

Análisis de la estabilidad de redes de transmisión de energía

Moreno Mendieta Luis Enrique

MCC-CIC

Matemáticas para las Ciencias de la Computación

Centro de Investigación en Computación

November 2, 2021

Contenido

| | | |
|----------|---|-------------|
| 1 | Antecedentes | 2 |
| 1.1 | Objetivo general | 2 |
| 1.2 | Justificación | 2 |
| 1.3 | Naturaleza del problema | 3 |
| 2 | Conceptos básicos | 4 |
| 2.1 | Micro red autónoma | 4 |
| 2.2 | Micro red conectada | 4 |
| 2.3 | Flujo de Potencia | 4 |
| 2.4 | Calidad de potencia | 4 |
| 2.5 | Factor de potencia | 5 |
| 2.6 | Flujo de carga en una micro red | 6 |
| 2.7 | Demanda eléctrica | 6 |
| 3 | Estado del arte | 7 |
| 4 | Hipótesis | 14 |
| 4.1 | Posibles contribuciones | 14 |
| | | Page |

1 Antecedentes

1.1 Objetivo general

Revisión de la literatura para poder explicar la problemática de la parte ejecutiva y poder realizar un esbozo sobre la perspectiva científica e ingenieril que conlleve a la generación de una hipótesis y posibles soluciones.

1.1.1 Objetivos específicos

- Integrar eficiente de fuentes renovables al sistema eléctrico, disminuyendo el impacto de su naturaleza intermitente.
- Revisar del diseño de controladores específicos para amortiguar oscilaciones en las cargas que entrega el sistema.
- Comprender la simulación de la topología y consumo de una red de distribución real
- Revisar los elementos que influyen a la minimización de las pérdidas eléctricas
- Revisar los principales modelos para el estudio de la consistencia de redes
- Comprender los conceptos de estabilidad transitoria y estática en sistemas eléctricos de generación convencional y con integración de fuentes renovables

1.2 Justificación

La demanda global de electricidad ha mostrado un gran crecimiento acompañado del desarrollo económico y del crecimiento de la población, dicha demanda ha ocasionado diversos problemas para el mantenimiento del suministro en diferentes áreas del planeta, además se ha requerido utilizar más plantas termoeléctricas para poder atender las necesidades de la población. El uso de las energías renovables, pudiera coadyuvar en la generación de dicho suministro, pero para poder eficientar su inclusión, se debe procurar comprender las tasas de producción necesarias que permitan que las redes de distribución se mantengan operantes.

1.3 Naturaleza del problema

Desde la publicación de la Ley General de Cambio Climático se planteó la reducción de gases de efecto invernadero en un 30 y 50 por ciento para los años 2025 y 2050 respectivamente, en este contexto se muestra con mucha relevancia el concepto de micro red, definida como: “un grupo de cargas y fuentes de generación distribuida, las cuales se ubican dentro de límites eléctricos y geográficos bien definidos; la micro red debe ser controlable independiente de la red principal y puede ser capaz de operar en modo interconectado o aislado de la red” (Ton Marril A., 2012). Para el correcto funcionamiento de micro redes se requiere integrar sistemas de generación distribuida que son pequeñas centrales generadoras (con una capacidad menor a 50 MW) ubicadas en sitios cercanos a los centros de consumo, en lugar de grandes sistemas de generación centralizada, las micro redes permiten la integración de diversas fuentes de energía que se pueden coadyuvar para mantener satisfecha la demanda consumida, esto permite obtener mayor eficiencia energética y aumentar la confiabilidad de la red ante el crecimiento poblacional (Robert H., 2011).

2 Conceptos básicos

A continuación, se ahonda en los conceptos básicos para la correcta comprensión de la problemática.

2.1 Micro red autónoma

Son redes aisladas de la red eléctrica general, ofrecen la ventaja de mantener fijo y controlables los niveles de tensión y frecuencia requeridos por el área de consumo.

2.2 Micro red conectada

Son redes integradas a la red general, permiten la operación en paralelo con el suministro principal, funcionando principalmente como sistemas de respaldo o almacenamiento, la función de este tipo de redes es mantener la frecuencia y voltaje durante, antes y después de algún proceso de conexión o desconexión con la red principal, incluyendo procesos programados o incidentales. (Nikos Hatziaargyriou, Hiroshi et al., 2007)

2.3 Flujo de Potencia

Indica hacia donde se está consumiendo o generando potencia, ya sea potencia activa, reactiva o ambas, la potencia aparente es una cantidad compleja en la cual la potencia activa es la parte real y la potencia reactiva es la parte imaginaria. (STD 1459-2010 IEEE, n.d.)

2.4 Calidad de potencia

El estudio de este parámetro es muy útil para las redes con cargas no lineales, ya que la forma de onda de corriente y el voltaje pierden su comportamiento sinusoidal. La fluctuación del parámetro obedece a los desbalances de corriente y voltaje, interrupciones momentáneas y distorsiones armónicas, éstas últimas son ondas de voltaje o corriente con frecuencias moderadas a la frecuencia fundamental (frecuencia de operación usualmente 60 Hz).

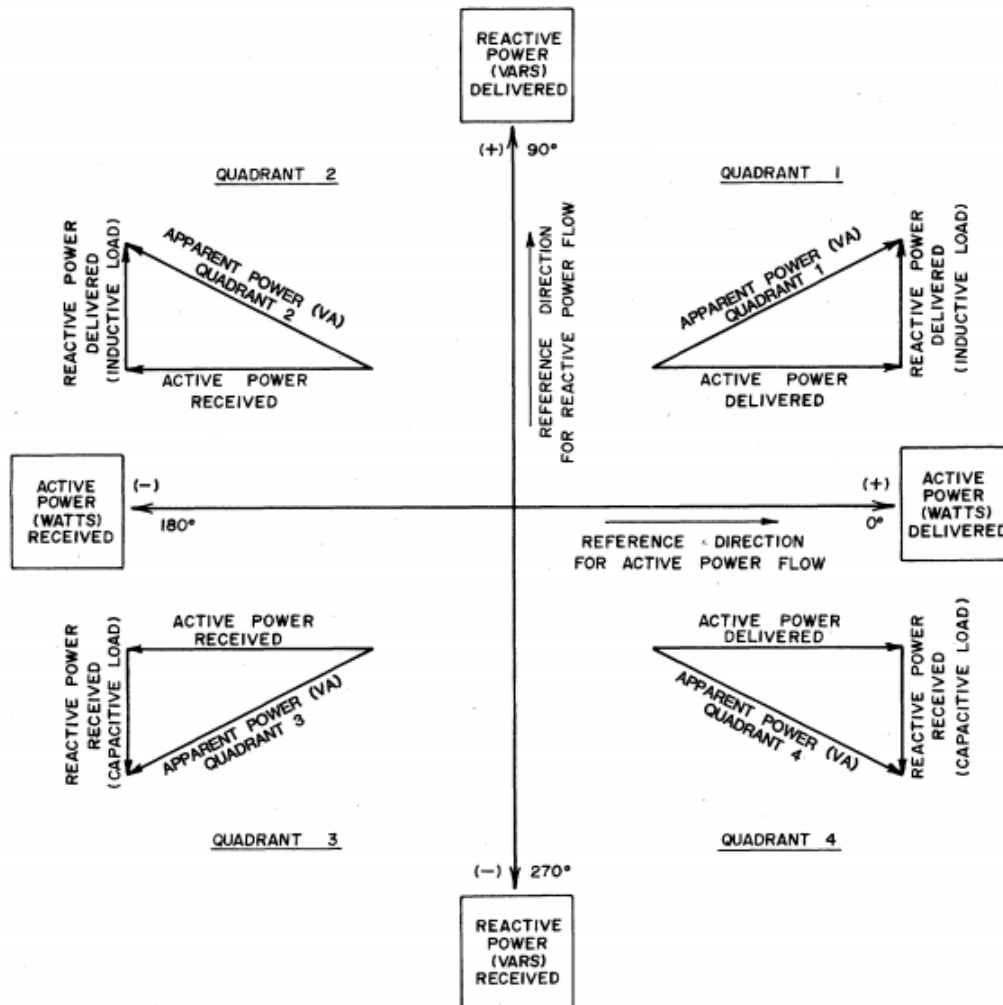


Figure 2.1: Cuadrante de flujo de potencias: La imagen muestra, para el primer cuadrante que el nodo está entregando potencia activa y reactiva, en el segundo cuadrante se observa que se recibe potencia activa y entrega potencia reactiva (caso cuando se integra un generador a la micro red). En el tercer cuadrante el nodo recibe potencia activa y reactiva, este nodo puede representar el punto de acoplamiento de un generador síncrono (potencia activa y reactiva). Finalmente, el cuarto cuadrante indica entrega de potencia activa y recepción de reactiva (caso común cuando se tienen baterías de almacenamiento).

2.5 Factor de potencia

Representa la razón de la potencia absorbida entre la potencia máxima de demanda por una carga o una red completa. $FP = P/S$, una carga resistiva demandará únicamente potencia activa (P), mientras que una carga inductiva (capacitiva) requerirá de potencia activa y reactiva (Q), donde $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

2.6 Flujo de carga en una micro red

Se determina por el voltaje en cada bus del circuito y la impedancia de las líneas entre ellos, con este componente se puede determinar el conjunto de voltajes (magnitud y ángulo de fase), para producir la energía a consumirse de cada nodo del circuito. Se utiliza para analizar la carga en equipos o las líneas de distribución, analizar los perfiles de voltaje (activo o reactivo), evaluar pérdidas de potencia en el sistema y determinar la configuración adecuada de los componentes dentro de la red (generadores, transformadores y baterías).

2.7 Demanda eléctrica

Representa la intensidad de corriente o voltaje consumido dentro de nodos específicos en la red durante un intervalo de tiempo.

Se modelan de manera estática, mediante una relación entre el nodo de voltaje o frecuencia y la cantidad absorbida, para el consumo activo (PL) y reactivo (QL), se deben tomar en cuenta las variaciones del voltaje.

En un sistema eléctrico deben modelarse cargas lineales y no lineales, las primeras son aquellas que se comportan como una onda senoidal de resistencia constante, esta carga no distorsiona la onda de corriente, por su parte, las cargas no lineales son aquellas que producen cambios en la forma de onda de la corriente, en este caso se tiene impedancia variable, los equipos que generan cargas no lineales pueden ser lámparas de alumbrado público o hasta aditamentos como soldaduras y puentes en la red.

3 Estado del arte

| | Título | Autores | Publicación que emite | Año | Contenido |
|---|--|------------------------------------|---|------------|--|
| 1 | Comparative analysis of machine learning algorithms for prediction of smart grid stability | Ali Kashif Bashir, Suleman Khan | Int Trans. Electric Energy System | 2021 | Revisión de algoritmos de Machine Learning para la estabilidad de redes eléctricas inteligentes, para la predicción del consumo de la población. Se explora Naive Bayes, SVM, KNN y regresión logística. Se busca la predicción en tiempo real a partir de los datos masivos que generan las redes eléctricas inteligentes. |

Table 3.1 continued from previous page

| | Título | Autores | Publicación que emite | Año | Contenido |
|---|--|---------------------------------|----------------------------------|------------|--|
| 2 | Power-grid stability predictions using transferable machine learning | Seong-Gyu Yang, Beom Jun Kim | Arxiv | 2021 | <p>Se presenta a las redes de suministro eléctrico como un sistema complejo que requiere de modelos numéricos para poder estudiar a fondo el comportamiento de las mismas.</p> <p>Se estudia en específico la frecuencia y sincronización de las sigmoides de consumo generadas.</p> <p>El estudio se realiza en Gran Bretaña, Francia y Alemania</p> |
| 3 | A Review on Artificial Intelligence for Grid Stability Assessment | You Shutang | OSTI, Energy | 2020 | <p>Aplicaciones de la inteligencia artificial para proveer una ruta conveniente a la evaluación de las redes eléctricas en cuestión de su estabilidad.</p> <p>Se realiza la comparación respecto a los modelos de simulación numérica.</p> <p>Se estudia a fondo la estabilidad del sistema dinámico,</p> <p>la estabilidad de la frecuencia y la estabilidad de las señales de baja frecuencia.</p> |

Table 3.1 continued from previous page

| | Título | Autores | Publicación que emite | Año | Contenido |
|---|---|------------------|----------------------------------|------------|--|
| 4 | Minimización de pérdidas de distribución empleando programación dinámica | Miranda Oscar | Tesis- ESIME | 2009 | Se utilizan modelos de elementos encontrados en las redes de distribución para poder diseñar un algoritmos de flujos de potencia trifásico. Se enumeran los nodos de la red y se clasifican por niveles. Con la automatización de las redes se obtienen cargas de curva para modular los capacitores de vottaje. |
| 5 | Ubicación óptima de dispositivos de desconexión en redes de distribución mediante un algoritmo genético | Martínez Gustavo | Tesis- ESIME | 2013 | Se busca obtener niveles de confiabilidad variando la combinación de los componentes del sistema. Minimizar costos sujetos a estos componentes, se desarrollo un sistema para ubicar los dispositivos de conexión que permitan auto sanar a la red. |

Table 3.1 continued from previous page

| | Título | Autores | Publicación que emite | Año | Contenido |
|---|---|------------------|----------------------------------|------------|--|
| 6 | Recent Developments in Machine Learning for Energy Systems Reliability Management | Laurine Duchesne | IEEE | 2020 | <p>El artículo revisa técnicas de ML en el contexto de la confiabilidad de sistemas energéticos, para su evaluación.</p> <p>Control y automatización.</p> <p>Se busca generar sinergia entre los campos del cómputo y de la producción de energías.</p> <p>El artículo se enfoca en la generación en bruto de energía pero se puede extender a otros sistemas, como microrredes y sistemas multienergéticos.</p> |

Table 3.1 continued from previous page

| | Título | Autores | Publicación que emite | Año | Contenido |
|---|--|----------------|----------------------------------|------------|--|
| 7 | State of the Art of Machine Learning Models in Energy Systems, a Systematic Review | Amir Mosavi | MDPI | 2019 | <p>Se presenta el estado del arte en modelos de ML usados para sistemas energéticos. Se clasifican dichos modelos respecto a la aplicación en distintos sistemas generadores energéticos.</p> <p>Se concluye que los modelos híbridos de ML son más eficaces en la predicción para el mantenimiento y control de los sistemas que se estudian.</p> |

Table 3.1 continued from previous page

| | Título | Autores | Publicación que emite | Año | Contenido |
|---|--|-------------------------------------|--|------------|--|
| 8 | Machine Learning Techniques for Supporting Renewable Energy Generation and Integration: A Survey | Kasun Perera, Zeyar Aung | DARE, Springer | 2014 | Se ahonda en la integración de energías renovables (geotermia, eólica, gas natural) en una red eléctrica, se enuncia la necesidad de predecir la cantidad de la energía que será generada en el futuro. Se utilizan modelos de IA para determinar los tamaños óptimos. |
| 9 | Feature selection in machine learning prediction systems for renewable energy applications | S Salcedo-Sanz, L. Cornejo-Bueno | Renewable and Sustainable Energy Reviews | 2018 | Se busca revisar los factores de mayor impacto para la realización de predicciones del consumo de una red eléctrica. Se muestra que los métodos FSP son los más eficientes. |

Table 3.1 continued from previous page

| | Título | Autores | Publicación que emite | Año | Contenido |
|----|---|--------------------------------|----------------------------------|------------|---|
| 10 | A Survey of Machine Learning Models in Renewable Energy Predictions | Jung-Pin Lai, Yu-Ming Chang | MDPI | 2020 | Se busca proveer una revisión completa al impacto de la producción de energías renovables. Se muestran los procedimientos para el preprocesamiento de la información, técnicas de selección de parámetros y búsqueda de algoritmos eficientes para obtener el mejor desempeño. Se concluye que el método de decomposición es más empleado para el preprocesamiento de la información. |

4 Hipótesis

Con modelos de aprendizaje de máquina y teoría de grafos es posible estudiar la estabilidad transitoria de sistemas eléctricos de potencia, ya sea una micro red integrada o aislada de la red principal. Se puede, de igual forma, modelar el comportamiento de consumo en distintas regiones, pudiendo localizar de mejor manera nuevas fuentes generadoras, baterías o transformadores que permitan la fiabilidad del sistema. Finalmente, es posible considerar dichos modelos para integrar de forma satisfactoria y eficiente a fuentes renovables (de generación intermitente).

4.1 Posibles contribuciones

El problema que se busca resolver tiene como objetivo eficientar la distribución de energía a través de una red identificada, enfocándose en la predicción del consumo y la correcta ubicación de las fuentes de distribución que permitan la integración correcta a la red de distribución de energías renovables.

Bibliografía

- Tom Marril, Adam Smith. (2012). The US Department of Energy’s Microgrid Initiative. The Electricity Journal, 25, 84-94.
- Robert H. Lassater. (2011). Smart distribution: Couple Microgrids. Proceedings of the IEEE, 99, 1074-1082.
- Nikos H., Hiroshi A., (2007). Microgrids. IEEE Power and Energy Magazine. 5.
- STD 1459-2010. IEEE, STANDARD NORMS
- Eshkafati A., Rabiee A. (2020). An Applicable Method to Improve Transient and Dynamic Performance of Power System. IEEE Transactions on Power Systems. 35, 2351-2361
- Machleva R., Zaargaria N., Chowdhurya N. (2020) A review of optimal control methods for energy storage systems. Journal of Energy Storage. 32, 101-116

- Davod K., Ahmad S.Y., (2012). Impacts of distributed generations on power system transient and voltage stability, Electrical Power and Energy Systems. 43, 488-500