



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO

Primera Mesa Proyecto1

pucv.cl

Estudiar el motor de inducción y su respuesta espectral bajo condiciones prácticas y de simulación.

Diego Andrés Cisternas Herrera

Valparaíso, 25 de Abril 2018

Objetivo general

Bajo ambiente de Simulación y Práctico, estudiar el motor de inducción con su respuesta espectral, analizando su comportamiento en accionamientos con VdF y posibles situaciones de falla.

Objetivos específicos

- Estudiar bajo simulación el comportamiento del motor de inducción con y sin VdF, analizando su respuesta espectral y su contenido armónico.
- Estudiar en forma práctica el comportamiento del motor de inducción, para contrastar las simulaciones.
- Verificar en situaciones de falla, las variaciones en el espectro de las corrientes, y poder verificar que es lo que está ocurriendo en la máquina.

Descripción del estudio

- Seleccionar motor del laboratorio con el cual trabajar.
- Obtener parámetros del motor de inducción, ensayos de vacío y rotor bloqueado.
- Utilizar instrumentos de medición para registrar variables.
- Estimar la curva de saturación del motor.
- Tener en consideración cuales son las fallas más relevantes.
- Seleccionar VdF a utilizar, saber sus parámetros para simular.
- Con todos los datos para el modelo, simular situaciones de interés.
- Contrastar espectro armónico de simulaciones con parte práctica.
- Conclusiones y discusiones respecto a los resultados obtenidos.

Marco Teórico

1. Variables eléctricas de estudio
 - Armónicos
 - Transitorios
 - Componentes simétricas
2. Conceptos relevantes del motor de inducción
 - Conceptos básicos del motor y su funcionamiento
 - Fallas más comunes
 - Efectos de la presencia de armónicos
3. Aspectos generales del Variador de Frecuencia (VdF)
 - Componentes y funcionamiento
 - Ventajas del uso del VdF
4. Registrador de variables eléctricas SAMTE
5. Software Simulink de MATLAB

Armónicos

- Formas de onda no sinusoidales, cargas no lineales como computadores, UPS, convertidores, dispositivos electrónicos, saturación.
- Representación matemática para trabajar
- Usar una base ortogonal de representación
- Serie compacta de Fourier, sumatoria de cosenos con amplitud A_i , argumento múltiplos de la frecuencia fundamental ω_0 y desfase θ_i

$$i(t) = i_0 + i_1 \cos(1\omega_0 t - \theta_1) + i_2 \cos(2\omega_0 t - \theta_2) + \dots + i_n \cos(n\omega_0 t - \theta_n)$$

- Definición de Potencia media

$$T * P_{med}(t) = \int_0^T v(t) * i(t) dt$$

$$P_{med} = \frac{1}{2} * \sum_{n=1}^{\infty} V_n * I_n * \cos(\delta_n - \theta_n)$$

Armónicos

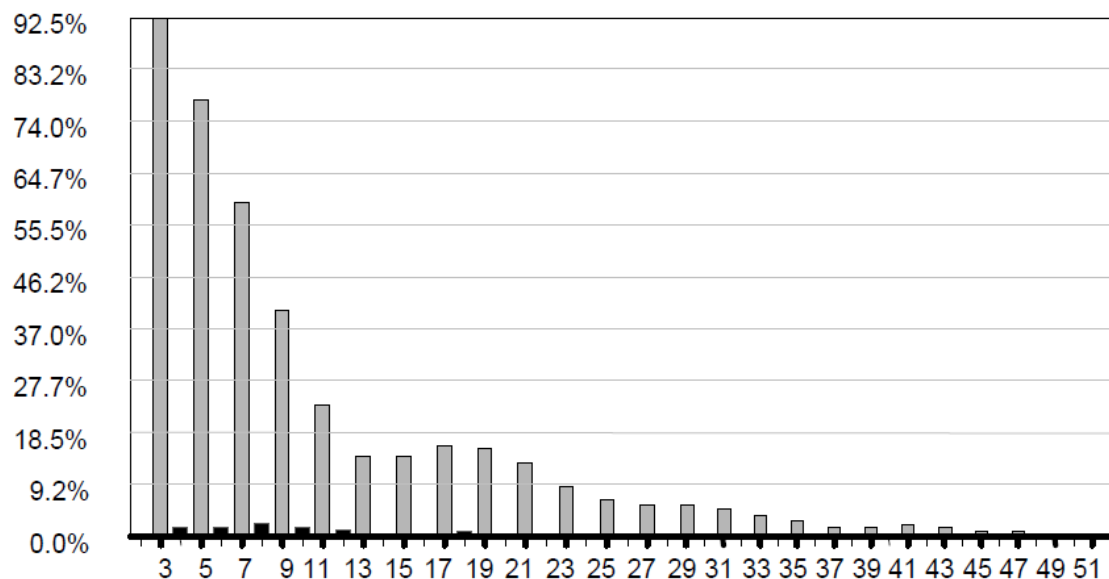
- Aporte de componentes al valor eficaz, mayores pérdidas.

- Definición del Factor de Potencia $Factor\ de\ Potencia = \frac{P_{med}}{(TensiónEficaz) * (CorrienteEficaz)}$

- Armónicos no necesariamente aportan a la potencia media

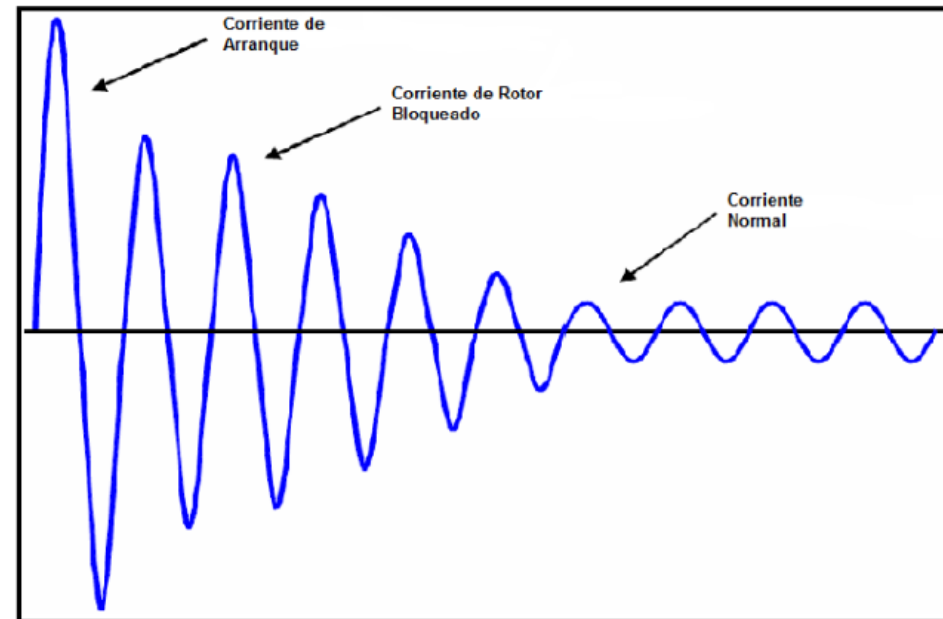
- Presencia de Armónicos en un sistema es un fenómeno indeseable, puede afectar a otros elementos. Sistemas están diseñados para única frecuencia.

- Representación espectro armónico. Amplitud v/s Frecuencia:



Transitorios

- Cuando la energía varía rápida y temporalmente debido a una maniobra
- Motor sometido a maniobras como arranque y fallas presenta este fenómeno
- Aparecen normalmente corrientes grande que pueden afectar de forma negativa el sistema
- Se pueden visualizar tanto en simulación como en la parte práctica
- Uso del VdF para mitigar estos efectos



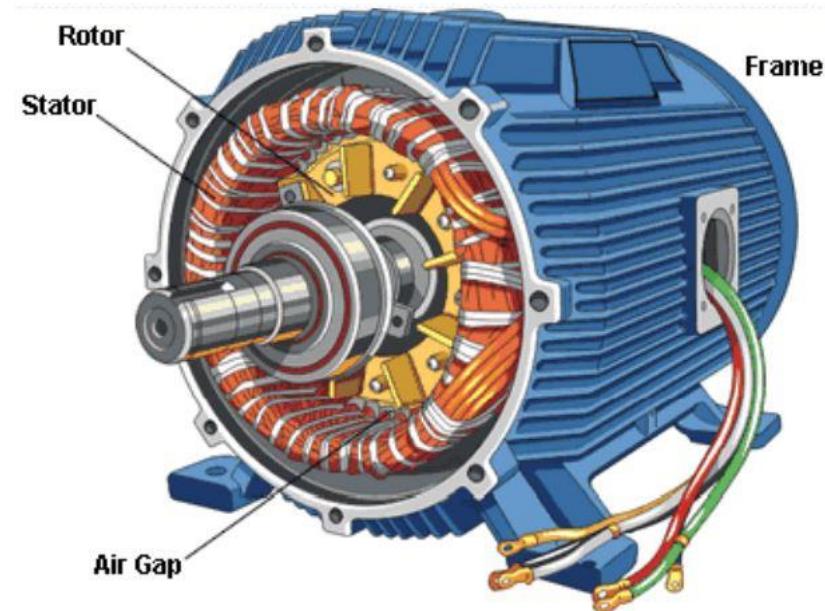
Componentes simétricas

- Teorema de Fortescue, para simplificar análisis de sistemas en desequilibrio
- Sistemas trifásicos, Secuencia (+), (-) y (0)
- Físicamente:
 - Sec.(+) campo rotatorio normal
 - Sec.(-) campo rotatorio opuesto
 - Sec.(0) campo oscila pero no gira
- Armónicos en sistemas equilibrados se comportan:
- Simetría de media onda
- Sistemas balanceado corriente por neutro es cero

Armónica	Secuencia
1	+
2	-
3	0
4	+
5	-
6	0
7	+
8	-
...	...

Conceptos básicos del motor y su funcionamiento

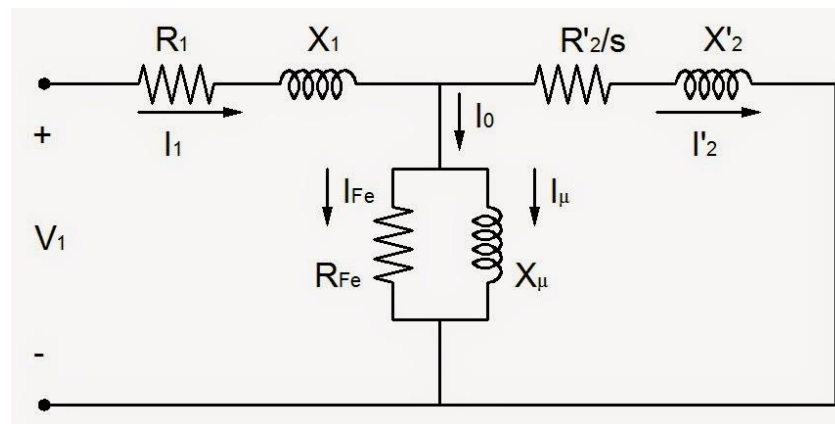
- Motor asíncrono o de inducción, máquinas C.A. régimen carga
- Corriente del rotor es inducida electromagnéticamente por la bobina del estator
- Rotor, giratorio, ubicado en el eje. Jaula de ardilla o bobinado.
- Estator, fijo, ubicado al interior de la carcasa. Bobinas inductoras separadas 120°
- Entrehierro, pequeña distancia uniforme de aire que separa rotor y estator
- Teorema de Ferraris, cuando por las bobinas del estator circula corriente trifásica equilibrada se induce campo magnético giratorio que envuelve al rotor, le induce tensión según Ley de Faraday.
- Velocidad de sincronismo es proporcional a la frecuencia de excitación.



Conceptos básicos del motor y su funcionamiento

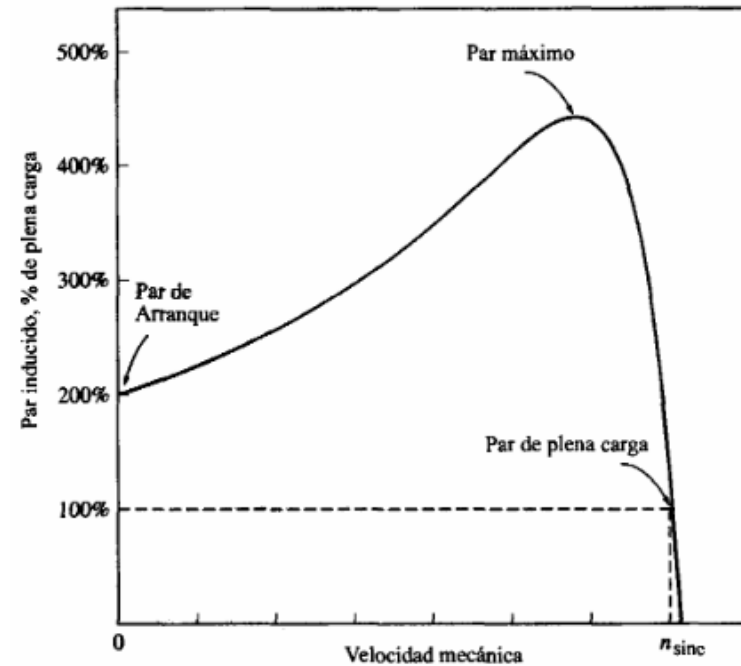
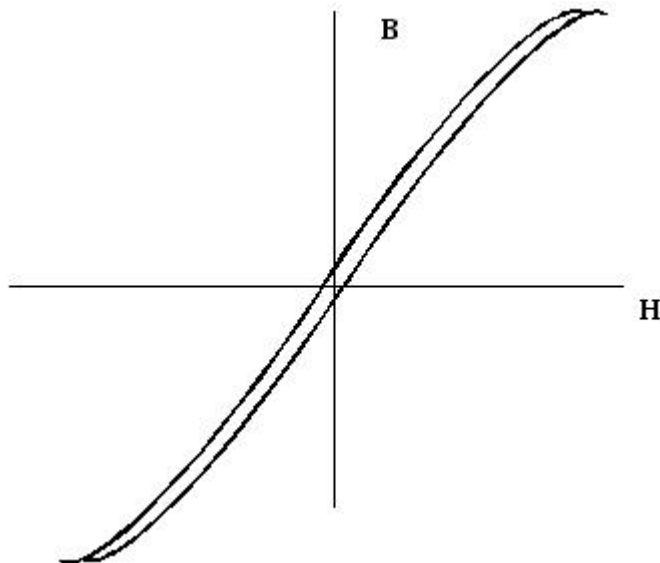
- Motor es como un transformador giratorio trifásico, con bobinas secundarias en cortocircuito
- Rotor siempre va a girar **bajo** la velocidad de sincronismo, de esta forma hay corriente y par inducidos.
- Deslizamiento, velocidad relativa
- En arranque, rotor en reposo, $s=1$, corriente inducida alta, baja impedancia, corriente I_1 hasta 7 veces su valor nominal, consecuencias

$$s = \frac{n_s - n}{n_s}$$



Conceptos básicos del motor y su funcionamiento

- Curva típica torque en función de la velocidad
- Los devanados del motor presentan nucleo ferromagnético. Curva de histéresis, campo magnético B en función de excitación magnética(corriente) H



Fallas más comunes en el motor de inducción

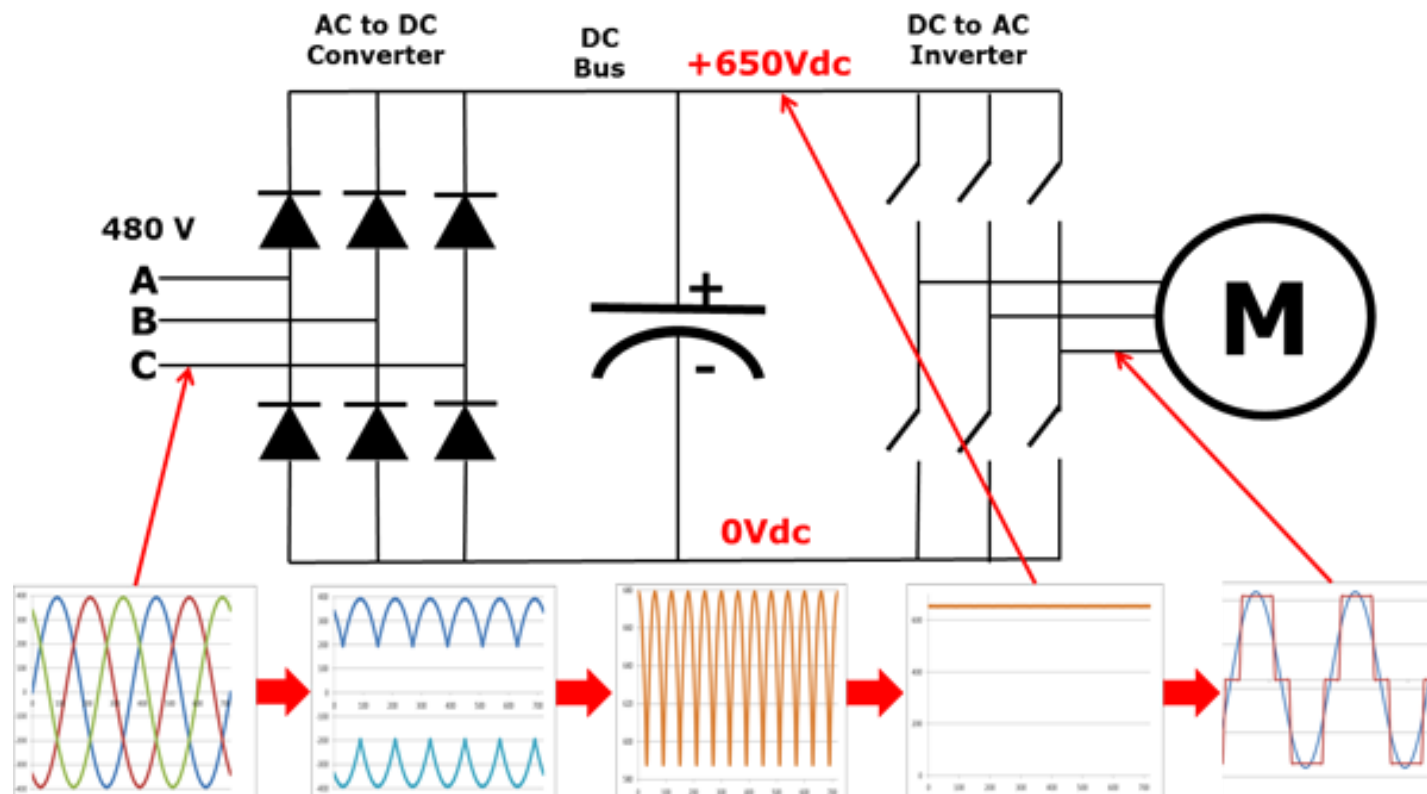
- 40 % de los fallos corresponde a anormalidades en los rodamientos
 - Evolución lenta, detección anticipada para evitar daños irreversibles
- 40 % fallos en el estator, pérdida de aislación
 - Contacto conductores del estator y carcasa
 - Fallos entre espiras de una misma bobina
 - Entre bobinas de una misma fase
 - Entre bobinas de diferentes fases
 - Evolución rápida
- 10 % aproximadamente corresponden a fallos en el rotor
 - Fallos en las barras o anillos de cortocircuito del rotor generalmente consisten en fracturas o fisuras
 - Evolución lenta
- El resto de los casos se distribuyen en gran variedad de fallos

Efecto de la presencia de armónicos en el motor de inducción

- Aumento de la temperatura de operación, debido al aumento de las pérdidas en el fierro y en el cobre
- Afectan el torque de la máquina, pudiendo generar ruido audible, puede ocasionar pulsaciones de torque, fatiga de material y hasta resonancias mecánicas de la máquina
- Durante disturbios transitorios y cuando opera fuera de su rango normal (sobrecarga o vacío) puede aumentar considerablemente la contribución armónica

Componentes y funcionamiento de un VdF

- Sistema basado en electrónica, para el control de velocidad de giro
- Durante arranque proporciona baja tensión y frecuencia, evitando sobrecorrientes
- Se compone principalmente de 2 etapas, una rectificadora y una inversora

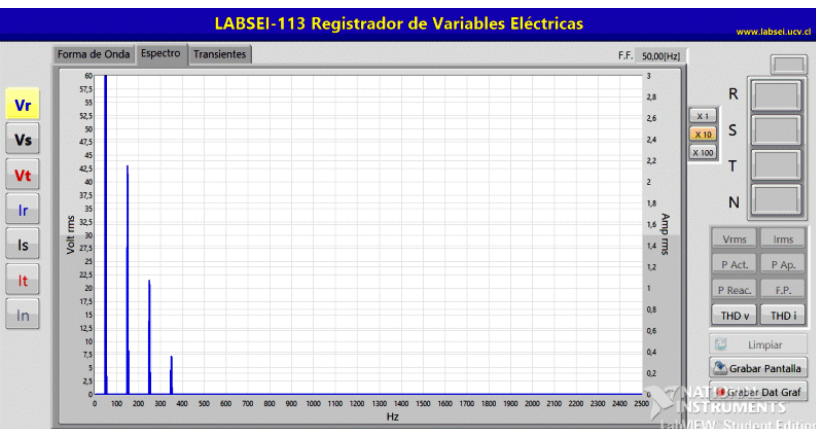


Ventajas del uso del VdF

- Se evitan sobrecorrientes
- Permite controlar plenamente las aceleraciones y frenados del motor, mediante uso de rampas de aceleración/desaceleración
- Protege al motor y la carga de eventos de la red de alimentación
- Entrega la energía dosificada y de forma óptima
- Da mayor vida útil al motor, debido a que los devanados no experimentan sobrecorrientes, por tanto la aislación no sufre daños por sobre temperatura

Registrador de Variables Eléctricas SAMTE

- Sistema Adquisición y Medición de Transientes Eléctricas
- Compuesto por una unidad electrónica y un notebook
- Tres canales de tensión (fases R, S y T) y cuatro de corriente (fases R, S, T y neutro). Los primeros tienen un rango de 400 [V rms], y los segundos disponen de rangos de 5 y 25 [A rms]
- Permite visualizar formas de onda y contenido armónico de las tensiones y las corrientes, capturar y visualizar transientes, medir frecuencia, valores RMS, potencias activas, reactivas, aparentes, medir componentes simétricas factores de potencia y el nivel de distorsión armónica de las variables



Software Simulink de MATLAB



- MATLAB (abreviatura de MATrix LABoratory, "laboratorio de matrices") es una herramienta de software matemático, el cual cuenta con múltiples toolbox que trabajan sobre este
- Simulink es un entorno de programación visual, que funciona sobre el entorno de programación MATLAB
- Será utilizado para modelar y simular las situaciones de estudio mediante diagramas de bloque, estos bloques se obtienen de la librería
- Las variables eléctricas de estudio son de fácil acceso dentro del software y los modelos de las librerías bastante completos, razones por las cuales se utilizará Simulink

Muchas gracias por su atención