



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO

Segunda Mesa Proyecto1

pucv.cl

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

Diego Andrés Cisternas Herrera

Valparaíso, 1 de Agosto 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.

Resumen Mesa 1: Marco teórico

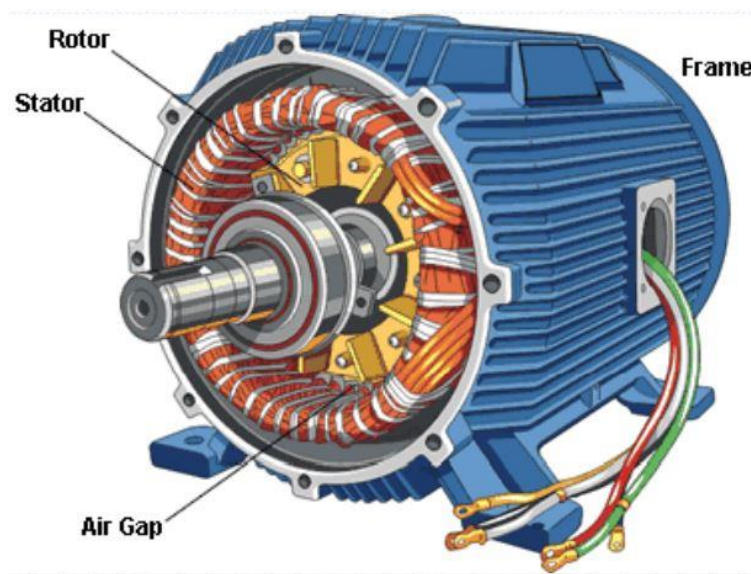
1. Variables eléctricas de estudio
 - Armónicos
 - Transitorios
 - Componentes simétricas
2. Conceptos relevantes del motor de inducción
 - Conceptos básicos del motor y su funcionamiento
 - Fallas más comunes
 - Efectos de la presencia de armónicos
3. Aspectos generales del Variador de Frecuencia (VdF)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

Análisis y simulación en situaciones de interés

1. Motor de inducción en presencia de Variador de Frecuencia
2. Falla de desconexión de una fase del Rotor (10% de los casos de falla)
3. Falla entre espiras del Estator (30-40% de los casos de falla)

Metodología:

- Presentar circuito,
- Ver formas de onda,
- FFT a corriente de estator
- Comentarios

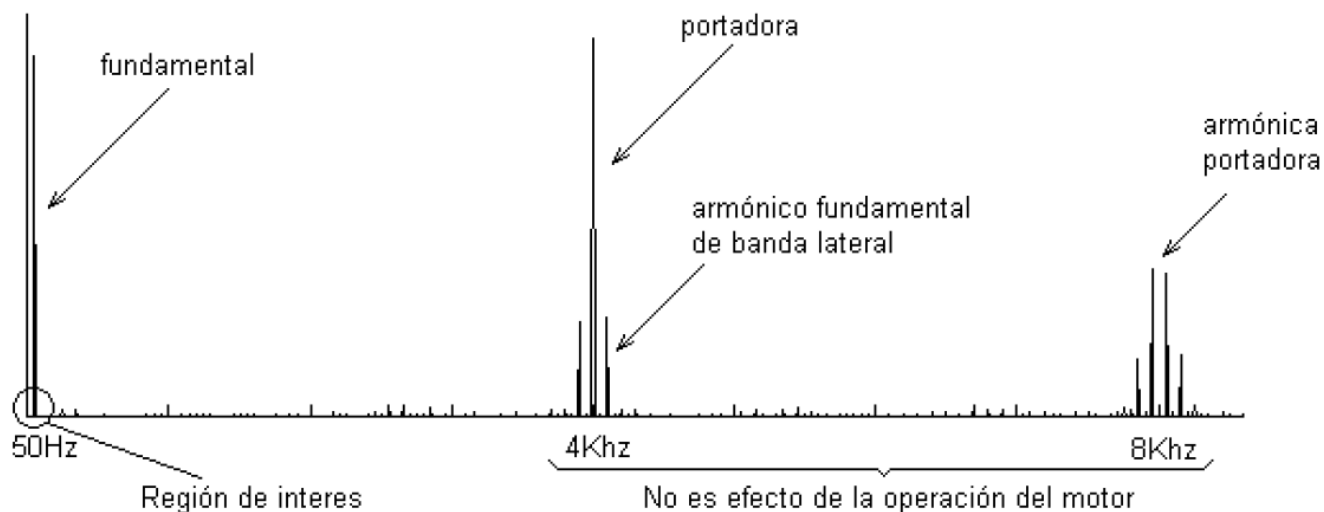


Variador de Frecuencia

- Compuesto por 3 etapas (rectificación, BUS DC, inversor)
- La parte inversora resulta de una modulación PWM (Pulse Width Modulation)
- PWM comparación de señal moduladora (senoidal 50Hz) y señal portadora (triangular centrada en cero de alta frecuencia)
- Señales de tensión cuadradas de amplitud de la alimentación BUS DC (genera armónicos)

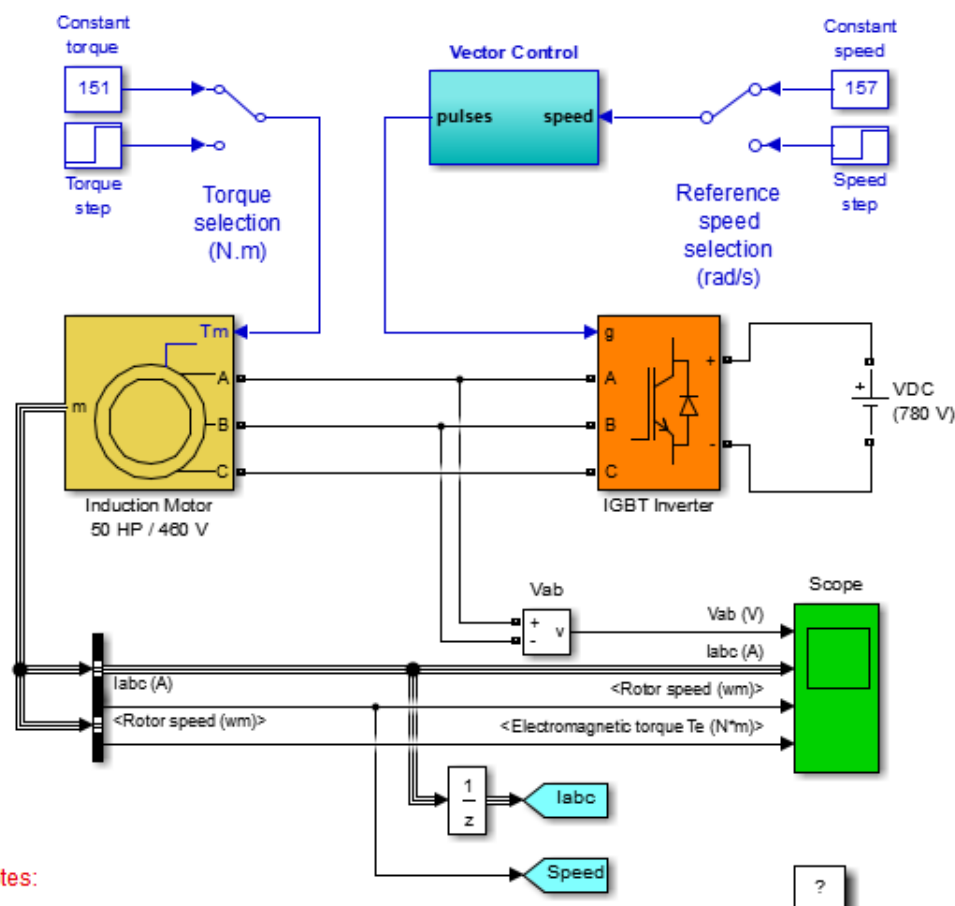
- Espectro típico:

- Inversores multinivel



Variador de Frecuencia

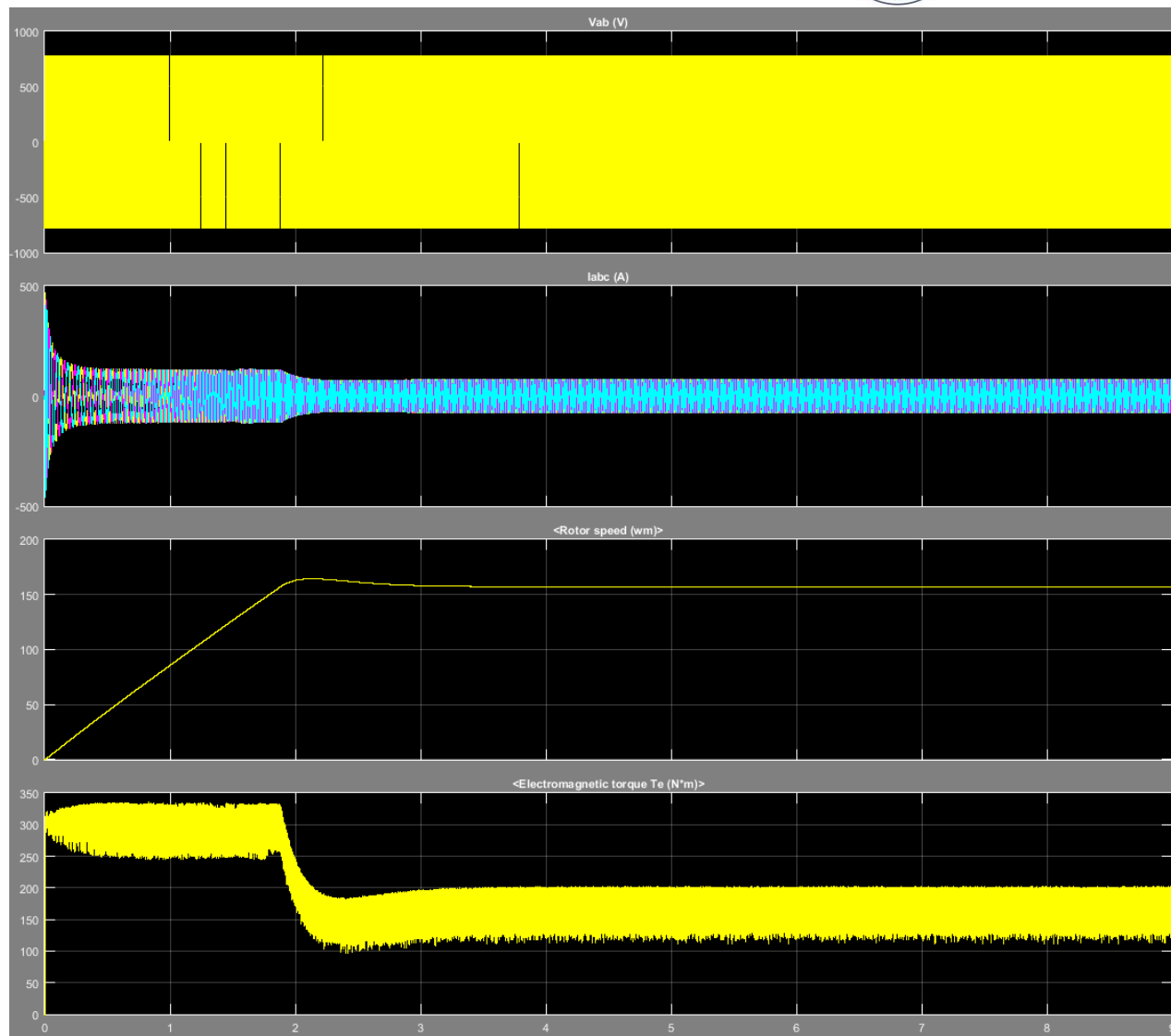
- Simulación de accionamiento durante 9[s].
- Carga de 151[Nm] y velocidad de 157[rad/s]
- Pulsos de comandos para los interruptores es obtenido de bloque control vectorial.
- Motor inducción tipo jaula de ardilla.



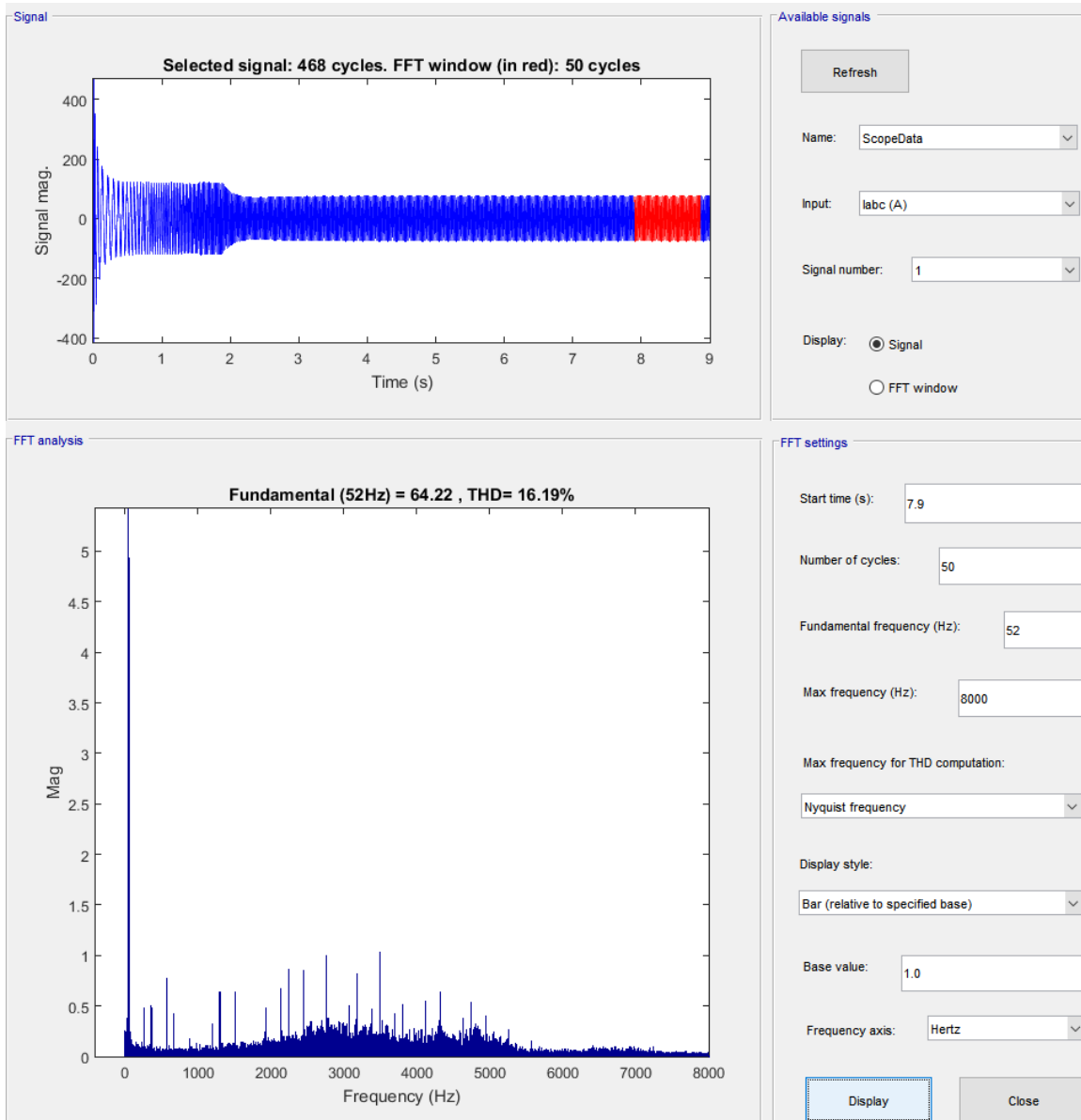
Notes:

Variador de Frecuencia

- Formas de Onda:
- Estacionario 4s
- Tensión PWM
- Corriente armónica
- Velocidad rotor sin mayores perturbaciones
- Torque pulsante en alta frecuencia



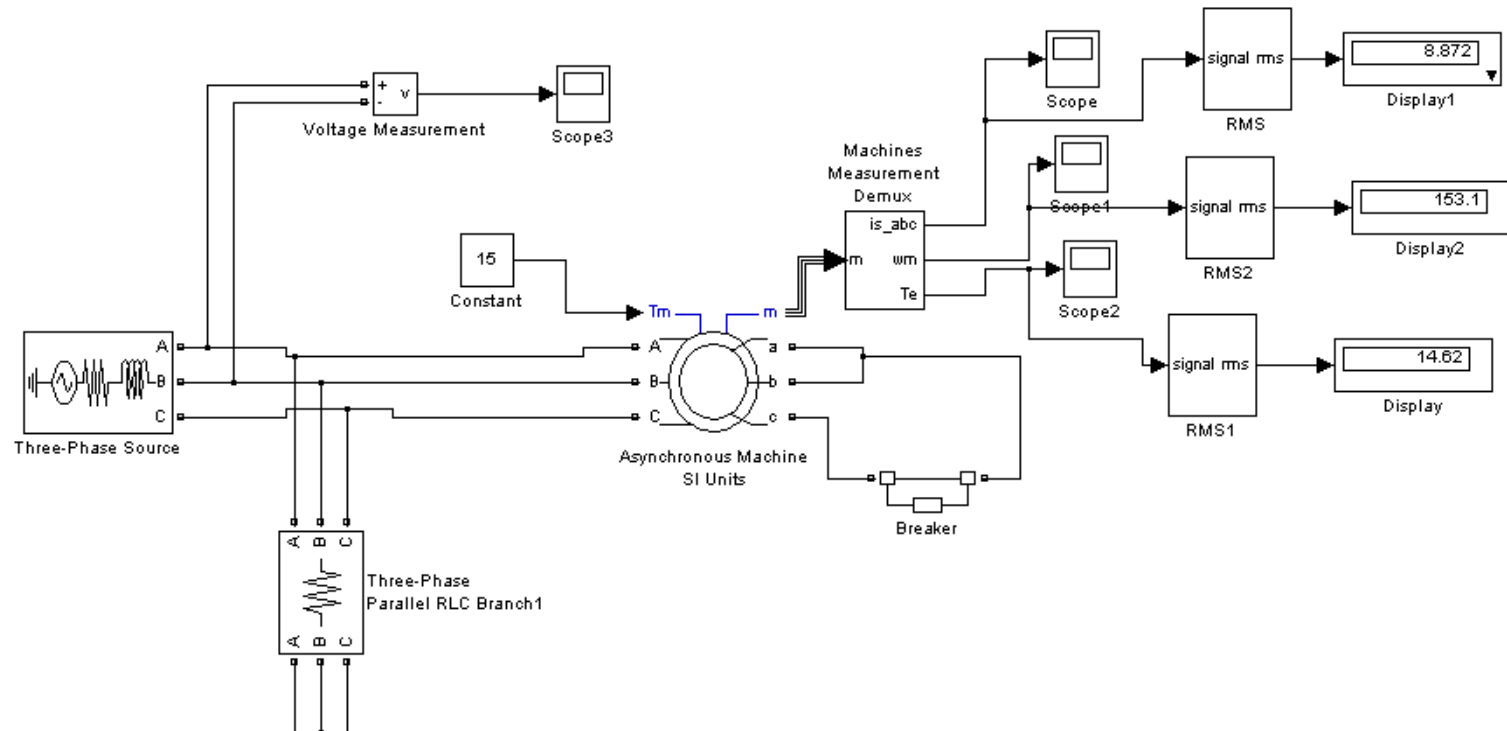
Variador de Frecuencia



- FFT a corriente Fase A del estator
- Considera 50 ciclos desde 7.9s
- Fundamental en 52Hz
- THD=16.19%
- Contenido armónico en alta frecuencia con solo 2 peaks mayores al 1% de la fundamental

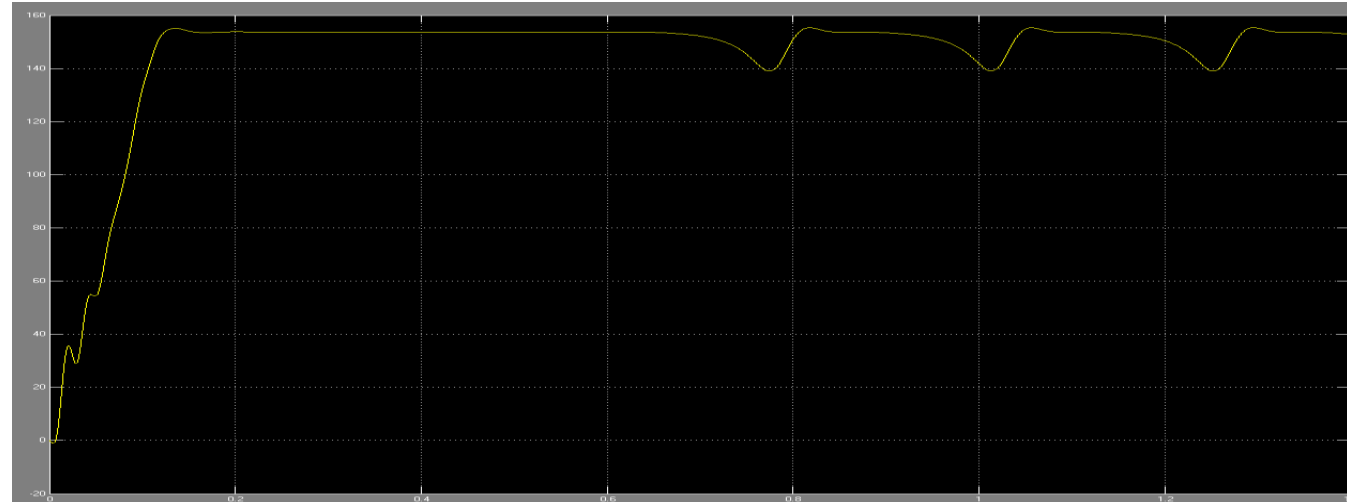
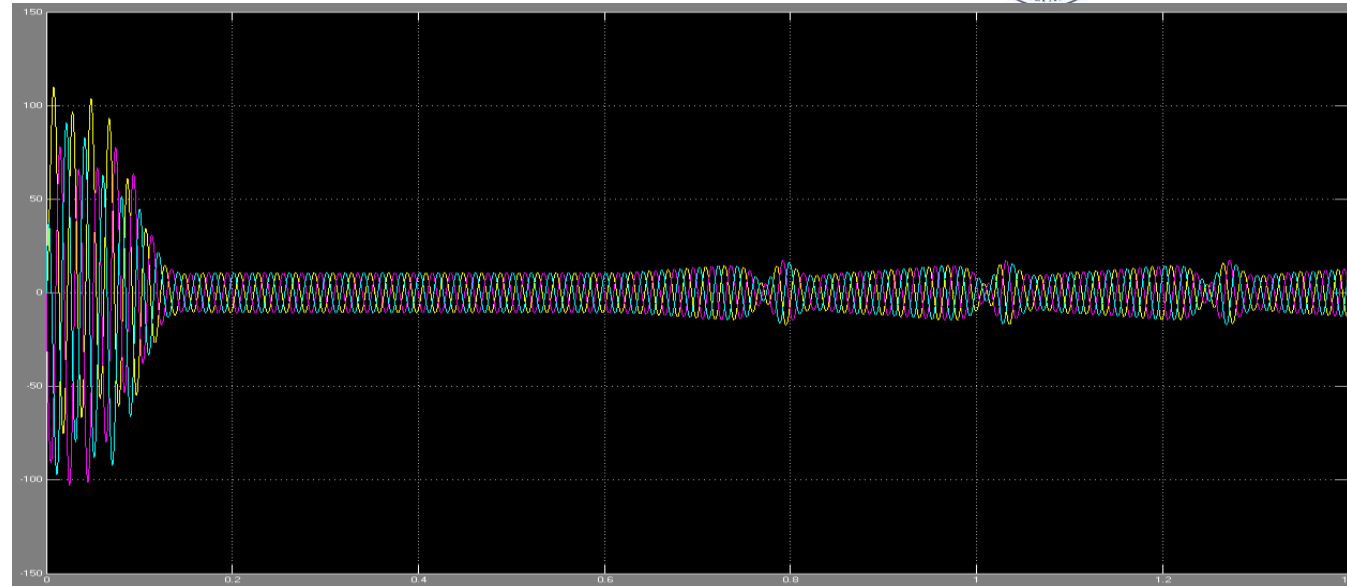
Falla desconexión de una fase del Rotor

- Simulación realizada durante 1.4[s], la desconexión de la fase en 0.6[s] con breaker
- Motor asíncrono de rotor devanado permite tener acceso a los terminales
- Accionado con partida directa y una carga de 15[Nm]



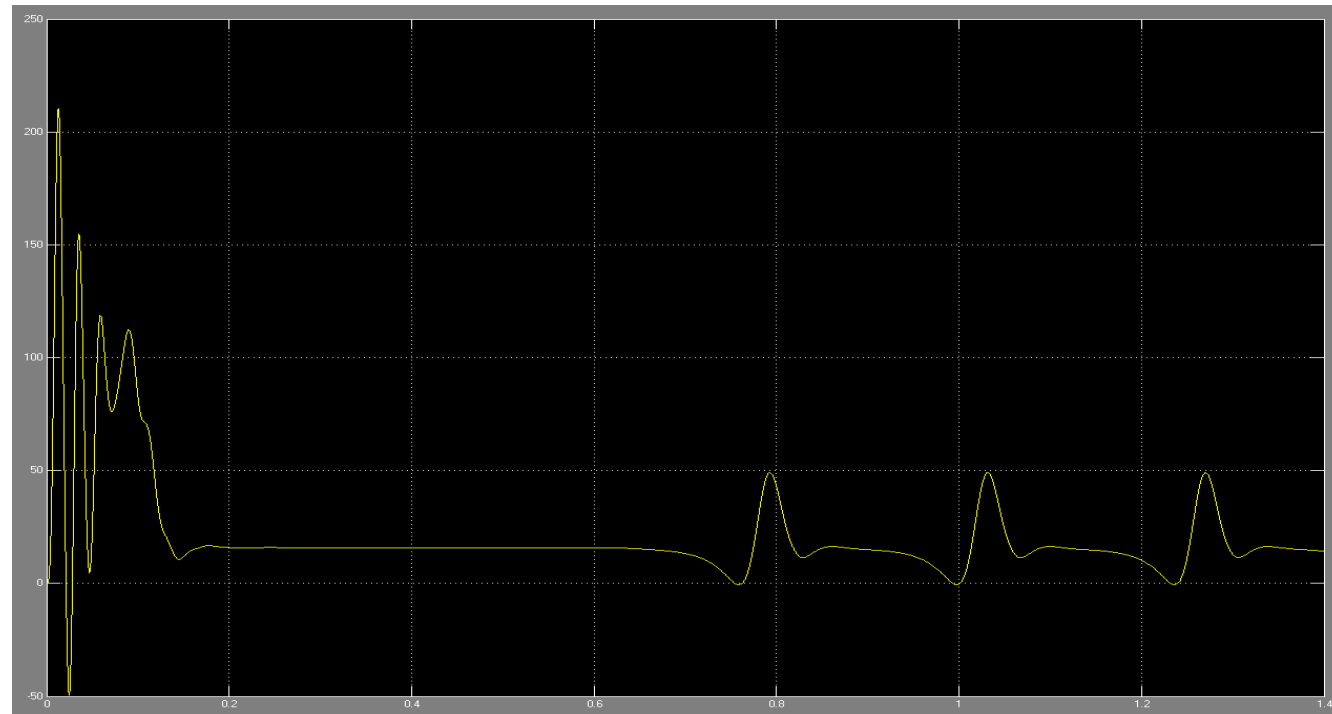
Falla desconexión de una fase del Rotor

- Formas de Onda:
- Corriente estator: ondulación cíclica
- Velocidad rotor: ondula y disminuye su valor medio



Falla desconexión de una fase del Rotor

- Formas de Onda:
- Torque:
ondulación cíclica
llega a cero y
parece mantener
su valor medio

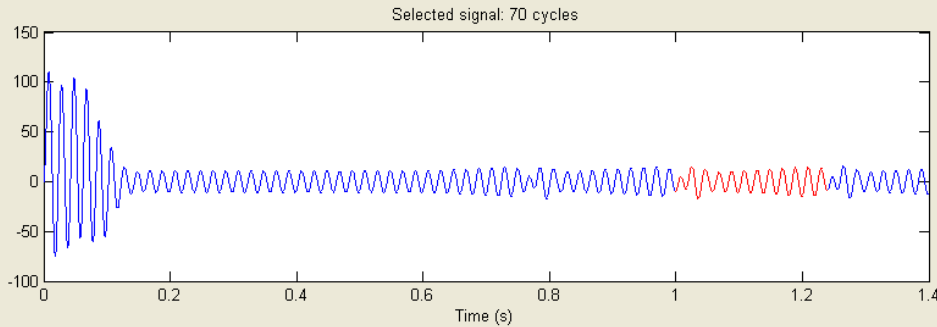


Falla desconexión de una fase del Rotor

Signal to analyze

☒ Display selected signal

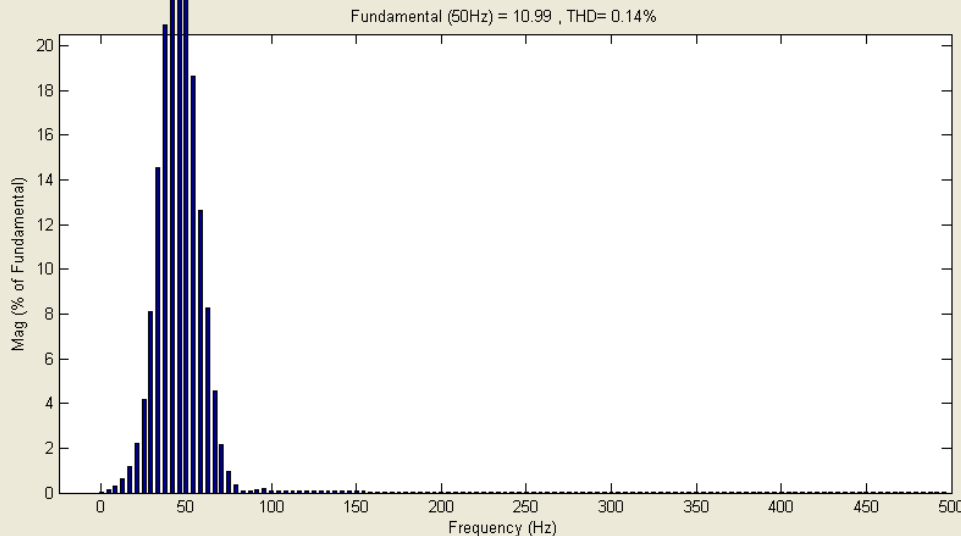
☐ Display FFT window



- FFT corriente Fase A estator
- 12 ciclos desde 1[s]
- Interarmónicos alrededor de 50[Hz]

FFT analysis

FFT analysis

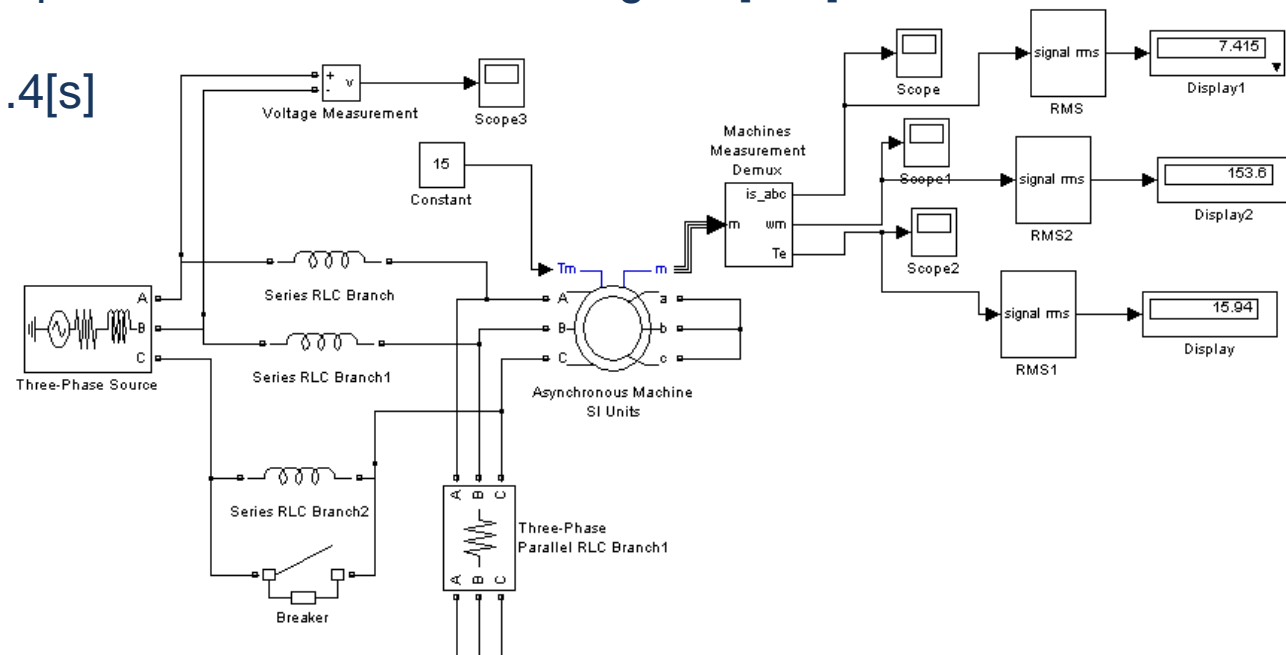


Sampling time = 1e-005 s
Samples per cycle = 2000
Fundamental = 10.99 peak (7.77 rms)
Total Harmonic Distortion (THD) = 0.14%

0 Hz (DC)	0.01 %
4.166667e+000 Hz	0.13 %
8.333333e+000 Hz	0.32 %
1.250000e+001 Hz	0.64 %
1.666667e+001 Hz	1.20 %
2.083333e+001 Hz	2.22 %
25 Hz	4.19 %
2.916667e+001 Hz	8.10 %
3.333333e+001 Hz	14.52 %
3.750000e+001 Hz	20.91 %
4.166667e+001 Hz	23.99 %
4.583333e+001 Hz	23.88 %
50 Hz Fund	100.00 %
5.416667e+001 Hz	18.65 %
5.833333e+001 Hz	12.63 %
6.250000e+001 Hz	8.24 %
6.666667e+001 Hz	4.56 %
7.083333e+001 Hz	2.17 %
75 Hz	0.93 %
7.916667e+001 Hz	0.34 %
8.333333e+001 Hz	0.08 %
8.750000e+001 Hz	0.08 %
9.166667e+001 Hz	0.14 %
9.583333e+001 Hz	0.17 %
100 Hz (h2)	0.11 %
1.041667e+002 Hz	0.08 %
1.083333e+002 Hz	0.08 %
1.125000e+002 Hz	0.08 %
1.166667e+002 Hz	0.08 %

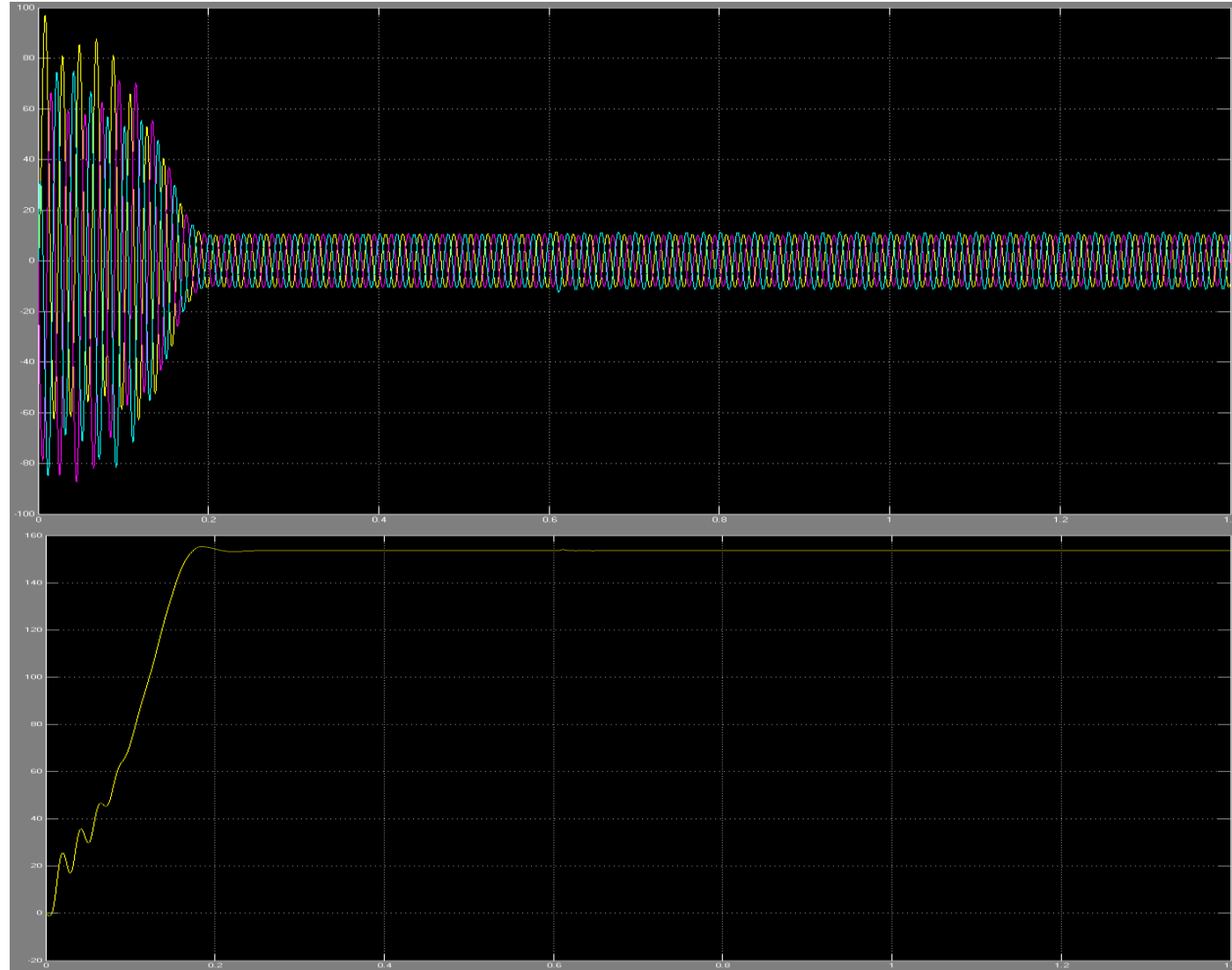
Falla entre espiras del Estator

- Cortocircuito entre espiras, reducción de inductancia estator
- No se tiene acceso al estator en el modelo Simulink, por lo cual para simular se adiciona inductancia en serie en tres fases y en 0.6[s] se cortocircuita una de ellas.
- Motor accionado con partida directa, con una carga 15[Nm]
- Se simula durante 1.4[s]



Falla entre espiras del Estator

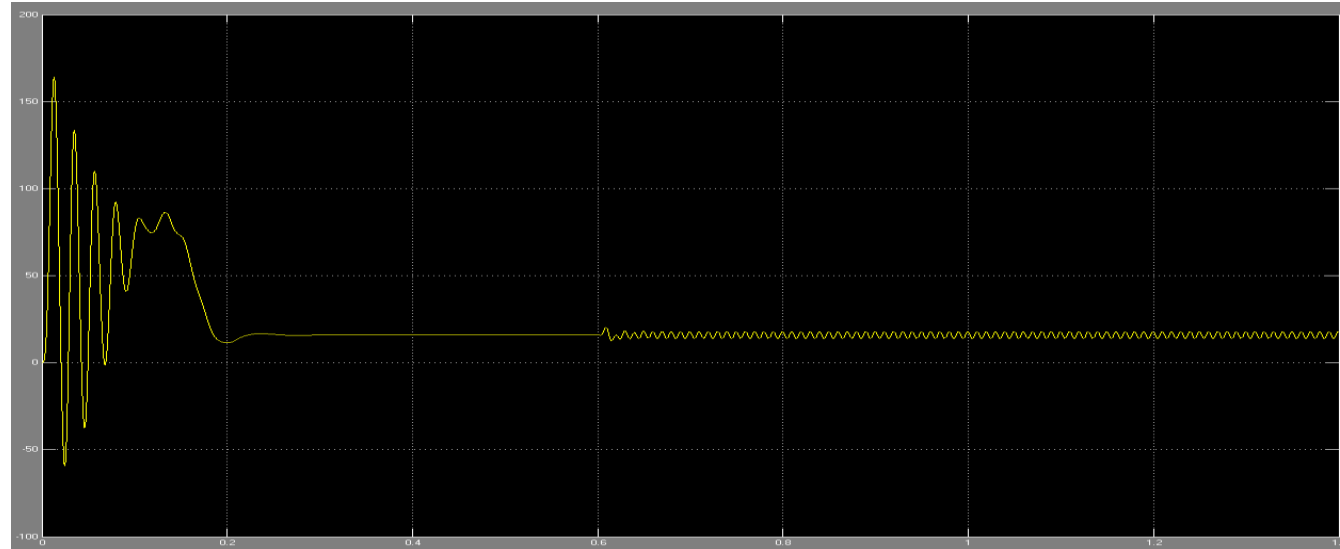
- Formas de Onda:
- Corriente estator:
leve diferencia
desbalance
post-falla
- Velocidad rotor:
ondula y disminuye
su valor medio



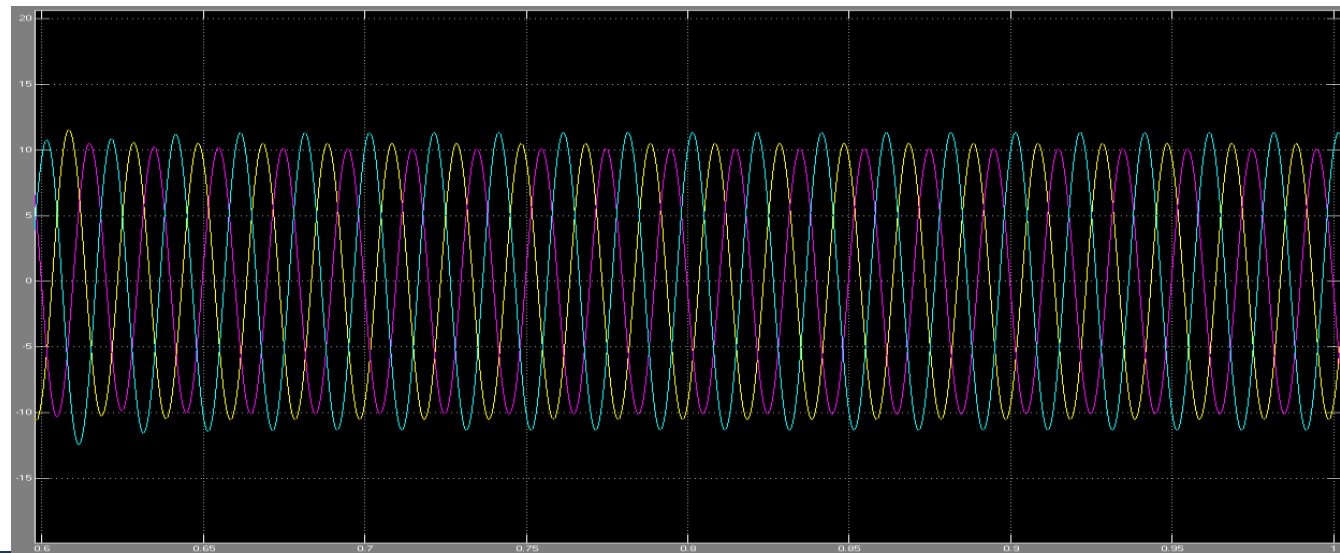
Falla entre espiras del Estator

- Formas de Onda:

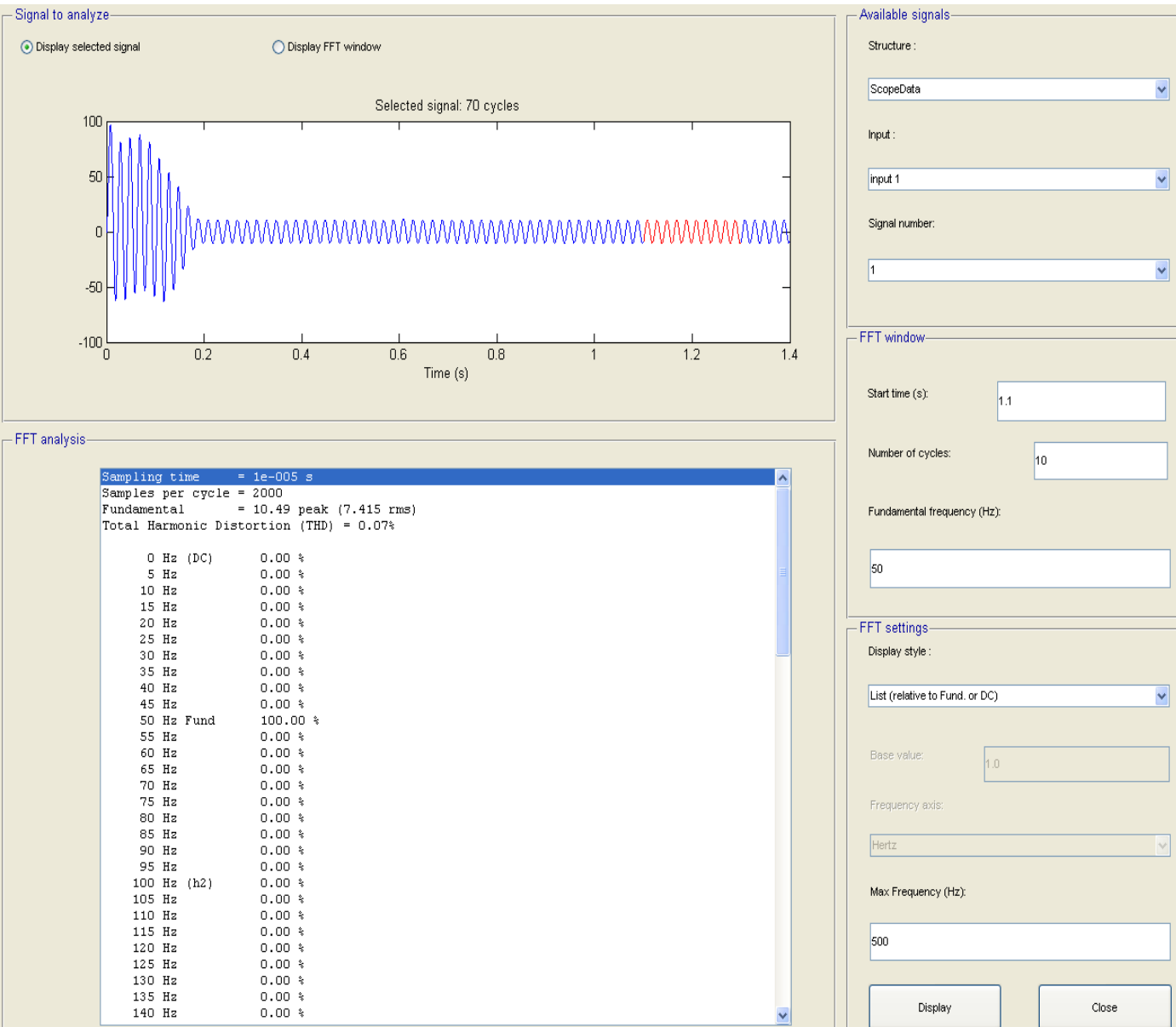
- Torque:
queda oscilando
post-falla



- Corriente 0.6 a 1[s]:
Zoom



Falla entre espiras del Estator



- FFT corriente Fase A estator
- Desde 1.1 [s]
10 ciclos
- Prácticamente sinusoidal
- THD=0.07%

Falla entre espiras del Estator

- Corrientes del estator post-falla no presentan distorsión, pero sí presentan desbalance:

	Fase A	Fase B	Fase C
Corriente estator fundamental peak [A]	10.49	10.09	11.32

- Como es de esperarse la Fase C presenta mayor corriente, puesto que el cortocircuito reduce la impedancia total de esa fase.

Conclusiones

- VdF provoca distorsión armónica de alta frecuencia, se ve reflejado en formas de onda de tensión y corriente, produce torque pulsante en alta frecuencia. Velocidad del rotor no se ve 'contaminada'.
- Falla desconexión de una fase del Rotor, produce oscilación cíclica en la corriente, contaminación interarmónica importante de 20 a 70[Hz], tiene como consecuencia oscilación de velocidad y torque.
- Falla entre espiras misma fase Estator, no genera contenido armónico en la corriente, pero produce desbalance y oscilación en torno al valor medio en el Torque.

Muchas gracias por su atención