

สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อสรุปผลการคำนวณ

7.1.1 จากการแสดงการคำนวณที่ผ่านมา นั้น จะเห็นได้ว่าหลักการคำนวณที่ใช้ตามวิธีการในหนังสือชื่อ "Nuclear Reactor Engineering" โดย Glasstone และ Sesonske ถือว่าให้ผลการคำนวณที่ถูกต้องพอสมควร รวมทั้งค่าคงที่ต่าง ๆ ในตาราง แต่เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในขั้นตอนการคำนวณจึงได้เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นภาษาเบสิกเพื่อใช้กับไมโครคอมพิวเตอร์ สิ่งให้คำนวณผลที่ออกมาคือ f , p , k_{∞} และ B^2 มวลของเชื้อเพลิง และมวลของน้ำชนิดหนัก โดยเพิ่มระยะห่างระหว่างมัดเชื้อเพลิง (L) ขึ้นทีละ 1 ซม.

กำหนดให้

- RO = R_0 คือ รัศมีของแท่ง เชื้อเพลิงหนึ่งแท่ง
- R1 = R_1 คือ รัศมีของแต่ละเซลล์
- E0 = Σ_{a0} คือ ภาคตัดขวางต่อปริมาตรในการจับนิวตรอนของเชื้อเพลิง
- E1 = Σ_{a1} คือ ภาคตัดขวางต่อปริมาตรในการจับนิวตรอนของตัวหน้าวงนิวตรอน
- E2 = Σ_{a2} คือ ภาคตัดขวางต่อปริมาตรในการจับนิวตรอนของวัสดุหุ้มแท่งเชื้อเพลิง
- K0 = k_0 คือ $1/L_0$ (สำหรับ เทอร์มัลนิวตรอน)
- K1 = k_1 คือ $1/L_1$ (สำหรับ เทอร์มัลนิวตรอน)
- ERO = Σ_{a0} คือ ภาคตัดขวางต่อปริมาตรในการจับรีโซแนนซ์ นิวตรอนของเชื้อเพลิง
- ED1 = Σ_{a1} คือ ภาคตัดขวางต่อปริมาตรในการจับรีโซแนนซ์ นิวตรอนของตัวหน้าวงนิวตรอน

```

1 PRINT "          ROD DIAMETER = 2.00 CM. "
2 PRINT "          AL-CLADDING THICKNESS = 0.1 CM."
4 PRINT
10 PRINT "*****"
13 PRINT "*"
15 PRINT "U-metal + D-2 O + AL-(cladding)          SQUARE LATT
ICE
17 PRINT "*"
19 PRINT "*****"
20 PRINT "*****"
25 PRINT
30 PRINT "L"; TAB( 11);"F"; TAB( 23);"P"; TAB( 33);" "; "K(infinite)";
35 PRINT TAB( 10);"BUCKLING"; TAB( 25);"FUEL"; TAB( 34);"D-2 O"
37 PRINT
40 READ E0,E1,E2,K0,K1,ED1,EC2,KRO,KK,T
42 DATA 0.314,8.5E-5,0.015,0.65,0.01,0.18,0.006,0.44,0.22,120
45 READ RO,ERO,W
50 VO = (22 / 7) * (RO ^ 2)
60 VC = (22 / 7) * ((RO + W) ^ 2 - RO ^ 2)
80 V2 = VC
90 F = 1 + (K0 * RO) ^ 2 / B - (K0 * RO) ^ 4 / 192
100 FR = 1 + (KRO * RO) ^ 2 / B - (KRO * RO) ^ 4 / 192
110 L = 5
120 L = L + 1
130 VM = L ^ 2
140 V1 = VM - VO - V2
150 R1 = (VM * 7 / 22) ^ 0.5
160 RT = (E1 * V1 + E2 * V2) / (E0 * VO)
170 Y = (K1 * R1) ^ 2 / 2
180 Y1 = (R1 ^ 2 / (R1 ^ 2 - RO ^ 2)) * LOG (R1 / RO)
190 Y2 = (0.25 * (RO / R1) ^ 2) - 0.75
200 E = 1 + Y * (Y1 + Y2)
210 FF = 1 / (RT * F + E)
220 RA = (V1 * ED1 + V2 * EC2) / (VO * ERO)
230 RE = 1 + (KK * R1) ^ 2 / 2 * (Y1 + Y2)
240 FC = 1 / (RA * FR + RE)
250 P = EXP (- FC / (1 - FC))
260 KI = 1.32 * 1.022 * P * FF
270 VR = VM / V1
280 L2 = 10000 * (1 - FF) * VR
290 B = (KI - 1) / (L2 + 1)
300 B = B - 2E - 6
310 B = B - 1E - 7
320 KEF = KI * EXP (- B * T) / (1 + 12 * B)
330 IF KEF < 1.000000001 THEN GOTO 310
340 IF KEF = 1.000000001 THEN GOTO 350
350 RR = 9.337111000 / B
360 R = RR ^ 0.5
370 D = R * 2
380 H = D / 1.2
390 NO = (22 * RR) / (7 * VM)
400 M = VO * H * NO * 1B.9E - 6
410 MU = INT (M * 100) / 100
420 MD = V1 * H * NO * 1.1E - 6
430 MDO = INT (MD * 100) / 100
440 PRINT L; TAB( 6);FF; TAB( 19);P; TAB( 32);" ";KI;
445 PRINT TAB( 7);B; TAB( 24);MU; TAB( 33);MDO
450 IF L < 35 THEN GOTO 120
460 PRINT "*****"
470 PRINT "          (number of rod = 1 rod / cluster)"
480 DATA 1.0,0.514369552,0.1
490 END

```

รูปที่ 7.1 แสดงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาเบสิก เมื่อยังไม่มีท่อกวน

```

1 PRINT "          FUEL ROD DIAMETER      = 2.00 CM."
2 PRINT "          AL-CLADDING THICKNESS = 0.10 CM."
3 PRINT "          AL-TUBE THICKNESS = 0.15 CM."
4 PRINT
10 PRINT "*****"
15 PRINT "*"
      ↑
20 PRINT "*"      UD-2 + D-2 0 + AL (cladding=0.1 cm. and tub=0.15 cm.) 5
      QUARE LATTICE  "*"
25 PRINT "*"
      ↑
30 PRINT "*****"
32 PRINT
35 PRINT "L"; TAB( 11);"F"; TAB( 23);"P"; TAB( 33);" ";"K(infinite)";
36 PRINT TAB( 10);"BUCKLING"; TAB( 25);"FUEL"; TAB( 34);"D-2 0"
37 PRINT
40 READ EO,E1,E2,KO,K1,ED1,EC2,KRO,KK,T
42 DATA 0.17,8.5E-5,0.015,0.449450174,0.01,0.18,0.005,0.31,0.22,120
45 READ RO,ERO,X,W
50 VO = (22 / 7) * (RO ^ 2)
60 VC = (22 / 7) * ((RO + W) ^ 2 - RO ^ 2)
70 VT = (22 / 7) * ((X + 0.15) ^ 2 - X ^ 2)
80 V2 = VC + VT
90 F = 1 + (KO * RO) ^ 2 / 8 - (KO * RO) ^ 4 / 192
100 FR = 1 + (KRO * RO) ^ 2 / 8 - (KRO * RO) ^ 4 / 192
110 L = 5
120 L = L + 1
130 VM = L ^ 2
140 V1 = VM - VO - V2
150 R1 = (VM * 7 / 22) ^ 0.5
160 RT = (E1 * V1 + E2 * V2) / (EO * VO)
170 Y = (K1 * R1) ^ 2 / 2
180 Y1 = (R1 ^ 2 / (R1 ^ 2 - RO ^ 2)) * LOG (R1 / RO)
190 Y2 = (0.25 * (RO / R1) ^ 2) - 0.75
200 E = 1 + Y * (Y1 + Y2)
210 FF = 1 / (RT * F + E)
220 RA = (V1 * ED1 + V2 * EC2) / (VO * ERO)
230 RE = 1 + (KK * R1) ^ 2 / 2 * (Y1 + Y2)
240 FC = 1 / (RA * FR + RE)
250 P = EXP (- FC / (1 - FC))
260 KI = 1.32 * 1.022 * P * FF
270 VR = VM / V1
280 L2 = 10000 * (1 - FF) * VR
290 B = (KI - 1) / (L2 + T)
300 B = B - 2E - 6
310 B = B - 1E - 7
320 KEF = KI * EXP (- B * T) / (1 + L2 * B)
330 IF KEF < 1.00000001 THEN GOTO 310
340 IF KEF = 1.00000001 THEN GOTO 350
350 RR = 9.337111008 / B
360 R = RR ^ 0.5
370 D = R * 2
380 H = D / 1.2
390 NO = (22 * RR) / (7 * VM)
400 M = VO * H * NO * 10.38E - 6
410 MU = INT (M * 100) / 100
420 MD = V1 * H * NO * 1.1E - 6
430 MDO = INT (MD * 100) / 100
440 PRINT L; TAB( 6);FF; TAB( 19);P; TAB( 32);" ";KI;
441 PRINT TAB( 7);B; TAB( 24);MU; TAB( 33);MDO
450 IF L < 35 THEN GOTO 120
455 PRINT
460 PRINT "*****"
465 PRINT
470 PRINT "          (number of rods = 1 rod / cluster)"
480 DATA 1.0,0.364464025,1.5,0.1
490 END

```

รูปที่ 7.2 แสดงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาเบสิก เมื่อมีขึ้นต่อความดัน

$EC2 = \Sigma_{a_2}$ คือ ภาคตัดขวางต่อปริมาตรในการจับรีโซแนนซ์นิวตรอนของ
วัสดุหุ้มแท่ง เชื้อเพลิง

$KRO = k_0$ คือ $1/L_0$ (สำหรับรีโซแนนซ์นิวตรอน)

$KK = k_1$ คือ $1/L_1$ (สำหรับรีโซแนนซ์นิวตรอน)

$T = \tau$ คือ เอจ (ชม.⁻²)

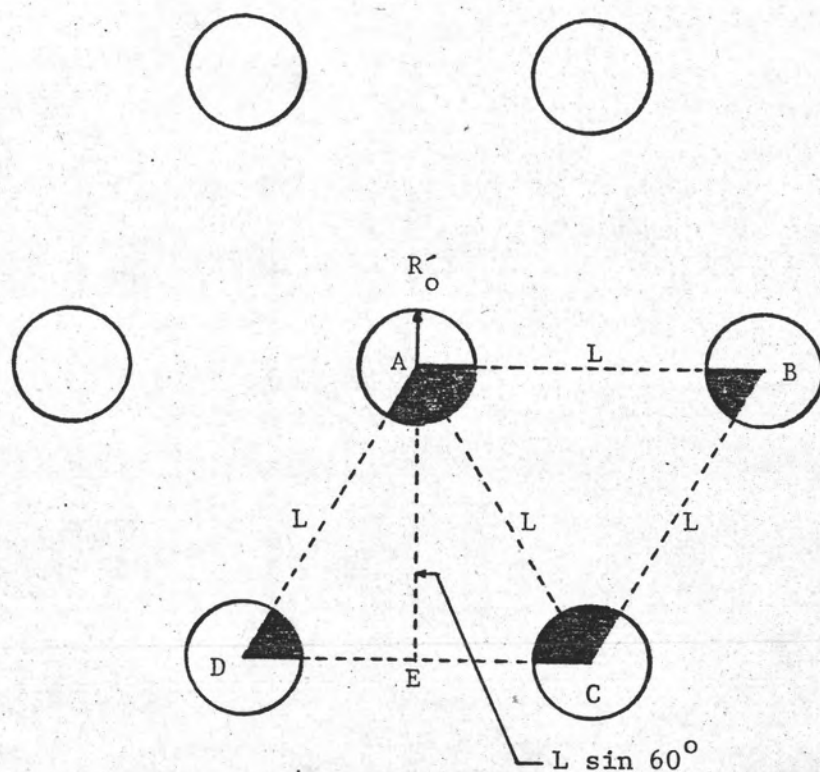
7.1.2 เนื่องจากว่าการคำนวณนี้ได้กำหนดให้มีการจัดเรียงเชื้อเพลิงแบบรูป
สี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งสะดวกและง่ายต่อการคิดคำนวณ แต่สามารถจัดเรียงในรูปอื่นได้ เช่น
รูปหกเหลี่ยมด้านเท่า (hexagonal) โดยมีแท่งเชื้อเพลิงอยู่ตรงกลาง ดังรูปที่ 7.3
ซึ่งการคิดคำนวณจะพิจารณาเฉพาะสี่เหลี่ยม ABCD และถือว่าเป็นหนึ่งเซลล์ ดังนั้นถ้ารวม
เอาส่วนที่เป็นสี่เหลี่ยมของเชื้อเพลิงที่จุด A, B, C และ D ก็จะได้ครบหนึ่งแท่งพอดี เรา
สามารถแทนพื้นที่สี่เหลี่ยม ABCD ด้วยวงกลมรัศมี R ได้เช่นเดียวกับรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่สามเหลี่ยม ACD} &= \frac{1}{2} \times \text{ฐาน} \times \text{สูง} \\ &= \frac{1}{2} \times L \times L \sin 60^\circ \\ &= \frac{1}{2} L^2 \sin 60^\circ \end{aligned}$$

$$\text{และพื้นที่สามเหลี่ยม ABC} = \frac{1}{2} L^2 \sin 60^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นพื้นที่ของสี่เหลี่ยม ABCD} &= \text{พื้นที่สามเหลี่ยม ACD} + \text{พื้นที่สามเหลี่ยม ABC} \\ &= L^2 \sin 60^\circ \end{aligned}$$

จะเห็นว่าวิธีการคำนวณจะต่างกันก็เฉพาะพื้นที่ของสี่เหลี่ยมเท่านั้น ส่วนขั้นตอนอื่น ๆ ก็เหมือน
กันหมด ซึ่งผลที่ได้ก็เกือบเท่ากันทุกประการกับการจัดเรียงแท่งเชื้อเพลิงแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส



รูปที่ 7.3 แสดงการจัดเรียงแท่งเชือกเพลิงแบบรูปหกเหลี่ยมด้านเท่า

7.1.3 สำหรับในหัวข้อที่ 6.1 และหัวข้อที่ 6.2 เป็นการแสดงวิธีคำนวณโดยที่ไม่มีต่อความดัน ส่วนในหัวข้อที่ 6.3 และหัวข้อที่ 6.4 นั้นเป็นการแสดงวิธีคำนวณโดยมีขึ้นต่อความดัน แต่ถึงอย่างไรก็ตามการฟุ้งกระจายของนิวตรอนก็ยังสามารถใช้ได้ตามทฤษฎีการฟุ้งกระจาย สำหรับกรณีที่มีต่อความดันนั้นการจับนิวตรอนจะมีมากขึ้น ยิ่งถ้าใช้อะลูมิเนียมเป็นต่อความดันด้วยแล้วการจับนิวตรอนก็จะมากยิ่งขึ้น จึงทำให้ขนาดของเครื่องปฏิกรณ์โตขึ้น ทั้งนี้ก็เพราะว่าต้องสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และตัวหน่วงนิวตรอนมากขึ้น แต่ถ้าเราใช้เซอร์โคเนียมเป็นต่อความดันแล้ว การจับนิวตรอนก็จะน้อยลง เพราะว่ค่าภาคตัดขวางในการจับนิวตรอนน้อยมาก ทำให้เชื้อเพลิงที่ใช้ลดลงรวมทั้งทำให้ขนาดของเครื่องปฏิกรณ์เล็กลง

การสร้างเครื่องปฏิกรณ์ที่ไม่มีต่อความดันนั้น ส่วนมากจะมีไว้เพื่อการศึกษา วัตถุประสงค์ต่าง ๆ ซึ่งอาจสร้างให้ต่ำกว่าวิกฤต ส่วนการสร้างเครื่องปฏิกรณ์ที่มีต่อความดันก็เพื่อต้องการระบายความร้อน และเอาความร้อนไปใช้ประโยชน์ และอีกประการหนึ่งก็เพื่อรักษาอุณหภูมิภายในเครื่องปฏิกรณ์ให้คงที่ซึ่งถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปอาจทำให้ค่าต่าง ๆ ที่คำนวณไว้แต่ตอนแรกเปลี่ยนไป ซึ่งอาจทำให้เครื่องปฏิกรณ์ดับก็ได้ ลักษณะการสร้างแบบมีขึ้นต่อความดันนั้น สามารถสร้างให้แท่งเชื้อเพลิงวางอยู่ในแนวนอนได้ และเป็นกรสะดวกต่อการเปลี่ยนเชื้อเพลิงด้วย ซึ่งวิธีการเช่นนี้มีปรากฏแล้ว ดังประเทศแคนาดาได้ออกแบบสร้างเครื่องปฏิกรณ์ที่มีชื่อเรียกว่า "แคนดู (CANDU)" แต่ถ้าวางแท่งเชื้อเพลิงในลักษณะตั้งหรือแนวตั้ง การเปลี่ยนแท่งเชื้อเพลิงก็ลำบาก เพราะต้องยกขึ้นมาทั้งแท่งยาว ๆ จึงเป็นการไม่สะดวก

7.1.4 การคำนวณกำลังที่ให้จากเครื่องปฏิกรณ์ อาศัยจากหลักฐานในเอกสารของประเทศเยอรมัน ซึ่งเครื่องปฏิกรณ์เป็นชนิดรีฟlector มียูเรเนียมไดออกไซด์เป็นเชื้อเพลิง และน้ำชนิดหนักเป็นตัวหน่วงนิวตรอน ซึ่งกำหนดว่าความร้อนที่ระบายออกมาจากแท่งเชื้อเพลิงสำหรับยูเรเนียมไดออกไซด์เท่ากับ 34 วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร แต่ในที่นี้กำหนดให้เท่ากับ 25 วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร โดยถือเอาค่าที่น้อยกว่า ส่วนโลหะยูเรเนียมการระบายความร้อนดีกว่า จึงกำหนดให้เท่ากับ 30 วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร

7.1.5 การคำนวณหาค่า k_{eff} ที่เพิ่มขึ้นหลังจากหุ้มด้วยตัวสะท้อนนิวตรอน มีความยุ่งยากเฉพาะตอนที่สมมุติค่า k_{∞} แล้วลองแทนค่าลงไปในสมการที่ (5.67) เพื่อหากรณีที่เครื่องปฏิกรณ์เกิดวิกฤตพอดี โดยทำให้ค่าดีเทอร์มิแนนต์เป็นศูนย์ ($D = 0$) ซึ่งทำได้

โดยการลองแทนค่า k_{∞} แล้วทำให้ค่าดีเทอร์มิแนนต์เป็นบวกค่าหนึ่ง และเป็นลบค่าหนึ่ง จากนั้นก็เอามาเขียนกราฟลากเส้นระหว่างสองจุดตัดแกนที่ค่า D เป็นศูนย์ อ่านค่า k_{∞} ซึ่งค่านี้จะเป็นค่าที่ทำให้เครื่องปฏิกรณ์ที่หุ้มด้วยตัวสะท้อนนิวตรอนอยู่ในกรณีวิกฤตพอดี แต่ความจริงค่า k_{∞} ที่ออกแบบไม่ใช่ค่านี้ แต่เป็นค่าที่คำนวณได้ในตอนแรกของการออกแบบแกนเครื่องปฏิกรณ์ ถือเอาว่าที่ $D = 10^{-10}$ นั้น เป็นศูนย์สำหรับวิธีหาค่า k_{eff} ที่เพิ่มขึ้นนั้นก็หาได้จากสมการที่ (5.73) โดย k_{∞} (critical) หมายถึง ค่า k_{∞} ที่อ่านจากกราฟ และ k_{∞} (actual) คือ ค่า k_{∞} ที่เลือกออกแบบเป็นแกนเครื่องปฏิกรณ์จริง ดังตัวอย่างการคำนวณในหัวข้อที่ 6.5 ใช้โลหะยูเรเนียม เป็นเชื้อเพลิง มีน้ำชนิดหนักเป็นตัวหน่วงนิวตรอน และอะลูมิเนียมเป็นวัสดุหุ้มแท่งเชื้อเพลิง เมื่อหุ้มด้วยตัวสะท้อนนิวตรอนเป็นน้ำชนิดหนักหนา 25 ซม. จะทำให้ค่า k_{eff} เพิ่มขึ้นเป็น 1.0577

ถ้าเราไม่สร้าง เครื่องปฏิกรณ์ที่มีขนาดเท่ากับขนาดวิกฤตที่คำนวณได้ โดยจะสร้างให้มีขนาดเล็กกว่าขนาดวิกฤต ดังนั้นถ้าเป็นกรณีนี้แกนเครื่องปฏิกรณ์จะต้องอยู่ในกรณีต่ำกว่าวิกฤต แต่เราสามารถทำให้เครื่องปฏิกรณ์อยู่ในสภาวะวิกฤตได้พอดีโดยการหุ้มด้วยตัวสะท้อนนิวตรอน ซึ่งใช้น้ำชนิดหนัก แต่เนื่องจากว่าการใส่ตัวสะท้อนนิวตรอนลงไปทำให้ค่า k_{eff} เพิ่มขึ้น แต่จะให้หนาเท่าใดนั้น เราจะต้องคำนวณโดยสมมุติความหนาซึ่งจะเลือกสมมุติให้เพิ่มความหนาทางด้านบนด้านล่าง หรือด้านข้างก็ได้ ส่วนในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เลือกสมมุติให้เพิ่มความหนาด้านบนและล่าง แล้วจึงคำนวณความหนาทางด้านข้าง ซึ่งจะทำให้เครื่องปฏิกรณ์อยู่ในสภาวะวิกฤตพอดี จึงอาศัยสมการที่ (5.67) ซึ่งต้องลองแทนค่า k_{∞} เพื่อให้ค่าดีเทอร์มิแนนต์เป็นศูนย์พอดี

7.2 ข้อวิจารณ์ผลการคำนวณ

7.2.1 การคำนวณค่า f โดยอาศัยสมการที่ (4.23) และ (4.24) นั้นเป็นการคำนวณโดยค่าประมาณซึ่งจะถูกคองที่สุดเมื่อ $k_0 R_0$ น้อยกว่า 1.00 และ $k_1 R_1$ น้อยกว่า 0.75 ในกรณีที่แท่งเชื้อเพลิงมีแท่งเดียวซึ่ง $R_0 = 1.0$ ซม. ก็จะไม่ทำให้ค่า $k_0 R_0$ เกินหนึ่ง แต่ถ้าแท่งเชื้อเพลิงมีหลายแท่งในหนึ่งมัดสำหรับแนวคิดคำนวณก็จะรวมเป็นเสมือนแท่งเดียว (equivalent fuel rod) ทำให้ค่า R_0 นั้น มีค่ามาก เมื่อพิจารณา

ค่า $k_0 R_0$ อาจจะมีมากกว่าหนึ่งหรือน้อยกว่าหนึ่งอยู่เล็กน้อยแล้วแต่ว่าจะมีกี่แห่งในหนึ่งมัด ซึ่งถ้าพิจารณาตามสมการที่ (4.23) แล้วจะเป็นผลทำให้การประมาณค่า F ผิดไปเล็กน้อย แต่ความเป็นจริงแล้วสมการที่ (4.23) ยังสามารถใช้ได้เช่นเดิม เพราะว่าขนาดที่แท้จริงของแท่งเชื้อเพลิงแต่ละแท่งยังมีรัศมีเท่ากับ 1 ซม.

7.2.2 ค่าคงที่ต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณ เช่น ค่าภาคตัดขวางในการจับนิวตรอน ค่าระยะการฟุ้งกระจายของนิวตรอน และอื่น ๆ เป็นต้น ได้นำมาคำนวณจากในหนังสือ Nuclear Reactor Engineering ของ Glasstone และ Sesonske ซึ่งถูกต้องพอสมควรเมื่อเปรียบเทียบกับหนังสือเล่มอื่น ๆ เช่น Reactor Engineering Handbook ของ Etherington จะทราบได้ว่าค่าคงที่ต่าง ๆ และค่าปัจจัยที่ถูกต้องนั้นเป็นเท่าไร ก็ต่อเมื่อเรามีเครื่องปฏิกรณ์ชนิดค้ำกว่าวิกฤตเป็นของเราเอง เพื่อศึกษาและวัดค่ามัน ๆ

7.2.3 การที่กำหนดให้ชั้นของท่อความดันห่างจากมัดเชื้อเพลิงประมาณ 4 มม. นั้นก็เพราะว่าถ้ากำหนดให้แคบกว่านั้น ความร้อนที่ระบายออกมาจากแท่งเชื้อเพลิงมีอุณหภูมิสูงมากอาจทำให้น้ำชนิดหนักที่เป็นตัวระบายความร้อนเดือดแล้วเกิดฟองอากาศขึ้น ซึ่งฟองนี้เมื่อเกาะด้านข้างแท่งเชื้อเพลิงจะเป็นสาเหตุทำให้การระบายความร้อนนี้ไม่สะดวกอาจทำให้แท่งเชื้อเพลิงที่จุดนั้นละลาย ดังนั้นการที่กำหนดให้ท่อความดันห่างจากมัดเชื้อเพลิง 4 มม. ก็จะทำให้ระบายความร้อนได้ดี ฟองอากาศก็จะไม่ไปเกาะด้านข้างแท่งเชื้อเพลิง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปฏิกรณ์ของประเทศเยอรมันชื่อ "MZFR" เขากำหนดให้ห่างกันประมาณ 0.4 ซม. และแบบ "FR-2" ห่างกันประมาณ 0.4 ซม.

7.2.4 สำหรับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เลือกออกแบบนั้นเราเลือกประมาณ 2 ซม. ทั้งนี้ก็เพื่อเป็นการระบายความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงจะได้สะดวก ถ้าแท่งเชื้อเพลิงระบายความร้อนออกมาไม่ทันแท่งเชื้อเพลิงนั้นก็อาจจะละลายที่ตรงกลางแท่งซึ่งเป็นอันตรายต่อเครื่องปฏิกรณ์ แท่งเชื้อเพลิงที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อย ๆ การระบายความร้อนจะดีไม่ทำให้ตรงกลางแท่งร้อนจนเกินไป แต่จะสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและตัวทวนวงนิวตรอนมากขึ้น กล่าวคือขนาดของเครื่องปฏิกรณ์จะมีขนาดใหญ่เกินไป และยิ่งถ้ามีวัสดุหุ้มแท่งเชื้อเพลิง และท่อความดันเป็นอะลูมิเนียมด้วยแล้วก็ยิ่งจะสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและตัวทวนวงนิวตรอนมากขึ้น เพราะฉะนั้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความหนาของอะลูมิเนียมที่ใช้เป็นวัสดุหุ้มแท่งเชื้อเพลิงกับรัศมีของแท่ง

เชื้อเพลิงจะเห็นว่าไม่ต่างกันมากทฤษฎีการฟุ้งกระจายของนิวตรอนจึงผิดพลาดไปบ้าง เพราะมีการจับนิวตรอนมากในขั้นนี้

แต่สำหรับแท่งเชื้อเพลิงที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตมาก ๆ การระบายความร้อนจะไม่สะดวกพอ ซึ่งถ้าเป็นยูเรเนียมไดออกไซด์การระบายความร้อนจะไม่ได้เท่ากับโลหะยูเรเนียม อาจทำให้ตรงกลางแท่งเชื้อเพลิงร้อนและละลายได้ ดังนั้น การออกแบบแท่งเชื้อเพลิงที่ประมาณ 2 ซม. ก็ถือว่าเหมาะสมพอ เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปฏิกรณ์ของประเทศเยอรมันชื่อ "FR-2" ซึ่งกำหนดแท่งเชื้อเพลิงมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.2 ซม. และมียูเรเนียมไดออกไซด์เป็นเชื้อเพลิง

7.2.5 การเลือกออกแบบแกนเครื่องปฏิกรณ์ที่ค่าสูงสุดของบีคคลิง ดังรูปที่ 6.7 ซึ่งทำให้ขนาดของเครื่องปฏิกรณ์เล็กที่สุด

7.3 ข้อเสนอแนะ

สำหรับในภายภาคหน้าที่ประเทศไทยคิดจะสร้างเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เองเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับอนาคตของประเทศไทย ซึ่งนับวันยิ่งหาพลังงานจากน้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติได้น้อยลง ดังนั้นประเทศไทยควรที่จะวางโครงการเพื่อหาพลังงานมาทดแทนเพื่อประโยชน์ต่อไป การสร้างเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์จึงมีความสำคัญมาก เพราะให้ผลที่คุ้มค่า เครื่องปฏิกรณ์ที่ประเทศไทยควรจะสร้างนั้นจะต้องราคาถูก ประหยัด และสามารถหาเชื้อเพลิงมาใช้เองได้ ทั้งนี้ก็เพราะว่าถ้าซื้อจากประเทศอื่น ราคาก็ต้องแพงมาก และไม่แน่ว่าเขาจะขายเชื้อเพลิงหรือวัสดุนิวเคลียร์อื่น ๆ ให้เราต่อไปหรือไม่ ดังนั้นการพึ่งความสามารถของตัวเองเราเองจึงจะเป็นวิธีการที่ถูกต้อง

เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่เห็นว่าเหมาะสมกับประเทศไทยก็คือ เครื่องปฏิกรณ์ชนิดวีวีทีพีเอ็น โดยใช้ยูเรเนียมธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งอาจเป็นโลหะยูเรเนียมหรือยูเรเนียมไดออกไซด์ (UO_2) มีน้ำชนิดหนักเป็นตัวหน่วงนิวตรอนพร้อมทั้งเป็นตัวระบายความร้อนและตัวสะท้อนนิวตรอนด้วย มีอะลูมิเนียมเป็นวัสดุหุ้มแท่งเชื้อเพลิงและท่อความดันสำหรับเครื่องปฏิกรณ์วิจัย เซอร์โคเนียมเป็นวัสดุหุ้มแท่งเชื้อเพลิงและท่อความดันสำหรับเครื่องปฏิกรณ์กำลัง

ต่อไปนี้เป็นผลการแสดงผลการคำนวณเปรียบเทียบระหว่างเครื่องปฏิกรณ์ของประเทศเยอรมัน ชื่อ "MZFR" กับการคำนวณที่อาศัยหลักฐานและข้อมูลทุกอย่างเหมือนกับเครื่องปฏิกรณ์แบบ MZFR ซึ่งกำหนดให้ยูเรเนียมไดออกไซด์เป็นเชื้อเพลิงและมีเส้นผ่าศูนย์กลางของแต่ละแท่งเป็น 1.0 ซม. มีเซอร์โคเนียมเป็นเชื้อเพลิงซึ่งหนาเท่ากับ 0.06 ซม. มีจำนวนแท่งเชื้อเพลิงเท่ากับ 37 แท่งต่อหนึ่งมัด และใช้เซอร์โคเนียมเป็นท่อความดันซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในเท่ากับ 9.6 ซม. หนา 0.32 ซม. ใช้น้ำชนิดหนักเป็นตัวหน่วงนิวตรอนและตัวระบายความร้อน รวมทั้งใช้เป็นตัวสะท้อนนิวตรอนด้วย การจัดเรียงเชื้อเพลิงเป็นแบบหกเหลี่ยมด้านเท่า ดังตารางที่ 7.1

นอกจากนั้น ก็ได้คำนวณเปรียบเทียบกับเครื่องปฏิกรณ์ของประเทศเยอรมันชื่อ "FR-2" โดยมีคุณสมบัติและลักษณะเหมือนกันทุกอย่าง ซึ่งกำหนดให้โลหะยูเรเนียมเชื้อเพลิงและแต่ละแท่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 3.2 ซม. อะลูมิเนียม เป็นวัสดุหุ้มแท่งเชื้อเพลิงหนาเท่ากับ 0.1 ซม. และท่อความดันซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในเท่ากับ 4.2 ซม. หนา 0.15 ซม. จำนวนแท่งเชื้อเพลิงเท่ากับหนึ่งแท่ง ใช้น้ำชนิดหนักเป็นตัวหน่วงนิวตรอน เป็นตัวระบายความร้อนและเป็นตัวสะท้อนนิวตรอน ดังตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.1 แสดงผลการคำนวณเลียนแบบกับเครื่องปฏิกรณ์แบบ MZFR

| ข้อมูล | เครื่องปฏิกรณ์ชนิด | |
|---|--------------------|-------------|
| | MZFR | จากการคำนวณ |
| ระยะห่างของมีดเชื้อเพลิง (ซม.) | 27.2 | 27.2 |
| η | 1.3142 | 1.3142 |
| ϵ | 1.0190 | 1.0190 |
| p | 0.9092 | 0.9473 |
| f | 0.9478 | 0.9568 |
| k_{∞} | 1.1540 | 1.2139 |
| $B^2 \times 10^4$ (ซม. ⁻²) | 4.402 | 3.4798 |
| τ (ซม. ⁻²) | 129.4 | 129.4 |
| k_{eff} | 1.073 | 1.075 |
| มวลของเชื้อเพลิง (ตัน) | 14.2 | 11.207 |
| มวลของตัวหน่วงนิวตรอน (ตัน) | 22.04 | 24.497 |
| D (ซม.) | 314.2 | 295.26 |
| H (ซม.) | 367.8 | 347.37 |
| D/H | 0.85 | 0.85 |
| ตัวสะท้อนนิวตรอน บน/ล่าง/ข้าง (ซม.) | 35/35/32 | 35/35/35 |
| กำลังเฉลี่ยในเชื้อเพลิง (กิโลวัตต์/ก.ก. UO ₂) | 14 | 14 |
| กำลังทั้งหมดที่ได้ (เมกกะวัตต์) | 200 | 160 |

ตารางที่ 7.2 แสดงผลการคำนวณเลียนแบบเครื่องปฏิกรณ์แบบ FR-2

| ข้อมูล | เครื่องปฏิกรณ์ชนิด | |
|--|--------------------|-------------|
| | FR-2 | จากการคำนวณ |
| ระยะห่างของมัดเชื้อเพลิง (ซม.) | 16.8 | 16.8 |
| η | 1.32 | 1.32 |
| ϵ | 1.035 | 1.035 |
| p | 0.924 | 0.940 |
| f | 0.969 | 0.965 |
| k_{∞} | 1.220 | 1.237 |
| $B^2 \times 10^4$ (ซม. ⁻²) | 4.50 | 4.70 |
| τ (ซม. ⁻²) | 119 | 119 |
| k_{eff} | 1.093 | 1.057 |
| มวลของเชื้อเพลิง (ตัน) | 5.1 | 7.89 |
| มวลของตัวหน่วงนิวตรอน (ตัน) | 13.0 | 15.4 |
| D (ซม.) | 260.0 | 281.7 |
| H (ซม.) | 216.0 | 221.0 |
| D/H | 1.2 | 1.2 |
| ตัวสะท้อนนิวตรอน บน/ล่าง/ข้าง (ซม.) | 28/12/25 | 25/25/25 |
| กำลังเฉลี่ยในเชื้อเพลิง (กิโลวัตต์/ก.ก.) | 2.4 | 2.4 |
| กำลังทั้งหมดที่ได้ (เมกกะวัตต์) | 12 | 18 |

ในการคำนวณเปรียบเทียบกับเครื่องปฏิกรณ์แบบ MZFR และ FR-2 นี้ ได้ยึดหลักการคำนวณตามวิธีการที่ได้กล่าวมาข้างต้น ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่าบางค่าที่ได้ผลออกมาต่างกันบ้างเล็กน้อยโดยอาจมีสาเหตุมาจาก

1. ค่าคงที่เช่น ค่าภาคตัดขวางต่าง ๆ ที่ใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณไม่ได้บอกรายละเอียดไว้ จึงจำเป็นต้องยึดเอาค่าคงที่ในหนังสือ Nuclear Reactor Engineering โดย Glasstone และ Sesonske เป็นหลัก

2. ในแนวทางการคิดคำนวณเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปฏิกรณ์แบบ MZFR ซึ่งมีแท่งเชื้อเพลิงถึง 37 แท่งต่อหนึ่งมัด จะใช้ได้ไม่ถูกต้องนักเพราะมีจำนวนแท่งมากเกินไป แต่จะใช้ได้ดีเมื่อมีจำนวนแท่งเชื้อเพลิงในหนึ่งมัดน้อย ๆ ดังเช่น เครื่องปฏิกรณ์แบบ FR-2 ซึ่งมีอยู่แท่งเดียว ทำให้ผลการคำนวณของค่าต่าง ๆ เช่น f , p , k_{∞} ใกล้เคียงกันมาก

ถึงอย่างไรก็ตามการที่จะคำนวณและออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ให้ได้ถูกต้องนั้น เราจะต้องมีเครื่องปฏิกรณ์ชนิดต่ำกว่าวิกฤต เพื่อวัดค่าคงที่ต่าง ๆ ให้ถูกต้องมาใช้ในการคำนวณ

นอกจากนี้แล้วยังได้แสดงผลการคำนวณตามที่ได้ออกแบบไว้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ โดยอาศัยอ้างอิงจากเครื่องปฏิกรณ์แบบ MZFR และ FR-2 ดังตารางที่ 7.3 ถึงตารางที่ 7.5

ตารางที่ 7.3 แสดงผลการคำนวณโดยเปรียบเทียบกับเครื่องปฏิกรณ์แบบ FR-2

| ข้อมูล | ชนิดของ เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | FR-2 | จากการคำนวณที่แสดงในวิทยานิพนธ์นี้ | | | | |
| ชนิดของ เชื้อเพลิง | U-metal | U-metal | U-metal | U-metal | U-metal | U-metal |
| ชนิดของตัวหน่วงนิวตรอน | D ₂ O Al | D ₂ O Al | D ₂ O Al | D ₂ O Al | D ₂ O Al | D ₂ O Al |
| ชนิดของวัสดุหุ้มแท่ง เชื้อเพลิง | 1 | 1 | 3 | 4 | 6 | 12 |
| จำนวนแท่ง เชื้อเพลิงต่อหนึ่งมัด | 1 | 1 | 3 | 4 | 6 | 12 |
| เส้นผ่าศูนย์กลางแท่ง เชื้อเพลิง (ซม.) | 3.2 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| วัสดุหุ้มแท่ง เชื้อเพลิงหนา (ซม.) | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| ชนิดของท่อความดัน | Al | Al | Al | Al | Al | Al |
| เส้นผ่าศูนย์กลางท่อความดัน (ซม.) | 4.2 | 3.0 | 6.0 | 6.4 | 8.0 | 10.8 |
| ความหนาของท่อความดัน (ซม.) | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 |
| ตัวระบายความร้อน และตัวสะท้อนนิวตรอน | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O |
| ระยะห่างของมัดเชื้อเพลิง (ซม.) | 16.8 | 12.0 | 18.0 | 20.0 | 22.0 | 27.0 |

ตารางที่ 7.3 (ต่อ)

| ข้อมูล | ชนิดของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ | | | | | |
|--|---------------------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | FR-2 | จากการคำนวณที่แสดงในวิทยานิพนธ์นี้ | | | | |
| ตัวสะท้อนนิวตรอน | | | | | | |
| ด้านบน (ซม.) | 28 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| ด้านล่าง (ซม.) | 12 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| ด้านข้าง (ซม.) | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| จำนวนแท่งเชื้อเพลิงทั้งหมด (แท่ง) | 188 | 607 | 732 | 764 | 960 | 1008 |
| กำลังเฉลี่ยในเชื้อเพลิง (กิโลวัตต์/กิโลกรัม U-metal) | 2.4 | - | - | - | - | - |
| ความร้อนจากแท่งเชื้อเพลิงที่ระบายออกมา (วัตต์/ซม. ²) | - | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| กำลังทั้งหมดที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์ (เมกะวัตต์) | 12 | 31.79 | 36.35 | 37.47 | 47.20 | 49.39 |
| | | | | | | 66.56 |

ตารางที่ 7.4 แสดงผลการคำนวณเปรียบเทียบเครื่องปฏิกรณ์แบบ MZFR เมื่อใช้ Al หุ้มแท่งเชื้อเพลิงและท่อความดัน

| ข้อมูล | ชนิดของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ | | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | MZFR | จากการคำนวณในวิทยานิพนธ์นี้ | | | | |
| ชนิดของเชื้อเพลิง | UO ₂ | UO ₂ | UO ₂ | UO ₂ | UO ₂ | UO ₂ |
| ชนิดของตัวหน่วงนิวตรอน | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O |
| ชนิดของวัสดุหุ้มแท่งเชื้อเพลิง | Zr | Al | Al | Al | Al | Al |
| จำนวนแท่งเชื้อเพลิงต่อหนึ่งมัด | 37 | 1 | 4 | 6 | 7 | 12 |
| เส้นผ่าศูนย์กลางแท่งเชื้อเพลิง (ซม.) | 1.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| วัสดุหุ้มแท่งเชื้อเพลิงหนา (ซม.) | 0.06 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| ชนิดของท่อความดัน | Zr | Al | Al | Al | Al | Al |
| เส้นผ่าศูนย์กลางท่อความดัน (ซม.) | 9.6 | 3.0 | 6.0 | 6.0 | 8.0 | 10.8 |
| ความหนาของท่อความดัน (ซม.) | 0.32 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 |
| ตัวระบายความร้อน และตัวหน่วงนิวตรอน | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O |
| ระยะห่างของมัดเชื้อเพลิง (ซม.) | 27.2 | 11.0 | 17.0 | 19.0 | 21.0 | 22.0 |
| | | | | | | 27.0 |

ตารางที่ 7.4 (ต่อ)

| ข้อมูล | ชนิดของ เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | MZFR | จากการคำนวณในวิทยานิพนธ์นี้ | | | | | |
| η | 1.3142 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 |
| ϵ | 1.0190 | 1.022 | 1.022 | 1.022 | 1.022 | 1.022 | 1.022 |
| p | 0.9092 | 0.949 | 0.949 | 0.949 | 0.943 | 0.942 | 0.944 |
| f | 0.9478 | 0.923 | 0.935 | 0.939 | 0.942 | 0.944 | 0.943 |
| k_∞ | 1.1540 | 1.183 | 1.197 | 1.203 | 1.200 | 1.201 | 1.201 |
| k_{eff} | 1.073 | 1.057 | 1.057 | 1.057 | 1.057 | 1.057 | 1.057 |
| $B \times 10^4$ (ชม. ⁻²) | 4.402 | 1.952 | 2.401 | 2.593 | 2.664 | 2.752 | 2.692 |
| τ (ชม. ⁻²) | 129.4 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| มวลของเชื้อเพลิง (ตัน) | 14.2 | 14.77 | 13.59 | 12.93 | 15.25 | 15.44 | 18.16 |
| มวลของตัวหมักนิวตรอน (ตัน) | 22.04 | 57.64 | 41.98 | 37.37 | 35.51 | 33.73 | 34.61 |
| เส้นผ่าศูนย์กลาง (D); ชม. | 314.2 | 437.4 | 394.3 | 379.5 | 374.3 | 368.3 | 372.4 |
| ความสูง (H); ชม. | 367.8 | 364.5 | 328.6 | 316.2 | 311.9 | 306.9 | 310.3 |
| D/H | 0.85 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |

ตารางที่ 7.4 (ต่อ)

| ข้อมูล | ชนิดของ เครื่องปฏิบัติการนิวเคลียร์ | | | | | |
|---|-------------------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | MZFR | จากการคำนวณในวิทยานิพนธ์นี้ | | | | |
| ตัวสะท้อนนิวตรอน | | | | | | |
| ด้านบน (ขม.) | 35 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| ด้านล่าง (ขม.) | 35 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| ด้านข้าง (ขม.) | 32 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| จำนวนแท่ง เชื้อเพลิงทั้งหมด (แท่ง) | 4477 | 1242 | 1269 | 1252 | 1500 | 1540 |
| กำลังเฉลี่ยในเชื้อเพลิง (กิโลวัตต์/กิโลกรัม. UO ₂) | 14 | - | - | - | - | - |
| ความร้อนจากแท่ง เชื้อเพลิงที่ระบายออกมา (วัตต์/ขม. ²) | - | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| กำลังทั้งหมดที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์ (เมกะวัตต์) | 200 | 71.15 | 65.46 | 62.28 | 73.46 | 74.38 |
| | | | | | | 87.48 |

ตารางที่ 7.5 แสดงผลการคำนวณเปรียบเทียบกับเครื่องปฏิกรณ์แบบ MZFR เพื่อใช้ Zr หุ้มแท่ง เชื้อเพลิงและท่อความดัน

| ข้อมูล | ชนิดของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | MZFR | จากการคำนวณในวิทยานิพนธ์นี้ | | | | | | | | |
| ชนิดของเชื้อเพลิง | UO ₂ | UO ₂ | UO ₂ | UO ₂ | UO ₂ | UO ₂ | UO ₂ | UO ₂ | UO ₂ | UO ₂ |
| ชนิดของตัวหน่วงนิวตรอน | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O |
| ชนิดของวัสดุหุ้มแท่ง เชื้อเพลิง | Zr | Zr | Zr | Zr | Zr | Zr | Zr | Zr | Zr | Zr |
| จำนวนแท่ง เชื้อเพลิงต่อหนึ่งมัด | 37 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 12 | | | |
| เส้นผ่าศูนย์กลางแท่ง เชื้อเพลิง (ซม.) | 1.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| วัสดุหุ้มแท่ง เชื้อเพลิงหนา (ซม.) | 0.06 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| ชนิดของท่อความดัน | Zr | Zr | Zr | Zr | Zr | Zr | Zr | Zr | Zr | Zr |
| เส้นผ่าศูนย์กลางท่อความดัน (ซม.) | 9.6 | 3.0 | 6.0 | 6.4 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 10.8 |
| ความหนาของท่อความดัน (ซม.) | 0.32 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 |
| ตัวระบายความร้อนและตัวหน่วงนิวตรอน | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O | D ₂ O |
| ระยะห่างของมัดเชื้อเพลิง (ซม.) | 27.2 | 10 | 16 | 17 | 20 | 21 | 25 | | | |

ตารางที่ 7.5 (ต่อ)

| ข้อมูล | ชนิดของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ | | | | | | |
|--|---------------------------------|-----------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | MZFR | จากการคำนวณในวิทยานิพนธ์นี้ | | | | | |
| η | 1.3142 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 |
| ϵ | 1.0190 | 1.022 | 1.022 | 1.022 | 1.022 | 1.022 | 1.022 |
| p | 0.9092 | 0.938 | 0.942 | 0.935 | 0.937 | 0.936 | 0.933 |
| f | 0.9478 | 0.952 | 0.957 | 0.9620 | 0.962 | 0.963 | 0.963 |
| k_∞ | 1.1540 | 1.206 | 1.218 | 1.2147 | 1.216 | 1.216 | 1.213 |
| k_{eff} | 1.073 | 1.057 | 1.057 | 1.057 | 1.057 | 1.057 | 1.057 |
| $B^2 \times 10^4$ (ชม. ⁻²) | 4.402 | 3.197 | 3.710 | 3.918 | 3.969 | 4.050 | 3.943 |
| τ (ชม. ⁻²) | 129.4 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| มวลของเชื้อเพลิง (ตัน) | 14.20 | 8.52 | 7.99 | 8.69 | 9.24 | 9.49 | 11.95 |
| มวลของตัวนำวงนิวตรอน (ตัน) | 22.04 | 27.22 | 21.71 | 19.85 | 19.40 | 18.77 | 19.28 |
| เส้นผ่าศูนย์กลาง (D) ; ชม | 314.2 | 341.7 | 317.2 | 308.7 | 306.7 | 303.6 | 307.7 |
| ความสูง (H) ; ชม. | 367.8 | 284.7 | 264.3 | 257.2 | 255.6 | 253.0 | 256.4 |
| D/H | 0.85 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |

ตารางที่ 7.5 (ต่อ)

| ข้อมูล | ชนิดของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ | | | | | |
|---|---------------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | MZFR | จากการคำนวณในวิทยานิพนธ์นี้ | | | | |
| ตัวสะท้อนนิวตรอน | | | | | | |
| ด้านบน (ชม.) | 35 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| ด้านล่าง (ชม.) | 35 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| ด้านข้าง (ชม.) | 32 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| จำนวนแท่ง เชื้อเพลิงทั้งหมด (แท่ง) | 4477 | 917 | 927 | 1036 | 1110 | 1148 |
| กำลังเฉลี่ยในเชื้อเพลิง (กิโลวัตต์/กิโลกรัม. UO ₂) | 14 | - | - | - | - | - |
| ความร้อนจากแท่ง เชื้อเพลิงที่ระบายออกมา (วัตต์/ชม. ²) | - | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| กำลังทั้งหมดที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์ (เมกกะวัตต์) | 200 | 41.04 | 38.49 | 41.86 | 44.51 | 45.71 |
| | | | | | | 51.56 |