การจำลองพลวัตของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 1/1 ของไทย โดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

นาย เอก สมพงษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-636-860-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17212 39X

Dynamic Simulation of The Thai Resarch Reactor 1/1 on Microcomputer

Mr. Ake Sompong

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Nuclear Technology
Graduate School
Chyulalongkorn University
Academic Year 1996

ISBN 974-636-860-5

Thesis Title Dynamic Simulation Of The Thai Research Reactor 1/ 1 On Micro Computer

By Ake Sompong
Department Nuclear Technology
Thesis Advisor Dr. Supitcha Chanyotha

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

.....Dean of Graduate School
(Professor Dr. Suppawat Chutiwong)

Thesis Committee

.....Chairman
(Assistant Professor Nares Chankow)

.....Thesis Advisor
(Dr. Supitcha Chanyotha)

.....Member
(Dr. George Bereznai)

.....Member
(Dr. Visit Thaveeprungsriporn)

.....Member
(Mr. Yuthapong Busamongkol)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

เอก สมพงษ์ : การจำลองพลวัตของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 1/1 ของไทย โดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์
(DYNAMIC SIMULATION OF THE THAI RESEARCH REACTOR 1/1 ON MICRO COMPUTER)
อ.ที่ปรึกษา อ.ดร.สุพิชชา จันทรโยธา ; 92 หน้า. ISBN 974-636-860-5

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูของไทยรุ่น 1/1 ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องปฏิกรณ์ แบบจำลองที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้เป็นชนิดที่สามารถโต้ตอบได้กับผู้ใช้งานในขณะที่แบบจำลองกำลังทำงาน การแสดงผลทางหน้าจอถูกเตรียมไว้ในแบบกราฟฟิก โดยใช้โปรแกรมแลบวิวซึ่งหน้าจอแสดงผลมีทั้งหมด 4 รูป แยกแยะตามระบบที่มีอยู่ ได้แก่ หน้าจอแสดงผลทั่วไปของเครื่องปฏิกรณ์ หน้าจอแสดงแผงควบคุมการทำงานของแท่งควบคุม หน้าจอแสดงผลของระบบหล่อเย็น และหน้าจอแสดงรายละเอียดของแท่งเชื้อเพลิง โปรแกรมหลักที่ใช้ในการคำนวณถูกพัฒนาโดยใช้ภาษาฟอร์แทรน ซึ่งถูกจัดเรียงลำดับการคำนวณโดยใช้โปรแกรม คาสเบส และประมวลผลโดย คาสเอ็น ผลการคำนวณจะถูกนำไปใช้ในการแสดงผลในหน้าจอที่กล่าวมาข้างต้น

การติดต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างโปรแกรมแสดงผลและโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณ ให้ผลตอบสนองที่ถูกต้องเหมาะสมโดยการเตรียมโปรแกรมในสมการนิวโตรนิกและเทอร์มัลไฮโดรลิก อยู่บนสมมุติฐานหลายอย่าง เพื่อทำให้ง่ายและสะดวก ซึ่งการติดต่อสื่อสารระหว่างโปรแกรมใช้ส่วนที่มีอยู่ใน โปรแกรมวินโดวส์ เป็นตัวช่วยในการส่งถ่ายและแลกเปลี่ยนข้อมูล กลุ่มของคำสั่งจัดเตรียมขึ้นในแลบวิวโดยบริษัท คาสิโอเปีย เทคโนโลยี เพื่ออำนวยความสะดวกในการติดต่อระหว่างโปรแกรม สมมุติฐานเบื้องต้นหลายอย่างถูกใช้เพื่อทำให้การเตรียมโปรแกรมง่ายขึ้น กลุ่มพลังงานของนิวตรอน ในการคำนวณมี 1 กลุ่มพลังงาน และค่าตัดขวางจุลภาคเป็นค่า ณ ที่พลังงาน 0.0253 อิเล็กตรอนโวลต์ ยกเว้นค่าตัดขวางจุลภาคของยูเรเนียม-235 ที่มีค่าเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของเชื้อเพลิง ระบบหล่อเย็นภายในถูกสมมุติให้เป็นการไหลแบบบังคับ โดยมีค่าอัตราการไหลคงที่ ณ ทุกช่วงพลังงานของการเดินเครื่อง ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในการทำงาน ของเครื่องปฏิกรณ์ ไม่ได้ถูกนำมาพิจารณา ในแบบจำลองนี้ ผลการคำนวณที่ได้ถูกประเมินผล ณ สภาวะที่เครื่องปฏิกรณ์ เข้าสู่สภาวะคงที่ รวมถึงสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงด้วย ซึ่งผลที่ได้ค่อนข้างจะผิดจากความเป็นจริงมากเนื่องจากการตั้งสมมุติฐานแบบง่ายในการโปรแกรมสมการนิวโตรนิกและเทอร์มัลไฮดรอลิก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C618596 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY
KEY WORD: SIMULATION / THAI RESEARCH REACTOR 1/1 / TRR 1/1 /NUCLEAR REACTOR
AKE SOMPONG : DYNAMIC SIMULATION OF THE THAI RESEARCH REACTOR (TRR 1/1) ON MICRO COMPUTER. THESIS ADVISOR : DR. SIPITCHA CHANYOTHA : 92 pp. ISBN 974-636-860-5

The mathematical model of the Thai Research Reactor (TRR 1/1) has been developed to study the reactor system performances. The model is running in a real-time interactive mode.

Four screens display were created by Labview for various purposed. Reactor Preview shows the general information, temperature and power meters and charts as in the actual panel. Control rod panel presents the control panel of control rod. Reactor cooling system illustrates the schematic diagram and status of equipments in cooling system. The last one is Fuel Pin Profile which shows temperature and neutron flux distribution in the fuel pin.

The source code was written in Fortran®. Block diagram was created in cassbase® to manage the sequence calculations. Then Casseng ®, calculation engine, used cassbase® and complied source code together to get calculation results. The front end and calculation engine communicate via Dynamic Data Exchange (DDE) in Windows base program. Special function in Labview® was prepared by Cassiopiea to facilitate us in making the communication with calculation engine.

The interface between calculation engine and front end displays perform well and with proper result response, using simplified neutronic and thermal-hydraulic describing TRR1/1 .

The simplified equations of neutronic and thermal-hydraulic assumed one neutron energy group and the neutron cross section at thermal energy. The primary cooling system was assumed to be force flow instead of natural convection. Fuel burnup was not taken into consideration.

Steady state and transient conditions were studied. It was found that the calculation results were several magnitudes different from actual measurements. Nevertheless, the interfacing between calculation modules and front-end displays function properly with appropriate responded to any changes made to the reactor system.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

Acknowledgment

I would like to sincerely thanks to Dr.Supitcha Chanyotha, My thesis supervisor. She has encouraged and supported me to complete this thesis.

Thanks to OAEP officers, Mr.Yuthapong Busamongkol, Mr. Mongkol Junlanan and Dr. Manoon Aramrat. They are helping in some technical information and giving some suggestions.

Partial of this thesis was done in Canada under the supervision of Dr. William Jerard Garland from Mc Master University, Mr.Kwok Lam and Mr.Wilcon Chan from Cassiopeia Technology Inc. The Canadian trip was supported by Dr.George Berezani, AECL professor.

And thanks to my family, my friends and Joy.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Index

		Page
Abstract		iv
Abstract (Thai language)		v
Acknowledgment		vii
Index of table		ix
Index of figure		x
Chapter 1	TRR Preview	
	1.1 Background	1
2	Thai Research Reactor Preview	
	2.1 General Information	3
	2.2 Fuel Elements	4
	2.3 Control Elements	5
3	1-Dimensional Neutronic & Thermal-Hydraulic model	
	3.1 Neutronic Model	12
	3.2 Thermal Hydraulic Model	16
	3.3 Reactivity Feedback	
	3.3.1 Temperature Feedback	22
	3.3.2 Fission Products Reactivity Feedback	
	3.3.2.1 Xenon-135	24
	3.3.2.2 Samarium-149	25
4	TRRSIM Modeling	
	4.1 TRRSIM assumption	27
	4.2 Neutronic	28
	4.3 Thermal-Hydraulic	28
	4.4 Merging neutronic and thermal-hydraulic model	32
	4.5 TRRSIM calculation module	33
	4.6 Diffusion Coefficient	38
	4.7 Heat Transfer Coefficient	39
	4.8 Delayed neutron constant	41
	4.9 TRRSIM programming	41
	4.10 TRRSIM front end and calculation engine interface	43

		Page
Chapter 5	Displays and Calculation Results	
	5.1 Displays	47
	5.2 Calculation Response	52
6	Conclusion	
	6.1 Conclusion	59
	Reference	60
	Appendix A Partial of the Fortran® source code	61
	Appendix B Wiring Diagram of the front end	78
	Appendix C Block oriented in Cassbase®	83
	About Author	92

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table Index

		Page
Table	2.1 Physical properties of fuel and fuel elements	4
	2.2 Summary of core elements	6
	2.3 Thermal cross section of core elements	6
	4.1 Delayed neutron group constant	41
	5.1 Calculation results from running model collected at steady state condition	52
	5.2 Actual operating condition in steady state, fresh core	56

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Figure Index

Page

Figure 2.1 TRIGA prompt negative temperature coefficient VS average fuel temperature 7
2.2 Stainless-Steel-Clad Fuel element 8
2.3 Fuel-Follower-Type control rod shown in withdrawn and inserted 9
2.4 Plan Diagram of Reactor Building 10
2.5 Side View Plan of Reactor Pool 10
3.1 Divided regions along fuel pin length 13
3.2 Discretized region at node I and its neighbor in neutronic model 13
3.3 Discretized region at node I and its neighbor in thermal-hydraulic model 17
3.4 Region in central area of cylindrical rod 18
3.5 Clad and coolant interface 21
4.1 Regions in fuel pin in neutronic model 29
4.2 Regions in fuel pin in thermal-hydraulic model 29
4.3 Block diagram of neutronic & thermal-hydraulic calculation model 30
4.4 fuel pin arrangement in reactor cell: central pin shown with boundary unit cell 33
4.5 Enlarged on unit fuel-pin cell: the inner circle represent Zirconium rod, second ring represent fuel-moderator and the last ring is clad 34
4.6 fuel-follower control rod lower region 35
4.7 fuel-follower control rod upper region 36
4.8 Partial Insertion of control rod in region 36
4.9 Schematic Diagram of TRRSIM 42
4.10 Cassbase® block #10 show partial of input data 44
4.11 TRRSIM block #10 show partial of output data 45
4.12 programming section I Labview front end 45
5.1 Reactor Preview Front end 48
5.2 Control Rod Panel Front end 49
5.3 Reactor Cooling System Front end 50
5.4 Fuel Pin Profile Front end 51
5.5 Plot of Control Rod Position VS Fuel Temperature 53
5.6 Plot of control rod position VS power & neutron flux 53
5.7 Plot of reactor thermal power VS neutron flux 54
5.8 Plot of reactor thermal power VS fuel temperature 54
5.9 Transient condition studying (1) 55
5.10 Transient condition studying (2) 55
5.11 Plot of actual power VS control rod position from actual data 57