b 00020480

หนังสือนี้เป็นสมบัติของห้องสมุด
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตศรีวิชัย
ผู้ใดพบเห็นกรุณาส่งคืน จักขอบคุณยิ่ง

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย

ศึกษาแนวทางการควบคุมภาวะการใช้ไฟฟ้าในสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตศรีวิชัย

Study of Electrical Using Control in Rajamangala Institute of Technology Srivijaya Campus

049974 (๒)
621.377
ว549
2548
ร.๒

ผู้วิจัย

นายวิชิต มาลาเวช

ทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดินปี 2548
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตศรีวิชัย

แบบ วช. 6 ก / ท

แบบสรุปผลการวิจัย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ชื่อโครงการวิจัย...ศึกษาแนวทางการควบคุมภาวะการใช้ไฟฟ้าในสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตศรีวิชัย

Study of Electrical Using Control in Rajamangala Institute of Technology Srivijaya Campus

ผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัย

<u>หัวหน้าโครงการ</u>

ชื่อ นายวิชิต นามสกุล มาลาเวช

คุณวุฒิ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) อายุ 30 ปี

ตำแหน่ง ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายวิจัยและฝึกอบรม

สังกัด สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตศรีวิชัย

<u>ผู้ร่วมวิจัย</u>

ชื่อ นายพิทักษ์ นามสกุล บุญนุ่น

คุณวุฒิ Master of Engineering (Electrical) อายุ 29 ปี

ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกอิเล็กทรอนิกส์

สังกัด สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตศรีวิชัย

<u>ผู้ร่วมวิจัย</u>

ชื่อ นายคมสัน นามสกุล คำบรรลือ

คุณวุฒิ ครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์) อายุ 26 ปี

ตำแหน่ง ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายกิจการพิเศษ

สังกัด สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตศรีวิชัย

ผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ นายจอมธนคุณ นามสกุล เหมทานนท์

คุณวุฒิ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (Electronics Engineering) อายุ 29 ปี

ตำแหน่ง อาจารย์ แผนกอิเล็กทรอนิกส์

สังกัด สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตศรีวิชัย

ผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ นายมารุต นามสกุล รักษา

คุณวุฒิ วิศวกรรมศาสตรบัญฑิต (ไฟฟ้าสื่อสาร) อายุ 25 ปี

ตำแหน่ง อาจารย์ แผนกเทคนิคคอมพิวเตอร์

สังกัด สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตศรีวิชัย

ที่ทำงาน (ที่สามารถติดต่อได้สะดวก)

99 ม.4 ต.ท้องเนียน อ.ขนอม จ.นครศรีธรรมราช 80210

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตศรีวิชัย

ระยะเวลาทำการวิจัย.....1 ปี

ความเป็นมา/ปัญหาในการวิจัย

ค่าไฟฟ้าเป็นตัวแปรหนึ่งที่เป็นตัวกำหนดต้นทุน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสนใจในการลดค่าใช้จ่ายและเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าอย่างยั่งยืน จากที่ผ่านมาไม่มีหน่วยงานใดที่จะควบคุมการใช้ไฟฟ้าอย่างจริงจังเพื่อที่จะลดค่ากระแสไฟฟ้าและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อได้มีระบบการควบคุมการใช้ไฟฟ้าอย่างเป็นรูปแบบ และได้ระบบไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

-ดำเนินการตรวจวัดวิเคราะห์การใช้ไฟฟ้า เพื่อสำรวจประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้า ซึ่งมาจากหลายสาเหตุด้วยกัน เช่น ไฟตก ไฟเกิน กระแสไฟฟ้าไม่สมดุลในระบบไฟ 3 เฟส ค่าตัวประกอบกำลัง (P.F.)ต่ำ การใช้ความต้องการ การใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด

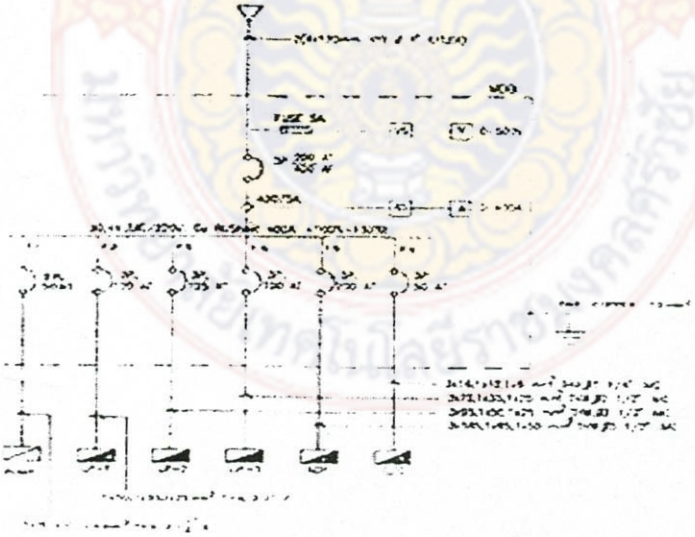
-ปรับปรุงแก้ไขระบบไฟฟ้าภายในสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตศรีวิชัย

-ดำเนินการควบคุมการใช้ไฟฟ้า โดยกำหนดจุดควบคุมความต้องการการใช้กำลังไฟฟ้า โดยแบ่งการควบคุมออกเป็น 4 ประเภท ดังต่อไปนี้

1. มอเตอร์ไฟฟ้า (Motor)
2. เครื่องปรับอากาศ (Air condition)
3. ปั๊มน้ำ (Water pump)
4. ระบบแสงสว่าง (Lighting)

ซึ่งอุปกรณ์ไฟฟ้า (Load) จะถูกควบคุมให้หยุดการทำงานโดยอัตโนมัติชั่วขณะ เพื่อที่จะลดค่ากระแสไฟฟ้าแบบต่อเนื่องได้ประมาณ 20 %

1. ติดตั้งเครื่อง Demand Control System เพื่อตรวจสอบการใช้ไฟฟ้าในภาพรวม (ด้านแรงต่ำ) และการใช้ไฟฟ้าในแต่ละวงจรย่อยจำนวน 4 ชุด เพื่อเฝ้ามองพฤติกรรมการใช้งานโหลดในแต่ละวงจรย่อยที่ทำให้ภาพรวมของ ด้านแรงต่ำ เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลาเป็นเวลา

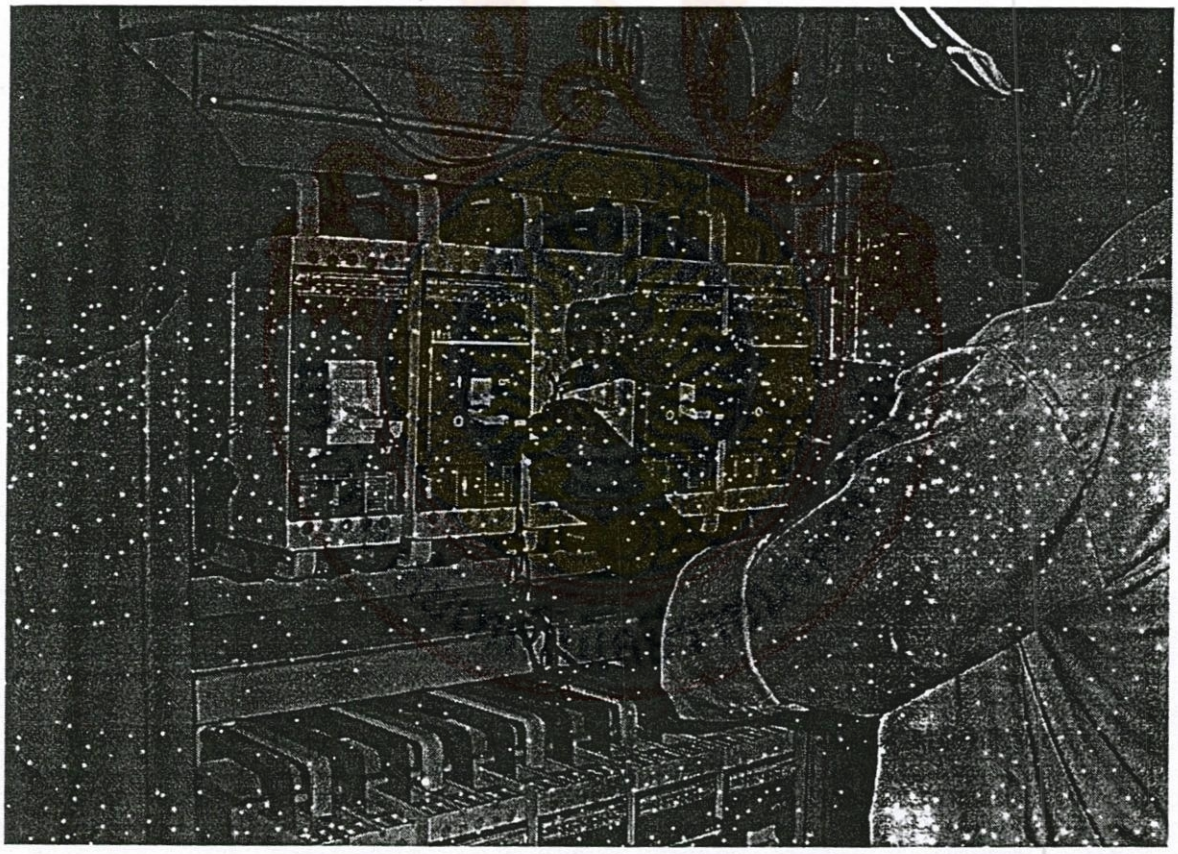


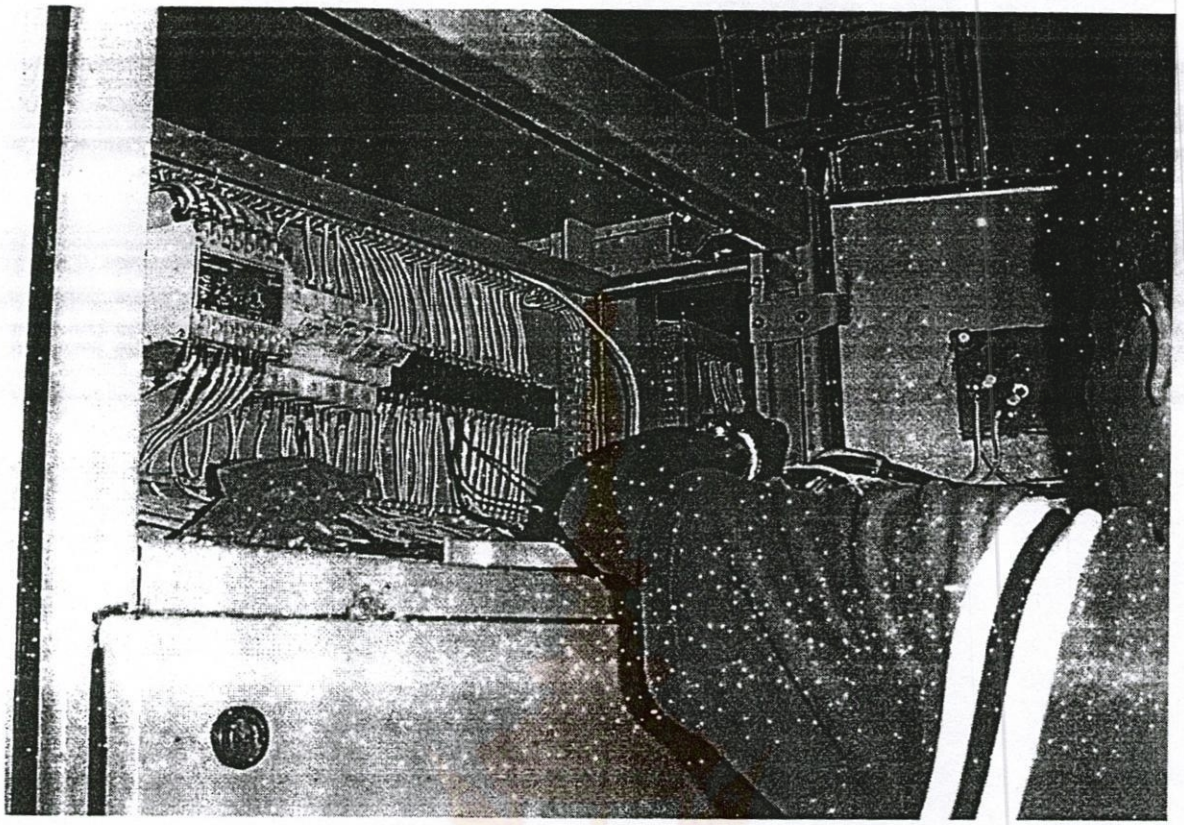
2. สำรวจโหลดทั่วไป โดยตรวจสอบจาก Single Line Diagram ระบบไฟฟ้า และ Load เป็นหลัก

3. ตรวจสอบสภาพการจ่ายไฟ ทั้งวงจรการจ่ายไฟหลัก วงจรการจ่ายไฟย่อย, อุปกรณ์ป้องกันหลัก และอุปกรณ์ป้องกันย่อย ว่ามีจุดบกพร่องประการใดหรือไม่

การวิเคราะห์ ผลการตรวจวัดและพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า

เมื่อพิจารณาการใช้ไฟฟ้าในภาพรวมด้านแรงต่ำ แล้วพบว่าจะมีการใช้ไฟฟ้าสูงสุดระหว่างเวลา10.00 น.-16.00 น. ซึ่งจะเกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า 2 ส่วนได้แก่ ในส่วนสำนักงาน และการใช้ไฟฟ้าของการเรียนการสอนในเวลาพร้อมกันและที่สำคัญอากาศในช่วงเวลาดังกล่าวร้อนมาก ซึ่งมีความจำเป็นต้องเปิดเครื่องปรับอากาศและเป็นเหตุให้กระแสไฟฟ้าสูงขึ้น





มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ผลการวิจัย/ข้อค้นพบ

ผลการวัดการใช้ไฟฟ้าปกติดังนี้

วัน / เดือน / ปี	กระแส (A)	โวลล์ (V)	พลังงานไฟฟ้า(kw)	ผลรวมพลังงานไฟฟ้า (kw)	ความถี่(F)	ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF)
06/07/48	1= 117.4	412.3	21.59	53.46	49.96	0.797
10.00-10.15	2= 101.6	411.5	19.69			
	3= 66.4	413.4	14.31			
	N= 61.6					
14.00-14.15	1=193.5	411.8	38.23	89.24	49.89	0.796
	2=158.9	412.6	27.71			
	3=115.0	414.7	23.57			
	N=68					
16.00-16.15	1=177.8	412.9	32.5	85.12	49.99	0.807
	2=143.5	413.5	30.2			
	3=127.5	415.5	22.8			
	N=42.7					
13/07/48	1=160.2	408.3	29.90	70.25	50.01	0.804
10.00-10.15	2=113.6	403.8	18.69			
	3=119.2	410.3	21.51			
	N=44.6					
14.00-14.15	1=192.4	410.7	38.23	87.27	49.80	0.806
	2=157.7	411.6	27.71			
	3=114.1	413.4	23.57			
	N=67					

วัน / เดือน / ปี	กระแส (A)	โวลล์ (V)	พลังงานไฟฟ้า(kw)	ผลรวมพลังงานไฟฟ้า (kw)	ความถี่(F)	ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF)
16.00-16.15	1=177.9	412.8	32.4	84.51	49.98	0.808
	2=143.8	413.4	30.1			
	3=127.4	415.4	22.7			
	N=42.8					
20/07/48	1=151.4	410.1	29.05	79.19	50.01	0.801
10.00-10.15	2=126.6	410.6	23.71			
	3=119.0	413.8	26.35			
	N=31.2					
14.00-14.15	1=183.5	412.0	34.9	94.79	49.98	0.807
	2=153.2	413.9	30.76			
	3=121.6	414.8	25.9			
	N=52.6					
16.00-16.15	1=174.6	412.8	33.01	85.63	50.00	0.785
	2=153.9	413.4	27.59			
	3=128.8	415.3	25.05			
	N=39.4					

วัน / เดือน / ปี	กระแส (A)	โวลล์ (V)	พลังงานไฟฟ้า(kw)	ผลรวมพลังงานไฟฟ้า (kw)	ความถี่(F)	ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF)
27/07/48	1= 170.2	410.1	31.6	78.92	50.05	0.816
10.00-10.15	2= 135.2	410.6	24.06			
	3= 126.4	412.6	23.16			
	N= 39.8					
14.00-14.15	1=192.7	410.9	37.83	87.32	49.87	0.798
	2=157.8	411.6	26.91			
	3=114.7	413.9	24.60			
	N=62					
16.00-16.15	1=176.6	410.3	31.4	84.32	49.93	0.801
	2=141.2	412.9	29.1			
	3=126.7	414.8	21.7			
	N=41.4					

จากการบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าปกติสามารถทราบปัญหาดังนี้

1.ระบบไม่สมดุลซึ่งกระแสเฟสมีความแตกต่างกันเกิน 10%ของกระแสเฟส

2.กระแสนิวตรอนเกิน 20%ของกระแสเฟส

3.ค่าตัวประกอบกำลังต่ำเกินที่ กฟภ.กำหนด(0.85)

ซึ่งปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดการสูญเสียหลายอย่างเช่น สูญเสียค่ากำลังในสาย ระบบไฟฟ้าจ่ายโหลดได้น้อยลง มีค่ากำลังสูญเสียในหม้อแปลง มีระดับแรงดันไม่คงที่ ระยะเวลาการใช้ของอุปกรณ์ไฟฟ้าลดลง อุปกรณ์ไฟฟ้าเสียบ่อยและที่สำคัญต้องทำให้เสียค่ากระแสมากขึ้น

- ทำการ Balance Phase

ผลการวัดการใช้ไฟฟ้าดังนี้

วัน / เดือน / ปี	กระแส (A)	โวลล์ (V)	พลังงานไฟฟ้า(kw)	ผลรวมพลังงานไฟฟ้า (kw)	ความถี่(F)	ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF)
09/09/48	1= 110.4	412.0	21.32	53.01	49.98	0.809
10.00-10.15	2= 101.6	411.5	19.69			
	3= 80.5	413.4	14.49			
	N= 48.2					
14.00-14.15	1=190.2	411.8	38.23	89.24	49.98	0.808
	2=158.9	412.6	27.71			
	3=115.0	414.7	23.57			
	N=59					
16.00-16.15	1=170.4	413.0	31.3	83.25	49.99	0.807
	2=143.7	413.2	30.1			
	3=129.3	415.6	24.6			
	N=42.3					

วัน / เดือน / ปี	กระแส (A)	โวลล์ (V)	พลังงานไฟฟ้า(kw)	ผลรวมพลังงานไฟฟ้า (kw)	ความถี่(F)	ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF)
16/09/48	1= 111.2	412.5	20.57	53.24	49.98	0.802
10.00-10.15	2= 101.6	411.7	19.80			
	3= 69.2	410.9	17.29			
	N= 57.05					
14.00-14.15	1=189.12	413.1	36.01	87.91	49.99	0.807
	2=158.1	412.2	27.52			
	3=119.0	413.9	23.59			
	N=60.3					
16.00-16.15	1=170.7	412.1	32.4	85.34	49.99	0.808
	2=143.5	413.5	30.2			
	3=130.32	414.2	25.6			
	N=42.9					

วัน / เดือน / ปี	กระแส (A)	โวลล์ (V)	พลังงานไฟฟ้า(kw)	ผลรวมพลังงานไฟฟ้า (kw)	ความถี่(F)	ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF)
23/09/48	1= 109.21	412.1	21.12	52.25	49.95	0.802
10.00-10.15	2= 101.4	411.7	19.69			
	3= 72.05	412.7	16.58			
	N= 57.2					
14.00-14.15	1=190.1	411.9	35.23	88.24	49.98	0.802
	2=158.2	411.9	27.72			
	3=120.3	413.2	24.30			
	N=59.8					
16.00-16.15	1=172.7	412.9	32.1	84.65	49.99	0.803
	2=143.4	413.5	30.2			
	3=129.7	415.5	23.9			
	N=41.9					

สรุปผลการวิจัย

ซึ่งจากการทำ Balance Phase ในขั้นต้นนั้นพอมองเห็นได้ว่า กระแสที่ไหลแต่ละเฟสมีค่าใกล้เคียงมากขึ้น ระดับแรงดันดีขึ้น ความถี่ดีขึ้น และค่า power facter สูงขึ้นนั้นแสดงให้เห็นว่า

1.ประหยัดค่าไฟฟ้า ซึ่งพิจารณาได้จาก $P = \sqrt{3}EI\cos\theta$ เมื่อเพิ่มค่า $\cos\theta$ หรือ power facterขึ้นก็จะทำให้ค่ากระแสไฟฟ้าลดลง เช่น

ถ้ากำลังไฟฟ้าสูงสุด 500 kW เพาเวอร์แฟกเตอร์ของโรงงานมีค่า 0.6 ในปัจจุบันนี้การไฟฟ้า ฯ เรียกเก็บค่าปรับเพาเวอร์แฟกเตอร์ที่ต่ำกว่า 0.85 เป็นเงิน

$$kVA = \frac{kW}{\cos \text{Ø}}$$

$$= \frac{500}{0.6}$$

$$= 833.33 \text{ kVA}$$

$\cos^{-1} 0.6 = 53.13°$ และ $\sin 53.13° = 0.8$

$$kvar = kVA \sin \text{Ø}$$

$$= 833.33 \times \sin 53.13°$$

$$= 667 \text{ kvar}$$

ในรอบเดือนถ้าผู้ใช้ kvar สูงสุดเกินกว่า 63 % ของ kW สูงสุดเฉลี่ยใน 15 นาที เฉพาะส่วนที่เกินต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ kvar ละ 15 บาท

0.63 x 500 = 315 kvar

Kvar ส่วนที่เกิน = 667- 315 = 352 kvar

ต้องเสียค่าปรับ = 5,280 บาท

ตารางที่1 แสดงการเปรียบเทียบค่าปรับเพาเวอร์แฟกเตอร์ในปี พ.ศ. 2528 กับปัจจุบันนี้

kW	เงินส่วนลดหรือโบนัส (บาท)			เงินส่วนเพิ่มหรือค่าปรับ (บาท)						
	เพาเวอร์แฟกเตอร์ของระบบ									
	0.95	0.9	0.85	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
100	1000	528	-	594	1267	2033	2923	3958	5182	6650
200	2000	1056	-	1188	2533	4066	5846	7916	10363	13300
300	3000	1583	-	1718	3800	6099	8769	11875	15544	19950
400	4000	2111	-	2375	5066	8132	11692	15833	20727	26600
500	5000	2639	-	2969	6333	10165	14615	19791	25909	33250
1000	10000	5278	-	5938	12667	20330	29231	39583	51818	66500

- ค่าใช้จ่าย $= K \times Max.KW \times DC \times \left[1 - \frac{0.85}{\cos\theta}\right]$ บาทต่อเดือน DC = 95 บาทต่อกิโลวัตต์

ตั้งแต่ 26 เมษายน พ.ศ.2528 ถึงปลายปี พ.ศ.2530

kW	เงินส่วนลดหรือโบนัส (บาท)			เงินส่วนเพิ่มหรือค่าปรับ (บาท)						
	เพาเวอร์แฟกเตอร์ของระบบ									
	0.95	0.9	0.85	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
100	-	-	-	180	378	585	8009	1056	1332	1653
300	-	-	-	540	1140	1755	2430	3165	4005	4965
500	-	-	-	900	1890	2925	4044	5280	6660	8265
1000	-	-	-	1800	3780	5850	8088	10560	13320	16530

- ค่าใช้จ่าย kvar ละ15 บาท เมื่อ kvar เฉลี่ยเกินกว่า 63% ของ Max.kW ตั้งแต่ปลายปี พ.ศ ÈÈ2530 จนถึงปัจจุบันนี้

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าปรับ ในกรณีที่เพาเวอร์แฟกเตอร์ต่ำกว่า 0.85 ในปี 2528 กับปัจจุบันนี้ ปรากฏว่าค่าปรับเพาเวอร์แฟกเตอร์ในปัจจุบันนี้ต่ำกว่าเดิม 3-4 เท่า กรณีที่เพาเวอร์แฟกเตอร์สูงกว่า 0.85 ไม่มีค่าโบนัสจ่ายคืนให้

2. ลดค่ากำลังสูญเสียในสาย การเพิ่มค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ทำให้กำลังสูญเสียในสายลดลง และกำลังสูญเสียในสายสามารถหาได้ดังนี้

ระบบไฟฟ้าเฟสเดียว

กำลังสูญเสีย = $2I^2R$

ระบบไฟฟ้าสามเฟส

กำลังสูญเสีย = $2I^2R$

เช่น มอเตอร์ขนาด 50 HP 3Ø 380 V PF 0.72 ใช้สายขนาด 35 mm ยาว 180 m ระยะเวลาที่ใช้งานรวม 160 ชั่วโมงต่อเดือน ถ้าค่าไฟหน่วยละ 2 บาท (1 UNIT = kW-hr) สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าหลังจากปรับปรุง PF เป็น 0.95 ได้กี่บาทต่อปี เมื่อความต้นทานของสาย = 0.0005 โอห์มต่อเมตร (1 HP = 746 W)

PF 0.72 $I = \frac{50\times746}{\sqrt{3}\times380\times0.72} = 78.7$ A

PF 0.95 $I = \frac{50\times746}{\sqrt{3}\times380\times0.95} = 59.7$ A

PF 0.72 กำลังสูญเสีย $= 3I^2R$

$= 3 \times (78.7)^2 \times 0.0005 \times 180$

$= 1672$ W

PF 0.95 กำลังสูญเสีย $= 3I^2R$

$= 3 \times (59.7)^2 \times 0.0005 \times 180$

$= 962$ W

กำลังสูญเสียลดลง $= 1672 - 962$ W

$= 710$ W

หน่วยไฟฟ้าที่ลดลงต่อปี $= \frac{710\times160\times12}{1000}$

$= 1363.2$ kW-hr

ถ้าค่าไฟหน่วยละ 2 บาท (2 บาทต่อ kW-hr)

ปีหนึ่งจะประหยัดค่าไฟได้ = 1363.2 x 2 = 2726.4 บาทต่อปี

ดังนั้นการแก้เพาเวอร์แฟกเตอร์ให้สูงขึ้นทำให้ลดความสูญเสียในสายลงได้ดังนี้

$$I_1 \cos\Phi_1 = I_2 \cos\Phi_2 \qquad \text{(เมื่อกำลังไฟฟ้าเท่ากัน)}$$

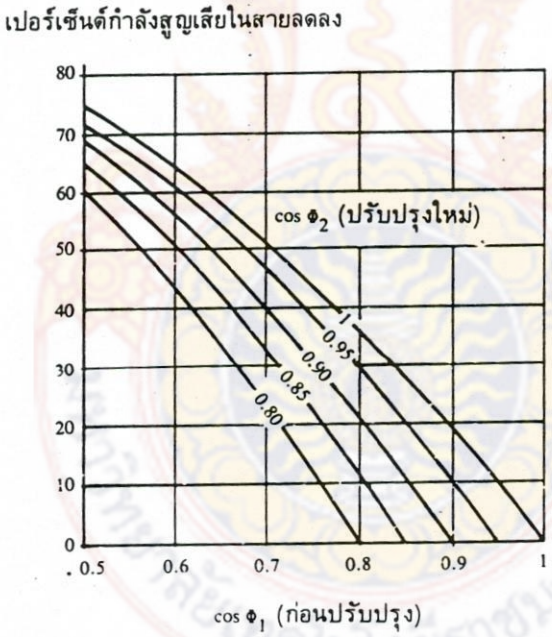
$$I_2 = I_1 \frac{\cos\Phi_1}{\cos\Phi_2} \qquad \text{(เมื่อกำลังสูญเสียเท่ากับ } I^2R\text{)}$$

$$\frac{I_1^2R - I_2^2R}{I_1^2R} = 1 - \left[\frac{\cos\Phi_1}{\cos\Phi_2}\right]^2$$

กำลังสูญเสียที่ลดลง = $\left[\frac{\cos\Phi_1}{\cos\Phi_2}\right]^2 \times 100\%$

049974

621.317
ว049
2548
ฉ.2



รูปที่ 1 การหาค่ากำลังสูญเสียในสายด้วยกราฟ

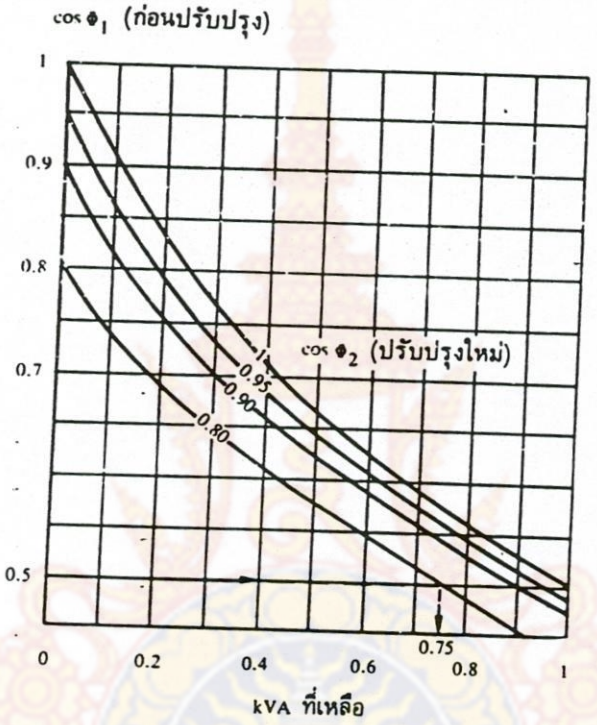
จากกราฟรูปที่ 1

PF 0.6 แก้เป็น 0.8 กำลังสูญเสียในสายจะลดลง 44 เปอร์เซ็นต์

PF 0.6 แก้เป็น 1.0 กำลังสูญเสียในสายจะลดลง 64 เปอร์เซ็นต์

3. ระบบไฟฟ้าสามารจ่ายโหลดเพิ่มมากขึ้น การปรับเพาเวอร์แฟกเตอร์ให้สูงขึ้น ทำให้กระแสของระบบลดลง เนื่องจากหม้อแปลงจ่ายโหลดทั้งกำลังไฟฟ้าจริง (kW) และกำลังไฟฟ้ารีแอกตีฟ (kvar) เมื่อปรับปรุงค่ารีแอกตีฟให้น้อยลงก็จะจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงได้มากขึ้น

$$\text{kVA (เหลือ)} = \text{kW (โหลด)} \left[\frac{1}{\cos\Phi_1} - \frac{1}{\cos\Phi_2}\right]$$



รูปที่ 2 จากกราฟถ้าปรับปรุงเพาเวอร์แฟกเตอร์ให้สูงขึ้นจะทำให้ระบบไฟฟ้าสามารจ่ายโหลดได้เพิ่มขึ้น เช่น หม้อแปลง 400 kVA จ่ายโหลด 200 kW ที่เพาเวอร์แฟกเตอร์ 0.5 ถ้าปรับปรุงเพาเวอร์แฟกเตอร์เป็น 0.8 หม้อแปลงยังมีกำลังเหลือใช้อีก

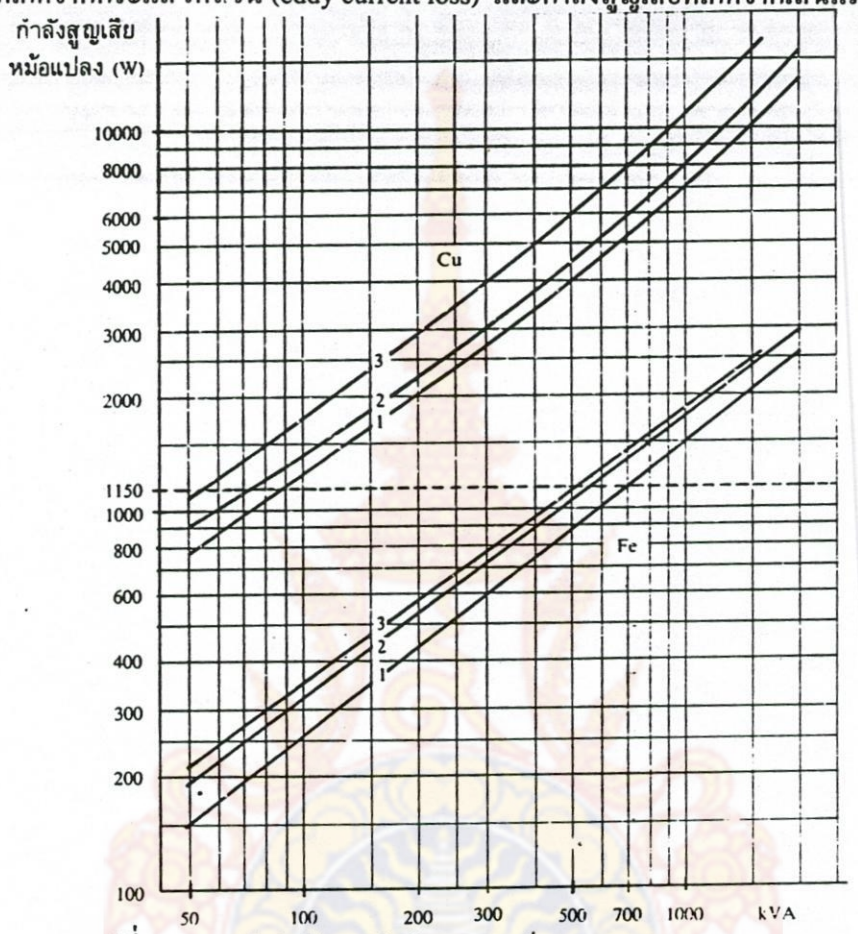
$$\text{kVA (เหลือ)} = 200\left[\frac{1}{0.5} - \frac{1}{0.8}\right] = \left[\frac{200}{0.5} - \frac{200}{0.8}\right]$$

หม้อแปลงยังมีกำลังเหลือใช้อีก = 400 - 250 = 150 kVA

หรือหาได้จากกราฟรูปที่ 2 ที่เพาเวอร์แฟกเตอร์ก่อนปรับปรุง ($\cos\Phi_1$) เท่ากับ 0.5 และเพาเวอร์แฟกเตอร์ปรับปรุงใหม่ ($\cos\Phi_2$) เท่ากับ 0.8 จะได้ kVA ที่เหลือมีค่า 0.75 และที่โหลด 200 kW หม้อแปลงยังมีกำลังเหลือใช้

0.75 x 200 = 150 kVA

4. ลดค่ากำลังสูญเสียในหม้อแปลง กำลังสูญเสียในหม้อแปลงประกอบด้วยกำลังสูญเสียในลวดทองแดง ซึ่งขึ้นอยู่กับกระแสที่ไหลผ่านหม้อแปลงโดยคิดจากค่า = I^2R และกำลังสูญเสียแกนเหล็ก ซึ่งสามารถหาค่าได้โดยประมาณกรณีไม่มีโหลด (no-load) สำหรับค่ากำลังสูญเสียในแกนเหล็กไม่ขึ้นกับโหลด จึงมีค่าเกือบคงที่ ซึ่งเป็นค่ากำลังสูญเสียที่เกิดจากกระแสไหลวน (eddy current loss) และกำลังสูญเสียที่เกิดจากเส้นแรงแม่เหล็กค้าง (hysteresis loss)



รูปที่ 3 แสดงค่ากำลังสูญเสียในแกนเหล็กและลวดทองแดง

สำหรับกำลังสูญเสียในหม้อแปลงอาจหาได้จากกราฟ ดังรูปที่ 3 ค่า Cu หมายถึง ค่าการสูญเสียในลวดทองแดง และค่า Fe หมายถึง ค่าการสูญเสียในแกนเหล็ก ในทำนองเดียวกันกราฟเส้นที่ 3 เป็นหม้อแปลงในกรณีกำลังสูญเสียธรรมดา (normal loss) กราฟเส้นที่ 2 เป็นหม้อแปลงในกรณีกำลังสูญต่ำ (reduce loss) และกราฟเส้นที่ 1 เป็นหม้อแปลงในกรณีกำลังสูญต่ำเป็นพิเศษ (extra low loss)

เมื่อ $I_2 = I_1 \dfrac{\cos\Phi_1}{\cos\Phi_2}$ (กรณีกำลังสูญเสียเท่ากับ I^2R)

$$I_2^2 R = I_2^2 R \left[\frac{\cos\Phi_1}{\cos\Phi_2}\right]^2$$

กำหนดให้ I^2_1R คือ กำลังสูญเสียในลวดทองแดงก่อนปรับปรุงเพาเวอร์แฟกเตอร์

I^2_2R คือ กำลังสูญเสียในลวดทองแดงหลังปรับปรุงเพาเวอร์แฟกเตอร์

เช่น หม้อแปลงแบบกำลังสูญเสียธรรมดา (normal loss) ขนาด 500 kVA จ่ายโหลดขนาด 300 kW ที่ PF 0.6 ระยะเวลาที่ใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวัน ถ้าค่าไฟหน่วยละ 2 บาท ถ้าต้องการปรับปรุง PF เป็น 0.95 สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้กี่บาทต่อปี

กรณี PF 0.6 จากกราฟรูปที่ 10.6

กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก = 1150 W

กำลังสูญเสียในลวดทองแดง = 6000 W

กำลังสูญเสียในหม้อแปลง = 1150 + 6000 = 7150 W

กรณี PF 0.95

กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก = 1150 W

กำลังสูญเสียในลวดทองแดง = $6000\left(\frac{0.6}{0.95}\right)^2$ = 2393 W

กำลังสูญเสียในหม้อแปลง = 1150 + 2393 = 3543 W

กำลังสูญเสียลดลง = 7150 – 3543 = 3607 W

ปีหนึ่งจะประหยัดค่าไฟได้ = $\frac{3607 \times 8 \times 365 \times 2}{1000}$ = 21064.88 บาทต่อปี

5. ระดับแรงดันไฟฟ้าดีขึ้น เมื่อเพาเวอร์แฟกเตอร์สูงขึ้น แรงดันตกในสายจะลดลง

$$\Delta V = I(R\cos\Phi + XL\sin\Phi)$$

กำหนดให้ R คือ ความต้านทานของสาย

XL คือ รีแอกแตนซ์ของสาย ประมาณ 0.4 – 0.9 μH/m

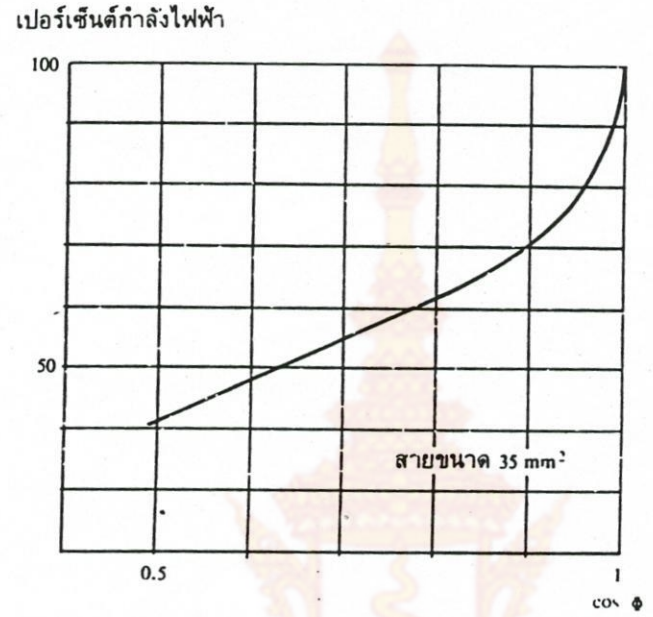
กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถส่งผ่านสายได้โดยมี n เป็นเปอร์เซ็นต์ แรงดันไฟฟ้าตกสูงสุดที่ยอมได้เป็นดังนี้

$$P = \sqrt{3}VI\cos\Phi \qquad \text{(ระบบสามเฟส)}$$

$$V = \frac{nV}{\sqrt{3}}$$

$$\therefore P = \frac{nV^2}{R + XL\tan\Phi}$$

โดยทั่วไป n จะอยู่ระหว่าง 5 - 10 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4

รูปที่4 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าเป็นเปอร์เซ็นต์กับเพาเวอร์แฟกเตอร์ของขนาดสาย 35 mm² จะเห็นได้ว่าถ้าเพิ่ม PF จาก 0.5 เป็น 1.0 กำลังไฟฟ้าจะเพิ่มเป็นเท่าตัว

ข้อเสนอแนะ

ควรทำการแก้ power facterโดยการติดตั้ง capacitor bank

.....

(นาย วิชิต มาลาเวช)

หัวหน้าโครงการวิจัย