

การคำนวณการลดของนิวตรอนและแกมมาในเกราะกำบังรังสี



นางสาว มยุรพันธุ์ เกษมทรัพย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2527


ISBN 974-563-528-6

009353

i 16990869

CALCULATION OF NEUTRONS AND GAMMA ATTENUATION

IN RADIATION SHIELDS



MISS MAYURAPAN KASEMSAP

ศูนย์วิทยุโทรพัชกร
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering

Department of Nuclear Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1984

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การคำนวณการลดของนิวตรอนและแกมมาในเกราะกำบังรังสี
โดย นางสาว มยุรพันธุ์ เกษมทรัพย์
ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ธัชชัย สุมิตร



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

..... *จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย* คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประติษฐ์ บุณนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... *สุวรรณี (สงวนนาม)* ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ สุวรรณี แสงเพชร)

..... *ดร.นเรศร์ จันทน์ขาว* กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว)

..... *ดร.ธัชชัย สุมิตร* กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธัชชัย สุมิตร)

ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีนิวเคลียร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การคำนวณการลดของนิวตรอนและแกมมาในเกราะกำบังรังสี
ชื่อนิสิต นางสาว มยุรพันธุ์ เกษมทรัพย์
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ธัชชัย สุมิตร
ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2527



บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้กล่าวถึงการคำนวณการลดจำนวนนิวตรอนและแกมมาในเกราะกำบังรังสี ตามหลักการของริมูฟเวล - ดีฟิวชัน โดยเลือกใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SABINE - 3 โปรแกรมนี้แบ่งระดับช่วงพลังงานของริมูฟเวลนิวตรอนไว้ 19 กลุ่มพลังงาน (จาก 18 - 0.5 เมกกะอิเลคตรอนโวลต์) และช่วงพลังงานของดีฟิวชันนิวตรอน 26 กลุ่มพลังงาน (จาก 15 - 0 เมกกะอิเลคตรอนโวลต์) เลือกวัสดุที่นำมาเป็นเกราะกำบังรังสีได้ 33 ธาตุ ชนิดรูปทรงของแหล่งกำเนิดและเกราะกำบังรังสีเป็นระนาบ ทรงกระบอก ทรงกลมและจาน โดยคำนวณริมูฟเวลนิวตรอนฟลักซ์ซึ่งจะเป็นต้นกำเนิดของดีฟิวชันนิวตรอนฟลักซ์ด้วย จะได้ฟลักซ์ตลอดเกราะกำบังรังสี แล้วนำไปคำนวณนิวตรอนโดสเรท ส่วนแกมมาในการคำนวณแบ่งเป็น 7 กลุ่มพลังงาน (จาก 10 - 0 เมกกะอิเลคตรอนโวลต์) ต้นกำเนิดแกมมาคำนวณจากปฏิกิริยาฟิชชันอันตรกิริยาการดูดจับนิวตรอนและ inelastic scattering โดยพิจารณาจากนิวตรอนฟลักซ์ ค่าบิลอับเพคเตอร์เลือกคำนวณได้ 3 วิธี คำนวณแกมมาโดสเรทและความร้อนที่สะสมในเกราะกำบังรังสี

ในการศึกษานี้ได้ทำการคำนวณเกราะกำบังรังสีสำหรับแหล่งกำเนิดนิวตรอน Cf - 252 เครื่องปฏิกรณ์แบบใช้แกสเป็นตัวหล่อเย็น (GCR) ขนาด 180 เมกกะวัตต์ เครื่องปฏิกรณ์แบบใช้น้ำธรรมดาเป็นตัวหล่อเย็น (LWR) ขนาด 272 เมกกะวัตต์ และต้นกำเนิดนิวตรอน Pu - Be ขนาด 5 คูรี จากการคำนวณในกรณีปัญหาแบบต่าง ๆ โปรแกรม SABINE - 3 ให้ผลการคำนวณอยู่ในเกณฑ์ถูกต้องพอสมควร เมื่อเทียบกับการคำนวณเกราะกำบังรังสีในลักษณะนี้ และเหมาะที่จะใช้คำนวณปัญหาเกี่ยวกับเกราะกำบังรังสีในลักษณะดังกล่าวโดยใช้เวลาการคำนวณไม่นานนัก ทำให้ค่าใช้จ่ายน้อยพอสมควร.

9

Thesis Title Calculation Of Neutrons And Gamma
 Attenuation In Radiation Shields

Name Miss Mayurapan Kasemsap

Thesis Advisor Associate Professor Tatchai Sumitra

Academic Year 1984

Abstract

This thesis present the calculations of neutron and gamma-ray attenuation in radiation shielding problems by using the Removal-Diffusion Method. The program used in the study was the SABINE-3 which is applicable in practical bulk shielding problems in plane, spherical, cylindrical and disk geometries. The energy range between 0.5 and 18.0 MeV has been divided into 19 removal groups, having roughly constant energy width. The calculation of the total neutron flux is performed in a 26 - diffusion groups scheme, that covers the energy range between 0 and about 15.0 MeV, with lethargy intervals of 0.5 - 1. Space distribution of the gamma-ray fluxes are performed for 7 energy groups with energy ranging 0 to about 10.0 MeV. Three options calculating the build-up factors, namely, interpolation, Broder's formula and Kitazume's formula, are available.

Shielding calculations for a Cf-252 neutron source, a - 180 MW. Gas Cooled Power Reactor, a 272 MW. Light-Water Cooled Power Reactor and a 5 Ci Pu-Be neutron source have been performed.

The results obtained were found to be reasonably accurate. It could be concluded that this method could be used fairly well for practical shielding problems. The computer time required is comparatively short and the program could be considered as an economical research tool.



ศูนย์วิทยพัชการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำวิทยานิพนธ์นี้ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. รัชชัย สุมิตร
 แห่งภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำทั้งทางด้านวิชาการและคอมพิวเตอร์พร้อมทั้งเป็นที่ปรึกษาใน
 การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ด้วยดีมาโดยตลอด

และผู้ทำวิทยานิพนธ์ขอขอบพระคุณ Mr. R. F. Shea แห่ง Nuclear &
 Plasma Science Society และ Mr. John Hubbell แห่ง National Bureau
 of Standards ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ได้กรุณาจัดส่งเอกสารต่าง ๆ ในการ
 ทำวิทยานิพนธ์นี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญ	ช
รายการตารางรูปประกอบ	ฉ
รายการรูปประกอบ	ญ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. ทฤษฎีของอันตรกิริยาระหว่างนิวตรอนและนิวไคลด์ของตัวกลาง	5
3. หลักการคำนวณการลดยังชีพของนิวตรอนและแกมมาในเกราะกำบังรังสี	20
4. ผลการศึกษาจากการคำนวณปัญหาต่างๆ	43
5. สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ	86
บรรณานุกรม	92
ภาคผนวก	
ก. การหาคำตอบจากสมการการแพร่กระจายของนิวตรอน	94
ข. ผลการคำนวณ	100
ค. แผนผังการทำงานของโปรแกรม	232
ง. การจัดข้อมูลในการคำนวณ	236
ประวัติ	253

รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า	
2.1	ชนิดและคุณสมบัติการเกิดอันตรกิริยา	16
3.1	กลุ่มพลังงานแกมมาที่ใช้ในโปรแกรม SABINE - 3	23
3.2	โครงสร้างกลุ่มพลังงานนิวตรอนที่ใช้ในโปรแกรม SABINE - 3	24
3.3	รายการธาตุ 33 ธาตุที่อาจใช้ได้โปรแกรม SABINE - 3	25
4.1	สรุปลักษณะของบริเวณต่าง ๆ ของปัญหา	45
4.2	รายละเอียดและเงื่อนไขในการคำนวณ	46
4.3	สรุปการลดนิวตรอนฟลักซ์กลุ่มพลังงานที่ 1, 13 และ 26 ในชั้นต่าง ๆ	47
4.4	สรุปลักษณะของบริเวณต่าง ๆ ของปัญหา	55
4.5	รายละเอียดและเงื่อนไขในการคำนวณ	56
4.6	แกมมาโคสเรทที่ระยะต่าง ๆ เมื่อคำนวณบิลอับเฟคเตอร์ 2 แบบคือ Broder และ Kitazume	57
4.7	สรุปลักษณะบริเวณต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณ	65
4.8	รายละเอียดและเงื่อนไขในการคำนวณ	66
4.9	สรุปผลการคำนวณที่ริมสุดของเกราะกำบังรังสี	68
4.10	รายละเอียดชั้นเกราะกำบังรังสีที่เพิ่มขึ้นในการคำนวณ	69
4.11	สรุปนิวตรอนฟลักซ์ที่ริมเกราะกำบังรังสีที่เพิ่มขึ้นในการคำนวณกลุ่ม พลังงานที่ 1 และ 26	70
4.12	ความหนาแน่นนิวตรอนในกลุ่มพลังงานต่าง ๆ ของ Pu^{238}/Be	74
4.13	สรุปลักษณะของบริเวณต่าง ๆ ในการคำนวณ	75
4.14	รายละเอียดและเงื่อนไขในการคำนวณ	76
4.15	สรุปผลการคำนวณที่ความหนาต่าง ๆ กันของคอนกรีต	77
4.16	สรุปผลการคำนวณกรณีต่าง ๆ ในการคำนวณ	78

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	เหตุการณ์การเกิด elastic scattering	5
2.2	เหตุการณ์การเกิด inelastic scattering	6
2.3	คุณสมบัติของนิวไคลด์ต่าง ๆ	8
2.4	การแพร่กระจายของนิวตรอน	10
2.5	การกระจายของนิวตรอนตามสมการแมกซ์เวล	11
2.6	กระแสของการแพร่กระจายของนิวตรอน	12
2.7	การเกิด photoelectric effect	13
2.8	การเกิด pair production	14
2.9	การเกิด incoherent (compton) scattering	15
3.1	รูปทรงแหล่งกำเนิด ระบาย ทรงกระบอก ทรงกลมและจาน	22
4.1	สเปกตรัมของนิวตรอนที่ได้จาก Californium-252	44
4.2	ลักษณะของปัญหาอาจสรุปได้ดังแสดงโดยสังเขป	44
4.3	นิวตรอนฟลักซ์ของ Californium - 252 ในเกราะกำบังรังสีที่ คำนวณได้	49
4.4	นิวตรอนฟลักซ์ของ Californium - 252 ในเกราะกำบังรังสีที่ ผู้พัฒนาโปรแกรมเสนอไว้ (Ponti, 1967)	50
4.5	นิวตรอนโดสเรทของ Californium - 252	51
4.6	แกมมาโดสเรทของ Californium - 252 ในเกราะกำบังรังสี	52
4.7	ลักษณะของเตาปฏิกรณ์และชิ้นต่าง ๆ ของเกราะกำบังรังสี Calder Hall	54
4.8	นิวตรอนฟลักซ์ที่คำนวณได้จาก SABINE - 3 ในกรณี Calder Hall	59
4.9	นิวตรอนฟลักซ์ที่คำนวณได้จาก RASH ในกรณีของ Calder Hall	60
4.10	ค่าโดสเรทที่คำนวณได้จาก SABINE - 3 ในกรณี Calder Hall	61
4.11	แกมมาโดสเรทที่ได้จากเตาปฏิกรณ์ Calder Hall	62

รูปที่	หน้า
4.12 ภาคตัดขวางของแกนเตาปฏิกรณ์ Indian Point Atomic Power	63
4.13 ลักษณะภายนอกและภายในของ Pressure Vessel	64
4.14 ลักษณะท่อส่งเขปในการเพิ่มขึ้นของเกราะกำบังรังสี	67
4.15 ลักษณะของไอโซโทปแหล่งกำเนิด Pu ²³⁸	73
4.16 สเปกตรัมการให้นิวตรอนของ Pu ²³⁸ /Be	73
4.17 นิวตรอนฟลักซ์ของ Pu ²³⁸ /Be เมื่อให้ทุกกลุ่มพลังงานในคอนกรีต ธรรมดา	80
4.18 นิวตรอนฟลักซ์ของ Pu ²³⁸ /Be เมื่อให้นิวตรอนทั้ง 26 กลุ่มพลังงาน	81
4.19 โดสเรทของ Pu ²³⁸ /Be เมื่อแหล่งกำเนิดให้นิวตรอนทุกกลุ่มพลังงาน ในคอนกรีตทั้ง 2 ชนิด	82
4.20 นิวตรอนฟลักซ์กลุ่มที่ 1, 13 และ 26 ที่ได้จากการคำนวณเมื่อแหล่ง กำเนิดเป็น Pu ²³⁸ /Be	83
4.21 นิวตรอนฟลักซ์ของ Pu ²³⁸ /Be ผสมโบรอนในคอนกรีต 2 %	84
4.22 ค่าโดสเรทของ Pu ²³⁸ /Be ทั้งปนและไม่ปนโบรอน	85

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย