บทที่ 2

ระบบสกาดาของการไฟฟ้านครหลวง

2.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความหมายของระบบสกาดา ขอบเขตและลักษณะงานควบคุมระบบไฟฟ้า ความเป็นมาของระบบสกาดา โครงสร้างของระบบสกาดาและการสื่อสารข้อมูลในระบบสกาดา เพื่อเป็นการกล่าวแนะนำระบบสกาดาของการไฟฟ้านครหลวงก่อนจะเข้าสู่เนื้อหาหลักของวิทยานิพนธ์ต่อไป

2.2 ความหมายของสกาดา

คำว่า สกาดา หรือ SCADA เป็นคำย่อมาจากคำว่า Supervisory Control And Data Acquisition ซึ่งสามารถแยกความหมายได้เป็น 2 ส่วน [6] คือ

Supervisory Control หมายถึง ระบบควบคุมที่มีศูนย์ควบคุม และมีผู้ปฏิบัติงานเป็นผู้ออกคำสั่งควบคุม แต่ผู้ปฏิบัติงานจะต้องได้รับข้อมูลที่ส่งเข้ามายังศูนย์ควบคุมเสียก่อน

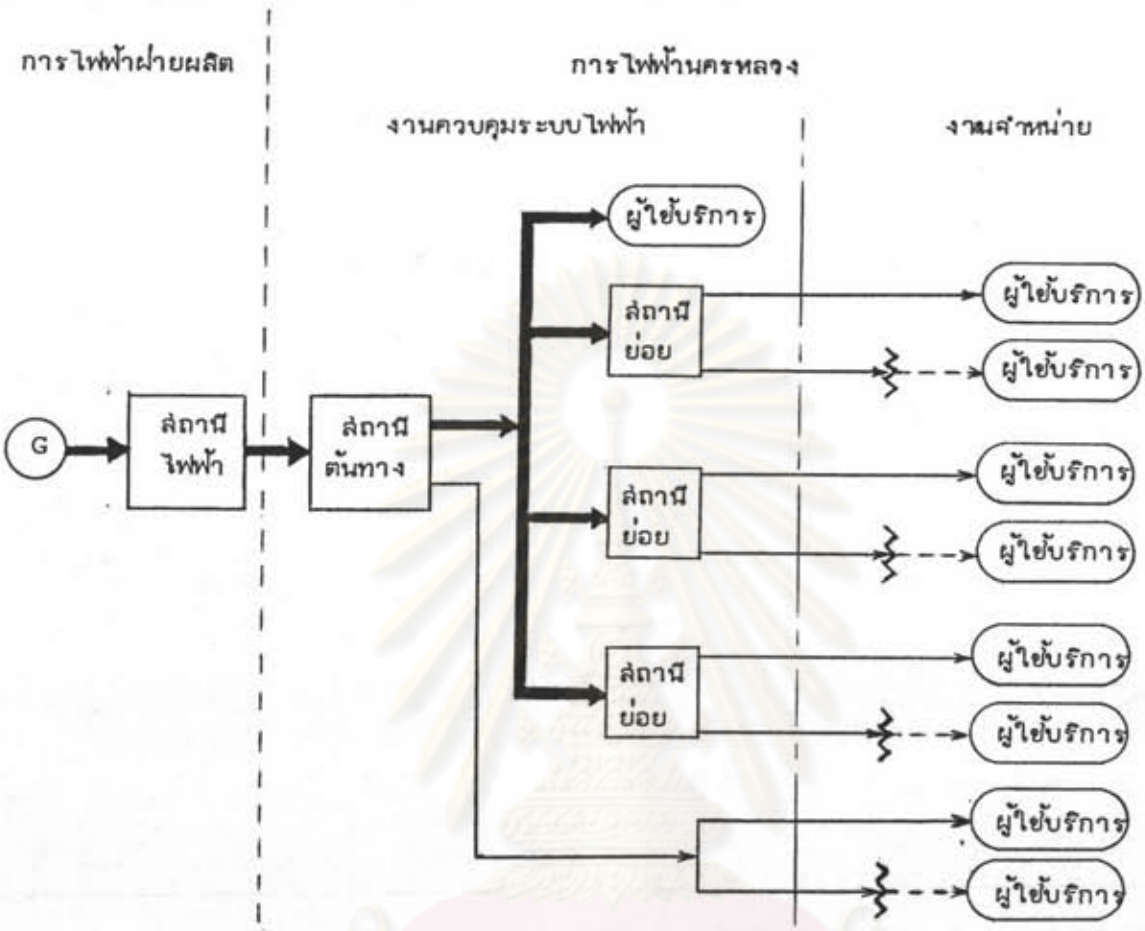
Data Acquisition หมายถึง กระบวนการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ที่ส่วนกลางกับสถานีระยะไกลต่าง ๆ การสื่อสารข้อมูลนี้มักจะใช้อัตราการรับ-ส่งข้อมูลที่มีความเร็วสูงเหมาะกับงานเชิงประยุกต์แบบเรียลไทม์

กล่าวง่าย ๆ ก็คือ ระบบสกาดาเป็นระบบควบคุมที่มีศูนย์ควบคุม ซึ่งรับข้อมูลมาจากสถานีระยะไกลด้วยความเร็วสูง และมีคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่รวบรวมและนำเสนอข้อมูล ข้อมูลเหล่านี้ทำให้ผู้ปฏิบัติงานที่ศูนย์ควบคุมสามารถตัดสินใจและออกคำสั่งควบคุมที่เหมาะสมผ่านคอมพิวเตอร์ไปยังสถานีระยะไกลต่อไป

2.3 ขอบเขตและลักษณะงานควบคุมระบบไฟฟ้า

งานควบคุมระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง เป็นการตรวจสอบและควบคุมสภาวะของพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่จุดรับซื้อพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ที่เรียกว่า สถานีต้นทาง (terminal station) จนถึงสายป้อน (feeder) ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของงาน

จำหน่าย ซึ่งจะจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้บริการส่วนใหญ่ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงขอบเขตของงานควบคุมระบบไฟฟ้า

<u>หมายเหตุ</u>

1. ━━→ แทนสายส่ง แรงดันสูง 230/115/69 กิโลโวลท์
2. ——→ แทนสายป้อน แรงดันปานกลาง 24/12 กิโลโวลท์
3. - - → แทนสายจำหน่าย แรงดันต่ำ 380/220 โวลท์

จุดมุ่งหมายของงานควบคุมระบบไฟฟ้า คือ

ก. ความเชื่อถือได้ คือ พยายามให้มีความต่อเนื่องในการจ่ายพลังงานไฟฟ้า ถ้ามีการขาดตอนในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าก็พยายามให้มีการขาดตอนน้อยที่สุดหรือในเวลาสั้นที่สุด

ข. ความปลอดภัย คือ พยายามให้พลังงานไฟฟ้าอยู่ในสภาวะที่ปลอดภัยในการใช้งาน ลดอันตรายอันอาจจะเกิดขึ้นจากเหตุขัดข้องภายในระบบไฟฟ้า

ค. ความประหยัด คือ พยายามลดความสูญเสียของพลังงานไฟฟ้าหรือความสูญเสีย

อันอาจเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า

ในการบรรลุถึงจุดหมายดังกล่าวจำเป็นต้องมีระบบควบคุมไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ ดังนี้

- สวิทช์ตัดตอน (circuit breaker or disconnecting switch) เพื่อทำการตัดหรือเชื่อมต่อส่วนต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้า

- หม้อแปลง (transformer) เพื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันในระบบไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

- อุปกรณ์ระบบป้องกันหรือรีเลย์ (protective relay) เพื่อทำการตรวจจับเหตุขัดข้องที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า

- มาตรวัด (metering) เพื่อตรวจสอบสภาวะของพลังงานไฟฟ้า

อุปกรณ์เหล่านี้จะติดตั้งรวมกันอยู่ตามจุดต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้า จุดที่เป็นที่ตั้งของอุปกรณ์เหล่านี้เรียกว่า สถานีไฟฟ้า งานควบคุมระบบไฟฟ้าจะเป็นการตรวจสอบและเก็บรวบรวมข้อมูลสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ดังกล่าวข้างต้น ข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาเก็บรวบรวมไว้ที่ส่วนกลาง ซึ่งเรียกว่า ศูนย์ควบคุมหรือศูนย์สั่งการระบบไฟฟ้า เพื่อเป็นข้อมูลประกอบในการวิเคราะห์และออกคำสั่งควบคุมการทำงานของสวิทช์ตัดตอนหรือหม้อแปลงหรือรีเลย์ภายในสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ ให้บรรลุจุดมุ่งหมายของงานควบคุมระบบไฟฟ้า

2.4 ความเป็นมาของระบบสกาดา

งานควบคุมระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงในระยะแรกต้องอาศัยพนักงานประจำสถานีไฟฟ้าแต่ละแห่ง เป็นผู้ปฏิบัติตามคำสั่งของวิศวกรประจำศูนย์สั่งการระบบไฟฟ้า พนักงานประจำสถานีไฟฟ้าจึงต้องมีความรู้และความชำนาญพอสมควร การสื่อสารระหว่างวิศวกรประจำศูนย์สั่งการระบบไฟฟ้ากับพนักงานประจำสถานีไฟฟ้าต้องอาศัยการติดต่อด้วยคำพูดทางวิทยุ ซึ่งก็สามารถทำให้การควบคุมระบบไฟฟ้ามีประสิทธิภาพอยู่ช่วระยะหนึ่ง แต่เมื่อระบบไฟฟ้ามีการขยายตัวตามความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้บริการ จำนวนสถานีไฟฟ้ามีเพิ่มขึ้น การสื่อสารเพื่อการควบคุมระบบไฟฟ้าด้วยคำพูดทางวิทยุจึงมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอ เพราะไม่รวดเร็วทันต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะเมื่อมีเหตุการณ์ที่ต้องมีการปฏิบัติงานที่สถานีไฟฟ้าหลาย ๆ แห่ง ซึ่งต้องมีการรายงานข้อมูลเข้า และมีการสั่งการจากศูนย์สั่งการระบบไฟฟ้าในเวลาเดียวกัน บางครั้งอาจเกิดความสับสนจนเป็นเหตุให้เกิดการขัดข้องหรืออันตราย

ขึ้นได้ จึงได้มีการนำเอาระบบสกาดาเข้ามาใช้ในงานควบคุมระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง

การไฟฟ้านครหลวงได้ดำเนินการเพื่อทำการติดตั้งระบบสกาดาโดยการประกวดราคาในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2521 และได้ตัดสินให้ใช้ระบบที่จัดทำโดยบริษัท เมเดนชา (Meidensha Electric Mfg. Co., Ltd.) [7] ประเทศญี่ปุ่น กำหนดแล้วเสร็จของโครงการนี้คือ เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2526

ระบบสกาดาที่ทำการติดตั้งนี้ถูกกำหนดให้มีขีดความสามารถที่จะนำมาควบคุมสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ ได้รวมทั้งสิ้น 80 สถานี แต่ได้กำหนดให้ติดตั้งตามสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ เพื่อใช้งานตามสัญญาเพียง 47 สถานี ตามจำนวนสถานีไฟฟ้าที่มีอยู่ขณะนั้น ขอบเขตความสามารถของการทำงานแยกออกได้เป็น 3 ประเภท [8, 9] คือ

ก. ด้านการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ มีความสามารถควบคุมการปลดหรือสับสวิทช์ ควบคุมการยื้นหรือลงของแท็ปหม้อแปลง ควบคุมการใช้หรือเลิกใช้รีเลย์บางตัว รวมแล้วสามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ได้ทั้งสิ้น 4,000 จุด การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์แต่ละจุดจะต้องเสร็จสิ้นภายในเวลาไม่เกิน 1 วินาที นับแต่เริ่มมีคำสั่งให้ปฏิบัติงานได้ (activate command)

ข. ด้านการรายงานสภาวะหรือตำแหน่งของสวิทช์หรืออุปกรณ์รีเลย์มีความสามารถในการรายงานข้อมูลสภาวะของอุปกรณ์ดังกล่าวได้รวมทั้งสิ้น 20,000 จุด การรายงานข้อมูลจะต้องทำให้เสร็จสิ้นภายในเวลา 2 วินาที นับแต่เกิดเหตุการณ์

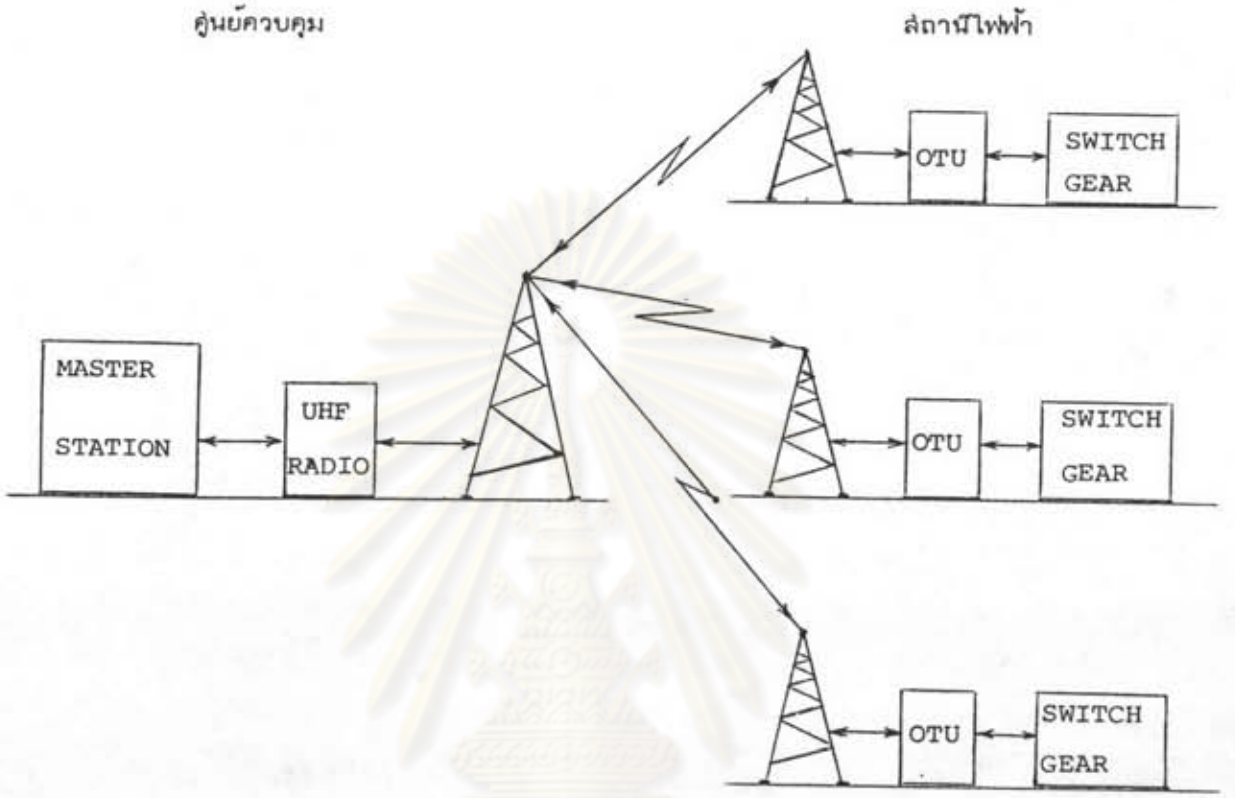
ค. ด้านการรายงานสภาวะของพลังงานไฟฟ้า มีความสามารถในการรายงานสภาวะของพลังงานไฟฟ้าเป็นรูปของค่าวัดต่าง ๆ ได้รวมทั้งสิ้น 3,000 จุด การรายงานสภาวะของพลังงานไฟฟ้าจะต้องทำให้เสร็จสิ้นภายใน 20 วินาที ระบบสกาดาที่ใช้ถูกออกแบบให้สามารถรายงานสภาวะของพลังงานไฟฟ้าได้เสร็จสิ้นภายใน 10 วินาที

2.5 โครงสร้างของระบบสกาดา

ระบบสกาดาของการไฟฟ้านครหลวงประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

- ศูนย์ควบคุม (master station or MS)
- สถานีไฟฟ้า (outstation terminal unit or OTU)

ศูนย์ควบคุมและสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ จะติดต่อกันโดยผ่านระบบวิทยุในย่านความถี่ยูเอชเอฟ (UHF) ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของระบบสกาดา

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าทิศทางการสื่อสารของระบบสกาดาประกอบด้วย 2 ทิศทางคือ

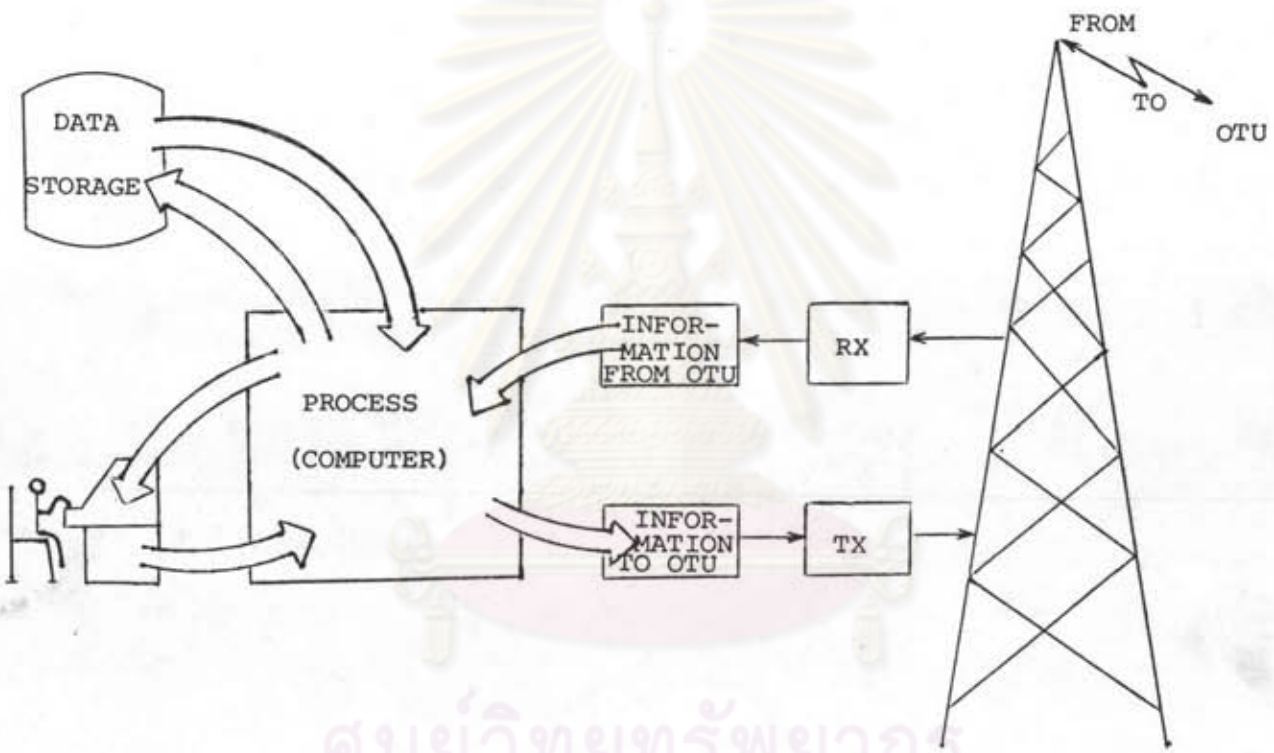
ก. ทิศทางการสื่อสารจากศูนย์ควบคุมไปยังสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ ศูนย์ควบคุมจะส่งข่าวสารไปยังสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ โดยอาศัยช่องทางการสื่อสารแบบ 16 เอฟเอ็ม มัลติเพล็กซิง (16 FM-Multiplexing-Channels) ส่งออกในรูปของสัญญาณกระจาย (broadcasting)

ข. ทิศทางการสื่อสารจากสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ มายังศูนย์ควบคุม สถานีไฟฟ้าต่าง ๆ จะส่งข้อมูลมายังศูนย์ควบคุมโดยอาศัยช่องทางการสื่อสารแบบเอฟเอ็ม จำนวน 16 ช่อง (16 FM-Single-Channel) การจัดแบ่งและการวางรูปแบบของช่องทางการสื่อสารสำหรับสถานีไฟฟ้าทั้ง 80 สถานีนั้น จะมีการใช้ช่องทางการสื่อสารร่วมกัน 5 สถานีต่อ 1 ช่อง สถานีทั้ง 5 ควรอยู่ในแนวเส้นรัศมีเดียวกัน

2.5.1 ศูนย์ควบคุม เป็นศูนย์กลางของการควบคุมระบบไฟฟ้า หน้าที่หลักของอุปกรณ์ศูนย์ควบคุม (ดังรูปที่ 2.3) คือ

- รับข้อมูลที่ส่งมาจากสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ มาทำการประมวลผล แล้วนำผลที่ได้ไปเก็บในแหล่งเก็บข้อมูลและนำเสนอข้อมูลต่อผู้ปฏิบัติงาน

- รับและถ่ายทอดคำสั่งควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าจากผู้ปฏิบัติงานไปยังสถานีไฟฟ้าเป้าหมาย

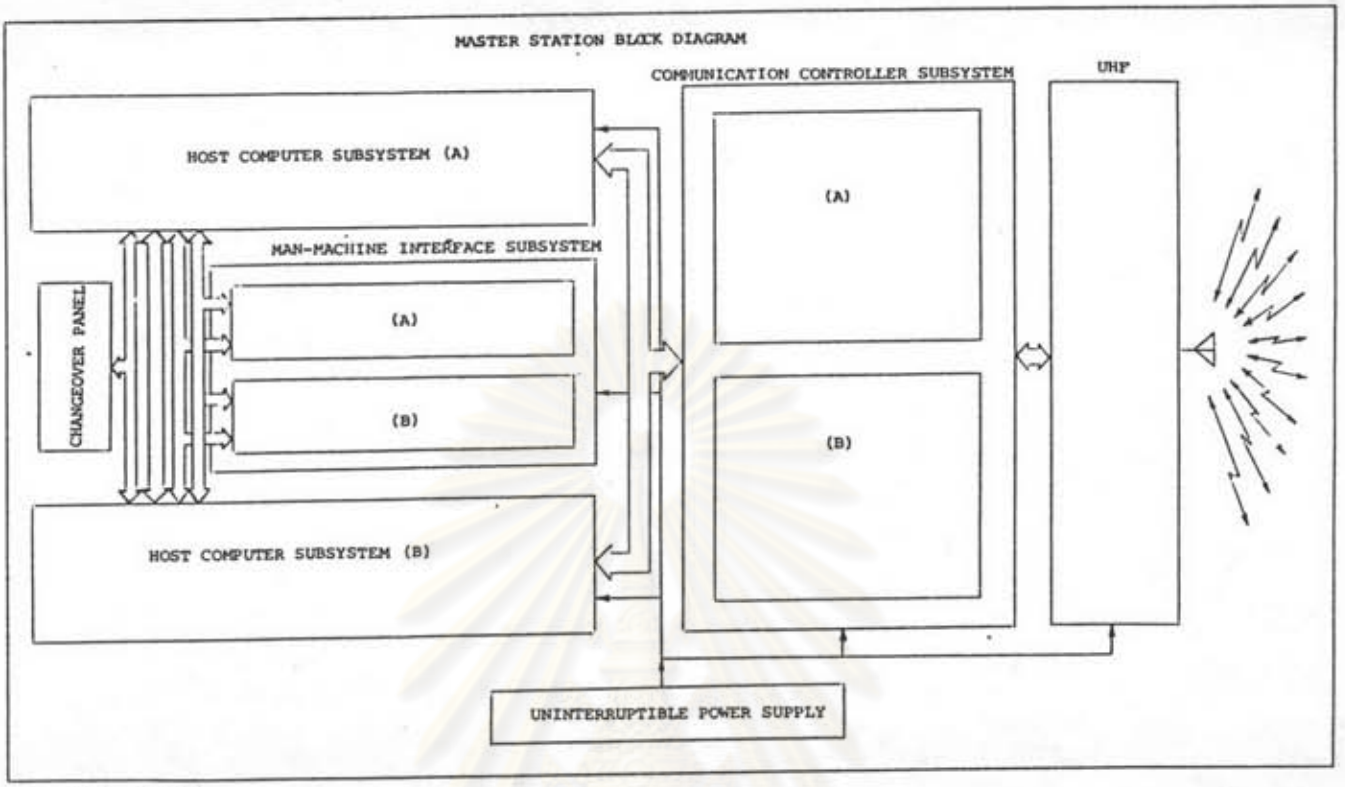


รูปที่ 2.3 แสดงหน้าที่ของอุปกรณ์ภายในศูนย์ควบคุม

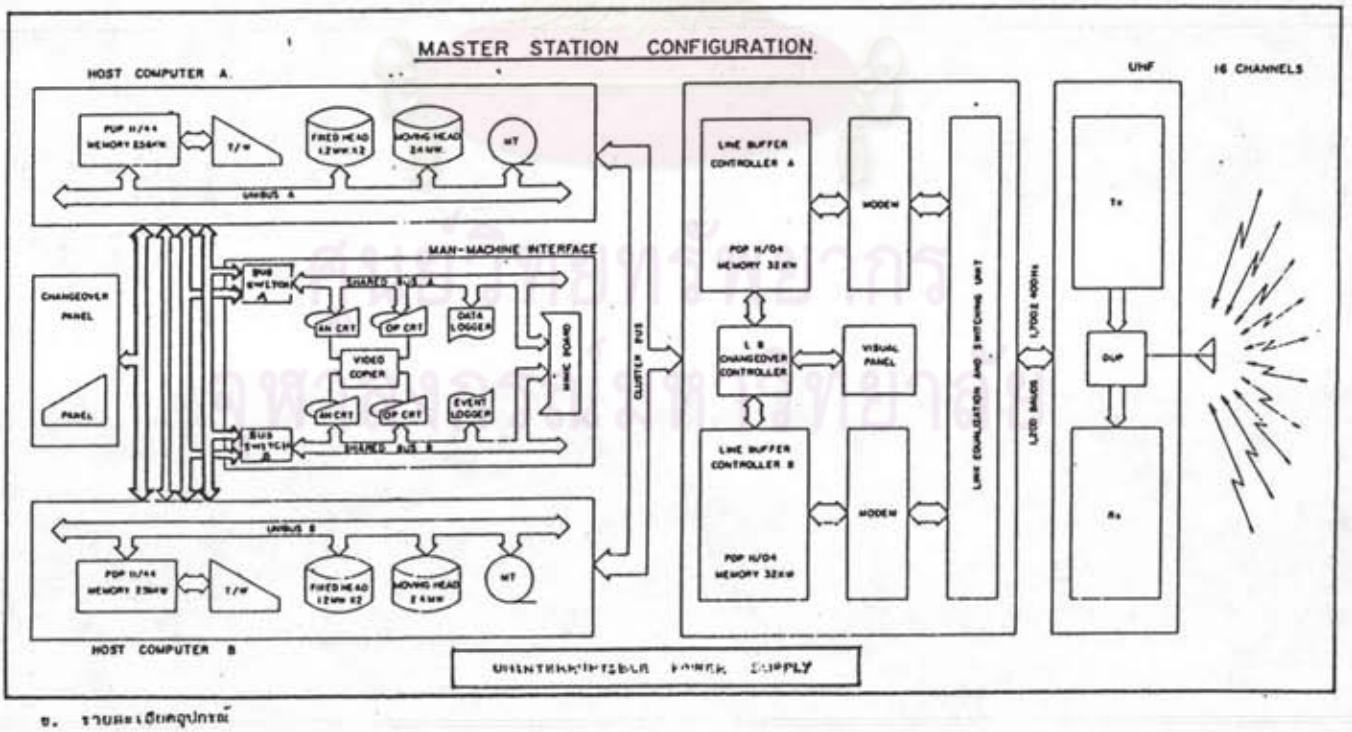
อุปกรณ์ภายในศูนย์ควบคุมได้ถูกออกแบบให้มีการทดแทนกันได้โดยสมบูรณ์ (full redundancy) อุปกรณ์เหล่านี้จะแบ่งหน้าที่กันทำงาน แต่ในขณะเดียวกันก็มีขีดความสามารถที่จะทำงานแทนอุปกรณ์ตัวอื่นได้ในกรณีที่อุปกรณ์นั้นเกิดขัดข้อง การออกแบบลักษณะนี้จึงทำให้ระบบสกาดามีความเชื่อถือได้สูง

อุปกรณ์ภายในศูนย์ควบคุมสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ระบบย่อย (ดังรูปที่ 2.4) คือ

- ระบบคอมพิวเตอร์หลัก (host computer subsystem)



ก. บล็อกไดอะแกรม



ข. รายละเอียดอุปกรณ์

รูปที่ 2.4 แสดงองค์ประกอบของอุปกรณ์ศูนย์ควบคุม

- ระบบอุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุท (man-machine interface subsystem)
- ระบบควบคุมการสื่อสาร (communication controller subsystem)
- ระบบจ่ายไฟต่อเนื่อง (uninterruptible power supply)

2.5.1.1 ระบบคอมพิวเตอร์หลัก เป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของระบบสกาดาทำหน้าที่รับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุท หรือจากภาครับของระบบควบคุมการสื่อสาร ทำการประมวลผลข้อมูล และส่งข้อมูลออกเพื่อนำไปแสดงผลที่อุปกรณ์เอาท์พุท หรือส่งข้อมูลออกไปยังภาคส่งของระบบควบคุมการสื่อสาร รวมทั้งการปรับปรุงแก้ไขข้อมูลภายในแฟ้มข้อมูลต่าง ๆ ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในระบบคอมพิวเตอร์หลัก หรือระบบอุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุท

ระบบคอมพิวเตอร์หลัก สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชุด คือ ชุดเอ และชุดบี แต่ละชุดจะประกอบด้วยอุปกรณ์ชนิดเดียวกัน จำนวนเท่ากัน และสามารถทำงานได้เหมือนกันทุกประการ จุดประสงค์ก็เพื่อให้มีการทดแทนกันโดยชุดหนึ่งจะทำงานในภาวะหลัก (main mode) ซึ่งจะดำเนินงานในการควบคุมระบบไฟฟ้าทั้งหมด ส่วนอีกชุดหนึ่งต้องพร้อมที่จะเข้าทำงานแทนชุดที่ทำงานในภาวะหลักทันทีที่เครื่องคอมพิวเตอร์ในชุดนั้นขัดข้อง อุปกรณ์ชุดที่คอยเพื่อทดแทนอุปกรณ์ชุดหลักเมื่ออุปกรณ์ชุดหลักขัดข้องนั้นจะทำงานอยู่ในภาวะที่เรียกว่า ภาวะสำรอง (standby mode)

เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำงานในภาวะสำรองนี้สามารถนำมาใช้ในภาวะทดสอบ (test mode) เพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขแฟ้มข้อมูล หรือเพื่อทดสอบการทำงานของระบบหรืออุปกรณ์ภายในระบบสกาดาได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ในงานออฟไลน์ (off-line) อื่น ๆ ได้อีกด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

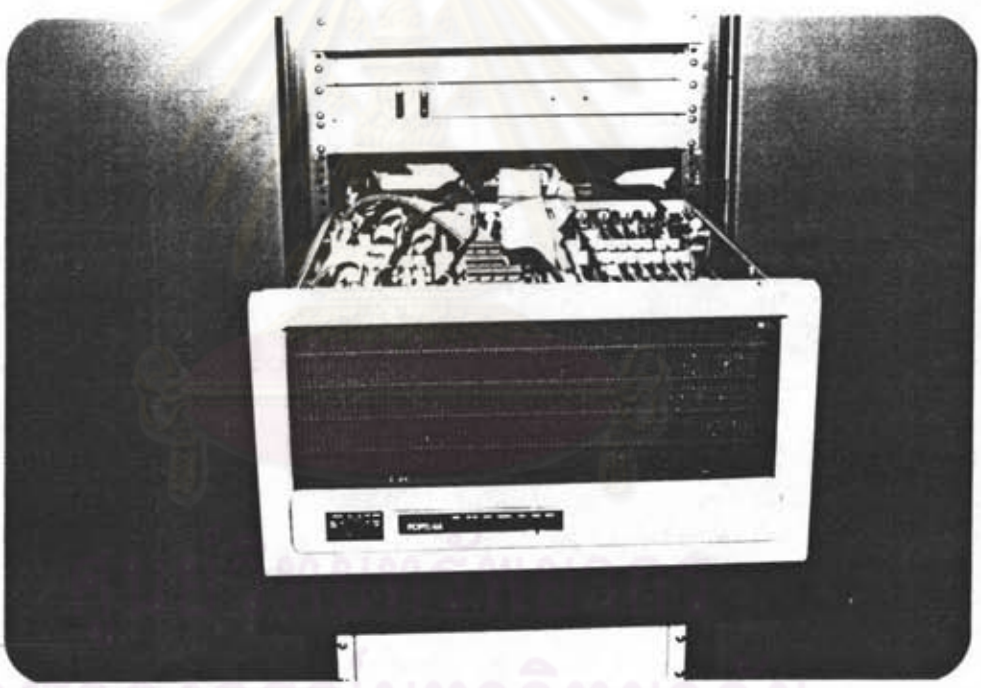
อุปกรณ์ภายในระบบคอมพิวเตอร์หลักแต่ละชุดประกอบด้วย

ก. <u>คอมพิวเตอร์หลัก</u> เป็น 16 บิทมินิคอมพิวเตอร์ แบบ พีดีพี 11/44 (รูปที่ 2.5) ใช้โปรแกรมควบคุมระบบชื่อ อาร์เอสเอ็กซ์-11 เอ็ม (RSX-11M) ที่มีการทำงานเป็นแบบเรียลไทม์-มัลติโปรแกรมมิง ขนาดของหน่วยความจำสูงสุด 2 ล้านคำ (2MW) ปัจจุบันมีใช้อยู่เพียง 256 พันคำ (256 KW) มีแหล่งจ่ายไฟสำรองเป็นแบตเตอรี่ที่สามารถสำรองจ่ายไฟได้นาน 20 นาที มีภาวะการทำงานหลักอยู่ 3 ภาวะคือ

-ภาวะหลัก (main mode)

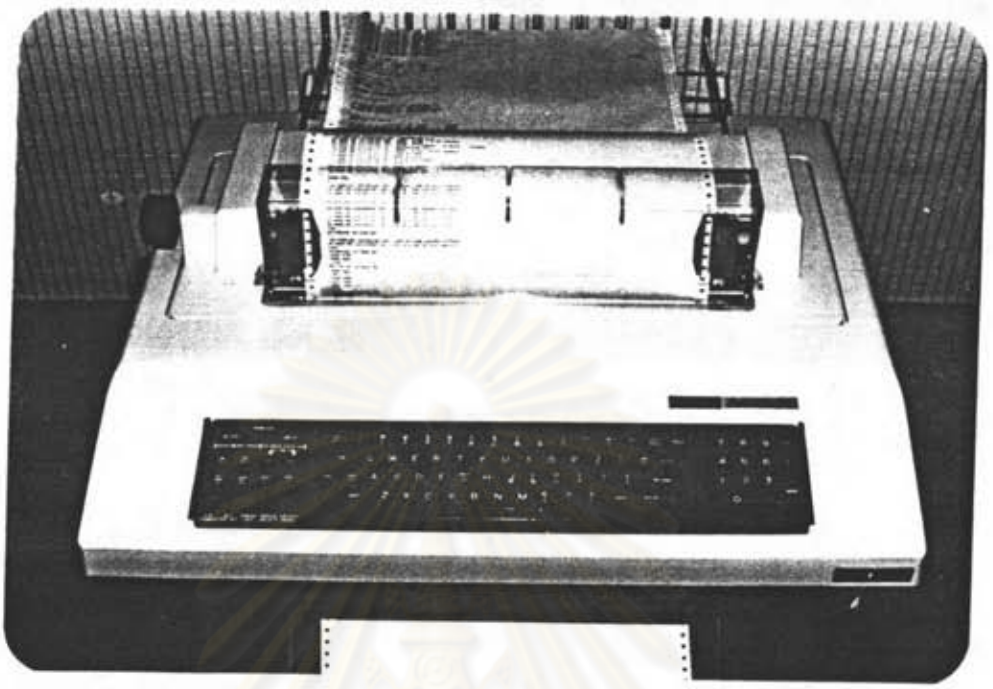
-ภาวะสำรอง (standby mode)

-ภาวะทดสอบ (test mode)



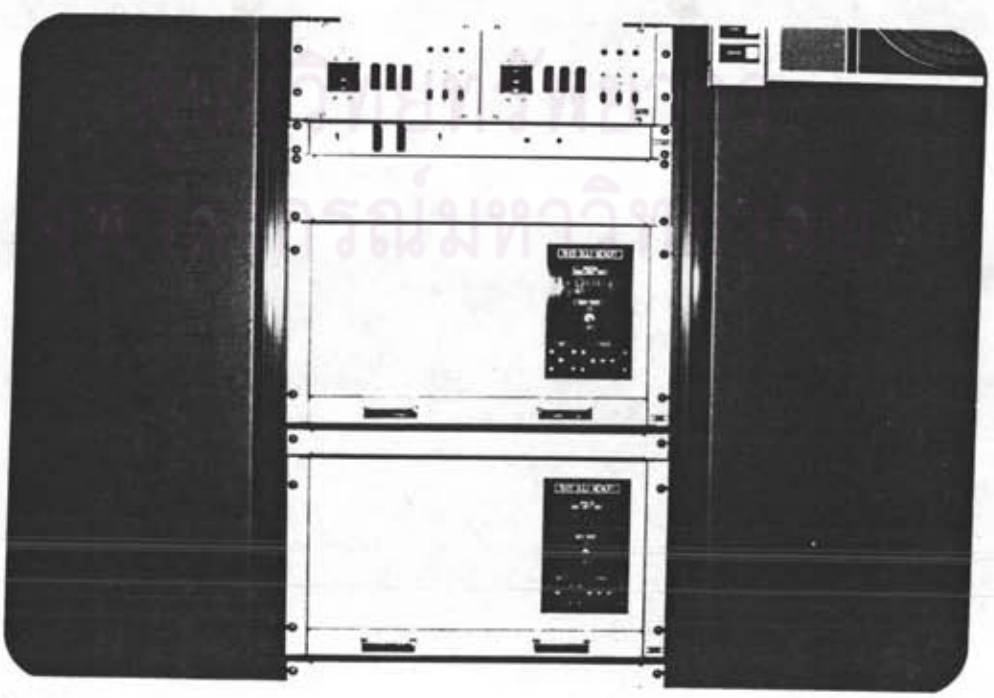
รูปที่ 2.5 แสดงรูปถ่ายของเครื่องคอมพิวเตอร์หลัก พีดีพี 11/44

ข. <u>เครื่องพิมพ์ของระบบ</u> (system typewriter) เป็นเทอร์มินัลของระบบที่ผู้ปฏิบัติงานใช้ในการติดต่อและควบคุมการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ (รูปที่ 2.6)



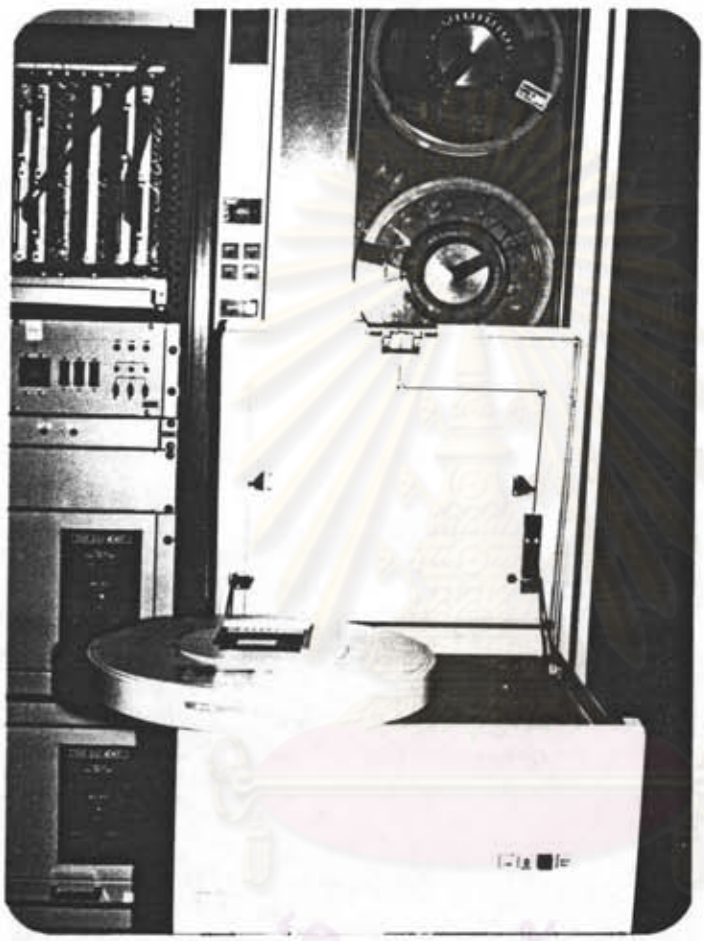
รูปที่ 2.6 แสดงรูปถ่ายของเครื่องพิมพ์ระบบ

ค. ดิสก์แบบหัวไม่เคลื่อนที่ (fixed head disk) มี 2 หน่วย ขนาดความจุหน่วยละ 1.2 ล้านคำ เป็นแหล่งความจำสำรองแบบจานแม่เหล็กที่มีหัวอ่านและบันทึกข้อมูล 1 หัวต่อ 1 ร่องของข้อมูล (1 head per track) ใช้สำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมระบบ โปรแกรมประยุกต์ และแฟ้มข้อมูลต่าง ๆ (รูปที่ 2.7)



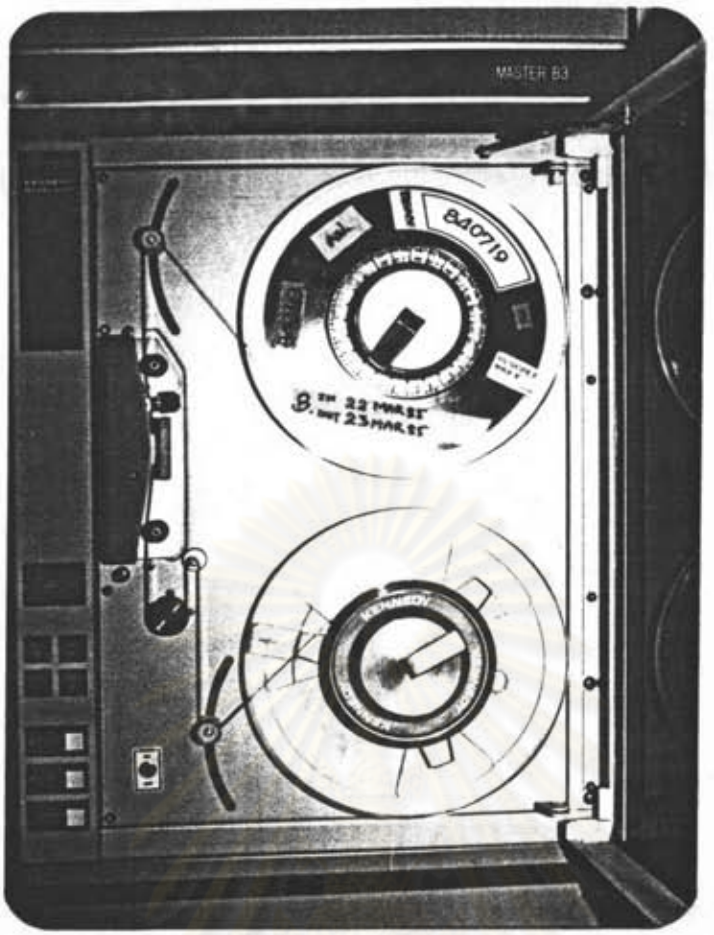
รูปที่ 2.7 แสดงรูปถ่ายของดิสก์แบบหัวไม่เคลื่อนที่

ง. ดิสค์แบบหัวเคลื่อนที่ (moving head disk) มีขนาด 2.4 ล้านคำ เป็นแหล่งความจำสำรองแบบจานแม่เหล็กที่มีหัวอ่านและบันทึกข้อมูลเพียงหัวเดียวเคลื่อนไปมาตามร่องข้อมูลต่าง ๆ ใช้สำหรับเก็บทาส์กับริวารต่าง ๆ และใช้เป็นเนื้อที่สำหรับงานออฟไลน์ต่าง ๆ ด้วย (รูปที่ 2.8)



รูปที่ 2.8 แสดงรูปถ่ายของดิสค์แบบหัวเคลื่อนที่

จ. เทปแม่เหล็ก (magnetic tape) เป็นแหล่งเก็บบันทึกข้อมูลแบบม้วนเทปแม่เหล็ก ใช้ในงานเก็บบันทึกข้อมูลประวัติของระบบไฟฟ้าและใช้ในงานออฟไลน์อื่น ๆ (รูปที่ 2.9)



รูปที่ 2.9 แสดงรูปถ่ายของเทปแม่เหล็ก

ฉ. อุปกรณ์เชื่อมโยงระหว่างระบบคอมพิวเตอร์ทั้งสอง (inter-computer link or CPU link) สำหรับควบคุมการส่งถ่ายข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์หลักทั้ง 2 ชุด ข้อมูลที่มีการส่งถ่ายระหว่างคอมพิวเตอร์หลักทั้ง 2 ชุด คือ ข้อมูลพารามิเตอร์ทางซอฟท์แวร์ ซึ่งกำหนดสภาวะการประมวลผลข้อมูลในระบบไฟฟ้า ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้จะถูกกำหนดและเปลี่ยนแปลงโดยผู้ปฏิบัติงาน เช่น ค่าขอบเขตล่าง/บนของค่าวัดต่าง ๆ (lower/upper limit) การสั่งห้ามการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ (control lock) และการสั่งยกเลิกการประมวลผลค่าวัดต่าง ๆ (data suppress) เป็นต้น

ช. ส่วนควบคุมภาวะการทำงานของอุปกรณ์ระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้ในการตรวจสอบและควบคุมภาวะการทำงานของคอมพิวเตอร์หลัก (main mode, standby mode, test mode) ทั้ง 2 ชุด

ซ. นาฬิกาหลัก (master clock) ซึ่งใช้เป็นตัวกำหนดเวลาอ้างอิงของระบบสถานี

008762

2.5.1.2 ระบบอุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุท อุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุทเหล่านี้ต่ออยู่บนกลุ่มของสายสัญญาณที่เรียกว่า แฮร์บัส (shared bus) แฮร์บัสมีอยู่ด้วยกัน 2 ชุด คือ แฮร์บัสชุดเอและแฮร์บัสชุดบี แต่ละชุดต่ออยู่กับอิเล็คทรอนิคส์สวิทย์ที่เรียกว่าบัสสวิทย์ ซึ่งบัสสวิทย์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เลือกหรือเปลี่ยนทิศทางการเชื่อมต่อแฮร์บัสเข้ากับคอมพิวเตอร์หลักชุดใดชุดหนึ่ง

อุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุท จะประกอบด้วย

ก. โต๊ะควบคุม (control desk) มี 2 ชุดคือ ชุดเอและชุดบี แยกต่ออยู่บนแฮร์บัสทั้งสอง 1 ชุด/บัส อุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุทบนโต๊ะควบคุมแต่ละชุดจะทำงานอย่างอิสระไม่ขึ้นแก่กัน ทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถควบคุมสถานีไฟฟ้า 2 แห่งได้พร้อมกันอย่างอิสระ แต่มีข้อจำกัดว่าผู้ปฏิบัติงานจะไม่สามารถควบคุมสถานีไฟฟ้าแห่งเดียวกันในเวลาเดียวกันได้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันความสับสน อุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุทบนโต๊ะควบคุม (รูปที่ 2.10) แต่ละชุดประกอบด้วยเทอร์มินัล 2 ชุดคือ

-เทอร์มินัลเพื่อรายงานเหตุการณ์ (announcement CRT or AN-CRT with keyboard)

-เทอร์มินัลเพื่อการควบคุม (operation CRT or OP-CRT with keyboard)

รูปที่ 2.10 แสดงรูปถ่ายของอุปกรณ์โต๊ะควบคุม

เทอร์มินัลเพื่อรายงานเหตุการณ์ ใช้สำหรับงานดังต่อไปนี้

-แสดงรายงานเหตุการณ์ทั้งหมดในระบบไฟฟ้า สามารถแสดงรายงานย้อนหลังได้รวม 765 เหตุการณ์

-แสดงรายงานชนิดต่าง ๆ แยกตามประเภทของเหตุการณ์ เช่น

รายงานเหตุขัดข้อง (alarm review)

รายงานผลการควบคุม (operation review)

รายงานการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ทางซอฟท์แวร์ (function review)

เทอร์มินัลเพื่อการควบคุมใช้สำหรับงานดังต่อไปนี้

-แสดงผังของสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ (single line diagram) และรายละเอียดการต่ออุปกรณ์ ข้อมูลสถานะของอุปกรณ์และค่าวัดตามจุดต่าง ๆ

-แสดงเส้นกราฟลักษณะความต้องการพลังงาน (demand trend graph) ของสถานีต้นทางจากเวลาปัจจุบันย้อนหลังไป 24 ชั่วโมง

-ใช้ในการออกคำสั่งควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าซึ่งต้องมีการเลือกสถานีไฟฟ้าและอุปกรณ์เป้าหมาย รวมทั้งการออกคำสั่งควบคุมผ่านทางแป้นอักษร มีการแสดงผลของขั้นตอนการควบคุมแต่ละขั้นตอนบนจอภาพ

-ใช้ในการกำหนดหรือเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทางซอฟท์แวร์ เช่น ค่าขอบเขตล่าง/บนของค่าวัดต่าง ๆ (lower/upper limit) การสั่งห้ามการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ (control lock) การสั่งยกเลิกการประมวลผลค่าวัดต่าง ๆ (data suppress) การกำหนดสภาวะการทำงานของสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ (OTU status) เป็นต้น การกำหนดค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ทำโดยผ่านแป้นอักษร และสามารถตรวจสอบผลได้ทางจอภาพ

ง. เครื่องพิมพ์ (printer) มีจำนวน 2 เครื่อง (รูปที่ 2.11) แยกต่ออยู่บนแฮร์ปัลส์ 1 เครื่อง/ปัลส์ มีหน้าที่หลักในการพิมพ์รายงานในระบบไฟฟ้า 2 รายงาน คือ รายงานเหตุการณ์ (event logging) และรายงานค่าวัด (measurement logging) โดยปกติเครื่องพิมพ์ทั้งสองจะแบ่งหน้าที่กันดังนี้

-เครื่องพิมพ์ที่ต่ออยู่กับแฮร์ปัลส์ยูดเอ จะทำหน้าที่พิมพ์รายงานค่าวัดทุกจุดของทุกสถานีไฟฟ้าทุก 1 ชั่วโมง และพิมพ์รายงานค่าความต้องการ

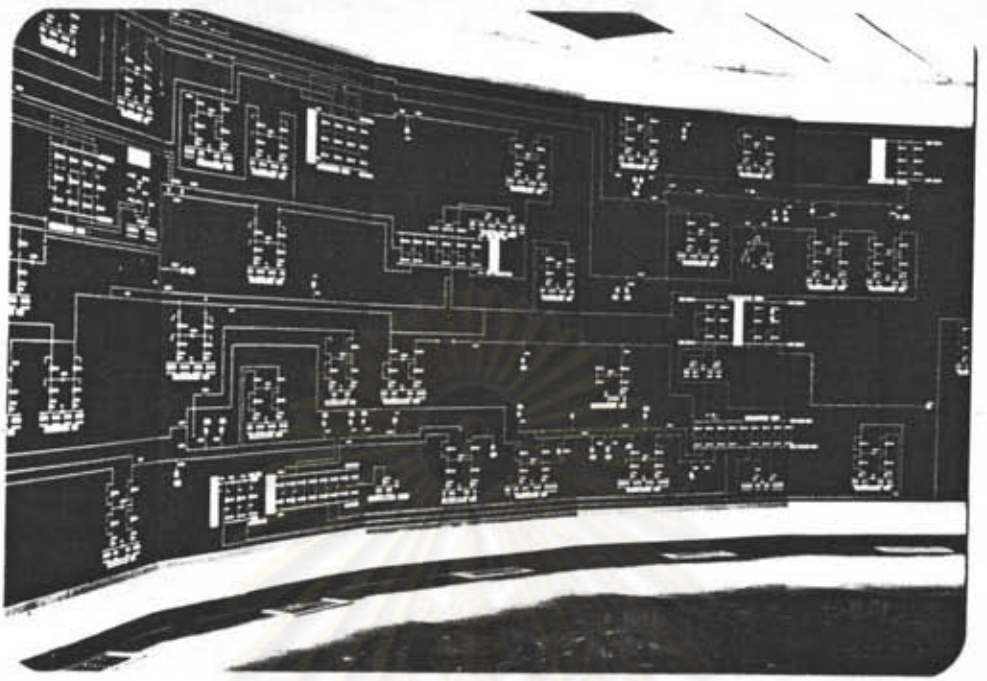
พลังงาน (demand) ของสถานีต้นทางต่าง ๆ ทุกครึ่งชั่วโมง

- เครื่องพิมพ์ที่ต่ออยู่กับแฮร์ปัลซุดบี จะทำหน้าที่จัดพิมพ์รายงานเหตุการณ์ทั้งหมดในระบบไฟฟ้า ลักษณะของรายงานจะเป็นแบบเดียวกับรายงานเหตุการณ์ที่แสดงบนจอภาพ

เครื่องพิมพ์ทั้งสองเครื่องมีความสามารถในการทำงานทดแทนกันได้หรือสามารถนำมาใช้ในงานออฟไลน์ได้เช่นกัน

รูปที่ 2.11 แสดงรูปถ่ายของเครื่องพิมพ์

ค. <u>ฝังระบบไฟฟ้า</u> (Mimic board or mosaic board) (รูปที่ 2.12) ต่ออยู่บนแฮร์ปัลทั้งสองชุด ฝังระบบไฟฟ้ามีขนาดกว้าง 12.60 เมตร สูง 3 เมตร ประกอบด้วยชิ้นพลาสติคสี่เหลี่ยมจตุรัส (mosaic tiles) ขนาด 1 ตารางนิ้ว ชิ้นพลาสติกเหล่านี้อาจเป็นสีเทาดำเรียบ (blank tiles) หรือสีเทาดำเป็นพื้นและมีสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าอยู่ด้วย (symbolic tiles) เพื่อแสดงฝังการจ่ายไฟในระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง รายละเอียดการต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยไดโอดเปล่งแสง (LED) เพื่อแสดงสถานะของสวิทช์ตัดตอนต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้า



รูปที่ 2.12 แสดงรูปถ่ายของฝังระบบไฟฟ้า

ง. เครื่องสำเนาภาพ (video copier) ใช้สำหรับถ่ายสำเนาของภาพบนจอภาพเครื่องใดเครื่องหนึ่งได้ทันที โดยสำเนาที่ได้จะเป็นภาพขาวดำ (รูปที่ 2.13)

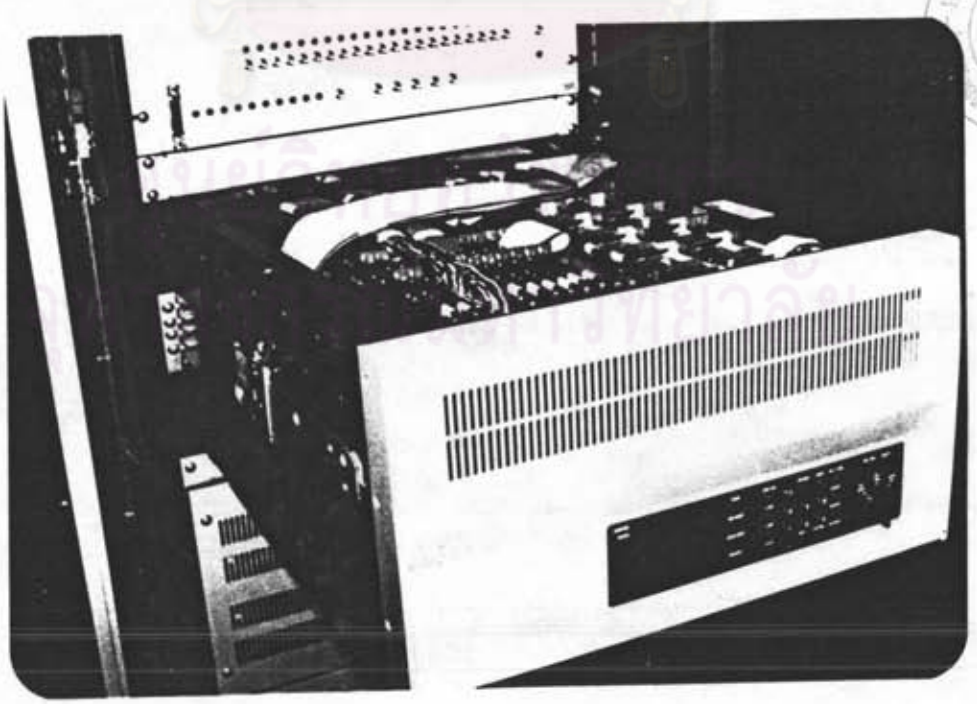
รูปที่ 2.13 แสดงรูปถ่ายของเครื่องสำเนาภาพ

2.5.1.3 ระบบควบคุมการสื่อสาร มีหน้าที่ควบคุมการติดต่อรับ-ส่งข้อมูลระหว่างศูนย์ควบคุมกับสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ ได้ทั้งสิ้น 80 สถานี การจัดการสื่อสารจะแบ่งสถานีไฟฟ้าเหล่านี้ออกเป็น 16 กลุ่ม เท่าจำนวนช่องทางการสื่อสาร แต่ละกลุ่มประกอบด้วยสถานีไฟฟ้า 5 สถานี

ระบบควบคุมการสื่อสารสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชุด คือ ชุดเอ และชุดบี อุปกรณ์ทั้ง 2 ชุดจะแบ่งงานกันครึ่งต่อครึ่ง หรือชุดละ 8 ช่องทางการสื่อสาร คือ ชุดเอ ควบคุมการติดต่อรับ-ส่งข้อมูลระหว่างศูนย์ควบคุมกับสถานีไฟฟ้ากลุ่มที่ 1 ถึง 8 ส่วนชุด บี ควบคุมการติดต่อรับ-ส่งข้อมูลระหว่างศูนย์ควบคุมกับสถานีไฟฟ้ากลุ่มที่ 9 ถึง 16 แต่ในขณะเดียวกันช่องทางการสื่อสารหนึ่ง ๆ ของอุปกรณ์ชุดหนึ่งสามารถทำงานทดแทนช่องทางการสื่อสารในลำดับเดียวกันของอุปกรณ์อีกชุดหนึ่งเมื่อช่องทางการสื่อสารนั้นขัดข้องได้ เช่น ช่องทางการสื่อสารที่ 1 กับ 9 2 กับ 10 3 กับ 11 4 กับ 12 5 กับ 13 6 กับ 14 7 กับ 15 และ 8 กับ 16 สามารถทำงานทดแทนกันได้

อุปกรณ์ภายในระบบควบคุมการสื่อสารแต่ละชุดประกอบด้วย

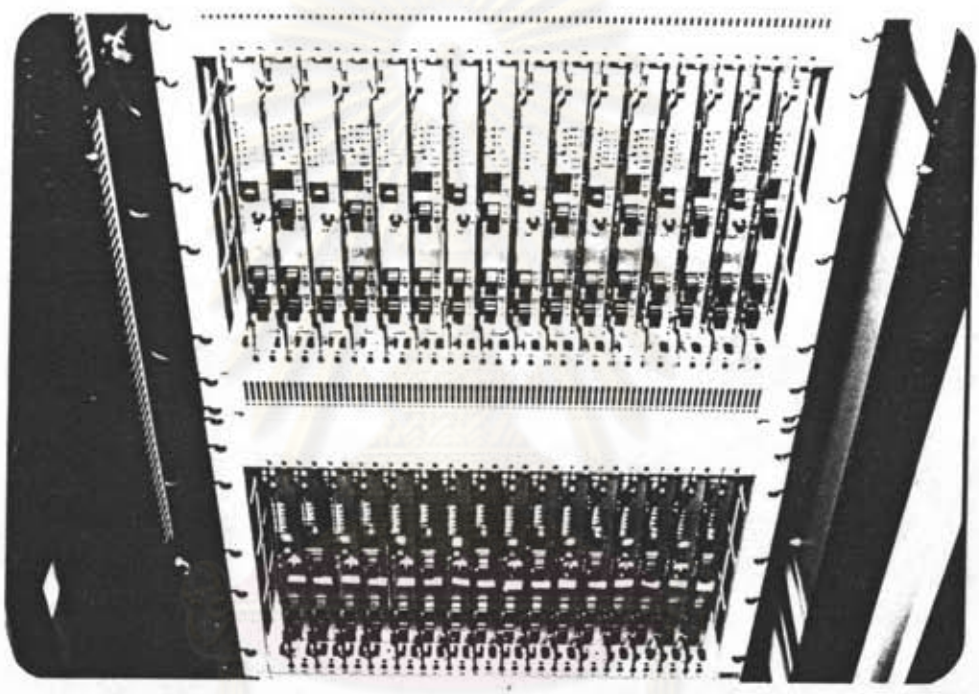
ก. ฟรอนท์เอ็นด์คอมพิวเตอร์ หรือแอลบีซี (line buffer controller or LBC) เป็น 16 บิท มินิคอมพิวเตอร์แบบ พีดีพี 11/04 ขนาดของหน่วยความจำ 32 พันคำ ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แสดงรูปถ่ายของเครื่องฟรอนท์เอ็นด์คอมพิวเตอร์ พีดีพี 11/04

ข. แหล่งเก็บข้อมูลชั่วคราว (line buffer) จำนวน 8 ชุด สำหรับเป็นแหล่งเก็บข้อมูลชั่วคราวของข้อมูลที่มีการรับส่งในแต่ละช่องทางการสื่อสาร

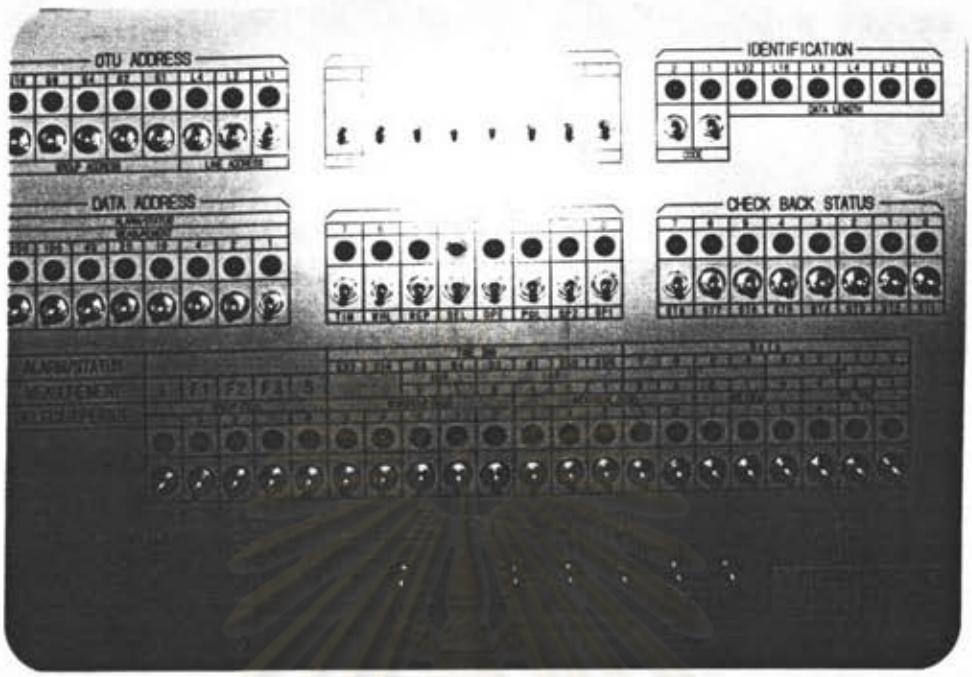
ค. โมเด็ม (modem) จำนวน 8 ชุด หรือ 1 ชุดต่อ 1 ช่องทางการสื่อสาร ดังรูปที่ 2.15 สำหรับการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณเอฟเอ็มสำหรับภาคส่งของระบบสื่อสาร และการเปลี่ยนแปลงสัญญาณเอฟเอ็มจากภาครับของระบบสื่อสารเป็นข้อมูลดิจิตอล



รูปที่ 2.15 แสดงรูปถ่ายของโมเด็ม

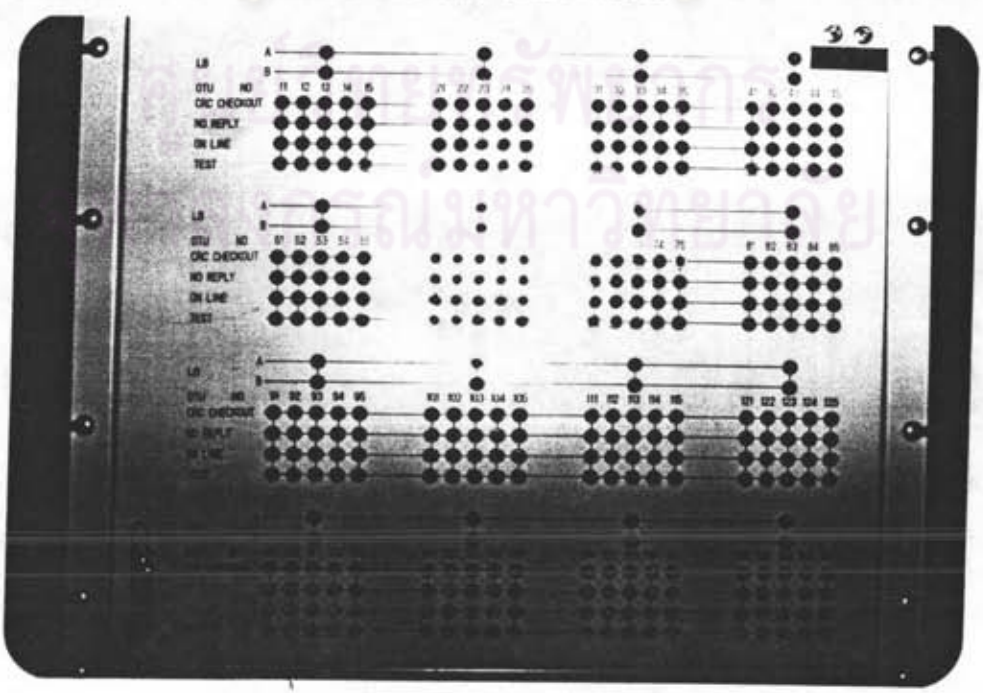
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง. อุปกรณ์ทดลอบ (simulator or test panel) (รูปที่ 2.16) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแสดงสภาวะ (monitor) หรือจำลอง (simulation) หน้าที่การทำงานของศูนย์ควบคุมหรือสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ อุปกรณ์นี้มีประโยชน์มากสำหรับงานบำรุงรักษาระบบสื่อสาร



รูปที่ 2.16 แสดงรูปถ่ายของอุปกรณ์ทดลอบ

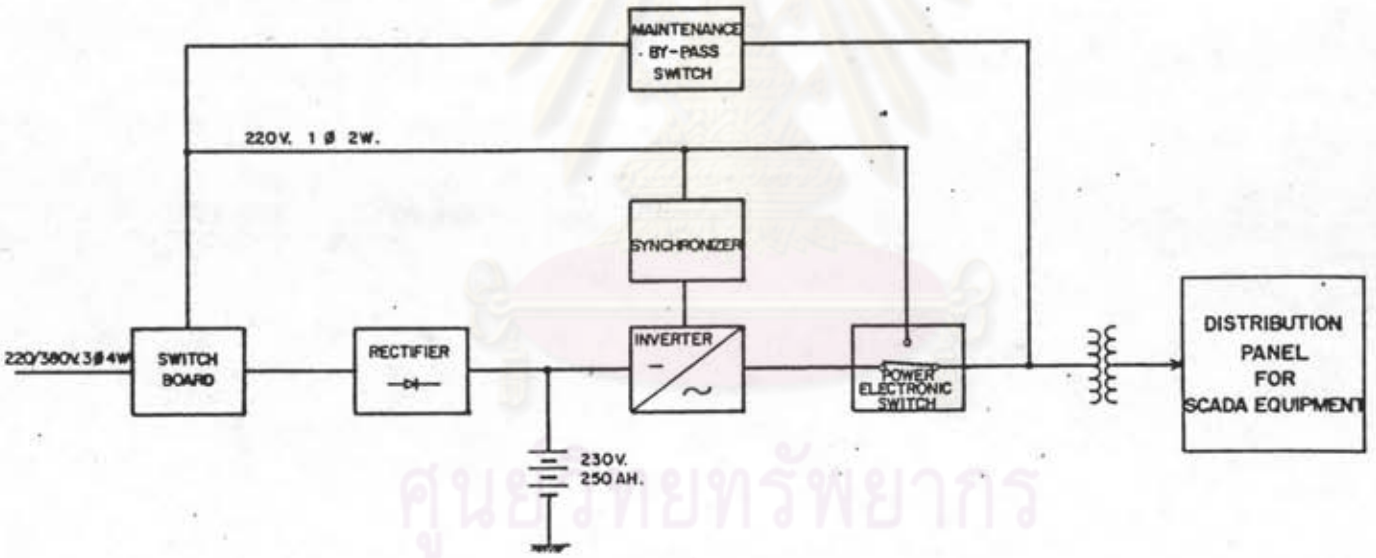
๓. แผงแสดงสภาวะการสื่อสาร (communication visual panel) (รูปที่ 2.17) สำหรับแสดงสภาวะการติดต่อสื่อสารระหว่างศูนย์ควบคุมกับสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น บอกความปกติหรือผิดปกติของการสื่อสาร อาการของความผิดปกติ ทิศทางการต่อของช่องทางการสื่อสารนั้นกับแอสบีซีตัวใดตัวหนึ่ง เป็นต้น



รูปที่ 2.17 แสดงรูปถ่ายของแผงแสดงสภาวะการสื่อสาร

ฉ. ส่วนควบคุมภาวะการทำงานของอุปกรณ์ระบบควบคุมการสื่อสารใช้สำหรับตรวจสอบ แสดงสภาวะ และควบคุมภาวะการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบควบคุมการสื่อสาร การจัดการทำงานทดแทนของอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในระบบควบคุมการสื่อสารก็ถูกควบคุมโดยส่วนควบคุมนี้

2.5.1.4 ระบบจ่ายไฟต่อเนื่อง เป็นระบบจ่ายไฟของอุปกรณ์ภายในศูนย์ควบคุมของระบบสกาดา (รูปที่ 2.18) เพื่อแก้ปัญหาการขาดตอนของพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่อุปกรณ์ศูนย์ควบคุม สามารถจ่ายไฟสำรองในยามฉุกเฉินได้อย่างต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง พลังงานไฟฟ้าสำรองนี้จ่ายมาจากแบตเตอรี่ โดยมีอินเวอร์เตอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับจ่ายให้กับอุปกรณ์



รูปที่ 2.18 แสดงระบบจ่ายไฟต่อเนื่องของศูนย์ควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในภาวะปกติ การจ่ายไฟแก่อุปกรณ์ศูนย์ควบคุมจ่ายจากสาย จำหน่าย (commercial line) ของการไฟฟ้านครหลวง ผ่านอุปกรณ์ระบบจ่ายไฟต่อเนื่อง (uninterruptible power supply or UPS) อุปกรณ์นี้จะประกอบด้วย เรคติไฟเออร์ (rectifier) อินเวอร์เตอร์ (inverter) และส่วนควบคุมอื่น ๆ ไฟฟ้ากระแสสลับจากสายจำหน่ายจะถูกเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสตรงด้วยเรคติไฟเออร์ ไฟฟ้ากระแสตรงนี้ส่วนหนึ่งจะถูกนำไปอัดประจุ (charge) ให้กับแบตเตอรี่ที่ทำหน้าที่เก็บพลังงานไฟฟ้าสำรอง อีกส่วนหนึ่งจะถูกแปลงกลับไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับด้วยอินเวอร์เตอร์เพื่อจ่ายให้กับอุปกรณ์ศูนย์ควบคุมต่อไป

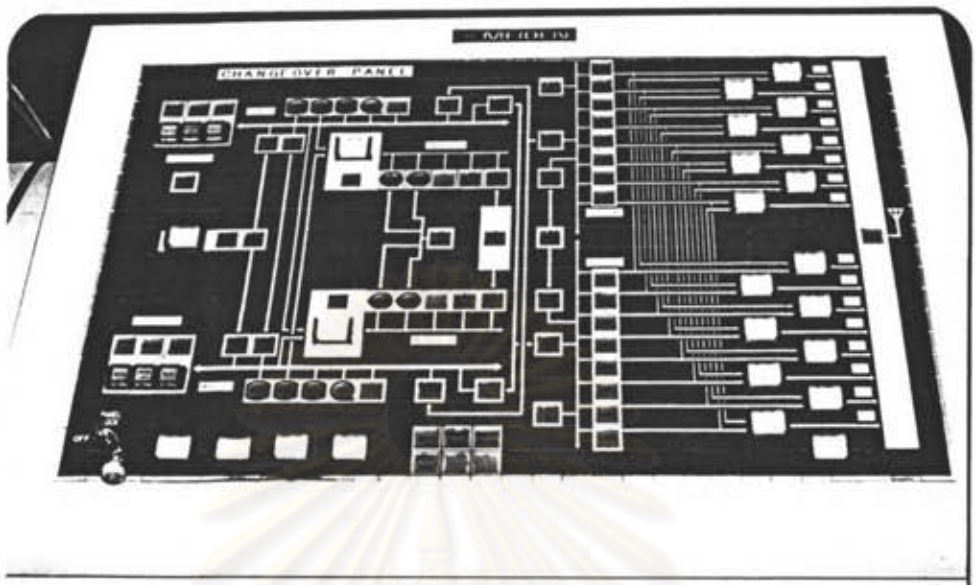
ในภาวะไม่ปกติเราสามารถแยกพิจารณาได้ 2 กรณีคือ

- ความไม่ปกติเนื่องจากการขัดข้องในระบบจำหน่าย ทำให้ไฟฟ้ากระแสสลับในสายจำหน่ายดับไป กรณีนี้พลังงานไฟฟ้าสำรองที่เก็บอยู่ภายในแบตเตอรี่จะถูกเปลี่ยนไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อจ่ายให้อุปกรณ์เป็นการทดแทนพลังงานไฟฟ้าจากระบบจำหน่าย

- ความไม่ปกติเนื่องจากการขัดข้องของอุปกรณ์ระบบจ่ายไฟต่อเนื่อง ส่วนที่สำคัญได้แก่ อินเวอร์เตอร์ กรณีนี้จะทำให้พลังงานไฟฟ้าที่จ่ายจากสายจำหน่ายผ่านอุปกรณ์ระบบจ่ายไฟต่อเนื่องขาดหายไป อุปกรณ์ระบบจ่ายไฟต่อเนื่องได้มีการป้องกันการขาดหายของพลังงานไฟฟ้าในกรณีนี้ได้ เมื่ออินเวอร์เตอร์เกิดขัดข้อง เพาเวอร์อิเล็คทรอนิคส์สวิทช์จะทำการสับผ่าน (bypass) เพื่อนำเอาพลังงานไฟฟ้าจากสายจำหน่ายเข้ามาจ่ายอุปกรณ์โดยตรงไม่ผ่านเรคติไฟเออร์ และอินเวอร์เตอร์

ผู้ปฏิบัติงานที่ศูนย์ควบคุมสามารถทราบสภาวะและออกคำสั่งควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ภายในศูนย์ควบคุมได้จากแผงควบคุม (changeover panel) ดังรูปที่ 2.19

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.19 แสดงรูปถ่ายของแผงควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ศูนย์ควบคุม

แผงควบคุมนี้ตั้งอยู่ระหว่างโต๊ะควบคุมทั้ง 2 ชุดภายในห้องควบคุม แผงควบคุมนี้ประกอบด้วย

- สัญลักษณ์ของอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในศูนย์ควบคุม ภายใต้สัญลักษณ์เหล่านี้จะมีไดโอดเปล่งแสงอยู่ การแสดงสภาวะของอุปกรณ์ต่าง ๆ จะแสดงด้วยแสงและสีของไดโอดเปล่งแสง คือ

แสงสีเขียว หมายถึง อุปกรณ์นั้นอยู่ในสภาวะปกติ

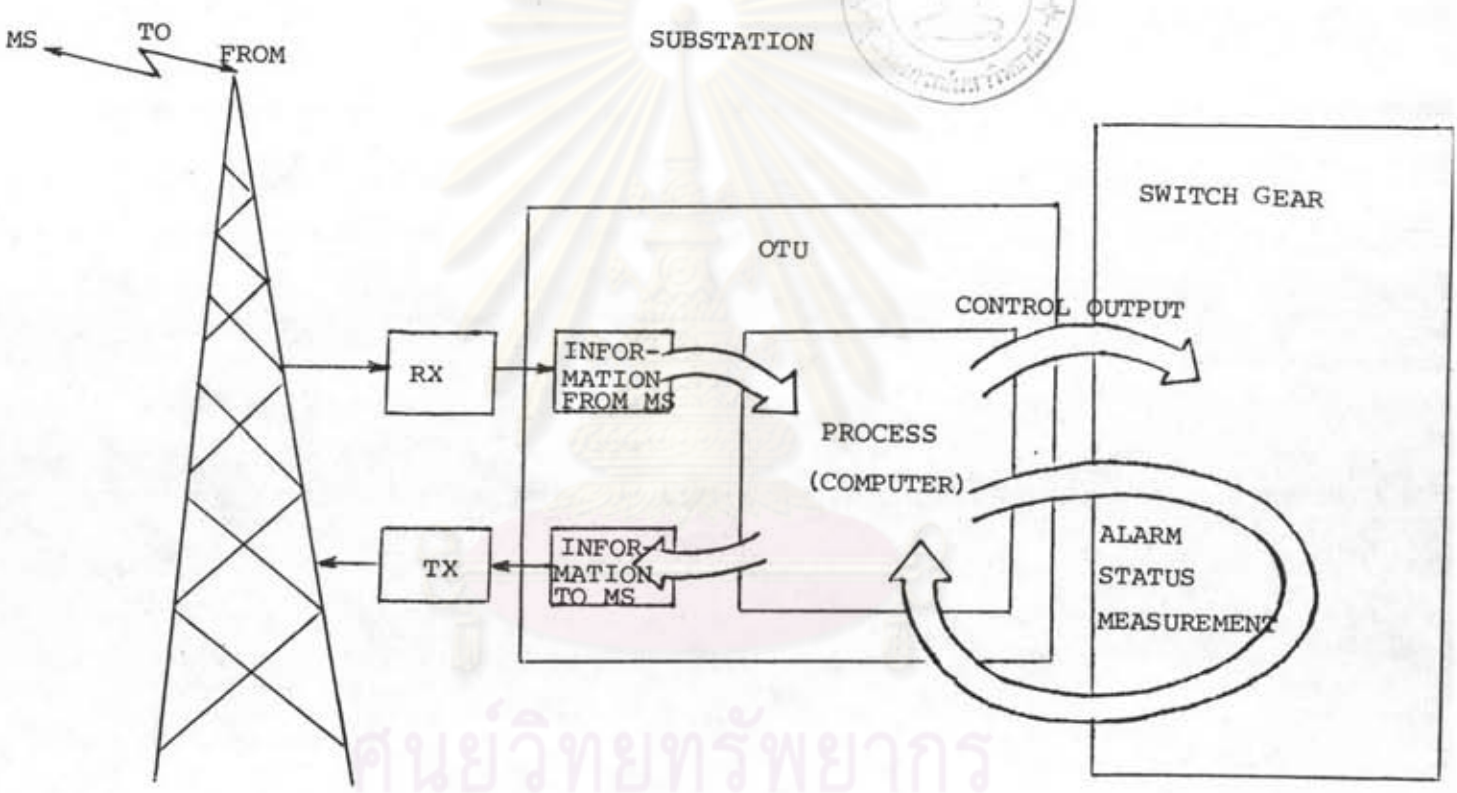
แสงสีแดง หมายถึง อุปกรณ์นั้นอยู่ในสภาวะไม่ปกติ

- ปุ่มควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างอิสระ แทนการทำงานของอุปกรณ์อย่างอัตโนมัติ

2.5.2 สถานีไฟฟ้า เป็นสถานีระยะไกลตั้งอยู่ตามจุดต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้า หน้าที่หลักของอุปกรณ์สกาดาภายในสถานีไฟฟ้า (ดังรูปที่ 2.20) คือ

- รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในสถานีไฟฟ้าส่งไปยังศูนย์ควบคุม การส่งข้อมูลไปยังศูนย์ควบคุมจะส่งได้ต่อเมื่อศูนย์ควบคุมถามมาเท่านั้น

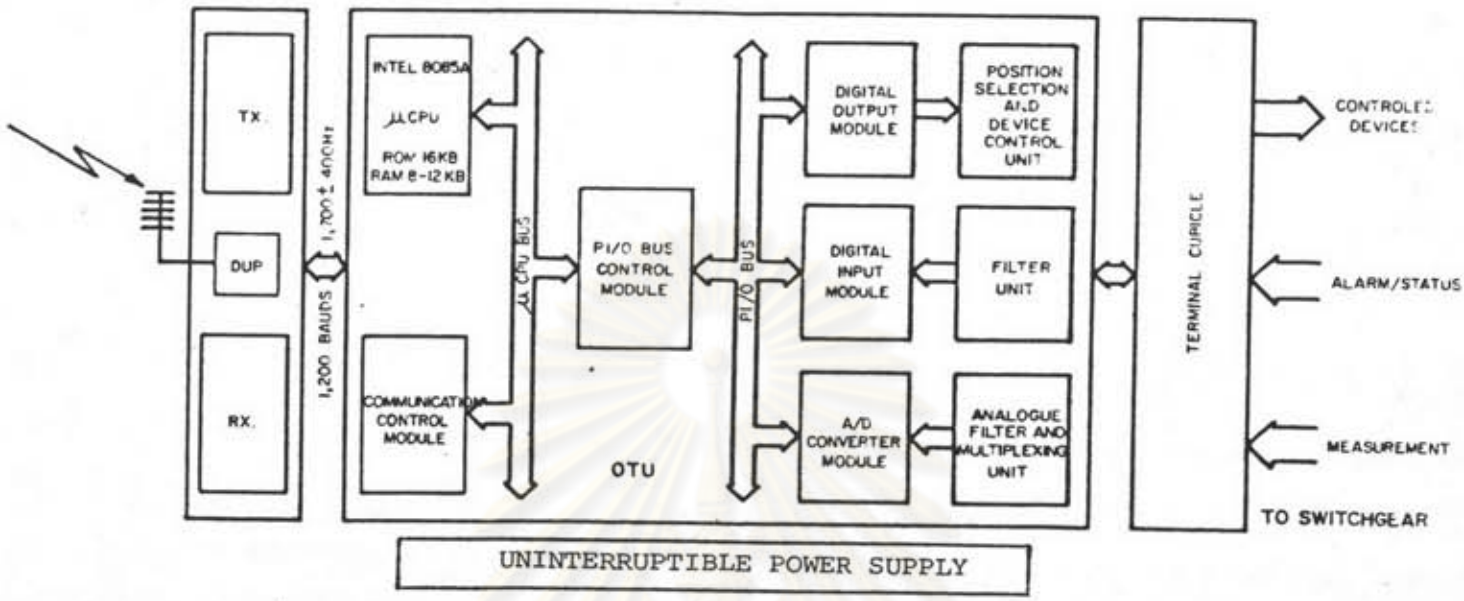
- รับคำสั่งควบคุมจากศูนย์ควบคุมมาทำการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าเป้าหมายตามคำสั่งนั้น



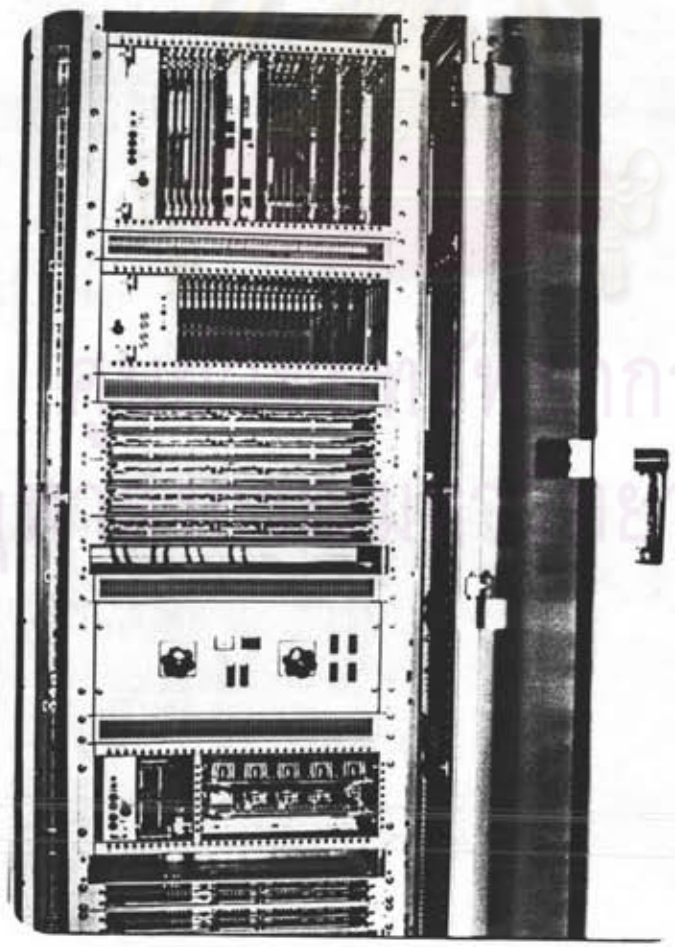
รูปที่ 2.20 แสดงหน้าที่ของอุปกรณ์สกาดาภายในสถานีไฟฟ้า

อุปกรณ์สกาดาภายในสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ ประกอบด้วย 8 ส่วน คือ (รูปที่ 2.21 แสดงผังส่วนประกอบทั้ง 8 ส่วน และรูปที่ 2.22 แสดงรูปถ่ายของส่วนประกอบในข้อ 2.5.2.1-2.5.2.6)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.21 แสดงองค์ประกอบของอุปกรณ์สกาดาภายในสถานีไฟฟ้าหนึ่ง ๆ



รูปที่ 2.22 แสดงรูปถ่ายส่วนหนึ่งของอุปกรณ์สกาดาภายในสถานีไฟฟ้าหนึ่ง ๆ

2.5.2.1 ส่วนประมวลผลขนาดย่อม (micro-data processing unit or MDP) เป็นไมโครคอมพิวเตอร์ชนิดบอร์ดเดียว ซึ่งใช้ไอซีอินเทล 8085 เอ เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ หน่วยความจำประกอบด้วย รอม (ROM) ขนาด 16 พันไบท์ สำหรับเก็บโปรแกรมควบคุม และแรม ขนาด 12 พันไบท์ สำหรับเป็นเนื้อที่ใช้งานขณะประมวลผล วงจรนี้มีหน้าที่หลักในงานประมวลผลข้อมูลทั้งหมดของสถานีไฟฟ้าหนึ่ง ๆ

2.5.2.2 ส่วนควบคุมการสื่อสาร (communication control unit) เป็นส่วนควบคุมการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างสถานีไฟฟ้ากับศูนย์ควบคุม วงจรส่วนนี้ประกอบด้วย

- ไมโครคอมพิวเตอร์ชนิดบอร์ดเดียวใช้ไอซีอินเทล 8085 เอ เป็นไมโครโปรเซสเซอร์

- โมเด็ม

2.5.2.3 ส่วนควบคุมอินพุท-เอาท์พุท (processing input/output control unit or PI/O) เป็นวงจรควบคุมการเชื่อมต่อ (interface) ระหว่างอุปกรณ์สถานีกับอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า

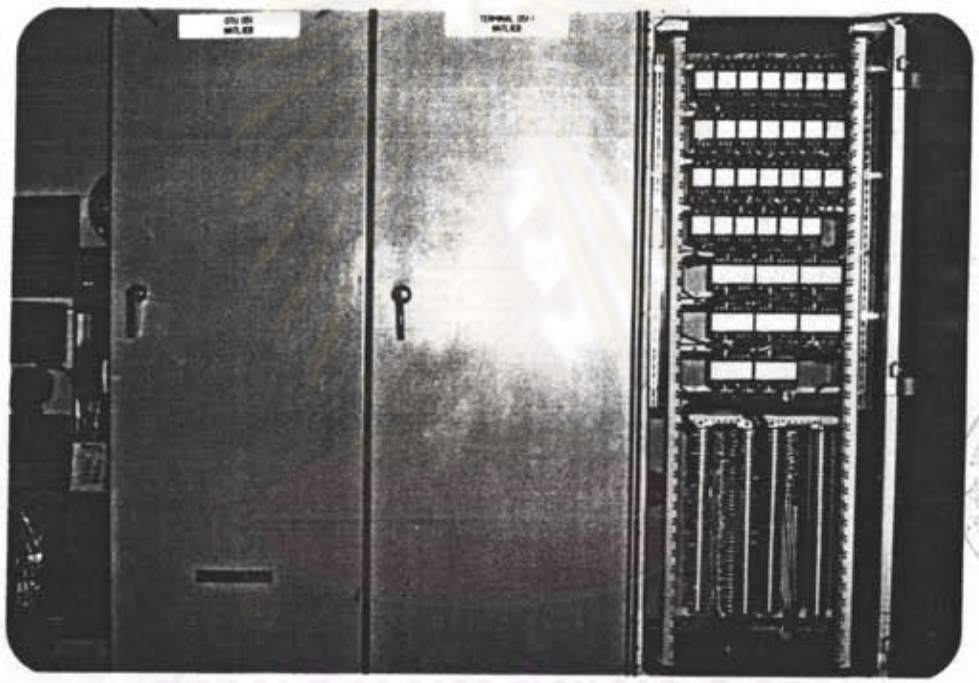
2.5.2.4 ส่วนดิจิตอลเอาท์พุท (digital output unit) ทำหน้าที่ส่งข้อมูลที่ได้รับจากศูนย์ควบคุมไปยังวงจรเลือกและบังคับการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า (position selection and device control circuit) เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า

2.5.2.5 ส่วนดิจิตอลอินพุท (digital input unit) ทำหน้าที่รับข้อมูลสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งอยู่ในรูปของข้อมูลดิจิตอล ข้อมูลเหล่านี้ถูกส่งมาจากอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านวงจรกรอง (filter unit) นอกจากข้อมูลสถานะอุปกรณ์ไฟฟ้าแล้ว ยังมีข้อมูลค่าวัดบางประเภทที่มีลักษณะการเก็บข้อมูลแตกต่างจากค่าวัดทั่ว ๆ ไป ได้แก่ ค่าความต้องการพลังงานซึ่งได้จากการนับจำนวนพัลส์ และค่าตำแหน่งแท็ปหม้อแปลง ซึ่งต้องผ่านวงจรเข้ารหัสแบบฐานสอง (binary code decimal or BCD) รวมอยู่ด้วย

2.5.2.6 ส่วนแปลงค่าอนาล็อกเป็นค่าดิจิตอล (analog/digital converter unit) ทำหน้าที่แปลงค่าวัดที่เป็นค่าอนาลอกให้เป็นค่าดิจิตอล ค่าอนาลอกเหล่านี้จะถูกสุ่มจากอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยทรานสดิวเซอร์ (transducer) ผ่านวงจรมัลติเพล็กซ์ (multiplexing unit) ก่อนส่งให้กับส่วนแปลงค่าอนาลอกเป็นค่าดิจิตอลนี้

2.5.2.7 อุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ล่กาดากับอุปกรณ์ระบบไฟฟ้า (terminal cubicle unit) (รูปที่ 2.23) ประกอบด้วย

- ที่พักสายต่อระหว่างอุปกรณ์ล่กาดากับอุปกรณ์ระบบไฟฟ้า
- ทรานส์ดิวเซ่อร์ ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าสลับจากอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าเป็นพลังงานไฟฟ้าตรง เพื่อป้อนให้กับวงจรในข้อ 2.5.2.6
- วงจรเข้ารหัสแบบฐานสอง ทำหน้าที่เข้ารหัสตำแหน่งแท็ปหม้อแปลง ซึ่งอยู่ในรูปของเลขฐานสิบ ให้เป็นรหัสเลขฐานสอง (BCD)



รูปที่ 2.23 แสดงรูปถ่ายของอุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ล่กาดากับอุปกรณ์ระบบไฟฟ้า

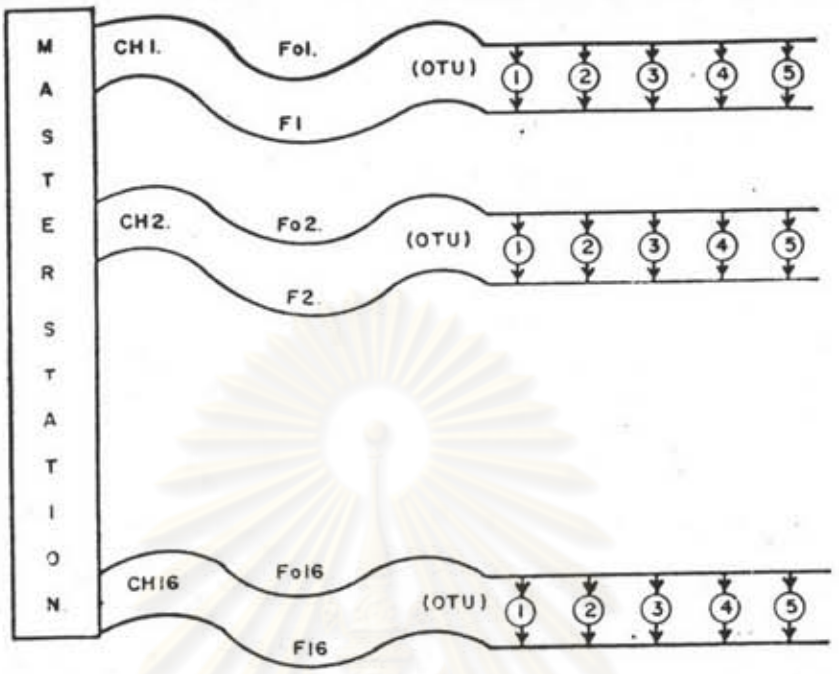
2.5.2.8 ส่วนจ่ายไฟต่อเนื่อง (uninterruptible power supply) (รูปที่ 2.24) เป็นระบบจ่ายไฟของอุปกรณ์ล่กาดาภายในสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ เพื่อแก้ปัญหาการขาดตอนของพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่อุปกรณ์ล่กาดา มีขีดความสามารถในการจ่ายไฟสำรองในยามฉุกเฉินได้อย่างต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง พลังงานไฟฟ้าสำรองนี้จ่ายมาจากแบตเตอรี่ ซึ่งถูกอัดประจุโดยเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่ (battery charger)

รูปที่ 2.24 แสดงรูปถ่ายของส่วนจ่ายไฟต่อเนื่อง

นอกจากอุปกรณ์ระบบสกาดาแล้ว ภายในสถานีไฟฟ้ายังประกอบด้วยอุปกรณ์ระบบไฟฟ้า ได้แก่ สวิทช์ หม้อแปลง รีเลย์ และเครื่องวัดต่าง ๆ เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้เป็นอุปกรณ์เป้าหมายของงานควบคุมระบบไฟฟ้า

2.6 <u>การสื่อสารข้อมูลในระบบสกาดา</u>

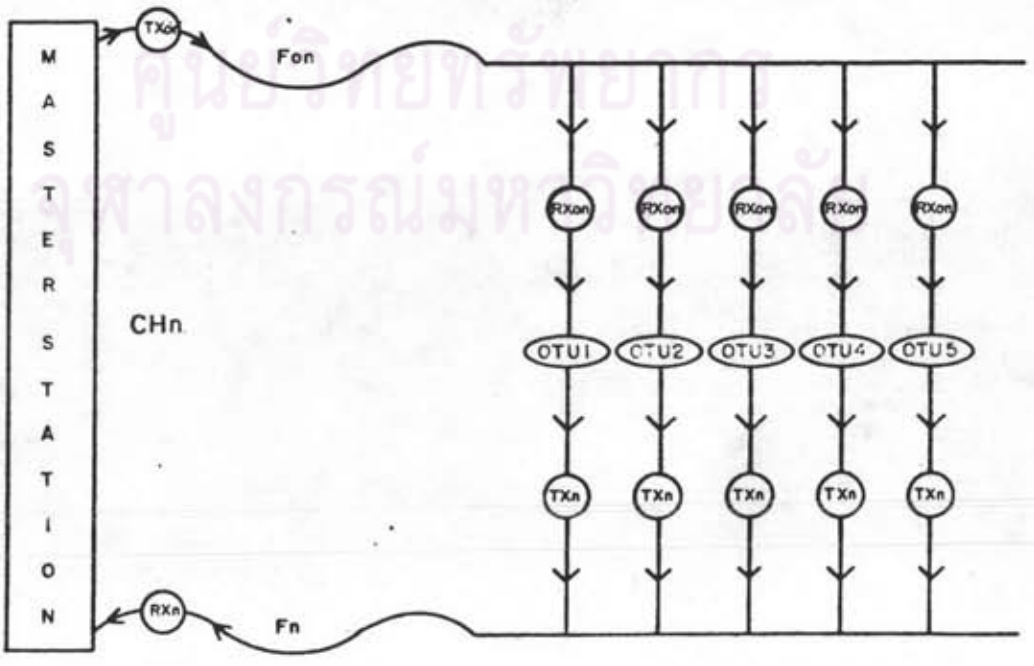
การสื่อสารข้อมูลในระบบสกาดา ถูกควบคุมจากศูนย์ควบคุมโดยระบบควบคุมการสื่อสาร ระบบควบคุมการสื่อสารนี้มีการทำงานอย่างอิสระไม่ขึ้นกับระบบคอมพิวเตอร์หลัก การจัดการสื่อสารได้แบ่งช่องทางการสื่อสารออกเป็น 16 ช่องทาง แต่ละช่องทางการสื่อสารจะทำงานเป็นอิสระไม่ขึ้นแก่กัน สถานีไฟฟ้าต่าง ๆ ถูกจัดแบ่งให้ใช้ช่องทางการสื่อสารร่วมกัน 5 สถานี ต่อ 1 ช่องทางการสื่อสาร (ดังรูปที่ 2.25) การสื่อสารนี้ใช้ความเร็วในการส่งข้อมูล 1200 บิทต่อวินาที



รูปที่ 2.25 แสดงการจัดการสื่อสารในระบบสกาดา

2.6.1 การจัดการสื่อสาร

เนื่องจากแต่ละช่องทางการสื่อสาร ประกอบด้วยสถานีไฟฟ้า 5 สถานี ใช้ช่องทางการสื่อสารนั้นร่วมกัน การจัดการสื่อสารภายในแต่ละช่องทางการสื่อสารจึงเป็นสิ่งจำเป็น



รูปที่ 2.26 แสดงการจัดการสื่อสารภายในแต่ละช่องทางการสื่อสาร

การจัดการสื่อสารภายในแต่ละช่องทางการสื่อสารของระบบสกาดา มีรายละเอียดดังนี้

- การสื่อสารระหว่างศูนย์ควบคุมกับสถานีไฟฟ้าหนึ่ง ๆ นั้น ศูนย์ควบคุมจะเป็นฝ่ายเริ่มต้นการสื่อสารเสมอ สถานีไฟฟ้าใด ๆ จะส่งข้อมูลเข้ามายังศูนย์ควบคุมโดยที่ศูนย์ควบคุมไม่ได้เรียกถามไปไม่ได้

- สถานีไฟฟ้าทั้ง 5 สถานีที่อยู่ในช่องทางการสื่อสารเดียวกัน จะมีความถี่ทางภาครับและภาคส่งเดียวกันหมด

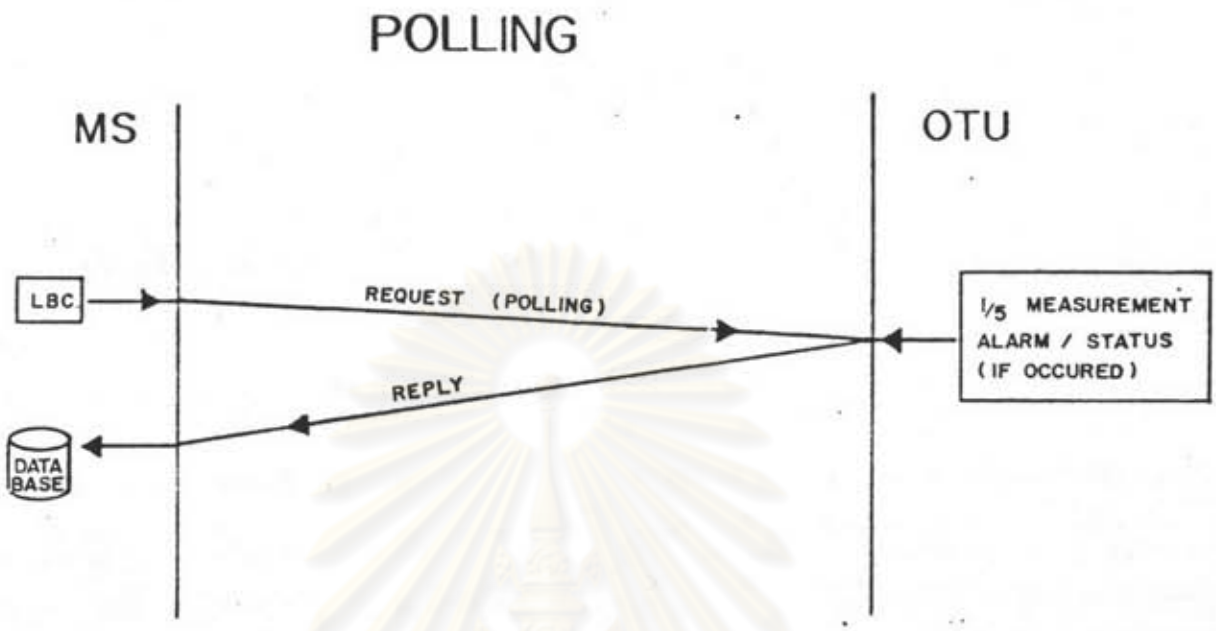
- สถานีไฟฟ้าแต่ละสถานีจะถูกกำหนดหมายเลขรหัส (OTU address) เพื่อให้ศูนย์ควบคุมสามารถระบุสถานีไฟฟ้าที่ต้องการทำการสื่อสารด้วยได้

- การสื่อสารจะเริ่มต้นโดยศูนย์ควบคุมจะส่งสัญญาณที่ได้มีการระบุหมายเลขรหัสของสถานีไฟฟ้าเป้าหมายไว้ด้วยออกไป สถานีไฟฟ้าทั้ง 5 สถานีจะรับสัญญาณนี้ได้พร้อมกัน แต่จะมีเพียงสถานีไฟฟ้าเดียวเท่านั้นที่ตอบกลับไป คือ สถานีไฟฟ้าที่มีหมายเลขรหัสตรงกับหมายเลขรหัสที่ส่งมากับสัญญาณของศูนย์ควบคุม

2.6.2 ภาวะการทำงาน

ภาวะการทำงานของระบบสกาดา สามารถแบ่งออกได้เป็น 6 ภาวะ คือ

ก. ภาวะวนเรียก (polling mode) เป็นภาวะปกติที่ศูนย์ควบคุมใช้เพื่อการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ ในช่องทางการสื่อสารเดียวกัน ลักษณะการติดต่อจะมีการติดต่อเป็นวงจร (cyclic) ศูนย์ควบคุมจะถามข้อมูลและรอรับคำตอบกับสถานีไฟฟ้าที่ละสถานีเรียงตามลำดับตั้งแต่ 1 ถึง 5 เมื่อครบวงจรแล้ว ก็จะกลับมาเริ่มต้นที่สถานีไฟฟ้าที่ 1 ใหม่ต่อไปเรื่อย ๆ แต่ละรอบวงจรจะใช้เวลาในการสื่อสารประมาณ 2 วินาที ในการตอบแต่ละครั้งสถานีไฟฟ้าจะส่งข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสถานะอุปกรณ์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นในรอบวงจรที่แล้ว และข้อมูลค่าวัดประมาณ 1 ใน 5 ของข้อมูลค่าวัดทั้งหมดภายในสถานีไฟฟ้านั้นกลับมายังศูนย์ควบคุม (รูปที่ 2.27) ดังนั้นศูนย์ควบคุมจะใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสถานะอุปกรณ์ทั้งหมดในระบบไฟฟ้าประมาณ 2 วินาที และใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลค่าวัดทั้งหมดในระบบไฟฟ้าประมาณ 10 วินาที



รูปที่ 2.27 แสดงการติดต่อสื่อสารในภาวะวนเรียก

ข. ภาวะเลือกอุปกรณ์ (selection mode) เป็นภาวะที่ศูนย์ควบคุมใช้ในกรณีที่ผู้ปฏิบัติงานเลือกอุปกรณ์ที่จะทำการควบคุมผ่านทางแป้นอักษรของจอภาพเพื่อการควบคุม ภาวะการติดต่อนี้จะทำให้ภาวะวนเรียกหยุดไปจนกว่าภาวะการติดต่อนี้จะสิ้นสุดลง สัญญาณเลือกอุปกรณ์จะถูกส่งไปยังสถานีไฟฟ้าเป้าหมาย สถานีไฟฟ้าจะทำการแปลรหัสอุปกรณ์ที่ศูนย์ควบคุมส่งมา จากนั้นจะสั่งให้อุปกรณ์ที่ถูกระบุเตรียมพร้อมเพื่อรอคำสั่งปฏิบัติการ ในขณะเดียวกันสถานีไฟฟ้าก็จะส่งสัญญาณกลับ (check back) มายังศูนย์ควบคุมเพื่อตอบรับการเลือกอุปกรณ์ การตอบรับนี้จะไปแสดงบนจอภาพเพื่อการควบคุมตรงตำแหน่งของอุปกรณ์ตัวนั้นให้ผู้ปฏิบัติงานทราบ

ค. ภาวะปฏิบัติการ (operation mode) เป็นภาวะที่ศูนย์ควบคุมใช้เมื่อผู้ปฏิบัติงานออกคำสั่งปฏิบัติการไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ถูกเลือกไว้ ภาวะนี้จะเป็นภาวะการติดต่อที่กระทำถัดจากภาวะเลือกอุปกรณ์ ภาวะการติดต่อนี้จะทำให้ภาวะวนเรียกหยุดไปจนกว่าภาวะการติดต่อนี้จะสิ้นสุดลง คำสั่งปฏิบัติการจะถูกส่งจากศูนย์ควบคุมไปยังสถานีไฟฟ้าเป้าหมาย สถานีไฟฟ้าจะแปลรหัสคำสั่ง จากนั้นจะส่งสัญญาณควบคุมการทำงานของอุปกรณ์

ตามคำสั่งนั้น ในขณะเดียวกันสถานีไฟฟ้าจะส่งสัญญาณตอบรับคำสั่งปฏิบัติการกลับไปยังศูนย์ควบคุมเพื่อบอกการสิ้นสุดของภาวะการติดต่อนี้แก่ แอลบีซี ส่วนผู้ปฏิบัติงานจะทราบผลของการควบคุมจากข้อมูลสถานะอุปกรณ์ที่ส่งมาจากสถานีไฟฟ้านั้นในภาวะวนเรียกรอบถัดไป

การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ใด ๆ จะต้องใช้ภาวะการติดต่อในข้อ ข. และ ค. ต่อเนื่องกัน และเมื่อสิ้นสุดการควบคุมแล้วผู้ปฏิบัติงานจะยกเลิกการเลือกอุปกรณ์นั้น ซึ่งก็จำเป็นต้องใช้ภาวะการติดต่อในข้อ ข. ด้วย ดังรูปที่ 2.28

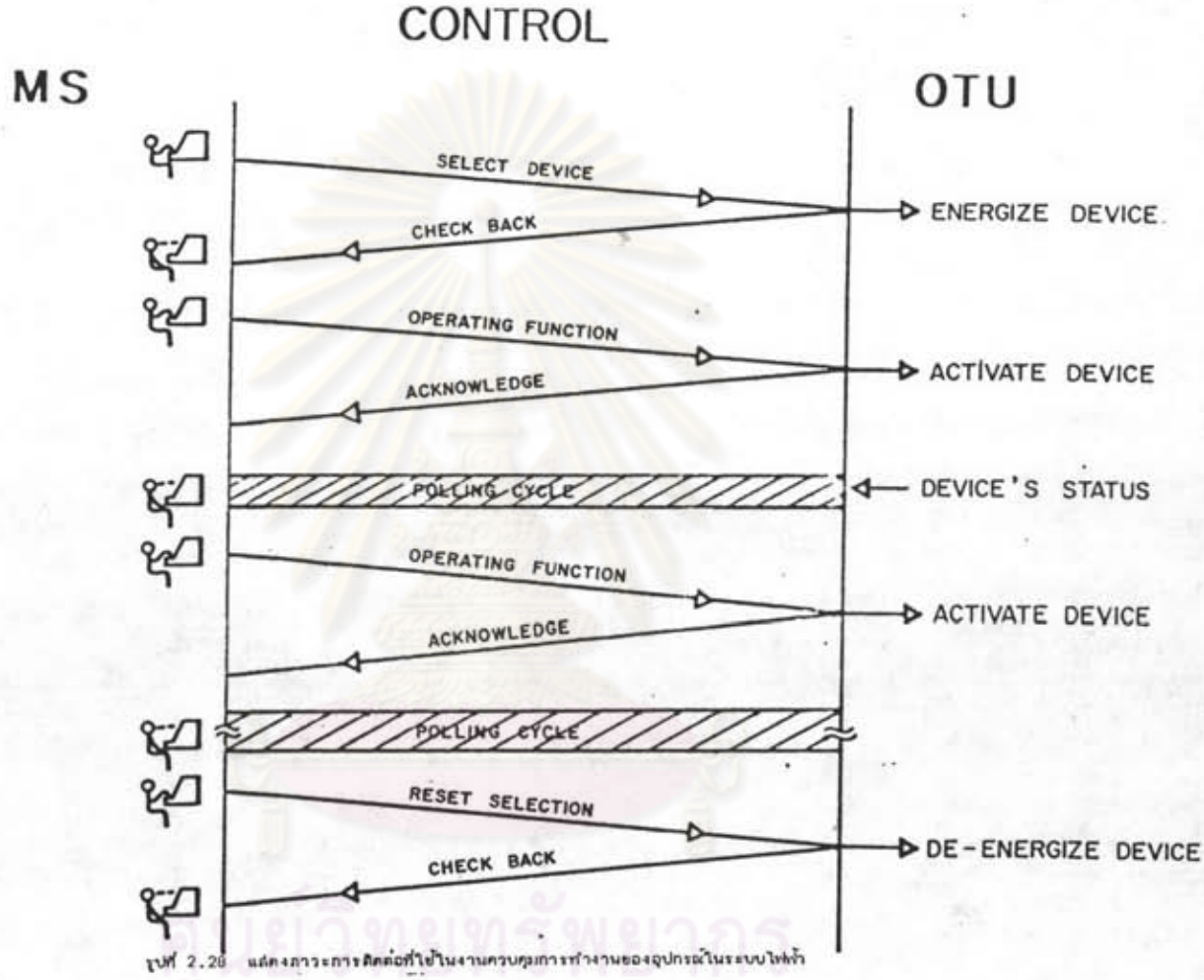
ง. ภาวะทวนการสื่อสาร (repeat transmission mode) เมื่อศูนย์ควบคุมพบความผิดปกติของการสื่อสารในภาวะวนเรียก ศูนย์ควบคุมจะใช้การติดต่อในภาวะนี้เพื่อทวนการสื่อสารเดิมนั้น โดยจะทวนการสื่อสารนั้นไม่เกิน 3 ครั้ง ภายใน 3 ครั้ง ถ้าการสื่อสารนั้นยังผิดปกติอยู่ ศูนย์ควบคุมก็จะข้ามไปทำการเรียกสถานีไฟฟ้าอื่นต่อไปตามปกติ แล้วรายงานให้ผู้ปฏิบัติงานทราบถึงความผิดปกติของสถานีไฟฟ้าที่ตรวจพบ

จ. ภาวะร้องขอข้อมูลรวม (whole data request mode) ศูนย์ควบคุมจะใช้ภาวะนี้เมื่อมีความจำเป็นต้องปรับปรุงข้อมูลของสถานีไฟฟ้าใดใหม่ทั้งหมดโดยทันที เช่น เมื่อมีการนำเอาสถานีไฟฟ้าที่ถูกตัดการติดต่อกับศูนย์ควบคุม กลับเข้าสู่ระบบสื่อสารอีกครั้ง หรือเมื่อสถานีไฟฟ้าใดฟื้นตัว (recovery) จากอาการผิดปกติ เป็นต้น

ฉ. ภาวะกำหนดเวลา (timer reset mode) ศูนย์ควบคุมจะใช้ภาวะนี้เพื่อตั้งเวลาของสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ ให้ตรงกันหมด เนื่องจากเมื่อเกิดเหตุการณ์ขึ้นในระบบไฟฟ้า ข้อมูลเหตุการณ์จะถูกส่งไปยังศูนย์ควบคุมพร้อมกับเวลาจริงของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ดังนั้นเพื่อให้เกิดความถูกต้องของเวลา และสำดับเหตุการณ์จึงจำเป็นต้องใช้ระบบเวลาเดียวกันทั้งหมด การใช้ระบบเวลาเดียวกันทั้งหมดทำได้โดยการตั้งเวลาของสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ ให้ตรงกับเวลาที่ศูนย์ควบคุม (master clock) ทุก ๆ ครึ่งชั่วโมง ศูนย์ควบคุมจะใช้ภาวะการติดต่อนี้ติดต่อกับสถานีไฟฟ้าทุกสถานีในระบบพร้อมกันเพื่อปรับแต่งเวลาให้ตรงกัน แต่จะไม่มีการตอบกลับจากสถานีไฟฟ้าไปยังศูนย์ควบคุมเหมือนภาวะการติดต่ออื่น ๆ

2.7 บทสรุป

ระบบสกาดา เป็นระบบควบคุมที่มีศูนย์ควบคุม ซึ่งรับข้อมูลมาจากสถานีระยะไกลและมีคอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่รวบรวมและนำเสนอข้อมูล ข้อมูลเหล่านี้ทำให้ผู้ปฏิบัติงานที่ศูนย์ควบคุมสามารถตัดสินใจและออกคำสั่งควบคุมที่เหมาะสมผ่านคอมพิวเตอร์ไปยังสถานีระยะไกลต่อไป



รูปที่ 2.20 แสดงภาวะการติดต่อที่ใช้ในงานควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I15844780

จุดเด่นของระบบสกาดา คือ

- ความรวดเร็วในการสื่อสารข้อมูลระหว่างศูนย์ควบคุมกับสถานีระยะไกลหลาย ๆ สถานี

- ความรวดเร็วในการนำเสนอข้อมูลและความถูกต้องแม่นยำของข้อมูล

การไฟฟ้านครหลวงได้นำเอาระบบสกาดาเข้ามาใช้ในงานควบคุมระบบไฟฟ้า ระบบสกาดาดังกล่าวประกอบด้วย

- ศูนย์ควบคุม

- สถานีไฟฟ้า

ศูนย์ควบคุม เป็นศูนย์กลางในการเก็บรวบรวมข้อมูลและออกคำสั่งควบคุม ประกอบด้วยระบบย่อยที่สำคัญ 4 ระบบคือ

- ระบบคอมพิวเตอร์หลัก เป็นส่วนประมวลผลหลักและแหล่งเก็บข้อมูล ประกอบด้วยมินิคอมพิวเตอร์ และแหล่งความจำสำรองต่าง ๆ

- ระบบอุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุท เป็นส่วนรับและแสดงผลข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์หลักกับผู้ปฏิบัติงาน ประกอบด้วยอุปกรณ์รับและแสดงผลข้อมูลต่าง ๆ เช่น จอภาพ แป้นอักษร เครื่องพิมพ์ ฝังระบบไฟฟ้า เป็นต้น

- ระบบควบคุมการสื่อสาร เป็นส่วนจัดการสื่อสารระหว่างศูนย์ควบคุมกับสถานีระยะไกลต่าง ๆ ประกอบด้วยมินิคอมพิวเตอร์ โมเด็ม และอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ

- ระบบจ่ายไฟต่อเนื่อง เป็นส่วนที่ช่วยแก้ปัญหาการขาดตอนของพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่อุปกรณ์ศูนย์ควบคุม มีความสามารถสำรองจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ในยามฉุกเฉินได้นาน 1 ชั่วโมง

สถานีไฟฟ้า เป็นสถานีระยะไกล มีจำนวนสูงสุดได้ถึง 80 สถานี แต่ละสถานีประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

- อุปกรณ์ระบบไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์เป้าหมายของงานควบคุมระบบไฟฟ้า ได้แก่ สวิทช์ หม้อแปลง เป็นต้น

- อุปกรณ์สกาดา เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในงานควบคุมระบบไฟฟ้าด้วยระบบสกาดาติดตั้งอยู่ตามสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 8 ส่วน คือ

-ส่วนประมวลผลขนาดย่อม เป็นส่วนประมวลผลหลัก ประกอบด้วยไมโคร

คอมพิวเตอร์ และแหล่งความจำสำรอง

-ส่วนควบคุมการสื่อสาร เป็นส่วนจัดการสื่อสารระหว่างสถานีไฟฟ้านั้นกับศูนย์ควบคุม ประกอบด้วย ไมโครคอมพิวเตอร์และโมเด็ม

-ส่วนควบคุมอินพุท-เอาท์พุท

-ส่วนดิจิตอลเอาท์พุท เป็นส่วนควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า

-ส่วนดิจิตอลอินพุท เป็นส่วนรับข้อมูลสถานะอุปกรณ์ไฟฟ้า

-ส่วนแปลงค่าอนาล็อกเป็นค่าดิจิตอล เป็นส่วนรับข้อมูลค่าวัด

-อุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์สกาดากับอุปกรณ์ระบบไฟฟ้า

-ส่วนจ่ายไฟต่อเนื่อง มีความสามารถสำรองจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ในยามฉุกเฉินได้นาน 3 ชั่วโมง

ศูนย์ควบคุมจะติดต่อสื่อสารกับสถานีระยะไกลต่าง ๆ โดยผ่านระบบวิทยุย่านความถี่ ยูเอชเอฟ ส่งข้อมูลออกโดยวิธีมัลติเพล็กซ์สัญญาณเอฟเอ็ม 16 สัญญาณ และรับข้อมูลจากสถานีระยะไกลต่าง ๆ จากช่องทางการสื่อสารเอฟเอ็ม 16 ช่อง แต่ละช่องประกอบด้วยสถานีระยะไกล 5 สถานี มีภาวะการทำงานรวม 6 ภาวะ คือ

- ภาวะวนเรียก เพื่อวนเรียกเก็บข้อมูลจากสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ
- ภาวะเลือกอุปกรณ์เพื่อกำหนดสถานีไฟฟ้าและอุปกรณ์เป้าหมาย
- ภาวะปฏิบัติการ เพื่อสั่งการหรือควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เป้าหมาย
- ภาวะทวนการสื่อสาร เพื่อตรวจสอบความผิดปกติของการสื่อสาร
- ภาวะร้องขอข้อมูลรวม เพื่อปรับปรุงข้อมูลของสถานีไฟฟ้าใหม่ทั้งหมด
- ภาวะกำหนดเวลา เพื่อตั้งเวลาของสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ ให้ตรงกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย