

| | | | |
|--|--|--------|-------------|
| | GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS | Código | FO-SB-12/v0 |
| | ESQUEMA HOJA DE RESUMEN | Página | 1/161 |

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): DANIEL _____ APELLIDOS: BALLESTEROS ORTIZ _____

NOMBRE(S): KEVIN JHOEL _____ APELLIDOS: GONZÁLEZ PÉREZ _____

FACULTAD: INGENIERÍA _____

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA _____

DIRECTOR:

NOMBRE(S): GLORIA ESMERALDA _____ APELLIDOS: SANDOVAL MARTÍNEZ _____

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): CARACTERIZACIÓN Y SIMULACIÓN DE _____

COMPONENTES PARA UNA MINI CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADA _____

A RED _____

RESUMEN

Se caracterizó el panel solar determinando los parámetros internos para poderlo simular y observar el comportamiento del mismo a diferentes condiciones de temperatura y radiación, se diseñó el inversor de acuerdo a los requerimientos de la carga y se simuló una mini central solar fotovoltaica, la cual está conformada por la configuración de paneles solares, el algoritmo de seguimiento del punto de máxima potencia (P & O) funcionando con un convertidor DC-DC tipo BOOST, un regulador de voltaje para hacer constante la entrada al inversor en un valor de 170Vpico (120Vrms a la salida del inversor) utilizando un convertidor DC-DC tipo BUCK, el inversor que se emplea es tipo puente completo donde se emplean dispositivos semiconductores de tipo IGBT, debido a que se requiere alimentar una carga mayor a 1 KW, a la salida se le aplicó un filtro LC para eliminar armónicos de corriente y voltaje y hacer sinusoidal la señal de salida del inversor.

PALABRAS CLAVE: Energía solar, mini central solar fotovoltaica, panel solar, simulación.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 161 PLANOS: ILUSTRACIONES: CD ROOM: 1

CARACTERIZACIÓN Y SIMULACIÓN DE COMPONENTES PARA UNA MINI
CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED

BALLESTEROS ORTIZ DANIEL

GONZÁLEZ PÉREZ KEVIN JHOEL

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CÚCUTA

2016

CARACTERIZACIÓN Y SIMULACIÓN DE COMPONENTES PARA UNA MINI
CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED

BALLESTEROS ORTIZ DANIEL

GONZÁLEZ PÉREZ KEVIN JHOEL

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero electromecánico.

Director: Esp. Gloria Esmeralda Sandoval.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
CÚCUTA

2016



FACULTAD DE INGENIERIAS
ACTA DE SUSTENTACIÓN PROYECTO DE GRADO
MODALIDAD TRABAJO DE INVESTIGACION

FECHA: 8 DE SEPTIEMBRE DE 2016

HORA: 2:00 PM

LUGAR: SALA 3 DEL CREAD

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO: "CARACTERIZACION Y SIMULACION DE COMPONENTES PARA UNA MINI CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED"

JURADOS: Msc. SERGIO BASILIO SEPULVEDA MORA
Esp. NORBEY CHINCHILLA HERRERA

DIRECTOR: Esp. GLORIA ESMERALDA SANDOVAL MARTINEZ

| NOMBRE DEL ESTUDIANTE: | CÓDIGO | CALIFICACION |
|----------------------------|---------|--------------|
| DANIEL BALLESTEROS ORTIZ | 1090655 | 4.2 |
| KEVIN JHOEL GONZALEZ PEREZ | 1090654 | 4.2 |

OBSERVACIONES:

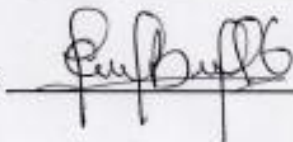
APROBADA

FIRMA DE LOS JURADOS:





VoBo. COORDINADOR COMITÉ CURRICULAR



Mery:

Dedicatoria

En primer lugar dedico este trabajo a Dios, por permitirme finalizar este trabajo de forma exitosa.

A mi madre, por su amor, compañía y cuidados que me ha brindado a lo largo de mi vida.

A mi padre por enseñarme lecciones valiosas a lo largo de mi vida que me han servido para ser mejor persona.

A mi abuela materna, por cuidarme, estar pendiente de mí, formarme en valores y principios, lo cuales me permitieron ser la persona que soy.

Por ultimo a mi hermana, la persona que me ha dado motivación para nunca rendirme y seguir adelante.

Ballesteros Ortiz Daniel.

Dedicatoria

Dedico este trabajo de grado antes que nada a Dios por darme sabiduría, entendimiento y fortaleza a lo largo de esta formación, a mis padres por su apoyo incondicional y gran esfuerzo para permitirme sacar esta carrera adelante, a mis hermanos por la motivación de cumplir mi sueño, a mis tíos Edilma y Wilmar por abrir las puertas de su casa y recibirme como un hijo más durante los cinco años, a mi mujer y mi hija por ser la razón de mi esfuerzo infinito para brindarles lo mejor.

González Pérez Kevin Jhoel.

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A Dios por darnos fortaleza, paciencia y sabiduría para culminar este proyecto.

A nuestra directora del trabajo de grado, la Esp. Ing. Gloria Esmeralda Sandoval, por orientarnos y guiarnos en la ejecución de este trabajo.

Al M.Sc. Sergio Basilio Sepúlveda por prestarnos el panel solar y el piranómetro para la realización del presente trabajo de grado.

Al estudiante Luis Fernando Bustos por orientarnos en la parte de caracterización del panel solar.

Al Ing. Cristian Andrés Arias Parra por colaborarnos con la ejecución de la simulación del panel solar.

Al director de departamento IE. M.Sc Byron Medina por facilitarnos los trámites para el préstamo de implementos y lugares de trabajo necesarios para la realización del proyecto.

Por último, agradecer al laboratorista Freddy por estar atento a los materiales que necesitamos a lo largo del proyecto.

Tabla de contenido

| | |
|---|----|
| Introducción | 22 |
| 1. Problema | 24 |
| 1.1 Planteamiento del problema | 24 |
| 1.2 Formulación del problema | 24 |
| 2. Justificación | 25 |
| 2.1 Beneficios Tecnológicos | 30 |
| 2.2 Beneficios institucionales | 30 |
| 2.3 Beneficios sociales | 30 |
| 3. Objetivos | 31 |
| 3.1 Objetivo general | 31 |
| 3.2 Objetivos específicos | 31 |
| 4. Alcances | 32 |
| 5. Limitaciones y delimitaciones | 33 |
| 5.1 Limitaciones | 33 |
| 5.2 Delimitaciones | 33 |
| 6. Marco referencial | 35 |
| 6.1 Antecedentes | 35 |
| 6.2 Marco teórico | 37 |
| 6.2.1 Mini central solar fotovoltaica | 37 |
| 6.2.2 Uniones PN | 37 |
| 6.2.3 Célula fotovoltaica | 39 |
| 6.2.4 Módulos fotovoltaicos o paneles solares | 41 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 6.2.4.1 | Tipos de módulos fotovoltaicos | 43 |
| 6.2.4.2 | Factores de pérdidas energéticas del panel | 44 |
| 6.2.4.2.1 | Pérdidas por no cumplimiento de la potencia nominal | 44 |
| 6.2.4.2.2 | Pérdidas de mismatch o de conexiado | 44 |
| 6.2.4.2.3 | Pérdidas por polvo y suciedad | 44 |
| 6.2.4.2.4 | Pérdidas angulares y espectrales | 44 |
| 6.2.4.2.5 | Pérdidas por caídas óhmicas en el cableado | 45 |
| 6.2.4.2.6 | Pérdidas por temperatura | 45 |
| 6.2.4.2.7 | Pérdidas por sombreado del generador fotovoltaico | 45 |
| 6.2.5 | Seguimiento del punto de máxima potencia | 45 |
| 6.2.5.1 | Algoritmo de seguimiento de máxima potencia P & O | 46 |
| 6.2.6 | Convertidor de potencia DC/DC | 47 |
| 6.2.6.1 | Convertidor reductor BUCK | 48 |
| 6.2.7 | Convertidor de potencia CD/CA | 49 |
| 6.2.7.1 | Características principales de los convertidores CD/CA | 49 |
| 6.2.7.2 | Topologías | 49 |
| 6.2.8 | Técnica de control de conmutación PWM | 50 |
| 6.3 | Marco legal | 50 |
| 7. | Diseño metodológico | 55 |
| 7.1 | Información de los equipos | 55 |
| 7.1.1 | Panel solar fotovoltaico | 55 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 7.1.2 | Inversor | 55 |
| 7.1.3 | Carga o usuario | 55 |
| 7.2 | Caracterización del panel solar y diseño del inversor | 59 |
| 7.2.1 | Caracterización del panel solar | 59 |
| 7.2.1.1 | Obtención de parámetros internos del panel solar | 60 |
| 7.2.1.1.1 | Prueba a oscuridad | 60 |
| 7.2.1.1.2 | Prueba a radiación solar | 74 |
| 7.2.1.2 | Obtención del ángulo óptimo del panel solar | 82 |
| 7.2.2 | Diseño del inversor | 83 |
| 7.2.2.1 | Diseño del filtro | 85 |
| 7.2.2.2 | Diseño del controlador PWM | 86 |
| 7.2.2.2.1 | Generador de onda seno | 86 |
| 7.2.2.2.2 | Generación del PWM | 87 |
| 7.2.2.3 | Driver para IGBT | 89 |
| 7.3 | Simulación | 90 |
| 7.3.1 | Simulación del panel solar | 90 |
| 7.3.1.1 | Corriente fotogenerada (I_L) | 91 |
| 7.3.1.2 | Modelo del diodo | 92 |
| 7.3.1.2.1 | Corriente del diodo (I_s) | 92 |
| 7.3.1.2.2 | Ecuación del diodo | 96 |
| 7.3.1.3 | Pérdidas de corriente generada por las resistencias | 98 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 7.3.2 | Simulación de la mini central solar fotovoltaica conectada a red | 99 |
| 7.3.2.1 | Panel solar | 99 |
| 7.3.2.2 | Convertidor CD-CD tipo BOOST con MPPT | 101 |
| 7.3.2.3 | Convertidor CD-CD tipo BUCK regulador de voltaje | 105 |
| 7.3.2.4 | Convertidor CD-AC tipo puente completo inversor de voltaje | 107 |
| 7.3.2.5 | Filtro LC | 108 |
| 7.3.2.6 | Carga | 109 |
| 7.4 | Selección del tipo de cableado para el sistema solar fotovoltaico | 110 |
| 7.5 | Divulgación de resultados | 111 |
| 8. | Resultados | 112 |
| 8.1 | Implementación de la simulación del panel solar | 112 |
| 8.2 | Implementación de la simulación de la mini central solar fotovoltaica | 121 |
| 8.3 | Pérdidas en la mini central solar fotovoltaica | 129 |
| 9. | Conclusiones | 135 |
| 10. | Recomendaciones | 137 |
| 11. | Presupuesto | 139 |
| 12. | Referencias | 141 |
| | Anexos | 143 |