



Editorial de la Universidad
Tecnológica Nacional

Funcionamiento de una máquina asincrónica en vacío instalada en la vecindad de un rectificador trifásico

Ing. Diego M. Ferreyra

Trabajo final del curso de posgrado:

Simulación de Componentes Eléctricos con el ATP (*Alternative Transients Program*)

Facultad Regional Santa Fe
Universidad Tecnológica Nacional – U.T.N.
Argentina

2010

Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional – edUTecNe

<http://www.edutecne.utn.edu.ar>

edutecne@utn.edu.ar

© [Copyright] La Editorial de la U.T.N. recuerda que las obras publicadas en su sitio web son de libre acceso para fines académicos y como un medio de difundir el conocimiento generado por autores universitarios, pero que los mismos y edUTecNe se reservan el derecho de autoría a todos los fines que correspondan.

Presentación

El siguiente es el trabajo final requerido para la aprobación del curso de posgrado “**Simulación de Componentes Eléctricos con el ATP: *Alternative Transients Program***”, aprobado por la **Ordenanza nro. 946/2002** del Consejo Superior Universitario de la **Universidad Tecnológica Nacional (UTN)**, y cursado en julio de 2010 en la **Facultad Regional Santa Fe** de la UTN.

Introducción y objetivo

En este estudio, según lo explicitado en la propuesta correspondiente, se analiza un caso concreto de contaminación armónica recurrente en diversos tipos de instalaciones industriales: un accionamiento electrónico que con su funcionamiento normal introduce perturbaciones en la línea que lo alimenta, y una máquina eléctrica asincrónica de menor potencia conectada a esa misma línea de alimentación.

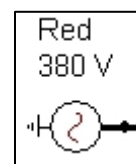
La finalidad es describir el impacto de dicha contaminación armónica sobre el funcionamiento la máquina eléctrica en cuestión, más pequeña comparativamente. Para la implementación, se utilizan datos reales provistos por los fabricantes de los equipos involucrados.

Descripción de los componentes simulados

Red de distribución

Modelo de ATP utilizado:

Fuente de CA de tensión tipo 14 trifásica con conexión a tierra (**AC source type 14, voltage source, 3-phase, degrees, RMS-L-L, grounded**) de 380 V y 50 Hz



Fundamentación teórica:

Este componente es simplemente una fuente ideal sin impedancia interna destinada a simular la red de distribución que alimenta este sistema, sin considerar aún su potencia de cortocircuito. Si bien más adelante se supone la inclusión de un transformador de distribución para reducción de 13,2 kV a 380 V, se reducen todos los valores a la referencia de baja tensión, comenzando por esta fuente.

Impedancia de red

Modelo de ATP utilizado:

Rama RLC trifásica (**RLC3, 3-phase**)



Fundamentación teórica:

Se estima una potencia de cortocircuito disponible aguas arriba del transformador de unos 300 MVA. Este dato es bastante coherente con los valores de potencia de cortocircuito disponible en la red de media tensión de San Francisco, muy cerca de la central de generación local de EPEC. Se debe convenir que éste no es un dato crítico, ya que por lo general la impedancia de un transformador de distribución resulta mucho más importante que la impedancia de la red. De hecho, en estos casos es muy habitual suponer que la red tiene una potencia de cortocircuito infinita.

Sin embargo, se procede a determinar las componentes de la impedancia equivalente de la fuente:

$$Z_s = \frac{U^2}{S} = \frac{(0,380 \text{ kV})^2}{300 \text{ MVA}} = 4,81 \times 10^{-4} \Omega = 0,481 \text{ m}\Omega$$

Adoptando los valores habituales de $\cos \varphi = 0,15$ y $\text{sen } \varphi = 0,98$, se tienen:

$$R_s = Z_s \cdot \cos \varphi = 0,481 \text{ m}\Omega \times 0,15$$

$$R_s = 0,072 \text{ m}\Omega$$

$$X_s = Z_s \cdot \text{sen } \varphi = 0,481 \text{ m}\Omega \times 0,98 = 0,471 \text{ m}\Omega$$

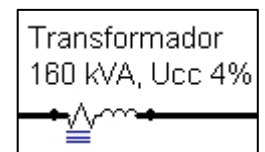
$$L_s = \frac{X_s}{2\pi \cdot f} = \frac{0,471 \text{ m}\Omega}{2\pi \cdot 50 \text{ Hz}}$$

$$L_s = 1,5 \times 10^{-3} \text{ mH} = 1,5 \text{ }\mu\text{H}$$

Transformador

Modelo de ATP utilizado:

Rama RLC trifásica (**RLC3**, 3-phase)



Fundamentación teórica:

Dado que el foco de este trabajo está puesto en el funcionamiento de una máquina eléctrica giratoria asincrónica, no se implementa un modelo más detallado del transformador, sino que se lo describe simplemente con su impedancia serie. Se estaría dejando de lado así la característica de transferencia del transformador, pero sin mayores problemas para este análisis, que se concentra en el lado de baja tensión.

Se supone un transformador de distribución de valores nominales 160 kVA, 13,2 kV / 410 V, $U_{CC} = 4\%$, $W_{CC} = 2500 \text{ W}$. A partir de estos datos, se obtienen su resistencia e inductancia serie:

$$R_T = \frac{W_{CC} \cdot U_n^2}{S_T^2} = \frac{2500 \text{ W} \times (410 \text{ V})^2}{(160 \text{ kVA})^2}$$

$$R_T = 0,01642 \text{ }\Omega = 16,42 \text{ m}\Omega$$

$$X_T = \sqrt{\left(\frac{U_{CC}}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_T}\right)^2 - R_T^2} = \sqrt{\left(\frac{4}{100} \times \frac{(410 \text{ V})^2}{160 \text{ kVA}}\right)^2 - (0,01642 \text{ }\Omega)^2} = \sqrt{(0,04202 \text{ }\Omega)^2 - (0,01642 \text{ }\Omega)^2}$$

$$X_T = 0,03868 \text{ }\Omega = 38,68 \text{ m}\Omega$$

$$L_T = \frac{X_T}{2\pi \cdot f} = \frac{38,68 \text{ m}\Omega}{2\pi \times 50 \text{ Hz}}$$

$$L_T = 0,123 \text{ mH}$$

Línea desde el transformador hasta el Tablero General de Baja Tensión (TGBT)

Modelo de ATP utilizado:

Rama RLC trifásica (**RLC3**, 3-phase)



Fundamentación teórica:

Se supone un tramo de 10 m de conductores de 195 mm² para llevar la alimentación desde el secundario del transformador hasta la entrada del TGBT. Para la determinación de la resistencia óhmica de estos conductores, se utiliza la resistividad a su temperatura límite de funcionamiento de 90 °C, de modo que se considera la alternativa más desfavorable, y por ende más conservadora. Para la determinación de la reactancia inductiva de estos conductores, se recurre a un factor empírico relacionado con la longitud aplicable a esta disposición unifilar:

$$R_{LTT} = \rho_{Cu-90^\circ} \cdot \frac{l}{A} = 0,0214 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \times \frac{10 m}{195 mm^2} = 0,011 \Omega$$

$$R_{LTT} = 1,1 m\Omega$$

$$X_{LTT} \cong 0,12 \cdot l [m \rightarrow m\Omega] = 0,12 \times 10$$

$$X_{LTT} = 1,2 m\Omega$$

$$L_{LTT} = \frac{X_{LTT}}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{1,2 m\Omega}{2 \cdot \pi \times 50 Hz} = 0,0038 mH$$

$$L_{LTT} = 3,8 \mu H$$

Blindobarras de distribución en BT

Modelo de ATP utilizado:

Rama RLC trifásica (**RLC3**, 3-phase)

Fundamentación teórica:

Se supone un tendido de 80 m de blindobarras marca Novobarra, modelo BB250, compuesto por dos tramos de 40 m cada uno, hasta el punto de alimentación del accionamiento electrónico (Figura 1). Los datos fundamentales provistos por el fabricante son los siguientes:

- Intensidad nominal I_n a 35 °C ambiente: 250 A
- Sección por fase: 97 mm²
- Resistencia por fase a I_n y 20 °C ambiente: 0,2248 mΩ/m
- Reactancia por fase a 50 Hz: 0,1521 mΩ/m
- Impedancia por fase a I_n , 20 °C ambiente y 50 Hz: 0,2714 mΩ/m

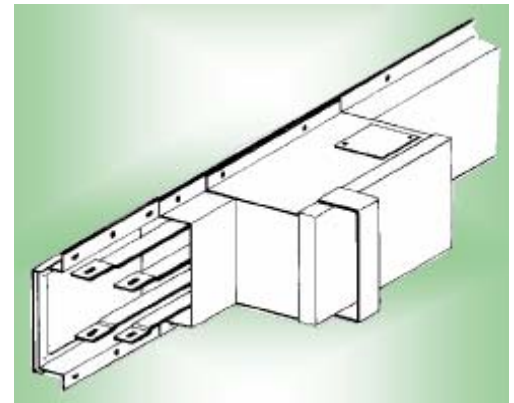
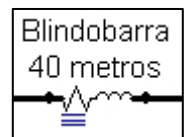


Figura 1. Blindobarras NOVOBARRA BB250

A partir de estos valores, se pueden obtener la resistencia y la reactancia representativas de cada uno de los dos tramos de 40 m conectados en serie:

$$R_{BB} = r_{BB} \cdot 40 m = 0,2248 m\Omega / m \times 40 m$$

$$R_{BB} = 9 m\Omega$$

$$X_{BB} = x_{BB} \cdot 40 m = 0,1521 m\Omega / m \times 40 m = 6 m\Omega$$

$$L_{BB} = \frac{X_{BB}}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{6 m\Omega}{2 \cdot \pi \times 50 Hz}$$

$$L_{BB} = 0,195 mH$$

De manera similar que para el caso de los cables, estos valores resultan bastante conservadores, debido a que se considera la resistividad de las blindobarras a su corriente nominal, pero en esta aplicación se las hace trabajar a poco más de la mitad de ese valor.

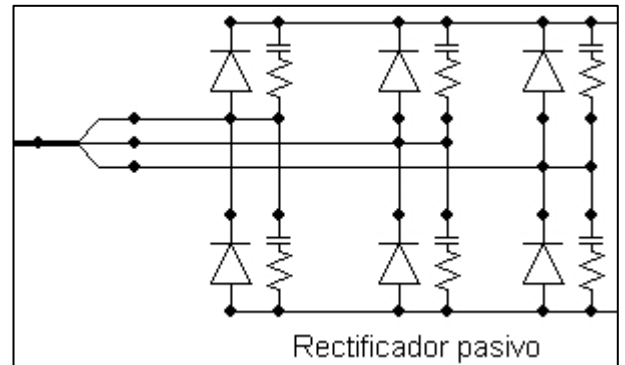
Rectificador pasivo

Modelo de ATP utilizado:

Puente de diodos genéricos, interruptor simple tipo 11 (**Diode. Simple TYPE 11 switch**), cada diodo con un circuito amortiguador de transitorios (*snubber*) representado con una rama RLC monofásica (**RLC**) donde $R = 33 \Omega$ y $C = 1 \mu F$

Fundamentación teórica:

No se ajustan mayores detalles sobre estos componentes, ya que sólo se requiere la rectificación de la tensión alterna de entrada y no se analizan los detalles de su funcionamiento interno.



Bus de corriente continua

Modelo de ATP utilizado:

Resistencias simples (**RESISTOR**), condensador simple (**CAP_U0**) e interruptor controlado por tiempo (**TSWITCHT**, *Time-controlled switch with RECLOSE option*)

Fundamentación teórica:

Según lo relevado sobre un convertidor de frecuencia comercial (Figura 2), se cuenta con los valores del condensador representativo del bus de corriente continua ($5640 \mu F$) y de la resistencia de precarga o inserción (10Ω), que está prevista para evitar que la carga del puente rectificador se presente como un cortocircuito cuando se comienza a alimentar el sistema con el condensador descargado. Una vez estabilizada la tensión en el bus de corriente continua, esta resistencia de precarga se desvía por medio del interruptor controlado por tiempo. El instante en que se cierra este interruptor ($0,12 s$) se determinó comprobando que el pico de corriente que se produce en el momento de su cierre resultara razonablemente reducido, aunque no se cotejó el valor de tal corriente con valores límites de los semiconductores del puente rectificador, como debería haberse hecho en la práctica.

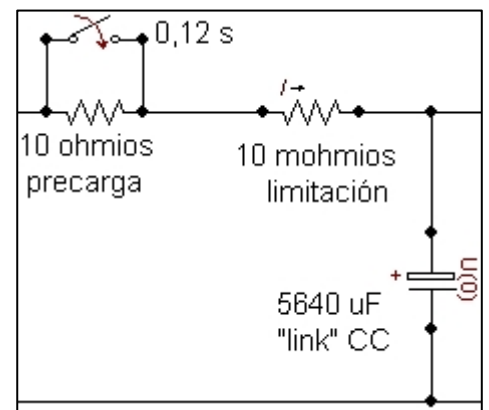


Figura 2. Convertidor de frecuencia comercial de referencia

La resistencia denominada “de limitación” simplemente representa la pequeña impedancia de ese tramo de circuito que se interpone entre el puente rectificador y el bus de corriente continua.

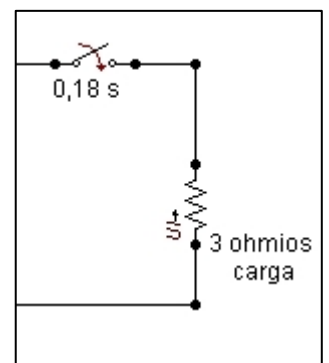
Carga del bus de corriente continua (carga del convertidor)

Modelo de ATP utilizado:

Resistencia simple (**RESISTOR**) e interruptor controlado por tiempo (**TSWITCHT**, *Time-controlled switch with RECLOSE option*)

Fundamentación teórica:

No se simula la conversión de corriente continua a alterna, sino que sólo se establece una carga en corriente continua. En la práctica, podría simularse adicionalmente el puente inversor de seis pulsos que debería alimentar el modelo de la máquina asíncrona de $75 kW$ antes mencionada.



Frame	: 132M	Service factor	: 1,00
Output	: 7.5 kW	Duty cycle	: S1
Frequency	: 50 Hz Hz	Ambient temperature	: 40
Poles	: 4	Altitude	: 1000 m.a.s.l
Rated speed	: 1455	Enclosure	: IP55
Slip	: 3,00	Aprox. weight	: 59,8 kg
Rated voltage	: 380/660 V	Moment of inertia	: 0,04652 kgm ²
Rated current	: 15,6/8,97 A	Sound Pressure Level	: 60 db(A)
L. R. Amperes	: 104/60,1 A		
II/In	: 6,7	Bearing	Front 6308 ZZ Rear 6207 ZZ
No load current	: 8,42/4,85 A	Regreasing int.	--- ---
Rated torque	: 49,25 Nm	Grease amount	--- ---
Locked rotor torque	: 210 %		
Breakdown torque	: 290 %		
Design	: N		
Insulation class	: F		
Locked rotor time	: 8 s (hot)		
		PERFORMANCE UNDER LOAD	
		Load	Power factor Efficiency (%)
		100%	0,84 87,0
		75%	0,77 86,5
		50%	0,63 85,0

Figura 4. Valores nominales del motor de 7,5 cuyo funcionamiento se desea observar

Se utiliza un modelo genérico de ATP que trata al motor con la transformación $qd0$, con sus características adecuadas a las de la máquina real. La transformación $qd0$, (Figura 5) ideada para resolver las ecuaciones fundamentales de funcionamiento de las máquinas eléctricas rotativas, permite representar sistemas trifásicos de magnitudes electromagnéticas en sistemas de dos componentes perpendiculares, q y d, más una tercera componente, 0, que pone en manifiesto el grado de desequilibrio en las tres componentes originales.

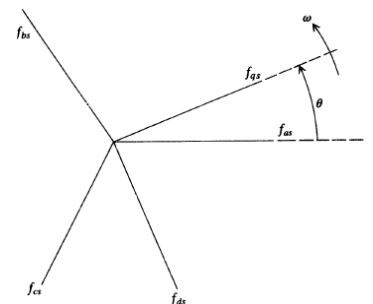


Figura 5. Transformación $qd0$

Es de destacar que este motor, que es el que en definitiva se desea estudiar con mayor profundidad, es de un orden de magnitud menor que el alimentado por medio del convertidor de frecuencia.

Se utiliza la aplicación **Windsyn v. 1.0.c**, desarrollada por **Gabor Furst Consultants, Inc.**, para obtener con los datos de placa del motor los elementos de su circuito equivalente en componentes $qd0$, de manera de poder introducir directamente esos datos en el modelo de máquina previsto en ATP. También se recurre a algunos datos obtenidos de los modelos predefinidos que se incluyen en el módulo **SimPowerSystems** de **Simulink**[®], componente de **MATLAB**[®].

Los siguientes son los datos ingresados a dicha aplicación Windsyn:

Input data			
rotor type	Single		
System fequency	Hz	-----	50
Rated voltage	kV	-----	0,38
Horse power rating	hp	-----	10
Synchronous speed	r.p.m.	-----	1500
Rated power factor		-----	0,84
Full load slip	%	-----	3
Full load efficiency		-----	0,87
Direct across line starting current	p.u.--		6,7
Starting torque	. p.u.	-----	2,1
Inertia	. kg.m ²	-----	,04
Load torque	N-m	-----	46,72
Leakage reactance saturation			
threshold current	p.u.	-----	2

Los siguientes son los resultados obtenidos de Windsyn, que constituyen los datos que se ingresan en el modelo de la máquina universal en el archivo de ATP:

```

Coil parameters for the U.M.machine
  inductances in Henrys, resistances in ohms
=====
Direct axis common inductance    lm      ,078043
Quad. axis common inductance     lm      ,078043

Stator coils
stator resitance                  rs      1,160933
stator leakage inductance unsaturated lstn ,002665
stator leakage inductance saturated lsts  ,001832

Rotor coils
#1 coil resistance                 rrot1   ,721216
#1 leakage inductance unsaturated lrot1n ,002665
#1 leakage inductance saturated   lrot1s ,001832
Rotor coils q axis same as for the d axis

```

- Condensador representativo del momento de inercia:

A partir de los datos provistos por el fabricante de la máquina, se sabe que su momento de inercia es de unos 0,04652 kg.m. Entonces:

$$C = 0,04652 \text{ F} = 46.520 \mu\text{F}$$

- Resistencia representativa del factor de fricción:

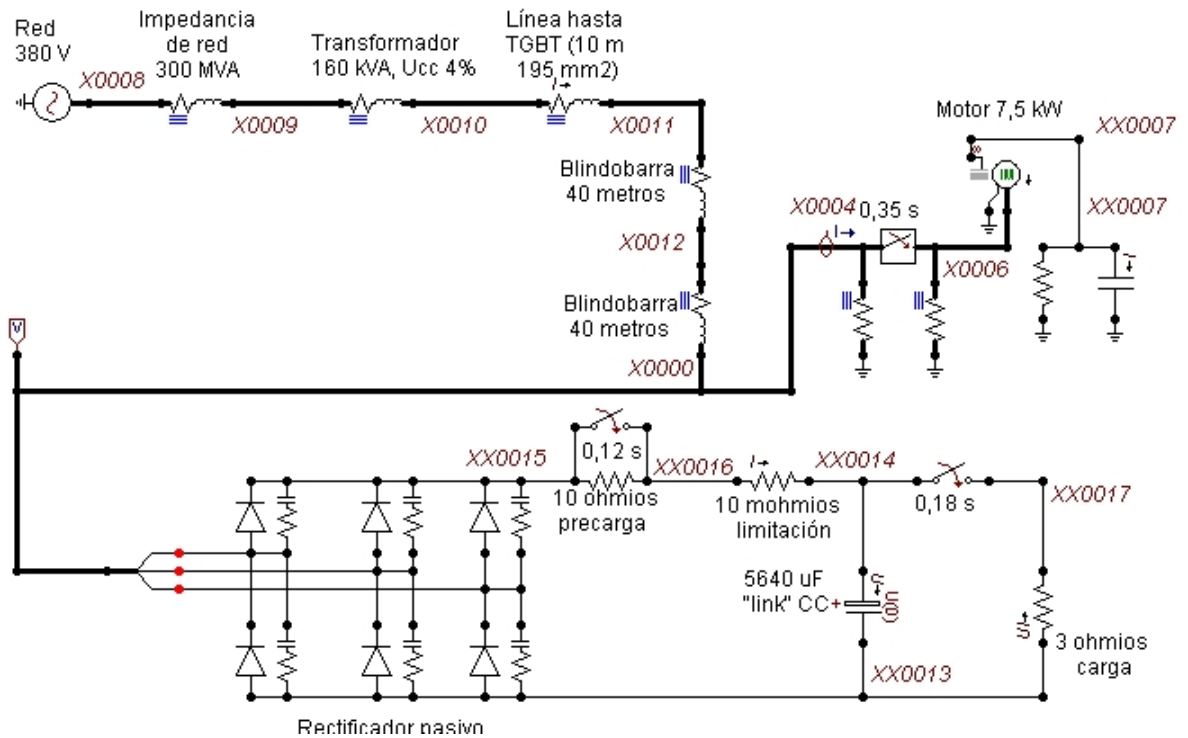
A partir de los datos obtenidos de un modelo predefinido de Simulink similar al requerido, se adopta un factor de fricción de 0,000503 N.m.s. Entonces:

$$R = \frac{1}{0,000503} [\Omega]$$

$$R = 1988 \Omega$$

A ambos lados del interruptor que conecta este motor de 7,5 kW a los 0,35 s, se conectan sendas ramas trifásicas puestas a tierra de $10^8 \Omega$ de resistencia por fase cada una. Su finalidad es evitar los problemas de convergencia que se producen en los cálculos que realiza el EMTP al quedar dos nodos de la red desconectados.

A continuación, se muestra el circuito completo donde se introdujeron todos los componentes antes enumerados.



Funcionamiento del circuito y resultados obtenidos

La siguiente es la evolución en el tiempo de la corriente que atraviesa la resistencia interna de precarga de $10\ \Omega$ del bus de corriente continua (Figura 6). Se comprueba que hasta los $0,12\ s$ la corriente va decayendo exponencialmente debido a la carga gradual del banco de condensadores del bus de corriente continua. En ese instante, se conecta el interruptor que desvía dicha resistencia de precarga y se produce un pico de corriente que completa la carga del capacitor de manera tal que la corriente se hace cero. Posteriormente, a los $0,18\ s$, se cierra el interruptor que conecta la carga del bus de corriente continua y el funcionamiento del rectificador trifásico entra en régimen.

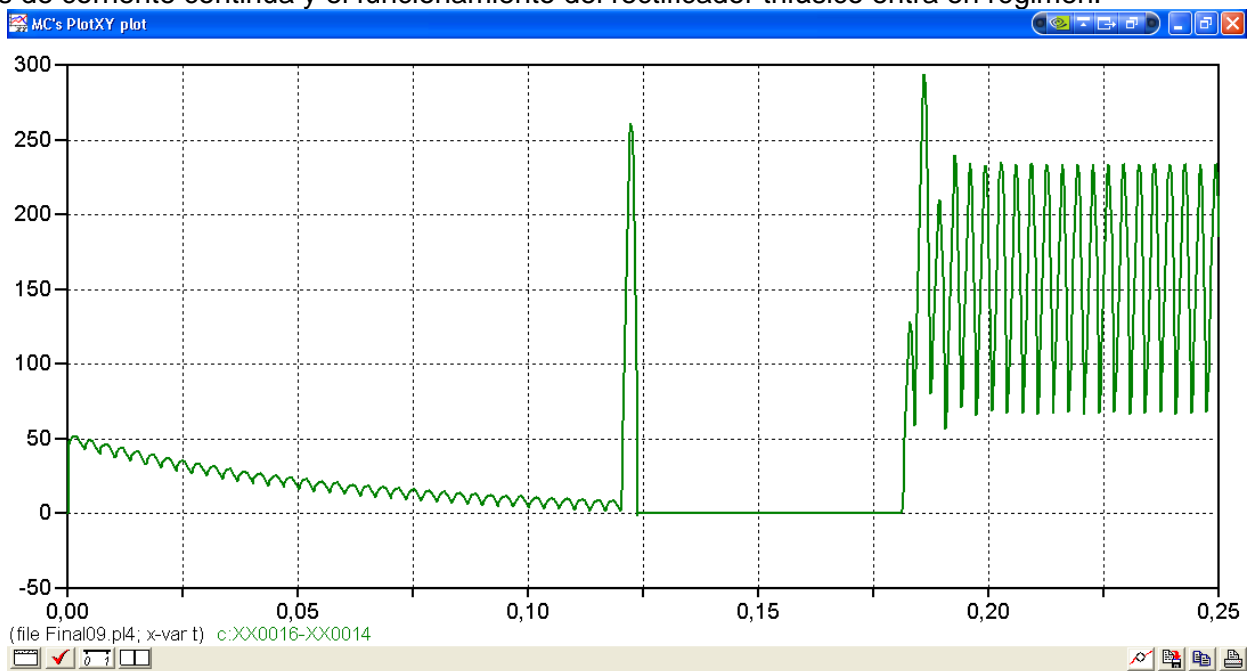


Figura 6. Evolución de la corriente del bus de corriente continua

La siguiente es la evolución de la tensión del bus de corriente continua (Figura 7), que se condice con la explicación anterior sobre la corriente que carga el grupo de condensadores. Con la evolución de estos dos parámetros, se muestra la puesta en régimen del rectificador trifásico que representa la etapa de entrada del convertidor de frecuencia simulado.

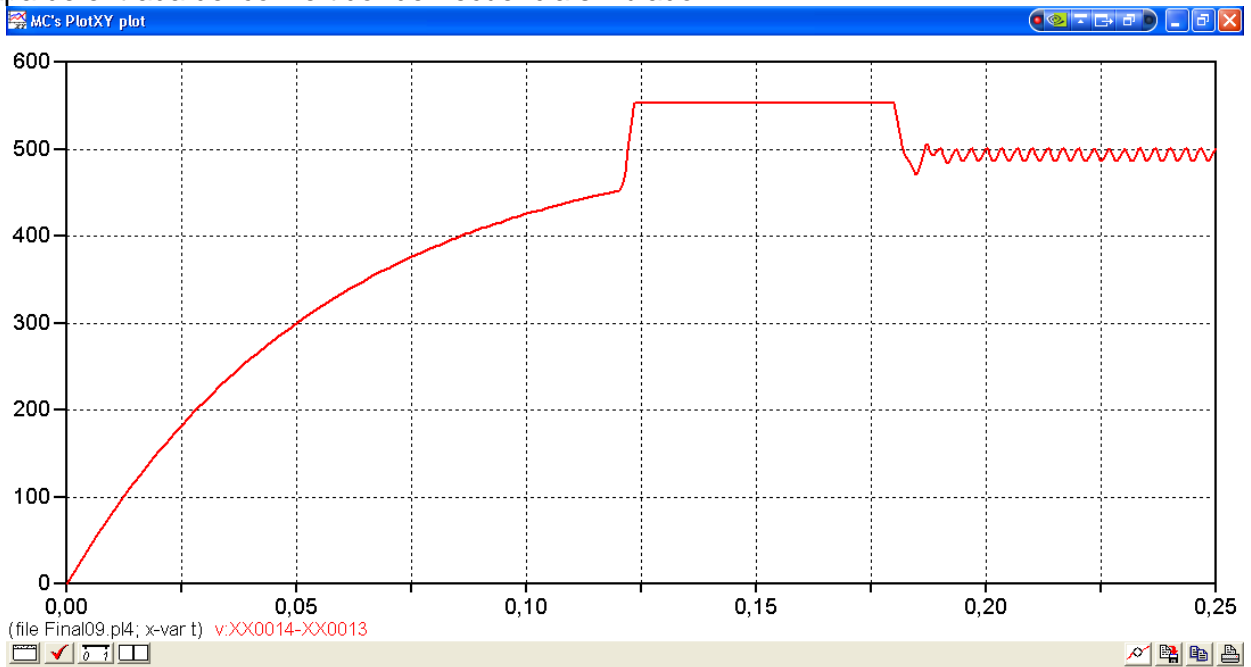


Figura 7. Evolución de la tensión del bus de corriente continua

Correspondientemente, la siguiente es la corriente de una de las fases de alimentación de este rectificador (Figura 8), donde se nota la correspondencia con el funcionamiento ya explicado: una corriente inicial de precarga de los condensadores que disminuye gradualmente, el pico de corriente de los 0,12 s, un período de corriente casi nula hasta los 0,18 s, y a partir de allí un funcionamiento en régimen donde se observa la forma de onda típica de un rectificador trifásico.

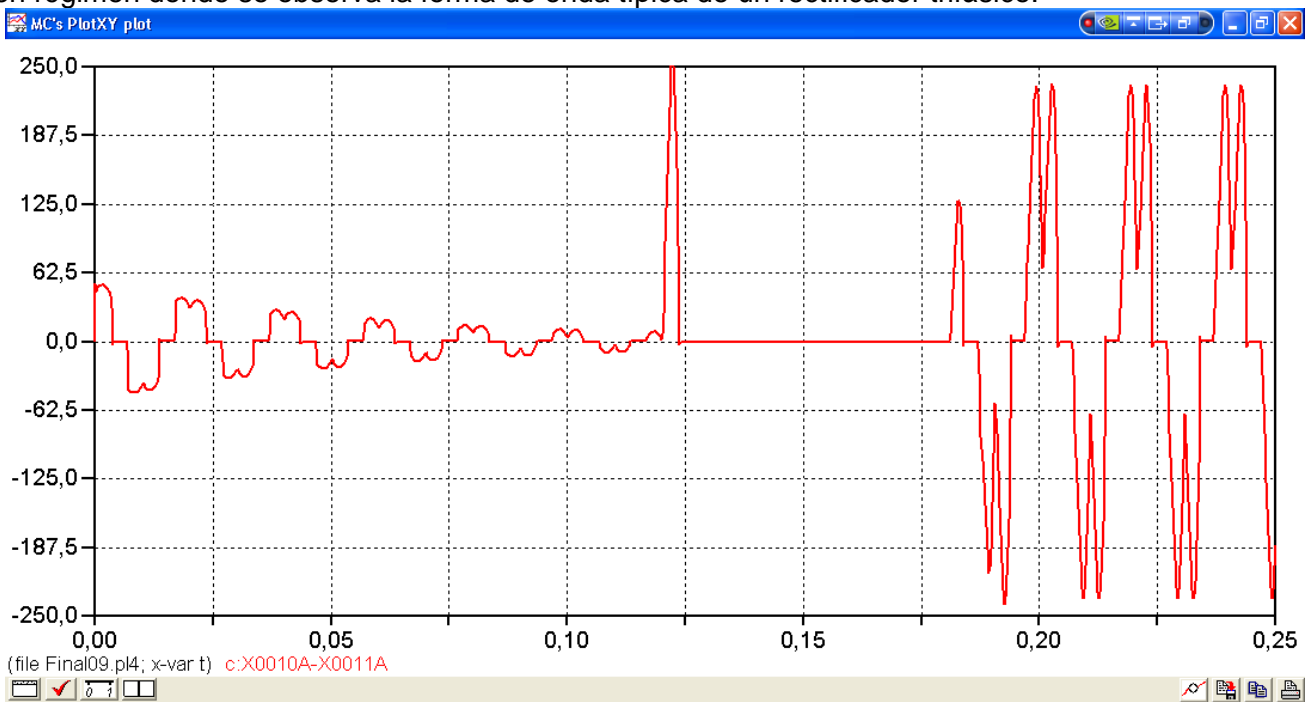


Figura 8. Evolución de la corriente en una de las fases de alimentación del rectificador

Similarmente, la siguiente es la tensión en una de las fases a los bornes del rectificador (Figura 9), donde se muestra la incidencia de las formas de onda de corriente sobre la caída de tensión.

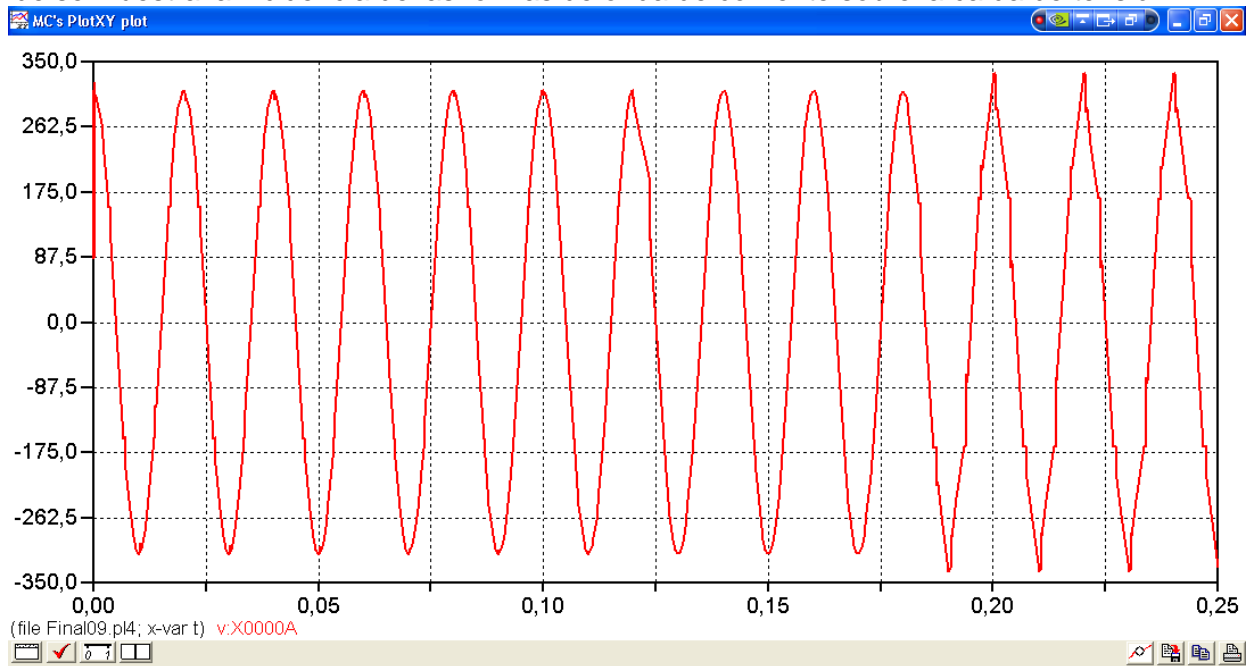


Figura 9. Evolución de la tensión en una de las fases de alimentación del rectificador, a los bornes de éste

La siguiente es la misma tensión a los bornes del rectificador, pero desde los 0,30 s hasta el tiempo final (0,60 s) (Figura 10). A partir de los 0,35 s, se comienza a alimentar el motor de 7,5 kW.

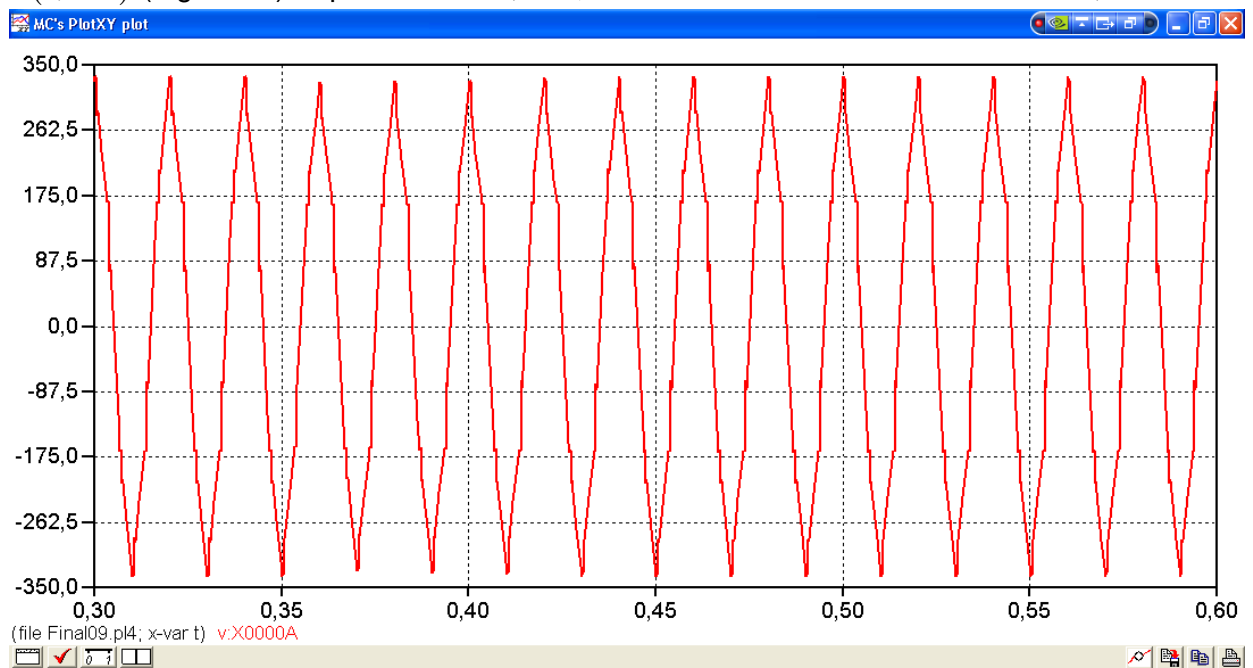


Figura 10. Evolución de la tensión en una de las fases de alimentación del rectificador, a los bornes de éste

Se adjunta a continuación el análisis de Fourier de esta onda de tensión en valores por unidad para el último ciclo analizado (Figura 11), donde se miden un 6,28% de quinta armónica de tensión ($13,43 V_{RMS}$) y un 3,09% de séptima armónica de tensión ($6,61 V_{RMS}$) superpuestas a la fundamental

($213,7 V_{RMS}$). Como es conocido debido a la forma de onda de corriente de estos rectificadores, también se observa la presencia de los pares de armónicas de orden 11 y 13, 17 y 19, y 23 y 25, pero sus valores son de importancia decreciente.

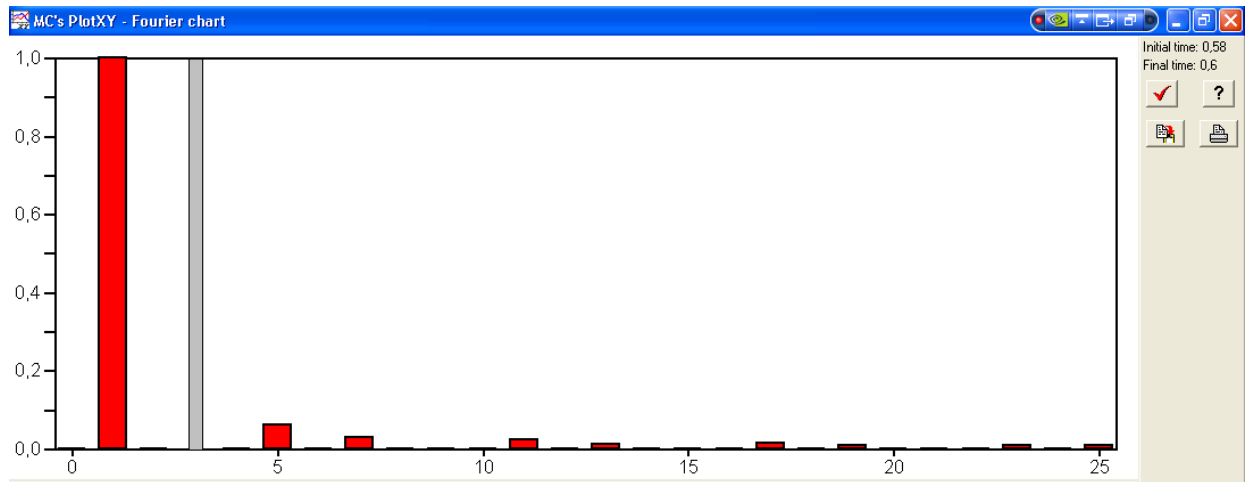


Figura 11. Armónicas de la tensión en una de las fases de alimentación del rectificador, a los bornes de éste

A continuación, se muestra la evolución de la corriente consumida por el motor de $7,5 kW$ (Figura 12), acompañada de un análisis de Fourier en valores por unidad del último ciclo simulado (Figura 13), donde se miden un 26,4% de quinta armónica de corriente ($1,41 A_{RMS}$) y un 9,3% de quinta armónica de corriente ($0,50 A_{RMS}$) superpuestas a la fundamental ($5,35 A_{RMS}$).

Como es de esperarse a partir del análisis de la tensión aplicada a este motor, también se llega a distinguir la presencia de los pares de armónicas de orden 11 y 13, 17 y 19, y 23 y 25, pero sus valores son de importancia decreciente.

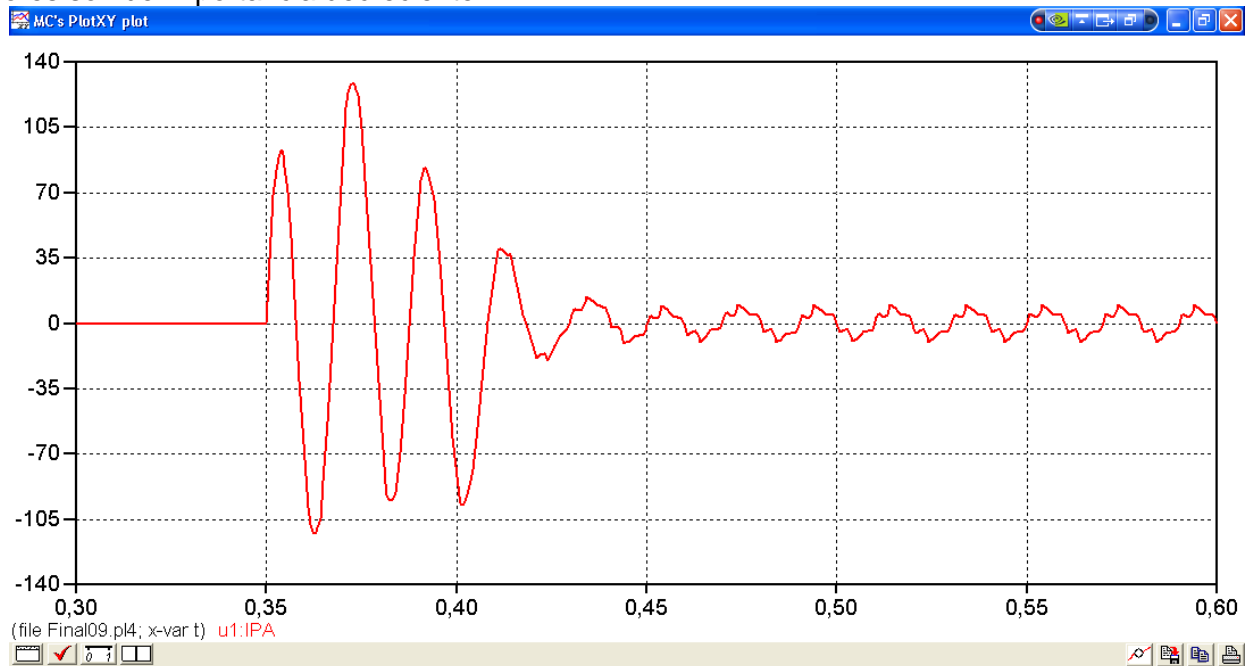


Figura 12. Evolución de la corriente en una de las fases del motor de $7,5 kW$

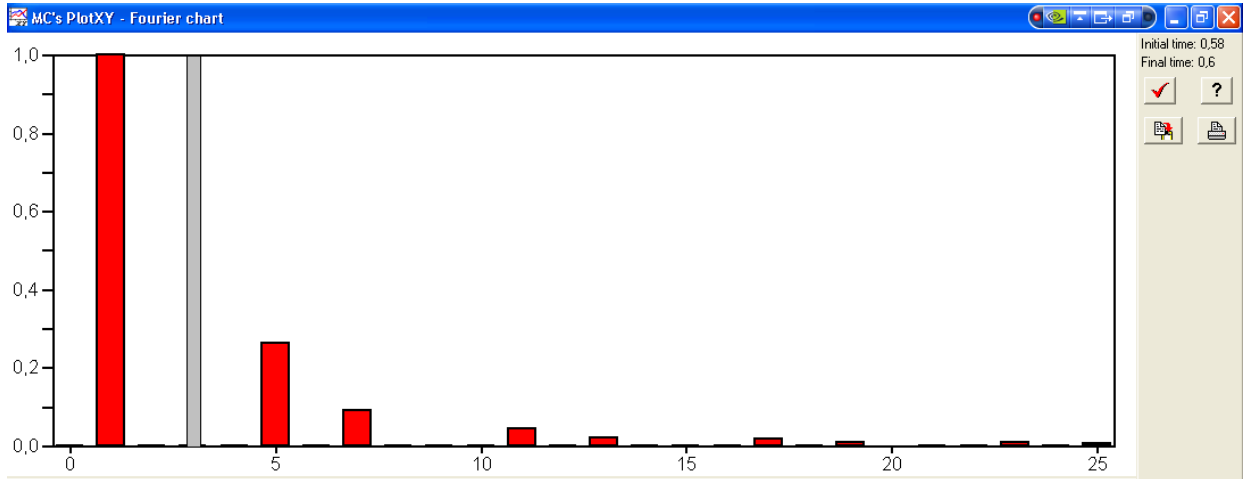


Figura 13. Armónicas de la corriente en una de las fases del motor de 7,5 kW

Finalmente, la siguiente es la evolución de la velocidad (trazo rojo) y del par en el eje (trazo verde) del motor de 7,5 kW desde su conexión a los 0,35 s hasta su estabilización en vacío (Figura 14). Justamente en esta situación, se observa que el par no se anula completamente, sino que existe una oscilación de par relativamente importante, mayor a $\pm 6 \text{ N.m}$.

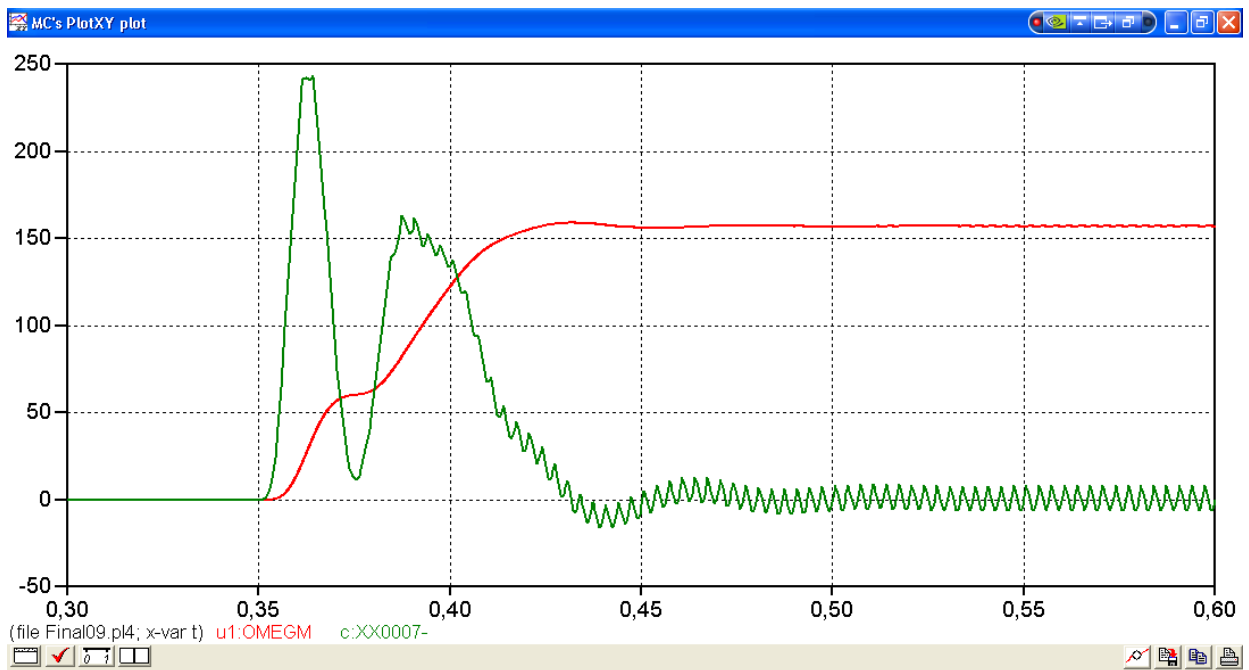


Figura 14. Evolución de la velocidad (en rojo) y del par (en verde) del motor de 7,5 kW

El análisis de Fourier **en valores de cresta** que se adjunta más abajo (Figura 15), realizado sobre el último ciclo del par, demuestra que, si bien la componente fundamental efectivamente es nula, la más importante es la sexta armónica de par ($6,67 \text{ N.m}$). Se distinguen también claramente armónicas de par de orden 12, 18 y 24, que se corresponden razonablemente con los pares de armónicas de corriente de orden 11 y 13, 17 y 19, y 23 y 25 antes mencionados.

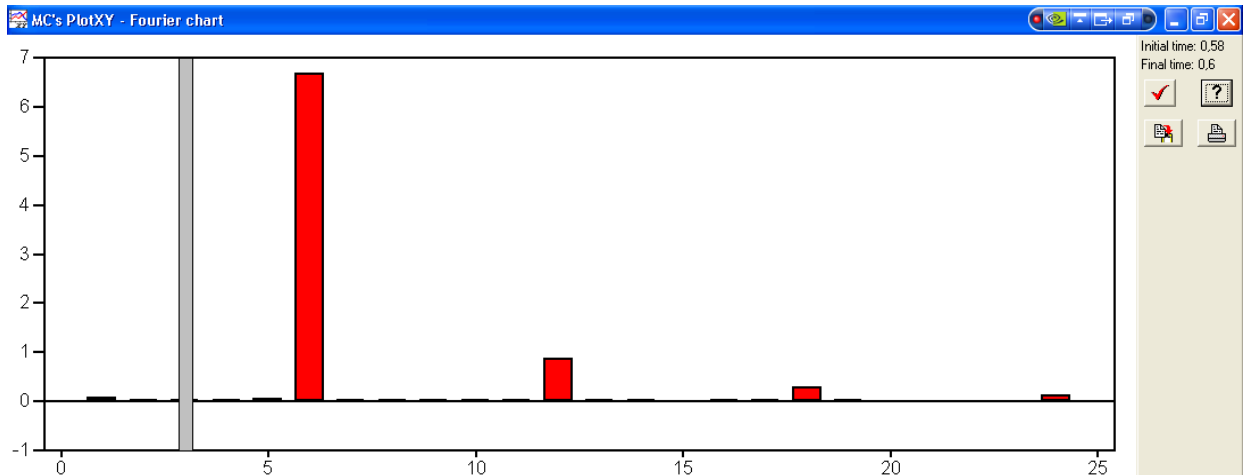


Figura 15. Armónicas del par en el eje del motor de 7,5 kW

La explicación resumida de este fenómeno es que la tensión no sinusoidal aplicada a los bornes del motor de 7,5 kW contiene principalmente quinta y séptima armónicas, que excitan armónicas de corriente de igual orden en el estator. Se constata que, al ser la quinta armónica de secuencia negativa y la séptima de secuencia positiva, ambas coinciden en producir una armónica de par de orden seis.

Sin reiterar todo el análisis completo, se puede comprobar cómo la conexión del motor de 7,5 kW en un punto ubicado aguas arriba de su punto de conexión original disminuye la amplitud de las oscilaciones de par (Figura 16). Como puede comprobarse, al conectar dicho motor entre los dos tramos de blindobarra mientras se mantiene el convertidor en el extremo de ambas, la sexta armónica de par se reduce a un valor de 5,88 N.m. Básicamente, esto responde a la conexión de ambas cargas con un punto de acoplamiento común (P. A. C.) más cercano a la fuente, con lo cual se mitigan de manera importante los efectos de la carga contaminante sobre la carga no contaminante.

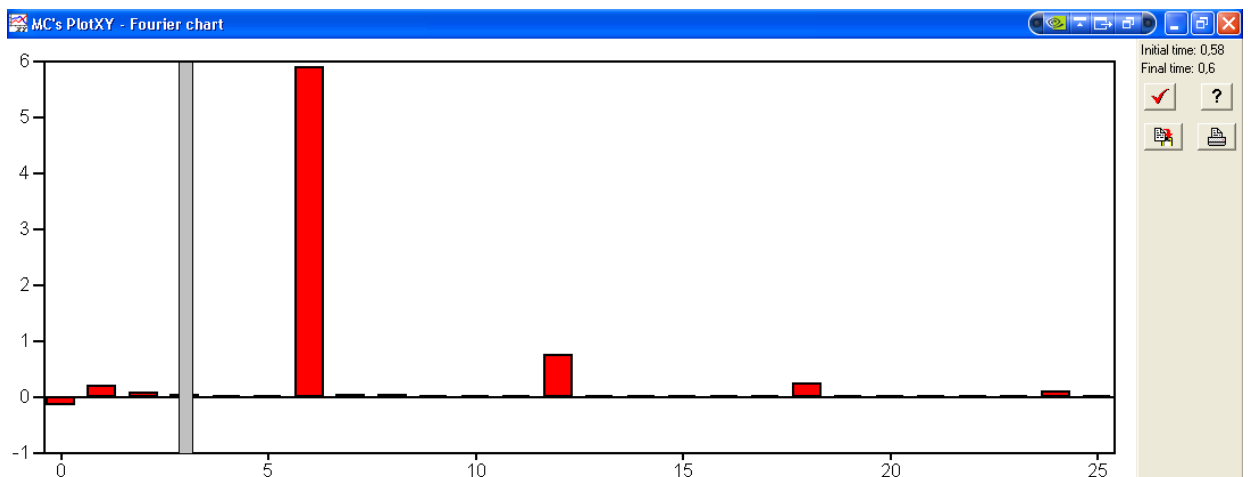


Figura 16. Armónicas del par en el eje del motor de 7,5 kW

Similarmente, como es de esperarse, al conectar el motor de 7,5 kW directamente al Tablero General de Baja Tensión, se observa una reducción aún más importante en las oscilaciones de par ya descritas (Figura 17). En este caso, la sexta armónica de par alcanza un valor de 5,08 N.m.

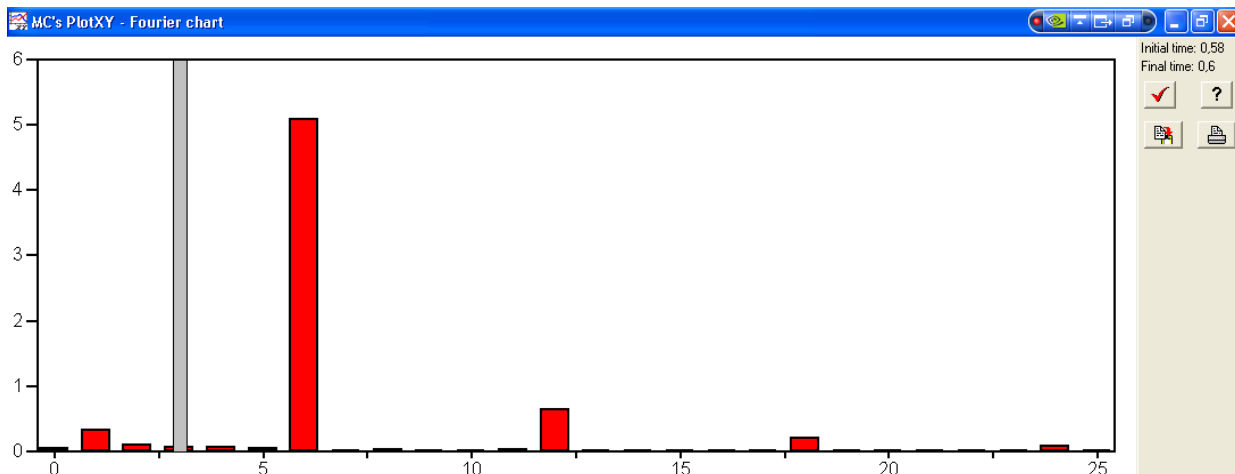


Figura 17. Armónicas del par en el eje del motor de 7,5 kW

Todo el análisis realizado podría complementarse con la aplicación de la carga mecánica nominal en el eje del motor de 7,5 kW, lo cual alteraría ligeramente los resultados por aparecer la velocidad asincrónica correspondiente al giro del eje del motor. Más allá de eso, se han obtenido resultados significativos que describen razonablemente el funcionamiento del circuito planteado para la simulación y que se condicen con lo expresado en toda la bibliografía de referencia.

Referencias bibliográficas principales

- [1] P. Krause, O. Wasynczuk, S. Sudhoff, *Analysis of Electric Machinery and Drive Systems*, 2nd. edition, Wiley Interscience, New York (USA), 2002
- [2] M. H. Rashid, *Power Electronics Handbook*, 2nd. edition, Academic Press (Elsevier, Inc.), San Diego (USA), 2002
- [3] N. Mohan, T. M. Undeland, W. P. Robbins, *Power Electronics: Converters, Applications and Design*, 2nd. edition, John Wiley & Sons, Inc., New York (USA), 2002
- [4] J. C. Gómez, *Calidad de potencia para usuarios y empresas eléctricas*, EDIGAR, Buenos Aires (Argentina), 2005
- [5] C. Reineri, *Armónicos en sistemas eléctricos: fundamentos y análisis*, Editorial de la Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto (Argentina), 2005
- [6] M. Pérez, N. B. de Medina, A. Llorente, *La amenaza de los armónicos y sus soluciones*, Ed. Paraninfo, Madrid, 1999

Otros Trabajos del mismo autor:

Crisis energética siglo XXI: ¿qué investigamos?

http://www.edutecne.utn.edu.ar/debates/crisis_energetica.pdf

Aprendizaje colaborativo con simulaciones computacionales

http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/aprendizaje_colaborativo.pdf

Diego Martín FERREYRA

Currículum vitae resumido, noviembre de 2011

1. Datos personales

- Nacimiento:
- Domicilio:

Provincia de Córdoba. ARGENTINA

- Teléfono:
- Correo: _____

2. Formación académica/titulación

2-a. Títulos

- **Ingeniero electromecánico.** Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Facultad Regional San Francisco. Última materia: 2001.
- **Traductor literario y técnico-científico en inglés** (título terciario). Colegio Almafuerte, de San Miguel de Tucumán. Última materia: 2004.
- **Grade 12. Graded Examinations in Spoken English.** Trinity College. Londres (<http://www.trinitycollege.co.uk/site/?id=368>). Nivel de competencia lingüística C2 del Marco común europeo de referencia. Rendido en 2005.
- **Certificate of Proficiency in English.** Universidad de Cambridge. (<http://www.cambridgeesol.org/exams/general-english/index.html>). Nivel de competencia lingüística C2 del Marco común europeo de referencia. Rendido en 1992.

2-b. Estudios en curso

- **Doctorado en Ciencias de la Ingeniería, mención Ingeniería Eléctrica.** Fac. de Ingeniería de la UNRC¹ (www.ing.unrc.edu.ar). Resolución 513/08 del Ministerio de Educación.
- **Maestría en Ciencias de la Ingeniería, mención Ingeniería Eléctrica.** Fac. de Ingeniería de la UNRC (www.ing.unrc.edu.ar). Resolución 187/05 del Ministerio de Educación.

2-c. Cursos de posgrado

- Denominación: **Introducción a la Ciencia e Ingeniería** (cód. CING-01)
Lugar, fecha y estado: Fac. de Ingeniería de la UNRC, 2009, aprobado
- Denominación: **Métodos numéricos**
Lugar, fecha y estado: Fac. de Ingeniería de la UNRC, 2009 (cód. CING-02), aprobado
- Denominación: **Técnicas estadísticas**
Lugar, fecha y estado: Fac. de Ingeniería de la UNRC, 2008 (cód. CING-03), aprobado

¹ UNRC: Universidad Nacional de Río Cuarto

- **Denominación: Ecuaciones diferenciales y sistemas dinámicos**
Lugar, fecha y estado: Fac. de Ingeniería de la UNRC, 2008 (cód. CING-04), aprobado
- **Denominación: Seminario del Programa de Posgrado en Ciencias de la Ingeniería**
Lugar, fecha y estado: Fac. de Ingeniería de la UNRC, 2009 (PPCI), aprobado
- **Denominación: Calidad de la energía**
Lugar, fecha y estado: Fac. de Ingeniería de la UNRC, 2009 (cód. DINGE-25), aprobado
- **Denominación: Análisis de protecciones de sistemas eléctricos de potencia**
Lugar, fecha y estado: Fac. de Ingeniería de la UNRC, 2009 (cód. INGE-31), aprobado
- **Denominación: Electrónica de potencia**
Lugar, fecha y estado: Fac. de Ingeniería de la UNRC, 2009 (cód. DINGE-06), aprobado
- **Denominación: Modelos matemáticos y simulación de máquinas eléctricas**
Lugar, fecha y estado: Fac. de Ingeniería de la UNRC, 2010 (cód. DINGE-07), aprobado
- **Denominación: Simulación de Componentes Eléctricos con el *Alternative Transients Program***
Lugar, fecha y estado: Fac. Reg. Santa Fe de la UTN, 2010, aprobado
- **Denominación: Protecciones en los sistemas eléctricos de potencia**
Lugar, fecha y estado: Facultad de Ingeniería de la UNRC, 2010, aprobado
- **Denominación: Comunicaciones ópticas**
Lugar, fecha y estado: UTN Facultad Regional San Francisco, 2010, aprobado
- **Denominación: Optimización aplicada a los sistemas eléctricos de potencia**
Lugar, fecha y estado: Facultad de Ingeniería de la UNRC, 2011, en curso

3. Trayectoria académica y docente en UTN

- **Primer escolta de la bandera, 1998-1999.** Res. 182/98 UTN Fac. Reg. San Francisco.
- **Ayudante de Trabajos Prácticos 1.a *ad honorem* de Máquinas Eléctricas** (4to. nivel Ing. Electromecánica), UTN Fac. Reg. San Francisco. Res. 65/01, 54/02, 32/03, 44/04 y 57/05 de UTN Fac. Reg. San Francisco, 2001-2005
- **Jefe de Trabajos Prácticos de Máquinas Eléctricas** (4to. nivel Ing. Electromecánica), UTN Fac. Reg. San Francisco. Res. 23/06, 76/07 y 154/08 de UTN Fac. Reg. San Francisco (JTP interino, 2006-2008) y Res. 372/2008 de Rectorado de UTN (JTP ordinario, en vigencia)
- **Ayudante de Trabajos Prácticos 1.a *ad honorem* de Matemática superior aplicada** (3er. nivel Ing. Química) y de **Matemática superior para Ingeniería Electromecánica** (3er. nivel Ing. Electromecánica), UTN Fac. Reg. San Francisco, 2009-2010.
- Supervisor de **Prácticas Profesionales Supervisadas de Marcos Lupi** (Ing. Electromecánica, 2005) y **Mauro Barbagallo** (Ing. Electrónica, 2007)
- Docente supervisor de **Prácticas Profesionales Supervisadas de Carlos Pedregozza** (Ing. Electromecánica, 2007), **Emilio Bono** (Ing. Electromecánica, 2007), **Emanuel Fassano** (Ing. Electromecánica, 2008) y **Rodolfo Neira** (Ing. Electromecánica, 2010)

4. Trayectoria en I+D (UTN)

- **Becario del grupo CIDEME (Centro de Investigación, Desarrollo y Ensayo de Máquinas Eléctricas)**, dependiente de la SeCyT² de la UTN Fac. Reg. San Francisco. Res. 181/2000, 76/2001 y 265/2001 de UTN Fac. Reg. San Francisco
- Coparticipación en **Programa Tutoría a Equipos de Investigación** convocatoria 2002 de Agencia Córdoba Ciencia (Gobierno de la prov. de Córdoba) con el proyecto "**Efectos producidos por los huecos de tensión y los microcortes sobre los devanados de los motores trifásicos de inducción de baja tensión**", con supervisión de tutores de la Facultad de Ingeniería de la UNRC. Res. 277/2002 de Agencia Córdoba Ciencia.
- Incorporación en carrera de **Investigador de UTN**. Res. 73/2003, Rectorado de UTN.
- Coparticipación en **Programa Tutoría a Equipos de Investigación** convocatoria 2003 de Agencia Córdoba Ciencia (Gobierno de la prov. de Córdoba) con el proyecto "**Freno inteligente de motores eléctricos**", con supervisión de tutores de la Facultad de Ingeniería de la UNRC. Res. 490/2003 de Agencia Córdoba Ciencia y Res. 705/04 de Rectorado de UTN (asignación de fondos para apoyo a I+D, código EIPRSF003T), 2004
- Coparticipación en **Programa de apoyo a grupos de investigación de reciente formación** de la Agencia Córdoba Ciencia con el proyecto "**Innovación pedagógica: mejorando la capacidad tecnológica de los estudiantes de ingeniería**". Res. 0279-004539/2005 de la Agencia Córdoba Ciencia (con asignación de fondos), 2005
- Proyecto: "**Innovación pedagógica: mejorando la capacidad tecnológica de los estudiantes de ingeniería**". Expediente n.º 0279-004539/2005 de la Agencia Córdoba Ciencia (Gobierno de la Provincia de Córdoba). Reconocido por Rectorado de UTN con código EDPRS712 para la extensión de su desarrollo desde 2007 hasta 2009.
- Evaluador en la Instancia Zonal Balnearia de la **41era. Feria Provincial de Ciencia y Tecnología Córdoba**, 2009
- Presentación de ponencia "**Categorización de conocimientos de ingeniería aplicados en un laboratorio universitario con uso intensivo de normas**" admitida en las **XXXI Jornadas IRAM³-Universidades**. Universidad del Litoral, Santa Fe, 2009.
- Participación en el Proyecto PID interfacultades "**Sistema de reproducción, detección e interpretación temprana de fallas**", reconocido por Rectorado de UTN, cód. IFN972 (con asignación de fondos). Trabajo coordinado por docentes investigadores de la UTN Facultad Regional Córdoba. Desde 2009 hasta 2012.
- Desde 2010, responsable del **Grupo de Investigación sobre Energía (GISENER)** dependiente de la SeCyT de la UTN Fac. Reg. San Francisco, Res. 48/2010
- Evaluador en la Instancia Zonal Balnearia de la **42da. Feria Provincial de Ciencia y Tecnología Córdoba**, 2010
- Presentación de la ponencia "**Localización y cuantificación de fuentes de contaminación armónica mediante estimación de estado en redes eléctricas de distribución**" en las **Primeras Jornadas de Intercambio y Difusión de los Resultados de Investigaciones de los Doctorandos en Ingeniería**, Rectorado de UTN, 2010
- Presentación por parte del grupo GISENER en la **Jornada de Ciencia y Tecnología 2010** organizada por la SeCyT de la UTN Fac. Reg. San Francisco, 2010

² SeCyT: Secretaría de Ciencia y Tecnología

³ IRAM: Instituto Argentino de Normalización y Certificación

- Presentación como coautor del trabajo **"Tecnología, experimentación y aprendizaje grupal"** (código FIDS-056) en el **Congreso Mundial de Ingeniería 2010**, Buenos Aires, 2010
- Presentación de la ponencia **"Localización y cuantificación de fuentes de contaminación armónica mediante estimación de estado en redes eléctricas de distribución"** en las **IV Jornadas de Seguridad Eléctrica**, UTN Fac. Reg. Mendoza, 2010
- Presentación como coautor del trabajo **"Diez años de vinculación entre una facultad de ingeniería y una empresa para la provisión de servicios de ensayo de motores eléctricos"**, III Jornadas RedVITEC, Mendoza, 2010
- Presentación como coautor del trabajo **"Medición de un brazo de palanca y cálculo de la incertidumbre"** en el VI Congreso Virtual Iberoamericano sobre Gestión de Calidad en Laboratorios, 2011
- Presentación de la ponencia **"Aprendizaje colaborativo con simulaciones computacionales para la formación de becarios de investigación en ingeniería"** en la I Jornada de enseñanza de la Ingeniería JEIN 2011, UTN Fac. Reg. Buenos Aires, 2011
- Incorporación en **Categoría V del Programa de Incentivos 2009**. Res. 1879/2009, Ministerio de Educación
- Publicación como coautor del artículo web **"Magnetizing Current Waveform in an Ideal Saturable Inductor"**, Wolfram Demonstrations Project (Wolfram Research, Inc.), 2011
- Presentación por parte del grupo GISENER en la **Jornada de Ciencia y Tecnología 2010** organizada por la SeCyT de la UTN Fac. Reg. San Francisco, 2011

5. Trayectoria en extensión universitaria (UTN)

- Dictado de curso **"Reducción de costos de energía eléctrica"** a personal de la empresa "La Piamontesa". Res. 247/2005 de UTN Fac. Reg. San Francisco
- **Tutor de microemprendimientos** en el Plan Nacional de Desarrollo Local y Economía Social "Manos a la Obra" del Ministerio de Desarrollo Social de la Nación durante 2006.
- Dictado de curso **"Instalación y mantenimiento de motores eléctricos"** a personal de la empresa "Molinos Victoria". Res. 270/2007 de UTN Fac. Reg. San Francisco
- Dictado de curso **"Técnicas de mantenimiento y seguridad de motores eléctricos"** a personal de la empresa "Molinos Victoria". Res. 310/2007 de UTN Fac. Reg. San Francisco
- Dictado de curso **"Reducción de costos de energía eléctrica"** a personal de la empresa "Molinos Victoria", 2007.
- Integrante del **Subcomité de Eficiencia Energética del IRAM** en representación de la UTN Fac. Reg. San Francisco para la primera edición de la Norma IRAM de Emergencia 62405:2008. Etiquetado de eficiencia energética para motores de inducción trifásicos
- Contribuciones a **Revista Proyecta**, del **Colegio de Ingenieros Especialistas de Córdoba**:
 - **"El ensayo de máquinas eléctricas para exportación"**, *Proyecta* n.º 60, 2005
 - **"Eficiencia energética en Argentina"**, *Proyecta* n.º 62, 2006
 - **"El ingeniero como cliente de una traducción"**, *Proyecta* n.º 63, 2006
 - **"La seguridad en la maquinaria agrícola"**, *Proyecta* n.º 65, 2006
 - **"Carreras de ingeniería: cómo aportar a su crecimiento"**, *Proyecta* n.º 67, 2007
 - **"¿Atracción de inversiones o subsidios exagerados?"**, *Proyecta* n.º 68, 2007
 - **"Los riesgos de la responsabilidad social empresaria"**; *Proyecta* n.º 72, 2008

- "Accionamiento de ventiladores con motores eléctricos", *Proyecta* n.º 73, 2008
- Contribuciones a revista **Ámbito Tecnológico**, de la UTN Fac. Reg. San Francisco¹:
 - "Grupo CIDEME. Área Ciencia y Tecnología", *Ámbito Tecnológico* n.º 6, 2008
 - "Visita de alumnos a empresas", *Ámbito Tecnológico* n.º 6, 2008
 - "La racionalización pendiente: una reflexión", *Ámbito Tecnológico* n.º 7, 2009
 - "Cargas no lineales en las redes eléctricas", *Ámbito Tecnológico* n.º 8, 2010
 - "Curso de mantenimiento de transformadores" y "Nuevos materiales en el laboratorio", *Ámbito Tecnológico* n.º 9, 2010
- Organizador de disertación "La formación del ingeniero para un desarrollo sostenible", a cargo del Ing. Luis Vaca Arenaza en UTN Fac. Reg. San Francisco, 2008
- Organizador de curso "Mantenimiento de transformadores de potencia", a cargo de personal técnico de Tadeo Czerweny S. A. en UTN Fac. Reg. San Francisco, 2010
- Dictado del "Curso de nivelación sobre motores eléctricos" a personal técnico de la empresa Gatti SA a través de UTN Fac. Reg. San Francisco, 2010
- Organizador de la disertación "Despertar una actitud participativa y activa dentro la sociedad", a cargo de la Prof. Sandra Meyer en UTN Fac. Reg. San Francisco, 2010

6. Trayectoria en el ámbito privado

- **Gestión de producción** y diseño de **procesos de mecanizado** en empresas metalmecánicas.
- **Gestión de información** para el cálculo de **costos** de procesos de mecanizado.
- **Formación de operarios y mandos medios** en empresas metalmecánicas
- Diseño y ensayo de **motores eléctricos** especiales.
- Diseño y desarrollo de métodos de ensayo en el ámbito de un **laboratorio eléctrico**.
- Diseño de documentos relacionados con la **implementación de sistemas de calidad**.
- Aplicación de criterios de **higiene y seguridad en el trabajo** en puestos de trabajo de empresas metalmecánicas y electromecánicas.
- Actuación como intérprete inglés-español en **exposiciones técnicas** en Argentina, Brasil, EE. UU. y Alemania
- **Traducción y corrección inglés-español y español-inglés** de manuales de usuario, manuales de mantenimiento, despieces, planos, normas técnicas, etc., por ejemplo:
 - **IEC 61439-1:2009**. Low-voltage switchgear and controlgear assemblies. Part 1: General rules
 - **IEC 61439-2:2009**. Low-voltage switchgear and controlgear assemblies. Part 2: Power switchgear and controlgear assemblies
 - **IEC TS 60034-25:2007**. Rotating electrical machines. Part 25: Guidance for the design and performance of a.c. motors specifically designed for converter supply
 - **IEC 60034-30:2008**. Rotating electrical machines. Part 30: Efficiency classes of single-speed, three-phase, cage-induction motors (IE-code)
 - **ASTM D 3359-02**. Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test
 - **ANSI/SIA A92.2-2001**. American National Standard for Vehicle-Mounted Elevating & Rotating Aerial Devices
 - **SAE J1120 JUN89**. Spherical Rod Ends. SAE Standard
 - **SAE J193 FEB87**. Ball Stud & Socket Assembly. Test Procedures. SAE Recommended Practice
 - **SAE J2213 JUN91**. METRIC BALL JOINTS. SAE Standard
 - **SAE J490 OCT81**. Ball Joints. SAE Standard

- **SAE J491 NOV87.** Steering Ball Studs & Socket Assemblies. SAE Recommended Practice

7. Premios y distinciones

- 1990: **Mención especial** de la Asociación Argentina de Cultura Británica en la obtención del "First Certificate in English" con la calificación más elevada
- 1992: **Abanderado** promoción 1992, IPET n.º 3 (actualmente IPEM n.º 50) "Ing. Emilio F. Olmos", San Francisco (Córdoba)
- 1998: **Primer escolta de la bandera** del período 1998-1999, UTN Fac. Reg. San Francisco
- 2000: Premio Estudiantil Cordobés por **mejor promedio del año en la provincia para la carrera**, Gobierno de la Provincia de Córdoba
- 2003: Distinciones por **mejor promedio de la colación de grado**: Asociación de Industriales Metalúrgicos de San Francisco (Cba.), Federación Argentina Gremial Docentes Universitarios Tecnológicos y Colegio de Ingenieros Especialistas de Córdoba
- 2008. **Beca para docentes de UTN destinada a la formación de doctores en áreas tecnológicas prioritarias.** Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación Productiva. Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT). FONCyT IP-PRH 2007.
- 2010. **Primer premio** de la categoría B (mayores de 18 años) en la modalidad Género periodístico del **Concurso Jóvenes Escritores de Ciencia** convocatoria 2009 organizado por el **Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Córdoba.**

8. Formación adicional recibida

- Aprobación del "**Curso de auditores internos de sistemas de aseguramiento de la calidad según normativa ISO serie 9000**", organizado por INTEC San Francisco, 1998
- Aprobación del "**Taller a distancia para la elaboración de manuales de la calidad para la acreditación de laboratorios de calibración y/o ensayo**", organizado por SeCyT de Rectorado de UTN, Buenos Aires, 1999
- Asistencia a disertación "**Motores eléctricos. Selección, características y mantenimiento**", organizado por WEG Equipamientos Eléctricos SA, San Francisco, 2000
- Asistencia al "**Curso abierto de actualización sobre mercado eléctrico**" organizado por EPEC y la UTN Fac. Reg. San Francisco, 2001
- Aprobación de curso a distancia "**Procedimientos de requisitos, gestión de calidad según ISO 17025**", organizado por SeCyT de Rectorado UTN, Buenos Aires, 2001
- Asistencia al curso "**Mantenimiento y seguridad de motores eléctricos**", organizado por la UTN Fac. Reg. San Francisco, 2001
- Asistencia al curso "**Introducción a las normas ISO 9000 versión 2000**", organizado por la UTN Fac. Reg. San Francisco, 2001
- Asistencia a disertación "**Seguridad en la fabricación de máquinas y equipos con componentes eléctricos**", WEG Equipamientos Eléctricos SA e IRAM, 2003
- Asistencia al "**IX Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (CONIME 2004)**", UTN Fac. Reg. General Pacheco, 2004
- Asistencia a la conferencia "**Alambres esmaltados. Avances tecnológicos**", organizado por IMSA, Industria Metalúrgica Sud Americana, 2004
- Aprobación del curso a distancia "**Formación de auditores internos de sistemas de gestión de la calidad para laboratorios de calibración y ensayos**", organizado por SeCyT de Rectorado de UTN junto con IRAM, 2005

- Asistencia a disertación **"Arrancadores suaves y convertidores de frecuencia"**, organizado por WEG Equipamientos Eléctricos SA, 2005
- Asistencia a disertación **"Convertidores de frecuencia. Selección y programación"**, organizado por WEG Equipamientos Eléctricos SA, 2005
- Asistencia al curso-taller **"La norma lingüística en la traducción"** dictado por la Dra. Alicia Zorrilla y organizado por TEXO Translation & Training, 2007
- Asistencia al congreso **"5th Language & Technology Conference"**, organizado por Irós-Maldonado Translation & Training, 2007
- Asistencia a disertación **"Consideraciones sobre la investigación y publicación de trabajos de I+D"**, UTN Fac. Reg. San Francisco, 2008
- Asistencia a las **"1eras. Jornadas Nacionales e Internacionales EGEDLE: Estrategias para Gestión Eficiente de la Energía"**, Rectorado de UTN, 2008
- Asistencia al congreso **"6th Language & Technology Conference"**, organizado por Irós-Maldonado Translation & Training, 2009
- Asistencia a capacitación **"La evaluación en Feria de Ciencia y Tecnología. Mirada pedagógica. Aportes para la mejora"**, Min. de Ciencia y Tecnología de Córdoba, 2009
- Asistencia a capacitación **"La ciencia como aventura del pensamiento"**, UTN Fac. Reg. San Francisco, 2009
- Asistencia a seminario **"Armónicos en sistemas de distribución"**, UTN Fac. Reg. Córdoba, 2009
- Asistencia al **"Taller de aprendizaje significativo"**, UTN Fac. Reg. San Francisco, 2010
- Asistencia a disertación **"Las interacciones sociales en aulas de ingeniería"**, UTN Fac. Reg. San Francisco, 2010
- Asistencia a seminario **"Protección de transformadores de distribución"**, UTN Fac. Reg. Córdoba, 2010
- Asistencia al congreso **"7th Language & Technology Conference"**, organizado por Irós-Maldonado Translation & Training, 2011
- Asistencia a seminario **"Estudio de la coordinación de protecciones contra sobrecorrientes en instalaciones industriales y de distribución"**, UTN Fac. Reg. Córdoba, 2011
- Asistencia al seminario **"Extensión del 4to. Congreso Internacional de Distribución Eléctrica CIDEL Argentina 2011"**, Facultad de Ingeniería de la UNRC, 2011

Diego Martín FERREYRA