

การแก้ปัญหการจ่ายโหลดอย่างประหยัดโดยใช้ Excel Solver

นายวรรณ เสงี่ยมวิบูล

สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Email : Poomnui@yahoo.com.

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหการจ่ายโหลดอย่างประหยัด โดยที่พิจารณาเงื่อนไขของการสูญเสียในการส่งกำลังไฟฟ้าและ valve point loading ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยได้ทำการทดลองจากกรณีศึกษา 3 กรณี โดยเปรียบเทียบระหว่างวิธี Excel solver และเจนเนติก ซึ่งจากผลการทดลองทั้งสองวิธีพบว่า วิธีของ Excel solver ได้คำตอบที่ดีทั้ง 3 กรณี

Solving economic dispatch using excel solver

Worapat Sa-ngiumwibul

Sirithorn International Institute of Technology

Email : Poomnui@yahoo.com.

Abstract

This paper proposes the Excel solver for solving an economic dispatch problem in which a transmission loss constraint and a valve point loading characteristic are also included. Three case-studies are considered in order to evaluate the performance of the Genetic algorithm and Excel solver. The three experimental results showed that the Excel solver has a better performance than the Genetic algorithm.

บทนำ

ปัญหาของการจ่ายโหลดอย่างประหยัด (economic dispatch) เป็นปัญหาสำคัญในการลดต้นทุนการผลิตกำลังไฟฟ้าเพื่อให้ได้กำลังผลิตไฟฟ้าเพียงพอกับความต้องการ โดยมีวัตถุประสงค์ให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานความร้อนผลิตกำลังไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุด (optimized fuel consumption)

ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะประกอบด้วย ฟังก์ชันค่าเชื้อเพลิง (fuel cost function) ซึ่งเป็นฟังก์ชันเป้าหมาย (objective function) ที่ต้องการให้ได้ค่าที่น้อยที่สุด ซึ่งโดยปกติแล้วจะเป็นสมการพหุนาม (polynomial)[1] ในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้ค่าเชื้อเพลิงต่ำสุดพบว่า จะมีค่าต่ำสุดเฉพาะที่ (local minima) อยู่หลายค่า จึงทำให้มีนักวิจัยหลายท่านให้ความสนใจในการแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด

ถึงแม้ว่ามีบทความหลายบทความที่นำเสนอการแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดโดยวิธีเจนเนติก[2,3] แต่ในบทความนี้ จะนำเสนอแนวทางอีกแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหา โดยใช้วิธีของ Excel solver ที่สามารถหาคำตอบได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเจนเนติก

ในบทความนี้เป็นการแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดโดยวิธี Excel solver เพื่อศึกษากรณีศึกษา 3 กรณีด้วยกันคือ กรณีที่ 1 เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อน 3 เครื่อง ไม่คิดค่าสูญเสียในระบบ กรณีที่ 2 ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเช่นเดียวกับกรณีที่ 1 แต่รวมค่าสูญเสียในระบบ กรณีที่ 3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อน 13 เครื่อง ไม่คิดค่าความสูญเสียในระบบแต่พิจารณาฟังก์ชันราคาเชื้อเพลิงมีค่า valve point loading โดยแสดงเป็นกำลังไฟฟ้าที่ออกมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและค่าเชื้อเพลิงที่ใช้แต่ละเครื่อง ส่วนสุดท้ายเป็นการเปรียบเทียบระหว่างคำตอบที่ได้จากวิธี Excel solver และเจนเนติก

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด

ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดคือ การหาค่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องผลิตโดยใช้ต้นทุนที่ต่ำที่สุด และกำลังไฟฟ้าโดยรวมจะต้องเท่ากับผลรวมความต้องการกำลังไฟฟ้าของโหลด และกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบ ดังสมการ

$$\sum_{i=1}^N P_i = D + P_2 \quad (1)$$

เมื่อ

P_i คือ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยที่ $P_{i,min} \leq P_i \leq P_{i,max}$

D คือ ความต้องการกำลังไฟฟ้าของโหลด

P_2 คือ กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในระบบ

โดยที่ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตในแต่ละเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนจะมีฟังก์ชันราคาเชื้อเพลิงที่เป็นสมการโพลิโนเมียลระดับที่สอง

$$F_i(P_i) = a_i + b_i P_i + C_i P_i^2 \quad (2)$$

เมื่อ $F_i(P_i)$ คือ ฟังก์ชันราคาเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อน ณ มีหน่วยเป็นราคาต่อชั่วโมง เพื่อให้การจ่ายโหลดอย่างประหยัด กล่าวคือ ต้องการให้ผลรวมของฟังก์ชันราคาเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนต้องมีค่าต่ำสุด ดังสมการที่ (3)

$$F_c = \sum_{i=1}^N P_i \quad (3)$$

เมื่อ F_c คือ ฟังก์ชันเป้าหมาย

Excel Solver

โปรแกรม Excel ซึ่งเป็นโปรแกรมหนึ่งใน Microsoft office ที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมแบบหลายตัวแปร (multi parameter) โดยกำหนดค่าสูงสุดหรือต่ำสุดของเซลล์หนึ่งเซลล์ แล้วแก้ไขเซลล์อื่นมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. กำหนดเซลล์เป้าหมาย (target cell)
2. เลือกค่าสูงสุด ต่ำสุด และค่าเป้าหมาย (search value)
3. เลือกค่าเซลล์ที่ต้องการแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลง (changing cells)
4. กำหนดเงื่อนไข (constraints)

ผลการทดลอง

เพื่อเป็นการทดสอบผู้วิจัยได้ทำการทดสอบแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดจากกรณีปัญหาตัวอย่าง 3 กรณี[3] ในตอนที่ 1 ส่วนตอนที่ 2 เป็นผลการเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างวิธีเจนเนติก และวิธีของ Excel solver

ตอนที่ 1

กรณี 1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อน 3 เครื่อง ระบบต้องการกำลังไฟฟ้า 850 MW ไม่คิดค่าความสูญเสียของระบบ และมีรายละเอียดของแต่ละเครื่องตามสมการที่ 2 ดังตารางที่ 1 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1
ปัญหากรณีที่ 1

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเคลื่อนที่	$P_{i,min}$ (MW)	$P_{i,max}$ (MW)	a_i	b_i	c_i
1	150	600	561	7.92	0.001561
2	100	400	310	7.85	0.00194
3	50	200	78	7.79	0.00482

ตารางที่ 2
ผลการทดสอบกรณีที่ 1

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเคลื่อนที่	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	a_i	b_i	c_i	P_{cons} (MW)	ค่าเชื้อเพลิง ราคา / ชั่วโมง
1	150	600	561	7.92	0.00156	373.35	3735.559
2	100	400	310	7.85	0.00194	350.76	3302.163
3	50	200	78	7.79	0.00482	125.88	1135.021
						850.00	8172.742

กรณี 2 ใช้ข้อมูลในกรณีที่ 1 แต่มีความสูญเสียเข้ามาเพิ่มโดยค่าสูญเสียมีค่าดังสมการที่ 4 ได้
ผลการทดลองในตารางที่ 3

$$P_{Loss} = 0.00003P_1 + 0.00009P_2 + 0.00012P_3 \tag{4}$$

เมื่อ

P_{loss} คือ ค่าสูญเสียกำลังไฟฟ้า
 P_1, P_2, P_3 คือ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตัวที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 3

ผลการทดสอบกรณีที่ 3

NO. Gen	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	a_i	b_i	c_i	P_{gen} (MW)	Fac. P_{loss}	P_{loss} (MW)	P_{cons} (MW)	ค่าเชื้อเพลิง ราคา/ชั่วโมง
1	150	600	561	7.92	0.00156	433.10	0.00003	15.86	433.11	4284.015
2	100	400	310	7.85	0.00194	300.92	0.00009	-	300.92	2847.891
3	50	200	78	7.79	0.00482	131.84	0.00012	-	131.84	1188.78
						865.86			850.00	8320.693

กรณีที่ 3 ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานความร้อน 13 เครื่อง ระบบต้องการกำลังไฟฟ้า 2520 MW ไม่คิดค่าความสูญเสียของระบบแต่พิจารณา valve point loading ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องดังตารางที่ 4 สมการฟังก์ชันราคาเชื้อเพลิง ดังสมการที่ 5 ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 5

$$F_i(P_i) = a_i + b_i P_i + c_i P_i^2 + |e_i \sin[f_i(P_{i,min} - P_i)]| \quad (5)$$

ตารางที่ 4

ปัญหากรณีที่ 3

No. Gen	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	a_i	b_i	c_i	e_i	f_i
1	0	680	550	8.1	0.00028	300	0.035
2	0	360	309	8.1	0.00056	200	0.042
3	0	360	307	8.1	0.00056	200	0.042
4	60	200	240	7.74	0.00324	150	0.063
5	60	200	240	7.74	0.00324	150	0.063
6	60	200	240	7.74	0.00324	150	0.063
7	60	200	240	7.74	0.00324	150	0.063
8	60	200	240	7.74	0.00324	150	0.063
9	60	200	240	7.74	0.00324	150	0.063
10	40	120	120	8.6	0.00284	100	0.084
11	40	120	120	8.6	0.00284	100	0.084
12	55	120	120	8.6	0.00284	100	0.084
13	55	120	120	8.6	0.00284	100	0.084

ตารางที่ 5

ผลการทดสอบกรณีที่ 3

No. Gen	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	a_i	b_i	c_i	e_i	f_i	P_{cons} (MW)	ค่าเชื้อเพลิง ราคา/ชั่วโมง
1	0	680	550	8.1	0.00028	300	0.035	652.09565	6172.86301
2	0	360	309	8.1	0.00056	200	0.042	353.05411	3392.64907
3	0	360	307	8.1	0.00056	200	0.042	353.40634	3391.73882
4	60	200	240	7.74	0.00324	150	0.063	142.26425	1540.41768
5	60	200	240	7.74	0.00324	150	0.063	163.40523	1625.66146
6	60	200	240	7.74	0.00324	150	0.063	142.17122	1540.0075
7	60	200	240	7.74	0.00324	150	0.063	122.58545	1345.23764
8	60	200	240	7.74	0.00324	150	0.063	180.25888	1884.73636
9	60	200	240	7.74	0.00324	150	0.063	139.77477	1527.8492
10	40	120	126	8.6	0.00284	100	0.084	92.13807	1037.01079
11	40	120	126	8.6	0.00284	100	0.084	57.75954	731.894887
12	55	120	126	8.6	0.00284	100	0.084	55.45925	615.541321
13	55	120	126	8.6	0.00284	100	0.084	65.62735	780.503602
2520.00000									25586.1113

ตอนที่ 2

เป็นการเปรียบเทียบกรณีศึกษาทั้ง 3 กรณี โดยใช้วิธี Excel solver และวิธีเจนเนติก
ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6

ตารางการเปรียบเทียบวิธีเจนเนติกและ Excel Solver

กรณี	P (MW)	ค่าเชื้อเพลิง (ราคา / ชั่วโมง)	
		เจนเนติก	Excel solver
1	850	8194.356	8172.742
2	850	8344.593	8320.693
3	2520	25604.572	25586.111

เมื่อเปรียบเทียบคำตอบจากกรณีศึกษาทั้งสามกรณีพบว่า คำตอบที่ได้จากวิธี Excel solver ที่นำเสนอในบทความนี้ ให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีเจเนติก มีการเข้าสู่คำตอบที่ดี และมีขั้นตอนในการหาคำตอบไม่ยุ่งยาก

สรุป

วิธี Excel solver ที่นำเสนอในบทความนี้เป็นการประยุกต์ใช้โปรแกรม Excel ที่มีอยู่ใน Microsoft office พื้นฐานในการแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดที่สามารถให้คำตอบที่ดี สะดวก รวดเร็ว และมีขั้นตอนในการแก้ปัญหาไม่ซับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

- [1] A.J. Wood, B.F. Wollen Bery, "Power generation operation, and control", John Wiley and Sons, New York, 1984.
- [2] D.W. Ross, S.Kim, "Dynamic economic dispointch of generation", IEEE trams.; PAS -99, No. 6, 1980. P.2060 - 2088.
- [3] ธวัช เกิดขึ้น, ธนชาติ นุ่มนนท์, กิตติพงษ์ ดันมิตร. การแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดโดยใช้วิธีเจเนติก, เอกสารรวมเล่นประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 20, พ.ศ. 2540.