พลสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

แบบจำลองของสายป้อนปฐมภูมิ

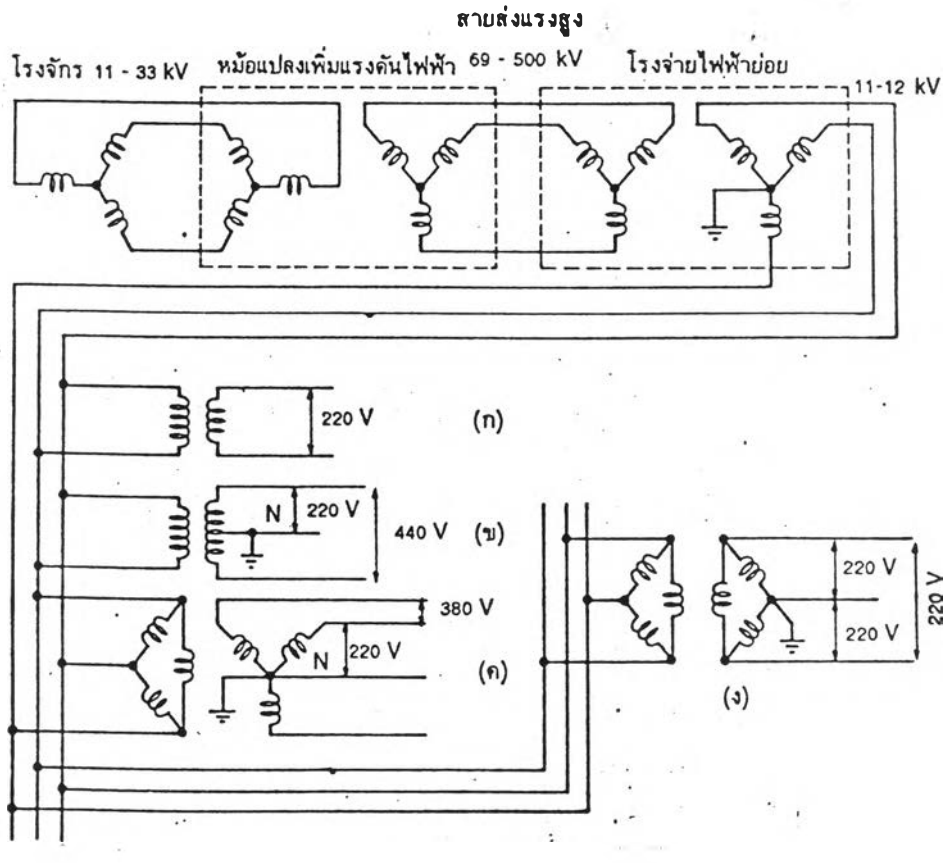
3.1 บทนำ

ในบทนี้จะขอกล่าวถึงวิธีการในการหาแบบจำลองของสายป้อนแบบปฐมภูมิ (Primary Distribution Feeder) โดยที่ในแบบจำลองของสายป้อนแบบปฐมภูมินี้จะทำให้สายป้อนจริงซึ่งมีขนาด ความต้านทาน และรีแอกตีฟโหลด (Reactive Load) แตกต่างกันจะถูกเปลี่ยนไปเป็นสายป้อนสมมูลย์ซึ่งถูกนอร์มัลไลซ์ (Normalized Equivalent Feeder) ซึ่งมีค่าความต้านทานต่อหน่วยความยาวคงที่ หรืออาจจะกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่าวิธีการที่ได้กล่าวมานี้จะทำให้ผลของรอยต่อ (Tapering Effect) บนสายป้อนซึ่งเกิดจากความแตกต่างของขนาดสายป้อนหมดไป และในทำนองเดียวกันจะทำให้ผู้ออกแบบระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Distribution System) สามารถที่จะใช้แบบจำลองอันนี้แสดงให้เห็นถึงรีแอกตีฟโหลดที่มีค่าอยู่จริงบนจุดต่าง ๆ ของสายป้อน โดยไม่จำเป็นที่จะต้องตั้งสมมุติฐานว่าค่าของรีแอกตีฟโหลดที่มีการกระจายอยู่บนสายป้อนมีการกระจายเป็นแบบสม่ำเสมอและต่อเนื่อง ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่าข้อสมมุติฐานอันนี้ไม่เพียงแต่จะผิดความจริงของสายป้อนเท่านั้น แต่ยังทำให้ผลที่ได้จากการคำนวนหาขนาดและตำแหน่งที่จะติดตั้งสำหรับชันต์คะแปซิเตอร์ทั้งแบบค่าตายตัว (Fixed Shunt Capacitor) และแบบสวิตชิง (Switching Shunt Capacitor) มีค่าผิดพลาดเป็นอย่างมาก

3.2 ระบบไฟฟ้าที่ใช้ในปัจจุบัน

ระบบการส่งกำลังไฟฟ้าจากโรงจักรซึ่งผลิตกระแสไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ เป็นไปดังแสดงไว้ในรูปที่ 3-1 ซึ่งเป็นเพียงตัวอย่างหนึ่งในหลายตัวอย่างเท่านั้น จากรูปที่ 3-1 จะเห็นได้ว่าโรงจักรไฟฟ้าจะผลิตแรงดันไฟฟ้าที่ 11-13 kV จากนั้นจะส่งเข้าหม้อแปลงเพิ่มแรงดันไฟฟ้าจะผลิตแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นเป็น 69-500 kV เพื่อให้สามารถส่งกระแสไฟฟ้า

ได้ระยะทางไกล ๆ แรงดันไฟฟ้าที่ค่าสูง ๆ นี้จะส่งไปยังโรงจ่ายไฟฟ้าย่อยตามเมืองต่าง ๆ จากนั้นก็จะแปลงแรงดันไฟฟ้าให้ต่ำลงจนเหลือประมาณ 11-12 kV แล้วส่งไปตามย่านชุมชนต่างๆ จากนั้นก็จะผ่านหม้อแปลงลดแรงดันให้ต่ำลงจนเหลือ 220 V หรือ 380 V ต่อไป ระบบไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ส่งไปยังผู้ใช้ไฟมีดังนี้



รูปที่ 3-1 รูปแสดงระบบการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า

1. ระบบ 1 เฟส 2 สาย แรงดันไฟฟ้า 220 V แบบนี้โดยมากใช้กับที่อยู่อาศัยขนาดเล็กทั่วไป และมักใช้ในเขตที่มิใช่ชุมนุมชน

2. ระบบ 1 เฟส 3 สาย แรงดัน 440/220 V แบบนี้โดยมากจะใช้สำหรับระบบไฟแสงสว่างของถนน (Street Lighting)

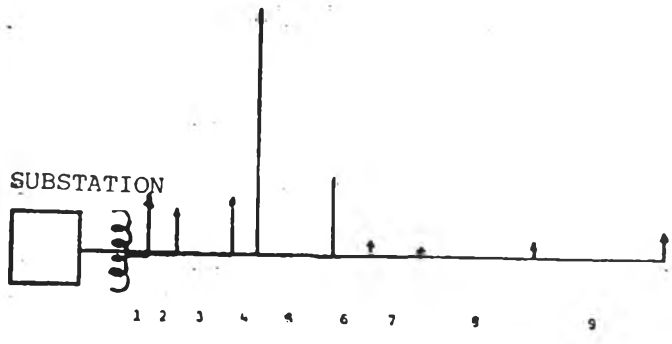
3. ระบบ 3 เฟส 4 สาย แรงดัน 380/220 V ระบบไฟฟ้าแบบนี้มักจะเป็นระบบไฟฟ้าสำหรับโรงงานที่มีเครื่องจักรกลมากหรืออาคารพาณิชย์ หรืออาคารที่ทำการ

4. ระบบ 3 เฟส 3 สาย แรงดัน 220 V มักจะใช้กับโรงงานเป็นส่วนใหญ่และที่อาศัย

อนึ่งในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในระบบสายส่งไฟฟ้าออกเป็น 5 ระบบด้วยกันคือ 500, 230, 132, 115, 69 kV ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าระบบไฟฟ้าที่ใช้กันในประเทศไทยจะมีอยู่หลายระดับแรงดัน ดังนั้นจึงต้องมีการแบ่งระดับแรงดันไฟฟ้าออกเป็นระดับที่ต่าง ๆ กันโดยมาตรฐานนานาชาติที่ยอมรับเป็นส่วนมาก

3.3 แบบจำลองของสายป้อนแบบปฐมภูมิ

จากการวิจัยเกี่ยวกับการติดตั้งคะแปซิเตอร์บนสายป้อนของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ผ่านมาส่วนมากจะมีการตั้งข้อสมมุติฐานซึ่งผิดจากความเป็นจริงสองประการใหญ่ ๆ ก็คือ ประการแรกจะมีการสมมติให้รีแอกตีฟโหลดมีรูปแบบของการกระจายเป็นแบบสม่ำเสมอตลอดสายป้อน ส่วนประการหลังก็คือ มีการกำหนดให้สายป้อนที่จะนำมาทำการวิเคราะห์นั้นมีขนาดเดียวกันตลอดสาย แต่ในสภาพความเป็นจริงแล้วการกระจายของโหลดบนสายป้อนไม่ได้มีการกระจายแบบสม่ำเสมอเท่ากันทุก ๆ จุดบนสายป้อน อีกทั้งขนาดของสายป้อนเองก็ตามก็มักจะมีขนาดของสายแตกต่างกันออกไป ซึ่งขนาดของสายนี้จะถูกกำหนดได้โดยขนาดของโหลดที่สายจะต้องถูกนำไปใช้ด้วย ในรูปที่ 3-2 จะแสดงให้เห็นถึงสายป้อนจริงซึ่งมีขนาดแตกต่างกัน 5 ขนาด และยังได้ถูกแบ่งออกเป็น 9 ส่วนย่อย ๆ อีก สายป้อนนี้ถูกใช้งานกับระบบไฟฟ้า 23 kV โดยได้มีการแสดงให้เห็นถึงรีแอกตีฟโหลดที่จ่ายไปยังแต่ละจุด สำหรับสายป้อนที่มีขนาดเท่ากันจะแสดงให้เห็นโดยการใช้เส้นที่มีความกว้างเท่า ๆ กัน



รูปที่ 3-2 รูปสายป้อนประจุมูมิสามเฟสซึ่งใช้ในระบบไฟฟ้า 23 kV

ตารางที่ 3-1 เป็นตารางที่จะแสดงให้เห็นถึงขนาดของสายไฟฟ้า ค่าความต้านทาน และค่าความยาวในหน่วยไมล์ของส่วนต่าง ๆ ในสายป้อน และตารางที่ 3-2 จะเป็นตารางที่แสดงให้เห็นถึงรีแอกตีฟโหลดที่เกิดขึ้นที่ปลายของสายป้อนในแต่ละส่วน

ตารางที่ 3-1 ข้อมูลตัวอย่างของสายป้อนแบบปฐมภูมิ

ส่วนที่	ขนาดสาย	ค่าความต้านทาน (โอห์ม/ไมล์)	ความยาว (ไมล์)
1	300 CU	0.1957	0.63
2	336.4 Al	0.2803	0.88
3	2/0 CU	0.4390	1.70
4	2 CU	0.8622	0.81
5	2 CU	0.8622	2.30
6	2 CU	0.8622	1.05
7	4 CU	1.3701	1.50
8	4 CU	1.3701	3.50
9	4 CU	1.3701	3.90

ตารางที่ 3-2 รีแอกตีฟโหลดที่ปลายสายป้อนในแต่ละส่วน

ส่วนที่	รีแอกตีฟโหลดที่ปลายสาย (kVAr)
1	460
2	340
3	446
4	1840
5	600
6	110
7	60
8	130
9	200

ดังนั้นจากข้อมูลที่กำหนดให้ก็คือ สายป้อนซึ่งอาจจะมีขนาดเท่ากันหมดทั้งสายหรืออาจจะไม่เท่ากันก็ได้ การกระจายของรีแอกตีฟโหลดบนสายป้อนซึ่งไม่จำเป็นว่าจะต้องมีการกระจายเป็นแบบเท่ากันตลอดสาย แต่รีแอกตีฟโหลดอาจจะเป็นแบบเฉพาะแห่ง (Concentrated) เพื่อที่จะทำการดัดแปลงวิธีการที่มีทฤษฎีรองรับอยู่แล้ว มาเปลี่ยนสายป้อนจริงให้กลายเป็นสายป้อนแบบ Equivalent Uniform Feeder ซึ่งมีขนาดหนึ่งหน่วย จะสามารถกระทำได้โดยใช้ขั้นตอนดังต่อไปนี้คือ

1. สมมติว่าเรามีสายป้อนอยู่ k ส่วน เราจะทำการเลือกค่าความต้านทาน r_j ซึ่งเป็นค่าของความต้านทานในหน่วยโอห์มต่อไมล์ของสายป้อนส่วนที่ j ให้เป็นค่าความต้านทานในหน่วยโอห์มต่อไมล์ของสายป้อนแบบ Equivalent Uniform Feeder หลังจากนั้นจะทำการดัดแปลงค่าความยาวจริงของสายป้อน L_i โดยที่ i มีค่าตั้งแต่หนึ่งจนถึงส่วนสุดท้ายของสายป้อน และ i มีค่าไม่เท่ากับ j ให้เป็นค่าความยาวของส่วนที่ i ของสายป้อนแบบ Equivalent Uniform Feeder; L_{ui} โดยที่

$$L_{ui} = L_i * r_i / r_j \qquad ; i = 1,2,\ldots,k \qquad (3.1)$$

โดยที่ L_{ui} = ค่าความยาวในหน่วยไมล์ของส่วนที่ i ของสายป้อนแบบ Equivalent Uniform Feeder

L_i = ค่าความยาวจริงของสายป้อน

r_i = ค่าความต้านทานของสายป้อนในส่วนที่ i

r_j = ค่าความต้านทานของสายป้อนในส่วนที่ j

2. สำหรับขั้นตอนนี้ จะเป็นขั้นตอนในทำการหาความยาวทั้งหมดของสายป้อนแบบ Equivalent Uniform Feeder ในหน่วยไมล์ ซึ่งจะเขียนแทนด้วยสัญญลักษณ์ L_u และสามารถหาได้โดยใช้สมการ

$$L_u = \sum_{i=1}^{k} L_i r_i / r_s$$

$$= \sum_{i=1}^{k} L_{ui} \qquad (3.2)$$

โดยที่ L_u = ค่าความยาวทั้งหมดของสายป้อนแบบ Equivalent Uniform Feeder

เมื่อหารความยาวแต่ละส่วนของ L_{ui} ด้วย L_u ก็จะได้สายป้อนแบบ Normalized Equivalent Uniform Feeder ซึ่งมีความยาวหนึ่งหน่วยและมีค่าความต้านทานสม่ำเสมอ สำหรับค่าความต้านทานในหน่วยโอห์มต่อไมล์แบบกระจายอย่างสม่ำเสมอจะสามารถหาได้โดย

$$r = \sum_{i=1}^{k} L_i r_i \qquad (3.3)$$

โดยที่ r = ค่าความต้านทานในหน่วยโอห์มต่อไมล์แบบกระจายอย่างสม่ำเสมอ

ตัวอย่างต่อไปนี้จะแสดงให้เห็นถึงวิธีการหาค่าต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นอย่างละเอียด โดยจะใช้ข้อมูลตัวอย่างจากตารางที่ 3.1 และ 3.2 ดังต่อไปนี้

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> ในกรณีนี้จะเลือก $r_s = r_a = 0.8622$ ohm/mile ให้เป็นค่าความต้านทานในหน่วยโอห์มต่อไมล์ของสายป้อนแบบ Equivalent Uniform Feeder ต่อจากนั้นจะทำการหาค่าของความยาวในหน่วยไมล์ของส่วนที่ i ของสายป้อนแบบ Equivalent Uniform Feeder โดยที่

$$L_{ui} = L_i * r_i / r_j \qquad ; j = 1,2,\ldots,9$$

$L_{u1} = 0.63*0.1957/0.8622 = 0.1430$

$L_{u2} = 0.88*0.2803/0.8622 = 0.2861$

$L_{u3} = 1.70*0.4390/0.8622 = 0.8656$

$L_{u4} = 0.81*0.8622/0.8622 = 0.8100$

$L_{u5} = 2.30*0.8622/0.8622 = 2.3000$

$L_{u6} = 1.05*0.8622/0.8622 = 1.0500$

$L_{u7} = 1.50*1.3701/0.8622 = 2.3837$

$L_{u8} = 3.50*1.3701/0.8622 = 5.5618$

$L_{u9} = 3.90*1.3701/0.8622 = 6.1974$

ขั้นตอนที่ 2 ในตอนนี้จะทำการหาค่าของความยาวทั้งหมดในหน่วยไมล์ของสายป้อนแบบ Equivalent Uniform Feeder ได้โดย

$$L_u = \sum_{i=1}^{9} L_{ui}$$

$= 0.143+0.2861+0.8656+0.81+2.3+1.05+2.3837+5.5618+6.1974$

$= 19.5977$

ขั้นตอนที่ 3 เป็นขั้นตอนในการหาความยาวในแต่ละส่วนของสายป้อนแบบ Normalized Equivalent Uniform Feeder

$L_{EQ1} = 0.1430/19.5977 = 0.0073$

$L_{EQ2} = 0.2861/19.5977 = 0.0146$

$L_{EQ3} = 0.8656/19.5977 = 0.0442$

$L_{EQ4} = 0.8100/19.5977 = 0.0413$

$L_{EQ5} = 2.3000/19.5977 = 0.1174$

L_{E06} = 1.0500/19.5977 = 0.0536

L_{E07} = 2.3837/19.5977 = 0.1216

L_{E08} = 5.5618/19.5977 = 0.2838

L_{E09} = 6.1974/19.5977 = 0.3162

ขั้นตอนที่ 4 จะเป็นขั้นตอนในการหาค่าความต้านทานในหน่วยโอห์มต่อไมล์ของสายป้อนแบบ Normalized Equivalent Uniform Feeder ที่มีความยาวหนึ่งหน่วยได้จากสมการ

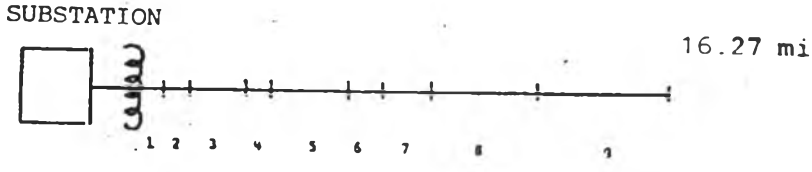
$$r = \sum_{i=1}^{9} L_i r_i$$

= 0.63*0.1957+0.88*0.2803+1.7*0.439+0.81*0.8622+
2.3*0.8622+1.05*0.8622+1.5*1.3701+3.5*1.3701+
3.9*1.3701

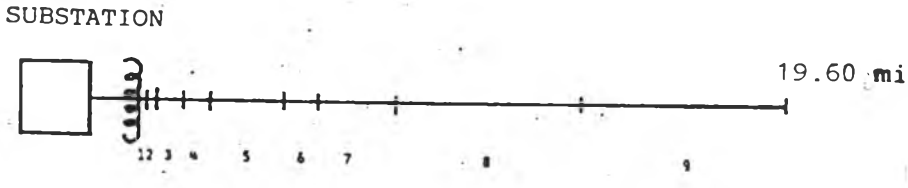
= 16.8971 โอห์ม ต่อ หนึ่งหน่วยความยาว

จากการนำวิธีการดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นมาทำการเปลี่ยนสายป้อนจริงให้กลายเป็นสายป้อนแบบ Normalized Equivalent Uniform Feeder ซึ่งมีความยาวหนึ่งหน่วยนั้นมาแสดงให้เห็นโดยใช้ตัวอย่างที่ผ่านมา ทำให้สามารถแสดงการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนสายป้อนจริงให้เห็นอย่างแจ่มแจ้งได้ดังปรากฏในรูปที่ 3-3, 3-4 และ 3-5 ภายใต้การพิจารณาอย่างละเอียดจะเห็นได้ว่า ความยาวจริงในแต่ละส่วนของสายป้อนเมื่อเทียบกับส่วนอื่น ๆ แล้ว จะมีการขยายขึ้น ลดลง หรือ ไม่เปลี่ยนแปลงหลังจากที่เราทำการเปลี่ยนรูปสายป้อนจริงให้กลายเป็นสายป้อนแบบ Equivalent Feeder จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ จะขึ้นกับอัตราส่วน r_i/r_s ซึ่งจากผลการเปลี่ยนแปลงอันนี้เองจะนำไปถึงผลตามมาที่น่าสนใจอันหนึ่งคือ ตามข้อสมมุติฐานซึ่งได้ถูกตั้งขึ้นโดยผลงานการวิจัยของนักวิจัยหลายท่านที่ผ่านมาเกี่ยวกับเรื่องนี้ ส่วนมากจะมีการตั้งสมมุติฐานโดยที่จะสมมติให้สายป้อนซึ่งมีขนาดต่าง ๆ กันและมีการกระจายของโหลดเป็นแบบสม่ำเสมอตลอดสายป้อน แต่เมื่อได้ทำการเปลี่ยนแปลงสายป้อนให้เป็นสายป้อนแบบ Equivalent Feeder แล้วจะเห็นได้ว่า

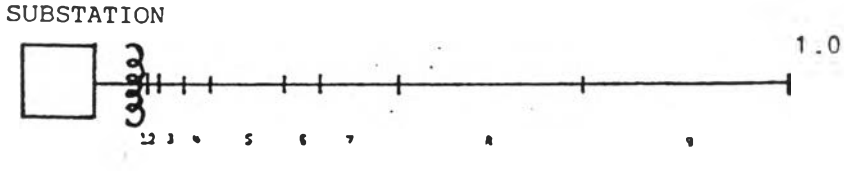
การกระจายของโหลดอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงจากสม่ำเสมอไปสู่แบบไม่สม่ำเสมอได้ ทำให้ข้อสมมุติฐานที่ได้ถูกตั้งขึ้นมาข้างต้นกับผลที่ได้ออกมานั้นมีการขัดแย้งกันเกิดขึ้น ซึ่งจะเป็นผลทำให้การวิเคราะห์ถึงผลต่าง ๆ ผิดพลาดไปด้วย สำหรับการวิเคราะห์ที่ได้กล่าวมาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้นั้น โหลดแบบเฉพาะที่ (Discrete) จะถูกกำหนดให้อยู่ที่ปลายของแต่ละส่วนของสายป้อน และเราจะเรียกจุดนี้ว่า จุดโหลด (Load Point)



รูปที่ 3-3 รูปแสดงสายป้อนจริง



รูปที่ 3-4 รูปแสดงสายป้อนสมมูลย์ที่มีความต้านทาน r = 0.8622 โอห์ม/ไมล์



รูปที่ 3-5 รูปแสดงสายป้อนแบบ Normalized Equivalent Uniform Feeder ซึ่งมีความยาวหนึ่งหน่วย และมีความต้านทาน r = 16.8971 โอห์ม/หนึ่งหน่วยความยาว

3.4 การกระจายของกระแสรีแอกตีฟซึ่งถูกนอร์มัลไลท์

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้ว่า วิธีการที่ใช้ในที่นี้จะไม่ต้องการสมมุติฐานใด ๆ เกี่ยวกับการกระจายของโหลดบนสายป้อน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าโหลดที่กระจายอยู่บนสายป้อนอาจจะมีการกระจายแบบสม่ำเสมอ (Uniform) หรือ แบบเป็นจุดเฉพาะที่ (Concentrated) ก็ได้ ทำให้ผู้วางแผนงานเกี่ยวกับระบบจำหน่ายสามารถที่จะนำวิธีการนี้ไปใช้กับโหลดที่มีการกระจายอยู่จริงในทางปฏิบัติ ซึ่งผลที่ตามมาก็คือ ทำให้ค่าคะแปซิเตอร์ที่จะถูกออกแบบจะมีทั้งขนาดและตำแหน่งติดตั้งมีความถูกต้องตรงตามความเป็นจริงมากกว่าวิธีการเดิม ๆ ซึ่งจะใช้วิธีการประมาณเท่านั้น

ในตอนนี้จะขอพิจารณาถึงรีแอกตีฟโหลด 3 เฟส ซึ่งมีการกระจายเป็นแบบไม่สม่ำเสมอ ดังตัวอย่างที่ได้แสดงให้เห็นข้างต้นตามตารางที่ 3-2 โดยการกำหนดให้รีแอกตีฟโหลดซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาบนสายป้อนมีสัญลักษณ์เป็น $I_s(x,t)$ และกำหนดให้ว่าค่า $I_s(x,t)$ นี้จะเป็นฟังก์ชันของตัวแปรอิสระสองตัวกล่าวคือ

$$I_s(x,t) = I_s(t)*F(x) \qquad (3.4)$$

โดยที่ $I_s(t)$ = กระแสซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา (Time varying) ซึ่งเกิดขึ้นที่สถานีจ่ายไฟฟ้าย่อย

x = ระยะทางที่วัดบนสายป้อนแบบ Normalized Equivalent Uniform Feeder โดยวัดจากสถานีจ่ายไฟฟ้าย่อย; $0<x<1$

$F(x)$ = Normalized Feeder Reactive Current Density

I_s = ค่าสูงสุดของกระแสรีแอกตีฟที่ป้อนเข้าสายป้อนที่ปลายสุดของสายป้อนที่สถานีจ่ายไฟฟ้าย่อย

$I(x)$ = Reactive Current Density ที่ระยะทาง x

$f(x)$ = Normalized Reactive Current Density = $I(x)/I_s$

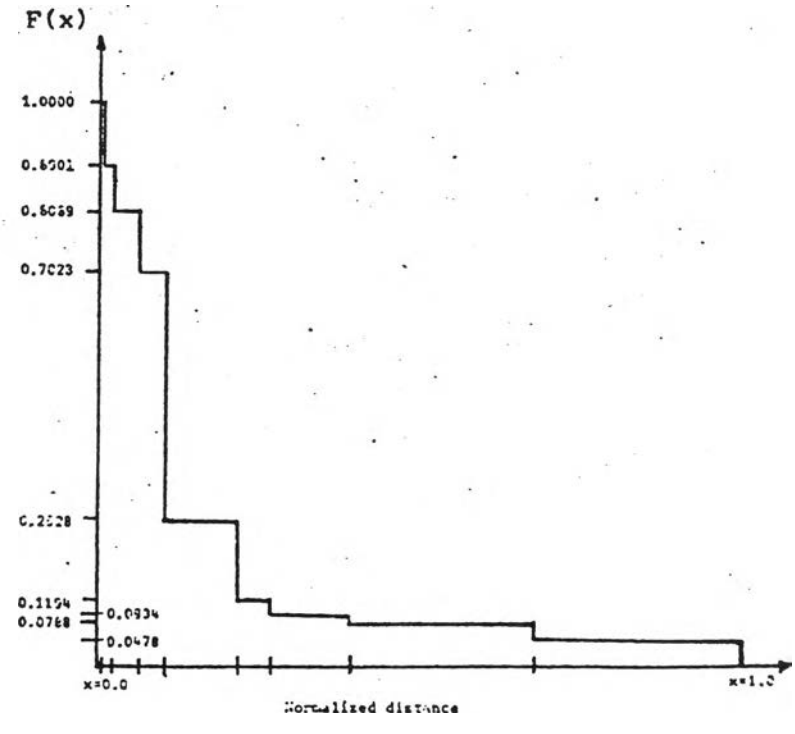
สำหรับกรณีที่โหลดเป็นโหลดแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Load)

$$F(x) = \sum_{x \le \alpha \le 1} I(\alpha)/I_s = \sum_{x \le \alpha \le 1} f(\alpha) \qquad (3.5)$$

สำหรับกรณีที่โหลดมีการกระจายเป็นแบบต่อเนื่อง (Contineous Load)

$$F(x) = \int_x^1 I(\alpha)/I_s \, d\alpha = \int_x^1 f(\alpha) \, d\alpha \qquad (3.6)$$

จากตัวอย่างที่ผ่านมาเราสามารถแสดงรูปของ F(x) ได้ดังรูปที่ 3-6 โดยใช้การกระจายของกระแสจากตัวอย่างที่ผ่านมา



รูปที่ 3-6 ฟังก์ชันกระแสรีแอกตีฟซึ่งถูกนอร์มัลไลซ์ F(x)

3.5 ลักษณะของโหลด

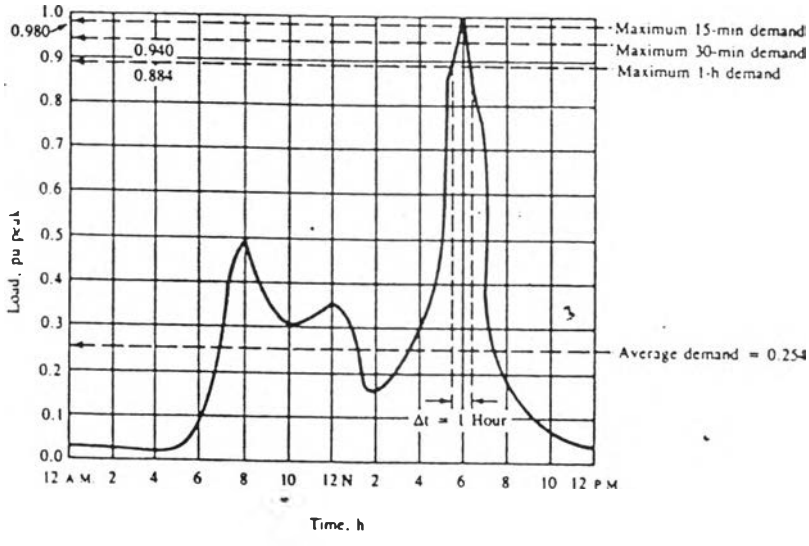
ก่อนที่จะกล่าวถึงลักษณะของโหลดที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์นี้ จะขอกล่าวถึงนิยามต่าง ๆ ที่จำเป็นที่จะต้องกราบก่อน เพื่อความสะดวกในการที่จะทำความเข้าใจในตอนต่อไป

ดีมานด์ (Demand) ของระบบคือโหลดที่ระบบจ่ายออกโดยเฉลี่ยภายใต้ช่วงเวลาขณะใดขณะหนึ่ง ซึ่งโหลดอาจจะมีหน่วยในรูปของ กิโลวาร์, กิโลวัตต์, กิโลแอมแปร์, กิโลโวลต์แอมแปร์, หรือ แอมแปร์ ก็ได้

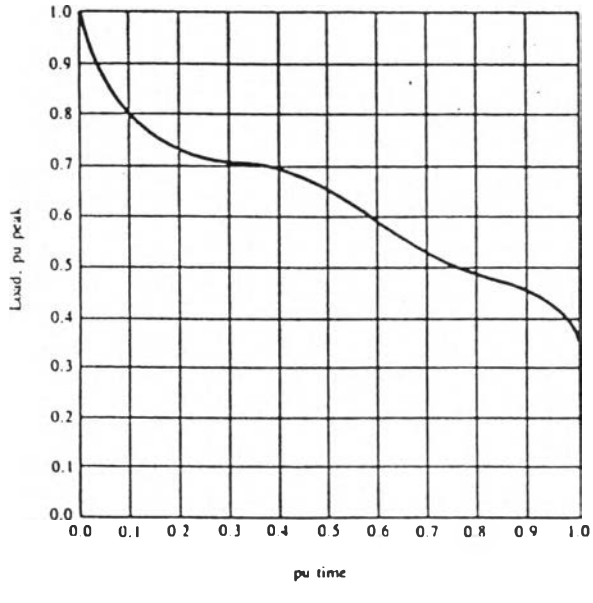
ช่วงเวลาดีมานด์ (Demand Interval) เป็นช่วงเวลาซึ่งโหลดถูกนำมาเฉลี่ย ซึ่งช่วงเวลานี้อาจจะเป็นเวลา 15 นาที, 30 นาที, 1 ชั่วโมง, หรือ แม้แต่จะยาวกว่านี้ก็ได้ ในบางกรณีค่าดีมานด์ในช่วงเวลา 15 และ 30 นาทีอาจจะมีค่าเหมือนกันก็ได้

เมื่อกล่าวถึงดีมานด์ควรจะกล่าวถึงดีมานด์ในช่วงเวลา Δt ใด ๆ ในรูปที่ 3-7 จะแสดงให้เห็นถึง Daily Demand Variation Curve หรือ Load Curve ซึ่งเป็นฟังก์ชันของช่วงเวลาของดีมานด์ ควรจำไว้ว่าการเลือกของ Δt และ t จะขึ้นกับเหตุการณ์ที่จะนำไปใช้งาน ในบางครั้งโหลดอาจจะถูกแสดงโดยการใช้ค่าต่อหน่วย (Per Unit, pu) ของโหลดสูงสุดของระบบ ตัวอย่างเช่น ค่าดีมานด์สูงสุด 15 นาทีมีค่า 0.980 pu ดังแสดงให้เห็นดังรูปที่ 3-7 จากข้อมูลในรูปที่ 3-7 จะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3-8 โดยให้เวลาอยู่ในรูปต่อหน่วยของเวลาทั้งหมด ส่วนโค้งจะถูกสร้างขึ้นโดยเลือกค่าสูงสุดของโหลดแล้วต่อกันโดยใช้เส้นโค้ง เราเรียกเส้นโค้งนี้ว่า Load Duration Curve ซึ่งเส้นโค้งนี้อาจจะเขียนในลักษณะต่อวัน, ต่ออาทิตย์, หรือต่อปีก็ได้ แต่ถ้าเส้นโค้งนี้ถูกเขียนโดยการใช้เวลา 8760 ชั่วโมง ซึ่งค่านี้จะเป็นค่าของโหลดในช่วงเวลาหนึ่งปี เราเรียกว่า Annual Load Duration Curve

1179132251



รูปที่ 3-7 Daily Demand Variation Curve



รูปที่ 3-8 Load Duration Curve

Load Factor เป็นอัตราส่วนของโหลดเฉลี่ย (Average Load) ภายใต้เวลาที่กำหนดให้ช่วงหนึ่ง ต่อ โหลดสูงสุดที่เกิดขึ้นภายใต้ช่วงนั้น ดังนั้นสามารถที่จะแสดงให้เห็นในลักษณะสมการได้เป็น

$$L_f = \text{Average Load/Peak Load}$$
$$= (\text{Average Load}*T)/(\text{Peak Load}*T)$$
$$= \text{Unit served}/(\text{Peak Load}*T) \qquad (3.7)$$

โดยที่ T = เวลาในหน่วยวัน, อาทิตย์, เดือน, หรือ ปี

ถ้าคาบเวลา T ยิ่งมีค่าสูงขึ้น จะทำให้ค่า Load Factor มีค่าลดลง เนื่องจากค่าดีมานด์จะมีค่ามากที่สุดจะเพิ่มขึ้นเหมือนกัน การใช้ของพลังงานจะครอบคลุมเวลายาวนานกว่า และทำให้โหลดเฉลี่ยมีค่าลดลง ในความเป็นจริง $0<L_f<1$ ดังนั้น

$$\text{Annual Load Factor} = \frac{\text{Total Annual Energy}}{\text{Annual Peak Demand} * 8760} \qquad (3.8)$$

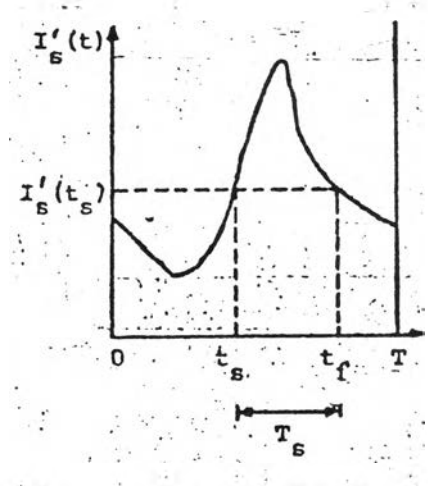
เนื่องจากคะแปซิเตอร์แบบสวิตชิงจะต้องถูกนำมาพิจารณาด้วย ดังนั้นเราจะต้องพิจารณาถึงกระแสซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา $I_c(t)$ สำหรับการที่จะเลือกใช้ Daily Load Profile หรือ Load Duration Curve ขึ้นอยู่กับชนิดของคำตอบที่เราต้องการ กรณีที่ต้องการที่จะหาเวลาในการสวิตชิงประจำวันที่เหมาะสมที่สุดของคะแปซิเตอร์แบบสวิตชิง เราจะใช้ Daily Load Profile ในการหาค่าคะแปซิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด แต่ถ้าต้องการเพียงแต่การหาช่วงเวลาที่คะแปซิเตอร์แบบสวิตชิงจะถูกต่ออยู่กับระบบ จะใช้ Daily Load Profile หรือ Load Duration Curve ก็ได้ในการวิเคราะห์ ซึ่งชนิดของข้อมูลที่ต้องการในการทำการวิเคราะห์นี้จะขึ้นกับขั้น (Stage) ในกระบวนการทำการตัดสินใจของผู้ตัดสินใจ ตัวอย่างเช่น สำหรับขั้นการวางแผน ควรจะใช้ Load Duration Curve มาในการวิเคราะห์ เนื่องจากว่าจะมีเรื่องเกี่ยวกับความไม่แน่นอนของข้อมูลมาเกี่ยวข้อง ถ้ากำหนดให้

T = Duration of Reactive Load Cycle

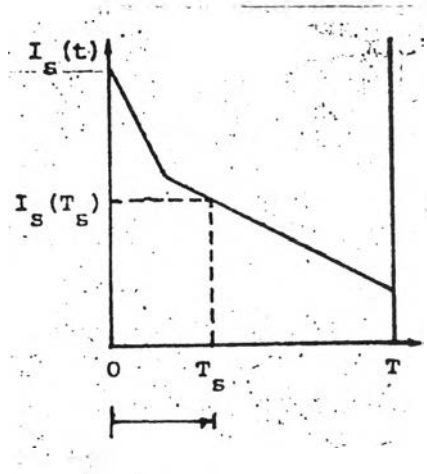
L_f = Load Factor

T_s = ช่วงเวลาที่คะแปซิเตอร์แบบสวิตชิงอยู่ในระบบ

L_{fs} = Load Factor ภายใต้ช่วงเวลา T_s (ถึงแม้ว่า Load Factor, L_{fs} จะขึ้นกับช่วงเวลา T_s ซึ่งควรจะเขียนเป็น $L_{fs}(T_s)$ แต่จะใช้สัญญลักษณ์ L_{fs} แทนในที่นี้ เพื่อความง่ายในการเขียนและเนื่องจากไม่มีความสับสนของสัญญลักษณ์เกิดขึ้นในที่นี้ด้วย)



(a) Daily Load Profile



(b) Load Duration Curve

รูปที่ 3-9 Time Varying Current ที่เกิดขึ้นบนสายป้อน

จากรูปที่ 3-9 แสดงให้เห็นถึง Daily Load Profile, $I_p'(t)$ และ Load Duration Curve, $I_p(t)$ ซึ่งสามารถหาได้โดยง่ายจาก $I_p'(t)$ ส่วนสัญญลักษณ์ t_p และ t_r จะแสดงให้เห็นถึงเวลาที่คะแปซิเตอร์แบบสวิตชิ่งจะถูกต่อเข้าและถูกตัดออกจากระบบตามลำดับ สำหรับช่วงเวลาที่สวิตชิ่งคะแปซิเตอร์ถูกต่อเข้ากับระบบจะถูกแทนด้วย T_p โดยไม่ปราศจากความเป็นธรรมดา (Without Loss of Generality) ในการวิเคราะห์ในบทต่อ ๆ ไปเราจะใช้ Load Duration Curve และค่านอร์มอลไลซ์ของ I_p แต่อย่างไรก็ตาม เราจะสามารถหาค่าตอบเดียวกันนี้ได้โดยการใช้ Daily Load Profile เช่นกัน