



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# Caracterización y cálculo del circuito equivalente de un motor de inducción desde la placa de características

<b>Apellidos, nombre</b>	Pineda Sánchez, Manuel (mpineda@die.upv.es)
<b>Departamento</b>	Departamento de Ingeniería Eléctrica
<b>Centro</b>	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales Universidad Politécnica de Valencia



## 1 Resumen

En este artículo se expone la forma de leer la placa de características, y se relaciona los diferentes parámetros que en esta placa con los elementos del circuito equivalente.

La placa de características tiene datos de diferentes variables, tanto constructivos como de índole mecánica o térmica. Se plantea en este trabajo la forma de identificarlos, e incluso se les instruye en la variabilidad normativa de estos parámetros.

Se presentan también en este trabajo las diferentes aplicaciones que puede tener una misma máquina eléctrica según pueda utilizarse en Europa o en América, y como un mismo motor puede tener comportamiento diferentes según su utilización y demanda unas corrientes u otras en cada aplicación posible.

## 2 Introducción

Para el estudio de las máquinas eléctricas, su integración con los equipos de control de estas y las repercusiones que tienen sobre las instalaciones que las que están conectadas o sobre la maquinaria a la que accionan, el método más utilizado tanto en la industria como en la educación es mediante la representación de estas máquinas eléctricas por medio de un circuito eléctrico equivalente a base de bobinas y resistencias.

En cualquier carrera técnica existen asignaturas de circuitos eléctricos, que pueden ser denominadas de diferentes formas, pero que en todo caso permiten entender y estudiar circuitos eléctricos, desde los más simples hasta los más complejos. Incluso este tipo de análisis (de circuitos a base de bobinas, condensadores y resistencias) se estudian también en enseñanzas medias y en asignaturas de física.

Por tanto es muy interesante poder representar cualquier tipo de máquina eléctrica mediante circuitos a base de bobinas, condensadores y/o resistencias, ya que este tipo de resoluciones es ampliamente conocido por los estudiantes.

## 3 Objetivos

Por tanto los objetivos de este texto son múltiples y que se enumeran de forma somera:

- Asignar los valores datos de la placa de característica de un motor eléctrico al tipo de potencia que representan: potencia eléctrica, mecánica o térmica.
- Calcular los parámetros del circuito equivalente de un motor a partir de los valores que aparecen en la placa de características del motor.
- Establecer, de acuerdo con la normativa existente, el rango de validez y la desviación máxima esperada entre los valores que aparecen en la placa



de características de una serie de motores y los valores reales que se pueden obtener en un motor concreto.

No es un objetivo de este trabajo enseñar al alumno a confeccionar el circuito equivalente, de forma clásica, que es mediante los ensayos normalizados. Para ello debe remitirse a los tratados clásicos de máquinas eléctricas rotativas. Tampoco se encuentra entre los objetivos planteados, el estudio analítico del circuito equivalente, la justificación de la relación entre circuito y ecuaciones que rigen el funcionamiento de la máquina es causa de otros estudios.

Indicar ahora también que los datos que son recogidos en una placa de características, pertenecientes a de una serie de motores, vienen establecidos por la normativa, a veces se incluyen datos algunos datos más de los estrictamente necesarios). Esta misma normativa regula, que los datos recogidos en la placa, pueden tener un margen de variación que está cuantificado en la misma norma. Se remite a la misma para que en cada caso pueda ser consultado el margen de error permitido para cada una de las variables recogidas en la placa de características.

## 4 Desarrollo

Como se ha indicado anteriormente a cada máquina se le asocia un circuito equivalente, que según el tipo de máquina puede ajustarse en mayor o menor medida a la máquina que representa. Se puede decir que para el caso de los transformadores los circuitos equivalentes representan casi fielmente a la máquina con un pequeñísimo error. Sin embargo cuando se trata motores de inducción (también llamados motores asíncronos, con o sin el rotor en jaula de ardilla) el circuito que se puede construir bien desde los ensayos normalizados o bien desde la placa de características no son tan exactos, pero es lo más representativo que se puede tener de este tipo de máquinas para poder estudiarlos mediante un circuito a base de bobina y resistencias.

El circuito clásico de un motor de inducción es el representado en la figura 1.

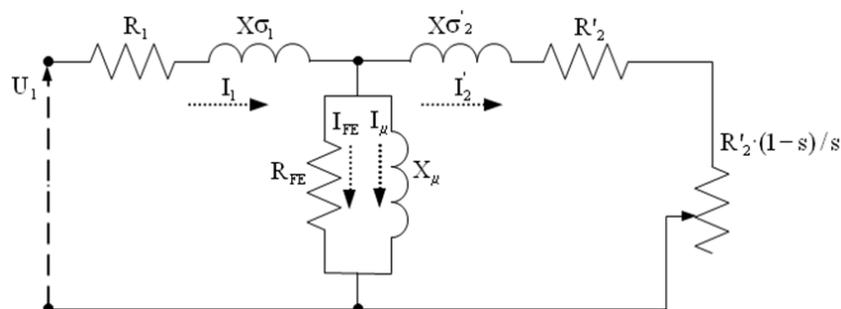


Figura 1.- Circuito equivalente clásico de un motor de inducción

El conocimiento y estudio de cada uno de los elementos este circuito magnético, no es causa de este artículo, el alumno que no domine cada una de las partes que lo compone debe remitirse a la bibliografía sobre máquinas eléctricas rotativas. Si decir que el circuito equivalente representa una sola de las fases de la máquina rotativa.

También es importante indicar que en los libros en los que se realizan los estudios de los motores de inducción, se pueden hallar los pasos de justificación para establecer una relación entre este circuito equivalente y un diagrama o esquema representativo del balance de potencias a tener en cuenta en este tipo de máquinas. Sea el esquema de la figura 2 una representación de dichos estudios.

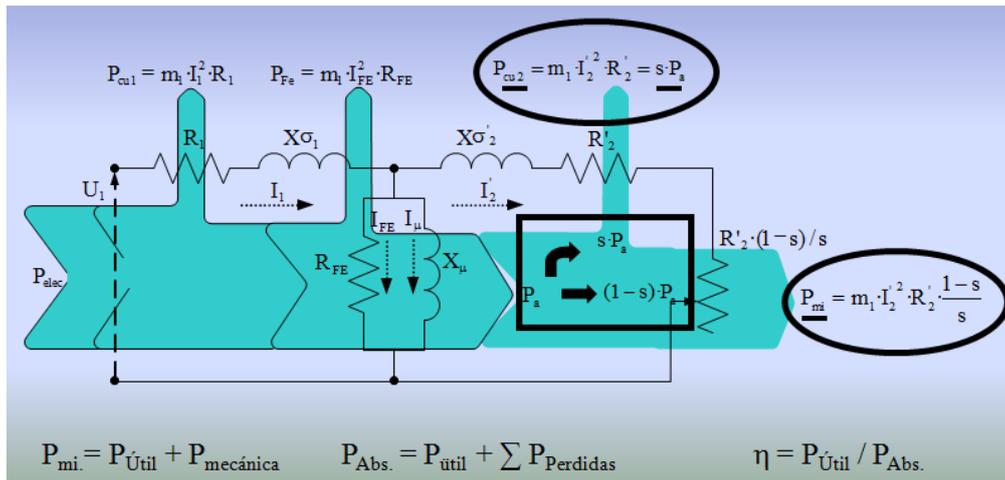


Figura 2.- Balance de potencias desde el circuito equivalente del motor de inducción

El alumno debe de poder reconocer este gráfico y todos los términos que aparecen en él, en caso contrario antes de seguir debe de repasar los conceptos básicos de máquinas rotativas. Por lo tanto se trata de poder llegar a los diferentes valores que aparecen en esta figura pero leyendo y examinando la placa de características.

## 4.1 Placa de características de un motor de inducción convencional

La placa de características es el documento de identidad de cualquier máquina, tanto eléctrica como no eléctrica, tanto fija como móvil o en este caso rotativa, se encuentra situada en la máquina de forma que pueda ser leída sin dificultad, cuando la máquina se encuentre sujeta de forma convencional. Dos ejemplos de placa de características pueden ser la de la figura 3.

DIN VDE 0530			
3~MOT		A2083-4AB10	080
NoM 6962702	IP 55	IM B3	ThCl F
50 Hz Y/Δ 400/230 V		60 Hz	Y 460 V
0.75 Kw 1.9 / 3.3 A		0.9 Kw	1.9 A
cos φ 0.79	1380/min	cos φ 0.78	1670/min
IEC 38 ROT.KL 13 (F)			
32183	7305	95/06	OHO40008

SIEMENS				DIN VDE 0530			
3~MOT ILA2083-4AB10							
NoM 6962702	IP 55	IM B3	ThCl F				
50 Hz Y/Δ 400/230 V		60 Hz	Y 460 V				
7.5 KW 15.1 / 26.1 A		9 Kw	15.1 A				
cos φ 0.82	1455/min	cos φ 0.81	1750/min				
IEC 38 ROT.KL 13 (F)							
32183	7305	95/06	OHO40008				

Figura 3.- ejemplo de placas de características de motores trifásicos de inducción

Los datos o variables identificativos del motor se pueden subdividir en varios grupos, unos de carácter térmico, otros de carácter mecánico o de



aplicación, otros de tipo eléctricos, otros indicativos de la normativa a la que se encuentran sujetos, otros relativos a los aspectos constructivos y a la serie de fabricación. En nuestro estudio nos interesan fundamentalmente los de carácter eléctrico. No obstante se hará mención de forma somera a los demás para que el lector pueda saber identificarlos en caso de otras necesidades no recogidas en este texto.

## 4.2 Valores de la placa de características “no eléctricos”

La información que se puede encontrar en la placa de características y NO relativa a los parámetros de los cuales se puede extraer el circuito equivalente son varios y referidos a diferentes características. En la figura 4, se encuentran recuadrados un determinado número de ellos.

SIEMENS		DIN VDE 0530	
~MOT 1LA2083-4AB10			
NoM 6962702	IP 55	IM B3	ThCl F
50 Hz Y/Δ 400/230 V		60 Hz	Y 460 V
7.5 KW 15.1 / 26.1 A		9 Kw	15.1 A
cos φ 0.82	1455/min	cos φ 0.81	1750/min
IEC 38 ROT.KL 13 (F)			
32183	7305	95/06	OHO40008

Figura 4.- Detalle con algunas variables de la placa de características remarcadas

En primer lugar se observa la marca del motor “Siemens”, a continuación se recoge la indicación de la Norma a la que se encuentra sujeto tanto la propia fabricación del motor como la de su placa de características “DIN VDE 0530”. En este caso es la norma alemana, norma que a su vez está integrada en la normativa europea. Otra de las variables que se remarca en la figura es el tipo de motor (o mejor dicho de la serie) “~MOT 1LA2083-4AB10”, con la notación “NoM 6962702” se identifica el número del motor, del cual se podría pedir cualquier información complementaria a la casa fabricante indicando tanto este parámetro como el identificativo de la serie. Los datos a poder obtener como información complementaria, depende bastante del usuario o persona que lo solicite, ya que hay determinados datos que el fabricante se suele reservar como confidenciales, tal es el caso como el de las características magnéticas de la chapa del circuito magnético, etc.

Siguiendo con otro de los datos que se ha remarcado en la figura 4, hay que destacar un dato muy importante que es el denominado como “ThCl F”. Este dato indica el tipo de aislante que poseen los conductores de la bobina, y viene a poner el límite a la temperatura máxima de funcionamiento normal, por tanto establece la potencia nominal. Además, se pueden observar, otros dos parámetros constructivos como son “IM B3” que indica la forma constructiva, en este caso se trata de un motor con patas de arriostamiento o sujeción, otro parámetro “IP 55” que hace referencia al grado de protección tanto frente líquidos (primera cifra) como a los sólidos (segunda cifra), que pare este caso en o tiene una protección media alta frente a estos dos agentes ya mencionados. Ver referencias de protección IP, en la norma, donde se puede consultar este tipo de parámetros.



En la figura 5, se recuadran y remarcan otro tipo de datos que es menos usual encontrarlos en las placas de características, pero hay marcas de motores que suelen aportar, estos datos son los que tratan de identificar al rotor de la máquina.

•	SIEMENS	DIN VDE 0530			
•	~MOT 1LA2083-4AB10				
•	NoM 6962702	IP 55	IM B3	ThCl F	
•	50 Hz Y/Δ 400/230 V		60 Hz	Y 460 V	
•	7.5 KW	15.1 / 26.1 A	9 Kw	15.1 A	
•	cos φ 0.82	1455/min	cos φ 0.81	1750/min	
•	IEC 38 ROT.KL 13 (F)				
•	32183	7305	95/06	OHO40008	

Figura 5.- Detalle de parámetros relativos al rotor

El análisis de estos datos tampoco tiene interés para lo que se pretende analizar en este trabajo, y como desde el punto de vista de las aplicaciones industriales de este tipo de máquinas, por lo tanto no se van a comentar, dejándose para otros estudios su análisis.

### 4.3 Parámetro fundamental y de índole tanto mecánico como eléctrico

Sin duda la variable más importante desde el punto de vista de aplicación y también desde el punto de vista de análisis en el balance de potencia es la potencia que entrega el motor a la máquina a la que está accionando. Este parámetro es el de la potencia nominal, que en la figura 6 se encuentra encuadrado.

•	SIEMENS	DIN VDE 0530			
•	~MOT 1LA2083-4AB10				
•	NoM 6962702	IP 55	IM B3	ThCl F	
•	50 Hz Y/Δ 400/230 V		60 Hz	Y 460 V	
•	7.5 KW	15.1 / 26.1 A	9 Kw	15.1 A	
•	cos φ 0.82	1455/min	cos φ 0.81	1750/min	
•	IEC 38 ROT.KL 13 (F)				
•	32183	7305	95/06	OHO40008	

Figura 6.- Detalle del dato de la potencia nominal

Para el ejemplo de placa de características que nos ocupa, este parámetro y otros se encuentra con dos valores diferentes, eso es debido que la información indicada en la placa es para la alimentación desde dos posibles redes, una la europea (a 50 hercios), y que nos indica una potencia nominal ( $P_N = 7,5 \text{ kW.}$ ) y otra la americana (60 hercios), donde ahora tiene un valor esta  $P_N = 9 \text{ kW.}$  Además en dichas posibles aplicaciones son también diferentes los niveles de tensión y consecuentemente de corriente.

Este parámetro (como se ha dicho) tiene interés mecánico porque es la potencia de funcionamiento disponible en este motor de modo "permanente" o lo que se conoce como clase de servicio de 8 horas. Para otro tipo de aplicaciones la



potencia disponible puede variar. (Ver estudios y normativa sobre las clases de servicio).

Como parámetro eléctrico también es muy importante porque observando el diagrama de potencias (figura 2) esta potencia es la que obtenemos como final para poder a disposición de la aplicación. Desde esta potencia se puede dar pasos en el balance de hacia dentro del motor y lógicamente hacia la alimentación desde la red.

#### 4.4 Parámetros de la placa de características denominados “eléctricos”

Una vez repasados someramente, los valores reflejados en la placa de características y denominados “no eléctricos” en este apartado se enumerarán los que están indicados para la obtención del circuito equivalente e incluso para obtener las ecuaciones del par motor. En la figura 7, se encuentran recuadrados estos parámetros.

SIEMENS		DIN VDE 0530	
~MOT 1LA2083-4AB10			
NoM 6962702	IP 55	IM B3	ThCl F
50 Hz Y/Δ 400/230 V		60 Hz	Y 460 V
7.5 KW 15.1 / 26.1 A		9 Kw	15.1 A
cos φ 0.82	1455/min	cos φ 0.81	1750/min
IEC 38 ROT.KL 13 (F)			
32183	7305	95/06	OHO40008

Figura 7.- Detalle del recuadrado de los parámetros “eléctricos”

Al igual que en el caso de la potencia nominal, estos parámetros se encuentran todos con al menos 2 valores una para las redes europeas y otros para las redes americanas. Además el valor de la corriente y tensión demandada de la red, para el caso de redes de 50 hercios aparece con 2 valores uno en el caso de conexión estrella y otro en el caso de conexión triángulo. Se va a considerar la aplicación desde redes europeas, y con configuración estrella, donde la tensión ( $U=400V.$ ) y la corriente ( $I=15,1 A$ ).

En el punto de funcionamiento descrito por la placa de características que es correspondiente al punto de trabajo nominal, el resto de valores a tener en cuenta son: frecuencia 50 Hz, factor de potencia ( $\cos\varphi=0,82$ ), y velocidad de giro en este punto del rotor  $n= 1455$  rpm.

Con estos datos y de forma directa se pueden calcular algunas de las potencias que intervienen en el citado balance de potencias. Así:

- Potencia absorbida desde la red ( $P_{abs.}$ ):

$$P_{AB} = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos(\varphi) = 8578W$$

- Rendimiento del motor:



$$\eta = P_{UTIL} / P_{AB} = 0.87 \Rightarrow 87\%$$

- Par motor en el punto de trabajo denominado como nominal:

$$T_N = P_N / \Omega_N = 49.3Nm$$

- Deslizamiento en el punto de funcionamiento nominal

$$S_N = (\Omega_s - \Omega_N) / \Omega_N = 0.03 \Rightarrow 3\%$$

Además se asume que las pérdidas mecánicas "P<sub>me</sub>" adoptan un valor típicamente característico del entre el 1 y el 3% (ya que estas pérdidas son difícilmente evaluables incluso mediante los ensayos normalizados), se tomará para el ejemplo un valor del 2%, así:

$$P_{me} = 150W$$

Se tiene que la potencia útil (potencia nominal P<sub>N</sub>) más la P<sub>me</sub> (sumadas) dan lo que se conoce y está indicado en el diagrama del balance de potencia como potencia mecánica interna (P<sub>mi</sub>). Así:  $P_{mi} = P_u + P_{mec}$

$$P_{mi} = 7650W$$

Además en la bibliografía sobre motores de inducción se puede obtener una relación entre esta P<sub>mi</sub> y el deslizamiento "s", ya calculado y que dan las pérdidas en los devanados del rotor (las barras y las coronas de la denominada jaula de ardilla) P<sub>cu2</sub>. Así mismo existe otra expresión que nos relaciona la P<sub>mi</sub> con la denominada potencia transferida mediante los campos magnéticos desde el estator y el rotor que se representa como "P<sub>a</sub>", con la participación del deslizamiento "s". Con estas relaciones se tiene que: " $P_{mi} = P_a(1-s)$ " y que " $P_{cu2} = s \cdot P_a$ ", aplicando se obtienen los valores:

$$P_{me} = 7887W \quad P_{CU2} = 24W$$

Como se acaba de indica la potencia "P<sub>a</sub>" es la potencia transmitida del estator al rotor mediante el campo magnético, y como por otra parte se ha podido calcular la potencia absorbida "P<sub>obs</sub>", se puede obtener las potencia de pérdidas que nos queda para acabar definiendo todo el balance de potencias de la figura 2, en el cual queda por definir las perdidas en los devanados o bobinas de estator "P<sub>cu1</sub>" y las pérdidas en el circuito magnético o perdidas en el hierro "P<sub>Fe</sub>", así, se tiene que " $P_{abs} = P_a + P_{cu1} + P_{Fe}$ ".

Las pérdidas en los devanados de las bobinas del estator también es muy sencillo de calcular, ya que se puede medir la resistencia de una de las fases, bien con un polímetro con buena resolución o bien con un ensayo muy simple aplicándole una pequeña batería y midiendo la corriente y la caída de tensión en bornas de dicho devanado. Una vez conseguida dicha resistencia de dicho devanado o de la fase ensayada (se trata de aplicar la ley de ohm), entonces con la R<sub>Fase-estator</sub> y la corriente nominal obtenida de la placa de características (I<sub>N</sub>, que eran 15,1 A.) : " $P_{cu1} = 3R_{Fase-estator} I_{Nominal}^2$ ". Como no se dispone del motor no se puede evaluar este término, pero aún admitiendo un cierto error se puede estimar (R<sub>cu1</sub>=0,8 Ω) que este valor podría valer P<sub>cu1</sub>=425 W.



Entonces las pérdidas en el hierro tendrían un valor aproximado de  $P_{Fe} = 116 \text{ W}$ . Y una vez resuelto totalmente el balance de potencia de la figura 2, y sabiendo que desde el circuito equivalente se puede llegar a este balance de potencias, ahora solo faltaría aplicar de forma inversa los conceptos que permite la obtención desde dicho circuito de todas y cada una de las potencias.

## 4.5 Obtención del circuito equivalente desde el balance de potencias

Volviendo a la figura 2, se puede observar la relación existen entre el diagrama del balance de potencias, y el circuito equivalente, así como la relación existente con las expresiones correspondientes entre los valores de las potencias y el de las resistencias y bobinas del citado circuito equivalente.

Las corrientes que figuran en el citado circuito y denominadas como  $I_1$  e  $I_2$ , prácticamente se pueden considerar iguales en motores de potencias desde cierto valor hacia potencias grandes, la diferencia radica en la corriente que se bifurca por el circuito representativo del circuito magnético, (la que circularía por  $R_{Fe}$  y por  $X_\mu$ ), que es conocida como corriente de vacío ( $I_0$ ). En caso necesario y tal como se hace en los ensayos normalizados se puede obtener de forma aproximada midiendo dicha corriente con el motor en vacío. De forma análoga se puede obtener el factor de potencia en vacío con la medición de la corriente y tensión en vacío y evaluando las perdidos de vacío que son de forma aproximadas las asignadas en el balance de potencias como  $P_{Fe}$ .

Con todas estas premisas (que son prácticamente las mismas que se adoptan en el cálculo del circuito equivalente mediante ensayos normalizados) y con las ecuaciones anteriormente comentadas y que aparecen en la figura 2 se tiene que:

$$P_{mi} = m_1 \cdot I_2'^2 \cdot R_2' \cdot \frac{1-s}{s}$$

*Ecuación 1. Definición de la potencia mecánica interna.*

$$P_{cu2} = m_1 \cdot I_2'^2 \cdot R_2'$$

*Ecuación 2. Definición de las pérdidas en el cobre.*

$$P_{FE} = m_1 \cdot I_{FE}^2 \cdot R_{FE}$$

*Ecuación 3. Definición de las pérdidas en el hierro.*

La resistencia  $R_2'$  se puede calcular desde 2 expresiones, la ecuación 1 y la ecuación 2, la resistencia representativa de las pérdidas del circuito magnético  $R_{Fe}$ , desde la ecuación 3, pudiendo obtener primero la  $I_{Fe}$  como ( $I_{Fe} = I_0 \cdot \cos\phi_0$ ). Otra forma alternativa para obtener la resistencia de pérdidas en el hierro es " $R_{Fe} = (U_N^2 / P_{Fe})$ ".

Además en el apartado anterior se explicó cómo obtener la resistencia de los devanados del estator " $R_1$ " o " $R_{est}$ ". Ahora solo faltaría identificar los valores de las



inductancias (bobinas) del circuito. Estas también son difíciles de calcular mediante los ensayos normalizados, por lo que el método, en todo caso aproximado es similar.

Para el caso de la  $X_{\mu}$ , si como se ha dicho en el párrafo anterior se ha debido de realizar un ensayo de vacío, con la  $R_{Fe}$  y el factor de potencia de este ensayo es fácil de calcular ya que se sabe que desde el triángulo de impedancias  $\tan\varphi_0 = X_{\mu}/R_{Fe}$ , y como el ángulo " $\varphi_0$ " se saca del factor de potencia de vacío ( $\cos\varphi_0$ ), el resto es inmediato.

En el caso de las inductancias de dispersión ( $X_{d1}$  y  $X'_{d2}$ ) se consideran iguales y su suma es la denominada como  $X_{CC}$ . Para su cálculo se trabaja de forma similar al caso de la  $X_{\mu}$ , pero desde los valores de las potencias totales. Es decir conocido el factor de potencia del punto de funcionamiento nominal, y calculada la potencia absorbida de la red, bien la activa o bien la aparente y mediante el triángulo de potencia, es fácil obtener la potencia reactiva consumida y desde esta y con la expresión ( $Q_L = 3 \cdot I_N^2 \cdot X_{CC}$ ), se obtienen el valor de la inductancia de una fase ( $X_{CC} = X_{d1} + X'_{d2}$ ) y estimando ambas inductancias iguales se puede ya obtener los valores aproximados de estos últimos dos datos que faltaban del citado circuito equivalente.

## 5 Cierre

Como se dijo en el apartado de la introducción, el circuito equivalente de una máquina eléctrica, es fundamental para poder estudiar la repercusión eléctrica que tiene la máquina ante la red de alimentación, ante cualquier equipo de control y regulación que hoy en día están fabricados a base de componentes electrónicos, y también para poder desarrollar la curva de par velocidad que determina la velocidad de funcionamiento para cada punto de carga de la máquina eléctrica. Por tanto es muy importante que los técnicos conozcan el medio más fácil y rápido de obtener este tipo de circuitos, por su gran utilidad.

El método empleado en este artículo trata de mejorar la perspectiva educacional de los técnicos que muchas veces no encuentran este tipo de soluciones en los tratados clásicos de máquinas eléctricas. Además, al ser explicado mediante un ejemplo práctico, sirve no solo como parte teórica de esta parte educacional, si no incluso como ejemplo de desarrollo y aplicación. No se ha querido demostrar las ecuaciones tratadas porque el alumno debe de conocerlas y en caso de dudar en alguna de ellas es muy importante que repase de nuevo aquellos conceptos que menos recuerde, de forma mucho más exhaustiva que se hubiera hecho en este texto. Dada la brevedad con la que se tiene que ejecutar este escrito, en ningún momento se ha pretendido inmiscuirse en otras técnicas y/o lecciones que son muy bien tratadas en los tratados de máquinas eléctricas, de esa manera se evita duplicidades.

Por último se quiere volver a insistir que aunque los valores que se obtienen del circuito equivalente mediante las técnicas propuestas no son exactos, hay que recalcar que realmente estos valores obtenidos son prácticamente iguales a los que se obtendrían mediante la realización de los ensayos normalizados, los supuestos que se tienen que hacer para el cálculo de algunas de las potencias, mediante este método, también se han de realizar de igual manera o muy similar en el caso de cálculo del circuito equivalente mediante ensayos. Por lo tanto la



validez del los valores obtenidos son similares a los obtenidos y explicados en los tratados convencionales de máquinas eléctricas.

## 6 Bibliografía

### 6.1 Libros:

- [1] Pérez Cruz, J., Pineda Sánchez, M., Puche Panadero, R. "Aplicaciones Técnicas Industriales de Motores de Inducción". UPV. 2010.
- [2] Roger Folch, J., Riera Guasp, M., Roldán Porta, C. "Tecnología Eléctrica". Síntesis.2010.
- [3] J.M. Merino Azcarraga. "Arranque Industrial de Motores Asíncronos", Mc Grau Hill. 1995.
- [4] Pérez Cruz, J., Pineda Sánchez, M., Puche Panadero, R. "Introducción a las Instalaciones y Tecnología Eléctrica". UPV. 2009.
- [5] Martínez Román, JA, Pérez Cruz, J., Pineda Sánchez, M. "Prácticas de Laboratorio de Máquinas Eléctricas". UPV. 2009.
- [6] Roger Folch, J., Riera Guasp, M., Pineda Sánchez, M., Pérez Cruz, J. "Prácticas de Laboratorio de Tecnología Eléctrica". UPV. 2011.

### 6.2 Referencias de fuentes electrónicas:

- [7] Catálogos de motores eléctricos de inducción. Ver páginas web de:

<http://www.abb.es/product/es/9AAC133417.aspx?country=ES>

<http://www.automation.siemens.com/mcms/drives/en/motor/Pages/Default.aspx>