เอกสารอ้างอิง

1. สงวน ตั้งโพธิธรรม. "การศึกษาการใช้และการประหยัดพลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.
2. ดรุณี อาชวานันทกุล. "การศึกษาการประหยัดพลังงานในอุตสาหกรรมหนังเทียม." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.
3. บัณฑิต ฟุ้งธรรมสาร. "พลังงานกับการเพิ่มผลผลิตทางอุตสาหกรรม." <u>การประชุมสัมมนาทางวิชาการเทคนิคการเพิ่มผลผลิตและการจัดการสมัยใหม่สำหรับธุรกิจและอุตสาหกรรม</u>, คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
4. กุลธร ศิลปบรรเลง และ คุณวุฒิ ดำรงค์พลาสิทธ์. "ระบบบันทึกและรายงานการใช้พลังงาน." การประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2530 เรื่องการบริหารพลังงาน, 23-25, เมษายน 2530.
5. อัครเดช ประเทืองสิทธิ์. "การประหยัดพลังงานของโรงงานเอเชียไฟเบอร์." <u>การประชุมใหญ่ทางวิชาการ ประจำปี 2530 เรื่องการบริหารพลังงาน</u>, 23-25, เมษายน 2530.
6. ณอคุณ สิทธิพงศ์ และ สาทิส ถาวรนันท์. "การประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิคส์ขนาดกลาง." <u>การประชุมใหญ่ทางวิชาการ ประจำปี 2530 เรื่องการบริหารพลังงาน</u>, 23-25 เมษายน 2530.
7. Alber Thunam, P.E. Plant Engineers and Managers Guide to Energy Conservation: The Role of the Energy Manager Second Edition, Van Nostrand Rein hole Company Inc., U.S.A. 1983.
8. Thomas E. Smith. "Industrial Energy Management for cost Reduction." Ann Arbor Science Publishers Inc., U.S.A., 1979.
9. โมะโตะกิ มัทซิโอะ. "เทคนิคการประหยัดพลังงานภาคไฟฟ้า." สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2524.

10. โยชิอิโกะ ทาคามุระ. "เทคนิคการประหยัดพลังงานภาคความร้อน." สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2525.

11. Daya A., "Energy Management in Industry." ElG Bailey Training Center, U.S.A., 1986.

12. Dale R. Patrick, Stephen W. Fards. "Energy Management and Conservation." Prentice-Hall Inc., U.S.A., 1982.

13. Payne G.A. "The Energy Managers Handbook." IPC Science and Technology Press, London, 2 nd ed., 1980.

14. สำนักงานพลังงานแห่งชาติ 2529, "ไฟฟ้าของประเทศไทย ปี 2528."

15. สำนักงานพลังงานแห่งชาติ 2529, "รายงานน้ำมันของประเทศไทย 2528."

16. สำนักงานพลังงานแห่งชาติ 2529, "รายงานเชื้อเพลิงและพลังงานของประเทศไทย 2528."

17. ไชยะ แซ่มซ้อย และ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. "การลดค่าไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม." จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.

18. วันชัย ริจิรวนิช และ ชอุ่ม พลอยมีค่า. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. เอเชียเพรส, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2523.

19. William C. Turner; and John F. Malloy. Hand Book of Thermal Insulation Design Economics for Pipes and Equipment. McGraw-Hill Book Company, New York, 1980.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าไฟฟ้ากับโหลดแฟคเตอร์

การหาความสัมพันธ์ของอัตราค่าไฟฟ้ากับโหลดแฟคเตอร์ ต่อไปนี้จะแสดงโดยใช้อัตราค่าไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทนี้มักจะซื้อไฟฟ้าจากระบบแรงดัน 12 หรือ 24 กิโลวัตต์ จึงใช้ค่าความต้องการพลังไฟฟ้ากิโลวัตต์ละ 95.00 บาท

รายละเอียดในการวิเคราะห์

สมมุติให้ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละเดือน = P กิโลวัตต์

จำนวนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละเดือน = E กิโลวัตต์ชั่วโมง

และให้จำนวนชั่วโมงของแต่ละเดือน = 730 ชั่วโมง

(365 วัน × 24 ชั่วโมง/12 เดือน)

ก. ในกรณีที่พลังงานไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในช่วง 0-200 หน่วยต่อกิโลวัตต์ต่อเดือน

1. โหลดแฟคเตอร์สูงสุด $= \frac{E \times 100\%}{P \times 730}$

$= \frac{200 \times 100\%}{1 \times 730}$

$= 27.40\%$

2. ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า = P × 95 บาท
3. ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = E × 1.42 บาท
4. ค่าไฟฟ้ารวม = 95P + 1.42E บาท
5. ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยที่ใช้ = 95 P/E + 1.42 บาท

แต่โหลดแฟคเตอร์ (LF) $= \frac{E}{P} \times \frac{100\%}{730}$

ดังนั้น $\frac{P}{E} = \frac{1}{7.3\ LF}$

6. นั่นคือค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยที่ใช้ $= \frac{95}{7.3\ LF} + 1.42$ บาทต่อหน่วย

เมื่อโหลดแฟคเตอร์มีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 27.40%

ข. ในกรณีที่พลังงานไฟฟ้าที่ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 200-480 หน่วยต่อกิโลวัตต์ต่อเดือน

1. โหลดแฟคเตอร์สูงสุด $= \frac{480}{1 \times 730} \times 100\%$

2. ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า $= P \times 95$ บาท

3. ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ $= 200 \times P \times 1.42$ บาท

- ช่วงเกิน 200 หน่วยขึ้นไปต่อหนึ่งกิโลวัตต์

$= (E-200P) \times 1.41$ บาท

4. ค่าไฟฟ้ารวม $= 95P + (200P \times 1.42) + (E-200P) \times 1.41$ บาท

$= 97P + 1.41E$ บาท

5. ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยที่ใช้ $= 97\ P/E + 1.41$ บาท

6. นั่นคือค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยที่ใช้

$= \frac{97}{7.3\ LF} + 1.41$ บาทต่อหน่วย

เมื่อโหลดแฟคเตอร์มีค่าอยู่ระหว่าง 27.40 - 65.75%

ค. ในกรณีที่พลังงานไฟฟ้าที่ใช้มีค่าเกิน 480 หน่วยต่อกิโลวัตต์ต่อเดือน อาศัยการวิเคราะห์เหมือนกับสองกรณีที่ผ่านมา เราจะได้ว่าค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยที่ใช้มีค่าเท่ากับ $\frac{106.6}{7.3\ LF} + 1.39$ บาทต่อหน่วย เมื่อโหลดแฟคเตอร์มีค่าอยู่ระหว่าง 65.75 - 100%

ในทำนองเดียวกัน เราก็สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราค่าไฟฟ้ากับโหลดแฟคเตอร์ของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรมขนาดเล็กได้เช่นเดียวกัน โดยใช้ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุด กิโลวัตต์ละ 95.00 บาท ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 51

ตารางที่ 51 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราค่าไฟฟ้ากับโหลดแฟคเตอร์

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยที่ใช้ (บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง)	
ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรมขนาดเล็ก	ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรมขนาดใหญ่
1. $\frac{95}{7.3\ LF} + 1.44$	1. $\frac{95}{7.3\ LF} + 1.42$
เมื่อ $0 < LF < 6.85\%$	เมื่อ $0 < LF < 27.4\%$

ตารางที่ 51 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราค่าไฟฟ้ากับโหลดแฟคเตอร์ (ต่อ)

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยที่ใช้ (บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง)	
ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรมขนาดเล็ก	ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรมขนาดใหญ่
2. $\frac{95.5}{7.3\ LF} + 1.43$ เมื่อ $6.85 \ll LF \ll 27.40\%$	2. $\frac{97}{7.3\ LF} + 1.41$ เมื่อ $27.40 \ll LF \ll 65.75\%$
3. $\frac{97.5}{7.3\ LF} + 1.42$ เมื่อ $27.40 \ll LF \ll 54.79\%$	3. $\frac{106.6}{7.3\ LF} + 1.39$ เมื่อ $65.75 \ll LF \ll 100\%$
4. $\frac{101.5}{7.3\ LF} + 1.41$ เมื่อ $54.79 \ll LF \ll 100\%$	

โหลดแฟคเตอร์	อุตสาหกรรมขนาดเล็ก	อุตสาหกรรมขนาดใหญ่
5	4.0427	4.0227
10	2.7382	2.7214
15	2.3021	2.2876
20	2.0841	2.0707
25	1.9533	1.9405
30	1.8652	1.8529
35	1.8016	1.7896
40	1.7539	1.7422
45	1.7168	1.7053
50	1.6871	1.6757
55	1.6628	1.6516
60	1.6417	1.6315
65	1.6239	1.6144
70	1.6086	1.5986
75	1.5954	1.5847
80	1.5838	1.5725
85	1.5736	1.5618
90	1.5645	1.5522
95	1.5563	1.5437
100	1.5490	1.5360

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

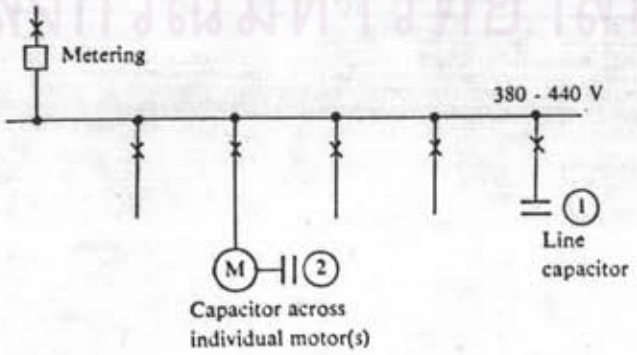
ตำแหน่งการติดตั้งคะแปซิเตอร์

คะแปซิเตอร์ที่ใช้สำหรับการปรับปรุง P.F. นั้น อาจติดตั้งตามระดับแรงดัน และขนาดของโหลดได้ดังนี้

- ระดับแรงดันต่ำ (LV Supplies)
- ระดับแรงดันสูง (HV Supplies)
- ระดับแรงดันสูงและมีการจ่ายไฟฟ้าระดับแรงดันสูง (HV Supplies with HV Distribution)
- ระดับแรงดันสูงและมีโหลดแรงดันสูง (HV Supplies with HV Loads)
- ระดับแรงดันสูงกับโหลดขบวนการผลิตต่อเนื่อง (HV Supplies with Continuous Process Loads)

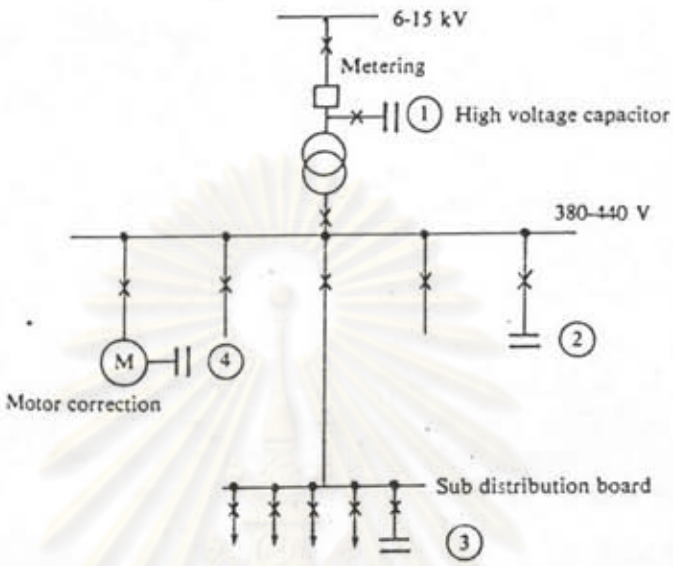
1. ระดับแรงดันต่ำ โหลดที่ใช้กับแรงดันต่ำ ตามปกติจะใช้ไฟไม่มากนักคือต่ำกว่า 300 KVA คะแปซิเตอร์ที่ใช้มีขนาดเล็ก และสามารถต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าหลังมิเตอร์ได้เลย ดังรูปที่

- ตำแหน่งที่ 1 เป็น Line Capacitor การควบคุมอาจเป็นแบบ Manual หรือ Automatic
- ตำแหน่งที่ 2 เป็น Motor Capacitor ถ้ามอเตอร์มีขนาดโต และเป็น Base Load ก็อาจใช้เป็น Individual Compensation ซึ่งสามารถลดขนาดของ Line Capacitor ลงจนสามารถใช้การควบคุมแบบ Manual ซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายน้อยลง



รูปที่ 55 คะแปซิเตอร์ที่ใช้ระดับแรงดันต่ำ

2. ระดับแรงดันสูง สำหรับโหลดที่มีค่าเกิน 300 KVA ทางการไฟฟ้าจะจ่ายไฟฟ้าแรงสูงให้ ไฟฟ้าแรงดันสูงนี้มีตั้งแต่ 11 KV ขึ้นไป ถ้าสถานประกอบการไม่ใหญ่นักอาจใช้ระบบไฟฟ้าตามรูปที่



รูปที่ 56 คะแปซิเตอร์ที่ใช้ระดับแรงดันสูง

จะเห็นได้จากรูปว่าโหลดทั้งหมดใช้ไฟฟ้าแรงดันต่ำ และมีตำแหน่งที่อาจติดตั้งคะแปซิเตอร์

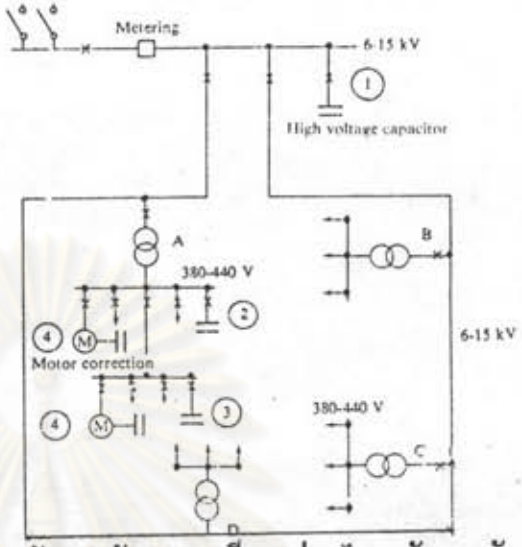
- ตำแหน่งที่ 1 เป็นการติดตั้ง HV Capacitor ถ้าเป็นการติดตั้งแบบ Fixed ค่าใช้จ่ายต่อ KVAr จะถูกกว่าการใช้ LV Capacitor แต่ถ้าเป็นการติดตั้งแบบ Automatic ค่า Switchgear จะแพงมาก การติดตั้ง HV Capacitor จะไม่ลดกำลังสูญในระบบและไม่ทำให้หม้อแปลงจ่ายโหลดเพิ่มได้ ซึ่ง 2 ประการนี้เป็นจุดสำคัญมากในการติดตั้งคะแปซิเตอร์ อย่างไรก็ตามถ้ามีความจำเป็นและใช้ขนาดที่เหมาะสม ก็สามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ และไม่ต้องเสียค่าปรับให้ทางการไฟฟ้า

- ตำแหน่งที่ 2 เป็นการต่อคะแปซิเตอร์เข้าทาง Main LV Supplies เพื่อควบคุม P.F. ทางด้าน LV ทั้งหมด การควบคุมตามปกติควรเป็นแบบ Automatic

- ตำแหน่งที่ 3 เป็นการต่อคะแปซิเตอร์สำหรับการปรับปรุง P.F. ของ Sub-distribution Board

- ตำแหน่งที่ 4 เป็น Individual Compensation สำหรับมอเตอร์ขนาดใหญ่

3. ระดับแรงดันสูงและมีการจ่ายไฟฟ้าระดับแรงดันสูง สำหรับสถานประกอบการขนาดใหญ่ซึ่งมีบริเวณกว้าง ซึ่งมีการใช้ไฟฟ้าแรงดันสูงและมีการจ่ายไฟฟ้าระดับแรงดันสูง แต่โหลดใช้ระดับแรงดันต่ำ ดังรูปที่



รูปที่ 57 คะแปซิเตอร์ที่ใช้ระดับแรงดันสูงและมีการจ่ายไฟระดับแรงดันสูง

- ตำแหน่งที่ 1 ใช้ HV Capacitor โดยทั่วไปจะไม่เป็นการประหยัด โดยเฉพาะถ้ามี Distribution Transformer Station จำนวนมาก เนื่องจากไม่ได้ลดกำลังสูญเสียและการเพิ่มการจ่ายไฟของหม้อแปลงดังได้กล่าวมาแล้ว

- ตำแหน่งที่ 2, ก, 4 มีคำอธิบายและเหตุผลดังกล่าวมาแล้ว

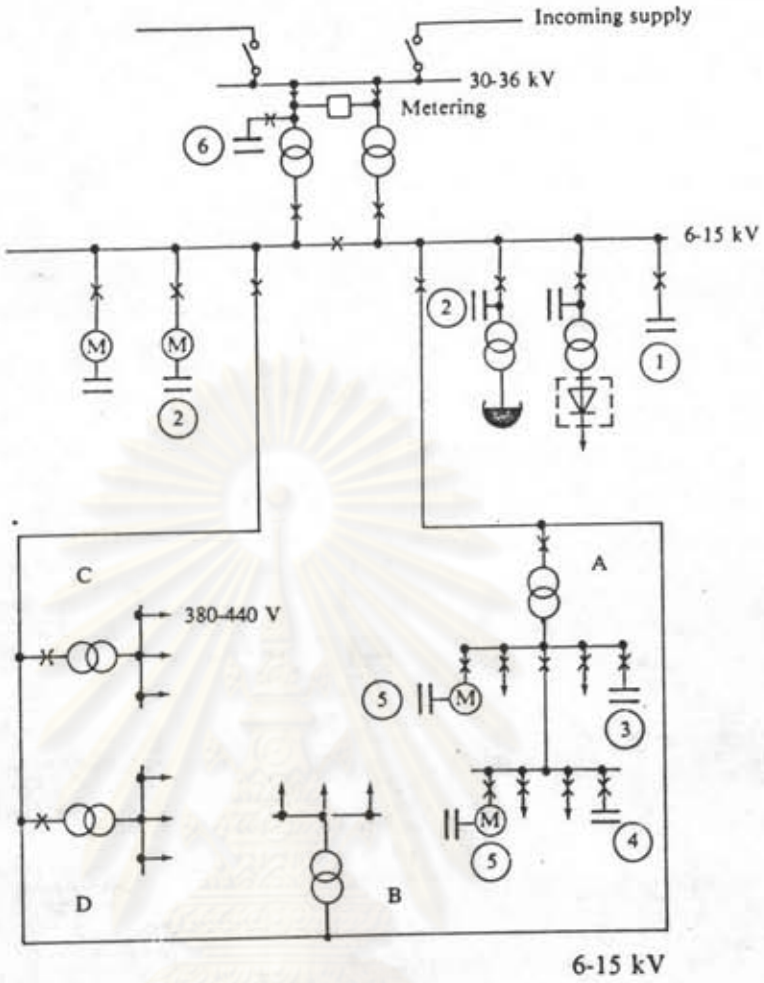
4. ระดับแรงดันและมีโหลดแรงดันสูง ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่จะมี HV Distribution, HV Loads และ LV Loads รวมอยู่ด้วยดังรูปที่

- ตำแหน่งที่ 1 ใช้ HV Capacitor การควบคุมอาจเป็นแบบ Manual หรือ Automatic

- ตำแหน่งที่ 2 เป็นการติดตั้ง HV Capacitor สำหรับ HV Loads เช่น มอเตอร์ หรือ Arc Furnace ซึ่งเป็นโหลดที่สำคัญและเป็นส่วนใหญ่ของระบบ

- ตำแหน่งที่ 3, 4, 5 มีคำอธิบายและเหตุผลดังกล่าวมาแล้ว

- ตำแหน่งที่ 6 เป็นการติดตั้ง HV Capacitor ที่ Main Incoming ค่า Switchgear จะแพง และไม่ได้ลดกำลังสูญของระบบ



รูปที่ 58 คะแปซิเตอร์ที่ใช้ระดับแรงดันสูงและมีภาระแรงดันสูง

5. ระดับแรงดันสูงกับโหลดกระบวนการผลิตต่อเนื่อง โรงงานอุตสาหกรรมที่มีโหลดกระบวนการผลิตที่ต่อเนื่อง คือทำงาน 7 วันต่อสัปดาห์ และโหลดค่อนข้างสม่ำเสมอ เช่น

- โรงงานกลั่นน้ำมัน
- โรงงานเคมีและปิโตรเคมีคัล
- โรงงานกระบวนการเคมี

โหลดขนาดใหญ่และจ่ายด้วยแรงดันสูง 69 KV, 115 KV หรือ 230 KV แล้ว Step down เป็น Secondary HV Distribution 6-15 KV โหลดส่วนใหญ่จะต่อโดยตรงเข้าทาง Primary หรือ Secondary HV Distribution ยกเว้นพวก LV โหลด

ด้วยสภาพเช่นนี้ การปรับปรุง P.F. สามารถทำได้โดยใช้ HV Capacitor Bank with Manual Control และต่ออยู่กับ Line ตลอดเวลา ค่าใช้จ่ายต่อ KVAr และค่า Switchgear ก็ลดลงด้วย

การควบคุมคะแปซิเตอร์แบบอัตโนมัติ

1. การใช้คะแปซิเตอร์ การใช้คะแปซิเตอร์เพื่อปรับปรุง P.F. อาจใช้ได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

- ติดตั้งถาวร (Fixed) เข้ากับระบบไฟฟ้าหรืออุปกรณ์
- ติดตั้งโดยการควบคุม P.F. อย่างอัตโนมัติ (Automatic P.F. Control)

การติดตั้งถาวรนั้นเหมาะสำหรับโหลดที่ค่อนข้างคงที่ เช่น ติดตั้งทางด้านทุติยภูมิ (Secondary) ของหม้อแปลง ส่วนการติดตั้งแบบอัตโนมัตินั้นเหมาะสำหรับโหลดที่ไม่คงที่และตามเวลาของวันด้วย

ถ้าติดตั้งคะแปซิเตอร์แบบติดถาวรเข้ากับระบบไฟฟ้าที่มีโหลดไม่คงที่ จะมีผลเสียหลายประการ เช่น

1. ในสภาวะโหลดต่ำ (Light Load)แรงดันระดับที่มีค่าสูงอยู่แล้วจะทำให้สูงขึ้นไปอีกโดยคะแปซิเตอร์ แรงดันที่สูงมากนี้จะทำความเสียหายให้กับอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ รวมทั้งตัวคะแปซิเตอร์เองด้วย

2. กำลังสูญจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีกระแสไหลเข้าคะแปซิเตอร์ตลอดเวลา

3. แรงดันที่สูงทำให้เกิดการอิ่มตัวทางแม่เหล็กของแกนหม้อแปลง (Over-saturation) กระแสฮาร์มอนิกจะเพิ่มขึ้น จึงมีโอกาสเกิดฮาร์มอนิกเรโซแนนซ์เพิ่มขึ้น

4. อาจทำให้เกิด Instability ขึ้นกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2. ตัวควบคุมคะแปซิเตอร์แบบอัตโนมัติ (Automatic P.F. Controller) สำหรับโหลดจำนวนมากที่มี P.F. ต่างกัน และใช้เวลาไม่พร้อมกัน การใช้ Automatic P.F. Control กับตัวคะแปซิเตอร์จะได้ประโยชน์มาก ระบบนี้สามารถรักษา P.F. ของระบบไฟฟ้าให้มีค่าคงที่ตามที่ต้องการได้

ส่วนประกอบของระบบ Automatic P.F. Control มีดังนี้

- P.F. Controller
- Capacitor
- Current Transformer
- Contactors
- Fuses or Circuit Breakers

P.F. Controller ซึ่งเป็นสมองของระบบควบคุมนี้ จะเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟของระบบกับคะแปซิเตอร์ โดยใช้แรงดันและกระแสเป็น input data แล้วจะออกคำสั่งไปยัง Contactors ให้ต่อหรือตัดคะแปซิเตอร์จากแหล่งจ่ายไฟ เพื่อให้ได้ P.F. ตามที่ตั้งไว้ ตามปกติ P.F. Controller ที่ใช้มี 6 หรือ 12 Steps ซึ่งหมายความว่ามันสามารถควบคุมคะแปซิเตอร์ได้ 6 หรือ 12 banks ปัจจุบันได้มีการนำไมโครโปรเซสเซอร์มาใช้กับ P.F. Controller ซึ่งทำให้มันสามารถทำงานได้อย่างสะดวกและแม่นยำ ทั้งยังสามารถ Display ค่าทางไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น P.F., KVA, KVAr ได้ด้วย

รูปที่ 58 แสดงรูปร่างของ P.F. Controller แบบหนึ่ง

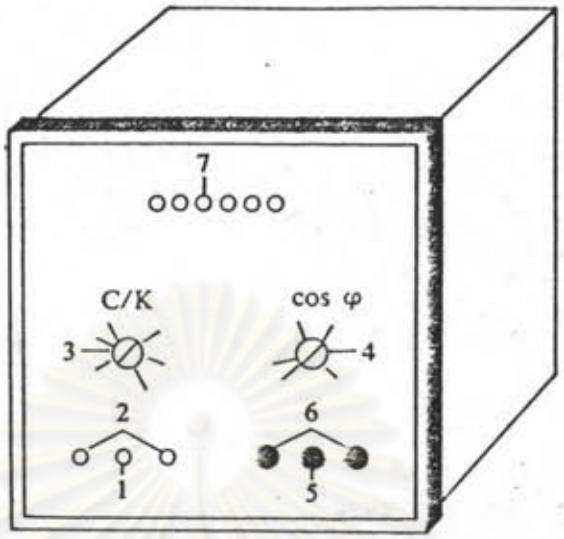
รูปที่ 59 แสดง Connection Diagram ของทั้งระบบ

3. การทำงานของ P.F. Controller โดยทั่วไป P.F. Controller สามารถปรับตั้งให้ทำงานได้เป็น 2 อย่างคือ

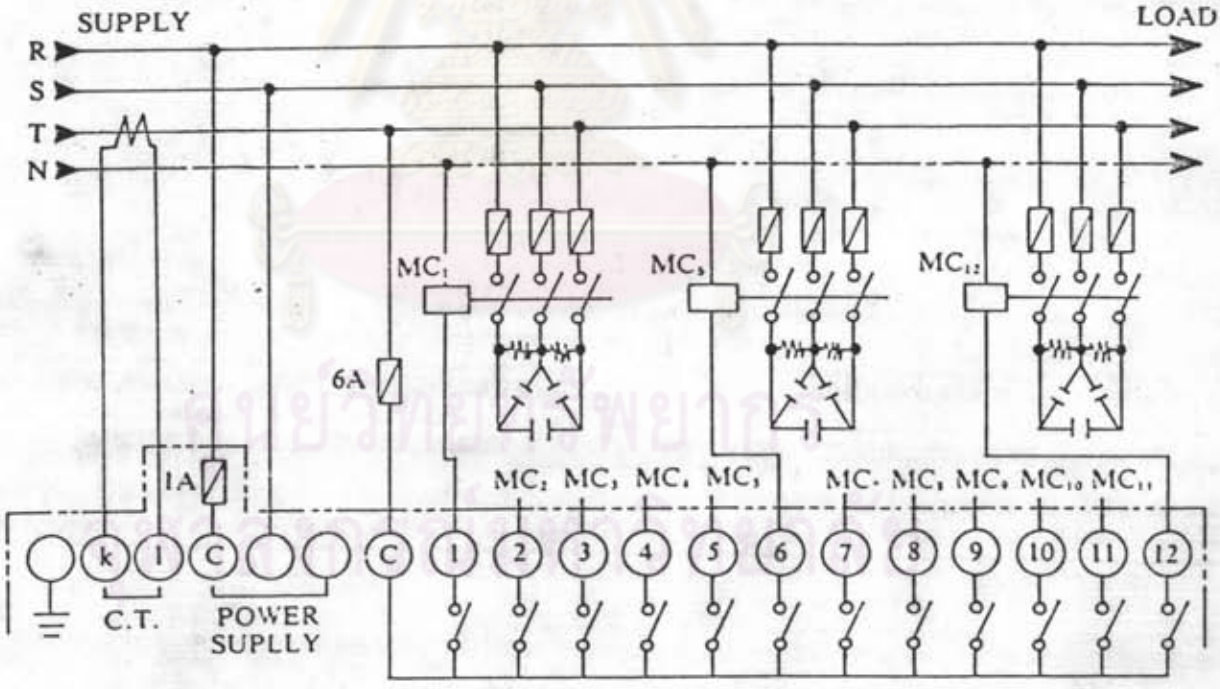
- Cyclic Operation
- Multi-step Operation

ก. Cyclic Operation การทำงานแบบนี้ Controller จะทำให้ตัดต่อคะแปซิเตอร์เป็นรูปวงกลม เพื่อให้มีโอกาสใช้คะแปซิเตอร์เท่า ๆ กัน อายุของอุปกรณ์และคะแปซิเตอร์จะได้ประมาณเท่ากัน

ข. Multi-Step Operation การทำงานแบบนี้ คะแปซิเตอร์ที่ใช้มีขนาดไม่เท่ากัน เช่นเป็นอัตราส่วน 1:2:2:2:2:2 หรือ 1:2:4:4:4:4 เป็นต้น เพื่อให้ได้ขนาด KVAr ที่ละเอียดที่ระบบไฟฟ้าต้องการ



รูปที่ 59 รูปร่างของ P.F. Controller แบบหนึ่ง



รูปที่ 60 Connection diagram ของทั้งระบบ

NEW ELECTRIC RATE

SCHEDULE 1 RESIDENTIAL

Applicable

To dwelling place, monastery and church of any religion including the compound, for lighting and appliances through a single watt–hour meter.

Monthly Rate

Energy Charge	First	5 kwhr or less	Baht 5.00
	Next	10 kwhr (6 th – 15 th)	Baht 0.70 per kwhr
	Next	10 kwhr (16 th – 25 th)	Baht 0.90 per kwhr
	Next	10 kwhr (26 th – 35 th)	Baht 1.17 per kwhr
	Next	65 kwhr (36 th – 100 th)	Baht 1.58 per kwhr
	Next	50 kwhr (101 th – 150 th)	Baht 1.68 per kwhr
	Next	150 kwhr (151 th – 300 th)	Baht 1.76 per kwhr
	Next	100 kwhr (301 th – 400 th)	Baht 2.02 per kwhr
	Next	400 kwhr (401 th – 800 th)	Baht 2.11 per kwhr
	Over	800 kwhr (801 th –)	Baht 2.43 per kwhr
Minimum Charge :	Baht 5.00		

SCHEDULE 2 SMALL BUSINESS

Applicable

To business, business cum residential, industrial, public services and state enterprises including the compound, with a maximum 15–minute integrated demand of less than 30 kilowatts for lighting and appliances through a single watt–hour meter.

Monthly rate

Energy Charge :	First	40 kwhr or less	Baht 88.12
	Next	260 kwhr (41 th – 300 th)	Baht 1.77 per kwhr
	Next	200 kwhr (301 th – 500 th)	Baht 1.88 per kwhr
	Next	500 kwhr (501 th – 1,000 th)	Baht 2.21 per kwhr
	Next	2,000 kwhr (1,001 th – 3,000 th)	Baht 2.43 per kwhr
	Over	3,000 kwhr (3,001 th –)	Baht 2.50 per kwhr
Minimum Charge :	Baht 88.12		

Note

All customers : In any monthly billing period if the customer's maximum 15–minute integrated demand is in excess of 30 kw he will be placed under Schedule 3, Schedule 4, Schedule 5, Schedule 6 or Schedule 7, as the case may be, and, will be reclassified under schedule 2 when such demand is below 30 kw for 12 consecutive months.

SCHEDULE 3 LARGE BUSINESS

Applicable

To business, public services and state enterprises including the compound with a maximum 15 minute integrated demand of 30 kw and over for lighting and appliances through a single demand meter.

Monthly Rate

3.1 **Below 12 kv**

Demand Charge	: Baht	239.00	per kw
Energy Charge	: Baht	1.28	per kwhr

3.2 **12 kv and Over**

Demand Charge	: Baht	229.00	per kw
Energy Charge	: Baht	1.23	per kwhr

Minimum Charge : Demand charge taken on 30% of maximum billing demand of the last 12 month period ending the current month.

Billing Demand : Maximum 15−minute integrated demand over the monthly billing period determined to the nearest whole kilowatt (fraction of 0.5 kw is discarded).

Power Factor Charge

For lagging power factor customer, in any monthly billing period during which the customer's maximum 15−minute kilovar demand is in excess of 63% of his maximum 15−minute kilowatt demand, a power factor charge of Baht 15.00 will be made on each kvar of such excess, determinded to the nearest whole kvar discarding the fraction of 0.5 kvar.

SCHEDULE 4 SPECIFIC BUSINESS

Applicable

To hotels qualified by the Tourism Authority of Thailand Standards for tourism, with a maximum 15−minute integrated demand of 30 kilowatt and over for lighting and appliances through a single demand meter.

Monthly Rate

4.1 **Below 12 kv**

Demand Charge	: Baht	233.00	per kw
Energy Charge	: Baht	1.28	per kwhr

4.2 **12 kv and Over**

Demand Charge	: Baht	216.00	per kw
Energy Charge	: Baht	1.23	per kwhr

Minimum Charge : Demand charge taken on 30% of maximum billing demand of the last 12 month period ending the current month.

Billing Demand : Maximum 15−minute intergrated demand of the billing period determined to the nearest whole kilowatt (fraction of 0.5 kw is discarded)

Power Factor Charge

For lagging power factor customer, in any monthly billing period during which the customer's maximum 15−minute kvar demand is in excess of 63% of his maximum 15−minute integrated demand, a power factor charge of Baht 15.00 will be made on each kvar of such excess, determined to the nearest whole kvar discarding the fraction of 0.5 kvar.

SCHEDULE 5 SMALL INDUSTRIAL AND MINING

Applicable

To industrial and mining including the compound, with a maximum 15−minute integrated demand of 30−499 kilowatt for lighting and appliances through a single demand meter.

Monthly Rate

All Voltages

Demand Charge	: Baht	177.00	per kw
Energy Charge	: Baht	1.23	per kwhr
Tariff Discount	:	4% of the demand and energy charge	

Minimum Charge : Demand charge taken on 30% of the maximum billing demand of the last 12 month period ending the current month.

SCHEDULE 6 MEDIUM INDUSTRIAL AND MINING

Applicable

To industrial and mining including the compound, with a maximum 15–minute integrated demand of 500–1,999 kilowatt for lighting and appliances through a single demand meter.

Monthly Rate

All Voltages

Demand Charge	: Baht	174.00	per kw
Energy Charge	: Baht	1.23	per kwhr
Tariff Discount	: 4% of the demand and energy charges.		
Minimum Charge	: Demand charge taken on 30% of the maximum billing demand of the last 12 month period ending the current month.		

SCHEDULE 7 LARGE INDUSTRIAL AND MINING

Applicable

To industrial and mining including the compound with a maximum 15–minute integrated demand of 2;000 kilowatt and over for lighting and appliances through a single demand meter.

Monthly Rate

All Voltages

Demand Charge	: Baht	170.00	per kw
Energy Charge	: Baht	1.22	per kwhr
Tariff Discount	: 4% of the demand and energy charges.		
Minimum Charge	: Demand charge taken on 30% of maximum billing demand of the last 12 month period ending the current month.		

SCHEDULE 8 SMELTING OR ELECTROLYSIS PROCESSING

Applicable

To smelting industrial or electrolysis processing which respond to the conditions and criteria established by the Board of Electricity Policy Development, including the compound for lighting and appliances through a single demand meter.

Monthly Rate

All Voltages

Demand Charge	: Baht	165.00	per kw
Energy Charge	: Baht	1.20	per kwhr
Tariff Discount	: 4% of the demand and energy charges.		

Minimum Charge
1. Smelting Industrial
   Minimum charge is the demand charge taken on the 3,000 kilowatt demand.
2. Electrolysis Processing
   Minimum charge is the demand charge taken on the 1,500 kilowatt including the energy charge using 85% load factor.
3. Minimum charge under 1 or 2 shall be no less than the demand charge taken on 30% of the maximum 15–minute integrated demand of the last 12 month period ending the current month.

NOTE

Customer wishing to use the Schedule 8 shall have to secure a prior approval from and sign a contract with MEA.

SCHEDULE 9 PUBLIC UTILITIES (WATER)

Applicable

To public water works and utility including the compound for lighting and appliances through a single demand meter.

9.1 **Maximum 15-minute integrated demand below 30 kw**

Energy Charge : First 10 kwhr or less Baht 18.20
11 th kwhr and over Baht 1.82 per kwhr

Minimum Charge : Baht 18.20

9.2 **Maximum 15-minute integrated demand of 30 kw and over**

Demand Charge : Baht 167.00 per kw
Energy Charge : Baht 1.23 per kwhr

Minimum Charge : Demand charge taken on 30% of maximum billing demand of the last 12 month period end the current month.

SCHEDULE 10 GOVERNMENT INSTITUTIONS

Applicable

To government institutions and those established by the Local Administration Act, including the compound (not applicable to state enterprises) for lighting and appliances through a single demand meter.

Monthly Rate

Energy Charge : First 10 kwhr or less Baht 18.20
11 th kwhr and over Baht 1.82 per kwhr

Minimum Charge : Baht 18.20

SCHEDULE 11 NON PROFIT ORGANIZATION

Applicable

To non-government organization offering services free of charge including places holding religious ceremonies and the compound ; not applicable to embassies, military facilities for foreign troops and international organization office buildings for lighting and appliances through a single watt-hour meter.

Monthly Rate

Energy Charge : First 10 kwhr or less Baht 18.40
11 th kwhr and over Baht 1.84 per kwhr

Minimum Charge : Baht 18.40

SCHEDULE 12 AGRICULTURAL PUMPING

Applicable

To government agricultural agencies, officially recognized farmers groups, agricultural cooperatives or farmers operating water pumps with total capacity of not less than 25 horse power for agricultural pumping through a single watt-hour meter.

Monthly Rate

Energy Charge : First 100 kwhr or less Baht 117.00
: 101 th and over Baht 1.17 per kwhr

Minimum Charge : Baht 117.00

NOTE

Customer wishing to use the Schedule 12 shall have to secure a prior approval from and sign a contract with MEA.

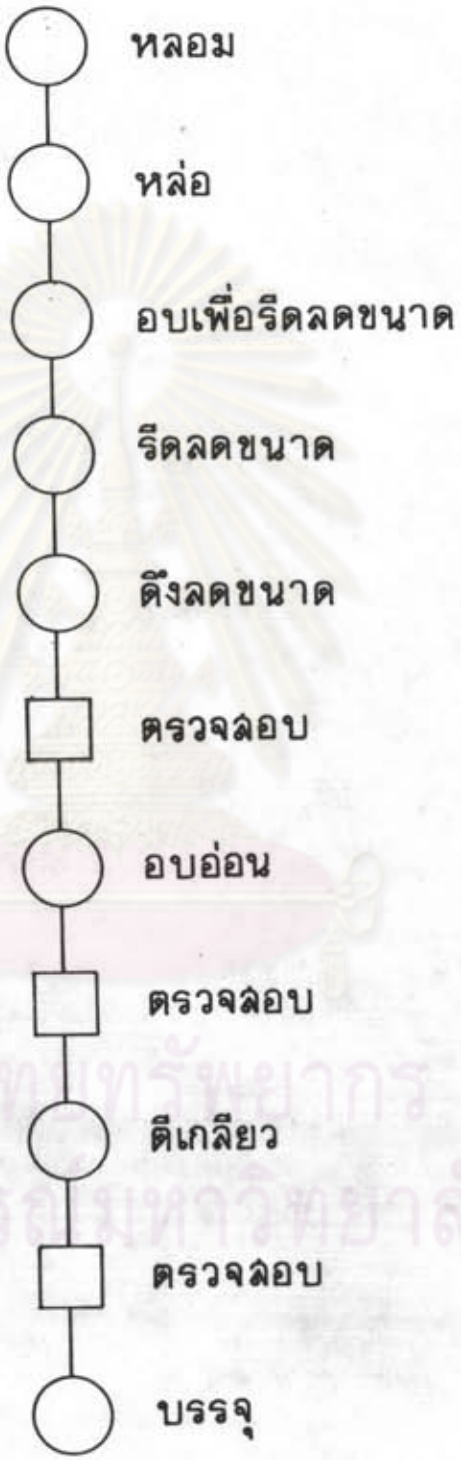
FUEL ADJUSTMENT CLAUSE

Should there be any change in fuel cost, tariff adjustment will be made accordingly at a flat rate per unit. The public will be notified by MEA annuoncement.

THE ABOVE RATE WILL BE IN EFFECT FROM 1 JUNE B.E. 2530 (1987)
METROPOLITAN ELECTRICITY AUTHORITY
9 JUNE B.E. 2530 (1987)

Printed at M.E.A. Press Chakphet Road, Bangkok

ผังขั้นตอนขบวนการผลิตลายเกลียวทองแดง

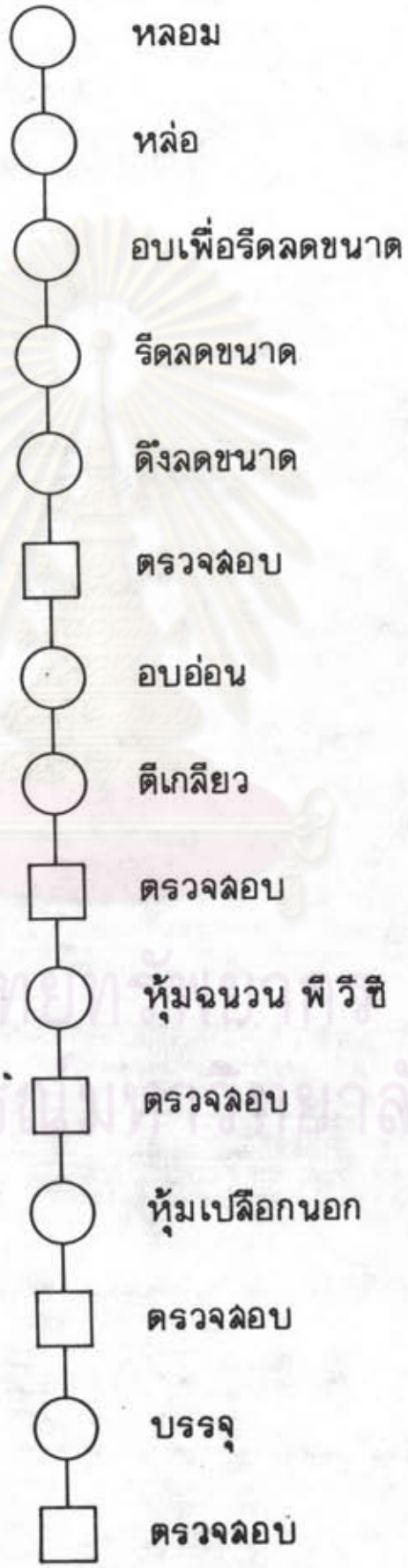


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผังขั้นตอนขบวนการผลิตลายโทรศัพท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผังขั้นตอนขบวนการผลิตลายไฟฟ้าหุ้มฉนวน

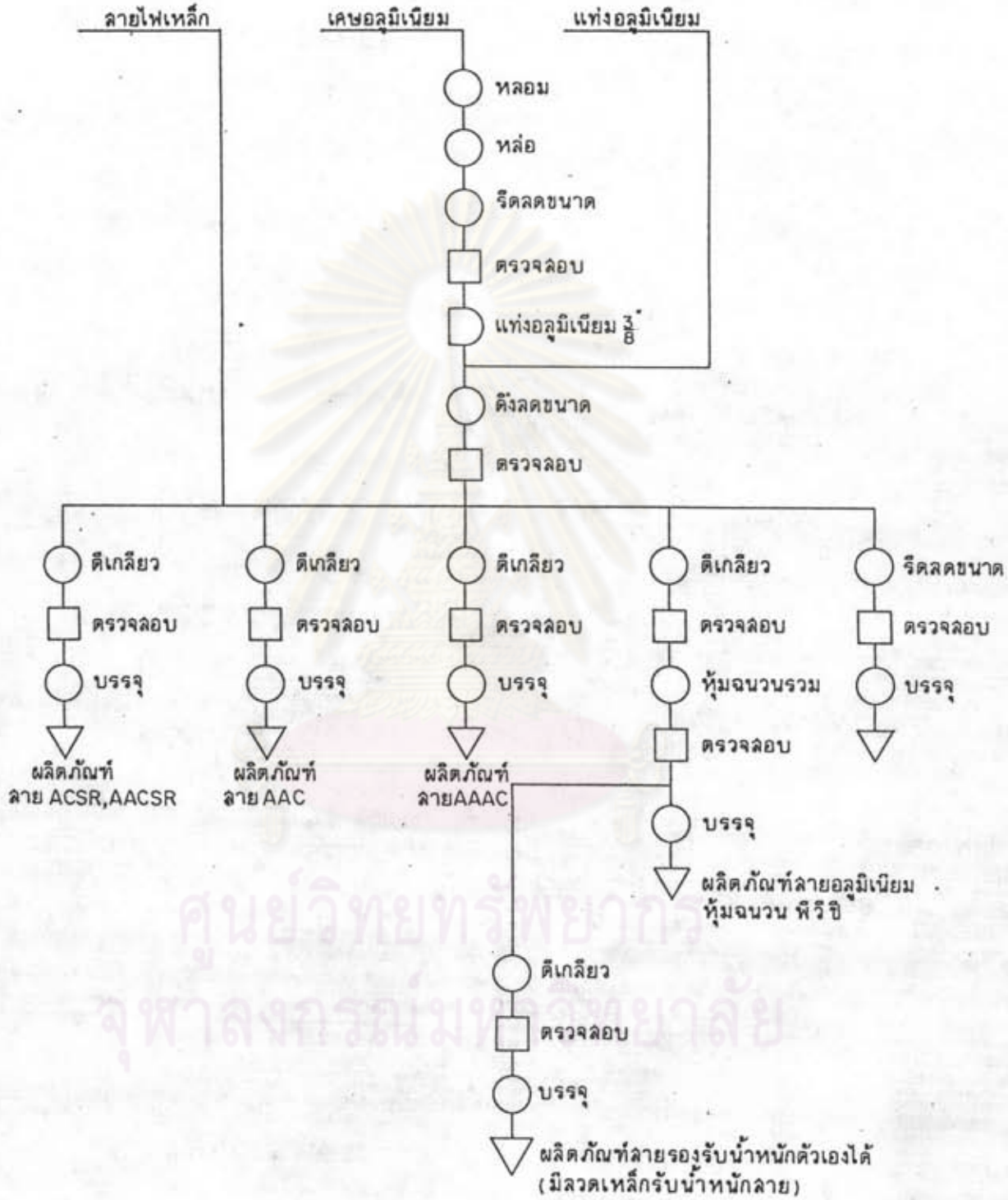


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผังขั้นตอนขบวนการผลิตลายไฟฟ้าแรงสูง

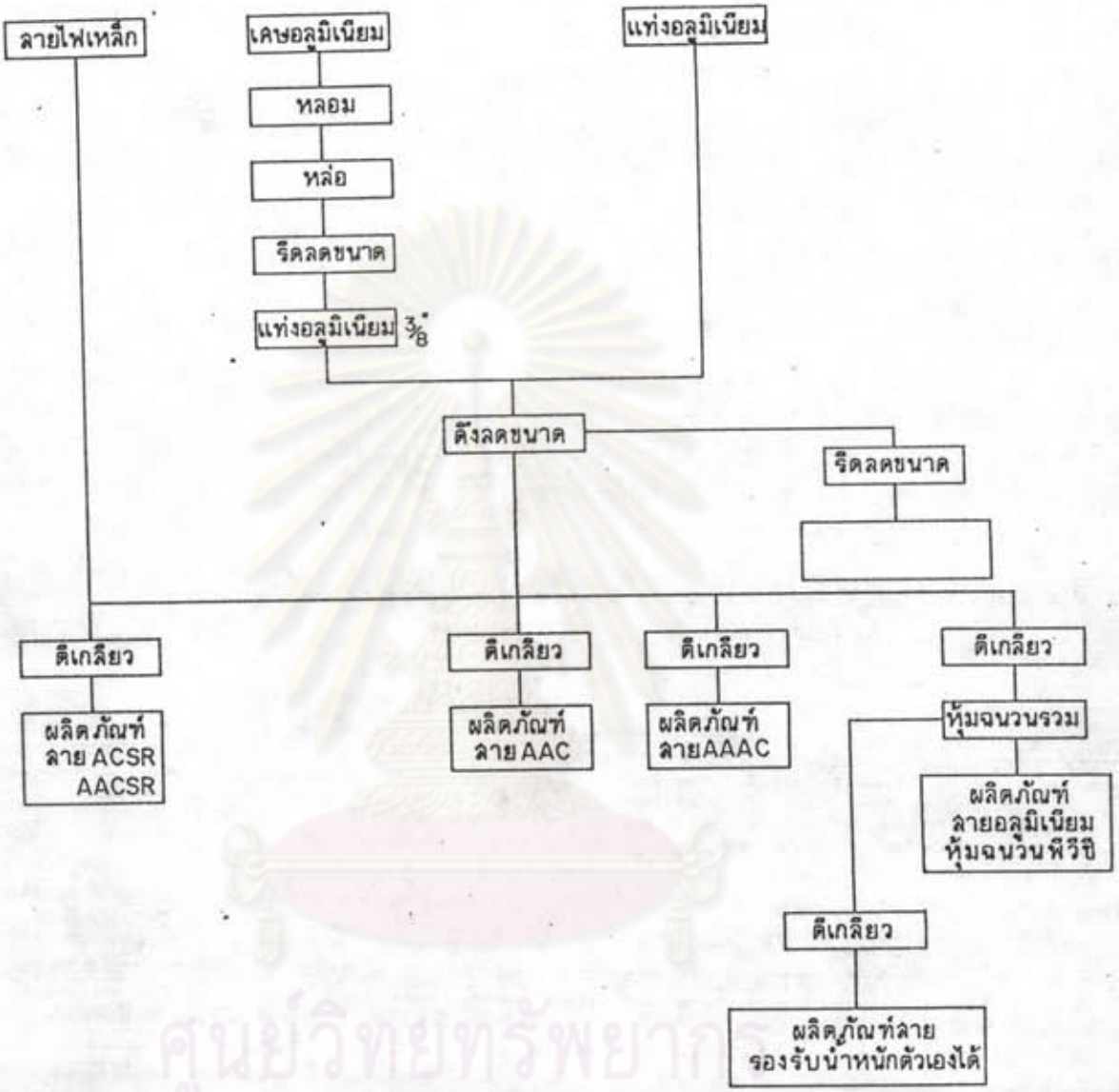
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผังขั้นตอนขบวนการผลิตลายอลูมิเนียม



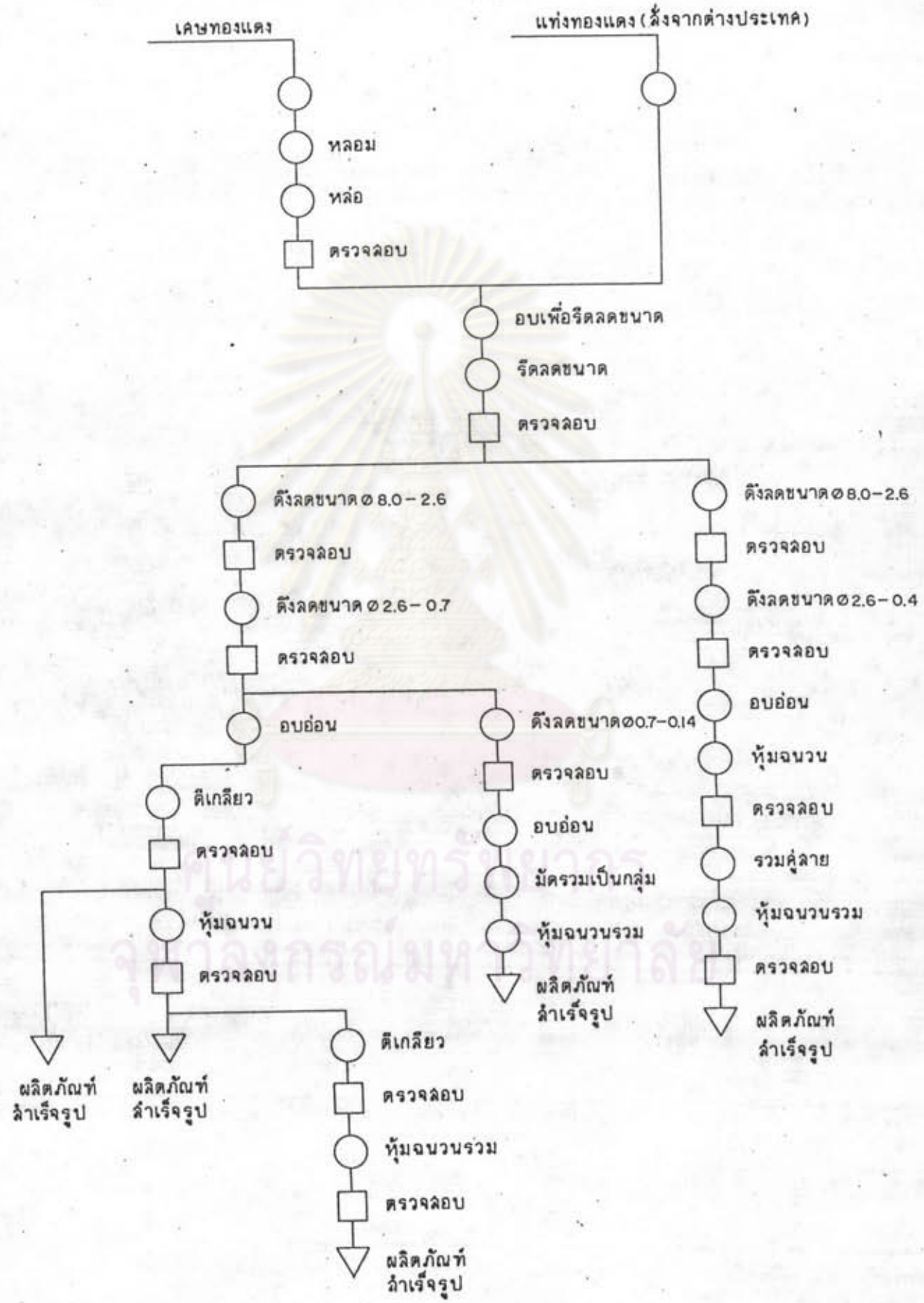
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผังขั้นตอนการผลิตลายอลูมิเนียม

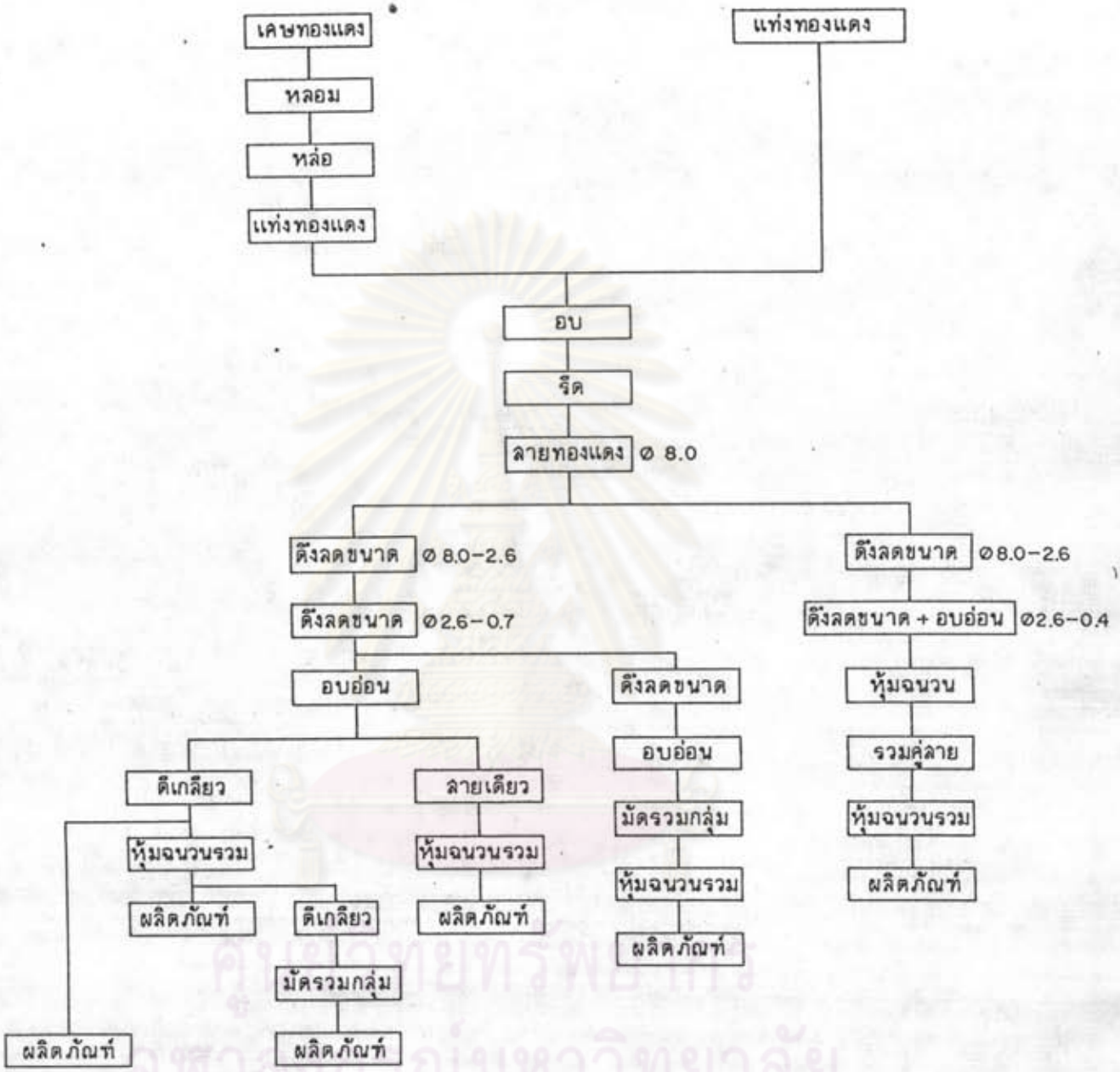


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผังขั้นตอนขบวนการผลิตลายทองแดง

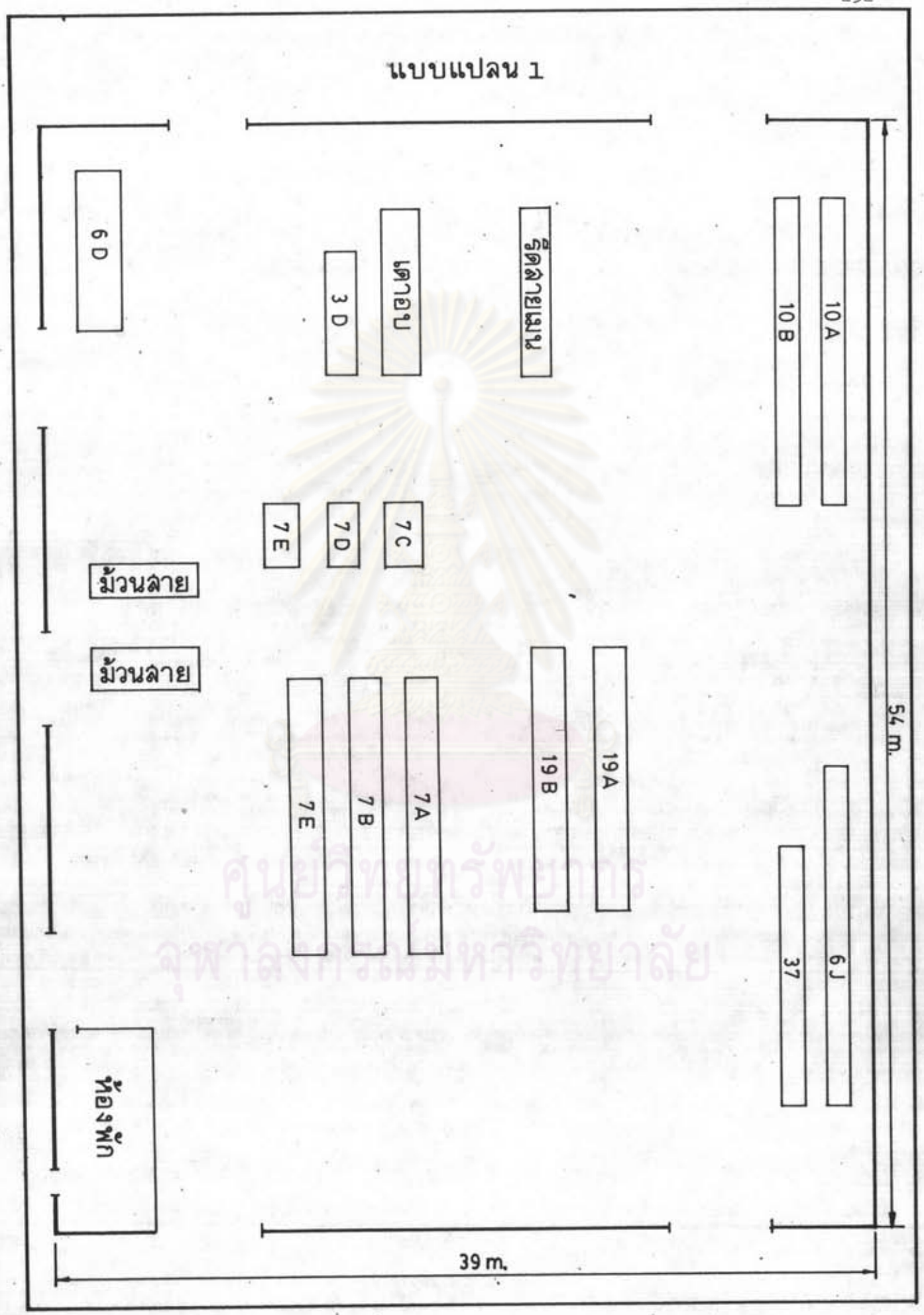


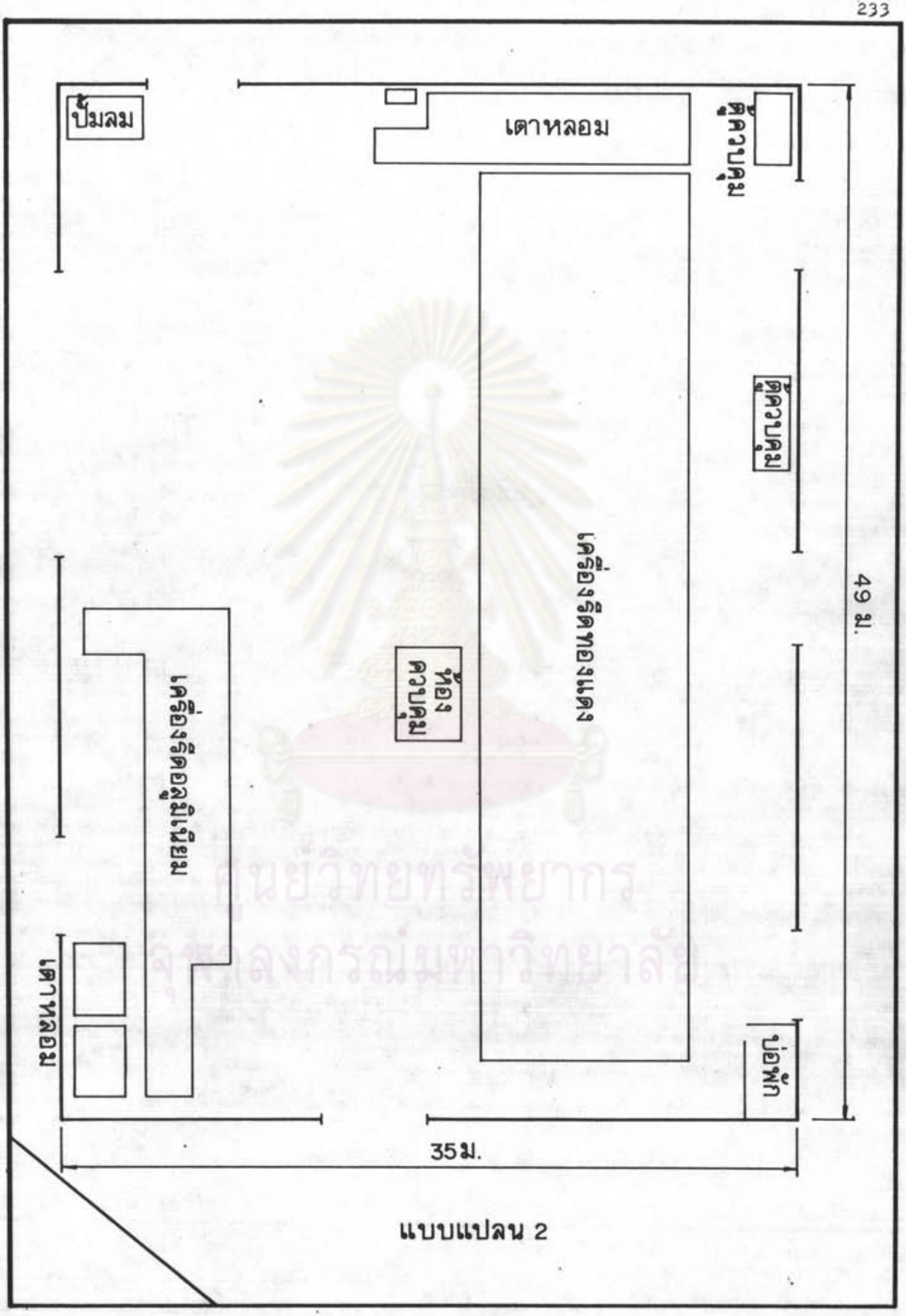
ผังขั้นตอนการผลิตลายทองแดง



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

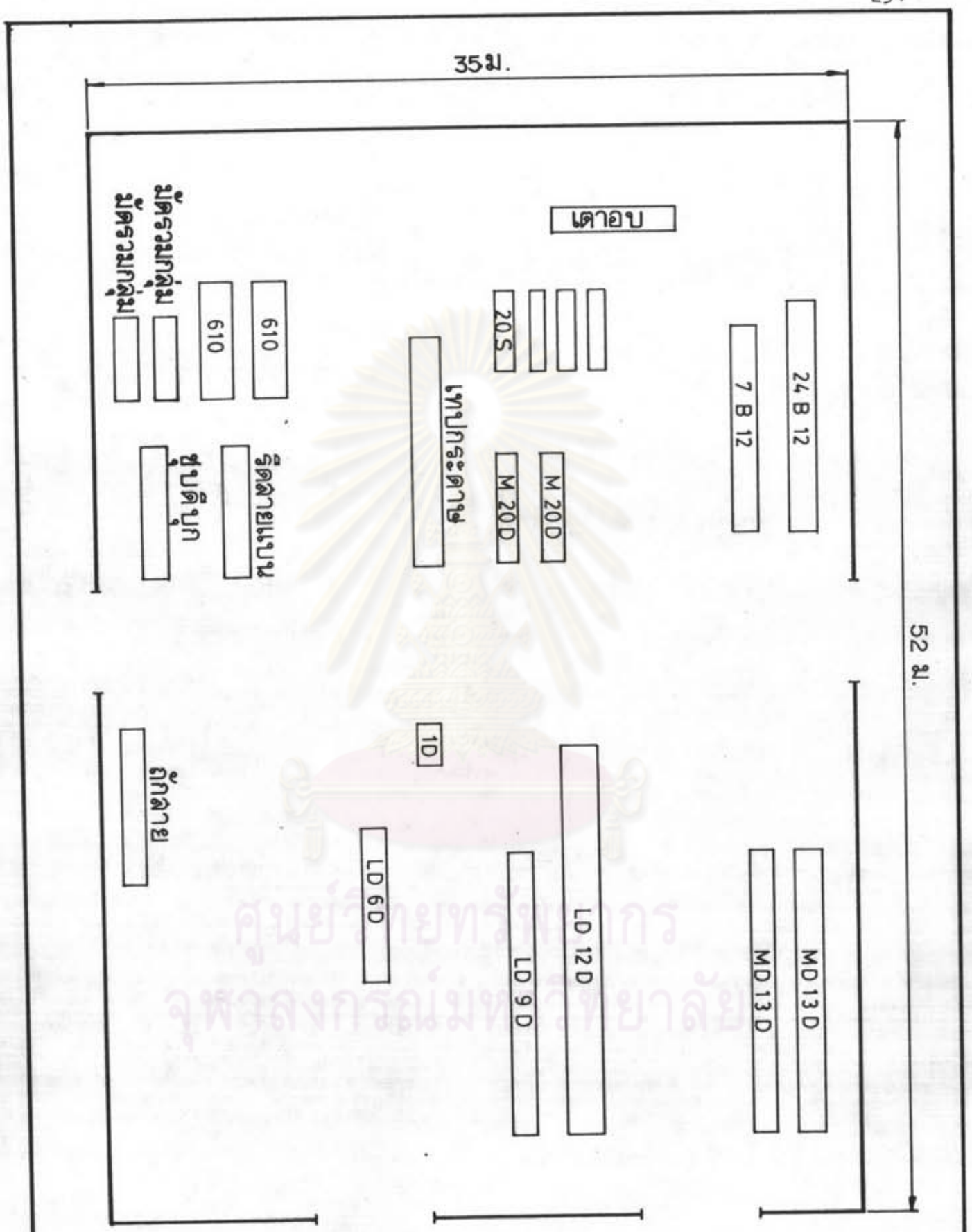
แบบแปลน 1


6 D
3 D
เตาอบ
ตู้เก็บเชื้อ
10 B
10 A
7 E
7 D
7 C
ม้วนลาย
ม้วนลาย
7 E
7 B
7 A
19 B
19 A
37
6 J
54 m.
ห้องน้ำ
39 m.



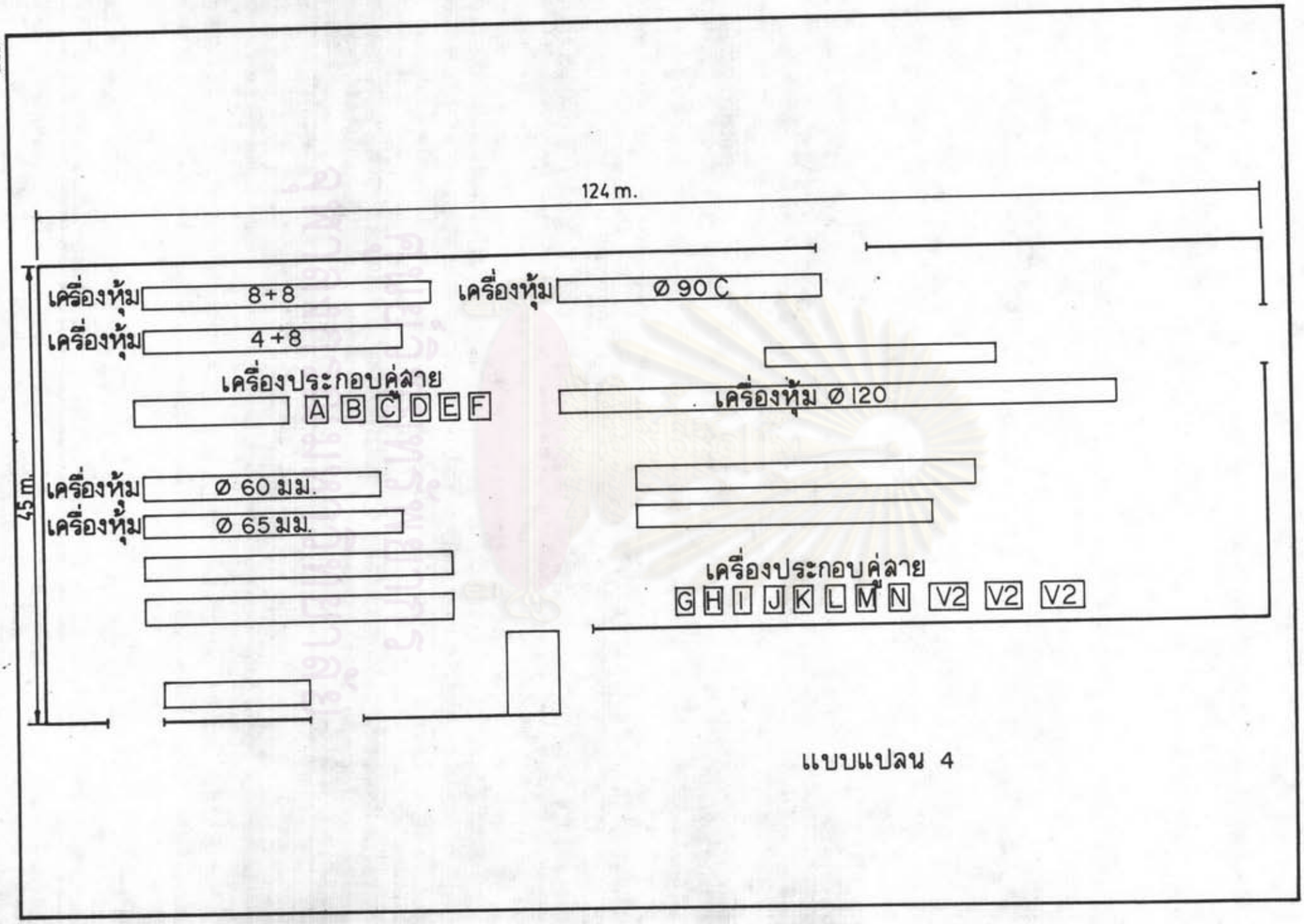
แบบแปลน 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



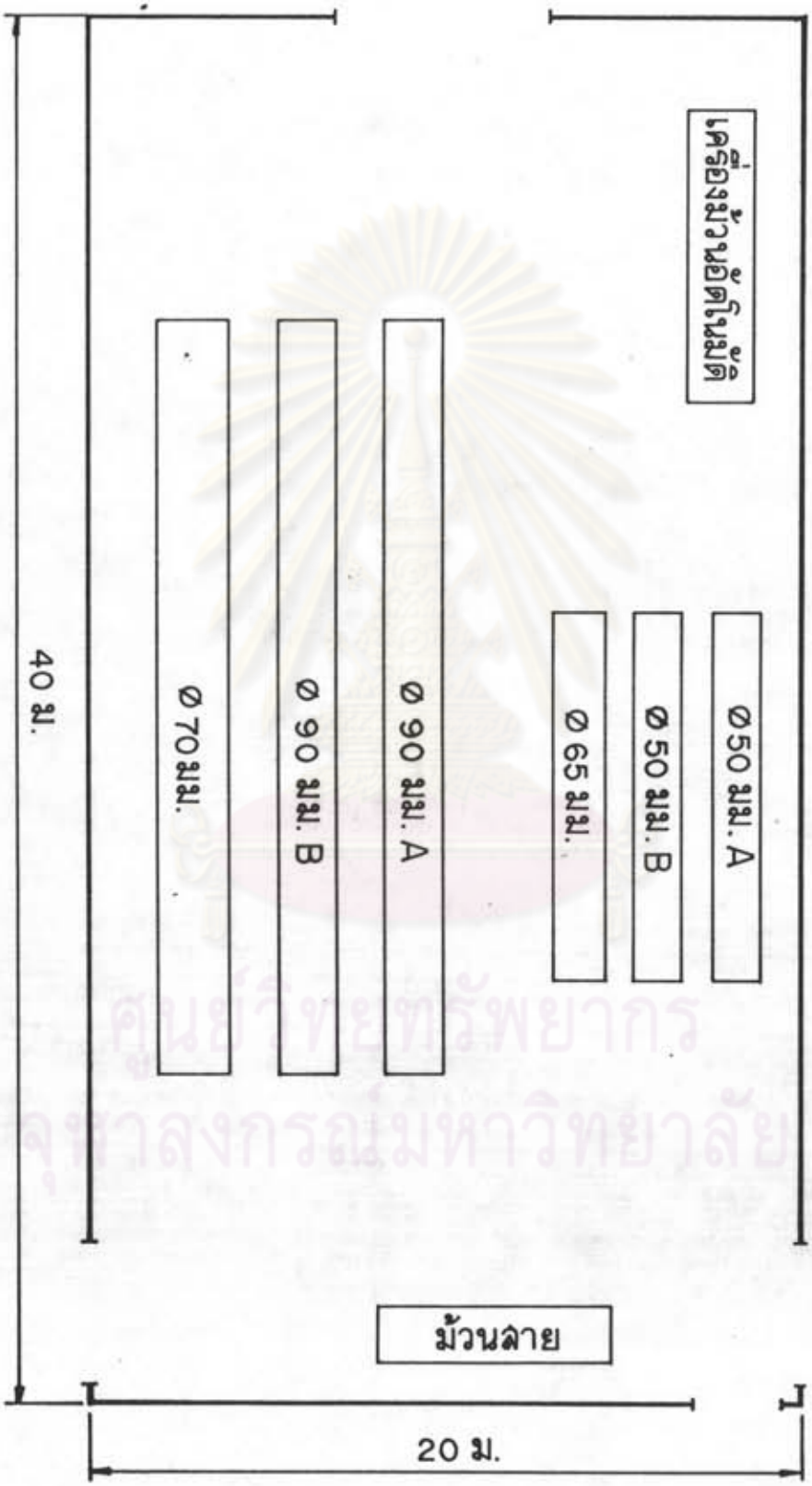
แบบแปลน 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


124 m.
45 m.
เครื่องหุ้ม 8+8
เครื่องหุ้ม 4+8
เครื่องประกอบคู่ลาย
A B C D E F
เครื่องหุ้ม Ø 90 C
เครื่องหุ้ม Ø 120
เครื่องหุ้ม Ø 60 มม.
เครื่องหุ้ม Ø 65 มม.
เครื่องประกอบคู่ลาย
G H I J K L M N V2 V2 V2

แบบแปลน 4

แบบแปลน 5



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

คุณสมบัติทางกลของลวดอลูมิเนียมรีดแข็ง

เส้นผ่านศูนย์กลาง มิลลิเมตร	ความเค้นดึงอันติมะต่ำสุด (minimum ultimate tensile stress)		ความยืดต่ำสุด ก่อนดึงเกลียว ร้อยละ
	ก่อนดึงเกลียว	หลังดึงเกลียว	
1.25	200.0 (20.4)	190.2 (19.4)	1.2
1.50	193.2 (19.7)	183.4 (18.7)	1.3
1.75	188.3 (19.2)	178.5 (18.2)	1.3
2.00	184.4 (18.8)	175.5 (17.9)	1.4
2.25	180.4 (18.4)	171.6 (17.5)	1.5
2.50	175.5 (18.0)	167.6 (17.1)	1.5
2.75	172.6 (17.6)	163.8 (16.7)	1.6
3.00	168.7 (17.2)	159.8 (16.3)	1.6
3.25	165.7 (16.9)	156.9 (16.0)	1.7
3.50	163.8 (16.7)	156.0 (15.9)	1.7
3.75	161.8 (16.5)	154.0 (15.7)	1.8
4.00	159.8 (16.3)	152.0 (15.5)	1.9
4.25	159.8 (16.3)	152.0 (15.5)	2.0
4.50	158.9 (16.2)	151.0 (15.4)	2.0
4.75	158.9 (16.2)	151.0 (15.4)	2.0
5.00	158.9 (16.2)	151.0 (15.4)	2.0

หมายเหตุ สำหรับเส้นลวดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ตรงกับตัวเลขในตารางให้ถือเอาค่าของเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าซึ่งอยู่ถัดไปแทน

ภาคผนวก ช

ตารางที่ 52 ผลของการวัดค่า O_2 CO_2 และอุณหภูมิในไอเสียสำหรับเตาหลอมอลูมิเนียม

วัน เดือน ปี	เวลา	ออกซิเจน (%)	คาร์บอนไดออกไซด์ (%)	อุณหภูมิของไอเสีย (°C)
4 มค. 31	10.00	11	7	600
	11.00	11.5	7.2	590
	14.00	10.5	8	610
	16.00	11.2	7.1	605
5 มค. 31	10.00	10.8	7.6	600
	11.00	9.5	8.4	604
	14.00	10.8	7.6	610
	16.00	10.4	8	595
6 มค. 31	10.00	9.8	8.5	600
	11.00	10.5	8	601
	14.00	11.3	7.2	602
	16.00	10.2	7.9	600
7 มค. 31	10.00	9.8	8.5	610
	11.00	10.1	8	608
	14.00	11.0	7.4	601
	16.00	10.2	8	600
8 มค. 31	10.00	9.8	8.5	598
	11.00	10.2	8	600
	14.00	10.8	7.6	609
	16.00	9.5	8.4	590

ที่มา : จากการตรวจวัดของผู้วิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 53 ผลของการวัดค่า O_2 CO_2 และอุณหภูมิในไอเสียสำหรับเตาหลอมทองแดง

วัน เดือน ปี	เวลา	ออกซิเจน (%)	คาร์บอนไดออกไซด์ (%)	อุณหภูมิของไอเสีย (°C)
11 มค. 31	10.00	12.0	7	610
	11.00	11.5	7.5	620
	14.00	11.8	7.2	618
	16.00	12.2	6.8	619
12 มค. 31	10.00	12.5	6	622
	11.00	11.8	7.2	625
	14.00	12.1	6.8	618
	16.00	12.3	6.8	617
13 มค. 31	10.00	12.0	7	621
	11.00	12.2	6.8	622
	14.00	11.8	7.2	619
	16.00	12.3	6.7	614
14 มค. 31	10.00	11.9	7.1	617
	11.00	12.0	7	620
	14.00	13.0	5.9	625
	16.00	10.9	7.9	623
15 มค. 31	10.00	12.2	6.8	619
	11.00	12.4	6.6	622
	14.00	12.1	6.8	619
	16.00	11.9	7.1	618

ที่มา : จากการตรวจวัดของผู้วิจัย

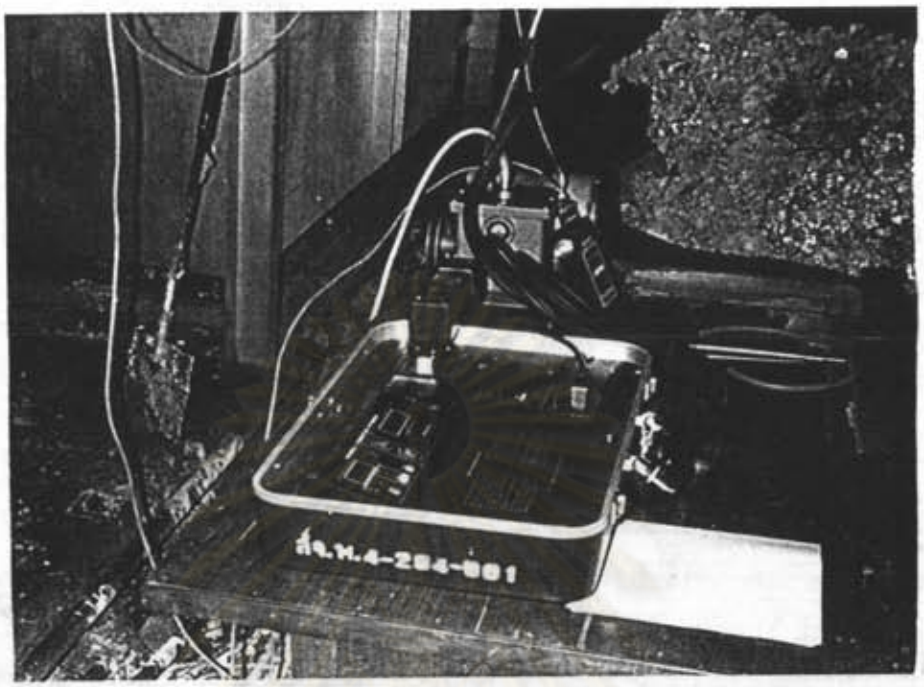
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

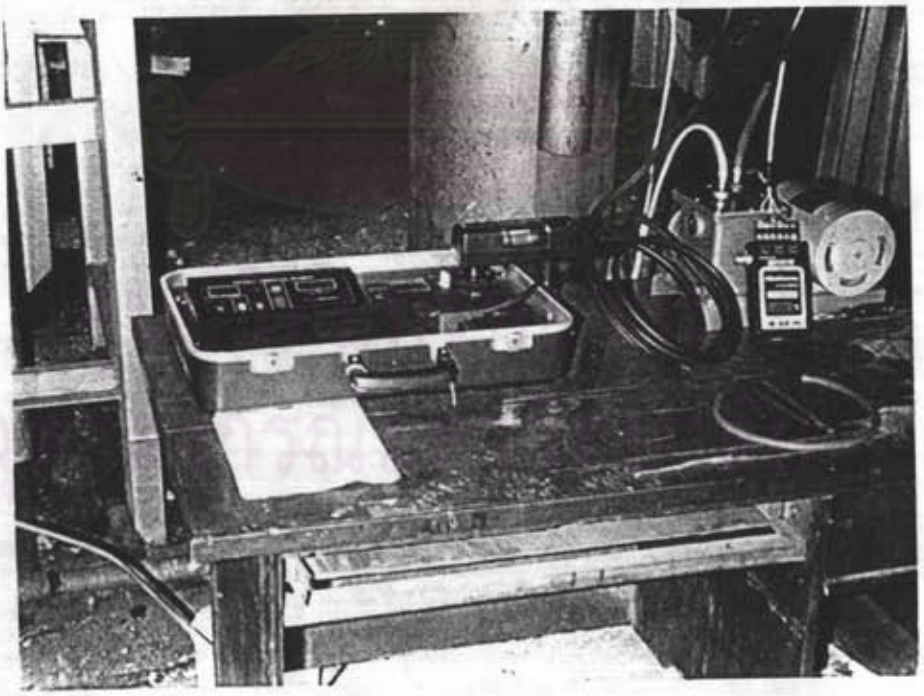
ตารางที่ 54 ผลของการวัดค่า O_2 CO_2 และอุณหภูมิในไอเสียสำหรับเตาเผาทองแดง

วัน เดือน ปี	เวลา	ออกซิเจน (%)	คาร์บอนไดออกไซด์ (%)	อุณหภูมิของไอเสีย (°C)
18 มค. 31	10.00	11.8	6.9	575
	11.00	11.9	6.8	580
	14.00	11.7	7	595
	16.00	12.0	6.6	570
19 มค. 31	10.00	11.8	6.9	580
	11.0	11.3	7.2	582
	14.00	12.1	6.5	581
	16.00	12.0	6.6	583
20 มค. 31	10.00	12.2	6.4	580
	11.00	11.9	6.9	578
	14.00	11.8	6.9	576
	16.00	11.7	7	579
21 มค. 31	10.00	12.0	6.6	581
	11.00	12.2	6.4	578
	14.00	12.1	6.5	580
	16.00	11.9	6.9	582
22 มค. 31	10.00	11.8	6.9	581
	11.00	12.0	6.6	580
	14.00	12.1	6.5	580
	16.00	12.0	6.6	582

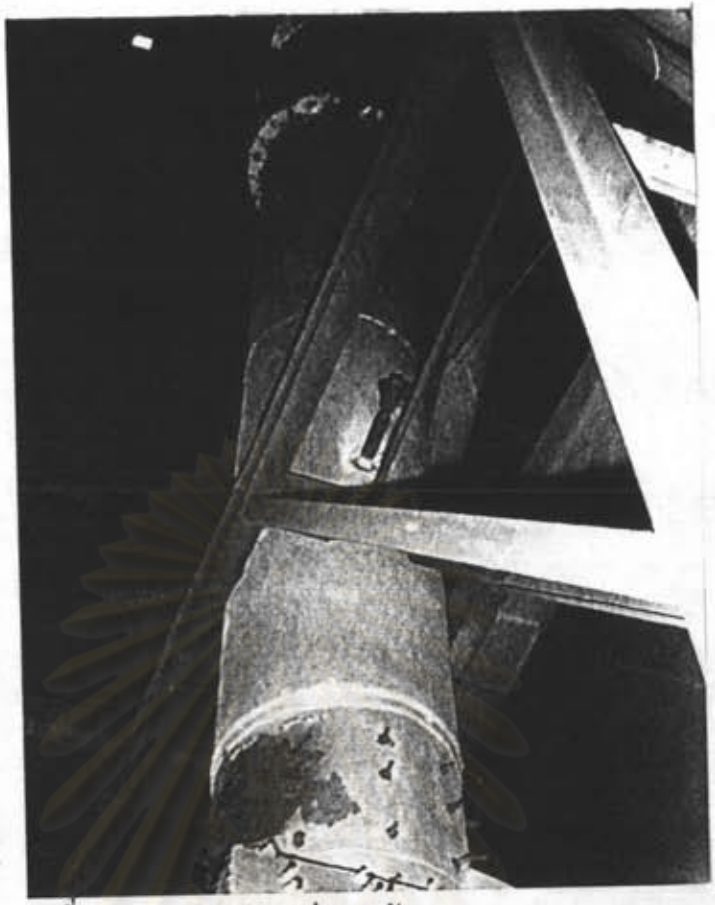
ที่มา : จากการตรวจวัดของผู้วิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



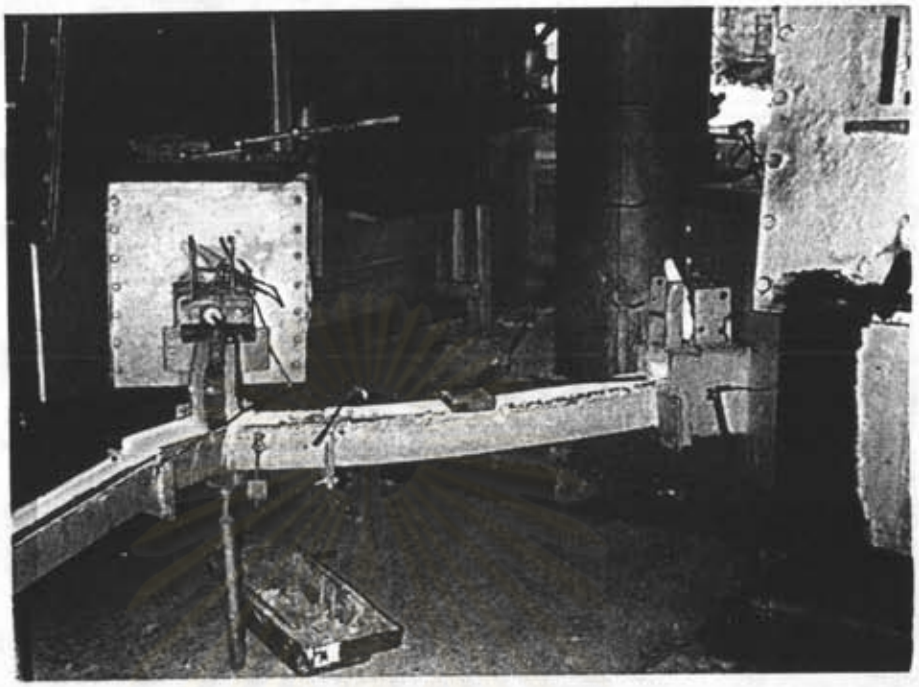


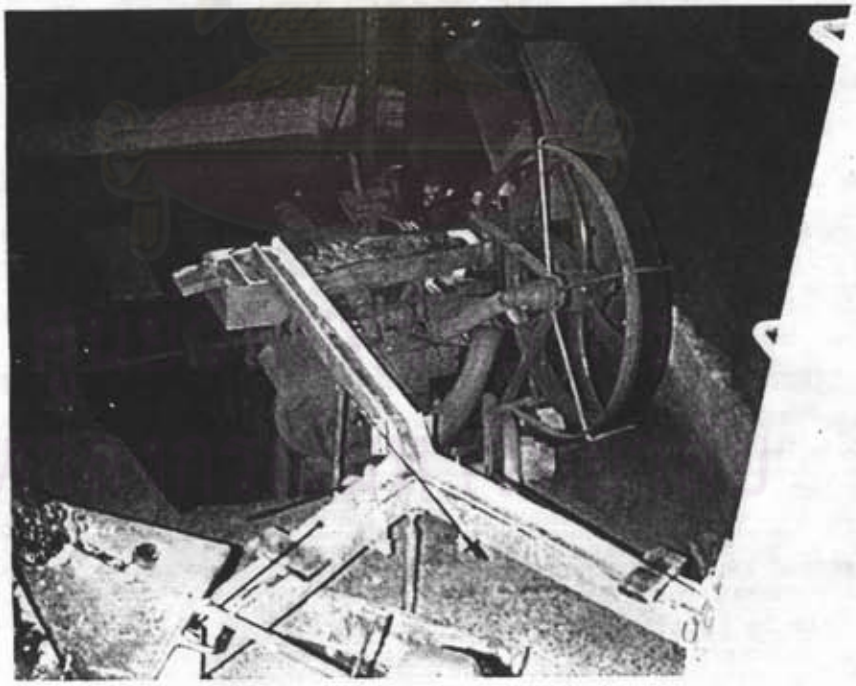
รูปที่ 61 เครื่องวัด O_2 และ CO_2



รูปที่ 62 แสดงตำแหน่งการวัด O_2 และ CO_2

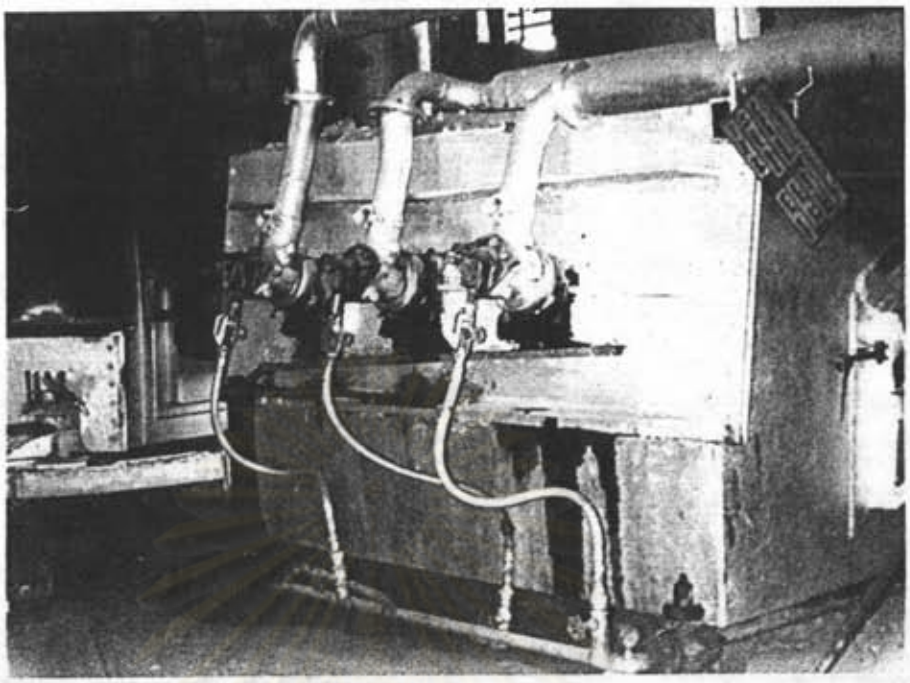
รูปที่ 63 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ





63 รูปที่ 64 แสดงการเทหล่อ

4



รูปที่ 65 เตาหลอมอลูมิเนียม

รูปที่ 66 ถังเก็บน้ำมันเตา

ประวัติผู้เขียน

นายชัยพร วงศ์พิศาล เกิดเมื่อวันที่ 9 พฤษภาคม พ.ศ. 2499 ที่อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้รับปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชนถ่ายวัสดุ จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปีการศึกษา 2523 ปัจจุบันรับราชการตำแหน่งอาจารย์ระดับ 5 ภาควิชาเทคโนโลยีชนถ่ายวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย