

**REGULACIÓN DE LA FRECUENCIA
MEDIANTE LA SINCRONIZACIÓN DE UN
SISTEMA DE GENERACIÓN RENOVABLE
HÍBRIDO PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD**



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE ELECTRICIDAD**

**REGULACIÓN DE LA FRECUENCIA
MEDIANTE LA SINCRONIZACION DE UN
SISTEMA DE GENERACIÓN RENOVABLE
HÍBRIDO PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR: CRISTOPHER IVÁN CABEZAS GUANGA

TUTOR: MANUEL DARIO JARAMILLO MONGE

Quito -Ecuador

2022

Cristopher Iván Cabezas Guanga

REGULACIÓN DE LA FRECUENCIA MEDIANTE LA SINCRONIZACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN RENOVABLE HÍBRIDO PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD

Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador 2022

Carrera de Electricidad

Breve reseña histórica e información de contacto.



Cristopher Iván Cabezas Guanga (Y'1995). Realizó sus estudios secundarios en el Colegio La Salle Conocoto, se graduó de bachiller en Físico Matemático. Su trabajo se basa en la implementación de un sistema de generación renovable para mejorar la estabilidad de un sistema. ccabezasg1@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



Manuel Darío Jaramillo Monge (Y'1990). Realizó sus estudios superiores en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE de Quito, donde se graduó de Ingeniero Electrónico en Automatización y Control en el 2014. Además, cursó estudios de posgrado en la Universidad de Newcastle, Reino Unido, donde obtuvo el título en Máster en Electrical Power. Actualmente es profesor ocasional a tiempo completo de la Universidad Politécnica Salesiana. mjaramillo@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados:

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

©2022 Universidad Politécnica Salesiana

QUITO - ECUADOR

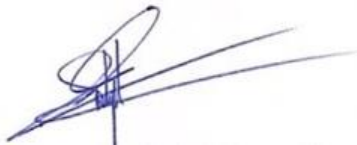
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Cristopher Iván Cabezas Guanga con documento de identificación N° 1715523039 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 2 de junio del año 2022

Atentamente,



Cristopher Iván Cabezas Guanga

1715523039

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Cristopher Iván Cabezas Guanga con documento de identificación No. 1715523039, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Artículo Académico: “Regulación de la frecuencia mediante la sincronización de un sistema de generación renovable híbrido para mejorar la estabilidad”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 2 de junio del año 2022

Atentamente,



Cristopher Iván Cabezas Guanga

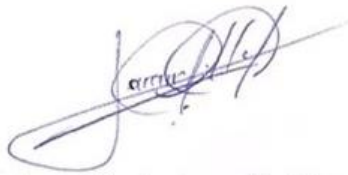
1715523039

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Manuel Dario Jaramillo Monge con documento de identificación N° 1714298005, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: REGULACIÓN DE LA FRECUENCIA MEDIANTE LA SINCRONIZACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN RENOVABLE HIBRIDO PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD, realizado por Cristopher Iván Cabezas Guanga con documento de identificación N° 1715523039, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 2 de junio del año 2022

Atentamente,



Ing. Manuel Dario Jaramillo Monge. MSc.
1714298005

ÍNDICE GENERAL

1	Introducción.....	2
2	Marco teórico	3
2.1	Micro-redes aisladas	3
2.2	Estabilidad de la micro-red.....	4
2.3	Generación híbrida o combinación de generaciones.....	5
2.4	Efecto de la frecuencia en las pérdidas de energía eléctrica	6
2.5	Sincronización de la generación-carga	6
2.6	Regulación de la frecuencia.....	7
2.7	Controladores proporcionales integrales derivativos aplicados al SEP.....	7
2.8	VSG (Generador Síncrono Virtual)	8
3	Planteamiento del problema.....	8
3.1	Formulación del problema	8
3.2	Sistema de prueba.....	9
3.2.1	Escenario base sistema de distribución IEEE 34 barras	9
3.2.2	Escenario sistema IEEE 34 barras incluyendo cargas no lineales	10
3.2.3	Generador Síncrono Virtual (VSG).....	10
3.3	Sistema de prueba.....	11
3.3.1	Caso 1: Sistema base sujeto a cargas no lineales	12
3.3.2	Caso 2: Sistema con cargas e implementación de un VSG en la barra de mayor afectación, compensación de frecuencia.	12
3.3.3	Caso 3: Sistema con cargas y ubicación del VSG por búsqueda exhaustiva, compensación de frecuencia y voltajes.....	12
4	Análisis de resultados.....	12
4.1	Resultados del sistema.....	12
4.1.1	Caso 1	13
4.1.2	Caso 2	14
4.1.3	Caso 3	15
5	Conclusiones.....	18
6	Referencias	19
6.1	Matriz de Estado del Arte	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Micro-red de energías renovables combinadas que alimentan a un edificio.....	3
Figura 2. Representación en Matlab sobre los armónicos de un sistema	6
Figura 3. Paneles solares para GD en un hogar.....	6
Figura 4. Funcionamiento y retroalimentación de un controlador PID.....	7
Figura 5. Estructura conceptual de un controlador VSG	8
Figura 6. Sistema de Distribución de la IEEE de 34 Nodos.	9
Figura 7. Sistema de Distribución de la IEEE de 34 Nodos con cargas no lineales.	10
Figura 8. Diagrama esquemático del VSG y su salida a la red	10
Figura 9. Esquema de la generación de P_e y Q utilizadas en el VSG.....	11
Figura 10. Esquema del funcionamiento del “Controlador $f - P$ ”	11
Figura 11. Esquema de funcionamiento del “Regulador de voltaje”	11
Figura 12. Esquema de funcionamiento del “VSG”	11
Figura 13. Diagrama esquemático de la conexión del VSG a la red en el caso 1.....	12
Figura 14. Diagrama esquemático de la conexión del VSG a la red en el caso 3.....	12
Figura 15. Voltajes en por unidad obtenidos en cada barra del sistema base versus el sistema sujeto a cargas no lineales	13
Figura 16. Frecuencias obtenidas en cada barra del sistema base versus el sistema sujeto a cargas no lineales.	13
Figura 17. Señales de voltaje de la fase A en la barra 860 del sistema base versus el sistema sujeto a cargas no lineales	14
Figura 18. Voltajes en por unidad obtenidos en cada barra del sistema sujeto a cargas no lineales versus el sistema con el VSG del caso 2.....	14
Figura 19. Frecuencias obtenidas en cada barra del sistema sujeto a cargas no lineales versus el sistema con el VSG del caso 2	15
Figura 20. Señales de voltaje barra 860 del sistema sujeto a cargas no lineales versus el sistema con VSG.....	15
Figura 21. Voltajes en por unidad obtenidos en cada barra del sistema en las diferentes pruebas de la búsqueda exhaustiva.....	17

Figura 22. Frecuencias obtenidas en cada barra del sistema en las diferentes pruebas de la búsqueda exhaustiva.....	17
Figura 23. Voltajes en por unidad obtenidos en cada barra del sistema con cargas versus el sistema con el VSG de mejores resultados.....	17
Figura 24. Frecuencia obtenidos en cada barra del sistema con cargas versus el sistema con el VSG de mejores resultados.	18

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de voltajes del Sistema base IEEE.....	9
Tabla 2. Datos de frecuencia del Sistema base IEEE.....	9
Tabla 3. Valores de las variables que se utilizan en el VSG.....	10
Tabla 4. Datos de voltajes del Sistema IEEE con cargas no lineales.....	13
Tabla 5. Datos de frecuencias del Sistema IEEE con cargas no lineales.....	13
Tabla 6. Datos de voltajes del Sistema IEEE con cargas no lineales y VSG conectado en Barra de menor voltaje.....	14
Tabla 7. Datos de frecuencias del Sistema IEEE con cargas no lineales y VSG conectado en Barra 860.....	15
Tabla 8. Valores de voltajes y frecuencias máximas en, promedio y mínimas del Sistema con el VSG en la prueba 1.....	16
Tabla 9. Valores de voltajes y frecuencias máximas, promedio y mínimas del Sistema con el VSG en la prueba 2.....	16
Tabla 10. Valores de voltajes y frecuencias máximas, promedio y mínimas del Sistema con el VSG en la prueba 3.....	16
Tabla 11. Valores de voltajes y frecuencias máximas, promedio y mínimas del Sistema con el VSG en la prueba 4.....	16
Tabla 12. Datos de voltajes del Sistema IEEE con cargas no lineales y VSG conectado a barra por búsqueda exhaustiva.....	17
Tabla 13. Datos de frecuencias del Sistema IEEE con cargas no lineales y VSG conectado a barra por búsqueda exhaustiva.....	18

REGULACIÓN DE LA FRECUENCIA MEDIANTE LA SINCRONIZACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN RENOVABLE HÍBRIDO PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD

Resumen

La inclusión de cargas no lineales en un Sistema Eléctrico de Potencia genera problemas de varios tipos en funcionamiento y estabilidad. Variables como la frecuencia y el voltaje se ven afectados de manera crítica en ciertos puntos del sistema. Estas pérdidas de voltaje y frecuencia conducen también a pérdidas de potencia entregada a posibles consumidores, evidenciando un funcionamiento deficiente del sistema en general. En este contexto el siguiente estudio prevé realizar pruebas de una solución que permita mantener valores de funcionamiento nominales en el sistema.

La inclusión de un generador Síncrono Virtual, con el propósito de suprimir los valores muy elevados o con muchas pérdidas en el sistema y así lograr un funcionamiento correcto y eficiente.

Para poder visualizar esta solución se implementó el generador síncrono virtual en el sistema IEEE de 34 barras sometido a cuatro cargas no lineales de la misma potencia reactiva, en distintas barras del SEP. Finalmente, con mediciones de voltaje y frecuencia en cada barra en diferentes casos de estudio, se obtiene datos satisfactorios en las mediciones en cada barra, manteniendo la frecuencia en valores cercanos al nominal y el voltaje cercano al uno por unidad, optimizando el sistema, estabilizándolo y eliminando pérdidas en general.

Palabras Clave: Generadores Síncrono Virtual, Cargas No lineales, Pérdidas de frecuencia, Pérdidas de voltaje.

Abstract

The inclusion of non-linear loads in an Electrical Power System generates problems of various types in its operation and stability. Variables such as frequency and voltage are critically affected at certain points in the system. These voltage and frequency losses also lead to losses of power delivered to potential consumers, evidencing a poor functioning of the system in general. In this context, the following study foresees to carry out tests of a solution that allows to maintain nominal operating values in the system.

The inclusion of a Virtual Synchronous generator, with the purpose of suppressing very high values or with many losses in the system and thus achieve a correct and efficient operation. To visualize this solution, the virtual synchronous generator was implemented in the IEEE 34-bar system subjected to four non-linear loads of the same reactive power, on different bars of the SEP. Finally, with the measurement of voltage and frequency in each bus in different case studies, satisfactory data are obtained in the measurements in each bus, keeping the frequency close to the nominal value and the voltage close to one per unit, optimizing the system. stabilizing it and eliminating losses in general.

Keywords: Virtual Synchronous Generators, Non-linear Loads, Frequency Losses, Voltage Losses.

1 Introducción

Los parámetros de funcionamiento normales de un sistema eléctrico de potencia se dan debido a la estabilidad que presenta el sistema, es decir, los niveles de voltaje, corriente y frecuencias se encuentran en valores nominales, no existen pérdidas de ningún tipo.

Esta estabilidad se afecta cuando distintos tipos de fenómenos externos ingresan al sistema en cuestión.

Uno de los fenómenos externos más comunes que se puede dar en un sistema eléctrico de potencia es la inclusión de cargas externas en distintos puntos o barras. En este documento se puede evidenciar los efectos negativos del ingreso de estas cargas no lineales a un sistema perfectamente funcional y que previo a las cargas, mostraba datos nominales en sus voltajes y frecuencias en cada barra. Ante esta problemática se tiene varios tipos de soluciones que buscan de una u otra forma solventar estos errores y tratar de eliminarlos o disminuirlos con el fin de llegar a valores de funcionamiento normales en el sistema.

Para poder observar los efectos de las cargas no lineales en un sistema eléctrico de potencia se simula mediante Matlab (Simulink) el sistema IEEE de 34 barras y se incluye 4 cargas no lineales en distintas barras del sistema aleatoriamente, donde se evidencia que los valores nominales de funcionamiento han sido afectados, y se genera el problema mencionado.

Para poder solventar este problema se simula y adapta un Generador Síncrono Virtual, que tiene por objetivo erradicar estos errores y el cual está alimentado por

una fuente de voltaje CC de energía renovable fotovoltaica. Para solventar este problema, este estudio está estructurado de la siguiente manera:

En el capítulo 2 se encuentra el marco teórico, que contiene información preliminar acerca de las micro redes aisladas, generación renovable híbrida, problemas con la frecuencia y sus efectos en los sistemas, filtros, información sobre el funcionamiento del Generador Síncrono Virtual, la importancia de la estabilidad en un sistema e información relevante sobre la sincronización de la generación con la carga.

En el capítulo 3 se estudia el planteamiento del problema, donde se encuentran los valores numéricos de las simulaciones realizadas, diagramas donde se aprecia en dónde está ubicadas las cargas no lineales en el sistema IEEE de 34 barras, diagramas que muestran las ubicaciones de el generador síncrono virtual en el sistema, diagramas que muestran el funcionamiento de algunos bloques internos del VSG. Por último, se muestran los casos de estudio en los que se evalúa el generador Síncrono Virtual implementado en el sistema.

En el capítulo 4 se muestra el análisis de resultados, donde por medio de diagramas y datos numéricos se realiza la comparación entre los datos obtenidos en los casos de estudio previamente expuestos y se compara los datos de frecuencia y voltaje obtenidos en cada barra trifásica del sistema.

Finalmente se presenta los datos obtenidos que presentan la mejor solución y la más efectiva. En el capítulo 5 se expone las conclusiones que dejaron las simulaciones y datos obtenidos y el comportamiento que el

Generador Síncrono Virtual tiene en un sistema eléctrico de potencia afectado por cargas no lineales.

2 Marco teórico

En la siguiente sección se detallará la información teórica necesaria para realizar un análisis completo del problema propuesto.

2.1 Micro-redes aisladas

Se define una micro-red a un grupo de cargas interconectadas y otros recursos energéticos distribuidos actuando como un sistema único y controlable con respecto a la red.[1]

Las micro-redes aisladas no son un tema nuevo debido a que se tiene datos de su existencia durante muchas décadas en comunidades apartadas, naciones aisladas y otros lugares donde no es factible una conexión a redes eléctricas principales.[2]

Para controlar las micro-redes aisladas se usan VSG (Generadores síncronos virtuales) con el fin de controlar su frecuencia y reducir pérdidas.[3]

Comúnmente se han usado los generadores de combustible fósil como fuente principal de energía para alimentar los sistemas de estas comunidades, en los últimos años, se ha incluido en muchos diseños el uso y generación mediante energía solar fotovoltaica y energía eólica, en conjunto con almacenamiento de energía.[2].

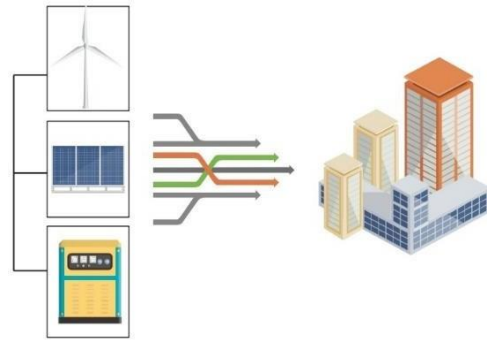


Figura 1. Micro-red de energías renovables combinadas que alimentan a un edificio o conjunto de edificios.

En la Figura 1, se detalla un esquema de algunos tipos de energía renovable que se puede utilizar en la actualidad y estas sirven para energizar edificios, hogares, industrias, etc. La inclusión de este tipo de energías en los sistemas representa un cambio significativo en la reducción del costo de suministro de electricidad, así como también la reducción del efecto de los gases de invernadero, sin embargo, es necesario plantear estrategias y métodos para mejorar la gestión y el control de la energía para poder alcanzar su mayor potencial.[2]

Las micro-redes tienen características únicas y diferencias sistémicas, es diferente operarlas de manera normal que cuando se opera de manera aislada, es más desafiante que en sistemas de energía convencionales y más aún cuando se busca estabilidad.[4]

A pesar de la creencia de que mientras más cercana este una micro-red a la unidad de generación sea una ventaja para transferir potencia reactiva en comparación a los sistemas convencionales, la corriente de las fuentes basadas en inversores tiene un límite y es un factor importante para el control del voltaje lo cual afecta a la inestabilidad de la micro-red. [5]

Además, se puede encontrar cargas de motores de inducción como electrodomésticos, sistemas de ventilación, calefacción y aire acondicionado cuando la micro-red actúa en niveles residenciales o comerciales. Cuando hay caídas de voltaje las cargas de estos motores de inducción se bloquean y operan en este modo, demandando potencia reactiva adicional al sistema.[4]

Es difícil analizar con precisión las fuerzas de sincronización y de potencia en líneas de micro-redes interconectadas, esto debido a las cargas y las fuentes de generación distribuida se conectan y desconectan arbitrariamente. Es importante para mantener una estabilidad de la micro-red una distribución de la potencia deseada y recuperación de frecuencia, esto último mediante control de frecuencia secundaria.[6] Por otra parte, cuando se tiene generación distribuida basada en inversores tienen muy baja capacidad de cortocircuito en comparación con los generadores síncronos y no puede proporcionar una corriente de entrada.[7]

2.2 Estabilidad de la micro-red

Para analizar la estabilidad del voltaje en la micro-red se tienen dos aspectos: estático y dinámico. Para analizar estos problemas de estabilidad se debe considerar la impedancia constante, la corriente constante y la carga de potencia constante o carga ZIP que es naturalmente estática. [4]

Debido a que al menos el 50% de las cargas en redes de distribución están compuestas por motores de inducción que se conectan directamente, si se ignora estas cargas al momento de realizar un análisis de estabilidad puede presentar datos erróneos y

podría dar un problema grave de estabilidad. [4]

Otro de los factores que afecta a la estabilidad del voltaje es la estrategia usada para el control de la generación distribuida conectada a los inversores. [4]

La generación fotovoltaica es una de las generaciones distribuidas más prominentes de las micro-redes aisladas y debe tener características de contribución activa usando controladores para la potencia activa y reactiva, respaldando así el sistema junto con la conversión de potencia de CC y CA para dar más fiabilidad y estabilidad a la micro-red.[4] Por ende, las micro-redes aisladas donde predomina un inversor son más vulnerables que las redes eléctricas convencionales a las perturbaciones, produciéndose inestabilidades de voltaje cuando ocurre una falla. Por eso es importante controlar la estabilidad del voltaje en la micro-red.[4]

Uno de los tipos de controladores de caída que se puede encontrar es una que asegura una limitación de corriente del inversor y permita una estabilización de la micro-red, especialmente cuando están afectadas por cargas extremas. [8]

Los objetivos más conocidos por inversores en sistemas tienen como objetivos principales:

- Limitar el valor RMS de las corrientes de cada inversor durante los transitorios.
- Pruebas rigurosas de estabilidad del sistema de bucle cerrado para toda la micro-red.[8]

Se puede encontrar información acerca de la estabilidad relativa de baja frecuencia en unidades de generación distribuida,

enfocadas en inversores acoplados en paralelo dentro de la micro-red. Para preservar la estabilidad de la distribución de energía, se realizan controladores de caídas generalmente basadas en inversores.[9]

2.3 Generación híbrida o combinación de generaciones

Una de las fuentes principales de energía y de las más usadas es la generación eléctrica en base a carbón, principalmente por su bajo costo. A nivel mundial, más de un tercio de la electricidad generada se da en Centrales Eléctricas de Carbón. El principal problema de esta generación son las emisiones de contaminantes y daños con el medio ambiente, por esto es importante buscar la inclusión de generaciones renovables para lograr una electricidad limpia.[10]

En la actualidad es un factor clave el desarrollo de nuevas energías renovables para suplir las fuentes de energía en base a combustibles fósiles y usar recursos alternativos y diversificados que tengan un menor impacto ambiental. La energía eólica y solar fotovoltaica se han destacado de las demás en los últimos años en términos de inversiones, investigaciones y expansión de la capacidad instalada mundial.[11]

En la realidad actual la generación se basa en grandes centrales eléctricas que usan un solo recurso, es decir, centralizadas [31], sin embargo, el uso combinado de dos o más fuentes para la generación distribuida se ha usado comúnmente en lugares remotos, donde sería difícil interconectar los consumidores a la generación centralizada.[11]

El acceso global a la electricidad es un factor que ha sido mejorado gracias al

aumento de conexión a la red a partir de generación de combustibles y energías renovables, con casi 1200 millones de personas que obtuvieron acceso entre los años 2000 y 2016. [12]

De acuerdo con el World Energy Outlook 2020 debido a la pandemia se va a registrar una caída del 5% en la demanda mundial de energía, del 7% en las emisiones de CO₂ relacionadas con energía y del 18% en la inversión energética. Sin embargo, las energías renovables crecen con rapidez, con la energía solar como la más importante de todas las nuevas tecnologías de generación. [13] En base a análisis y estudios se ha determinado que es más importante el uso o aplicación de una fuente independiente que una línea de transmisión a gran escala, para alimentar a una población sin acceso a la red de servicios públicos.[14]

A pesar de que en muchos países los recursos para la implementación de sistemas eléctricos híbridos, los marcos regulatorios no son compatibles directamente con las plantas híbridas debido a que los gobiernos y agencias regulatorias no crean leyes o decisiones para el control de este tipo de generación.[11]

En conjunto con el gran avance técnico y tecnológico que representan las micro-redes, estas nuevas topologías también pueden ser controlados inteligentemente y de forma automática en función de la demanda de carga, permitiendo tener un control rápido y eficiente de la micro-red. [15]

2.4 Efecto de la frecuencia en las pérdidas de energía eléctrica

Uno de los factores más estudiados en la actualidad es las micro-redes comprendidas en unidades de Generación distribuida. Debido a que la frecuencia es uno de los principales índices para poder operar de manera estable un sistema o red eléctrica. [16]

La energía eléctrica se ve afectada por varios factores clave en las fuentes de electricidad, entre estos se encuentra la frecuencia de la cual se derivan características más críticas como el contenido armónico y los transitorios generados por sobretensión.[17]

Algunos de los problemas en la calidad de energía como generación de armónicos, fluctuaciones de voltaje, desequilibrios y caídas de voltaje, al tener una energía híbrida se dan debido a variaciones en la velocidad del viento en el caso de la energía eólica o los patrones de irradiancia en el caso de la energía solar.[18]

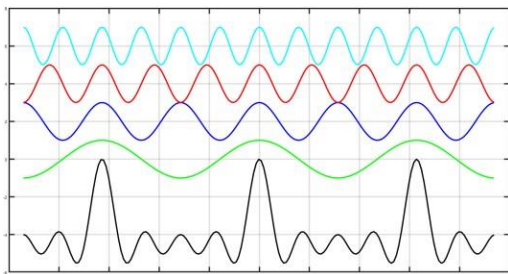


Figura 2. Representación en Matlab sobre los armónicos de un sistema.[19]

Previamente se han formulado un gran número de soluciones que individuales o combinadas pueden llegar a reducir el riesgo que estas perturbaciones generan, las cuales degradan la calidad de la energía.[17]

Algunas de las soluciones que se tiene son:

- Filtros pasivos
- Filtros activos
- Fuentes interrumpibles de energía
- Supresores de impulso de tensión

Además, se diseñan y construyen fuentes electrónicas de alimentación para que el nivel de armónicos sea muy bajo.

El gran problema de este tipo de alimentadores es el costo elevado.[17] Otra de las principales causas de pérdidas de frecuencia en los Sistemas eléctricos de potencia es la alta magnetización que se genera en los transformadores y motores de inducción conectados.[20]

2.5 Sincronización de la generación-carga

La sostenibilidad es un término muy ocupado en los sistemas eléctricos actuales. El calentamiento global y agotamiento de combustibles fósiles han obligado a la creación y utilización de fuentes de energía renovables utilizando generación distribuida.[21]

Es así que ciudades de primer mundo se han modernizado, basándose en la energía eólica y solar como las más prometedoras, se puede ver en los techos de casas y edificios paneles fotovoltaicos y energía eólica a pequeña escala. [21]

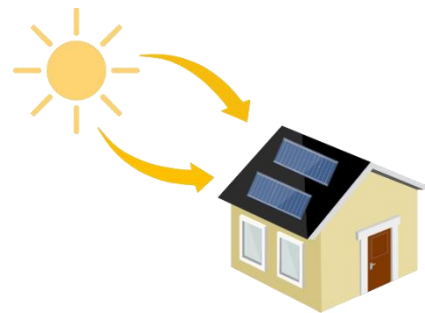


Figura 3. Paneles solares para GD en un hogar

El crecimiento de las cargas domésticas no lineales en las redes de distribución causa demasiados problemas en lo referente a la calidad de energía; afectando la distorsión del voltaje, el factor de potencia pobre, etc. [21]

Se puede coordinar una gran cantidad de cargas, siendo esto útil para poder proporcionar servicios a la red eléctrica, sin embargo, se han descubierto situaciones en donde el comportamiento del control de una gran cantidad de cargas puede ser no lineal, con oscilaciones sostenidas y bifurcaciones. [8]

Una de las formas de control de cargas que se tiene es Termostáticamente (TCL), la cual es considerada riesgosa debido a que hay un gran riesgo de ciclos cortos, cambios repentinos en la demanda de energía y oscilaciones del voltaje en la red. [8]

2.6 Regulación de la frecuencia

En otros casos de estudio para el control y regulación de las micro-redes se opta por métodos de control de caída de p-f y recuperación de la auto frecuencia con el objetivo de reducción de errores y recuperar voltaje. [22]

Una de las principales causas de fallas en la distribución de energía surge debido a la desviación de frecuencia instantánea (IFD). El IFD presenta variaciones dependiendo del sistema en el que se encuentre. [22]

Cuando se presenta una inclusión de fuentes de energía renovable a sistemas de micro-redes aisladas, las soluciones convencionales o más conocidas que se usan para controlar la frecuencia de carga degradan el control de la estabilidad o recuperación de frecuencia. Por eso es

importante buscar soluciones para la recuperación rápida de la frecuencia. [23]

2.7 Controladores proporcionales integrales derivativos aplicados al SEP

Los controles proporcionales integrales derivativo (PID) son estrategias de control usados en más del 90% de casos debido a su simplicidad y efectividad. [20]

Estos controladores presentan una velocidad de respuesta rápida, limitada solo por retrasos de tiempo naturales del sistema. Los errores de frecuencia son casi nulos por acciones del controlador integral clásico (I) o controlador integral proporcional (PI). [24] [32]

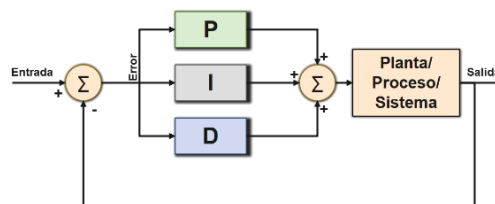


Figura 4. Funcionamiento y retroalimentación de un controlador PID

Sin embargo, a pesar de su efectividad, eficiencia y eficacia, los controladores integrales deben ser optimizados de acuerdo al sistema al cual van a ser adecuados. [1]

En varios estudios, se puede apreciar el uso de un Fuzzy Logic Controller (FLC) o controlador de lógica difusa, con el cual se controla principalmente el voltaje y la frecuencia dentro de una Micro-red típica y se obtiene un flujo de energía estabilizado entre generación y consumo. [25]

2.8 VSG (Generador Síncrono Virtual)

El Generador Síncrono Virtual (VSG) es un algoritmo de control de inversor conectado a una red o micro-red, el cual proporciona inercia y soporte de frecuencia dinámica a la red, que ha sido ampliamente usado y desarrollado en los últimos años.[26]

Hay diversos enfoques para realizar un control que apoye la inercia, el Generador Síncrono Virtual (VSG) es el más destacado sobre los otros enfoques conocidos. [27] El modelo VSG generalmente se basa en el modelo del voltaje del estator y el modelo del movimiento del rotor, es establecido por la deformación y descomposición vectorial de segundo orden del generador síncrono de polos ocultos.[28]

Los controles basados en VSG suprimen la necesidad de un bucle de bloqueo de fase (PLL), permitiendo que elementos como los aerogeneradores funcionen como unidades formadoras de grids. A su vez este tipo de control funciona en tiempo real permitiendo extender la respuesta inercial en condiciones favorables de su funcionamiento.[27]

Mientras mayor respuesta inercial exista, la potencia activa entregada al sistema aumenta, representando una mejora en la tasa de cambio de la frecuencia y su punto bajo.[27]

Una solución a los problemas de desestabilización utilizando VSG se da obteniendo la corriente de secuencia negativa de un sistema, luego se suma a la corriente de secuencia positiva que se obtiene en el control VSG, eliminando pérdidas y mejorando efectivamente la calidad de la potencia de salida y sin

depender del tipo de desequilibrio de voltajes en la red. [29]

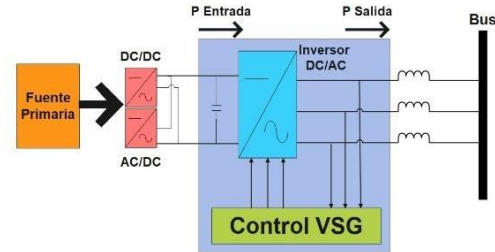


Figura 5. Estructura conceptual de un controlador VSG

El uso de varios VSG para formar una micro-red de isla es básicamente un control descentralizado, dependiendo del aumento de carga define una variación de frecuencia de la micro-red. La derivada de la ecuación de control para la pendiente P entre dos VSG permite visualizar el efecto de la carga en la frecuencia general del sistema.[30]

3 Planteamiento del problema

Mediante gráficos y diagramas se procede a analizar los factores que generan fallas en el sistema y sus respectivas soluciones.

3.1 Formulación del problema

La inclusión de cargas no lineales en un sistema eléctrico de potencia genera problemas en la estabilidad del funcionamiento de este, afectando a los valores de frecuencias en las barras. Esto crea la necesidad de buscar un equilibrio entre la potencia que se consume respecto a la potencia que se genera.

Para lograr este equilibrio gracias al software Simulink (Matlab), se puede realizar la simulación del sistema IEEE de

34 Barras sometido a la inclusión de cargas no lineales y utilizar un VSG para poder eliminar estas fallas en la estabilidad manteniendo la frecuencia en valores adecuados.

3.2 Sistema de prueba

En esta sección se presenta los escenarios simulados para determinar el funcionamiento del VSG en el sistema. Como base del estudio se trabaja con el sistema de distribución IEEE de 34 barras.

3.2.1 Escenario base sistema de distribución IEEE 34 barras

El sistema de distribución IEEE de 34 barras funciona con un nivel de voltaje nominal de la red de 24.9 kV. Este sistema está conformado por 34 barras de las cuales se toma en cuenta 26 que actúan en el sistema trifásico y que están interconectadas por 25 líneas aéreas, una unidad de generación y cargas puntuales.

En primera instancia, el sistema IEEE de 34 barras se encuentra representado en la figura 6.

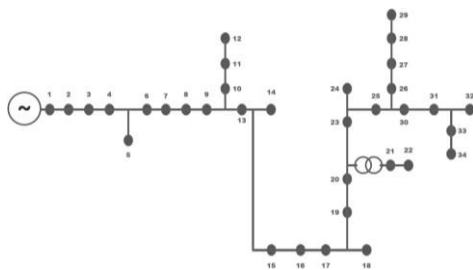


Figura 6. Sistema de Distribución de la IEEE de 34 Nodos.

Las medidas de voltaje y frecuencia en el sistema base se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 1. Datos de voltajes del Sistema base IEEE.

Barras	Voltaje [pu]	Barras	Voltaje [pu]
800	1.050	832	0.950
802	1.048	888	0.913
806	1.047	890	0.831
808	1.029	858	0.947
812	1.008	834	0.945
814	0.991	842	0.945
850	0.998	844	0.944
816	0.997	846	0.945
824	0.989	848	0.945
828	0.988	860	0.944
830	0.972	836	0.944
854	0.972	840	0.944
852	0.944	862	0.944

En la tabla 1 se muestran los valores de voltaje de cada barra a estudiar en el sistema IEEE de 34 barras, donde es importante notar que los valores son muy cercanos a 1 por unidad.

Tabla 2. Datos de frecuencia del Sistema base IEEE.

Barras	Frecuencia [Hz]	Barras	Frecuencia [Hz]
800	59.9936944	832	59.99945093
802	59.9938057	888	60.00940159
806	59.99391035	890	60.01054134
808	59.99545493	858	59.99934011
812	59.99674882	834	59.99920146
814	59.99843429	842	59.99920095
850	59.99844821	844	59.99919896
816	59.99846849	846	59.9993455
824	59.99848961	848	59.99936729
828	59.99853186	860	59.99916567
830	59.99901986	836	59.99915327
854	59.99902919	840	59.99915107
852	59.99945432	862	59.99915279

Los valores de la frecuencia en cada barra son cercanos a 60 Hz que es el valor nominal del sistema.

3.2.2 Escenario sistema IEEE 34 barras incluyendo cargas no lineales

Las cargas no lineales, crean un desbalance entre la potencia entregada con la consumida, la frecuencia es una de las variables afectadas en este intercambio no equitativo de potencia. Para poder determinar el efecto de las cargas en el sistema se utiliza las mediciones RMS de voltaje y corriente en las barras y adicionalmente una medición de la frecuencia. Las mediciones de voltaje y frecuencia del sistema sometido a cargas no lineales en cada barra son los presentados en las siguientes tablas. En el siguiente diagrama se evidencia en que barras se incluyen las 4 cargas no lineales.

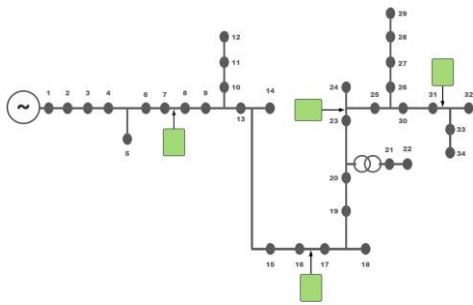


Figura 7. Sistema de Distribución de la IEEE de 34 Nodos con cargas no lineales.

Las cuatro cargas no lineales utilizadas en el sistema tienen 3000 $kVAR$ de Potencia Reactiva Inductiva y 90 $kVAR$ de Potencia Reactiva Capacitiva, dejando como resultado variaciones de valores en las mediciones realizadas en cada barra.

3.2.3 Generador Síncrono Virtual (VSG)

Para lograr una compensación de la potencia entregada y lograr que la frecuencia se estabilice se usó un Generador

Síncrono Virtual conectado a la red representado en la siguiente figura.

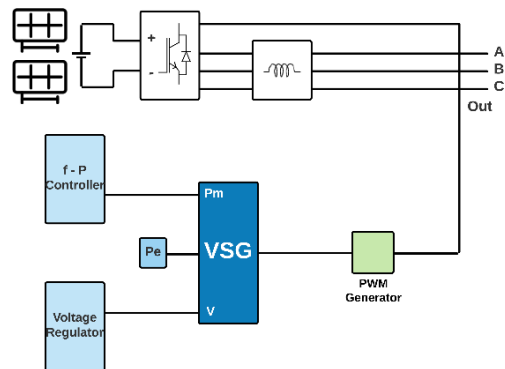


Figura 8. Diagrama esquemático del VSG y su salida a la red

El VSG utiliza datos de potencia inductiva y capacitiva, corrientes y voltajes, para realizar la compensación, se conecta a la red mediante un puente en forma de retroalimentación junto con una fuente CC alimentada por generación fotovoltaica.

Tabla 3. Valores de las variables que se utilizan en el VSG.

Variables	Valor
f_{ref}	60 [Hz]
f	Frecuencia medida en la barra conectada
P_{ref}	3000 [$kVAR$]
Q_{ref}	90 [$kVAR$]
Q	Potencia medida en la barra conectada
V_n	14376 [V]
L_{s1}	$[0 -2*\pi/3 \ 2*\pi/3]$
L	0.0184

En este sistema el VSG cuenta con la misma potencia reactiva inductiva y capacitiva de las cargas no lineales, es decir 3000 $kVAR$ de potencia reactiva inductiva en el lado que simula la alimentación de potencia mecánica, 90 $kVAR$ de potencia reactiva

capacitiva en el lado que alimenta el voltaje y una potencia eléctrica generada con el voltaje y corriente que se miden en la misma barra en la que está conectado el VSG.

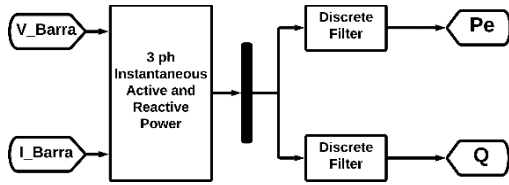


Figura 9. Esquema de la generación de Pe y Q utilizadas en el VSG

El VSG mediante el uso de el mismo voltaje y corriente que se genera en la barra a la cual está conectado, utiliza filtros discretos para generar la Potencia eléctrica y la potencia reactiva propia utilizada en el sistema.

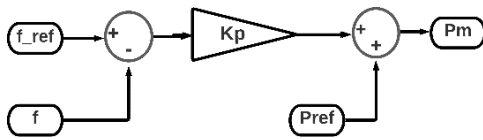


Figura 10. Esquema del funcionamiento del “Controlador f – P”

En el esquema de la figura 10 se visualiza las operaciones que realiza el “controlador f – P” para generar una potencia mecánica que alimenta el VSG.

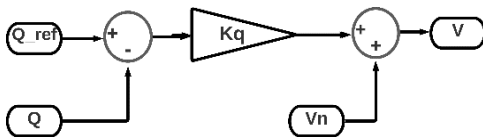


Figura 11. Esquema de funcionamiento del “Regulador de voltaje”

En este esquema se visualiza las variables de potencia de referencia y la generada en el sistema que utiliza el Regulador de voltaje para generar el voltaje que alimenta al VSG.

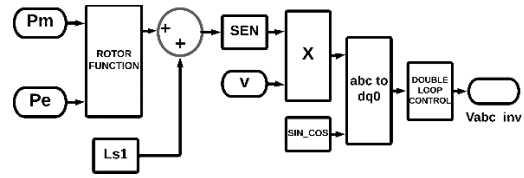


Figura 12. Esquema de funcionamiento del “VSG”

En la figura 12 se detalla el diagrama del funcionamiento del VSG, que requiere de dos entradas de potencia mecánica y eléctrica previamente generadas para generar una señal de potencia, la cual ingresa al generador PWM, donde se crean pulsos de potencia los cuales ingresan al puente de conexión con la potencia en CC generada.

La potencia eléctrica que alimenta al VSG se la calcula con los datos de voltaje y corriente que alimentan la barra donde se va a conectar el VSG. Se sabe que un sistema de 7 paneles solares puede generar unos 5000 kWh aproximadamente, en este caso para la barra 824 se calcula que se necesita unos 18499.28 kWh por lo tanto se utilizaría un parque de generación fotovoltaica de 26 paneles solares.

3.3 Sistema de prueba

Los casos de estudio tienen como objetivo verificar la operatividad del VSG dentro del sistema eléctrico de potencia, analizando cuál sería la ubicación correcta para su funcionamiento dentro del SEP y verificar si efectivamente la frecuencia ha cambiado.

3.3.1 Caso 1: Sistema base sujeto a cargas no lineales

En este caso se evalúa el sistema base IEEE 34 barras sometido a cuatro cargas no lineales con 3000 kVAR de potencia reactiva inductiva y 90 kVAR de potencia reactiva capacitiva, 14.376 kV de voltaje nominal fase-fase conectados en paralelo y cercano a las barras 830, 850, 858 y 860.

Como se puede ver en la tabla 3 y tabla 4, las frecuencias y voltajes del sistema se ven afectados por las cargas inducidas, especialmente en las barras más alejadas del generador.

3.3.2 Caso 2: Sistema con cargas e implementación de un VSG en la barra de mayor afectación, compensación de frecuencia.

En este caso se realiza la conexión del VSG en paralelo en la barra 860, la barra más alejada del generador donde se encuentra una de las cargas no lineales y tiene el menor voltaje del sistema.

En el siguiente diagrama se puede apreciar la ubicación del VSG para este caso.

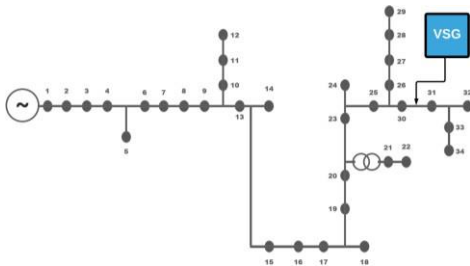


Figura 13. Diagrama esquemático de la conexión del VSG a la red en el caso 1

3.3.3 Caso 3: Sistema con cargas y ubicación del VSG por búsqueda exhaustiva, compensación de frecuencia y voltajes.

Para el caso 3, se realiza un análisis de qué punto del SEP representaría la ubicación precisa para el VSG. Se realizaron distintos cambios en el voltaje y en la ubicación del VSG buscando la estabilización del voltaje y la frecuencia. Después de varias pruebas se determinó que la barra que tiene la mayor pérdida de voltaje es la barra 824. La conexión del VSG en esta barra con un voltaje en la fuente CC de 36.6 kV da como resultado los siguientes datos.

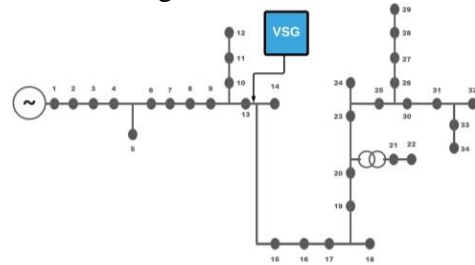


Figura 14. Diagrama esquemático de la conexión del VSG a la red en el caso 3.

En la figura 14 se puede apreciar la nueva ubicación del VSG analizado por búsqueda exhaustiva.

4 Análisis de resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para los diferentes casos de estudio presentados anteriormente.

4.1 Resultados del sistema

Para obtener los resultados deseados, el VSG cumple la función de equilibrar las potencias obtenidas en el sistema, gracias a este equilibrio se obtienen los siguientes resultados en los diferentes casos.

4.1.1 Caso 1

Perfil de voltaje en por unidad, comparando los voltajes del sistema base en comparación con los voltajes con perturbaciones cuando se tiene cargas no lineales en el sistema.

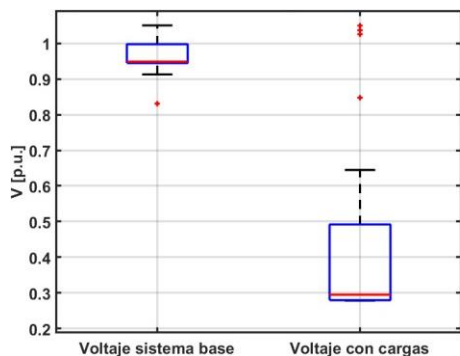


Figura 15. Voltajes en por unidad obtenidos en cada barra del sistema base en comparación con el sistema sujeto a cargas no lineales.

Tabla 4. Datos de voltajes del Sistema IEEE con cargas no lineales.

Barras	Voltaje RMS	Voltaje [p.u.]
800	15094.82279	1.050
802	14889.74926	1.036
806	14752.00764	1.026
808	12194.26581	0.848
812	9270.36509	0.645
814	7049.66276	0.490
850	7092.85065	0.493
816	7073.94953	0.492
824	6489.40793	0.451
828	6442.13825	0.448
830	5364.77497	0.373
854	5347.25803	0.372
852	4215.14315	0.293
832	4241.21973	0.295
888	708.50995	0.295
890	708.50239	0.295
858	4113.17810	0.286
834	4028.14655	0.280

842	4027.25785	0.280
844	4023.07530	0.280
846	4019.41144	0.280
848	4018.79135	0.280
860	4006.25054	0.279
836	4005.88403	0.279
840	4005.74148	0.279
862	4005.88830	0.279

En la figura 15 y tabla 4 se puede observar cómo empeora en un 80% los voltajes en por unidad que se obtuvo al medir en el sistema base en comparación con el sistema con cargas no lineales, donde se puede observar que los voltajes se alejan de los valores nominales.

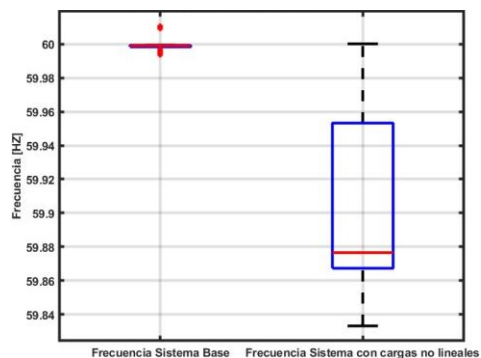


Figura 16. Comparación de las frecuencias obtenidas en cada barra del sistema base en comparación con el sistema sujeto a cargas no lineales.

Tabla 5. Datos de frecuencias del Sistema IEEE con cargas no lineales

Barras	Frecuencia [Hz]	Barras	Frecuencia [Hz]
800	60.00	832	59.88
802	60.00	888	59.87
806	60.00	890	59.83
808	59.99	858	59.87
812	59.98	834	59.87
814	59.95	842	59.87

850	59.95	844	59.87
816	59.95	846	59.87
824	59.94	848	59.87
828	59.94	860	59.87
830	59.92	836	59.87
854	59.92	840	59.87
852	59.88	862	59.87

En la figura 16 y tabla 5 se puede apreciar que los valores de frecuencia del sistema base se encuentran en los 60 Hz mientras que cuando se aplican cargas no lineales al sistema, estos valores empeoran en un 80% respecto a los valores nominales.

Así como en el voltaje, las frecuencias se ven afectadas y se alejan del valor del sistema base 60 Hz.

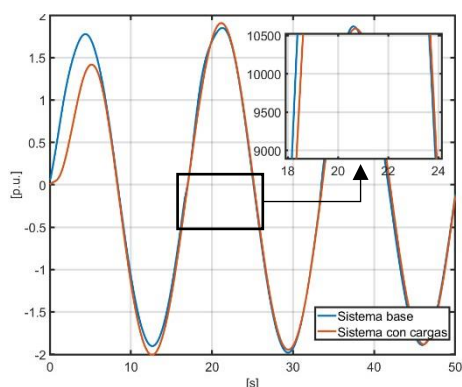


Figura 17. Señales de voltaje de la fase A en la barra 860 del sistema base en comparación con el sistema sujeto a cargas no lineales

En la figura 17 se puede apreciar la diferencia que causa la inserción de cargas no lineales en el sistema base donde hay una diferencia en la forma de onda.

4.1.2 Caso 2

Perfil de voltaje en por unidad, comparando los voltajes y frecuencias del sistema con cargas no lineales en comparación con los voltajes y frecuencias con perturbaciones

cuando se tiene cargas no lineales y el VSG conectado al sistema.

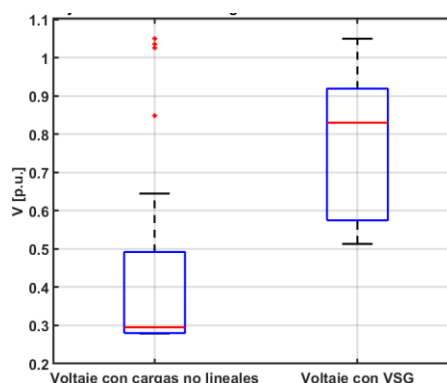


Figura 18. Voltajes en por unidad obtenidos en cada barra del sistema sujeto a cargas no lineales en comparación con el sistema con el VSG del caso 2.

En la figura 18 se aprecia que el VSG genera una mejora del 60% en los valores de voltaje de las barras respecto al sistema con cargas, sin embargo, son valores muy alejados de los valores nominales de funcionamiento del sistema.

Tabla 6. Datos de voltajes del Sistema IEEE con cargas no lineales y VSG conectado en Barra de menor voltaje

Barras	Voltaje [pu]	Barras	Voltaje [pu]
800	1.05	832	0.75
802	1.04	888	0.75
806	1.03	890	0.75
808	0.86	858	0.80
812	0.69	834	0.89
814	0.57	842	0.88
850	0.57	844	0.88
816	0.57	846	0.88
824	0.54	848	0.88
828	0.54	860	0.92
830	0.51	836	0.92
854	0.51	840	0.92
852	0.75	862	0.92

Los voltajes de este sistema han sufrido cambios y algunos se encuentran en valores muy bajos de funcionamiento.

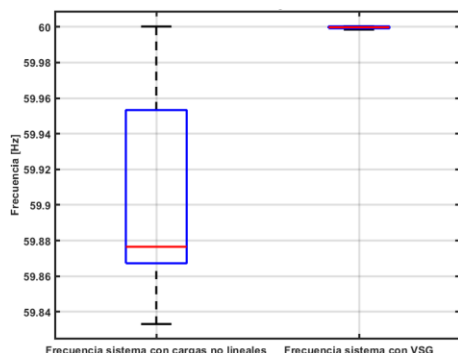


Figura 19. Frecuencias obtenidas en cada barra del sistema sujeto a cargas no lineales en comparación con el sistema con el VSG del caso 2

En el caso de la frecuencia la figura 19 muestra como los valores pasaron de estar en valores muy bajos a valores cercanos o iguales a los del sistema base 60Hz, es decir, la frecuencia ha mejorado en un 99%.

Tabla 7. Datos de frecuencias del Sistema IEEE con cargas no lineales y VSG conectado en Barra 860.

Barras	Frecuencia [Hz]	Barras	Frecuencia [Hz]
800	59.998486	832	60.00009451
802	59.998798	888	59.99995606
806	59.998921	890	59.9996042
808	59.999162	858	60.00011699
812	59.999193	834	60.00029014
814	59.999202	842	60.00029014
850	59.999202	844	60.00028539
816	59.999205	846	60.00027589
824	59.999276	848	60.00027244
828	59.999280	860	60.00038887
830	59.999386	836	60.00038792
854	59.999389	840	60.000387
852	60.000094	862	60.00038792

Como se puede notar, en relación con las frecuencias del sistema sin VSG, en este caso se han estabilizado.

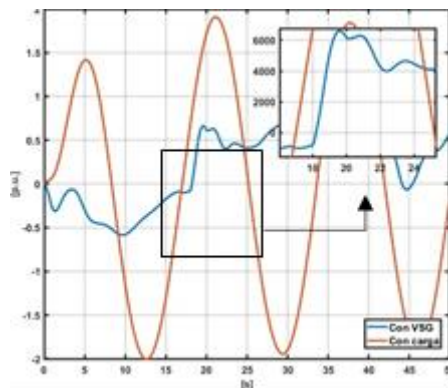


Figura 20. Señales de voltaje barra 860 del sistema sujeto a cargas no lineales versus el sistema con VSG.

En la figura 20 se aprecia los cambios bruscos de la forma de onda de los voltajes cuando se somete al sistema a un VSG.

4.1.3 Caso 3

Perfil de voltaje en por unidad, comparando los voltajes y frecuencias del sistema con cargas no lineales en comparación con los voltajes y frecuencias con perturbaciones cuando se tiene cargas no lineales y el VSG conectado al sistema.

Para el análisis se realizó una búsqueda exhaustiva, se probaron varios de voltaje y barras de conexión del VSG obteniendo los siguientes datos de voltaje y frecuencia.

Prueba 1

VSG con 30 kV en la generación CC y conectado a la barra 860.

Tabla 8. Valores de voltajes y frecuencias máximas, promedio y mínimas del Sistema con el VSG en la prueba 1.

	Voltaje [pu]	Frecuencia [Hz]
Max	1.0500	60.0015
Prom	0.6345	60.0002
Mín	0.4125	59.9985

En esta prueba el VSG mantiene los valores de frecuencia en rangos normales de funcionamiento mientras que los de voltaje caen en uno 60% respecto al valor por unidad

Prueba 2

VSG con 66.66 kV en la generación CC y conectado a la barra 860.

Tabla 9. Valores de voltajes y frecuencias máximas, promedio y mínimas del Sistema con el VSG en la prueba 2.

	Voltaje [pu]	Frecuencia [Hz]
Max	1.9474	59.9999
Prom	1.3646	59.9995
Mín	0.7065	59.9985

En la segunda prueba con el VSG en la misma barra, pero con mayor voltaje CC, la frecuencia sigue en valores normales, se eliminaron los voltajes muy bajos, pero aparecen sobrevoltajes que superan en un 95% aproximadamente el valor por unidad.

Prueba 3

VSG con 43.33 kV en la generación CC y conectado a la barra 824.

Tabla 10. Valores de voltajes y frecuencias máximas, promedio y mínimas del Sistema con el VSG en la prueba 3.

	Voltaje [pu]	Frecuencia [Hz]
Máx	1.5134	60.0015
Prom	1.0846	60.0012
Mín	0.9040	59.9985

En la prueba 3 se redujo el voltaje y se conectó el VSG a una barra central del sistema, la barra 824, la cual tiene los valores de voltaje que superan en 50% el valor por unidad, menor que en las anteriores pruebas, resultando en un sistema mejor equilibrado.

Prueba 4-Mejores resultados

VSG con 31.66 kV en la generación CC y conectado a la barra 824.

Tabla 11. Valores de voltajes y frecuencias máximas, promedio y mínimas del Sistema con el VSG en la prueba 4.

	Voltaje [pu]	Frecuencia [Hz]
Máx	1.3100	60.0015
Prom	0.9703	60.0012
Mín	0.7971	59.9985

En la cuarta prueba se utilizó un menor voltaje en la generación CC del VSG obteniendo el mayor equilibrio de voltajes en las barras donde no superan el 30% de error de voltaje por unidad y con la frecuencia normalizada a 60 Hz.

Para lograr una mejor comparación de los resultados obtenidos en la búsqueda exhaustiva se analiza las siguientes figuras.

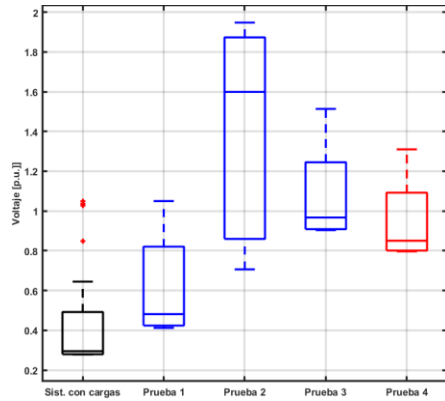


Figura 21. Voltajes en por unidad obtenidos en cada barra del sistema en las diferentes pruebas de la búsqueda exhaustiva.

En la figura 21 se aprecia que los datos de voltaje en por unidad de la prueba 4 se encuentran en valores cercanos al 1 por unidad.

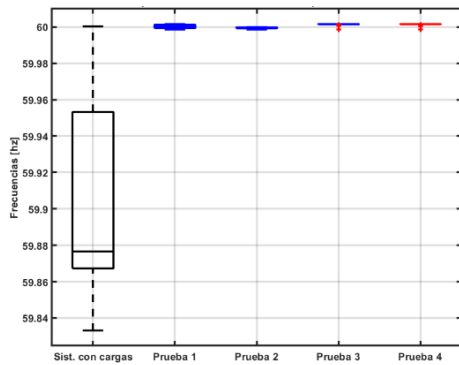


Figura 22. Datos de frecuencia obtenidos en cada barra del sistema en las diferentes pruebas de la búsqueda exhaustiva.

La figura 22 muestra como la inclusión del VSG influye en la estabilización de la frecuencia en el SEP en comparación con los datos del sistema con cargas no lineales, las frecuencias mejoran en un 99% en todos los casos.

Caso 3.1

En este caso se presenta el mejor resultado obtenido por búsqueda exhaustiva con el

VSG conectado a la barra 824, con 31.6 kV de voltaje en CC.

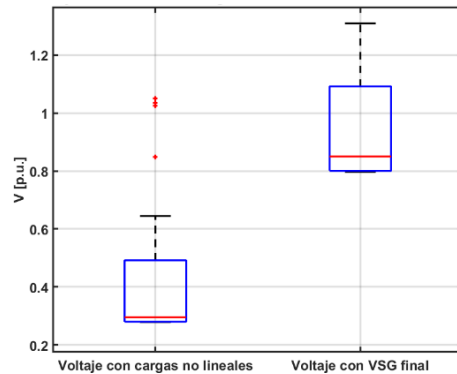


Figura 23. Voltajes en por unidad obtenidos en cada barra del sistema con cargas versus el sistema con el VSG de mejores resultados.

La figura 23 muestra como los voltajes mejoran en uno 70% y se encuentran en rangos cercanos al 1 p.u. por lo tanto el sistema se encuentra en valores normales de funcionamiento.

Tabla 12. Datos de voltajes del Sistema IEEE con cargas no lineales y VSG conectado a barra por búsqueda exhaustiva.

Barras	Voltaje [pu]	Barras	Voltaje [pu]
800	1.05	832	0.85
802	1.05	888	0.85
806	1.05	890	0.85
808	1.09	858	0.82
812	1.15	834	0.80
814	1.21	842	0.80
850	1.22	844	0.80
816	1.22	846	0.80
824	1.31	848	0.80
828	1.30	860	0.80
830	1.08	836	0.80
854	1.08	840	0.80
852	0.85	862	0.80

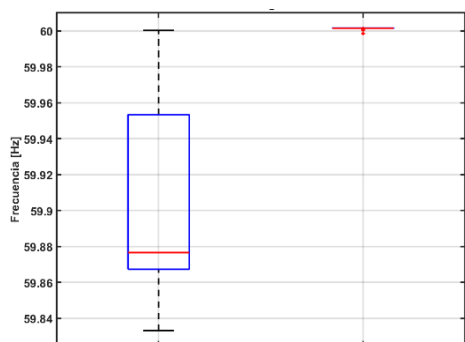


Figura 24. Datos de frecuencia obtenidos en cada barra del sistema con cargas versus el sistema con el VSG de mejores resultados.

Como en los anteriores casos, el VSG estabiliza la frecuencia de manera satisfactoria, en relación con las frecuencias que se presentaban en el sistema con cargas no lineales sin VSG.

Tabla 13. Datos de frecuencias del Sistema IEEE con cargas no lineales y VSG conectado a barra por búsqueda exhaustiva.

Barras	Frecuencia [Hz]	Barras	Frecuencia [Hz]
800	59.99848697	832	60.00151303
802	60.00039441	888	60.00118225
806	60.00062863	890	60.00102607
808	60.00151303	858	60.00144471
812	60.00151303	834	60.00140944
814	60.00151303	842	60.00140879
850	60.00151303	844	60.00140619
816	60.00151303	846	60.00140227
824	60.00151303	848	60.00140204
828	60.00151303	860	60.00140289
830	60.00151303	836	60.00140581
854	60.00151303	840	60.00140605
852	60.00151303	862	60.00140581

5 Conclusiones

Luego de realizar la implementación del VSG en paralelo al SEP y analizar las gráficas y datos que otorga el sistema se concluye lo siguiente:

Las cargas no lineales inducidas en el sistema eléctrico de potencia empeoraron su estabilidad en un 75% debido a que perdió valores normales en voltajes y frecuencias de la mayoría de barras.

Al implementar el VSG con valores de funcionamiento previamente analizados es posible comprobar que la desviación de frecuencia se estabiliza en un 99%.

Es importante analizar los cambios de otras variables y no solo de la que se está analizando, en este caso los voltajes se veían afectados en un 50% respecto al sistema base por el ingreso del VSG al sistema alejándose del valor de 1 p.u.

La búsqueda exhaustiva para la conexión del VSG en el SEP permitió pasar de una mejora de voltaje del 50% a casi el 90% acercando los valores al valor de 1 por unidad.

El sistema mejoró en un 90% con el VSG respecto al sistema solo con cargas no lineales, por lo tanto, el VSG cumple satisfactoriamente su función.

De entre todos los resultados obtenidos, el sistema fue optimizado en un 90%, en mediciones de cada barra se constató que el voltaje pasó de un promedio de 0.60 o 1.40 por unidad a 0.97 por unidad y la frecuencia pasó de valores de 59.8 Hz a valores de 60.00, reflejando el equilibrio en la potencia consumida con la entregada.

6 Referencias

- [1] G. Ma, G. Xu, Y. Chen, and R. Ju, "Voltage stability control method of electric springs based on adaptive PI controller," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 95, pp. 202–212, 2018, doi: 10.1016/j.ijepes.2017.08.029.
- [2] W. C. Clarke, M. J. Brear, and C. Manzie, "Control of an isolated microgrid using hierarchical economic model predictive control," *Appl. Energy*, vol. 280, no. September, p. 115960, 2020, doi: 10.1016/j.apenergy.2020.115960.
- [3] Y. Yang, P. Yang, W. Lin, Z. Li, and G. Lu, "International Journal of Electrical Power and Energy Systems A decentralized control for Non-error frequency regulation in an islanded microgrid containing multiple VSGs," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 133, no. June, p. 107337, 2021, doi: 10.1016/j.ijepes.2021.107337.
- [4] N. Afrin, F. Yang, and J. Lu, "Voltage support strategy for PV inverter to enhance dynamic voltage stability of islanded microgrid," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 121, no. December 2019, p. 106059, 2020, doi: 10.1016/j.ijepes.2020.106059.
- [5] A. G. Paspatis, G. C. Konstantopoulos, and S. Dedeoglu, "Control design and small-Signal stability analysis of inverter-Based microgrids with inherent current limitation under extreme load conditions," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 193, no. September 2020, p. 106929, 2021, doi: 10.1016/j.epsr.2020.106929.
- [6] Y. Hirase, Y. Ohara, and H. Bevrani, "Virtual synchronous generator based frequency control in interconnected microgrids," *Energy Reports*, vol. 6, pp. 97–103, 2020, doi: 10.1016/j.egy.2020.10.044.
- [7] A. K. Raji and D. N. Luta, "Modeling and optimization of a community microgrid components," *Energy Procedia*, vol. 156, no. September 2018, pp. 406–411, 2019, doi: 10.1016/j.egypro.2018.11.103.
- [8] M. S. Nazir and I. Hiskens, "Analysis of synchronization in load ensembles," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 190, no. August 2020, p. 106779, 2021, doi: 10.1016/j.epsr.2020.106779.
- [9] H. Grover, A. Verma, T. S. Bhatti, and M. J. Hossain, "Frequency Regulation Scheme Based on Virtual Synchronous Generator for an Isolated Microgrid," *Proc. 2020 IEEE Int. Conf. Power, Instrumentation, Control Comput. PICC 2020*, 2020, doi: 10.1109/PICC51425.2020.9362392.
- [10] Y. Han, Y. Sun, and J. Wu, "A low-cost and efficient solar/coal hybrid power generation mode: integration of non-concentrating solar energy and air preheating process," *Energy*, vol. 235, p. 121367, 2021, doi: 10.1016/j.energy.2021.121367.
- [11] J. A. Ferraz de Andrade Santos, P. de Jong, C. Alves da Costa, and E.A. Torres, "Combining wind and solar

- energy sources: Potential for hybrid power generation in Brazil,” *Util. Policy*, vol. 67, no. October, 2020, doi: 10.1016/j.jup.2020.101084.
- [12] IEA, “WEO-2017 Special Report: Energy Access Outlook,” <https://www.Iea.Org/Energyaccess/>, pp. 1–143, 2017, [Online]. Available: https://www.gogla.org/sites/default/files/resource_docs/weo2017specialreport_energyaccessoutlook.pdf%0Ahttps://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2017SpecialReport_EnergyAccessOutlook.pdf.
- [13] L. Cozzi et al., “World Energy Outlook 2020,” vol. 2050, no. October, pp. 1–461, 2020.
- [14] J. Sun, H. Zhang, Y. Wang, and H. Liang, “H ∞ control for switched IT2 fuzzy nonlinear systems with multiple time delays applied in hybrid grid-connected generation,” *Appl. Math. Comput.*, vol. 395, p. 125887, 2021, doi: 10.1016/j.amc.2020.125887.
- [15] R. Rahmani and A. Fakharian, “A novel method for connecting the PV unit to hybrid microgrid systems based on smart controlling structure,” 2016 24th Iran. Conf. Electr. Eng. ICEE 2016, pp. 1439–1443, 2016, doi: 10.1109/IranianCEE.2016.7585747.
- [16] Y. You, G. Wang, C. H. Zhang, and J. R. Lian, “An improved frequency control method for microgrid in islanded operation,” *Proc. - 2013 2nd Int. Symp. Instrum. Meas. Sens. Netw. utom. IMSNA 2013*, pp. 296–299, 2013, doi: 10.1109/IMSNA.2013.6743273.
- [17] J. SAUCEDO, DANIEL. TESIS, “Factores Que Afectan La Calidad De La Energía Y Su Solución,” *Academia.Edu*, pp. 9–27, 2008, [Online]. Available: <https://www.academia.edu/download/43291873/FINALsaucedomtz.pdf%0Ahttp://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/429/FINALsaucedomtzpdf?sequence=1>.
- [18] P. Balakishan, I. A. Chidambaram, and M. Manikandan, “Materials Today : Proceedings fuzzy control based hybrid PV-wind energy generation system,” *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.07.074.
- [19] E. Alvarez, “Prácticas Matlab,” *Unican*, 2015.
- [20] L. F. Lozano-Valencia, L. F. Rodríguez-García, and D. Giraldo Buitrago, “Diseño, implementación y validación de un controlador PID autosintonizado,” *Tecnológicas*, no. 28, p. 33, 2012, doi: 10.22430/22565337.12
- [21] N. Al sayari, R. Chilipi, K. Al Hosani, and F. Almaskari, “Grid synchronization and control of distributed generation unit with flexible load compensation capabilities using multi-output LMS-filter,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 93, pp. 253–265, 2017, doi: 10.1016/j.ijepes.2017.05.027.
- [22] T. Mahajan and M. S. Potdar, “An Improved Strategy for Distributed Generation Control and Power Sharing in Islanded Microgrid,” *2nd Int. Conf. Innov. Mech. Ind. Appl. ICIMIA 2020 - Conf. Proc.*, no. *Icimia*, pp. 133–136, 2020, doi:

- 10.1109/ICIMIA48430.2020.9074930.
- [23] X. Qi et al., "Fast frequency recovery-oriented distributed optimal load frequency control: An active disturbance rejection control approach," *ISA Trans.*, vol. 112, pp. 214–223, 2021, doi: 10.1016/j.isatra.2020.12.026.
- [24] Y. Arya, "AGC of two-area electric power systems using optimized fuzzy PID with filter plus double integral controller," *J. Franklin Inst.*, vol. 355, no. 11, pp. 4583–4617, 2018, doi: 10.1016/j.jfranklin.2018.05.001.
- [25] A. Singh, "A Comparative Analysis of PID and Fuzzy Logic Controller in an Autonomous PV- FC Microgrid," pp. 381–385, 2018.
- [26] X. Zheng, Y. Liu, S. Pang, Z. Liu, Y. Li, and C. Wang, "Sliding mode combined VSG control to microgrid inverters," *Proc. IECON 2018 - 44th Annu. Conf. IEEE Ind. Electron. Soc.*, pp. 2453–2456, 2018, doi: 10.1109/IECON.2018.8592771.
- [27] B. A. Bastiani and R. V. de Oliveira, "Adaptive MPPT control applied to virtual synchronous generator to extend the inertial response of type-4 wind turbine generators," *Sustain. Energy, Grids Networks*, vol.27,p. 100504, 2021, doi: 10.1016/j.segan.2021.100504.
- [28] H. Li and R. Z. Gu, "Research on grid-connected control and simulation of microgrid inverter based on VSG," *China Int. Conf. Electr. Distrib. CICED*, no. 201804250000049, pp. 2066–2070, 2018, doi: 10.1109/CICED.2018.8592273.
- [29] X. Liu and R. Gong, "A Control Strategy of Microgrid-Connected System Based on VSG," *Proc. 2020 IEEE Int. Conf. Power, Intell. Comput. Syst. ICPCS 2020*, pp. 739–743, 2020, doi: 10.1109/ICPCS50287.2020.9201955.
- [30] A. Rasool, X. Yan, H. Rasool, and H. Guo, "Correlation between Multiple VSG Sources for Enhancing the Power Allocation in Microgrid," *2018 IEEE Electr. Power Energy Conf. EPEC 2018*, pp. 4–9, 2018, doi: 10.1109/EPEC.2018.8598344.
- [31] M. Jaramillo and L. Tipán, "Comparative analysis of DG units against Capacitive banks in a microgrid as an alternative for voltage profile enhancement," *2020 IEEE International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON)*, 2020, pp. 261-267, doi: 10.1109/GUCON48875.2020.9231191.
- [32] M. Jaramillo and S Llamuca A Proposed Model for Electricity Demand Forecasting in Ecuador Considering Akaike Criterion. In: Rocha Á., López-López P.C., Salgado-Guerrero J.P. (eds) *Communication, Smart Technologies and Innovation for Society. Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol 252. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981164126-8_3

6.1 Matriz de Estado del Arte

Tabla 1: Matriz de estado del arte.

REGULACIÓN DE LA FRECUENCIA MEDIANTE LA SINCRONIZACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN RENOVABLE HÍBRIDO PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD																														
ITEM	DATOS			TEMÁTICA					FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA							SOLUCIÓN PROPUESTA							
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	Generación Distribuida "Estado del Arte"	Sistema de Distribución (Radial)	Incorporación de Generación Distribuida	Emplazamiento de Generación Distribuida	Dimensionamiento de Generación Distribuida	Reconfiguración de Sistema Eléctrico	Minimización de Pérdidas en la Red	Estabilidad del Índice de Potencia	Estabilidad del Índice de Tensión	Minimización de Cargabilidad de la Red	Nivel de Tensión	Topología de la Red	Niveles de Potencia	Flujo de Potencia Óptimo	Frecuencias estables	Estabilidad del voltaje en cada barra	Elegir barra que tenga mayor afectación	Elegir mejor ubicación para el VSG	Equilibrio carga, demanda	Cambios en las cargas del sistema	Voltajes p.u. estables	Cambios de voltaje	Búsqueda exhaustiva	Mejora de Estabilidad - Eficiencia	Optimización de la Red	Maximo Aprovechamiento del VSG	Planificación Óptima
1	2018	Voltage stability control method of electric springs based on adaptive PI controller	15	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	2020	Control of an isolated microgrid using hierarchical economic model predictive control	33	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	2021	International Journal of Electrical Power and Energy Systems A decentralized control for Non-error frequency regulation in an islanded microgrid containing multiple VSGs	51	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	2020	Voltage support strategy for PV inverter to enhance dynamic voltage stability of islanded microgrid	59	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

REGULACIÓN DE LA FRECUENCIA MEDIANTE LA SINCRONIZACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN RENOVABLE HÍBRIDO PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD

ITEM	DATOS			TEMÁTICA					FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA								SOLUCIÓN PROPUESTA						
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	Generación Distribuida "Estado del Arte"	Sistema de Distribución (Radial)	Incorporación de Generación Distribuida	Emplazamiento de Generación Distribuida	Dimensionamiento de Generación Distribuida	Reconfiguración de Sistema Eléctrico	Minimización de Pérdidas en la Red	Estabilidad del Índice de Potencia	Estabilidad del Índice de Tensión	Minimización de Cargabilidad de la Red	Nivel de Tensión	Topología de la Red	Niveles de Potencia	Flujo de Potencia Óptimo	Frecuencias estables	Estabilidad del voltaje en cada barra	Elegir barra que tenga mayor afectación	Elegir mejor ubicación para el VSG	Equilibrio carga, demanda	Cambios en las cargas del sistema	Voltajes p.u. estables	Cambios de voltaje	Búsqueda exhaustiva	Mejora de Estabilidad - Eficiencia	Optimización de la Red	Maximo Aprovechamiento del VSG	Planificación Óptima
5	2021	Control design and small-Signal stability analysis of inverter-Based microgrids with inherent current limitation under extreme load conditions	114	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	2020	Virtual synchronous generator based frequency control in interconnected microgrids	77	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	2019	Modeling and optimization of a community microgrid components	113	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	2021	Analysis of synchronization in load ensembles	62	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	2020	Frequency Regulation Scheme Based on Virtual Synchronous Generator for an Isolated Microgrid	347	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	2021	A low-cost and efficient solar/coal hybrid power generation mode: integration of non-concentrating solar energy and air preheating process	522	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

REGULACIÓN DE LA FRECUENCIA MEDIANTE LA SINCRONIZACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN RENOVABLE HÍBRIDO PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD

ITEM	DATOS			TEMÁTICA					FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA								SOLUCIÓN PROPUESTA									
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	Generación Distribuida "Estado del Arte"	Sistema de Distribución (Radial)	Incorporación de Generación Distribuida	Emplazamiento de Generación Distribuida	Dimensionamiento de Generación Distribuida	Reconfiguración de Sistema Eléctrico	Minimización de Pérdidas en la Red	Estabilidad del Índice de Potencia	Estabilidad del Índice de Tensión	Minimización de Cargabilidad de la Red	Nivel de Tensión	Topología de la Red	Niveles de Potencia	Flujo de Potencia Óptimo	Frecuencias estables	Estabilidad del voltaje en cada barra	Elegir barra que tenga mayor afectación	Elegir mejor ubicación para el YSG	Equilibrio carga, demanda	Cambios en las cargas del sistema	Voltajes p.u. estables	Cambios de voltaje	Búsqueda exhaustiva	Mejora de Estabilidad - Eficiencia	Optimización de la Red	Maximo Aprovechamiento del VSG	Planificación Óptima			
11	2020	Combining wind and solar energy sources: Potential for hybrid power generation in Brazil	46	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	2017	WEO-2017 Special Report: Energy Access Outlook	157	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	2020	World Energy Outlook 2020	670	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	2021	H _∞ control for switched IT2 fuzzy nonlinear systems with multiple time delays applied in hybrid grid-connected generation	123	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15	2016	A novel method for connecting the PV unit to hybrid microgrid systems based on smart controlling structure	107	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	2013	An improved frequency control method for microgrid in islanded operation	1287	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

REGULACIÓN DE LA FRECUENCIA MEDIANTE LA SINCRONIZACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN RENOVABLE HÍBRIDO PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD

ITEM	DATOS		TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA							SOLUCIÓN PROPUESTA										
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	Generación Distribuida "Estado del Arte"	Sistema de Distribución (Radial)	Incorporación de Generación Distribuida	Emplazamiento de Generación Distribuida	Dimensionamiento de Generación Distribuida	Reconfiguración de Sistema Eléctrico	Minimización de Pérdidas en la Red	Estabilidad del Índice de Potencia	Estabilidad del Índice de Tensión	Minimización de Cargabilidad de la Red	Nivel de Tensión	Topología de la Red	Niveles de Potencia	Flujo de Potencia Óptimo	Frecuencias estables	Estabilidad del voltaje en cada barra	Elegir barra que tenga mayor afectación	Elegir mejor ubicación para el VSG	Equilibrio carga, demanda	Cambios en las cargas del sistema	Voltajes p.a. estables	Cambios de voltaje	Búsqueda exhaustiva	Mejora de Estabilidad - Eficiencia	Optimización de la Red	Maximo Aprovechamiento del VSG	Planificación Óptima	
17	2018	Factores Que Afectan La Calidad De La Energía Y Su Solución	111	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18	2021	Materials Today : Proceedings fuzzy control based hybrid PV-wind energy generation system	2225	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	2015	Prácticas Matlab	371	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	2012	Diseño, implementación y validación de un controlador PID autosintonizado	670	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	2017	Hosani, and F. Almaskari, "Grid synchronization and control of distributed generation unit with flexible load compensation capabilities using multi-output LMS-filter	123	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	2020	An Improved Strategy for Distributed Generation Control and Power Sharing in Islanded Microgrid	107	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**REGULACIÓN DE LA FRECUENCIA MEDIANTE LA SINCRONIZACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN
RENOVABLE HÍBRIDO PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD**

ITEM	DATOS		TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA							SOLUCIÓN PROPUESTA										
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	Generación Distribuida "Estado del Arte"	Sistema de Distribución (Radial)	Incorporación de Generación Distribuida	Emplazamiento de Generación Distribuida	Dimensionamiento de Generación Distribuida	Reconfiguración de Sistema Eléctrico	Minimización de Pérdidas en la Red	Estabilidad del Índice de Potencia	Estabilidad del Índice de Tensión	Minimización de Cargabilidad de la Red	Nivel de Tensión	Topología de la Red	Niveles de Potencia	Flujo de Potencia Óptimo	Frecuencias estables	Estabilidad del voltaje en cada barra	Elegir barra que tenga mayor afectación	Elegir mejor ubicación para el VSG	Equilibrio carga, demanda	Cambios en las cargas del sistema	Voltajes p.u. estables	Cambios de voltaje	Búsqueda exhaustiva	Mejora de Estabilidad - Eficiencia	Optimización de la Red	Maximo Aprovechamiento del VSG	Planificación Óptima	
23	2021	Fast frequency recovery-oriented distributed optimal load frequency control: An active disturbance rejection control approach	1287	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24	2018	AGC of two-area electric power systems using optimized fuzzy PID with filter plus double integral controller	670	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25	2018	A Comparative Analysis of PID and Fuzzy Logic Controller in an Autonomous PV- FC Microgrid	123	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
26	2018	Sliding mode combined VSG control to microgrid inverters	107	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
27	2021	Adaptive MPPT control applied to virtual synchronous generator to extend the inertial response of type-4 wind turbine generator	1287	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
28	2020	Research on grid-connected control and simulation of microgrid inverter based on VSG	670	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

REGULACIÓN DE LA FRECUENCIA MEDIANTE LA SINCRONIZACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN RENOVABLE HÍBRIDO PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD

ITEM	DATOS		TEMÁTICA					FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA								SOLUCIÓN PROPUESTA								
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	Generación Distribuida "Estado del Arte"	Sistema de Distribución (Radial)	Incorporación de Generación Distribuida	Emplazamiento de Generación Distribuida	Dimensionamiento de Generación Distribuida	Reconfiguración de Sistema Eléctrico	Minimización de Pérdidas en la Red	Estabilidad del Índice de Potencia	Estabilidad del Índice de Tensión	Minimización de Cargabilidad de la Red	Nivel de Tensión	Topología de la Red	Niveles de Potencia	Flujo de Potencia Óptimo	Frecuencias estables	Estabilidad del voltaje en cada barra	Elegir barra que tenga mayor afectación	Elegir mejor ubicación para el VSG	Equilibrio carga, demanda	Cambios en las cargas del sistema	Voltajes p.u. estables	Cambios de voltaje	Búsqueda exhaustiva	Mejora de Estabilidad - Eficiencia	Optimización de la Red	Maximo Aprovechamiento del VSG	Planificación Óptima	
29	2020	A Control Strategy of Microgrid-Connected System Based on VSG	123	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
30	2018	Correlation between Multiple VSG Sources for Enhancing the Power Allocation in Microgrid	107	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31	2020	Comparative analysis of DG units against Capacitive banks in a micro-grid as an alternative for voltage profile enhancement	16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
32	2021	A Proposed Model for Electricity Demand Forecasting in Ecuador Considering Akaike Criterion	20	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Total				3	18	14	27	11	9	17	1	10	11	12	6	19	6	3	14	4	2	2	1	5	1	4	6	12	4	10	