UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN

Facultad de Ingeniería
Ingeniería Electromecánica

Diseño, análisis y construcción de un motor Stirling acoplado a un concentrador solar

Luis Fernando Gutiérrez Garcete

San Lorenzo - Paraguay

2015

Miembros del Consejo Directivo

Consejeros Titulares

Prof. Ing. Isacio Vallejos Aquino (Decano)

Prof. Ing. María Teresa Pino (Vice-Decana)

Prof. Ing. Amílcar Gaspar Troche Escobar (Docente)

Prof. Ing. Ever Romildo Cabrera Herebia (Docente)

Prof. Ing. Cirilo Jorge Hernáez Medina (Docente)

Prof. Ing. Carlos María Montero Volpe (Docente)

Prof. Ing. Luis Alberto Cardozo Villanueva (Docente)

Prof. Ing. Ramón Eugenio Pistilli Scorzara (Docente-CSU)

Ing. Ignacio Velázquez Guachiré (Egresado no docente)

Ing. Carlyle Adolfo Alvarenga González (Egresado no docente)

Hugo Javier Álvarez Ferrerio (Estudiante)

Rodrigo González Jara (Estudiante)

Diego Alberto Martínez Aguilar (Estudiante)

Consejeros Suplentes

Prof. Ing. Gabriel Enrique Fleitas Ferrari (Docente)

Prof. Ing. Roberto Nagy Benítez (Docente)

Prof. Ing. Rubén Darío Zárate Rojas (Docente-CSU)

Ing. Adolfo Esteban Artunduaga Alarcón (Egresado no docente)

Ing. Karina Lorena Ruiz Franco (Egresada no docente)

Rocío María Frutos Echauri (Estudiante)

Ninoska Natalia Candia Villamayor (Estudiante)

José Manuel Benítez Medina (Estudiante)

A quien se dedique

Agradecimientos

A quien se tenga que agradecer

Índice general

1. Introducción **5**

1.1. Objetivo General 5

1.2. Objetivos Específicos 6

1.3. Alcance y limitaciones 6

2. Titulo para índice **7**

2.1. Titulo de seccion para indice 7

2.1.1. Titulo de subseccion para indice 7

2.2. Ecuaciones matemáticas 8

Índice de figuras

2.1. Titulo para indice 7

Índice de tablas

2.1. Titulo para el indice 8

Índice de anexos

Anexo A: Titulo del anexo A 11
Anexo B: El uso de plantillas 12

CAPÍTULO 1

Introducción

La energía solar representa un recurso energético inagotable y no contaminante que puede aprovecharse económicamente para cubrir las necesidades energéticas durante un tiempo indefinido. El consumo energético actual en la región viene incrementándose de manera permanente y es altamente dependiente de los combustibles fósiles. Paraguay tiene una matriz energética actual dependiente en mayor medida de la biomasa y derivados de petróleo los cuales son energías muy contaminantes y no renovables. [3]

Debido al poco aprovechamiento de la energía solar en el Paraguay y la necesidad de nuevas energías renovables en estos tiempos, se hará un estudio minucioso del motor Stirling, su funcionamiento, beneficios y eficiencia para su posterior diseño en el software Solidworks y su posterior construcción.

El alto rendimiento del motor Stirling y la versatilidad de este para funcionar con diferentes fuentes de calor como ser la solar o distintos tipos de combustibles lo hace un motor muy interesante.

1.1. Objetivo General

Diseño y construcción de un motor Stirling acoplado a un concentrador solar parabólico.

1.2. Objetivos Específicos

Marco Teórico del Funcionamiento del Motor Stirling.

Análisis matemático del comportamiento térmico del motor.

Diseño estructural mediante software del motor Stirling.

Construcción del motor Stirling.

Pruebas y Mediciones .

1.3. Alcance y limitaciones

Aquí el alcance y las limitaciones del TFG

CAPÍTULO 2

Titulo del capitulo completo

Aquí inicia el contenido del capítulo 2 y se muestra un ejemplo de como insertar una imagen en la Figura 2.1

2.1. Titulo de seccion

Aquí van contenidos de sección

2.1.1. Titulo de subseccion

Contenido de la subsección

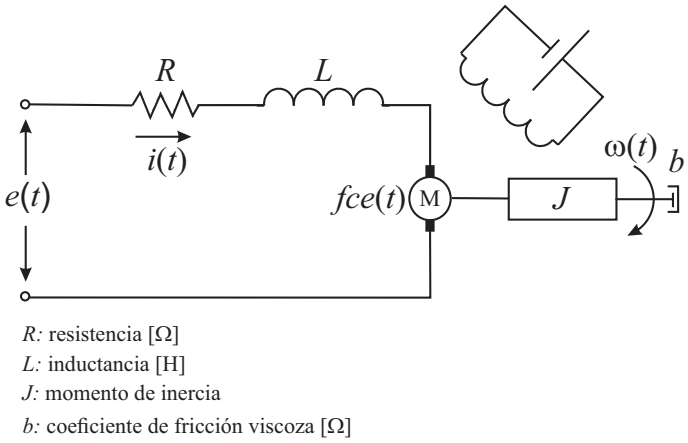

Figura 2.1: Titulo de la Figura. **Fuente:** Elaboración propia.

Y finalmente se presenta un ejemplo de inserción de tablas en la Tabla 2.1

Tabla 2.1: Titulo de la tabla.

Titulo de columna 1	Titulo de columna 2	Titulo de columna 3
dato	1000	1000
dato	2000	2000
dato	3000	3000

Fuente: Elaboración propia.

Ejemplo de cita: Todas las referencias se citan con el comando “cite” y el nombre asignado en el archivo fiuna.bib, por ejemplo: [1], [2–4], [5] Y la cita de un TFG de la FIUNA [6]

2.2. Ecuaciones matemáticas

Existen básicamente tres formas:

Ecuación en línea:

Se escribe la ecuación entre “$”: $x^2 = \frac{1}{x} + 5$

Ecuación presentada:

$$c(t) = 1 - \frac{e^{-\sigma t}}{\sqrt{1-\xi^2}} \sin\left(\omega_d t + \theta\right)$$

Ecuaciones numeradas: las ecuaciones 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4 son numeradas.

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho \tag{2.1}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{D} = -\frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \tag{2.2}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{H} = 0 \tag{2.3}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \tag{2.4}$$

BIBLIOGRAFÍA

[1] N. ApellidoAutorUno, N. ApellidoDos, y N. ApellidoTres, *Titulo del libro*, edición ed. Editor - Pais, Año.

[2] N. U. ApellidoAutorUno, N. D. ApellidoDos, y N. T. ApellidoTres, "Titulo del artículo," *Nombre de la revista*, vol. 4, no. 1, pp. 26–64, Mes Año de publicacion.

[3] Nombre de la pagina. [En línea]. Disponible: www.dedondesalio.com [Fecha de consulta: Mes Año]

[4] K. Ogata, *Ingeniería de control moderna*, 3rd ed. Pearson Educación - México, 2003.

[5] A. Yazdani y R. Iravani, *Voltage-Sourced Converters in Power Systems: Modeling, Control, and Applications*. Wiley - Inglaterra, 2010.

[6] S. Toledo, "Análisis y evaluación de algoritmos de control digital basado en sistemas operativos rtos, aplicados a un motor dc," Trabajo Final de Grado, Facultad de Ingeniería - UNA, 2011.

Anexo A

Aquí el contenido del anexo A

Anexo B: El uso de plantillas

Aquí el contenido del anexo B