

TEMA 11: MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

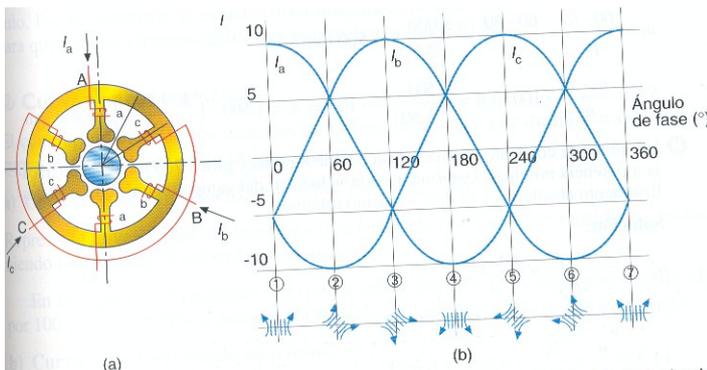
1. MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA TRIFÁSICOS. CONSTITUCIÓN Y PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO.

Están constituidos por:

- **Estator:** o parte fija, formado por chapas magnéticas aisladas y ranuradas interiormente. En estas ranuras se introduce un devanado trifásico (formado por tres devanados monofásicos exactamente iguales, que ocupa cada uno, un tercio de las ranuras totales).
- **Rotor:** o parte móvil, está formado por chapas magnéticas aisladas y ranuradas exteriormente. En el devanado del rotor existen dos posibilidades:
  - Barras de cobre o aluminio que se inyecta en estas ranuras, cortocircuitadas en ambos extremos, lo que da lugar a motores trifásicos asíncronos de rotor en cortocircuito.
  - Devanado trifásico similar al del estator, que da lugar a los motores asíncronos de rotor bobinado.

La separación de aire existente entre el estator y el rotor se denomina **entrehierro**.

El principio de funcionamiento se basa en el campo magnético giratorio que crea una corriente alterna trifásica. Las corrientes que circulan en cada momento son las que se ven en la figura siguiente.



Por ejemplo, en el instante 1 (0°) la intensidad en l fase a tiene un valor de 10 A (positiva, va de principio a final de devanado), mientras en las fases b y c las corrientes son de 5 A (negativas, van de final a principio. Aplicando la regla del sacacorchos, podemos determinar el sentido del campo magnético en ese instante.

La velocidad del campo magnético giratorio o **velocidad de sincronismo** viene dada por  $n_1 = \frac{60 \cdot f_1}{p}$

donde  $f_1$ =frecuencia (Hz),  $p$ =n° de pares de polos

Los motores se clasifican en:

- Motores síncronos: cuando el rotor gira a la misma velocidad que la de sincronismo  $n_1=n_2$
- Motores asíncronos: rotor gira a una velocidad menor que la de sincronismo, hay deslizamiento.

Para el caso de motores asíncronos, el rotor seguirá el giro del campo magnético, pero a una velocidad menor que denominamos  $n_2$ . A la diferencia de velocidades del campo y del rotor se le llama **deslizamiento absoluto d**

$$d = n_1 - n_2$$

Si expresamos esta diferencia de velocidades en función de la velocidad del campo magnético, obtenemos el deslizamiento relativo: S

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \text{ se puede dar en \%}$$

## 2. CONEXIÓN DE UN MOTOR TRIFÁSICO

Los motores trifásicos de rotor en cortocircuito o jaula de ardilla podemos conectarlos de dos formas:

- **Estrella:** Uno de los extremos de las 3 bobinas se conectan a un mismo punto
- **Triángulo:** Cada extremo de una bobina se conecta con otro de la siguiente bobina

En la conexión en estrella se cumple

$$U_L = \sqrt{3} \cdot U_r$$

$$I_L = I_f$$

En la conexión en triángulo se cumple:

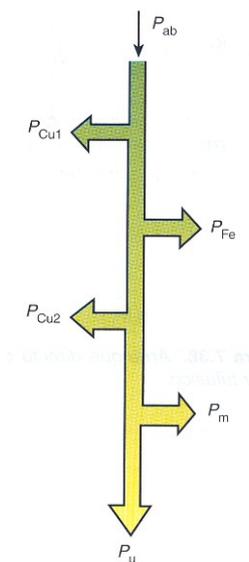
$$U_L = U_f$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_f$$

### NOTAS

- Un motor lleva en **su placa de características** dos tensiones: 230/400 V. El motor debe funcionar siempre de manera que a cada fase siempre llegue **la menor de las tensiones**. En este ejemplo, 230 V. Si conectamos el motor a una línea 230 V de tensión, la conexión debe ser en triángulo, así cada fase estará funcionando al máximo de su capacidad. Por el contrario, al conectarlo a una línea de 400 V, la conexión tendrá que ser estrella para que en los extremos de los devanados tengamos 230 V.
- También en dicha placa viene la potencia del motor expresada en CV haciendo referencia a la potencia útil o potencia en el eje, en KW la potencia eléctrica absorbida, el  $\cos \theta$  o fdp además de otras características.

## 3 BALANCE DE POTENCIAS Y TRIÁNGULO DE POTENCIAS



Al conectar el motor a la red, **absorbe una potencia activa P y reactiva Q**

$$P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi (W) \text{ Potencia absorbida activa, unidad Watio}$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \sin \varphi (VAr) \text{ Potencia absorbida reactiva, unidad VA (Voltio-amperio reactivo)}$$

cuya suma vectorial será la **potencia aparente S**

$$S = P + jQ = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L (VA) \text{ Potencia absorbida aparente, unidad VA}$$

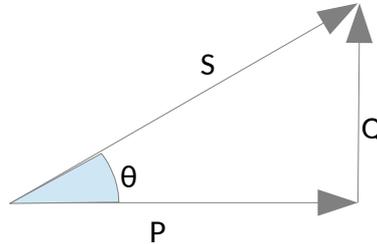
$\cos \varphi = \frac{P}{S}$  factor de potencia del motor, nos indica en tanto por uno, la cantidad de potencia que se convierte en efectiva de la total absorbida.

Si representamos gráficamente los vectores da lugar al “**triángulo de potencias**”, donde la hipotenusa del triángulo representa la potencia aparente, su componente horizontal la potencia activa y la vertical la aparente. El ángulo que forman S con P se denomina **factor de potencia** y su valor viene dado por el **cos θ**. Por tanto,

$$S = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L$$

$$P = S \cdot \cos \theta = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \theta$$

$$Q = S \cdot \sin \theta = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \sin \theta$$



Si hablamos en términos de **potencia activa**, el motor absorbe la potencia P (W), y al igual que los de continua, tienen las siguientes pérdidas:

- **Pérdidas en el cobre:**
  - En los conductores del estator:  $P_{Cu1} = 3 R_1 I_1^2$  (W)
  - En los conductores del rotor:  $P_{Cu2} = 3 R_f I_2^2$  (W)
- **Pérdidas en el hierro,  $P_{Fe}$ ,** debidas al ciclo de histéresis y a las pérdidas por corrientes de Foucault.
- **Pérdidas mecánicas,  $P_m$**

Por tanto, la **Potencia útil** resultará de restar a P todas estas pérdidas, y el rendimiento en término porcentual será:

$$\eta = \frac{Pu}{P} 100$$

#### 4 ARRANQUE A TENSIÓN REDUCIDA

Para conectar los motores de elevada potencia a la red y limitar la corriente en el momento de conexión, se baja la tensión de alimentación en el arranque, mediante tres métodos:

- 1) Arranque con impedancia en el estator: Consiste en la inclusión de resistencias en serie con el estator del motor. En el momento del arranque todas las resistencias estarán conectadas y posteriormente, cuando el motor adquiera velocidad, se irán desconectando paulatinamente.
- 2) **Arranque estrella-triángulo.** Consiste en conectar el motor en estrella en el arranque y pasar a conexión triángulo para la marcha normal. Se utiliza en motores cuya menor tensión coincide con la de la línea de alimentación. Se consigue así que la tensión de fase en el arranque se divida por la raíz cuadrada de 3. El momento de rotación y la intensidad en el arranque resultan divididos por 3.
- 3) Arranque con autotransformador.

#### 5 MOTORES MONOFÁSICOS

Son aquellos motores que se alimentan con la corriente alterna de una sola de las fases. Consiguen el campo giratorio por medios completamente diferente a los trifásicos. Por tanto, al haber sólo dos cables su conexión es idéntica a los de corriente continua y no tiene sentido hablar ni de estrella ni triángulo. El triángulo de potencias se expresa de forma similar al trifásico pero sin el factor raíz de 3.

$$S = V_L \cdot I_L$$

$$P = S \cdot \cos \theta = V_L \cdot I_L \cdot \cos \theta$$

$$Q = S \cdot \sin \theta = V_L \cdot I_L \cdot \sin \theta$$

### 6. MOMENTO O PAR

En cualquier motor el par de giro en el eje o momento viene relacionado con la potencia útil con la siguiente expresión:

$$M = P \cdot \omega$$

M: N·m

P: Watio

$\omega$ : rad/s