

Eje temático elegido: Energías convencionales y alternativas.

**“MODELADO DE SISTEMA DE GESTIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA
APLICADO AL ANÁLISIS DE GENERACIÓN NO CONVENCIONAL: SMART GRID
MENDOZA”**

Doctorando: Ing. Lucas Gastón López^{a,b}
lucasglopez@live.com

Directora: Dr. Angélica Delgadillo^c
angelica.delgadillo@icsaautomation.com

Co-director: Dr. Fabricio Sanchez-Varretti^b
fabriciosanchezv@yahoo.com.ar

Asesor: Ing. Mario Martínez^a
mario.martinez@impsa.com

^a Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza, Rodríguez 273, CP (M5502AJE) Mendoza, Argentina

^b Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Rafael, Urquiza 314, CP 5600, San Rafael, Mendoza, Argentina

^c Instituto de Energía Eléctrica, Universidad Nacional de San Juan, Av. Libertador 1109 (O). 5400. San Juan. Argentina

Resumen

La implementación de los Sistemas de Gestión de Distribución o DMS (Distribution Management System) permiten el análisis de datos, evaluación, y aporte de soluciones para el correcto funcionamiento las Smart Grids o redes inteligentes. Estos DMS permitirán el manejo, optimización, y el control de variables en diferentes generadores no convencionales para permitir el correcto funcionamiento de las mismas.

Palabras-clave: Sistema de Gestión de Distribución de Energía; Flujos de Potencia; Redes Inteligentes.

Abstract: The implementation Distribution Management System allows data analysis, evaluation, and provision of solutions for the correct operation of Smart Grids. These DMS will allow the management, optimization, and control of variables in different non-conventional generators to allow the correct operation.

Keywords: Distribution Management System DMS, Power Flow Solutions, Smart Grids.

Introducción

En forma general, se entiende por **red eléctrica** el conjunto de líneas, transformadores e infraestructuras que llevan la energía eléctrica desde los centros de producción hasta todos los consumidores. Estas redes son las encargadas de transportar y distribuir la electricidad generada en las centrales (ya sean las tradicionales como nucleares, hidráulicas, de carbón, etc. o renovables como fotovoltaicas o de aerogeneración) hasta los puntos de consumo final. Sin embargo las redes actuales están diseñadas y en funcionamiento desde la mitad del siglo pasado (donde los principales centros de producción estaban lejanos de las poblaciones) y **deben de ser rediseñadas** para convertirse en redes más efectivas y robustas, de forma que puedan soportar las necesidades futuras (tanto desde el punto de vista de los consumidores como de las características de las centrales basadas en energías alternativas). [1]

Actualmente, las fuentes de energías renovables están alcanzando un grado de penetración cada vez más importante en los sistemas eléctricos, lo que hace necesario modificar la infraestructura de los sistemas de transmisión y distribución, incluyendo un mayor nivel de automatismo e inteligencia en las redes eléctricas [2]. En la Argentina, el avance de las energías renovables aún es incipiente, en 2014 aportaron el 1,5% de la generación eléctrica. Sin embargo, existen políticas nacionales y provinciales que apuntan a lograr una mayor participación de las energías renovables en la matriz eléctrica [3].

Este escenario está dando lugar al surgimiento de nuevas propuestas como el de la implementación de microrredes y de redes eléctricas inteligentes (“microgrids” y “smart grids”) [4], las que tienen por objetivo hacer un uso eficiente de la energía eléctrica y favorecer la integración de fuentes de energías renovables [5]. Actualmente se está realizando una importante experiencia piloto en la localidad de Armstrong, provincia de Santa Fe con participación de varias instituciones (Cooperativa de Armstrong, Mincyt, CAMESA, INTI, UNT, etc.).

La integración de las energías renovables en microrredes y su interconexión con el sistema eléctrico de potencia convencional (SEP) puede realizarse a través de convertidores electrónicos de potencia, los que pueden controlarse desde una central de despacho de carga. Cuando estas interconexiones requieren aislación galvánica, con objetivos de seguridad y para facilitar la adaptación de diferentes niveles de tensión, es necesaria la utilización de transformadores. Estos convertidores pueden ser demasiado voluminosos y pesados cuando se utilizan transformadores de baja frecuencia. Con la ayuda de la electrónica de potencia, estos transformadores pueden ser reemplazados por transformadores de alta frecuencia, los cuales pueden diseñarse para lograr que sean más compactos y livianos [6]. Este tipo de convertidores aislados son comúnmente denominados transformadores de estado sólido (Solid-State Transformer, (SST)) [7], [8]. Se espera que en los futuros sistemas de distribución de energía eléctrica, los SST sean uno de los elementos fundamentales para controlar y convertir la energía.

La realidad actual de la República Argentina, es que **el sistema de generación, transporte y distribución se encuentra sobre exigido** y su capacidad ha quedado reducida a causa de la creciente demanda de los últimos años. La incorporación de nuevas centrales especiales (turbinas de gas) para la necesidad en los horarios de pico ha llevado al país a la necesidad de importar combustibles para poder sostener su generación. Además, adicionalmente a esto, la matriz energética del país se encuentra basada en combustibles de origen fósil, siendo necesario un incremento de las energías renovables que lo componen [9].

Otros países del primer mundo, han atravesado este tipo de problemáticas, y para poder solucionar las mismas la solución más viable es el empleo de las llamadas **SmartGrids o redes inteligentes**. La definición básica de las mismas puede corresponder a “Las redes inteligentes son las redes eléctricas que pueden integrar de manera inteligente el comportamiento y las acciones de todos los actores conectados a ellas (quienes generan electricidad, quienes la consumen y quienes realizan ambas acciones) para proporcionar un suministro de electricidad seguro, económico y sostenible” [2].

Para poder generar este tipo de redes en la infraestructura actual sería necesario disponer de contadores inteligentes en todos los puntos de consumo, principalmente usuarios domésticos. Otro aspecto que estos contadores permitirían mejorar sería la integración de las energías renovables para los usuarios finales que dispongan por ejemplo de paneles solares (o de elementos de microgeneración) permitiendo, además de generarse su propia electricidad, la inyección en la red (y su correspondiente pago) de la energía generada durante los picos de consumo. Para poder desarrollar esto el planteo de nuevas normativas es indispensable. [10]

Los aspectos medioambientales también están presentes. Como ya mencionamos, muchas de las centrales actuales utilizan combustibles fósiles (petróleo, carbón, etc.) con sus correspondientes implicaciones en emisiones de humos y gases que provocan el efecto invernadero. Aunque cada vez se están introduciendo más puntos de generación asociados a las energías renovables, su impacto en el total aún es reducido. Es preciso avanzar en investigaciones y sistemas que ayuden a mejorar aspectos como la eficiencia y la reducción de gases así como la facilidad de integración de las energías renovables, tanto desde ubicaciones centralizadas como desde puntos de generación distribuidos. [11]

La implementación de las **SmartGrids** pretende transformar el sistema actual en un **sistema distribuido**, en el cual cualquier agente que esté conectado a la red tiene la posibilidad de aportar energía, posibilitando la creación de microgeneradores, de forma que no existe una dependencia tan directa como con la generación energética actual. Gracias a este tipo de red es posible disminuir drásticamente las pérdidas por el transporte energético, facilitar la conexión a la red de todo tipo de energías renovables facilitando la integración de porcentajes crecientes de energías no gestionables como la eólica o la solar. [12]

Para lograr el control de estas SmartGrids los **sistemas de gestión de distribución o DMS Distribution Management System** son una parte básica en el control de las mismas. El objetivo fundamental del manejo de estas redes es la reducción de riesgos y costos mediante la optimización de las operaciones [13]. Además de esto, los DMS son programados haciendo énfasis en:

- Fiabilidad, mejorando los niveles actuales; promoviendo la reducción o eliminación de las interrupciones de energía a los usuarios
- Eficiencia, la racionalización y automatización de los procesos de trabajo existentes; la mejora de operador, despachador y la productividad del equipo de campo.
- Seguridad, trabajo donde se utilizan equipo de campo y la seguridad pública
- Interoperabilidad, la utilización de una arquitectura abierta.

El **DMS** funciona como medio para la transición hacia las SmartGrids, y proporciona la base de partida para modelar las actividades de operación y de campo directo de una manera segura y eficiente. También sirve como una plataforma de operaciones, la automatización de tareas y filtrado de información para un eventual operador. Para una utilidad, es el sistema estratégico que permita la gestión de una red inteligente y aprovechará sus ventajas. [14]

El **DMS** es una **solución integrada** de sistemas de apoyo a la gestión del día a día de los esfuerzos de la red de distribución, construcción y mantenimiento relacionados, de manera

proactiva y guía a los operadores cuando el sistema es más necesario, como pueden ser situaciones de contingencias inesperadas.

A medida que la utilidad de la mano de obra y los servicios de distribución están bajo mayor presión para utilizar más plenamente los equipos existentes, DMS está convirtiéndose rápidamente en un **elemento esencial en el mantenimiento** y la *mejora de la fiabilidad* de entrega al tiempo que reduce la complejidad y la automatización de los procesos de trabajo relacionados. La reciente aceleración en la automatización de la distribución, la automatización de subestaciones y las iniciativas de medición automatizadas en la industria ha creado un impulso adicional para establecer DMS como una base sólida para beneficiarse de estos aspectos de las emergentes SmartGrids.

El DMS presenta numerosas ventajas adicionales incluyendo:

- información procesable y control en tiempo real
- capacidad más eficiente para cumplir con los requisitos reglamentarios
- servicio al cliente más eficiente mediante gestión de fallas y mejor de voltaje
- abierto plataforma de sistemas
- seguridad
- escalabilidad
- estaciones de trabajo simplificado.

Dicho trabajo de investigación se encuentra incluido dentro del que llevan adelante en conjunto la distribuidora EDESTE SA, EMESA y la UTN-FRM, el proyecto "Red Inteligente ciudad de San Martín" aprobado como Proyecto N° 13 de la convocatoria FITS 2013 UREE - Uso Racional y Eficiente de la Energía- de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica.

Dicho proyecto consiste en el diseño, implementación y análisis de resultados de un "Proyecto piloto" de redes eléctricas inteligentes y mejoramiento de la eficiencia de las redes de distribución de energía en un área de aproximadamente 5000 usuarios de tipo residencial, comercial e industrial, donde se desarrollarán los siguientes aspectos: tele medición y control de usuarios finales, tele-gestión de subestaciones transformadoras y punto de inyección, automatización de puntos de maniobra y protección, gestión eficiente de alumbrado público, desarrollo de sistema prepago de energía, incorporación de 500KW de generación fotovoltaica inyectada en Media Tensión y 4 módulos de autogeneración fotovoltaica de entre 5 y 15KW interconectados a la red de distribución.

Es importante destacar que esta temática está incluida dentro de los temas estratégicos del "Plan Argentina Innovadora 2020", en el núcleo socio-productivos estratégicos sector Energía e Industria; Generación y Acumulación de energía y Sistemas de Distribución; Generación y acumulación de energía y sistemas de distribución. Desarrollos asociados a redes inteligentes. Transformadores y filtros para estaciones convertidores de corriente alterna/corriente continua (AC/DC) e Inversores DC/AC de alta eficiencia sincronizados con la red. Sistema de producción energética de pequeña escala. Energía Renovable, eólica y solar.

Metodología

- Modelar utilizando el Software PSS®E (Power Transmission System Planning Software), una red eléctrica conformada por dos alimentadores de media tensión convencionales, con sus fuentes equivalentes en barras, y todas las demandas a nivel de transformadores tanto en media como baja tensión (MT/BT). Estas topologías serán tomadas de un caso real ejemplo de una red de una empresa distribuidora de la provincia de Mendoza, y se considerarán estáticas para toda condición de estudio.

- Simular con el Software PSS®E dicho modelo de red, diversas condiciones de carga de la red determinando flujos de potencia tanto activa como reactiva y niveles de tensión en cada tramo de la misma.
- Modelar en una plataforma externa independiente del Software PSS®E la misma topología de red de media tensión (MT) de los puntos anteriores, y desarrollar un módulo de cálculo de flujos de potencia mediante algoritmos rápidos que permita obtener en tiempo cuasi-real (lapso de tiempo lo más reducido posible) los perfiles de carga y tensiones de los alimentadores modelados (a este software se le denominará DMSi). Se deberá validar en este punto un nivel de error admisible respecto de los valores obtenidos en el Software PSS®E, para las diversas condiciones de carga.

Resultados y discusión

Por el momento los resultados obtenidos no permiten un análisis general de los mismos, ya que se cursa por el momento el primer año de doctorado.

Referencias bibliográficas:

- [1]. Clark W. Gellings, "The Smart Grid: Enabling Energy Efficiency and Demand Response", 2009
- [2]. S.A Colmenar, D.D. Borge, E. Collado Fernández, M.A. Castro Gil, "Generación Distribuida, Autoconsumo y Redes Inteligentes", Octubre 2015
- [3]. Res. ME y M 136/2016 E-APN-MEM
- [4]. N. Jenkins, J. B. Ekanayake, and G. Strbac, Distributed Generation: The Institution of Engineering and Technology, 2010.
- [5]. D. Moreno, Redes Eléctricas Inteligentes – AEA 92559 – Parte 1: Guía de Conceptos, Beneficios y Desafíos para su Implementación. Asociación Electrotécnica Argentina, 2013.
- [6]. S. Xu, A. Q. Huang, and R. Burgos, "Review of Solid-State Transformer Technologies and Their Application in Power Distribution Systems," IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, vol. 1, pp. 186-198, 2013.
- [7]. J. W. Kolar, G.I. Ortiz. "Solid State Transformer Concepts in Traction and Smart Grid Applications". Proceedings of the 28th Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC 2013), Long Beach, California, USA, March 17-21, 2013.
- [8]. X. Ruan, W. Chen, L. Cheng, C. K. Tse, H. Yan and T. Zhang, "Control Strategy for Input-Series–Output-Parallel Converters," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 56, no. 4, pp. 1174- 1185, April 2009.
- [9] Informe Anual 2016 Compañía Administrado del Mercado Mayorista Eléctrico
- [10] S. Veleva, D.Davcev, V. Glamocanin, "Dynamic QoS and QoE balancing model for smart Home Energy Management Systems" in: Applied Measurements for Power Systems (AMPS), 2012 IEEE International Workshop
- [11] United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), December 2015
- [12] Y. Tang, R. Burgos, C. Li, D. Boroyevich "Assessment of Medium Voltage Distribution Feeders under High Penetration of PV Generation"
- [13] A. Vargas, M. E. Samper, "Real-Time Monitoring and Economic Dispatch of Smart Distribution Grids: High Performance Algorithms for DMS Applications"
- [14]S. Gheorghe, N. Golovanov, G. LazaroIU, R. Porumb, "Smart Grid, Integration of Renewable Sources and Improvement of Power Quality" in 2017 21st International Conference on Control Systems and Computer Science