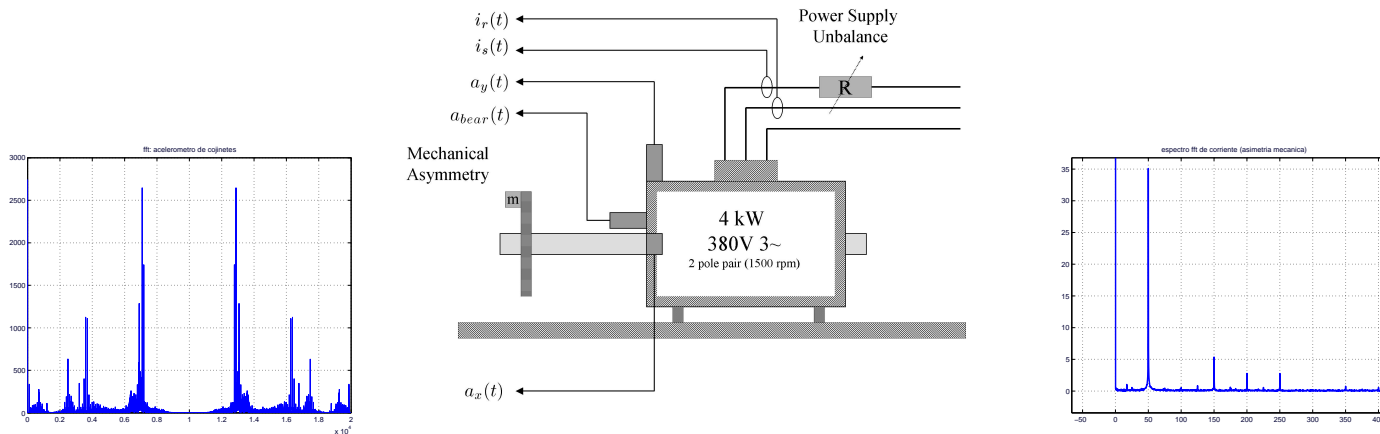


Trabajo N° 2

Supervisión de un Motor de Inducción mediante Análisis Frecuencial de Corrientes y Vibraciones



Prof. Ignacio Díaz Blanco

Simulación y Supervisión de Sistemas

Área de Ingeniería de Sistemas y Automática

Universidad de Oviedo



Condiciones de funcionamiento: descripción

A partir de datos reales de corrientes y vibraciones se diseñará un sistema de supervisión para un motor de inducción que permita monitorizar las siguientes condiciones de funcionamiento:

- Funcionamiento normal
- Asimetría eléctrica en la alimentación (resistencia variable).
- Asimetría mecánica (masa asimétrica en el eje)
- Asimetrías eléctrica y mecánica combinadas.



Sensores y adquisición de datos

En el trabajo se utilizarán datos reales, que pueden descargarse de la página de la asignatura <http://isa.uniovi.es/idiatz/SSS/SSS.html>. Los datos fueron tomados de un motor asíncrono, de 4kW, 1500 rpm a una frecuencia de muestreo $f_m = 5000$ Hz, procedentes de 5 sensores instalados en el motor:

Sensor	Señal
Acelerómetro situado en los cojinetes	$a_c(t)$
Acelerómetro situado en carcasa	$a_x(t)$
Acelerómetro situado en carcasa	$a_y(t)$
Corriente fase R	$i_r(t)$
Corriente fase S	$i_s(t)$

Tabla 1: Señales y sensores



Ensayos realizados

Los datos consisten en una serie de registros tomados de otros tantos ensayos, indicados en la tabla 2 en las siguientes condiciones de funcionamiento:

Etiqueta	Asimetría mecánica	Asimetría Eléctrica
asim0g.dt0.mpx	sí	no (0Ω)
asim0gfallor.dt0.mpx	sí	sí ($\infty \Omega$)
cap0ohm.dt0.mpx	no	0Ω
cap10ohm.dt0.mpx	no	10Ω
cap15ohm.dt0.mpx	no	15Ω
cap20ohm.dt0.mpx	no	20Ω
cap5ohm.dt0.mpx	no	5Ω
capvarohm.dt0.mpx	no	variable
capvarohm2.dt0.mpx	no	variable

Tabla 2: Etiquetas para cada uno de los ensayos

Esquema del banco de ensayos

En la figura adjunta, se muestra el banco de ensayos utilizado para obtener los datos

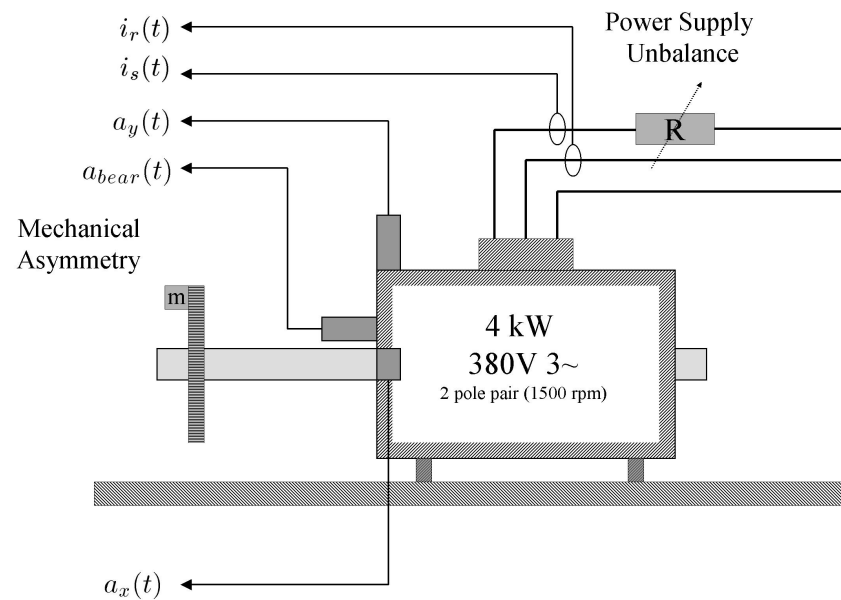


Figura 1: Esquema del equipo de ensayos



Extracción de características

Estas condiciones de funcionamiento se manifiestan especialmente a través de los siguientes armónicos

- Armónicos de red en las corrientes $i_R^{50}, i_T^{50}, i_T^{50}$. Cuando la alimentación al motor es equilibrada deben tener valores similares.
- Armónicos $1\times$ de la velocidad de giro, en las aceleraciones: $a_c^{25}, a_x^{25}, a_y^{25}$. Crecen en determinados tipos de desequilibrios mecánicos (por ejemplo, una masa excéntrica respecto al eje o una desalineación del mismo)
- Armónicos a 100 Hz en las aceleraciones: $a_c^{100}, a_x^{100}, a_y^{100}$. Crecen cuando hay un desequilibrio en la alimentación eléctrica (por ejemplo, una fase cortada o con más carga que el resto)

Se puede construir un *vector de características* o *firma del proceso* (“signature”) tomando ventanas de datos (por ejemplo, de 1024 elementos), calculando la *fft* para cada una de ellas y seleccionando de la misma los armónicos deseados

$$\text{ventana } k \quad \rightarrow \quad \mathbf{f}(k) = \left(i_R^{50}, i_T^{50}, i_T^{50}, a_c^{25}, a_x^{25}, a_y^{25}, a_c^{100}, a_x^{100}, a_y^{100} \right)$$



Selección de características

¡Es importante notar que no todas las características anteriores son imprescindibles!:

- Es muy recomendable hacer una *selección de características*, investigando previamente cuáles son suficientes para caracterizar los fallos.
- Para la selección se debe tener en cuenta el conocimiento sobre el problema a abordar y el sentido común. Por ejemplo, si dos características evolucionan siempre igual, no tiene sentido tomar las dos.
- En principio con 3 o 4 características debería ser suficiente para determinar el estado del motor.

$$\text{ventana } k \quad \rightarrow \quad \mathbf{f}(k) = (f_1, f_2, f_3, f_4)$$



Monitorización y diagnóstico

Monitorizar las variables obtenidas, especialmente en los dos últimos registros (`capvarohm.dt0.mpx` y `capvarohm2.dt0.mpx`), que corresponden a fallos graduales.

- Las evoluciones temporales de los armónicos elegidos se pueden representar por separado (por ejemplo mediante comandos `subplot`) mostrando en cada gráfica la evolución temporal de cada armónico para las ventanas $k = 0, 1, \dots$,
- Puede ser interesante “sonificar” las corrientes y/o las vibraciones, para obtener una perspectiva de lo que ocurre.
- Pueden establecerse alarmas de tipo umbral, estableciendo unos umbrales tolerables en situación normal y avisando cuando se rebasan éstos.
- Diagnóstico basado en casos: Es posible también almacenar valores típicos de f para los cuatro casos básicos y determinar la proximidad (distancia) de cada instancia $f(k)$ a dichos casos. El caso más próximo nos permitiría establecer un diagnóstico del fallo que está teniendo lugar.



Características del trabajo

- **Realización:** Por grupos.
- **Contenido:** El trabajo consistirá en visualizar el estado del motor *monitorizando la evolución de los armónicos* más significativos de corrientes y aceleraciones del motor. Incluirá también un mecanismo sencillo de *detección y diagnóstico* de fallos que genere una alarma y un diagnóstico a partir de los valores de dichos armónicos.
- **Documentación:** Se presentará un documento escrito con una extensión de no más de 10 páginas + fuentes de Matlab + demostración del programa Matlab desarrollado (pueden utilizarse diapositivas de apoyo si fuera necesario).
- **Presentación:** Asimismo, se hará una breve presentación del trabajo que consistirá en una demostración en Matlab de los resultados obtenidos.
- **Fecha de entrega de documentación:** Viernes 25.06.2004
- **Fecha de presentación:** Miércoles 30.06.2004



Contenidos detallados

El trabajo deberá abordar los siguientes puntos:

- Breve descripción de la **problemática** tratada: detección de desequilibrios eléctricos y mecánicos en motores de inducción a través de corrientes y aceleraciones.
- Breve descripción de las **tecnologías** empleadas: sensores (acelerómetros y sensores de efecto hall) y sistema de adquisición de datos (Tarjeta AD/DA Data Translation, DT 304).
- Descripción de las técnicas de **extracción de características** y selección de las más significativas.
- **Monitorización** de las características seleccionadas
- Proponer una técnica de **detección y diagnóstico de fallos** (mediante vigilancia de umbrales, razonamiento basado en casos, técnicas de proyección PCA, etc.)
- El informe escrito deberá incluir una descripción mediante un **diagrama de bloques** de la **estructura global** del sistema de supervisión diseñado.



Fuentes de documentación

(las marcadas en **negrita** están especialmente relacionadas con el trabajo)

- Libros:
 - **Técnicas para el mantenimiento predictivo y diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas.** Manes Fdez. Cabanas et al. Ed. Marcombo
 - **Sistemas de Supervisión.** Joan Colomer et al. Ed. CEA-IFAC
- Revistas:
 - **Industry Applications Magazine, IEEE**
 - **IEEE Transactions on Industry Applications**
 - **IEEE Transactions on Industry Electronics**
 - Control Systems Magazine, IEEE
 - Control Engineering Practice

Todas ellas están disponibles en biblioteca o en el dominio de UniOvi a través de

<http://ieeexplore.ieee.org> (Revistas de IEEE)

<http://www.sciencedirect.com>

(fin de la presentación)