

# Índice de contenidos

Índice de contenidos	v
Índice de símbolos	ix
Índice de figuras	xi
Índice de tablas	xix
Resumen	xxi
Abstract	xxiii
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción a las centrales nucleares . . . . .	1
1.1.1. La energía nuclear . . . . .	2
1.1.2. Reactor nuclear . . . . .	3
1.1.3. Funcionamiento de un reactor nuclear . . . . .	4
1.1.4. Reactores pequeños y modulares (SMR) . . . . .	7
1.1.5. Componentes de un SMR tipo PWR integral . . . . .	9
1.1.6. Mecanismo de accionamiento de BC . . . . .	11
1.2. Sensores de posición . . . . .	12
1.2.1. Análisis de sensores de posición . . . . .	13
1.2.2. Comparación de sensores de posición . . . . .	18
1.3. Acondicionamiento y procesamiento de señal . . . . .	19
1.3.1. Tecnologías de procesamiento de señal . . . . .	19
1.3.2. Comparación de tecnologías de procesamiento . . . . .	23
1.4. Conclusiones . . . . .	23
<b>2. Modelado del sensor de posición</b>	<b>25</b>
2.1. Introducción . . . . .	25
2.2. Requerimientos del sensor . . . . .	26
2.3. Modelo analítico . . . . .	29

---

2.3.1.	Etapa 1: Variación con la posición . . . . .	29
2.3.2.	Etapa 2: Efectos de la frecuencia de operación . . . . .	36
2.3.3.	Conclusiones del modelo analítico . . . . .	45
2.4.	Modelo de elementos finitos . . . . .	45
2.4.1.	Modelado FEM . . . . .	46
2.4.2.	Validación del modelo FEM en posición . . . . .	47
2.4.3.	Validación del modelo con la frecuencia de operación . . . . .	48
2.4.4.	Validación del modelo con la temperatura de operación . . . . .	49
2.5.	Conclusiones . . . . .	50
<b>3.</b>	<b>Requerimientos de diseño</b> . . . . .	<b>51</b>
3.1.	Modelo final de sensor . . . . .	51
3.2.	Caracterización del sensor . . . . .	52
3.2.1.	Caracterización en posición . . . . .	52
3.2.2.	Caracterización en frecuencia . . . . .	54
3.2.3.	Caracterización en temperatura . . . . .	55
3.3.	Determinación de requerimientos . . . . .	56
3.3.1.	Frecuencia óptima para la medición de posición . . . . .	56
3.3.2.	Frecuencia óptima para la medición de temperatura . . . . .	61
3.4.	Conclusiones . . . . .	64
3.4.1.	Parámetros diseño . . . . .	64
<b>4.</b>	<b>Acondicionamiento y procesamiento de señal</b> . . . . .	<b>67</b>
4.1.	Metodología de medición . . . . .	68
4.1.1.	Métodos de medición de impedancia . . . . .	68
4.1.2.	Métodos de procesamiento de la señal . . . . .	70
4.2.	Modelado del sistema . . . . .	74
4.2.1.	Descripción del modelo del sistema . . . . .	74
4.2.2.	Etapa de entrada o excitación . . . . .	75
4.2.3.	Etapa de respuesta del bobinado del sensor . . . . .	76
4.2.4.	Etapa de procesamiento de señal . . . . .	80
4.2.5.	Etapa salida . . . . .	85
4.3.	Caracterización del modelo . . . . .	85
4.3.1.	Caracterización de la lectura de posición del vástago . . . . .	85
4.3.2.	Caracterización de la lectura de temperatura del sensor . . . . .	88
4.3.3.	Caracterización global del sistema . . . . .	90
4.4.	Tolerancia de la medición de posición a cambios de la estimación de la temperatura . . . . .	91
4.5.	Conclusiones . . . . .	92

---

<b>5. Validación del sistema</b>	<b>95</b>
5.1. Requerimientos de diseño . . . . .	95
5.2. Configuración del esquema de medición . . . . .	99
5.2.1. Esquema de medición . . . . .	99
5.2.2. Procedimiento de medición . . . . .	104
5.3. Proceso de validación . . . . .	105
5.3.1. Medición de la posición . . . . .	106
5.3.2. Medición de la temperatura . . . . .	107
5.3.3. Medición de posición y temperatura . . . . .	107
5.4. Conclusiones . . . . .	109
<b>Conclusiones finales</b>	<b>111</b>
5.5. Trabajos futuros . . . . .	113
<b>A. Factores de corrección para el cálculo de bobinas reales</b>	<b>115</b>
A.1. Factor de forma . . . . .	115
A.2. Coeficiente de Nagaoka . . . . .	117
A.3. Espaciado de espiras . . . . .	118
<b>B. Corrección en frecuencia</b>	<b>121</b>
B.1. Efecto <i>Skin depth</i> . . . . .	121
<b>C. Modelado FEM</b>	<b>125</b>
C.1. Parámetros de configuración . . . . .	125
<b>D. Diagramas esquemáticos</b>	<b>129</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>133</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>135</b>