

*Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional San Nicolás*

Sistema de energía alternativa con aerogenerador

Ingeniería Electrónica.
Proyecto Final.

Autores:

Benítez, Pablo Alejandro.
Curaratti, Nazareno Jesús.
Pasqualetti, Fermín.

PRIMERA ETAPA: AEROGENERADOR.

1-INTRODUCCIÓN.	pág.8
1.1-OBJETIVOS.	pág.8
1.2-ETAPAS DEL PROYECTO.	pág.8
2-GENERALIDADES DE LA ENERGÍA EÓLICA.	pág.9
2.1-ENERGÍA EÓLICA.	pág.9
2.1.2-ENERGÍA CAPTURADA.	pág.9
2.1.3-DISTRIBUCIÓN DE LAS VELOCIDADES DEL VIENTO.	pág.10
2.1.4-DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA.	pág.11
2.2-DESCRIPCIÓN GENERAL DE TURBINAS DE BAJA POTENCIA.	pág.11
2.2.1-CLASIFICACIÓN.	pág.11
2.2.2-COMPONENTES Y DESCRIPCIÓN.	pág.12
2.2.3-CURVA DE POTENCIA.	pág.14
2.3-ENERGÍA ANUAL OBTENIDA.	pág.15
3-DISEÑO DEL AEROGENERADOR.	pág.16
3.1-TURBINA EÓLICA.	pág.16
3.2-PALAS DE LA TURBINA.	pág.17
3.3-GENERADOR ELÉCTRICO.	pág.17
3.3.1-CUERPO DEL GENERADOR.	pág.18
3.3.2-NÚMERO DE POLOS.	pág.18
3.3.3-BOBINAS DEL ESTATOR.	pág.19
3.4-AEROGENERADOR COMPLETO.	pág.25
4-ENSAYOS.	pág.26
4.1-CARACTERÍSTICA EN VACIO.	pág.26
4.2-CARACTERÍSTICA EN CARGA.	pág.27
4.3-SEÑALES REALES OBTENIDAS.	pág.28

SEGUNDA ETAPA: SISTEMA DE CARGA DE BATERÍAS.

5-PLANTEO.	pág.30
5.1-CIRCUITO DE CARGA.	pág.30
5.2-MEJORANDO LA TRANSFERENCIA DE ENERGÍA.	pág.31
6-CARGADOR DE BATERÍAS.	pág.33
6.1-RECTIFICADOR TRIFASICO NO CONTROLADO DE ONDA COMPLETA.	pág.34
6.1.1-ANÁLISIS TEÓRICO.	pág.34
6.1.1.1-TENSIÓN DE SALIDA.	pág.35
6.1.1.2-CORRIENTE EN LOS DIODOS.	pág.37
6.1.1.3-TENSIÓN DE PICO INVERSO EN LOS DIODOS.	pág.37
6.1.2-SIMULACIONES.	pág.38
6.1.4-ETAPA DE FILTRADO.	pág.39
6.1.4.1-ANÁLISIS TEÓRICO.	pág.39
6.1.4.2-CÁLCULO PRÁCTICO.	pág.40
6.1.5-RESULTADOS.	pág.40

6.2-CONVERTIDOR CC-CC REDUCTOR.	pág.41
6.2.1-ANÁLISIS DE LA TOPOLOGÍA.	pág.42
6.2.2-ANÁLISIS TEÓRICO.	pág.43
6.2.3-CÁLCULO TEÓRICO DE LOS COMPONENTES DE FILTRADO.	pág.44
6.2.3.1-INDUCTANCIA.	pág.44
6.2.3.2-CAPACITANCIA.	pág.45
6.2.3.3-RESUMEN.	pág.46
6.2.4. CÁLCULO PRÁCTICO DE LOS COMPONENTES DE FILTRADO.	pág.47
6.2.4.1-CICLO DE TRABAJO MÍNIMO.	pág.47
6.2.4.2-INDUCTANCIA.	pág.47
6.2.4.3-CAPACITANCIA.	pág.48
6.2.5-ANÁLISIS DE ELEMENTO CONMUTADOR.	pág.49
6.2.5.1-TRANSISTOR DE CONMUTACIÓN.	pág.49
6.2.5.2-CARACTERÍSTICAS REALES.	pág.49
6.2.5.3-CAPACITANCIAS INTERNAS.	pág.50
6.2.5.3-CÁLCULOS DE LAS PÉRDIDAS.	pág.51
6.2.5.4-ELECCIÓN DEL TRANSISTOR.	pág.51
6.2.6-ELECCIÓN DEL DIODO DE POTENCIA.	pág.52
6.2.7-CIRCUITO DE CONTROL DE PUERTA.	pág.52
6.2.7.1-ANÁLISIS DE LA TÉCNICA BOOTSTRAP.	pág.53
6.2.8-DRIVER IR2110.	pág.54
6.2.8.1-CIRCUITO DE IMPLEMENTACIÓN PARA EL IR2110.	pág.55
6.2.8.2-CÁLCULO DEL CAPACITOR DE BOOTSTRAP.	pág.56
6.2.9-IMPLEMENTACIÓN.	pág.57
6.2.10-SIMULACIONES.	pág.58
6.2.11-CIRCUITO COMPLETO.	pág.60
7-SISTEMA DE CONTROL.	pág.61
7.1-MÉTODO DE CONTROL MPPT.	pág.61
7.1.1-ALGORITMO MPPT.	pág.63
7.2-IMPLEMENTACIÓN.	pág.63
7.2.1-FUENTE DE ALIMENTACIÓN.	pág.63
7.2.2-HARDWARE –MICROCONTROLADOR.	pág.64
7.2.3-MEDICIÓN Y CONTROL.	pág.64
7.2.3.1-MEDICIÓN CORRIENTE Y TENSIÓN A LA SALIDA DEL RECTIFICADOR.	pág.64
7.2.3.2-MEDICIÓN DE CORRIENTE Y TENSIÓN EN LAS BATERÍAS.	pág.65
7.2.3.3-MEDICIÓN DE LAS REVOLUCIONES DE LA TURBINA.	pág.65
7.2.3.4-CONEXIONES AL MICROCONTROLADOR.	pág.67
7.2.3.5-MEDICIÓN EN EL MICROCONTROLADOR.	pág.67
7.3-SEGURIDADES DEL SISTEMA.	pág.67
7.4-RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN.	pág.68
7.5-IMÁGENES DE PLAQUETAS DESARROLLADAS.	pág.70
<u>TERCERA ETAPA: INVERSOR.</u>	
8-REGULADOR DE TENSIÓN. CONVERTIDOR CC-CC.	pág.74
8.1-REQUERIMIENTOS.	pág.74
8.2-CÁLCULO DEL FILTRO.	pág.74
8.2.2-INDUCTANCIA.	pág.74

8.2.3-NÚCLEO TOROIDAL.	pág.74
8.2.4-CONDENSADOR.	pág.75
8.3-ETAPA DE POTENCIA.	pág.75
8.3.1-CARACTERÍSTICAS DEL TRANSISTOR DE CONMUTACIÓN.	pág.76
8.3.2-DISIPACIÓN DE POTENCIA.	pág.76
8.3.3-SIMULACIÓN.	pág.77
8.4-CIRCUITO DE CONTROL DE PUERTA.	pág.77
8.5-REGULACIÓN DE LA TENSIÓN DE SALIDA.	pág.78
8.5.1-MODULACIÓN DE ANCHO DE PULSO MEDIANTE TL494.	pág.78
8.5.1.1-FRECUENCIA DE TRABAJO.	pág.79
8.5.1.2-MUESTRA DE TENSIÓN.	pág.79
8.5.1.3-MUESTRA DE CORRIENTE.	pág.80
8.5.1.4-RED DE COMPENSACIÓN.	pág.80
8.5.1.5-CONEXIÓN DE SALIDA.	pág.81
8.5.2-MUESTRA DE CORRIENTE POR TRANSFORMADOR.	pág.81
8.5.2.1-IMPLEMENTACIÓN.	pág.82
8.6-TENSIONES AUXILIARES.	pág.83
8.7-CIRCUITO COMPLETO DEL CONVERTIDOR CC-CC.	pág.84
8.8-RESULTADOS PRÁCTICOS.	pág.85
8.9-CONCLUSIÓN.	pág.86
9-CONVERTIDOR CC-CA.	pág.87
9.1-INTRODUCCIÓN.	pág.87
9.1.1-ELECCIÓN DE LA TOPOLOGÍA.	pág.87
9.2-CONVERTIDOR PUSH PULL.	pág.87
9.2.1-ETAPA DE POTENCIA.	pág.88
9.2.1.1-IMPLEMENTACIÓN.	pág.88
9.2.1.2-PERDIDA DE POTENCIA EN LOS TRANSISTORES.	pág.89
9.2.1.3-CIRCUITOS DE PROTECCIÓN.	pág.89
9.2.1.4-CIRCUITO DE EXCITACIÓN.	pág.90
9.2.2-TRANSFORMADOR DE POTENCIA.	pág.91
9.2.2.1-CÁLCULO SIMPLIFICADO.	pág.92
9.3-ETAPA DE CONTROL.	pág.95
9.3.1-INTRODUCCIÓN.	pág.95
9.3.2-VARIACION DE LA TENSIÓN DE ENTRADA.	pág.96
9.3.3-REGULACIÓN DE LA TENSIÓN DE SALIDA.	pág.96
9.3.3.1-REALIMENTACIÓN POR MUESTRA DE TENSIÓN.	pág.96
9.4-INVERSORES IMPLEMENTADOS.	pág.97
9.4.1-INVERSOR DE ONDA CUADRADA A FRECUENCIA FIJA.	pág.98
9.4.1.1-CONTROL DE PUERTA CON CD4047.	pág.98
9.4.1.2-SEÑALES OBTENIDAS EN LA IMPLEMENTACIÓN.	pág.99
9.4.1.3-IMAGEN DEL CIRCUITO COMPLETO.	pág.100
9.4.1.4-ANÁLISIS DE ARMÓNICOS.	pág.100
9.4.1.5-DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL.	pág.101
9.4.1.6-CONCLUSIONES.	pág.102
9.5-INVERSOR DE ONDA CUADRADA CON DESPLAZAMIENTO DE FASE.	pág.102
9.5.1-INTRODUCCIÓN.	pág.102
9.5.2-CONTROL DE PUERTA.	pág.103
9.5.3-SEÑALES DE IMPLEMENTACIÓN.	pág.103

Sistema de energía alternativa con aerogenerador
Ingeniería Electrónica - Proyecto Final

9.5.4-ARMÓNICOS.	pág.103
9.6-CIRCUITO COMPLETO.	pág.105
9.7-FILTRO DE CONEXIÓN A RED.	pág.106
9.7.1-INTRODUCCIÓN.	pág.106
9.7.2-DISEÑO.	pág.107
9.6.3-FILTRO APLICADO A LOS INVERSORES IMPLEMENTADOS.	Pág.108
9.7.4-IMAGEN DE INVERSOR EN FUNCIONAMIENTO.	pág.110
10-COSTOS.	pág.112
10.1-ANÁLISIS DE COSTOS.	pág.112
10.1.1-AEROGENERADOR	pág.112
10.1.2-CARGADOR DE BATERÍAS	pág.114
10.1.3-INVERSOR	pág.115
10.1.4-BATERÍAS.	pág.117
10.1.5-TOTAL PROTOTIPO.	pág.117
10.2-CÁLCULO DEL PERÍODO D ERECUPERO DE LA INVERSIÓN INICIAL.	pág.118
11-IMPACTO AMBIENTAL.	pág.121
11.1-INTRODUCCIÓN.	pág.121
11.2-APROVECHANDO LOS RECURSOS.	pág.121
11.3-CONSIDERANDO LOS MATERIALES A UTILIZAR.	pág.122
11.4-COROLARIO.	pág.122
BIBLIOGRAFÍA.	pág.123
ANEXO. PROGRAMACIÓN.	Pág.124

Primera etapa:
Aerogenerador.

1. INTRODUCCIÓN

Convencidos que nos dirigimos hacia un mundo en el que los recursos físicos serán definitivamente asumidos como una restricción, apoyamos el desarrollo de nuevas y viejas tecnologías que se encuentren en armonía con el concepto de sustentabilidad, respetuosas del medio ambiente y útiles para que cada comunidad puede mantener o expandir su calidad de vida.

1.1. OBJETIVOS.

La meta principal de nuestro trabajo es diseñar y construir un sistema autónomo de energía eléctrica alternativa, para proveer iluminación a una o varias viviendas aisladas; implementando el uso de "energías renovables" y evitar la utilización de recursos limitados y contaminantes como los combustibles fósiles.

El sistema estará compuesto principalmente por:

- Un aerogenerador de baja potencia
- Un equipo de carga de baterías que optimice la transferencia de energía desde el generador a las baterías
- Un inversor, que convierta la tensión continua de las baterías en una tensión alterna monofásica (ver fig. 1.1).

1.2. ETAPAS DEL PROYECTO.

Con el fin de ordenar las tareas a realizar dividiremos el trabajo en tres etapas:

- *Etapa n°1:* investigación, diseño, construcción y ensayo de la turbina eólica.
- *Etapa n°2:* diseño, construcción, prueba y mejora del sistema de carga de baterías.
- *Etapa n°3:* diseño, construcción, prueba y mejora del circuito inversor.

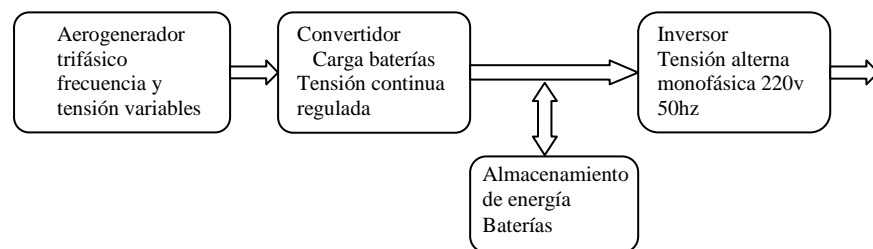


Fig. 1.1 Diagrama en bloques del sistema.