

# CONVERSIÓN ELECTRÓNICA DE POTENCIA PARA LA GESTIÓN EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Héctor G. Chiacchiarini<sup>1,2</sup>, Jorge A. Solsona<sup>1,2</sup>,  
Alejandro R. Oliva<sup>1,2</sup>, Claudio A. Busada<sup>1,2</sup>

## RESUMEN

La gestión eficiente de la energía eléctrica requiere de tecnología electrónica específica que permita la conversión entre distintos niveles y formas de onda de tensión. Se cuenta ya con muchos años de desarrollo y experiencia internacional en la aplicación de electrónica de potencia, sin embargo las nuevas tecnologías disponibles para llaves semiconductoras, y las crecientes capacidades de cómputo disponibles en hardware de bajo costo, hacen posible el desarrollo e implementación de estrategias novedosas de conversión de la energía, de procesamiento de datos y de control, que junto con el desarrollo de nuevas topologías, técnicas de modulación y comunicaciones permiten el

---

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina.

<sup>2</sup> Instituto de Inv. en Ing. Eléctrica “Alfredo Desages” (IIIE), Universidad Nacional del Sur (UNS) - CONICET, Bahía Blanca, Argentina.

Los investigadores son miembros del grupo GISEE.

desarrollo de redes eléctricas inteligentes, sistemas de transporte eléctrico, y sistemas de generación eléctrica en base a energías renovables.

**Palabras clave:** Electrónica de potencia - Convertidores electrónicos - Energía.

## INTRODUCCIÓN

Los convertidores electrónicos de potencia están tomando un rol fundamental para habilitar las tecnologías asociadas a los nuevos paradigmas de generación, distribución y uso de la energía eléctrica. Por caso, hoy en día estamos siendo testigos del cambio de paradigma en el diseño sobre cómo la energía eléctrica es generada y consumida. Mientras que el siglo XX estuvo dominado por el diseño de sistemas de transmisión y distribución basados en el uso de corriente alterna, preferiblemente empleando grandes plantas generadoras, alejadas de los centros de consumo y empleando largas líneas de transmisión, está claro que en las dos últimas décadas la generación distribuida ha ganado un espacio mucho mayor que el que tenía y lo que es más importante, existe una tendencia a incrementarla en los próximos años, siendo uno de los pilares de la “smart grid”. Este nuevo modelo recibe continuamente incentivos en los países industrializados y se desarrollan nuevas tecnologías para mejorarla [1].

En el siglo pasado, el modelo dominante en la transmisión y distribución fue emplear una tensión de alterna con forma de onda sinusoidal, donde los transformadores permiten cambiar los niveles de amplitud de la onda senoidal, pero no cambian la forma de onda. Sin embargo, en la actualidad, en el nuevo escenario de conversión de energía eléctrica es necesario cambiar no solamente los niveles de corriente y tensión, sino también la forma de onda misma. Esto se debe a varios motivos, por ejemplo, algunos relacionados con la eficiencia y/o con los costos. Un factor, no menor, es la penetración de tecnologías emergentes para la generación, basadas en generadores de tensión continua, como son las celdas fotovoltaicas y las celdas de combustible.

En línea con la misma problemática, asistimos a cambios en el sistema de transporte, donde los vehículos de tracción eléctrica y/o híbridos están gradualmente abarcando distintos segmentos del mercado, trayendo consigo nuevas necesidades tecnológicas

(almacenadores de energía, sistemas de recarga, sistemas para administrar el recurso energético y para asociarlo con la red eléctrica, etc.)

También se observa un notable incremento de la popularidad de dispositivos electrónicos portátiles que dependen de baterías, en los cuales el desafío tecnológico es minimizar el consumo energético y maximizar la vida útil y duración de carga del almacenador de energía.

En este nuevo escenario, aparece la necesidad de contar con convertidores electrónicos de tensión que realizan la función de la conversión de la forma de onda (ver [2] y las referencias en ese trabajo). Su aplicación en diferentes campos se puede ver en [3], [4], [5] y [6] y referencias en esos trabajos. Cada vez es más frecuente encontrar topologías de generación distribuida donde los mencionados convertidores juegan un rol preponderante a la hora de conectar generadores, almacenadores de energía y cargas.

Con el propósito de reducir costos y mejorar el desempeño, es necesario trabajar, fundamentalmente, cuatro aspectos del convertidor, a saber: la topología, la metodología de modulación, la estrategia de control y obviamente, la electrónica con que se implementa todo esto.

Un tema que ha surgido recientemente, es el análisis de la estabilidad y el control de los convertidores cuando alimentan una carga de potencia constante. Esto ocurre, por ejemplo, en aplicaciones de transporte [7,8,9], en sistemas de integración de generadores eólicos y fotovoltaicos [10,11], en nano-redes de edificios y en centros de datos [12] y en sistemas de distribución en corriente continua (CC) [13].

Cuando los convertidores alimentan cargas de potencia constante, presentan un comportamiento de resistencia negativa. Este comportamiento complica la situación desde el punto de vista del control, ya que aunque los convertidores son sistemas inherentemente no lineales, hablando en sentido amplio, se puede decir que la carga de potencia constante incrementa el grado de alinealidad [14].

En los años recientes, varios investigadores han propuesto diferentes estrategias de control con el propósito de obtener un alto desempeño de los convertidores CC-CC cuando los mismos alimentan una carga de potencia constante. Es posible encontrar artículos donde se ha aplicado amortiguamiento pasivo [15], pseudolinealización [16], interconexión y asignación de amortiguamiento [17], control por modo deslizante [18]

y [19], ajuste de ganancia usando control difuso [20], amortiguamiento activo [21] y planitud [22].

En estos trabajos el problema de hacer una compensación feedforward para mejorar el desempeño no ha sido considerado o ha sido considerado parcialmente. En particular, en los mismos, la fuente de alimentación se considera constante (equivalente a resistencia interna nula) y esta suposición puede deteriorar el desempeño en varios casos donde la fuente primaria varía el valor de la tensión, en función de la corriente entregada. Además, la mayoría de ellos usa como filtro de salida un filtro LC, a pesar de que es posible disminuir el tamaño de los inductores, manteniendo la especificación del ripple, y consecuentemente el costo, si se emplea un filtro LCL en la etapa de salida. Sin embargo, el empleo de este filtro da aparición al problema de la presencia de resonancias a dadas frecuencias, siendo conveniente amortiguar las mismas para preservar el buen funcionamiento del equipo. Existen, principalmente, dos formas de amortiguamiento, la pasiva y la activa. La pasiva se logra empleando métodos disipativos, por ese motivo la mayoría de los investigadores, en pos de mejorar el rendimiento, prefieren usar la activa, que utiliza técnicas de realimentación.

## **PERSPECTIVA**

El estado actual del consumo y la generación de energía ha pasado a ser un problema importante en un mundo en continuo desarrollo. En este marco, el diseño de aparatos y equipos que permitan optimizar el proceso de conversión/transformación, almacenamiento y consumo de energía eléctrica, es de vital importancia para el desarrollo humano. Uno de los principales objetivos de este grupo es investigar posibles soluciones al problema del manejo de la energía, empleando tecnología electrónica, con el propósito de mejorar el rendimiento y reducir el costo de convertidores electrónicos de potencia que son empleados en sistemas de conversión eléctrica, procurando obtener un uso eficiente de la energía.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

El propósito es diseñar convertidores electrónicos de potencia que sirvan para el manejo eficiente de la energía eléctrica. Por casos, la integración y/o generación aislada de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables no convencionales (por ejemplo, fotovoltaica, eólica y celdas de combustibles), aplicaciones móviles o autónomas (por ejemplo, dispositivos electrónicos portátiles, automóviles eléctricos y/o híbridos), y otros. Se busca proponer una mejora en el desempeño de los mismos, a través del empleo de nuevas topologías que se adapten a cada caso específico y los controladores asociados a estas topologías. Se busca formar recursos humanos, prestando especial atención a la formación a nivel de grado, maestría y doctorado; fomentar la interrelación con el medio productivo, en vista a hacer viable la futura transferencia de conocimientos; y mantener e incrementar la vinculación y colaboración con otros grupos en temas similares o complementarios.

## **PRINCIPALES CONTRIBUCIONES AL TEMA POR PARTE DEL GRUPO DE INVESTIGACION**

El grupo de investigadores en los últimos años ha orientado sus trabajos a analizar topologías de diferentes tipos de convertidores, ya sea para su uso en sistemas trifásicos, monofásicos, para aplicaciones de inyección a red de energías renovables no convencionales y el uso en elementos almacenadores de energía en volantes de inercia. Además, han trabajado en el empleo de nuevas técnicas de modulación y en la miniaturización de la electrónica de potencia. Han desarrollado estrategias para controlar convertidores multinivel y también microinversores. Los principales resultados de estas investigaciones han sido difundidas a nivel de importantes revistas y congresos de la especialidad (ver [23]-[49] para los trabajos más recientes y los CV de los investigadores para más datos).

El grupo ha realizado varios aportes en la temática bajo estudio. En particular, en trabajos anteriores puede verse como se han aplicado técnicas de control no lineal con compensación feedforward que incluyen sensores virtuales a convertidores CC-CC del

tipo reductor y al inversor fuente de tensión. En estos casos se ha considerado la estimación de distintos tipos de carga, ya sea de corriente constante o de potencia constante. Sin embargo, en la mayoría de ellos la fuente primaria ha sido considerada constante, lo que se diría en primera aproximación, es que la resistencia interna ha sido despreciada.

Se ha trabajado sobre técnicas de modulación para aplicación en convertidores, principalmente la modulación “Click”). Además, se ha analizado la integración de componentes de los filtros y la posibilidad de aplicación a convertidores CC-CC.

Sin perjuicio de que a partir de las investigaciones realizadas surjan nuevos e interesantes puntos que merezcan ser estudiados, creemos que algunos de los interrogantes que surgen, considerando el estado actual del arte, y sobre los que se trabaja, son:

- Existen algunos casos de aplicación donde la tensión primaria no se mantiene constante (por ejemplo, celdas de combustibles) y se piensa que es posible mejorar el desempeño del sistema general a partir de compensar de manera feedforward las variaciones que se producen a partir de diferentes estados de carga. De este modo, se podría lograr un esquema de generación que incluya la adaptación de nivel de CC y luego, si es necesario, obtener tensión alterna a través de un inversor.
- Incluir etapas de salida LCL que soporten estrategias de amortiguamiento activo y que alimenten cargas de potencia constante, buscando reducir el tamaño de los elementos pasivos y analizando su integración cuando se trate de convertidores de baja potencia.
- Reducción del tamaño y mejora de la eficiencia de la electrónica de potencia dedicada a este tipo de circuitos.

## **RESULTADOS PRELIMINARES**

Ya se han obtenido los primeros resultados planteando el control de un convertidor Boost con filtro de salida LC, empleando una ley de control basada en control por modo

deslizante y la compensación feedforward de la carga, considerando la misma como una fuente de corriente, y usando una estima de la misma. Se ha considerado una fuente de tensión de entrada variable. El desempeño del esquema se encuentra testado a nivel simulación.

También se ha reformulado el esquema que surge de usar un filtro LCL a la salida de un convertidor cuando se alimenta una carga de potencia constante. Actualmente se está desarrollando la estrategia de control para la misma.

Se viene trabajando en técnicas circuitales para incrementar la atenuación de filtros de potencia LC. Hasta ahora se ha podido incrementar en un 50 % la atenuación que se consigue con un volumen determinado de filtro. Hay perspectivas de poder conseguir hasta un 400 % más de atenuación.

Varias fuentes alternativas de energía, como las fotovoltaicas y celdas de combustible, requieren que el circuito electrónico que extrae la máxima potencia disponible de ellas posea una curva de eficiencia plana para un amplio rango de variación de la tensión de entrada. Se está trabajando en técnicas de diseño de convertidores tipo flyback obteniendo una eficiencia por encima del 90 % para un rango de variación de la tensión de entrada que va del 20 % al 100 %.

Se está trabajando sobre el problema de maximización de potencia extraída de paneles solares bajo condiciones de sombreado parcial, utilizando convertidores tipo Buck-boost y/o Cuk para balancear las corrientes del arreglo serie de celdas solares, buscando que cada una trabaje en su punto de máxima potencia.

## **FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS**

El grupo forma estudiantes de posgrado inscriptos en los programas específicos de la UNS guiándolo para el desarrollo de investigaciones conducentes a publicaciones y a la elaboración de sus tesis respectivas. Para ello se utilizan los mecanismos habituales que ofrecen CONICET, CIC-PBA, UNS y otras instituciones con programas de becas de posgrado, u otras fuentes de financiamiento existentes que permiten sustentar la actividad de estudio de los tesisas. En cuanto a la formación de estudiantes de grado, los integrantes del grupo son profesores en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y

de Computadoras de la UNS en cátedras de las carreras de Ingeniería Electrónica e Ingeniería Electricista, y en cátedras de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica como servicio al Departamento de Ingeniería.

## **FINANCIAMIENTO DISPONIBLE**

El grupo recibe financiamiento de diversas fuentes. En principio son fondos concursables ofrecidos como subsidios para investigación, para cuya asignación las diversas instituciones abren convocatorias específicas destinadas a la recepción de propuestas de proyectos. La Universidad Nacional del Sur ofrece financiamiento a través de sus PGI (Proyectos para grupos de investigación). El CONICET ofrece financiamiento a través de sus PIP (Proyectos de investigación Plurianuales). Actualmente el grupo es responsable del proyecto PGI/K079 de la UNS y del PIP 112 201101 00671 de CONICET, e integra el grupo responsable de diversos otros proyectos.

El grupo realiza en general actividades de vinculación y transferencia. En los últimos años, las actividades se han enmarcado, principalmente, en tareas desarrolladas dentro de un Proyecto FONARSEC de la ANPCYT que lleva el nombre de Tecnología Electrónica de Alta Complejidad (TEAC), declarado como PDTS 62 por CONICET. Dentro del mismo se realizan proyectos específicos propuestos por empresas o en relación a posibles empresas adoptantes vinculadas al Consorcio Asociativo Público Privado “Tecnópolis del Sur”.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Directorate General for Research Sustainable Energy Systems (2006). “European technology platform smartgrids vision and strategy for europe’s electricity networks of the future”, *RTD Info*.

- [2] Boroyevich, D.; Cvetkovi, I.; Burgos, R. y Dong, D. (2013). “Intergrid: A future electronic energy network?”, *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, vol. 1, n.º 3, pp. 127-138, Sep.
- [3] Pahlevaninezhad, M.; Hamza, D. y Jain, P. (2014). “An improved layout strategy for common-mode emi suppression applicable to high-frequency planar transformers in high-power dc/dc converters used for electric vehicles”, *IEEE Trans. on Power Electr.*, vol. 29, no. 3, pp. 1211-1228, March.
- [4] Yilmaz, M. y Krein, P. (2013). “Review of the impact of vehicle-to-grid technologies on distribution systems and utilities interfaces”, *IEEE Trans. on Pow. Electr.*, vol. 28, n.º 12, pp. 5673-5689.
- [5] Silva-Ortigoza, R.; Hernandez-Guzman, V.; Antonio-Cruz, M. y Munoz-Carrillo, D. (2014). “Dc/dc buck power converter as a smooth starter for a dc motor based on a hierarchical control”, *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. PP, n.º 99, pp. 1-1.
- [6] Sebastian, J.; Fernandez-Miaja, P.; Ortega-Gonzalez, F.; Patino, M. y Rodriguez, M. (2014). “Design of a two-phase buck converter with fourth order output filter for envelope amplifiers of limited bandwidth”, *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 29, n.º 11, pp. 5933-5948, nov.
- [7] Smithson, S. C. y Williamson, S. S. (2012). “Constant power loads in more electric vehicles-an overview”, in *Proceedings of the 38th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society (IECON2012)*, pp. 2914-2922.
- [8] Rahimi, A. M. y Emadi, A. (2009). “An analytical investigation of dc/dc power electronic converters with constant power loads in vehicular power systems”, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 58, no. 6, Jul., pp. 2689-2702.
- [9] Rivetta, C. H.; Emadi, A.; Williamson, G. A.; Jayabalan, R. y Fahimi, B. (2006). “Analysis and control of a buck dc-dc converter operating with constant power load in sea and undersea vehicles,” *IEEE Trans. on Industry Appl.*, vol. 42, n.º 2, pp. 559-572, Mar/Apr.
- [10] Kai Strunz, E. A. y Huu, D. N. (2014). “Dc microgrid for wind and solar power integration”, *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, vol. 2, n.º 1, pp. 115-126, Mar.

- [11] Kwasinski, A. y Onwuchekwa, C. N. (2011). “Dynamic behavior and stabilization of dc microgrids with instantaneous constant-power loads”, *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 26, n.º 3, pp. 822-834, Mar.
- [12] Becker, D. J. y Sonnenberg, B. (2011). “Dc microgrids in buildings and data centers”, in *Proc. of the 2011 IEEE 33rd Int. Telecommunications Energy Conference (INTELEC)*.
- [13] Wang, J. y Howe, D. (2008). “A power shaping stabilizing control strategy for dc power systems with constant power loads”, *IEEE Trans. on Pow. Electron.*, vol. 23, n.º 6, pp. 2982-2989.
- [14] Emadi, A.; Khaligh, A.; Rivetta, C. H. y Williamson, G. A. (2006). “Constant power loads and negative impedance instability in automotive systems: Definition, modeling, stability, and control of power electronic converters and motor drives”, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 55, n.º 4, Jul., pp. 1112-1125.
- [15] Cespedes, M.; Xing, L. y Sun, J. (2011). “Constant-power load system stabilization by passive damping”, *IEEE Trans. on Power Electronics*, vol. 26, n.º 7, July, pp. 1832-1836.
- [16] Ciezki, J. G. y Ashton, R. W. (1998). “The design of stabilizing controls for shipboard dc-to-dc buck choppers using feedback linearization techniques”, in *Proceedings of the 29th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference (PESC1998)*, pp. 335-341.
- [17] Zeng, J.; Zhang, Z. y Qiao, W. (2013). “An interconnection and damping assignment passivity-based controller for a dc-dc boost converter with a constant power load”, *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. IEEE Early Access Articles.
- [18] Zhao, Y.; Qiao, W. y Ha, D. (2014). “A sliding-mode duty-ratio controller for dc/dc buck converters with constant power loads”, *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 50, n.º 2, Mar/Apr., pp. 1448-1458,
- [19] Tahim, A. P. N.; Pagano, D. J. y Ponce, E. (2012). “Nonlinear control of dc-dc bidirectional converters in stand-alone dc microgrids,” in *Proceedings of the 51st IEEE Conference on Decision and Control*, Hawaii, USA, Dec., pp. 3068-3073.

- [20] Kakigano, H.; Miura, Y. e Ise, T. (2013). "Distribution voltage control for dc microgrids using fuzzy control and gain-scheduling technique," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 28, n.º 5, May., pp. 2246-2258.
- [21] Rahimi, A. M. y Emadi, A. (2009). "Active damping in dc/dc power electronic converters: A novel method to overcome the problems of constant power loads", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 56, n.º 5, May., pp. 1428-1439.
- [22] Gensior, A.; Woywode, O.; Rudolph, J. y Guldner (2006). "On differential flatness, trajectory planning, observers, and stabilization for dc-dc converters", *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, vol. 53, n.º 9, Sep., pp. 2000-2010.
- [23] Gómez Jorge, S.; Busada, C. y Solsona, J. (2013). "Frequency adaptive current controller for three phase grid connected converters", en *IEEE Trans. on Ind Electr.*, vol. 60, n.º 10, Oct., pp.4169-4177.
- [24] León, A. E.; Solsona, J. A.; Busada, C.; Chiacchiarini, H. y Valla, M. I. (2009). "High-performance control of a three-phase voltage-source converter including feedforward compensation of the estimated load current", *Energy Conversion and Management*, Vol. 50, August, pp. 2000-2008.
- [25] Amodeo, S. J.; Chiacchiarini, H. G.; Solsona, J. A. y Busada, C. A. (2009). "High-performance sensorless nonlinear power control of a flywheel energy storage system", *Energy Conversion and Management*, Vol. 50, July, pp. 1722-1729.
- [26] Amodeo, S.; Chiacchiarini, H. y Oliva, A. (2012). "High-Performance Control of a DC-DC Z-Source Converter used for an Excitation Field Driver", *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 27, n.º 6, pp. 2947-2957.
- [27] Gómez Jorge, S.; Busada, C. A. y Solsona, J. (2013). "Low Computational Burden Grid Voltage Sensorless Current Controller", *IET Power Electronics*, Vol. 6, Issue: 8, Publication Year, pp. 1592- 1599.
- [28] Gomez Jorge, S.; Solsona, J. A. y Busada, C. A. (2013). "Sequences detection of an unbalanced sinusoidal voltage of unknown frequency using a reduced order observer", *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 28, Issue: 3, Year, pp. 1499- 1507.

- [29] Escobar, A.; Guzman, D.; Balda, J. C. y Busada, C. (2013). *New Control Technique for Sensor-less Grid Synchronization of Modular Multilevel Converters for HVDC Systems*, 2013 IEEE ECCE Energy Conversion Congress and Exposition, USA, Sept. 15-19, pp. 5273-5279.
- [30] Escobar, A.; Hayes, J.; Balda, J. C. y Busada, C. (2013). *New Control Strategy for Indirect Matrix Converters Operating in Boost Mode*, 2013 IEEE ECCE Energy Conversion Congress and Exposition, USA, Sept. 15-19, pp. 2715-2720.
- [31] Soto, A. J.; Lindstrom, E.; Oliva, A. R.; Mandolesi, P. S. y Dualibe, F. C. (2013). *Fully Integrated Single-Inductor Multiple-Output (SIMO) DC-DC Converter in CMOS 65 nm Technology*. 4th IEEE LASCAS - Latin American Symposium on Circuits and Systems - LASCAS 2013, CUSCO, PERU from 27th February to 1st March.
- [32] Miguez, M.; Arnaud, A.; Oliva, A. y Julian, P. (2015). "Step Down DC/DC converter for Micro-Power Medical Applications", *VI IEEE LASCAS - Latin American Symposium on Circuits and Systems*. Febrero 24-27, Montevideo, Uruguay.
- [33] Sánchez, L. S.; Di Federico, M. y Oliva, A. R. (2013). "Diseño de una fuente de corriente programable". *Congreso Microelectrónica Aplicada*, Trabajo estudiantil, Universidad Tecnológica Nacional (UTN-FRBB), 25 al 27 de septiembre.
- [34] Garcia-Rodriguez, L.; Williams, E.; Balda, J. C.; Gonzalez-Llorente, J.; Lindstrom, E. y Oliva, A. (2013). "Dual-stage microinverter design with a GaN-based interleaved flyback converter stage", *Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, 2013 IEEE, 15-19 Sept., pp.4496-4502.
- [35] Garcia-Rodriguez, L.; Lindstrom, E.; Gonzalez-Llorente, J.; Jones, V.; Oliva, A. R. y Balda, J. C. "Design of a GaN-Based Microinverter for Photovoltaic Systems", *5th IEEE Int. Symposium on Power Electronics for Distribution Generation (PEDG2014)* June 24-27 in Galway, Ireland.
- [36] Stefanazzi, L.; Paolini, E. y Oliva, A. (2013). "Alias-free digital click modulator". *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Vol. 9, n.º 2, May, pp. 1074-1083.

- [37] Chierchie, F.; Stefanazzi, L.; Paolini, E. y Oliva, A. (2013). "Frequency Analysis of PWM Inverters with Dead-Time for Arbitrary Modulating Signals", *IEEE Trans. on Power Electr.* n.º 99, pp. 1,1,0.
- [38] Stefanazzi, L.; Chierchie, F.; Paolini, E. E. y Oliva, A. R. (2014). "Low distortion switching amplifier with discrete-time click modulation", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 61, n.º 7, July, pp. 3511-3518.
- [39] Chierchie, F.; Paolini, E. E.; Stefanazzi, L.; Oliva, A. R., (2014). "Simple Real-Time Digital PWM Implementation for Class-D Amplifiers With Distortion-Free Baseband", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol.61, n.º 10, Oct., pp.5472-5479.
- [40] Gómez Jorge, S.; Busada, C. y Solsona, J. (2014). "Reduced order generalized integrator based current controller applied to shunt active power filters" *IET Power Electronics*, vol. 7, issue 5, May, pp. 1083-1091.
- [41] Gómez Jorge, S.; Solsona, J. y Busada, C. (2014). "Control scheme for a single-phase grid-tied voltage source converter with reduced number of sensors", *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 29, issue 7, July, pp. 3758-3765.
- [42] Busada, C. y Solsona, J. (2014). "Nonlinear Dynamic Average Model of a DC-DC Converter", *IEEE Latin America Trans.*, Vol. 12, n.º 5, Aug., pp. 904-909.
- [43] Solsona, J.; Gómez Jorge, S. y Busada, C. (2014). "Nonlinear Control of a Buck Converter Feeding a Constant Power Load", *IEEE Latin America Transactions*, Vol. 12, n.º 5, Aug., pp. 899-903.
- [44] Solsona, J.; Gómez Jorge, S. y Busada, C. (2015). "Nonlinear Control of a Buck Converter Which Feeds a Constant Power Load", *IEEE Trans. on Power Electronics*, Vol: 30, n.º 12, pp. 7193-7201.
- [45] Fantino, R.; Busada, C. y Solsona, J. (2015). "Current controller for a bidirectional boost input stage equipped with an LCL (inductance-capacitance-inductance) filter", *Energy*, Vol. 84, 1, May, pp. 91-97.
- [46] Busada, C.; Gómez Jorge, S. y Solsona, J. (2015). "Full-state feedback equivalent controller for active damping in LCL filtered Grid Connected Inverters using a reduced number of sensors", *IEEE Transactions on Industrial Electronics.*, Vol. 62, n.º 10, October, pp. 5993-6002.

- [47] Leon, A. E. y Solsona, J. A. (2015). “Sub-Synchronous Interaction Damping Control for DFIG Wind Turbines”, *IEEE PES Transactions on Power Systems*, Vol. 30, n.º 1, Jan., pp. 419-428.
- [48] Fantino, R.; Solsona, J. y Busada, C. (2016). “Nonlinear observer-based control for PMSG wind turbine”, *Energy*, Vol. 113, October, pp. 248-257.
- [49] Fantino, R.; Busada, C. y Solsona, J. (2017). “Optimum PR Control applied to LCL filters with Low Resonance Frequency”, aceptado en *IEEE Transactions on Power Systems*, February.

## **Héctor Gerardo Chiacchiarini**

Se graduó de Ingeniero Electrónico en la Universidad Nacional del Sur en 1990 y recibió el título de Doctor en Control de sistemas en la misma universidad en 1996. En 2001 realizó una estadía académica en ETH, Zurich y en 2004 en la Universidad de Arkansas, Estados Unidos. Actualmente es profesor en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, en las cátedras de Electrónica de Potencia y en Robótica Industrial. Desde 1999 es investigador del Instituto de Investigaciones en Ingeniería Eléctrica “Alfredo Desages” (UNS-CONICET). Tiene más de 80 trabajos científicos en coautoría, publicados en revistas internacionales y conferencias. Ha participado en más de 20 proyectos de investigación, siendo director en 10 de ellos. Sus principales intereses incluyen Electrónica de Potencia, Mecatrónica, sistemas de Control automático, y Robótica.

<http://www.sicytar.mincyt.gob.ar/buscacvar/#/resultados?tipo=Persona&start=0&rows=15&q=Chiacchiarini,%20Hector%20Gerardo>.

## **Jorge A. Solsona**

Se graduó de Ingeniero en Electrónica y Doctor en Ingeniería en la Universidad Nacional de La Plata en 1986 y 1995, respectivamente. Actualmente es Profesor en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras de la Universidad Nacional del Sur e Investigador del CONICET en el Instituto de Investigaciones en Ingeniería Eléctrica “Alfredo Desages” (UNS-CONICET). Es Editor Asociado del IEEE Transactions on Industrial Electronics y Editor Asociado de la IET Electric Power Applications. Su área de interés incluye la docencia y la investigación en control y electrónica de potencia y su aplicación en los sistemas electromecatrónicos y la smart grid.

<http://www.sicytar.mincyt.gob.ar/buscacvar/#/resultados?tipo=Persona&start=0&rows=15&q=Solsona%20Jorge>.

## **Alejandro Raul Oliva**

Es Profesor del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, desde 1999. En 2005 ingresó a la Carrera de Investigador del CONICET y actualmente es Investigador Independiente. Obtuvo su título de Ingeniero Electricista de la Universidad Nacional del Sur en 1987; y los de Master (1996) y Ph.D. (2004) en Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Arkansas, en Fayetteville, Arkansas, Estados Unidos. Es autor de un libro sobre convertidores conmutados que va por su tercera edición y que fue publicado en idiomas inglés y chino. Sus principales intereses de investigación son la electrónica de potencia y administración de energía. Ha trabajado en temas de calidad de energía eléctrica, energía renovable, amplificadores conmutados de audio y convertidores cc-cc, entre otros. Actualmente trabaja en microinversores, manejo de potencia e integración de circuitos electrónicos de potencia.

<http://www.sicytar.mincyt.gob.ar/buscacvar/#!/resultados?tipo=Persona&start=0&rows=15&q=Oliva,%20Alejandro%20Raul>.

## **Claudio Alberto Busada**

Se graduó de Ingeniero Electricista y de Doctor en Control de Sistemas en la Universidad Nacional del Sur, en los años 1989 y 2004 respectivamente. Actualmente es Profesor Adjunto en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras de la Universidad Nacional del Sur. Su área de interés actual incluye el control y la electrónica de potencia asociados a sistemas con conexión a red, a las máquinas eléctricas y a los filtros activos de potencia.

<http://www.sicytar.mincyt.gob.ar/buscacvar/#!/resultados?tipo=Persona&start=0&rows=15&q=Busada&vertodos=false>.