

Metodología de búsqueda

1. Introducción 1

1.1. Antecedentes

1

1.2. Objetivos

6

1.3. Organización del trabajo

6

2. Fundamentos 9

2.1. Códigos termohidráulicos

9

2.2. Metodología de cálculo de incertidumbres

15

2.2.1. CSAU 16

3. Metodología de búsqueda y optimización de parámetros 21

3.1. Planteamiento y solución del problema 21

3.2. Algoritmo Genético 25

3.2.1. Codificación 27

- 3.2.2.
Descripción del AGEE adaptado 28
- 3.2.2.1.Inicialización 29
- 3.2.2.2.Selección 30
- 3.2.2.3.Reproducción 30
- 3.2.2.4.Evaluación 32
- 3.2.2.5.Escalado 32
- 3.2.2.6.Reemplazamiento 33
- 3.2.2.7.Terminación 33

- 3.3.
Algoritmos de búsqueda directa 36

- 3.3.1. Descripción del algoritmo de búsqueda multidireccional (MDS) 37
- 3.3.1.1.Etapa de reflexión 39
- 3.3.1.2.Etapa de expansión 40
- 3.3.1.3.Etapa de contracción 41

- 3.3.2.
Nuevas direcciones de búsqueda y longitudes de pasos 43

- 3.3.3.
Teorema de convergencia 45

- 3.3.4.
Implementación 46

- 4.
Aplicación a modelos termohidráulicos sencillos 49

- 4.1.
Problema de la difusión del calor 50

- 4.1.1.
Ecuación de la difusión

51

- 4.1.2.
Solución analítica

51

- 4.1.3.
Solución Numérica

53

4.1.4. Optimización del coeficiente de difusividad y estudios de sensibilidad 58

i

Metodología de búsqueda

4.2.

Problema de la convección-difusión del calor

68

4.2.1. Ecuación de convección-difusión unidimensional

69

4.2.2.

Solución analítica

69

4.2.3.

Solución numérica

77

4.2.4.

Optimización de parámetros y estudios de sensibilidad 74

5.

Aplicación a simulaciones mediante RELAP5/MOD3.2 83

5.1.

Introducción 83

5.2.

Matrices de validación 85

5.3.

Edward's pipe 89

5.3.1.

Descripción del modelo de RELAP5 89

5.3.2.

Simulación y optimización de parámetros 91

5.4. Royal Institute of Technology (RIT)

93

5.4.1.

Descripción de la instalación 95

5.4.2.	Descripción del modelo de RELAP5	97
5.4.3.	Experimentos simulados con optimización de parámetros	99
5.4.3.1.	Experimento RIT	136
		99
5.4.3.2.	Experimento RIT	139
		105
5.4.3.3.	Consideraciones finales de la optimización	110
6.	Aplicación a un modelo reducido de reactor	117
6.1.	Introducción	117
6.2.	Planta de referencia	118
6.3.	Modelo reducido de reactor PWR	120
6.4.	Ajuste y optimización de parámetros	130
6.4.1.	Ajuste de parámetros en estado estacionario	130
6.4.2.	Búsqueda y optimización de parámetros ante transitorios de inserción de reactividad	132
7.	Conclusiones	145
8.	Referencias	151
	APÉNDICE 1: Fichero de entrada del Edward's pipe para RELAP5.	
	APÉNDICE 2: Fichero de entrada del RIT 136 para RELAP5.	
	APÉNDICE 3: Fichero de entrada del PWR de dos lazos para RELAP5.	

Metodología de búsqueda

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1: Esquema de la instalación BETHSY para RELAP5

3

Figura 2.1: Mapa de regímenes para una tubería vertical de RELAP5

12

Figura 2.2: Esquema de la metodología CSAU

19

Figura 3.1: Ciclo evolutivo de un AGEE

29

Figura 3.2: Cruce por un punto 31

Figura 3.3: Proceso de mutación "Flip mutator" 32

Figura 3.4: Criterio de terminación 34

Figura 3.5: Símplice original y su reflexión 38

Figura 3.6: Esquema del método MDS 39

Figura 3.7: Símplice original con el reflejado y su expansión 41

Figura 3.8: Símplice original y su contracción 42

Figura 3.9: Nuevas direcciones de búsqueda en iteraciones consecutivas 44

Figura 3.10: Efecto de nuevos pasos de búsqueda en iteraciones consecutivas 44

Figura 4.1: Condición inicial del problema de difusión del calor 50

Figura 4.2: Función $g(x)$ utilizada para el cálculo del desarrollo en serie de Fourier de las condiciones iniciales 52

Figura 4.3: Proceso de obtención de la solución numérica 54

Figura 4.4: Discretización espacial de la barra 55

Figura 4.5: Esquema explícito 57

Figura 4.6: Esquema implícito 57

Figura 4.7: Ejemplo de disposición de detectores y discretización numérica 59

Figura 4.8: Condición inicial para el problema de convección-difusión 68

Figura 4.9: Perfiles de temperatura calculados con respecto al de referencia 76

Figura 4.10: Función error utilizando Norma 1

81

Figura 5.1: Nodalización del Edward's pipe para RELAP5 90

Figura 5.2: Evolución de la temperatura en el problema Edward's pipe 93

Figura 5.3: Esquema simplificado de la Instalación RIT 95

Figura 5.4: Localización de los termopares en la zona calentada 96

Figura 5.5: Nodalización de la instalación RIT para RELAP5

98

Figura 5.6: Comparación entre las medidas experimentales y el caso base para RIT136

99

Figura 5.7: Perfil axial de temperatura. Optimización 1 parámetro RIT136 101

Figura 5.8: Perfil axial de temperatura. Optimización 2 parámetros RIT136 103

Figura 5.9: Perfil axial de temperatura. Optimización 3 parámetros RIT136 105

Figura 5.10: Comparación entre las medidas experimentales y el caso base para RIT139

106

iii

Metodología de búsqueda

Figura 5.11: Perfil axial de temperatura. Optimización 1 parámetro RIT139 107

Figura 5.12: Perfil axial de temperatura. Optimización 2 parámetros RIT139 108

Figura 5.13: Perfil axial de temperatura. Optimización 3 parámetros RIT139 110

Figura 5.14: Curva de ebullición del RELAP5 111

Figura 6.1: Esquema del modelo reducido de reactor PWR de dos lazos 120

Figura 6.2: Esquema simplificado de la vasija y combustible 125

Figura 6.3: Evolución de la potencia con RELAP5 131

Figura 6.4: Comparación de las evoluciones de la potencia tomando como referencia la potencia 135

Figura 6.5: Comparación de las evoluciones de la temperatura del combustible tomando como referencia la potencia 135

Figura 6.6: Comparación de las evoluciones de la potencia tomando como referencia la temperatura del combustible 136

Figura 6.7: Comparación de las evoluciones de la temperatura del combustible tomando como referencia la temperatura del combustible 137

Figura 6.8: Comparación de las evoluciones de la potencia tomando la potencia y la temperatura del combustible como referencias 138

Figura 6.9: Comparación de las evoluciones de la temperatura del combustible tomando la potencia y la temperatura del combustible

como referencias 138

Figura 6.10: Comparación de las evoluciones de la potencia

para los dos transitorios 140

Figura 6.11: Comparación de las evoluciones de la temperatura del combustible

para los dos transitorios 141

Figura 6.12: Comparación de las evoluciones de la potencia para los dos

transitorios con los parámetros óptimos de la inserción negativa 142

Figura 6.13: Evolución de la temperatura del combustible para los dos

transitorios con los parámetros óptimos de la inserción negativa 142

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2.1: Características neutrónicas e hidrodinámicas de algunos códigos termohidráulicos

11

Tabla 2.2: Métodos numéricos de algunos códigos termohidráulicos

13

Tabla 4.1: Características del MDS para 1 parámetro

60

Tabla 4.2: Análisis de la dependencia del número de detectores

61

Tabla 4.3: Análisis de la dependencia del paso de integración espacial

62

Tabla 4.4: Análisis del efecto del tiempo de muestreo

63

Tabla 4.5: Análisis en función del paso temporal de integración

64

iv

Metodología de búsqueda

Tabla 4.6: Características del AGEE para 1 parámetro

65

Tabla 4.7: Análisis de sensibilidad para el AGEE de 1 parámetro

66

Tabla 4.8: Resultados a 200 generaciones

67

Tabla 4.9: Características del MDS para 2 parámetros

74

Tabla 4.10: Análisis de la dependencia del número de nodos

75

Tabla 4.11: Análisis de la dependencia del paso temporal de integración (1)

77

Tabla 4.12: Análisis de la dependencia del paso de temporal de integración (2) 78

Tabla 4.13: Características del AGEE para 2 parámetros

79

Tabla 4.14: Análisis de la dependencia del numero de nodos 80

Tabla 5.1: Matriz de valoración del RELAP5/Mod3.0 para LBLOCAs en PWR 86

Tabla 5.2: Matriz de valoración del RELAP5/Mod3.0 para SBLOCAs en PWR 87

Tabla 5.3: Características del MDS en el Edward's pipe 92

Tabla 5.4: Resultado de la optimización 92

Tabla 5.5: Rango de valores cubierto en las simulaciones 97

Tabla 5.6: Valores de la optimización del RIT136 para 1 parámetro 100

Tabla 5.7: Valores de la optimización del RIT136 para 2 parámetros 102

Tabla 5.8: Valores de la optimización del RIT136 para 3 parámetros 104

Tabla 5.9: Valores de la optimización del RIT139 para 1 parámetro 107

Tabla 5.10: Valores de la optimización del RIT139 para 2 parámetros 108

Tabla 5.11: Valores de la optimización del RIT139 para 3 parámetros 109

Tabla 5.12: Modos y correlaciones de transferencia de calor 112

Tabla 5.13: Modos de transferencia de calor en el RIT136 113

Tabla 5.14: Modos de transferencia de calor en el RIT139 114

Tabla 6.1: Parámetros de las ecuaciones de la cinética puntual 131

Tabla 6.2: Valores de las variables del modelo reducido en el estacionario 132

Tabla 6.3: Valores iniciales para los parámetros del modelo reducido 133

Tabla 6.4: Valores de la optimización tomando la potencia como referencia 134

Tabla 6.5: Valores de la optimización tomando la temperatura del

combustible como referencia 136

Tabla 6.6: Valores de la optimización tomando dos referencias 137

Tabla 6.7: Errores calculados en cada optimización 139

Tabla 6.8: Valores de la optimización de la inserción negativa de reactividad

tomando dos referencias

141

Tabla 6.9: Errores obtenidos en los distintos cálculos considerados

143

v

