VI. CIRCUITOS ELÉCTRICOS PRÁCTICOS

20. MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS

Máquina eléctrica es todo conjunto de mecanismos capaces de generar, aprovechar o transformar energía eléctrica. Se dividen en tres grandes grupos:

- Generadores: transforman cualquier clase de energía no eléctrica, generalmente mecánica, en energía eléctrica.
- Motores: transforman la energía eléctrica en energía mecánica.
- Transformadores: modifican algunas características de la energía eléctrica para facilitar su transporte o utilización, pero sin transformarla en otro tipo de energía.

20.1. CONSTITUCIÓN GENERAL DE UNA MÁQUINA ELÉCTRICA

Desde un punto de vista mecánico, las máquinas eléctricas se pueden dividir en estáticas o rotativas, donde existen partes giratorias (rótor, parte móvil) y partes fijas, estátor. Además poseen un entrehierro entre rótor y estátor que ha de ser reducido para evitar la pérdida de flujo, pero permitir el paso de aire para refrigerar siendo suficientemente ancho.

Estas máquinas están constituidas por dos circuitos eléctricos: el devanado inductor, que genera una f.e.m. y el devanado inducido que da lugar a un par motor (motor) o un f.e.m. (generador).

Los materiales que las componen son: activos, intervienen en el campo magnético; pasivos, actúan como aislantes, refrigerantes y no intervienen en la conversión de energía; y estructurales, que desempeñan misiones básicas de lubricación, soporte, etc...

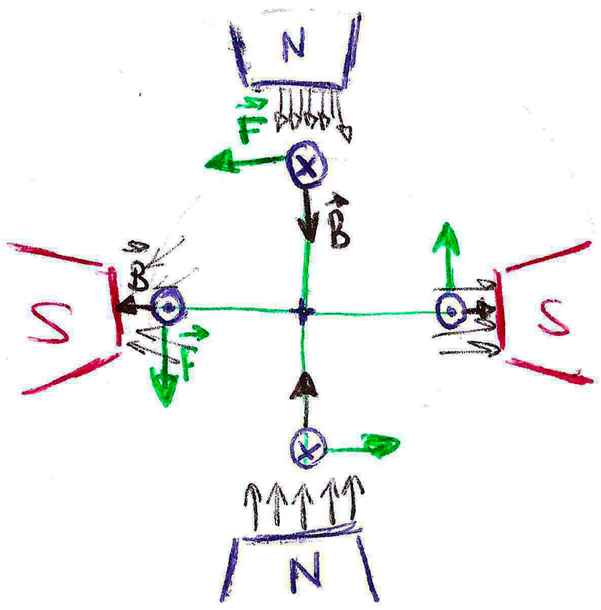
20.1.a. Funcionamiento del motor

Ley de Laplace

$\vec{F} = I(\vec{L} \times \vec{B})$

El funcionamiento básico de los motores eléctricos se basa en la interacción entre un campo magnético y una corriente eléctrica, de forma que se genera un par motor al rededor de un eje lo que produce su giro.

Para que se sumen todas las fuerzas magnéticas individuales sobre los conductores del rotor, es preciso que vayan en el mismo sentido, por lo que la corriente cercana a los polos SUR, ha de ser contraria a la de los polos NORTE.



20.1.b. Número de polos

Debido a la naturaleza magnética, los polos norte siempre deben ir acompañados de polos sur, por lo que el nº de polos siempre ha de ser par, la mitad norte y la mitad sur.

p = nº de pares de polos

$2p$ = nº de polos

Bipolares $2p=2$

tetrapolares $2p=4$

Hexapolares $2p=6$

Octopolares $2p=8$ ...

20.2. CLASIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS

Las máquinas eléctricas rotativas se pueden distinguir por su alimentación entre: m. el. rot. de c.a. ó de c.c. Entre las de corriente alterna, en función de la corriente del devanado inductor pueden estar excitadas con c.c. (síncronas) ó con c.a.: asíncronas y de colector.

20.3. POTENCIA

La potencia de una máquina eléctrica es la energía que desarrolla por unidad de tiempo. En función de si es una máquina que funciona como generador, dará una potencia eléctrica o si funciona como motor, una potencia mecánica; ambas dependen del cto. que tengan conectado.

En todas las máquinas se incluye una placa de características donde se incluye la potencia nominal para la que ha sido diseñada, de forma que cuando desarrolla esa potencia se dice que trabaja a plena carga.

El principal factor que limita la potencia es el calentamiento.

20.4. BALANCE DE ENERGÍA. PÉRDIDAS

Parte de la energía que absorbe una máquina eléctrica se desprende en forma de calor, por lo que la potencia útil siempre es menor que la potencia absorbida. Estas pérdidas se deben a la suma de las pérdidas en el cobre, el hierro y el rozamiento.

20.4.a. Pérdidas en el Cu

Debido al efecto Joule, parte de la energía eléctrica que recorre los devanados de cobre se desprende en forma de calor:

$E_c = I^2 \cdot R \cdot t$ $\qquad R = \rho \frac{L}{S}$ $\qquad R = R_0 (1 + \alpha \Delta T^2)$

$P_c = I^2 \cdot R$

20.4.b. Pérdidas en el Fe

Debido a la existencia de un flujo variable, se inducen corrientes en los componentes ferromagnéticos produciéndose pérdidas por corrientes de Foucault, pero también por histéresis

20.c. Pérdidas mecánicas

Se producen una serie de pérdidas de energía debido al calor desprendido por la fricción que se produce con el rozamiento de cojinetes, escobillas y el propio aire. Estas pérdidas son difíciles de calcular y se tiene que recurrir a mediciones experimentales.

20.d. Rendimiento de una máquina eléctrica.

El rendimiento de una máquina eléctrica es la relación entre la potencia útil que desarrolla y la potencia absorbida.

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{P_u}{P_u + P_c + P_{Cu} + P_{Fe}} \Rightarrow \eta < 1 \ (100\%)$$

20.5. CARACTERÍSTICA PAR-VELOCIDAD DE UN MOTOR

Sobre los conductores que forman el inducido de una máquina rotativa se generan fuerzas magnéticas que producen o provienen de la rotación del rotor. Cada una de esas fuerzas determina su correspondiente momento y el momento de rotación de la máquina viene dado por la suma de ellos.

- Si es un generador, el momento de rotación se opone (ley de Lenz) al movimiento de arrastre del motor o turbina que lo acciona, por lo que se conoce como par-resistente.
- Si es un motor, el momento de rotación determina el giro del motor, por lo que se conoce como par-motor.

La velocidad de giro de funcionamiento (n_n) viene determinada por el punto donde el par electromagnético es igual al par de la carga y es un dato muy relevante a la hora de determinar la adecuación de un motor a un determinado uso, por lo que interesa conocer la característica par-velocidad del motor.

Existen tres fases sucesivas:

- Arranque: para que se comience a mover es preciso que venza los rozamientos y la inercia del sistema y el par-motor desarrollado, se corresponda con el valor en ordenadas (Y)
- Aceleración o transitorio: es la etapa que sigue al arranque hasta que se alcanza la velocidad nominal de funcionamiento.
- Régimen nominal: el motor alcanza su marcha de régimen cuando su velocidad de giro bajo una carga constante, se hace constante.

En este momento se cumple que: $\boxed{M_L = M_R}$

M_L → par motor; M_R → par resistente

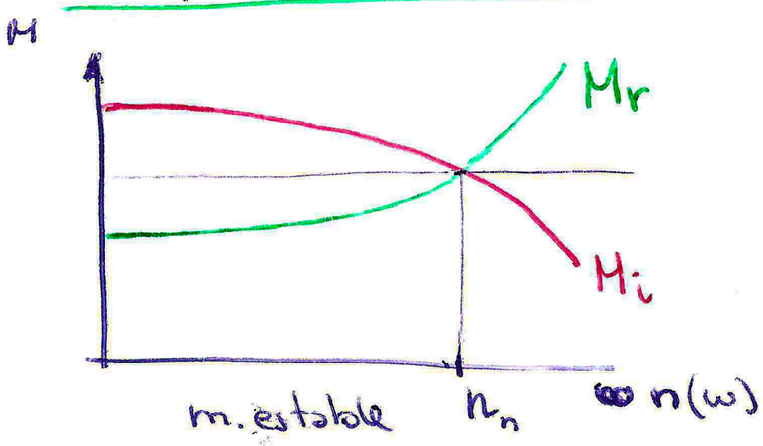
20.5.2. Estabilidad

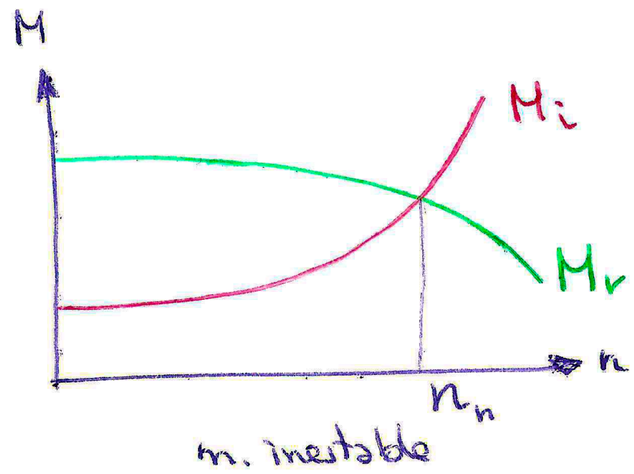
Durante el funcionamiento de una máquina eléctrica se producen variaciones en los parámetros del régimen nominal, la respuesta del sistema determina su estabilidad.

- Una máquina eléctrica es estable cuando, frente a una variación, responde espontáneamente con una acción correctora que restablece la marcha nominal.
- Una máquina eléctrica inestable es aquella que ante una variación provoca una respuesta que refuerza dicha variación.

Las alteraciones que surgen en el sistema motor-carga pueden ser:

- Aumento de velocidad: frente a ella un motor estable aumenta la carga y disminuye el par-motor, retornando a la velocidad nominal; mientras que en un motor inestable se reduce la carga y aumenta el par motor, elevando la velocidad.
- Disminución de la velocidad: un motor estable reduce la carga y aumenta el par-motor, volviendo a la velocidad nominal, mientras que un motor inestable aumenta la carga y el par-motor la reduce, descendiendo la velocidad.





20.6. PROTECCIONES

La protección de un motor eléctrico se regula mediante la norma UNE 20 324, que establece un índice de protección (IP) que identifica para qué está protegido un motor.

El primer dígito alude a la protección contra contactos y cuerpos extraños, el segundo el grado de protección contra el agua y el tercero, la protección mecánica frente a golpes. De modo que cuanto mayor sea, mejor protegido.

Así existen motores eléctricos:

- abiertos: protecciones sencillas
- cerrados: casi herméticos
- antiexplosivos: diseñados para atmósferas perjudiciales y totalmente herméticos.