

PROGRAMA HISPANO-BRASILEÑO DE COOPERACIÓN INTERUNIVERSITARIA

MEMORIA FINAL

APELLIDOS: RODRIGUEZ CORTÉS

NOMBRE: PEDRO

REFERENCIA PROYECTO: PHB-2006-074-PC

1) Informe de las actividades desarrolladas a lo largo de los dos años de ejecución del proyecto:

A continuación se enumeran las diferentes actividades desarrolladas en el proyecto HBP2006-0074-PC titulado "CONCEPTOS AVANZADOS EN CONVERTIDORES DE POTENCIA CONECTADOS A LA RED ELECTRICA PARA INCREMENTAR LA PENETRACION DE GENERADORES DISTRIBUIDOS BASADOS EN ENERGIAS RENOVABLES".

ESTUDIOS CONJUNTOS

Para cubrir los objetivos marcados en este proyecto los cuatro grupos de este proyecto (UPC, UFRJ, UFP, UAH) plantearon los siguientes estudios conjuntos:

EC1.- Cumplimiento de códigos de conexión a red

Los cuatro grupos de trabajo participantes en el proyecto han colaborado en el estudio de nuevas soluciones que permitan cumplir con los códigos de conexión a red de los sistemas de generación distribuida. Los principales estudios llevados a cabo en esta línea se han centrado en el diseño de avanzados sistemas de control para un STATCOM y en el desarrollo de un filtro híbrido.

EC2.- Funciones avanzadas de los generadores distribuidos

En este bloque los cuatro grupos plantearon la implementación de nuevas funcionalidades en los convertidores de potencia conectados a red.

EC3.- Nuevas recomendaciones de conexión a red

En este bloque se han estudiado en detalle diferentes casuísticas en redes eléctricas y, en base a los nuevos algoritmos de control diseñados, se han propuesto nuevas recomendaciones de control de sistemas de generación distribuida.

EC4.- Actualización de la infraestructura de la red eléctrica

En este bloque se ha evaluado experimentalmente la validez de los diferentes algoritmos desarrollados a lo largo del proyecto sobre una microrred experimental de laboratorio. Hay que indicar que la puesta en marcha de esta microrred ha supuesto un importante coste, tanto en lo referente a términos económicos como esfuerzos de investigación, lo que ha los resultados de investigación resultantes de la misma se retrasen un poco respecto a lo inicialmente previsto. Actualmente, dicha microrred se encuentra en funcionamiento y permitirá en un futuro

experimentar en detalle con las interacciones entre los diferentes elementos constituyentes de la misma.

Seguidamente se detallan otras actividades realizadas en el proyecto en concordancia con lo especificado en la memoria inicial.

ESTANCIAS DE PROFESORES

A continuación se detallan las distintas movilidades de profesores realizadas desde ambos países. Salvando pequeñas desviaciones respecto a lo inicialmente previsto, los profesores han cubierto satisfactoriamente sus movilidades dentro de lo establecido en el proyecto.

Por la parte española se aprobaron cuatro movilidades, de seis semanas cada una de ellas. El Dr. Pedro Rodríguez, coordinador de este proyecto, y el Dr. Emilio Bueno hicieron coincidir sus estancias de seis semanas en la UFRJ. Contando con que ya existían relaciones previas con el Dr. Aredes y el Dr. Barbosa de la UFRJ, la interacción en el trabajo de investigación fue fantástica. Los profesores Rodríguez y Bueno quedaron gratamente sorprendidos desde el primer momento por la alta predisposición del equipo de trabajo de la UFRJ y por su elevado nivel técnico. La tercera estancia de seis semanas fue cubierta por el Dr. Pedro Rodríguez en la UFPE. Nuevamente, la existencia de relaciones anteriores con el Dr. Cavalcanti facilitó muchísimo la interacción con los estudiantes. En este caso, los estudiantes conocían de antemano los trabajos desarrollados por el Dr. Rodríguez, lo que hizo posible empezar a trabajar de manera conjunta prácticamente desde el primer día. La última estancia, la del año 2008 que debía ser realizada por el Dr. Álvaro Hernández de la UAH, fue cancelada por razones personales. No obstante, la UAH envió a la UFPE toda la información del curso que debía ser impartido. Así mismo, la UAH se aseguró que esta información se transmitiese adecuadamente a los miembros de la UFPE que hacían estancias en la UAH, para que así se usaran estos conocimientos en proyectos futuros.

Por la parte brasileña, ha existido un flujo muy fluido de profesores haciendo estancias en la UPC y la UAH. Los profesores Dr. Aredes y Dr. Barbosa visitaron España en el 2007 (UPC/UAH) y 2008 (UPC). El buen talante en el trabajo y la elevada calidad científica de las actividades desarrolladas por estos profesores cautivaron a estudiantes y profesores. El Dr. Neves, tras una primera visita más corta, realizó una estancia de post-doc de 12 meses de duración en la UAH. La seriedad y la constancia en el trabajo del Dr. Neves han permitido obtener resultados e ideas sumamente interesantes que seguro darán lugar a trabajos conjuntos en el futuro. Por último, la visita del Dr. Cavalcanti a la UPC y la UAH por 4 semanas permitió conocer sus trabajos en sistemas fotovoltaicos y despertó el interés de los estudiantes.

A continuación se presenta una lista resumida de las distintas estancias realizadas por los profesores involucrados en este proyecto.

EP1.- Dr. Pedro Rodríguez. Coordinador del proyecto en España.
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

Origen: UPC

Destino: UFRJ

Duración: 6 semanas

Periodo: Marzo/Abril 2007

Actividades:

- Participación en curso de doctorado sobre códigos de red

- Seminario de implantación de nuevas funcionalidades en convertidores
- Trabajo de investigación intensivo con el equipo de UFRJ
- Planificación de trabajos futuros

EP2.- Dr. Emilio Bueno.

Origen: UAH

Destino: UFRJ

Duración: 6 semanas

Periodo: Marzo/Abril 2007

Actividades:

- Participación en curso de doctorado sobre control de convertidores conectados a red
- Seminario de técnicas de detección de impedancias
- Trabajo de investigación con el equipo de UFRJ
- Planificación de trabajos futuros

EP3.- Dr. Mauricio Aredes. Coordinador del proyecto en Brasil.

Origen: UFRJ

Destino: UPC/UAH

Duración: 3 semanas

Periodo: Mayo/Junio 2007

Actividades:

- Seminario sobre sistemas flexibles de corriente alterna
- Seminario sobre de control de convertidores de alta potencia
- Trabajo de investigación con el equipo de UPC
- Planificación de trabajos y futuras estancias

EP4.- Dr. Luís Guilherme Barbosa Rolim.

Origen: UFRJ

Destino: UPC/UAH

Duración: 3 semanas

Periodo: Mayo/Junio 2007

Actividades:

- Presentación universidad y líneas de investigación en UFRJ
- Seminario sobre implementación de sistemas discretos de control
- Trabajo de investigación con el equipo de UPC
- Planificación de trabajos y futuras estancias

EP5.- Dr. Francisco de Assis dos Santos Neves.

Origen: UFPE

Destino: UPC/UAH

Duración: 3 semanas

Periodo: Mayo/Junio 2007

Actividades:

- Presentación universidad y líneas de investigación en UFPE
- Trabajo de investigación con el equipo de UAH/UPC
- Planificación de trabajos y futuras estancias

EP6.- Dr. Marcelo Cabral Cavalcanti.

Origen: UFPE

Destino: UPC/UAH

Duración: 4 semanas

Periodo: Noviembre/Diciembre 2007

Actividades:

- Presentación trabajos de investigación en UFPE

- Seminario sobre convertidores de potencia en sistemas fotovoltaicos
- Trabajo de investigación con el equipo de UAH/UPC
- Planificación de trabajos y futuras estancias

EP7.- Dr. Pedro Rodríguez. Coordinador del proyecto en España.

Origen: UPC

Destino: UFPE

Duración: 6 semanas

Periodo: Febrero/Abril 2008

Actividades:

- Curso sobre códigos de red internacionales
- Curso sobre sistemas de sincronización para turbinas eólicas para cumplimiento con los códigos de red
- Trabajo de investigación con el equipo de UFPE en control de convertidores de sistemas eólicos ante condiciones genéricas de red
- Planificación de trabajos futuros

EP8.- Dr. Francisco de Assis dos Santos Neves.

Origen: UPFE

Destino: UAH

Duración: 12 meses

Periodo: Febrero 2008/Febrero 2009

Actividades:

- Estudio de separadores de secuencias de las tensiones de la red eléctrica adaptativos en frecuencia.
- Investigación en controladores no lineales a convertidores conectados a la red eléctrica
- Análisis de la estabilidad de la red cuando se integran masivamente generadores eólicos
- Planificación de publicaciones y futuros proyectos

EP9.- Dr. Mauricio Aredes. Coordinador del proyecto en Brasil.

Origen: UFRJ

Destino: UPC

Duración: 1 semana

Periodo: Junio 2008

Actividades:

- Seminario sobre sistemas de potencia en alta tensión continua
- Seguimiento técnico de trabajos en el equipo de investigación de UPC
- Planificación de futuros proyectos

EP10.- Dr. Luís Guilherme Barbosa Rolin.

Origen: UFRJ

Destino: UPC

Duración: 1 semana

Periodo: Junio 2008

Actividades:

- Seminario sobre sistemas avanzados de control de acondicionadores activos
- Seguimiento técnico de trabajos en el equipo de investigación de UPC
- Planificación de futuros proyectos

ESTANCIAS DE ESTUDIANTES DE DOCTORADO

Si bien la movilidad de profesores, normalmente de corta duración, ayuda a mejorar las relaciones entre las universidades participantes en el proyecto y crea

nuevas sinergias, son las estancias de estudiantes en las universidades participantes, usualmente de mayor duración, las que realmente permiten desarrollar trabajos en común y hacen posible la obtención de resultados tangibles que permiten evaluar la seriedad de las actividades desarrolladas.

Por la parte de española, no existieron ayudas de movilidad para estudiantes dentro de este proyecto, por lo que ningún estudiante español llegó a trabajar en los laboratorios de Brasil. No obstante, los estudiantes de doctorado de la parte española trabajaron en muy estrecha colaboración con los estudiantes brasileños, ya que las temáticas de sus estudios de doctorado eran absolutamente compatibles y complementarias.

El estudiante brasileño, hoy ya titulado como el Dr. Francisco Kleber de Araújo Lima, trabajó en estrecha relación con el estudiante español Álvaro Luna Alloza (el cual ya ha depositado su tesis doctoral en la UPC) en el estudio de los generadores eólicos doblemente alimentados ante durante fallos en la red. Ambos estudiantes coincidieron en los laboratorios de la UPC durante la fase final de sus estudios doctorales, es decir, contratando hipótesis previas y contrastando éstas mediante resultados experimentales. Esto permitió que ambos estudiantes consiguieran una considerable producción científica.

El estudiante brasileño Gustavo Medeiros de Souza Azevedo realizó su estancia doctoral en España durante una fase temprana de su trabajo de investigación referente al estudio de funciones adicionales para mejorar la calidad de energía en sistemas fotovoltaicos. A Gustavo Medeiros aún le quedan aproximadamente 2 años para presentar su tesis doctoral, no obstante, la calidad de su trabajo ha permitido obtener resultados notables. Durante los primeros meses de su estancia, Gustavo Medeiros trabajó en el control de I potencia reactiva inyectada por convertidores fotovoltaicos ante situaciones de falla de red. En estos estudios, Gustavo Medeiros colaboró estrechamente con el Dr. Pedro Rodríguez y se obtuvieron resultados muy interesantes. Con estos resultados se confeccionaron diferentes publicaciones, no obstante, las más reveladoras tuvieron que ser 'congeladas' o retiradas de conferencias, ya que la empresa Vestas Power Systems mostró un interés especial en explotar los controladores generados, estando en este momento toda esta información en el proceso de solicitud de un patente a nivel mundial. En una segunda fase de su estancia, el estudiante Gustavo Medeiros trabajó 'codo con codo' con el estudiante español Joan Rocabert en el diseño y montaje experimental de una microrred inteligente que pueda operar en isla intencional y conectada a red. Este montaje experimental fue bastante costoso, tanto en términos económicos, como en tiempo y esfuerzo invertido. Hoy día esa instalación está operativa y existe un contacto continuo (vía email, tele-conferencias, etc..) entre Gustavo Medeiros y los miembros del equipo de la UPC para que ese trabajo vea la luz en forma de publicaciones en un futuro cercano.

El estudiante Fabricio Bradaschia realiza una estancia en la UAH durante la fase inicial de su trabajo de investigación. Los trabajos de investigación de Fabricio Bradaschia se centran en el estudio de convertidores de electrónica de potencia conectados a la red para gestión de energía fotovoltaica. Particularmente, los trabajos realizados por Fabricio Bradaschia se centran en la realización de estudios teóricos acerca de topologías de convertidores de potencia fotovoltaica, para conseguir el mayor rendimiento y la mayor calidad de potencia posible. Así mismo, su estudio también cubre el diseño e implementación digital de sistemas de control para estos convertidores ante situaciones genéricas en la red eléctrica, analizando la topología que asegure un mayor rendimiento.

Análisis de técnicas de control robusto para optimizar el comportamiento del convertidor antes perturbaciones en la red eléctrica. Los estudios realizados en este proyecto por Fabricio Bradaschia, junto al Dr. Francisco Neves, han permitido la publicación de resultados en conferencias y revistas.

A continuación se presenta una lista resumida de las distintas estancias realizadas por los estudiantes brasileños involucrados en este proyecto.

EE1.- Dr. Francisco Kleber de Araújo Lima

Origen: UFRJ

Destino: UPC

Duración: 12 meses

Periodo: Marzo 2008 / Marzo 2009

Actividades:

- Proyecto de investigación acerca del control de generadores eólicos doblemente alimentados ante situaciones de falla en la red eléctrica.
- Realización de estudios analíticos que permitieran justificar en detalle el comportamiento de los sistemas de control diseñados.
- Diseño y montaje del prototipo de laboratorio y obtención de resultados experimentales
- Publicación de resultados en artículos para conferencias y revistas.
- Escritura de la Tesis Doctoral en “ESTUDO DE GERADORES EÓLICOS BASADOS EN LA MÁQUINA DE INDUCCIÓN DOBLEMENTE ALIMENTADA DURANTE HUECOS DE TENSIÓN”
- Supervisores: Dr. Edson Watanabe (UFRJ) y Dr. Pedro Rodríguez (UPC)

EE2.- Gustavo Medeiros de Souza Azevedo

Origen: UFPE

Destino: UPC

Duración: 12 meses

Periodo: Mayo 2008 / Mayo 2009

Actividades:

- Trabajo de investigación acerca del control avanzado de convertidores de potencia conectados a redes eléctricas afectadas por fallas.
- Trabajo de investigación acerca del control de convertidores de potencia de sistemas fotovoltaicos trabajando en microrredes.
- Diseño y montaje del prototipo de laboratorio y obtención de resultados experimentales
- Publicación de resultados en artículos para conferencias y revistas.
- Trabajo en su Tesis Doctoral titulada “SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CON FUNCIONES ADICIONALES DE CALIDAD DE ENERGIA”

EE3.- Fabrício Bradaschia

Origen: UFPE

Destino: UAH

Duración: 12 meses

Periodo: Agosto 2008 / Agosto 2009

Actividades:

- Estudio teórico de las topologías de convertidores de potencia para sistemas fotovoltaicos, analizando la topología que asegure un mayor rendimiento.
- Análisis de técnicas de control robusto para optimizar el comportamiento del convertidor antes perturbaciones en la red eléctrica.
- Implementación de los algoritmos de control en Digital Signal Processings (DSPs).

- Trabajo en su Tesis Doctoral titulada “ESTUDIOS DE TOPOLOGÍAS HÍBRIDAS DE CONVERTORES DIRECTOS DE POTENCIA PARA CONEXIÓN DE SISTEMAS DE GENERACIÓN DISTRIBUÍDA EN LA RED ELÉCTRICA”
- Supervisores: Dr. Marcelo Cavalcanti (UFPE) y Dr. Emilio Bueno (UAH)

ORGANIZACIÓN DE EVENTOS PÚBLICOS

Las visitas de los profesores Brasileños en España se aprovecharon para la organización de talleres de trabajo a los que se invitó a otros miembros de universidades nacionales y extranjeras. Estos talleres de trabajo no estaban contemplados en el planteamiento inicial del proyecto, sin embargo, en seguida se vio la posibilidad de llevar a cabo este tipo de encuentros en los que se divulgó la actividad desarrollada en el proyecto y se exploraron las posibilidades de colaboración con otros equipos de trabajo.

A continuación se presenta una relación de los diferentes talleres de trabajo realizados y en los que participaron los profesores involucrados en este proyecto.

INTERNATIONAL WORKSHOP ON GRID INTEGRATION OF RENEWABLE ENERGIES (UPC / Inglés)

Este workshop se organizó en la UPC el 31 de mayo del 2007 coincidiendo con la estancia de los profesores Dr. M. Aredes, Dr. L. Rollin y Dr. F. Neves. A este evento también se invitó al profesor Dr. R. Teodorescu y el profesor J. Pederssen, ambos de la universidad de Aalborg, Dinamarca. Los diferentes participantes presentaron los últimos trabajos realizados en sus respectivos grupos de trabajo y se organizó una mesa coloquio en torno a los problemas existentes en la integración de fuentes de energía renovable en la red eléctrica

INTERNATIONAL WORKSHOP ON RENEWABLE ENERGY SYSTEMS (UAH / Inglés)

Este workshop se celebró en la UAH los días 11 y 12 de Junio del 2007. A este workshop, además de intervenir Dr. P. Rodríguez de la UPC y Dr. M. Aredes de la UFRJ, también participaron los profesores Dr. M. Liserre del Politécnico de Bari (Italia), el profesor Dr. M. Malinowski de la Universidad de Varsovia, Polonia y al profesor Dr. C. Klumpner de la Universidad de Nottingham, Inglaterra. En este evento resultó convertirse en un acto de elevado interés científico al que acudieron más de 20 profesores y estudiantes de otras universidades españolas. En él se cubrieron diferentes aspectos técnicos referentes a la integración de fuentes de energía renovable en la red eléctrica.

INTERNATIONAL WORKSHOP ON ADVANCED CONCEPTS IN GRID CONNECTED POWER CONVERTERS TO INCREASE PENETRATION OF DISTRIBUTED GENERATION BASED ON RENEWABLE ENERGIES (UPC / Inglés)

Este workshop se celebró en la UPC el día 25 de junio del 2008. En este evento participaron los profesores Dr. P. Rodríguez (UPC), Dr. M. Aredes (UFRJ), Dr. L. G. Barbosa (UFRJ), Dr. M. Liserre () y Dr. R. Teodorescu (AAU). Los diferentes profesores hicieron ponencias referentes al control avanzado de convertidores conectados a red para sistemas de generación distribuida basada en fuentes de energía renovable.

CURSOS

Los estudiantes brasileños realizaron el curso de doctorado POWER ELECTRONICS FOR RENEWABLE ENERGY SYSTEMS (PERES) en la Aalborg

University, Denmark, y que está directamente relacionado con el proyecto que nos ocupa. El profesor Dr. Pedro Rodríguez es uno de los profesores que imparten este curso, lo que facilitó que los estudiantes brasileños, junto a otros españoles, pudieran asistir al curso como invitados. De esta forma, el Dr. K. Lima y G. Medeiros atendieron el curso junto al estudiante A. Luna, de la UPC, en la edición de Noviembre de 2008.

Hay que indicar que el estudiante brasileño G. Medeiros realizó una corta estancia de dos semanas de duración en el Institute of Energy Technology de Aalborg University, Denmark, donde trabajó junto al Dr. Pedro Rodríguez en el perfeccionamiento del control de convertidores de potencia ante situaciones de falla en la red. En este periodo, se presentó a la empresa Vestas Wind Power Systems los resultados de la investigación realizada. Esta empresa mostró sus intenciones de explotar la tecnología generada y, por ese motivo, se procedió a un proceso de protección de la tecnología desarrollada, apareciendo G. Medeiros como uno de los inventores del controlador desarrollado.

2) Resultados del proyecto de cooperación en relación con los objetivos propuestos.

A continuación se enumeran los objetivos científicos establecidos en la memoria inicial del proyecto HBP2006-0074-PC y se relatan los resultados obtenidos en relación a los mismos. Cabe destacar, que los resultados obtenidos durante el primer año del proyecto fueron limitados, ya que en esa fase se arrancaban los diferentes estudios relacionados con los objetivos marcados. En el segundo año del proyecto, en el 2008, los resultados fueron más abundantes, evidenciándose una mayor interrelación entre los equipos españoles y brasileños. Aunque la movilidad de profesores españoles y brasileños permitió planificar los estudios realizados e incentivar a los estudiantes y profesores de los diferentes equipos participantes, la interrelación entre las diferentes universidades se basó fundamentalmente en el trabajo realizado con los estudiantes y profesores brasileños que hicieron sus estancias en la UPC y la UAH. Este trabajo se tradujo en resultados en forma de tesis doctorales, artículos en revistas del ISI y ponencias en congresos internacionales. Las sinergias creadas han dado lugar a que existan varias publicaciones en colaboración propuestas para el 2009.

En el listado de objetivos del proyecto mostrado a continuación, se han incluido las referencias de las Tesis [Tx], artículos de revista [Ax] y ponencias en conferencias [Cx]. En este listado se han incluido aquellos profesores y estudiantes participantes en el proyecto. Hay que indicar que en el objetivo O4 ha sido necesario retirar algunas publicaciones que se encontraban en proceso de revisión (no público), puesto que los resultados obtenidos en la investigación desarrollado se encuentran en proceso de registro.

O1.- Búsqueda de soluciones para convertidores de red eólicos y fotovoltaicos para cumplir con los últimos códigos de conexión a red, nacionales e internacionales

[T1], [T2]

[A1], [A2], [A4], [A5], [A7], [A9], [A10], [A11], [A12], [A13]

[C3], [C4], [C5], [C6], [C9], [C10], [C12], [C16], [C17], [C18], [C19], [C20], [C21], [C22], [C23], [C25], [C26], [C28], [C29], [C30], [C31], [C32], [C34]

O2.- Propuesta de nuevas funcionalidades y prestaciones para los convertidores de red eólicos y fotovoltaicos para incrementar la penetración de la generación distribuida

[A8],
[C2], [C4], [C5], [C7], [C12], [C18], [C24], [C27], [C29], [C35]

O3.- Propuesta de recomendaciones para la elaboración de futuros códigos de red

[T1], [T2]
[A1], [A7], [A10], [A12]
[C1], [C6], [C8], [C11], [C13], [C14], [C16], [C19], [C30], [C31]

O4.- Propuesta de soluciones para la actualización y rediseño de las actuales redes eléctricas considerando una elevada penetración de sistemas de generación distribuida

[A3], [A5], [A6]
[C7], [C9], [C13], [C14], [C15], [C20], [C33],

Para concluir con este listado de resultados del proyecto HBP2006-0074-PC, hay que recordar que el objetivo fundamental de este proyecto es arrancar una red de investigación hispano-brasileña especializada en sistemas electrónicos de procesado de potencia para la integración a gran escala de fuentes de energía renovable en los sistemas eléctricos de potencia. Este objetivo se ha cubierto satisfactoriamente y las relaciones entre las universidades participantes se han reforzado de manera significativa. A lo largo de la ejecución del proyecto se manifestó la afinidad entre la UPC y la UFRJ, tanto a nivel de conocimientos teóricos como de instalaciones experimentales disponibles, para trabajar en aplicaciones de gran potencia, fundamentalmente de generación eólica y de distribución de energía. Por otro lado, las universidades UAH y UFPE se mostraron más afines para trabajar con funciones de avanzadas de control, muchas veces aplicadas en sistemas de potencia más reducida, como son los sistemas fotovoltaicos.

En la actualidad, el Dr. Pedro Rodriguez es uno de los dos co-supervisores de un importante proyecto de investigación en energía eólica que se desarrolla en colaboración con el primer fabricante de turbinas eólicas a nivel mundial (el Vestas Power Programme, <http://www.vestas.com/en/jobs/education-and-research/power-programme.aspx>). Como fruto de la dinámica creada en el proyecto de colaboración HBP2006-0074-PC y gracias a la experiencia y habilidades demostradas, algunos miembros de la UFRJ participan hoy en día en este importante proyecto (el mayor nunca firmado entre un fabricante de turbinas eólicas y una universidad).

Los profesores Dr. M. Aredes, Dr. L. Rolim y Dr. E. Watanabe continúan visitando España, al igual que el Dr. Pedro Rodriguez visita anualmente Río de Janeiro. En la actualidad, dos estudiantes de UFRJ han sido seleccionados para realizar una estancia de investigación en la UPC de 18 meses a cargo de un proyecto del MCINN y un tercer estudiante brasileño pasará a formar parte del proyecto de investigación europeo anteriormente mencionado.

Dentro de dos años, los equipos de UFRJ y UPC pretenden proponer un nuevo proyecto de investigación al programa de colaboración España-Brasil fundamentalmente enfocado al estudio de grandes sistemas eólicos instalados en el mar y su interacción con las redes eléctricas actuales. Por su parte, los equipos de UAH y UFPE presentarán un proyecto en base al control avanzado de redes eléctricas con alta penetración de sistemas de energías renovable.

LISTADO DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

TESIS DOCOTRALES

[T1] K. Lima, "ESTUDO DE GERADORES EÓLICOS BASEADOS EM MÁQUINA DE INDUCAO DUPLAMENTE ALIMENTADA DURANTE AFUNDAMENTOS DE TENSAO", Abril 2009 (Directores: Edson Watanave / Pedro Rodriguez)

[T2] A. Luna, CONTROL TECHNIQUES FOR POWER QUALITY IMPROVEMENT IN GRID-CONNECTED DFIG-BASED WIND TURBINES", Depositada Junio 2009 (Director: Pedro Rodriguez. Tesis para la obtención de la mención de Doctor Europeo)

ARTÍCULOS REVISTA

[A1] P. Rodriguez, A. V. Timbus, R. Teodorescu, M. Liserre, F. Blaabjerg, " Flexible Active Power Control of Distributed Power Generation Systems Running on Faulty Grid," IEEE Transactions on Industrial Electronics, pp. 2583 – 2592, Oct. 2007

[A2] S. Busquets-Monge, J. Rocabert, P. Rodriguez, S. Alepuz, J. Bordonau, "Multilevel Diode-Clamped Converter for Photovoltaic Generators With Independent Voltage Control of Each Solar Array," IEEE trans. Industrial Electronics, pp.2713-2723, July 2008

[A3] P. Rodriguez, L. Asiminoaei, F. Blaabjerg, "Application of Discontinuous PWM Modulation in Active Power Filters," IEEE Trans. Power Electronics, pp.1692-1706, July 2008.

[A4] A. Timbus, M. Liserre, R. Teodorescu, P. Rodriguez, F. Blaabjerg, "Evaluation of Current Controllers for Distributed Power Generation Systems," IEEE Trans. Power Electronics, pp.654-664, March 2009

[A5] H.E.P. Souza, F. Bradaschia, J.P. Arruda, F.A.S. Neves, M. C. Cavalcanti, G. Medeiros, "A Method for Extracting the Fundamental-Frequency Positive-Sequence Voltage Vector Based on Simple Mathematical Transformations," IEEE Trans. on Industrial Electronics, pp. 1539-1547, May 2009

[A6] P. Rodriguez, I. Candela, L. Asiminoaei, R. Teodorescu, and F. Blaabjerg, "Current Harmonics Cancellation in Three-phase Four-wire Systems by Using a Four-branch Start Filtering Topology," IEEE Transactions on Power Electronics, July/August 2009

[A7] P. Rodriguez, A. V. Timbus, R. Teodorescu, M. Liserre, F. Blaabjerg, "Reactive Power Control for Improving Wind Turbine Systems Behaviour under Grid Faults", IEEE Transactions on Power Electronics, July/August 2009

[A8] J. Vazquez, J.M. Guerrero, A. Luna, P. Rodriguez, R. Teodorescu, F. Blaabjerg, "Adaptive Droop Control Applied to Voltage Source Inverters Operating

in Grid-Connected and Islanded Modes”, in IEEE Transactions on Industrial Electronics (accepted for publication on April 2009)

[A9] F. A. S. Neves, M. C. Cavalcanti¹, H. E. P. Souza¹, E. Bueno, F. Bradaschia. “Fundamental-Frequency Positive-Sequence Grid Voltage Extraction Using Only Mathematical Transformations in the Stationary Reference Frame,” IEEE Transactions on Power Electronics. (accepted for publication)

[A10] K. Lima, A. Luna, P. Rodriguez, E. Watanabe, F. Blaabjerg., “Rotor Voltage Dynamics in the Doubly-Fed Induction Generator during Grid Faults,” IEEE Transactions on Power Electronics (accepted for publication on May 2009).

[A11] P. Rodriguez, A. Luna, I. Candela, G. Medeiros, R. Teodorescu, F. Blaabjerg, “Grid Synchronization Technique for Three-Phase Power Converters under Unbalanced Conditions,” IEEE Transactions on Power Electronics (under a second review on May 2009).

[A12] A. Luna, K. Lima, P. Rodriguez, E. Watanabe, R. Teodorescu., “Comparison of Control Strategies for the Rotor Side Converter of DFIG Wind Turbines”. in IEEE Transactions on Industrial Electronics (under a second review on June 2009)

[A13] P. Rodriguez, A. Luna, I. Candela, R. Mujal, R. Teodorescu, F. Blaabjerg, “Multi-resonant Frequency-locked Loop for Grid Synchronization of Power Converters under Distorted Grid Conditions,” in IEEE Transactions on Industrial Electronics (under review).

CONFERENCIAS

2007

[C1] Luna, A.; Gregorio, E.; Vázquez, G., “Advanced control proposals for DFIG based wind turbines” International Symposium on Industrial Electronics, (ISIE’07), Vigo, Spain, June 2007.

[C2] Gregorio, E.; Luna, A.; Vázquez, G.; Timbus, A., “Line-interactive droop control of PV power generators for grid integration improvement” International Symposium on Industrial Electronics, (ISIE’07), Vigo, Spain, June 2007.

[C3] Vázquez, G.; Luna, A.; Gregorio, E., “Advanced Features in Power Electronics Converters for a Best Integration of Photovoltaic (PV) Systems to Electric Grid” International Symposium on Industrial Electronics (ISIE’07), Vigo, Spain, June 2007.

[C4] S. Cobreces, P. Rodriguez, D. Pizarro, F. J. Rodriguez, E. J. Bueno, “Complex-Space Recursive Least Squares Power System Identification,” in Proc. IEEE Power Electron. Spec. Conf. (PESC’07), Orlando, USA, June 2007

[C5] A. Timbus, P. Rodriguez, R. Teodorescu, “Line impedance estimation using active and reactive power variation,” in Proc. IEEE Power Electron. Spec. Conf. (PESC’07), Orlando, USA, June 2007

[C6] P. Rodriguez, A. Luna, R. Teodorescu, F. Iov, F. Blaabjerg, “Fault Ride-through Capability Implementation in Wind Turbine Converters Using a Decoupled

Double Synchronous Reference Frame PLL,” in Proc. European Conference on Power Electronics and Applications, (EPE'07), Aalborg, Denmark, Septiembre 2007

[C7] A. J. Ortiz, M. Aredes, E. Bueno, P. Rodriguez, “Comparative study of the current and voltage controllers applied to the STATCOM,” in Proc. IEEE Industrial Electronics Conference (IECON'07), pp. 501-514, Taipei, Taiwan, Novembre 2007

2008

[C8] S.L.A. Ferreira, A.S. Neto, F.R.D. Filho, J.P. Arruda, P.A.C. Rosas, F.A.S. Neves, F.C., D.O.C. Brasil, S.R. Silva, “Análise de Critérios de Suportabilidade de Centrais Eólicas Durante Afundamentos Momentâneos de Tensão,” in Proc Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, Belo Horizonte, Brasil, Abril 2008.

[C9] A.S. Neto, R.F.D. Filho, S.L.A. Ferreira; F.A.S. Neves, P.A.C. Rosas, M.C. Cacialcanti. “Controle de Turbina Eólica Duplamente Alimentada para Estabilidade de Sistemas Elétricos,” in Proc Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, Belo Horizonte, Brasil, Abril 2008.

[C10] R.F.D. Filho, A.S. Neto, S.L.A. Ferreira, J.P. Arruda, F.A.S. Neves, M.C. Cacialcanti, “Análise Comparativa de Métodos para Detecção de Tensão de Seqüência Positiva,” in Proc Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, Belo Horizonte, Brasil, Abril 2008

[C11] P. Rodriguez, A. Luna, R. Teodorescu, F. Blaabjerg, M. Liserre, “Control of a Three-phase Four-wire Shunt-Active Power Filter Based on DC-bus Energy Regulation,” in Proc. IEEE Int. Conf. on Optimization of Electrical and Electronic Equipments (OPTIM'08), pp. 227-234, Brasov, Romania, May 2008

[C12] S.L.A. Ferreira; A.S. Neto, R.F. Dias, J.P. Arruda, P.A.C. Rosas, F.A.S. Neves; S. R. Silva, F.C. Medeiros, “Wind Turbine Low Voltage Ride Through Modeling and Analysis in the Brazilian High Voltage Network,” in Proc. 7th International Workshop on Large Scale Integration of Wind Power and on Transmission Networks for Offshore Wind Farms, Madrid, Spain, May 2008.

[C13] Luna, A.; Rodriguez, P.; Teodorescu, R.; Blaabjerg, F., “Low voltage ride through strategies for SCIG wind turbines in distributed power generation systems” in Proc. IEEE Power Electronics Specialists Conference (PESC 08), pp. 2333-2339, Rhodes, Greece, June 2008.

[C14] A. J. Ortiz, M. Aredes, L. Guilherme Rolim, E. Bueno and P. Rodriguez, “A new current control for the STATCOM based on secondary order generalized integrators,” in Proc. IEEE Power Electronics Conference (PESC'08), pp. 1378-1383, Rhodes, Greece, June 2008.

[C15] P. Rodriguez, I. Candela, S. Bogarra, R. Teodorescu and F. Blaabjerg, “Cancellation of neutral current harmonics by using a four-branch star hybrid filter”, in Proc. IEEE Power Electronics Conference (PESC'08), pp. 1041-1047, Rhodes, Greece, June 2008.

[C16] A. Ortiz, M. Aredes, L. G. B. Rolim, E. Bueno, P. Rodriguez, “A New Current Control For The STATCOM Based On Secondary Order Generalized Integrators,” in Proc. IEEE Annual Power Electronics Specialists Conference (PESC'08), pp. 1378-1383, Rhodes, Greece, June 2008.

[C17] F. Bradaschia, J.P. Arruda, E.P. Helber, G. Medeiros Azevedo, F. Neves, M. Cavalcanti, "A method for extracting the fundamental frequency positive-sequence voltage vector based on simple mathematical transformations," in Proc. IEEE Power Electronics Specialists Conference (PESC'08), pp. 1115-1121, Rhodes, Greece, June 2008.

[C18] G. Medeiros, M. Cavalcanti, K. Cavalcanti, F.A. S. Neves, Z.D. Lins, "Evaluation of maximum power point tracking methods for grid connected photovoltaic systems," in Proc. IEEE Power Electronics Specialists Conference (PESC'08), Rhodes, pp. 1456-1462, Rhodes, Greece, June 2008.

[C19] K. Lima, A. Luna, P. Rodriguez, E. Watanabe, R. Teodorescu, F. Blaabjerg, "Doubly-Fed Induction Generator Control Under Voltage Sags," in Proc. IEEE Energy 2030 Conference, (ENERGY'08), pp. 1-6, Atlanta, Georgia, USA, November 2008

[C20] P. Rodriguez, A. Luna, R. Teodorescu, F. Blaabjerg, "Grid Synchronization of Wind Turbine Converters under Transient Grid Faults using a Double Synchronous Reference Frame PLL," in Proc. IEEE Energy 2030 Conference, (ENERGY'08), pp. 1-8, Atlanta, Georgia, USA, November 2008.

[C21] A. Luna, K. Lima, P. Rodríguez, E. Watanabe, R. Teodorescu., "Comparison of power control strategies for DFIG wind turbines". In Proc. IEEE Industrial Electronics Conf. (IECON'08), pp. 2131 – 2136, Orlando, USA, Novembre 2008.

[C22] P. Rodriguez, A. Luna, I. Candela, R. Teodorescu, F. Blaabjerg, "Grid Synchronization of Power Converters using Multiple Second Order Generalized Integrators," in Proc. IEEE Industrial Electronics Conference (IECON'08), pp. 755 - 760, Orlando, USA, November 2008.

[C22] P. Rodriguez, I. Candela, A. Luna, R. Teodorescu, F. Blaabjerg, "Four-branch Star Hybrid Power Filter for Three-phase Four-wire Systems," in Proc. IEEE Industrial Electronics Conference (IECON'08), pp. 3135 -3140, Orlando, USA, November 2008.

[C23] F. J. Rodríguez, E. Bueno, M. Aredes, L. G. B. Rolim, F. A. S. Neves, M. C. Cavalcanti, "Discrete-time implementation of second order generalized integrators for grid converters," in Proc. IEEE Industrial Electronics Conference (IECON 2008), pp. 176-181, Orlando, USA, November 2008.

[C24] E. Bueno, S. Cóbrecas, F.J. Rodríguez, F. Huerta, M. Galvez, A. Rodríguez, F.A.S. Neves, "Optimal proposal to mitigate the problems produced by the acquisition of noisy signals in the control of grid-converters," in Proc. IEEE Industrial Electronics Conference (IECON 2008), pp. 297-302, Orlando, USA.

[C25] M.J. Diaz, E. Bueno, R. Mateos, F.J. Rodriguez, E. Monmasson, "FPGA implementation of harmonic detector based on Second Order Generalized Integrators," in Proc. IEEE Industrial Electronics Conference (IECON 2008), pp.2453-2458, Orlando, USA.

2009

[C26] D. Aguilar, A. Luna, A. Rolan, G. Vazquez, G. Medeiros., "Modeling and Simulation of Synchronous Machine and its behaviour against Voltage Sags". in

Proc. IEEE International Symposium of Industrial Electronics (ISIE'09), pp., Seoul, Korea, July 2009.

[C27] G. Vazquez, T. Kerekes, A. Rolan, D. Aguilar, A. Luna, G. Medeiros., "Losses and CMV Evaluation in Transformerless Grid-Connected PV Topologies". in Proc. IEEE International Symposium of Industrial Electronics (ISIE'09), pp., Seoul, Korea, July 2009.

[C28] A. Rolan, A. Luna, G. Vazquez, D. Aguilar, G. Medeiros., "Modeling of a Variable Speed Wind Turbine with a Permanent Magnet Synchronous Generator". in Proc. IEEE International Symposium of Industrial Electronics (ISIE'09), pp., Seoul, Korea, July 2009.

[C29] G. Medeiros, G. Vazquez, A. Luna, D. Aguilar, A. Rolan, ., "Photovoltaic Inverters with Fault Ride-Through Capability". in Proc. IEEE International Symposium of Industrial Electronics (ISIE'09), pp., Seoul, Korea, July 2009.

[C30] A. Luna, K. Lima, F. Corcoles, P. Rodríguez, E. Watanabe, R. Teodorescu., "Control of DFIG-WT under unbalanced grid voltage conditions". in Proc. IEEE Energy Conversion Congress and Expo (ECCE'09), pp., San José, California, USA, Sept. 2009.

[C31] K. Lima, A. Luna, P. Rodríguez, E. Watanabe, F. Blaabjerg., "Study of a Simplified Model for DFIG-Based Wind Turbines," in Proc. IEEE Energy Conversion Congress and Expo (ECCE'09), pp., San José, California, USA, Sept. 2009.

[C32] P. Rodríguez, A. Luna, I. Etxeberria, J. Hermoso, R. Teodorescu., "Multiple Second Order Generalized Integrators for Harmonic Synchronization of Power Converters,". in Proc. IEEE Energy Conversion Congress and Expo (ECCE'09), pp., San José, California, USA, Sept. 2009.

[C33] I. Candela, P. Rodriguez, A. Luna, R. Teodorescu and F. Blaabjerg, "Proposal of a resonant controller for a three phase four wire grid-connected shunt hybrid filter," in Proc. IEEE Energy Conversion Congress and Expo (ECCE'09), pp., San José, California, USA, Sept. 2009.

[C34] Luna, A., Rolan, A., Medeiros, G, Rodríguez, P., Teodorescu, R., "Control Strategies for DFIG Wind Turbines Under Grid Fault Conditions," in Proc. IEEE Industrial Electronics Conference (IECON'09), pp., Porto, Portugal, November 2009. (under review)

[C35] P. Rodríguez, G. Medeiros, A. Luna, M. Cavalcanti, and R. Teodorescu, "Safe Current Injection Strategies for a STATCOM under Asymmetrical Grid Faults," in Proc. IEEE Industrial Electronics Conference (IECON'09), pp., Porto, Portugal, November 2009. (under review)

CONCLUSIÓN

Como coordinador del proyecto HBP2006-0074-PC tengo que indicar que los objetivos inicialmente planteados se han cubierto satisfactoriamente. Los profesores han realizado todas sus estancias (a excepción de una de ellas que fue adecuadamente justificada), se han ofrecido los diferentes cursos y seminarios, se ha participado en el trabajo de los estudiantes en las diferentes universidades. Las

tesis desarrolladas y la cantidad de publicaciones acerca de los tópicos tratados en el proyecto demuestran la actividad mantenida por las diferentes partes.

Debo resaltar que los resultados obtenidos a partir del contacto entre las distintas universidades superan con creces mis expectativas iniciales cuando diseñaba la propuesta del presente proyecto.

Las expectativas de colaboración para los años venideros son muy satisfactorias y pueden dar lugar a desarrollos tecnológicos importantes en el terreno de las energías renovables.

En TERRASSA, a 26 de JUNIO de 2009

Firma del investigador responsable Fdo.: PEDRO RODRIGUEZ CORTES	Vº Bº Representante legal del Organismo Fdo.: XAVIER GIL MUR (Vicerector de Investigación e Innovación de la UPC) Cargo: (firma y sello)
--	--