

บทที่ 2

ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

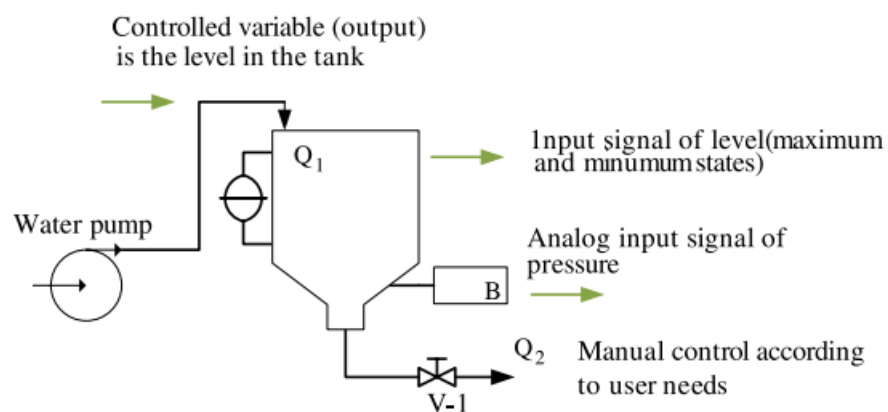
2.1 บทนำ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบควบคุมอัตโนมัติของระบบจ่ายน้ำดีไอโอไนซ์ ที่ใช้ PLC และ หน้าจอแสดงผล HMI ในการควบคุมการทำงาน โดยการสืบค้นข้อมูลที่ได้จากอดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบ กรองน้ำดีไอโอไนซ์ พบอยู่ในอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอุตสาหกรรม ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เพราะจำเป็นต้องเน้นในด้าน คุณภาพน้ำและการกำจัดสิ่งปนเปื้อนออกจากน้ำ ก่อนนำไปล้างชิ้นงานอิเล็กทรอนิกส์ โดยค่าความนำไฟฟ้าของน้ำ(Electrical Conductivity; EC) น้อยกว่า 1 ไมโครซีเมนส์ จำเป็นต้องมี กระบวนการควบคุมการจ่ายน้ำที่เหมาะสมเพราะหากนำน้ำที่มีค่าความนำไฟฟ้าสูงกว่าที่กำหนด หรือ จ่ายน้ำมากจนเกินไปเข้ามาใช้ในเครื่องจักรของฝ่ายผลิต อาจส่งผล ทำให้ลดประสิทธิภาพของการล้างชิ้นงานและ ส่งผลเสียต่อการใช้งานใน เครื่องจักรได้ อีกทั้งงานวิจัยยังแสดงให้เห็นว่าระบบ PLC ยังเป็นที่นิยมและทันสมัยในการนำไปใช้ ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่าง ๆ ในอุตสาหกรรม เช่น ควบคุมงานที่ ทำตามลำดับก่อนหลังงานในด้านการคำนวณ หรือรับคำสั่งสัญญาณแบบอนาล็อกเพื่อเป็นเงื่อนไขใน การทำงานได้อย่างอัตโนมัติ โดยจะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุต ที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที แต่ PLC มีความยากที่จะตรวจสอบสถานะการทำงานและค่าพารามิเตอร์จากเครื่องวัดในระบบ จึง จำเป็นต้องมีการใช้งานร่วมกับ HMI เพื่อมาเป็นตัวติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานกับอุปกรณ์ควบคุม ภายในระบบ เช่น การสั่งการ หรือ การตั้งค่าพารามิเตอร์จากผู้ใช้งาน การตรวจสอบสถานะการทำงานของ PLC และ กระบวนการทำงานได้แบบ real time ในส่วนนี้จึงนำเสนอการสำรวจวรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปทฤษฎี หลักการ และวิธีการดำเนินงานวิจัยต่าง ๆ รวมถึง อธิบายสาระสำคัญที่ได้จากการวิจัยในแต่ละบทความตามที่คุณวิจัยได้รวบรวมไว้ โดยใช้ฐานข้อมูลที่เป็นแหล่งสะสมงานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น ฐานข้อมูล IEEE Science Direct หนังสือ และ เว็บไซต์ Google เป็นต้น โดยผู้วิจัยได้มีการสรุป บทความที่ได้ศึกษามาเกี่ยวกับงานโดยแยกออกเป็น ส่วน คือ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับระบบควบคุมการทำงานของมอเตอร์ปั้มน้ำ และส่วนที่เกี่ยวข้องกับระบบควบคุมอัตโนมัติด้วย PLC ที่ใช้งานร่วมกับ Human Machine Interface (HMI) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

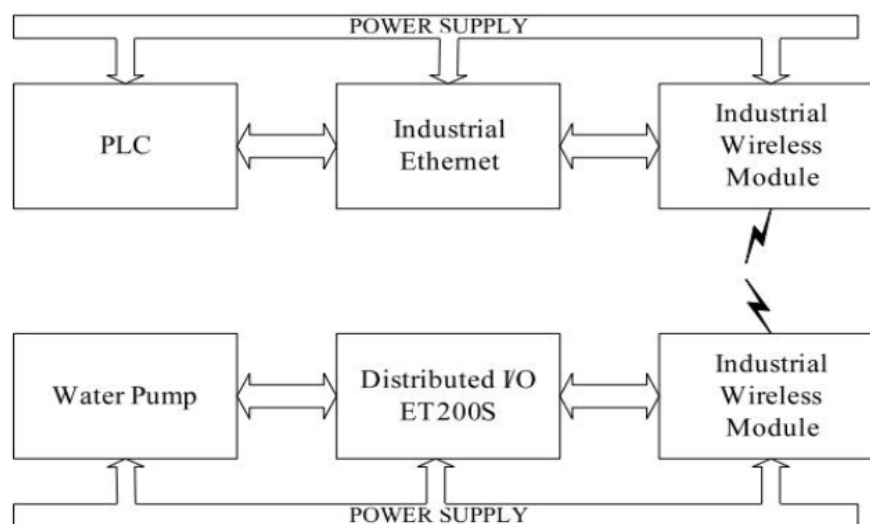
2.2 ระบบควบคุมปั้มน้ำด้วย PLC และโมดูลไร้สายสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

บทความนี้บรรยายถึงระบบควบคุมการปั้มน้ำที่ออกแบบมาสำหรับโรงงานผลิตและนำไปใช้ในห้องปฏิบัติการ โรงงานเหล่านี้มีสภาพแวดล้อมที่รุนแรงซึ่งมีสารเคมี การสั่นสะเทือน หรือชิ้นส่วนเคลื่อนไหวยู่ ซึ่งอาจสร้างความเสียหายให้กับสายเคเบิลหรือสายไฟที่เป็นส่วนหนึ่งของระบบควบคุมได้ นอกจากนี้ ข้อมูลยังต้องถูกถ่ายโอนผ่านเส้นทางที่สาธารณชนสามารถเข้าถึงได้ ระบบควบคุมที่ใช้ได้แก่ ตัวควบคุมลอจิกที่ตั้งโปรแกรมได้ (PLC) และเทคโนโลยีเครือข่ายพื้นที่ไร้สายอุตสาหกรรม (IWLAN) โดยระบบควบคุมนี้ใช้ PLC โปรเซสเซอร์การสื่อสาร (CP) โมดูล IWLAN สองโมดูล และโมดูลอินพุต/เอาต์พุตแบบกระจาย (I/O) รวมถึงปั้มน้ำและเซ็นเซอร์ ระบบการสื่อสารของเราใช้อินเทอร์เน็ตอุตสาหกรรมและใช้โปรโตคอลควบคุมการขนส่ง/อินเทอร์เน็ตมาตรฐานสำหรับการกำหนดพารามิเตอร์ การกำหนดค่า และการวินิจฉัย หน้าที่หลักของ PLC คือการส่งสัญญาณดิจิทัลไปยังปั้มน้ำเพื่อเปิดหรือปิดเครื่องตามระดับของถัง โดยใช้เครื่องส่งสัญญาณแรงดันและอินพุตจากสวิตช์จำกัดที่ระดับน้ำในถัง เอกสารนี้มุ่งหวังที่จะนำเสนอโซลูชันที่สะดวกสำหรับโรงงานกระบวนการที่ไม่สามารถใช้สายเคเบิลได้ นอกจากนี้ยังมีต้นทุนการติดตั้งและบำรุงรักษาที่ต่ำกว่า การทำงานที่เชื่อถือได้ และมีโครงสร้างที่แข็งแรงและยืดหยุ่น เหมาะสำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรม

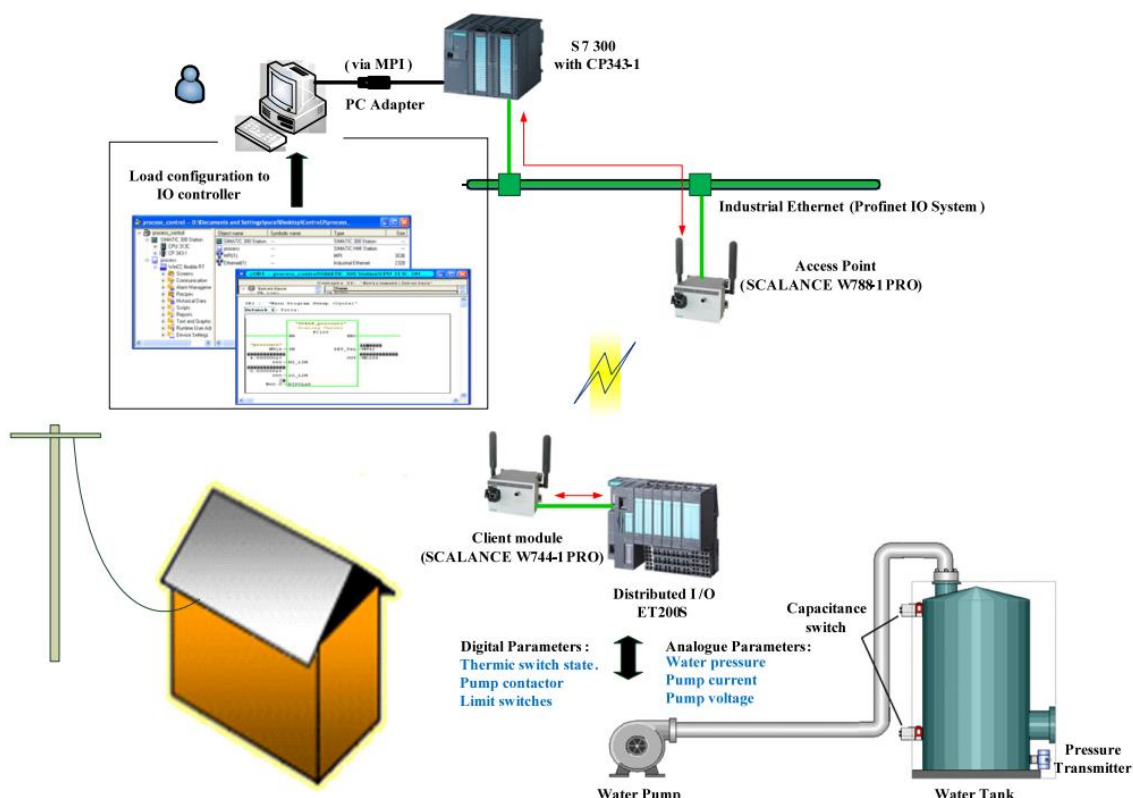
การออกแบบระบบดำเนินการโดยคำนึงถึงสภาพแวดล้อมและรายละเอียดของกระบวนการ รูปที่ 2.1 เป็นภาพประกอบของกระบวนการที่ควบคุม ในกระบวนการนี้ ตัวแปรกระบวนการ (PV) คือระดับน้ำในถัง วัดโดยเครื่องส่งสัญญาณความดันและสวิตช์จำกัดสองตัว (ระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุด) บนถัง และค่าเหล่านี้เป็นค่าที่ป้อนเข้าสู่ตัวควบคุมอัตโนมัติที่กระตุ้นปั้มน้ำตามระดับน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ถังเปิดได้รับน้ำไหลเข้า Q1 จากปั้มน้ำที่สามารถควบคุมได้ น้ำไหลออกจากถัง Q2 จะถูกควบคุมโดยวาล์วควบคุมด้วยมือตามความต้องการของผู้ใช้ ระดับน้ำในถังจะถูกควบคุมตามความดันและอินพุตไปยังตัวควบคุมจากสวิตช์จำกัดสองตัว ดังนั้น โหมดควบคุมกระบวนการจึงเป็นแบบเปิด-ปิด ซึ่งเป็นรูปแบบการควบคุมแบบไม่ต่อเนื่อง และเรียกอีกอย่างว่าการควบคุมสองตำแหน่ง ในกระบวนการนี้ ตัวควบคุมการเปิด-ปิดจะเปิดขึ้นเมื่อระดับน้ำถูกวัดที่ค่าต่ำสุด ตัวควบคุมจะปิดลงเมื่อระดับน้ำถึงค่าสูงสุด แผนผังบล็อกระบบซึ่งออกแบบตามสภาวะแวดล้อมและการควบคุมกระบวนการที่ต้องการ จะแสดงอยู่ในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของกระบวนการควบคุม



รูปที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมปั้มน้ำ

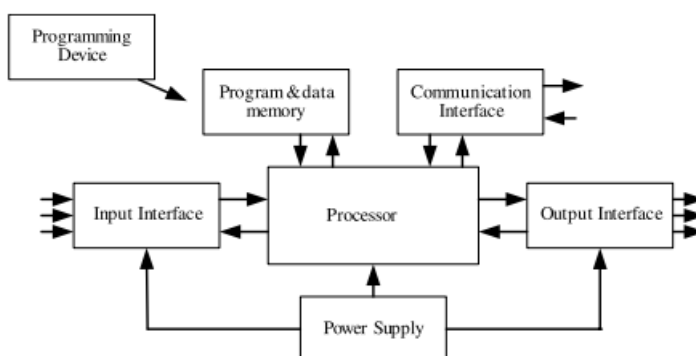


รูปที่ 2.3 แผนผังองค์ประกอบของระบบ

จากรูปที่ 2.3 ระบบทั้งหมดประกอบด้วย 3 ส่วน หน่วยแรกคือพีซี พีซีจะเรียกใช้โปรแกรมที่เรียกว่า SIMATIC MANAGER ซึ่งใช้ในการกำหนดค่าฮาร์ดแวร์ แพ็คเกจซอฟต์แวร์ (ขั้นตอนที่ 7) ตามที่แสดงในรูปที่ 2.2 และเขียนโปรแกรมควบคุมสำหรับ PLC โปรแกรมควบคุมนี้จะดาวน์โหลดไปยัง PLC ผ่านสายเคเบิลสื่อสารอะแดปเตอร์พีซี MPI (Multi Point Interface)

หน่วยที่สองคือโหนดหลักและประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ PLC ที่มีโมดูลดิจิทัลและอนาล็อก ตัวประมวลผลการสื่อสาร และจุดเชื่อมต่อไร้สาย หน่วยสุดท้ายอยู่ที่ด้านโหนดไคลเอนต์ หน่วยนี้อยู่ที่ส่วนนอกของศูนย์ควบคุมและเชื่อมต่อโดยตรงกับอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุม โมดูลไคลเอนต์ไร้สาย โมดูลอินเทอร์เฟซ I/O แบบกระจาย และแพ็คเกจป้องกันมอเตอร์ (MPP) ประกอบเป็นโหนดไคลเอนต์

Programmable Logic Controller (PLC) โดยทั่วไป ส่วนประกอบการทำงานพื้นฐานของระบบ PLC ได้แก่ หน่วยประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยจ่ายไฟ ส่วนอินเทอร์เฟซอินพุต/เอาต์พุต อินเทอร์เฟซการสื่อสาร และอุปกรณ์การเขียนโปรแกรม รูปที่ 2.4 แสดงการจัดเรียงพื้นฐาน



รูปที่ 2.4 โครงสร้างพื้นฐานของ PLC

1) หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) คือหน่วยที่ประกอบด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่แปลสัญญาณอินพุตและดำเนินการควบคุมตามโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำ โดยจะสื่อสารการตัดสินใจเป็นสัญญาณการทำงานไปยังเอาต์พุต

2) จำเป็นต้องมีหน่วยจ่ายไฟเพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับหลักเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงต่ำที่จำเป็นสำหรับโปรเซสเซอร์และวงจรในโมดูลอินเทอร์เฟซอินพุตและเอาต์พุต

3) อุปกรณ์การเขียนโปรแกรมใช้เพื่อป้อนโปรแกรมที่ต้องการลงในหน่วยความจำของโปรเซสเซอร์ โปรแกรมจะได้รับการพัฒนาในอุปกรณ์แล้วจึงโอนไปยังหน่วยความจำของ PLC

4) หน่วยความจำเป็นที่เก็บโปรแกรมสำหรับไมโครโปรเซสเซอร์ นอกจากนี้ยังเก็บข้อมูลอินพุตสำหรับการประมวลผลและบัฟเฟอร์ข้อมูลสำหรับเอาต์พุตอีกด้วย

5) ส่วนอินพุตและเอาต์พุตเป็นส่วนที่โปรเซสเซอร์รับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกและสื่อสารข้อมูลไปยังอุปกรณ์ภายนอก อินพุตอาจมาจากสวิตช์หรือเซ็นเซอร์ เช่น เซลล์โฟโตอิเล็กทริก เซ็นเซอร์อุณหภูมิ หรือเซ็นเซอร์การไหล เอาต์พุตอาจเชื่อมต่อกับคอยล์สตาร์ทมอเตอร์ วาล์วโซลินอยด์ หรือแอคชูเอเตอร์อื่นๆ อุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุตสามารถจำแนกตามประเภทสัญญาณ เช่น ดิจิทัลหรือแอนะล็อก

6) อินเทอร์เฟซการสื่อสารใช้เพื่อรับและส่งข้อมูลบนเครือข่ายการสื่อสาร จัดการการตรวจสอบอุปกรณ์ การรวบรวมข้อมูล การซิงโครไนซ์ระหว่างแอปพลิเคชันของผู้ใช้ และการจัดการการเชื่อมต่อ

ในการศึกษาครั้งนี้ เราใช้ PLC แบบกะทัดรัด Siemens S7 313C ที่มี DI (อินพุตดิจิทัล) 24 ตัว DO (เอาต์พุตดิจิทัล) 16 ตัว ALS (อินพุตแอนะล็อก) 5 ตัว AO (เอาต์พุตแอนะล็อก) 2 ตัว และแหล่งจ่ายไฟ (120/230 V AC, 24 V DC, 5 A)

1) โปรเซสเซอร์การสื่อสาร โมดูลอีเทอร์เน็ตของระบบ PLC คือ โปรเซสเซอร์การสื่อสารสำหรับตระกูล S7 ที่เชื่อมต่อ PLC เข้ากับเครือข่าย โปรเซสเซอร์การสื่อสารเพิ่มเติมใช้เพื่อให้สามารถสื่อสารระหว่าง PLC และ IWLAN ผ่าน TCP/IP ได้ โปรเซสเซอร์การสื่อสาร CP343-1 ในงานของเราได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้งานในคอนโทรลเลอร์ลอจิกแบบตั้งโปรแกรมได้ S7-300 ช่วยให้ S7-300 สามารถเชื่อมต่อกับอีเทอร์เน็ตอุตสาหกรรมได้ และรองรับ PROFINET IO

2) โมดูล IWLAN เครือข่ายไร้สายช่วยแก้ปัญหาอุปสรรคทางกายภาพที่เกิดขึ้นจากการเดินสาย ลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง เพิ่มความยืดหยุ่นในการกำหนดค่าระบบใหม่ และเร่งความเร็วในการใช้งานเครือข่าย [7] LAN ไร้สายสำหรับอุตสาหกรรมเป็นคำทั่วไปที่ครอบคลุมฟังก์ชันและกลไกที่ถือเป็นการปรับปรุงมาตรฐาน IEEE 802.11 แม้แต่กลไกมาตรฐานของ 802.11 ก็ยังมีความทนทานในระดับที่ดีสำหรับการใช้งานในแอปพลิเคชันอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตาม IWLAN ยังรองรับแอปพลิเคชันที่ต้องการความแม่นยำสูงและให้การกำหนดตารางเวลาแบบเรียลไทม์และแบบกำหนดได้อย่างชัดเจนเป็นพิเศษตามที่จำเป็นใน PROFINET

3) ในการศึกษาครั้งนี้ เครือข่าย IWLAN ถูกสร้างขึ้นโดยใช้ส่วนประกอบรุ่นใหม่ SCALANCE W จาก Siemens เครือข่ายวิทยุถูกตั้งค่าโดยใช้จุดเชื่อมต่อ SCALANCE W788-1 PRO และใช้โมดูลโคลเอนต์อีเทอร์เน็ต W744-1 PRO เพื่อเชื่อมต่อโหนดกับ IWLAN

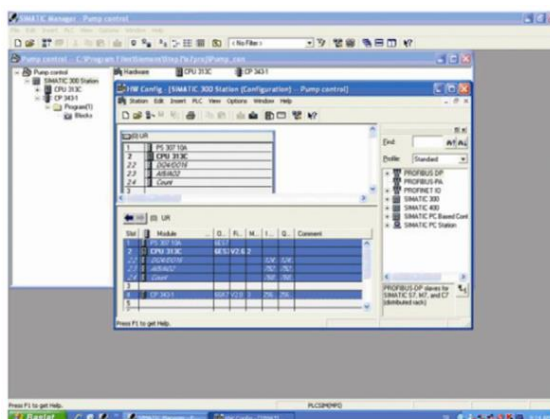
4) โมดูล I/O แบบกระจาย เมื่อกำหนดค่าระบบแล้ว I/O ที่ส่งไปและจากกระบวนการมักจะถูกรวมเข้าไว้ในระบบอัตโนมัติที่ศูนย์กลาง ระบบ I/O แบบกระจาย ET 200S เป็นโมดูลาร์แบบแยกส่วน DP Slavesที่มีความยืดหยุ่นสูงสำหรับการเชื่อมต่อกับสัญญาณกระบวนการบนตัวควบคุมส่วนกลางหรือบัสฟิลด์ ET 200S รองรับบัสฟิลด์ประเภท PROFIBUS DP และ PROFINET IO การศึกษาครั้งนี้ใช้มาตรฐาน ET200S-IM151-3PN พร้อม DI 4 ตัว DO 2 ตัว ALS 4 ตัว และโมดูลพลังงาน 24 V 2 ตัวสำหรับบัส PROFINET IO

5) ชุดป้องกันมอเตอร์ ชุดป้องกันมอเตอร์ประกอบด้วยคอนแทคเตอร์แบบคลาสสิก สวิตช์เทอร์มิก ตัวแปลงวัดกระแส (CMT) และตัวแปลงวัดแรงดันไฟ (VMT) CMT ใช้สำหรับวัดกระแสสลับแบบไซน์และไมใช่ไซน์ กระแสอินพุต 0 ถึง 100 A และเอาต์พุตแบบลูปพาวเวอร์ 4 ถึง 20 mA VMT ใช้สำหรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.440 V และสัญญาณเอาต์พุต 0.10 V/(4).20 mA

ซอฟต์แวร์สำหรับระบบควบคุมได้รับการพัฒนาใน SIMATIC Manager ซึ่งเป็นหน้าต่างส่วนกลางที่จะเปิดใช้งานเมื่อเริ่มต้นแพ็คเกจซอฟต์แวร์ (STEP 7) การตั้งค่าเริ่มต้นของตัวช่วยสร้าง STEP 7 จะช่วยให้โปรแกรมเมอร์สามารถสร้างโครงการ STEP 7 ได้ โปรแกรมเมอร์สามารถเลือกโหมดการเขียนโปรแกรมได้ ดังนี้ ไดอะแกรมแบบแลตเตอร์ (LAD) ไดอะแกรมบล็อกฟังก์ชัน (FBD)

และรายการคำสั่ง (STL) โครงสร้างโครงการใช้เพื่อจัดเก็บและจัดเรียงข้อมูลและโปรแกรมทั้งหมดตามลำดับ

ซอฟต์แวร์ระบบเสร็จสมบูรณ์ในสี่ขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 ออกแบบโซลูชันสำหรับงานอัตโนมัติ ขั้นตอนที่ 2 กำหนดค่าฮาร์ดแวร์และเครือข่าย ดังที่แสดงในรูปที่ 2.5 ขั้นตอนที่ 3 สร้างโปรแกรมในรูปแบบไดอะแกรมแบบแลตเตอร์ ขั้นตอนที่ 4 โอนโปรแกรมไปยังซีพียู ในที่สุด ซอฟต์แวร์จะได้รับ การทดสอบสถานะอินพุต การทำงานของโปรแกรม และสถานะเอาต์พุต



รูปที่ 2.5 การกำหนดค่าฮาร์ดแวร์ใน SIMATIC Manager

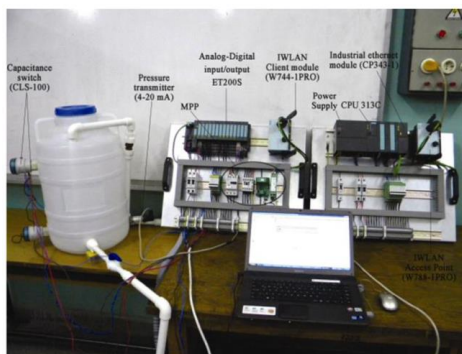
ระบบควบคุมการสูบน้ำนี้ได้รับการออกแบบให้เป็นตัวควบคุมเปิด-ปิด โดยควบคุมด้วยโปรแกรมที่เก็บไว้ใน PLC การส่งข้อมูลเพื่อควบคุมปั้มน้ำนั้นดำเนินการโดย PLC และ I/O แบบกระจายผ่านโมดูล IWLAN ดังแสดงในรูปที่ 2.6 I/O แบบกระจายเชื่อมต่อกับ CPU SIMATIC ผ่านเครือข่ายไร้สาย IWLAN จุดเชื่อมต่อ Scalance W788-1 PRO ที่เชื่อมต่อกับ CPU SIMATIC ผ่านโมดูลอีเทอร์เน็ตผ่าน PROFINET ให้บริการเซลล์ ในด้านไคลเอนต์ จะใช้โมดูลไคลเอนต์ Scalance W744-1 PRO และ I/O แบบกระจาย ET 200 S ดาว์นสตรีมจาก IWLAN แต่ละอันคือ I/O แบบกระจาย ET 200 S ที่มี DI 4 ตัว DO 2 ตัว และ ALS 4 ตัว ซึ่งมาพร้อมกับ PROFINET เวลาของรอบการทำงาน (โหนดที่เกิดจากโปรแกรม) ถูกกำหนดไว้ที่ 50 มิลลิวินาที ซึ่งส่งผลให้เวลาตอบสนองโดยทั่วไปอยู่ที่ประมาณ 140 มิลลิวินาทีที่เวลาอัปเดต 32 มิลลิวินาที

การสื่อสารของระบบประกอบด้วยส่วนหลักสามส่วน ได้แก่ ฟังก์ชัน โหนดการเข้าถึง และฟังก์ชันไคลเอนต์ ฟังก์ชันเชื่อมต่อกับโหนดหลักผ่านอินเทอร์เฟซ MPI การสื่อสารระหว่างโหนดการเข้าถึงและโหนดไคลเอนต์จะสร้างขึ้นผ่าน RF ในมาตรฐาน IEEE 802.11 สำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรม การสื่อสาร RF ดำเนินการโดยใช้โมดูล IWLAN ที่ทำงานบนมาตรฐาน 802.11b/g และ 802.11a ด้วยความเร็วสูงสุด 54 Mbps และความถี่ 2.5 GHz

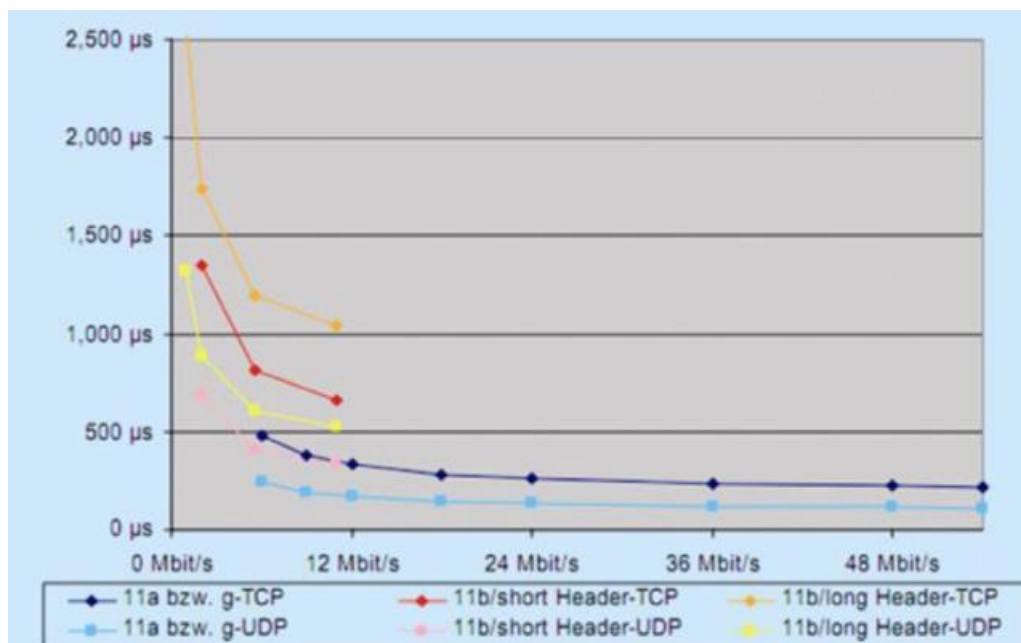
รูปที่ 2.7 แสดงเวลาดำเนินการขั้นต่ำสำหรับข้อมูล 32 ไบต์บนมาตรฐาน 802.11a/b/g เวลาดำเนินการขั้นต่ำสำหรับแพคเกจขนาดเล็กในเครือข่าย LAN ไร้สายอยู่ระหว่าง 120 μ s โดยใช้ 802.11a หรือ 802.11g โดยแต่ละแพคเกจมีความเร็ว 54 Mbit/s และมากกว่า 1,000 μ s โดยใช้ 802.11b ความต้องการของระบบอุตสาหกรรมจำนวนมากสามารถจัดทำได้โดยส่วนประกอบเครือข่าย LAN ไร้สายเหล่านี้

โหนดไคลเอนต์ดังที่แสดงในรูปที่ 2.6 เชื่อมต่อโดยตรงกับอุปกรณ์ที่จะควบคุมโดยใช้ส่วนประกอบคำสั่งทั่วไป

การสื่อสารจะถูกสร้างขึ้นผ่านบัสฟิลด์ PROFINET ในระหว่างส่วนการกำหนดค่าเครือข่ายของแพ็คเกจซอฟต์แวร์ (ขั้นตอนที่ 7) PROFINET ช่วยให้สามารถรวมอุปกรณ์ฟิลด์แบบกระจาย (อุปกรณ์ I/O เช่น โมดูลสัญญาณ) เข้ากับอินเทอร์เน็ตอุตสาหกรรมได้โดยตรง ในระหว่างการกำหนดค่าด้วยขั้นตอนที่ 7 อุปกรณ์ฟิลด์เหล่านี้จะได้รับมอบหมายให้กับตัวควบคุมส่วนกลาง (ตัวควบคุม I/O) โมดูลหรืออุปกรณ์ที่มีอยู่สามารถใช้กับอินเทอร์เน็ตเฟสหรือลิงก์ที่เข้ากันได้กับ PROFINET ต่อไปได้ PROFINET นำเสนอฟังก์ชันและแอปพลิเคชันใหม่สำหรับการสื่อสารไร้สายกับ LAN ไร้สายอุตสาหกรรม ฟังก์ชันที่นำมาใช้ที่นี่นั้นอิงตามเครือข่าย PROFINET ผ่าน LAN ไร้สาย [6] ฟังก์ชันต่อไปนี้มีไว้สำหรับการรับส่งข้อมูลระหว่างโปรแกรมผู้ใช้ของ CPU S7-300 และอุปกรณ์ PROFINET IO ผ่าน CP เป็นตัวควบคุม PROFINET IO ดังที่แสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.6 ภาพถ่ายของระบบที่ได้รับการออกแบบ



รูปที่ 2.7 เวลาดำเนินการขั้นต่ำสำหรับข้อมูล 32 ไบต์

1) PNIO_SEND (เฟรซี 11)

2) PNIO_RECV (เฟรซี 12)

นอกจากนี้ ยังมีบล็อกฟังก์ชันต่อไปสำหรับการวินิจฉัย:

1) PNIO_RW_REC (FB 52) (ไม่ได้ใช้ในแอปพลิเคชันนี้)

2) PNIO_ALARM (FB 54) (ไม่ได้ใช้ในแอปพลิเคชันนี้)

บล็อกดังกล่าวรวมอยู่ในไลบรารี SIMATIC_NET_CP

FC บล็อก 11 (PNIO_SEND) ใช้สำหรับถ่ายโอนข้อมูลกระบวนการและถูกเรียกใช้แบบวนซ้ำในโปรแกรมผู้ใช้ ข้อมูลกระบวนการจะพร้อมใช้งานในหน่วยความจำซึ่งเข้าถึงได้ในรูปแบบบล็อกข้อมูล FC11 ถ่ายโอนข้อมูลกระบวนการเหล่านี้ (เอาต์พุต) ไปยัง CP เพื่อส่งต่อไปยังอุปกรณ์ PROFINET IO FC บล็อก 12 (PNIO_RECV) ใช้สำหรับรับข้อมูลกระบวนการจากอุปกรณ์ PROFINET IO (อินพุตของตัวควบคุม) และถ่ายโอนสถานะผู้ให้บริการ IO (IOPS) จากอุปกรณ์ PROFINET IO ไปยังพื้นที่อินพุตที่ระบุ

อุปกรณ์สูบน้ำอาจเป็นส่วนสำคัญของระบบการผลิตและการผลิตทางอุตสาหกรรมสมัยใหม่สำหรับสารเคมี อาหาร และอุตสาหกรรมอื่นๆ ระบบการสูบน้ำโดยปกติจะอยู่ในส่วนภายนอกของโรงงานผลิตและพบในสภาพแวดล้อมที่รุนแรงซึ่งอาจทำให้สายเคเบิลทุกชนิดได้รับความเสียหาย ดังนั้น ระบบนี้จึงได้รับการออกแบบให้เป็นแบบไร้สายโดยใช้โมดูล IWLAN สำหรับการสื่อสารและ PLC สำหรับการควบคุม

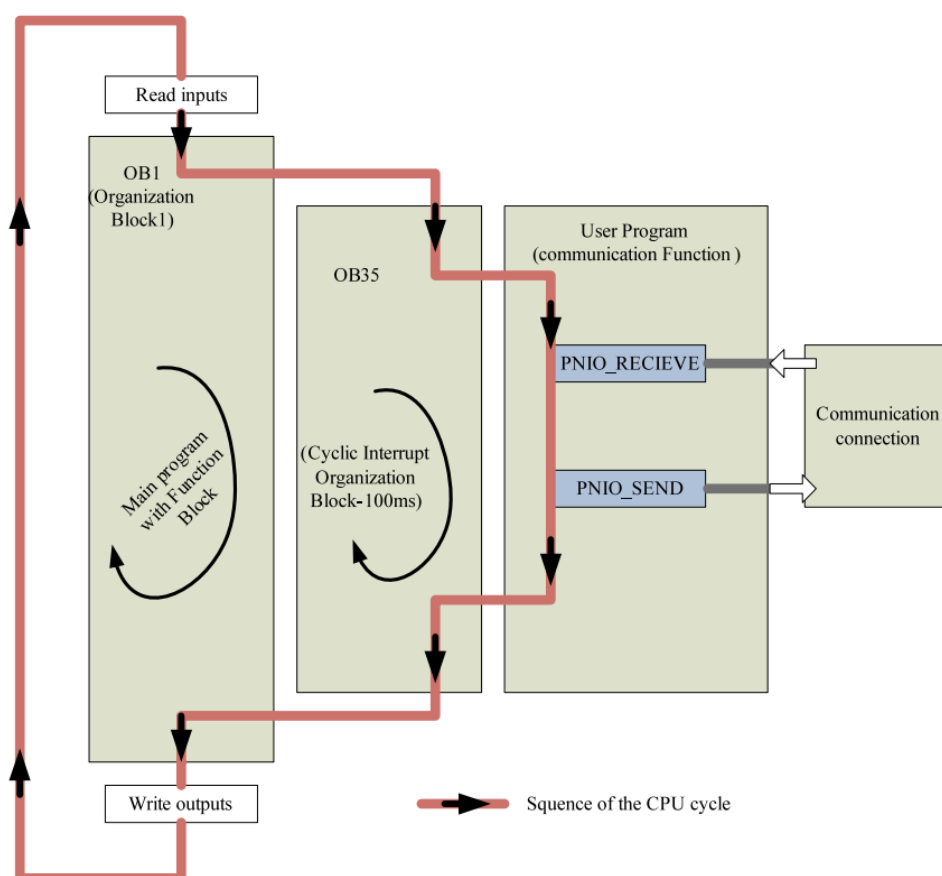
ในกรณีที่มีการจ่ายน้ำให้กับพืชจำนวนหนึ่งจากปั๊มชุดเดียว แผนที่มีประสิทธิภาพมากคือการใช้ท่อส่งน้ำแบบวงแหวน ซึ่งจะจ่ายน้ำไปยังท่อส่งน้ำทั้งหมด ระบบควบคุมสำหรับระบบเหล่านี้ทำงานโดยการตรวจสอบระดับน้ำ ในการศึกษาี้ ระดับน้ำจะถูกวัดโดยเครื่องส่งสัญญาณแรงดัน และเพื่อป้องกันอันตรายด้วยสวิทช์จำกัดค่าสูงสุดและต่ำสุด

การวัดระดับโดยใช้วิธีความดัน: ความสูงของของเหลวจะแปรผันตรงกับความดันบนฐาน หากใช้ความดันฐานของสูตรของเหลว

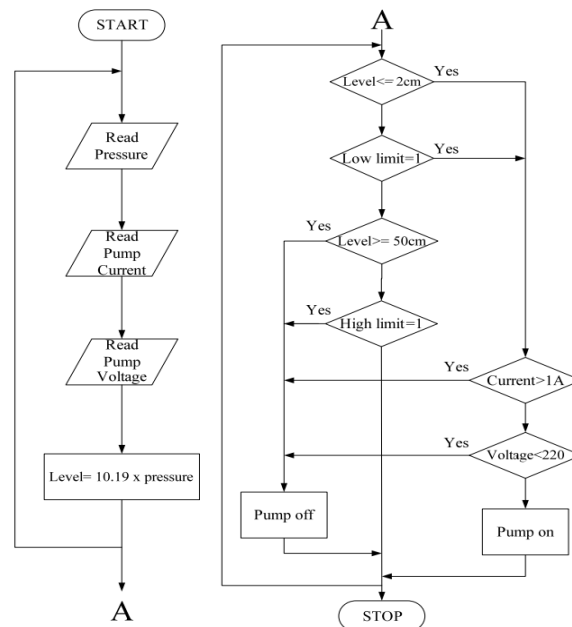
$$P = d * g * h$$

$$d_{\text{water}} = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ (constant value).}$$

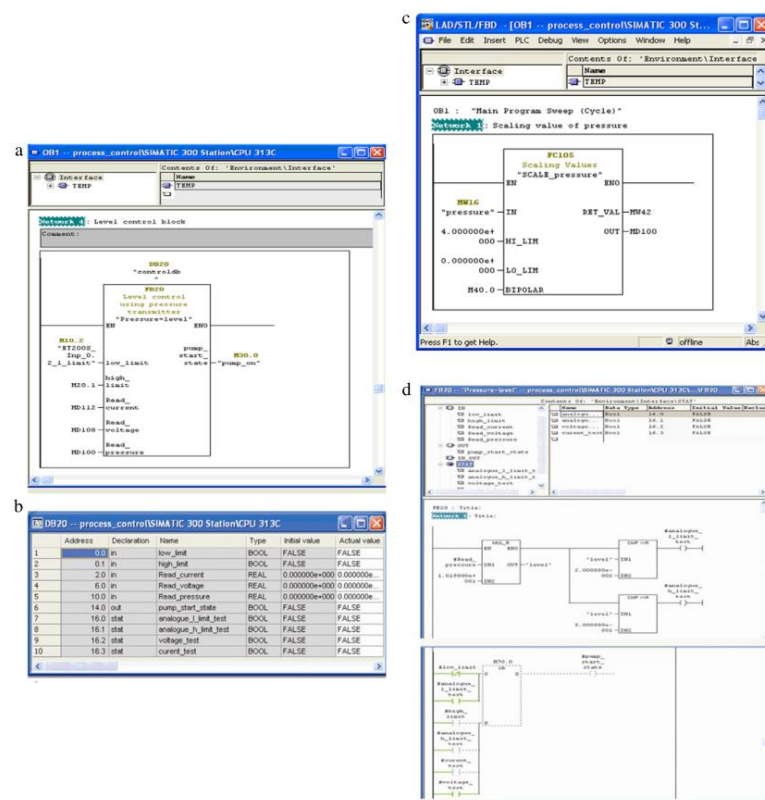
$$g = 9.81 \text{ N/kg (constant value).}$$



รูปที่ 2.8 ลำดับทั่วไปของการเรียก FC11 และ FC21 ในรอบ CPU



รูปที่ 2.9 แผนผังขั้นตอนการควบคุมปั๊ม



รูปที่ 2.10 โครงสร้างโปรแกรมของระบบ: (a) บล็อกทรง; (b) ตัวแปรบล็อกข้อมูล; (c) บล็อกการปรับขนาดความดัน; (d) มุมมอง LAD ของบล็อกฟังก์ชันการควบคุมปั๊ม

โดยที่ d คือ ความหนาแน่นของของเหลว ซึ่งเป็นค่าคงที่ตามของเหลวที่ใช้ g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

$$P = 1000 \times 9.81 \times h \text{ N/m}^2 \text{ (1 ปาสกาล = 105 บาร์)} \rightarrow (2)$$

การใช้สูตรข้างต้นสามารถหาค่าตามที่รายงานในตารางที่ 2 ได้

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและแรงดัน

Level (m)	Pressure (bar)
0.10	0.00981
0.20	0.01962
0.50	0.04905
1.00	0.09810
1.20	0.11772
1.50	0.14715
2.00	0.19620
2.50	0.24525

ซอฟต์แวร์ SIMATIC Step 7 V5.4 ถูกนำมาใช้ในการเขียนโปรแกรมระบบ หลังจากสร้างผังงานการดำเนินการตามที่แสดงในรูปที่ 2.9 แล้ว โครงสร้างโปรแกรมของระบบจะถูกสร้างขึ้นโดยมีบล็อกฟังก์ชัน บล็อกฟังก์ชัน และบล็อกข้อมูล จากนั้นจึงเรียกบล็อกฟังก์ชันตามที่แสดงในรูปที่ 2.10a พร้อมบล็อกข้อมูลตามที่แสดงในรูปที่ 2.10b ซึ่งได้รับการเขียนโปรแกรมในลำดับขั้น บล็อกฟังก์ชันแอปพลิเคชันประกอบด้วยผลการประมวลผลสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับแอปพลิเคชัน เช่น การปรับขนาด การตรวจนับสัญญาณเตือน หรือการควบคุม และการคำนวณ [41] ชื่อสัญลักษณ์จะระบุไว้ในตารางสัญลักษณ์ (ตัวอย่างเช่น Pressure = level และ control db) เพื่อปรับขนาดค่าของบล็อกแปลงแรงดัน กระแส และแรงดันไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 10c ซึ่งใช้จากไลบรารีมาตรฐานในขั้นตอนที่ 7 รูปที่ 2.10d แสดงมุมมอง LAD ของโปรแกรมระบบ โปรแกรมระบบได้รับการกำหนดค่าให้เปิดปั๊มเมื่อระดับน้ำลดลงและปิดเมื่อถึงเต็ม เมื่อถึงเต็ม ระบบควบคุมจะส่งสัญญาณให้ปั๊มปิดผ่านโมดูล IWLAN แบบไร้สาย ซึ่งจะปิดเหนือระดับการเติมสูงสุด เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำล้น ระบบปั๊มทำงานดังต่อไปนี้ น้ำไหลออกจากถังจะผ่านวาล์วควบคุมด้วยมือซึ่งควบคุมโดยผู้ใช้ เมื่อระดับน้ำกระตุ้นสวิทช์จำกัดระดับต่ำ หน้าสัมผัสจะปิดลง และเครื่องส่งสัญญาณจะส่งสัญญาณดิจิทัล และเครื่องส่งสัญญาณแรงดัน VMT และ CMT จะส่งสัญญาณ 4-20 mA ไปยังตัวควบคุมผ่านโมดูลโคลเอนต์ไร้สายและจุดเชื่อมต่อ หากค่ากระแสของปั๊มไม่มากกว่า 1 A และค่าแรงดันของปั๊มไม่น้อยกว่า 220 V หน้าที่หลักของ PLC คือการส่งสัญญาณดิจิทัลไปยังปั๊มซึ่งจะเปิดและเติมน้ำในถัง เมื่อถึงน้ำเต็ม เครื่องส่งสัญญาณแรงดัน

จะส่งค่าที่เกี่ยวข้องซึ่งได้ปรับมาตราส่วนไว้แล้ว โดยเป็นระดับที่สูง หรือเพื่อป้องกัน สวิตซ์ความจุจะเปิดหน้าสัมผัสที่เครื่องส่งสัญญาณ และเครื่องส่งสัญญาณจะส่งสัญญาณ "ปิด" ไปยังตัวควบคุม จากนั้น PLC จะส่งเอาต์พุตดิจิทัลไปยังปั๊มน้ำเพื่อปิดเครื่อง

โมดูล IWLAN และตัวควบคุม PLC เป็นตัวเลือกทางเทคโนโลยีตามธรรมชาติสำหรับการควบคุมและการทำงานอัตโนมัติของกระบวนการ เครือข่ายไร้สายให้ความยืดหยุ่นที่จำเป็น ต้นทุนการบำรุงรักษาต่ำ และความสามารถในการปรับขนาดในการออกแบบและควบคุมโรงงาน ในงานนี้ เราได้หารือเกี่ยวกับการออกแบบและการนำกระบวนการสูบน้ำไปใช้ สถาปัตยกรรมที่เสนอและผลลัพธ์แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการใช้โปรโตคอล IWLAN เพื่อสื่อสารกับ PLC ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบได้รับการทดสอบโดยใช้แอปพลิเคชันอุตสาหกรรมและพบว่ามีประสิทธิภาพที่น่าพอใจมาก ระบบควบคุมแบบมีสายแบบเดิมต้องชุดร่องเพื่อวางสายใหม่ การซ่อมสายเก่าหรือเปลี่ยนสายทองแดงที่ขโมยมาอาจมีค่าใช้จ่ายสูงมาก ในการศึกษา การสื่อสารแบบไร้สายสำหรับการควบคุมปั๊มน้ำช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ได้และให้ข้อได้เปรียบที่ชัดเจนเหนือระบบควบคุมแบบมีสาย

2.3 ระบบควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำด้วย PLC และการสื่อสาร Profibus สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

การตรวจสอบและควบคุมระบบมอเตอร์เหนี่ยวนำที่มีอยู่จะต้องสามารถทำงานร่วมกับผลิตภัณฑ์รุ่นต่อไปได้เพื่อให้แน่ใจว่ามีการบูรณาการอย่างชาญฉลาดเพื่ออัปเดตระบบที่มีอยู่โดยลดต้นทุนและเพิ่มความน่าเชื่อถือ จะต้องเลือกวิธีที่ดีที่สุดสำหรับการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในบางกรณี เช่น การควบคุมความเร็ว การเปิดหรือปิด หรือในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของกลุ่มโหลดในภาคอุตสาหกรรม ในการศึกษา การควบคุมและการตรวจสอบพารามิเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำจะดำเนินการผ่านคอมพิวเตอร์โดยใช้การสื่อสาร Profibus (Process Field Bus) ผ่านโปรแกรมพอร์ท TIA (Totally Integrated Automation) ที่ใช้ในการตั้งโปรแกรม PLC (Programmable Logic Controllers) ของ Siemens ทั้งหมด พารามิเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำจะได้รับผ่านตัวแปลงความถี่โดยไม่ต้องใช้การ์ดเพิ่มเติม เช่น การวัดกระแส แรงดันไฟฟ้า ความถี่ และความเร็ว ด้วยวิธีนี้ จึงหลีกเลี่ยงความสับสนระหว่างสายเคเบิลและการ์ดอิเล็กทรอนิกส์ และสามารถนำการใช้งานที่ปลอดภัย รวดเร็ว และใช้งานได้ง่ายจริงมากกว่าวิธีแบบดั้งเดิมมาใช้ได้ โปรแกรม KEPServerEx OPC (Ole-for Processing Control) Server ของ OPC Foundation ได้รับความนิยมในการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับ PLC โปรแกรมแก้ไข Profit-Lab ถูกใช้เพื่อติดตามและควบคุมระบบผ่านคอมพิวเตอร์

ในอนาคต ภาคพลังงานจะหมดเชื้อเพลิงฟอสซิล และการใช้แหล่งพลังงานหมุนเวียนที่เพิ่มขึ้นเน้นย้ำถึงความจำเป็นของโซลูชันที่เหมาะสมที่สุดตามการเปลี่ยนแปลงของโลกและความ

ต้องการที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตโซลูชันเทคโนโลยีในระบบที่มีอยู่กำลังกลายเป็นสิ่งสำคัญมากสำหรับการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อการพัฒนาเทคโนโลยีเหล่านี้สะท้อนให้เห็นในการปฏิบัติทางอุตสาหกรรม คุณภาพขององค์กรก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน นอกเหนือจากเทคโนโลยีมอเตอร์ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในทางปฏิบัติทางอุตสาหกรรม การพัฒนาไดรเวอร์มอเตอร์ยังให้ความสะดวกสบายทั้งในแง่ของต้นทุนและประโยชน์ใช้สอย

มอเตอร์ใช้เพื่อให้แน่ใจว่าแนวคิดของการเคลื่อนไหวของระบบในอุตสาหกรรม นอกจากนี้มอเตอร์ยังมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับโครงสร้าง เทคโนโลยี และแหล่งพลังงาน มอเตอร์กระแสสลับ (AC) และกระแสตรง (DC) ถูกใช้ตามประเภทพลังงาน ความแตกต่างพื้นฐานระหว่างมอเตอร์กระแสสลับและกระแสตรงคือการผลิตสนามแม่เหล็กภายในมอเตอร์ แม้ว่าจะมีค่าสูงประสิทธิภาพ (โดยเฉพาะที่ความเร็วต่ำ) ความหนาแน่นของพลังงานสูง และการควบคุมที่ง่าย ถือเป็นข้อได้เปรียบของมอเตอร์ DC โดยมีต้นทุนการติดตั้งสูง นอกจากนี้ นอกจากจะสร้างแรงบิดโหลดเต็มที่ที่ความเร็วต่ำแล้ว มอเตอร์ DC ยังใช้งานง่ายกว่าและถูกกว่าไดรเวอร์ AC ที่เทียบเท่ากันมาก

ในขณะที่ไดรฟ์มอเตอร์ AC แปลงแรงดันไฟฟ้า AC ที่เข้ามาเป็นบัส DC แล้วแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้า AC เพื่อสตาร์ทมอเตอร์ ไดรเวอร์ DC จะสตาร์ทมอเตอร์ DC โดยตรงโดยแปลงแรงดันไฟฟ้า AC เป็น DC อย่างไรก็ตาม มอเตอร์ DC ถูกแทนที่ด้วยมอเตอร์ AC โดยเฉพาะในการใช้งานขนาดใหญ่และทรงพลัง เนื่องจากต้องมีการบำรุงรักษาและการประมวลผลเพิ่มเติมเพื่อตรวจสอบและเปลี่ยนแปรงภายใน ดังนั้น แม้ว่าโครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำจะเรียบง่าย แต่ก็ควบคุมได้ยากด้วยเหตุนี้ มอเตอร์ AC จึงถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม

มอเตอร์เหนี่ยวนำซึ่งมีบทบาทสำคัญในการใช้พลังงาน จะใช้กระแสไฟฟ้ามากกว่ากระแสไฟฟ้าทำงานปกติ 5-7 เท่าเมื่อเริ่มต้นใช้งาน เพื่อชดเชยภาวะเชิงลบนี้นี้ จึงใช้หลายวิธีการสตาร์ท ก่อนหน้านี้มีการใช้วิธีสตาร์ทแบบคลาสสิก เช่น การสตาร์ทแบบ Wye-Delta และการสตาร์ทแบบความต้านทานค่อยเป็นค่อยไป [10] อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบัน ด้วยการพัฒนาของเทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์ ตัวแปลงความถี่ หรือซอฟต์แวร์สตาร์ทเตอร์

วิธีการต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงองค์ประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังไฟฟ้า เช่น IGBT ไทริสเตอร์ และ MOSFET ถูกใช้ในระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ วิธีการสตาร์ทเหล่านี้ ซึ่งได้รับการพัฒนาควบคู่ไปกับเทคโนโลยี ช่วยให้ใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และช่วยให้สตาร์ทได้นุ่มนวลขึ้น ปรับความเร็วได้อย่างยืดหยุ่น และลดความเครียดเชิงกลของมอเตอร์ได้ ด้วยเหตุนี้ จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องเลือกวิธีการควบคุมที่เหมาะสมที่สุด พื้นที่ใช้งานของมอเตอร์ สถานะโหลดเพลามอเตอร์ ความสามารถในการบิดของมอเตอร์ เป็นต้น เป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดวิธีการที่จะใช้

วิธีการสตาร์ทที่ใช้เพื่อลดกระแสไฟฟ้าสูงที่มอเตอร์กระแสสลับดึงออกเมื่อสตาร์ทครั้งแรก ช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ทั้งหมดที่เชื่อมต่อกับมอเตอร์โดยให้การสตาร์ทแบบไม่กระทบซึ่ง

ช่วยลดภาระบนเครือข่ายไฟฟ้า วิธีการสตาร์ทแบบ Wye-Delta ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการสตาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำมีจุดประสงค์เพื่อจัดการใช้กระแสไฟฟ้าที่มากเกินไปในระหว่างการสตาร์ทครั้งแรก เนื่องจากขดลวดสเตเตอร์จะสัมผัสกับแรงดันไฟฟ้าสูงในการเชื่อมต่อแบบเดลต้า มอเตอร์เหนี่ยวนำทำงานในการเชื่อมต่อแบบ Wye เมื่อสตาร์ท และขดลวดเฟสจะรับแรงดันไฟฟ้า 220 V เมื่อมอเตอร์ถึงความเร็วที่กำหนด แรงดันไฟฟ้าเฟสจะถูกจ่ายเป็น 380 V AC โดยสลับไปที่โหมดการเชื่อมต่อแบบเดลต้าโดยอัตโนมัติ เนื่องจากการเปลี่ยนผ่านนี้เกิดขึ้นผ่านคอนแทคเตอร์และตัวจับเวลา ระบบจึงอาจเกิดความล่าช้าของฮาร์ดแวร์

วิธีการสตาร์ทแบบอื่นสำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำคือวิธีการสตาร์ทแบบนุ่มนวล ซึ่งทำงานตามหลักการของการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์อย่างค่อยเป็นค่อยไปเพื่อให้เกิดการเร่งความเร็วที่นุ่มนวลและราบรื่น ด้วยวิธีนี้ จึงหลีกเลี่ยงความผันผวนอย่างกะทันหันของแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าที่รุนแรงของการสตาร์ทครั้งแรกได้ วิธีการสตาร์ทแบบนุ่มนวลเกิดขึ้นในลักษณะที่ควบคุมด้วยเวกเตอร์โดยใช้ทริสเตอร์ การควบคุมเวกเตอร์ช่วยให้แน่ใจว่ามอเตอร์ได้รับการปรับให้เหมาะสมสำหรับการสตาร์ทแบบนุ่มนวลและการหยุดแบบนุ่มนวล และลดกระแสไฟฟ้าและโมเมนตัมเริ่มต้น องค์ประกอบการสตาร์ทที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าหลักระหว่าง 30% ถึง 100% ขึ้นอยู่กับเวลาของความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและกระแสไฟฟ้าในมอเตอร์ และจ่ายแรงดันไฟฟ้าดังกล่าวให้กับมอเตอร์ เมื่อความเร็วของมอเตอร์ถึงค่าที่กำหนด มอเตอร์จะเชื่อมต่อกับกริดโดยตรง และทริกเกอร์ทริสเตอร์จะถูกตัด หากมอเตอร์หยุดทำงาน มอเตอร์จะควบคุมแรงดันไฟฟ้าจาก 100% ถึง 30% การเปลี่ยนมุมทริกเกอร์ของสะพานทริสเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยทริสเตอร์สองตัวในแต่ละเฟส ทำให้สามารถควบคุมกระแสไฟเริ่มต้นได้โดยไม่เปลี่ยนความถี่ของไฟหลัก ดังนั้น จึงสามารถควบคุมกระแสไฟเริ่มต้นได้ ซึ่งจะป้องกันไม่ให้ทริสเตอร์ร้อนเกินไป

วิธีการหนึ่งที่ใช้ในการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสคือตัวแปลงความถี่ อุปกรณ์เหล่านี้จะตรวจสอบความเร็วโดยรักษาอัตราส่วน V/f ให้คงที่ และเปลี่ยนความถี่ที่ใช้กับมอเตอร์โดยไม่ให้สถานะคงที่ตามแรงดันไฟฟ้าสั่น ความจริงที่ว่าตัวแปลงความถี่ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายพื้นที่ ตั้งแต่แนวปฏิบัติมาตรฐานไปจนถึงการใช้งานขั้นสูงในอุตสาหกรรมที่มีโครงสร้างพารามิเตอร์การเชื่อมต่อฟรีและบล็อกฟังก์ชันในโครงสร้างพารามิเตอร์ขั้นสูงเป็นเหตุผลที่เลือกใช้ตัวแปลงความถี่ในการศึกษานี้

เนื่องจากมีโครงสร้างที่ไม่เป็นเชิงเส้น มอเตอร์เหนี่ยวนำจึงไม่สามารถควบคุมได้ง่าย เช่น มอเตอร์ความเร็วและแรงบิด การควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำมีหลายวิธี วิธีที่ใช้กันทั่วไปคือการควบคุมแบบสเกลาร์และแบบเวกเตอร์ วิธีการควบคุมที่ทำโดยการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าและความถี่ของมอเตอร์เหนี่ยวนำเรียกว่าการควบคุมแบบสเกลาร์ โดยทั่วไปจะใช้ในพัดลมของระบบระบายอากาศและระบบทำความร้อนที่ไม่จำเป็นต้องควบคุมความเร็วอย่างแม่นยำ นอกจากนี้ วิธีการควบคุม

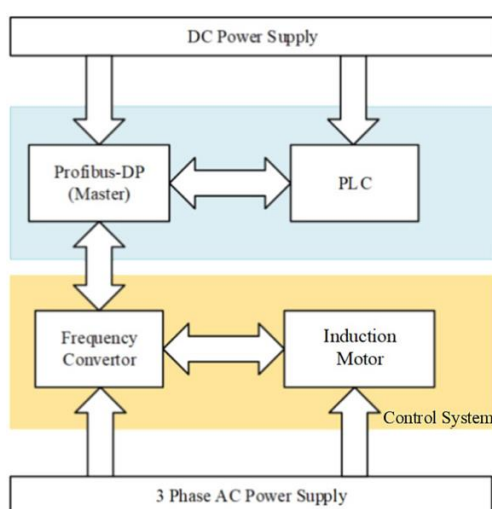
แบบสเกลาร์สามารถทำได้โดยไม่ต้องมีการแปลงแกนและอัลกอริทึมที่ซับซ้อนในการใช้งานที่การควบคุมความเร็วเพียงพอ ด้วยวิธีนี้ สามารถควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำได้ในช่วงกว้างที่แรงบิดปกติ แต่การควบคุมแบบสเกลาร์ไม่เพียงพอในการใช้งานที่ต้องการการควบคุมความเร็วและแรงบิดอย่างต่อเนื่อง แทนที่จะเป็นเช่นนั้น จะใช้มอเตอร์กระแสตรงในงานที่ต้องการควบคุมความเร็วและแรงบิดอย่างต่อเนื่อง ส่วนประกอบของกระแสไฟฟ้าที่ประกอบเป็นฟลักซ์และเวกเตอร์แรงบิดในมอเตอร์กระแสตรงจะถูกควบคุมโดยอิสระจากกัน แต่ไม่มีส่วนประกอบกระแสไฟฟ้าแยกกันดังกล่าวในมอเตอร์เหนี่ยวนำ มีเพียงกระแสเดรีร์ที่มีข้อมูลมูแอมพลิจูดและเฟส กระแสเดรีร์นี้แบ่งออกเป็นสองส่วนประกอบกระแสไฟฟ้า ส่วนประกอบหนึ่งสร้างฟลักซ์และอีกส่วนประกอบหนึ่งสร้างโมเมนต์ โดยใช้การแปลงต่างๆ การใช้ส่วนประกอบกระแสไฟฟ้าทั้งสองนี้ทำให้สามารถควบคุมแรงบิดและความเร็วอย่างต่อเนื่องได้ วิธีนี้เรียกว่าวิธีการควบคุมเวกเตอร์ ด้วยการพัฒนาของอิเล็กทรอนิกส์กำลังและโปรเซสเซอร์สัญญาณเร็ว วิธีการควบคุมเวกเตอร์จึงได้รับความนิยมอย่างมากและมาถึงจุดที่ให้ประสิทธิภาพเช่นเดียวกับมอเตอร์กระแสตรง พื้นฐานของวิธีการควบคุมเวกเตอร์คือการแสดงการแสดงออกของโมเมนต์เช่นเดียวกับในมอเตอร์กระแสตรง วิธีการนี้มีวิธีควบคุมเวกเตอร์ที่เน้นฟลักซ์ของสเตเตอร์ ช่องว่างอากาศ และโรเตอร์ในแกนอ้างอิงที่แตกต่างกัน

วิธีการสื่อสาร Profibus, Canbus และ Modbus ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อควบคุมเครือข่ายการสื่อสารของมอเตอร์เหนี่ยวนำ เครือข่ายควบคุม Canbus (Controller Area Network) เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อสร้างหน่วยการจัดการทั่วไปโดยลดจำนวนหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จำนวนองค์ประกอบของระบบ และความยาวสายเคเบิล เครือข่ายนี้ให้การสื่อสารข้อมูลด้วยความเร็ว 1 Mbit/s ในระบบอิเล็กทรอนิกส์ยานยนต์ การควบคุมมอเตอร์อัจฉริยะ เซ็นเซอร์อัจฉริยะ ลิฟต์ หน่วยควบคุมเครื่องจักร และอาคารอัจฉริยะ ซึ่งความปลอดภัยเป็นสิ่งสำคัญมาก ในระบบ Canbus หน่วยทั้งหมดมีสิทธิ์เท่าเทียมกันในการส่งข้อมูลที่มีลำดับความสำคัญไปยังสายส่ง ซึ่งเรียกว่าการทำงานแบบมัลติมาสเตอร์ วิธีการสื่อสารอีกวิธีหนึ่ง คือ Mod-Bus อาจใช้เพื่อตรวจสอบระบบมาสเตอร์/Slavesหลายระบบและโปรแกรมอุปกรณ์ เพื่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์อัจฉริยะ (PLC, อินเวอร์เตอร์ ฯลฯ) เซ็นเซอร์ และอุปกรณ์อื่น ๆ หรือเพื่อควบคุมอุปกรณ์ในสนามจากระยะไกลด้วยคอมพิวเตอร์หรืออินเทอร์เน็ตระหว่างมนุษย์กับเครื่องจักร Modbus เป็นระบบเครือข่ายอุตสาหกรรมซึ่งรับข้อมูลจากอุปกรณ์และรวบรวมไว้ในศูนย์กลางเดียว อาจมีอุปกรณ์Slaves 247 ตัวพร้อมอุปกรณ์มาสเตอร์ 1 ตัวในเครือข่าย Modbus มาตรฐาน

OPC หมายถึง มาตรฐานซอฟต์แวร์ที่ใช้อินเทอร์เน็ตเพชเดียวกันและอนุญาตให้เครื่องจักร ระบบ และอุปกรณ์ของผู้ผลิตที่แตกต่างกันเชื่อมต่อและถ่ายโอนข้อมูล เซิร์ฟเวอร์ที่ใช้มาตรฐาน OPC อนุญาตให้อุปกรณ์ในสองระบบที่แตกต่างกันเชื่อมต่อกันได้โดยไม่ต้องมีแอปพลิเคชันเพิ่มเติม เมื่อ OPC เปิดตัวสู่ตลาดในปี 1996 มีเป้าหมายเพื่อบรรลุโปรโตคอล PLC ซึ่งมีความเฉพาะตามฮาร์ดแวร์

และระบบภายในกรอบมาตรฐานบางอย่าง และการสื่อสารของระบบ Human Machine Interface (HMI)/Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) กับอุปกรณ์ที่ไม่มีไดรเวอร์และซอฟต์แวร์ไดรเวอร์เฉพาะอุปกรณ์ ในสมัยนั้น มาตรฐาน OPC จำกัดเฉพาะ Windows เท่านั้น ปัจจุบัน ระบบนี้ซึ่งเรียกว่า OPC แบบคลาสสิกเป็นที่นิยมในการศึกษาวิจัยเนื่องจากมีพื้นที่การใช้งานทั่วไปมาก OPC Unified Architecture (OPC UA) เป็นเทคโนโลยี OPC รุ่นต่อไป OPC UA เป็นโพรโตคอลการสื่อสารระหว่างเครื่องจักรกับเครื่องจักรสำหรับระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรมที่พัฒนาโดย OPC Foundation คำจำกัดความของ OPC UA เป็นคำจำกัดความที่ครอบคลุมที่สุดที่พัฒนาขึ้นเพื่อการทำงานร่วมกันระหว่างซอฟต์แวร์อัตโนมัติ OPC UA มอบกลไกที่ยืดหยุ่นและปรับเปลี่ยนได้สูงในการย้ายข้อมูลระหว่างระบบประเภทองค์กรและการควบคุม อุปกรณ์ตรวจสอบ และเซ็นเซอร์ที่โต้ตอบกับข้อมูลในโลกแห่งความเป็นจริง

ในการศึกษาครั้งนี้ การตรวจสอบและควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ทำงานด้วยตัวแปลงความถี่จะดำเนินการผ่านคอมพิวเตอร์โดยใช้เครือข่าย Profibus เมื่ออัตราการหมุนเปลี่ยนแปลงจากอินเทอร์เฟซผู้ใช้ พฤติกรรมและพารามิเตอร์ของมอเตอร์ก็จะถูกตรวจสอบ โปรแกรม TIA Portal ซึ่งสร้างขึ้นพร้อมกับการผลิตตัวควบคุมหลักของระบบ S7 1200 PLC ช่วยให้สามารถทำงานกับผลิตภัณฑ์รุ่นเก่าที่ใช้ในตลาดได้ในขณะที่ทำงานกับผลิตภัณฑ์รุ่นถัดไป เพื่อจุดประสงค์นี้ จึงได้สร้างไลบรารีขึ้นเพื่อช่วยให้สามารถทำงานร่วมกับผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์รุ่นต่อไปได้ ในการศึกษาครั้งนี้ ดังที่เห็นในแผนผังบล็อกในรูปที่ 2.11 การควบคุมและพารามิเตอร์ของตัวแปลงความถี่ Micromaster 440 ที่ใช้การสื่อสาร Profibus กับ PLC S7 1200 ได้รับการตรวจสอบผ่านคอมพิวเตอร์

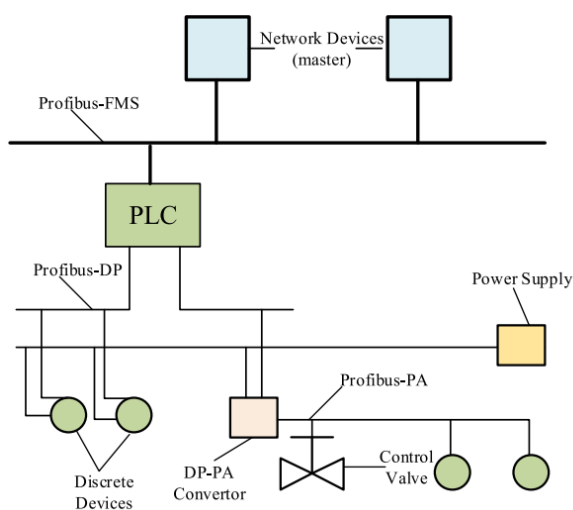


รูปที่ 2.11 แผนผังแบบบล็อกทั่วไปของการศึกษา

มีการสร้างไลบรารีเพื่อควบคุมไตรเวอร์มอเตอร์ในโปรแกรม TIA Portal ด้วยไลบรารีนี้ การสื่อสารระหว่างโปรแกรมแก้ไขกับไตรเวอร์มอเตอร์จึงเกิดขึ้น ด้วยวิธีนี้ พารามิเตอร์ของแรงดันไฟฟ้า ค่าสัมประสิทธิ์กำลัง อุณหภูมิ มุมโรเตอร์กำลังปฏิกิริยาแอกทีฟ ความเร็วของมอเตอร์ การสตาร์ทและหยุด ฯลฯ ของมอเตอร์เหล่านี้จะถูกรวบรวมโดยไม่ต้องใช้ฮาร์ดแวร์เพิ่มเติม และการเปลี่ยนแปลงในพารามิเตอร์ของระบบจะถูกตรวจสอบผ่านคอมพิวเตอร์โดยใช้วิธีการสื่อสาร Profibus วิธีการสื่อสาร Profibus ได้รับความนิยมเนื่องจากใช้กันอย่างแพร่หลายในการผลิตและกระบวนการอัตโนมัติ พารามิเตอร์ของมอเตอร์ที่ได้รับจากตัวแปลงความถี่จะถูกถ่ายโอนไปยัง PLC ผ่านเครือข่าย Profibus วิธีการสื่อสาร Profibus ซึ่งเป็นวิธีเก่าเมื่อเทียบกับวิธีการสื่อสารใหม่ ได้รับการปรับปรุงให้ทำงานสอดคล้องกับระบบใหม่ที่มีซอฟต์แวร์อะแดปเตอร์และวิธีการสื่อสารที่สร้างขึ้น การถ่ายโอนข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์และ PLC จะได้รับจาก OPC Server และข้อมูลเหล่านี้ที่ถ่ายโอนไปยังสื่อคอมพิวเตอร์จะพร้อมใช้งานบนแพลตฟอร์ม Profi-Lab หลังจากการแสดงผล

วิธีการสื่อสารแบบโปรฟิบบัสเข้ากันได้กับมาตรฐานสากล 61158 มาตรฐานนี้เป็นความพยายามที่จะกำหนดมาตรฐานสากลระดับโลกสำหรับการสื่อสารแบบฟิลด์บัสที่เริ่มต้นร่วมกันโดย IEC และ ISA ระบบ 61158 อาจประกอบด้วยลิงก์ท้องถิ่นของซับเน็ตหลายรายการโดยอิงตามโทโพโลยีบัสที่ใช้ร่วมกันและเชื่อมต่อกันโดยใช้บริดจ์ บริดจ์ยังสามารถใช้เชื่อมต่อสถานีต่าง ๆ ที่สำคัญในการตอบสนองข้อกำหนดด้านเวลาที่กำหนดโดยกฎการสื่อสาร ในกรณีนี้ บริดจ์จะทำงานเป็นอินเทอร์เฟซที่เหมาะสมกับเครือข่าย

Profibus (Process Field Bus) เป็นมาตรฐานบัสแบบฟิลด์เปิดที่ออกแบบมาสำหรับการผลิตและกระบวนการอัตโนมัติที่ครอบคลุม ระบบสื่อสาร Profibus เป็นระบบเครือข่ายได้รับการพัฒนาโดยผู้ผลิต PLC หลายรายรวมถึง Siemens และถือเป็นมาตรฐาน ระบบ Profibus บางระบบได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ โทโพโลยีเครือข่าย Profibus แสดงไว้ในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 เทคโนโลยีเครือข่าย Profibus

Profibus-DP (Decentral Peripherals = Decentralized Peripheral Units) เป็นระบบสื่อสารที่ช่วยให้สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์กระจายศูนย์ที่มีอุปกรณ์อัตโนมัติได้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในกรณีที่ PLC อยู่ตรงกลาง และหน่วยต่อพ่วง (Slaves) อยู่ในพื้นที่ทำงาน การสร้างสายส่งจะง่ายมาก ซีพียูที่อยู่ตรงกลางจะอ่านข้อมูลอินพุตจาก Slaves จากนั้นประมวลผลข้อมูล และสุดท้ายจะเขียนข้อมูลเอาต์พุตลงใน Slaves ถือเป็นประเภทการสื่อสารที่ใช้กันทั่วไปที่สุดและนิยมใช้เนื่องจากมีต้นทุนการเชื่อมต่อต่ำ

การสื่อสารสามารถทำได้ด้วยอุปกรณ์กระจายแบบรวมศูนย์ (Siemens ET200) เช่นเดียวกับอุปกรณ์สนามอัจฉริยะ (ไดรเวอร์มอเตอร์ เครื่องวัดอัตราการไหล ฯลฯ) การสื่อสาร Profibus-DP ใช้ RS485 และ/หรือโครงสร้างพื้นฐานใยแก้วนำแสงเป็นโครงสร้างทางกายภาพ สามารถใช้กับแอปพลิเคชันที่สำคัญความเร็วสูงหรือการสื่อสารที่ซับซ้อน รูปแบบที่ใช้กันทั่วไปที่สุดคือ Profibus-DP วิธีนี้มักใช้ในการสร้างระบบอัตโนมัติ การควบคุมไดรเวอร์มอเตอร์ เซ็นเซอร์ อุปกรณ์ควบคุมแบบตั้งโปรแกรมได้ และเครื่องจักรสิ่งทอ

Profibus-FMS (Fieldbus Message Specification) หมายถึงการระบุข้อความบัสข้อมูลภาคสนาม และเป็นประเภทการสื่อสารทั่วไปที่มีฟังก์ชันการใช้งานขั้นสูงสำหรับการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ควบคุมอัจฉริยะ เช่นเดียวกับ DP, FMS ยังใช้โครงสร้างพื้นฐาน RS485 และ/หรือไฟเบอร์ออปติกเป็นโครงสร้างการสื่อสารทางกายภาพ โดยจะส่งข้อมูลความเร็วสูง Profibus-PA (PA-Process Automation) เป็นประเภทของการสื่อสารที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการ และปัจจุบันมีการจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ผ่านสายเคเบิลสื่อสาร สามารถทำงานบนมาสเตอร์เดียวกันกับ Profibus-DP ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งใช้ในการตรวจสอบอุปกรณ์วัดในพื้นที่อันตรายในพื้นที่โรงงาน

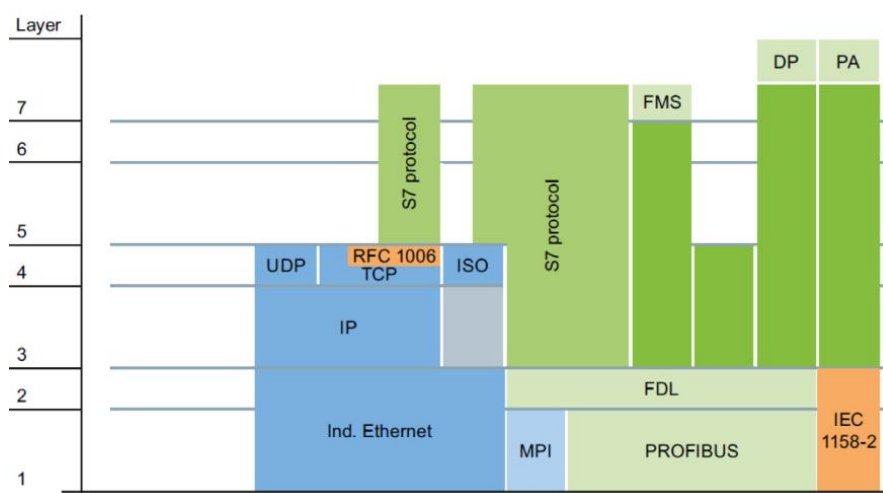
ลักษณะทางเทคนิคของการสื่อสาร Profibus-DP :

- 6) ในแต่ละพื้นที่รบบัส สามารถสร้างผู้เข้าร่วมได้สูงสุด 32 คน และสร้างผู้เข้าร่วมได้รวมทั้งหมด 126 คนในเครือข่าย และสร้างส่วนต่างๆ บนเครือข่ายได้มากถึง 9 ส่วน
- 7) สามารถเสียบ/ถอดหน่วยต่อพ่วง (Slavesและองค์ประกอบสนาม เช่น เซอร์ มอเตอร์) ระหว่างการทำงานได้
- 8) การถ่ายโอนข้อมูลทำได้ด้วยสายเคเบิลหุ้มฉนวนสองแกนหรือตัวนำแสง สายเคเบิลหุ้มฉนวนจะต้องต่อลงดินที่ปลายทั้งสองด้าน เมื่อต่อลงดินปลายด้านหนึ่งแล้ว ปลายด้านว่างจะทำหน้าที่เป็นเสาอากาศสำหรับความถี่สูงและจะรวบรวมสัญญาณรบกวนรอบๆ ไว้
- 9) ระยะการส่งข้อมูลสามารถสูงสุด 9.6 กม. โดยใช้สายไฟฟ้า และสูงสุด 90 กม. โดยใช้สายออปติคัล
- 10) ออกแบบมาเพื่อการผลิตพิเศษและกระบวนการอัตโนมัติ
- 11) ในกรณีที่ดำเนินการสื่อสารด้วย Profibus ระหว่างอุปกรณ์ของแบรนด์ต่าง ๆ ไม่จำเป็นต้องใช้อินเทอร์เฟซพิเศษหรือส่วนเสริมใด ๆ
- 12) ใช้ข้อมูลที่ไม่ต้องใช้อินเทอร์เฟซพิเศษ
- 13) เนื่องจากวิธีการสื่อสาร Profibus ทำงานด้วยลอจิก Master/Slave จึงควรมีอุปกรณ์ Master บนเครือข่ายเพียงตัวเดียว

Profibus เป็นสถาปัตยกรรมโปรโตคอลสำหรับ OSI Reference Model และตำแหน่งของวิธีการสื่อสาร Profibus ในแบบจำลอง OSI แสดงไว้ในรูปที่ 2.13 Profibus-FMS (Fieldbus Message Specification) มีสามประเภท ได้แก่ Profibus-FMS มักใช้สำหรับระบบรวบรวมข้อมูล Profibus-DP (distributed I/O) ใช้ในการควบคุมเซ็นเซอร์และแอคชูเอเตอร์เนื่องจากสามารถสื่อสารได้อย่างรวดเร็วโดยใช้ศูนย์กลางเพียงแห่งเดียว Profibus-PA ใช้ในอุปกรณ์ที่มีระบบรักษาความปลอดภัยในตัว ความเร็วและมาตรฐานการสื่อสารของ Profibus แสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การสื่อสารแบบโปรฟิบบัส

FMS(RS-485)	187.5 kbps
DP(RS-485)	500 kbps/1.5 Mbps/12 Mbps
PA(IEC 1158-2)	31.25 kbps



รูปที่ 2.13 สถาปัตยกรรมโปรโตคอล Profibus

สถาปัตยกรรมโปรโตคอล Profibus ในแบบจำลอง OSI (องค์การมาตรฐานสากล) แสดงไว้ในรูปที่ 2.13 ในแง่นี้ ตามแบบจำลอง OSI DP ซึ่งเป็นโปรโตคอลการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ ใช้เลเยอร์ที่ 1 และ 2 เป็นอินเทอร์เฟซผู้ใช้ และไม่ใช้เลเยอร์ที่ 3 และ 7 สถาปัตยกรรมนี้ช่วยให้ส่งข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว ใน FMS ซึ่งเป็นโปรโตคอลการสื่อสารทั่วไป ระดับความสำคัญที่แตกต่างกันจะถูกกำหนดให้กับเลเยอร์ 1, 2 และ 7 ในเลเยอร์ที่ 7 ซึ่งเป็นเลเยอร์แอปพลิเคชัน มี FMS และ LLI (Low Layer Interface) FMS กำหนดบริการการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพที่จำเป็นสำหรับการสื่อสารระหว่างยูนิตหลัก-ยูนิตหลัก และระหว่างยูนิตหลัก-ดาวเทียม LLI กำหนดบริการ FMS ในโปรโตคอลการส่งข้อมูลของเลเยอร์ที่ 2

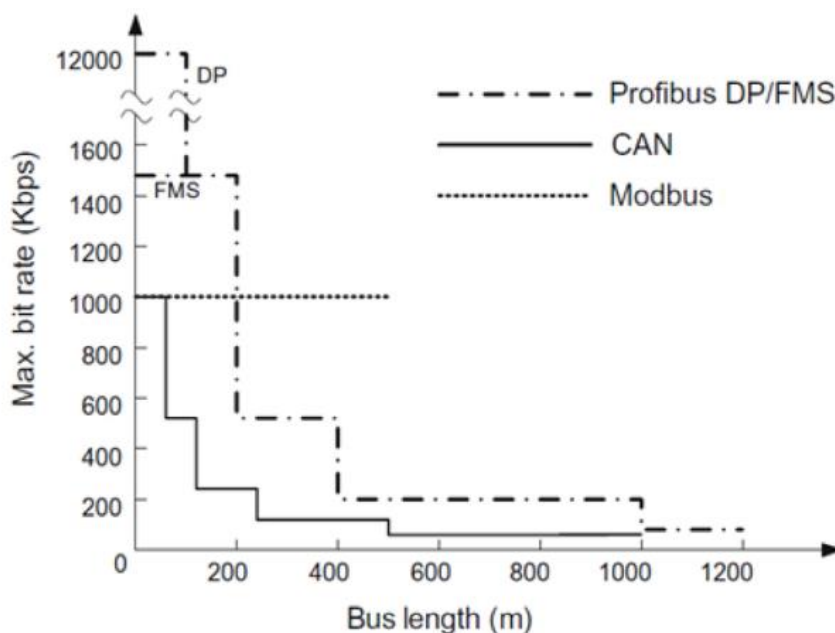
เลเยอร์ที่ 1 และ 2 นั้นเหมือนกันสำหรับเวอร์ชัน DP และ FMS ในโมเดล ISO/OSI กล่าวอีกนัยหนึ่ง อุปกรณ์ส่งสัญญาณทางกายภาพทั้งสองแบบ (เช่น เส้นที่พอดิบกับคำจำกัดความของ RS-485 ตัวนำใยแก้วนำแสง ตัวทำซ้ำสำหรับการเชื่อมต่อปลั๊กและการเชื่อมต่อชิ้นส่วน) และรูปแบบการส่งข้อมูลแบบแพ็คเกจ (โทรเลข) นั้นคล้ายคลึงกัน เลเยอร์ 3 และ 6 ไม่ได้ใช้ใน Profibus เวอร์ชัน FMS ถูกกำหนดไว้ในเลเยอร์แอปพลิเคชัน เวอร์ชัน Profibus-DP รุ่นที่ 7 นั้นไม่มีความเกี่ยวข้องในแง่ของประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน ด้วยเหตุนี้ เวอร์ชัน DP จึงถือเป็นแอปพลิเคชันมาตรฐานสำหรับเลเยอร์ 2 ได้

ในโครงสร้าง Profibus สามารถติดตั้งอุปกรณ์ Slave ได้สูงสุด 32 ตัวสำหรับ Master ซึ่งสามารถขยายได้สูงสุด 126 ตัวโดยการใส่รีพีทเตอร์สูงสุด 4 ตัว ความเร็วในการสื่อสารอยู่ระหว่าง 9.6 kBd และ 12 MBd ด้วย Profibus-DP ความเร็วในการสื่อสารคือ 31.25 kBd ใน Profibus-PA

โปรโตคอลคือชุดกฎสำหรับการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับเครือข่าย โปรโตคอลทั่วไปที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรม ได้แก่ Modbus, Profibus และ CANbus ขนาดข้อมูลที่ส่งตาม

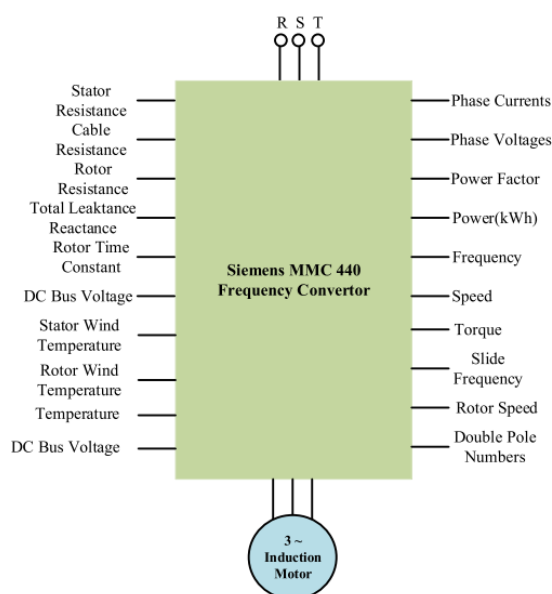
ระยะทางของวิธีการสื่อสารเหล่านี้แสดงไว้ในรูปที่ 2.14 ในโปรโตคอลทั้งหมด เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น ขนาดข้อมูลที่จะส่งก็จะลดลง ขนาดข้อมูลของวิธีการสื่อสาร Profibus ในระยะทางไกลและระยะสั้น จะสูงกว่าวิธีอื่นๆ ด้วยเหตุนี้ PLC ในภาคอุตสาหกรรมจึงสื่อสารถึงกันเองด้วยอุปกรณ์ IO (อินพุต/เอาต์พุต) ระยะไกล เซ็นเซอร์ และตัวกระตุ้นได้อย่างรวดเร็วและเชื่อถือได้

แม้ว่าโปรโตคอล Modbus จะได้รับผลลัพธ์ที่ประสบความสำเร็จอย่างมากในโครงการระบบอัตโนมัติของเครื่องจักรและโครงการระบบอัตโนมัติขนาดเล็ก แต่ความสำเร็จที่ต้องการนั้นไม่ได้เกิดขึ้นในระบบอัตโนมัติของโรงงานที่มีแบรนด์และอุปกรณ์ต่างๆ มากมาย เนื่องจากระยะทางที่ไกลระหว่างอุปกรณ์และสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้าที่สูงในสภาพแวดล้อม เนื่องจากปัญหาที่พบในสภาพโรงงาน จึงนิยมใช้โปรโตคอล Profibus ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่เสถียรและปลอดภัยกว่าแทนวิธีการสื่อสาร Modbus ซึ่งเป็นโปรโตคอลราคาถูกและใช้งานง่าย นอกจากนี้ ด้วยโครงสร้างที่รวดเร็วและเชื่อถือได้ ทำให้สามารถสื่อสารได้ในระยะทางที่ไกลกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับโปรโตคอล Modbus วิธีการสื่อสาร Profibus ถือเป็นวิธีเก่าเมื่อเทียบกับวิธีการสื่อสาร Profinet ดังนั้น จึงสามารถใช้รุ่นเก่าได้เฉพาะกับผลิตภัณฑ์รุ่นใหม่ผ่านวิธีการสื่อสารเท่านั้น วิธีการสื่อสาร Profibus มีข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับวิธีการสื่อสารอื่นๆ เนื่องจากนำมาใช้กับระบบที่มีอยู่โดยไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมใด ๆ ทำให้มีส่วนช่วยอย่างมากในการปรับปรุงการใช้ทรัพยากร



รูปที่ 2.14 การเปรียบเทียบโปรโตคอล

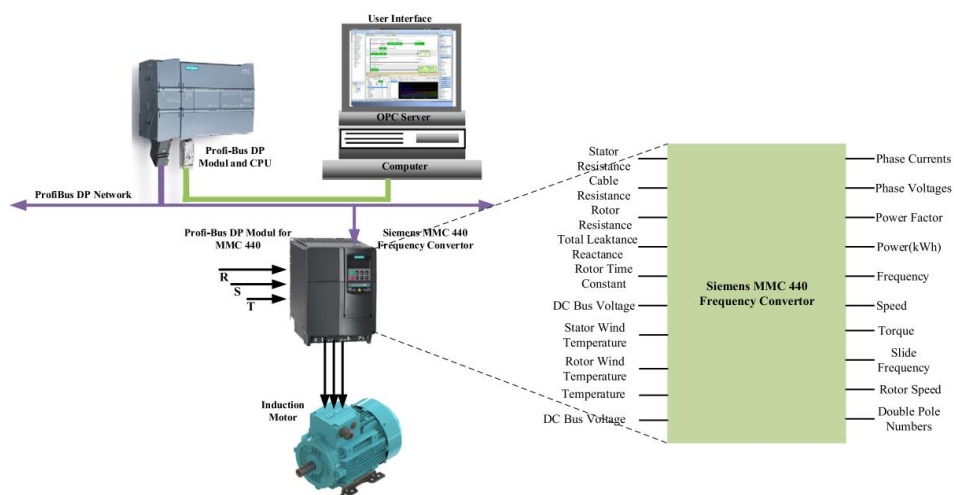
อุปกรณ์ต่อพ่วงและรายละเอียดกระบวนการจะแสดงอยู่ในรูปที่ 2.11 ในการออกแบบระบบในแง่นี้ พารามิเตอร์ความเร็วเป็นตัวแปรควบคุมของระบบเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงในพารามิเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ตัวแปรนี้จะถูกควบคุมและตรวจสอบด้วยข้อมูลดิจิทัล การจ่ายพลังงานของมอเตอร์จะถูกควบคุมด้วยตัวแปลงความถี่ การควบคุมพลังงานจะดำเนินการด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้ PLC และวิธีการสื่อสาร Profibus-DP การสื่อสารข้อมูลจะถูกจัดเตรียมระหว่างคอมพิวเตอร์และ PLC ผ่านทาง OPC Server ในโครงสร้างฮาร์ดแวร์ เครือข่าย Profibus จะถูกจัดเตรียมระหว่างโมดูล Profibus ในตัวแปลงความถี่และโมดูล Profibus (Master) ที่เชื่อมต่อกับ PLC ด้วยความช่วยเหลือของอินเทอร์เฟซคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้น การควบคุมและการตรวจสอบจะดำเนินการผ่านคอมพิวเตอร์ ผู้ใช้จะเลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำตามค่าความเร็วอ้างอิงที่ป้อนด้วยอินเทอร์เฟซ การเปลี่ยนแปลงในพารามิเตอร์ของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับความเร็วที่เห็นในรูปที่ 2.15 จะถูกตรวจสอบในอินเทอร์เฟซคอมพิวเตอร์ การทำงานทั้งหมดจะดำเนินการในโครงสร้างควบคุมแบบเปิด



รูปที่ 2.15 พารามิเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

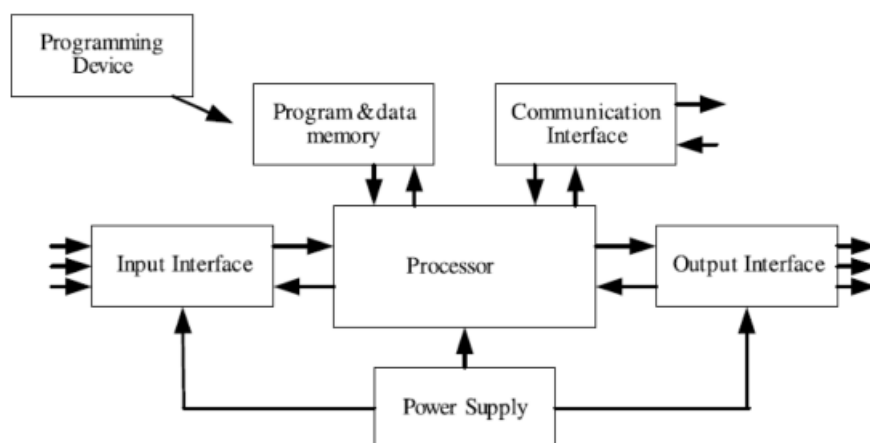
รูปที่ 2.16 ระบบทั้งหมดประกอบด้วยหน่วยที่แตกต่างกันสามหน่วย ส่วนแรกคือด้านคอมพิวเตอร์ โปรแกรม TIA Portal ถูกใช้เพื่อสร้างซอฟต์แวร์ควบคุมสำหรับ PLC และกำหนดค่าการตั้งค่าฮาร์ดแวร์ที่จำเป็น โปรแกรมควบคุมติดตั้งบน PLC ที่มีพอร์ตสื่อสารพร้อมเชื่อมต่อ RJ45 OPC Server ถูกใช้เพื่อเปิดใช้งานการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์และ PLC พารามิเตอร์มอเตอร์

ที่อ่านใน PLC จะถูกถ่ายโอนไปยัง OPC Server ในรูปแบบตัวแปร ตัวแปรที่ถ่ายโอนจะถูกแสดงภาพ โดยทำให้เข้าใจได้ในโปรแกรมอินเทอร์เฟซ Profi-Lab ส่วนที่สองประกอบด้วย PLC โมดูลหลัก Profibus-DP และโมดูลรอง Profibus-DP ส่วนสุดท้ายประกอบด้วยตัวแปลงความถี่และอินดักชัน มอเตอร์ ตัวแปลงความถี่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ



รูปที่ 2.16 แผนผังการกำหนดค่าของระบบ

PLC เป็นส่วนประกอบควบคุมพื้นฐานของระบบ ส่วนประกอบนี้ประกอบด้วยโปรเซสเซอร์ กลาง หน่วยความจำ แหล่งจ่ายไฟ ส่วนต่อประสานอินพุต/เอาต์พุต ส่วนต่อประสานการสื่อสาร และ อุปกรณ์การเขียนโปรแกรม ในรูปที่ 2.17 จะแสดงแผนผังบล็อกซึ่งแสดงส่วนประกอบหลักของ PLC ในการศึกษาใช้ PLC ของ Siemens รุ่น S7 1200 Series PLC นี้มีอินพุต/เอาต์พุตดิจิทัล 13 รายการ อินพุตอะนาล็อก 2 รายการ และโครงสร้างที่ขยายได้



รูปที่ 2.17 โครงสร้างพื้นฐานของ PLC

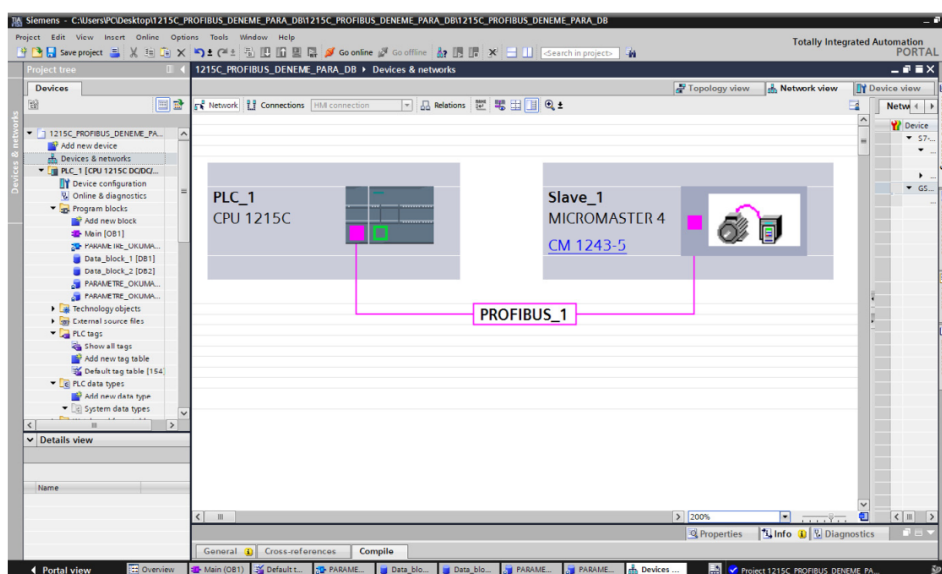
โมดูล Siemens CM 1243-5 เชื่อมต่อกับ PLC เพื่อรับคุณสมบัติ Profibus-DP (Master) โมดูล Profibus-DP (Slave) ที่เข้ากันได้กับตัวแปลงความถี่ใช้เพื่อสร้างโครงสร้างการสื่อสาร Master/Slave ของระบบ โมดูลนี้ให้การสื่อสารกับโมดูล Master ที่เชื่อมต่อกับ PLC และพารามิเตอร์มอเตอร์จะดำเนินการแบบสองทิศทางผ่านเครือข่ายนี้

แผ่นแสดงพารามิเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้ในแอปพลิเคชันจะแสดงอยู่ในรูปที่ 2.18 มอเตอร์เหนี่ยวนำทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 380 โวลต์ โดยต่อกับ Wye และทำงานแบบไม่มีโหลด ระหว่าง 0-1,370 รอบต่อนาที มอเตอร์ควบคุมด้วยตัวแปลงความถี่ในช่วงความถี่ 0-50 เฮิร์ตซ์ ข้อมูลฉลากของมอเตอร์จะแสดงบนอินเทอร์เฟซผู้ใช้กับตัวแปลงความถี่โดยอัตโนมัติ

VOLT ELEKTRIK®					
3-MOTOR	TiP	VM 80-4	TS CE		
S1	IM B3	IP 55	I.C.L. E		
V	Hz	A	kW	cos φ	1/min
Δ220/Y380	50	3,6/2,1	0,75	0,72	1370
Y440	60	2,03	0,85	0,72	1650
Seri No.	099055200720			TS 3067	

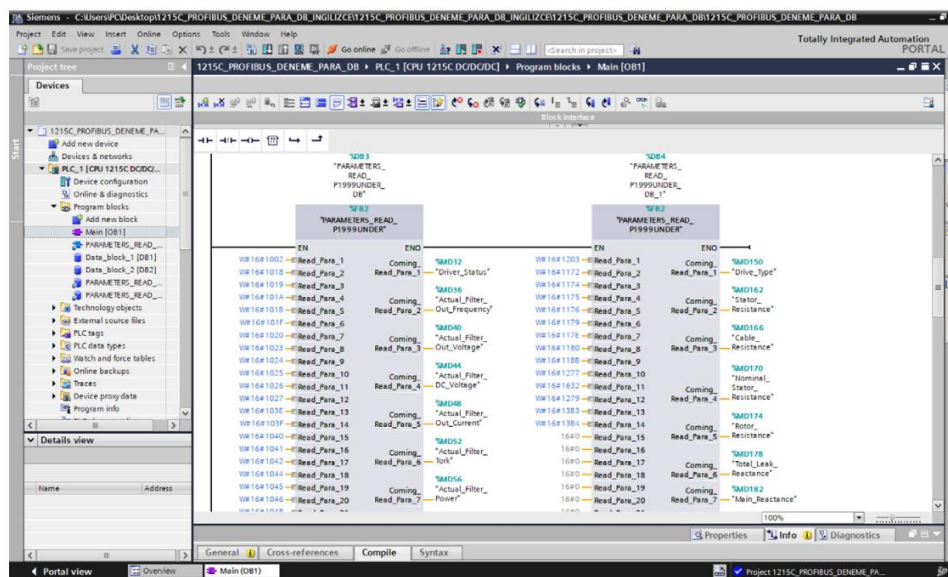
รูปที่ 2.18 เนมเพลตมอเตอร์เหนี่ยวนำ

ซอฟต์แวร์ควบคุม PLC ได้ถูกเตรียมไว้ใน TIA Portal จำเป็นต้องกำหนดค่าโครงสร้างของฮาร์ดแวร์ระบบในคอมพิวเตอร์ และจัดเตรียมการสื่อสารด้วยซอฟต์แวร์ที่กำหนดค่าไว้ แผนผังบล็อกซึ่งแสดงการสื่อสารกับ Profibus-DP (Slave) ซึ่งตั้งอยู่ในตัวแปลงความถี่บนเครือข่าย Profibus และด้วยเหตุนี้ด้วยมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยใช้โมดูล PLC Profibus-DP (Master) ดังแสดงในรูปที่ 2.19



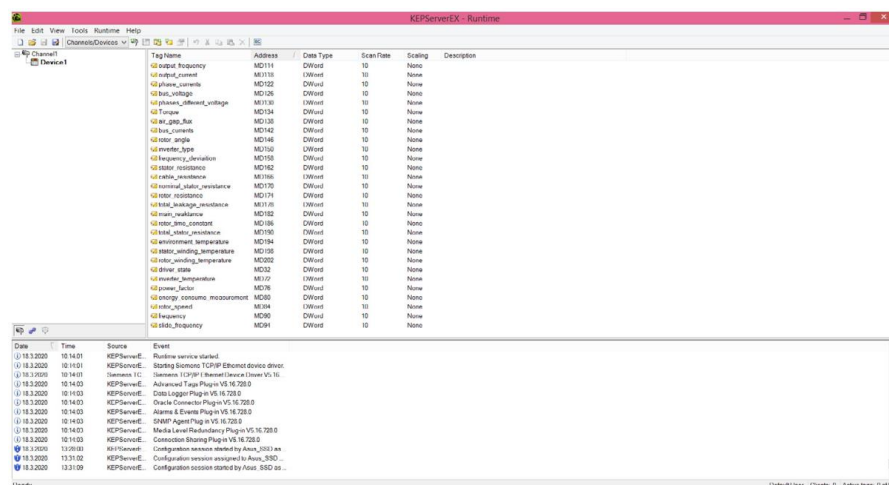
รูปที่ 2.19 การกำหนดค่าฮาร์ดแวร์ในแพลตฟอร์มพอร์ทัล TIA

พารามิเตอร์ของตัวแปลงความถี่จะถูกเก็บไว้ที่ที่อยู่รีจิสเตอร์ในอุปกรณ์ ข้อมูลในที่อยู่เหล่านี้จะได้รับโดยใช้คำจำกัดความในรูปแบบที่ระบุโดย Siemens และพารามิเตอร์ของมอเตอร์จะมีความหมายด้วยบล็อกโค้ดที่เตรียมไว้โดยใช้ไดอะแกรมแบบแลดเดอร์ บล็อกโค้ดที่สร้างขึ้นเหล่านี้จะเห็นได้ในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 โครงสร้างโปรแกรมของระบบ

โปรแกรม KEPServerEx OPC Server มอบการไหลของข้อมูลแบบสองทิศทางในสื่อคอมพิวเตอร์ที่มี PLC KEPServerEx OPC Server ได้รับความนิยมในการใช้งานเนื่องจากมอบแหล่งข้อมูลอุตสาหกรรมเดียวให้กับอุปกรณ์อัตโนมัติ เครื่องจักร และแอปพลิเคชันซอฟต์แวร์ทั้งหมด รวมถึงจำนวนแท็กที่ไม่จำกัด ข้อดีอีกประการหนึ่งของ Kepware OPC Server คือเมื่อจำนวนแท็กเพิ่มขึ้นใน OPC Server อื่น เช่น Siemens OPC Server ความเร็วในการอ่านและเขียนข้อมูลจะลดลง ในขณะที่ค่าความเร็วใน KEPServerEx OPC Server จะไม่เปลี่ยนแปลง โปรแกรมนี้ช่วยให้สามารถเชื่อมต่อ เชื่อมโยง และทำงานของอ็อบเจกต์ในการจัดการกระบวนการภายใต้หลังคาเดียวกันได้ เนื่องจากระบบการสื่อสารและโปรโตคอลที่ใช้ในระบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรมแตกต่างกันไปตามแต่ละแบรนด์ สามารถอ่าน จัดการ และส่งข้อมูลที่รวบรวมจากภาคสนามด้วย OPC Server ไปยังแหล่งที่ต้องการโดยใช้โครงสร้างพื้นฐานอินเทอร์เน็ต หลังจากกำหนดที่อยู่ที่จะควบคุมจากภายนอกในซอฟต์แวร์ PLC เป็นตัวแปรใน OPC Server แล้ว ที่อยู่เหล่านั้นจะถูกควบคุมด้วยอินเทอร์เฟซอัตราการถ่ายโอนข้อมูลในตัวแปรใน PLC ไปยัง OPC Server สามารถปรับระหว่าง 1 มิลลิวินาทีถึง 100 มิลลิวินาที ด้วยวิธีนี้ จึงสามารถควบคุมความเร็วในการอ่านและเขียนข้อมูลได้ รายการของตัวแปรที่สร้างใน OPC Server จะแสดงอยู่ในรูปที่ 2.21 ประเภทตัวแปรใน PLC และตัวแปรที่กำหนดไว้ใน OPC Server จะต้องเหมือนกัน เลือกความเร็วการอ่านและเขียน 10 มิลลิวินาทีสำหรับการถ่ายโอนข้อมูลไปยังสื่อคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.21 ตัวแปรที่ถูกสร้างที่เซิร์ฟเวอร์ OPC

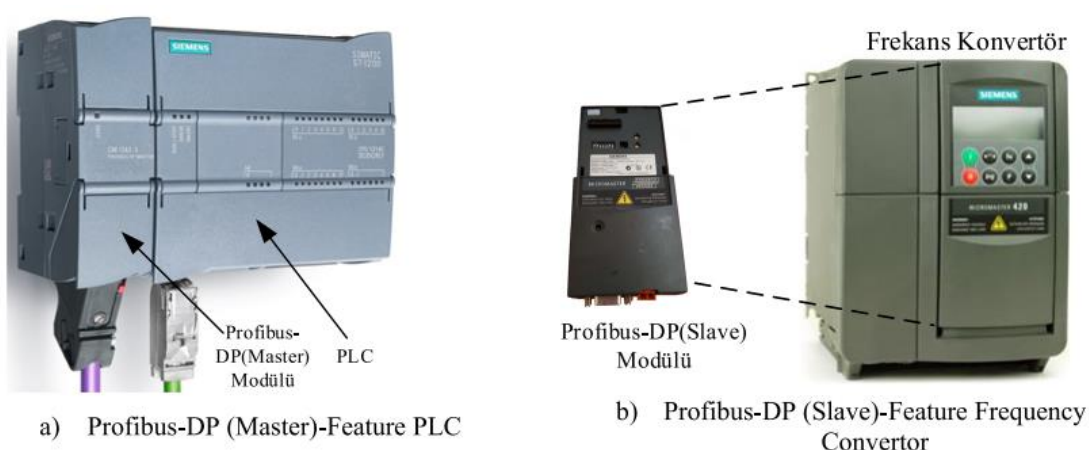
ในการศึกษาครั้งนี้ มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสถูกควบคุมผ่านเครือข่าย Profibus ด้วยตัวแปลงความถี่ เครือข่าย Profibus-DP ถูกสร้างขึ้นโดยใช้โมดูล Profibus-DP ซึ่งทำงานร่วมกับ Siemens CM-1243-5 Profibus-DP(Master) และตัวแปลงความถี่ได้ พารามิเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำจะถูกถ่ายโอนไปยังสภาพแวดล้อม PLC โดยใช้เครือข่ายนี้ หรือในทางกลับกัน พารามิเตอร์ควบคุมจะถูกส่งไปยังมอเตอร์ ตัวแปลงความถี่ Siemens Micromaster 440 ใช้สำหรับกระบวนการควบคุมด้วยตัวแปลงความถี่ ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการเริ่มต้นสำหรับการควบคุมการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ พารามิเตอร์ของมอเตอร์จะรายงานไปยังตัวแปลงด้วยแผงผู้ใช้งานตัวแปลง และพารามิเตอร์ที่ป้อนจะถูกอ้างอิง

การตรวจสอบจะทำได้วิธีนี้ พารามิเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำทั้ง 3 เฟส แรงดันไฟฟ้าเฟสไลน์ ค่ากระแสไฟฟ้า พารามิเตอร์กำลังไฟฟ้าที่ใช้งาน พารามิเตอร์ประสิทธิภาพ และพารามิเตอร์ที่มองเห็นได้ แรงบิด ความเร็ว อุณหภูมิของขดลวดสเตเตอร์-โรเตอร์ มุมโรเตอร์ ฯลฯ จะได้รับจากตัวแปลงความถี่ การตรวจสอบและควบคุมพารามิเตอร์เหล่านี้สามารถทำได้ในอินเทอร์เฟซผู้ใช้ ผลของการเปลี่ยนแปลงความเร็วต่อพารามิเตอร์อื่นๆ จะเห็นได้ในรูปแบบกราฟิก

ระบบการสื่อสารประกอบด้วยสามส่วนหลัก ได้แก่ ด้านคอมพิวเตอร์ ด้าน PLC และเครือข่าย Profibus-DP มีการสื่อสารระหว่างอินเทอร์เฟซผู้ใช้ เซิร์ฟเวอร์ KEPServerEx OPC และเซิร์ฟเวอร์ OPC กับ PLC ในกระบวนการสื่อสารด้านคอมพิวเตอร์ อินเทอร์เฟซผู้ใช้ที่สร้างขึ้นในแพลตฟอร์ม Profi-Lab จะสื่อสารกับที่อยู่อินเทอร์เนตของ PLC บนเครือข่ายเดียวกันกับเซิร์ฟเวอร์ KEPServerEx OPC หลังจากสร้างการสื่อสารแล้ว ตัวแปรที่สร้างขึ้นในเซิร์ฟเวอร์ OPC จะเข้าถึงด้วยโครงสร้างลำดับชั้น Channel-Group-Device-Variable ในทางกลับกัน การสื่อสารระหว่าง

เซิร์ฟเวอร์ OPC และ PLC จะสร้างขึ้นบนเครือข่ายเดียวกันโดยใช้หมายเลข IP ที่แตกต่างกัน หลังจากพบ PLC S7-1200 ที่อยู่ IP ที่ระบุแล้ว การสื่อสารกับเซิร์ฟเวอร์ OPC จะถูกสร้างขึ้น

ส่วนที่สองคือด้าน PLC เนื่องจากผลิตภัณฑ์ PLC ของ Siemens ไม่มีคุณสมบัติ Profibus-DP ภายใน จึงได้คุณสมบัติ Profibus-DP โดยการใส่โมดูลเพิ่มเติมภายนอกเข้ากับ PLC ดังที่แสดงในรูปที่ 2.22 ในการดำเนินการนี้ ให้ใช้ Siemens CM-1243-5(Master)



รูปที่ 2.22 อุปกรณ์คุณลักษณะ Profibus-DP

โมดูลถูกแทรกเข้าไปใน PLC Siemens S7 1200 โมดูลที่เปิดใช้งานมาสเตอร์ช่วยให้สามารถควบคุมและตรวจสอบได้สองทาง โมดูลนี้จะสื่อสารกับโมดูล Profibus-DP (สเลฟ) ของตัวแปลงความถี่ ถึงแม้ว่าการสื่อสารจะเกิดขึ้นโดยมีอุปกรณ์สูงสุด 127 ชิ้นในโมดูลมาสเตอร์ แต่ระบบจะแจ้งข้อมูลว่ามีอุปกรณ์เพียงชิ้นเดียวในเครือข่ายโดยการใส่ตัวต้านทานเทอร์มินัลในช่องเกิดการสื่อสาร เนื่องจากมีโมดูลเพียงชิ้นเดียวในระบบ

การตั้งค่าการทดลองเพื่อใช้งานระบบแสดงไว้ในรูปที่ 2.23 แหล่งจ่ายไฟ DA 24 V ถูกใช้เพื่อจ่ายพลังงานให้กับโครงสร้างฮาร์ดแวร์ โมดูล Profibus ได้รับการเพิ่มไว้ภายนอก PLC พลังงานถูกถ่ายโอนไปยังมอเตอร์ในลักษณะที่ควบคุมได้ผ่านตัวแปลงความถี่เนื่องจากมอเตอร์เหนี่ยวนำมีคุณสมบัติการจ่ายพลังงานแบบสามเฟส โครงสร้างฮาร์ดแวร์ของการสื่อสาร Profibus แบบมาสเตอร์/สเลฟระหว่าง PLC และตัวแปลงความถี่แสดงไว้ในรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 การตั้งค่าการทดลองเพื่อการประยุกต์ใช้ระบบ

PKW (Parameter Identifier Value) ใช้เพื่อเปลี่ยนแปลงหรือตรวจสอบพารามิเตอร์ในตัวแปลงความถี่ PZD (Process Data Area) ในทางกลับกันใช้เพื่อรับบิตควบคุม การปรับเปลี่ยน บิตสถานะ และค่าจริง PKW และ PZD แสดงพารามิเตอร์การกำหนดค่าของตัวแปลงความถี่ตามที่แสดงในรูปที่ 2.24

PKW				PZD									
PKE	IND	PWE		PZD1 STW1 ZSW1	PZD2 HSW HIW	PZD3	PZD4	PZD5	PZD6	PZD7	PZD8	PZD9	PZD10
1 st word	2 nd word	3 rd word	4 th word	1 st word	2 nd word	3 rd word	4 th word	5 th word	6 th word	7 th word	8 th word	9 th word	10 th word
440/430:													
Max.													
Max.													

PKW:	Parameter identifier value	IND:	Index	ZSW:	Status word 1
PZD:	Process data	PWE:	Parameter value	HSW:	Main setpoint
PKE:	Parameter identifier	STW:	Control word 1	HIW:	Main actual value

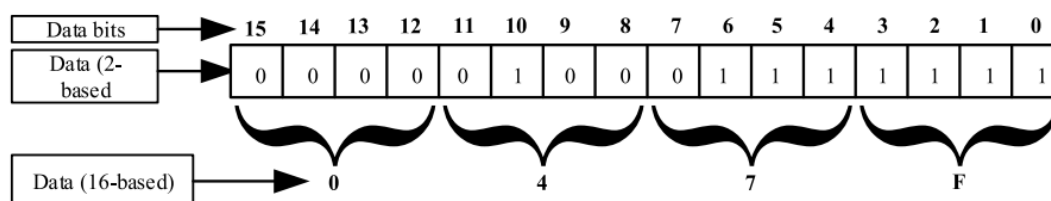
รูปที่ 2.24 เครื่องบันทึกกระบวนการในตัวแปลงความถี่

ที่อยู่ควบคุม STW ใช้เพื่อกำหนดค่าการตั้งค่าของตัวแปลงความถี่ และประกอบด้วยพื้นที่ 16 บิต ความหมายเมื่อแต่ละบิตเป็น 1 หรือ 0 แสดงอยู่ในตาราง 4 ข้อมูลที่ได้รับในฐานะ 2 จะถูกแปลงเป็นระบบตัวเลข 16 จุด จากนั้นจึงส่งจาก PLC ไปยังตัวแปลงความถี่ผ่าน Profibus เครือข่าย เป็นผลให้เครื่องแปลงความถี่พร้อมที่จะทำงาน

ตารางที่ 2.3 เนื้อหาที่อยู่ควบคุม STW

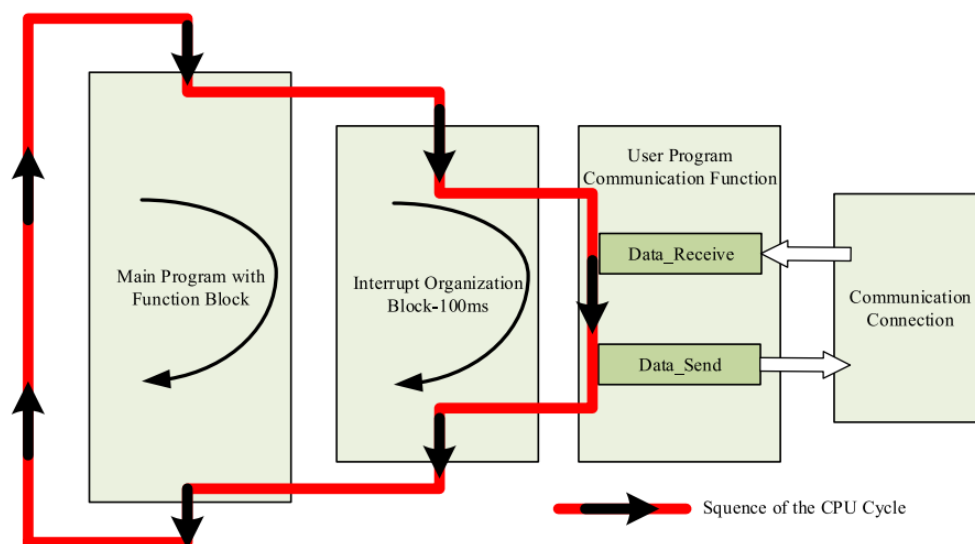
Bit	Value	Meaning	Explanation
0	1	ON	Frequency convertor start/stop
	0	OFF1	
1	1	Conditional operation	Ramp-stop
	0	OFF2	
2	1	Conditional operation	Emergency stop
	0	OFF3	
3	1	Operation active	Frequency convertor active/passive
	0	Operation passive	
4	1	Conditional operation	Ramp function activation/passivation in brake work
	0	Ramp function passive	
5	1	Ramp function active	Activation/passivation of ramp function
	0	Ramp function passive	
6	1	Adjustments active	Activate/passivize sending ramp function value
	0	Adjustments passive	
7	1	Accept the error	In case of error, activate/passivize frequency convertor.
	0	Do not accept the error	
8	1	Clockwise	Define the motor rotation direction as clockwise
	0	-	
9	1	Counter-clockwise	Define the motor rotation direction as counter-clockwise
	0	-	
10	1	Adjustments valid	Activate/Passivize sending speed value
	0	Adjustments invalid	
11	1	Adjustments approved	Motor rotation direction approval
	0	Adjustments not approved	
12	1	Protected	-
	0	-	
13	1	Protected	-
	0	-	
14	1	Protected	-
	0	-	
15	1	Protected	-
	0	-	

ในข้อมูลที่ให้ไว้ในตารางที่ 4 เรามั่นใจว่าการตั้งค่าคอนฟิกเรชันของตัวแปลงความถี่จะถูกส่งไปยังตัวแปลงความถี่จากหน่วยควบคุมหลังจากได้รับข้อมูลในระบบ 2 หลัก (รูปที่ 2.25) และแปลงเป็นระบบ 16 หลัก ด้วยวิธีนี้ การทำงานของตัวแปลงความถี่จะได้รับการอนุมัติ และจะเริ่มทำงานที่ค่าความเร็วอ้างอิงเริ่มต้น ผู้ใช้สามารถดูการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของมอเตอร์ได้โดยการป้อนความเร็วอ้างอิง



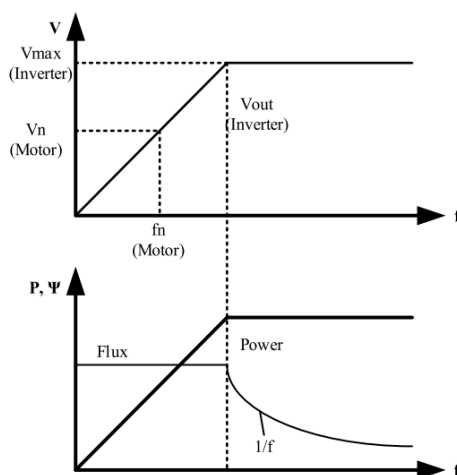
รูปที่ 2.25 ข้อมูลการทำงานของตัวแปลงความถี่

ในรูปที่ 2.26 แสดงแผนผังกระแสงานของซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นสำหรับ PLC ตามแผนผังกระแสงาน โปรแกรมหลักจะควบคุมซอฟต์แวร์ทั้งหมด โปรแกรมหลักประกอบด้วยบล็อกฟังก์ชันและดำเนินการส่ง/รับข้อมูลทุก ๆ 100 มิลลิวินาทีโดยมีเวลาตัดรอบ

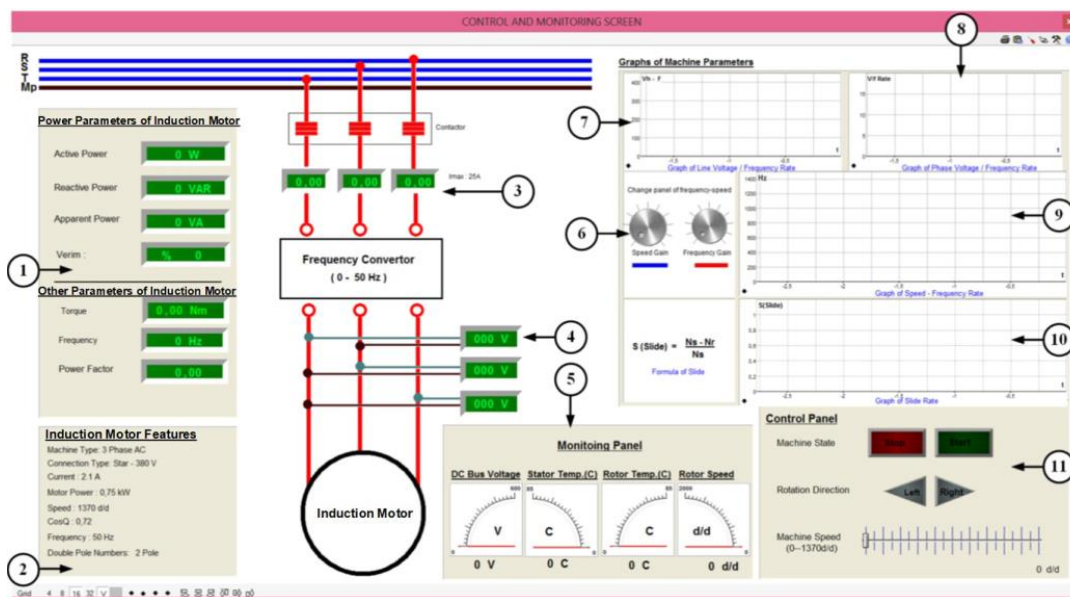


รูปที่ 2.26 แผนภาพลำดับการไหลใน CPU

ตามที่ได้เห็นในรูปที่ 2.27 แรงดันไฟฟ้าขาออกสูงสุดของอินเวอร์เตอร์ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้า มอเตอร์จะเร่งความเร็วขึ้นจนถึงแรงดันไฟฟ้าขาออกสูงสุดโดยรักษาอัตรา V/f ให้คงที่ และเมื่อแรงดันไฟฟ้าขาออกของอินเวอร์เตอร์สูงสุด กำลังไฟฟ้าก็จะคงที่



รูปที่ 2.27 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าขาออกของอินเวอร์เตอร์และกำลังไฟฟ้า



รูปที่ 2.28 อินเทอร์เฟซผู้ใช้

ในรูปที่ 2.28 จะเห็นอินเทอร์เฟซผู้ใช้ที่เตรียมไว้บนแพลตฟอร์ม Profi-Lab แท็กจะถูกวางไว้บนอินเทอร์เฟซเพื่ออธิบายงานของแต่ละส่วน งานของแต่ละส่วนโดยใช้แท็กเหล่านี้จะอธิบายไว้ด้านล่าง อินเทอร์เฟซนี้ใช้งานง่ายในแง่ของภาพและการใช้งาน ทั้งการควบคุมและการตรวจสอบจะดำเนินการผ่านอินเทอร์เฟซ บล็อกโค้ดใช้เพื่อควบคุมและตรวจสอบการทำงาน ค่าเพลตสำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำจะถูกนำไปยังอินเทอร์เฟซโดยอัตโนมัติจากตัวแปลงความถี่ที่แสดงเป็นแท็ก 2 บนอินเทอร์เฟซ

รูปที่ 2.28 พารามิเตอร์เหล่านี้จะถูกป้อนลงในตัวแปลงความถี่ก่อนเพื่อกำหนดค่า ค่าพลังงานที่ใช้งาน พลังงานตอบสนอง และพลังงานที่มองเห็นได้ รวมถึงพารามิเตอร์ผลผลิตของระบบมอเตอร์จะถูกวัดในส่วนที่แสดงด้วยแท็ก 1 ผลผลิตของระบบถูกวัดที่ได้จากการใช้สูตรในสมการ (1)

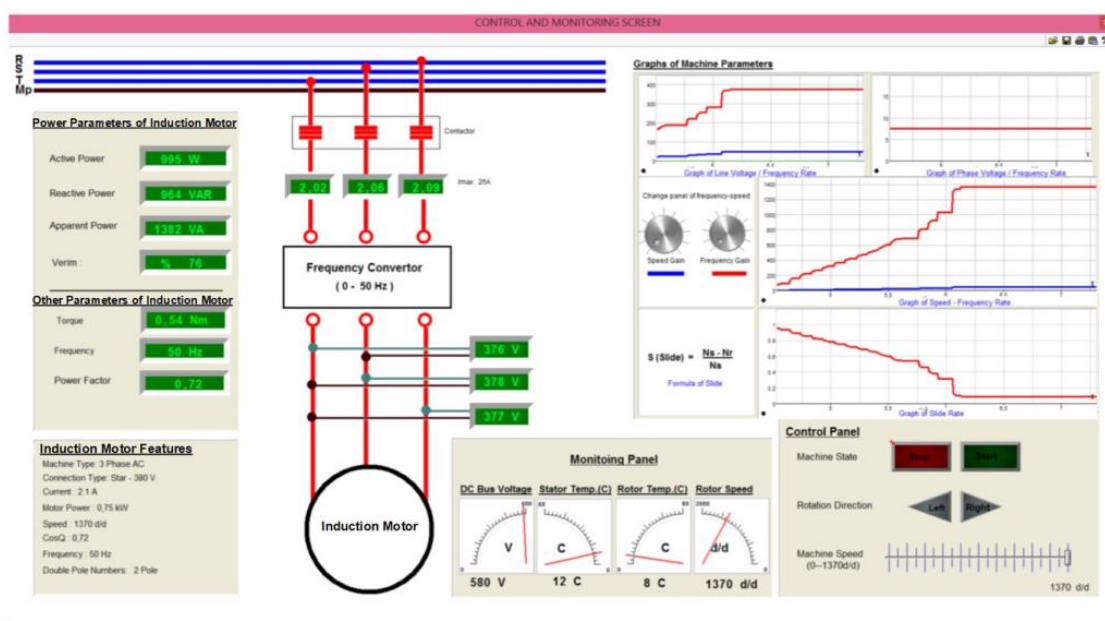
$$\text{ผลผลิต} = (\text{Poutput}/\text{Pinput}) * 100 \rightarrow (1)$$

ค่ากระแสไฟฟ้าสามเฟสของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ดึงมาจากเครือข่ายจะถูกวัดในส่วนที่แสดงด้วยแท็ก 3 ช่วงการวัดจะถูกตั้งไว้ที่ 0-30 A แรงดันไฟฟ้าคาร์ระหว่างเฟสจะถูกวัดใน Label 4 ใน Tag 5 จะแสดงค่าแรงดันบัส อุณหภูมิของสเตเตอร์ อุณหภูมิของโรเตอร์ และพารามิเตอร์ความเร็วของโรเตอร์ของตัวแปลงความถี่ แท็ก 6 จะแสดงความเป็นไปได้ในการขยายหรือย่อการแสดงกราฟิกของพารามิเตอร์ความเร็วและความถี่ แท็ก 7 จะแสดงความสัมพันธ์ของแรงดันไฟเส้นกับความถี่ในการเปลี่ยนแปลงการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ในเชิงกราฟิก ในทางกลับกัน แท็ก 8 จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของแรงดันเฟสและความถี่ ในแท็ก 9 จะแสดงเส้นโค้งความเร่งระหว่าง 0-50 เฮิร์ตซ์ แท็ก 10 จะแสดงความแตกต่างระหว่างความเร็วของสนามหมุนของสเตเตอร์

และความเร็วของสนามโรเตอร์ หรืออีกนัยหนึ่งคือ สลิป สลิปจะถูกคำนวณโดยใช้สมการ (2) และตรวจสอบโดยการอ่านค่าที่อยู่ของตัวแปลงความถี่

$$S(\text{สลิป}) = (N_s - N_r)/N_s \rightarrow (2)$$

ในที่สุดกระบวนการควบคุมมอเตอร์ กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ การทำงานของมอเตอร์ ซึ่งจะหมุนไปในทิศทางใด และความเร็วของมอเตอร์จะเปลี่ยนแปลงโดยแท็ก 11 ที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.29 อินเทอร์เฟซผู้ใช้เมื่อมอเตอร์เหนี่ยวนำหมุนด้วยความเร็ว 1,370 รอบ/เมตร

พฤติกรรมของพารามิเตอร์มอเตอร์เมื่อทำงานที่ความเร็วมอเตอร์ 1370 รอบ/นาทีในอินเทอร์เฟซผู้ใช้จะแสดงในรูปที่ 2.29 ค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำจะเห็นได้ทั้งในรูปแบบกราฟิกและดิจิทัล พารามิเตอร์ป้ายกำกับของมอเตอร์จะอ่านได้โดยตรงจากข้อมูลที่ป้อนในที่อยู่รีจิสเตอร์ของตัวแปลงความถี่ ค่าความเร็วจะเห็นได้ในรูปแบบกราฟิกในแท็ก 10 เมื่อมอเตอร์หมุนเฉยๆ ในช่วงความเร็วระหว่าง 0 ถึง 1370 รอบ/นาที จะเห็นได้ในแท็ก 9 ว่าอัตราส่วน V/f คงที่ ในขณะที่การควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำดำเนินการด้วยตัวแปลงความถี่ นอกจากนี้ยังเห็นได้จากแท็ก 7 ว่าเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น แรงดันระหว่างสายของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไปเนื่องจากมอเตอร์เหนี่ยวนำดึงกระแสไฟฟ้ามากขึ้นที่รอบการหมุนต่ำ สังเกตได้ในแท็ก 5 ว่าอุณหภูมิของโรเตอร์และอุณหภูมิของขดลวดสเตเตอร์เพิ่มขึ้นสูง และอุณหภูมิจะลดลงเมื่อมอเตอร์ถึงความเร็วที่กำหนด ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้งาน ปฏิกริยา ค่าที่มองเห็นได้ ค่าสัมประสิทธิ์กำลังไฟฟ้าความถี่ และค่าแรงบิดของมอเตอร์เหนี่ยวนำจะมองเห็นได้ในรูปแบบดิจิทัลในแท็ก 1 และ 2

จากค่าเพลทของมอเตอร์เหนี่ยวนำ จะเห็นได้ว่าส่วนต่อประสานคอมพิวเตอร์ขณะหมุนด้วยความเร็วปกติจะแสดงไว้ในรูปที่ 2.29 ดังนั้น คุณสมบัติของมอเตอร์ในส่วนต่อประสานกับผู้ใช้จึงถูกถ่ายโอนไปยังส่วนต่อประสานผ่านตัวแปลงความถี่ ค่าการวัดทันทีของพารามิเตอร์เครื่องยนต์จะแสดงไว้ในส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ทั้งในรูปแบบกราฟิกและตัวเลข ผลของการเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์จะเห็นได้จากส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ในส่วนของการกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความถี่ อุณหภูมิของสเตเตอร์และโรเตอร์ แรงบิด แฟกเตอร์กำลังไฟฟ้า สลิป พารามิเตอร์ประสิทธิภาพพลังงานแบบแอกทีฟ-รีแอกทีฟ-ที่ปรากฏของมอเตอร์ และพฤติกรรมของมอเตอร์

จากการศึกษา จะเห็นว่าอัตราส่วน V/f เป็นค่าคงที่ ความเร็วและความถี่ของมอเตอร์เป็นสัดส่วนโดยตรง และความเร็วของมอเตอร์และสลิปเป็นสัดส่วนผกผันกัน

การตรวจสอบและควบคุมพารามิเตอร์ไฟฟ้าของมอเตอร์เหนี่ยวนำจากสื่อคอมพิวเตอร์ด้วยการสื่อสาร Profibus-DP และไม่ใช่ฮาร์ดแวร์เพิ่มเติมได้รับการดำเนินการสำเร็จแล้ว

ในการศึกษานี้ซึ่งได้ดำเนินการแล้ว วิธีการสื่อสาร Profibus ซึ่งเป็นวิธีเก่าเมื่อเทียบกับวิธีการสื่อสารแบบใหม่ได้ถูกนำมาพัฒนาให้สามารถทำงานร่วมกับระบบใหม่ได้อย่างสอดคล้องประสานผ่านซอฟต์แวร์อะแดปเตอร์ นอกจากนี้ ไดรเวอร์มอเตอร์แบบเก่ายังได้รับการดัดแปลงอีกด้วยต่อระบบที่มีอยู่โดยเพิ่มความสามารถในการสื่อสาร Profibus ความน่าเชื่อถือและความปลอดภัยของระบบได้รับการเพิ่มขึ้นนอกเหนือจากการมีส่วนสนับสนุนทางเศรษฐกิจโดยให้การสื่อสารและการปรับซอฟต์แวร์ให้เข้ากับระบบไดรเวอร์มอเตอร์แบบเก่า ดังนั้น การวัดและสายเคเบิลที่ยู่งเหยิงจึงถูกกำจัดโดยการอ่านพารามิเตอร์ทั้งหมดของมอเตอร์เหนี่ยวนำผ่านเครือข่ายการสื่อสาร

สอดคล้องกับประโยชน์ของการวิเคราะห์ระบบ ระบบปฏิบัติการในโรงงานหรือในสาขาการผลิตอื่น ๆ ได้รับการปรับปรุงให้ทันสมัยด้วย PLC วิธีการสื่อสาร และโซลูชันอัตโนมัติที่ใช้ SCADA และมั่นใจได้ว่าระบบควบคุมของผู้ปฏิบัติงานได้ถูกแทนที่ด้วยการตรวจสอบที่เป็นกลาง

ตัวแปลงความถี่ที่ต้องการเป็นของรุ่นก่อนหน้าและซอฟต์แวร์อะแดปเตอร์ที่พัฒนาขึ้นถูกผสานเข้ากับแพลตฟอร์มรุ่นถัดไป ด้วยวิธีนี้ จึงทำให้สะดวกยิ่งขึ้นในการแก้ไขระบบด้วยซอฟต์แวร์อะแดปเตอร์ นอกจากนี้ ซอฟต์แวร์อะแดปเตอร์ยังมีความสำคัญอย่างยิ่งในแง่ของการควบคุมและการตรวจสอบย้อนกลับในขอบเขตของอุตสาหกรรม 4.0

เนื่องจากการขยายระบบที่สื่อสารโดยใช้เครือข่าย Profibus ในภายหลังจะไม่มีผลกระทบต่อระบบที่ทำงานอยู่แล้ว จึงไม่ทำให้เกิดต้นทุนเพิ่มเติมในแง่ของความสามารถของระบบและการอัปเดตฮาร์ดแวร์

ด้วยการทำงานที่ทำนี้ ข้อมูลจะถูกแลกเปลี่ยนระหว่างระบบที่มีคุณลักษณะการสื่อสาร Profibus และระบบที่มีคุณลักษณะการสื่อสาร ProfiNET ในสภาพแวดล้อมคอมพิวเตอร์

ในการศึกษาในอนาคต วิธีการสื่อสาร (Canbus, Modbus เป็นต้น) สามารถนำมาใช้เพื่อควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำจากระยะไกลด้วยตัวแปลงความถี่ได้ วิธีการสื่อสารเหล่านี้สามารถเปรียบเทียบกันและเปิดเผยข้อดีข้อเสียได้

2.4 PLC – HMI ระบบอัตโนมัติแบบ Cascaded Fuzzy PID สำหรับการจัดการและจัดเก็บพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพแบบเรียลไทม์ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบน้ำกลับ

โดยปกติแล้วโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบน้ำจะถูกนำมาใช้เพื่อสร้างสมดุลให้กับความต้องการโหลดในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน ในโครงการนี้ ได้มีการเสนอแผนงานควบคุมแบบ Cascaded Fuzzy PID (Proportional - Integral - Derivative) โดยใช้ PLC ระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม B&R (Bernecker & Rainer) - HMI (Programmable Logic Control - Human Machine Interface) สำหรับการจัดการและจัดเก็บพลังงานที่มีประสิทธิภาพในแบบเรียลไทม์ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบน้ำ ในแผนงานนี้ ระดับฟัซซี่จะถูกต่อแบบ Cascaded ด้วย PID Flow เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงาน แบบจำลองต้นแบบของโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบน้ำที่มีอินพุตดิจิทัล 22 ตัวและเอาต์พุตคีย์ไฟฟ้า 14 ตัวถูกสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมตัวแปรกระบวนการ การไหล และระดับ โดยใช้ PLC ทัวไปและการควบคุม CFPID ที่เสนอ มีถึงสองถึงในต้นแบบ ถังล่างที่มีระดับ 2 ระดับและถังบนที่มีระดับ 5 ระดับ HMI ถูกใช้เพื่อตรวจสอบและดำเนินการกระบวนการแบบออนไลน์แบบเรียลไทม์เพื่อให้ควบคุมการทำงานได้ง่าย ในเอกสารฉบับนี้ แผนการควบคุม CFPID ที่ใช้ระบบอัตโนมัติของ PLC ที่เสนอนั้นได้รับการดำเนินการและสุดท้ายก็เปรียบเทียบกับ PLC ทัวไปโดยใช้ผลการทดลองและตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้สถิติแบบเรียลไทม์ที่ได้จากโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบน้ำ

พลังงานไฟฟ้าพลังน้ำเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่ใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุดในการผลิตไฟฟ้า การผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขึ้นอยู่กับ การไหลที่มีอยู่และระดับความสูงที่ตกลงมา Rajeshwari et al เน้นที่การควบคุมพารามิเตอร์ที่แปรผันของกระบวนการ เช่น ระดับและการไหลด้วยการนำการควบคุมประตูของโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบเรียลไทม์มาใช้โดยใช้ PLC King et al กล่าวถึงการพัฒนา ระบบควบคุมของตัวควบคุมที่ใช้ระบบอนุมานฟัซซี่ (FIS) สำหรับโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบน้ำเก็บกัก Kerning Xie et al เสนอระบบควบคุมแบบคาสเคด PID ที่มีภูมิคุ้มกันฟัซซี่ใหม่ในระบบควบคุม อุณหภูมิไอน้ำร้อนจัด Tunyasirut et al อธิบายเกี่ยวกับตัวควบคุมแบบคาสเคด Fuzzy-PID เพื่อควบคุมระดับของถังแวนนอน Gagan Singh et al อธิบายว่าจำเป็นต้องมีสัญญาณที่เหมาะสมในโรงไฟฟ้าพลังน้ำเพื่อควบคุมประตู ซึ่งอาจตอบสนองความต้องการของการเปลี่ยนแปลงโหลดอย่างกะทันหันในปริมาณมาก รวมถึงรักษาความเร็วคงที่

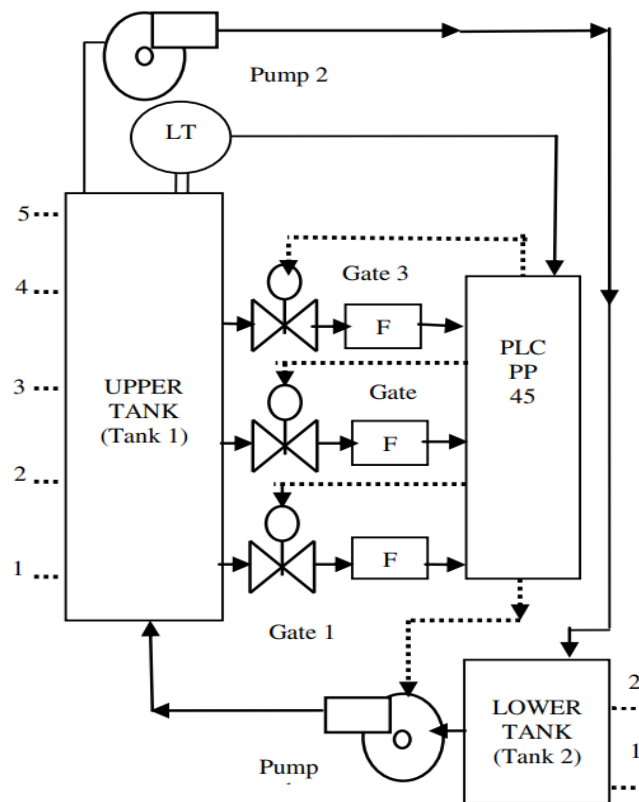
เพื่อเอาชนะความยากลำบากต่างๆ เช่น ความล่าช้าโดยธรรมชาติ ความไม่เชิงเส้นเนื่องจากความไม่แน่นอนของกระบวนการ และการเปลี่ยนแปลงโหลดบ่อยครั้งในรูปแบบการควบคุมที่มีอยู่ และด้วยเหตุนี้จึงปรับปรุงประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ จึงได้พัฒนารูปแบบการควบคุม CFPID ที่ใช้ PLC-HMI เอกสารนี้จัดโครงสร้างดังนี้ ส่วนที่ 2 กล่าวถึงโรงไฟฟ้าพลังน้ำและแบบจำลองต้นแบบ ส่วนที่ 3 กล่าวถึงรูปแบบทั่วไปสำหรับโรงไฟฟ้าพลังน้ำ ส่วนที่ 4 อธิบายถึง CFPID ที่เสนอ ซึ่งเป็นรูปแบบการควบคุมการไหลแบบ PID ที่ต่อกันเป็นชั้นๆ ส่วนที่ 5 อธิบายถึงการแสดงภาพ PLC-HMI ส่วนที่ 6 กล่าวถึงผลการทดลองของรูปแบบทั่วไปและรูปแบบที่เสนอ ส่วนที่ 7 เป็นการสรุปและข้อสรุป

ในโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบน้ำ พลังงานจะถูกเก็บไว้โดยการสูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำด้านล่างไปยังอ่างเก็บน้ำด้านบนในช่วงเวลาที่มีความต้องการพลังงานต่ำ และในช่วงเวลาที่มีความต้องการพลังงานสูงสุด น้ำที่เก็บไว้จะถูกใช้เพื่อสร้างและจัดการความต้องการพลังงาน ลำดับขั้นตอนที่ปฏิบัติตามในโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบน้ำด้วยไฟฟ้าพลังน้ำซึ่งนำไปปฏิบัติในแบบจำลองต้นแบบแสดงไว้ดังต่อไปนี้ เมื่อระดับน้ำในถังด้านล่างถึงระดับต่ำ ปัม 1 จะถูกกระตุ้นและน้ำจะถูกส่งจากถังด้านล่างไปยังถังด้านบน ในถังด้านบน เมื่อระดับน้ำถึงระดับต่ำ ปัม 1 จะถูกเปิดอีกครั้งและระดับน้ำจะเพิ่มขึ้นถึงระดับเฉลี่ย เมื่อระดับน้ำเกินระดับเฉลี่ย Gate จะได้รับอนุญาตให้เปิด

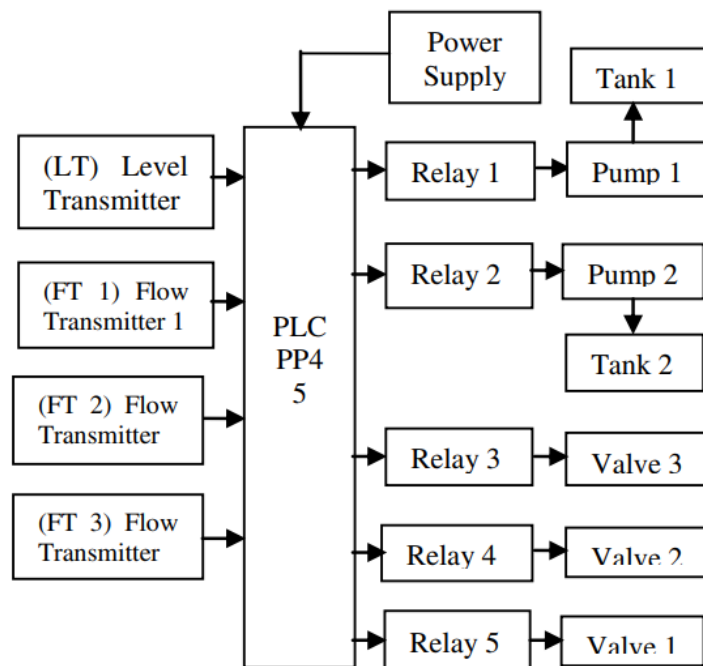
ในทำนองเดียวกัน เมื่อระดับน้ำถึงระดับกลาง ปัม 1 จะทำงานและน้ำจะขึ้นสูง เมื่อน้ำเพิ่มขึ้นเกินระดับกลาง เกต 1 และเกต 2 จะเปิดขึ้น และเมื่อระดับน้ำถึงระดับสูง เกต 1 เกต 2 และเกต 3 จะเปิดขึ้น เมื่อระดับน้ำเพิ่มขึ้นเกินระดับสูง ปัม 2 จะทำงานและน้ำจะไหลกลับไปยังถังล่างหากระดับน้ำถึงระดับสูงในถังล่างและเกินระดับอันตรายในถังบน เกต 1 เกต 2 และเกต 3 จะปิดและปัม 1 และ 2 จะถูกปิดเช่นกัน

รูปที่ 2.30 แสดงการทำงานของชุดทดลองในสเกลเล็ก โดยชุดทดลองต้นแบบประกอบด้วยถังล่าง 2 ระดับและถังบน 5 ระดับ ถังบน 5 ระดับ ได้แก่ ระดับต่ำ ระดับปานกลาง ระดับกลาง ระดับสูง และระดับอันตราย ในขณะที่ถังล่าง 2 ระดับ ได้แก่ ระดับต่ำและระดับสูง แผนผังบล็อกของชุดทดลองแสดงไว้ในรูปที่ 2.31 ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบฮาร์ดแวร์ ได้แก่ Programmable Logic Controller, FT-Flow transmitter, LT Capacitive level transmitter, Pumps and Valves โดยตรรกะแลตเตอร์จะถูกตั้งโปรแกรมตามเอาต์พุตของชุดทดลอง (LT) และตามตรรกะแลตเตอร์ที่ตั้งโปรแกรมไว้ ปัมและการเปิดประตูเชื่อมจะถูกกระตุ้นที่ระดับที่เกี่ยวข้อง ชุดทดลองในสเกลเล็กจะทำงานตามลำดับที่แสดงไว้ ชุดทดลองในสเกลเล็กแสดงไว้ในรูปที่ 2.32

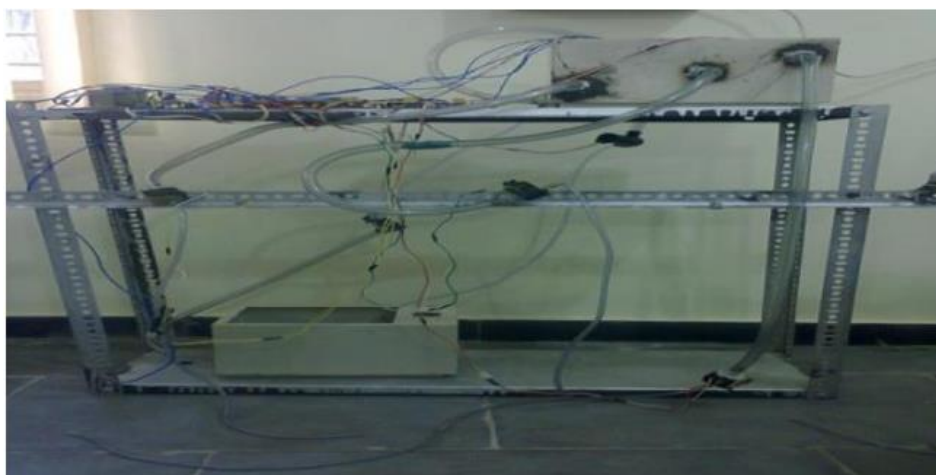
รูปที่ 2.33 แสดงส่วนประกอบฮาร์ดแวร์ของระบบ PLC ของ B&R ประกอบด้วยหน่วยประมวลผล (CPU) ส่วนหน่วยความจำ ส่วนอินพุต/เอาต์พุต หน่วยจ่ายไฟ อุปกรณ์การเขียนโปรแกรมและบัสระบบ รูปที่ 2.34 แสดงฮาร์ดแวร์ B&R โดยรวมพร้อมแหล่งจ่ายไฟ PLC โมดูลอินพุต/เอาต์พุต



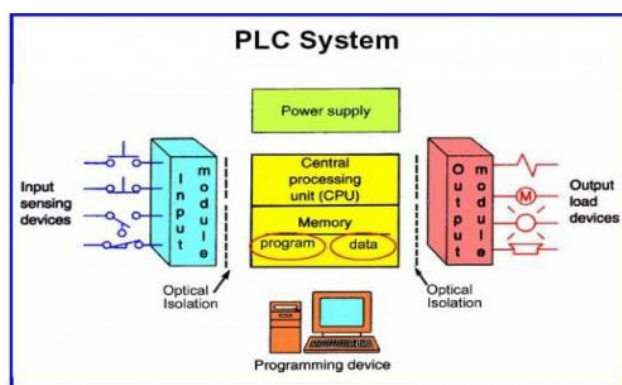
รูปที่ 2.30 การทำงานของโมเดลต้นแบบ



รูปที่ 2.31 แผนผังบล็อกของการตั้งค่าฮาร์ดแวร์



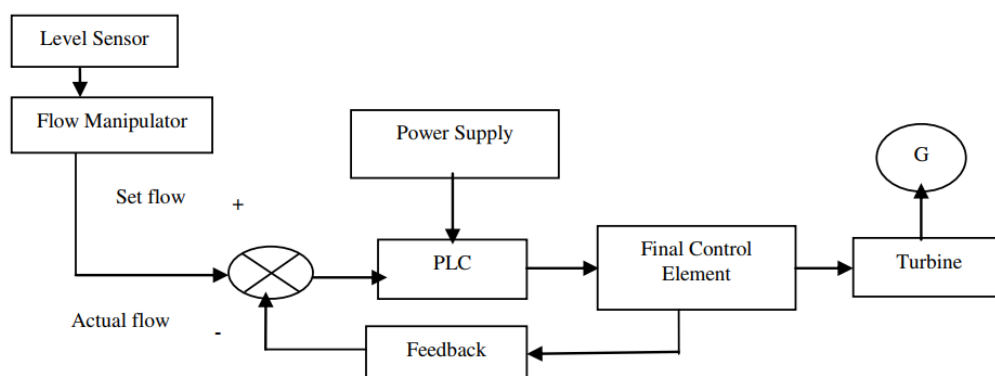
รูปที่ 2.32 การตั้งค่าการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 2.33 ระบบ PLC



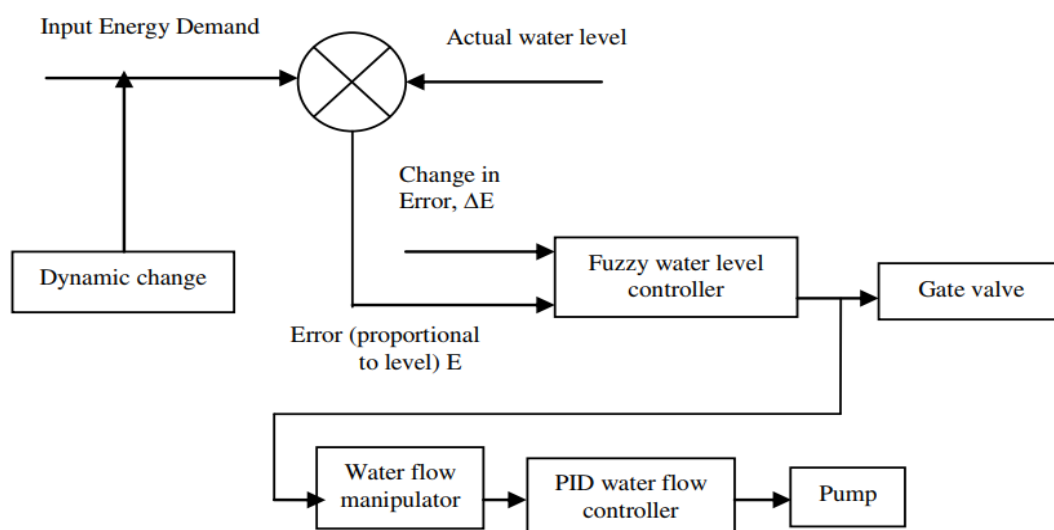
รูปที่ 2.34 การตั้งค่าฮาร์ดแวร์ PLC B&R



รูปที่ 2.35 แผนผังบล็อกสำหรับการควบคุมการไหลในโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบน้ำ

รูปที่ 2.35 แสดงแผนผังบล็อกสำหรับการควบคุมการไหลในโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบน้ำ ประตู (องค์ประกอบควบคุมขั้นสุดท้าย) จะเปิด/ปิดในโรงงานขึ้นอยู่กับระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำวัดโดยเซ็นเซอร์ระดับแบบคาปาซิทีฟ ค่าระดับจริงจะถูกควบคุมให้ถึงจุดตั้งค่าการไหลโดยใช้ตัวควบคุมการไหล การเปรียบเทียบระหว่างจุดตั้งค่าการไหลของน้ำกับการไหลจริงจะทำให้ค่าผิดพลาดจะถูกควบคุมโดย PLC ซึ่งจะให้ตัวแปรที่ควบคุมไปยังวาล์วประตู น้ำไหลออกจากวาล์วประตูจะถูกนำไปยังกังหัน

รูปที่ 2.36 แสดงรูปแบบการควบคุม Cascaded Fuzzy PID ที่ใช้ PLC ที่เสนอสำหรับการควบคุมการไหลและระดับ



รูปที่ 2.36 แผนผัง PID ฟัซซีแบบเรียงซ้อนที่ใช้ PLC

ในระหว่างการสตาร์ท พลังงานที่ได้รับจะตรงข้ามกับทิศทางการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งประตู เมื่อประตูเปิดกะทันหันเนื่องจากแรงเฉื่อยของน้ำ การไหลจะไม่เปลี่ยนแปลงทันที แต่แรงดันที่ไหลผ่านกั้นจะลดลงอย่างต่อเนื่อง ทำให้พลังงานลดลง เมื่อไหลเพิ่มขึ้นหรือลดลงกะทันหัน น้ำเร่งความเร็วขึ้นจนกระทั่งการไหลของน้ำถึงค่าสถานะคงที่ใหม่ เนื่องจากไหลที่เพิ่มขึ้นและลดลงอย่างกะทันหัน การเปิด/ปิดประตูอาจจำกัดการเบี่ยงเบนของความเร็ว แต่จะสร้างความเสียหายให้กับเพลากั้น/เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หากต้องการให้ประตูทำงานช้าและราบรื่น เพื่อป้องกันความเสียหายประเภทนี้ ซึ่งจะนำไปสู่ความล่าช้าของไหลเนื่องจากการรับน้ำหนักต่ำของกั้น/เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและความถี่จะลดลงด้วย ดังนั้น จึงจำเป็นต้องได้รับ [3] สัญญาณที่เหมาะสม เพื่อใช้งานประตูที่ตอบสนองการเปลี่ยนแปลงไหลอย่างกะทันหันและรักษาความเร็วคงที่ จึงได้ดำเนินการตามโครงสร้าง CFPID ของระบบอัตโนมัติ PLC HMI ที่เสนอ ด้วยวิธีนี้ การเปลี่ยนแปลงไหลเข้าและออกอย่างกะทันหันสูงสุดจะถูกประมาณ และระบุการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกันในตำแหน่งประตูโดยใช้โครงสร้างที่เสนอ การเปิดและปิดตำแหน่งประตูทำได้สามประเภท คือ การปิด/เปิดแบบขั้นบันไดสำหรับการเปลี่ยนแปลงกะทันหัน การปิด/เปิดแบบแรมป์สำหรับความเร็ว และการเปิด/ปิดแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลสำหรับความเร่ง

ตัวควบคุมระดับน้ำแบบฟัซซี่ควบคุมการไหลของน้ำไปยังกั้นผ่านวาล์วประตู อินพุตไปยังตัวควบคุมระดับน้ำแบบฟัซซี่คือค่าความผิดพลาด (ตามสัดส่วนของระดับ) ซึ่งได้มาจากความต้องการไหล ในขณะที่อินพุตไปยังตัวควบคุมการไหลของน้ำแบบ PID นั้นจะต่อกันกับเอาต์พุตของตัวควบคุมระดับน้ำแบบฟัซซี่ ตัวควบคุมระดับน้ำแบบฟัซซี่ที่ดำเนินการสำหรับโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบน้ำมีอินพุตสองค่าและเอาต์พุตหนึ่งค่า ความผิดพลาดและการเปลี่ยนแปลงในความผิดพลาดคืออินพุต และตำแหน่งของวาล์วคือเอาต์พุตควบคุม ตัวแปรตัวควบคุมในจักรวาลของการสนทนาแสดงเป็น E , ΔE และ U ตามลำดับ คำศัพท์ทางภาษา (VS =เล็กมาก; S =เล็ก; M =กลาง; L =ใหญ่; VL =ใหญ่มาก) จะถูกใช้ และฟังก์ชันการเป็นสมาชิกสามเหลี่ยมจะถูกใช้เพื่อแสดงสัญลักษณ์ โดยใช้เมธอด Mamdani (ต่ำสุด-สูงสุด) ฐานกฎจะถูกตั้งโปรแกรมและกลไกการอนุมานจะถูกสั่งการให้ส่งสัญญาณเอาต์พุตไปยังตำแหน่งวาล์วเป็นองค์ประกอบควบคุมขั้นสุดท้าย ระบบ FLC ที่เสนอสำหรับตัวควบคุมระดับน้ำแบบฟัซซี่แสดงอยู่ในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 พารามิเตอร์ FLC สำหรับตัวควบคุมการไหล

Parameters	Flow Control
Input variables	2
Fuzzy sets	5
Rules	17
Membership function	Triangular
Defuzzyfication method	Centroid

ในตัวควบคุมการไหลของน้ำแบบ PID สัญญาณควบคุม PID

$$U(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s\right) E(s)$$

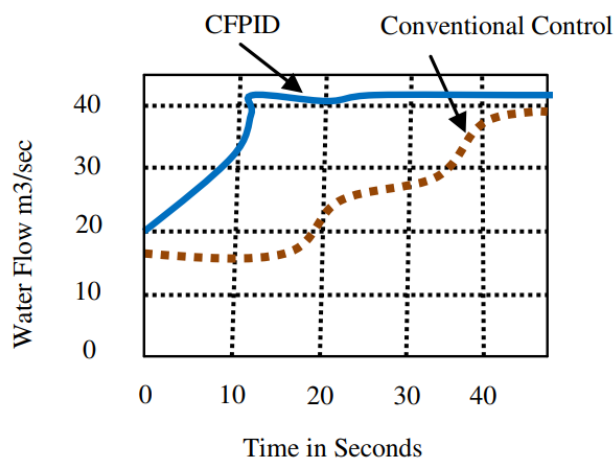
โดยที่ K_p แทนค่ากำไรตามสัดส่วน T_I แทนค่าเวลารวม และ T_D แทนค่าเวลาอนุพันธ์

$E(s)$ แทนสัญญาณข้อผิดพลาด และ $U(s)$ แทนสัญญาณควบคุม พารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID ได้มาจากวิธีของ Ziegler Nichol จากการทดสอบออฟไลน์ที่ดำเนินการในแบบจำลองต้นแบบ สำหรับเงื่อนไขการเพิ่มและลดโหลดที่แตกต่างกันซึ่งเกี่ยวข้องกับข้อมูลเรียลไทม์ที่รวบรวมจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบน้ำ ซึ่งแสดงอยู่ในตารางที่ 2.5

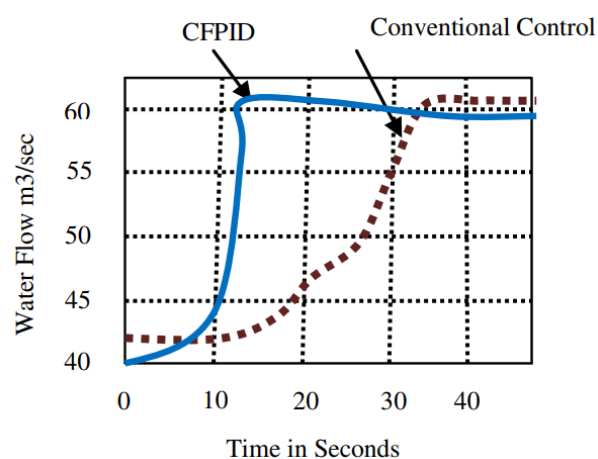
ตารางที่ 2.5 พารามิเตอร์ PID

Control loop	PID parameters		
	K_p	K_I	K_D
Flow Controller	1.89	1.0	0.01

ใน PLC - HMI จะมีการสร้างภาพขึ้นมาเพื่อออกแบบกระบวนการที่เป็นมิตรกับผู้ใช้และยังมีประโยชน์ในการติดตามกระบวนการที่กำลังดำเนินอยู่โดยการตรวจสอบบนหน้าจอ ด้วยความก้าวหน้าของหน้าจอสัมผัส อินพุตต่างๆ สามารถป้อนเข้าสู่ PLC ได้ และหากมีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ในข้อมูล ก็สามารถอัปเดตออนไลน์ได้เช่นกัน ในโมเดลต้นแบบนั้นมีวาล์ว 3 ตัวและปั๊ม 2 ตัว โดยจะระบุและแสดงผลใน HMI ตามการทำงาน



รูปที่ 2.37 โหลด 10 MW – 20 MW เกตที่ 1 เปิดเหนือระดับเฉลี่ย เซ็ตพอยต์ 20 - 40 ม3/วินาที



รูปที่ 2.38 โหลด 20 MW – 40 MW – เกต 2 เปิดที่ระดับกลาง ตั้งค่าจุด 40-60 m3/วินาที

ตารางที่ 2.6 เกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงาน

Control scheme	Control loop	Load 10MW-20MW		Load 20MW-40MW	
		<i>ISE</i>	<i>IAE</i>	<i>ISE</i>	<i>IAE</i>
Traditional Method	Water flow	9698	8990	9742	8928
CFPID	Water flow	7292	7354	7450	7143

ตารางที่ 2.7 การเปรียบเทียบข้อมูลจำเพาะโดเมนเวลา

Control scheme	Control loop	Load 10MW-20MW			Load 20MW-40MW		
		Rise time	Peak time	Setl time	Rise time	Peak time	Setl time
Traditional Method	Water flow	30	40	43	29	35	40
CFPID	Water flow	10	12	23	12	14	24

รูปที่ 3.37 และรูปที่ 3.38 แสดงผลการทดลองสำหรับการควบคุม CPID แบบเดิมและแบบที่เสนอในการเปิดประตู การประเมินโดยอิงตามเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพ เช่น ISE (Integral Square Error) และ IAE (Integral Absolute Error) สำหรับการเปลี่ยนแปลงโหลดต่าง ๆ ได้รับการวิเคราะห์ นอกจากนี้ การประเมินโดยอิงจากเวลาขึ้น เวลาสูงสุด และเวลาตกตะกอนสำหรับวิธีดั้งเดิมและรูปแบบ CPID ที่เสนอ ได้รับการวิเคราะห์สำหรับการเปลี่ยนแปลงโหลดต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 5 และตารางที่ 6 จากการวิเคราะห์ ชัดเจนว่าเวลาขึ้นตะกอนในวิธีดั้งเดิมนั้นมากกว่า เนื่องจากเวลาตาย และหลังจากเวลาตาย วาล์วประตูจะเปิดขึ้นทันที ทำให้เกิดแรงเฉื่อยของน้ำ และไม่มีการเปลี่ยนแปลงการไหลในทันที ในขณะที่การใช้รูปแบบ CPID ที่เสนอนี้ สามารถกำหนดตำแหน่งประตูได้อย่างรวดเร็ว และควบคุมสัญญาณที่เหมาะสมจากตัวควบคุมเพื่อเปิดใช้งานประตู ซึ่งจะช่วยรักษาสสมดุลการเปลี่ยนแปลงโหลดอย่างกะทันหัน และรักษาความเร็วคงที่ด้วยเวลาตกตะกอนที่น้อยลง

งานนี้เน้นที่การปรับปรุงประสิทธิภาพของโครงสร้างตัวควบคุม CPID โดยใช้ PLC-HMI แบบอัตโนมัติสำหรับการเปลี่ยนแปลงโหลดต่าง ๆ ระบบควบคุมแบบเดิมมีการตอบสนองเกิน 28% สำหรับการไหลของน้ำและจะคงที่หลังจากเพิ่มขึ้นประมาณ 72 ขั้นตอน โครงสร้างตัวควบคุมการไหลของน้ำ CPID แบบอัตโนมัติที่ใช้ PLC-HMI แสดงการตอบสนองแบบชั่วคราวและแบบไดนามิกที่น่าพอใจสำหรับการจัดเก็บและจัดการพลังงานโดยไม่มีการเกินมากนักและจะคงที่หลังจากเพิ่มขึ้นประมาณ 46 ขั้นตอนสำหรับการไหลของน้ำ จากการประเมินเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพ พบว่า CPID เพิ่มขึ้น 46% เมื่อเทียบกับวิธีการดั้งเดิมในการกำหนดเวลาคงที่สำหรับการไหลของน้ำ ดังนั้น CPID แบบอัตโนมัติที่ใช้ PLC-HMI ที่เสนอจึงส่งผลให้มีค่า ISE และ IAE น้อยที่สุดสำหรับการเปลี่ยนแปลงความต้องการโหลดที่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงถึงการเพิ่มขึ้น 22% สำหรับการไหลของน้ำเมื่อประเมินโดยใช้วิธีการดั้งเดิม ในที่สุด จากการประเมินทางสถิติ พบว่าระบบควบคุม CPID ที่ใช้ระบบอัตโนมัติแบบ PLC - HMI แสดงให้เห็นถึงความเหนือกว่าวิธีการดั้งเดิมในการจัดการและจัดเก็บพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในแบบเรียลไทม์ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบเก็บพลังงาน