บทที่ 5
วิเคราะห์เปรียบเทียบการนำเทคโนโลยีฟิลด์บัสมาใช้งาน

ในการวิเคราะห์เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการนำระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัสมาใช้งานในโรงไฟฟ้าของงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์เฉพาะในส่วนของความคุ้มค่าในการลงทุน โดยใช้หลักการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์มาใช้ในการพิจารณา สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการเทียบเท่าเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายที่ประเมินไว้ในแต่ละโครงการเป็นค่าเงินต้นที่ปัจจุบัน (Present Worth) แล้วนำค่าเงินต้นเหล่านี้มาเปรียบเทียบกัน ค่าที่น้อยที่สุดถือว่าโครงการนั้นหรือแนวปฏิบัติ (Alternative) นั้นเหมาะสมที่สุด

จากระบบควบคุมทั้ง 2 แบบ จะเห็นได้ว่า สิ่งที่แตกต่างที่เห็นได้ชัดที่สุดก็คือ จำนวนอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่างๆ ที่นำมาใช้ในระบบควบคุมรวมไปถึงการเชื่อมต่อสัญญาณจากตัวอุปกรณ์เข้าไปยังส่วนของโครงข่ายระบบควบคุม แต่อย่างไรก็ตามในการพิจารณาว่าระบบควบคุมแบบไหนที่เมื่อนำมาใช้แล้วก่อให้เกิดผลคุ้มค่าในการลงทุนมากกว่านั้น จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์หลายๆ ส่วนประกอบด้วย ว่ามีความแตกต่างของต้นทุนการดำเนินงานในระยะยาวของโรงไฟฟ้ามากน้อยเพียงใด โดยเฉพาะในส่วนของค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าจ้างแรงงาน

เงื่อนไขที่ใช้ในงานวิจัยความเหมาะสมของการนำระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัสเพื่อนำมาใช้ในการควบคุมโรงไฟฟ้าจะพิจารณาเปรียบเทียบกับระบบควบคุมแบบดั้งเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยพิจารณาทั้งในส่วนของค่าใช้จ่ายในการลงทุน , ค่าใช้จ่ายในส่วนของอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ, การติดตั้งและอื่นๆที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงพิจารณาในส่วนของผลประหยัดค่าใช้จ่ายในระยะยาวในระหว่างการใช้งาน โดยการวิเคราะห์จะแยกการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน คือ พิจารณาในส่วนของการลงทุนและติดตั้งระบบ (Investment Cost) และส่วนของการดำเนินงานเดินเครื่องและการบำรุงรักษา ซึ่งจะนำข้อมูลเหล่านี้แปลงกลับมาเป็นค่าเงินต้นสุทธิที่ปัจจุบัน เพื่อนำมาพิจารณาเปรียบเทียบต่อไป

ในงานวิจัยฉบับนี้จะนำเสนอการวิเคราะห์ในการลงทุนเพื่อนำระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัสมาใช้งานในโรงไฟฟ้าเปรียบเทียบกับระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีที่เป็นแบบดั้งเดิมที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน โดยแบ่งการพิจารณาเป็น 3 กรณีด้วยกัน คือ

- การวิเคราะห์นำระบบควบคุมมาใช้ในโรงไฟฟ้าที่จะสร้างใหม่
- การวิเคราะห์นำระบบควบคุมมาใช้แทนระบบควบคุมเดิมที่ใช้งานอยู่
- การศึกษาข้อได้เปรียบของระบบฟิลด์บัสในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

5.1 การวิเคราะห์นำระบบควบคุมมาใช้ในโรงไฟฟ้าที่จะสร้างใหม่

เป็นการวิเคราะห์เพื่อนำระบบควบคุมมาใช้ควบคุมกระบวนการผลิตในโรงไฟฟ้า โดยพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลระหว่างตัวอุปกรณ์ที่กระบวนการผลิตกับระบบควบคุมที่เป็นแบบดั้งเดิมกับเทคโนโลยีฟิลด์บัส ซึ่งรูปแบบของระบบควบคุมที่นำมาใช้ในการพิจารณาเป็นระบบควบคุมของโรงไฟฟ้าพลังงานแกลบ ขนาดกำลังการผลิต 20 MW ดังรายละเอียดแสดงไว้ในบทที่ 4 สามารถวิเคราะห์แสดงรายละเอียดค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ได้ดังนี้

5.1.1. การลงทุนและติดตั้งระบบ (Investment Cost)

ในการวิเคราะห์และพิจารณาในส่วนของการลงทุนและติดตั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์ถึงค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ใช้ในการลงทุนระหว่างระบบควบคุมทั้ง 2 แบบ ทั้งในส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้ , ซอฟท์แวร์ และฮาร์ดแวร์ในห้องควบคุม รวมถึงค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบ (Wiring, Engineering) โดยจะแยกการวิเคราะห์ออกเป็นส่วนๆดังนี้

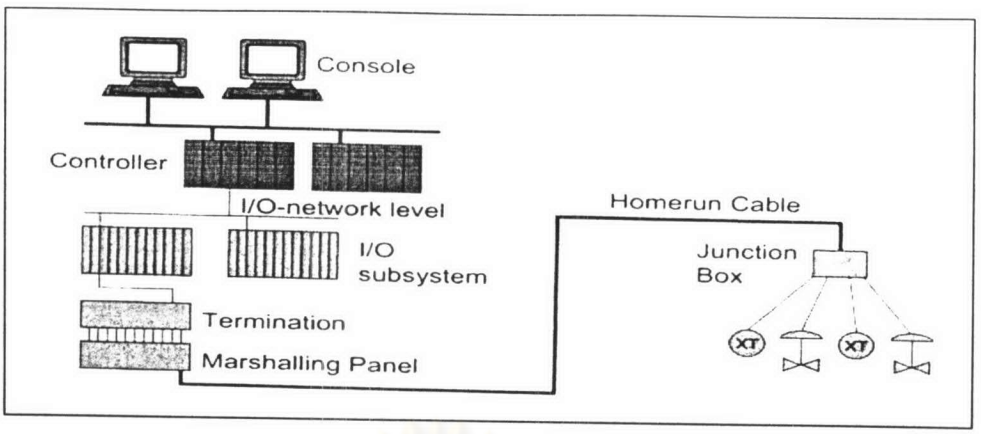
5.1.1.1. วิเคราะห์ในส่วนการซื้อและจัดหาอุปกรณ์

การซื้อและการจัดหาอุปกรณ์เป็นการวิเคราะห์เพื่อพิจารณาในส่วนของจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมดที่จำเป็นในระบบควบคุมในโรงไฟฟ้ากรณีศึกษา และแสดงเปรียบเทียบราคาค่าใช้จ่ายในแต่ละส่วน โดยการพิจารณาจะใช้ข้อมูลของจากรูปแบบของระบบควบคุมที่แสดงในบทที่ 4

ความต้องการใช้ชิ้นส่วนของอุปกรณ์ต่าง ๆของระบบควบคุม

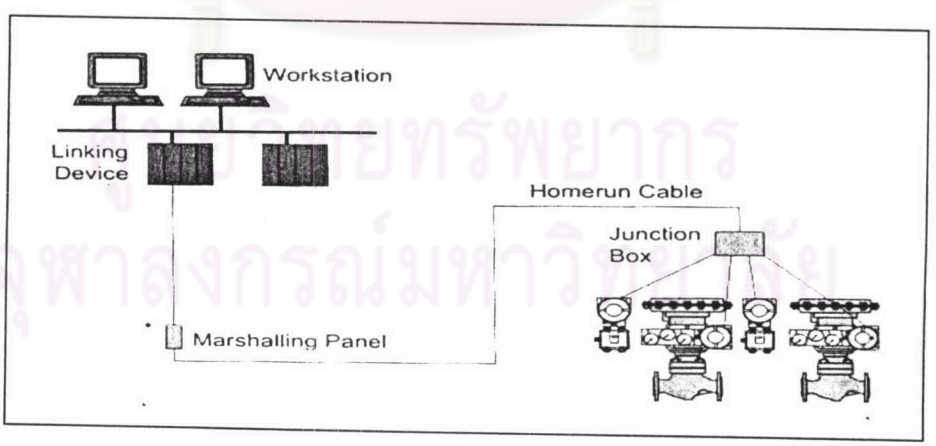
ในการใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัส สามารถลดการใช้อุปกรณ์และชิ้นส่วนต่าง ๆ ในทุก ๆ ระดับของสถาปัตยกรรมของระบบ ตั้งแต่ตัวอุปกรณ์เครื่องมือวัดไปสู่คอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุม ส่วนสำคัญที่ลดลงของการนำฟิลด์บัส มาใช้งานคือการที่ไม่ต้องใช้ระบบย่อยที่เป็นสัญญาณอนาลอก เนื่องจาก ส่วนประกอบต่างๆ ที่ต้องการลดลง ก็ทำให้แผงควบคุมอุปกรณ์มีขนาดลดลงด้วย ดังนั้นแผงควบคุมอุปกรณ์ขนาดใหญ่ที่เคยใช้กันมาก็ไม่เป็นที่ต้องการ อีกทั้งส่วนประกอบที่ลดลงจำนวนน้อยลง และมีน้ำหนักที่เบาขึ้นก็ทำให้ต้นทุนในการขนส่ง ขนย้ายลดลงด้วย

ในเทคโนโลยีฟิลด์บัส ถ้าติดตั้งอุปกรณ์ 12 ตัว (เพื่อการควบคุมและการตรวจสอบ) บนแต่ละโครงข่าย ก็ทำให้การใช้สายเคเบิลลดลงมากกว่า 90% ซึ่งก็ทำให้เหลือพื้นที่สำหรับอุปกรณ์ได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังมีการประหยัดเพิ่มขึ้นจากอุปกรณ์ ฮาร์ดแวร์ อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่จำนวนของท่อร้อยสาย (conduits), cable trays and ladders และ cable glands ที่ต้องการใช้ลดลงกว่าที่ใช้ในระบบที่เป็นแบบดั้งเดิม



รูปที่ 5.1 แสดงสถาปัตยกรรมของระบบควบคุมแบบดั้งเดิม

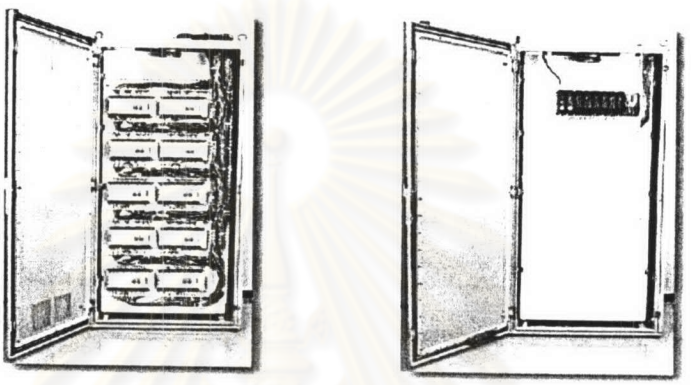
ในทำนองเดียวกัน marshalling panel ก็จะเล็กลง และเป็นรูปแบบที่ง่ายขึ้น เนื่องจากจำนวนของสายสัญญาณ นั้นถูกลดลงเป็นผลจากการ multi-dropping (รูป 5.2) เมื่อใช้การสื่อสารที่เป็นแบบดิจิตอล ก็จะไม่มีต้นทุนของ analog input/output module ในกรณีที่ไม่สะดวกจะใช้ระบบฟิลด์บัสทั้งหมดต้นทุนก็อาจจะลดลงได้มากขึ้นด้วยการใช้ฟิลด์บัส และ ระบบที่เป็นแบบดั้งเดิมผสมกัน ซึ่งก็อาจทำให้ลด analog I/O ได้เกือบ 100% และเนื่องจากจำนวน module ที่ลดลงนี้ ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้ racks , Nests , I/O network และ ฮาร์ดแวร์ ที่ใช้ร่วมอื่น ๆ เช่น power supply สำหรับทุก ๆ module ของระบบที่เป็นแบบดั้งเดิม ในระบบที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัส มาตรฐานนั้น จะไม่จำเป็นต้องใช้ Gateways ระหว่าง network protocol ที่แตกต่างกัน ทำให้ไม่จำเป็นต้องพัฒนาไดร์เวอร์ของแต่ละอุปกรณ์ในการนำมาใช้ร่วมกัน



รูปที่ 5.2 แสดงสถาปัตยกรรมของระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัสที่สามารถลดจำนวนของฮาร์ดแวร์

พื้นที่ที่ใช้งาน

การลดจำนวนในส่วนของฮาร์ดแวร์ลงก็ทำให้ได้แผงควบคุมอุปกรณ์ที่เล็กลง และพื้นที่ที่ต้องการใช้งานก็ลดลงด้วย ดังนั้น ความต้องการพื้นที่สำหรับ Climate-controlled rack ในแผงควบคุมอุปกรณ์ก็ลดลงไปด้วย และเนื่องจาก wiring ที่ลดลง ดังนั้นจึงไม่ต้องมีพื้นที่ต้องยกระดับ (elevated floor) ซึ่งก็ทำให้ประหยัดได้เพิ่มขึ้นในบางกรณีก็อาจตีความได้ว่า พื้นที่ของ rack ใหม่ไม่จำเป็นต้องถูกสร้างไว้เพื่อรองรับการขยายระบบในอนาคต



conventional fieldbus

รูปที่ 5.3 แสดงเปรียบเทียบความต้องพื้นที่ในการติดตั้งในตู้อุปกรณ์ของระบบควบคุม

ความหลากหลายในการเลือกซื้อชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่าง ๆ

พื้นที่ที่ลงทุนในระบบที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัส สามารถทำให้ต้นทุนของระบบต่ำลงได้ด้วยการไม่ยึดติดกับ ผู้ผลิตเพียงรายเดียวทำให้ไม่ต้องกังวลกับระบบควบคุมหลักที่จะถูกเลือกใช้ในระบบ ซึ่งมีผลต่อการเลือกอุปกรณ์เครื่องมือวัด ส่วนประกอบอื่น ๆ ในระบบต่าง ๆรวมทั้งซอฟแวร์ก็สามารถใช้ได้จากหลากหลายผู้ผลิตด้วย จึงทำให้มีการใช้วิธีการเลือกอุปกรณ์จาก Cost-performance ratio ที่ดีที่สุดได้ โดยการเปิดให้มีการแข่งขันทำให้ราคาต่ำลง ดังนั้น จึงดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบ แบบดั้งเดิม ซึ่งต้องซื้ออุปกรณ์ต่างๆ จากผู้ขายที่เป็นผู้ผลิตดั้งเดิมเพื่อที่จะทำให้สามารถใช้งานร่วมกันได้ การที่ลูกค้าต้องยึดติดกับผู้แทนจำหน่ายนั้น ทำให้ราคาตลาดสูงกว่าราคาตลาดปกติ

การสำรองพื้นที่ความจุของระบบ

การเพิ่มวงจรของระบบควบคุมหรือการแสดงผล สำหรับระบบแบบดั้งเดิมนั้นทำให้ต้องเพิ่มฮาร์ดแวร์ขึ้นเป็นจำนวนมากโดย การติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม เพื่อจะทำให้เหมาะสมกับการพัฒนาขึ้นต่อไปจากแผนงานแบบดั้งเดิม เป็นเรื่องยุ่งยาก ดังนั้นผู้แทนจำหน่ายของระบบที่ใช้อยู่จึงคิดราคาที่สูง สำหรับการเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรม

ดังนั้นระบบแบบเดิมจึงต้องซื้อ space capacity ไว้เป็นจำนวนมากไว้สำหรับ I/O modules, rack slots, controller memory และ processing capacity การที่ต้องเตรียมสำรองความจุเพิ่มเติมเผื่อไว้ใช้ก่อน ทำให้โรงไฟฟ้า ต้องซื้อระบบควบคุมที่ใหญ่ขึ้น และมีต้นทุนที่สูงขึ้นจากแต่ก่อนที่ต้องการเพียงให้อยู่บนพื้นที่ที่แน่นอนเท่านั้น

การขยายหรือการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ในระบบที่อยู่บนพื้นฐานฟิลด์บัสนั้นถูกกว่า และง่ายกว่ามาก เนื่องจากมี ฮาร์ดแวร์ ที่น้อยกว่า ดังนั้น จึงไม่ต้องสำรองพื้นที่ความจุของระบบเพิ่มเติมเผื่อไว้ก่อนเป็นจำนวนมาก ๆ ตั้งแต่การลงทุนในครั้งแรก

จากที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการวิเคราะห์ถึงผลของการออกแบบระบบควบคุมเป็นแบบฟิลด์บัส ที่สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายตามหลักการของระบบควบคุมที่พิจารณาถึงความสามารถและคุณสมบัติเฉพาะตัวของฟิลด์บัส เมื่อนำมาใช้ในระบบควบคุมโดยทั่วๆ ไป ในโรงงานอุตสาหกรรม (อ้างอิงจากหนังสือ Fieldbuses for Process Control : Engineering ,Operation and Maintenance) โดยเมื่อนำมาพิจารณานำมาใช้ในการควบคุมในโรงไฟฟ้า ซึ่งบางส่วนของระบบควบคุมมีความต้องการเฉพาะที่ต่างกันไปจากระบบควบคุมในโรงงานอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น ในกรณีที่เป็นโรงงานอุตสาหกรรมทั่วๆไป อาจจะมีการพิจารณาลดจำนวนของเครื่องมือวัดต่างๆได้ถึง 30-50% โดยการนำความสามารถในการส่งข้อมูลได้หลายค่าของเครื่องมือวัดในการสื่อสารฟิลด์บัสมาใช้ แต่ในกรณีของระบบควบคุมในโรงไฟฟ้าต้องการความมั่นคงของระบบที่สูงกว่า ดังนั้นจึงไม่นิยมนำสัญญาณหลายๆ สัญญาณจากเครื่องมือวัด 1 ตัวมาใช้ในส่วนของฟังก์ชันการควบคุม ด้วยเหตุนี้จึงลดจำนวนเครื่องมือวัดได้ไม่มาก โดยลดได้เฉพาะในส่วนของสัญญาณที่ไม่ได้ใช้ในการควบคุม โดยใช้แค่การแสดงผล

ดังนั้นเมื่อนำมาพิจารณาเปรียบเทียบความต้องการของชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่จำเป็นในระบบควบคุมทั้ง 2 แบบ สามารถนำมาแจกแจงรายละเอียดต่างๆของระบบได้ดังนี้

<u>ระบบควบคุมแบบดั้งเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน</u> (Conventional Control)

ก. ส่วนของฮาร์ดแวร์

รายการ	*รุ่น/รายละเอียด*	*จำนวน*	*หน่วย*
- Field Control Station		4	Set
- Analog Input Card	16 point Per Channel	19	Set
- Analog Output Card	16 point Per Channel	6	Set
- Contact Input Module	32 point Per Channel	19	Set

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

-	Contact Input Module for SOE	32 point Per Channel	4	Set
-	Contact Output Module	32 point Per Channel	9	Set
-	Communication Card for Interface Turbine Control	RS422/485	2	Set
-	Terminal Block & Cable		1	Lot
-	Vnet Cable		1	Lot

รวมเป็นจำนวนเงิน = 14,160,650.00 บาท

ข. *ส่วนของซอร์ฟแวร์*

รายละเอียดของรายการซอร์ฟแวร์

- System ID
- Software Media
- Software Media for Instruction Manual
- Standard Function and Monitoring Function
- Line Printer Support Package
- Control Drawing Status Display Package
- Logic Chart Status Display Package
- Expert Trend Viewer Package
- Advance Alarm Viewer Package
- Long Term Data Archive Package
- Electronic Instruction Manual
- Report Package
- Standard Builder Function
- Access Control Package
- Graphic Builder
- Test Function
- Self Document
- Modbus Communication Package
- SOE viewer Package
- SOE Server Package
- SOE Server Configulator Package

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เป็นจำนวนเงิน = 4,016,320.00 บาท

ค. *ส่วนของคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง*

1. *ตู้มาร์แชลลิ่ง (Marshalling Cabinet)*

	รายการ	***จำนวน***	***หน่วย***
-	Cabinet (600W*800D*2100H)	5	Set
-	Terminal Disconnect Type	1	Lot
-	Switching Power Supply	5	Set
-	Wiring & Accessory	1	Lot

เป็นจำนวนเงิน = 871,648.00 บาท

2. *คอมพิวเตอร์ (Personal Computer)* จำนวน 3 Set

-	CPU	Pentium IV 2.4 GHZ
-	Memory	256 MB DDR RAM,MAX to 2 GB
-	Harddisk	40 GB 7200 RPM Smart III Ultra ATA/100
-	CD ROM	48 X
-	Network	Integrate Intel 10/100
-	Slot	3 PCI,1 AGP Slot
-	Monitor	21" CRT Display

Note: Not include Computer Desk & Chair

เป็นจำนวนเงิน = 497,640.00 บาท (3 Set)

3. *เซิร์บเวอร์ (Server)* จำนวน 1 Set

-	CPU	Pentium IV 1.8 GHZ
-	Memory	256 MB DDR RAM,MAX to 2 GB
-	Hard disk	40 GB 7200 RPM Smart III Ultra ATA/100
-	CD ROM	48 X
-	Network	Integrate Intel 10/100
-	Slot	3 PCI,1 AGP Slot

- Monitor 21" CRT Display

Note : Not include Computer Desk & Chair

เป็นจำนวนเงิน = 251,680.00 บาท

4. เครื่องพิมพ์ (Printer)

รายการ	*รุ่น/รายละเอียด*	*จำนวน*	*หน่วย*
- Dot Matrix Printer	LQ2180I	1	Set
- Color DeskJet Printer	DESKJET	1	Set
- Laser Printer	CP1700LASERJET D2300	1	Set

เป็นจำนวนเงิน = 321,750.00 บาท

5. ระบบสัญญาณนาฬิกาหลัก (Master Clock)

- IRIGB Master Clock
- RS422 Cable

เป็นจำนวนเงิน = 777,835.00 บาท

6. รายการอื่นๆ

รายการ	*จำนวน*	*หน่วย*
- Switching Hub	3	Set
- Tape Drive	1	Set
- CDRW	3	Set
- Microsoft Excel2000	1	Lot
- Microsoft SQL Server 2000	1	Lot
- Microsoft Windows 2000 Server	1	Lot
- UTP Patch Cord	1	lot

เป็นจำนวนเงิน = 479,238.00 บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>สรุป</u> ค่าใช้จ่ายในส่วนของส่วนของคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

Marshalling Cabinet	=	871,648.00	บาท
Personal Computer	=	497,640.00	บาท
Server	=	251,680.00	บาท

Printer	=	321,750.00	บาท
Master Clock	=	777,835.00	บาท
อื่นๆ	=	479,238.00	บาท
รวม		3,325,630.00	บาท

ง. อุปกรณ์เครื่องมือวัดต่าง ๆ

รายการ	*จำนวน*	*หน่วย*	*ราคาต่อหน่วย (บาท)*
- Pressure Transmitter	42	Sets	40,000.00
- Temperature Transmitter	64	Sets	35,000.00
- Flow Transmitter	11	Sets	80,000.00
- Ph Transmitter	9	Sets	65,000.00
- Level Switch	12	Sets	25,000.00
- Level Transmitter	18	Sets	40,000.00
- Control Valve	32	Sets	450,000.00
- Conductivity Transmitter	10	Sets	66,000.00
- Sodium Transmitter	2	Sets	230,000.00
- Oxygen Transmitter	1	Sets	250,000.00
- Flow switch	4	Sets	26,000.00
- Vibration switch	2	Sets	28,000.00

เป็นจำนวนเงิน = 22,335,000.00 บาท

<u>ระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัส</u> (Fieldbus Control)

ก. ส่วนของฮาร์ดแว์

รายการ	*รุ่น/รายละเอียด*	*จำนวน*	*หน่วย*
- Field Control Station		4	Set
- Fieldbus Communication Card	24 segments	16	Set
- Contact Input Module	32 point Per Channel	19	Set
- Contact Input Module for SOE	32 point Per Channel	4	Set

-	Contact Output Module	33 point Per Channel	9	Set
-	Communication Card for Interface Turbine Control	RS422/485	2	Set
-	Terminal Block & Cable		1	Lot
-	Vnet Cable		1	Lot

เป็นจำนวนเงิน = 15,274,130.00 บาท

ข. ส่วนของซอร์ฟแวร์

รายละเอียดของรายการซอร์ฟแวร์

- System ID
- Software Media
- Software Media for Instruction Manual
- Standard Function and Monitoring Function
- Line Printer Support Package
- Control Drawing Status Display Package
- Logic Chart Status Display Package
- Expert Trend Viewer Package
- Advance Alarm Viewer Package
- Long Term Data Archive Package
- Electronic Instruction Manual
- Report Package
- Standard Builder Function
- Access Control Package
- Graphic Builder
- Test Function
- Self Document
- Modbus Communication Package
- SOE viewer Package
- SOE Server Package
- SOE Server Configulator Package

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เป็นจำนวนเงิน = 4,279,150.00 บาท

ค. ส่วนของคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

1. *ตู้มาร์แชลลิ่ง (Marshalling Cabinet)*

รายการ	*จำนวน*	*หน่วย*
- Cabinet (600W*800D*2100H)	11	Sets
- Terminal Disconnect Type	1	Lot
- Switching Power Supply	10	Sets
- Fieldbus Power supply	26	Sets
- Fieldbus Terminator	26	Sets
- Wiring & Accessory	1	Lot

เป็นจำนวนเงิน = 2,074,928.00 บาท

2. *คอมพิวเตอร์ (Personal Computer)* จำนวน 3 Set

- CPU Pentium IV 2.4 GHZ
- Memory 256 MB DDR RAM,MAX to 2 GB
- Harddisk 40 GB 7200 RPM Smart III Ultra ATA/100
- CD ROM 48 X
- Network Intergrate Intel 10/100
- Slot 3 PCI,1 AGP Slot
- Monitor 21" CRT Display

Note: Not include Computer Desk & Chair

เป็นจำนวนเงิน = 497,640.00 บาท

3. *เซิร์บเวอร์ (Server)* จำนวน 1 Set

- CPU Pentium IV 1.8 GHZ
- Memory 256 MB DDR RAM,MAX to 2 GB
- Harddisk 40 GB 7200 RPM Smart III Ultra ATA/100
- CD ROM 48 X

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- Network Intergrate Intel 10/100
- Slot 3 PCI,1 AGP Slot
- Monitor 21" CRT Display

Note: Not include Computer Desk & Chair

เป็นจำนวนเงิน = 251,680.00 บาท

4. *เครื่องพิมพ์ (Printer)*

รายการ	*รุ่น/รายละเอียด*	*จำนวน*	*หน่วย*
- Dot Matrix Printer	LQ2180I	1	Set
- Color DeskJet Printer	DESKJET	1	Set
- Laser Printer	CP1700LASERJET D2300	1	Set

เป็นจำนวนเงิน = 321,750.00 บาท

5. *ระบบสัญญาณนาฬิกาหลัก (Master Clock)*
   - IRIGB Master Clock
   - RS422 Cable

เป็นจำนวนเงิน = 777,800.00 บาท

6. *รายการอื่นๆ*

รายการ	*จำนวน*	*หน่วย*
- Switching Hub	3	Set
- Tape Drive	1	Set
- CDRW	3	Set
- Microsoft Excel2000	1	Lot
- Microsoft SQL Server 2000	1	Lot
- Microsoft Windows 2000 Server	1	Lot
- UTP Patch Cord	1	lot

เป็นจำนวนเงิน = 479,238.00 บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปค่าใช้จ่ายในส่วนของส่วนของคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

Marshalling Cabinet	=	2,074,928.00	บาท
Personal Computer	=	497,640.00	บาท
Server	=	251,680.00	บาท
Printer	=	321,750.00	บาท
Master Clock	=	777,800.00	บาท
อื่นๆ	=	479,238.00	บาท
รวม		4 ,528 ,900.00	บาท

ง. *อุปกรณ์เครื่องมือวัดต่าง ๆ*

รายการ	*จำนวน*	*หน่วย*	*ราคาต่อหน่วย (บาท)*
- Pressure Transmitter	42	Sets	40,000.00
- Temperature Transmitter	64	Sets	35,000.00
- Flow Transmitter	11	Sets	80,000.00
- Ph Transmitter	9	Sets	65,000.00
- Level Switch	12	Sets	25,000.00
- Level Transmitter	18	Sets	40,000.00
- Control Valve	32	Sets	450,000.00
- Conductivity Transmitter	10	Sets	66,000.00
- Sodium Transmitter	2	Sets	230,000.00
- Oxygen Transmitter	1	Sets	250,000.00
- Flow switch	4	Sets	26,000.00
- Vibration switch	2	Sets	28,000.00

เป็นจำนวนเงิน = 22,335,000.00 บาท

จ. *ส่วนของซอร์ฟแวร์ PRM และ ENGINEERING*

-	PRM software	1	Lot
-	Vnet Interface Card	1	Set
-	Personal Computer	1	Lot
-	Vnet Cable 5 Meter	2	Set

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

-	Function Designed & Generation	1		Lot
-	Documentation 2 Set	1		Lot

เป็นจำนวนเงิน = 1,485,270.00 บาท

5.1.1.2. การวิเคราะห์ในส่วนงานวิศวกรรม

การพิจารณาในส่วนของงานด้านวิศวกรรม จะเป็นการมองถึงงานที่เกี่ยวกับการออกแบบระบบเพื่อให้การใช้ระบบควบคุมและฟังก์ชันต่างๆตรงตามความต้องการของเจ้าของกิจการ และถูกต้องตามมาตรฐานของระบบควบคุม เช่น Graphic Designed, เอกสารงานต่างๆ ที่เกี่ยวกับการออกแบบระบบ และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

จากการที่ระบบฟิลด์บัส นั้นทำให้สถาปัตยกรรมทาง ฮาร์ดแวร์ ง่ายขึ้น และลดความซับซ้อนจึงทำให้ วิศวกรรมโครงสร้าง และการออกแบบงานตามที่ได้คิดไว้ รวมทั้ง ขั้นตอนการฝึกอบรมนั้นง่ายขึ้น

การออกแบบระบบ

อุปกรณ์ของฟิลด์บัส นั้นง่ายที่จะกำหนดคุณสมบัติของความต้องการของระบบอินพุท / เอาท์พุทหลักมากกว่าระบบควบคุมที่เป็นแบบดั้งเดิมซึ่งก็ทำให้สามารถประมาณจำนวนของ Communication port ได้ว่าอุปกรณ์ฟิลด์บัส กี่ตัว ที่ระบบจะสนับสนุน โดยอุปกรณ์ฟิลด์บัส ทุกตัวนั้นจะเป็นไปในลักษณะเดียวกัน ดังนั้นจึงไม่จำเป็นที่จะต้องระบุว่า อุปกรณ์ FOUNDATION fieldbus หรือ PROFIbus PA ที่ใช้นั้นเป็น อนาล็อกหรือเป็น discrete input/output, single หรือ multiple variable หรือ ถูกใช้เพื่อการแสดงผล (monitoring) หรือควบคุม (control) ซึ่งด้วยเหตุนี้ก็ทำให้ไม่ต้องเลือกชนิดของ I/O Modules ที่ใช้ทำให้สามารถลดเวลาในการออกแบบ(Conceptual Design) รวมไปถึงการออกแบบในรายละเอียด

ในกรณีของ FOUNDATION Fieldbus ความต้องการของฟังก์ชันสำหรับการควบคุมจะง่ายขึ้นมากในการกำหนดการทำงาน ที่ผ่านมาฟังก์ชันการทำงานต้องการความชัดเจนในการกำหนดคุณสมบัติ ตัวอย่างเช่น PID Block ควรจะมีฟังก์ชัน Reset Windup Protection , Cascade Set point , Override , Deviation Alarm และอื่น ๆ ปัจจุบันภาษาในการเขียนโปรแกรมจะเป็นตัวกำหนดลักษณะหน้าที่มาตรฐานในบล็อกดังนั้นก็ระบุเพียงแค่ว่าบล็อกไหนจะถูกกำหนดลักษณะลงไปอย่างไร

การเลือกผู้จำหน่าย (Vender) และอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้

ในอดีตการที่ระบบควบคุมมีข้อจำกัดในส่วนของการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ที่ผลิตจากผู้ผลิตต่างๆกัน ทำให้ต้องเฉพาะเจาะจงเลือกซื้อเครื่องมือวัดและอุปกรณ์อื่นที่ต้องการเพิ่มเติมเข้าไปในระบบเดิมจากผู้แทนจำหน่ายเดียวกับส่วนควบคุมหลักเป็นจำนวนมากเพื่อจะได้แน่ใจว่ามันจะทำงานร่วมกันได้แต่การเลือกผู้แทนจำหน่ายเดียวนั้นเป็นเรื่องยากเพราะแต่ละผู้ผลิตก็มีข้อดีแตกต่างกันไป ตัวอย่าง เช่น การที่ต้องเลือกระหว่าง หน่วยประมวลผลที่ดีที่สุด transmitter ที่ดีที่สุด หรือ valve ที่ดีที่สุดดังนั้นลักษณะของหน่วยประมวลผลและการปฏิบัติงานของตัวอุปกรณ์ (device) กับระบบที่แตกต่างก็จะต้องถูกนำมาพิจารณาว่าจะเลือกแบบใด มาตรฐานฟิลด์บัสนั้นทำให้ขั้นตอนของการเลือกนั้นง่ายขึ้นเพราะอุปกรณ์ที่ดีที่สุดในแต่ละประเภทสามารถทำงานร่วมกันได้ ยิ่งกว่านั้นการที่สายเคเบิลชนิดเดียวสามารถใช้กับอุปกรณ์ฟิลด์บัสทุกตัวได้ก็ทำให้ลดชนิดของสายเคเบิล ที่จะต้องเลือก

Faster Device and Strategy Configuration

เทคโนโลยีฟิลด์บัสทำให้การพัฒนา configuration และเวลาในการเข้าสู่ทุก ๆ ระดับของระบบจากอุปกรณ์ฟิลด์บัสไปสู่ระบบหลักนั้นลดลง เมื่อมีการสื่อสารแบบดิจิตอลจะมีค่าตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงได้มากกว่าแบบ scaled ranges เช่น 4-20mA หรือ 0 - 100% ความแตกต่างอีกประการหนึ่งจากระบบควบคุมแบบดั้งเดิม คือ ค่าที่ต้องการส่งข้อมูลใน ฟิลด์บัส เป็น 200 kPA ก็จะมีจำนวนค่าของข้อมูล 200 ที่ถูกส่งไป ไม่ใช่ x % หรือ y mA จากการที่ scaling ถูกขจัดไป ดังนั้นการแก้ไขเปลี่ยนแปลงที่ตัวอุปกรณ์ (configuration) และงานที่เกี่ยวข้องกับ verification work ก็ลดลง การติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมด เช่น การเลือกชนิดของเซ็นเซอร์ สามารถทำได้ก่อนที่อุปกรณ์จะถูกผลิต และถูกดาวน์โหลดในระหว่างการ commissioning ซึ่งก็ทำให้ configuration ที่จะเริ่มต้นโครงการอย่างทันทีนั้นสามารถทำได้ และจากการที่ analog I/O modules ถูกขจัดไป จึงทำให้ความต้องการที่ใช้ I/O subsystem นั้นน้อยลง ซึ่งก็ช่วยให้ประหยัดเวลาเมื่อเปรียบเทียบกับระบบควบคุมแบบดั้งเดิม ที่ rack, module และ channel นั้นจะต้องถูกจัดเตรียมไว้ก่อนดังนั้นการขจัด I/O ออกไปก็เป็นทางออกที่ทำให้เร็วขึ้น มาตรฐานโปรโตคอลของฟิลด์บัสก็ทำให้ขจัดความต้องการที่ใช้ไดร์เวอร์ของโปรโตคอลที่เป็นของบริษัทเอง และใช้ map custom data ออกไป ซึ่งเป็นงานที่ใช้เวลาขึ้นอยู่กับข้อผิดพลาด และเป็นสาเหตุของความล่าช้าของ project

งานวิศวกรรมในส่วนของการจัดการและออกแบบระบบนั้น ถึงแม้ว่าตามทฤษฎีแล้วสามารถทำงานได้อย่างสะดวกมากขึ้นและลดค่าใช้จ่ายได้ในหลายส่วนของงานแต่ในความเป็นจริงในการคิดค่าใช้จ่ายโดยเฉพาะงานออกแบบ เมื่อนำมาพิจารณานำมาใช้ในประเทศไทยพบว่าในปัจจุบันพบว่าการออกแบบในส่วนวิศวกรรมของระบบควบคุมทั้ง 2 แบบเสียค่าใช้จ่ายและ

รายละเอียดของงานที่ไม่แตกต่างกันระหว่างระบบควบคุมทั้ง 2 ระบบ โดยเมื่อนำมาคิดค่าใช้จ่าย และรายละเอียดของงานที่ทำ สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

การจัดการและออกแบบระบบ (Engineering System)

รายการ	จำนวน	หน่วย
- Function Design & Generation Fee	1	Lot
- Graphic Design & Generation Fee	100	Pages
- Logging Report	8	Frm
- Factory Acceptance Test	1	Lot
- Project Management	1	Lot
- Documentation	3	Sets
- Site Supervision for Commissioning & Startup	30	Man-day

เป็นจำนวนเงิน = 4,319,950.00 บาท

5.1.1.3. **การวิเคราะห์ในส่วนของการติดตั้งและเซตระบบ**

การสร้างและการวางระบบ

การลดลงของจำนวนของอุปกรณ์ส่งผลให้แผงควบคุมอุปกรณ์นั้นเล็กลง (Marshalling, termination I/O module และ power suppliers ภายในนั้นลดลง) ซึ่งก็ทำให้การสร้างและการวางระบบรวดเร็วขึ้น ซึ่งการใช้อุปกรณ์ต่อเชื่อมกับ built-in device power และ processor ทำให้ระบบกะทัดรัดและรวดเร็วขึ้นกว่า conventional I/O ที่เป็นแบบดั้งเดิม

Easy system Verification

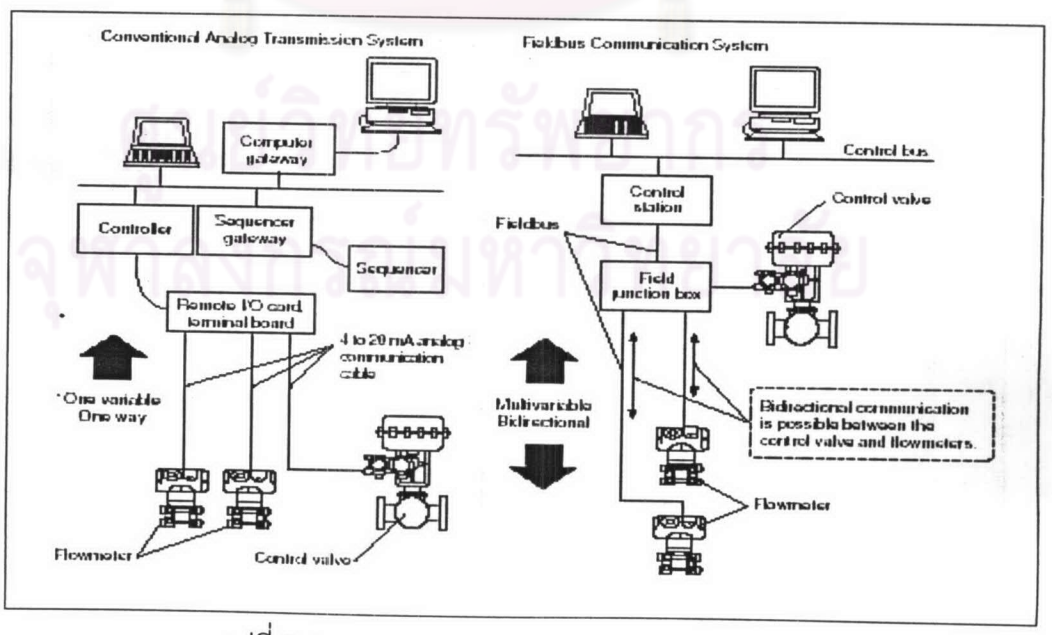
ก่อนที่จะมีระบบฟิลด์บัสนั้นการตรวจสอบเทียบวัดค่าใน I/O subsystem (calibration check) ของทุก ๆ จุดของ I/O point เช่น ส่วนที่จำเป็นในการทำงานของ termination , fusing , I/O module และ rack จะเป็นส่วนที่ใช้เวลายาวนานในกระบวนการ configuration เนื่องจากในระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัส ไม่ต้องมีส่วนเหล่านี้ ดังนั้นจึงไม่ต้องมีการ test และการใช้เวลาในการตรวจสอบยืนยันข้อเท็จจริงก็ลดลง การตรวจสอบแบบง่าย ๆ ในการสื่อสารเพื่อจะดูความมั่นคงของพอร์ตที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลก็เพียงพอแล้ว เนื่องจากค่าต่างๆ ถูกส่งผ่านในหน่วยวิศวกรรมแล้ว ดังนั้น ความต้องการที่จะตรวจสอบ ความต่อเนื่องของการเปลี่ยนแปลงค่า (scaling) ในระหว่างอุปกรณ์หน่วยประมวลผล และ ตัวอุปกรณ์ควบคุมก็ลดลง

งานติดตั้ง

อุปกรณ์แบบที่สามารถวัดค่าต่างๆได้หลายค่าช่วยลดจำนวนของอุปกรณ์ที่ต้องติดตั้งท่อต่างๆ(pipe) ซึ่งหมายถึงการลดลงของเวลาในการติดตั้งและ heat tracing หรือ shades ก็ลดลงเช่นกัน แต่ก็ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขรอบ ๆ ด้วย การใช้ ฟิลด์บัสยังทำให้การติดตั้งอุปกรณ์ที่ซึ่งไม่เคยถูกติดตั้งมาก่อน เนื่องจากการเข้าไปตรวจสอบทำได้ยากนั้นสามารถทำได้ และเนื่องจากฟิลด์บัสให้มีการตรวจสอบตัวเองทางรีโหมด ดังนั้นอุปกรณ์จะถูกตรวจสอบน้อยลง ซึ่งก็ทำให้การเข้าถึงข้อมูลนั้นง่ายขึ้น ดังนั้น การเดินท่อ (piping) ก็ทำได้ง่ายขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังอาจช่วยปรับปรุงการทำงานได้ด้วย เนื่องจากอ่านข้อมูลที่ยากที่จะเข้าถึง หรือ เห็นตัวอุปกรณ์ สามารถจะถูกส่งผ่านไปยังอุปกรณ์อื่นๆ ได้

จำนวนสายสัญญาณและอุปกรณ์ที่ใช้

การลดลงของ Wiring เป็นไปได้โดยการใช้อุปกรณ์ ฟิลด์บัสที่เป็น multi dropping และความสามารถที่เป็นแบบที่สามารถวัดค่าต่างๆได้หลายค่าซึ่งจะมีผลต่อจำนวนเคเบิลที่ถูกดึงน้อยลง การใช้ ฟิลด์บัสช่วยลดสิ่งที่ ระบบควบคุมแบบดั้งเดิมทำได้ยากให้เป็นงานที่ง่าย ดังนั้นจึงมีผลทำให้ใช้ conduit ในการป้องกันสายเคเบิลน้อยลง จำนวนของ cable tray และ ladders ที่จะใช้สนับสนุนสายเคเบิลก็น้อยลง ชั่วโมงการทำงานที่ใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดก็ลดลงมากกว่าในการเดินสายในระบบแบบดั้งเดิม การที่ wiring ลดลงนั้นก็ทำให้ termination ลดลงด้วยนั่นก็คือ wiring strip , crimp , label และ connect ลดลง โดยการใช้ ฟิลด์บัส ก็ไม่ต้องใช้ถึง 10 termination ต่อ จุด เมื่อนับจากตัวอุปกรณ์ มายัง marshalling panel ถ้าแต่ละ termination ใช้เวลา 2-3 นาที ดังนั้น ก็จะช่วยลดต้นทุนหลัก ๆ เมื่อเทียบกับระบบควบคุมแบบดั้งเดิม



รูปที่ 5.4 แสดงการ Wiring ของระบบควบคุม

Commissioning

ในระบบแบบดั้งเดิมนั้นการ Commissioning เป็นแบบmanual และเป็นงานที่ใช้แรงงานเป็นหลัก แต่เมื่อใช้อุปกรณ์ฟิลด์บัส ในการเชื่อมกับโครงข่าย แล้วก็สามารถ commissioning จากคอมพิวเตอร์ควบคุมในห้องควบคุม (control room) ได้ ซึ่งก็จะทำให้ขบวนการ commissioning นั้นง่าย และ เร็วขึ้น และก็สามารถทำงานส่วนใหญ่ได้โดยใช้คนเพียงคนเดียว เมื่อระบบหลักถูกเชื่อมเข้ากับโครงข่ายของฟิลด์บัสแล้ว อุปกรณ์ทั้งหมดบนโครงข่ายจะถูกตรวจสอบในครั้งเดียว และ tag ก็จะบอก " live list " ของ ระบบหลัก ในแต่ละโครงข่ายด้วย ซึ่งก็ทำให้ง่ายขึ้นกว่าการ ringing out ของอุปกรณ์แบบ 1 ต่อ 1 (ซึ่งเป็นแบบที่ใช้อยู่ในระบบควบคุมแบบดั้งเดิม) ซึ่งแบบนี้จะทำให้ต้องใช้คนในฟิลด์(field) ที่ทำงานกับ simulators เพื่อดูแลการสื่อสารทางวิทยุกับห้องควบคุมเพื่อจะได้ wiring ที่ถูกต้อง

ลักษณะของ asset management ที่ไม่มีในระบบควบคุมแบบดั้งเดิมนั้น เป็นประโยชน์มาก ในระหว่างขบวนการ commissioning สำหรับการระบุว่าต้องใช้อุปกรณ์ใด ทำได้โดยการตรวจสอบ manufacturer , device type , versions , tag , serial number และ application descriptor หรือมิฉะนั้นการ configurations อุปกรณ์ฟิลด์บัส ก็จะถูกระบุได้จาก คอมพิวเตอร์ควบคุม และ การเปลี่ยนแปลงใน configuration หรือ range อื่น ๆ ที่เกิดขึ้นจะถูกบันทึกในดาตาเบสที่ถูกติดตั้งไว้แล้วโดยอัตโนมัติ การ Configuration สำหรับอุปกรณ์ทุกๆ ตัว สามารถ Download ได้โดยคลิกเดียว ซึ่งก็จะเก็บข้อมูลไว้เพื่อการ printout หรือ export ที่ผ่านมาในอดีตการเปลี่ยนแปลงที่ใช้ handheld terminal จะเป็นแบบ Manual Updated ซึ่งก็จะส่งผลให้เกิดโอกาสในการอ่านผิดพลาดและการที่ control loop และ trip point นั้นจะไม่ทำงาน

การ Commissioning จากระยะไกลของอุปกรณ์ 16 ตัว ที่เวลาเดียวกันจะเร่งความเร็วของขบวนการทำงานได้ฟังก์ชัน simulation อาจจะถูกใช้เพื่อตรวจสอบว่าระบบนั้นมีการตอบสนองที่ถูกต้องโดยการทดสอบเงื่อนไขของขบวนการว่าปกติหรือผิดปกติซึ่งการทดสอบนี้สามารถทำได้โดยไม่ต้องใช้ physical input ใด ๆ และไม่ต้องใช้ simulator ซึ่งเป็นข้อกำหนดที่อยู่ในระบบควบคุมที่เป็นแบบดั้งเดิม (conventional system)

ซึ่งเมื่อนำมาพิจารณาถึงรายละเอียดต่างๆของการติดตั้งและเซตระบบเพื่อนำมาใช้กับโรงไฟฟ้าในกรณีศึกษา จะแบ่งงานออกเป็น 2 ส่วน คือการติดตั้งในส่วนของระบบ DCS ซึ่งเป็นส่วนของโครงข่ายระบบควบคุมหลักและการติดตั้งสำหรับเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่างๆที่ฟิลด์ โดยสามารถแสดงรายละเอียดต่างๆได้ดังนี้

ระบบควบคุมแบบดั้งเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน (Conventional Control)

- *งานติดตั้งสำหรับระบบ DCS (Dcs cabinet)*

รายการ	จำนวน	หน่วย
- Installation New DCS Cabinet	9	Sets
- Vnet Cable laying work & Conduit	30	Meter
- Wiring Hookup & Check	1	Lot
- Loop Check	1	Lot
- Transportation & Traveling Fee	1	Lot
- Accommodation & Facilities	1	Lot
- Project Management & Document (2 Set)	1	Lot
- Site Supervision & Commissioning	10	Man-day

เป็นจำนวนเงิน = 627,000.00 บาท

- *งานติดตั้งสำหรับเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ฟิลด์*

รายการ	จำนวน	หน่วย
- Instrument Installation	207	Sets
- Laying & Conduit	1	Lot
- Cable	1	Lot
- Transportation & Traveling Fee	1	Lot
- Accommodation & Facilities	1	Lot
- Project Management & Document (2 Set)	1	Lot
- Site Supervision & Commissioning	80	Man-day

เป็นจำนวนเงิน = 4,148,400.00 บาท

รวมค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง

- งานติดตั้งสำหรับระบบ DCS = 627,000.00 บาท
- งานติดตั้งสำหรับเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ฟิลด์ = 4,148,400.00 บาท

รวม 4,775,400.00 บาท

ระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัส (Fieldbus Control)

- *งานติดตั้งสำหรับระบบ DCS (Dcs cabinet)*

รายการ	จำนวน	หน่วย
- Installation New DCS Cabinet	15	Sets
- Vnet Cable laying work & Conduit	30	Meter
- Wiring Hookup & Check	1	Lot
- Loop Check	1	Lot
- Transportation & Traveling Fee	1	Lot
- Accommodation & Facilities	1	Lot
- Project Management & Document (2 Set)	1	Lot
- Site Supervision & Commissioning	10	Man-day

เป็นจำนวนเงิน = 605,000.00 บาท

- *งานติดตั้งสำหรับเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ฟิลด์*

รายการ	จำนวน	หน่วย
- Instrument Installation	207	Sets
- Spur Block 8 Device	26	Sets
- Fieldbus Terminator	26	Sets
- Laying & Conduit	1	Lot
- Cable	1	Lot
- Transportation & Traveling Fee	1	Lot
- Accommodation & Facilities	1	Lot
- Project Management & Document (2 Set)	1	Lot
- Site Supervision & Commissioning	70	Man-day

เป็นจำนวนเงิน = 3,600,100.00 บาท

สรุปรวมค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง

- งานติดตั้งสำหรับระบบ DCS = 605,000.00 บาท
- งานติดตั้งสำหรับเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ฟิลด์ = 3,600,100.00 บาท

รวม 4,205,100.00 บาท

เมื่อพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแล้ว ทั้งในส่วนของการติดตั้ง DCS และการติดตั้งสำหรับเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบควบคุมทั้ง 2 ระบบพบว่า ในส่วนของงาน Site Supervision & Commissioning ของการติดตั้งสำหรับเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ฟิลด์ เวลาในการดำเนินงานของระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัสจะใช้เวลาน้อยกว่าระบบควบคุมแบบดั้งเดิม 10 วัน (Man-Day) และด้วยลักษณะที่ง่ายในการติดตั้งระบบ ดังนั้นสิ่งที่ต้องนำมาพิจารณาคือ เวลาที่ใช้ที่น้อยลงของการติดตั้งของระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัสจะมีผลทำให้โรงไฟฟ้าสามารถจ่ายไฟได้เร็วขึ้นหรือไม่

ดังนั้นจึงต้องวิเคราะห์ตารางเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงโรงไฟฟ้าสามารถใช้งานได้ของระบบควบคุมทั้ง 2 ระบบ เพื่อพิจารณาถึงโอกาสในการขายไฟ ในกรณีที่โรงไฟฟ้าจากระบบควบคุมใดควบคุมหนึ่งเสร็จก่อน โดยสามารถแสดงตารางเวลาที่ใช้ในการติดตั้งและเซ็ตระบบควบคุมทั้ง 2 ระบบดังแสดงในภาคผนวก ก.

จากตารางเวลาที่แสดงในภาคผนวก ก. พบว่าเวลาที่ใช้น้อยลงของงาน Site Supervision & Commissioning ของการติดตั้งสำหรับเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ฟิลด์ ของระบบควบคุมฟิลด์บัส จะไม่มีผลต่อเวลาของการจ่ายไฟของโรงไฟฟ้าดังนั้นจึงไม่มีรายได้จากโอกาสในการขายไฟของระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัสก่อนระบบควบคุมแบบดั้งเดิม

5.1.2 วิเคราะห์ในส่วนของการดำเนินงานและการบำรุงรักษา

ในส่วนของการวิเคราะห์นี้ เป็นการพิจารณาถึงความเป็นไปได้ถึงค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องในระยะเวลาการดำเนินงานระยะยาวระหว่างระบบควบคุมทั้ง 2 แบบโดยจะพิจารณาเฉพาะส่วนที่มีความเกี่ยวข้องกันระบบควบคุมโดยตรง ซึ่งการวิเคราะห์จะวิเคราะห์ในแง่ของความเป็นไปได้โดยนำลักษณะเฉพาะของระบบควบคุมแต่ละแบบมาพิจารณา โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นส่วนงานต่างๆดังนี้

5.1.2.1 การวิเคราะห์ในส่วนของการเดินเครื่องโรงไฟฟ้า

ในการเดินเครื่องหรือควบคุมกระบวนการผลิตของโรงไฟฟ้านั้นสิ่งที่ขาดไม่ได้ก็คือพนักงานเดินเครื่องโรงไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่ในการควบคุมกระบวนการผลิตของโรงไฟฟ้า ให้สามารถจ่ายไฟได้เต็มความสามารถของกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้า โดยไม่เกิดปัญหาในกระบวนการผลิต ตามปกติแล้วโรงไฟฟ้าจะเดินเครื่องการผลิตตลอดทั้ง 24 ชั่วโมง ดังนั้นจึงต้องมีพนักงานประจำตลอดเวลาในการดูแลกระบวนการผลิตไม่ให้เกิดปัญหา ด้วยความต้องการพนักงานที่ต้องคอยดูแลโรงไฟฟ้าตลอด 24 ชั่วโมง โดยพนักงานเดินเครื่องจะแบ่งการทำงานออกเป็นกะ โดย

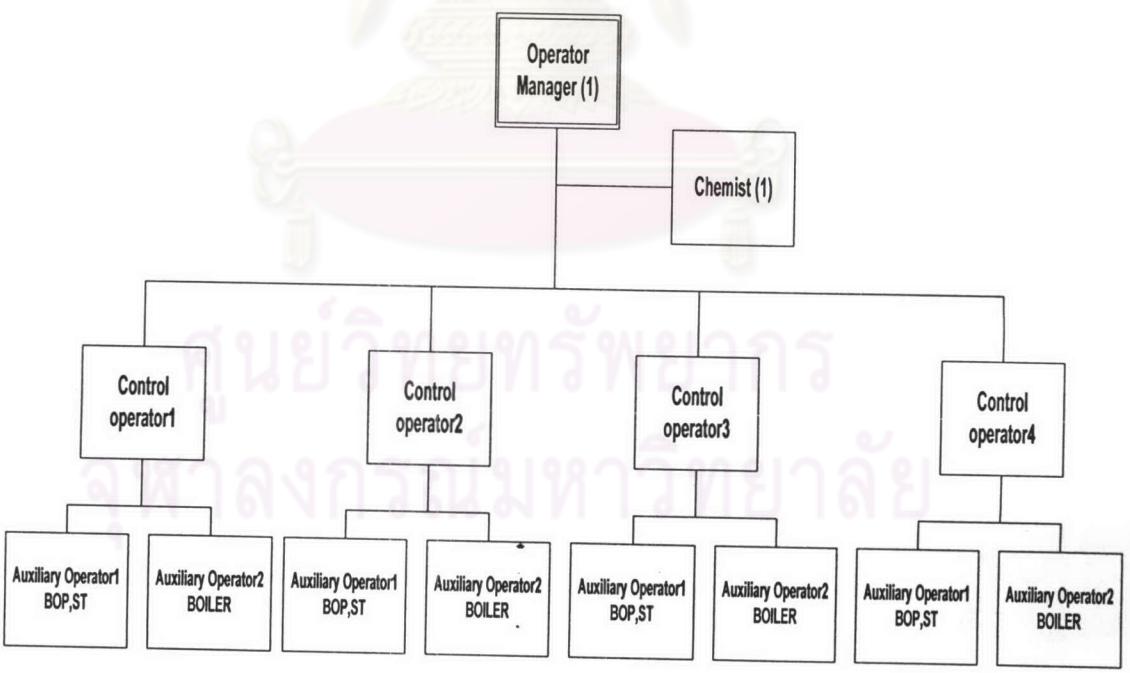
ประกอบด้วยการทำงานทั้งสิ้น 4 กะด้วยกัน โดยแต่ละกะจะทำงานผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนกันอย่างสมดุล โดยใน 1 วัน จะแบ่งช่วงเวลาในการทำงานของแต่ละกะออกเป็น 3 ช่วงเวลาดังนี้

- เวลา 08:00 น ถึง เวลา 16:00 น
- เวลา 16:00 น ถึง เวลา 24:00 น
- เวลา 24:00 น ถึง เวลา 08:00 น

ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จึงเป็นค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง ซึ่งจะมีผลถึงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าด้วยดังนั้นในการที่จะประหยัดต้นทุนการผลิตไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายในส่วนของพนักงานเดินเครื่อง จึงเป็นส่วนที่ควรนำมาพิจารณา

การวิเคราะห์ในส่วนของการเดินเครื่องโรงไฟฟ้านี้ จะวิเคราะห์ถึงความจำเป็นและความเป็นไปได้ของจำนวนของพนักงานเดินเครื่อง เมื่อเทียบกับงานที่รับผิดชอบ เมื่อนำระบบควบคุมทั้ง 2 แบบมาใช้งานในการควบคุมโรงไฟฟ้า ซึ่งพิจารณาได้ดังนี้

ระบบควบคุมที่เป็นแบบดั้งเดิมจะเป็นระบบควบคุม ที่ผสมประสานระหว่างระบบควบคุมที่เป็นแบบ Automatic และ Manual ดังนั้นการควบคุมยังคงมีความจำเป็นต้องใช้ผู้ควบคุมในการควบคุมและตัดสินใจพอสมควร เมื่อพิจารณาถึงระบบควบคุม สามารถเขียนเป็นแผนผังของพนักงานได้ดังนี้



รูปที่ 5.5 แสดงแผนผังบังคับบัญชาของพนักงานเดินเครื่องเพื่อใช้ในระบบควบคุมแบบดั้งเดิม

ผังของพนักงานที่นำมาประกอบการพิจารณานี้ จะพิจารณาเฉพาะพนักงานเดินเครื่องในห้องควบคุม ซึ่งมีผลกระทบมาจากการเปลี่ยนแปลงระบบควบคุม จะไม่รวมถึงคนงานในส่วนของระบบย่อย ๆ ที่สนับสนุนกระบวนการผลิต เช่น คนงานที่ดูแลการขนถ่ายเชื้อเพลิงแกลบที่ฟิลด์ (Field)

คำอธิบายหน้าที่และความรับผิดชอบของพนักงานแต่ละตำแหน่ง

1. ผู้จัดการงานเดินเครื่อง

ลักษณะงานโดยสรุป :

ตำแหน่งงานนี้ปฏิบัติงานครอบคลุมในหน้าที่เกี่ยวกับ การวางแผนกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการเดินเครื่อง ควบคุมการเดินเครื่องให้ถูกต้องตามข้อกำหนด ตรวจสภาพการทำงานของเครื่องให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ และพร้อม ต่อการปฏิบัติงานอยู่เสมอ ควบคุมความปลอดภัยและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการผลิตกระแสไฟฟ้า กำหนดแผนปฏิบัติการของหน่วยงาน ตลอดจนควบคุมดูแลการดำเนินงานให้เป็นไปตามแผน ควบคุมการใช้งบประมาณค่าใช้จ่ายให้เกิดประโยชน์สูงสุด และปฏิบัติงานอื่นตามที่ได้รับมอบหมาย

หน้าที่และความรับผิดชอบ :

ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการบริหารงานที่มีความหลากหลาย โดยใช้ทักษะการบริหารงานในภาพรวม ได้แก่ ด้าน การเงิน และด้านกำลังคนให้เป็นไปตามภารกิจที่ได้รับมอบหมาย ตลอดจนวางแผน วิเคราะห์ และตัดสินใจภายในขอบเขตงานที่รับผิดชอบ โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. อำนวยการเดินเครื่องโรงไฟฟ้า ให้มีความปลอดภัย และปฏิบัติงานให้ได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้
2. ประสานงานกับศูนย์ควบคุมระบบกำลังไฟฟ้า หน่วยงานบำรุงรักษา และผู้เกี่ยวข้องในการกำหนดแผนการเดินเครื่องโรงไฟฟ้า
3. จัดทำรายงานสภาพเครื่อง ทั้งในภาวะปกติ และเหตุการณ์ฉุกเฉิน เสนอต่อผู้บังคับบัญชา และผู้ที่เกี่ยวข้อง
4. ประเมินผล และวางแผนพัฒนาผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงาน ให้มีความพร้อมในทุก ๆ ด้าน
5. ทำหน้าที่ผู้อำนวยการภาวะฉุกเฉินในทันทีที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินในโรงไฟฟ้าที่มีแนวโน้มจะลุกลามใหญ่ขึ้น
6. จัดการงานบุคคล และการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด
7. ปฏิบัติงานอื่น ๆ ตามที่ได้รับมอบหมายจากผู้บังคับบัญชา

8. ประเมินผลการปฏิบัติงาน และการแก้ไขปัญหาของพนักงานที่ตนรับผิดชอบ
9. ดูแลพนักงานผู้อยู่ใต้บังคับบัญชา ให้อยู่ในกฎระเบียบวินัยของบริษัท และปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง และปลอดภัย ภายใต้กฎความปลอดภัย

2. หัวหน้ากะการผลิตไฟฟ้า

ภารกิจหลัก

- ควบคุม ตรวจสอบ และสั่งการเดินเครื่องโรงไฟฟ้าจากห้องควบคุมส่วนกลาง หรือที่ระบบควบคุมประจำระบบนั้น ให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าระบบอย่างต่อเนื่อง โดยไม่ให้เกิดความเสียหาย หรือความสูญเสียในกระบวนการผลิต หรือเกิดน้อยที่สุดในกรณีจำเป็น
- วิเคราะห์ วางแผน ประสานงาน เสนอคำแนะนำในการแก้ปัญหาการเดินเครื่อง และร่วมปฏิบัติงานในขณะเกิดปัญหา
- กรณีที่เกิดปัญหาในขณะเดินเครื่องให้รายงานผู้บังคับบัญชาทราบทันที และร่วมประชุมสรุปปัญหาประสานงานหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการหาทางแก้ไข
- ทำหน้าที่ควบคุมการเดินเครื่อง และอุปกรณ์ต่างๆ ของโรงไฟฟ้าอย่างถูกต้อง ปลอดภัย และมีประสิทธิภาพ ตามหลักมาตรฐานการเดินเครื่อง หรือคู่มือการเดินเครื่อง
- รายงานสภาพเครื่องจักร และอุปกรณ์ต่างๆ ของโรงไฟฟ้าที่ผิดปกติให้ผู้บังคับบัญชาทราบตลอดเวลา

ภารกิจเฉพาะ

1. ประสานงานและติดต่อ กับหน่วยต่างๆ
   - ศูนย์ควบคุมไฟฟ้า เพื่อการ ขนานเครื่องเข้าระบบของการไฟฟ้า, การเพิ่มหรือลดปริมาณจ่ายกระแสไฟฟ้า, การ Start – up, การ Shut Down และแจ้งเหตุที่ผิดปกติอื่น ๆ
   - ประสานงานกับหน่วยงานที่ดูแลด้านเชื้อเพลิง ในการจัดเตรียมแกลบ และเชื้อเพลิงอื่น ๆ เพื่อใช้ในการเดินเครื่องโรงไฟฟ้า
   - สถานีไฟฟ้าแรงสูงที่เกี่ยวข้อง ในการทำ Switching และเมื่อเกิดเหตุขัดข้องในระบบส่ง
   - ประสานงานในการจัดเตรียมและตรวจสอบปริมาณของสารเคมีต่าง ๆ ที่จะใช้สำหรับระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ต่าง ๆ ให้พร้อมใช้งานตลอดเวลา
   - ติดต่อหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเดินเครื่อง

2. ดูแลพนักงานผู้อยู่ใต้บังคับบัญชา ให้อยู่ในกฎระเบียบวินัยของบริษัท และปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง และปลอดภัย ภายใต้กฎความปลอดภัย
3. ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ทั่วไปของโรงฟ้า ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานได้ตลอดเวลา
4. จัดประชุมชี้แจงและทำความเข้าใจกับพนักงานกะในแผนงาน และขั้นตอนการปฏิบัติงาน สำหรับพนักงาน เดินเครื่องทุกหน้าที่
5. จัดทำและจัดเตรียมข้อมูล เอกสารที่จำเป็นในการเดินเครื่องให้เพียงพอ และนำเข้าใช้งาน
6. ให้ความรู้ คำแนะนำในเรื่องขั้นตอน และวิธีการเดินเครื่องอย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ
7. ประเมินผลการปฏิบัติงาน และการแก้ไขปัญหาของพนักงานกะที่ตนรับผิดชอบ
8. ตรวจสอบดูแลบริเวณ, สถานที่ปฏิบัติงานให้สะอาดเรียบร้อย และปลอดภัยอยู่เสมอ
9. ออกใบแจ้งซ่อม และอนุญาตขอการเข้าซ่อม โดยไม่ให้เกิดผลกระทบต่อการเดินเครื่องของโรงไฟฟ้า และทำการตัดแยกอุปกรณ์ไม่ให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานที่เข้าไปดำเนินการซ่อมบำรุง
10. บันทึกข้อมูลการเดินเครื่องในช่วงเวลาที่ปฏิบัติงานอยู่ลงใน Log Book แจ้งสถานะภาพ และสภาวะการผลิตและปัญหาต่าง ๆ ในช่วงที่ผ่านมาให้แก่พนักงานเดินเครื่องกะต่อไปทราบโดยละเอียด
11. เขียนรายงานสภาพเครื่อง หรือรายงานเหตุการณ์ผิดปกติที่เกิดขึ้น ให้กับผู้บังคับบัญชา
12. ตรวจสอบสัญญาณเตือนต่าง ๆ และตรวจสอบสาเหตุของการเกิด
13. ควบคุม และประสานงาน ในการทดสอบอุปกรณ์หลังการซ่อมบำรุง
14. ตรวจสอบ ติดตามการเปลี่ยนแปลงค่า Set Point ต่าง ๆ จากเครื่องมือวัด และจด Log Sheet ในส่วนที่รับผิดชอบ
15. ทดสอบอุปกรณ์เครื่องจักรตามกำหนดเวลา
16. สับเปลี่ยนอุปกรณ์ที่นำเข้าใช้งานตามกำหนด
17. มีหน้าที่ดูแลเครื่องพิมพ์ กระดาษ และหมึกพิมพ์ ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
18. ปฏิบัติงานอื่น ๆ ตามที่ผู้บังคับบัญชามอบหมาย

3. ผู้ช่วยหัวหน้ากะการผลิตไฟฟ้า

ภารกิจหลัก :

1. ทำหน้าที่ควบคุม ดูแลการทำงานอุปกรณ์ ขณะเดินเครื่องปกติให้ทำงานอย่างถูกต้องปลอดภัย และมีประสิทธิภาพ
2. จัดเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ Stand – by ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานทดแทนได้ตลอดเวลา

ภารกิจเฉพาะ :

1. ตรวจสอบ และติดตามความเปลี่ยนแปลงของความดัน , อุณหภูมิ , เสียง ความสั่นสะเทือน ระดับน้ำมันเป็นระยะ และจด Log Sheet ในส่วนที่รับผิดชอบ
2. ตรวจหาการรั่ว ต่าง ๆ เช่น Combustible Gas, Oil, Water, Steam., Air ฯลฯ
3. ประสานงานกับ Control Room Operator เมื่ออุปกรณ์เกิดปัญหา
4. เขียนใบแจ้งซ่อมพร้อมข้อมูลเบื้องต้น ในส่วนของอุปกรณ์เฉพาะตัว หรือความขัดข้องในการทำงานระบบ Manual
5. ประสานงานกับพนักงานซ่อมบำรุง ทำการทดสอบ และตรวจสอบก่อน และหลังการซ่อมตลอดจนติดตามข้อมูลอย่างต่อเนื่องจนเสร็จงาน
6. ดูแลห้ามบุคคลที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าบริเวณพื้นที่ควบคุม ประสานงาน control Room Operator ในการเปลี่ยนหรือ Exercise อุปกรณ์ตาม Running Program
7. เขียน Log Sheet เพื่อเป็นข้อมูล รับ – ส่ง กะ
8. ดูแล และรักษาความสะอาดของอุปกณ์ต่าง ๆ ที่รับผิดชอบ
9. ปฏิบัติงานอื่นตามที่ผู้บังคับบัญชามอบหมาย
10. ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ในการนำกลับเข้าสู่กระบวนการผลิตหรือหยุดกระบวนการผลิต หลังเกิดสถานการณ์ฉุกเฉินหรือ Unit Trip
11. ปฏิบัติงานตามที่ผู้บังคับบัญชามอบหมาย

4. วิศวกรเคมี

ภารกิจหลัก :

1. ควบคุมคุณภาพของน้ำที่จะนำไปใช้ในการเดินเครื่องของโรงไฟฟ้า เช่น Water Treatment ต่าง ๆ เพื่อผลิตน้ำสำหรับใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า ให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด
2. วิเคราะห์ และควบคุมคุณภาพน้ำในระบบหม้อน้ำ, ระบบหล่อเย็น, Service Water และระบบน้ำเสียที่ทิ้งออกนอกโรงไฟฟ้า รวมทั้งระบบน้ำอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตภายในโรงไฟฟ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภารกิจเฉพาะ :

1. เก็บตัวอย่างน้ำ วิเคราะห์ และควบคุมคุณภาพน้ำในขณะเดินเครื่องปกติ
2. เพิ่ม – ลด ปริมาณสารเคมีในระบบต่าง ๆ เพื่อปรับสภาพน้ำ
3. จัดเตรียมน้ำที่มีสภาพเหมาะกับการใช้ Start – up
4. เตรียมสารเคมีปรับสภาพน้ำ สำหรับการเก็บเปียกหม้อน้ำ
5. เขียนใบแจ้งซ่อม ประสานงานกับพนักงานซ่อมบำรุงติดตามการซ่อม และร่วมทดสอบอุปกรณ์หลังการซ่อมบำรุงเสร็จ
6. จัดทำรายงานคุณภาพน้ำ และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นรายวัน, รายอาทิตย์, รายเดือน หรือ ช่วงเวลาอื่น ๆ ตามการร้องขอ
7. ปฏิบัติตามที่ผู้บังคับบัญชามอบหมาย

เมื่อนำมาพิจารณาในส่วนของระบบควบคุมที่เป็นเทคโนโลยีฟิลด์บัส พบว่าการพัฒนาของความสามารถทางเทคโนโลยีหลายประการของระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัส ที่มีส่วนสำคัญที่ช่วยให้การควบคุมกระบวนการผลิตมีความสะดวกขึ้น ช่วยให้พนักงานเดินเครื่องสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันได้แก่

- ความสามารถของฟังก์ชันการตรวจสอบตัวเองของอุปกรณ์ควบคุมผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ทาง HIS
- การอ่านข้อมูลได้หลายค่าจากเครื่องมือวัดในการสื่อสารข้อมูลแบบฟิลด์บัส
- การทดสอบอุปกรณ์ของระบบควบคุมรวมถึงฟังก์ชันการทำงานบางฟังก์ชันผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ในห้องควบคุม
- การตรวจสอบและติดตามการเปลี่ยนแปลงค่า Set Point และการปรับเทียบเครื่องมือวัดต่างๆ ผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ในห้องควบคุม
- สามารถตรวจสอบค่าสถานะและสภาพทั่วๆไปของกระบวนการผลิตผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยไม่ต้องไปอ่านข้อมูลที่ตัวอุปกรณ์โดยตรง ซึ่งสามารถทราบรายละเอียดของตัวอุปกรณ์ได้มากกว่าอุปกรณ์ที่ไม่สนับสนุนเทคโนโลยีฟิลด์บัส
- ระบบเตือนภัยล่วงหน้าต่างๆ บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ทำให้สามารถแก้ไขเหตุการณ์ผิดปกติต่างๆ ได้ทันท่วงที

เมื่อนำความสามารถต่างๆ เหล่านั้นมาพิจารณา พบว่าจากฟังก์ชันทั้งหมดที่เป็นลักษณะเด่นของฟิลด์บัสหลายฟังก์ชัน เป็นฟังก์ชันที่เอื้ออำนวยในงานตรวจสอบและดูแลระบบควบคุมเป็นหลักดังนั้นในงานที่เกี่ยวกับงานเดินเครื่อง (Operation) โรงไฟฟ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อ

เปรียบเทียบกับระบบควบคุมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จำนวนคนที่ใช้ก็ยังคงจำเป็นต้องใช้เท่าเดิม อาจจะมีงานบางงานเท่านั้น ที่ง่ายและสะดวกในการตรวจสอบขึ้น เช่น ตรวจสอบว่าอุปกรณ์ตัวนี้มีการ Calibrate ครั้งสุดท้ายเมื่อไร เพื่อให้เกิดความมั่นใจในการนำสัญญาณจากอุปกรณ์นั้นมาใช้ในการควบคุม โดยไม่ต้องสอบถามจากหน่วยงานบำรุงรักษา

โดยเฉพาะฟังก์ชันที่สามารถอ่านข้อมูลจากเครื่องมือวัดได้หลายค่าในเครื่องมือวัดตัวเดียวกัน พบว่า เมื่อนำมาใช้งานในโรงไฟฟ้า ฟังก์ชันนี้ยังไม่เป็นที่นิยมมากนักเนื่องจาก ในงานควบคุมกระบวนการผลิตของโรงไฟฟ้าต้องการ Reliability ของสัญญาณค่อนข้างสูงดังนั้นจึงนิยมเลือกใช้สัญญาณใดสัญญาณหนึ่งเท่านั้น แต่ก็สามารถนำมาใช้ได้บ้างเช่นกันในบาง Loop ที่ไม่เป็นระบบที่ Critical ซึ่งจำเป็นต้องมีความรู้ ความชำนาญเป็นอย่างมากในการพิจารณาเลือกว่าระบบใดที่สามารถวัดแบบ Multi-Value ได้ จึงยังไม่เป็นที่นิยมนำฟังก์ชันนี้มาใช้งาน

ดังนั้นเมื่อนำมาพิจารณาในงานเดินเครื่องโรงไฟฟ้าเมื่อใช้ระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัส พบว่า ค่าใช้จ่ายของงานเดินเครื่องโรงไฟฟ้า ยังคงใช้พนักงานเท่ากันกับระบบควบคุมแบบดั้งเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

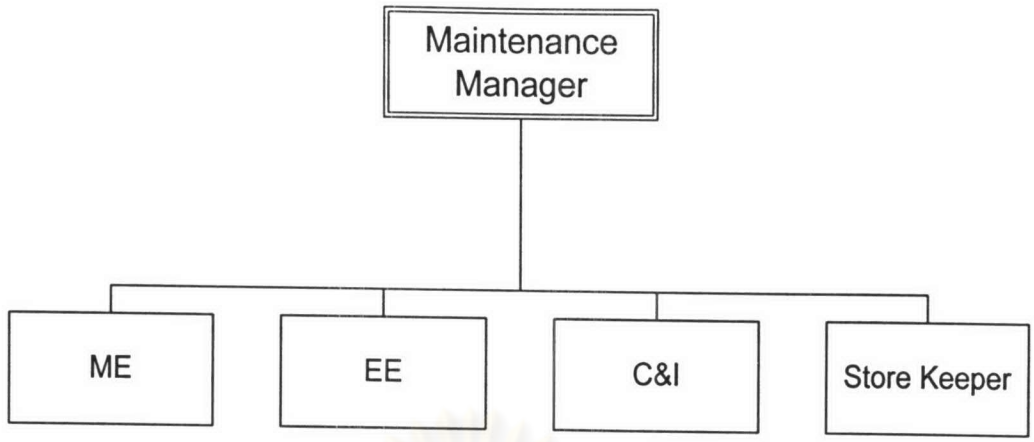
สรุปค่าใช้จ่ายของงานเดินเครื่องโรงไฟฟ้าโดยพิจารณาอ้างอิงจากผังบังคับบัญชาของพนักงานเดินเครื่อง ได้ดังนี้

จำนวนพนักงานทั้งหมด	14	คน
ค่าใช้จ่ายต่อปี	4,416,000.00	บาท

(ข้อมูลค่าใช้จ่ายมาจากค่าจ้างแรงงานตามสภาพเศรษฐกิจในปัจจุบัน)

5.1.2.2 การวิเคราะห์ในส่วนของการบำรุงรักษา

ส่วนของงานบำรุงรักษาโรงไฟฟ้า ประกอบไปด้วยวิศวกรที่มีหน้าที่ในการตรวจตราดูแลและซ่อมบำรุงเครื่องจักรของโรงไฟฟ้าให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่ว ๆ ไป งานบำรุงรักษา จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ งานบำรุงรักษาเครื่องกล, บำรุงรักษาไฟฟ้า และงานบำรุงรักษาระบบควบคุมและเครื่องมือวัด โดยแยกงานกันตามส่วนงานที่รับผิดชอบ โดยสามารถเขียนเป็นผังบังคับบัญชาได้ดังนี้



รูปที่ 5.6 แสดงแผนผังบังคับบัญชาของพนักงานบำรุงรักษา

ME	:	มีหน้าที่ดูแลงานที่เกี่ยวข้องกับงานด้านเครื่องกล
EE	:	มีหน้าที่ดูแลงานที่เกี่ยวข้องกับงานด้านไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ
CI	:	มีหน้าที่ดูแลงานที่เกี่ยวข้องกับงานด้านระบบควบคุม และเครื่องมือวัดต่าง ๆ
Store Keeper	:	ดูแลงานด้าน Spare part และ tool ทั้งหมด คอยสนับสนุนงานด้าน ME, EE, CI

ในการวิเคราะห์ถึงค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการนำระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัสมาใช้งานนี้ พบว่า งานที่เกี่ยวข้องจะเกี่ยวกับงานด้านระบบควบคุมและเครื่องมือวัด เป็นหลัก และอาจรวมถึงผลที่ไปกระทบกับงาน Spare part ของ Store keeper ซึ่งถือว่ายังน้อย เพราะไม่ว่าจะใช้ระบบควบคุมแบบใด Spare part ที่ใช้ก็มีจำนวนใกล้เคียงกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะพิจารณาผลกระทบที่เกิดกับงานในส่วนของการบำรุงรักษาระบบควบคุมและเครื่องมือวัด โดยจะพิจารณาถึงข้อได้เปรียบของงานบำรุงรักษาในการนำระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัสมาใช้งาน เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงค่าใช้จ่ายที่เป็นไปได้ที่มีผลมาจากการนำระบบฟิลด์บัสมาใช้งาน

การเตรียมพร้อมรับมือกับการเสียหายของระบบ โดยไม่ต้องมีค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นในการบำรุงรักษา (Preventive Maintenance) และโดยการเตรียมความพร้อมล่วงหน้าเมื่อมีเหตุการณ์เกิดขึ้น การทดสอบการตรวจสอบตัวเอง(self-diagnostic) ชั้นสูง และข้อมูลทางสถิติ ซึ่งเทคโนโลยี ฟิลด์บัส สามารถรวบรวมมาได้จากอุปกรณ์ทั้งโรงงาน อาจถูกใช้สำหรับ asset management เพื่อใช้คาดการณ์การสูญเสียของระบบ , ยืนยันหน้าที่ที่ผิดพลาด และตรวจสอบ configuration เป็นต้น ลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้จะอยู่ในอุปกรณ์ และ ซอฟแวร์ ที่ต้องการ หรือไม่ต้องการ configuration เลย ซึ่งก็ทำให้สามารถได้รับประโยชน์โดยตรง โดยที่ไม่เสียค่าใช้จ่าย

ในการจ้างที่ปรึกษา หรือช่วงเวลาในการใช้งานระบบที่ยาวนาน การบำรุงรักษาจะหยัดได้ก็ต่อเมื่อเครื่องมือที่ใช้ในการบำรุงรักษารวมเข้า และ เป็นส่วนที่อยู่ถาวรของระบบ เพื่อว่าการตรวจสอบตัวเองจะได้เป็นแบบต่อเนื่องตลอดเวลาและหน้าที่ในการ asset management สามารถทำต่อไปได้อย่างทันท่วงที ภายใต้การดำเนินงานปกติ Handheld terminal หรือ ซอฟแวร์ ที่ถูกเชื่อมโยงอย่างชั่วคราวเป็นอุปสรรคในการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพโดยโครงข่ายที่สามารถ asset management ไม่อาจเกิดขึ้นได้ก่อนที่มีการใช้ฟิลด์บัส และไม่เกิดขึ้นเลย ในระบบควบคุมที่เป็นแบบดั้งเดิม

ชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ของการบำรุงรักษา

การที่ระบบมีความซับซ้อนน้อยลง และง่ายขึ้นจากการใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัสนั้นส่งผลให้มีชนิดของชิ้นส่วนที่น้อยลงที่จะทำให้เกิดการถูกตัดขาด(Fail) หรือเสียหายของระบบตั้งแต่แรก ดังนั้น ก็จะมีชิ้นส่วนในการบำรุงรักษาน้อยลงไปด้วย การขจัดสัญญาณ 4-20 mA เฉลี่ยที่เป็นค่ากลางนั้น ทำให้ไม่ต้องมีการตรวจสอบ และ ปรับปรุงค่าที่ตัว I/O card, transmitter current outputs และ positioner inputs

ลดการเกิดการหยุดเดินเครื่องโดยไม่ได้วางแผนล่วงหน้า (Field Trip)

ในระบบโครงข่ายที่มีการเชื่อมโยงถึงกัน งานบำรุงรักษาหลาย ๆ งานมีความจำเป็นที่ต้องทำ local field trip โดยใช้ handheld terminal สามารถถูกแทนที่ได้โดยการปฏิบัติงานในระยะไกล จาก คอมพิวเตอร์ควบคุม ดังนั้นคอมพิวเตอร์ก็จะกลายมาเป็นเครื่องมือในการบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพที่สุด ซึ่งทำให้ช่วยลดเวลาใน field trip และ ลดต้นทุนในการบำรุงรักษาได้ด้วย ระบบหลัก ได้รับข้อมูลจากอุปกรณ์ใน field เพื่อทำการ asset management และ กระจายข้อมูลไปตลอดที่องค์กร โดยไม่ต้องขึ้นกับผู้ผลิตอุปกรณ์นั้น ในระบบดั้งเดิมที่ไม่มีการสื่อสารใน field instrument หรือ มีแต่เป็นแบบเป็นการติดตั้งสื่อสารในกลุ่มของ field instrument ที่เป็นเจ้าของเดียวกัน นั้น จะไม่มีคุณสมบัตินี้

สถานะแบบง่าย ๆ ใน ระบบหลัก ของฟิลด์บัสจะแสดงอยู่ในหน้าจอคอมพิวเตอร์ของพนักงานควบคุมจนกระทั่งการ การตรวจสอบตัวเองของอุปกรณ์ตรวจสอบข้อผิดพลาดได้ โดยในรายละเอียดของการตรวจสอบตัวเอง สามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือในการบำรุงรักษา (maintenance tool) และจากการที่มี " live list" ก็ทำให้ง่ายที่จะบอกได้ว่าเมื่ออุปกรณ์ไม่ได้ถูกเชื่อมต่อ การสูญเสียกำลังไฟฟ้านั้นจะทำให้เกิดปัญหาในการสื่อสาร หรือทำให้ระบบถูกตัดขาด (Fail) การทดสอบการดำเนินงานทางไกลจะแสดงให้เห็นถึงความไม่สมบูรณ์ของระบบ และปัญหาในอนาคต ตัวอย่าง เช่น มันง่ายที่จะทดสอบว่า วาล์ว สามารถตอบสนองต่อ ความต้องการเพียงเล็กน้อยได้ โดยการกระตุ้นวาล์ว ในขั้นตอนย่อยๆ (อาจใช้ไม่ถึง 1%) ในขณะที่ในเวลา

เดียวกันก็สามารถเห็นจากระบบควบคุมจากทางไกลได้ว่าวาล์วกำลังเคลื่อนไหวจริง ๆ ซึ่งในอดีตไม่สามารถทำเช่นนี้ได้ เนื่องจากตำแหน่งของวาล์วส่วนใหญ่ไม่มีการตอบสนองกลับของตำแหน่ง (position feedback) ที่แท้จริงไปยังห้องควบคุม

ปัญหาจำนวนมากสามารถถูกแก้ไขไปได้จากระยะทางไกลโดยการเปลี่ยนแปลง Configuration อย่างง่าย ๆ เช่น direct or reverse action, damping หรือการ Tuning ทำให้เห็นได้ว่าการบำรุงรักษาจากทางไกลไม่ใช่เรื่องฟุ่มเฟือยแต่มันเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้เกิดการประหยัดขึ้น

การเตรียมพร้อมไว้สำหรับการถูกตัดขาด(Fail) หรือเสียหายของระบบ

ลักษณะของ Network-enabled Asset management ทำให้มีการเตรียมพร้อมไว้สำหรับการบำรุงรักษาโดยที่ข้อมูลการบำรุงรักษานี้มาจากข้อมูลทางสถิติของการดำเนินงานที่ใช้ประเมินการชำรุด เนื่องจากการดำเนินงานร่วมกับข้อมูลเกี่ยวกับสภาพการดำเนินงานข้อมูลในการประเมินการสึกหรอในการใช้งานจะเป็นตัวกำหนดว่าจะสามารถใช้อุปกรณ์ ในการดำเนินงานที่ยาวนานมากขึ้นแค่ไหนก่อนที่จะต้องมีการบำรุงรักษา เราสามารถที่จะคาดการณ์และกำหนดเวลาในความเสียหายของอุปกรณ์หรือสมรรถนะการทำงานของอุปกรณ์ที่ลดระดับลงไปในการหาว่าอุปกรณ์นั้นจะต้องมีการซ่อมแซมในเร็ว ๆนี้หรือในขณะนี้นั้นสามารถดูจากข้อมูลของผู้ผลิตในการประมาณอายุการใช้งานของชิ้นส่วนที่สำคัญจะทำให้ลดต้นทุนในการบำรุงรักษาที่ไม่จำเป็น อันเกิดจากการ shutdown ที่ไม่ได้คาดคิดไว้ และดังนั้นฟิลด์บัสก็ช่วยลดความเสียหายที่เกิดจากการ shutdown ที่ไม่ได้คาดไว้ที่เกิดขึ้นได้ และทำให้แผนการบำรุงรักษาสำหรับอุปกรณ์หลาย ๆ ตัวทำได้ในแผนงานครั้งเดียว ซึ่งก็ไม่สามารถทำได้ในระบบที่ผ่านมาในอดีต

ความเร็วในการซ่อมแก้ไขอุปกรณ์

เนื่องจาก การสื่อสารโดยใช้โครงข่ายแบบ ฟิลด์บัส สามารถบอกความผิดพลาดได้อย่างถูกต้องทันท่วงที ดังนั้น ฝ่ายเทคนิคก็สามารถทราบถึงจุดที่เกิดปัญหา ก่อนที่จะเข้าไปตรวจสอบและแก้ไขเปลี่ยนชิ้นส่วนได้ จึงทำให้การแก้ปัญหาเป็นไปได้อย่างรวดเร็วขึ้น ฟิลด์บัสยังช่วยในส่วนของข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากห้องควบคุม ทำให้สามารถเลือกชิ้นส่วนมาใช้แทนได้อย่างเหมาะสมและรวดเร็ว สำหรับในระบบควบคุมแบบดั้งเดิมนั้น ไม่สามารถตรวจสอบลงลึกไปได้ถึงในส่วนของการตรวจสอบตัวเองในระดับรายละเอียดได้ ยิ่งกว่านั้นเมื่อฝ่ายเทคนิคติดตั้งอุปกรณ์ทดแทนแล้วก็สามารถ Download configuration และติดตั้งเข้าสู่ระบบการทำงานได้อย่างรวดเร็ว

การเทียบค่าได้ตรงเวลา

การคาดเคลื่อนเกิดได้ตลอดเวลาและอาจเกิดขึ้นได้เมื่อมีการเกินข้อจำกัดในสภาพที่อยู่รอบ ๆ (cabinet condition) บันทึกของการปรับเทียบค่าครั้งสุดท้ายจะถูกเก็บไว้ในแต่ละอุปกรณ์โดยไม่มีการสูญหาย พนักงานเดินเครื่อง อาจจะทบทวนบันทึกข้อมูล เพื่อกำหนด calibration status ของอุปกรณ์ เพื่อให้แน่ใจว่าการเทียบค่าจะไม่เกิดการขยับเลื่อนขึ้น เนื่องจากมีการเกินข้อจำกัด และการปรับเทียบค่าก็จะแสดงออกได้เร็วกว่าแผนที่กำหนดไว้เดิม การเทียบค่าด้วยตัวเองของตำแหน่ง(Positioner) สำหรับการเคลื่อนที่ของวาล์ว สามารถทำได้จากระยะไกลในฟิลด์บัส และยังสามารถดูภาพรวมว่าอุปกรณ์ไหนในโรงงานที่จะถึงกำหนดในการปรับเทียบค่า ซึ่งถ้าเป็นระบบควบคุมแบบดั้งเดิม นั้นไม่สามารถทำการจัดการเกี่ยวกับการปรับเทียบค่าแบบนี้ได้

กำจัดการบำรุงรักษาที่ไม่จำเป็นออกไป

การทำการตรวจสอบตัวเองของตัวอุปกรณ์แบบลงลึกในรายละเอียด โดยพนักงานเดินเครื่องเพื่อจะหาว่าเกิดปัญหาในกระบวนการอันเนื่องมาจากตัวอุปกรณ์หรือตัวกระบวนการเองหรือไม่ ในอดีตฝ่ายเทคนิคจะต้องเข้าไปดูใน สถานที่ที่เกิดปัญหา เพื่อจะนำอุปกรณ์สำหรับการตรวจสอบกลับเข้าไปอีก แต่การใช้ฟิลด์บัสทำให้การตรวจสอบจากทางไกลว่ามีปัญหาที่ดูเหมือนว่าจะเกิดขึ้นหรือไม่ก่อนที่ต้องเข้าไปในพื้นที่นั้น ดังนั้นการบำรุงรักษาจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีความต้องการอย่างแท้จริงเท่านั้น ทำให้สามารถประหยัดเวลาและต้นทุนได้ เพราะไม่ต้องนำ Transmitter เข้าไปใน workshop แล้ว และยังใช้เงินน้อยลงในการตรวจสอบ และซ่อมอุปกรณ์ที่ยังมีสภาพดีอยู่

ชิ้นส่วนหรือตัวอุปกรณ์ทดแทน

ระบบที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัสที่มีมาตรฐานที่เปิดกว้างนั้น มีข้อดีที่ว่าส่วนประกอบที่เสียหายนั้นสามารถถูกแทนที่ได้โดยส่วนประกอบจากผู้แทนจำหน่ายรายไหนก็ได้ ในกรณีที่ส่วนประกอบเดิมนั้นมีราคาที่สูงกว่า โดยไม่ต้อง ใช้ยี่ห้อเดิม (เทคโนโลยีมาตรฐานที่เปิดกว้างนี้ อาจทำให้เกิดการพึ่งพาผู้แทนจำหน่ายลดลง) และไม่ต้องมีสัญญาการบำรุงรักษาผูกมัดกับระบบของบริษัทที่เกี่ยวข้องอยู่เดิม

จากข้อได้เปรียบต่าง ๆ ของระบบควบคุมฟิลด์บัสที่เกี่ยวกับงานบำรุงรักษาข้างต้น พบว่าเป็นฟังก์ชั่น ที่มีส่วนช่วยให้งานบำรุงรักษาสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น มีผลให้งานบำรุงรักษาสามารถปฏิบัติไปในแนวทางการบำรุงรักษาในแนวทางของการป้องกัน (Preventive Maintenance) มากกว่าที่เน้นไปที่การแก้ไขปัญหา (Corrective Maintenance) ซึ่งจะมีผลไปสู่การช่วยลดค่าใช้จ่ายที่อันจะเกิดกับความเสียหายกับอุปกรณ์และกระบวน การผลิตได้

เนื่องจากระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัสเป็นระบบที่อำนวยความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพของงานบำรุงรักษาของโรงไฟฟ้า ดังนั้นในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในส่วนของงานบำรุงรักษาจะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ ค่าใช้จ่ายที่เป็นค่าใช้จ่ายในแต่ละปี และค่าใช้จ่ายคงที่ที่ใช้ในการลงทุนในปีแรกที่ติดตั้งระบบ

5.1.2.2.1. **ค่าใช้จ่ายของงานบำรุงรักษาที่เป็นค่าใช้จ่ายในแต่ละปี** จะสามารถแยกแยะค่าใช้จ่ายออกเป็น 2 ส่วนคือ

- ค่าใช้จ่ายด้านแรงงานของแผนกบำรุงรักษา
- ค่าใช้จ่ายในส่วนการดำเนินงานของการบำรุงรักษา

เมื่อมองถึงค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนการดำเนินงานของโรงไฟฟ้า ในส่วนค่าใช้จ่ายทางด้านแรงงาน ซึ่งเมื่อนำมาพิจารณาพบว่า ในปัจจุบันพนักงานที่ทำหน้าที่บำรุงรักษาในส่วนของระบบควบคุมและเครื่องมือวัดนั้น มีอยู่เพียง 1 คน ซึ่งเมื่อนำมาพิจารณาถึงแนวทางความเป็นไปได้ในการลดจำนวนพนักงานจึงไม่สามารถที่จะลดได้ยังคงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้พนักงานในงานบำรุงรักษาระบบควบคุมและเครื่องมือวัดซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายเท่ากันทั้ง 2 ระบบควบคุม เนื่องจากใช้จำนวนพนักงานเท่ากัน

สามารถสรุปค่าใช้จ่ายด้านแรงงานของงานบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าโดยพิจารณาอ้างอิงจากผังบังคับบัญชาของแผนกบำรุงรักษาได้ดังนี้ :

รายละเอียด	ระบบควบคุมแบบดั้งเดิม	ระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัส
- จำนวนพนักงาน	5 คน	5 คน
- ค่าใช้จ่ายต่อปี	1,776,000 บาท	1,776,000 บาท

(ข้อมูลค่าใช้จ่ายมาจากค่าจ้างแรงงานตามสภาพเศรษฐกิจในปัจจุบัน)

งานของการบำรุงรักษาระบบควบคุมและเครื่องมือวัดเป็นเพียงส่วนหนึ่งของงานบำรุงรักษาทั้งหมดและเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่มาก โดยเฉพาะระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัสไม่เคยมีการนำมาใช้งานการควบคุมโรงไฟฟ้าในประเทศไทยมาก่อนจึงไม่มีข้อมูลการดำเนินงานที่ผ่านมา มาอ้างอิงได้ ดังนั้นการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายจะใช้วิธีการพิจารณาจากงานที่ปฏิบัติทั่วไปของงานบำรุงรักษา โดยพิจารณาถึงข้อดีต่างๆของระบบควบคุมฟิลด์บัสที่สามารถนำมาใช้ช่วยในการบำรุงรักษา ที่เห็นได้ชัดเจนที่สุด ได้แก่งานด้านปรับเทียบค่าและตรวจสอบเครื่องมือวัด รวมไปถึงการนำไปใช้ในการกำหนดตารางเวลาในการเปลี่ยนชิ้นส่วนของอุปกรณ์ในโรงไฟฟ้าโดยอาศัย

ข้อมูลการใช้งานจริงที่สามารถตรวจสอบได้ และงานด้านการเก็บข้อมูลทางสถิติต่างๆ ของตัวอุปกรณ์ โดยแสดงรายละเอียดต่างๆ ได้ดังนี้

- เวลาในการดำเนินงานของพนักงานบำรุงรักษา

จากการพิจารณาพบว่าด้วยข้อดีของฟังก์ชันต่างๆ ของเทคโนโลยีฟิลด์บัส ที่สามารถเก็บข้อมูลทางสถิติและการจัดการเกี่ยวกับการวิเคราะห์การดำเนินงานของอุปกรณ์ที่กระบวนการผลิตโดยเฉพาะอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับระบบควบคุม สามารถลดเวลาที่ต้องปฏิบัติของส่วนงานนี้ได้วันละ 1 ชั่วโมงการทำงาน ซึ่งเวลาที่ลดลงได้นี้จะทำให้พนักงานบำรุงรักษาสามารถนำไปปฏิบัติงานที่เกี่ยวกับการป้องกัน (Preventive Maintenance) ได้

คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ลดลงได้ปีละ 42,000 บาท

- งานที่เกี่ยวข้องกับการหยุดเดินเครื่องโรงไฟฟ้าเพื่อตรวจสอบโรงไฟฟ้าทุกๆ 2 ปี

ถ้าเป็นระบบควบคุมที่เป็นแบบดั้งเดิมจะใช้เวลาในการดำเนินงานตรวจเช็คความแน่นหนาของ Terminal โดยใช้เวลาเฉลี่ย 4 วันทำการในการดำเนินงาน แต่ถ้าเป็นในกรณีของระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัสจำนวน Terminal ของสายสัญญาณจะลดลงจากระบบแบบดั้งเดิม 22.2 % ดังนั้นจะใช้เวลาในการปฏิบัติงานลดลง 7 ชั่วโมงทำงานแสดงเป็นค่าใช้จ่ายได้ดังนี้

- ค่าสูญเสียโอกาสในการจ่ายไฟในกรณีที่ใช้เทคโนโลยีแบบดั้งเดิม

คิดเป็นค่าไฟฟ้า 20*23*1000*0.39 = 179,400 บาท

- ค่าใช้จ่ายของชั่วโมงการทำงานโดยจะต้องมีการรองานของหน่วยงานอื่นมาเกี่ยวข้อง

ค่าแรงทั้งหมดที่ต้องใช้ในกรณีใช้เทคโนโลยีแบบดั้งเดิม 240,000 บาท

ค่าแรงทั้งหมดที่ต้องใช้ในกรณีใช้เทคโนโลยีแบบฟิลด์บัส 180,000 บาท

ดังนั้นสรุปค่าใช้จ่ายรายปีของงานบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าของระบบควบคุมทั้ง 2 แบบ ได้ดังนี้

รายละเอียด	ระบบควบคุมแบบดั้งเดิม (บาท)	ระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัส(บาท)
ค่าใช้จ่ายรายปี	42,000	-
ค่าใช้จ่ายทุก ๆ 2 ปี	240,000	180,000
รายได้จากการขายไฟเพิ่มขึ้นทุกๆ 2 ปี	-	179,400

ตารางที่ 5.1 ค่าใช้จ่ายรายปีของงานบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าพลังงานแกลบ

5.1.2.2.2 **ค่าใช้จ่ายคงที่ของงานบำรุงรักษาที่ใช้ในการลงทุนในปีแรกที่ติดตั้งระบบ**

ในส่วนของค่าใช้จ่ายที่เป็นค่าใช้จ่ายในการลงทุนนี้ เมื่อพิจารณาถึงความต้องการและความจำเป็นของงานบำรุงรักษาประกอบไปด้วย ส่วนของความต้องการอุปกรณ์สำรอง (Spare parts) และอุปกรณ์พิเศษ (Special tool) ที่จะนำมาใช้งานบำรุงรักษา ซึ่งเป็นอีกส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญต่องานบำรุงรักษาเป็นเหมือนส่วนที่ช่วยให้งานบำรุงรักษามีความสะดวกและมีประสิทธิภาพ โดยเมื่อพิจารณาแยกระหว่างระบบควบคุมแบบดั้งเดิม และระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัส สามารถแสดงได้ดังนี้

อุปกรณ์สำรอง (Spare Parts)

อุปกรณ์สำรองเป็นอุปกรณ์ที่ต้องมีการเก็บไว้ใช้งานในกรณีที่อุปกรณ์ที่สำคัญที่ใช้งานในระบบควบคุมเกิดเสียหาย หรือมีความผิดปกติ ซึ่งจะได้สามารถนำมาใช้งานได้อย่างทันเวลา ไม่เกิดความเสียหายต่อระบบควบคุมโดยรวม พิจารณาแสดงการเปรียบเทียบของระบบควบคุมทั้ง 2 ได้ดังนี้ (อุปกรณ์ Spare part ต่าง ๆ ส่วนหนึ่งจะมาจากคำแนะนำของบริษัทเจ้าของระบบควบคุมเอง)

<u>ระบบควบคุมที่เป็นแบบดั้งเดิม</u>

1. Commissioning Spare Part

รายการ	*รุ่น/รายละเอียด*	*จำนวน*	*หน่วย*
- Analog Input Card	24 segments	1	Set
- Contact Input Module	32 point Per Channel	1	Set
- Contact Input Module for SOE	32 point Per Channel	1	Set
- Contact Output Module	33 point Per Channel	1	Set
- Communication Card for Interface Turbine Control	RS422/485	1	Set

คิดเป็นค่าใช้จ่าย 243,470,000 บาท

2 Recommend Spare Part

รายการ	*รุ่น/รายละเอียด*	*จำนวน*	*หน่วย*
- Power Supply Unit for FCU		2	Set
- 220-240 VAC Power supply Module		2	Set
- Processor Card		2	Set
- Analog Input Card	16 point Per Channel	4	Set
- Analog Output Card	16 point Per Channel	2	Set
- Contact Input Module	32 point Per Channel	3	Set
- Contact Input Module for SOE	32 point Per Channel	2	Set
- Contact Output Module	32 point Per Channel	2	Set
- Communication Card for Interface Turbine Control	RS422/485	2	Set
- VL net interface Card	VF701	1	Set
- Backup Memory Battery	S9400UK	2	Set
- Fan Unit	AIP601	1	Set

คิดเป็นค่าใช้จ่าย 1,924,350,000 บาท

<u>ระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัส</u>

1. Commissioning Spare Part

รายการ	*รุ่น/รายละเอียด*	*จำนวน*	*หน่วย*
- Fieldbus Communication Card	24 segments	2	Set
- Contact Input Module	32 point Per Channel	1	Set
- Contact Input Module for SOE	32 point Per Channel	1	Set
- Contact Output Module	33 point Per Channel	1	Set
- Communication Card for Interface Turbine Control	RS422/485	1	Set

คิดเป็นค่าใช้จ่าย 191,920.00 บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. *Recommend Spare Part*

รายการ	*รุ่น/รายละเอียด*	*จำนวน*	*หน่วย*
- Power Supply Unit for FCU		2	Set
- 220-240 VAC Power supply		2	Set
Module		2	Set
- Processor Card		2	Set
- Fieldbus Communication Card		3	Set
- Contact Input Module	32 point Per Channel	2	Set
- Contact Input Module for SOE	32 point Per Channel	2	Set
- Contact Output Module	32 point Per Channel	2	Set
- Communication Card for	RS422/485		
Interface Turbine Control		1	Set
- VL net interface Card	VF701	2	Set
- Backup Memory Battery	S9400UK	1	Set
- Fan Unit	AIP601		

คิดเป็นค่าใช้จ่าย 1,670,870.00 บาท

อุปกรณ์พิเศษ (Special Tool)

การบำรุงรักษาในส่วนงานของระบบควบคุมและเครื่องมือวัด อุปกรณ์พิเศษที่ใช้ในการแก้ไขและตรวจสอบระบบ เป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างมากในงานบำรุงรักษาระบบควบคุมแต่ละระบบ และเครื่องมือวัด จึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือพิเศษ เพื่อไปจัดการกับอุปกรณ์เหล่านั้น ดังนั้นอุปกรณ์พิเศษเหล่านี้ จึงควรนำมาพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายด้วย

<u>ระบบควบคุมที่เป็นแบบดั้งเดิม</u>

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์มือถือ (Handheld)

หน้าใช้งาน

- ใช้ในการตรวจสอบและแก้ไขค่าต่างๆ ของตัวอุปกรณ์เครื่องมือวัด (Parameter Setting)
- ปรับเทียบค่าของเครื่องมือวัด (Calibrate)

จำนวนที่ต้องการ 1 ตัว รุ่น Hart275

ราคาต่อหน่วย 130,000 บาท

ระบบควบคุมที่เป็นแบบฟิลด์บัส

1. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์มือถือ (Handheld)

หน้าใช้งาน

- ใช้ในการตรวจสอบและแก้ไขค่าต่างๆ ของตัวอุปกรณ์เครื่องมือวัด (Parameter Setting)
- ปรับเทียบค่าของเครื่องมือวัด (Calibrate)

จำนวนที่ต้องการ 1 ตัว รุ่น NI

ราคาต่อหน่วย 300,000 บาท

2. Fieldbus Monitor

จำนวนที่ต้องการ 1 ตัว รุ่น FBT-3

ราคาต่อหน่วย 84,600.00 บาท

3. Fieldbus Wiring Validator

จำนวนที่ต้องการ 1 ตัว รุ่น FBT-5

ราคาต่อหน่วย 67,600.00 บาท

Fieldbus Monitor และ Fieldbus Wiring Validator การใช้งานจะใช้งานร่วมกัน โดยใช้ในการตรวจสอบระบบการสื่อสัญญาณแบบฟิลด์บัส

รวมราคาอุปกรณ์พิเศษ 300,000 + 84,600.00 + 67,600.00 = 452,200.00 บาท

*5.1.2.3 **การอบรมบุคลากร***

การปฏิบัติงานของพนักงานเดินเครื่องและบำรุงรักษาในส่วนของงานระบบควบคุมโรงไฟฟ้า ความรู้และความชำนาญในระบบควบคุมเหล่านั้น เป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งที่พนักงานที่เกี่ยวข้องต้องมี เพื่อที่จะได้สามารถใช้งานในควบคุมกระบวนการผลิตได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ รวมไปถึงการแก้ไขปัญหาข้อขัดข้องหรือเปลี่ยนแปลงปรับปรุงระบบให้เป็นไปตามความต้องการของฟังก์ชันการทำงาน

การฝึกอบรมพนักงานจึงเป็นแผนงานที่โรงไฟฟ้าที่สร้างใหม่จำเป็นต้องจัดให้มี ดังนั้นสามารถพิจารณาเปรียบเทียบของระบบควบคุมทั้ง 2 ระบบได้ดังนี้

ระบบควบคุมที่เป็นแบบดั้งเดิม

1. หลักสูตรสำหรับพนักงานเดินเครื่อง
   - จำนวนหลักสูตร 3 หลักสูตร
   - จำนวนคน 4 คน/หลักสูตร

- ระยะเวลา 3 วัน/หลักสูตร

คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้ = 97,500.00 บาท/หลักสูตร

2. หลักสูตรสำหรับงานด้านวิศวกรรม

- จำนวนหลักสูตร 2 หลักสูตร
- จำนวนคน 4 คน/หลักสูตร
- ระยะเวลา 5 วัน/หลักสูตร

คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้ = 162,500.00 บาท/หลักสูตร

3. หลักสูตรสำหรับงานด้านบำรุงรักษา

- จำนวนหลักสูตร 2 หลักสูตร
- จำนวนคน 4 คน/หลักสูตร
- ระยะเวลา 2 วัน/หลักสูตร

คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้ = 65,000.00 บาท/หลักสูตร

รวมค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรม = 747,500.00 บาท

<u>ระบบควบคุมที่เป็นแบบฟิลด์บัส</u>

1. หลักสูตรสำหรับพนักงานเดินเครื่อง

- จำนวนหลักสูตร 3 หลักสูตร
- จำนวนคน 4 คน/หลักสูตร
- ระยะเวลา 3 วัน/หลักสูตร

คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้ = 97,500.00 บาท/หลักสูตร

2. หลักสูตรสำหรับงานด้านวิศวกรรม

- จำนวนหลักสูตร 2 หลักสูตร
- จำนวนคน 4 คน/หลักสูตร
- ระยะเวลา 5 วัน/หลักสูตร

คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้ = 162,500.00 บาท/หลักสูตร

3. หลักสูตรสำหรับงานด้านบำรุงรักษา

- จำนวนหลักสูตร 3 หลักสูตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- จำนวนคน 4 คน/หลักสูตร
- ระยะเวลา 2 วัน/หลักสูตร

คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้ = 65,000.00 บาท/หลักสูตร

4. หลักสูตรอบรมสำหรับการใช้งาน PRM

4.1 หลักสูตรสำหรับพนักงานเดินเครื่อง

- จำนวนหลักสูตร 1 หลักสูตร
- จำนวนคน 4 คน/หลักสูตร
- ระยะเวลา 2 วัน/หลักสูตร

คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้ = 77,500.00 บาท/หลักสูตร

4.1 หลักสูตรสำหรับงานวิศวกรรม

- จำนวนหลักสูตร 1 หลักสูตร
- จำนวนคน 4 คน/หลักสูตร
- ระยะเวลา 3 วัน/หลักสูตร

คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้ = 150,500.00 บาท/หลักสูตร

รวมค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรม = 975,500.00 บาท

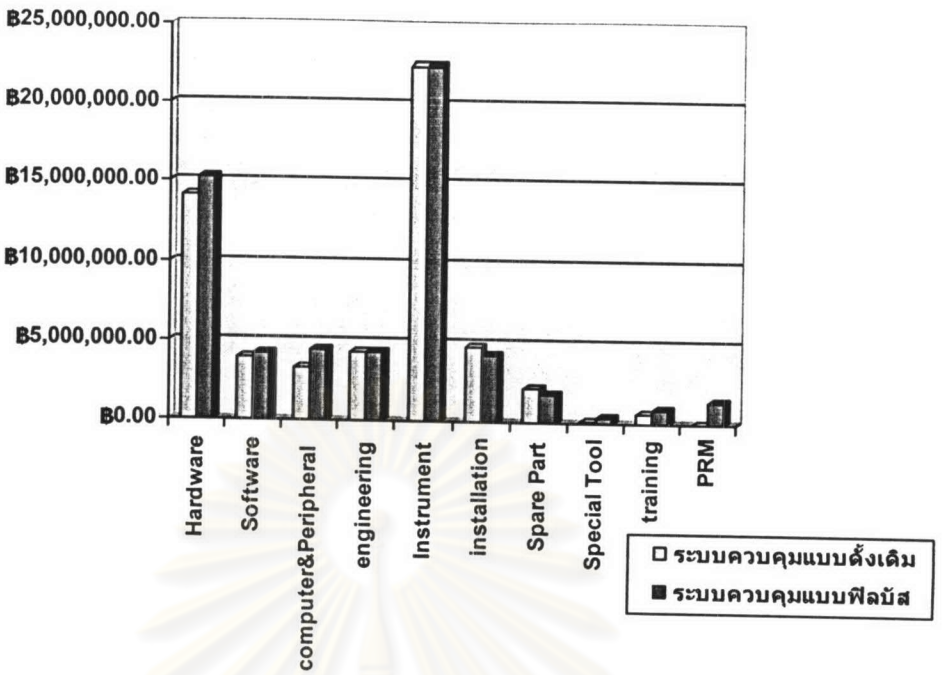
5.1.3 สรุปผลเปรียบเทียบการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการนำระบบควบคุมมาใช้งานในกรณีโรงไฟฟ้าที่จะสร้างใหม่

จากการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกันการลงทุนของการนำระบบควบคุมมาใช้งานข้างต้น สามารถสรุปรายละเอียดได้ดังตารางที่ 5.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการ	รายละเอียด	ระบบควบคุมแบบดั้งเดิม (บาท)	ระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัส (บาท)
1	*การติดตั้งและเซตระบบ*		
1.1	*ส่วนของฮาร์ดแวร์*	14,160,650.00	15,274,130.00
1.2	*ส่วนของซอร์ฟแวร์*	4,016,320.00	4,279,150.00
1.3	*ส่วนของคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง*	3,325,630.00	4,528,900.00
1.4	*การจัดการและออกแบบระบบ*	4,319,950.00	4,319,950.00
1.5	*อุปกรณ์เครื่องมือวัดต่าง ๆ*	22,335,000.00	22,335,000.00
1.6	*ส่วนของซอร์ฟแวร์ PRM และ ENGINEERING*	-	1,485,270.00
1.7	*การติดตั้ง*	4,775,400.00	4,205,100.00
รวม		52,932,950.00	56,427,500.00
2	*การดำเนินงาน*		
2.1	*ค่าใช้จ่ายการเดินเครื่องต่อปี*	4,416,000.00	4,416,000.00
2.2	*ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาระบบควบคุมและเครื่องมือวัดต่อปี*	1,818,000.00	1,776,000.00
2.3	*ค่าใช้จ่ายเพิ่มในงานบำรุงรักษาระบบควบคุมและเครื่องมือวัดทุกๆ 2 ปี*	240,000.00	180,000.00
2.4	*รายได้จากขายไฟเพิ่มทุกๆ 2 ปี*	-	179,400.00
2.5	*อุปกรณ์สำรอง*	2,167,820.00	1,862,790.00
2.6	*อุปกรณ์พิเศษ*	130,000.00	452,200.00
2.7	*การฝึกอบรมพนักงาน*	747,500.00	975,500.00

ตารางที่ 5.2 สรุปรายละเอียดค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกรณีนำระบบควบคุมมาใช้ในโรงไฟฟ้าที่จะสร้างใหม่



รูปที่ 5.7 แสดงเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการลงทุนของระบบควบคุม (ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น)

รายละเอียด	% เพิ่มขึ้น/ลดลง (เทียบกับระบบควบคุมแบบดั้งเดิม)
ส่วนของฮาร์ดแวร์	+ 7.86 %
ส่วนของซอร์ฟแวร์	+ 6.54 %
ส่วนของคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	+36.18 %
การจัดการและออกแบบระบบ	0 %
อุปกรณ์เครื่องมือวัดต่าง ๆ	0 %
ส่วนของซอร์ฟแวร์ PRM และ ENGINEERING	-
การติดตั้ง	- 11.94 %
รวม	+ 6.6 %

ตารางที่ 5.3 แสดงเปอร์เซ็นต์การเพิ่ม/ลด ของจำนวนอุปกรณ์ , การติดตั้งและเซตระบบ

ในการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบโครงการในการนำระบบควบคุมมาใช้งานโรงไฟฟ้าของการศึกษานี้ จะเปรียบเทียบจากส่วนต่างของการลงทุนและส่วนต่างของค่าใช้จ่าย O&M โดยการนำโครงการที่มีการลงทุนมากกว่าเป็นตัวตั้งลบด้วยโครงการที่ลงทุนต่ำกว่าแล้วนำส่วนต่าง

เหล่านั้นมาหามูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน (NPV) ส่วนการตัดสินใจนั้นถ้ามูลค่าปัจจุบันที่คำนวณได้มากกว่าศูนย์ จะเลือกโครงการที่ใช้เงินลงทุนมากกว่าได้แก่ระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัส แต่ถ้าน้อยกว่าศูนย์จะเลือกโครงการที่ใช้เงินลงทุนน้อยกว่าได้แก่ยังคงใช้ระบบควบคุมแบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

สมการการหามูลค่าปัจจุบันของส่วนต่างของโครงการ

$$NPV_{Y-X} = NPV_Y - NPV_X$$

$$= -\Delta P + \sum \Delta F_n (1+i)^{-n} + \Delta L (1+i)^{-20}$$

NPV = มูลค่าปัจจุบัน

ΔP = ผลต่างของเงินลงทุนเริ่มต้น

ΔF_n = ผลต่างค่าใช้จ่ายในปีที่ n

i = อัตราส่วนลด (Discount Rate)

n = ระยะเวลาโครงการ

ΔL = ผลต่างมูลค่าซากของระบบควบคุม

อัตราส่วนลด

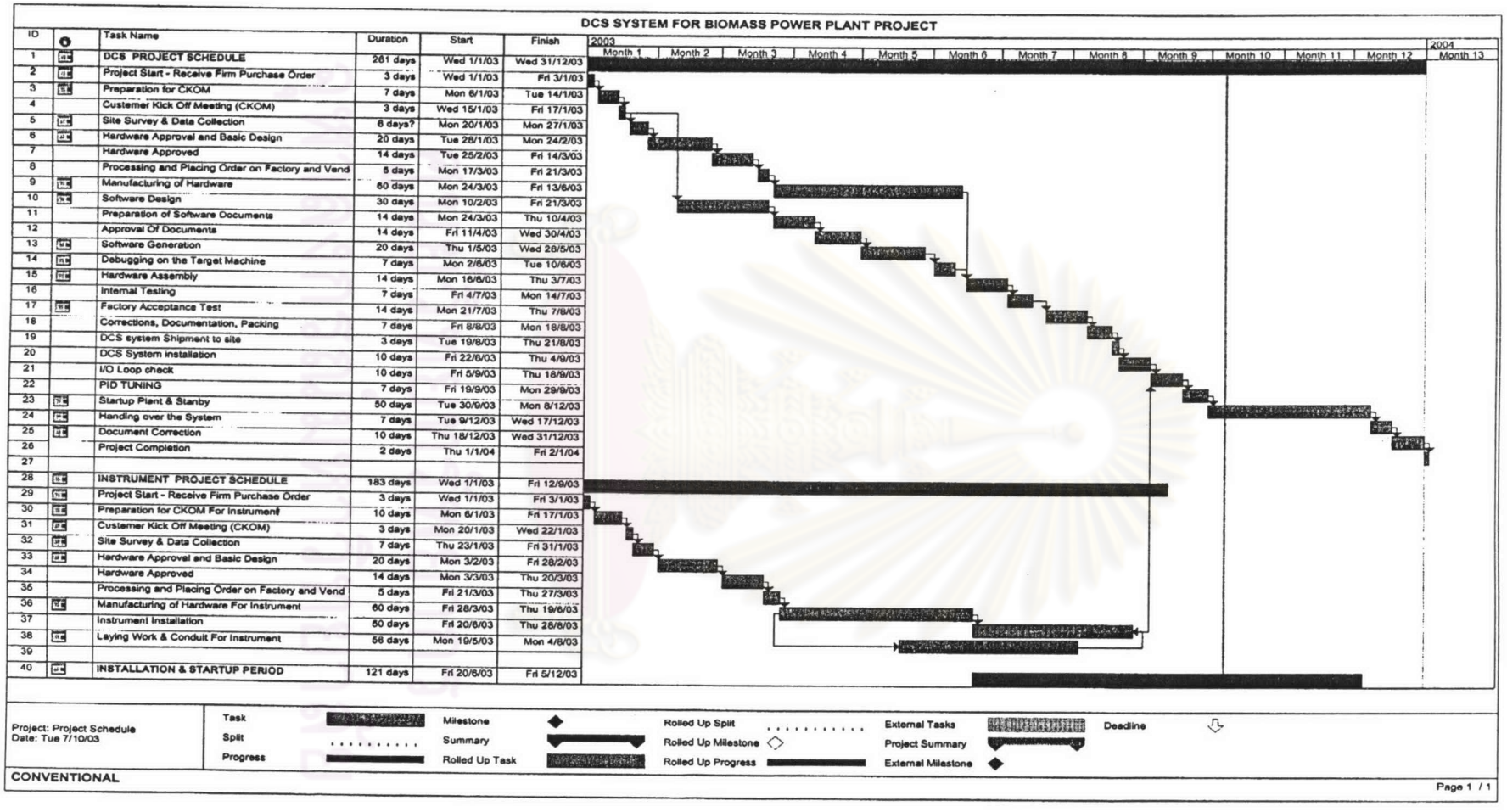
อัตราส่วนลด (Discount Rate) สำหรับโครงการต่างๆได้ใช้อัตราดอกเบี้ยที่แท้จริง (Real Interest Rate) เป็นอัตราส่วนลดหรือที่เรียกว่า Social Discount Rate ซึ่งได้จาก Minimum Loan Rate (MLR) หักด้วย CPI ซึ่งเมื่อมองถึงสถานการต่างๆของเศรษฐกิจของประเทศไทยในปัจจุบันและเศรษฐกิจในระยะยาว ในส่วนของงานวิจัยนี้จะใช้อัตราส่วนลดที่ 10 %

ระยะเวลาโครงการหรืออายุโครงการ

โครงการศึกษาการนำระบบควบคุมมาใช้ในโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงแกลบนี้ เนื่องจากระบบควบคุมเป็นส่วนหนึ่งและเป็นส่วนสำคัญที่ขาดไม่ได้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า ถ้าขาดระบบควบคุมโรงไฟฟ้าก็ไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาโครงการหรืออายุของระบบควบคุมก็จะใช้อายุของโรงไฟฟ้าแกลบ ในการคิดอายุโครงการระบบควบคุม โดยทั่วไปจากข้อมูลการคำนวณความเหมาะสมของโครงการโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก (SPP) ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จะพิจารณาอายุโรงไฟฟ้าที่ประมาณ 20 ปี ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะใช้อายุของโครงการระบบควบคุมที่ 20 ปี

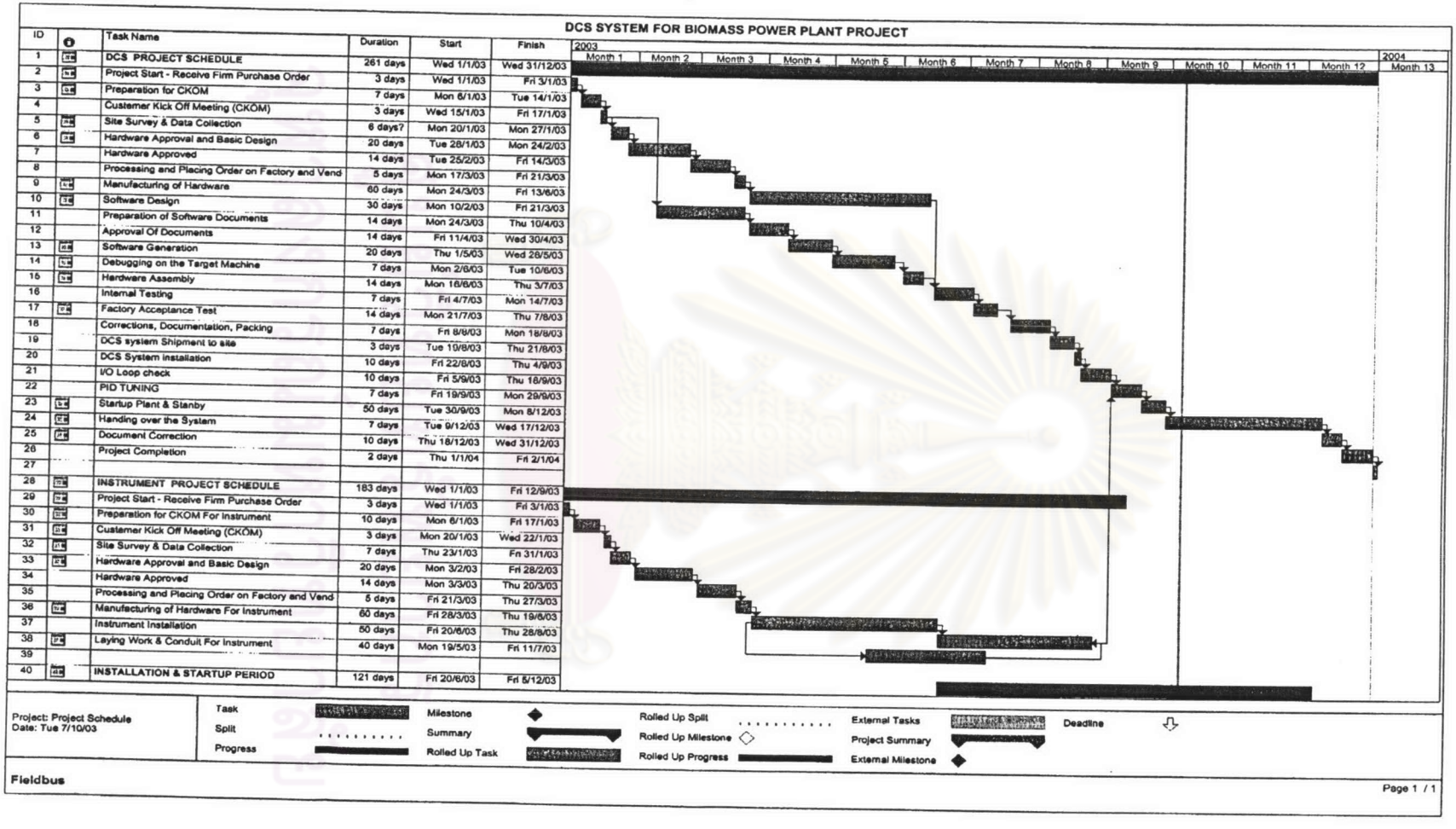
Period	รายละเอียด	ระบบควบคุมแบบดั้งเดิม (X)	ระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัส (Y)	ผลต่างของระบบควบคุม (Y-X)
ปีที่ 0	การติดตั้งและเซ็ตระบบ	- 52,932,950.00	-56,427,500.00	-3,494,550.00
	อุปกรณ์สำรอง	-2,167,820.00	-1,862,790.00	305,030.00
	อุปกรณ์พิเศษ	-130,000.00	-452,200.00	-322,200.00
	การฝึกอบรมพนักงาน	-747,500.00	-975,500.00	-228,000.00
	ค่าใช้จ่าย O&M	0.00	0.00	0.00
ปีที่ 1	ค่าใช้จ่ายการเดินเครื่องต่อปี	-4,416,000.00	- 4,416,000.00	0.00
	ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาต่อปี	-1,818,000.00	-1,776,000.00	42,000.00
	รวมค่าใช้จ่ายต่อปี (O&M)	-6,234,000.00	-6,192,000.00	42,000.00
ปีที่ 2	ค่าใช้จ่ายการเดินเครื่อง	-4,416,000.00	- 4,416,000.00	0.00
	ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษา	-2,058,000.00	-1,776,600.00	281,400.00
	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,474,000.00	-6,192,600.00	281,400.00
ปีที่ 3	รวมค่าใช้จ่าย(O&M)	-6,234,000.00	-6,192,000.00	42,000.00
ปีที่ 4	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,474,000.00	-6,192,600.00	281,400.00
ปีที่ 5	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,234,000.00	-6,192,000.00	42,000.00
ปีที่ 6	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,474,000.00	-6,192,600.00	281,400.00
ปีที่ 7	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,234,000.00	-6,192,000.00	42,000.00
ปีที่ 8	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,474,000.00	-6,192,600.00	281,400.00
ปีที่ 9	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,234,000.00	-6,192,000.00	42,000.00
ปีที่ 10	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,474,000.00	-6,192,600.00	281,400.00
ปีที่ 11	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,234,000.00	-6,192,000.00	42,000.00
ปีที่ 12	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,474,000.00	-6,192,600.00	281,400.00
ปีที่ 13	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,234,000.00	-6,192,000.00	42,000.00
ปีที่ 14	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,474,000.00	-6,192,600.00	281,400.00
ปีที่ 15	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,234,000.00	-6,192,000.00	42,000.00
ปีที่ 16	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,474,000.00	-6,192,600.00	281,400.00
ปีที่ 17	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,234,000.00	-6,192,000.00	42,000.00
ปีที่ 18	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,474,000.00	-6,192,600.00	281,400.00
ปีที่ 19	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,234,000.00	-6,192,000.00	42,000.00
ปีที่ 20	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,474,000.00	-6,192,600.00	281,400.00
	มูลค่าซากของระบบควบคุม	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ 5.4 แสดง CASH - FLOW ของค่าใช้จ่ายในแต่ละปีตลอดอายุของระบบควบคุมกรณีนำระบบควบคุมมาใช้ในโรงไฟฟ้าที่จะสร้างใหม่



ID	Task Name	Duration	Start	Finish
1	DCS PROJECT SCHEDULE	261 days	Wed 1/1/03	Wed 31/12/03
2	Project Start - Receive Firm Purchase Order	3 days	Wed 1/1/03	Fri 3/1/03
3	Preparation for CKOM	7 days	Mon 6/1/03	Tue 14/1/03
4	Customer Kick Off Meeting (CKOM)	3 days	Wed 15/1/03	Fri 17/1/03
5	Site Survey & Data Collection	6 days?	Mon 20/1/03	Mon 27/1/03
6	Hardware Approval and Basic Design	20 days	Tue 28/1/03	Mon 24/2/03
7	Hardware Approved	14 days	Tue 25/2/03	Fri 14/3/03
8	Processing and Placing Order on Factory and Vend	5 days	Mon 17/3/03	Fri 21/3/03
9	Manufacturing of Hardware	60 days	Mon 24/3/03	Fri 13/6/03
10	Software Design	30 days	Mon 10/2/03	Fri 21/3/03
11	Preparation of Software Documents	14 days	Mon 24/3/03	Thu 10/4/03
12	Approval Of Documents	14 days	Fri 11/4/03	Wed 30/4/03
13	Software Generation	20 days	Thu 1/5/03	Wed 28/5/03
14	Debugging on the Target Machine	7 days	Mon 2/6/03	Tue 10/6/03
15	Hardware Assembly	14 days	Mon 16/6/03	Thu 3/7/03
16	Internal Testing	7 days	Fri 4/7/03	Mon 14/7/03
17	Factory Acceptance Test	14 days	Mon 21/7/03	Thu 7/8/03
18	Corrections, Documentation, Packing	7 days	Fri 8/8/03	Mon 18/8/03
19	DCS system Shipment to site	3 days	Tue 19/8/03	Thu 21/8/03
20	DCS System installation	10 days	Fri 22/8/03	Thu 4/9/03
21	I/O Loop check	10 days	Fri 5/9/03	Thu 18/9/03
22	PID TUNING	7 days	Fri 19/9/03	Mon 29/9/03
23	Startup Plant & Stanby	50 days	Tue 30/9/03	Mon 8/12/03
24	Handing over the System	7 days	Tue 9/12/03	Wed 17/12/03
25	Document Correction	10 days	Thu 18/12/03	Wed 31/12/03
26	Project Completion	2 days	Thu 1/1/04	Fri 2/1/04
27				
28	INSTRUMENT PROJECT SCHEDULE	183 days	Wed 1/1/03	Fri 12/9/03
29	Project Start - Receive Firm Purchase Order	3 days	Wed 1/1/03	Fri 3/1/03
30	Preparation for CKOM For Instrument	10 days	Mon 6/1/03	Fri 17/1/03
31	Customer Kick Off Meeting (CKOM)	3 days	Mon 20/1/03	Wed 22/1/03
32	Site Survey & Data Collection	7 days	Thu 23/1/03	Fri 31/1/03
33	Hardware Approval and Basic Design	20 days	Mon 3/2/03	Fri 28/2/03
34	Hardware Approved	14 days	Mon 3/3/03	Thu 20/3/03
35	Processing and Placing Order on Factory and Vend	5 days	Fri 21/3/03	Thu 27/3/03
36	Manufacturing of Hardware For Instrument	60 days	Fri 28/3/03	Thu 19/6/03
37	Instrument Installation	50 days	Fri 20/6/03	Thu 28/8/03
38	Laying Work & Conduit For Instrument	56 days	Mon 19/5/03	Mon 4/8/03
39				
40	INSTALLATION & STARTUP PERIOD	121 days	Fri 20/6/03	Fri 5/12/03

รูปที่ 5.8 แสดง Gantt chart ของการติดตั้งระบบควบคุมที่เป็นแบบดั้งเดิมกรณีนำระบบควบคุมมาใช้ในโรงไฟฟ้าที่จะสร้างใหม่

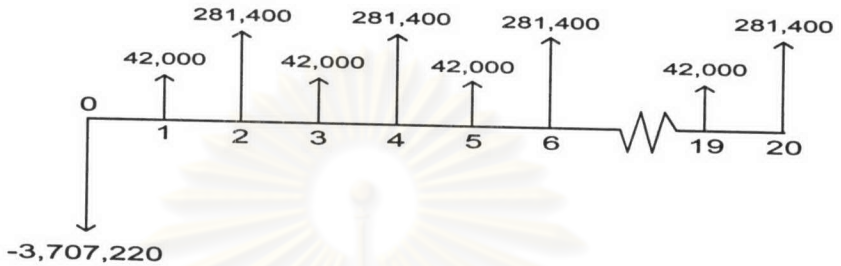


ID	Task Name	Duration	Start	Finish
1	DCS PROJECT SCHEDULE	261 days	Wed 1/1/03	Wed 31/12/03
2	Project Start - Receive Firm Purchase Order	3 days	Wed 1/1/03	Fri 3/1/03
3	Preparation for CKOM	7 days	Mon 6/1/03	Tue 14/1/03
4	Customer Kick Off Meeting (CKOM)	3 days	Wed 15/1/03	Fri 17/1/03
5	Site Survey & Data Collection	6 days?	Mon 20/1/03	Mon 27/1/03
6	Hardware Approval and Basic Design	20 days	Tue 28/1/03	Mon 24/2/03
7	Hardware Approved	14 days	Tue 25/2/03	Fri 14/3/03
8	Processing and Placing Order on Factory and Vend	5 days	Mon 17/3/03	Fri 21/3/03
9	Manufacturing of Hardware	60 days	Mon 24/3/03	Fri 13/6/03
10	Software Design	30 days	Mon 10/2/03	Fri 21/3/03
11	Preparation of Software Documents	14 days	Mon 24/3/03	Thu 10/4/03
12	Approval Of Documents	14 days	Fri 11/4/03	Wed 30/4/03
13	Software Generation	20 days	Thu 1/5/03	Wed 28/5/03
14	Debugging on the Target Machine	7 days	Mon 2/6/03	Tue 10/6/03
15	Hardware Assembly	14 days	Mon 16/6/03	Thu 3/7/03
16	Internal Testing	7 days	Fri 4/7/03	Mon 14/7/03
17	Factory Acceptance Test	14 days	Mon 21/7/03	Thu 7/8/03
18	Corrections, Documentation, Packing	7 days	Fri 8/8/03	Mon 18/8/03
19	DCS system Shipment to site	3 days	Tue 19/8/03	Thu 21/8/03
20	DCS System installation	10 days	Fri 22/8/03	Thu 4/9/03
21	I/O Loop check	10 days	Fri 5/9/03	Thu 18/9/03
22	PID TUNING	7 days	Fri 19/9/03	Mon 29/9/03
23	Startup Plant & Stanby	50 days	Tue 30/9/03	Mon 8/12/03
24	Handing over the System	7 days	Tue 9/12/03	Wed 17/12/03
25	Document Correction	10 days	Thu 18/12/03	Wed 31/12/03
26	Project Completion	2 days	Thu 1/1/04	Fri 2/1/04
27				
28	INSTRUMENT PROJECT SCHEDULE	183 days	Wed 1/1/03	Fri 12/9/03
29	Project Start - Receive Firm Purchase Order	3 days	Wed 1/1/03	Fri 3/1/03
30	Preparation for CKOM For Instrument	10 days	Mon 6/1/03	Fri 17/1/03
31	Customer Kick Off Meeting (CKOM)	3 days	Mon 20/1/03	Wed 22/1/03
32	Site Survey & Data Collection	7 days	Thu 23/1/03	Fri 31/1/03
33	Hardware Approval and Basic Design	20 days	Mon 3/2/03	Fri 28/2/03
34	Hardware Approved	14 days	Mon 3/3/03	Thu 20/3/03
35	Processing and Placing Order on Factory and Vend	5 days	Fri 21/3/03	Thu 27/3/03
36	Manufacturing of Hardware For Instrument	60 days	Fri 28/3/03	Thu 19/6/03
37	Instrument Installation	50 days	Fri 20/6/03	Thu 28/8/03
38	Laying Work & Conduit For Instrument	40 days	Mon 19/5/03	Fri 11/7/03
39				
40	INSTALLATION & STARTUP PERIOD	121 days	Fri 20/6/03	Fri 5/12/03

รูปที่ 5.9 แสดง Gantt chart ของการติดตั้งระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีแบบฟิลด์บัสกรณีนำระบบควบคุมมาใช้ในโรงไฟฟ้าที่จะสร้างใหม่

<u>หมายเหตุ</u> มูลค่าซากของระบบควบคุมทั้ง 2 ระบบ ในงานวิจัยนี้ เนื่องจากเป็นระบบควบคุมที่นำมาใช้เฉพาะกับกระบวนการผลิตของโรงไฟฟ้านี้เท่านั้นดังนั้นจึงทำให้หมดอายุตามโรงไฟฟ้าไปด้วย ในปีสุดท้ายของอายุโรงไฟฟ้าจึงให้มูลค่าซากเป็นศูนย์

จากข้อมูลทั้งหมดนำมาเขียน CASH-FLOW DIAGRAM ได้ดังนี้



รูปที่ 5.10 CASH-FLOW DIAGRAM (ในกรณีสำหรับโรงไฟฟ้าที่สร้างใหม่)

เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาพิจารณาหาค่า NPV_{Y-X} ได้ดังนี้

NPV_{Y-X} = -2,411,565.00

จากค่า NPV ที่คำนวณได้ เมื่อพิจารณาตามหลักการทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า NPV < 0 ดังนั้นสรุปได้ว่าระบบควบคุมแบบดั้งเดิมคุ้มค่าต่อการลงทุนมากกว่าเมื่อเทียบกับระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัส

5.2 การวิเคราะห์นำระบบควบคุมมาใช้แทนระบบควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน

5.2.1 การศึกษาเปรียบเทียบเพื่อเลือกระบบควบคุมมาใช้งานแทนระบบควบคุมเดิมที่ใช้งานอยู่แต่หมดอายุการใช้งาน

เป็นการศึกษาเปรียบเทียบเพื่อใช้ในการเลือกระบบควบคุมมาใช้งานแทนระบบควบคุมเดิมที่ใช้งานอยู่แต่หมดอายุการใช้งาน โดยระบบควบคุมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันเป็นระบบควบคุมที่เป็นแบบดั้งเดิม (Conventional) โดยใช้โรงไฟฟ้าพลังงานแกลบขนาด 20 MW เป็นกรณีศึกษา โดยสามารถวิเคราะห์แยกเป็นค่าใช้จ่ายแต่ละส่วนได้ดังนี้

5.2.1.1 **ค่าใช้จ่ายในการรื้อถอนระบบเดิม**

ในการพิจารณาจากรายละเอียดของระบบควบคุมพบว่าในการรื้อถอนระบบควบคุมที่ใช้งานอยู่จะใช้เวลาในการรื้อถอนประมาณ 1 เดือน

พนักงานที่ใช้ในการรื้อถอน 7 คน

ค่าใช้จ่ายในการรื้อถอน 525,000 บาท

โดยเมื่อทำการพิจารณาพบว่าในการนำระบบควบคุมมาใช้แทนระบบควบคุมที่ใช้อยู่จำเป็นต้องมีการรื้อถอนระบบที่เคยใช้อยู่ออกก่อนจึงจะสามารถนำระบบควบคุมใหม่เข้าไปแทนที่ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายเท่ากันไม่ว่าจะเลือกระบบควบคุมประเภทใดมาใช้งาน

5.2.1.2 ค่าใช้จ่ายในส่วนการลงทุนและติดตั้งระบบ

ในส่วนของการซื้อและจัดหาอุปกรณ์ต่าง ๆ

เนื่องจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของระบบควบคุม จะเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเมื่อนำมาพิจารณาพบว่า ในการนำระบบใหม่มาใช้แทนของเดิม จำเป็นต้องเปลี่ยนอุปกรณ์เหล่านั้นใหม่ เพื่อให้การทำงานของระบบควบคุมสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด แต่เมื่อพิจารณากับอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้ว อุปกรณ์ที่อาจไม่ต้องมีการเปลี่ยนใหม่ได้แก่ ตู้ที่ใช้สำหรับใส่อุปกรณ์ควบคุม (DCS Cabinet)

โดยสามารถแสดงเป็นค่าใช้จ่ายแต่ละส่วน ดังต่อไปนี้

รายละเอียด	ระบบควบคุมแบบดั้งเดิม	ระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัส
ส่วนของฮาร์ดแวร์	14,160,650.00	15,274,130.00
ส่วนของซอร์ฟแวร์	4,016,320.00	4,279,150.00
ส่วนของคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	2,325,630.00	3,428,900.00
อุปกรณ์เครื่องมือวัดต่าง ๆ	22,335,000.00	22,335,000.00
ส่วนของซอร์ฟแวร์ PRM และ ENGINEERING	-	1,485,270.00
ราคารวมทั้งหมด	42,837,600.00	46,302,450.00

ตารางที่ 5. 5 แสดงค่าใช้จ่ายในส่วนของการซื้อและจัดหาอุปกรณ์ต่าง ๆ (กรณีนำระบบควบคุมมาใช้แทนระบบควบคุมเดิม)

โดยในส่วนนี้ ถ้าเป็นระบบควบคุมที่ใช้ซอฟท์แวร์แบบเดิม โดยเปลี่ยนแค่จำนวนอุปกรณ์ก็จะสามารถประหยัดค่า Software ไปได้ แต่ในกรณีที่โรงไฟฟ้าใช้งานมาแล้วหลายปีจนหมดอายุก็ควรจะมีการเปลี่ยน Software ใหม่ด้วย เพื่อเป็นการเพิ่มความสามารถของตัว Software เอง

ในส่วนของงานวิศวกรรม

เนื่องจากระบบควบคุมของโรงไฟฟ้า เคยมีการนำมาใช้งานอยู่แล้ว ดังนั้น งานวิศวกรรมที่เกี่ยวกับการออกแบบในส่วนของระบบกระบวนการผลิต , การแบ่งแยกประเภทสัญญาณต่าง ๆ รวมถึง ฟังก์ชั่นการควบคุมของระบบควบคุม ที่ไม่ต้องมาทำการศึกษาออกแบบใหม่ แต่ในการนำระบบควบคุมใหม่มาใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตที่เคยใช้อยู่แล้ว จำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อที่จะนำมาใช้กับระบบควบคุมใหม่ซึ่งเป็นส่วนที่ต้องใช้เวลา ดังนั้นงานวิศวกรรมจึงมีค่าใช้จ่ายไม่แตกต่างจากงานวิศวกรรมในกรณีสำหรับการสร้างโรงไฟฟ้าใหม่ จึงสามารถแสดงรายละเอียดและค่าใช้จ่าย เมื่อนำระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีแบบดั้งเดิม และฟิลด์บัสมาใช้งานได้ดังนี้

- เป็นจำนวนเงิน 4,319,950.00 บาท โดยมีค่าใช้จ่ายเท่ากันทั้ง 2 ระบบ

การติดตั้งและเซตระบบ

เนื่องจากก่อนที่จะมีการติดตั้งระบบควบคุมใหม่ เพื่อนำเอาไปใช้แทนของเดิม ต้องมีการรื้อถอนของเดิมออก ดังนั้น ในส่วนของการติดตั้งระบบควบคุมใหม่ เพื่อนำไปใช้งานโรงไฟฟ้าอีกครั้ง จะมีงานติดตั้งและเซตระบบเหมือนกับการติดตั้งในกรณีที่สร้างโรงไฟฟ้าใหม่ โดยใช้สถานที่ติดตั้งเป็นที่เดิมที่เคยมีระบบควบคุมอยู่ แต่จะลดค่าใช้จ่ายลงในบางส่วนของการติดตั้งตู้ Cabinet เนื่องจากพิจารณาเลือกใช้ตู้ Cabinet ที่เป็นของเดิมมาใช้งาน โดยสามารถแสดงรายละเอียดค่าใช้จ่าย ได้ดังนี้

รายละเอียด	ระบบควบคุมแบบดั้งเดิม (บาท)	ระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัส(บาท)
○ การติดตั้งสำหรับระบบ DCS	200,000.00	200,000.00
○ การติดตั้งสำหรับระบบมือวัดและอุปกรณ์ต่าง ๆที่ฟิลด์ (Field)	4,148,400.00	3,600,100.00
ราคารวมทั้งหมด	4,348,400.00	3,800,100.00

ตารางที่ 5.6 แสดงรายละเอียดค่าใช้จ่ายการติดตั้งและเซตระบบควบคุมแทนระบบควบคุมเดิม

5.2.1.3 **ส่วนของการดำเนินงาน**

ส่วนของการดำเนินงานจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่เกี่ยวกับงานเดินเครื่องและงานบำรุงรักษา แต่เมื่อพิจารณาในรายละเอียดพบว่าสามารถพิจารณาได้เช่นเดียวกับกรณีนำมาใช้ในโรงไฟฟ้าที่จะสร้างใหม่

5.2.1.4 **สรุปผลเปรียบเทียบการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการเลือกระบบควบคุมมาใช้งาน (กรณีนำระบบควบคุมมาใช้แทนระบบควบคุมเดิม)**

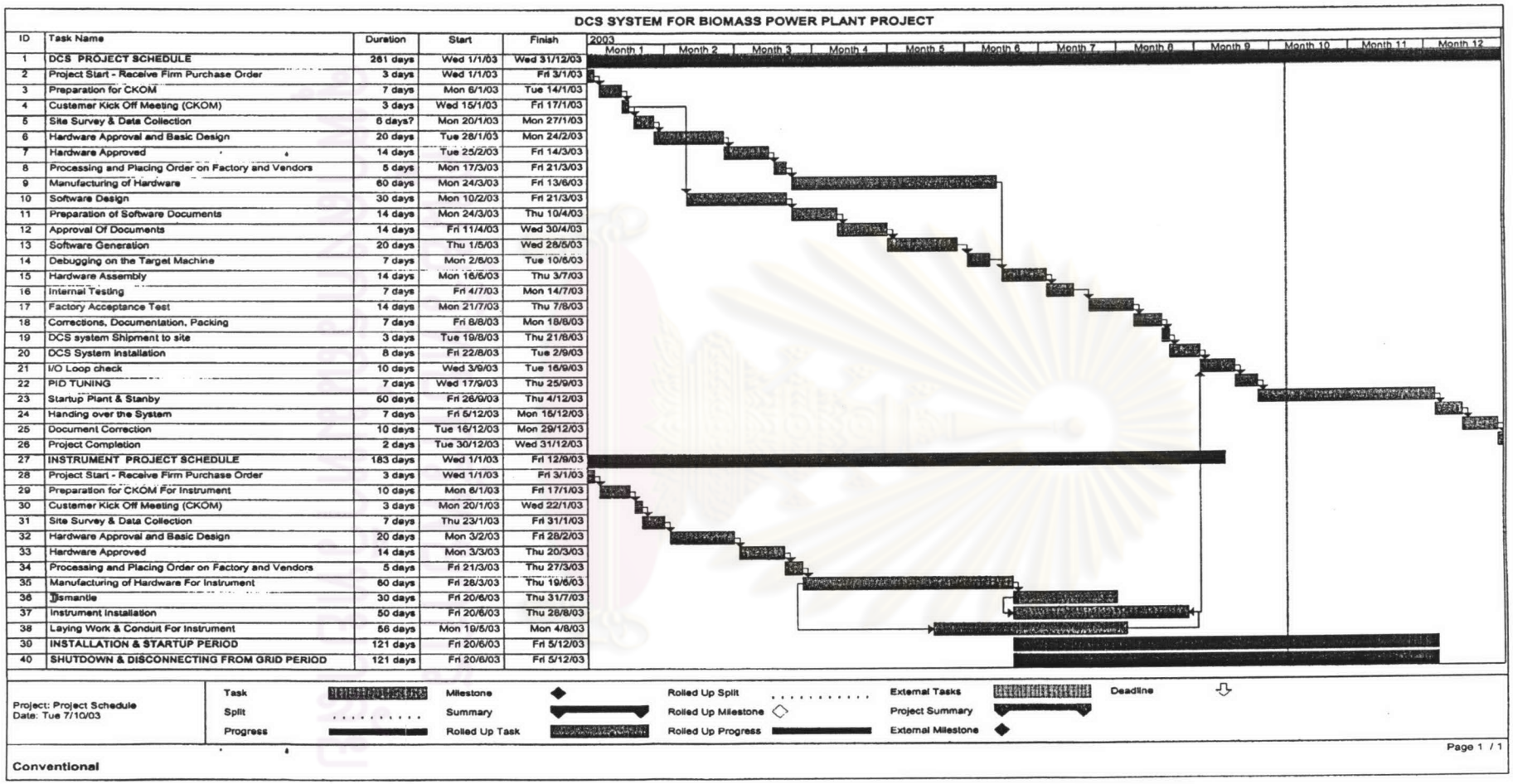
สรุปผลเปรียบเทียบวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกันกับการลงทุนของการนำระบบควบคุมมาใช้งาน ดังแสดงในตารางที่ 5.7

รายการ	รายละเอียด	ระบบควบคุมแบบดั้งเดิม (บาท)	ระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัส (บาท)
1.	*การรื้อถอนระบบควบคุมเดิม*	525,000.00	525,000.00
2	*การติดตั้งและเซตระบบ*		
2.1	*การจัดซื้อและการจัดหาอุปกรณ์ต่าง ๆ*	42,837,600.00	46,302,450.00
2.2	*การจัดการและออกแบบระบบ*	4,319,950.00	4,319,950.00
2.3	*การติดตั้ง*	4,348,400.00	3,800,100.00
3	*การดำเนินงาน*		
3.1	*ค่าใช้จ่ายการเดินเครื่องต่อปี*	4,416,000.00	4,416,000.00
3.2	*ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาระบบควบคุมและเครื่องมือวัดต่อปี*	1,818,000.00	1,776,000.00
3.3	*ค่าใช้จ่ายเพิ่มในงานบำรุงรักษาระบบควบคุมและเครื่องมือวัดทุกๆ 2 ปี*	240,000.00	180,000.00
3.4	*รายได้จากขายไฟเพิ่มทุกๆ 2 ปี*	- .	179,400.00
3.5	*อุปกรณ์สำรอง*	2,167,820.00	1,862,790.00
3.6	*อุปกรณ์พิเศษ*	130,000.00	452,200.00
3.7	*การฝึกอบรมพนักงาน*	747,500.00	975,500.00

ตารางที่ 5.7 สรุปรายละเอียดค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องในกรณีนำมาใช้ทดแทนระบบควบคุมเดิม

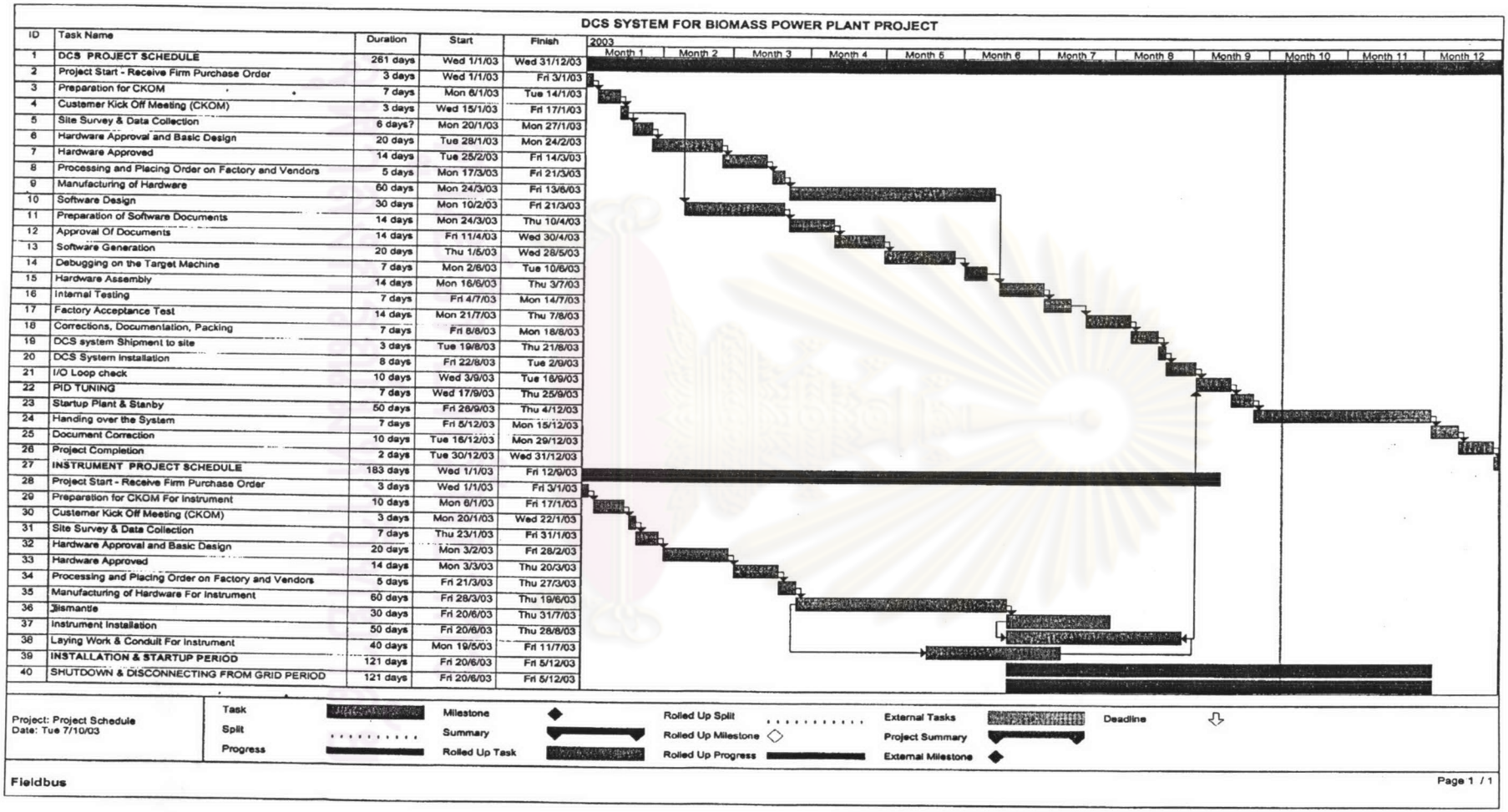
Period	รายละเอียด	ระบบควบคุมแบบดั้งเดิม (X)	ระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัส (Y)	ผลต่างของระบบควบคุม (Y-X)
ปีที่ 0	การรื้อถอนระบบควบคุมเดิม	525,000.00	525,000.00	0.00
	การติดตั้งและเซ็ตระบบ	- 51,505,950.00	-54,442,500.00	-2,916,550.00
	อุปกรณ์สำรอง	-2,167,820.00	-1,862,790.00	305,030.00
	อุปกรณ์พิเศษ	-130,000.00	-452,200.00	-322,200.00
	การฝึกอบรมพนักงาน	-747,500.00	-975,500.00	-228,000.00
ปีที่ 1	ค่าใช้จ่ายการเดินเครื่องต่อปี	-4,416,000.00	- 4,416,000.00	0.00
	ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาต่อปี	-1,818,000.00	-1,776,000.00	42,000.00
	รวมค่าใช้จ่ายต่อปี (O&M)	-6,234,000.00	-6,192,000.00	42,000.00
ปีที่ 2	ค่าใช้จ่ายการเดินเครื่อง	-4,416,000.00	- 4,416,000.00	0.00
	ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษา	-2,058,000.00	-1,776,600.00	281,400.00
	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,474,000.00	-6,192,600.00	281,400.00
ปีที่ 3	รวมค่าใช้จ่าย(O&M)	-6,234,000.00	-6,192,000.00	42,000.00
ปีที่ 4	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,474,000.00	-6,192,600.00	281,400.00
ปีที่ 5	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,234,000.00	-6,192,000.00	42,000.00
ปีที่ 6	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,474,000.00	-6,192,600.00	281,400.00
ปีที่ 7	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,234,000.00	-6,192,000.00	42,000.00
ปีที่ 8	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,474,000.00	-6,192,600.00	281,400.00
ปีที่ 9	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,234,000.00	-6,192,000.00	42,000.00
ปีที่ 10	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,474,000.00	-6,192,600.00	281,400.00
ปีที่ 11	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,234,000.00	-6,192,000.00	42,000.00
ปีที่ 12	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,474,000.00	-6,192,600.00	281,400.00
ปีที่ 13	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,234,000.00	-6,192,000.00	42,000.00
ปีที่ 14	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,474,000.00	-6,192,600.00	281,400.00
ปีที่ 15	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,234,000.00	-6,192,000.00	42,000.00
ปีที่ 16	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,474,000.00	-6,192,600.00	281,400.00
ปีที่ 17	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,234,000.00	-6,192,000.00	42,000.00
ปีที่ 18	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,474,000.00	-6,192,600.00	281,400.00
ปีที่ 19	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,234,000.00	-6,192,000.00	42,000.00
ปีที่ 20	รวมค่าใช้จ่าย (O&M)	-6,474,000.00	-6,192,600.00	281,400.00
	มูลค่าซากของระบบควบคุม	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ 5.8 แสดง CASH - FLOW ของค่าใช้จ่ายในแต่ละปีตลอดอายุของระบบควบคุมในกรณีพิจารณาแทนระบบควบคุมเดิม



ID	Task Name	Duration	Start	Finish
1	DCS PROJECT SCHEDULE	261 days	Wed 1/1/03	Wed 31/12/03
2	Project Start - Receive Firm Purchase Order	3 days	Wed 1/1/03	Fri 3/1/03
3	Preparation for CKOM	7 days	Mon 6/1/03	Tue 14/1/03
4	Customer Kick Off Meeting (CKOM)	3 days	Wed 15/1/03	Fri 17/1/03
5	Site Survey & Data Collection	6 days?	Mon 20/1/03	Mon 27/1/03
6	Hardware Approval and Basic Design	20 days	Tue 28/1/03	Mon 24/2/03
7	Hardware Approved	14 days	Tue 25/2/03	Fri 14/3/03
8	Processing and Placing Order on Factory and Vendors	5 days	Mon 17/3/03	Fri 21/3/03
9	Manufacturing of Hardware	60 days	Mon 24/3/03	Fri 13/6/03
10	Software Design	30 days	Mon 10/2/03	Fri 21/3/03
11	Preparation of Software Documents	14 days	Mon 24/3/03	Thu 10/4/03
12	Approval Of Documents	14 days	Fri 11/4/03	Wed 30/4/03
13	Software Generation	20 days	Thu 1/5/03	Wed 28/5/03
14	Debugging on the Target Machine	7 days	Mon 2/6/03	Tue 10/6/03
15	Hardware Assembly	14 days	Mon 16/6/03	Thu 3/7/03
16	Internal Testing	7 days	Fri 4/7/03	Mon 14/7/03
17	Factory Acceptance Test	14 days	Mon 21/7/03	Thu 7/8/03
18	Corrections, Documentation, Packing	7 days	Fri 8/8/03	Mon 18/8/03
19	DCS system Shipment to site	3 days	Tue 19/8/03	Thu 21/8/03
20	DCS System Installation	8 days	Fri 22/8/03	Tue 2/9/03
21	I/O Loop check	10 days	Wed 3/9/03	Tue 16/9/03
22	PID TUNING	7 days	Wed 17/9/03	Thu 25/9/03
23	Startup Plant & Stanby	60 days	Fri 26/9/03	Thu 4/12/03
24	Handing over the System	7 days	Fri 5/12/03	Mon 15/12/03
25	Document Correction	10 days	Tue 16/12/03	Mon 29/12/03
26	Project Completion	2 days	Tue 30/12/03	Wed 31/12/03
27	INSTRUMENT PROJECT SCHEDULE	183 days	Wed 1/1/03	Fri 12/9/03
28	Project Start - Receive Firm Purchase Order	3 days	Wed 1/1/03	Fri 3/1/03
29	Preparation for CKOM For Instrument	10 days	Mon 6/1/03	Fri 17/1/03
30	Customer Kick Off Meeting (CKOM)	3 days	Mon 20/1/03	Wed 22/1/03
31	Site Survey & Data Collection	7 days	Thu 23/1/03	Fri 31/1/03
32	Hardware Approval and Basic Design	20 days	Mon 3/2/03	Fri 28/2/03
33	Hardware Approved	14 days	Mon 3/3/03	Thu 20/3/03
34	Processing and Placing Order on Factory and Vendors	5 days	Fri 21/3/03	Thu 27/3/03
35	Manufacturing of Hardware For Instrument	60 days	Fri 28/3/03	Thu 19/6/03
36	Dismantle	30 days	Fri 20/6/03	Thu 31/7/03
37	Instrument Installation	50 days	Fri 20/6/03	Thu 28/8/03
38	Laying Work & Conduit For Instrument	56 days	Mon 19/5/03	Mon 4/8/03
39	INSTALLATION & STARTUP PERIOD	121 days	Fri 20/6/03	Fri 5/12/03
40	SHUTDOWN & DISCONNECTING FROM GRID PERIOD	121 days	Fri 20/6/03	Fri 5/12/03

รูปที่ 5.11 แสดง Gantt chart ของการติดตั้งระบบควบคุมที่เป็นแบบดั้งเดิมกรณีนำมาใช้แทนระบบควบคุมเดิม



ID	Task Name	Duration	Start	Finish
1	DCS PROJECT SCHEDULE	261 days	Wed 1/1/03	Wed 31/12/03
2	Project Start - Receive Firm Purchase Order	3 days	Wed 1/1/03	Fri 3/1/03
3	Preparation for CKOM	7 days	Mon 6/1/03	Tue 14/1/03
4	Customer Kick Off Meeting (CKOM)	3 days	Wed 15/1/03	Fri 17/1/03
5	Site Survey & Data Collection	6 days?	Mon 20/1/03	Mon 27/1/03
6	Hardware Approval and Basic Design	20 days	Tue 28/1/03	Mon 24/2/03
7	Hardware Approved	14 days	Tue 25/2/03	Fri 14/3/03
8	Processing and Placing Order on Factory and Vendors	5 days	Mon 17/3/03	Fri 21/3/03
9	Manufacturing of Hardware	60 days	Mon 24/3/03	Fri 13/6/03
10	Software Design	30 days	Mon 10/2/03	Fri 21/3/03
11	Preparation of Software Documents	14 days	Mon 24/3/03	Thu 10/4/03
12	Approval Of Documents	14 days	Fri 11/4/03	Wed 30/4/03
13	Software Generation	20 days	Thu 1/5/03	Wed 28/5/03
14	Debugging on the Target Machine	7 days	Mon 2/6/03	Tue 10/6/03
15	Hardware Assembly	14 days	Mon 16/6/03	Thu 3/7/03
16	Internal Testing	7 days	Fri 4/7/03	Mon 14/7/03
17	Factory Acceptance Test	14 days	Mon 21/7/03	Thu 7/8/03
18	Corrections, Documentation, Packing	7 days	Fri 8/8/03	Mon 18/8/03
19	DCS system Shipment to site	3 days	Tue 19/8/03	Thu 21/8/03
20	DCS System Installation	8 days	Fri 22/8/03	Tue 2/9/03
21	I/O Loop check	10 days	Wed 3/9/03	Tue 16/9/03
22	PID TUNING	7 days	Wed 17/9/03	Thu 25/9/03
23	Startup Plant & Stanby	50 days	Fri 26/9/03	Thu 4/12/03
24	Handing over the System	7 days	Fri 5/12/03	Mon 15/12/03
25	Document Correction	10 days	Tue 16/12/03	Mon 29/12/03
26	Project Completion	2 days	Tue 30/12/03	Wed 31/12/03
27	INSTRUMENT PROJECT SCHEDULE	183 days	Wed 1/1/03	Fri 12/9/03
28	Project Start - Receive Firm Purchase Order	3 days	Wed 1/1/03	Fri 3/1/03
29	Preparation for CKOM For Instrument	10 days	Mon 6/1/03	Fri 17/1/03
30	Customer Kick Off Meeting (CKOM)	3 days	Mon 20/1/03	Wed 22/1/03
31	Site Survey & Data Collection	7 days	Thu 23/1/03	Fri 31/1/03
32	Hardware Approval and Basic Design	20 days	Mon 3/2/03	Fri 28/2/03
33	Hardware Approved	14 days	Mon 3/3/03	Thu 20/3/03
34	Processing and Placing Order on Factory and Vendors	5 days	Fri 21/3/03	Thu 27/3/03
35	Manufacturing of Hardware For Instrument	60 days	Fri 28/3/03	Thu 19/6/03
36	Dismantle	30 days	Fri 20/6/03	Thu 31/7/03
37	Instrument Installation	50 days	Fri 20/6/03	Thu 28/8/03
38	Laying Work & Conduit For Instrument	40 days	Mon 19/5/03	Fri 11/7/03
39	INSTALLATION & STARTUP PERIOD	121 days	Fri 20/6/03	Fri 5/12/03
40	SHUTDOWN & DISCONNECTING FROM GRID PERIOD	121 days	Fri 20/6/03	Fri 5/12/03

รูปที่ 5.12 แสดง Gantt chart ของการติดตั้งระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัสกรณีนำมาใช้แทนระบบควบคุมเดิม

นำค่าข้อมูลต่าง ๆ จาก CASH-FLOW มาคำนวณจะได้ค่าผลต่างของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็น -1,833,565 บาท ซึ่งจากค่า NPV ดังกล่าวสรุปได้ว่า จากหลักการทางด้านเศรษฐศาสตร์ควรพิจารณาเลือกระบบควบคุมที่เป็นการสื่อสารข้อมูลเป็นแบบดั้งเดิมมาใช้งานในโรงไฟฟ้าที่กำลังจะเดินเครื่องใหม่ เนื่องจาก NPV ที่ได้มีค่าติดลบแต่ทั้งนี้ทั้งนั้น เมื่อพิจารณาถึงช่วงเวลาทั้งหมดที่จะติดตั้งระบบควบคุมใหม่นี้ พบว่า จะใช้เวลาติดตั้งทั้งหมด 121 วัน (รูปที่ 5.11 และ 5.12) ซึ่งอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า จะต้องมีการดำเนินการก่อนที่จะเริ่มติดตั้ง เพื่อเตรียมงานต่าง ๆ รวมถึง การสั่งสินค้า

จากช่วงเวลา 121 วันที่ใช้นี้ เมื่อนำมาพิจารณาในกรณีที่ผู้ใช้งานหรือเจ้าของกิจการโรงไฟฟ้า มีความประสงค์จะเปลี่ยนระบบควบคุมที่ใช้อยู่ใหม่ สิ่งที่จะต้องพิจารณาเป็นพิเศษ คือ ค่าเสียโอกาสในการจ่ายไฟของโรงไฟฟ้า

5.2.2 กรณีนำเทคโนโลยีฟิลด์บัสมาใช้แทนระบบควบคุมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

ในกรณีที่ผู้ผลิตไฟฟ้ามีความสนใจจะเปลี่ยนระบบควบคุมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันที่เป็นเทคโนโลยีแบบดั้งเดิมไปเป็นระบบที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัส เพื่อต้องการเพิ่มความสามารถของระบบควบคุมที่ใช้ในปัจจุบัน เพื่อนำข้อได้เปรียบของเทคโนโลยีฟิลด์บัสที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของงานบำรุงรักษา

เนื่องจากสามารถนำอุปกรณ์บางอุปกรณ์ของระบบควบคุมที่เป็นเทคโนโลยีแบบดั้งเดิมมาใช้กับเทคโนโลยีฟิลด์บัสได้ จึงพิจารณาเลือกอุปกรณ์เหล่านั้นมาใช้ โดยวิเคราะห์แยกเป็นรายละเอียดและค่าใช้จ่ายแต่ละส่วนทำให้เกิดการลงทุนเพิ่มเติมดังนี้

5.2.2.1 การติดตั้งและรื้อถอน

สิ่งที่จำเป็นในการติดตั้งและรื้อถอนระบบเดิมออก คือ ส่วนของงานสายเคเบิลซึ่งจำเป็นต้องมีการ wiring สายสัญญานใหม่เข้าไปแทนของเดิมและการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยเฉพาะอุปกรณ์เพิ่มเติมที่เกี่ยวกับฟิลด์บัสที่ฟิลด์ (Fields)

ค่าใช้จ่าย 2,500,000 บาท

5.2.2.2 ส่วนของตัวอุปกรณ์อินพุต/เอาท์พุตโมดูล

เนื่องจากระบบควบคุมแบบฟิลด์บัสเป็นการสื่อสารข้อมูลแบบดิจิตอล ดังนั้นอุปกรณ์ Analog Card จึงไม่ต้องใช้ แต่ต้องเพิ่มในส่วนของ Fieldbus Card จำนวน 16 เซ็ต โดยสามารถลดจำนวน Card ลงได้ 9 ชุด

ค่าใช้จ่าย 1,693,280 บาท

5.2.2.3 ส่วนของตู้ Cabinet และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

- ตู้ Cabinet จะพิจารณาใช้ตู้เดิมที่มีอยู่แล้ว
- ส่วนที่ต้องเพิ่มเติมในกรณีที่ระบบควบคุมเดิมไม่ต้องใช้ ได้แก่ Fieldbus Power supply 26 ชุด , Fieldbus Terminator 26 ชุด

ค่าใช้จ่าย 576,000 บาท

5.2.2.4 ซอร์ฟแวร์

ในส่วนของซอร์ฟแวร์จำเป็นจะต้องมีการเพิ่มประสิทธิภาพเพื่อให้สนับสนุนการทำงานของเทคโนโลยีฟิลด์บัส

ค่าใช้จ่าย 262,830 บาท

5.2.2.5 Spare part

จำเป็นต้องเพิ่มอุปกรณ์สำรองในส่วนของ Fieldbus Communication Card 5 ชุด

ค่าใช้จ่าย 529,150 บาท

5.2.2.6 ชุดซอร์ฟแวร์ PRM

เป็นส่วนที่ต้องเพิ่มจากระบบควบคุมเดิมที่ใช้อยู่ ค่าใช้จ่าย 1,485,270 บาท

5.2.2.7 ตัวอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่าง ๆ

เนื่องจากระบบควบคุมที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นแบบดั้งเดิม ดังนั้นอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่าง ๆ จะไม่สนับสนุนการทำงานของเทคโนโลยีฟิลด์บัส จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนใหม่เพื่อให้สามารถทำงานได้ แต่ในส่วนของคอนโทรลวาล์ว อาจจะมีการเพิ่มเฉพาะชุดที่เป็นส่วน Digital Valve Controller เพื่อให้สนับสนุนการทำงานของฟิลด์บัส ค่าใช้จ่ายทั้งหมดเป็น 13,335,000 บาท

5.2.2.8 อุปกรณ์พิเศษ

- Fieldbus Monitor 1 ชุด
- Fieldbus Wiring validator 1 ชุด

ค่าใช้จ่ายทั้งหมด 152,200 บาท

5.2.2.9 หลักสูตรการอบรมเพื่อใช้งานระบบ PRM ค่าใช้จ่ายทั้งหมด 228,000 บาท

<u>สรุปค่าใช้จ่าย</u> ในกรณีนำเทคโนโลยีฟิลด์บัสมาใช้งานในโรงไฟฟ้าแทนที่ระบบเดิมโดยพิจารณาเลือกอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วมาใช้งานร่วม รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดเป็น 20,533,830 บาท แต่ในกรณีที่อุปกรณ์เครื่องมือวัดที่ใช้อยู่เดิมสนับสนุนการทำงานของฟิลด์บัสก็จะสามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ลงได้ 13,335,000 บาท ทำให้มีส่วนต่างที่ต้องลงทุนเพิ่ม 7,198,830 บาท จะใช้เวลาติดตั้งทั้งหมด 121 วัน (รูปที่ 5.11 และ 5.12) ซึ่งอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า จะต้องมีการดำเนินการก่อนที่จะเริ่มติดตั้ง เพื่อเตรียมงานต่าง ๆ รวมถึง การสั่งสินค้า

5.3 การศึกษาข้อได้เปรียบของระบบฟิลด์บัสในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

จากการวิเคราะห์ที่ผ่านมาทั้งในส่วนที่นำมาศึกษาเพื่อนำระบบควบคุมมาใช้ในโรงไฟฟ้าที่จะสร้างใหม่และ ศึกษาเพื่อนำระบบควบคุมมาใช้แทนระบบควบคุมเดิมที่ใช้งานอยู่จะพิจารณาในส่วนของการลดลงของชั่วโมงการทำงานของพนักงานที่เกี่ยวข้องซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่มาก แต่สิ่งที่ระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัสมีข้อได้เปรียบอย่างมาก เมื่อเทียบกับระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีแบบเดิมที่ควรนำมาพิจารณาคือคุณสมบัติที่เอื้อต่อการจัดเก็บและบริหารฐานข้อมูลอย่างเป็นระบบซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของงานบำรุงรักษาที่สามารถทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ได้มากขึ้น

คุณสมบัติที่ทำให้ระบบฟิลด์บัสมีข้อได้เปรียบดังกล่าว ได้แก่

1) สามารถรวบรวมข้อมูลทางสถิติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) มีระบบตรวจสอบตัวเองและแจ้งข้อมูลความผิดพลาดให้กับระบบประมวลผลกลาง (self-Diagnostic) เพื่อทำการแก้ไขได้ทันเวลา

3) มีระบบทะเบียนประวัติของอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่แน่นอนและเป็นระบบจัดการทางคอมพิวเตอร์ที่สามารถตรวจสอบข้อมูลได้ตลอดเวลาและสะดวกในการตรวจสอบ

4) สามารถทำการตรวจสอบข้อมูลการ Calibration ของอุปกรณ์เทียบกับข้อมูลจริงได้ตลอดเวลา ทำให้ทราบการเบี่ยงเบนของอุปกรณ์จากค่าที่เซตไว้

5) สามารถจัดการเปลี่ยนอุปกรณ์ในเวลาที่เหมาะสมโดยใช้ข้อมูลการทำงานจริงของตัวอุปกรณ์ในการพิจารณาก่อนที่เกิดความเสียหายขึ้นกับตัวอุปกรณ์ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการหยุดเดินเครื่องโรงไฟฟ้าโดยไม่ได้วางแผนล่วงหน้า (Unplaned Outage)

จากข้อได้เปรียบต่าง ๆ ของระบบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟิลด์บัสที่เกี่ยวกับงานบำรุงรักษาข้างต้น พบว่าเป็นฟังก์ชั่นที่มีส่วนช่วยให้งานบำรุงรักษาสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น มีผลให้งานบำรุงรักษาสามารถปฏิบัติไปในแนวทางการบำรุงรักษาในแนวทางของการป้องกัน (Preventive Maintenance) มากกว่าที่เน้นไปที่การแก้ไขปัญหา (Corrective

Maintenance) ซึ่งจะมีผลไปสู่การช่วยลดการหยุดเดินเครื่องโรงไฟฟ้าโดยไม่ได้วางแผนล่วงหน้า (Unplanned Outage)

รายการ	รายละเอียด	จำนวนครั้งที่เกิด	รวมระยะเวลาที่หยุดเดินเครื่องโรงไฟฟ้า
1.	เกิดจากระบบเชื้อเพลิงและการขนถ่ายเชื้อเพลิง (สายพานลำเลียง)	3	9 ชั่วโมง
2.	เกิดจากความผิดพลาดของระบบควบคุมและอุปกรณ์เครื่องมือวัด	4	22 ชั่วโมง
3.	เกิดจากปัญหานอกเหนือการควบคุม (ระบบไฟฟ้าขัดข้อง)	4	11 ชั่วโมง
4.	เกิดจากปัญหาของอุปกรณ์คอนโทรลวาล์ว	2	40 ชั่วโมง
5.	ความผิดพลาดจากพนักงาน (Human error)	1	3 ชั่วโมง
รวม		14	85 ชั่วโมง

ตารางที่ 5.9 ข้อมูลสถิติการหยุดเดินเครื่องโรงไฟฟ้าโดยไม่ได้วางแผนล่วงหน้า (Unplanned Outage) ในปีพศ. 2545 ของโรงไฟฟ้าพลังงานแกลบ

จากข้อมูลการหยุดเดินเครื่องโรงไฟฟ้าโดยไม่ได้วางแผนล่วงหน้า (Unplanned Outage) คิดเป็นรายได้ที่เสียไปจากการขายไฟเป็นจำนวนเงิน 2,890,000 บาทต่อปี (คิดในกรณี Non-firm) แต่เมื่อนำมาพิจารณาในกรณีที่ใช้ระบบควบคุมที่เป็นเทคโนโลยีฟิลด์บัสจะพบว่าจะสามารถลดปัญหาที่เกิดจากความผิดพลาดของระบบควบคุมและอุปกรณ์เครื่องมือวัดและเกิดจากปัญหาของอุปกรณ์คอนโทรลวาล์วลงได้ ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงการหยุดเดินเครื่องโรงไฟฟ้าโดยไม่ได้วางแผนล่วงหน้าสามารถลดเวลาที่หยุดเดินเครื่องโรงไฟฟ้าได้ถึง 72.94 % ของเวลาการหยุดเดินเครื่องโรงไฟฟ้าโดยไม่ได้วางแผนล่วงหน้าทั้งหมดคิดเป็นรายได้ที่จะขายไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นถึงปีละ 2,108,000 บาท และเนื่องจากการหยุดเดินเครื่องโรงไฟฟ้าโดยไม่ได้วางแผนล่วงหน้าแต่ละครั้งก็จะส่งผลให้เครื่องจักรมีการสึกหร่อยิ่งขึ้นดังนั้นจากโอกาสที่ลดลงในการหยุดเดินเครื่องก็จะทำให้การสึกหร่อของเครื่องจักรที่ลดลงด้วย ซึ่งถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมากเนื่องจากเครื่องจักรแต่ละตัวของกระบวนการผลิตโรงไฟฟ้ามีราคาแพงมาก