)$$

NF : Número de vueltas por fase.

CP : Número de caminos en paralelo.

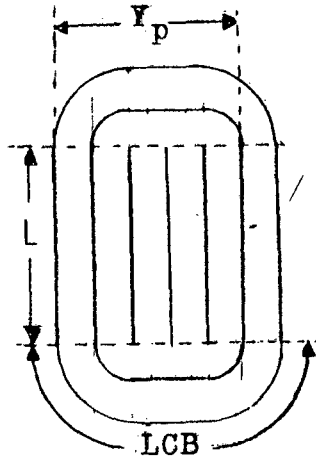
L : Longitud del paquete magnético.

S₁ : Número de ranuras del estator.

DB : Diámetro del centro de la ranura.

LCB : Longitud de la cabeza de bobina

KCB : Factor empírico para la cabeza de bobina.



| KCB. | Número de Polos |
|------|-----------------|
| 1.3 | 2 |
| 1.5 | 4 |
| 1.7 | 6 |

Yp : Paso promedio del bobinado

c.2) Reactancia de Magnetización (X_M)

Calculado el Factor de carter y factor de saturación tendremos la reactancia de magnetización.

$$X_M = 6 \cdot \mu_0 \cdot f \cdot D \cdot L \cdot (N \cdot F_B / P)^2 / (K_c \cdot F_S \cdot G)$$

donde:

μ_0 : Permeabilidad del vacío

f : Frecuencia de la red

D : Diámetro interno del estator

G : Entrehierro

FS : Factor de saturación

FB : Factor de bobinado.

P : Número de polos

c.3) Reactancia de Dispersión Estatórica
(X_1).

Debido a que la dispersión del campo magnético es complejo se considera que la reactancia de dispersión está formada por cuatro componentes:

a) Reactancia de dispersión de ranura estatórica (X_{R1}).

b) Reactancia de dispersión de cabeza de bobina (X_{CB}).

c) Reactancia de dispersión Zig - Zag del estator (X_{z1}).

d) Reactancia de Dispersión de Inclinación (X_I)

a) Reactancia de Dispersión de Ranura Estatórica (X_{R1})

Originada por el flujo que se concatena en la ranura y puede calcularse por:

$$X_{R1} = \frac{6 \cdot \pi \cdot F \cdot NF^2 \cdot L \cdot \mu_0}{SI} \cdot \left(\frac{HR1}{3(R3+R4)} + 0.623 + \dots \right) \\ \dots + H1/B1)$$

donde:

NF : Número de vuelta por fase

f : Frecuencia

HR1 : Distancia de los centros de la ranura del estator.

Uo : Permeabilidad del vacío.

H1 : Altura de la abertura de la ranura del estator

B1 : Abertura de la ranura del estator

L : Longitud del paquete magnético.

b) Reactancia de Dispersión de Cabeza de Bobina (X_{CB})

Dado por la fórmula experimental:

$$X_{CB} = F \cdot NF^2 \cdot D \cdot (Y_p - 0.3) \cdot 2.1 \cdot 10^{-8} / P^2$$

donde:

Y_p : Paso promedio

P : Número de polos

c) Reactancia de Dispersión Zig-Zag del Estator (X_{z1})

Dado la reactancia debida a la dispersión del flujo magnético entre la superficie de los dientes del rotor y estator:

$$X_{z1} = \pi^2 \cdot X_M \left(\frac{6}{K_{c1}} - 1 \right) / \left[60 \cdot (S_1/P)^2 \right]$$

donde:

K_{c1} : Factor de carter del estator

X_M : Reactancia de magnetización.

d) Reactancia de Dispersión de Inclinación (X_I).

Es originada por la inclinación de las barras del rotor con respecto a las ranuras estáticas, la inclinación de las ranuras reducen la fuerza electromotriz inducida en el rotor.

Dada por: $X_I = (\pi P \alpha)^2 X_M / 12$

donde:

α : Angulo de inclinación de las barras rotóricas en ángulos eléctricos

La reactancia de dispersión del bobinado estatórico se obtiene sumando las componentes.

$$X_1 = X_{R1} + X_{Z1} + 0.5 (X_I + X_{CB})$$

c.4 Reactancia de Dispersión de la Ranura Rotórica (X_{R2})

$$X_{R2} = 6 \cdot \pi \cdot F \cdot (N_F \cdot F_B)^2 \cdot \frac{L \cdot \mu_0}{S_2} \dots\dots$$

$$\dots\dots [HR^2 / (3 \cdot (R_5 + R_6)) + .623 + H_2 / B_2]$$

Reactancia de dispersión Zig-Zag del rotor

$$X_{Z2} = \pi^2 \cdot X_M (6 / K_{c2} - 1) / (60 (S_2 / P)^2)$$

Debido a que en el rotor, las barras están cortocircuitadas por anillos, la dispersión del flujo en los anillos es despreciable, por lo que para el rotor la reactancia vendrá dada por la fórmula:

$$X_2 = X_{R2} + X_{Z2} + .5 (X_I + X_{CB})$$

c.5 Resistencia Rotórica (R₂)

La resistencia del rotor deberá ser referida al bobinado estatórico; se usa un mismo material para las barras y los anillos.

$$R_2 = 3 (N_F \cdot F_B)^2 \cdot RAL \{ LB/AB + \dots + \pi \cdot DA / [2 \cdot S_2 \cdot AA \cdot (\sin(\pi \cdot P \cdot 0.5 / S_2))^2] \} / S_2$$

donde:

RAL : Resistividad de material usado para la parte rotórica.

LB : Longitud de la barra rotórica

S₂ : Número de ranuras del rotor

AB : Area de la barra rotórica

$$AB = \pi \cdot R_5^2 + 2 \cdot H_2 \cdot R_5 + H_2 \cdot B_2$$

DA : Diámetro medio del anillo

AA : Area del anillo

$$AA = \frac{AB}{2 \cdot \sin(\pi \cdot P / (2 \cdot S2))}$$

c.6) Resistencia de Pérdidas en el Hierro
(R_M)

Es representada por el parámetro R_M del circuito equivalente y se hallan las pérdidas producidas por la frecuencia fundamental en los dientes y corona del estator del motor. Las pérdidas en el fierro del rotor se desprecian pues en operación nominal la frecuencia es tan baja que las pérdidas son despreciables y que el campo hacia atrás tiene una frecuencia de casi el doble de la fundamental, la magnitud de este campo es pequeña y por lo tanto se desprecia.

A partir de volúmenes del diente y corona estática se calculan sus pesos y las conclusiones son las mismas al calcular el factor de saturación; las pérdidas en Watt/kg en el fierro se dan del gráfico B(T) vs pérdidas (Watt/kg).

$$\text{Peso } f_e = (V_c + V_d) D_{fe}$$

Para el cálculo de los volúmenes tanto de la corona estatórica y del diente estatórico tenemos:

Volúmen de la corona estatórica (Vc)

$$Vc = 0.98.L.(Cl/1000).PI.(DE-Cl/1000)$$

Volúmen del diente estatórico (Vd)

$$Vd = 0.98.L.(Tl/1000).(ATrL/1000).Sl$$

Pérdidas en la corona estatórica (PCE)

$$PCE = WCE.Vc.\rho_{FE}$$

Pérdidas en el diente estatórico (PTl)

$$PTl = WTL.Vd.\rho_{FE}$$

donde:

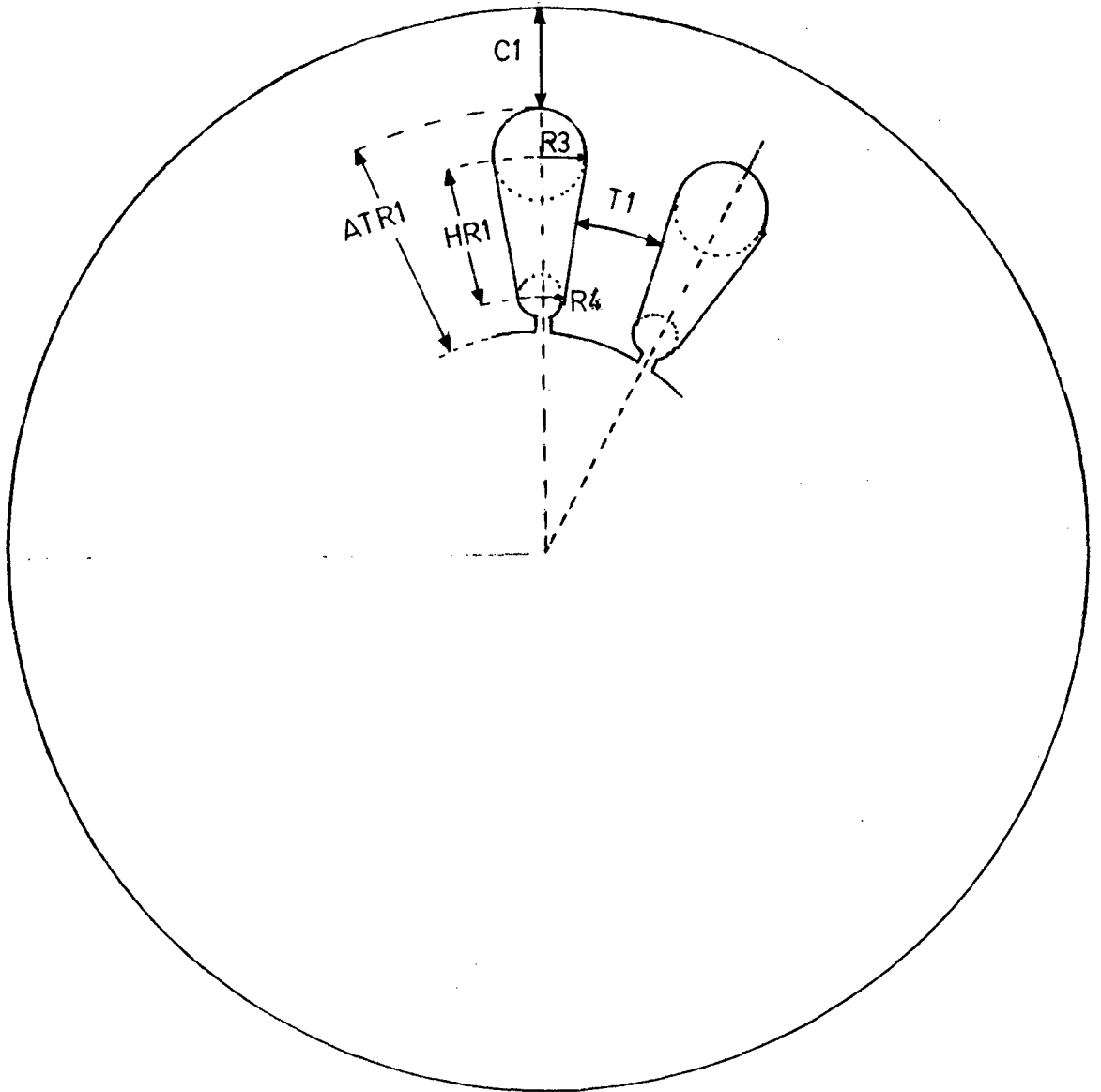
DE: Diámetro externo del motor.

ρ_{FE} : Peso específico del fierro
(7750 Kg/m³).

Cl: Longitud de la corona estatórica.

WCE: Pérdidas en la corona (watt/Kg)

WTL: Pérdidas en el diente (watt/Kg).



ATR1: Altura total de la ranura del estator
T1 : Ancho del diente de la ranura del estator
HR1 : Distancia de centros de la ranura del estator

FIG 2.7

DIMENSIONES DE LA CORONA Y EL DIENTE DEL ESTATOR

$W_{fe} = \text{Peso corona} \times \text{Pérdidas corona} + \dots$

$\dots \text{Peso diente} \times \text{Pérdidas diente.}$

$$RM = 3 V^2 / [W_{fe}.2]$$

d) Pérdidas mecánicas y superficiales.

Las pérdidas mecánicas (fricción y ventilación) dadas por la siguiente fórmula:

$$P_{fv} = 1.25 (Dej)^3 \text{ rpm} / 100$$

donde:

Dej : Diámetro del eje del motor (pulg.)

rpm : Velocidad sincrónica del motor (rpm).

Pérdidas superficiales:

$$Pérd \text{ Sup} = 1.85E-8 BG^{2.3} (f/p)^{1.55} D^{2.05}.$$

$$\dots (S1)^{-5} (B1/6)^{1.22} L$$

donde:

BG : inducción en el entrehierro
(Kl/pulg²)

D, L : en pulg.

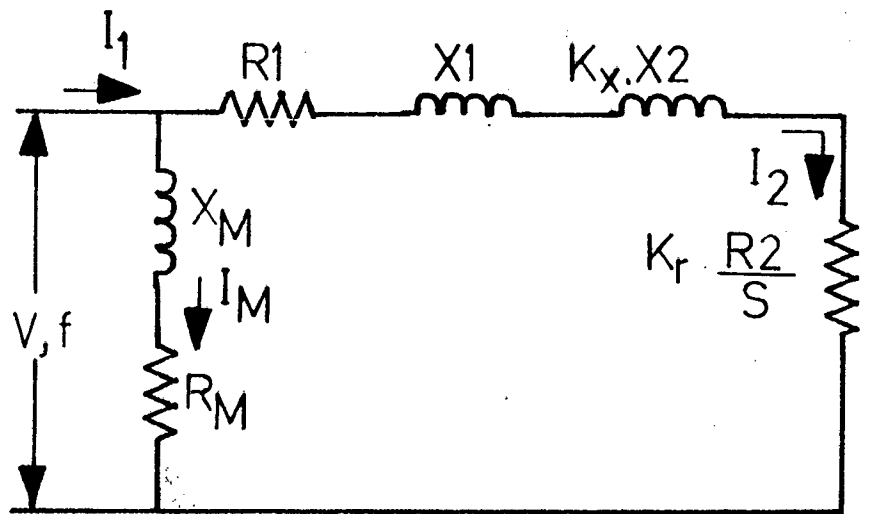
Las pérdidas se considerarán como una carga sobre el motor dada por:

$$PM = \text{Pérd Sup} + Pf_v$$

2.2 Circuito Equivalente del Motor de Jaula Simple

Debido a que la tensión y frecuencia de la red que alimenta al motor son valores conocidos, es conveniente expresar las ecuaciones de la máquina en función de estas dos variables para poder así analizar cualitativamente su influencia en las características de funcionamiento del motor. Esto se consigue usando el circuito equivalente "L invertida" (C.E.L.I.), cuya deducción se realizó en 2.1.

Como durante el proceso de arranque la frecuencia del rotor varía fuertemente desde un valor igual al de la frecuencia de la red hasta 1 a 3 Hz, el efecto skin ocasiona variaciones tanto en la resistencia como en la reactancia de dispersión del rotor. El fenómeno es discutido en el apéndice 2 y puede ser introducido al C.E.L.I. mediante los parámetros K_r y K_x , luego de lo cual el C.E. queda de la siguiente forma:



/ Fig. 2.8

donde:

$R_1 = C \cdot r_1$: Resistencia del estator transformada al CELI

$R_M = R_m + r_1$: Resistencia de la rama magnetizante transformado al CELI

$R_2 = C^2 r_2$: Resistencia del rotor transformada al CELI

$X_1 = C \cdot x_1$: Reactancia de dispersión estática transformada al CELI

$X_M = X_m + x_1$: Reactancia de magnetización transformada al CELI

$X_2 = C^2 x_2$: Reactancia de dispersión del rotor transformada al CELI

$C=1+FS \cdot K_o$: coeficiente de dispersión total del estator

FS : Factor de saturación

K_o : Constante que depende únicamente de las características geométricas del motor.

K_r : Parámetro que toma en cuenta el efecto skin sobre la resistencia del rotor

K_x : Parámetro que toma en cuenta el efecto skin sobre la reactancia de dispersión del rotor

s : Deslizamiento

I_2 : Corriente en la rama rotórica del CELI

I_m : Corriente en la rama magnetizante del CELI

I_1 : Corriente total del CELI

Ecuaciones de funcionamiento:

A partir del CE de la fig. 2.8 pueden escribirse directamente las siguientes ecuaciones:

$$I_2 = \frac{V}{(R_1 + K_r R_2/s) + j(X_1 + K_x X_2)} \quad (1)$$

$$I_m = \frac{V}{R_m + j X_m} \quad (2)$$

$$I_1 = I_m + I_2 \quad (3)$$

Usando la ec. 1, la potencia electromagnética (P_{em}), puede escribirse de la siguiente manera:

$$P_{em} = \frac{3V^2 K_r (R_2/s)}{(R_1 + K_r R_2/s)^2 + (X_1 + K_x X_2)^2} \quad (4)$$

y por lo tanto el torque electromagnético (T_{em}) será:

$$T_{em} = \frac{3 P' V^2 K_r (R_2/s)}{2\pi f \cdot [(R_1 + K_r R_2/s)^2 + (X_1 + K_x X_2)^2]} \quad (5)$$

P' = Nro. de pares de polos.

Considerando que las pérdidas mecánicas (P_M) varían con el cuadrado de la velocidad, la potencia en el eje (P_{eje}) será:

$$P_{eje} = 3(1-s)P_{em} - 3P_M(1-s)^2 \quad (6)$$

Del circuito equivalente las pérdidas pueden expresarse:

$$\text{Pérd} = 3(R_m I_m^2 + R_1 I_1^2 + K_r \cdot R_2 \cdot I_2^2) + 3P_M(1-s)^2 \quad (7)$$

y la eficiencia

$$n = \frac{\text{Peje}}{\text{Peje} + \text{Pérd}} \quad (8)$$

Análisis del torque electromagnético:

La curva T_{em} vs s define dos de las características más importantes del motor: el torque de arranque y el torque máximo.

Torque de arranque (TA):

El valor de TA se obtiene de la ec. (5), cuando $s=1$.

$$TA = \frac{3 p' V^2 K_r R_2}{2\pi f \cdot [(R_1 + K_r R_2)^2 + (X_1 + K_x X_2)^2]}$$

que en función de los parámetros básicos será:

$$TA = \frac{3 p' V^2 K_r C^2 r_2}{2\pi f [(C r_1 + K_r C^2 r_2)^2 + (2\pi f C L_1 + 2\pi f C^2 K_x L_2)^2]}$$

.....(9)

Los parámetros del CE que dependen únicamente de las dimensiones y características geométricas del motor.

De la ec. (9) concluimos que:

- Si la tensión (V) se mantiene fija y la frecuencia (f) aumenta, el torque de arranque disminuye.
- Si la frecuencia (f) se mantiene fija, el torque de arranque depende prácticamente de la tensión al cuadrado.

Torque Máximo (T_m):

En el apéndice C se ha deducido el torque electromagnético máximo, ocurre a un deslizamiento característico (s_m) y puede expresarse como:

$$T_{\text{máx}} = \frac{3 p' V^2}{4\pi f (R_1 + (R_1^2 + (X_1 + K_x X_2)^2) \cdot s)}$$

Como $R_1 < X_1 + K_x \cdot X_2 = X_{cc}$ (pues normalmente $R_1 = 10\% - 15\% X_{cc}$)

Entonces $R_1^2 \ll X_{cc}^2$ y puede desprejarse de la fórmula sin perder exactitud; desprejando R_1^2 y usando los parámetros básicos la expresión para el

Tmax será:

$$T_{max} = \frac{3 p' V^2}{4\pi f (R_1 + 2\pi f(C L_1 + C^2 K_x L_2))} \quad (10)$$

De esta expresión se desprende que:

- Si la tensión se mantiene constante y la frecuencia aumenta, el torque máximo disminuye. Y por consiguiente disminuirá la capacidad de sobrecarga del motor.
- A frecuencia constante, el torque máximo aumenta o disminuye con el cuadrado de la tensión.

2.3 Separación de Pérdidas en el Motor Asíncrono:

Pérdidas en vacío:

El balance de potencias en el motor asíncrono en vacío es el siguiente:

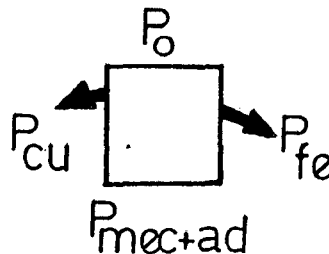


Fig. 2.9

donde:

P_o = Potencia de entrada en vacío

P_{fe} = Pérdidas en el fierro del motor

P_{cu_o} = Pérdidas en el cobre del estator en vacío

P_m = Pérdidas mecánicas

P_{mec} = Potencia mecánica

En la prueba de vacío del CE "T", se calculará las pérdidas mecánicas (P_m) haciendo una regresión lineal.

Ecuaciones de las Pérdidas en Vacío:

P_m = calculado por regresión lineal

$P_{fe} = m r_m I_o^2$

$P_{cu_o} = m r_1 I_o^2$

$P_o = P_{cu_1} + P_{fe} + P_m$

Pérdidas con Carga del Motor

El balance de potencias en el motor asíncrono con carga es el siguiente:

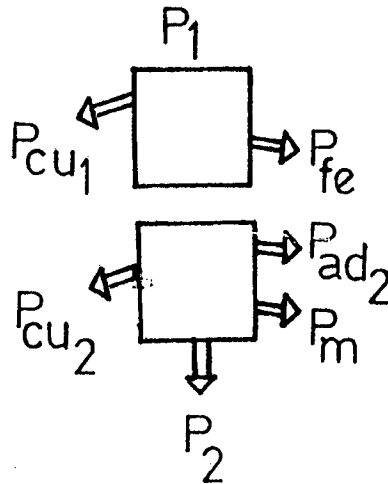


Fig. 2.10

donde: /

P_1 = Potencia eléctrica suministrada al motor

P_{cu1} = Pérdidas en el cobre del estator

P_{fe} = Pérdidas en el fierro

P_{em} = Potencia electromagnética

P_{cu2} = Pérdidas en el cobre del rotor

P_{ad} = Pérdidas adicionales

P_m = Pérdidas mecánicas

P_2 = Potencia entregada por el motor

Para el cálculo de las pérdidas a partir del CELI calculamos las corrientes I_1 , I_2 , I_m para el deslizamiento s que serán útiles.

Ecuaciones de las Pérdidas con Carga:

P_2 = Potencia útil (placa del motor)

$$P_{ad} = 0.3\% P_2$$

$$P_{cu1} = m R_1 I_2^2$$

$$P_{fe} = m R_m I_m^2$$

$$P_{cu2} = m R_2 I_2^2$$

P_m = calculado por regresión lineal

$$P_{adz} = 0.3\% P_2$$

$$P_1 = P_{cu1} + P_{fe} + P_{cu2} + P_m + P_{ad} + P_2$$

$$P_{em} = P_1 - P_{cu1} - P_{fe}$$

$$P_2 = P_{em} - P_{cu2} - P_{adz} - P_m$$

Eficiencia del motor asíncrono:

La eficiencia del motor sería la relación de la potencia de salida del motor (P_2) entre la potencia de entrada del motor (P_1)

$$n = P_2/P_1$$

CAPITULO 3

ANALISIS EN ESTADO ESTABLE ANTE VARIACIONES DE FRECUENCIA Y/O TENSION

3.1 Recomendaciones dadas por las normas:

Para el caso de un motor de corriente alterna aplicado una tensión y una frecuencia nominal de una red.

Variación del voltaje nominal:

Las normas NEMA (National Electrical Manufacturers Association) MG1.1978 MOTORS AND GENERATORS recomiendan que el motor de inducción puede funcionar satisfactoriamente en carga nominal con una variación en su voltaje de $\pm 10\%$ del voltaje nominal y frecuencia nominal.

Las Normas IEC (International Electrotechnical Commission) en su publicación 34-1 Rotating Electrical Machines - Parte 1 Rating and Performance (1980) nos recomiendan una variación de $\pm 5\%$ del voltaje nominal (V_n), con el sistema balanceado y frecuencia nominal (f_n)

Variación de la frecuencia nominal:

Las normas NEMA MG1.1978 MOTORS AND GENERATORS recomienda que el motor de corriente alterna puede funcionar satisfactoriamente en carga nominal y a voltaje nominal con una variación en la frecuencia

de $\pm 5\%$ de la frecuencia nominal.

La norma europea IEC 1980 (International Electrotechnical Commission) nos recomiendan una variación de $\pm 5\%$ de la frecuencia nominal (f_n).

Podemos analizar que las normas NEMA (National Electrical Manufacturers Association) MG1. 1978 MOTORS AND GENERATORS recomiendan una variación en la tensión de $\pm 10\%$ de la tensión nominal (V_n) y la norma IEC (Rotating Electrical Machines) 1980 recomienda una variación de $\pm 5\%$ de la tensión nominal (V_n) esta diferencia es debida a que para motores de la misma dimensión; los motores fabricados con las normas NEMA tienen una potencia de placa de 20% menor y un factor de servicio de 1.2; respecto a los motores de fabricación con las normas IEC.

Por ejemplo, un motor fabricado con las normas NEMA de una potencia de 50 HP y con factor de servicio de 1.2, ese mismo motor fabricado con las normas IEC sería de 60 HP con un factor de servicio de uno.

El factor de servicio es el número que multiplicado por la potencia indicada sobre la placa de características, da el exceso de potencia que la máquina puede suministrar en servicio continuo. El valor es elegido por el fabricante.

Las normas ITINTEC 370.004 MAQUINAS ELECTRICAS ROTATIVAS las cuales se halla dentro de las normas IEC.

3.2 CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS ELECTROMECANICAS Y
DIAGRAMAS DE FLUJO DEL PROGRAMA DE CALCULO

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA "PARAMETROS"

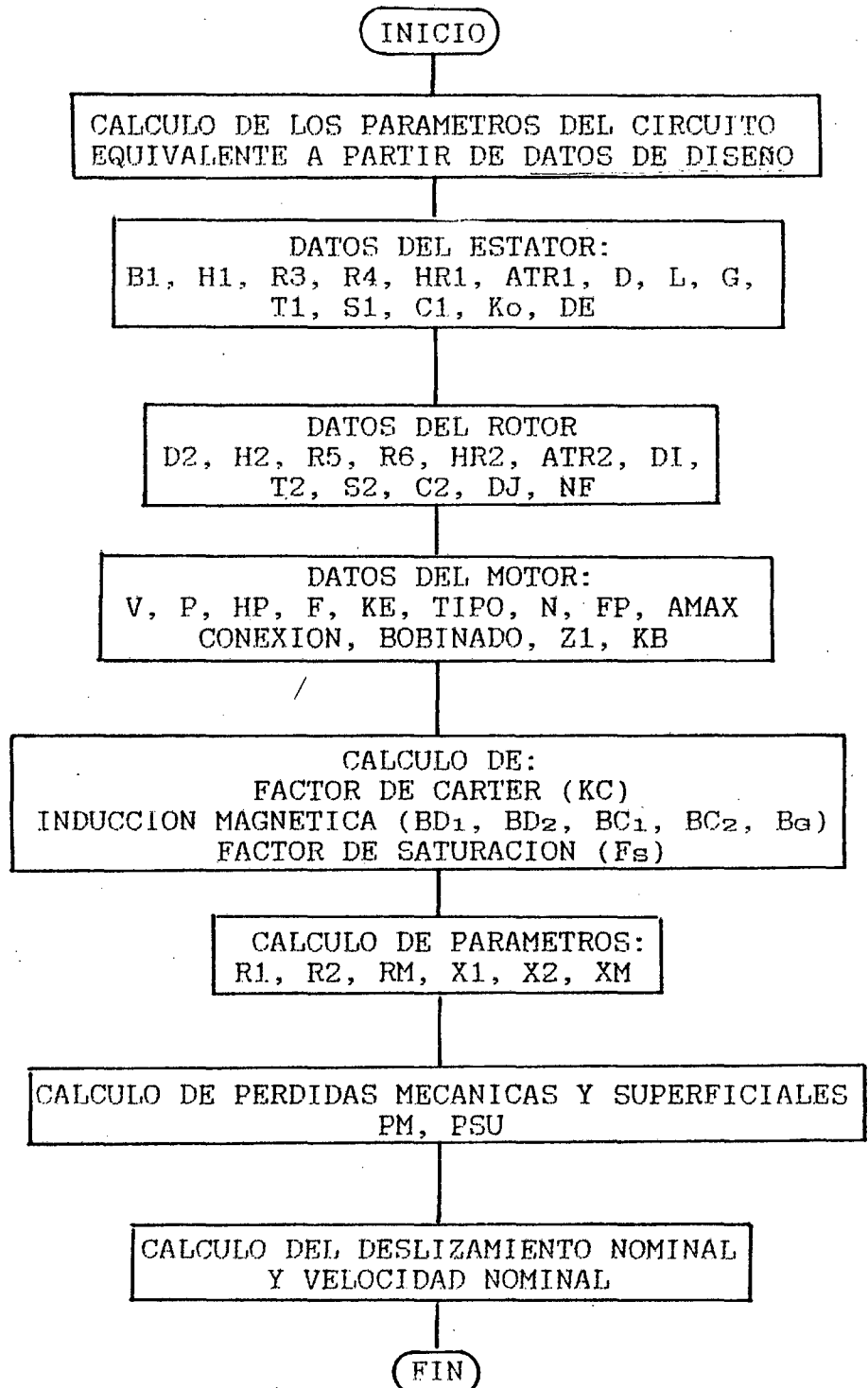
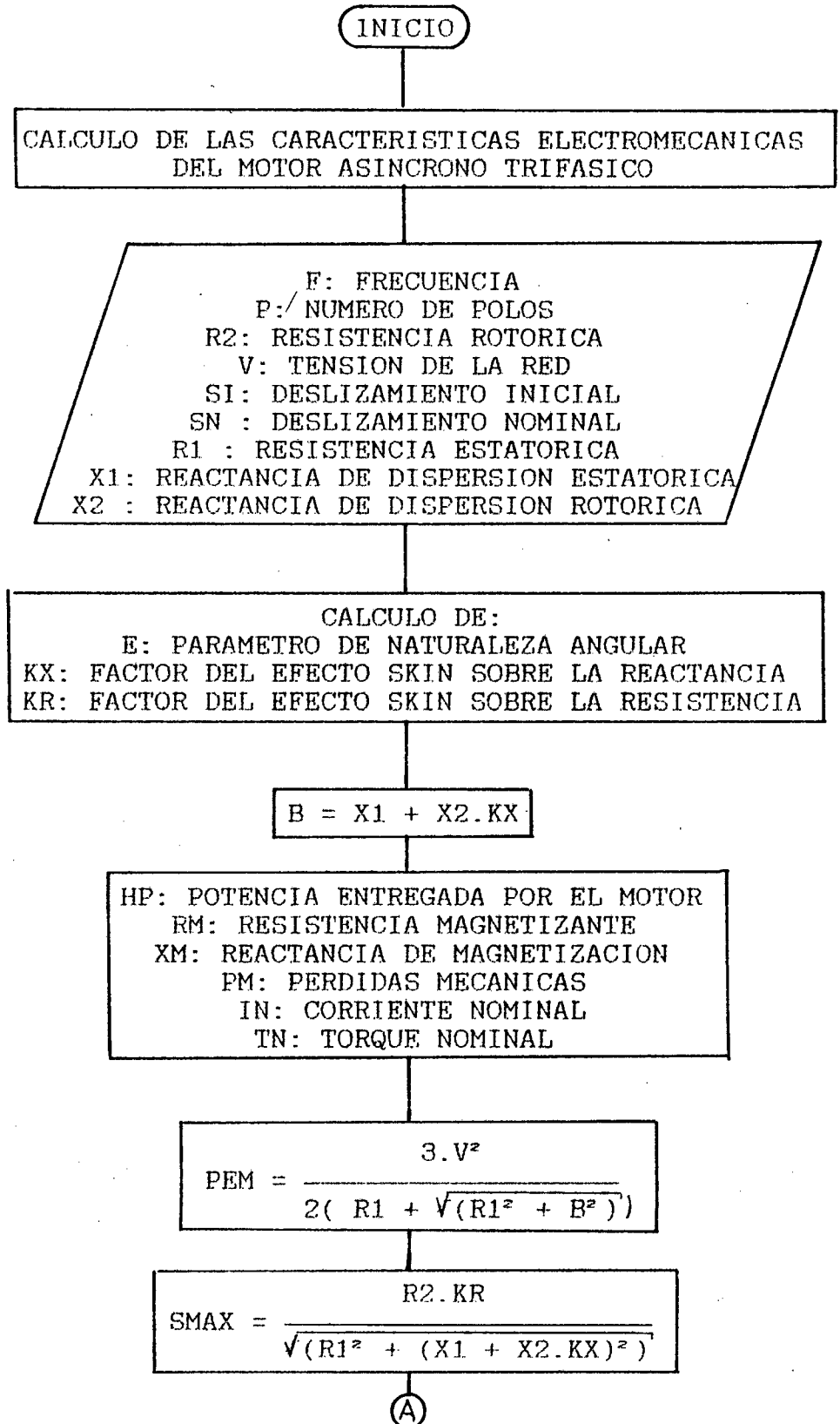


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA "CARACTER"



(A)

$$T_{MAX} = \frac{3.V^2 P/2}{4.\pi.f.(R1 + \sqrt{(R1^2 + B^2)})}$$

$$T_{ARR} = \frac{3.P.R2.V^2.KR}{4.\pi.f.((R1 + R2.KR)^2 + (X1 + X2.KX)^2)}$$

$$I_{ARR} = \frac{V}{\sqrt{((R1 + R2.KR)^2 + (X1 + X2.KX)^2)}}$$

$$I_M = V/\sqrt{(R_M^2 + X_M^2)}$$

$$L = -\text{ATN}(X_M/R_M) . 180/\pi$$

PEM: POTENCIA ELECTROMAGNETICA MAXIMA
 SMAX: DESLIZAMIENTO MAXIMO
 TMAX: TORQUE MAXIMO
 TARR: TORQUE DE ARRANQUE
 IARR: CORRIENTE DE ARRANQUE
 IM: CORRIENTE MAGNETIZANTE
 L: ANGULO

TAMAÑO DEL PASO PARA S

$$TOR = \frac{3.R2.P.V^2.KR}{4.\pi.f.S.((R1 + R2/S.KR)^2 + B^2)}$$

(B)

ⓑ

$$POT = \frac{3.V^2 . R2/S.KR}{((R1 + R2/S.KR)^2 + B^2)}$$

$$I_2 = \frac{V}{\sqrt{(R1 + R2/S.KR)^2 + (X1 + X2.KX/S)^2}}$$

$$K = - \text{ATN} \left(\frac{X1 + X2.KX/S}{R1 + R2/S.KR} \right) \left(\frac{180}{\pi} \right)$$

$$KK = I2 . \text{COS}(\pi . K/180) + IM . \text{COS}(L . \pi/180)$$

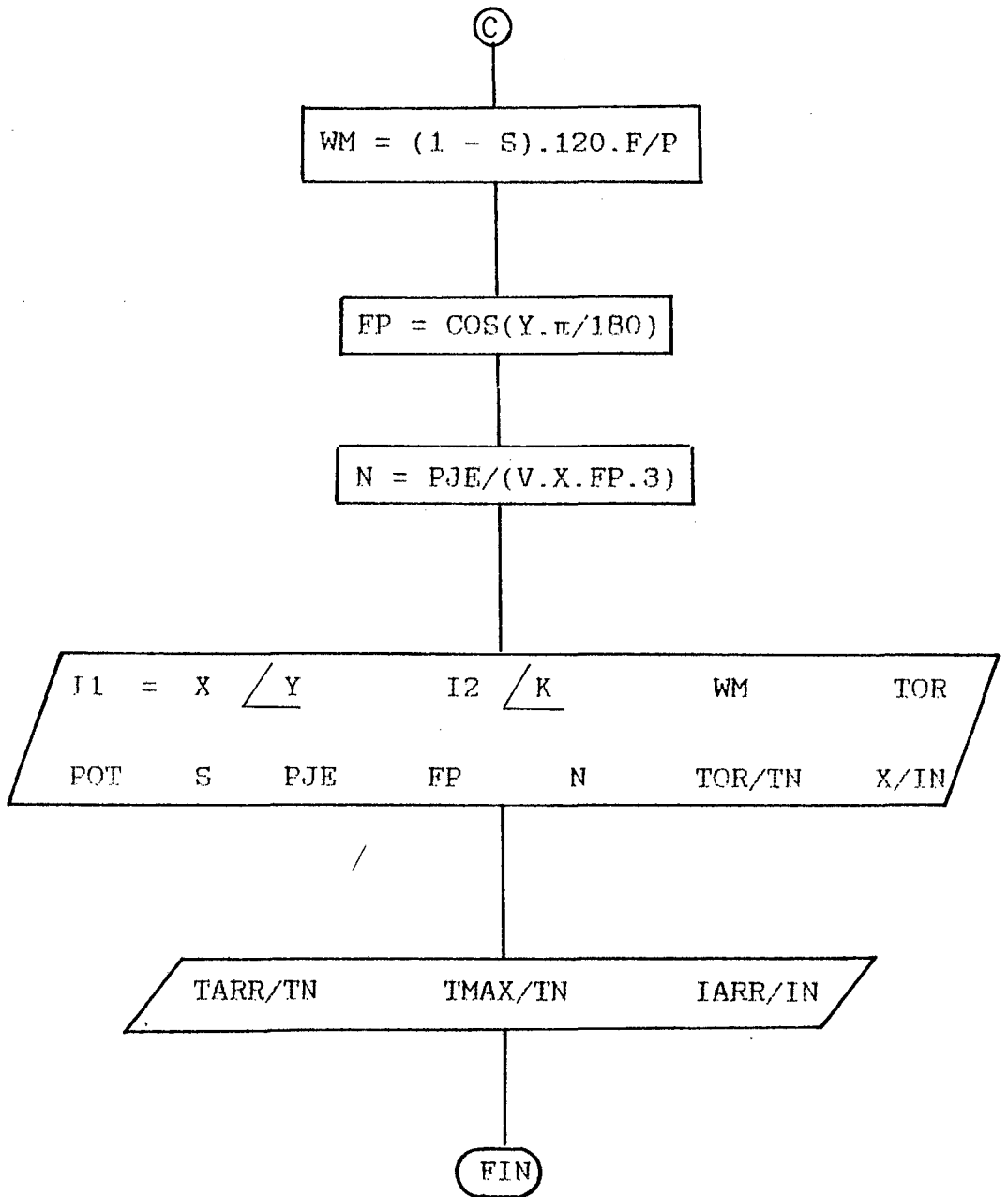
$$LL = I2 . \text{SIN}(\pi . K/180) + IM . \text{SIN}(L . \pi/180)$$

$$X = \sqrt{(KK^2 + LL^2)}$$

$$Y = \text{ATN}(LL/KK) . 180/\pi$$

$$PJE = \left(\frac{3.R2.V^2 . (1-S).KR}{S . ((R1 + R2 . KR/S)^2 + (X1 + X2.KX/S)^2)} + \dots \right. \\ \left. \dots - PM . (1-S)^2 \right) / 1.003$$

ⓒ



LISTADO DEL PROGRAMA "CARACTER"

```

10 COMMON F,P,R2,V, S, R1,X1,X2,SN,HP,RM,XM,PN,IN,TN,PI,RAD
20 CLS
30 61$="#####"
#####
40 62$="-----"
-----"
50 PRINT"CALCULO DE LOS PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE"
60 LPRINT"CALCULO DE LOS PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE"
70 PRINT"DATOS DEL ESTATOR:"
80 LPRINT"DATOS DEL ESTATOR:"
90 READ B1,H1,R3,R4,HR1,ATR1,D,L,G,T1,S1,C1,K0,DE
100 PRINT TAB(1);"B1=" ;B1;TAB(14);"H1 =" ;H1;TAB(27);"R3=" ;R3;TAB(40);"R4=" ;R4;T
AB(53);"HR1=" ;HR1 ;TAB(66);"ATR1=" ;ATR1
102 PRINT TAB(1);"D=" ;D;TAB(14);"L=" ;L
110 LPRINT TAB(1);"B1=" ;B1;TAB(14);"H1 =" ;H1;TAB(27);"R3=" ;R3;TAB(40);"R4=" ;R4;
TAB(53);"HR1=" ;HR1 ;TAB(66);"ATR1=" ;ATR1
112 LPRINT TAB(1);"D=" ;D;TAB(14);"L=" ;L
120 PRINT TAB(1);"G=" ;G; TAB(14);"T1=" ;T1;TAB(27);"S1 =" ;S1;TAB(40);"C1 =" ;C1;T
AB(53);"K0=" ;K0;TAB(66);"DE=" ;DE
130 LPRINT TAB(1);"G=" ;G; TAB(14);"T1=" ;T1;TAB(27);"S1 =" ;S1;TAB(40);"C1 =" ;C1;T
AB(53);"K0=" ;K0;TAB(66);"DE=" ;DE
140 PRINT"DATOS DEL ROTOR":RESTORE 1710
150 LPRINT"DATOS DEL ROTOR":RESTORE 1710
160 READ B2,H2,R5,R6,RHR2,RATR2,D1,T2,S2,C2,DJ,NF
170 PRINT TAB(1);"B2=" ;B2;TAB(14);"H2 =" ;H2;TAB(27);"R5=" ;R5;TAB(40);"R6=" ;R6;T
AB(53);"HR2=" ;RHR2 ;TAB(66);"ATR2=" ;RATR2
172 PRINT TAB(1);"D1=" ;D1;TAB(14);"T2=" ;T2;TAB(27);"S2=" ;S2;TAB(40);"C2=" ;C2;T
AB(53);"DJ=" ;DJ;TAB(66);"NF=" ;NF
180 LPRINT TAB(1);"B2=" ;B2;TAB(14);"H2 =" ;H2;TAB(27);"R5=" ;R5;TAB(40);"R6=" ;R6;
TAB(53);"HR2=" ;RHR2 ;TAB(66);"ATR2=" ;RATR2
182 LPRINT TAB(1);"D1=" ;D1;TAB(14);"T2=" ;T2;TAB(27);"S2=" ;S2;TAB(40);"C2=" ;C2;T
AB(53);"DJ=" ;DJ;TAB(66);"NF=" ;NF
190 PRINT"DATOS DEL MOTOR":RESTORE 1740
200 LPRINT"DATOS DEL MOTOR":RESTORE 1740
210 READ V,P,HP,F,KE,T$,N,Q,A,L$,Z1,KB
220 LPRINT TAB(1);"V=" ;V;TAB(14);"P=" ;P ;TAB(27);"HP=" ;HP;TAB(40);"F =" ;F ;TAB(
53);"KE =" ;KE ;TAB(66);"TIPO " ;T$
230 PRINT TAB(1);"V=" ;V;TAB(14);"P=" ;P ;TAB(27);"HP=" ;HP;TAB(40);"F =" ;F ;TAB(5
3);"KE =" ;KE ;TAB(66);"TIPO " ;T$
240 PRINT TAB(1);"A=" ;A; TAB(14);"BOBINADO " ;L$;TAB(55);"Z1 =" ;Z1;TAB(68);"KB=" ;
KB
250 LPRINT TAB(1);"A=" ;A; TAB(14);"BOBINADO " ;L$;TAB(55);"Z1 =" ;Z1;TAB(68);"KB=" ;
KB
260 PRINT"KC"
262 PI=3.1416:RAD=PI/180
270 U=PI*.0000004:CU=.0176:AL=.03448
280 K1=(PI*1000*D/S1)*(5*B+BI)/((PI*1000*D/S1)*(5*B+BI)-B1*(6+B1))
290 K2=(PI*1000*D/S2)*(5*B+B2)/((PI*1000*D/S2)*(5*B+B2)-B2*(6+B2))
300 KC=K1*K2
310 PRINT TAB(1);"K1=" ;K1;TAB(20);"K2 =" ;K2;TAB(39);"KC=" ;KC
320 PRINT"FS"
330 BG=(.38*P*V*A)/(D*L*F*S1*KB*Z1)
340 ID=PI*D*1000*BG/(T1*S1*K0)
350 I4G=(D*1000-2*B)*BG/(K0*P*C2)
360 I3C=1000*D*BG/(K0*P*C1)
370 I2D=PI*(D*1000-2*B)*BG/(T2*S2*K0)
380 RESTORE 1770
390 REM HD1, HD2, HC1, HC2
400 READ K1H,K2H,K3H,K4H
410 V6=K1H*(HR1+R3+R4+H1)*.001

```

```

420 V8=K2H*(RHR2+R5+R6+H2)*.001;ND=V6+V8
430 V7=K3H*(DE-C1/1000)*PI/P
440 V9=K4H*(D1+C2)*PI/(P*1000);NC=V7+V9
450 NG=BG*G*.001*.001/(PI*.0000004)
460 FS=(ND+NC+NG)/NG
470 PRINT TAB(1);"BG = ";BG;TAB(17);"BC1 =";I3C;TAB(35);"BC2=";I4C;TAB(49);"BD1="
";I1D;TAB(64);"BD2 =";I2D
472 PRINT TAB(1);"V6=";V6;TAB(17);"V8=";V8;TAB(35);"ND=";ND;TAB(54);"V7=";V7;T
AB(86);"V9=";V9
480 PRINT TAB(1);"NC=";NC;TAB(20);"NG =";NB;TAB(37);"FS =";FS
490 PRINT "xm"
500 L6=64U*F*D*(L/(K*F*S*G/1000))*(NF*K*B/P)^2;PRINT "xm=";L6
510 PRINT "r1"
520 RESTORE 1790
530 READ YP, TKCB, CP, SC
540 DB=D+(ATR1+H1+R4)/1000
550 LCM=L+PI*DB*TKCB*YP/S1;L8=CU*NF*LCM/(CP*SC)
560 L1=L8*1.21611002*(234.5+75)/(234.5+20)
570 PRINT TAB(1);"DB=";DB;TAB(15);"LCM =";LCM;TAB(32);"r1=";L8;TAB(49);"TRIP=";
L1
580 PRINT "r2"
590 AB=PI*R5^2+RHR2*2*R5+H2*B2
600 DA=DJ+2*C2+RATR2
610 AA=AB/(2*SIN(PI*P/(2*S2)))
620 L7=3*(NF*K*B)^2*AL*(L/AB+DA*PI/(2000*S2*AA*(SIN(PI*P*.5/S2))^2))/S2
630 L2=L7*1.21611002*(234.5+75)/(234.5+20)
640 PRINT TAB(1);"AB=";AB;TAB(16);"DA =";DA;TAB(29);"AA=";AA;TAB(45);"r2=";L7;T
AB(59);"QR2P=";L2
650 PRINT " x1 Y x2"
660 XR1=6*PI*F*NF^2*L*U*(HR1/(3*(R3+R4))+.623+H1/B1)/S1
670 XZ1=PI^2*L6*(6/K1-1)/(60*(S1/P)^2)
680 X1=(PI*F/S1)^2*L6/L2
690 XCB=F*NF^2*D*(YP-.3)*2.1E-08/P^2
700 L4=XR1+XZ1+.5*(X1+XCB)
710 AXR2=6*PI*F*(NF*K*B)^2*L*U*(RHR2/(3*(R5+R6))+.623+H2/B2)/S2
720 BXZ2=PI^2*L6*(6/K2-1)/(60*(S2/P)^2)
730 L5=AXR2+BXZ2+.5*(X1+XCB)
740 PRINT TAB(1);"XR1=";XR1;TAB(23);"XZ1 =";XZ1;TAB(42);"X1=";X1;TAB(57);"XCB="
;XCB
742 PRINT TAB(1);"x1=";L4 ;TAB(23);" XR2=";AXR2;TAB(42);" XZ2=" ;BXZ2;TAB(57);"
x2=";L5
750 PRINT "rm"
760 PRINT "PERD. FIERRO(WATT/KG) CORONA Y DIENTE"
770 VCE=.98*L*(C1/1000)*PI*(DE-C1/1000)
780 VT1=.98*L*(T1/1000)*(ATR1/1000)*S1
790 READ WCE,WT1
800 PCE=WCE*VCE*7750;PT1=WT1*VT1*7750
810 FE=PCE+PT1
820 L3=3*V^2/(2*FE)
830 PRINT TAB(1);"VCE=";VCE;TAB(23);"VT1 =";VT1;TAB(43);"PCE=";PCE;TAB(60)
832 PRINT "PT1=";PT1;TAB(23);"PFE=";FE ;TAB(43);"rm=";L3
840 PRINT "PERNEC,SUP,^f"
850 RPM=120*F/P;DJ=DJ/25.4;D=D/.0254;L=L/.0254
860 BG=BG*64.52
870 PSU=1.85E-08*(BG)^2.3*(F/P)^1.55*D^2.05*SQR(S1)*(B1/6)^1.22*L
880 PFR=1.25*DJ^3*RPM/100
890 PH=PSU+PFR
900 PRINT TAB(1);"RPM=";RPM;TAB(15);"DJ=";DJ;TAB(29);"PSU=";PSU;TAB(45);"PFR=";P
FR;TAB(59);"PM=";PM
910 PRINT G1$
920 LPRINT G1$
930 PRINT TAB(2)"PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE":PRINT

```

```

940 LPRINT TAB(2)"PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE":LPRINT
950 PRINT G1$:PRINT "DATOS DEL MOTOR:"
960 LPRINT G1$:LPRINT "DATOS DEL MOTOR:"
970 PRINT TAB(2)"MOTOR TRIFASICO";TAB(20)HP;"HP";TAB(30)P;"POLOS";TAB(42)F;"HZ";
TAB(54)V;"Volts":PRINT
980 LPRINT TAB(2)"MOTOR TRIFASICO";TAB(20)HP;"HP";TAB(30)P;"POLOS";TAB(42)F;"HZ";
;TAB(54)V;"Volts":LPRINT
990 PRINT:PRINT"RESIST. ESTAT ";TAB(30)"(r1)";L1
992 LPRINT:LPRINT"RESIST. ESTAT ";TAB(30)"(r1)";L1
1000 PRINT:PRINT"RESIST. ROTORICA";TAB(30)"(r2)";L2
1002 LPRINT:LPRINT"RESIST. ROTORICA";TAB(30)"(r2)";L2
1010 PRINT:PRINT"RESIST. DE PERDIDAS";TAB(30)"(rm)";L3
1012 LPRINT:LPRINT"RESIST. DE PERDIDAS";TAB(30)"(rm)";L3
1050 PRINT:PRINT"REACT.DE MAG ";TAB(30)"(xm)";L4
1060 LPRINT:LPRINT"REACT.DE MAG ";TAB(30)"(xm)";L4
1070 PRINT:PRINT"REACT.DE DISP.ROTORICA";TAB(30)"(x2)";L5
1080 LPRINT:LPRINT"REACT.DE DISP.ROTORICA";TAB(30)"(x2)";L5
1090 PRINT:PRINT"REACT.DE DISP.ESTAT.";TAB(30)"(x1)";L4
1100 LPRINT:LPRINT"REACT.DE DISP.ESTAT.";TAB(30)"(x1)";L4
1110 PRINT G2$
1120 LPRINT G2$
1130 PRINT"COMPONENTES DE LA REACTANCIA DE DISPERSION (OHMS):"
1140 LPRINT"COMPONENTES DE LA REACTANCIA DE DISPERSION (OHMS):"
1150 PRINT:PRINT
1160 LPRINT:LPRINT
1170 PRINT TAB(1)"REACT. DE RANURA ESTAT.";TAB(25)"(XR1)";TAB(33)XR1
1180 LPRINT TAB(1)"REACT. DE RANURA ESTAT.";TAB(25)"(XR1)";TAB(33)XR1
1190 PRINT TAB(1)"REACT. DE RANURA ROTOR";TAB(25)"(XR2)";TAB(33)XR2
1200 LPRINT TAB(1)"REACT. DE RANURA ROTOR";TAB(25)"(XR2)";TAB(33)XR2
1210 PRINT TAB(1)"REACT. ZIG-ZAG ESTAT";TAB(25)"(XZ1)";TAB(33)XZ1
1220 LPRINT TAB(1)"REACT. ZIG-ZAG ESTAT";TAB(25)"(XZ1)";TAB(33)XZ1
1230 PRINT TAB(1)"REACT. ZIG-ZAG ROTOR";TAB(25)"(XZ2)";TAB(33)XZ2
1240 LPRINT TAB(1)"REACT. ZIG-ZAG ROTOR";TAB(25)"(XZ2)";TAB(33)XZ2
1250 PRINT TAB(1)"REACT. DE INCLINACION";TAB(25)"(XI )";TAB(33)XI
1260 LPRINT TAB(1)"REACT. DE INCLINACION";TAB(25)"(XI )";TAB(33)XI
1270 PRINT TAB(1)"REACT. DE CABEZA DE BOB";TAB(25)"(XCB)";TAB(33)XCB
1280 LPRINT TAB(1)"REACT. DE CABEZA DE BOB";TAB(25)"(XCB)";TAB(33)XCB
1290 LPRINT G2$
1300 Y6=L6*L3^2/(L6^2+L3^2);Y3=L6^2*L3/(L6^2+L3^2):PRINT G2$
1310 PRINT"PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE T: rM = "Y3,"xM = "Y6:PRINT G2
$
1312 LPRINT"PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE T: rM = "Y3,"xM = "Y6:LPRINT
G2$
1320 C=1+L4/Y6:PRINT"PARAMETROS DEL CELI:"
1322 LPRINT"PARAMETROS DEL CELI:"
1330 R1=C*L1;X1=C*L4;R2=C^2*L2;X2=C^2*L5;RM=L1+Y3;XM=L4+Y6
1340 PRINT:PRINT"RESIST. ESTATORICA";TAB(30)"(R1)";R1
1342 LPRINT:LPRINT"RESIST. ESTATORICA";TAB(30)"(R1)";R1
1350 PRINT:PRINT TAB(1)"REACT.DE DISP.ESTAT.";TAB(30)"(X1)";X1
1352 LPRINT:LPRINT TAB(1)"REACT.DE DISP.ESTAT.";TAB(30)"(X1)";X1
1360 PRINT:PRINT"RESIST. PERD. FE";TAB(30)"(RM)";RM
1362 LPRINT:LPRINT"RESIST. PERD. FE";TAB(30)"(RM)";RM
1370 PRINT:PRINT"REACT.DE MAGNETIZACION";TAB(30)"(XM)";XM

```

```

1372 LPRINT:LPRINT"REACT.DE MAGNETIZACION";TAB(30)"(XM)";XM
1380 PRINT:PRINT"RESIST. ROTORICA";TAB(30)"(R2)";R2
1382 LPRINT:LPRINT"RESIST. ROTORICA";TAB(30)"(R2)";R2
1390 PRINT:PRINT"REACT.DE DISP. ROTORICA";TAB(30)"(X2)";X2:PRINT 62$
1392 LPRINT:LPRINT"REACT.DE DISP. ROTORICA";TAB(30)"(X2)";X2:LPRINT 62$
1400 PRINT"PERDIDAS CALCULADAS:"
1402 LPRINT"PERDIDAS CALCULADAS:"
1410 PRINT"PERDIDAS MECANICAS (SUPERF, VENT) (PM)";PM
1412 LPRINT"PERDIDAS MECANICAS (SUPERF, VENT) (PM)";PM
1420 PRINT"FACTOR DE SATURACION (FS)";FS
1422 LPRINT"FACTOR DE SATURACION (FS)";FS
1430 PRINT" HD1,HD2,HC1,HC2,WCE,WT1",K1H,K2H,K3H,K4H,WCE,WT1
1440 Q1=R2*(1.003*HP*746+PM)/(3*V^2)
1450 Q2=Q1*((R1/R2)^2+((X1+X2)/R2)^2)+1
1460 Q3=2*Q1*R1/R2-1
1470 Q4=(-Q3+SQRT(Q3^2-4*Q1*Q2))/(2*Q1)
1480 Q5=(-Q3-SQRT(Q3^2-4*Q1*Q2))/(2*Q1)
1490 Q6=(1-1/Q4)*120*F/P
1500 Q7=(1-1/Q5)*120*F/P
1510 PRINT"CALCULO DE Sn Y Wr CON P2 Y PM"
1520 PRINT TAB(1);"Sn=";1/Q4:TAB(22);"Wm1=";Q6:TAB(42);"Sn2=";1/Q5:TAB(62);"Wm2=";Q7
1530 Q8=R2*HP*746/(3*V^2)
1540 Q9=Q8*((R1/R2)^2+((X1+X2)/R2)^2)+1
1550 Q10=2*Q8*R1/R2-1
1560 Q11=(-Q10+SQRT(Q10^2-4*Q8*Q9))/(2*Q8);SN=1/Q11
1570 Q12=(-Q10-SQRT(Q10^2-4*Q8*Q9))/(2*Q8)
1580 Q13=(1-1/Q11)*120*F/P
1590 Q14=(1-1/Q12)*120*F/P
1600 PRINT"CALCULO DE Sn Y Wr CON P2 SIN PM"
1610 PRINT TAB(1);"Sn0=";1/Q11:TAB(22);"Wm10=";Q13:TAB(42);"Sn20=";1/Q12:TAB(62);"Wm20=";Q14
1612 S=SN:IM=V/SQRT(RM^2+XM^2);L=-ATN(XM/RM)/RAD
1620 PRINT TAB(1); "SN=";SN:TAB(22);"WN10=";Q13
1622 LPRINT TAB(1); "SN=";SN:TAB(22);"WN10=";Q13
1630 TN=3JR2*P*V^2/(PI*F*S*4*((R1+R2/S)^2+(X1+X2)^2))
1640 I2=V/SQRT((R1+R2/S)^2+(X1+X2)^2);K=-ATN((X1+X2)/(R1+R2/S))/RAD
1650 KK=I2*COS(K/RAD)+IM*COS(L/RAD)
1660 LL=I2*SIN(K/RAD)+IM*SIN(L/RAD)
1670 IN=SQRT(KK^2+LL^2);Y=ATN(LL/KK)/RAD
1680 PRINT TAB(1);"IN=";IN:TAB(22);"TN=";TN
1682 LPRINT TAB(1);"IN=";IN:TAB(22);"TN=";TN
1690 REM B1,H1,R3,R4,HR1,ATRI,D,L,6,T1,S1,C1,K0,DE
1700 DATA 3.2,.4,5,3.777,14.023,23.2,.158,.16,.5,6.88,36,22.8,.95,.25
1710 REM B2,H2,R5,R6,RHR2,RATR2,O1,T2,S2,C2,DJ,NF
1720 DATA .8,.5,1.85,1.85,19.3,23.5,157,12,28,25.4,59.2,168
1730 REM V,P,HP,F,KE,T,N,Q,A,L,Z1,KB
1740 DATA 220,4,18,60,9,NV160M4,.87,.84,3.464,CONCENTRICO CONEX DD,28,.90186
1750 REM HD1, HD2, HC1, HC2
1760 REM K1H,K2H,K3H,K4H
1770 DATA .53,.16,.42,.21
1780 REM YP, TKCB, CP, SC
1790 DATA 7, 1.5, 2, 2.6842
1800 REM WCE,WT1
1810 DATA 6.8,9.6
1820 PRINT "DESEA CALCULAR LAS CARACTERISTICAS ELECTROMECHANICAS (S/N)";:CC$=INPUT
T4(1):PRINT CC$
1830 IF CC$="S" OR CC$="s" THEN 1832:ELSE END
1832 PRINT"INSERTE EL DISKETTE CON EL PROGRAMA MITAD2.LP"
1834 PRINT"Y PRESIONE # PARA CONTINUAR "
1840 WHILE INKEY#<>"#":WEND
1850 GOTO "MITAD2.LP"

```



```

3060 LOCATE 2, 2: PRINT "I ";:PRINT USING "##### A";I/IMAX*200/180
3070 LOCATE 24, 34: PRINT "S  0"
3080 LINE (0, 199)-(0, 0)
3090 LINE (0, 199)-(319, 199)
3100 FOR I=0 TO 9
3110 LINE (0,20*I)-(4,20*I)
3120 NEXT I
3130 FOR I=1 TO 5
3140 LINE (60*I,199)-(60*I,195)
3150 NEXT I
3160 FOR I = 1 TO 10
3170 PSET (300 - S(I) * 300, 199 - X(I) * 180/I/IMAX), 1
3180 NEXT I
3190 KE$ = INPUT$(1)
3200 CLS
3210 LOCATE 3, 2: PRINT "N 1"
3220 LOCATE 24,30:PRINT "Peje  W"
3230 LOCATE 24,34:PRINT USING"#####";PENMAX
3240 LINE (0, 199)-(0, 0)
3250 LINE (0, 199)-(319, 199)
3260 FOR I=0 TO 9
3270 LINE (0,20*I)-(4,20*I)
3280 NEXT I
3290 FOR I=1 TO 5
3300 LINE (60*I,199)-(60*I,195)
3310 NEXT I
3320 FOR I = 1 TO 10
3330 PSET (PJE(I)*300/PENMAX ,199-N(I)*199), 3
3340 NEXT I
3350 KE$ = INPUT$(1)
3360 CLS
3370 LOCATE 2, 2: PRINT "PEJE ";:PRINT USING "##### W";PENMAX*200/180
3380 LOCATE 24,34: PRINT "S  0"
3390 LINE (0, 199)-(0, 0)
3400 LINE (0, 199)-(319, 199)
3410 FOR I=0 TO 9
3420 LINE (0,20*I)-(4,20*I)
3430 NEXT I
3440 FOR I=1 TO 5
3450 LINE (60*I,199)-(60*I,195)
3460 NEXT I
3470 FOR I = 1 TO 10
3480 PSET (300 - S(I)*300,199-PJE(I)*180/PENMAX), 3
3490 NEXT I
3500 KE$ = INPUT$(1)
3510 CLS
3520 LOCATE 24, 30: PRINT "Wα  RPM"
3530 LOCATE 2,2: PRINT "TOR ";:PRINT USING "##### N-α"; TMAX*200/180
3540 LOCATE 24, 34: PRINT " ";:120*F/P
3550 LINE (0, 199)-(0, 0)
3560 LINE (0, 199)-(319, 199)
3570 FOR I=0 TO 9
3580 LINE (0,20*I)-(4,20*I)
3590 NEXT I
3600 FOR I=1 TO 5
3610 LINE (60*I,199)-(60*I,195)
3620 NEXT I
3630 FOR I = 1 TO 10
3640 PSET (WM(I)*300/(120*F/P),199 - TOR(I)*180/TMAX), 1
3650 NEXT I
3660 KE$ = INPUT$(1)
3670 CLS
3680 GOTO 3740
3690 SCREEN 2: SCREEN 0: END

```

```

3700 REM F, P, R2, V, SI, R1, X1, X2
3710 DATA 60,4,.298683700 REM F, P, R2, V, SI, R1, X1, X2
3710 DATA 60,4,.2986823,220,1,.2266018,.520612,1.056619
3720 REM "P2,RM,XM,PM,IN,TN"
3730 DATA 13428,1.164318,20.32803,293.7835,26.246,73.478
3740 CLS
3750 LOCATE 3,2:PRINT "1 FP"
3760 LOCATE 24,30:PRINT"PEJE W"
3770 LOCATE 24, 1:PRINT USING"##### !";P2*.5;"W";
3780 LOCATE 24,34:PRINT USING"#####";P2*2
3790 LINE (0, 199)-(0, 0)
3800 LINE (0, 199)-(319, 199)
3810 FOR I=0 TO 9
3820 LINE (0,20*I)-(4,20*I)
3830 NEXT I
3840 FOR I=1 TO 5
3850 LINE (60*I,199)-(60*I,195)
3860 NEXT I
3870 PJEIRA=0
3880 FOR I = 1 TO 10: IF PJE(I)>2!*P2 THEN PJEIRA=-1
3890 IF PJE(I)<.5*P2 OR PJE(I)> 2 *P2 OR NOT PJEIRA THEN 3910
3900 PSET ((PJE(I)-.5*P2)*300/(P2*1.5),199-N(I)*199), 3
3910 NEXT I
3920 KE$ = INPUT$(1)
3930 CLS
3940 LOCATE 3, 2:PRINT "N 1"
3950 LOCATE 24,30:PRINT "Peje W"
3960 LOCATE 24, 1:PRINT USING"##### !";P2*.5;"W";
3970 LOCATE 24,34:PRINT USING"#####";P2*2
3980 LINE (0, 199)-(0, 0)
3990 LINE (0, 199)-(319, 199)
4000 FOR I=0 TO 9
4010 LINE (0,20*I)-(4,20*I)
4020 NEXT I
4030 FOR I=1 TO 5
4040 LINE (60*I,199)-(60*I,195)
4050 NEXT I: PJEIRA=0
4060 FOR I = 1 TO 10: IF PJE(I)>2!*P2 THEN PJEIRA=-1
4070 IF PJE(I)<.5*P2 OR PJE(I)> 2 *P2 OR NOT PJEIRA THEN 4090
4080 PSET ((PJE(I)-.5*P2)*300/(P2*1.5),199-N(I)*199), 3
4090 NEXT I
4100 KE$ = INPUT$(1)
4110 CLS
4120 LOCATE 2, 2: PRINT "PEJE ";:PRINT USING "##### W";PEMMAX*200/180
4130 LOCATE 24,34: PRINT "S 0"
4140 LINE (0, 199)-(0, 0)
4150 LINE (0, 199)-(319, 199)
4160 FOR I=0 TO 9
4170 LINE (0,20*I)-(4,20*I)
4180 NEXT I
4190 FOR I=1 TO 5
4200 LINE (60*I,199)-(60*I,195)
4210 NEXT I
4220 FOR I = 1 TO 10: IF S(I)>.1 THEN 4240
4230 PSET (300 - S(I)*300,199-PJE(I)*180/PEMMAX), 3
4240 NEXT I
4250 KE$ = INPUT$(1)
4260 GOTO 3690

```

TABLA 3.2

RESULTADOS DEL CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS ELECTROMECHANICAS Y LOS EFECTOS DE LA VARIACION DE LA TENSION Y/O FRECUENCIA EN EL MOTOR ASINCRONO TRIFASICO

| | | 60 Hz 100 % fn | | | | 100% Vn 220 V | | 105% fn 63 Hz | | 95% fn |
|--|------------|----------------|----------|----------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------|
| | | 110% Vn | 105% Vn | 95% Vn | 90% Vn | 105% fn | 95% fn | 105% Vn | 95% Vn | 95% Vn |
| C A R A C T E R I S T I C A | Tarr (N-m) | +21% | +11.5% | -10.3% | -21% | -11% | +11.9% | 1.7% | +20.70% | -1.9% |
| | Tmax (N-m) | +21% | +11% | -10.0% | -20.2% | -11% | +12.6% | +0.68% | -20.55% | -0.80% |
| | n | +1.0% | +0.30% | -0.90% | -0.7% | +0.60% | -0.33% | +0.44% | -0.30% | -0.60% |
| | cosφ | -3.12% | -2.1% | +1.30% | +2.6% | +1.40% | -2.0% | -0.83% | +2.70% | +0.70% |
| | Iarr (A) | +10.50% | +5% | -5.3% | -11% | -4.3% | +4.5% | +0.2% | -9.8% | -2.10% |
| | In (A) | -7.60% | -3% | +4.1% | +9% | -1.90% | +2.1% | -4.44% | +2.01% | +5.05% |
| | Tn (N-m) | -0.70% | -0.40% | +0.4% | +0.95% | -5% | +5.29% | -5.03% | -4.51% | +5.70% |
| | RPM | +0.60% | +0.3% | -0.4% | -0.9% | +5% | -5% | +5.34% | +4.57% | -5.36% |
| | Sn | -19.5% | -10.4% | +12.5% | +28% | +0.3% | -0.3% | -10.40% | 12.82% | +12.16% |
| VELOCIDAD SINCRONA | NO VARIA | NO VARIA | NO VARIA | NO VARIA | INCREM. +5% | DECRECE -5% | INCREM. +5% | INCREM. +5% | DECRECE -5% | |

3.3 ANALISIS DE LOS CASOS TEORICOS.

Tomando como referencia los resultados de la tabla 3.2 podemos hacer un análisis de lo que sucede en el motor cuando se altera los valores de la tensión y/o frecuencia, diferentes a los valores nominales del motor asíncrono.

3.3.1 Variación de Tensión con Frecuencia Constante:

Al aplicar una tensión mayor de +10% de la tensión nominal entonces el torque de arranque y torque máximo se incrementan en más 21%, la velocidad síncrona no varía, la velocidad a plena carga incrementa en 0.6%; su eficiencia se incrementa en más (+1.4%), el factor de potencia a plena carga decrece en -3.12%, su corriente de arranque se incrementa en 10.5% y la corriente a plena carga decrece en -7.60%.

Al disminuir el voltaje (-10% V_n) el torque de arranque y el máximo decrecen en 21% y 20%, su velocidad síncrona no varía, la velocidad a plena carga decrece -0.9%, su eficiencia decrece en -0.90%, el factor de potencia a plena carga se incrementa en 2.6%, la corriente de arranque decrece en

-11% y la corriente a plena carga se incrementa en +9%.

3.3.2 Variación de frecuencia con tensión constante:

Al aplicarle al motor una frecuencia mayor de +5% f_n , entonces su torque de arranque y torque máximo decrece -11% y -11%, la velocidad síncrona se incrementa en 5%, su velocidad a plena carga se incrementa en 5%, la eficiencia a plena carga ligeramente se incrementa en +0.6%, el factor de potencia a plena carga se incrementa en +1.40%, su corriente de arranque decrece en -4.3% y la corriente a plena carga ligeramente decrece en -1.9%.

Al suministrarle al motor una frecuencia menor de -5% f_n , el torque de arranque y torque máximo se incrementan en 12% y 12%, la velocidad síncrona y a plena carga decrece en 5%, la eficiencia a plena carga ligeramente decrece a -0.33%, el factor de potencia a plena carga ligeramente decrece a -2.03%, su corriente de arranque se incrementa en +4% y la corriente a plena carga ligeramente se

incrementa en +2.1%.

3.3.3 Variación de tensión y variación de frecuencia:

Combinando la variación de tensión y frecuencia el motor puede funcionar satisfactoriamente a carga nominal con una variación del $\pm 10\%$ de la tensión nominal y con una variación del $\pm 5\%$ de la frecuencia nominal, cuyos resultados se muestran en la tabla anterior (pag. 62)

Funcionando con esta combinación de variaciones de voltaje y frecuencia no necesariamente está de acuerdo con las normas establecidas para el funcionamiento a voltaje nominal y frecuencia nominal.

CONCLUSIONES

1.- Del modelo desarrollado, podemos considerar que el torque electromagnético máximo es proporcional al cuadrado de la tensión (V^2) e inversamente proporcional a las reactancias de dispersión y que no dependen de la resistencia rotórica (R_2).

2.- El torque de arranque disminuye si la tensión (V) se mantiene fija y la frecuencia (f) aumenta, pero si la frecuencia se mantiene fija, el torque de arranque (T_{arr}) depende prácticamente de la tensión al cuadrado.

3.- El torque máximo disminuye si la tensión (V) se mantiene constante y la frecuencia aumenta, por lo tanto disminuirá la capacidad de sobrecarga del motor. A frecuencia constante el torque máximo aumenta y disminuye con el cuadrado de la tensión (V^2).

4.- Para una mayor precisión en los cálculos en el circuito equivalente "L invertida" usado, se ha considerado la influencia del efecto Skin sobre la reactancia y resistencia del rotor, también que la saturación magnética varía con la tensión y frecuencia como lo muestra el cuadro respectivo de variaciones de

tensión y/o frecuencia que influyen en las características electromecánicas del motor.

5.- En cuanto al cálculo de las características electromecánicas del motor asíncrono se realizan a partir del circuito equivalente "L invertida" en estado estacionario y se ha considerado que las pérdidas mecánicas varían con el cuadrado de la velocidad y que las pérdidas adicionales son el 0.3% de la potencia en el eje.

6.- Las normas NEMA (NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION) MG1.1978 MOTORS AND GENERATORS, recomiendan una variación en su voltaje de $\pm 10\%$ del voltaje nominal y frecuencia nominal, pero las normas IEC (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION) 1980 en su publicación 34.1 Rotating Electrical Machines Parte 1 Rating and Performance 1980 nos recomiendan una variación de $\pm 5\%$ del voltaje nominal (V_n), con el sistema balanceado y frecuencia nominal (f_n), de ambas normas comparadas la explicación lógica es que para motores de las mismas dimensiones bajo las normas de fabricación NEMA tiene una potencia de placa de 20% menos que la norma IEC y un factor de servicio de 1.2, respecto a los motores fabricados con la norma IEC.

7.- Se ha elaborado un paquete de programas de computación para los cálculos del pronóstico del comportamiento del motor asíncrono trifásico, el programa se ha elaborado en lenguaje GWBASIC 3.2 COPYRIGHT-SEIKO-EPSON-CORP 1986, en una computadora PC-AT. La estructura de los programas son:

Programa "parámetros" : Nos calcula los parámetros del circuito equivalente (R_1 , R_2 , R_M , X_1 , X_2 , X_M) a partir de datos de diseño del fabricante.

Programa "carácter" : Nos calcula las características electromecánicas del motor como: S_{max} , I_{arr} , I_{max} , T_{arr} , T_{max} , I_n , T_n , RPM, Peje, $\cos\phi$, N, la capacidad de sobrecarga (T_{max}/T_n) y además traza las gráficas de las características electromecánicas.

8.-Del análisis realizado puede aplicarse para un motor de 220v,60hz y operar a una frecuencia de 50Hz ó también analizar las características electromecánicas del motor diseñado a 50Hz,220v y operar a una frecuencia de 60Hz.

BIBLIOGRAFIA

- [1] M.P. KOSTENKO, L.M. PIOTROVSKI.
"Máquinas Eléctricas"
Editorial Mir-Moscú; Tomo II, 1976
- [2] ROBERT W. SMEATON
"Motor Application and Maintenance Handbook"
Mc Graw-Hill Book Company, Inc., 1969
- [3] A.V. IVANOV-SMOLENSKY
"Máquinas Eléctricas"
Editorial Mir-Moscú; Tomo II, 1984
- [4] JOHN C. ANDREAS
"Energy-Efficient Electric Motors"
Electric Motor Division, Gould Inc., New York, 1982
- [5] ALGER, P.L.
"The Nature of Induction Machines"
Gordon & Breach, New York, 1965
- [6] ENRIQUE QUISPE OQUEÑA
"Mantenimiento de Motores Eléctricos"
División de Ingeniería DELCROSA S.A. Lima, Julio
1984
- [7] NEMA STANDARS PUBLICATION /Nº MG1-1978
"Motors and Generators"
National Electrical Manufacturers Association,

Washington D.C., 1978

[8] KINGSLEY, KUSKO y FITZGERALD

"Teoría y Análisis de las Máquinas Eléctricas"

Editorial Hispano Europea Barcelona (España) 1975

[9] M.B.A. KAMOUN & F. PREZEZDZIECKI

"Frequency Analysis Method of Variable Parameter

Asynchronous Motors" Electric Machines and Power

Systems is abstracted by Engineering Information,

Inc., Vol. 15, Number 3, 1988

APENDICE A**PARAMETROS BASICOS**

Llamaremos "PARAMETROS BASICOS" a los parámetros del circuito equivalente que no dependen de la tensión (V) ni de la frecuencia de operación (f), estos parámetros son:

- r1 : Resistencia del bobinado estatórico
- r2 : Resistencia rotórica
- L1 : Inductancia de dispersión del estator
- L2 : Inductancia de dispersión del rotor
- M₀ : Constante de la inductancia magnetizante

Estos parámetros dependen sólo de las características constructivas del motor como son: calibre del alambre del bobinado, material usado para el bobinado estatórico y para la jaula rotórica, geometría del núcleo magnético usado, número de ranuras, forma de ranuras, etc. Por lo tanto, estos parámetros están únicamente en función de las características geométricas del motor y son independientes de la frecuencia y tensión de operación.

FACTOR DE SATURACION (FS)

El factor de saturación considera el hecho de que la permeabilidad del acero es finita y que depende de la inducción magnética (B), es decir $M = f(B)$, esta es una característica de fabricación de la plancha magnética, que permite determinar la curva de magnetización $B = f(H)$.

A partir de esta característica y de las dimensiones del motor el factor de saturación se calcula mediante la relación:

$$FS = \frac{\text{Amper-vueltas totales en el circuito magnético}}{\text{Amper-vueltas en el entrehierro}}$$

El cálculo teórico del FS sólo puede ser realizado conociendo las dimensiones del motor y la característica $B = f(H)$ del acero magnético.

Sin embargo, como la inducción magnética (B) del motor depende directamente de la relación (V/f), el FS seguirá la misma tendencia que esta relación, es decir aumentará, disminuirá o se mantendrá constante al suceder lo mismo con la relación V/f.

PERDIDAS EN EL FIERRO

Las pérdidas en el fierro son las que influyen

sobre el rendimiento de las máquinas. Estas pérdidas incluyen las Pérdidas por histéresis y las Pérdidas por corrientes parásitas o de Foucault.

Las Pérdidas en el hierro pueden ser expresadas como:

$$P_{fe} = K_n f B^2 + K_f f^2 B^2$$

donde:

K_n y K_f son coeficientes de proporcionalidad que dependen de las características constructivas y de fabricación del material magnético del motor.

Del circuito equivalente, las Pérdidas en el hierro del motor pueden ser expresados:

$$P_{fe} = 3 r_m i_m^2$$

$$r_m = P_{fe}/(3 i_m^2)$$

Por lo tanto r_m depende también de la frecuencia y de la inducción de operación del motor.

APENDICE B

FACTORES SKIN PARA EL CIRCUITO EQUIVALENTE

El efecto skin es un fenómeno electromagnético de autoinducción que se da en todo conductor recorrido por corriente alterna; haciendo que la corriente fluya únicamente en la superficie del conductor. Debido a que durante el proceso de arranque la frecuencia del rotor varía considerablemente, este fenómeno afecta fundamentalmente a los parámetros del rotor R_2 , X_2 , y es más notorio en los motores con rotor de barra profunda y de doble jaula.

Este fenómeno se presenta durante el proceso de arranque del motor y prácticamente desaparece cuando el motor llega a su punto de operación nominal. En el momento de arranque ($s=1$, rotor en reposo), la frecuencia del rotor es igual a la frecuencia de la línea y la corriente del rotor fluye únicamente en la parte superior de las barras de la jaula rotórica y la resistencia del rotor aparece como alta. A medida que el motor adquiere su velocidad, la frecuencia del rotor disminuye y por lo tanto la influencia del efecto skin también disminuye.

En operación nominal el deslizamiento del motor es normalmente de 2 a 5% y por lo tanto la frecuencia del rotor es de 1 a 3 Hz y el efecto skin puede

despreciarse y la corriente se distribuirá únicamente en las barras del rotor.

Para simplificar el análisis consideremos que el rotor está formado por barras rectangulares, situadas en uinas ranuras abiertas (fig. B.1), lo que se aproxima a la realidad ya que los motores se construyen con ranuras semiabiertas y tienen una barra rectangular equivalente.

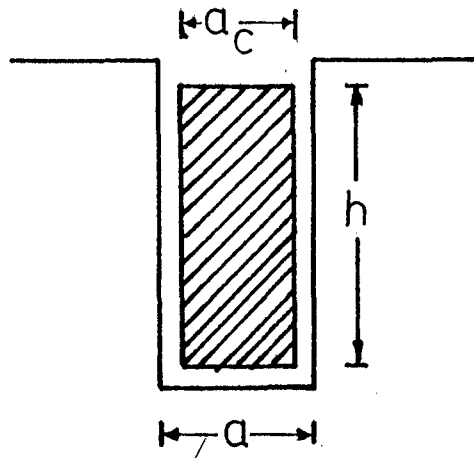


fig. B.1

Para una barra rectangular el efecto skin para la resistencia viene dada por la siguiente expresión:

$$K_r = \frac{R_{ac}}{R_{dc}} = \frac{(\operatorname{sh} 2E + \operatorname{sen} 2E)}{\operatorname{ch} 2E - \cos 2E} \cdot E$$

Usando series:

$$K_r = \frac{1 + E^4/7.5 + E^8/1417.5 + E^{12}/1520268.75}{1 + E^4/22.5 + E^8/7087.5 + E^{12}/10641881.25}$$

donde:

E = parámetro de naturaleza angular sin dimensión que incluye las magnitudes, en función de H , de la resistividad ρ , de la frecuencia f y de las dimensiones de la ranura.

Así:

$$E = ALF \cdot h$$

$$ALF = (\pi fr \mu_0 (a_c/a) k)^{-5}$$

$$k = \text{conductividad del material} \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$$

$$fr = s \cdot f \quad a_c/a \approx 1$$

$$ALF = (\pi f \mu_0 k s)^{-5}$$

Finalmente:

$$E = (\pi f \mu_0 k s)^{-5} \cdot h$$

Es evidente que para $s \approx 0$, $E \approx 0$ y por lo tanto $kr = 1$, es decir, en operación nominal el efecto skin desaparecerá.

Análogamente, para la reactancia el factor skin será:

$$K_x = \frac{X_{ac}}{X_{dc}} = \frac{3}{2E} \cdot \frac{\text{sh } 2E \pm \text{sen } 2E}{\text{ch } 2E - \cos 2E}$$

Descomponiendo, sería:

$$K_x = \frac{1+E^4/52.5+E^8/25987.5+E^{12}/53209406.25}{1+E^4/22.5+E^8/7087.5+E^{12}/10641881.25}$$

Análogamente, para $s \approx 0$, se tendrá $E \approx 0$,

$$K_x \approx 1$$

Por lo tanto, el efecto skin sobre la reactancia también desaparecerá en operación nominal.

$$ALF = \sqrt{S.f.4 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{10^2}{f} \cdot 3.1416^2}$$

f = resistividad del material $(\frac{1}{56} \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}})$

a_c = anchura neta de la barra conductora.

a = anchura neta de la ranura.

h_c = altura neta de conductor (cm).

$$k = \frac{10^2}{f}$$

k = conductividad del material

f_r = frecuencia del rotor.

f = frecuencia del estator.

s = deslizamiento del motor.

/

APENDICE C

**DEDUCCION DEL TORQUE ELECTROMAGNETICO DE LA MAQUINA
ASINCRONA**

El torque electromagnético surge como resultado de la interacción del flujo magnético giratorio (Φ_m) y la corriente en el rotor (I_2).

El flujo magnético (Φ_m) gira en el espacio con una velocidad angular $\omega_1 = 2 \pi f_1 / p$.

Del circuito "L invertida":

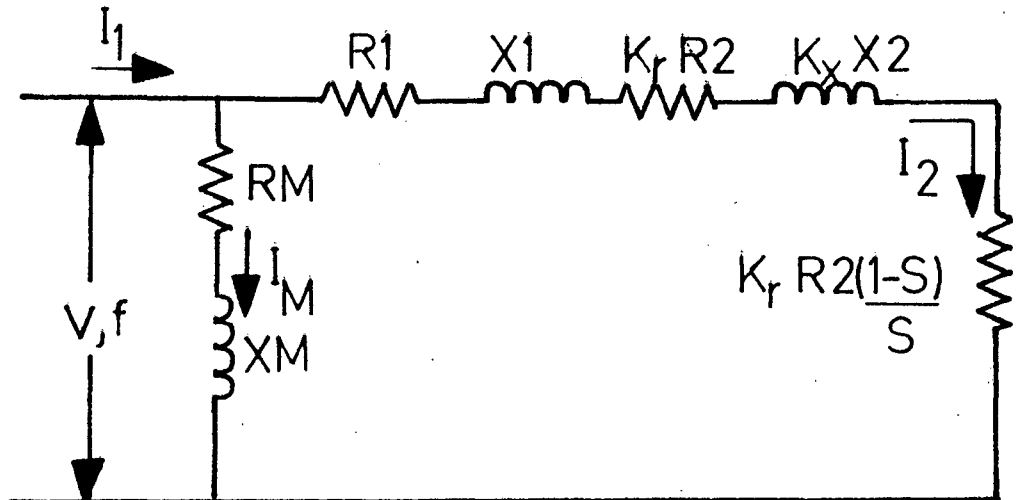


fig. C.1

La corriente rotórica referida al estator (I_2):

$$I_2 = \frac{V}{\sqrt{[(R_1 + k_r R_2/s)^2 + (X_1 + k_x X_2)^2]^{0.5}}}$$

La potencia desarrollada es la potencia electromagnética del motor (P.e.m.)

$$P_{em} = \frac{m \cdot V^2 \cdot K_r (R_2/s)}{(R_1 + K_r R_2/s)^2 + (X_1 + K_x X_2)^2}$$

El torque electromagnético (T_{em}):

$$T_{em} = P_{em}/W_1 = P_{em}/(2 \pi f_1/p')$$

donde p' = Número de pares de polos;

m : Número de fases:

$$T_{em} = \frac{m \cdot p' \cdot V^2 \cdot K_r (R_2/s)}{2\pi f \cdot [(R_1 + K_r R_2/s)^2 + (X_1 + K_x X_2)^2]}$$

Analizando la gráfica T_{em} vs s :

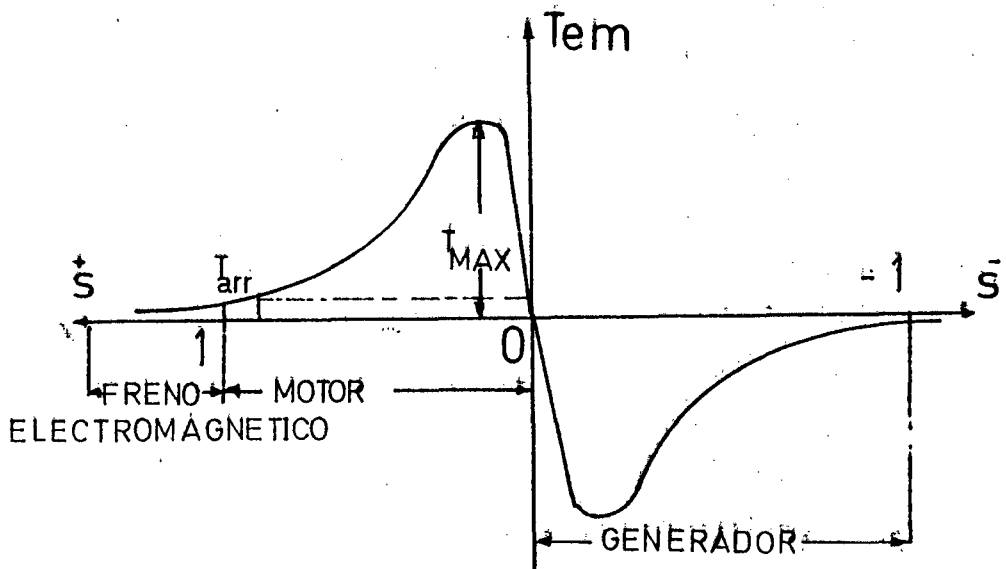


fig C:2

Del gráfico en régimen de motor se da para valores del deslizamiento comprendidos entre cero y 1, el torque es positivo.

Para valores del deslizamiento (s) negativos, el torque resulta negativo y la máquina funciona como generador.

Para valores positivos del deslizamiento mayores a 1, el torque es positivo y la máquina funciona como freno electromagnético.

Para $s=0$ y $s=\pm\infty$, el $T_e=0$.

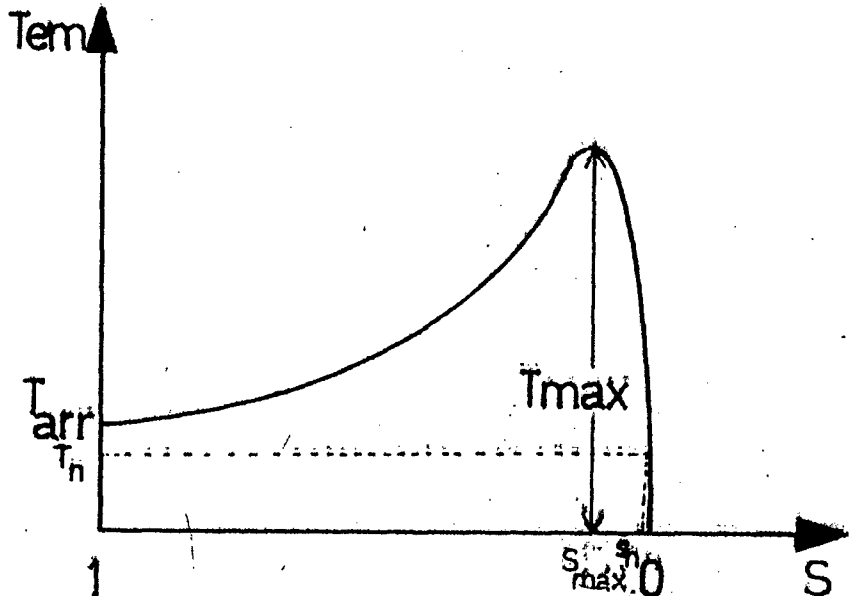


fig C.3

Podemos definir la capacidad de sobrecarga del motor (k_m) como la relación del torque máximo del motor a su torque nominal.

$$k_m = T_{\max}/T_n$$

Por norma IEC el valor de la capacidad de sobrecarga del motor debe ser $k_m \geq 1.5$.

**DEDUCCION DE LA POTENCIA ELECTROMAGNETICA MAXIMA Y EL
TORQUE MAXIMO**

La potencia electromagnética máxima puede ser deducida a partir de la expresión (4), si todas las magnitudes que figuran en ellas, a excepción del deslizamiento, se consideran constantes.

Para hallar el deslizamiento máximo $s=s_m$, correspondiente al máximo valor de P_{em} , tomamos la derivada de la P_{em} con relación al deslizamiento y la igualamos a cero.

$$0 = \delta P_{em} / \delta s$$

$$0 = \frac{3V^2 \left[- \left[\left(R_1 + R_2 \cdot \frac{K_r}{s} \right)^2 + (X_1 + K_x \cdot X_2)^2 \right] R_2 \frac{K_r}{s^2} + K_r^2 \frac{R_2^2}{s^3} \cdot 2 \left(R_1 + \frac{R_2}{s} \right) \right]}{\left(\left(R_1 + K_r \frac{R_2}{s} \right)^2 + (X_1 + K_x X_2)^2 \right)^2}$$

$$0 = \frac{3V^2 \left(\frac{R_2}{s^2} \right) \cdot K_r \left(- R_1^2 - (X_1 + K_x X_2)^2 + K_r \frac{R_2^2}{s} \right)}{\left(\left(R_1 + K_r \frac{R_2}{s} \right)^2 + (X_1 + K_x X_2)^2 \right)^2}$$

Para que la derivada de $\delta P_{em} / \delta s$ se haga igual a cero, se debe hacer igual a cero el factor del numerador de esa expresión encerrado entre paréntesis; y por lo tanto:

$$K_r^2 R_2^2 / s^2 - R_1^2 - (X_1 + K_x \cdot X_2)^2 = 0$$

$$s_m = \frac{K_r R_2}{[R_1^2 + (X_1 + K_x \cdot X_2)^2]^{0.5}}$$

como:

$$X_1 + K_x \cdot X_2 = X_{cc} = \text{Reactancia de cortocircuito}$$

Calculado el deslizamiento máximo (s_m).

$$s_m = \frac{K_r R_2}{[(R_1^2 + X_{cc}^2)]^{0.5}}$$

Reemplazando este deslizamiento en la fórmula 4, tendremos:

$$P_{emmax} = \frac{3 V^2 [(R_1^2 + X_{cc}^2)]^{0.5}}{(R_1 + [R_1^2 + X_{cc}^2]^{0.5})^2 + X_{cc}^2}$$

$$P_{emmax} = \frac{3 V^2}{2 \cdot (R_1 + [R_1^2 + (X_1 + K_x \cdot X_2)^2]^{0.5})}$$

Por lo tanto el torque electromagnético máximo se representará como:

$$T_{emmax} = \frac{3 p' V^2}{4\pi f [R_1 + [R_1^2 + (X_1 + K_x \cdot X_2)^2]^{0.5}]}$$

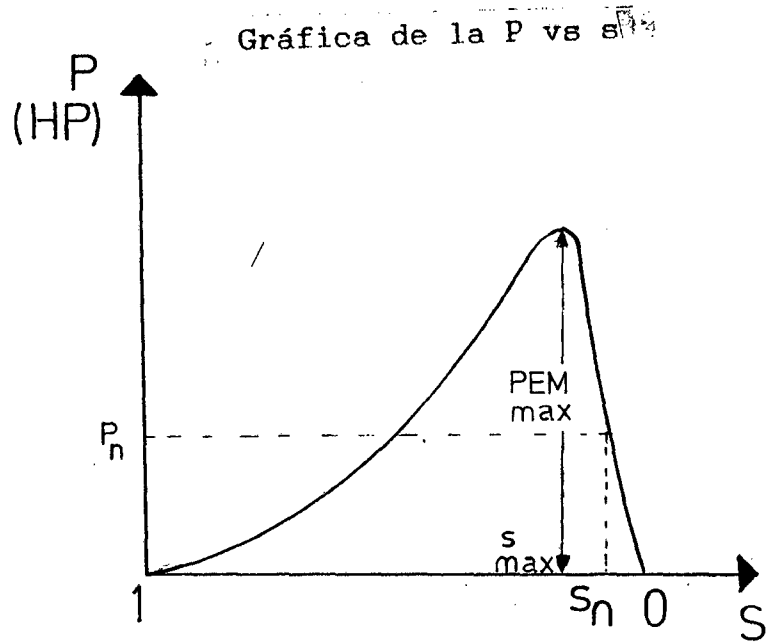


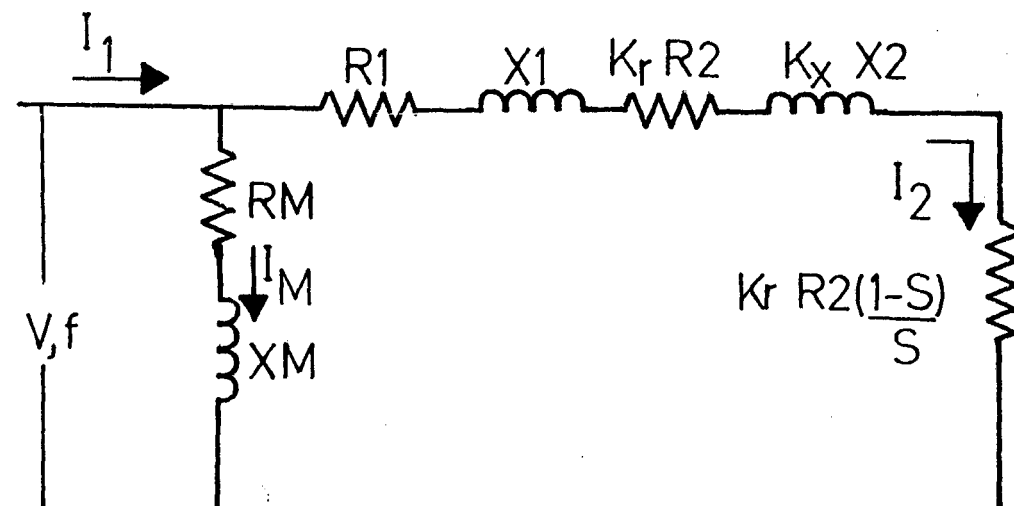
Fig. C.4

De la expresión del T_{max} podemos decir:

- El torque electromagnético máximo es proporcional al cuadrado de la tensión (V^2), e inversamente proporcional a las reactancias de dispersión.
- El torque electromagnético máximo no depende de la resistencia rotórica (R_2).
- El deslizamiento máximo varía al aumentar la resistencia.

APENDICE D

ANALISIS DE LA CORRIENTE ROTORICA (I_2)



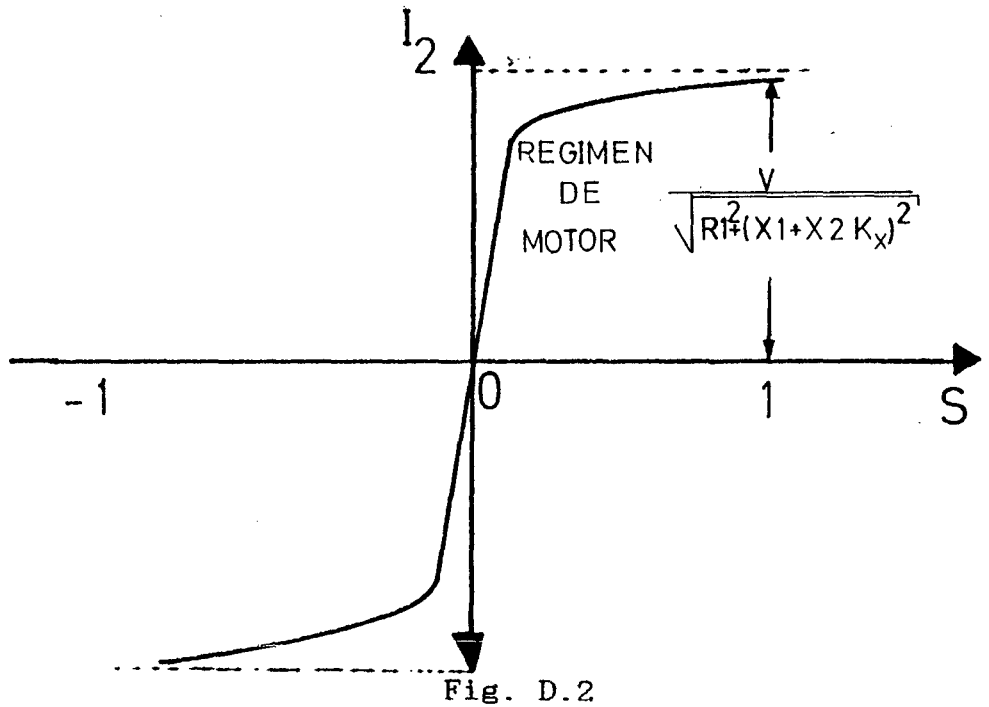
/ Fig. D.1

Del circuito equivalente tenemos:

$$I_2 = \frac{V}{[(R_1 + k_r R_2 / s)^2 + (X_1 + k_x X_2)^2]^{0.5}}$$

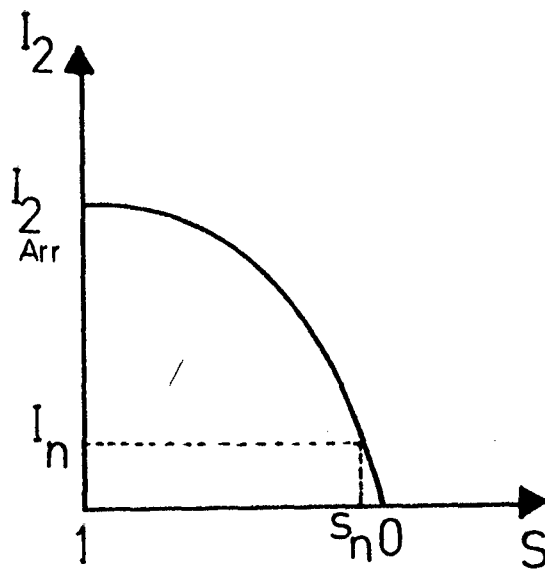
I_2 corriente rotórica referida al estator.

Su gráfica de la corriente del rotor (I_2) en función del deslizamiento tenemos:



La corriente rotórica I_2 es máximo cuando el deslizamiento es igual $s = \pm \infty$.

Analizando la gráfica I_2 vs. s



La corriente de arranque I_{2arr} se dá cuando el

deslizamiento es $s=1$.

$$I_{zarr} = \frac{V}{[(R_1 + k_r R_2)^2 + (X_1 + k_x X_2)^2]^{0.5}}$$

$$I_{zarr} = \frac{V}{[(R_1 + k_r R_2)^2 + (2\pi f L_1 + k_x 2\pi f L_2)^2]^{0.5}}$$

APENDICE E**CALCULOS Y GRAFICAS DE LAS CARACTERISTICAS
ELECTROMECANICAS**

COMO SE MUESTRA EN LAS PAGINAS SIGUIENTES
LOS RESULTADOS DEL CALCULO DEL PROGRAMA

/

DATOS MEDIDOS DEL MOTOR ASINCRONO TRIFASICO

MOTOR DE: 18HP 220v 4 polos 60Hz Factor de caída de tensión KE±0.9

1745RPM Tipo: NV160M4

DATOS DEL ESTATOR (en mm.)

B1=3.2

H1=0.75564

R3=5

R4=3.777

HR1=14.023

ATR1=23.2

D=0.158m.

L=0.16m.

G=0.5

T1=6.88

S1=36 ranuras

C1=22.8

K0=0.95

DE=0.25m.

DATOS DEL ROTOR

(en m.m.)

B2=0.8

H2=0.5

R5=1.85

R6=1.85

HR2=19.3

ATR2=23.5

DI=157

T2=10.4351

S2=28 ranuras

C2=25.4

DJ=59.2

NF=168 vueltas por fase

Z1=28 conductores
ranura

Utiliza un bobinado concentrico conexion DD; 220V, 2//

Factor de conexión $A=2\sqrt{3}=3.464$

1-6-8-10

1N°17+2N°18

PASO

BOBINA 1 1-6 $Y_1=5$

BOBINA 2 1-8 $Y_2=7$

BOBINA 3 1-10 $Y_3=9$

$\frac{\#Vueltas}{Bobina} = 14$

#GRUPOS= 12

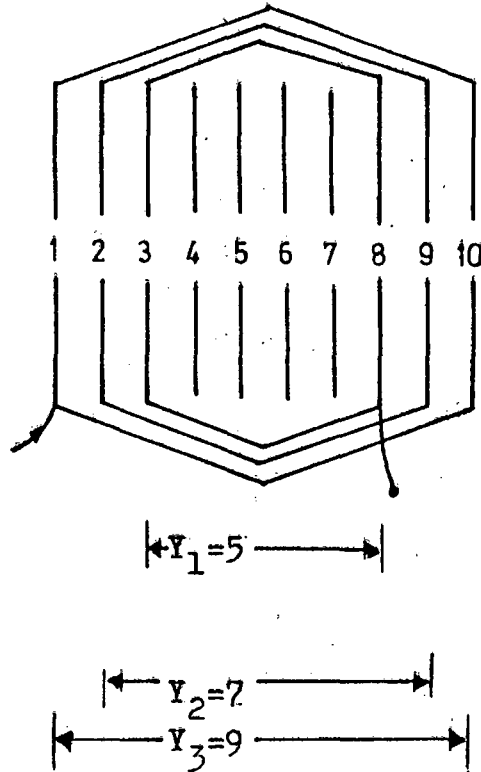
PASO PROMEDIO $Y_p = \frac{(5+7+9)}{3} = 7$

PASO COMPLETO $Y_c = \frac{36 \text{ ranuras}}{4 \text{ polos}} = 9$

$$Z_1 = \frac{14 \text{ vueltas}}{\text{Bob}} \times 2 = 28$$

Conductores por ranura $Z_1 = 28$

BOBINADO CONCENTRICO



CALCULO DEL FACTOR DE PASO $K_p = \text{Sen}(90^\circ \cdot Y/Y_c)$

$$K_{p1} = \text{Sen}(90 \cdot 5/9) = 0.766$$

$$K_{p2} = \text{Sen}(90 \cdot 7/9) = 0.9396$$

$$K_{p3} = \text{Sen}(90 \cdot 9/9) = 1$$

En un Bob. Concentrico el factor de distribución $K_d = 1$

$$K_p = \frac{N(K_{p1} + K_{p2} + K_{p3})}{3 \cdot N} = 0.90186$$

$$\text{Factor de bobinado } K_B = K_p \cdot K_d = 0.90186$$

$$\text{Número de vueltas por fase } NF = \frac{Z_1 \cdot S_1}{3 \cdot CP} = \frac{28 \cdot 36}{3 \cdot 2} \text{ ranuras}$$

$$NF = 168$$

CALCULO DE LOS PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE

DATOS DEL ESTATOR (mm):

B1= 3.2 H1 = .75564 R3= 5 R4= 3.777 HR1= 14.023 ATR1= 23.2

D= .158 m L= .16 m

G= .5 T1= 6.88 S1 = 36 ran C1 = 22.8 K0= .95 DE= .25 m

DATOS DEL ROTOR (mm)

B2= .8 H2 = .5 R5= 1.85 R6= 1.85 HR2= 19.3 ATR2= 23.5

DI= 157 T2= 10.4351 S2= 28 ran C2= 25.4 DJ= 59.2 NF= 168

esp/fase

DATOS DEL MOTOR

V= 220 P= 4 HP= 18 F = 60 KE = .9 TIPO NV160M4

A= 3.464 BOBINADO CONCENTRICO CONEX DD Z1 = 28 cond/ran KB= .90186

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE PI

DATOS DEL MOTOR:

MOTOR TRIFASICO 18 HP 4 POLOS 60 HZ 220 Volts

RESIST. ESTAT (r1): .2211616

RESIST. ROTORICA (r2): .2839518

RESIST. DE PERDIDAS (rm): 205.3572

REACT.DE MAG (xm): 20.08881

REACT.DE DISP.ROTORICA (x2): 1.000582

REACT.DE DISP.ESTAT. (x1): .5289717

COMPONENTES DE LA REACTANCIA DE DISPERSION (OHMS):

REACT. DE RANURA ESTAT. (XR1): .2481116

REACT. DE RANURA ROTOR (XR2): .5568269

REACT. ZIG-ZAG ESTAT (XZ1): .1671051

REACT. ZIG-ZAG ROTOR (XZ2): .3299998

REACT. DE INCLINACION (XI): .203981

REACT. DE CABEZA DE BOB (XCB): 2.352887E-02

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE T: rM = 1.946536

xM = 19.8984

PARAMETROS DEL CELI:

RESIST. ESTATORICA (R1): .2270409

REACT.DE DISP.ESTAT. (X1): .5430337

RESIST. PERD. FE (RM): 2.167697

REACT.DE MAGNETIZACION (XM): 20.42737

RESIST. ROTORICA (R2): .2992494

REACT.DE DISP. ROTORICA (X2): 1.054487

PERDIDAS CALCULADAS:

PERDIDAS MECANICAS (SUPERF, VENT) (PM): 293.7835

FACTOR DE SATURACION (FS): 1.362822

SN= 3.065799E-02 WN10= 1744.816

IN= 26.63605 TN= 73.49066

 CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS ELECTROMECANICAS
 F= 60 Hz #P= 4 POLOS V= 220 v
 R1= .2270409 Ω R2= .2992494 Ω X1= .5430337 Ω X2= 1.054487 Ω
 P2= 13428 W RM= 2.167697 Ω XM= 20.42737 Ω
 PM= 293.7835 W IN= 26.63605 A TN= 73.49066 N-m

| Pem max(W) | Emax | Tmax(N-m) | Tarr(N-m) | Iarr(A) |
|------------|----------|-----------|-----------|----------|
| 40443.81 | .1854575 | 214.5606 | 263.9204 | 143.1746 |

IM= 10.71 e -83.94 °

| I1 A | ang1 ° | I2 A | ang2 ° | RPM | TEM (N-m) | PEM W | S | PEJE W | FP | N | T1/Tn | I1/In |
|---------|-----------|---------|-----------|--------|--------------|----------|--------|-----------|-------|--------|-------|-------|
| 151.9 | -50.0 | 143.2 | -47.6 | 0.0 | 263.9 | 49747.9 | 1.0000 | 0.0 | 0.643 | 0.000 | 3.591 | 5.704 |
| 147.3 | -49.9 | 138.5 | -47.4 | 180.0 | 259.1 | 48841.7 | 0.9000 | 4866.6 | 0.645 | 0.078 | 3.526 | 5.528 |
| 142.3 | -49.7 | 133.6 | -47.2 | 360.0 | 253.5 | 47783.8 | 0.8000 | 9516.5 | 0.646 | 0.157 | 3.449 | 5.341 |
| 137.0 | -49.7 | 128.3 | -47.0 | 540.0 | 247.1 | 46579.6 | 0.7000 | 13905.7 | 0.647 | 0.238 | 3.362 | 5.143 |
| 131.4 | -49.5 | 122.7 | -46.7 | 720.0 | 240.1 | 45262.7 | 0.6000 | 18004.1 | 0.649 | 0.320 | 3.267 | 4.931 |
| 125.3 | -49.3 | 116.6 | -46.3 | 900.0 | 233.0 | 43914.7 | 0.5000 | 21818.5 | 0.652 | 0.405 | 3.170 | 4.703 |
| 121.9 | -49.0 | 113.3 | -45.9 | 990.0 | 229.6 | 43272.3 | 0.4500 | 23640.0 | 0.656 | 0.448 | 3.124 | 4.578 |
| 118.3 | -48.6 | 109.8 | -45.4 | 1080.0 | 226.4 | 42680.4 | 0.4000 | 25426.2 | 0.661 | 0.492 | 3.081 | 4.442 |
| 114.2 | -47.9 | 105.8 | -44.5 | 1170.0 | 223.6 | 42156.3 | 0.3500 | 27195.9 | 0.670 | 0.538 | 3.043 | 4.289 |
| 109.4 | -46.8 | 101.1 | -43.2 | 1260.0 | 221.2 | 41690.9 | 0.3000 | 28952.8 | 0.684 | 0.586 | 3.010 | 4.108 |
| 103.3 | -45.1 | 95.2 | -41.1 | 1350.0 | 218.5 | 41192.1 | 0.2500 | 30636.9 | 0.705 | 0.637 | 2.974 | 3.899 |
| 95.1 | -42.5 | 87.4 | -37.9 | 1440.0 | 214.0 | 40344.3 | 0.2000 | 31991.4 | 0.737 | 0.691 | 2.912 | 3.572 |
| 83.3 | -38.6 | 76.2 | -32.8 | 1530.0 | 203.1 | 38280.4 | 0.1500 | 32229.4 | 0.782 | 0.750 | 2.763 | 3.128 |
| 65.4 | -33.3 | 59.2 | -25.2 | 1620.0 | 174.9 | 32974.7 | 0.1000 | 29351.2 | 0.836 | 0.813 | 2.380 | 2.457 |
| 56.0 | -31.1 | 50.2 | -21.3 | 1656.0 | 154.8 | 29182.4 | 0.0800 | 26519.6 | 0.857 | 0.838 | 2.107 | 2.101 |
| 45.0 | -29.4 | 39.8 | -16.7 | 1692.0 | 127.6 | 24053.1 | 0.0600 | 22283.5 | 0.871 | 0.861 | 1.736 | 1.689 |
| 32.6 | -29.8 | 27.8 | -11.6 | 1728.0 | 92.4 | 17417.1 | 0.0400 | 16400.4 | 0.868 | 0.878 | 1.257 | 1.225 |
| 29.4 | -30.7 | 24.5 | -10.2 | 1737.0 | 82.3 | 15519.5 | 0.0350 | 14658.7 | 0.860 | 0.879 | 1.120 | 1.103 |
| 27.8 | -31.4 | 22.9 | -9.6 | 1741.5 | 77.1 | 14536.2 | 0.0325 | 13747.5 | 0.854 | 0.879 | 1.049 | 1.042 |
| 26.1 | -32.2 | 21.2 | -8.9 | 1746.0 | 71.8 | 13530.5 | 0.0300 | 12809.8 | 0.846 | 0.878 | 0.977 | 0.980 |
| 24.5 | -33.2 | 19.5 | -8.1 | 1750.5 | 66.3 | 12503.1 | 0.0275 | 11845.8 | 0.836 | 0.877 | 0.903 | 0.919 |
| 22.8 | -34.6 | 17.8 | -7.4 | 1755.0 | 60.8 | 11454.4 | 0.0250 | 10856.2 | 0.824 | 0.874 | 0.827 | 0.858 |
| 21.2 | -36.2 | 16.1 | -6.7 | 1759.5 | 55.1 | 10385.3 | 0.0225 | 9841.4 | 0.807 | 0.870 | 0.750 | 0.797 |
| 19.6 | -38.2 | 14.4 | -6.0 | 1764.0 | 49.3 | 9296.6 | 0.0200 | 8802.1 | 0.786 | 0.864 | 0.671 | 0.737 |
| 18.1 | -40.6 | 12.6 | -5.3 | 1768.5 | 43.4 | 8189.1 | 0.0175 | 7738.9 | 0.758 | 0.856 | 0.591 | 0.679 |
| 16.6 | -43.9 | 10.9 | -4.5 | 1773.0 | 37.5 | 7063.7 | 0.0150 | 6652.8 | 0.720 | 0.843 | 0.510 | 0.623 |
| 15.2 | -47.8 | 9.1 | -3.8 | 1777.5 | 31.4 | 5921.6 | 0.0125 | 5544.4 | 0.671 | 0.825 | 0.427 | 0.570 |
| 13.9 | -52.7 | 7.3 | -3.0 | 1782.0 | 25.3 | 4763.7 | 0.0100 | 4414.9 | 0.606 | 0.796 | 0.344 | 0.521 |
| 12.7 | -58.7 | 5.5 | -2.3 | 1786.5 | 19.1 | 3591.4 | 0.0075 | 3263.3 | 0.519 | 0.749 | 0.259 | 0.477 |
| 11.8 | -66.0 | 3.7 | -1.5 | 1791.0 | 12.8 | 2405.8 | 0.0050 | 2096.6 | 0.407 | 0.663 | 0.174 | 0.442 |
| 11.1 | -74.5 | 1.8 | -0.8 | 1795.5 | 6.4 | 1208.2 | 0.0025 | 910.1 | 0.268 | 0.465 | 0.087 | 0.416 |
| 11.0 | -76.3 | 1.5 | -0.6 | 1796.4 | 5.1 | 967.4 | 0.0020 | 670.8 | 0.237 | 0.391 | 0.070 | 0.412 |
| 10.9 | -78.2 | 1.1 | -0.5 | 1797.3 | 3.9 | 726.1 | 0.0015 | 430.8 | 0.205 | 0.293 | 0.052 | 0.409 |
| 10.8 | -80.1 | 0.7 | -0.3 | 1798.2 | 2.6 | 484.5 | 0.0010 | 190.2 | 0.172 | 0.155 | 0.035 | 0.406 |
| 10.8 | -82.0 | 0.4 | -0.2 | 1799.1 | 1.3 | 242.4 | 0.0005 | -51.0 | 0.139 | -0.052 | 0.017 | 0.404 |

TARR/TN= 3.591211
 Tmax/Tn= 2.919563
 IARR/IN= 5.375219

GRAFICO 1

TORQUE V.S. DESLIZAMIENTO

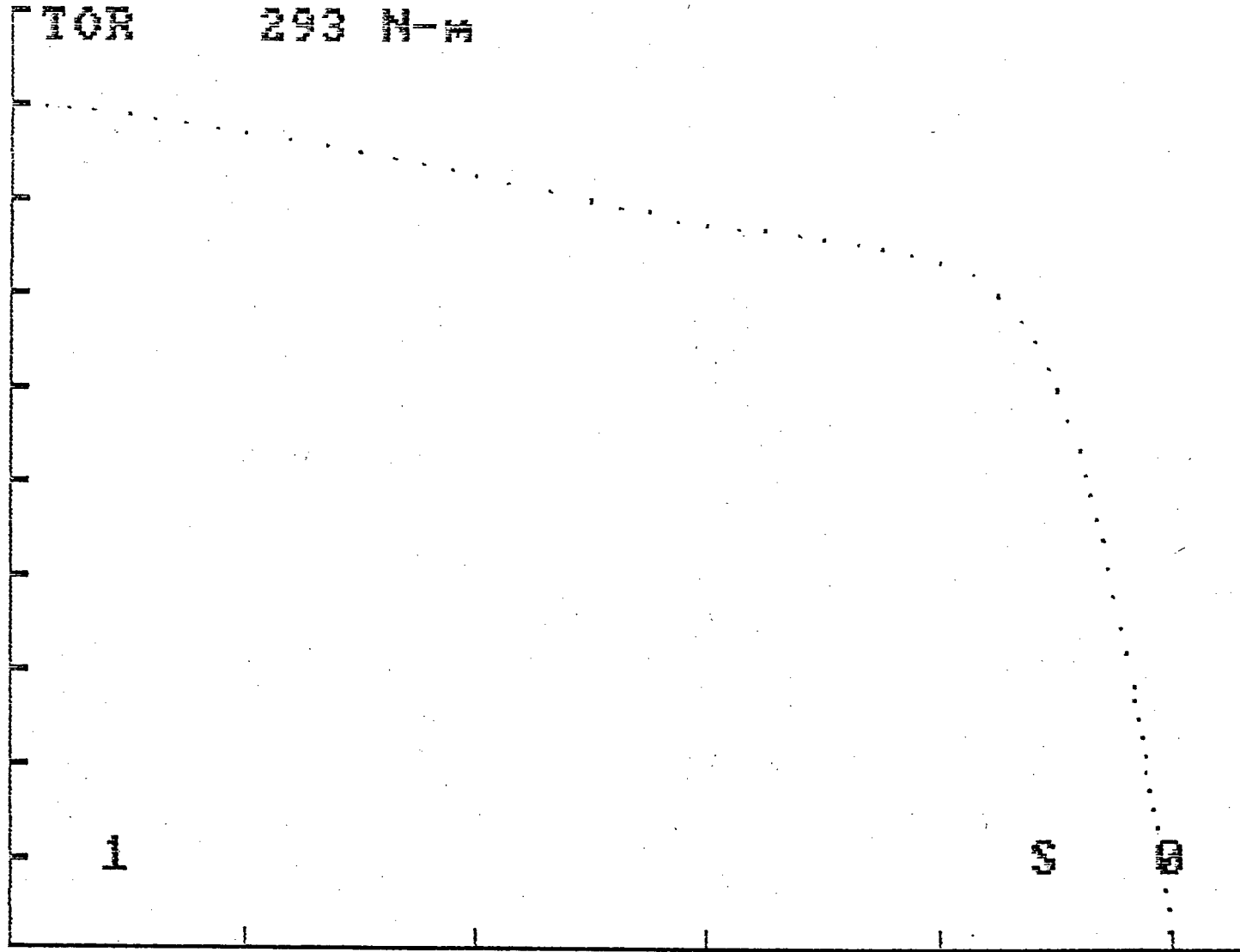


GRAFICO 2

POTENCIA V.S. DESLIZAMIENTO

PEJE 44938 W

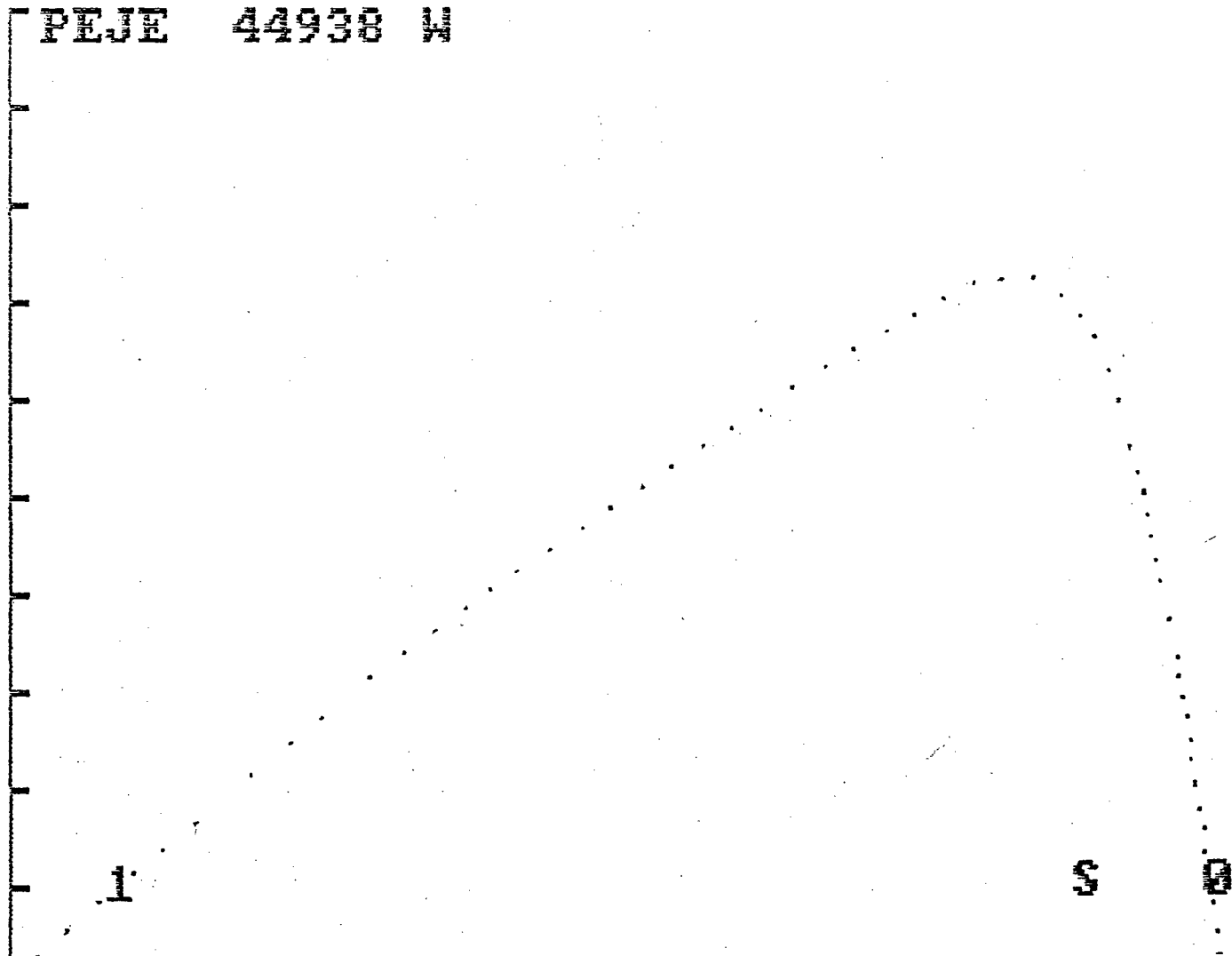
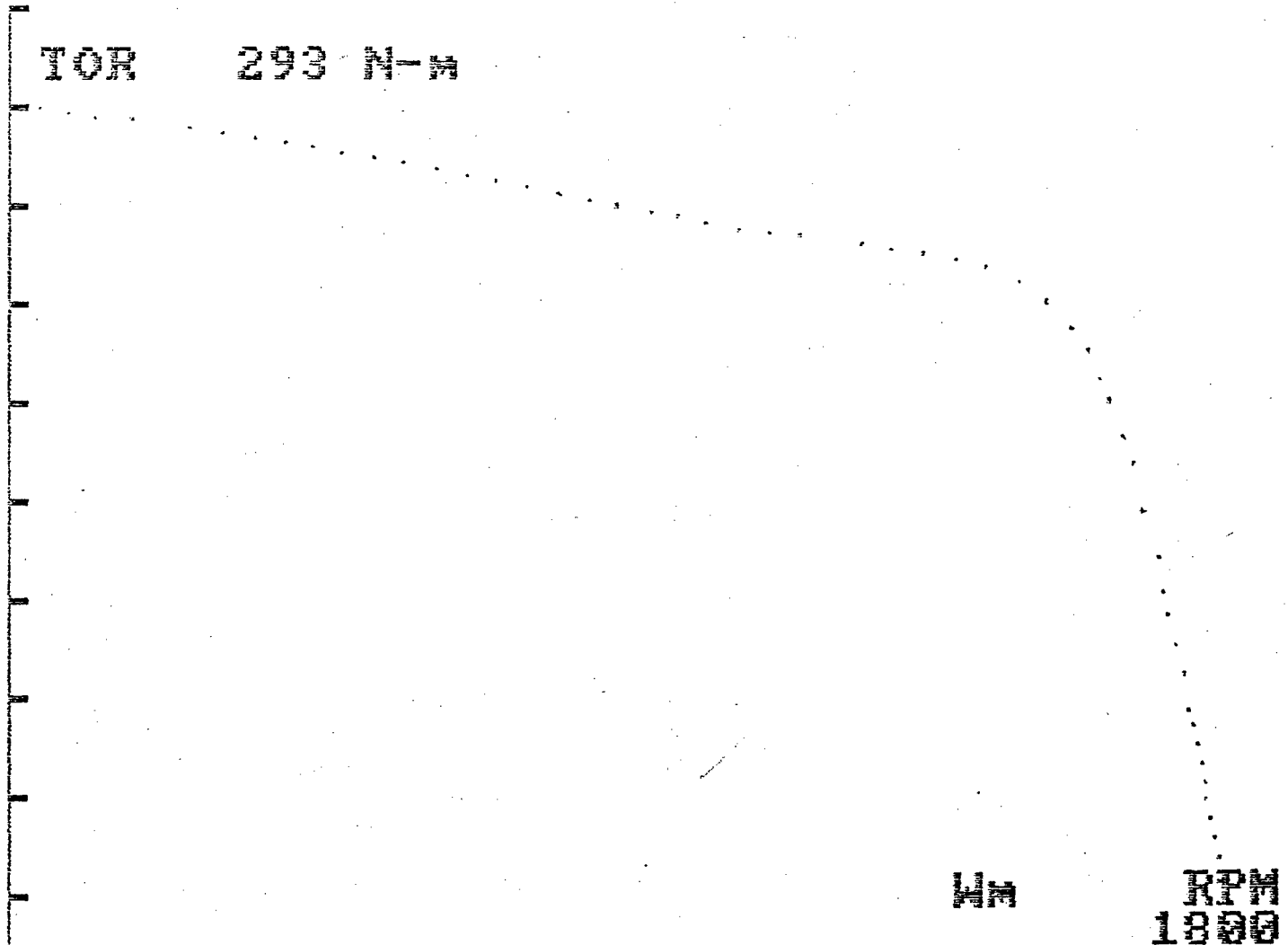


GRAFICO 3

TORQUE V.S. VELOCIDAD



VE

10000
10000
10000

GRAFICO 4

CORRIENTE V.S. DESLIZAMIENTO

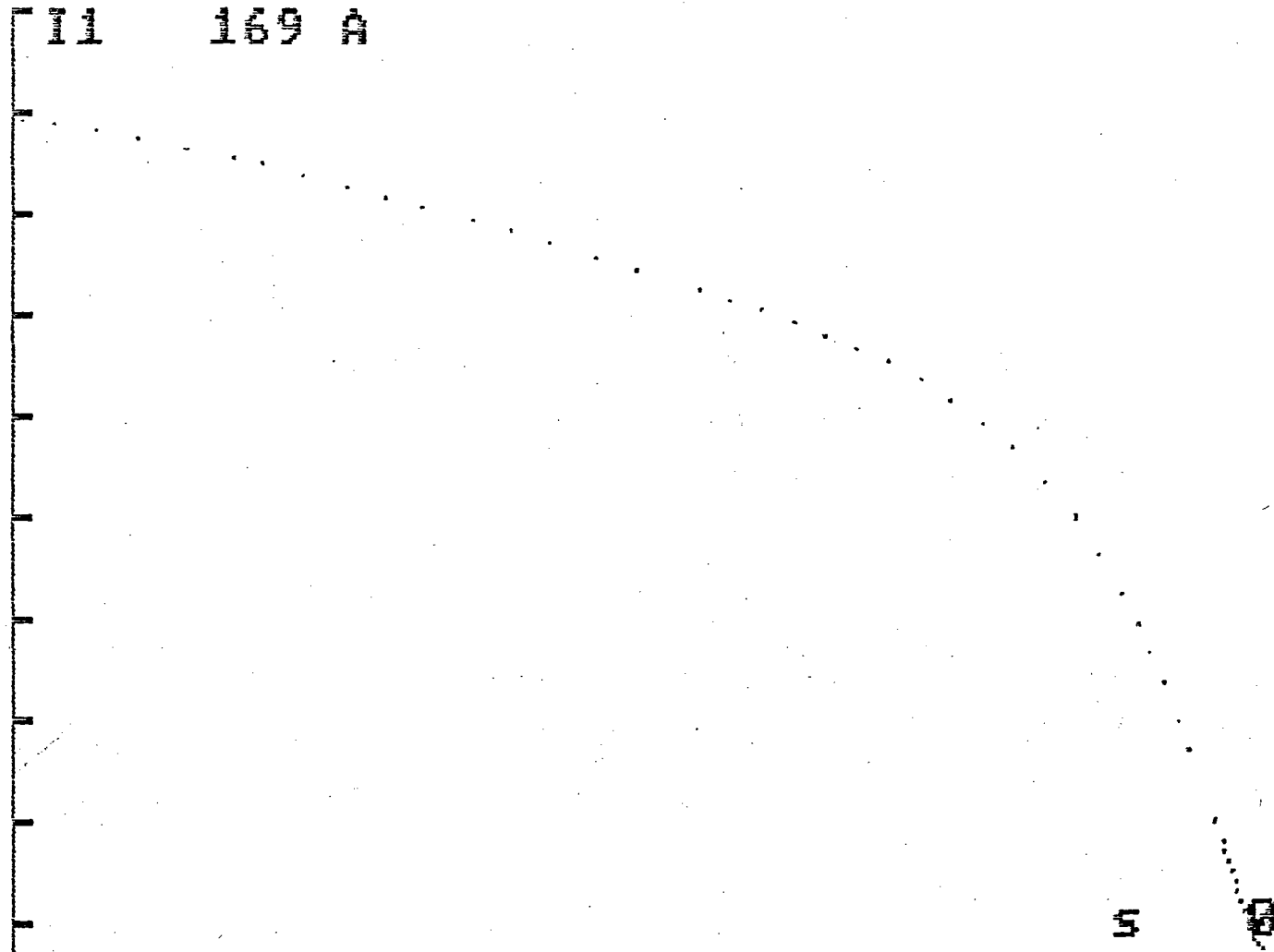


GRAFICO 5

FACTOR DE POTENCIA V.S. POTENCIA

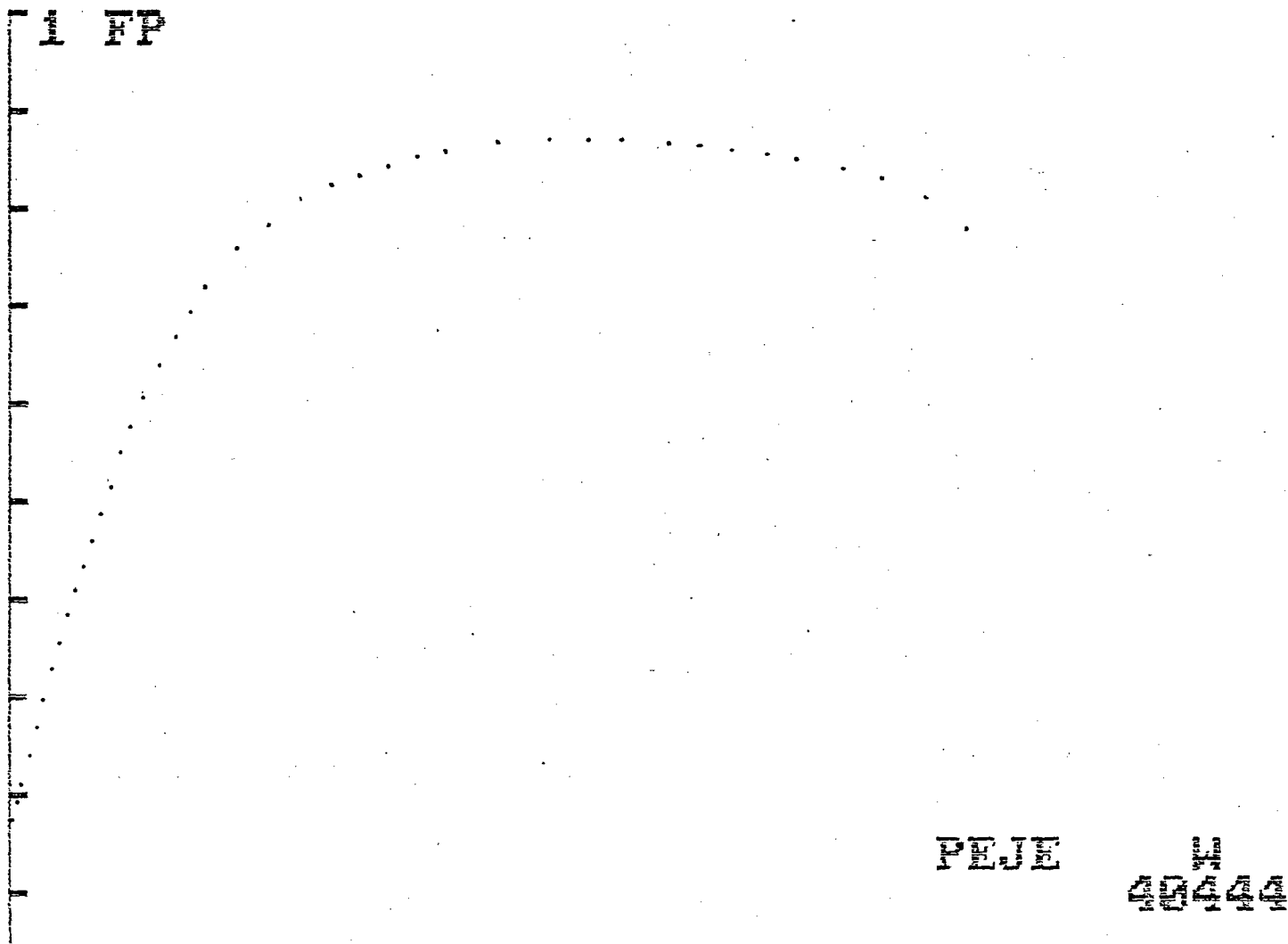
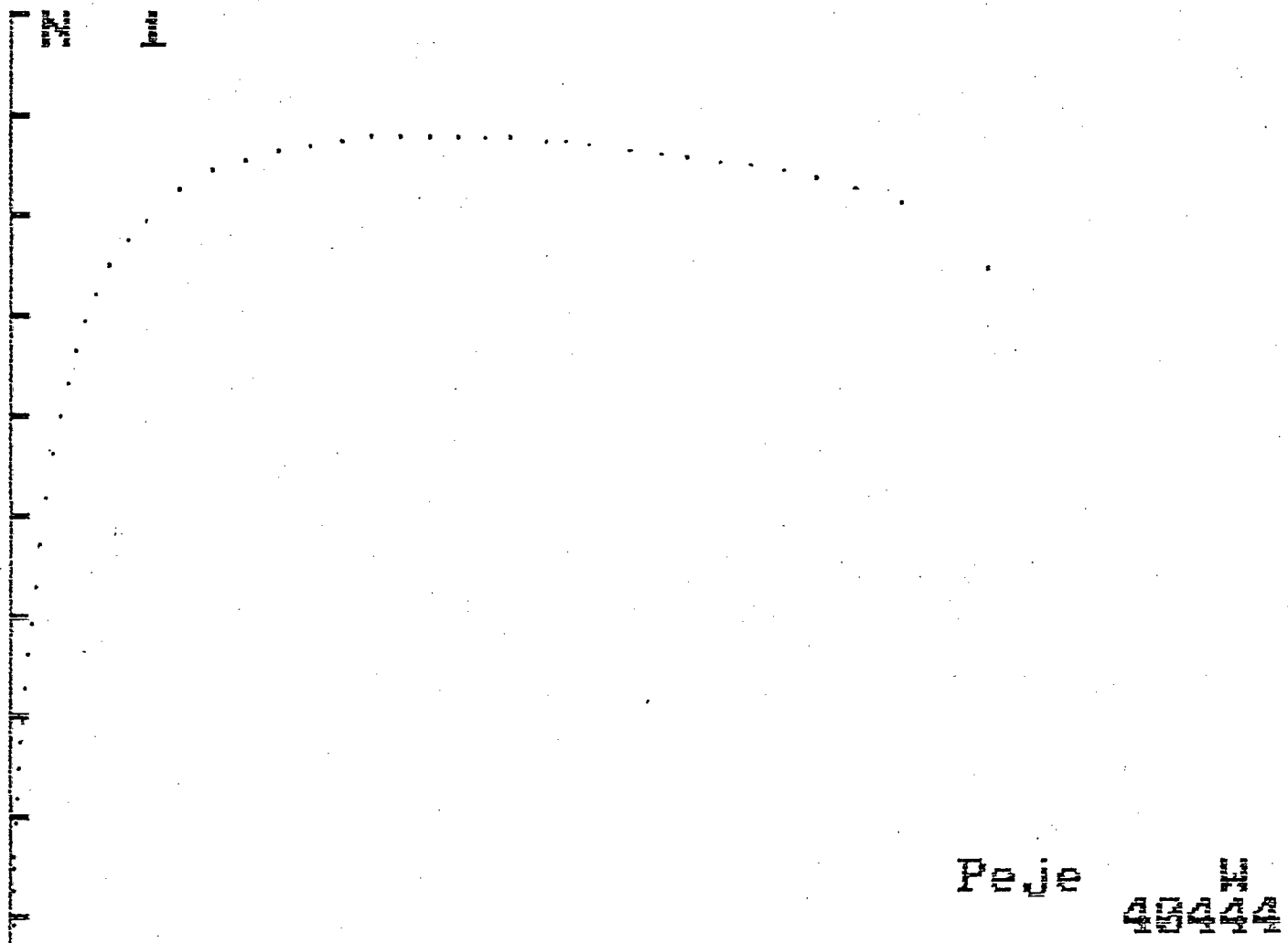


GRAFICO 6

RENDIMIENTO V.S. POTENCIA



Potencia

Rendimiento

CALCULO DE LOS PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE

DATOS DEL ESTATOR (mm):

B1= 3.2 H1 = .4 R3= 5 R4= 3.777 HR1= 14.023 ATR1= 23.2

D= .158 m L= .16 m

G= .5 T1= 6.88 S1 = 36 ran C1 = 22.8 K0= .95 DE= .25 m

DATOS DEL ROTOR (mm)

B2= .8 H2 = .5 R5= 1.85 R6= 1.85 HR2= 19.3 ATR2= 23.5

DI= 157 T2= 12 S2= 28 ran C2= 25.4 DJ= 59.2 NF= 168 esp/fase

DATOS DEL MOTOR

V= 242 P= 4 HP= 18 F = 60 KE = .9 TIPO NV160M4

A= 3.464 BOBINADO CONCENTRICO COEX DD Z1 = 28 cond/ran KB= .90186

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE PI

DATOS DEL MOTOR:

MOTOR TRIFASICO 18 HP 4 POLOS 60 HZ 242 Volts

RESIST. ESTAT (r1): .2209433

RESIST. ROTORICA (r2): .2839518

RESIST. DE PERDIDAS (rm): 258.2509

REACT.DE MAG (xm): 20.66942

REACT.DE DISP.ROTORICA (x2): 1.013067

REACT.DE DISP.ESTAT. (x1): .5169356

COMPONENTES DE LA REACTANCIA DE DISPERSION (OHMS):

REACT. DE RANURA ESTAT. (XR1): .2282981

REACT. DE RANURA ROTOR (XR2): .5568269

REACT. ZIG-ZAG ESTAT (XZ1): .1719348

REACT. ZIG-ZAG ROTOR (XZ2): .3395374

REACT. DE INCLINACION (XI): .2098764

REACT. DE CABEZA DE BOB (XCB): 2.352887E-02

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE T: rM = 1.643771 xM = 20.53785-----
PARAMETROS DEL CELI:

RESIST. ESTATORICA (R1): .2265044

REACT.DE DISP.ESTAT. (X1): .5299467

RESIST. PERD. FE (RM): 1.864715

REACT.DE MAGNETIZACION (XM): 21.05479

RESIST. ROTORICA (R2): .2984257

REACT.DE DISP. ROTORICA (X2): 1.064706

PERDIDAS CALCULADAS:

PERDIDAS MECANICAS (SUPERF, VENT) (PM): 295.9681

FACTOR DE SATURACION (FS): 1.324541

SN= .0246763 WN10= 1755.583

IN= 24.62959 TN= 73.03996

CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS ELECTROMECHANICAS

F= 60 Hz #P= 4 POLOS V= 242 v
 R1= .2265044 Ω R2= .2984257 Ω X1= .5299467 Ω X2= 1.064706 Ω
 P2= 13428 W RM= 1.864715 Ω XM= 21.05479 Ω
 PM= 295.9681 W IN= 24.62959 A TN= 73.03996 N-m

 Pem max(W) Smax Tmax(N-m) Tarr(N-m) Iarr(A)
 49041.15 .1852818 260.1708 321.508 158.2428

IM= 11.45 @ -84.94 °

| I1 | ang1 | I2 | ang2 | RPM | TEM | PEM | S | PEJE | FP | N | T1/Tn | I1/In |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|--------|---------|-------|--------|-------|-------|
| A | ° | A | ° | | (N-m) | W | | W | | | | |
| 167.5 | -49.9 | 158.2 | -47.5 | 0.0 | 321.5 | 60603.0 | 1.0000 | 0.0 | 0.644 | 0.000 | 4.402 | 6.800 |
| 162.3 | -49.7 | 153.0 | -47.3 | 180.0 | 315.5 | 59467.1 | 0.9000 | 5926.0 | 0.646 | 0.078 | 4.319 | 6.588 |
| 156.7 | -49.6 | 147.5 | -47.1 | 360.0 | 308.5 | 58145.8 | 0.8000 | 11582.6 | 0.647 | 0.157 | 4.223 | 6.363 |
| 150.8 | -49.6 | 141.7 | -46.9 | 540.0 | 300.5 | 56645.9 | 0.7000 | 16916.4 | 0.648 | 0.238 | 4.114 | 6.124 |
| 144.6 | -49.5 | 135.4 | -46.7 | 720.0 | 291.8 | 55009.4 | 0.6000 | 21890.7 | 0.650 | 0.321 | 3.996 | 5.870 |
| 137.8 | -49.2 | 128.7 | -46.3 | 900.0 | 283.0 | 53336.5 | 0.5000 | 26514.7 | 0.653 | 0.406 | 3.874 | 5.595 |
| 134.1 | -49.0 | 125.0 | -45.9 | 990.0 | 278.7 | 52539.4 | 0.4500 | 28721.0 | 0.656 | 0.449 | 3.816 | 5.446 |
| 130.1 | -48.6 | 121.1 | -45.4 | 1080.0 | 274.8 | 51804.7 | 0.4000 | 30883.6 | 0.662 | 0.494 | 3.763 | 5.283 |
| 125.6 | -47.9 | 116.7 | -44.5 | 1170.0 | 271.4 | 51153.9 | 0.3500 | 33025.9 | 0.670 | 0.540 | 3.715 | 5.100 |
| 120.3 | -46.8 | 111.5 | -43.2 | 1260.0 | 268.3 | 50576.4 | 0.3000 | 35153.0 | 0.684 | 0.588 | 3.674 | 4.883 |
| 113.6 | -45.1 | 105.0 | -41.1 | 1350.0 | 265.1 | 49961.6 | 0.2500 | 37193.1 | 0.706 | 0.639 | 3.629 | 4.611 |
| 104.5 | -42.5 | 96.4 | -37.9 | 1440.0 | 259.6 | 48927.8 | 0.2000 | 38836.3 | 0.738 | 0.694 | 3.554 | 4.244 |
| 91.5 | -38.5 | 84.0 | -32.9 | 1530.0 | 246.3 | 46424.7 | 0.1500 | 39129.7 | 0.782 | 0.753 | 3.372 | 3.714 |
| 71.8 | -33.2 | 65.3 | -25.3 | 1620.0 | 212.2 | 39995.3 | 0.1000 | 35649.1 | 0.837 | 0.817 | 2.905 | 2.915 |
| 61.4 | -30.9 | 55.4 | -21.3 | 1656.0 | 187.8 | 35398.5 | 0.0800 | 32219.5 | 0.858 | 0.843 | 2.571 | 2.491 |
| 49.3 | -29.2 | 43.8 | -16.7 | 1692.0 | 154.8 | 29179.2 | 0.0600 | 27085.7 | 0.873 | 0.868 | 2.119 | 2.000 |
| 35.6 | -29.5 | 30.6 | -11.6 | 1728.0 | 112.1 | 21130.8 | 0.0400 | 19952.9 | 0.870 | 0.887 | 1.535 | 1.446 |
| 32.0 | -30.4 | 27.1 | -10.3 | 1737.0 | 99.9 | 18828.9 | 0.0350 | 17840.7 | 0.862 | 0.889 | 1.368 | 1.301 |
| 30.2 | -31.1 | 25.2 | -9.6 | 1741.5 | 93.6 | 17636.1 | 0.0325 | 16735.6 | 0.857 | 0.890 | 1.281 | 1.227 |
| 28.4 | -31.9 | 23.4 | -8.9 | 1746.0 | 87.1 | 16416.1 | 0.0300 | 15598.3 | 0.849 | 0.890 | 1.192 | 1.154 |
| 26.6 | -32.9 | 21.5 | -8.2 | 1750.5 | 80.5 | 15169.6 | 0.0275 | 14429.3 | 0.839 | 0.890 | 1.102 | 1.080 |
| 24.8 | -34.2 | 19.7 | -7.4 | 1755.0 | 73.7 | 13897.5 | 0.0250 | 13229.0 | 0.827 | 0.888 | 1.009 | 1.007 |
| 23.0 | -35.9 | 17.8 | -6.7 | 1759.5 | 66.8 | 12600.4 | 0.0225 | 11998.1 | 0.811 | 0.886 | 0.915 | 0.935 |
| 21.3 | -37.9 | 15.9 | -6.0 | 1764.0 | 59.8 | 11279.6 | 0.0200 | 10737.5 | 0.789 | 0.881 | 0.819 | 0.863 |
| 19.5 | -40.4 | 13.9 | -5.3 | 1768.5 | 52.7 | 9935.9 | 0.0175 | 9447.9 | 0.761 | 0.875 | 0.722 | 0.794 |
| 17.9 | -43.6 | 12.0 | -4.5 | 1773.0 | 45.5 | 8570.5 | 0.0150 | 8130.4 | 0.724 | 0.865 | 0.623 | 0.727 |
| 16.3 | -47.6 | 10.0 | -3.8 | 1777.5 | 38.1 | 7184.8 | 0.0125 | 6786.0 | 0.674 | 0.850 | 0.522 | 0.663 |
| 14.9 | -52.6 | 8.0 | -3.0 | 1782.0 | 30.7 | 5780.0 | 0.0100 | 5415.8 | 0.607 | 0.826 | 0.420 | 0.604 |
| 13.6 | -58.8 | 6.0 | -2.3 | 1786.5 | 23.1 | 4357.6 | 0.0075 | 4021.3 | 0.518 | 0.786 | 0.317 | 0.553 |
| 12.6 | -66.3 | 4.0 | -1.5 | 1791.0 | 15.5 | 2919.0 | 0.0050 | 2603.6 | 0.401 | 0.711 | 0.212 | 0.510 |
| 11.8 | -75.1 | 2.0 | -0.8 | 1795.5 | 7.8 | 1466.0 | 0.0025 | 1164.3 | 0.256 | 0.529 | 0.106 | 0.480 |
| 11.7 | -77.0 | 1.6 | -0.6 | 1796.4 | 6.2 | 1173.7 | 0.0020 | 874.0 | 0.224 | 0.458 | 0.085 | 0.476 |
| 11.6 | -79.0 | 1.2 | -0.5 | 1797.3 | 4.7 | 881.0 | 0.0015 | 582.9 | 0.191 | 0.361 | 0.064 | 0.472 |
| 11.6 | -80.9 | 0.8 | -0.3 | 1798.2 | 3.1 | 587.8 | 0.0010 | 291.0 | 0.158 | 0.220 | 0.043 | 0.469 |
| 11.5 | -82.9 | 0.4 | -0.2 | 1799.1 | 1.6 | 294.1 | 0.0005 | -1.7 | 0.123 | -0.002 | 0.021 | 0.467 |

 TARR/TN= 4.40181
 Tmax/Tn= 3.562034
 IARR/IN= 6.424907

CALCULO DE LOS PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE

DATOS DEL ESTATOR (mm):

B1= 3.2 H1 = .75564 R3= 5 R4= 3.777 HR1= 14.023 ATR1= 23.2
D= .158 m L= .16 m
G= .5 T1= 6.88 S1 = 36 ran C1 = 22.8 KO= .95 DE= .25 m

DATOS DEL ROTOR (mm)

B2= .8 H2 = .5 R5= 1.85 R6= 1.85 HR2= 19.3 ATR2= 23.5
DI= 157 T2= 10.4351 S2= 28 ran C2= 25.4 DJ= 59.2 NF= 168

esp/fase

DATOS DEL MOTOR

V= 231 P= 4 HP= 18 F = 60 KE = .9 TIPO NV160M4
A= 3.464 BOBINADO CONCENTRICO CONEX DD Z1 = 28 cond/ran KB= .90186

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE PI

DATOS DEL MOTOR:

MOTOR TRIFASICO 18 HP 4 POLOS 60 HZ 231 Volts

RESIST. ESTAT (r1): .2211616

RESIST. ROTORICA (r2): .2839518

RESIST. DE PERDIDAS (rm): 220.549

REACT.DE MAG (xm): 19.61195

REACT.DE DISP.ROTORICA (x2): .9903271

REACT.DE DISP.ESTAT. (x1): .5225839

COMPONENTES DE LA REACTANCIA DE DISPERSION (OHMS):

REACT. DE RANURA ESTAT. (XR1): .2481116
REACT. DE RANURA ROTOR (XR2): .5568269
REACT. ZIG-ZAG ESTAT (XZ1): .1631384
REACT. ZIG-ZAG ROTOR (XZ2): .3221663
REACT. DE INCLINACION (XI): .1991389
REACT. DE CABEZA DE BOB (XCB): 2.352887E-02

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE T: rM = 1.730277

xM = 19.45808

PARAMETROS DEL CELI:

RESIST. ESTATORICA (R1): .2271013

REACT.DE DISP.ESTAT. (X1): .5366189

RESIST. PERD. FE (RM): 1.951439

REACT.DE MAGNETIZACION (XM): 19.98067

RESIST. ROTORICA (R2): .2994087

REACT.DE DISP. ROTORICA (X2): 1.044236

PERDIDAS CALCULADAS:

PERDIDAS MECANICAS (SUPERF, VENT) (PM): 294.842

FACTOR DE SATURACION (FS): 1.395959

SN= 2.745302E-02 WN10= 1750.585

IN= 25.80758 TN= 73.24848

CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS ELECTROMECHANICAS

F= 60 Hz #P= 4 POLOS V= 231 v
 R1= .2271013 Ω R2= .2994087 Ω X1= .5366189 Ω X2= 1.044236 Ω
 P2= 13428 W RM= 1.951439 Ω XM= 19.98067 Ω
 PM= 294.842 W IN= 25.80758 A TN= 73.24848 N-m

 Pem max(W) Smax Tmax(N-m) Tarr(N-m) Iarr(A)
 45012.87 .1874722 238.8001 294.4255 151.1826

IM= 11.51 @ -84.42 °

| I1 | ang1 | I2 | ang2 | RPM | TEM | PEM | S | PEJE | FP | N | T1/Tn | I1/In |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|--------|---------|-------|--------|-------|-------|
| A | ° | A | ° | | (N-m) | W | | W | | | | |
| 160.5 | -49.8 | 151.2 | -47.3 | 0.0 | 294.4 | 55498.0 | 1.0000 | 0.0 | 0.646 | 0.000 | 4.020 | 6.219 |
| 155.6 | -49.6 | 146.3 | -47.1 | 180.0 | 289.0 | 54480.3 | 0.9000 | 5428.8 | 0.648 | 0.078 | 3.946 | 6.027 |
| 150.3 | -49.5 | 141.0 | -46.8 | 360.0 | 282.7 | 53293.9 | 0.8000 | 10615.1 | 0.649 | 0.157 | 3.860 | 5.823 |
| 144.7 | -49.4 | 135.4 | -46.6 | 540.0 | 275.6 | 51944.6 | 0.7000 | 15510.3 | 0.650 | 0.238 | 3.762 | 5.607 |
| 138.7 | -49.3 | 129.5 | -46.4 | 720.0 | 267.7 | 50469.2 | 0.6000 | 20080.3 | 0.652 | 0.320 | 3.655 | 5.376 |
| 132.3 | -49.1 | 123.1 | -46.0 | 900.0 | 259.7 | 48956.2 | 0.5000 | 24331.4 | 0.655 | 0.405 | 3.546 | 5.126 |
| 128.8 | -48.8 | 119.6 | -45.6 | 990.0 | 255.9 | 48232.3 | 0.4500 | 26359.5 | 0.658 | 0.449 | 3.493 | 4.990 |
| 124.9 | -48.4 | 115.8 | -45.1 | 1080.0 | 252.3 | 47561.4 | 0.4000 | 28345.7 | 0.664 | 0.493 | 3.445 | 4.842 |
| 120.6 | -47.7 | 111.6 | -44.2 | 1170.0 | 249.1 | 46960.9 | 0.3500 | 30309.1 | 0.673 | 0.539 | 3.401 | 4.674 |
| 115.5 | -46.7 | 106.6 | -42.9 | 1260.0 | 246.3 | 46417.6 | 0.3000 | 32251.1 | 0.686 | 0.587 | 3.362 | 4.475 |
| 109.0 | -45.0 | 100.4 | -40.8 | 1350.0 | 243.1 | 45825.0 | 0.2500 | 34100.6 | 0.708 | 0.638 | 3.319 | 4.225 |
| 100.3 | -42.4 | 92.1 | -37.6 | 1440.0 | 237.8 | 44826.4 | 0.2000 | 35565.7 | 0.739 | 0.692 | 3.247 | 3.888 |
| 87.8 | -38.5 | 80.2 | -32.6 | 1530.0 | 225.2 | 42455.7 | 0.1500 | 35767.1 | 0.783 | 0.751 | 3.075 | 3.401 |
| 68.9 | -33.3 | 62.3 | -25.0 | 1620.0 | 193.5 | 36481.0 | 0.1000 | 32496.6 | 0.836 | 0.814 | 2.642 | 2.668 |
| 58.9 | -31.1 | 52.8 | -21.1 | 1656.0 | 171.1 | 32249.9 | 0.0800 | 29332.3 | 0.856 | 0.840 | 2.336 | 2.281 |
| 47.3 | -29.6 | 41.8 | -16.6 | 1692.0 | 140.9 | 26552.9 | 0.0600 | 24625.4 | 0.870 | 0.864 | 1.923 | 1.833 |
| 34.3 | -30.2 | 29.1 | -11.5 | 1728.0 | 101.9 | 19209.4 | 0.0400 | 18114.9 | 0.864 | 0.881 | 1.391 | 1.330 |
| 30.9 | -31.1 | 25.7 | -10.1 | 1737.0 | 90.8 | 17113.1 | 0.0350 | 16191.0 | 0.856 | 0.883 | 1.239 | 1.198 |
| 29.2 | -31.8 | 24.0 | -9.5 | 1741.5 | 85.0 | 16027.4 | 0.0325 | 15185.0 | 0.850 | 0.883 | 1.161 | 1.132 |
| 27.5 | -32.7 | 22.3 | -8.8 | 1746.0 | 79.1 | 14917.3 | 0.0300 | 14150.0 | 0.842 | 0.883 | 1.080 | 1.065 |
| 25.8 | -33.8 | 20.5 | -8.1 | 1750.5 | 73.1 | 13783.5 | 0.0275 | 13086.3 | 0.831 | 0.882 | 0.998 | 0.999 |
| 24.1 | -35.1 | 18.7 | -7.4 | 1755.0 | 67.0 | 12626.5 | 0.0250 | 11994.6 | 0.818 | 0.879 | 0.914 | 0.933 |
| 22.4 | -36.8 | 16.9 | -6.6 | 1759.5 | 60.7 | 11447.3 | 0.0225 | 10875.3 | 0.801 | 0.876 | 0.829 | 0.867 |
| 20.7 | -38.9 | 15.1 | -5.9 | 1764.0 | 54.4 | 10246.5 | 0.0200 | 9729.3 | 0.778 | 0.870 | 0.742 | 0.803 |
| 19.1 | -41.5 | 13.3 | -5.2 | 1768.5 | 47.9 | 9025.4 | 0.0175 | 8557.1 | 0.749 | 0.863 | 0.654 | 0.740 |
| 17.6 | -44.7 | 11.4 | -4.5 | 1773.0 | 41.3 | 7784.7 | 0.0150 | 7359.8 | 0.711 | 0.851 | 0.564 | 0.680 |
| 16.1 | -48.7 | 9.5 | -3.7 | 1777.5 | 34.6 | 6525.7 | 0.0125 | 6138.2 | 0.661 | 0.834 | 0.473 | 0.623 |
| 14.7 | -53.6 | 7.6 | -3.0 | 1782.0 | 27.8 | 5249.6 | 0.0100 | 4893.4 | 0.594 | 0.807 | 0.380 | 0.571 |
| 13.5 | -59.6 | 5.7 | -2.3 | 1786.5 | 21.0 | 3957.6 | 0.0075 | 3626.6 | 0.507 | 0.763 | 0.287 | 0.525 |
| 12.6 | -66.8 | 3.8 | -1.5 | 1791.0 | 14.1 | 2651.0 | 0.0050 | 2338.8 | 0.394 | 0.681 | 0.192 | 0.487 |
| 11.9 | -75.1 | 1.9 | -0.8 | 1795.5 | 7.1 | 1331.3 | 0.0025 | 1031.5 | 0.256 | 0.489 | 0.096 | 0.460 |
| 11.8 | -76.9 | 1.5 | -0.6 | 1796.4 | 5.7 | 1066.0 | 0.0020 | 767.9 | 0.226 | 0.417 | 0.077 | 0.456 |
| 11.7 | -78.8 | 1.2 | -0.5 | 1797.3 | 4.2 | 800.1 | 0.0015 | 503.4 | 0.195 | 0.319 | 0.058 | 0.453 |
| 11.6 | -80.6 | 0.8 | -0.3 | 1798.2 | 2.8 | 533.8 | 0.0010 | 238.3 | 0.163 | 0.182 | 0.039 | 0.450 |
| 11.6 | -82.5 | 0.4 | -0.2 | 1799.1 | 1.4 | 267.1 | 0.0005 | -27.5 | 0.130 | -0.026 | 0.019 | 0.448 |

 TARR/TN= 4.019545
 Tmax/Tn= 3.260137
 IARR/IN= 5.858068

CALCULO DE LOS PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE

DATOS DEL ESTATOR (mm):

B1= 3.2 H1 = .75564 R3= 5 R4= 3.777 HR1= 14.023 ATR1= 23.2
 D= .158 m L= .16 m
 G= .5 T1= 6.88 S1 = 36 ran C1 = 22.8 K0= .95 DE= .25 m

DATOS DEL ROTOR (mm)

B2= .8 H2 = .5 R5= 1.85 R6= 1.85 HR2= 19.3 ATR2= 23.5
 D1= 157 T2= 10.4351 S2= 28 ran C2= 25.4 DJ= 59.2 NF= 168

esp/fase

DATOS DEL MOTOR

V= 209 P= 4 HP= 18 F = 60 KE = .9 TIPO NV160M4
 A= 3.464 BOBINADO CONCENTRICO CONEX DD Z1 = 28 cond/ran KB= .90186

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE PI

DATOS DEL MOTOR:

MOTOR TRIFASICO 18 HP 4 POLOS 60 HZ 209 Volts

RESIST. ESTAT (r1): .2211616

RESIST. ROTORICA (r2): .2839518

RESIST. DE PERDIDAS (rm): 201.6345

REACT.DE MAG (xm): 20.2383

REACT.DE DISP.ROTORICA (x2): 1.003796

REACT.DE DISP.ESTAT. (x1): .530974

 COMPONENTES DE LA REACTANCIA DE DISPERSION (OHMS):

REACT. DE RANURA ESTAT. (XR1): .2481116
 REACT. DE RANURA ROTOR (XR2): .5568269
 REACT. ZIG-ZAG ESTAT (XZ1): .1683486
 REACT. ZIG-ZAG ROTOR (XZ2): .3324553
 REACT. DE INCLINACION (XI): .2054988
 REACT. DE CABEZA DE BOB (XCB): 2.352887E-02

 PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE T: rM = 2.011081

xM = 20.03644

 PARAMETROS DEL CELI:

RESIST. ESTATORICA (R1): .2270225

REACT.DE DISP.ESTAT. (X1): .5450451

RESIST. PERD. FE (RM): 2.232243

REACT.DE MAGNETIZACION (XM): 20.56741

RESIST. ROTORICA (R2): .2992009

REACT.DE DISP. ROTORICA (X2): 1.057703

 PERDIDAS CALCULADAS:

PERDIDAS MECANICAS (SUPERF, VENT) (PM): 292.7915

FACTOR DE SATURACION (FS): 1.352756

SN= 3.452761E-02 WN10= 1737.85

IN= 27.73256 TN= 73.78522

CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS ELECTROMECHANICAS

F= 60 Hz #P= 4 POLOS V= 209 v

R1= .2270225 Ω R2= .2992009 Ω X1= .5450451 Ω X2= 1.057703 Ω

P2= 13428 W RM= 2.232243 Ω XM= 20.56741 Ω

PM= 292.7915 W IN= 27.73256 A TN= 73.78522 N-m

Pem max(W) Smax Tmax(N-m) Tarr(N-m) Iarr(A)
 36393.13 .1848349 193.0711 237.3087 135.7755

IM= 10.10 @ -83.81 °

| I1 | ang1 | I2 | ang2 | RPM | TEM | PEM | S | PEJE | FP | N | T1/Tn | I1/In |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|--------|---------|-------|--------|-------|-------|
| A | ° | A | ° | | (N-m) | W | | W | | | | |
| 144.1 | -50.1 | 135.8 | -47.7 | 0.0 | 237.3 | 44731.7 | 1.0000 | 0.0 | 0.642 | 0.000 | 3.216 | 5.195 |
| 139.6 | -49.9 | 131.4 | -47.5 | 180.0 | 233.0 | 43918.6 | 0.9000 | 4375.8 | 0.644 | 0.078 | 3.158 | 5.035 |
| 134.9 | -49.8 | 126.7 | -47.3 | 360.0 | 228.0 | 42968.9 | 0.8000 | 8556.4 | 0.645 | 0.157 | 3.089 | 4.864 |
| 129.9 | -49.7 | 121.7 | -47.1 | 540.0 | 222.2 | 41887.5 | 0.7000 | 12502.4 | 0.646 | 0.237 | 3.012 | 4.684 |
| 124.6 | -49.6 | 116.3 | -46.8 | 720.0 | 215.9 | 40705.0 | 0.6000 | 16185.6 | 0.648 | 0.320 | 2.927 | 4.491 |
| 118.8 | -49.4 | 110.6 | -46.4 | 900.0 | 209.5 | 39495.3 | 0.5000 | 19615.6 | 0.651 | 0.404 | 2.840 | 4.283 |
| 115.6 | -49.1 | 107.5 | -46.0 | 990.0 | 206.5 | 38919.5 | 0.4500 | 21253.4 | 0.655 | 0.448 | 2.798 | 4.170 |
| 112.2 | -48.7 | 104.1 | -45.5 | 1080.0 | 203.7 | 38389.9 | 0.4000 | 22860.0 | 0.660 | 0.492 | 2.760 | 4.046 |
| 108.3 | -48.0 | 100.3 | -44.6 | 1170.0 | 201.2 | 37922.7 | 0.3500 | 24452.7 | 0.669 | 0.538 | 2.727 | 3.907 |
| 103.8 | -46.9 | 95.9 | -43.3 | 1260.0 | 199.0 | 37510.2 | 0.3000 | 26035.6 | 0.683 | 0.586 | 2.697 | 3.742 |
| 98.0 | -45.2 | 90.4 | -41.2 | 1350.0 | 196.7 | 37070.8 | 0.2500 | 27555.8 | 0.705 | 0.636 | 2.665 | 3.535 |
| 90.3 | -42.6 | 82.9 | -38.0 | 1440.0 | 192.7 | 36321.9 | 0.2000 | 28783.8 | 0.737 | 0.690 | 2.612 | 3.255 |
| 79.1 | -38.6 | 72.3 | -32.9 | 1530.0 | 182.9 | 34483.4 | 0.1500 | 29012.3 | 0.781 | 0.749 | 2.479 | 2.851 |
| 62.1 | -33.3 | 56.2 | -25.3 | 1620.0 | 157.7 | 29727.0 | 0.1000 | 26437.9 | 0.836 | 0.812 | 2.137 | 2.240 |
| 53.1 | -31.0 | 47.7 | -21.3 | 1656.0 | 139.6 | 26317.4 | 0.0800 | 23892.5 | 0.857 | 0.837 | 1.892 | 1.916 |
| 42.7 | -29.4 | 37.8 | -16.8 | 1692.0 | 115.1 | 21698.9 | 0.0600 | 20078.1 | 0.872 | 0.860 | 1.560 | 1.541 |
| 31.0 | -29.7 | 26.4 | -11.6 | 1728.0 | 83.4 | 15717.0 | 0.0400 | 14774.2 | 0.868 | 0.876 | 1.130 | 1.117 |
| 27.9 | -30.6 | 23.3 | -10.3 | 1737.0 | 74.3 | 14005.5 | 0.0350 | 13203.0 | 0.861 | 0.877 | 1.007 | 1.006 |
| 26.3 | -31.2 | 21.7 | -9.6 | 1741.5 | 69.6 | 13118.5 | 0.0325 | 12380.9 | 0.855 | 0.877 | 0.943 | 0.950 |
| 24.8 | -32.1 | 20.2 | -8.9 | 1746.0 | 64.8 | 12211.2 | 0.0300 | 11534.8 | 0.847 | 0.876 | 0.878 | 0.894 |
| 23.2 | -33.1 | 18.6 | -8.2 | 1750.5 | 59.9 | 11284.2 | 0.0275 | 10665.0 | 0.838 | 0.874 | 0.811 | 0.838 |
| 21.7 | -34.4 | 16.9 | -7.5 | 1755.0 | 54.8 | 10338.1 | 0.0250 | 9772.0 | 0.825 | 0.871 | 0.743 | 0.782 |
| 20.1 | -36.0 | 15.3 | -6.7 | 1759.5 | 49.7 | 9373.4 | 0.0225 | 8856.1 | 0.809 | 0.867 | 0.674 | 0.726 |
| 18.6 | -38.0 | 13.7 | -6.0 | 1764.0 | 44.5 | 8390.9 | 0.0200 | 7918.1 | 0.788 | 0.861 | 0.603 | 0.672 |
| 17.2 | -40.5 | 12.0 | -5.3 | 1768.5 | 39.2 | 7391.4 | 0.0175 | 6958.5 | 0.760 | 0.851 | 0.531 | 0.618 |
| 15.7 | -43.7 | 10.3 | -4.5 | 1773.0 | 33.8 | 6375.8 | 0.0150 | 5978.1 | 0.723 | 0.838 | 0.458 | 0.567 |
| 14.4 | -47.6 | 8.6 | -3.8 | 1777.5 | 28.4 | 5344.9 | 0.0125 | 4977.7 | 0.674 | 0.819 | 0.384 | 0.518 |
| 13.1 | -52.5 | 6.9 | -3.0 | 1782.0 | 22.8 | 4299.9 | 0.0100 | 3958.1 | 0.609 | 0.789 | 0.309 | 0.473 |
| 12.0 | -58.5 | 5.2 | -2.3 | 1786.5 | 17.2 | 3241.7 | 0.0075 | 2920.2 | 0.523 | 0.740 | 0.233 | 0.434 |
| 11.1 | -65.7 | 3.5 | -1.5 | 1791.0 | 11.5 | 2171.6 | 0.0050 | 1865.2 | 0.411 | 0.651 | 0.156 | 0.401 |
| 10.5 | -74.3 | 1.7 | -0.8 | 1795.5 | 5.8 | 1090.6 | 0.0025 | 794.1 | 0.271 | 0.447 | 0.078 | 0.377 |
| 10.4 | -76.1 | 1.4 | -0.6 | 1796.4 | 4.6 | 873.2 | 0.0020 | 578.1 | 0.240 | 0.371 | 0.063 | 0.374 |
| 10.3 | -78.0 | 1.0 | -0.5 | 1797.3 | 3.5 | 655.4 | 0.0015 | 361.4 | 0.208 | 0.270 | 0.047 | 0.371 |
| 10.2 | -79.9 | 0.7 | -0.3 | 1798.2 | 2.3 | 437.3 | 0.0010 | 144.2 | 0.175 | 0.129 | 0.031 | 0.368 |
| 10.1 | -81.8 | 0.3 | -0.2 | 1799.1 | 1.2 | 218.8 | 0.0005 | -73.6 | 0.142 | -0.082 | 0.016 | 0.366 |

TARR/TN= 3.216209

Tmax/Tn= 2.616664

IARR/IN= 4.895889

CALCULO DE LOS PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE

DATOS DEL ESTATOR (mm):

B1= 3.2 H1 = .75564 R3= 5 R4= 3.777 HR1= 14.023 ATR1= 23.2
 D= .158 m L= .16 m
 G= .5 T1= 6.88 S1 = 36 ran C1 = 22.8 K0= .95 DE= .25 m

DATOS DEL ROTOR (mm):

B2= .8 H2 = .5 R5= 1.85 R6= 1.85 HR2= 19.3 ATR2= 23.5
 DI= 157 T2= 10.4351 S2= 28 ran C2= 25.4 DJ= 59.2 NF= 168

esp/fase

DATOS DEL MOTOR

V= 198 P= 4 HP= 18 F = 60 KE = .9 TIFO NV160M4
 A= 3.464 BOBINADO CONCENTRICO CONEX DD Z1 = 28 cond/ran KB= .90186

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE PI

DATOS DEL MOTOR:

MOTOR TRIFASICO 18 HP 4 POLOS 60 HZ 198 Volts

RESIST. ESTAT (r1): .2211616

RESIST. ROTORICA (r2): .2839518

RESIST. DE PERDIDAS (ra): 192.0675

REACT.DE MAG (xm): 20.81343

REACT.DE DISP.ROTORICA (x2): 1.016164

REACT.DE DISP.ESTAT. (x1): .5386781

COMPONENTES DE LA REACTANCIA DE DISPERSION (OHMS):

REACT. DE RANURA ESTAT. (XR1): .2481116

REACT. DE RANURA ROTOR (XR2): .5568269

REACT. ZIG-ZAG ESTAT (XZ1): .1731327

REACT. ZIG-ZAG ROTOR (XZ2): .3419031

REACT. DE INCLINACION (XI): .2113387

REACT. DE CABEZA DE BOB (XCB): 2.352887E-02

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE T: rM = 2.229272

xM = 20.57185

PARAMETROS DEL CELI:

RESIST. ESTATORICA (R1): .2269527

REACT.DE DISP.ESTAT. (X1): .5527835

RESIST. PERD. FE (RM): 2.450433

REACT.DE MAGNETIZACION (XM): 21.11053

RESIST. ROTORICA (R2): .2990171

REACT.DE DISP. ROTORICA (X2): 1.070077

PERDIDAS CALCULADAS:

PERDIDAS MECANICAS (SUPERF, VENT) (PM): 291.8652

FACTOR DE SATURACION (FS): 1.315376

SN= 3.930514E-02 WN10= 1729.251

IN= 29.0552 TN= 74.15215

CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS ELECTROMECANICAS

F= 60 Hz #P= 4 POLOS V= 198 v
 R1= .2269527 Ω R2= .2990171 Ω X1= .5527835 Ω X2= 1.070077 Ω
 P2= 13428 W RM= 2.450433 Ω XM= 21.11053 Ω
 PM= 291.8652 W IN= 29.0552 A TN= 74.15215 N-m

| | | | | |
|------------|----------|-----------|-----------|----------|
| Pem max(W) | Smax | Tmax(N-m) | Tarr(N-m) | Iarr(A) |
| 32297.49 | .1824773 | 171.3431 | 209.9771 | 127.7568 |

IM= 9.32 e -83.38 °

| I1 | ang1 | I2 | ang2 | RPM | TEM | PEM | S | PEJE | FP | N | T1/Tn | I1/In |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|--------|---------|-------|--------|-------|-------|
| A | ° | A | ° | | (N-m) | W | | W | | | | |
| 135.5 | -50.4 | 127.8 | -48.1 | 0.0 | 210.0 | 39579.8 | 1.0000 | 0.0 | 0.638 | 0.000 | 2.832 | 4.662 |
| 131.3 | -50.2 | 123.6 | -47.9 | 180.0 | 206.2 | 38866.1 | 0.9000 | 3872.1 | 0.640 | 0.078 | 2.781 | 4.519 |
| 126.9 | -50.1 | 119.2 | -47.6 | 360.0 | 201.8 | 38031.1 | 0.8000 | 7571.8 | 0.641 | 0.157 | 2.721 | 4.367 |
| 122.2 | -50.0 | 114.5 | -47.4 | 540.0 | 196.7 | 37079.2 | 0.7000 | 11064.3 | 0.643 | 0.237 | 2.653 | 4.204 |
| 117.1 | -49.9 | 109.5 | -47.2 | 720.0 | 191.2 | 36038.2 | 0.6000 | 14325.6 | 0.644 | 0.319 | 2.578 | 4.032 |
| 111.7 | -49.6 | 104.1 | -46.8 | 900.0 | 185.6 | 34975.7 | 0.5000 | 17362.8 | 0.648 | 0.404 | 2.502 | 3.845 |
| 108.8 | -49.4 | 101.2 | -46.4 | 990.0 | 182.9 | 34472.3 | 0.4500 | 18815.1 | 0.651 | 0.447 | 2.466 | 3.744 |
| 105.6 | -48.9 | 98.0 | -45.9 | 1080.0 | 180.4 | 34012.8 | 0.4000 | 20241.9 | 0.657 | 0.491 | 2.433 | 3.633 |
| 102.0 | -48.2 | 94.5 | -45.0 | 1170.0 | 178.3 | 33612.8 | 0.3500 | 21660.0 | 0.666 | 0.537 | 2.405 | 3.509 |
| 97.7 | -47.1 | 90.3 | -43.7 | 1260.0 | 176.5 | 33268.3 | 0.3000 | 23075.6 | 0.680 | 0.585 | 2.380 | 3.362 |
| 92.3 | -45.4 | 85.2 | -41.6 | 1350.0 | 174.6 | 32910.5 | 0.2500 | 24445.4 | 0.702 | 0.635 | 2.355 | 3.177 |
| 85.1 | -42.8 | 78.2 | -38.3 | 1440.0 | 171.3 | 32293.2 | 0.2000 | 25571.0 | 0.734 | 0.689 | 2.310 | 2.928 |
| 74.6 | -38.8 | 68.3 | -33.3 | 1530.0 | 163.0 | 30725.7 | 0.1500 | 25828.5 | 0.780 | 0.748 | 2.198 | 2.567 |
| 58.7 | -33.3 | 53.2 | -25.6 | 1620.0 | 140.9 | 26566.9 | 0.1000 | 23603.0 | 0.836 | 0.810 | 1.901 | 2.020 |
| 50.2 | -31.0 | 45.2 | -21.6 | 1656.0 | 124.9 | 23551.1 | 0.0800 | 21355.9 | 0.857 | 0.835 | 1.685 | 1.729 |
| 40.4 | -29.2 | 35.8 | -17.0 | 1692.0 | 103.2 | 19443.5 | 0.0600 | 17965.1 | 0.873 | 0.857 | 1.391 | 1.391 |
| 29.3 | -29.4 | 25.0 | -11.8 | 1728.0 | 74.8 | 14099.3 | 0.0400 | 13226.7 | 0.872 | 0.872 | 1.009 | 1.008 |
| 26.4 | -30.2 | 22.1 | -10.4 | 1737.0 | 66.7 | 12566.9 | 0.0350 | 11819.8 | 0.865 | 0.873 | 0.899 | 0.907 |
| 24.9 | -30.8 | 20.6 | -9.7 | 1741.5 | 62.5 | 11772.3 | 0.0325 | 11083.3 | 0.859 | 0.873 | 0.842 | 0.856 |
| 23.4 | -31.5 | 19.1 | -9.0 | 1746.0 | 58.1 | 10959.3 | 0.0300 | 10325.0 | 0.852 | 0.872 | 0.784 | 0.805 |
| 21.9 | -32.5 | 17.6 | -8.3 | 1750.5 | 53.7 | 10128.4 | 0.0275 | 9545.2 | 0.843 | 0.870 | 0.725 | 0.754 |
| 20.4 | -33.8 | 16.1 | -7.6 | 1755.0 | 49.2 | 9279.9 | 0.0250 | 8744.3 | 0.831 | 0.866 | 0.664 | 0.704 |
| 19.0 | -35.3 | 14.5 | -6.8 | 1759.5 | 44.6 | 8414.7 | 0.0225 | 7922.7 | 0.816 | 0.862 | 0.602 | 0.653 |
| 17.5 | -37.3 | 12.9 | -6.1 | 1764.0 | 40.0 | 7533.2 | 0.0200 | 7081.0 | 0.795 | 0.855 | 0.539 | 0.604 |
| 16.1 | -39.8 | 11.4 | -5.3 | 1768.5 | 35.2 | 6636.4 | 0.0175 | 6219.8 | 0.769 | 0.845 | 0.475 | 0.555 |
| 14.8 | -42.8 | 9.8 | -4.6 | 1773.0 | 30.4 | 5724.8 | 0.0150 | 5339.7 | 0.733 | 0.831 | 0.410 | 0.508 |
| 13.5 | -46.7 | 8.2 | -3.8 | 1777.5 | 25.5 | 4799.5 | 0.0125 | 4441.5 | 0.686 | 0.810 | 0.343 | 0.463 |
| 12.3 | -51.6 | 6.6 | -3.1 | 1782.0 | 20.5 | 3861.2 | 0.0100 | 3526.0 | 0.622 | 0.779 | 0.276 | 0.422 |
| 11.2 | -57.6 | 4.9 | -2.3 | 1786.5 | 15.4 | 2911.1 | 0.0075 | 2594.0 | 0.536 | 0.727 | 0.208 | 0.385 |
| 10.3 | -64.9 | 3.3 | -1.5 | 1791.0 | 10.3 | 1950.1 | 0.0050 | 1646.5 | 0.424 | 0.634 | 0.140 | 0.355 |
| 9.7 | -73.6 | 1.7 | -0.8 | 1795.5 | 5.2 | 979.4 | 0.0025 | 684.5 | 0.282 | 0.423 | 0.070 | 0.333 |
| 9.6 | -75.5 | 1.3 | -0.6 | 1796.4 | 4.2 | 784.2 | 0.0020 | 490.4 | 0.250 | 0.345 | 0.056 | 0.329 |
| 9.5 | -77.4 | 1.0 | -0.5 | 1797.3 | 3.1 | 588.6 | 0.0015 | 295.8 | 0.218 | 0.241 | 0.042 | 0.327 |
| 9.4 | -79.4 | 0.7 | -0.3 | 1798.2 | 2.1 | 392.7 | 0.0010 | 100.7 | 0.184 | 0.098 | 0.028 | 0.324 |
| 9.4 | -81.4 | 0.3 | -0.2 | 1799.1 | 1.0 | 196.5 | 0.0005 | -94.9 | 0.150 | -1.114 | 0.014 | 0.322 |

TARR/TN= 2.831706
 Tmax/Tn= 2.310676
 IARR/IN= 4.397038

CALCULO DE LOS PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE

DATOS DEL ESTATOR (mm):

B1= 3.2 H1 = .75564 R3= 5 R4= 3.777 HR1= 14.023 ATR1= 23.2

D= .158 m L= .16 m

G= .5 T1= 6.88 S1 = 36 ran C1 = 22.8 K0= .95 DE= .25 m

DATOS DEL ROTOR (mm)

B2= .8 H2 = .5 R5= 1.85 R6= 1.85 HR2= 19.3 ATR2= 23.5

DI= 157 T2= 10.4351 S2= 28 ran C2= 25.4 DJ= 59.2 NF= 168

esp/fase

DATOS DEL MOTOR

V= 220 P= 4 HP= 18 F = 63 KE = .9 TIPO NV160M4

A= 3.464 BOBINADO CONCENTRICO CONEX DD Z1 = 28 cond/ran KB= .90186

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE PI

DATOS DEL MOTOR:

MOTOR TRIFASICO 18 HP 4 POLOS 63 HZ 220 Volts

RESIST. ESTAT (r1): .2211616

RESIST. ROTORICA (r2): .2839518

RESIST. DE PERDIDAS (rm): 235.238

REACT. DE MAG (xm): 22.40988

REACT. DE DISP. ROTORICA (x2): 1.078923

REACT. DE DISP. ESTAT. (x1): .5730568

COMPONENTES DE LA REACTANCIA DE DISPERSION (OHMS):

REACT. DE RANURA ESTAT. (XR1): .2605172

REACT. DE RANURA ROTOR (XR2): .5846683

REACT. ZIG-ZAG ESTAT (XZ1): .1864125

REACT. ZIG-ZAG ROTOR (XZ2): .368128

REACT. DE INCLINACION (XI): .227549

REACT. DE CABEZA DE BOB (XCB): 2.470531E-02

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE T: rM = 2.11567

xM = 22.20833

PARAMETROS DEL CELI:

RESIST. ESTATORICA (R1): .2268684

REACT. DE DISP. ESTAT. (X1): .5878438

RESIST. PERD. FE (RM): 2.336831

REACT. DE MAGNETIZACION (XM): 22.78138

RESIST. ROTORICA (R2): .2987948

REACT. DE DISP. ROTORICA (X2): 1.135322

PERDIDAS CALCULADAS:

PERDIDAS MECANICAS (SUPERF, VENT) (PM): 307.7066

FACTOR DE SATURACION (FS): 1.282754

SN= 3.075271E-02 WN10= 1831.878

IN= 26.09316 TN= 69.99795

CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS ELECTROMECANICAS

F= 63 Hz #P= 4 POLOS V= 220 v

R1= .2268684 Ω R2= .2987948 Ω X1= .5878438 Ω X2= 1.135322 Ω

P2= 13428 W RM= 2.336831 Ω XM= 22.78138 Ω

PM= 307.7066 W IN= 26.09316 A TN= 69.99795 N-m

 Pem max(W) Smax Tmax(N-m) Tarr(N-m) Iarr(A)
 37847.48 .1719152 191.2254 236.1098 137.078

IN= 9.61 E -84.14 °

| I1 | ang1 | I2 | ang2 | RPM | TEM | PEM | S | PEJE | FP | N | T1/Tn | I1/In |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|--------|---------|-------|--------|-------|-------|
| A | ° | A | ° | | (N-m) | W | | W | | | | |
| 145.0 | -51.1 | 137.1 | -48.9 | 0.0 | 236.1 | 46731.0 | 1.0000 | 0.0 | 0.629 | 0.000 | 3.373 | 5.558 |
| 140.5 | -50.9 | 132.6 | -48.6 | 189.0 | 232.0 | 45916.3 | 0.9000 | 4574.8 | 0.631 | 0.078 | 3.314 | 5.386 |
| 135.7 | -50.7 | 127.8 | -48.3 | 378.0 | 227.1 | 44946.6 | 0.8000 | 8950.2 | 0.633 | 0.158 | 3.244 | 5.202 |
| 130.6 | -50.6 | 122.7 | -48.1 | 567.0 | 221.4 | 43820.3 | 0.7000 | 13079.2 | 0.635 | 0.239 | 3.163 | 5.006 |
| 125.2 | -50.5 | 117.3 | -47.9 | 756.0 | 215.0 | 42562.0 | 0.6000 | 16924.8 | 0.636 | 0.322 | 3.072 | 4.797 |
| 119.3 | -50.2 | 111.4 | -47.5 | 945.0 | 208.4 | 41245.8 | 0.5000 | 20484.6 | 0.640 | 0.407 | 2.977 | 4.571 |
| 116.1 | -50.0 | 108.3 | -47.2 | 1039.5 | 205.2 | 40609.6 | 0.4500 | 22175.7 | 0.643 | 0.450 | 2.931 | 4.450 |
| 112.7 | -49.6 | 104.9 | -46.7 | 1134.0 | 202.2 | 40021.4 | 0.4000 | 23830.6 | 0.648 | 0.495 | 2.889 | 4.319 |
| 108.9 | -49.0 | 101.2 | -45.9 | 1228.5 | 199.6 | 39508.1 | 0.3500 | 25473.8 | 0.656 | 0.541 | 2.852 | 4.173 |
| 104.4 | -48.0 | 96.8 | -44.7 | 1323.0 | 197.5 | 39080.5 | 0.3000 | 27124.2 | 0.669 | 0.588 | 2.821 | 4.003 |
| 98.9 | -46.4 | 91.5 | -42.7 | 1417.5 | 195.5 | 38686.7 | 0.2500 | 28755.7 | 0.690 | 0.639 | 2.792 | 3.791 |
| 91.5 | -43.8 | 84.4 | -39.6 | 1512.0 | 192.4 | 38083.7 | 0.2000 | 30179.5 | 0.722 | 0.693 | 2.749 | 3.506 |
| 80.7 | -39.8 | 74.1 | -34.6 | 1606.5 | 184.5 | 36510.1 | 0.1500 | 30719.1 | 0.768 | 0.751 | 2.635 | 3.092 |
| 64.0 | -34.1 | 58.3 | -26.9 | 1701.0 | 161.6 | 31991.5 | 0.1000 | 28457.7 | 0.828 | 0.814 | 2.309 | 2.451 |
| 54.9 | -31.6 | 49.7 | -22.7 | 1738.8 | 144.2 | 28549.9 | 0.0800 | 25927.7 | 0.852 | 0.840 | 2.061 | 2.104 |
| 44.2 | -29.4 | 39.5 | -18.0 | 1776.6 | 119.9 | 23731.5 | 0.0600 | 21969.8 | 0.871 | 0.864 | 1.713 | 1.696 |
| 32.0 | -29.0 | 27.7 | -12.5 | 1814.4 | 87.5 | 17314.5 | 0.0400 | 16289.5 | 0.874 | 0.881 | 1.250 | 1.228 |
| 28.8 | -29.7 | 24.5 | -11.0 | 1823.8 | 78.1 | 15452.8 | 0.0350 | 14581.7 | 0.869 | 0.883 | 1.115 | 1.103 |
| 27.1 | -30.2 | 22.9 | -10.3 | 1828.6 | 73.2 | 14484.6 | 0.0325 | 13684.7 | 0.865 | 0.884 | 1.046 | 1.040 |
| 25.5 | -30.9 | 21.2 | -9.5 | 1833.3 | 68.2 | 13492.0 | 0.0300 | 12759.4 | 0.858 | 0.883 | 0.974 | 0.977 |
| 23.8 | -31.7 | 19.5 | -8.8 | 1838.0 | 63.0 | 12475.7 | 0.0275 | 11806.2 | 0.850 | 0.882 | 0.901 | 0.914 |
| 22.2 | -32.9 | 17.8 | -8.0 | 1842.8 | 57.8 | 11436.3 | 0.0250 | 10825.4 | 0.840 | 0.880 | 0.825 | 0.850 |
| 20.5 | -34.3 | 16.1 | -7.2 | 1847.5 | 52.4 | 10374.8 | 0.0225 | 9817.9 | 0.826 | 0.877 | 0.749 | 0.787 |
| 18.9 | -36.2 | 14.4 | -6.5 | 1852.2 | 46.9 | 9291.9 | 0.0200 | 8784.2 | 0.807 | 0.871 | 0.671 | 0.725 |
| 17.3 | -38.6 | 12.6 | -5.7 | 1856.9 | 41.4 | 8188.7 | 0.0175 | 7725.2 | 0.782 | 0.864 | 0.591 | 0.664 |
| 15.8 | -41.6 | 10.9 | -4.9 | 1861.7 | 35.7 | 7066.3 | 0.0150 | 6641.8 | 0.748 | 0.852 | 0.510 | 0.605 |
| 14.3 | -45.5 | 9.1 | -4.1 | 1866.4 | 29.9 | 5925.8 | 0.0125 | 5535.0 | 0.702 | 0.835 | 0.428 | 0.549 |
| 12.9 | -50.4 | 7.3 | -3.3 | 1871.1 | 24.1 | 4768.5 | 0.0100 | 4406.0 | 0.638 | 0.808 | 0.344 | 0.496 |
| 11.7 | -56.6 | 5.5 | -2.5 | 1875.8 | 18.2 | 3595.8 | 0.0075 | 3255.9 | 0.551 | 0.764 | 0.260 | 0.450 |
| 10.7 | -64.3 | 3.7 | -1.6 | 1880.6 | 12.2 | 2409.1 | 0.0050 | 2086.2 | 0.433 | 0.681 | 0.174 | 0.411 |
| 10.0 | -73.6 | 1.8 | -0.8 | 1885.3 | 6.1 | 1210.0 | 0.0025 | 898.1 | 0.282 | 0.483 | 0.087 | 0.383 |
| 9.9 | -75.6 | 1.5 | -0.7 | 1886.2 | 4.9 | 968.8 | 0.0020 | 659.4 | 0.248 | 0.407 | 0.070 | 0.379 |
| 9.8 | -77.7 | 1.1 | -0.5 | 1887.2 | 3.7 | 727.2 | 0.0015 | 418.1 | 0.213 | 0.304 | 0.052 | 0.375 |
| 9.7 | -79.8 | 0.7 | -0.3 | 1888.1 | 2.5 | 485.2 | 0.0010 | 177.1 | 0.177 | 0.156 | 0.035 | 0.372 |
| 9.7 | -82.0 | 0.4 | -0.2 | 1889.1 | 1.2 | 242.8 | 0.0005 | -64.5 | 0.140 | -0.073 | 0.018 | 0.370 |

 TARR/TN= 3.373096

Tmax/Tn= 2.731872

IARR/IN= 5.25341

CALCULO DE LOS PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE

DATOS DEL ESTATOR (mm):

B1= 3.2 H1 = .75564 R3= 5 R4= 3.777 HR1= 14.023 ATR1= 23.2
 D= .158 m L= .16 m
 G= .5 T1= 6.88 S1 = 36 ran C1 = 22.8 K0= .95 DE= .25 m

DATOS DEL ROTOR (mm)

B2= .8 H2 = .5 R5= 1.85 R6= 1.85 HR2= 19.3 ATR2= 23.5
 DI= 157 T2= 10.4351 S2= 28 ran C2= 25.4 DJ= 59.2 NF= 168

esp/fase

DATOS DEL MOTOR

V= 220 P= 4 HP= 18 F = 57 KE = .9 TIPC NV160M4
 A= 3.464 BOBINADO CONCENTRICO CONEX DD Z1 = 28 cond/ran KB= .90186

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE PI

DATOS DEL MOTOR:

MOTOR TRIFASICO 18 HP 4 POLOS 57 HZ 220 Volts

RESIST. ESTAT (r1): .2211616

RESIST. ROTORICA (r2): .2839518

RESIST. DE PERDIDAS (rm): 205.5964

REACT.DE MAG (xm): 17.93284

REACT.DE DISP.ROTORICA (x2): .92579

REACT.DE DISP.ESTAT. (x1): .487098

COMPONENTES DE LA REACTANCIA DE DISPERSION (OHMS):

REACT. DE RANURA ESTAT. (XR1): .235706

REACT. DE RANURA ROTOR (XR2): .5289856

REACT. ZIG-ZAG ESTAT (XZ1): .1491711

REACT. ZIG-ZAG ROTOR (XZ2): .2945835

REACT. DE INCLINACION (XI): .1820893

REACT. DE CABEZA DE BOB (XCB): 2.235242E-02

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE T: rM = 1.552355

xM = 17.79744

PARAMETROS DEL CELI:

RESIST. ESTATORICA (R1): .2272146

REACT.DE DISP.ESTAT. (X1): .5004294

RESIST. PERD. FE (RM): 1.773517

REACT.DE MAGNETIZACION (XM): 18.28454

RESIST. ROTORICA (R2): .2997075

REACT.DE DISP. ROTORICA (X2): .9771594

PERDIDAS CALCULADAS:

PERDIDAS MECANICAS (SUPERF, VENT) (PM): 279.8895

FACTOR DE SATURACION (FS): 1.450334

SN= 3.058222E-02 WN10= 1657.705

IN= 27.19656 TN= 77.35256

CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS ELECTROMECHANICAS

F= 57 Hz #P= 4 POLOS V= 220 v
 R1= .2272146 Ω R2= .2997075 Ω X1= .5004294 Ω X2= .9771594 Ω
 P2= 13428 W RM= 1.773517 Ω XM= 18.28454 Ω
 PM= 279.8895 W IN= 27.19656 A TN= 77.35256 N-n

 Pem max(W) Smax Tmax(N-m) Tarr(N-m) Iarr(A)
 43267.86 .200479 241.6238 295.4589 149.6017

IM= 11.98 @ -84.46 °

| I1 | ang1 | I2 | ang2 | RPM | TEM | PEM | S | PEJE | FP | N | T1/Tn | I1/In |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|--------|---------|-------|--------|-------|-------|
| A | ° | A | ° | | (N-m) | W | | W | | | | |
| 159.2 | -49.0 | 149.6 | -46.3 | 0.0 | 295.5 | 52908.2 | 1.0000 | 0.0 | 0.656 | 0.000 | 3.820 | 5.854 |
| 154.3 | -48.9 | 144.8 | -46.1 | 171.0 | 289.9 | 51912.1 | 0.9000 | 5172.9 | 0.657 | 0.077 | 3.748 | 5.675 |
| 149.2 | -48.8 | 139.6 | -46.0 | 342.0 | 283.5 | 50770.6 | 0.8000 | 10112.6 | 0.658 | 0.156 | 3.665 | 5.485 |
| 143.7 | -48.8 | 134.2 | -45.8 | 513.0 | 276.4 | 49496.7 | 0.7000 | 14779.5 | 0.659 | 0.236 | 3.573 | 5.285 |
| 137.9 | -48.7 | 128.4 | -45.5 | 684.0 | 268.8 | 48131.9 | 0.6000 | 19150.5 | 0.661 | 0.318 | 3.475 | 5.071 |
| 131.6 | -48.4 | 122.1 | -45.1 | 855.0 | 261.1 | 46762.4 | 0.5000 | 23241.5 | 0.664 | 0.403 | 3.376 | 4.838 |
| 128.1 | -48.1 | 118.7 | -44.7 | 940.5 | 257.5 | 46116.3 | 0.4500 | 25293.7 | 0.668 | 0.446 | 3.329 | 4.710 |
| 124.2 | -47.6 | 114.9 | -44.0 | 1026.0 | 254.2 | 45518.9 | 0.4000 | 27129.2 | 0.674 | 0.491 | 3.286 | 4.568 |
| 119.8 | -46.9 | 110.6 | -43.1 | 1111.5 | 251.2 | 44974.9 | 0.3500 | 29028.4 | 0.684 | 0.537 | 3.247 | 4.406 |
| 114.6 | -45.7 | 105.5 | -41.6 | 1197.0 | 248.2 | 44450.5 | 0.3000 | 30885.6 | 0.698 | 0.585 | 3.209 | 4.212 |
| 107.9 | -43.9 | 99.1 | -39.4 | 1282.5 | 244.6 | 43808.1 | 0.2500 | 32600.8 | 0.720 | 0.636 | 3.163 | 3.966 |
| 98.8 | -41.3 | 90.4 | -36.1 | 1368.0 | 238.2 | 42656.4 | 0.2000 | 33844.5 | 0.751 | 0.691 | 3.080 | 3.632 |
| 85.8 | -37.5 | 78.2 | -31.1 | 1453.5 | 223.6 | 40033.8 | 0.1500 | 33725.4 | 0.794 | 0.750 | 2.890 | 3.157 |
| 66.8 | -32.6 | 60.1 | -23.6 | 1539.0 | 189.3 | 33905.2 | 0.1000 | 30197.3 | 0.842 | 0.813 | 2.448 | 2.457 |
| 56.9 | -30.8 | 50.8 | -19.8 | 1573.2 | 166.2 | 29768.1 | 0.0800 | 27068.5 | 0.859 | 0.838 | 2.149 | 2.094 |
| 45.7 | -29.7 | 40.0 | -15.5 | 1607.4 | 135.9 | 24343.7 | 0.0600 | 22568.0 | 0.869 | 0.861 | 1.757 | 1.680 |
| 33.2 | -31.0 | 27.8 | -10.8 | 1641.6 | 97.8 | 17506.5 | 0.0400 | 16498.8 | 0.857 | 0.878 | 1.264 | 1.222 |
| 30.0 | -32.2 | 24.6 | -9.5 | 1650.1 | 87.0 | 15576.6 | 0.0350 | 14726.6 | 0.846 | 0.879 | 1.125 | 1.103 |
| 28.4 | -33.0 | 22.9 | -8.8 | 1654.4 | 81.4 | 14579.9 | 0.0325 | 13802.7 | 0.839 | 0.879 | 1.053 | 1.043 |
| 26.7 | -34.0 | 21.2 | -8.2 | 1658.7 | 75.7 | 13562.7 | 0.0300 | 12853.9 | 0.829 | 0.878 | 0.979 | 0.983 |
| 25.1 | -35.2 | 19.5 | -7.5 | 1663.0 | 69.9 | 12525.4 | 0.0275 | 11880.6 | 0.817 | 0.877 | 0.904 | 0.924 |
| 23.5 | -36.7 | 17.8 | -6.9 | 1667.3 | 64.0 | 11468.6 | 0.0250 | 10883.1 | 0.802 | 0.874 | 0.828 | 0.865 |
| 21.9 | -38.5 | 16.1 | -6.2 | 1671.5 | 58.0 | 10392.9 | 0.0225 | 9862.1 | 0.783 | 0.870 | 0.750 | 0.807 |
| 20.4 | -40.7 | 14.4 | -5.5 | 1675.8 | 51.9 | 9299.1 | 0.0200 | 8817.9 | 0.758 | 0.864 | 0.671 | 0.750 |
| 18.9 | -43.4 | 12.6 | -4.9 | 1680.1 | 45.7 | 8187.9 | 0.0175 | 7751.2 | 0.726 | 0.856 | 0.591 | 0.695 |
| 17.5 | -46.7 | 10.8 | -4.2 | 1684.4 | 39.4 | 7060.2 | 0.0150 | 6662.8 | 0.686 | 0.843 | 0.510 | 0.642 |
| 16.1 | -50.7 | 9.1 | -3.5 | 1688.6 | 33.0 | 5916.8 | 0.0125 | 5553.2 | 0.633 | 0.824 | 0.427 | 0.593 |
| 14.9 | -55.5 | 7.3 | -2.8 | 1692.9 | 26.6 | 4758.7 | 0.0100 | 4423.5 | 0.566 | 0.796 | 0.344 | 0.547 |
| 13.8 | -61.4 | 5.5 | -2.1 | 1697.2 | 20.0 | 3586.9 | 0.0075 | 3274.4 | 0.479 | 0.749 | 0.259 | 0.508 |
| 12.9 | -68.2 | 3.7 | -1.4 | 1701.5 | 13.4 | 2402.4 | 0.0050 | 2107.0 | 0.372 | 0.664 | 0.173 | 0.476 |
| 12.3 | -76.0 | 1.8 | -0.7 | 1705.7 | 6.7 | 1206.4 | 0.0025 | 922.1 | 0.243 | 0.468 | 0.087 | 0.453 |
| 12.2 | -77.6 | 1.5 | -0.6 | 1706.6 | 5.4 | 965.9 | 0.0020 | 683.2 | 0.215 | 0.395 | 0.070 | 0.449 |
| 12.1 | -79.3 | 1.1 | -0.4 | 1707.4 | 4.0 | 725.0 | 0.0015 | 443.5 | 0.186 | 0.298 | 0.052 | 0.446 |
| 12.1 | -81.0 | 0.7 | -0.3 | 1708.3 | 2.7 | 483.7 | 0.0010 | 203.3 | 0.157 | 0.163 | 0.035 | 0.444 |
| 12.0 | -82.7 | 0.4 | -0.1 | 1709.1 | 1.4 | 242.1 | 0.0005 | -37.6 | 0.127 | -0.037 | 0.017 | 0.442 |

 TARR/TN= 3.81964
 Tmax/Tn= 3.123669
 IARR/IN= 5.500757

CALCULO DE LOS PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE

DATOS DEL ESTATOR (mm):

B1= 3.2 H1 = .75564 R3= 5 R4= 3.777 HR1= 14.023 ATR1= 23.2

D= .158 m L= .16 m

G= .5 T1= 6.88 S1 = 36 ran C1 = 22.8 K0= .95 DE= .25 m

DATOS DEL ROTOR (mm)

B2= .8 H2 = .5 R5= 1.85 R6= 1.85 HR2= 19.3 ATR2= 23.5

DI= 157 T2= 10.4351 S2= 28 ran C2= 25.4 DJ= 59.2 NF= 168

esp/fase

DATOS DEL MOTOR

V= 231 P= 4 HP= 18 F = 63 KE = .9 TIPO NV160M4

A= 3.464 BOBINADO CONCENTRICO CONEX DD Z1 = 28 cond/ran KB= .90186

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE PI

DATOS DEL MOTOR:

MOTOR TRIFASICO 18 HP 4 POLOS 63 HZ 231 Volts

RESIST. ESTAT (r1): .2211616

RESIST. ROTORICA (r2): .2839518

RESIST. DE PERDIDAS (rm): 226.4064

REACT. DE MAG (xm): 21.09325

REACT. DE DISP. ROTORICA (x2): 1.050611

REACT. DE DISP. ESTAT. (x1): .5554203

COMPONENTES DE LA REACTANCIA DE DISPERSION (OHMS):

REACT. DE RANURA ESTAT. (XR1): .2605172

REACT. DE RANURA ROTOR (XR2): .5846683

REACT. ZIG-ZAG ESTAT (XZ1): .1754604

REACT. ZIG-ZAG ROTOR (XZ2): .3464998

REACT. DE INCLINACION (XI): .21418

REACT. DE CABEZA DE BOB (XCB): 2.470531E-02

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE T: rM = 1.948252

xM = .20.91174

PARAMETROS DEL CELI:

RESIST. ESTATORICA (R1): .2270357

REACT. DE DISP. ESTAT. (X1): .5701723

RESIST. PERD. FE (RM): 2.169413

REACT. DE MAGNETIZACION (XM): 21.46716

RESIST. ROTORICA (R2): .2992357

REACT. DE DISP. ROTORICA (X2): 1.107161

PERDIDAS CALCULADAS:

PERDIDAS MECANICAS (SUPERF, VENT) (PM): 308.7272

FACTOR DE SATURACION (FS): 1.362822

SN= 2.751317E-02 WN10= 1838

IN= 25.43743 TN= 69.76478

CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS ELECTROMECHANICAS

F= 63 Hz #P= 4 POLOS V= 231 v
 R1= .2270357 Ω R2= .2992357 Ω X1= .5701723 Ω X2= 1.107161 Ω
 P2= 13428 W RM= 2.169413 Ω XM= 21.46716 Ω
 PM= 308.7272 W IN= 25.43743 A TN= 69.76478 N-m

 Pem max(W) Smax Tmax(N-m) Tarr(N-m) Iarr(A)
 42763.33 .1767876 216.0629 268.6118 146.101

IM= 10.71 @ -84.23 °

| I1 | ang1 | I2 | ang2 | RPM | TEM | PEM | S | PEJE | FP | N | T1/Tn | I1/In |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|--------|---------|-------|--------|-------|-------|
| A | ° | A | ° | | (N-m) | W | | W | | | | |
| 154.9 | -50.4 | 146.1 | -48.0 | 0.0 | 268.6 | 53163.9 | 1.0000 | 0.0 | 0.638 | 0.000 | 3.850 | 6.088 |
| 150.1 | -50.2 | 141.3 | -47.8 | 189.0 | 263.8 | 52218.3 | 0.9000 | 5203.1 | 0.640 | 0.078 | 3.782 | 5.899 |
| 144.9 | -50.1 | 136.2 | -47.5 | 378.0 | 258.2 | 51098.1 | 0.8000 | 10176.7 | 0.642 | 0.158 | 3.701 | 5.697 |
| 139.4 | -49.9 | 130.7 | -47.3 | 567.0 | 251.6 | 49801.0 | 0.7000 | 14867.9 | 0.644 | 0.239 | 3.607 | 5.482 |
| 133.6 | -49.8 | 124.9 | -47.1 | 756.0 | 244.3 | 48353.6 | 0.6000 | 19234.3 | 0.645 | 0.322 | 3.502 | 5.252 |
| 127.3 | -49.6 | 118.7 | -46.7 | 945.0 | 236.6 | 46835.0 | 0.5000 | 23270.5 | 0.648 | 0.407 | 3.392 | 5.005 |
| 123.9 | -49.4 | 115.3 | -46.3 | 1039.5 | 232.9 | 46095.0 | 0.4500 | 25183.3 | 0.651 | 0.451 | 3.338 | 4.871 |
| 120.2 | -49.0 | 111.7 | -45.9 | 1134.0 | 229.4 | 45402.5 | 0.4000 | 27049.2 | 0.656 | 0.495 | 3.288 | 4.727 |
| 116.1 | -48.4 | 107.6 | -45.1 | 1228.5 | 226.3 | 44783.0 | 0.3500 | 28891.9 | 0.664 | 0.541 | 3.243 | 4.566 |
| 111.3 | -47.4 | 103.0 | -43.8 | 1323.0 | 223.5 | 44241.8 | 0.3000 | 30725.8 | 0.677 | 0.589 | 3.204 | 4.377 |
| 105.4 | -45.8 | 97.2 | -41.9 | 1417.5 | 220.8 | 43708.9 | 0.2500 | 32510.5 | 0.697 | 0.639 | 3.165 | 4.142 |
| 97.3 | -43.3 | 89.5 | -38.8 | 1512.0 | 216.7 | 42894.4 | 0.2000 | 34015.9 | 0.728 | 0.693 | 3.107 | 3.825 |
| 85.6 | -39.4 | 78.4 | -33.9 | 1606.5 | 206.8 | 40928.1 | 0.1500 | 34462.4 | 0.773 | 0.751 | 2.964 | 3.366 |
| 67.7 | -33.9 | 61.4 | -26.2 | 1701.0 | 180.0 | 35623.9 | 0.1000 | 31716.3 | 0.830 | 0.814 | 2.580 | 2.662 |
| 58.1 | -31.5 | 52.3 | -22.2 | 1738.8 | 160.1 | 31694.0 | 0.0800 | 28810.7 | 0.852 | 0.840 | 2.295 | 2.283 |
| 46.8 | -29.6 | 41.5 | -17.5 | 1776.6 | 132.7 | 26264.8 | 0.0600 | 24343.1 | 0.869 | 0.864 | 1.902 | 1.839 |
| 33.9 | -29.6 | 29.1 | -12.2 | 1814.4 | 96.6 | 19111.4 | 0.0400 | 18008.4 | 0.869 | 0.881 | 1.384 | 1.334 |
| 30.5 | -30.4 | 25.7 | -10.7 | 1823.8 | 86.1 | 17046.9 | 0.0350 | 16114.4 | 0.863 | 0.883 | 1.235 | 1.200 |
| 28.8 | -31.0 | 24.0 | -10.0 | 1828.6 | 80.7 | 15974.5 | 0.0325 | 15121.0 | 0.857 | 0.884 | 1.157 | 1.132 |
| 27.1 | -31.7 | 22.2 | -9.3 | 1833.3 | 75.2 | 14876.1 | 0.0300 | 14097.0 | 0.851 | 0.883 | 1.077 | 1.064 |
| 25.4 | -32.7 | 20.5 | -8.5 | 1838.0 | 69.5 | 13752.3 | 0.0275 | 13043.0 | 0.841 | 0.882 | 0.996 | 0.997 |
| 23.6 | -33.9 | 18.7 | -7.8 | 1842.8 | 63.7 | 12603.9 | 0.0250 | 11959.4 | 0.830 | 0.880 | 0.913 | 0.929 |
| 21.9 | -35.5 | 16.9 | -7.0 | 1847.5 | 57.8 | 11431.7 | 0.0225 | 10846.9 | 0.814 | 0.877 | 0.828 | 0.862 |
| 20.2 | -37.4 | 15.1 | -6.3 | 1852.2 | 51.7 | 10236.6 | 0.0200 | 9706.3 | 0.794 | 0.871 | 0.741 | 0.796 |
| 18.6 | -39.9 | 13.2 | -5.5 | 1856.9 | 45.6 | 9019.8 | 0.0175 | 8538.3 | 0.767 | 0.864 | 0.653 | 0.731 |
| 17.0 | -43.0 | 11.4 | -4.7 | 1861.7 | 39.3 | 7782.3 | 0.0150 | 7344.0 | 0.731 | 0.852 | 0.564 | 0.668 |
| 15.5 | -46.9 | 9.5 | -4.0 | 1866.4 | 33.0 | 6525.4 | 0.0125 | 6124.4 | 0.683 | 0.835 | 0.473 | 0.609 |
| 14.1 | -51.8 | 7.6 | -3.2 | 1871.1 | 26.5 | 5250.5 | 0.0100 | 4880.8 | 0.618 | 0.809 | 0.380 | 0.554 |
| 12.9 | -57.9 | 5.8 | -2.4 | 1875.8 | 20.0 | 3958.9 | 0.0075 | 3614.3 | 0.531 | 0.765 | 0.287 | 0.505 |
| 11.8 | -65.4 | 3.8 | -1.6 | 1880.6 | 13.4 | 2652.3 | 0.0050 | 2326.4 | 0.416 | 0.683 | 0.192 | 0.465 |
| 11.1 | -74.3 | 1.9 | -0.8 | 1885.3 | 6.7 | 1332.1 | 0.0025 | 1018.5 | 0.271 | 0.490 | 0.096 | 0.436 |
| 11.0 | -76.2 | 1.5 | -0.6 | 1886.2 | 5.4 | 1066.5 | 0.0020 | 754.7 | 0.238 | 0.416 | 0.077 | 0.432 |
| 10.9 | -78.2 | 1.2 | -0.5 | 1887.2 | 4.0 | 800.6 | 0.0015 | 490.1 | 0.205 | 0.317 | 0.058 | 0.428 |
| 10.8 | -80.2 | 0.8 | -0.3 | 1888.1 | 2.7 | 534.1 | 0.0010 | 224.8 | 0.171 | 0.176 | 0.039 | 0.425 |
| 10.8 | -82.2 | 0.4 | -0.2 | 1889.1 | 1.4 | 267.3 | 0.0005 | -41.1 | 0.136 | -0.041 | 0.019 | 0.423 |

 TARR/TN= 3.850249
 Tmax/Tn= 3.097019
 IARR/IN= 5.743544

CALCULO DE LOS PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE

DATOS DEL ESTATOR (mm):

B1= 3.2 H1 = .75564 R3= 5 R4= 3.777 HR1= 14.023 ATR1= 23.2

D= .158 a L= .16 a

G= .5 T1= 6.88 S1 = 36 ran C1 = 22.8 K0= .95 DE= .25 a

DATOS DEL ROTOR (mm)

B2= .8 H2 = .5 R5= 1.85 R6= 1.85 HR2= 19.3 ATR2= 23.5

D1= 157 T2= 10.4351 S2= 28 ran C2= 25.4 DJ= 59.2 NF= 168 esp/fase

DATOS DEL MOTOR

V= 209 P= 4 HP= 18 F= 63 KE = .9 TIPO NV160M4

A= 3.464 BOBINADO CONCENTRICO CONEX DD Z1 = 28 cond/ran KB= .90186

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE PI

DATOS DEL MOTOR:

MOTOR TRIFASICO 18 HP 4 POLOS 63 HZ 209 Volts

RESIST. ESTAT (r1): .2211616

RESIST. ROTORICA (r2): .2839518

RESIST. DE PERDIDAS (rm): 237.7791

REACT.DE MAG (xm): 23.14125

REACT.DE DISP.ROTORICA (x2): 1.094651

REACT.DE DISP.ESTAT. (x1): .5828539

COMPONENTES DE LA REACTANCIA DE DISPERSION (OHMS):

REACT. DE RANURA ESTAT. (XR1): .2605172

REACT. DE RANURA ROTOR (XR2): .5846683

REACT. ZIG-ZAG ESTAT (XZ1): .1924963

REACT. ZIG-ZAG ROTOR (XZ2): .3801423

REACT. DE INCLINACION (XI): .2349754

REACT. DE CABEZA DE BOB (XCB): 2.470531E-02

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE T: rM = 2.231033

xM = 22.92412

PARAMETROS DEL CELI:

RESIST. ESTATORICA (R1): .2267847

REACT.DE DISP.ESTAT. (X1): .5976731

RESIST. PERD. FE (RM): 2.452194

REACT.DE MAGNETIZACION (XM): 23.50698

RESIST. ROTORICA (R2): .2985745

REACT.DE DISP. ROTORICA (X2): 1.151022

PERDIDAS CALCULADAS:

PERDIDAS MECANICAS (SUPERF, VENT) (PM): 306.7504

FACTOR DE SATURACION (FS): 1.242213

SN= 3.469599E-02 WN10= 1824.425

IN= 27.16834 TN= 70.28389

 CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS ELECTROMECHANICAS

F= 63 Hz #P= 4 POLOS V= 209 v
 R1= .2267847 Ω R2= .2985745 Ω X1= .5976731 Ω X2= 1.151022 Ω
 P2= 13428 W RM= 2.452194 Ω XM= 23.50698 Ω
 PM= 306.7504 W IN= 27.16834 A TN= 70.28389 N-m

 Pem max(W) Smax Tmax(N-m) Tarr(N-m) Iarr(A)
 33702.52 .1693233 170.2828 209.4046 129.141

IM= 8.84 e -84.04 °

| I1 | ang1 | I2 | ang2 | RPM | TEM | PEM | S | PEJE | FP | N | T1/Tn | I1/In |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|--------|---------|-------|--------|-------|-------|
| A | ° | A | ° | | (N-m) | W | | W | | | | |
| 136.5 | -51.4 | 129.1 | -49.3 | 0.0 | 209.4 | 41445.5 | 1.0000 | 0.0 | 0.624 | 0.000 | 2.979 | 5.024 |
| 132.3 | -51.2 | 124.9 | -49.0 | 189.0 | 205.8 | 40730.8 | 0.9000 | 4057.8 | 0.626 | 0.078 | 2.928 | 4.869 |
| 127.8 | -51.1 | 120.4 | -48.8 | 378.0 | 201.5 | 39878.0 | 0.8000 | 7939.5 | 0.628 | 0.158 | 2.867 | 4.703 |
| 123.0 | -51.0 | 115.6 | -48.6 | 567.0 | 196.5 | 38885.7 | 0.7000 | 11603.3 | 0.630 | 0.239 | 2.795 | 4.526 |
| 117.8 | -50.8 | 110.5 | -48.3 | 756.0 | 190.9 | 37776.5 | 0.6000 | 15016.5 | 0.632 | 0.322 | 2.716 | 4.337 |
| 112.3 | -50.6 | 105.0 | -47.9 | 945.0 | 185.0 | 36618.2 | 0.5000 | 18177.9 | 0.635 | 0.407 | 2.632 | 4.133 |
| 109.3 | -50.4 | 102.1 | -47.6 | 1039.5 | 182.2 | 36060.7 | 0.4500 | 19681.5 | 0.638 | 0.450 | 2.592 | 4.024 |
| 106.1 | -50.0 | 98.9 | -47.1 | 1134.0 | 179.6 | 35549.0 | 0.4000 | 21155.5 | 0.643 | 0.495 | 2.556 | 3.906 |
| 102.6 | -49.4 | 95.4 | -46.3 | 1228.5 | 177.4 | 35108.9 | 0.3500 | 22623.3 | 0.651 | 0.540 | 2.524 | 3.775 |
| 98.4 | -48.3 | 91.4 | -45.1 | 1323.0 | 175.6 | 34753.0 | 0.3000 | 24104.5 | 0.665 | 0.588 | 2.498 | 3.622 |
| 93.2 | -46.7 | 86.4 | -43.1 | 1417.5 | 174.0 | 34440.0 | 0.2500 | 25580.7 | 0.686 | 0.638 | 2.476 | 3.432 |
| 86.3 | -44.1 | 79.7 | -40.0 | 1512.0 | 171.6 | 33960.7 | 0.2000 | 26891.6 | 0.718 | 0.692 | 2.441 | 3.176 |
| 76.2 | -40.1 | 70.1 | -35.0 | 1606.5 | 164.9 | 32642.1 | 0.1500 | 27441.9 | 0.765 | 0.751 | 2.347 | 2.804 |
| 60.5 | -34.3 | 55.2 | -27.2 | 1701.0 | 145.1 | 28708.5 | 0.1000 | 25512.6 | 0.827 | 0.814 | 2.064 | 2.227 |
| 52.0 | -31.6 | 47.1 | -23.1 | 1738.8 | 129.7 | 25664.1 | 0.0800 | 23281.4 | 0.852 | 0.839 | 1.845 | 1.913 |
| 41.9 | -29.3 | 37.5 | -18.2 | 1776.6 | 108.0 | 21369.2 | 0.0600 | 19756.7 | 0.872 | 0.863 | 1.536 | 1.542 |
| 30.3 | -28.7 | 26.3 | -12.7 | 1814.4 | 78.9 | 15614.6 | 0.0400 | 14663.3 | 0.877 | 0.880 | 1.122 | 1.115 |
| 27.2 | -29.3 | 23.3 | -11.2 | 1823.8 | 70.4 | 13940.2 | 0.0350 | 13127.2 | 0.872 | 0.882 | 1.002 | 1.002 |
| 25.7 | -29.8 | 21.7 | -10.5 | 1828.6 | 66.0 | 13068.6 | 0.0325 | 12319.8 | 0.868 | 0.882 | 0.939 | 0.944 |
| 24.1 | -30.4 | 20.1 | -9.7 | 1833.3 | 61.5 | 12174.8 | 0.0300 | 11486.5 | 0.863 | 0.882 | 0.875 | 0.887 |
| 22.5 | -31.2 | 18.6 | -8.9 | 1838.0 | 56.9 | 11259.2 | 0.0275 | 10627.6 | 0.855 | 0.881 | 0.809 | 0.829 |
| 20.9 | -32.3 | 16.9 | -8.1 | 1842.8 | 52.2 | 10322.5 | 0.0250 | 9743.6 | 0.845 | 0.878 | 0.742 | 0.771 |
| 19.4 | -33.7 | 15.3 | -7.4 | 1847.5 | 47.3 | 9365.4 | 0.0225 | 8835.0 | 0.832 | 0.875 | 0.673 | 0.713 |
| 17.8 | -35.5 | 13.7 | -6.6 | 1852.2 | 42.4 | 8388.7 | 0.0200 | 7902.6 | 0.814 | 0.869 | 0.603 | 0.656 |
| 16.3 | -37.9 | 12.0 | -5.8 | 1856.9 | 37.4 | 7393.4 | 0.0175 | 6947.1 | 0.790 | 0.861 | 0.531 | 0.600 |
| 14.8 | -40.8 | 10.3 | -5.0 | 1861.7 | 32.2 | 6380.5 | 0.0150 | 5969.3 | 0.757 | 0.849 | 0.459 | 0.545 |
| 13.4 | -44.7 | 8.6 | -4.1 | 1866.4 | 27.0 | 5351.1 | 0.0125 | 4970.1 | 0.711 | 0.832 | 0.385 | 0.493 |
| 12.1 | -49.6 | 6.9 | -3.3 | 1871.1 | 21.8 | 4306.3 | 0.0100 | 3950.7 | 0.649 | 0.804 | 0.310 | 0.445 |
| 10.9 | -55.8 | 5.2 | -2.5 | 1875.8 | 16.4 | 3247.4 | 0.0075 | 2912.1 | 0.562 | 0.758 | 0.233 | 0.401 |
| 9.9 | -63.7 | 3.5 | -1.7 | 1880.6 | 11.0 | 2175.8 | 0.0050 | 1855.6 | 0.443 | 0.673 | 0.156 | 0.365 |
| 9.2 | -73.2 | 1.7 | -0.8 | 1885.3 | 5.5 | 1092.8 | 0.0025 | 782.5 | 0.289 | 0.469 | 0.079 | 0.339 |
| 9.1 | -75.3 | 1.4 | -0.7 | 1886.2 | 4.4 | 875.0 | 0.0020 | 566.0 | 0.254 | 0.390 | 0.063 | 0.335 |
| 9.0 | -77.4 | 1.0 | -0.5 | 1887.2 | 3.3 | 656.8 | 0.0015 | 348.9 | 0.218 | 0.283 | 0.047 | 0.332 |
| 8.9 | -79.6 | 0.7 | -0.3 | 1888.1 | 2.2 | 438.2 | 0.0010 | 131.2 | 0.181 | 0.129 | 0.032 | 0.329 |
| 8.9 | -81.8 | 0.3 | -0.2 | 1889.1 | 1.1 | 219.3 | 0.0005 | -87.0 | 0.143 | -0.110 | 0.016 | 0.327 |

 TARR/TN= 2.979411
 Tmax/Tn= 2.422786
 IARR/IN= 4.753363

CALCULO DE LOS PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE

DATOS DEL ESTATOR (mm):

B1= 3.2 H1 = .75564 R3= 5 R4= 3.777 HR1= 14.023 ATR1= 23.2
 D= .158 m L= .16 m
 G= .5 T1= 6.98 S1 = 36 ran C1 = 22.8 K0= .95 DE= .25 m

DATOS DEL ROTOR (mm)

B2= .8 H2 = .5 R5= 1.85 R6= 1.85 HR2= 19.3 ATR2= 23.5
 DI= 157 T2= 10.4351 S2= 28 ran C2= 25.4 DJ= 59.2 NF= 168

esp/fase

DATOS DEL MOTOR

V= 209 P= 4 HP= 18 F = 57 KE = .9 TIPO NV160M4
 A= 3.464 BOBINADO CONCENTRICO CONEX DD Z1 = 28 cond/ran KB= .90186

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE PI

DATOS DEL MOTOR:

MOTOR TRIFASICO 18 HP 4 POLOS 57 HZ 209 Volts

RESIST. ESTAT (r1): .2211616

RESIST. ROTORICA (r2): .2839518

RESIST. DE PERDIDAS (rm): 185.3349

REACT.DE MAG (xm): 19.08437

REACT.DE DISP.ROTORICA (x2): .9505526

REACT.DE DISP.ESTAT. (x1): .5025231

 COMPONENTES DE LA REACTANCIA DE DISPERSION (OHMS):

REACT. DE RANURA ESTAT. (XR1): .235706
 REACT. DE RANURA ROTOR (XR2): .5289856
 REACT. ZIG-ZAG ESTAT (XZ1): .1587499
 REACT. ZIG-ZAG ROTOR (XZ2): .3134998
 REACT. DE INCLINACION (XI): .1937819
 REACT. DE CABEZA DE BOB (XCB): 2.235242E-02

 PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE T: rM = 1.944544
 xM = 18.88413

 PARAMETROS DEL CELI:

RESIST. ESTATORICA (R1): .2270469

REACT.DE DISP.ESTAT. (X1): .5158956

RESIST. PERD. FE (RM): 2.165706

REACT.DE MAGNETIZACION (XM): 19.38666

RESIST. ROTORICA (R2): .2992652

REACT.DE DISP. ROTORICA (X2): 1.001816

 PERDIDAS CALCULADAS:

PERDIDAS MECANICAS (SUPERF, VENT) (PM): 278.8587
 FACTOR DE SATURACION (FS): 1.362822
 SN= 3.440484E-02 WN10= 1651.168
 IN= 28.00458 TN= 77.65878

 CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS ELECTROMECHANICAS

F= 57 Hz #P= 4 POLOS V= 209 v
 R1= .2270469 Ω R2= .2992652 Ω X1= .5158956 Ω X2= 1.001816 Ω
 P2= 13428 W RM= 2.165706 Ω XM= 19.38666 Ω
 PM= 278.8587 W IN= 28.00458 A TN= 77.65878 N-m

 Pem max(W) Smax Tmax(N-m) Tarr(N-m) Iarr(A)
 38126.64 .1950118 212.9133 258.9137 140.1477

IM= 10.71 @ -83.63 °

| I1 | ang1 | I2 | ang2 | RPM | TEM | PEM | S | PEJE | FP | N | T1/Tn | I1/In |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|--------|---------|-------|--------|-------|-------|
| A | ° | A | ° | | (N-m) | W | | W | | | | |
| 148.9 | -49.6 | 140.1 | -47.2 | 0.0 | 258.9 | 46364.0 | 1.0000 | 0.0 | 0.648 | 0.000 | 3.334 | 5.317 |
| 144.4 | -49.5 | 135.6 | -47.0 | 171.0 | 254.1 | 45504.1 | 0.9000 | 4534.0 | 0.649 | 0.077 | 3.272 | 5.155 |
| 139.6 | -49.4 | 130.8 | -46.8 | 342.0 | 248.6 | 44515.8 | 0.8000 | 8865.4 | 0.651 | 0.156 | 3.201 | 4.983 |
| 134.5 | -49.3 | 125.8 | -46.6 | 513.0 | 242.4 | 43411.2 | 0.7000 | 12959.4 | 0.652 | 0.236 | 3.122 | 4.802 |
| 129.0 | -49.2 | 120.4 | -46.3 | 684.0 | 235.8 | 42229.0 | 0.6000 | 16796.6 | 0.653 | 0.318 | 3.037 | 4.608 |
| 123.1 | -48.9 | 114.5 | -45.9 | 855.0 | 229.2 | 41050.7 | 0.5000 | 20394.4 | 0.657 | 0.402 | 2.952 | 4.397 |
| 119.9 | -48.6 | 111.3 | -45.5 | 940.5 | 226.2 | 40502.1 | 0.4500 | 22125.4 | 0.661 | 0.445 | 2.912 | 4.281 |
| 116.3 | -48.1 | 107.8 | -44.8 | 1026.0 | 223.4 | 40004.0 | 0.4000 | 23830.5 | 0.667 | 0.490 | 2.877 | 4.154 |
| 112.3 | -47.4 | 103.8 | -43.9 | 1111.5 | 220.9 | 39564.9 | 0.3500 | 25522.8 | 0.677 | 0.536 | 2.845 | 4.008 |
| 107.4 | -46.2 | 99.1 | -42.4 | 1197.0 | 218.7 | 39161.2 | 0.3000 | 27194.6 | 0.692 | 0.584 | 2.816 | 3.834 |
| 101.2 | -44.4 | 93.1 | -40.2 | 1282.5 | 216.0 | 38680.2 | 0.2500 | 28767.0 | 0.714 | 0.635 | 2.781 | 3.614 |
| 92.8 | -41.7 | 85.2 | -36.9 | 1368.0 | 211.0 | 37786.0 | 0.2000 | 29960.5 | 0.747 | 0.689 | 2.717 | 3.315 |
| 80.9 | -37.8 | 73.8 | -31.8 | 1453.5 | 199.0 | 35628.3 | 0.1500 | 29992.6 | 0.791 | 0.748 | 2.562 | 2.897 |
| 63.1 | -32.6 | 57.0 | -24.2 | 1539.0 | 169.5 | 30358.3 | 0.1000 | 27015.6 | 0.842 | 0.811 | 2.183 | 2.253 |
| 53.8 | -30.6 | 48.1 | -20.4 | 1573.2 | 149.2 | 26724.4 | 0.0800 | 24277.6 | 0.861 | 0.836 | 1.922 | 1.922 |
| 43.2 | -29.2 | 38.0 | -16.0 | 1607.4 | 122.4 | 21909.9 | 0.0600 | 20288.0 | 0.873 | 0.858 | 1.576 | 1.543 |
| 31.4 | -30.1 | 26.4 | -11.1 | 1641.6 | 88.2 | 15790.3 | 0.0400 | 14857.2 | 0.865 | 0.873 | 1.135 | 1.120 |
| 28.3 | -31.1 | 23.3 | -9.8 | 1650.1 | 78.5 | 14055.9 | 0.0350 | 13264.5 | 0.856 | 0.874 | 1.011 | 1.009 |
| 26.7 | -31.8 | 21.8 | -9.1 | 1654.4 | 73.5 | 13159.3 | 0.0325 | 12433.3 | 0.850 | 0.874 | 0.946 | 0.954 |
| 25.2 | -32.7 | 20.2 | -8.4 | 1658.7 | 68.4 | 12243.6 | 0.0300 | 11579.1 | 0.841 | 0.873 | 0.880 | 0.898 |
| 23.6 | -33.9 | 18.6 | -7.8 | 1663.0 | 63.2 | 11309.2 | 0.0275 | 10702.4 | 0.830 | 0.871 | 0.813 | 0.843 |
| 22.1 | -35.3 | 17.0 | -7.1 | 1667.3 | 57.8 | 10356.8 | 0.0250 | 9803.4 | 0.817 | 0.868 | 0.745 | 0.788 |
| 20.5 | -37.0 | 15.3 | -6.4 | 1671.5 | 52.4 | 9386.9 | 0.0225 | 8882.6 | 0.799 | 0.863 | 0.675 | 0.734 |
| 19.0 | -39.1 | 13.7 | -5.7 | 1675.8 | 46.9 | 8400.1 | 0.0200 | 7940.5 | 0.776 | 0.856 | 0.604 | 0.680 |
| 17.6 | -41.7 | 12.0 | -5.0 | 1680.1 | 41.3 | 7397.3 | 0.0175 | 6977.7 | 0.747 | 0.847 | 0.532 | 0.628 |
| 16.2 | -44.9 | 10.3 | -4.3 | 1684.4 | 35.6 | 6379.2 | 0.0150 | 5995.0 | 0.709 | 0.833 | 0.459 | 0.578 |
| 14.9 | -48.8 | 8.6 | -3.6 | 1688.6 | 29.9 | 5346.6 | 0.0125 | 4992.8 | 0.659 | 0.813 | 0.384 | 0.531 |
| 13.7 | -53.6 | 6.9 | -2.9 | 1692.9 | 24.0 | 4300.4 | 0.0100 | 3972.2 | 0.593 | 0.782 | 0.309 | 0.488 |
| 12.6 | -59.5 | 5.2 | -2.2 | 1697.2 | 18.1 | 3241.7 | 0.0075 | 2933.8 | 0.508 | 0.732 | 0.233 | 0.449 |
| 11.7 | -66.5 | 3.5 | -1.4 | 1701.5 | 12.1 | 2171.3 | 0.0050 | 1878.7 | 0.399 | 0.642 | 0.156 | 0.418 |
| 11.1 | -74.6 | 1.7 | -0.7 | 1705.7 | 6.1 | 1090.4 | 0.0025 | 807.7 | 0.265 | 0.439 | 0.078 | 0.395 |
| 11.0 | -76.4 | 1.4 | -0.6 | 1706.6 | 4.9 | 873.0 | 0.0020 | 591.7 | 0.236 | 0.365 | 0.063 | 0.392 |
| 10.9 | -78.1 | 1.0 | -0.4 | 1707.4 | 3.7 | 655.3 | 0.0015 | 375.2 | 0.205 | 0.268 | 0.047 | 0.389 |
| 10.8 | -80.0 | 0.7 | -0.3 | 1708.3 | 2.4 | 437.2 | 0.0010 | 158.0 | 0.174 | 0.134 | 0.031 | 0.386 |
| 10.8 | -81.8 | 0.3 | -0.1 | 1709.1 | 1.2 | 218.8 | 0.0005 | -59.7 | 0.143 | -0.062 | 0.016 | 0.384 |

 TARR/TN= 3.333992
 Tmax/Tn= 2.741652
 IARR/IN= 5.004457
