แผนการจัดการเชื้อเพลิงในแกนเครื่องปฏิกรณ์ ปปว.๑/๑

นายยุทธพงศ์ บุษมงคล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมีเทคนิค เคมีเทคโนโลยี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ.๒๕๒๔

ISBN 974-566-481-2

013208

i 17057127

A CORE FUEL MANAGEMENT STRATEGY FOR THE TRR -1/M1

Mr.Yuthapong Busamongkol

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Nuclear Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1986

ISBN 974-566-481-2

Thesis Title	A Core Fuel Management Strategy for the TRR-1/M1
By	Mr. Yuthapong Busamongkol
Department	Nuclear Technology
Thesis Advisor	Manoon Aramrattana, Ph.D.

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

.....S. Bhisalbutra.....

Associate Professor Sorachai Bhisalbutra, Ph.D.

Acting Associate Dean for Academic Affairs

for

Acting Dean of the Graduate School

Thesis Committee

.....Tatchai Sumitra..... Chairman

(Associate Professor Tatchai Sumitra, Dr.Ing.)

.....Manoon Aramrattana..... Member

(Manoon Aramrattana, Ph.D.)

.....Suvit Punnachaiya..... Member

(Assistant Professor Suvit Punnachaiya)

.....Siriwattana Saisomboon..... Member

(Miss Siriwattana Saisomboon)

Copyright of the Graduate School, Chulalongkorn University.

หัวข้อวิทยานิพนธ์ แผนการจัดการเชื้อเพลิงในแกนเครื่องปฏิกรณ์ ปปว. ๑/๑

ชื่อนิสิต นายยุทธพงศ์ บุษมงคล

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.มนูญ อร่ามรัตน์

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี

ปีการศึกษา ๒๕๒๘

บทคัดย่อ

ปัจจุบันแกนปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว. ๑/๑ ของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ (พปส.) เป็นแกนผสม กล่าวคือมีแท่งเชื้อเพลิงความเข้มข้นต่ำอยู่สองชนิด คือ แท่งเชื้อเพลิงโลหะผสม $UZrH_{1.6}$ ชนิดความเข้มข้นยูเรเนียมร้อยละ ๘.๕โดยน้ำหนัก ผสมกับแท่งเชื้อเพลิงโลหะผสม $UZrH_{1.5}$ ชนิดความเข้มข้นยูเรเนียมร้อยละ ๒๐ โดยน้ำหนัก โดยแท่งเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดมีความเข้มข้นของยูเรเนียม -๒๓๕ ร้อยละ ๒๐ การกำหนดแผนการจัดการเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ในแกนเครื่องปฏิกรณ์ ปปว. ๑/๑ จำเป็นต้องอาศัยการคำนวณความสิ้นเปลืองและค่ารีแอคติวิตี้ (reactivity) ที่เหลืออยู่ในแกนปฏิกรณ์ ทั้งนี้เพื่อให้การใช้เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ประหยัดและได้ประโยชน์สูงสุด

ในการศึกษาการจัดการเชื้อเพลิงในครั้งนี้ได้ใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ของแกนปฏิกรณ์ ปปว. ๑/๑ เป็นแบบเซลทรงกระบอกเดี่ยว (Cylindrical Unit Cell) ซึ่งเทียบเท่าได้กับเซลรูปแท่งหกเหลี่ยม (Hexagonal Unit Cell) ซึ่งเป็นลักษณะจริงๆ ของ ปปว. ๑/๑ ได้ใช้แบบจำลองดังกล่าวเป็นพื้นฐานในการคำนวณ ความสิ้นเปลืองเนื้อเชื้อเพลิงและค่ารีแอคติวิตี้ของแกนปฏิกรณ์โดยอาศัยรหัสคอมพิวเตอร์ชื่อ EPRI-CELL/RERTR, DIF3D และ REBUS-3 เพื่อคำนวณค่าภาคตัดขวาง (cross section) ของธาตุต่าง ๆ การกระจายของนิวตรอนและความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง ผลการคำนวณได้ผลดี กล่าวคือ ความแตกต่างของค่ารีแอคติวิตี้ที่เหลือของแกนที่ 1-4 (End-of-Cycle)น้อยกว่า $\pm$ 0.44 $ หรือ 0.308 % $\delta k/k$ จากหลักการคำนวณเดียวกันสามารถกำหนดว่าแกนที่ 5 (แกนปัจจุบัน) จะมีเนื้อเชื้อเพลิงพอสำหรับให้พลังงานประมาณ 150.85 เมกกะวัตต์-วัน (Megawatt-day) และได้ใช้

หลักการดังกล่าวคำนวณหารูปแบบที่เหมาะสมในการจัดแกนปฏิกรณ์ในอนาคตคือแกนที่ ๖-๑๒ ผลดังกล่าวนี้เป็นประโยชน์อย่างมากในการวางแผนและกำหนดการใช้เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ตลอดจนแผนการจัดเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ให้เหมาะสมและทันกาลด้วย

Thesis Title A Core Fuel Management Strategy for the TRR-1/M1

Name Mr. Yuthapong Busamongkol

Thesis Advisor Dr. Manoon Aramrattana, Ph.D.

Department Nuclear Technology

Academic Year 1985

ABSTRACT

Thai Research Reactor (TRR-1/M1) at the Office of Atomic Energy for Peace is now operating with mixed low enriched uranium (LEU) fuels, i.e. 20 % enrichment with 8.5 wt. % U and 20 wt. % U. There is a need for increased calculation capability for core and fuel management in order to optimize the use of nuclear fuels.

The reactor was modeled to have hexagonal cells which are later normalized as a group-cylindrical unit cells. This basic model of a unit cell was used as an important basis for reactivity and burnup calculations. Three computer codes were used to generate multigroup cross-sections, Diffusion Theory calculations and burnup calculations. They are EPRI-CELL/RERTR, DIF3D and REBUS-3, respectively. Results of calculations using core loading 1-4 are closely in agreement with past records. The deviation evaluated at End-of-Cycle (EOC) is $\pm$ 0.44 \$ or 0.308 % $\delta k/k$. By using the same method, calculations show that core # 5 has fuel enough to produce total energy of 150.85 MWd's. Furthermore, arrangement trial was made to determine future core # 6-12. Besides the technical aspect of the

study, the results can be used as basis in scheduling additional fresh LEU fuel elements.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to express his gratitude to Dr. James E. Mato for his advice and encouragement during the course of this work and to K.E. Freese for his assistance in computer programming. The author is most grateful to his advisor, Dr.Manoon Aramrattana for many helpful suggestions and provided important information throughout this study and to Associate Professor Dr. Tatchat Sumitra for his vary valuable suggestions and comments. The author is also most appreciative to the Applied Physic Division, RERTR-program, Argonne National Laboratory who in conjunction with the Office of Atomic Energy for Peace provided the opportunity for this study.

TABLE OF CONTENTS

	PAGE
ABSTRACT (IN THAI).....	iv
ABSTRACT.....	vi
ACKNOWLEDGEMENTS.....	viii
CHAPTER 1 INTRODUCTION	
1.1 Reactor Design and Core Geometry....	1
1.2 Previous Study.....	5
1.2.1 General Fuel Management.....	5
1.2.2 Research Reactors Core Management.....	5
1.3 Specific Statement of the Problem...	8
CHAPTER 2 THEORETICAL INVESTIGATIONS	
2.1 Reactor Equation.....	11
2.2 Critical Equation.....	12
2.3 Method of Diffusion Theory in Heterogeneous System.....	14
2.4 Reactivity.....	16
2.5 Loss of Reactivity.....	17
2.5.1 Fuel Burnup and Conversion....	18
2.5.2 Temperature Coefficient.....	19
2.5.3 Fission Product Poisoning.....	19

Page

CHAPTER 3 REACTOR CALCULATION MODEL

3.1 Computer Models..... 22

3.2 The Calculation Method and Procedures.. 27

3.3 The Calculation Assumptions..... 29

CHAPTER 4 CALCULATIONS OF PREVIOUS CORE CONFIGULATIONS

4.1 The Initial Critical Core..... 30

4.1.1 Loading Sequence and Measured Excess Reactivity..... 30

4.1.2 Calculated Excess Reactivity..... 31

4.2 Burnup history (Core No's 1-4)..... 35

4.2.1 Introduction..... 35

4.2.2 Calculated Values of Excess reactivity..... 36

4.3 Xenon Poison..... 38

4.4 Temperature Defect..... 40

CHAPTER 5 PRESENT CORE (CORE NO.5) CALCULATIONS

5.1 Prediction of Excess Reactivity..... 44

5.2 Peak Power Chacteristics..... 47

5.3 Xenon Defect..... 50

CHAPTER 6 FUTURE CORE CONFIGURATIONS

6.1 Overview of Refueling Strategy..... 53

6.2 Core No.6..... 53

6.3 Core No.'s 7-9..... 57

6.4 Core No's 10-12..... 57

6.5 Summary of results (Core No's 5-12) 60

6.6 Simplification of refueling scheme..... 60

PAGE

CHAPTER 7 CONCLUSIONS

7.1 Summary..... 63

7.2 Discussions..... 64

7.3 Suggestion for Future Research..... 65

REFERENCES..... 67

APPENDIX A..... 69

APPENDIX B..... 76

APPENDIX C..... 82

APPENDIX D..... 91

APPENDIX E..... 98

APPENDIX F..... 113

VITA 122

LIST OF FIGURES

FIGURE		PAGE
1.1	Horizontal cross-section of the TRR-1/M1	2
1.2	The TRR-1/M1 core diagram.....	3
2.1	Two typical heterogeneous lattice and equivalent cell for each.....	15
2.2	Cylindrical equivalent cell.....	15
3.1	Horizontal cross section of the core and computer model.....	23
3.2	Vertical cross section of the core and computer model.....	24
3.3	TRIGA stainless steel clad fuel element with triflute end fittings.....	26
4.1	Configulation of the TRR-1/M1 initial critical core.....	32
4.2	Comparison of measured and calculated excess reactivities for TRR-1/M1 initial critical.....	34
4.3	Cold to hot reactivity rundown data.....	41
5.1	TRR-1/M1 Core No.5, ^{235}U loading diagram and power densities.....	45
5.2	TRR-1/M1 Core No.5, Calculated Reactivity rundown data	46
5.3	Power density at D6 VS volume fraction of water at C4 (Transient Rod).....	49

PAGE

5.4 Xenon buildup in four days operation in Core No. 5..... 52

6.1 Energy release VS the number of fresh 20 wt.% LEU elements loaded in E-,F-rings 62

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
1.1	Power and Research Reactor Differrences Pertinent to a Fuel Management Program.....	6
2.1	Summary of some parameters for critical equation of heterogeneous reactor system.....	13
4.1	Reactivity calculations for the TRR-1/M1 Initial critical core.....	33
4.2	Summary of operational and calculated data for core No's 1-4.....	39
4.3	Eqilibrium Xenon in Core No's 1-4.....	39
4.4	Cold to hot reactivity changes in Core No.1..	42
5.1	Power densities as the function of volume fraction of water in C4.....	48
5.2	Four days operational data for Xe-study.....	51
6.1	Fuel rearrangement for Core No 6(1).....	55
6.2	Fuel rearrangement for Core No 6(2).....	56
6.3	Fuel manipulation steps for Core No's 7.9....	58
6.4	Fuel manipulation steps for Core No's 10-12..	59
6.5	Summary of calculated data for Core No's 5-12	60
6.6	Calculated data for refueling in E and F-ring	61