บทที่ 5

EnARS : ระบบผู้ชำนาญการเพื่อช่วยวิเคราะห์การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

การวางแผนการใช้พลังงานและการประหยัดพลังงานไฟฟ้านั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้ผู้ที่มีความรู้ความสามารถ ซึ่งส่วนใหญ่แต่ละโรงงานอุตสาหกรรมจะไม่ค่อยมีผู้ที่มีความเชี่ยวชาญการในการจัดการเรื่องการประหยัดพลังงานไฟฟ้า (โมโตกิ มัตสุโอะ, 2543) การพัฒนาระบบผู้ชำนาญการเพื่อช่วยวิเคราะห์การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้ชื่อว่า Electrical Energy Analyzing Reducing and Saving (EnARS) ถูกพัฒนาขึ้นบนระบบเปลือกผู้เชี่ยวชาญ โดยระบบเปลือกผู้เชี่ยวชาญนี้พัฒนาขึ้นบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์โดยใช้ภาษา LISP และมีการพัฒนาในส่วนของการติดต่อกับผู้ใช้ที่เป็นภาษาไทยเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานอีกด้วย ซึ่ง EnARS นี้จะสามารถเข้ามาทำหน้าที่แทนผู้ที่มีความชำนาญในการจัดการเรื่องการประหยัดไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมได้

ระบบผู้ชำนาญการ EnARS ที่พัฒนาขึ้น มีความสามารถ ดังนี้

(1) ให้คำแนะนำในการตรวจสอบเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน

(2) ให้คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน

อนึ่งงานวิจัยนี้ มิได้มุ่งประเด็นไปที่การนำ EnARS มาใช้ในการออกแบบระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในโรงงานเพื่อให้เป็นโรงงานที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า แต่เป็นเพียงให้คำแนะนำวิธีการตรวจสอบและวิธีปฏิบัติเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆ ดังนั้น EnARS จึงเหมาะสำหรับโรงงานที่ยังไม่เคยมีการดำเนินการใดๆ เลยในเรื่องการประหยัดพลังงานไฟฟ้าหรือมีการดำเนินการบ้างเพียงบางส่วนเท่านั้น

5.1 การออกแบบระบบผู้ชำนาญการ EnARS

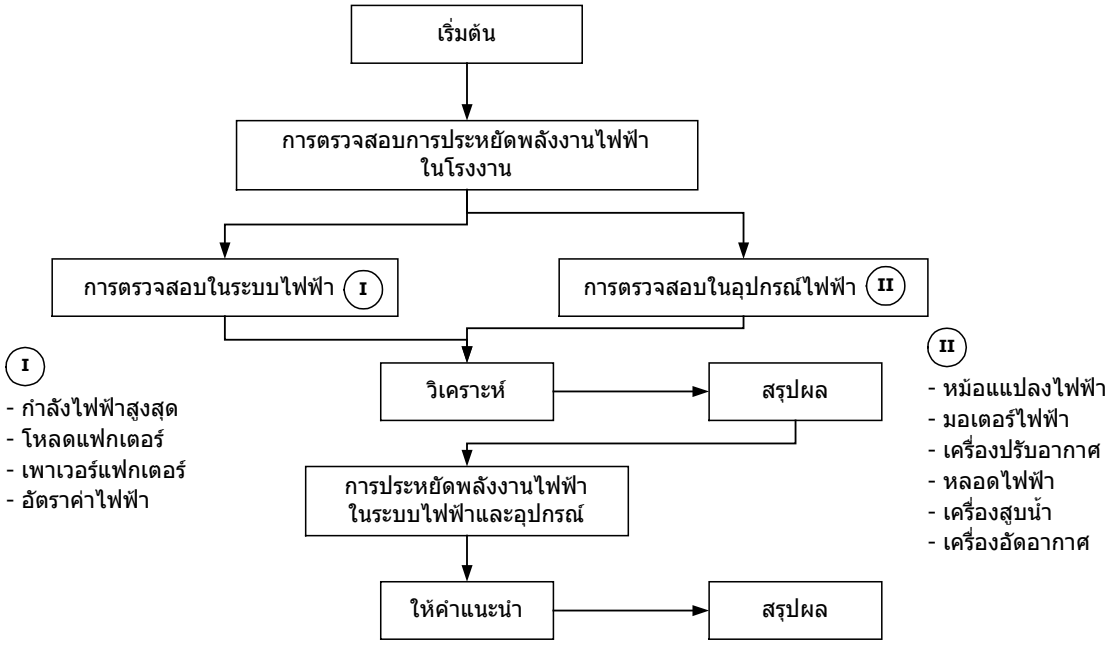
EnARS เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จะให้คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการตรวจสอบและวิธีการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ซึ่งใช้กับโรงงานที่ยังไม่มีการดำเนินการใดๆ หรือมีการดำเนินการบ้างเป็นบางส่วนในเรื่องการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ระบบผู้ชำนาญการฯ ไม่ได้เป็นการออกแบบอุปกรณ์หรือออกระบบต่างๆ ในโรงงานแต่อย่างใด

ดังนั้นขอบเขตการทำงานของระบบผู้ชำนาญการ EnARS คือ เสนอแนะหัวข้อการตรวจสอบการดำเนินการการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน ทำการวิเคราะห์ว่าโรงงานนี้มีความจำเป็นต้องดำเนินการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆ ระบบใดบ้าง ให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิธีการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อให้การใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด อันจะก่อให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าภายในโรงงานด้วย

การออกแบบระบบผู้ชำนาญการ EnARS แบ่งการออกแบบเป็น 2 ส่วน คือ การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ โดยส่วนที่มีความสำคัญของระบบผู้ชำนาญการ EnARS คือ ส่วนฐานความรู้และส่วนการติดต่อกับผู้ใช้ และการออกแบบฐานความรู้ ดังนี้

5.1.2 การทำงานของระบบผู้ชำนาญการ EnARS

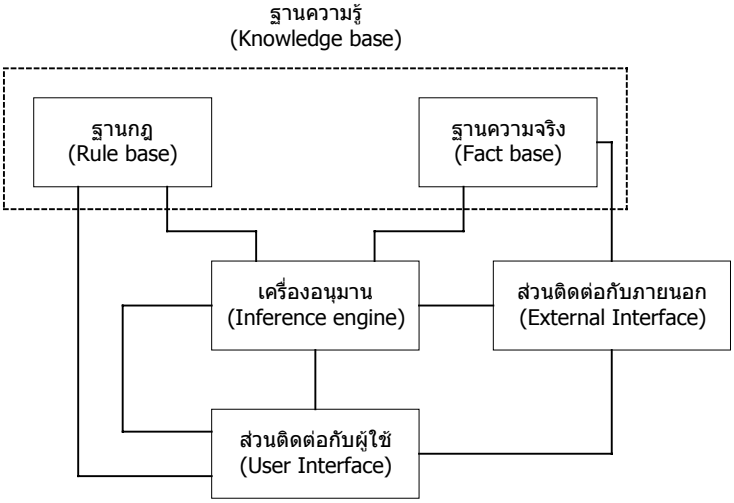
เริ่มแรกจะตรวจสอบว่าในโรงงานมีการดำเนินการเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในหัวข้อใดแล้วบ้าง โดยเป็นไปในลักษณะ ถาม-ตอบ หลังจากนั้นโปรแกรมจะวิเคราะห์ว่าโรงงานนี้มีความจำเป็นจะต้องดำเนินการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในหัวข้อใดเพิ่มเติมบ้าง โดยแสดงออกมาเป็นหัวข้อที่ต้องดำเนินการตรวจสอบหรือดำเนินการประหยัดพลังงานไฟฟ้า เมื่อผู้ใช้ทราบว่าในโรงงานนี้ยังไม่มีการดำเนินการการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบใดบ้าง ก็จะมาเลือกดูว่าผู้ใช้ต้องการคำแนะนำในหัวข้อใดบ้าง ดังแสดงในภาพประกอบ 5-1



ภาพประกอบ 5-1 ลำดับการทำงานของ EnARS

5.1.2 สถาปัตยกรรมของระบบผู้ชำนาญการ EnARS

EnARS ได้มีการออกแบบให้มีสถาปัตยกรรมดังภาพประกอบ 5-2 ซึ่งมีส่วนประกอบ 4 ส่วน ดังนี้ คือ ฐานความรู้ เครื่องอนุมาน ส่วนติดต่อกับผู้ใช้และส่วนติดต่อกับภายนอก ซึ่งส่วนที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากในระบบผู้ชำนาญการคือ ฐานความรู้ เครื่องอนุมาน และส่วนการติดต่อกับผู้ใช้และส่วนการติดต่อกับภายนอก ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อถัดไป



ภาพประกอบ 5-2 สถาปัตยกรรมของ EnARS

(1) ฐานกฎ เป็นส่วนเก็บรวบรวมความรู้ในรูปแบบของ Production Rules

(2) ฐานความจริง เป็นส่วนเก็บรวบรวมสิ่งที่เป็นจริงในเรื่องการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

(3) เครื่องอนุมาน เป็นส่วนควบคุมการทำงานและส่วนการแก้ปัญหา

(4) ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ เป็นส่วนติดต่อเพื่อรับข้อมูลจากผู้ใช้

(5) ส่วนติดต่อกับภายนอก เป็นส่วนเรียกใช้งานโปรแกรมอื่นๆ ภายนอกระบบ

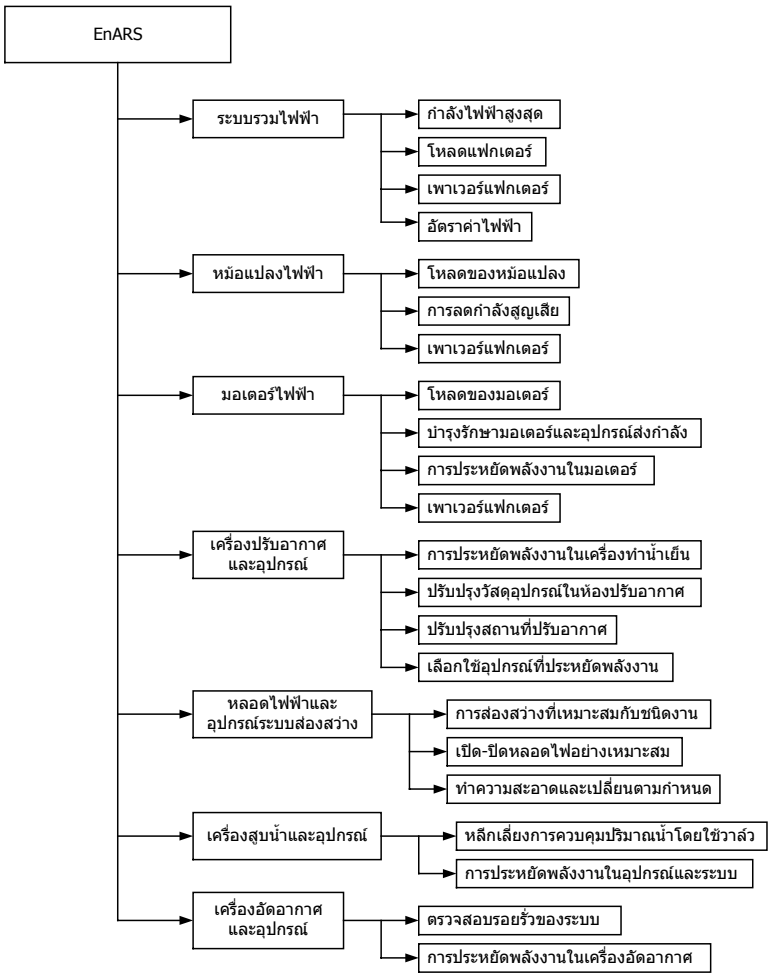
5.2 ฐานความรู้ของผู้ชำนาญการ EnARS

ฐานความรู้ประกอบด้วยความจริง (Facts) และ กฎ (Production Rules) ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่ต้องการแก้ไข ฐานความรู้ของระบบผู้ชำนาญการเป็นการรวบรวมความรู้เฉพาะทางที่ได้จากเอกสาร ตำรา จากการสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ และข้อมูลความรู้ที่ได้ในระหว่างการถามโต้ตอบระหว่างระบบกับผู้ใช้ สำหรับระบบผู้ชำนาญการเพื่อช่วยวิเคราะห์การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน แบ่งฐานความรู้ออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ฐานข้อมูลสถิต (Static Database) ฐานข้อมูลชนิดนี้จะเป็นฐานข้อมูลที่อยู่คงที่ในโปรแกรมซึ่งจะไม่แปรเปลี่ยนขณะใช้งาน และฐานข้อมูลไดนามิก (Dynamic Database) เป็นข้อมูลที่ระบบได้รับจากการโต้ตอบกับผู้ใช้ และฐานข้อมูลแบบไดนามิกนี้ระบบจะเก็บไว้เพียงชั่วคราวจนกว่าการอนุมานจะเสร็จสิ้นลงก็จะทำการลบฐานข้อมูลแบบไดนามิกนี้

5.2.1 โครงสร้างฐานความรู้ของระบบผู้ชำนาญการ EnARS

การออกแบบโครงสร้างฐานความรู้ของ EnARS นั้น ผู้วิจัยได้ออกแบบฐานความรู้ของระบบผู้ชำนาญการ EnARS แยกเป็นระบบต่างๆ และหัวข้อที่จะทำการตรวจสอบ ภายในโรงงาน เพื่อให้สะดวกต่อการตรวจสอบและการดำเนินการเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ดังแสดงในภาพประกอบ 5-3 ซึ่งมีระบบต่างๆ

ดังนี้ ระบบไฟฟ้ารวม หม้อแปลงไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ หลอดไฟฟ้าและระบบส่องสว่าง เครื่องสูบน้ำ และเครื่องอัดอากาศ



ภาพประกอบ 5-3 ฐานความรู้ของระบบต่างๆ ใน EnARS

5.2.2 การสร้างความจริงของระบบผู้ชำนาญการ EnARS

การเขียนความจริงในโปรแกรม มีรูปแบบของไวยากรณ์ ดังแสดงในภาพประกอบ 5-4

```
Fact   n
((Type-of-Object Object) (Attribute) Comparator (Type-of-Value Value))
```

ภาพประกอบ 5-4 ไวยากรณ์ของความจริงในระบบ

จากไวยากรณ์ข้างต้น Type-of-Object หมายถึงชนิดของสิ่งที่เราอ้างถึง ในส่วนของ Object เป็นสิ่งที่เราอ้างถึง Attribute หมายถึงสถานะของวัตถุที่เราอ้างถึง ต่อมาคือส่วนของ Comparator คือการเปรียบเทียบ

ค่าของ Value กับสิ่งที่ถูกอ้างถึง ส่วนของ Type-of-Value มี 2 ลักษณะ คือ Atomic เป็นชนิดของ Value ที่ไม่มีค่าทางคณิตศาสตร์ และ Numerical เป็นชนิดของ Value ที่มีค่าทางคณิตศาสตร์

ตัวอย่างความจริง *Fact 1*

((Lamp Fluorescent) (Cleaned) = (Atomic True))

ตัวอย่างการเขียนความจริงที่เกี่ยวข้องกับหลอดไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง จากไวยากรณ์ข้างต้น Type-of-Object หมายถึงชนิดของ Object ถ้าเราแทน Object เป็นชนิดหลอดไฟฟ้า เราก็แทนในส่วน Type-of-Object เป็นหลอดไฟฟ้า ในส่วน Attribute หมายถึงสถานะของวัตถุที่เราอ้างถึง เช่น Cleaned หรือ Checked ต่อมาคือส่วนของ Comparator คือการเปรียบเทียบค่าของ Value กับสิ่งที่ถูกอ้างถึง เช่น เครื่องหมายเท่ากับ ในส่วนของ Type-of-Value คือ Atomic เป็นชนิดของ Value ที่ไม่มีค่าทางคณิตศาสตร์

5.2.3 การสร้างกฎของระบบผู้ชำนาญการ EnARS

กฎคือการแสดงความรู้ในรูปของ If-Then หรือเรียกว่า Production Rules อยู่ในรูปแบบของเงื่อนไขและข้อสรุป ถ้าระบบทำการตรวจสอบว่าถูกต้องตรงตามเงื่อนไข ก็จะดำเนินการตามส่วนของข้อสรุป การเขียนกฎในโปรแกรม มีรูปแบบของไวยากรณ์ ดังแสดงในภาพประกอบ 5-5

```
identify   n   name_rule
if         (Condition 1)
           (Condition 2)
           ...
           (Condition n)
then       (Conclusion 1)
           (Conclusion 2)
           ...
           (Conclusion n)
end-of-rule
```

ภาพประกอบ 5-5 ไวยากรณ์ของกฎในระบบ

จากไวยากรณ์ข้างต้น identify n เป็นส่วนกำหนดลำดับที่ของกฎ ในส่วน name_rule เป็นส่วนกำหนดชื่อของกฎ ต่อมาคือส่วนการบอกเงื่อนไข นั่นคือ if เงื่อนไขจะประกอบไปด้วยเงื่อนไขที่ 1 เงื่อนไขที่ 2 ไป

เรื่อยๆ จนถึงเงื่อนไขที่ n และส่วนการบอกข้อสรุป คือ then ถ้าตรวจสอบเงื่อนไขแล้วพบว่าถูกต้องเป็นจริงตามเงื่อนไขจึงจะทำตามข้อสรุปที่ 1 ข้อสรุปที่ 2 ไปเรื่อยๆ จนถึงข้อสรุปที่ n ภายในกฎข้อนั้นๆ ส่วนสุดท้าย คือ end-of-rule เป็นการบอกการสิ้นสุดของกฎแต่ละข้อ

<u>ตัวอย่างกฎ</u>

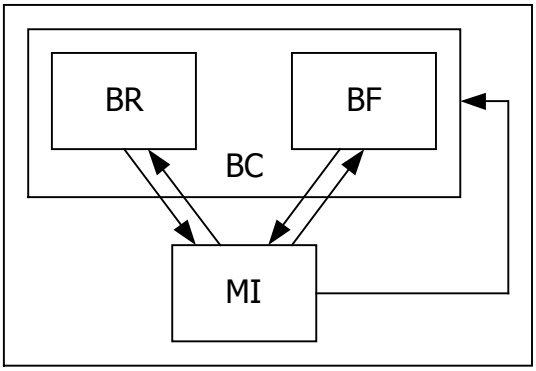
```
identify 100      main_check
if        ((select menu)(1)=(atomic true))
then      (@ es01)          (@ es02)
          (@ es03)          (@ es04)
          ((variable es01)(answer)=(numerical (? es01)))
          ((variable es02)(answer)=(numerical (? es02)))
          ((variable es03)(answer)=(numerical (? es03)))
          ((variable es04)(answer)=(numerical (? es04)))
end-of-rule
```

ตัวอย่างการเขียนกฎข้างต้น เป็นการเขียนกฎในส่วนของการตรวจสอบหลัก เริ่มแรก identify 100 เป็นการบอกว่าเป็นกฎข้อที่ 100 ต่อมา name_rule คือ ชื่อของกฎ คือ main_check ส่วนเงื่อนไข คือ คือส่วนที่ตามหลัง if คือ ((select menu)(1)=(atomic true)) เป็นการบอกเงื่อนไขของกฎว่า ถ้าการเลือก menu ที่ 1 เป็นจริง และกฎตรวจสอบว่าถูกต้องเป็นจริงตามเงื่อนไขภายในกฎหรือไม่ ถ้าตรวจสอบแล้วเป็นจริงก็จะทำตามส่วนข้อสรุปที่อยู่หลัง then นั่นคือให้ เรียก Action ที่ es01 es02 es03 และ es04 ตามลำดับ และภายใน Action ข้างต้นจะมีการเก็บค่าที่ผู้ใช้ป้อนให้แก้ระบบลงในตัวแปรชื่อ es01 es02 es03 และ es04 ตามลำดับ เพื่อนำไปเป็นเงื่อนไขในกฎข้ออื่นๆ ถัดไป และส่วนสุดท้าย คือ end-of-rule เป็นการบอกตำแหน่งสิ้นสุดของกฎข้อที่ 100 ที่ชื่อ main_check นี้

5.3 **เครื่องอนุมานของระบบผู้ชำนาญการ** EnARS

เครื่องอนุมานทำหน้าที่เป็นเครื่องมือในการควบคุมระบบและเป็นส่วนที่ใช้ในการหาข้อสรุป เครื่องอนุมานเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดส่วนหนึ่งของระบบผู้ชำนาญการสำหรับใช้ในการหาเหตุผลแล้วจึงสรุปออกมาเป็นคำตอบหรือคำแนะนำ

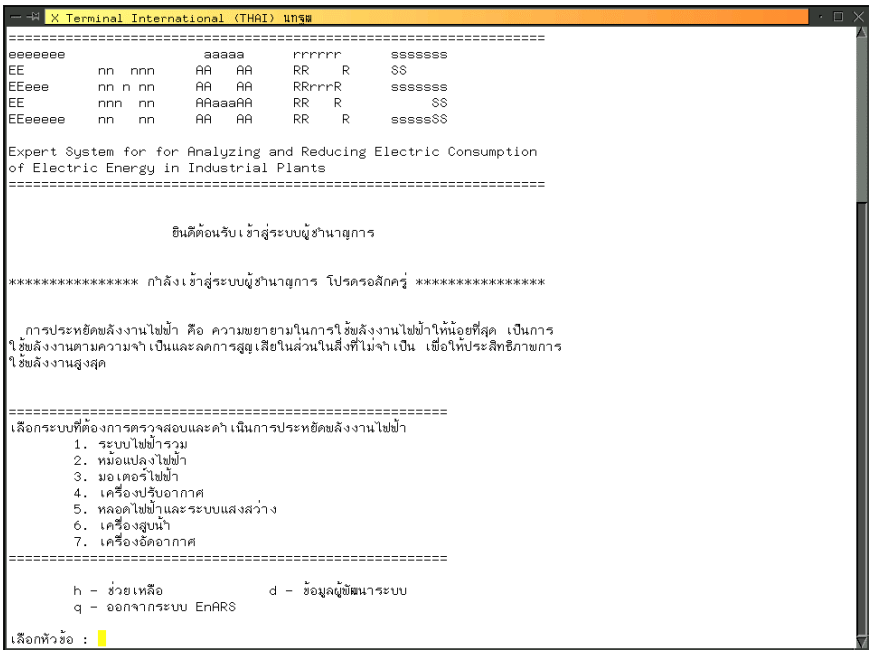
ในระบบผู้ชำนาญการที่พัฒนาขึ้นเลือกใช้การอนุมานแบบเดินหน้า (Forward-Chaining Method) เนื่องจากเครื่องอนุมาน (MI: Motor of Inference) เริ่มต้นนำข้อมูลจากฐานความจริง (BF: Base of Facts) ไปอนุมานกับฐานกฎ (BR: Base of Rules) ซึ่งกฎที่มีเงื่อนไขตรงกับความจริงที่มีอยู่ จะถูกปฏิบัติการตามข้อสรุปภายในกฎข้อนั้น กฎต่างๆ ถูกอนุมานในลักษณะนี้เป็นลูกโซ่ต่อกันไปเรื่อยๆ จนบรรลุเป้าหมาย การอนุมานในลักษณะนี้ก็คือ กระบวนการสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมานั่นเอง ดังแสดงในภาพประกอบ 5-6 และสามารถอธิบายการอนุมานแบบเดินหน้าได้ ดังแสดงในภาพประกอบ 3-2 ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3



ภาพประกอบ 5-6 การทำงานของการอนุมานแบบเดินหน้า

5.4 การออกแบบส่วนการติดต่อกับผู้ใช้ของระบบผู้ชำนาญการ EnARS

การออกแบบระบบในส่วนการติดต่อผู้ใช้นั้น เพื่อให้เป็นการสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีส่วนการติดต่อกับผู้ใช้ที่เป็นภาษาไทย เป็นไปในลักษณะเมนู (Menu) ดังตัวอย่างแสดงในภาพประกอบ 5-7



ภาพประกอบ 5-7 การออกแบบส่วนการติดต่อกับผู้ใช้

เมื่อเข้าสู่หน้าหลักระบบผู้ชำนาญการแล้วนั้น ระบบจะให้ผู้ใช้ทำการเลือกระบบที่ต้องการตรวจสอบและต้องการทราบวิธีการดำเนินการเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน ถ้าเลือก 1 จะเข้าสู่หัวข้อย่อยเกี่ยวกับระบบไฟฟ้ารวม ถ้าเลือก 2 จะเข้าสู่ระบบหม้อแปลงไฟฟ้า เลือก 3 เข้าสู่ระบบมอเตอร์ไฟฟ้า เลือก 4 เข้า

สู่ระบบเครื่องปรับอากาศ เลือก 5 เข้าสู่หัวข้อหลอดไฟฟ้าและระบบส่องสว่าง เลือก 6 เข้าสู่หัวข้อเครื่องสูบน้ำ และสุดท้ายเลือก 7 จะเข้าสู่หัวข้อเครื่องอัดอากาศ

5.5 การออกแบบส่วนการติดต่อกับภายนอกของระบบผู้ชำนาญการ EnARS

ส่วนติดต่อกับภายนอกเป็นส่วนที่ระบบต้องการติดต่อกับโปรแกรมภายนอกหรือภายในระบบเอง เช่น การคำนวณ การแสดงภาพ การแสดงข้อความส่วนอธิบาย การสั่งพิมพ์ เป็นต้น ซึ่งในแต่ละกฎสามารถเรียกการแสดงได้ทั้งในส่วนเงื่อนไขและผลสรุป ส่วนติดต่อกับโปรแกรมภายนอกมีรูปแบบของไวยากรณ์ ดังแสดงในภาพประกอบ 5-8 และส่วนการติดต่อกับโปรแกรมภายในระบบมีรูปแบบไวยากรณ์ดังแสดงในภาพประกอบ 5-9

(Name_Action "Path_of_File_Action" OS)

ภาพประกอบ 5-8 ไวยากรณ์การเรียกโปรแกรมภายนอกระบบ

<u>ตัวอย่างไวยากรณ์การเรียกโปรแกรมภายนอก</u>

(lamp10 "kwrite ./enars/action/ts/example/exam-is01.txt" OS)

จากตัวอย่างการเขียนกฎ เราได้กำหนดให้ฟังก์ชัน lamp10 เป็นส่วนที่ให้แสดงข้อความอธิบายชนิดของหลอดไฟฟ้า เป็นการใช้โปรแกรม kwrite ซึ่งเป็นโปรแกรมภายนอก ซึ่งไฟล์ exam-is01.txt เราได้ทำการสร้างไว้แล้ว เมื่อถูกเรียกใช้โดยโปรแกรม ก็จะแสดงส่วนอธิบายให้ผู้ใช้ได้

<u>ตัวอย่างการเรียกโปรแกรมภายในระบบ</u>

```
(defun es22(es22)
(setq  es22 (check-word-error
"ต้องการทราบวิธีการปรับปรุงเพาเวอร์แฟกเตอร์หรือไม่ (y/n) : " '(y n)))
(setq ans (list 'es22 es22))
        (cond      ((equal es22 'y)(es23))
                   ((equal es22 'n)))
(dotimes (count1 1000 nil)(dotimes (count2 100 nil)))
```

ภาพประกอบ 5-9 การเรียกโปรแกรมภายในระบบ

ฟังก์ชัน es22 จะถามคำถามผู้ใช้ว่าทราบวิธีการปรับปรุงเพาเวอร์แฟกเตอร์หรือไม่ โดยมีเงื่อนไขคือ ถ้าตอบ y ก็จะเรียกใช้ฟังก์ชัน es23 ต่อ ถ้าตอบ n ก็จะ นำค่าไปเก็บไว้ในตัวแปรที่ชื่อ es22 และจะทำตามกฎต่อไป

5.6 การทดสอบระบบผู้ชำนาญการ

การทดสอบการทำงานของระบบผู้ชำนาญการนั้น ได้ทดสอบการทำงานของระบบผู้ชำนาญการกับตัวอย่างโรงงานที่มีความต้องการที่จะประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน โดยโรงงานนี้ไม่เคยมีการดำเนินการใดๆ เกี่ยวกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้ามาก่อน

ตัวอย่าง โรงงานมีความต้องการที่จะประหยัดพลังงานไฟฟ้าภายในโรงงาน ระบบจะให้คำแนะนำและขั้นตอนและหัวข้อการตรวจสอบในโรงงาน ระบบจะแนะนำวิธีการตรวจสอบการดำเนินการเกี่ยวกับประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน ระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้หาเส้นโค้งของโหลดรายวันเพื่อนำมาประกอบการพิจารณาการปรับลดความต้องการพลังงไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละวัน จากนั้นระบบจะแนะนำให้พิจารณาโหลดแฟกเตอร์ และค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ ตามลำดับ จากนั้นได้ทดสอบการให้คำแนะนำการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ ดังแสดงในภาพประกอบ 5-10 ถึง 5-17 ตามลำดับ โดยค่ากำลังไฟฟ้า ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด และหน่วยไฟฟ้า ณ เวลาต่างๆ ดังแสดงในตาราง 5-1

ตาราง 5-1 ค่ากำลังไฟฟ้า ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด และหน่วยไฟฟ้า ณ เวลาต่างๆ

เวลา (น.)	กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (กิโลวัตต์)	หน่วยไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
13.15	162.80	175.20	40.00
13.30	188.80	172.80	84.00
13.45	212.00	199.60	136.00

14.00	176.80	178.40	180.00
14.15	187.60	180.80	224.00
14.30	219.60	209.20	276.00
14.45	167.20	181.20	324.00
15.00	189.20	173.20	364.00
15.15	226.40	220.80	420.00

ตาราง 5-1 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้า ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด และหน่วยไฟฟ้า ณ เวลาต่างๆ

เวลา (น.)	กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (กิโลวัตต์)	หน่วยไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
15.30	116.00	155.20	460.00
15.45	162.00	152.40	496.00
16.00	243.60	204.40	548.00
16.15	158.80	192.00	596.00
16.30	164.80	164.00	636.00
16.45	225.20	196.00	688.00
17.00	167.20	202.40	736.00
17.15	158.80	164.80	780.00
17.30	216.80	185.20	824.00
17.45	164.00	208.00	876.00
18.00	150.00	158.80	916.00
18.15	194.80	162.40	956.00
18.30	174.40	198.00	1008.00
18.45	145.20	148.00	1044.00
19.00	174.40	152.40	1080.00
19.15	96.80	96.40	1104.00
19.30	74.00	88.40	1128.00
19.45	35.20	54.40	1140.00
20.00	34.80	36.00	1152.00
20.15	35.60	35.60	1160.00
20.30	27.60	31.60	1168.00
20.45	18.40	26.00	1172.00
21.00	17.20	18.00	1180.00

21.15	21.20	21.20	1184.00
21.30	20.40	20.40	1188.00
21.45	21.20	21.20	1196.00
22.00	20.00	20.40	1200.00
22.15	21.20	20.80	1204.00

ตาราง 5-1 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้า ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด และหน่วยไฟฟ้า ณ เวลาต่างๆ

เวลา (น.)	กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (กิโลวัตต์)	หน่วยไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
22.30	20.00	20.40	1208.00
22.45	22.00	20.40	1216.00
23.00	20.00	20.40	1220.00
23.15	16.40	18.00	1224.00
23.30	8.80	11.20	1228.00
23.45	10.00	9.60	1228.00
00.00	8.00	8.80	1232.00
00.15	9.60	9.20	1232.00
00.30	8.80	8.80	1236.00
00.45	8.40	8.80	1240.00
01.00	9.60	8.80	1240.00
01.15	8.00	9.20	1244.00
01.30	9.60	8.80	1244.00
01.45	8.40	9.20	1248.00
02.00	9.60	8.80	1248.00
02.15	0.00	7.20	1252.00
02.30	7.60	3.20	1252.00
02.45	7.60	5.60	1252.00
03.00	7.60	4.80	1256.00
03.15	0.00	4.80	1256.00
03.30	7.60	4.00	1256.00
03.45	6.40	5.20	1256.00
04.00	8.00	7.20	1260.00

04.15	6.40	6.80	1260.00
04.30	7.60	7.20	1264.00
04.45	7.60	5.20	1264.00
05.00	7.60	6.00	1264.00
05.15	6.40	3.20	1268.00

ตาราง 5-1 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้า ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด และหน่วยไฟฟ้า ณ เวลาต่างๆ

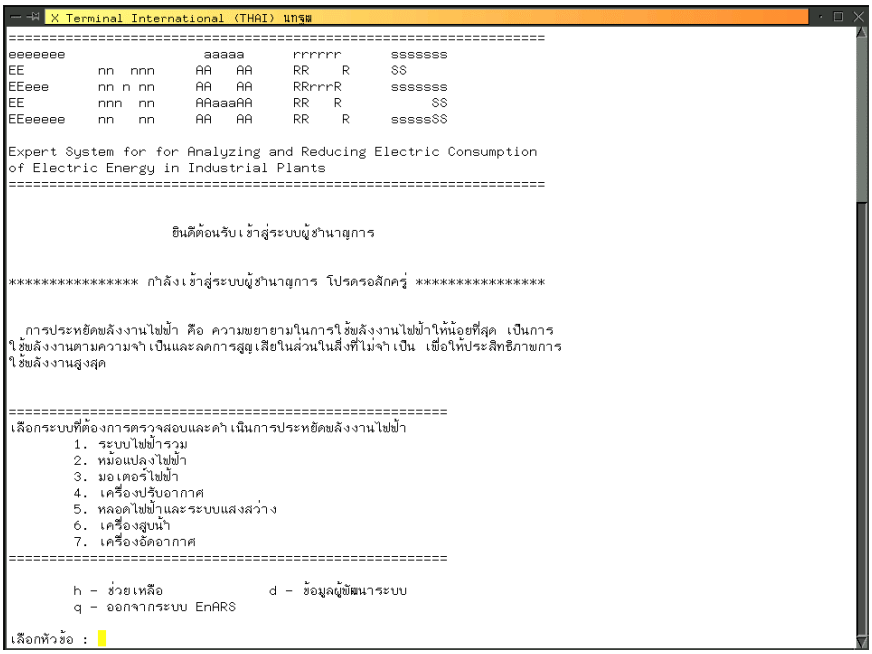
เวลา (น.)	กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (กิโลวัตต์)	หน่วยไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
05.30	7.60	6.80	1268.00
05.45	6.40	4.80	1268.00
06.00	7.20	7.20	1272.00
06.15	6.40	6.00	1272.00
06.30	0.00	5.20	1276.00
06.45	0.00	0.00	1276.00
07.00	0.00	0.00	1276.00
07.15	0.00	0.00	1276.00
07.30	0.00	0.00	1276.00
07.45	0.00	0.00	1276.00
08.00	10.40	4.80	1276.00
08.15	14.80	14.00	1280.00
08.30	46.80	28.00	1288.00
08.45	54.00	51.20	1300.00
09.00	57.60	57.20	1312.00
09.15	55.60	57.20	1328.00
09.30	62.00	58.80	1344.00
09.45	79.60	63.20	1356.00
10.00	239.20	129.20	1392.00
10.15	222.80	231.20	1448.00
10.30	180.80	191.20	1496.00
10.45	205.60	187.60	1544.00
11.00	186.40	205.20	1596.00

11.15	154.80	160.00	1636.00
11.30	213.60	176.40	1680.00
11.45	192.00	217.60	1732.00
12.00	158.00	164.80	1772.00
12.15	200.80	154.00	1812.00

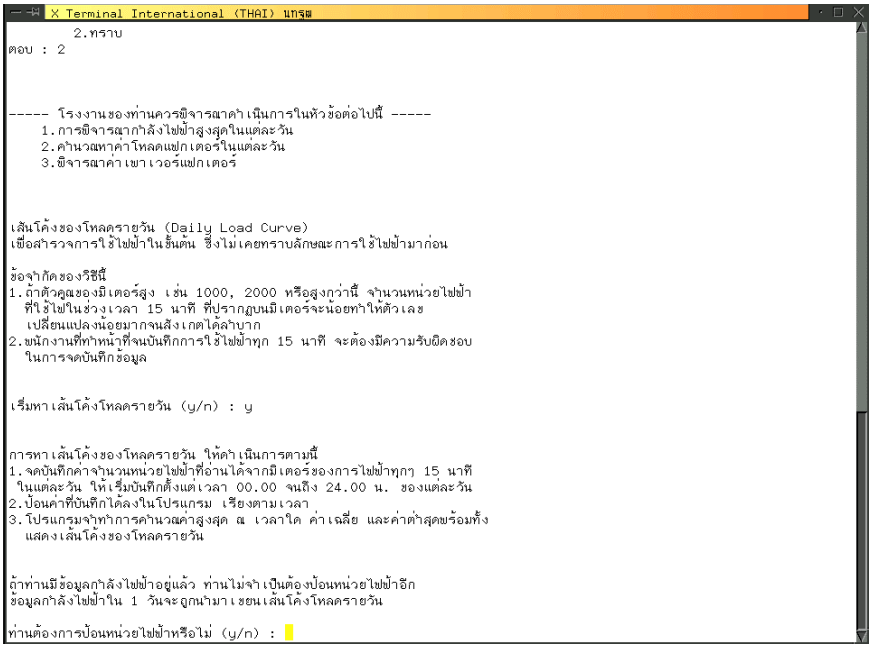
ตาราง 5-1 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้า ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด และหน่วยไฟฟ้า ณ เวลาต่างๆ

เวลา (น.)	กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (กิโลวัตต์)	หน่วยไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
12.30	196.40	204.40	1864.00
12.45	136.00	154.40	1900.00
13.00	154.80	149.60	1940.00
13.15	210.80	202.00	1988.00
13.30	160.40	182.40	2036.00

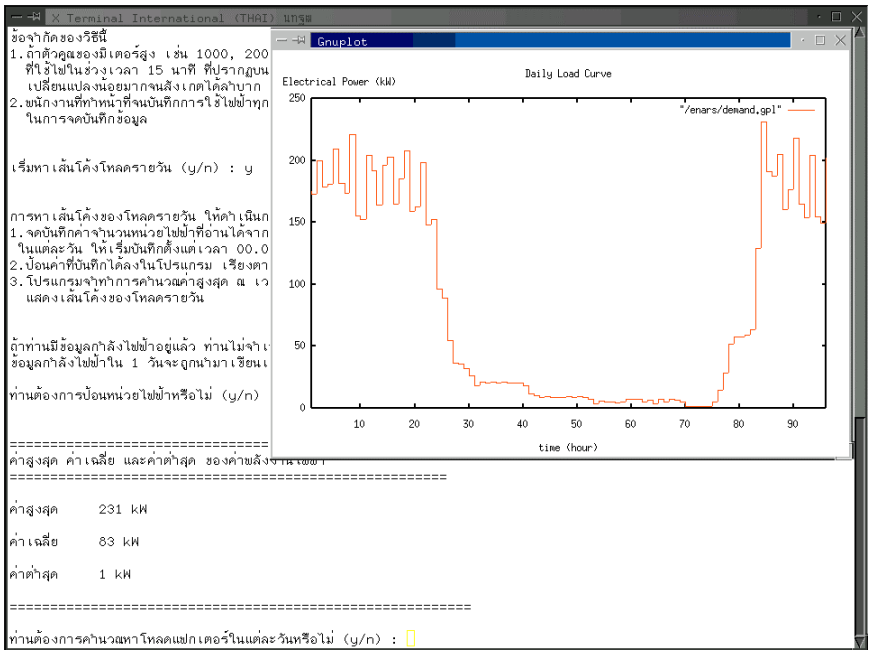
จากนี้นำเสนอขั้นตอนการทำงานของระบบผู้ชำนาญการในส่วนของการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบรวมไฟฟ้า



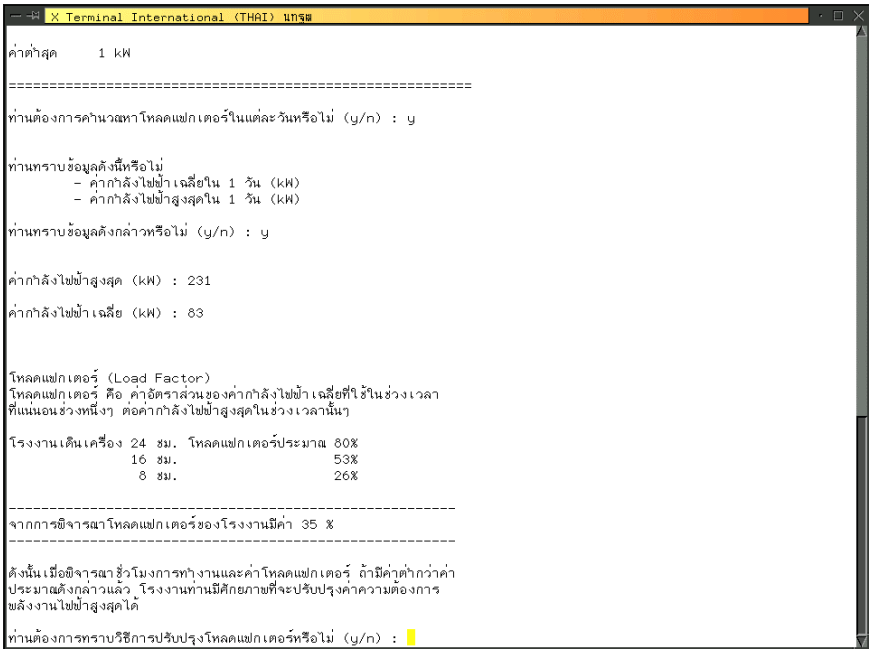
ภาพประกอบ 5-10 เริ่มต้นการใช้งานระบบผู้ชำนาญการ



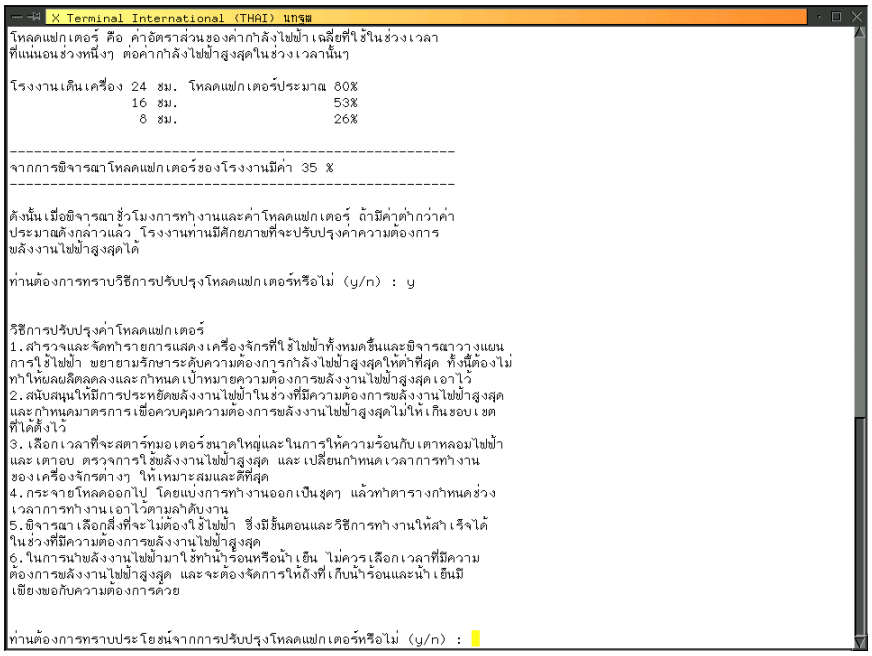
ภาพประกอบ 5-11 ระบบแนะนำให้ผู้ใช้หาเส้นโค้งของโหลดรายวัน



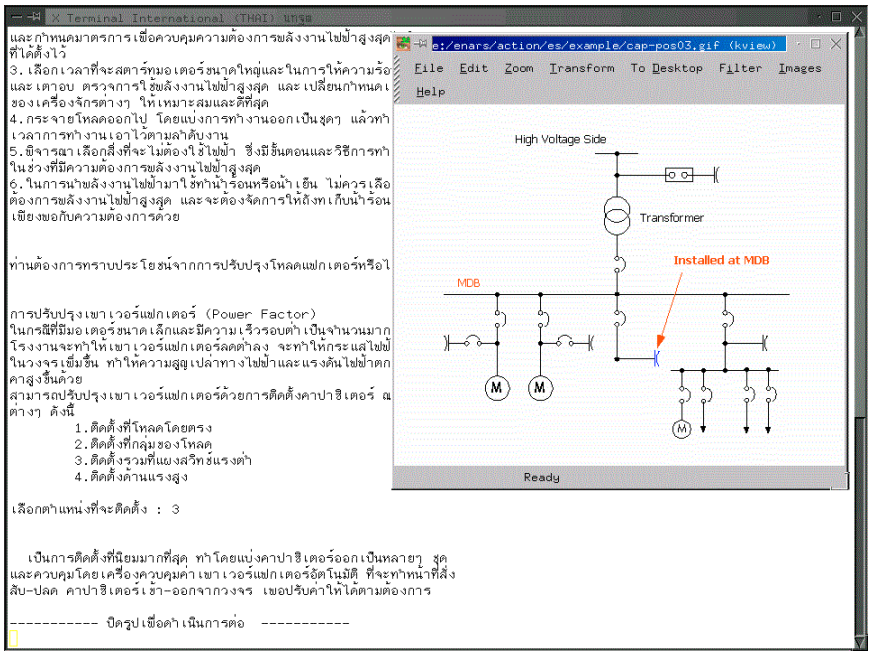
ภาพประกอบ 5-12 ระบบแสดงเส้นโค้งของโหลดรายวันและค่ากำลังไฟฟ้า



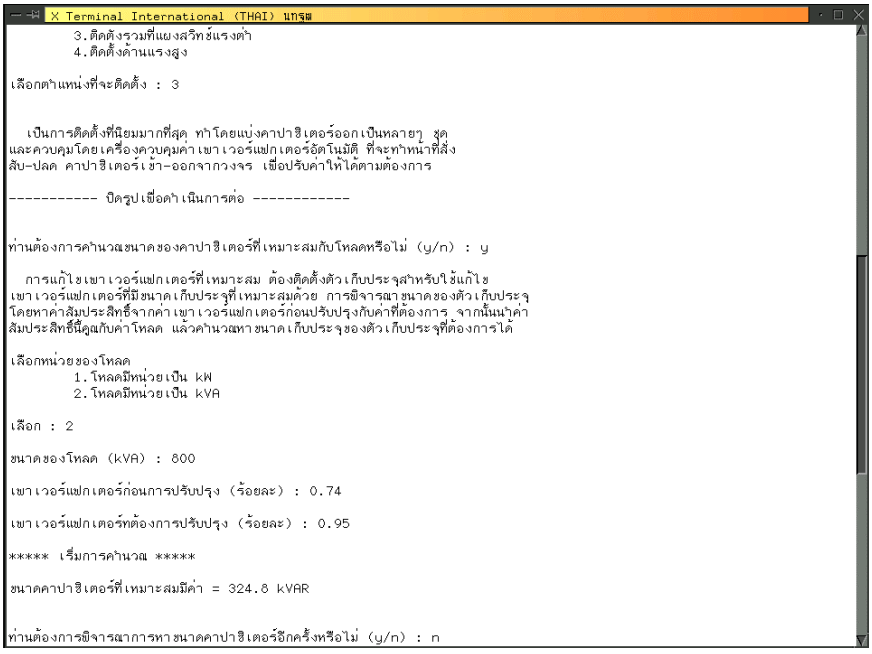
ภาพประกอบ 5-13 ระบบแสดงค่าโหลดแฟกเตอร์



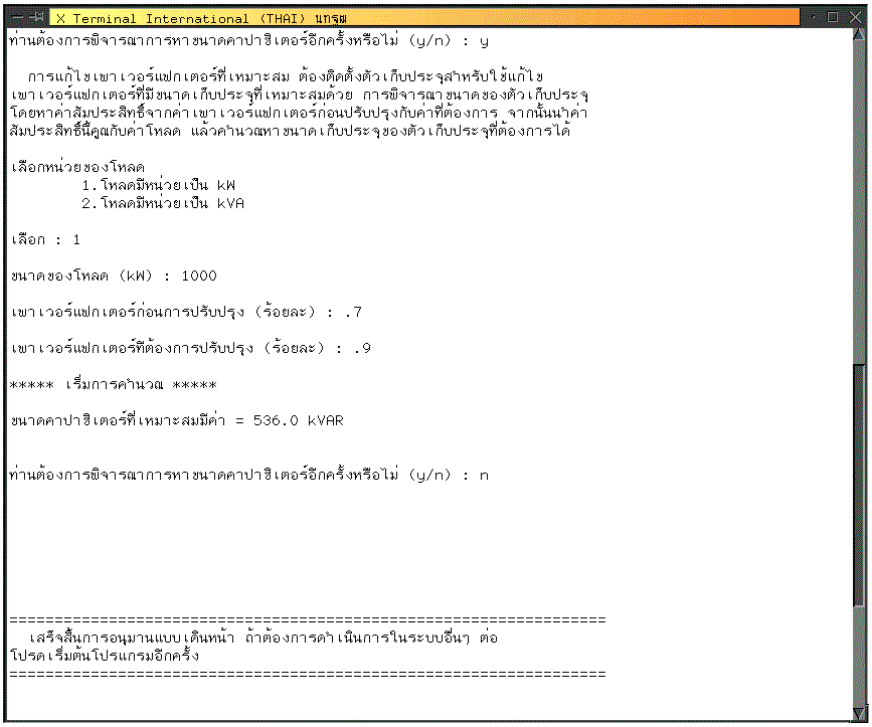
ภาพประกอบ 5-14 ระบบแสดงวิธีการปรับปรุงโหลดแฟกเตอร์



ภาพประกอบ 5-15 ระบบแนะนำให้ผู้ใช้ปรับปรุงเพาเวอร์แฟกเตอร์โดยติดตั้งคาปาซิเตอร์

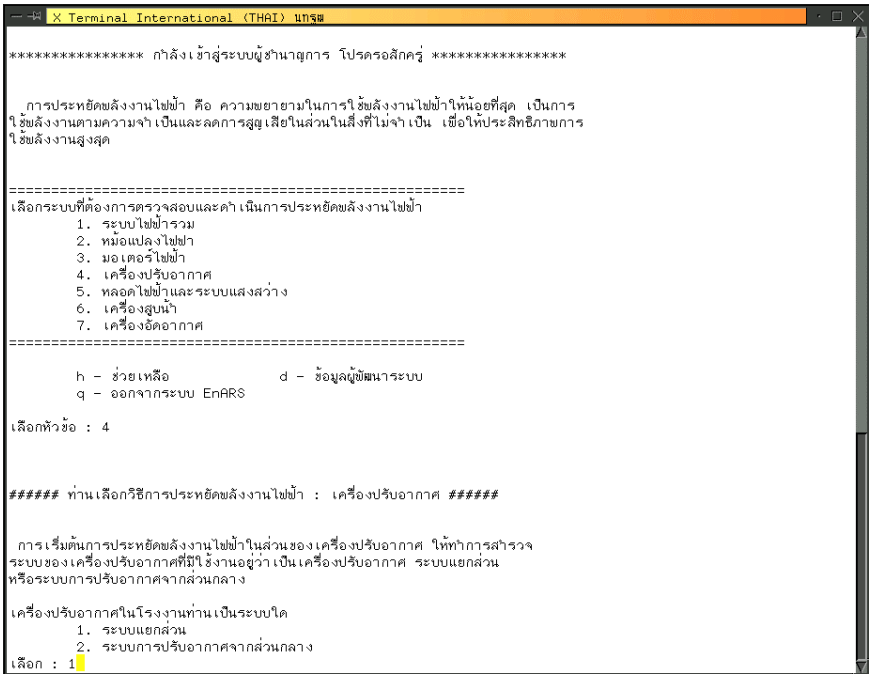


ภาพประกอบ 5-16 ระบบแสดงขนาดของคาปาซิเตอร์ที่เหมาะสม

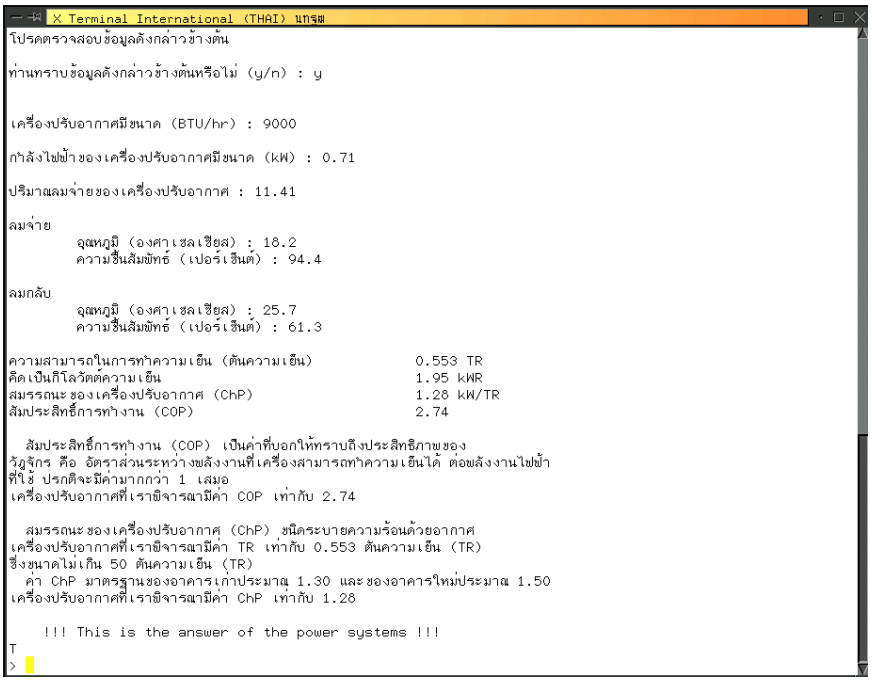


ภาพประกอบ 5-17 ระบบเสร็จสิ้นการอนุมานแบบเดินหน้า

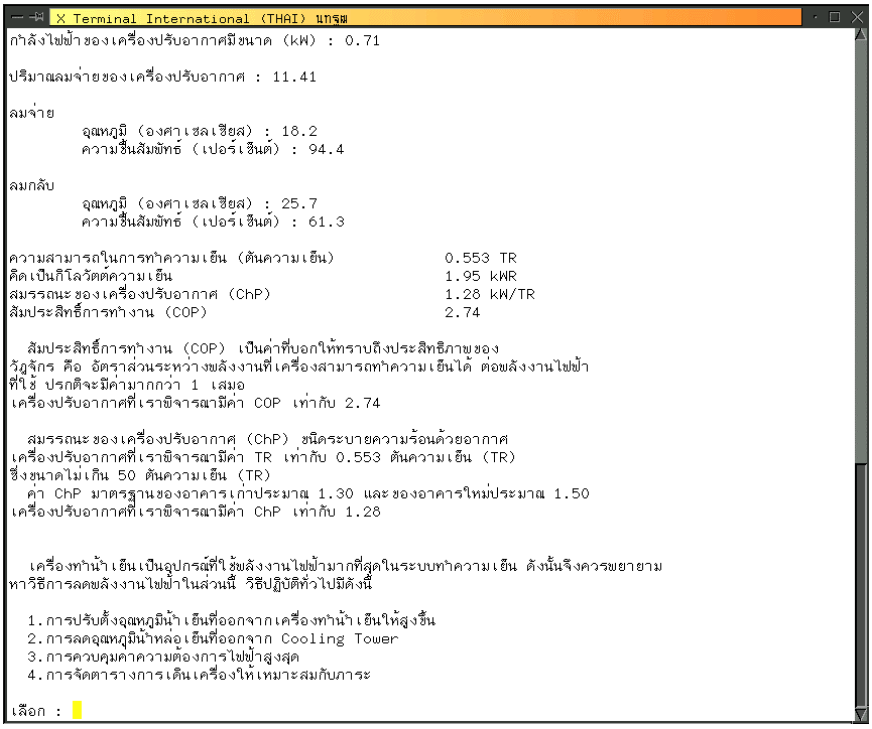
เมื่อเสร็จสิ้นการทำงาน นั่นคือ กระบวนการอนุมานแบบเดินหน้าของระบบผู้ชำนาญได้ค้นหาเป้าหมายพบและทำการอนุมานจนมาถึงปลายทางกระบวนการนี้ก็จะเกิดความรู้ใหม่ขึ้นมา ซึ่งตรงนี้เองที่ผู้ใช้ต้องทำการตรวจสอบว่า ความรู้ใหม่ที่ได้มานั้นเป็นจริงหรือเท็จเพื่อที่จะนำไปปรับปรุงฐานความรู้ของระบบให้มีความทันสมัยต่อไป จากนั้นระบบจะให้คำแนะนำในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในส่วนของระบบปรับอากาศ ดังแสดงในภาพประกอบ 5-18 ถึง 5-22 ตามลำดับ



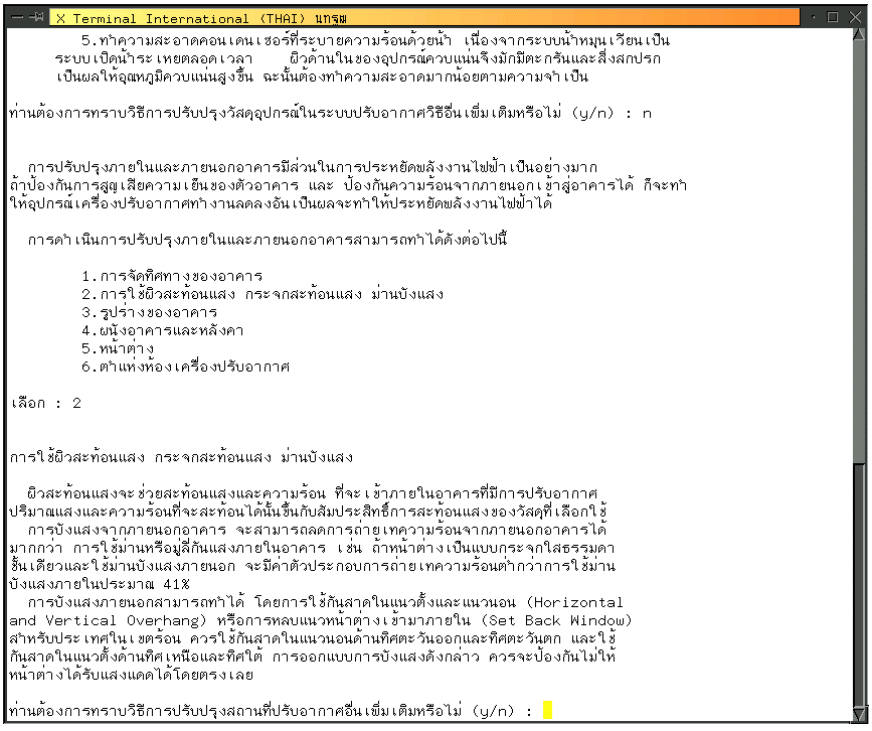
ภาพประกอบ 5-18 เริ่มการทำงานเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานในส่วนเครื่องปรับอากาศ



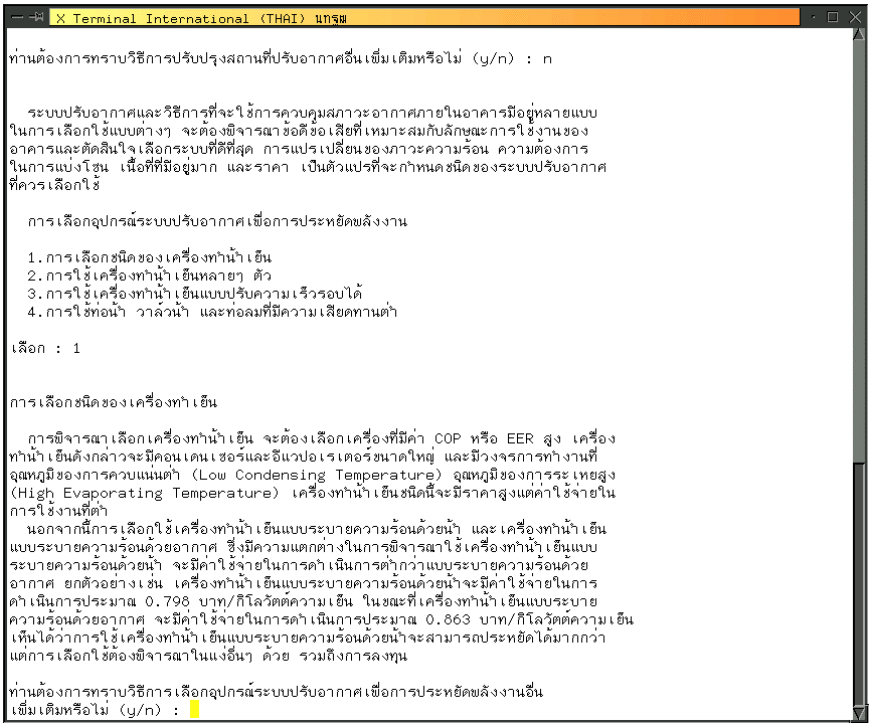
ภาพประกอบ 5-19 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ



ภาพประกอบ 5-20 ระบบแนะนำวิธีการประหยัดพลังงานในส่วนเครื่องทำน้ำเย็น



ภาพประกอบ 5-21 ระบบแนะนำวิธีการประหยัดพลังงานในส่วนการปรับปรุงพื้นที่ปรับอากาศ



ภาพประกอบ 5-22 ระบบแนะนำวิธีการประหยัดพลังงานในส่วนการเลือกอุปกรณ์

จะเห็นได้ว่า “EnARS” สามารถให้คำแนะนำในการดำเนินการเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน ประกอบกับส่วนการติดต่อกับผู้ใช้ที่เป็นภาษาไทยทำให้สะดวกต่อการใช้งาน จากการทดสอบการทำงานของ “EnARS” นั้น ได้ทำการทดสอบเกี่ยวกับการให้คำแนะนำเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบรวมไฟฟ้าและการให้คำแนะนำเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศนั้น ได้ทำการทดสอบจากตัวอย่างโรงงานที่ต้องการดำเนินการเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในส่วนของระบบไฟฟ้ารวมและระบบปรับอากาศภายในโรงงาน คำแนะนำที่ “EnARS” ให้กับผู้ใช้นั้น ผู้ใช้จะสามารถนำไปปฏิบัติตามทั้งหมด หรือเลือกปฏิบัติตามเพียงบางส่วนตามความเหมาะสม