บทที่ 6

การประเมินอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ

และค่ากำลังผลิตสำรองที่เหมาะสมในระบบผลิตไฟฟ้า

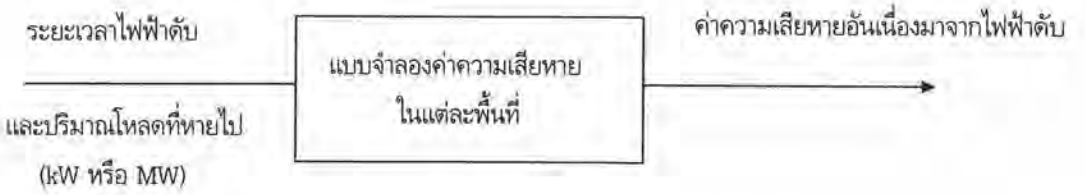
6.1 บทนำ

การพิจารณาวางแผนกำลังผลิตไฟฟ้านอกจากต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เช่น ระดับความเชื่อถือได้ เงินลงทุน ชนิดของโรงไฟฟ้า ฯลฯ แล้วการพิจารณาถึงผลกระทบของแผนการปรับปรุงการผลิตแต่ละแผนที่มีต่อผู้ใช้ก็ถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นในสภาพปัจจุบันด้วย หากพิจารณาถึงผลกระทบที่มีต่อผู้ใช้ในเชิงเศรษฐศาสตร์แล้วโดยทั่วไปจะประเมินออกมาเป็นมูลค่าความเสียหายจากการที่เกิดไฟฟ้าดับขึ้น หากการไฟฟ้าลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าไม่เพียงพอ มูลค่าความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับผู้ใช้ไฟก็อาจจะมีค่าสูง ในทำนองกลับกันหากการไฟฟ้าก่อสร้างโรงไฟฟ้ามากเกินไป ก็อาจจำเป็นต้องลงทุนสูงเกินความเหมาะสม ดังนั้นจุดสมดุลหรือจุดเหมาะสมระหว่างความเพียงพอ (ความเชื่อถือได้) กับมูลค่าความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ใช้ไฟจึงได้รับความสนใจมากในปัจจุบันซึ่งอาจแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ดังรูปที่ 1.1

6.2 มูลค่าความเสียหายอันเนื่องมาจากไฟฟ้าดับ

ในกรณีที่เกิดไฟฟ้าดับขึ้นแต่ละครั้งนั้นโดยทั่วไปมักจะทำให้ผู้ใช้ไฟได้รับผลกระทบหรือเกิดความเสียหายทั้งทางเศรษฐกิจและทางสังคมขึ้น โดยลักษณะและมูลค่าความเสียหายดังกล่าวอาจจะแตกต่างกันไปในผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท ตัวอย่างของความเสียหายทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นในกรณีของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอาจประกอบด้วยการหยุดชะงักของการผลิตสินค้า ค่าจ้างแรงงานที่จะต้องจ่ายโดยไม่มีการทำงานตอบแทน ค่าความเสียหายของวัตถุดิบและเครื่องจักรในกระบวนผลิตและสูญเสียรายได้จากการดำเนินธุรกิจเป็นต้น สำหรับตัวอย่างผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสังคมนั้นประกอบด้วย ความไม่สะดวกสบายในการประกอบกิจกรรม เป็นต้น ในทางสากลการประเมินค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าในส่วนนี้จะประกอบไปด้วยวิธีหลักๆ 3 วิธี[18] คือ 1) การประเมินจากดัชนีทางเศรษฐกิจ หรือ เรียกว่าเป็นการประเมินทางอ้อม (Indirect analytical evaluation) 2) การสำรวจความเสียหายทันทีหลังไฟฟ้าดับ (Case studies of actual backouts) และ 3) การสำรวจข้อมูลจากผู้ใช้ไฟ (Customer survey) โดยวิธีที่เป็นที่ยอมรับกันในปัจจุบันคือวิธีการสำรวจข้อมูลไฟฟ้าดับจากผู้ใช้ไฟโดยตรง ทั้งนี้เนื่องจากมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟที่ได้รับจากการสำรวจนั้นผู้ที่ได้รับความเสียหายซึ่งทราบรายละเอียดดีที่สุดนั้นได้มีส่วนร่วมในการประเมินด้วย

แนวคิดในการประเมินมูลค่าความเสียหายในแต่ละพื้นที่เมื่อเกิดเหตุไฟฟ้าดับขึ้นในแต่ละครั้งนั้น สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6.1 [19]



รูปที่ 6.1 การประเมินมูลค่าความเสียหายอันเนื่องมาจากไฟฟ้าดับ

จากรูปที่ 6.1 จะพบว่าข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการประเมินมูลค่าความเสียหายนั้นประกอบด้วย

1) ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ที่พิจารณา
2) ระยะเวลาไฟฟ้าดับปริมาณโหลดที่หายไป
3) ปริมาณโหลดที่หายไป
4) แบบจำลองความเสียหายของพื้นที่

อย่างไรก็ดีแบบจำลองความเสียหายของแต่ละพื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 6.1 นั้นอาจแตกต่างกันไป ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างระหว่างสัดส่วนของผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละประเภท เช่น พื้นที่ที่มีโรงงานอุตสาหกรรมอยู่มากอาจจะมีแบบจำลองที่แตกต่างจากพื้นที่ที่เป็นที่อยู่อาศัยหรือพื้นที่ธุรกิจ เป็นต้น

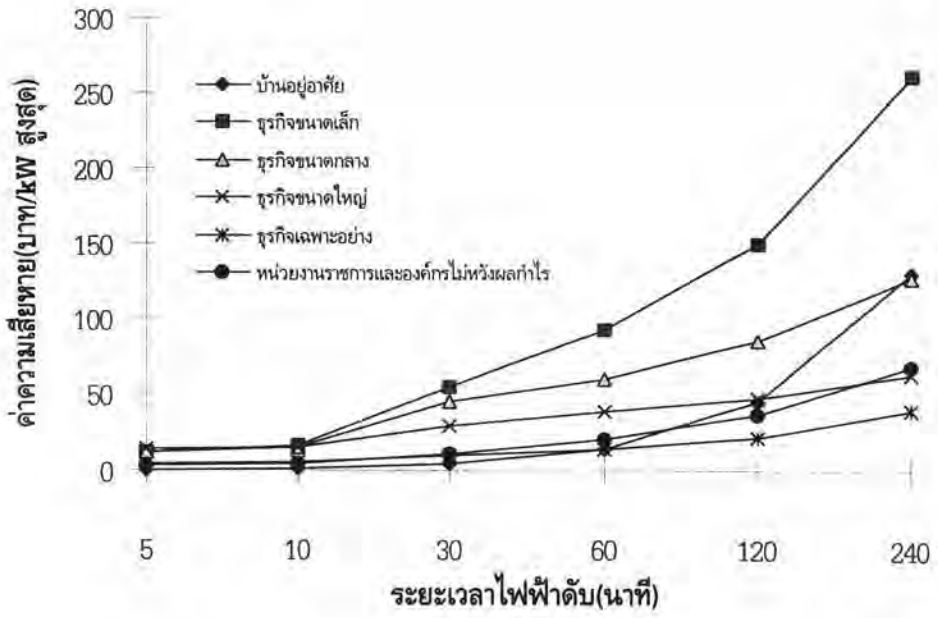
6.3 ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้า

ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้า (Customer Damage Function : CDF) [20,21] แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายอันเนื่องมาจากไฟฟ้าดับของผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละประเภทเทียบกับระยะเวลาไฟฟ้าดับ จากฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้านี้ เราสามารถนำไปสร้างเป็นแบบจำลองค่าความเสียหายในแต่ละพื้นที่ได้ดังรูปที่ 6.1 โดยฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จากการสำรวจข้อมูลที่เกี่ยวกับความเสียหายอันเนื่องมาจากไฟฟ้าดับของผู้ใช้ไฟฟ้าซึ่งจะแบ่งกลุ่มของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีพฤติกรรมและลักษณะการไฟฟ้าที่คล้ายคลึงกันไว้ในประเภทเดียวกัน เช่น กลุ่มผู้อยู่อาศัย กลุ่มอุตสาหกรรม เป็นต้น ซึ่งเราจะเรียกว่าฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละประเภท (Sector Customer Damage Function : SCDF)

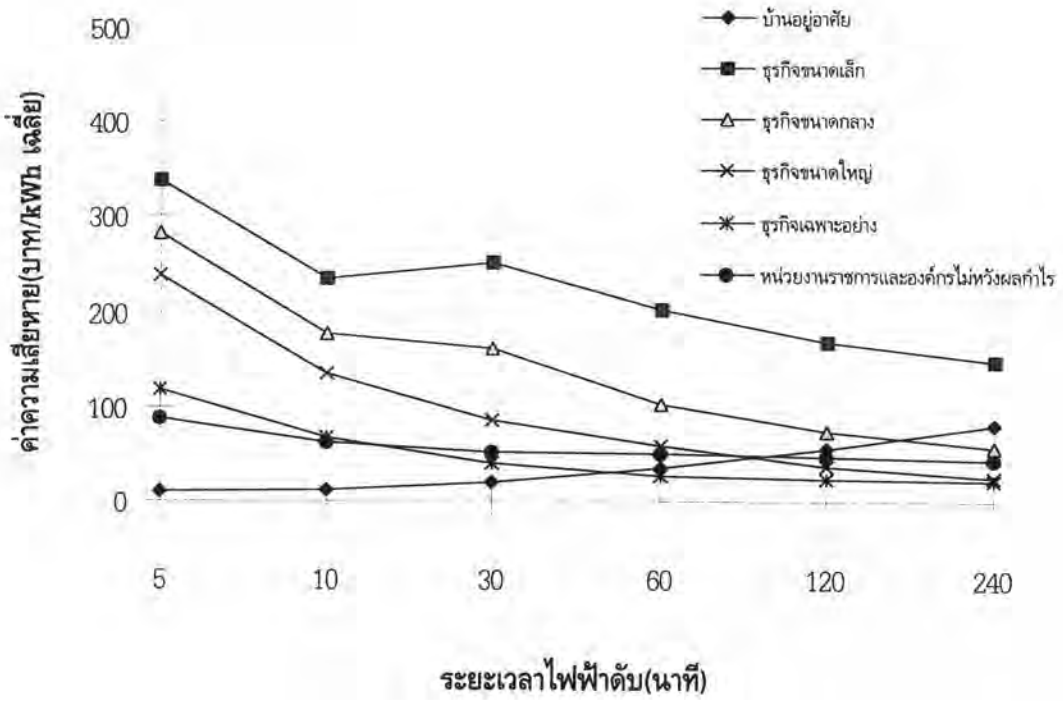
ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละประเภทสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 ประเภทตามโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า [19] ดังนี้

1) บ้านอยู่อาศัย
2) ธุรกิจขนาดเล็ก คือ ผู้ใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 30 กิโลวัตต์
3) ธุรกิจขนาดกลาง คือ ผู้ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ แต่ไม่เกิน 2000 กิโลวัตต์
4) ธุรกิจขนาดใหญ่ คือ ผู้ใช้ไฟฟ้ามากกว่า 2000 กิโลวัตต์ขึ้นไป
5) ธุรกิจเฉพาะอย่าง คือ ธุรกิจการโรงแรม ภัตตาคาร เป็นต้น
6) หน่วยงานราชการและองค์กรไม่หวังผลกำไร

สำหรับแบบจำลองความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละประเภทสามารถพิจารณาได้ 2 แบบคือ มูลค่าความเสียหายต่อกำลังไฟฟ้าสูงสุดและมูลค่าความเสียหายต่อพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย ตัวอย่างแบบจำลองความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละประเภทแสดงได้ดังรูปที่ 6.2 และ 6.3 โดยรูปที่ 6.2 เป็นแบบจำลองความเสียหายแบบมูลค่าความเสียหายต่อกำลังไฟฟ้าสูงสุด ส่วนรูปที่ 6.3 เป็นแบบจำลองความเสียหายแบบมูลค่าความเสียหายต่อพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย



รูปที่ 6.2 แบบจำลองความเสียหายแบบมูลค่าความเสียหายต่อกำลังไฟฟ้าสูงสุด



รูปที่ 6.3 แบบจำลองความเสียหายแบบมูลค่าความเสียหายต่อพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย

โดยทั่วไปผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่จะประกอบไปด้วยผู้ใช้ไฟฟ้าหลายประเภท ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการคำนวณฟังก์ชันความเสียหายของโดยรวมผู้ใช้ไฟฟ้า (Composite Customer Damage Function :CCDF) [20,21] ซึ่งสามารถคำนวณได้การถ่วงน้ำหนักฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละประเภทด้วยสัดส่วนกำลังไฟฟ้าสูงสุดหรือพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ดังตัวอย่างเช่นตารางที่ 6.1 ซึ่งเป็นสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละประเภทและตารางที่ 6.2 เป็นฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละประเภท จากตารางที่ 6.1 และ 6.2 เราสามารถคำนวณฟังก์ชันความเสียหายโดยรวมโดยการถ่วงน้ำหนักตารางที่ 6.2 ด้วยตารางที่ 6.1 ซึ่งผลการคำนวณฟังก์ชันความเสียหายโดยรวมของผู้ใช้ไฟฟ้าแสดงได้ดังตารางที่ 6.3 และรูปที่ 6.4

ตารางที่ 6.1 สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในผู้ใช้แต่ละประเภท

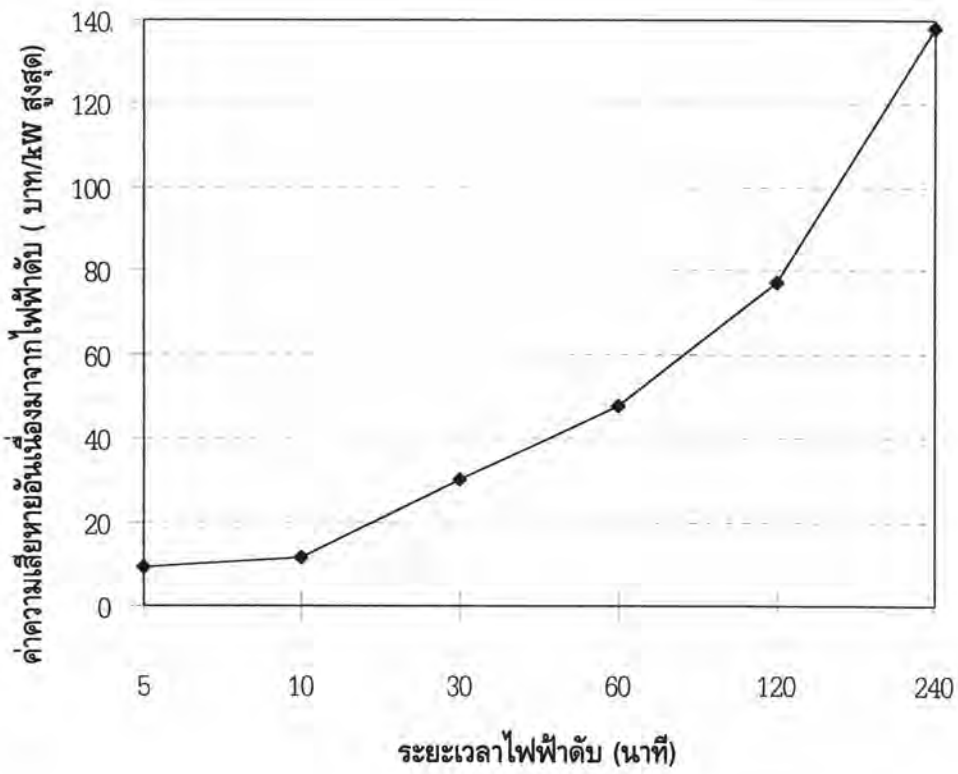
ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า (%)
บ้านอยู่อาศัย	20
ธุรกิจขนาดเล็ก	12
ธุรกิจขนาดกลาง	20
ธุรกิจขนาดใหญ่	25
ธุรกิจเฉพาะอย่าง	10
หน่วยงานราชการ และองค์กรไม่แสวงผลกำไร	13
รวม	100

ตารางที่ 6.2 ฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละประภท(บาท/kW สูงสุด)

ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	ระยะเวลาไฟฟ้าดับ(นาที)					
	5	10	30	60	120	240
บ้านอยู่อาศัย	0.35	1.07	3.95	14.12	44.56	130.86
ธุรกิจขนาดเล็ก	11.75	16.39	54.58	92.78	149.55	261.81
ธุรกิจขนาดกลาง	12.05	15.22	45	59.78	85.54	128.01
ธุรกิจขนาดใหญ่	13.47	15.2	28.31	38.47	46.65	63.26
ธุรกิจเฉพาะอย่าง	4.54	5.22	9.19	13.41	21.74	39.34
หน่วยงานราชการและ องค์กรไม่หวังผลกำไร	3.08	4.28	10.37	20.35	36.33	67.65

ตารางที่ 6.3 ฟังก์ชันความเสียหายโดยรวมของผู้ใช้ไฟฟ้า

ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	ระยะเวลาไฟฟ้าดับ(นาที)					
	5	10	30	60	120	240
บ้านอยู่อาศัย	0.07	0.214	0.79	2.824	8.912	26.172
ธุรกิจขนาดเล็ก	2.35	3.278	10.916	18.556	29.91	52.362
ธุรกิจขนาดกลาง	2.41	3.044	9	11.956	17.108	25.602
ธุรกิจขนาดใหญ่	2.694	3.04	5.662	7.694	9.33	12.652
ธุรกิจเฉพาะอย่าง	0.908	1.044	1.838	2.682	4.348	7.868
หน่วยงานราชการและองค์กรไม่หวังผลกำไร	0.616	0.856	2.074	4.07	7.266	13.53
รวม	9.048	11.476	30.28	47.782	76.874	138.186



รูปที่ 6.4 ฟังก์ชันความเสียหายโดยรวมของผู้ใช้ไฟฟ้า

6.4 การประเมินอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับในระบบผลิตไฟฟ้า

การประเมินอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ(Interrupted Energy Rate :IER) ในระบบผลิตไฟฟ้านั้น สามารถประเมินได้ 2 วิธี [21]คือ วิธีการวิเคราะห์หรือวิธีความถี่และช่วงเวลา (Frequency & Duration Approach) และวิธีมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Method) ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์เนื่องจากวิธีการวิเคราะห์สามารถคำนวณได้รวดเร็วกว่า[21]

6.4.1 แบบจำลองพื้นฐานที่ใช้ในการประเมินค่า IER โดยใช้วิธีการวิเคราะห์หรือวิธีความถี่และช่วงเวลา

6.4.1.1. แบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generation model)

แบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 3 จะนำมาใช้ในการคำนวณค่า IER ซึ่งแบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นจะขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเองไม่ว่าจะเป็นขนาดกำลังผลิต ค่า FOR ค่า Failure rate หรือ Repair rate เป็นต้น

6.4.1.2. แบบจำลองของโหลด (Load model)

แบบจำลองของโหลดที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 4 จะนำมาใช้ในการคำนวณค่า IER นี้ด้วย โดยแบบจำลองของโหลดจะพิจารณาเป็นแบบ Individual state load model ซึ่งจะพิจารณาโหลดเป็นแบบรายวัน

6.4.1.3. แบบจำลองความเสียหาย (Cost model)

แบบจำลองความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าจะพิจารณาเป็นแบบ Composite Customer Damage Function ซึ่งได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 6.3 โดยสามารถคำนวณได้จากแบบจำลองความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละประเภทร่วมกับการกระจายของปริมาณการใช้ไฟฟ้า(Distribution of energy consumption)และค่าความต้องการสูงสุด (Peak demand) ในพื้นที่นั้นๆ

6.4.2 การคำนวณค่า IER

จากการคำนวณตาราง Margin ในบทที่ 5 โดยใช้แบบจำลองของโหลดเป็นแบบ Individual state load model นั้นจะทำให้เราทราบสถานะที่จะเกิดการสูญเสียโหลด ปริมาณโหลดที่สูญเสีย ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการสูญเสียโหลด (Individual probability) และความถี่ในการสูญเสียโหลด (Individual frequency) ของสถานะต่างๆ ทำให้เราสามารถทราบค่าพลังงานที่คาดว่าจะไม่ได้รับการจ่ายไฟฟ้า (Expected Energy Not Supplied: EENS) ซึ่งแสดงได้ดังสมการที่ 6.1

$$Total\ \ EENS = \sum_{i=1}^{N} m_i f_i d_i \qquad (\text{kWh/day หรือ MWh/day}) \qquad (6.1)$$

เมื่อ m_i = ปริมาณโหลดสูญเสีย (MW หรือ kW)

f_i = จำนวนครั้งที่เกิดไฟฟ้าดับของการสูญเสียโหลดที่ m_i

d_i = ระยะเวลาไฟฟ้าดับ (นาที หรือ ชั่วโมง)

N = จำนวนสถานะทั้งหมดที่เกิดโหลดสูญเสีย

โดยที่ d_i สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 6.2

$$d_i = \frac{P_i}{f_i} \qquad (6.2)$$

และค่าความเสียหายทั้งหมดที่คาดว่าจะเกิดขึ้นสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 6.3

$$Total\ expected\ cost = \sum_{i=1}^{N} m_i f_i c_i(d_i) \qquad (\text{Baht/day หรือ \$/day}) \qquad (6.3)$$

ดังนั้นค่า IER สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 6.4

$$Estimated\ IER = \frac{\sum_{i=1}^{N} m_i f_i C(d_i)}{\sum_{i=1}^{N} m_i f_i d_i} \qquad (\text{Baht/kWhr หรือ \$/kWhr}) \qquad (6.4)$$

เมื่อ IER = อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ

$C(d_i)$ = ค่าความเสียหายอันเนื่องมาจากไฟฟ้าดับที่ได้จากแบบจำลองที่ระยะเวลาไฟฟ้าดับเท่ากับ d_i

ดัชนี IER นั้นจะมีค่าที่ค่อนข้างจะคงที่โดยจะไม่แปรผันตามค่าโหลดสูงสุด ค่า Exposure factor ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองโหลดแบบ Individual state laod model [21] โดยจะแสดงผลของดัชนี IER ต่อค่าโหลดสูงสุดและค่า Exposure factor ในบทที่ 7

6.5 การประเมินค่าดัชนีความเชื่อถือได้และค่ากำลังผลิตสำรองที่เหมาะสมในระบบผลิตไฟฟ้า

การประเมินค่าดัชนีความเชื่อถือได้และค่ากำลังผลิตสำรองที่เหมาะสมในระบบผลิตไฟฟ้านั้นเกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายในระบบไฟฟ้า (System cost) ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆคือ ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า (Production cost) และค่าความเสียหายอันเนื่องมาจากไฟฟ้าดับของผู้ใช้ไฟ (Outage cost หรือ Interruption cost) โดยค่าใช้จ่ายในระบบผลิตไฟฟ้านั้นสามารถพิจารณาเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆคือค่าใช้จ่ายที่คงที่ (Fixed cost) ซึ่งเกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพื่อก่อสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ค่าดอกเบี้ย [20] ฯลฯ และค่าใช้จ่ายในส่วนที่สองคือค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Operating cost) โดยค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะสูญเสียไปในส่วนของ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าและค่ากำลังไฟฟ้าความสูญเสียในสายส่งเป็นต้น[20] โดยทั่วไปค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องนี้สามารถคำนวณได้จากผลคูณของค่าพลังงานที่คาดว่าจะจ่ายออกมา (Expected Energy Supplied by Unit: EES) จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องกับค่าใช้จ่ายในการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องนั้นๆ ส่วนค่าความเสียหายอันเนื่องมาจากไฟฟ้าดับสามารถคำนวณได้จากการนำดัชนี IER คูณกับ ดัชนี LOEE หรือ EUE ซึ่งแสดงได้ดังสมการที่ 6.5 โดยดัชนี EUE หรือ LOEE นี้เป็นผลจากการคำนวณโดยใช้แบบจำลองของโหลดเป็นแบบรายชั่วโมงร่วมกับวิธีการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 5

$$C = [IER][EUE] \tag{6.5}$$

เมื่อ C คือ ค่าความเสียหายอันเนื่องมาจากไฟฟ้าดับ

หลังจากทราบค่าความเสียหายอันเนื่องมาจากไฟฟ้าดับแล้วจะสามารถทำการประเมินค่ากำลังผลิตสำรองและค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่เหมาะสมในระบบผลิตไฟฟ้าได้ โดยทำการทดสอบกับแผนการเพิ่มกำลังการผลิตที่มีอยู่แล้วตรวจสอบค่าใช้จ่ายรวมของระบบ (Total cost) ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 1.1 ซึ่งเป็นผลรวมของค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า (Production cost) และค่าความสูญเสียอันเนื่องมาจากไฟฟาดับของผู้ใช้ไฟฟ้า (Interruption cost) ว่าแผนการใดให้ค่าใช้จ่ายรวมของระบบต่ำที่สุด