

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**

**Universidad de Burgos**



**SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA  
BASADO EN LA SUPERCONDUTIVIDAD PARA LA  
ESTABILIZACIÓN DE MICROGRID POR  
CONEXIÓN Y DESCONEXIÓN DE CARGAS,  
SISTEMA SMES**

**DOCUMENTO 1: MEMORIA DESCRIPTIVA**

**GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y  
AUTOMÁTICA**

**AUTOR:**

**RUBÉN ARCE DOMINGO**

**TUTOR:**

**CARMELO LOBO DE LA SERNA**

**JUNIO DE 2019**



<b>MEMORIA DESCRIPTIVA .....</b>	<b>2</b>
1. ANTECEDENTES Y OBJETIVO DEL PROYECTO.....	2
1.1 Encargo y contratación .....	2
1.2 Composición del equipo redactor .....	2
1.3 Antecedentes y estudio previo .....	2
1.4 Objetivo del proyecto.....	2
2. DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA .....	3
2.1. Introducción .....	3
2.2. Microgrid .....	3
2.3. Superconductividad .....	4
2.4. Convertidores y control vectorial .....	4
2.5. Simulaciones .....	5
2.6. Esquema eléctrico y placa de circuito impreso.....	5
2.7. Estudio de viabilidad y rentabilidad económica .....	5
2.8. Estudio medioambiental y de compatibilidad electromagnética .....	6
3. PRESUPUESTO .....	6
4. CONDICIONES DE EJECUCIÓN .....	6



## **1. ANTECEDENTES Y OBJETIVO DEL PROYECTO**

### **1.1 Encargo y contratación**

Este proyecto técnico con título “Sistema de almacenamiento de energía basado en la superconductividad para la estabilización de microgrid por conexión y desconexión de cargas, sistema SMES” tiene como finalidad la obtención del título del Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática en la Universidad de Burgos.

### **1.2 Composición del equipo redactor**

El autor de este Trabajo Fin de Grado es Rubén Arce Domingo y su tutor es Carmelo Lobo de la Serna, profesor del Área de Tecnología Electrónica en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Burgos.

### **1.3 Antecedentes y estudio previo**

Antes de la elaboración de la solución adoptada del convertidor bidireccional para la estabilización de una microgrid se ha llevado a cabo un estudio de las necesidades de este en el campo de la estabilización de tensiones en redes aisladas.

Ante la creciente utilización de este tipo de redes de distribución eléctrica surge la necesidad de garantizar el correcto abastecimiento de las mismas, es por ello por lo que es necesaria una fiabilidad y eficiencia en el suministro eléctrico.

### **1.4 Objetivo del proyecto**

En el **anexo I** de datos de partida se detalla en mayor medida los datos de los que parte el proyecto, así como lo que se pretende lograr.

El objetivo del presente trabajo es el estudio y el diseño de un sistema de estabilización de energía para una microgrid. Se pretende ser capaz de absorber y ceder las



sobretensiones, así como las caídas de tensión asociadas a la conexión y desconexión de cargas en una red con las siguientes características:

- Tensión eficaz: 1200 V.
- Energía que almacenar: 1 MJ.
- Potencia: 1,2 kVA.

## **2. DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA**

### **2.1. Introducción**

Ante el creciente aumento de las energías renovables, están proliferando los sistemas que integran un mayor número de ellas, el aprovechamiento de la energía solar, eólica, hidroeléctrica o geotérmica.

Es por ello por lo que, un nuevo sistema de producción, consumo y generación conjunta ha surgido en los últimos años, la microgrid o micro red, este se aleja del sistema de distribución tradicional basado en fuentes de energía no renovables e integra producción eléctrica no contaminante.

### **2.2. Microgrid**

En el **anexo 2** se indaga con mayor detalle en este concepto de microgrid. Del mismo modo, este sistema presenta ciertas desventajas, una de ellas, la cual se pretende solventar en el desarrollo de este trabajo, es la producción energética poco uniforme e inestable debida a las subidas y bajadas de tensión.

Las ventajas de una microgrid frente al sistema tradicional son:

- Económicos.
- Fiabilidad y eficiencia.
- Medioambientales.



### **2.3.Superconductividad**

Para superar esta desventaja de la producción energética poco uniforme se apuesta por un sistema novedoso basado en los materiales superconductores, con ellos podremos crear un almacén de energía que absorba las subidas de tensión y las almacene hasta que se produzca una caída de tensión en la red.

En el **anejo 3** se explica más detalladamente este proceso y se concretan las características de los materiales superconductores.

La solución para garantizar un suministro constante de la microgrid consiste en almacenar en una bobina constituida de superconductores las sobretensiones. Este sistema innovador se denomina SMES.

### **2.4.Convertidores y control vectorial**

Para llevar a cabo este proceso de estabilización se implementará un convertidor CA/CC bidireccional que permita tanto absorber energía de la red como devolverla para mantener un valor constante de la misma. Además del rectificador será necesario un convertidor CC/CC que asegure la carga, descarga o almacenamiento de la energía en forma de campo magnético en la bobina SMES.

Se han barajado dos opciones de cara a la selección del convertidor bidireccional:

- Comportamiento como fuente de tensión, VSC (Voltage Source Converter).
- Comportamiento como fuente de corriente constante, CSC (Current Source Converter).

En el **anejo 4** se lleva a cabo la selección de la tipología VSC, esto es debido a varios factores que se detallan en él ampliamente.

Una vez elegido el tipo de convertidor se ha buscado la forma de controlarlo, para esto se han barajado tres posibles opciones:

- Estrategia de control sobre fase y magnitud.
- Estrategia de control vectorial.
- Estrategia de control P&Q.



En el **anejo 5** se lleva a cabo la selección del algoritmo de control que permita controlar de forma conjunta ambos convertidores y que sea capaz de estabilizar la microgrid. Se ha empleado el control vectorial, el cual se explica en detalle en este anejo.

### **2.5.Simulaciones**

En el **anejo 7** podemos apreciar el correcto funcionamiento del sistema de estabilización SMES mediante el software PSIM. Para llevar a cabo todas las simulaciones se han hecho una serie de suposiciones que quedan descritas en dicho anejo.

En este anejo se comprueba que ante subidas o bajadas de tensión en la microgrid el sistema consigue estabilizar dicha red.

En estas simulaciones intervienen tanto los componentes electrónicos como el sistema de control implementado en el DSP. El proceso de selección y dimensionamiento de estos componentes se ha llevado a cabo en el **anejo 6**.

### **2.6.Esquema eléctrico y placa de circuito impreso**

Una vez seleccionado los componentes necesarios para la realización de las PCB's, así como las protecciones necesarias y los radiadores. Se ha incluido la selección del DSP comercial. En el **anejo 6** también se explica la placa de circuito impreso llevada a cabo.

En esta PCB se ha implementado el acondicionamiento de las señales que se han de medir para llevar a cabo el algoritmo de control. Los circuitos eléctricos se pueden ver en detalle en el **documento 2: Planos**.

Por último, se incluye un cálculo y dimensionamiento de las fuentes de alimentación y de los distintos componentes. Se ha incluido un listado de todos los componentes electrónicos que son necesarios para llevar a cabo el proyecto técnico.

### **2.7.Estudio de viabilidad y rentabilidad económica**

En el proyecto se ha recogido en el **anejo 11** “Estudio de Viabilidad económica” un análisis de la viabilidad económica, rentabilidad y beneficios que podría suponer. Se ha llevado a cabo un estudio de mercado, para el cual se ha partido de datos de



consumos energéticos de las provincias de españolas. El estudio ha concluido que la fabricación de un sistema de estabilización basado en la superconductividad es viable y rentable a largo plazo.

### **2.8. Estudio medioambiental y de compatibilidad electromagnética**

En los **anejos 9 y 8** se recogen los estudios sobre la viabilidad desde el punto de vista del medioambiente y desde el punto de vista de la compatibilidad electromagnéticas respectivamente.

Por ser un sistema conectado a la red eléctrica deberá inyectar un contenido de armónicos admisible. Se ha llevado a cabo un estudio detallado en ambos casos en los que se ha concluido que cumple con la normativa pertinente.

## **3. PRESUPUESTO**

En el **documento 4: “Presupuesto”** se detalla el coste del proyecto, sin embargo, es en el **anexo 10: “Justificación de precios”** donde se detalla con exactitud la composición de este.

El presupuesto total asciende a la cantidad de “Quinientos treinta y seis mil ciento cuarenta y dos euros con sesenta y cinco céntimos”, 536.142,65 €, IVA incluido.

## **4. CONDICIONES DE EJECUCIÓN**

Las condiciones para la ejecución del proyecto, la normativa que debe cumplirse y la relación entre cliente proveedor quedan reunidas en el **documento 3 “Pliego De Condiciones”**. En este también se incluyen las prescripciones técnicas y otros aspectos específicos a tener en cuenta para la elaboración del mismo.

En Burgos, a 6 de junio de 2019

Fdo. Rubén Arce Domingo