บทที่ 3

การควบคุมกระบวนการด้วยระบบการควบคุมแบบกระจายส่วน

3.1 บทนำ

การควบคุมกระบวนการ หมายถึง การดูแลกำกับส่วนต่าง ๆ ของกระบวนการที่มีตัวแปรหนึ่งตัวหรือหลายตัวเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อให้ได้ผลตามที่ต้องการและสามารถติดตามกระบวนการผลิตเพื่อตรวจสอบและหาข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว อีกทั้งรักษาเสถียรภาพของกระบวนการโดยกำจัดหรือลดผลของตัวแปรรบกวนที่เกิดขึ้น และทำให้ระบบสามารถทำงานได้ที่จุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดและทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

การควบคุมกระบวนการประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่

1. การรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับตัวแปรหรือพารามิเตอร์ของกระบวนการ
2. การตัดสินใจหรือการประมวลผล ซึ่งขึ้นกับข้อมูลที่รวบรวมมา
3. การปฏิบัติตามผลของการตัดสินใจ โดยการสั่งงานหรือส่งสัญญาณการปฏิบัติ

ตัวแปรในกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมกระบวนการแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. ตัวแปรอินพุท คือ ตัวแปรภายนอกที่มีผลกระทบต่อสภาพของกระบวนการและทำให้สภาพกระบวนการเปลี่ยนแปลง ซึ่งประกอบด้วย ตัวแปรปรับกระบวนการหรือสัญญาณควบคุมและตัวแปรการรบกวน ตัวแปรปรับเปลี่ยนหรือสัญญาณควบคุม หมายถึง สัญญาณที่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ตามต้องการโดยตรงหรือเปลี่ยนแปลงค่าผ่านเครื่องควบคุมโดยการกำหนดเซ็ทพอยท์ให้เครื่องควบคุมคำนวณค่าสัญญาณควบคุมเพื่อเปลี่ยนแปลงกระบวนการอีกที่หนึ่ง ตัวแปรการรบกวน หมายถึง สภาพแวดล้อมที่ไม่สามารถควบคุมและกำหนดค่าตามความต้องการได้ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการ

2. ตัวแปรเอาท์พุท คือ สภาพต่าง ๆ ของกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงค่าไปเนื่องจากผลของตัวแปรอินพุท ประกอบด้วย ตัวแปรเอาท์พุทที่วัดค่าได้และตัวแปรเอาท์พุทที่วัดค่าไม่ได้ ตัวแปรเอาท์พุทที่วัดค่าได้ เป็นสภาพกระบวนการที่สามารถตรวจสอบค่าหรือวัดค่าได้โดยตรงโดยใช้เครื่องวัดต่าง ๆ ส่วนตัวแปรเอาท์พุทที่วัดค่าไม่ได้ เป็นสภาพของกระบวนการที่ไม่สามารถตรวจสอบค่าหรือวัดค่าได้โดยตรงโดยใช้เครื่องมือวัด แต่ใช้การวัดค่าตัวแปรอื่นแล้วนำมาคำนวณค่าตัวแปรที่วัดค่าไม่ได้อีกที่หนึ่ง

ในทางปฏิบัติเป็นสิ่งที่ยากในการที่จะควบคุมกระบวนการให้อยู่ในสภาวะคงที่ได้ตลอดเวลาเนื่องจากตัวแปรอินพุทมักมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้น สิ่งสำคัญประการหนึ่งในการควบคุมกระบวนการคือ การทำให้กระบวนการกลับสู่สภาพปกติหรือสภาพที่ต้องการได้เร็วที่สุดภายหลังจากการถูกรบกวน ซึ่งปัญหาที่มักพบเกี่ยวกับการควบคุมกระบวนการ คือ ตัวแปรภาระ (Load Variable) ที่มีผลต่อตัวแปรควบคุมที่เกี่ยวข้องมีค่าไม่คงที่ ซึ่งทำให้ค่าตัวแปรควบคุมมีค่า

ไม่คงที่ตามที่ต้องการด้วย เช่น อุณหภูมิของบรรยากาศรอบนอก ส่วนประกอบของสารที่ไม่ต้องการ เป็นต้น รวมทั้งการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรควบคุมกับตัวแปรปรับเปลี่ยนมีความซับซ้อนจำเป็นต้องใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยการประมาณ ซึ่งทำให้มีความคลาดเคลื่อนในการควบคุมเกิดขึ้น นอกจากนี้การอินเตอร์เฟซระหว่างพนักงานกับกระบวนการที่ซับซ้อนนั้นยังเป็นปัญหาต่อการติดตามและควบคุมกระบวนการของพนักงานควบคุมด้วย

ในงานวิจัยนี้ใช้ระบบการควบคุมแบบป้อนกลับด้วยอัลกอริธึมการควบคุมแบบพีไอดี ซึ่งเป็นระบบควบคุมที่เข้าใจง่ายและไม่จำเป็นต้องใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องและแม่นยำนัก ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในการควบคุมกระบวนการในอุตสาหกรรมทั่วไป นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้ยังนำระบบการควบคุมแบบกระจายส่วนหรือดีซีเอสมาใช้ในการปฏิบัติการควบคุมกระบวนการกลั่น ระบบควบคุมแบบกระจายส่วนนี้เป็นระบบควบคุมที่ทันสมัยและนิยมใช้กันในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ซึ่งมีความสะดวกและง่ายต่อการติดตามและการควบคุมกระบวนการของพนักงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีการควบคุมแบบป้อนกลับด้วยอัลกอริธึมการควบคุมแบบพีไอดี และระบบการควบคุมแบบกระจายส่วนเพื่อเป็นพื้นฐานความรู้ความเข้าในระบบการควบคุมกระบวนการ รวมทั้งสามารถปฏิบัติการควบคุมกระบวนการด้วยระบบการควบคุมแบบกระจายส่วนได้อย่างถูกต้อง ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2 การควบคุมแบบป้อนกลับ

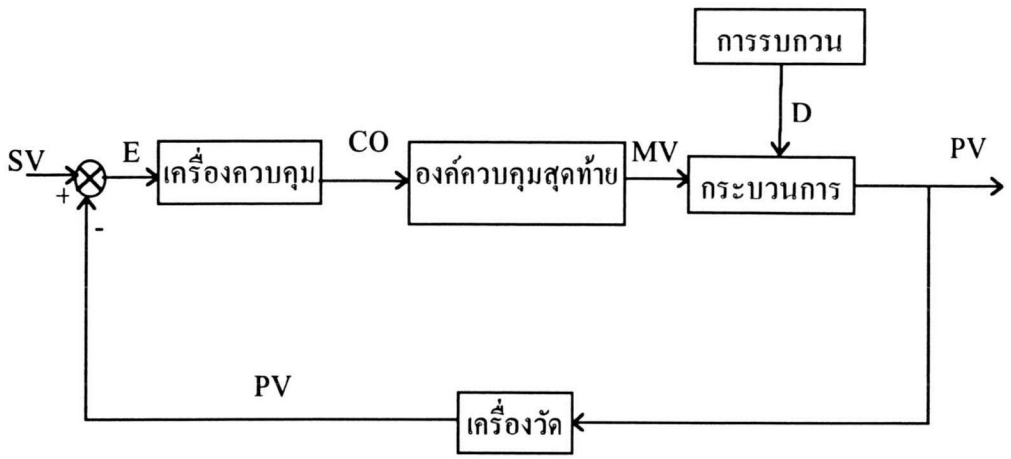
การควบคุมแบบป้อนกลับเป็นการควบคุมที่ตัวแปรเอาท์พุทหรือตัวแปรกระบวนการ (Process Variable: PV) เปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอินพุท ซึ่งตัวแปรอินพุทประกอบด้วย ตัวแปรปรับ (Mainipulated Variable: MV) ไปยังเครื่องควบคุมหรือองค์ควบคุมสุดท้าย และการรบกวน (Disturbance: D) การควบคุมตัวแปรเอาท์พุทของกระบวนการให้มีค่าตามเป้าหมายที่ต้องการในระบบควบคุมแบบป้อนกลับมีองค์ประกอบดังนี้ (แสดงในรูปที่ 3.1)

1. เครื่องมือวัด เป็นส่วนที่วัดค่าตัวแปรเอาท์พุท ค่าวัดของกระบวนการที่ได้จากเครื่องมือวัด (PV_m) ในที่นี้ใช้เป็นตัวแทนแสดงสภาพของกระบวนการ นั่นคือ ให้มีค่าเท่ากับตัวแปรกระบวนการ (PV)

2. อุปกรณ์เปรียบเทียบ เป็นส่วนที่เปรียบเทียบค่าวัดของกระบวนการจากเครื่องวัดกับค่าสภาพกระบวนการที่ต้องการได้แก่ เซ็ทพอยท์ (Set Point: SV) และคำนวณค่าความผิดพลาดในการควบคุม (Error: E)

3. เครื่องควบคุม เป็นส่วนที่นำค่าความผิดพลาดในการควบคุมมาใช้ในการคำนวณเพื่อปรับสภาพของกระบวนการให้เข้าสู่เซ็ทพอยท์ที่ต้องการ โดยส่งสัญญาณเอาท์พุทควบคุม (Control Output: CO) ไปยังองค์ควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) เพื่อเปลี่ยนรูปหรือเพิ่มขนาดของสัญญาณควบคุมให้มีกำลังมากพอเพื่อใช้เป็นตัวแปรปรับเปลี่ยนสำหรับการปรับสภาพของกระบวนการ

เครื่องควบคุมพื้นฐานในระบบการควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้ในกระบวนการควบคุม คือ เครื่องควบคุมแบบพีไอดี ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.1 ผังการควบคุมแบบป้อนกลับ

เครื่องควบคุมแบบสัดส่วนอินทีกรัลดีไรเวทีฟหรือพีไอดี (Proportional-Integral-Derivative Controller หรือ PID Controller)

สัญญาณควบคุมของเครื่องควบคุมแบบพีไอดีขึ้นกับขนาดของค่าความผิดพลาด เวลาที่ค่าความผิดพลาดสะสมและอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความผิดพลาด ซึ่งสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$MV = K_c E + \frac{K_c}{I_t}\int_0^t E dt + K_c D_t \frac{dE}{dt} + B \qquad (3.1)$$

K_c คือ เกนสัดส่วน (Proportional Gain)

I_t คือ ค่าคงที่เวลาอินทีกรัล (Integral Time Constant)

D_t คือ ค่าคงที่เวลาอนุพันธ์ (Derivative Time Constant)

MV คือ ค่าตัวแปรปรับเปลี่ยน

B คือ สัญญาณไบแอส (Bias Signal) ของเครื่องควบคุมเป็นค่าตัวแปรเอาท์พุทของเครื่องควบคุมเมื่อค่าความผิดพลาดมีค่าเป็นศูนย์

E คือ ผลต่างระหว่างเซ็ทพอยท์กับค่าตัวแปรกระบวนการ

เครื่องควบคุมแบบพีไอดีแสดงได้ด้วยพารามิเตอร์ 3 ตัว ได้แก่ เกนสัดส่วน ค่าคงที่เวลาอินทีกรัล และค่าคงที่เวลาอนุพันธ์

ค่าเกนสัดส่วน อาจแสดงในรูปของแบนด์สัดส่วนได้ (Proportional Band, PB) แบนด์สัดส่วน หมายถึง ค่าความผิดพลาดในการควบคุมที่ทำให้สัญญาณควบคุมมีค่าสูงสุด เครื่องควบคุมที่มีค่าเกนสัดส่วนมากหรือค่าแบนด์สัดส่วนน้อยจะมีความว่องไวในการตอบสนองต่อค่าความผิดพลาดสูง การตอบสนองของกระบวนการของตัวควบคุมแบบพีอย่างเดียวเมื่อเข้าสู่สมดุลใหม่จะต่างจากเซ็ทพอยท์ที่ต้องเสมอ ซึ่งความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการควบคุมนี้เรียกว่าออฟเซ็ท (Offset)

ค่าคงที่เวลาอินทีกรัล หรือ เวลารีเซ็ท (Reset Time) ของเครื่องควบคุม หมายถึง เวลาที่เครื่องควบคุมใช้ในการเพิ่มค่าสัญญาณการควบคุมแบบไอให้มีค่าเท่ากับสัญญาณที่ได้จากการควบคุมแบบพีเพียงอย่างเดียวหนึ่งครั้ง หรือเครื่องควบคุมแบบไอต้องใช้เวลา เท่ากับ ค่าคงที่เวลาอินทีกรัล เพื่อเพิ่มสัญญาณควบคุมให้มีค่าเท่ากับสัญญาณที่ได้จากการควบคุมแบบพีหนึ่งครั้ง พารามิเตอร์ไอสามารถแสดงได้ 2 วิธี คือ แสดงอัตราควบคุมโดยใช้ค่าคงที่อินทีกรัลหรือ

เวลารีเซ็ทมีหน่วยเป็นนาทีต่อครั้ง และแสดงการควบคุมโดยใช้ค่าอัตรารีเซ็ท (Reset Rate, R_r) มีหน่วยเป็นครั้งต่อนาที พารามิเตอร์ไอเป็นตัวทำให้สัญญาณการควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาที่ยังมีค่าความผิดพลาดอยู่ซึ่งช่วยแก้ปัญหาออฟเซ็ทในการควบคุมได้ แต่การควบคุมแบบไอจะทำให้การตอบสนองของกระบวนการช้าลง การเพิ่มความเร็วในการตอบสนองกระบวนการสามารถทำได้โดยเพิ่มค่าสัดส่วนเกนให้มากขึ้น แต่ในขณะเดียวกันก็จะทำให้เสถียรภาพของกระบวนการลดลงด้วย

ค่าคงที่เวลาอนุพันธ์ของเครื่องควบคุมเป็นตัวที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทันทีที่ค่าความผิดพลาดในการควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง สัญญาณการควบคุมแบบดีถูกสร้างขึ้นเพื่อลดความผิดพลาดในการควบคุมล่วงหน้าทันทีซึ่งช่วยทำให้เครื่องควบคุมแบบพีไอดีมีเสถียรภาพเพิ่มมากขึ้น ทำให้คาบเวลาของการแกว่งสั้นลง แต่มีข้อเสียคือมีความว่องไวต่อนอยส์ (Noise) จึงควรใช้กับกระบวนการที่ไม่มีนอยส์

ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของเครื่องควบคุมแบบพีไอดี ได้แก่

$$G_c(s) = K_c\left(1 + \frac{1}{I_t s} + D_t s\right) \qquad (3.2)$$

3.3 ระบบการควบคุมแบบกระจายส่วนหรือดีซีเอส (Distributed Control Ststem หรือ DCS)

ระบบการควบคุมแบบกระจายส่วนหรือดีซีเอส คือ ระบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่ทันสมัยโดยนำเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์และการสื่อสารมาใช้ร่วมกัน

เพื่อควบคุมกระบวนการต่าง ๆ ในอุตสาหกรรม ดีซีเอสประกอบไปด้วยไมโครโปรเซสเซอร์จำนวนมากต่อกันเป็นระบบเพื่อกระจายหน้าที่การควบคุมและปฏิบัติงานร่วมกันโดยมีระบบการสื่อสารช่วยให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ของดีซีเอสสามารถติดต่อและรับข้อมูลจากอุปกรณ์ได้ตลอดเวลา

3.3.1 ความเป็นมาของระบบดีซีเอส

มนุษย์ได้พยายามศึกษาค้นคว้าทดลองเกี่ยวกับการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมมาเป็นเวลาหลายร้อยปีแล้ว โดยเริ่มจากระบบเทอร์โมสแต็ท (Thermostat) ที่ใช้ควบคุมเตาเผาในปี พ.ศ. 2163 และต่อมาได้มีการควบคุมเครื่องจักรไอน้ำสำเร็จในปี พ.ศ. 2331 จุดนี้ถือได้ว่าเป็นพื้นฐานของการควบคุมในอุตสาหกรรม ในปี พ.ศ. 2477 มีการนำระบบลม (Pneumatic) มาใช้ในการควบคุมโดยมีผู้ควบคุมอยู่ที่หน้างานอาศัยการดูด้วยตาปรับด้วยมือ ต่อมาในปี พ.ศ. 2481 มีการคิดค้นและพัฒนาตัวส่งสัญญาณ (Transmetter) ทำให้มีการสร้างห้องควบคุมแต่ยังใช้คนจำนวนมากในการควบคุม

ในปี พ.ศ. 2500 บริษัท TEXACO ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้นำเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้ควบคุมจุดสำคัญบางจุดในโรงงานแห่งหนึ่งของประเทศสหรัฐอเมริกา แต่ปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นคือ เครื่องคอมพิวเตอร์เกิดการเสียบ่อย ในยุคนี้นับว่าการควบคุมแบบลมมีใช้กันอย่างแพร่หลาย ต่อมาบริษัท HONEYWELL ของสหรัฐอเมริกาได้คิดค้นตัวส่งสัญญาณแบบไฟฟ้าขึ้น ซึ่งความนิยมในช่วงนี้ยังน้อยอยู่

ในปี พ.ศ. 2506 บริษัท ไอซีไอ แห่งประเทศอังกฤษทดลองนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาทำหน้าที่ควบคุมโดยตรง แต่ประสบปัญหาเช่นเดิมคือ เครื่องคอมพิวเตอร์เกิดการเสียบ่อย และในช่วงเวลาเดียวกันได้มีการพัฒนาไอซีมาทำเป็นลูพลอจิกและนำมาใช้ในการควบคุมแบบลำดับ (Sequence Control) แต่ก็ยังไม่ดีนัก จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2513 ได้มีการนำเอาพีเอลซี (PLC) เข้ามาทำหน้าที่แทนและประสบความสำเร็จอย่างสูง

การเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญของอุตสาหกรรมก็เริ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2518 โดยมีบริษัท HONEYWELL ได้ผลิตระบบดีซีเอสระบบแรกขึ้นมีชื่อว่า ระบบทีดีซี 2000 ระบบนี้ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์หลายตัว แต่ละตัวทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการแต่ละจุดและมีเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับติดต่อกับผู้ควบคุม

ดีซีเอสช่วงแรกถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ทดแทนเครื่องควบคุมแบบลมและแบบไฟฟ้าเท่านั้น โดยทำหน้าที่เหมือนเครื่องควบคุมหลายเครื่องในดีซีเอสระบบเดียว ระบบดีซีเอสแบบเก่าเป็นระบบที่ค่อนข้างผูกมัดผู้ใช้พอสมควรเพราะผู้ขายจะผลิตแทบทุก ๆ ส่วนของระบบเองไม่ว่าจะเป็น ตัวควบคุมอุปกรณ์รับและแสดงผล อุปกรณ์ติดต่อระหว่างผู้ใช้กับกระบวนการ และข่ายงานในการติดต่อสื่อสารภายในระบบซึ่งมีรูปแบบเฉพาะ รวมทั้งซอฟต์แวร์ในการจัดการ ดังนั้นการนำประโยชน์เพื่อมาใช้ในการทำงานมักถูกจำกัดอยู่ในวงแคบ ดีซีเอสแต่ละระบบมีความเหมาะสมกับกระบวนการต่างกันไป แต่องค์ประกอบหลักของระบบจะเหมือนกัน ผู้ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการควบคุมที่จะต้องเลือกบริษัทผู้ผลิต เพื่อเป็นผู้จัดหาอุปกรณ์ควบคุมและซอฟต์แวร์สนับสนุนอื่น ๆ สำหรับโรงงานของตนให้เหมาะสม

ปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตดีซีเอสส่วนใหญ่ได้ผลิตอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยอิงกับมาตรฐานทางอุตสาหกรรมที่เป็นที่ยอมรับ เพื่อทำให้เกิดความสะดวกเกิดความคล่องตัวในการใช้ข้อมูลในการผลิตและสามารถในการใช้ข้อมูลร่วมกับหน่วยการใช้งานอื่น ๆ ได้ ปัจจุบันนี้ระบบดีซีเอสสามารถเชื่อมต่อกับระบบจัดการได้ซึ่งมีความสามารถในการติดต่อกับเครือข่ายสื่อสารข้อมูลและการบริการข้อมูลครบวงจรแก่โรงงาน กลยุทธนี้ได้ถูกนำมาใช้ในดีซีเอสหลาย ๆ ยี่ห้อเพื่อตอบสนองความต้องการของข้อมูลในเชิงธุรกิจอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นการวางแผนการผลิต การควบคุมสินค้าคงคลัง การทำออพติไมเซชัน (Optimization) ระบบลักษณะนี้เป็นข่ายงานหลายชั้น (Multiple Network) ซึ่งสามารถแบ่งชั้นของการควบคุมได้ 4 ชั้น ได้แก่ ระดับบริหาร ระดับผู้ปฏิบัติการ ระดับการติดต่อกับกระบวนการ และระดับอุปกรณ์ในกระบวนการ การควบคุมแบบหลายชั้นนี้ส่วนมากจะใช้ในโรงงานขนาดใหญ่ เช่น อุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมัน อุตสาหกรรมปิโตรเคมี เป็นต้น ส่วนโรงงานขนาดกลางถึงขนาดเล็กนั้น การใช้ระบบดีซีเอสส่วนใหญ่จะเป็นระบบเดี่ยว ๆ ไม่มีการเชื่อมต่อกับระดับบริหาร ซึ่งการใช้งานเป็นในลักษณะของการใช้ควบคุมกระบวนการโดยตรงหรือใช้เชื่อมต่อกับระบบการควบคุมแบบลูพควบคุมเดียว (Single Loop Controller) ที่มีอยู่แล้ว นั่นคือ ใช้งานในรูปของการติดตามและใช้ทำการจัดเก็บรวมทั้งรายงานเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการเพื่อใช้ข้อมูลเหล่านี้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ต่อไป

เนื่องจากระบบดีซีเอสในอดีตที่ผลิตขึ้นมาในยุคนั้นล้วนแต่เป็นระบบปิด ซึ่งมีปัญหาเรื่องการติดต่อกับอุปกรณ์ต่างบริษัทกัน ทำให้เกิดปัญหากับผู้ใช้งานในภายหลัง เช่นปัญหาผูก

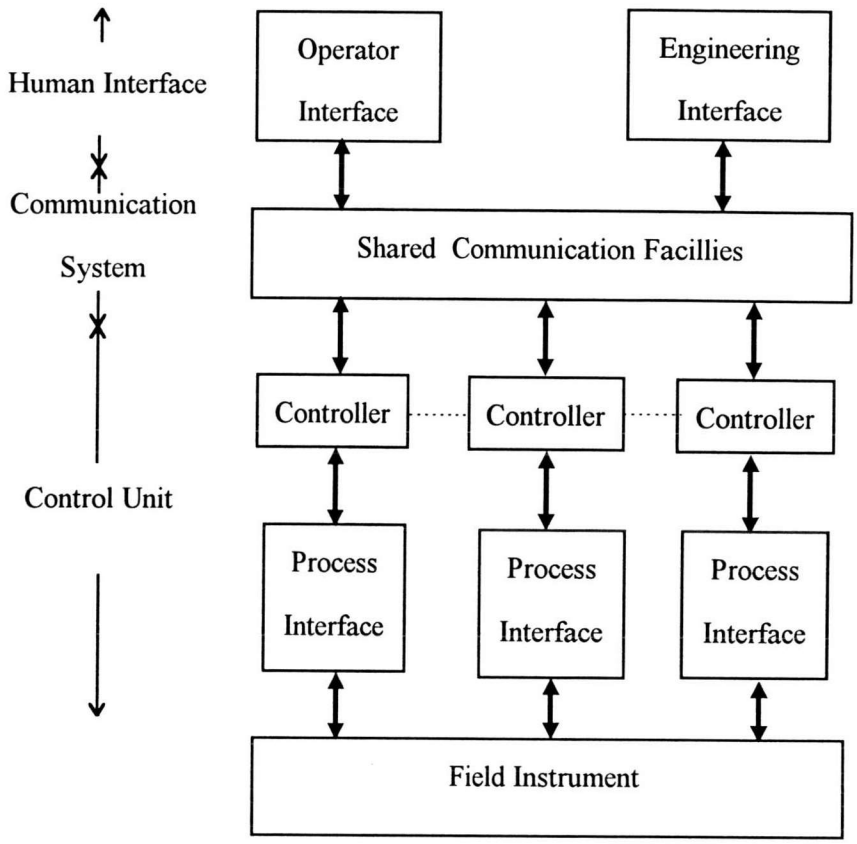
ขาดการซื้อขาย ทำให้ผู้ใช้งานไม่มีโอกาสเลือกอุปกรณ์ จากบริษัทอื่น ซึ่งบางครั้งอาจเหมาะสมกับการใช้งานมากกว่า หรือราคาถูกกว่า ดังนั้นในอนาคตจึงจะมีการจัดการในเรื่องของระบบที่มีมาตรฐานเดียวกันที่เรียกว่า ระบบเปิด (Open System) ซึ่งบริษัทผู้ค้ารายใหญ่ต่างมีทิศทางไปในทางเดียวกัน รวมทั้งบริษัทผู้ค้าอุปกรณ์ประกอบต่าง ๆ ที่ใช้กับกระบวนการเฉพาะอย่างก็ได้รองรับในส่วนนี้ด้วย

3.3.2 โครงสร้างหลักของระบบดีซีเอส

โครงสร้างของระบบดีซีเอสประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญ (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี่ ไทย-ญี่ปุ่น, 2536) ดังนี้

ก. หน่วยควบคุม (Control Unit)

หน่วยควบคุม ทำหน้าที่ในการควบคุมอุปกรณ์ภายนอก หรือรับค่าจากอุปกรณ์ภายนอก โดยอยู่ภายใต้เงื่อนไขของชุดอินเตอร์เฟซกับมนุษย์ แล้วทำการประมวลผลตามฟังก์ชันที่ชุดอินเตอร์เฟซกับมนุษย์กำหนดไว้ นอกจากนั้นจะมีการส่งค่าบางค่าที่ชุดอินเตอร์เฟซกับมนุษย์ต้องการไปแสดงที่จอภาพ ส่วนนี้สามารถใช้ระบบชุดรีดันแดนท์ (Redundant System) ได้ ระบบดีซีเอสที่ออนไลน์ตลอด 24 ชั่วโมงใน 1 วัน หรือ 30 วันใน 1 เดือน และ 12 เดือนใน 1 ปี การมีระบบรีดันแดนท์นับว่าสำคัญมากเพื่อไม่ให้เกิดการหยุดทำงานของกระบวนการ ถ้าหน่วยควบคุมใดเกิดเสียหรือหยุดทำงานระบบดีซีเอสจะใช้หน่วยควบคุมอีกส่วนเข้ามาทำงานแทนในทันที



รูปที่ 3.2 โครงสร้างหลักของดีซีเอส

หน่วยควบคุมเป็นอุปกรณ์ในระบบดีซีเอสที่ใช้ในการควบคุมโดยการนำค่าอินพุทมาจากกระบวนการด้วยอุปกรณ์วัดในระบบและรับคำสั่งจากผู้ใช้ในการคำนวณหาค่าสัญญาณเอาท์พุทควบคุม สัญญาณควบคุมจะถูกส่งไปยัง แอคทูเอเตอร์ (Actuator) วาล์วควบคุม (Control Valve) หรืออุปกรณ์ทางกลอื่น ๆ เพื่อปรับค่าตัวแปรกระบวนการ เช่น อัตราการไหล อุณหภูมิ และความดัน เป็นต้น ให้มีค่าตามต้องการ

หน่วยควบคุมโดยทั่วไปพื้นฐานประกอบด้วย ไมโครโปรเซสเซอร์กับนาฬิกาที่รวมเป็นหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU) ของตัวควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 3.3 รอม (Read Only Memory: ROM) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรมของตัวควบคุมอย่างถาวร หน้าที่การควบคุมรวมถึงอัลกอริธึมการควบคุมถูกเขียนด้วยภาษาแอสเซมบลีแล้วบรรจุไว้ในรอมซึ่งทำมาจากโรงงานผลิต หลังจากที่เปิดเครื่องจ่ายไฟให้กับหน่วยควบคุมแล้ว ตัวควบคุมจะอ่านค่าอินพุทและประเมินผลตามอัลกอริธึมที่ผู้ใช้กำหนดแล้วสร้างสัญญาณการควบคุมออกไป แรม (Random Access Memory: RAM) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บคำสั่งและข้อมูลที่ไม่ถาวรและมีการเปลี่ยนแปลงตามที่ผู้ใช้ต้องการ ผู้ใช้ต้องการความคล่องตัวในการเปลี่ยนวิธีการควบคุมหรือปรับค่าพารามิเตอร์ได้โดยสะดวกและไม่ต้องเปลี่ยนอุปกรณ์หรือเดินสายไฟใหม่อยู่เสมอ ดังนั้น รูปแบบโครงสร้างการควบคุมจึงไม่เก็บไว้ในรอม แต่ผู้ใช้จะเลือกโครงสร้างการควบคุมหรือค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแล้วโหลดเก็บไว้ในแรม หน่วยควบคุมสามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้

1. การประมวลค่าอินพุท/เอาท์พุท (Process Input/Output) ของหน่วยควบคุม

การควบคุมโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่นั้น ระบบควบคุมต้องอ่านค่าอินพุทจากกระบวนการในหลาย ๆ รูปแบบ จากนั้นระบบควบคุมจะทำการคำนวณค่าเอาท์พุทควบคุมตามค่าอินพุทและคำสั่งของผู้ควบคุม แล้วส่งค่าเอาท์พุทควบคุมนั้นไปยังอุปกรณ์ควบคุมกระบวนการต่าง ๆ และแสดงค่าให้ผู้ใช้ทราบทางจอแสดงผล การรับค่าอินพุทและส่งค่าเอาท์พุทนั้นต้องอาศัย อินพุท/เอาท์พุท ฮาร์ดแวร์ (I/O Hardware) ซึ่งแบ่งเป็น 2 ระบบใหญ่ ๆ ได้แก่ อะนาล็อก

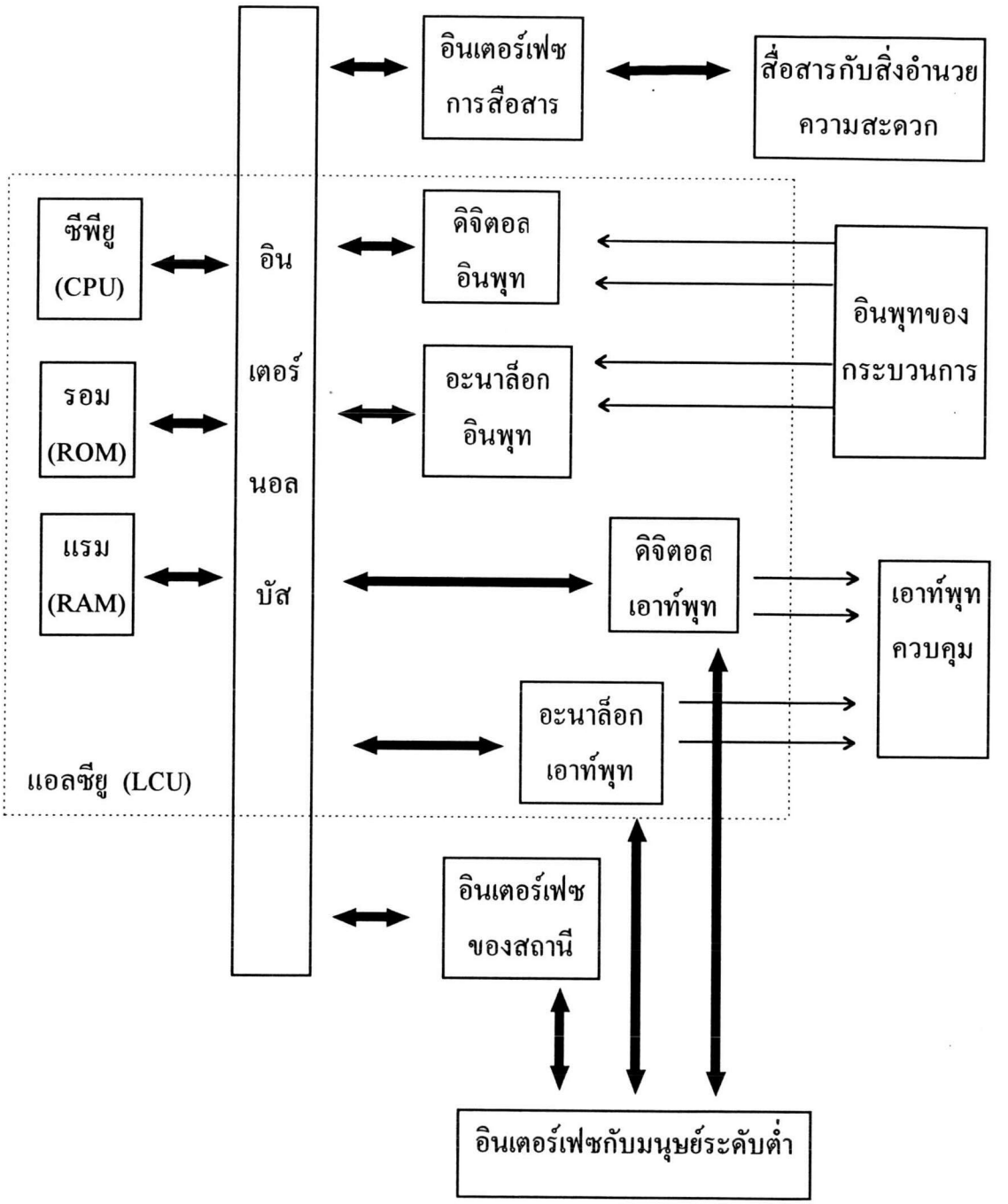
I20508530

อินพุท/เอาท์พุท (Analog Input/Output) และ ดิจิตอลอินพุท/เอาท์พุท(Digital Input/Output) นอกจากนี้ อินพุท/เอาท์พุท ฮาร์ดแวร์ ยังแบ่งย่อยเป็นชนิดต่างๆ ตามลักษณะการใช้งานได้อีก เนื่องจากความหลากหลายของสัญญาณอินพุท/เอาท์พุทที่ระบบดีซีเอสต้องทำงานด้วยเพื่อติดต่อกับเซ็นเซอร์ ตัวส่งสัญญาณ วาล์วควบคุม และเครื่องมือกลต่าง ๆ ระบบดีซีเอสจึงมีอุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อแปลงค่าสัญญาณต่าง ๆ ให้เป็นสัญญาณระบบที่ต้องการเดียวกัน ได้แก่ ตัวปรับสัญญาณ (Signal Conditioner)

ค่าอินพุท/เอาท์พุทบางตัวที่ไม่ได้ใช้เพื่อการควบคุมแต่เป็นค่าที่ต้องการใช้ในการแสดงผลทางหน้าจอหรือแสดงข้อมูลให้ผู้ใช้ทราบสามารถใช้อุปกรณ์ คาต้าอินพุท/เอาท์พุท ฮาร์ดแวร์ (Data Input/Output Hardware) ได้ ข้อมูลที่ผ่านทางอุปกรณ์ คาต้าอินพุท/เอาท์พุท ฮาร์ดแวร์ จะไม่ทำฟังก์ชันการคำนวณค่าเอาท์พุทควบคุม อุปกรณ์นี้เป็นอุปกรณ์ที่มีโครงสร้างแบบง่าย ๆ ไม่ซับซ้อนซึ่งราคาจะถูกกว่า อินพุท/เอาท์พุท ฮาร์ดแวร์ ที่ใช้กับชุดควบคุม แต่ยังคงสามารถอินเตอร์เฟซกับสิ่งต่าง ๆ ได้เช่นเดียวกับการทำงานของชุดควบคุม เช่น การอินเตอร์เฟซกับสถานีอินเตอร์เฟซกับมนุษย์ระดับต่ำ (Low-Level Human Interface) การสื่อสารกับชุดอินเตอร์เฟซของการสื่อสาร (Comunications Interface) การติดต่อกับอินเตอร์เฟซกับมนุษย์ระดับสูง (High-Level Human Interface) และการอินเตอร์เฟซกับสิ่งอำนวยความสะดวกภายนอก เป็นต้น

2. การอินเตอร์เฟซของหน่วยควบคุม (Control Unit Interface)

การอินเตอร์เฟซของหน่วยควบคุมกับส่วนอื่น ๆ ของระบบควบคุมดีซีเอส แสดงได้ดัง



รูปที่ 3.3 องค์ประกอบพื้นฐานของหน่วยควบคุมและการอินเตอร์เฟซ

รูปที่ 3.3 อุปกรณ์อินเตอร์เฟซของการสื่อสารเป็นอุปกรณ์ที่ทำให้หน่วยควบคุมสามารถสื่อสารกับส่วนต่าง ๆ ของระบบดีซีเอสได้

หน้าที่สำคัญของชุดอินเตอร์เฟซสื่อสาร ได้แก่

1. ควบคุมระบบที่ใช้หน่วยควบคุมหลายหน่วยในการควบคุมกระบวนการได้

2. ส่งข้อมูลกระบวนการไปยังองค์ประกอบของระบบระดับสูง (High-Level System Element) เช่น อินเตอร์เฟซกับมนุษย์ระดับสูง และอุปกรณ์การคำนวณ (Computing Device) เป็นต้น

3. องค์ประกอบของระบบระดับสูงสามารถขอข้อมูลและส่งคำสั่งมายังหน่วยควบคุมโดยผ่านทางอินเตอร์เฟซสื่อสาร

4. ทำให้หน่วยควบคุมสามารถทำงานในระบบรีดันแดนท์ได้

5. เพิ่มจำนวนอินพุท/เอาท์พุทให้หน่วยควบคุม

อุปกรณ์อินเตอร์เฟซกับมนุษย์ระดับต่ำสามารถทำฟังก์ชันที่สำคัญหลายอย่างผ่านทางฮาร์ดแวร์ที่ต่อกับหน่วยควบคุมโดยตรง โดยไม่จำเป็นต้องผ่านอินเตอร์เฟซสื่อสารร่วม เช่น

- พนักงานควบคุมสามารถควบคุมกระบวนการได้โดยตรง เช่น การเปลี่ยนเซ็ทพอยท์ การเปลี่ยนโหมดการควบคุม

- เมื่อตัวควบคุมเสียหรือทำงานไม่ถูกต้อง พนักงานสามารถควบคุมแบบแมนนวลได้

- สามารถเลือกอัลกอริธึมการควบคุมระบบและปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ของตัวควบคุมได้

3. ภาษาของหน่วยควบคุม (Control Unit Language)

หน่วยควบคุมเป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยไมโครโปรเซสเซอร์เป็นหลัก ดังนั้นเพื่อให้ฮาร์ดแวร์สามารถควบคุมกระบวนการได้จึงต้องมีการใส่โปรแกรมเข้าไปเหมือนกับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ทั่วไป ภาษาที่ใช้ในระบบดีซีเอสที่นิยมมี 2 แบบ ได้แก่ ภาษาเชิงบล็อก (Block-Oriented Language) และภาษาระดับสูง (High-Level language)

3.1 ภาษาเชิงบล็อก เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากในระบบดีซีเอสในปัจจุบัน สามารถลดภาระของผู้ใช้งานโดยไม่จำเป็นต้องมีความรู้ทางภาษาโปรแกรมสูงก็สามารถทำงานกับระบบดีซีเอสได้ วิธีการนี้ผู้ใช้งานจะได้รับชุดมาตรฐานของฟังก์ชันที่ใช้ควบคุมและคำนวณที่เขียนไว้ล่วงหน้าและเก็บไว้ในรอม ผู้ใช้งานเลือกรูปแบบโครงสร้างการควบคุมโดยเลือกบล็อกจากไลบรารี (Library) ในรอม เช่น ฟังก์ชันการคำนวณ (เช่น บวก ลบ คูณ และหาร เป็นต้น) ฟังก์ชันการควบคุม (เช่น การควบคุมแบบ พีไอดี และการควบคุมแบบเปิดปิด เป็นต้น) แล้วนำมาเชื่อมโยงกันและตั้งค่าอินพุท/เอาท์พุทพร้อมทั้งปรับค่าพารามิเตอร์ที่ติดมากับบล็อกตามที่ผู้ควบคุมต้องการ การใช้งานจากฟังก์ชันบล็อกในระบบดีซีเอสมีความสะดวกต่อการใช้งานและสามารถเปลี่ยนรูปแบบการควบคุมได้ง่ายโดยไม่ต้องมีการต่อสายหรือซื้อฮาร์ดแวร์เพิ่มเติม

3.2 ภาษาระดับสูง การใช้ภาษาระดับสูงในระบบการควบคุมแบบกระจายส่วนหรือดีซีเอส เช่น ภาษาโฟรแทรน ภาษาเบสิก และภาษาปาสคาล จะช่วยลดปัญหาการจำกัดความคล่องตัวหรือการพลิกแพลงของใช้งานที่เกิดจากการใช้ภาษาเชิงบล็อกได้ การใช้ภาษา

ระดับสูงทำให้ผู้ใช้สามารถออกแบบอัลกอริธึมการควบคุมเองได้ และยังคงสามารถใช้งานรวมกับฟังก์ชันบล็อกได้

4. การออกแบบความปลอดภัยสำหรับหน่วยควบคุม

สิ่งสำคัญที่ผู้ใช้งานต้องการไม่ว่าจะเป็นระบบควบคุมแบบใด คือ ต้องการให้ระบบควบคุมทำงานไปด้วยความต่อเนื่องและมีความปลอดภัย การที่ส่วนใดส่วนหนึ่งหรือทั้งกระบวนการหยุดชะงักลงนอกจากจะทำให้ผลผลิตลดลงก่อให้เกิดความเสียหายแล้วยังอาจทำให้เกิดสภาพที่ไม่ปลอดภัยในการทำงานเกิดขึ้นด้วย ระบบควบคุมไม่ว่าจะมีความเชื่อถือได้สูงเพียงใดก็ต้องมีโอกาสเสีย ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีส่วนรองรับเมื่อเกิดการเสียขึ้นเพื่อให้กระบวนการดำเนินต่อไปได้หรือให้เกิดสภาพความปลอดภัยขึ้น

สิ่งจำเป็นในการออกแบบระบบควบคุม ได้แก่

1. ระบบควบคุมทำงานด้วยระบบอัตโนมัติได้มากที่สุดเท่าที่ทำได้ การเสียที่จุดเดียวจะไม่ทำให้ระบบควบคุมต้องหลุดจากระบบอัตโนมัติทั้งหมด

2. พนักงานควบคุมสามารถเข้าควบคุมด้วยระบบแมนนวลได้ เมื่อเกิดการเสียหายของระบบควบคุมทำให้ไม่สามารถควบคุมแบบอัตโนมัติได้ในบางส่วนของระบบ

3. กรณีระบบควบคุมทั้งระบบอัตโนมัติและระบบแมนนวลเสียหมด พนักงานควบคุมยังสามารถปิดเอาท์พุทควบคุมที่ส่งไปยังกระบวนการได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอนที่ปลอดภัย

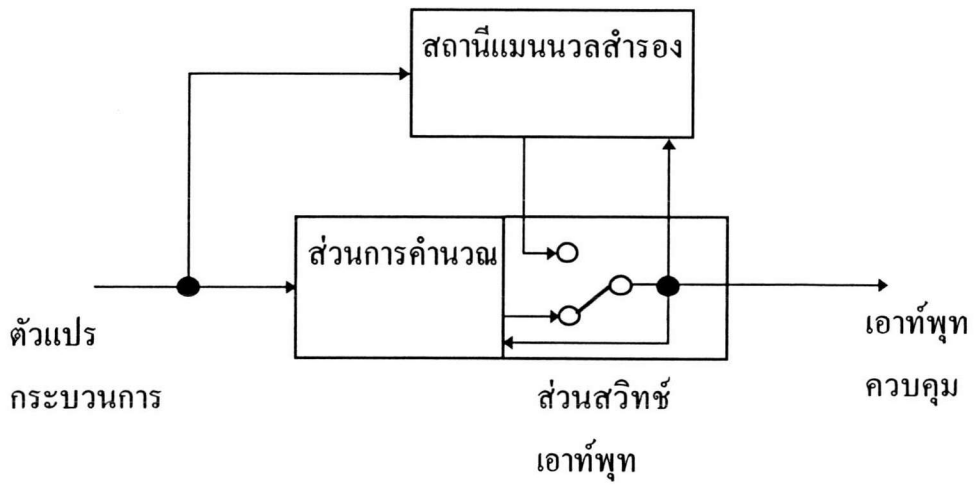
วิธีการทั่วไปที่ใช้ในการออกแบบความปลอดภัยสำหรับหน่วยควบคุมที่ใช้กันมาจนถึงปัจจุบันมี 3 แบบ เรียงตามลำดับความซับซ้อน ดังนี้

1. แมนนวลสำรอง (Manual Backup) ใช้สำหรับระบบควบคุมที่หน่วยควบคุมถูกออกแบบให้ควบคุมจำนวนไม่มากปกติไม่เกิน 4 ลูพควบคุม พนักงานควบคุมต้องเป็นผู้ที่มีความสามารถในการควบคุมแบบแมนนวลได้ในกรณีที่ตัวควบคุมเสีย เอาท์พุทควบคุมที่ส่งไปยังกระบวนการจะถูกป้อนกลับไปยังสถานีแมนนวลสำรอง (Manual Backup Station) และถูกส่งไปยังส่วนการคำนวณของตัวควบคุมทำให้สามารถติดตามเอาท์พุทตัวควบคุมได้และป้องกันการเกิดบัมพ์ (Bump) เวลาเปลี่ยนโหมดการควบคุม

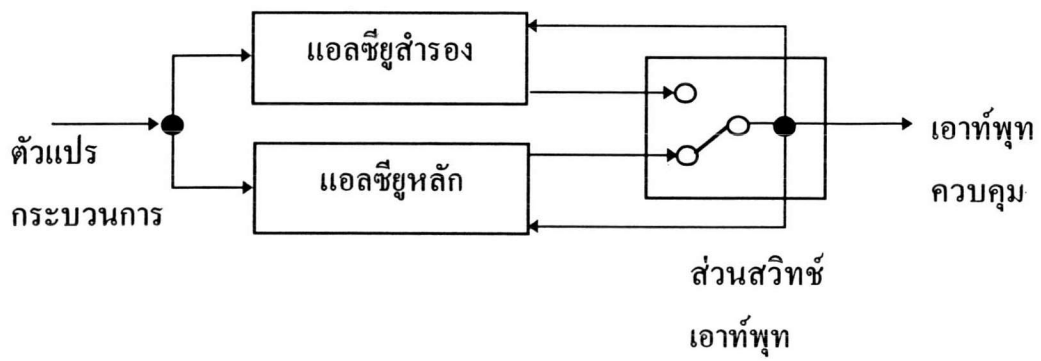
2. ตัวควบคุมรีดันแดนท์ (Redundant Controller) กรณีนี้หน่วยควบคุมหลักถูกสำรองด้วยหน่วยควบคุมอีกตัวหนึ่งซึ่งจะทำงานแทนทันทีที่หน่วยควบคุมหลักเสีย การควบคุมอัตโนมัติทั้งหมดยังคงทำงานได้เป็นปกติ เช่นเดียวกันกับการใช้แมนนวลสำรอง เอาท์พุทควบคุมถูกป้อนกลับไปยังตัวควบคุมทั้งสองของหน่วยควบคุมเพื่อป้องกันการเกิดบัมพ์เวลาเปลี่ยนตัวควบคุม

3. ตัวควบคุมรีดันแดนท์ทำงานหลายตัว (Multiple Active Redundant Controller) หน่วยควบคุมหลายหน่วยทำงานพร้อมกันในเวลาหนึ่ง ๆ โดยการอ่านค่าอินพุทของกระบวนการ การคำนวณตามอัลกอริธึมการควบคุม และการสร้างค่าเอาท์พุทการควบคุมให้กับกระบวนการ แต่ใช้ค่าเอาท์พุทเพียงค่าเดียวเท่านั้นที่จะถูกส่งไปยังอุปกรณ์ควบคุมในกระบวนการ ค่าเอาท์พุทควบคุมของตัวควบคุมในแต่ละหน่วยควบคุมจะถูกเลือกโดยวงจรโวททิง (Voting Circuit) เพื่อนำค่าเอาท์พุทที่ใช้ได้ส่งไปยังกระบวนการ และส่งป้อนกลับไปยังตัวควบคุมแต่ละตัวเพื่อใช้ใน

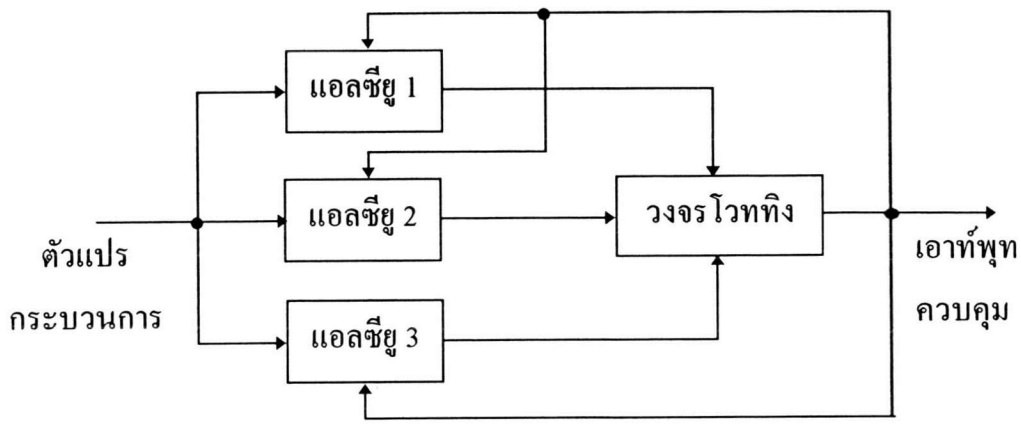
การเปรียบเทียบระหว่างค่าเอาท์พุทของตัวมันเองกับค่าเอาท์พุทที่ถูกเลือก วิธีการนี้ยังไม่เป็นที่ยอมรับในกระบวนการควบคุมในอุตสาหกรรมเพราะมีความซับซ้อนและค่าใช้จ่ายสูง



รูปที่ 3.4 แผนภูมิแมนนวลสำรอง



รูปที่ 3.5 แผนภูมิตัวควบคุมรีดันแดนท์



รูปที่ 3.6 แผนภูมิตัวควบคุมรีดันแดนท์ทำงานหลายตัว

ข. อินเตอร์เฟซกับมนุษย์ (Human Interface)

ชุดอินเตอร์เฟซกับมนุษย์ทำหน้าที่ติดต่อระหว่างกระบวนการกับมนุษย์โดยวิศวกรควบคุมและพนักงานควบคุม ถ้าเป็นระบบเล็ก ๆ จะใช้ชุดอินเตอร์เฟซชุดเดียวกันแต่มีกุญแจของวิศวกรควบคุมที่ใช้เปิดเพื่อเข้าถึงการใช้งานในระดับสูง ถ้าเป็นระบบใหญ่ขึ้นมาอาจมีชุดอินเตอร์เฟซมากกว่าหนึ่งชุด โดยชุดอินเตอร์เฟซชุดหนึ่งแบ่งให้เป็นของวิศวกรควบคุมและชุดอินเตอร์เฟซอีกชุดหนึ่งเป็นของพนักงานเพื่อสะดวกในการควบคุม วิศวกรควบคุมและพนักงานควบคุมสามารถสั่งงานหรือป้อนข้อมูลโดยผ่านทางแป้นพิมพ์วิศวกรรม (Engineering keyboard) และแป้นพิมพ์ของพนักงาน (Operator keyboard) นอกจากนี้บางระบบสามารถใช้จอภาพซึ่งเป็นตัวแสดงผลทำหน้าที่เป็นตัวรับข้อมูลได้ด้วย เราเรียกว่า ระบบจอสัมผัส (Touch Screen) ระบบนี้อาศัยการตัดผ่านของแสงที่ยิงจากด้านข้างและด้านบนเมื่อมีสิ่งกีดขวาง เช่น นิ้ว ฝั่งตร

ฝั่งตรงข้ามจะสามารถตรวจสอบตำแหน่งทางแกนเอกซ์ (X) และแกนวาย (Y) ได้ว่าเป็นจุดใด ชุดอินเตอร์เฟซกับมนุษย์นี้สามารถใช้ระบบรีดันแดนท์ได้

การติดต่อระหว่างผู้ใช้งานกับระบบดีซีเอสโดยการใช้อินเตอร์เฟซกับมนุษย์ทำให้ผู้ใช้สามารถติดต่อกับอุปกรณ์การวัดและควบคุมภายในกระบวนการผลิต ช่วยเพิ่มความสะดวกในการตรวจสอบและควบคุมกระบวนการ และป้องกันไม่ให้เกิดความผิดพลาดในการปฏิบัติงานของผู้ใช้เป็นการเพิ่มความปลอดภัยในการควบคุมกระบวนการผลิตของระบบควบคุมให้มากขึ้น อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดต่อระหว่างผู้ใช้กับระบบดีซีเอสด้วยอินเตอร์เฟซกับมนุษย์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่

1. อินเตอร์เฟซกับมนุษย์ในระดับต่ำ (Low-Level Human Interface: LLHI) คือ อุปกรณ์ติดต่อกับระบบดีซีเอสเพื่อรับและส่งข้อมูลโดยติดต่อกับหน่วยอินพุท/เอาท์พุทข้อมูล(Data Input/Output Unit) ของหน่วยควบคุมโดยตรง อุปกรณ์ติดต่อกับผู้ใช้ระดับอินเตอร์เฟซกับมนุษย์ในระดับต่ำเป็นการเลียนแบบอุปกรณ์วัดและควบคุมในระบบการควบคุมแบบดั้งเดิม เช่น เครื่องควบคุม เครื่องวัด และเครื่องบันทึกสัญญาณ การติดตั้งอุปกรณ์ในระดับนี้นั้น มักติดตั้งบนแผงควบคุมและใช้สายสัญญาณเชื่อมต่อกับหน่วยรับและส่งข้อมูลของหน่วยควบคุมโดยตรง ในบริเวณใกล้เคียงระยะทางไม่เกิน 100 ถึง 200 ฟุต ในระบบควบคุมขนาดเล็ก อุปกรณ์ต่าง ๆ จะถูกติดตั้งรวมกันอยู่ภายในห้องควบคุมและห้องติดตั้งอุปกรณ์บนแผงควบคุมเช่นเดียวกับระบบควบคุมแบบดั้งเดิมที่ใช้อุปกรณ์วัดและควบคุมชนิดอิเล็กทรอนิกส์และชนิดลม

2. อินเตอร์เฟซกับมนุษย์ในระดับสูง (High-Level Human Interface: HLHI) คือ อุปกรณ์ติดต่อกับหน่วยควบคุมของระบบดีซีเอสโดยผ่านระบบสื่อสารข้อมูลร่วมของระบบดีซีเอส อุปกรณ์ติดต่อระดับอินเตอร์เฟซกับมนุษย์ระดับสูงประกอบด้วย จอภาพ แป้นพิมพ์ เครื่องพิมพ์ เทปและจานแม่เหล็ก สำหรับใช้ในการสั่งการ แสดงผล การจัดพิมพ์รายงานและเก็บข้อมูลการปฏิบัติงานของระบบควบคุมและกระบวนการผลิต อุปกรณ์ติดต่อในระดับนี้สามารถตั้งอยู่ในบริเวณที่อยู่ห่างจากหน่วยควบคุมมาก ๆ ได้โดยใช้ระบบสื่อสารข้อมูลของดีซีเอสในการติดต่อรับและส่งข้อมูลกับหน่วยควบคุม

การติดต่อในระดับอินเตอร์เฟซกับมนุษย์ในระดับต่ำและอินเตอร์เฟซกับมนุษย์ในระดับสูงในระบบควบคุมขนาดใหญ่ของระบบดีซีเอสนั้น อุปกรณ์การติดต่อกับผู้ใช้ถูกติดตั้งไว้รวมกันภายในห้องควบคุมเช่นเดียวกับระบบควบคุมแบบดั้งเดิม การปฏิบัติงานตามปกติผู้ใช้จะใช้อุปกรณ์อินเตอร์เฟซกับมนุษย์ในระดับสูงซึ่งสะดวกและมีประสิทธิภาพดีกว่า สำหรับอุปกรณ์อินเตอร์เฟซกับมนุษย์ในระดับต่ำมักจะถูกใช้งานเมื่ออุปกรณ์อินเตอร์เฟซกับมนุษย์ในระดับสูงไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติเท่านั้น นอกจากนี้หน่วยควบคุมสามารถแยกติดตั้งในส่วนต่าง ๆ ของกระบวนการผลิต โดยอุปกรณ์การติดต่ออินเตอร์เฟซกับมนุษย์ในระดับต่ำถูกติดตั้งร่วมกับหน่วยควบคุมซึ่งแยกไว้ตามส่วนต่าง ๆ ของกระบวนการผลิต อุปกรณ์ติดต่ออินเตอร์เฟซกับมนุษย์ในระดับสูงสามารถติดตั้งในพื้นที่ส่วนอื่นนอกห้องควบคุมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลการควบคุมกระบวนการผลิตโดยไม่ต้องรบกวนการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ส่วนอื่นในกระบวนการผลิต

การติดต่อระหว่างผู้ใช้งานระบบดีซีเอสกับระบบดีซีเอสแบ่งตามระดับการใช้งานได้ 2 ระดับ ได้แก่

1. การติดต่อระดับอินเตอร์เฟซกับพนักงาน (Operator Interface) ทำหน้าที่ ติดต่อระหว่างระบบดีซีเอสกับพนักงานควบคุมหรือผู้ใช้ทั่วไปในการตรวจสอบหรือควบคุมกระบวนการผลิต โดยไม่ทำให้โครงสร้างของระบบควบคุมเปลี่ยนแปลง เช่น การตรวจค่าตัวแปรต่าง ๆ ภายในระบบบควบคุมและภายในกระบวนการผลิต การป้อนข้อมูลเพื่อปรับค่าตัวแปรของเครื่องควบคุม

2. การติดต่อระดับอินเตอร์เฟซวิศวกรรม (Engineering Interface) ทำหน้าที่ ติดต่อระหว่างระบบดีซีเอสกับผู้ใช้ที่เป็นวิศวกรซึ่งมีหน้าที่กำหนดเงื่อนไขการควบคุมหรือเปลี่ยนโครงสร้างของระบบควบคุม เพื่อใช้ในการติดต่อระหว่างระบบดีซีเอสกับผู้ใช้ในระดับพนักงานอีกที่หนึ่ง

1. อินเตอร์เฟซกับพนักงาน

วัตถุประสงค์ในการติดต่อระดับอินเตอร์เฟซกับพนักงานของระบบควบคุมดีซีเอสทั้งในระดับอินเตอร์เฟซกับมนุษย์ในระดับต่ำ และอินเตอร์เฟซกับมนุษย์ในระดับสูง คือ

1. การติดตามกระบวนการ (Process Monitoring) เป็นการตรวจสอบสภาพของกระบวนการผลิตว่ามีสภาพถูกต้องตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการหรือไม่ การตรวจสอบกระบวนการผลิตของระบบดีซีเอสประกอบด้วย

1.1 การแสดงค่าตัวแปรในกระบวนการผลิต เช่น อุณหภูมิ ความดัน ระดับ และอัตราการไหล หรือสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น การทำงานและการหยุดงานของปั๊มพ์ การปิดและเปิดของสวิทช์ต่าง ๆ นอกจากนี้ การตรวจสอบกระบวนการของดีซีเอสยังสามารถแสดงภาพการทำงานที่ผิดปกติของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบควบคุมได้อีกด้วย เช่น สัญญาณวัดจากเครื่องวัดและส่งสัญญาณบางจุดที่ขาดหายไปหรือมีค่าผิดปกติ

1.2 การใช้ป้ายชื่อ (Tag) ที่ผู้ใช้ตั้งขึ้น เพื่อระบุตำแหน่งของค่าตัวแปรที่ต้องการแสดง พร้อมคำอธิบายประกอบที่ผู้ใช้ตั้งขึ้น แทนการระบุตำแหน่งโดยการใช้หมายเลขของหน่วยรับและส่งข้อมูลหรือหมายเลขประจำของอุปกรณ์ภายในระบบดีซีเอสเอง

1.3 การแสดงหน่วยวัดทางวิศวกรรมแสดงค่าตัวแปรต่าง ๆ ได้โดยตรง

1.4 การแสดงค่าของตัวแปรประกอบเพิ่มเติม โดยการนำค่าตัวแปรที่ระบบดีซีเอสวัดค่าได้โดยตรงมาคำนวณร่วมกันเพื่อหาค่าตัวแปรใหม่เพิ่มเติม

2. การตรวจสอบสภาวะการเตือนของกระบวนการ (Proces Alram Check) ของระบบดีซีเอส เป็นการช่วยให้การตรวจสอบสภาพกระบวนการมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น โดยตรวจสอบสภาพของกระบวนการที่ผิดปกติ และแสดงให้ผู้ใช้ทราบ ตัวอย่างเช่น การแสดงค่าตัวแปรหรือสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ที่ผิดปกติ เช่น ค่าอุณหภูมิที่มีค่าสูงหรือต่ำเกินไป รวมถึงค่าตัวแปรที่ได้จากการคำนวณเพิ่มเติมจากตัวแปรอื่นที่มีค่าผิดปกติ และการแสดงตัวแปรหลายค่าที่มีค่าผิดปกติพร้อมกัน หรือเกิดขึ้นในเวลาใกล้เคียงกัน เป็นต้น

3. การแสดงแนวโน้มกระบวนการ (Process Trend) เป็นส่วนหนึ่งของการตรวจสอบกระบวนการย้อนหลัง การแสดงค่าตัวแปรต่าง ๆ ย้อนหลังของระบบดีซีเอส ประกอบด้วย การจัดกลุ่มตัวแปรที่ต้องการตรวจสอบค่าย้อนหลังเพื่อพิจารณาตรวจสอบพร้อมกัน การแสดงหน่วยการวัดทางวิศวกรรมของค่าตัวแปรกระบวนการ การแสดงสภาพกระบวนการย้อนหลังนั้นผู้ใช้สามารถตรวจสอบค่าของตัวแปรที่ต้องการทราบค่าย้อนหลังได้ทุกค่าตลอดเวลา

4. การควบคุมกระบวนการของระบบดีซีเอส (Process Control) ประกอบด้วย การเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร การปรับค่าและกำหนดลักษณะการทำงานของเครื่องควบคุม การเปลี่ยนแปลงสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบควบคุมและกระบวนการผลิต การตรวจสอบและควบคุมขั้นตอนต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตแบบแบทช์ และการเปลี่ยนแปลงค่าสัญญาณออกของอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ โดยตรง

5. การวินิจฉัยกระบวนการ (Process Diagnostic) หมายถึง การตรวจสอบอุปกรณ์วัดและอุปกรณ์ควบคุมในกระบวนการที่ทำงานผิดปกติ การตวจสอบส่วนประกอบของระบบดีซีเอส ประกอบด้วย การตรวจสอบและแสดงเหตุการณ์ผิดปกติเรียงตามลำดับเหตุการณ์ รวมทั้งการตรวจสอบและแสดงเหตุการณ์ผิดปกติเรียงตามลำดับความสำคัญ

6. การเก็บรวบรวมข้อมูลและการจัดพิมพ์รายการผลิตของระบบดีซีเอส (Process Recording and Reporting) ประกอบด้วย การเก็บข้อมูลและการพิมพ์รายงานแสดงสภาพกระบวนการปัจจุบันและย้อนหลัง การเก็บข้อมูลและการพิมพ์รายงานจากข้อมูลตามความต้องการของผู้ใช้ การเก็บข้อมูลและการพิมพ์รายงานความผิดปกติของกระบวนการผลิตและ

ระบบควบคุม การเก็บข้อมูลและการพิมพ์รายงานการผลิต และการเก็บข้อมูลและการพิมพ์รายงานแสดงการปฏิบัติงานของพนักงานควบคุม

อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดต่อระหว่างพนักงานกับระบบดีซีเอสด้วยอินเตอร์เฟซกับพนักงาน สามารถแบ่งออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่

1. การติดต่อระดับอินเตอร์เฟซกับพนักงานในระดับต่ำ (Low Level Operator Interface: LLOI)

ระบบดีซีเอสใช้อุปกรณ์ติดต่ออินเตอร์เฟซกับพนักงานในระดับต่ำ เพื่อตรวจสอบและควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตและระบบควบคุมโดยติดต่อกับหน่วยควบคุมโดยตรงไม่จำเป็นผ่านระบบสื่อสารข้อมูลของระบบดีซีเอสหมือนการติดต่อในระดับอินเตอร์เฟซกับพนักงานในระดับสูงทั่วไป การติดต่อระดับอินเตอร์เฟซกับพนักงานในระดับต่ำในระบบดีซีเอสมีลักษณะคล้ายกับอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบควบคุมแบบเดิม จึงเหมาะสำหรับพนักงานควบคุมที่คุ้นเคยกับการใช้ระบบควบคุมแบบเดิม นอกจากนี้ อุปกรณ์ติดต่อระดับอินเตอร์เฟซกับพนักงานในระดับต่ำสามารถใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจสอบและควบคุมกระบวนการผลิตสำรอง ในกรณีที่อุปกรณ์ติดต่อระดับอินเตอร์เฟซกับพนักงานระดับสูงได้รับความเสียหายหรือไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ

อุปกรณ์ติดต่อระดับอินเตอร์เฟซกับพนักงานระดับต่ำของระบบดีซีเอสประกอบด้วย

1.1 สถานีควบคุมแบบต่อเนื่อง (Continuous control station) ทำหน้าที่แทนเครื่องควบคุมแบบพี พีไอ หรือ พีไอดี ในกรณีที่หน่วยควบคุมเสียหายหรือทำงานผิดปกติ

1.2 สถานีโหลดเดอร์แบบแมนนวล (Manual loader station) ทำหน้าที่ ติดต่ออุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ ในระบบควบคุมในกรณีที่หน่วยควบคุม หรืออุปกรณ์ติดต่ออินเตอร์เฟซกับพนักงานระดับสูงไม่สามารถใช้งานได้และระบบดีซีเอสไม่มีสถานีควบคุมต่อเนื่องสำรองไว้ทำหน้าที่แทน ผู้ใช้สามารถใช้สถานโหลดเดอร์แบบแมนนวลปรับสัญญาณควบคุมจากระบบดีซีเอสแทนสัญญาณควบคุมจากหน่วยควบคุม

1.3 สถานีอินดิเคเตอร์ (Indicator station) ทำหน้าที่ แสดงค่าตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตหรือระบบควบคุมในตำแหน่งที่ไม่มีการควบคุมผ่าน สถานีควบคุมต่อเนื่อง

1.4 สถานลอจิก (Logic station) ทำหน้าที่ ตรวจสอบและควบคุมอุปกรณ์หรือกระบวนการผลิตที่มีการทำงานในระบบซีเควนซ์ ประกอบด้วย สวิทช์และหลอดไฟสัญญาณ

2. การติดต่อระดับอินเตอร์เฟซกับพนักงานระดับสูง (High-Level Operator Interface: HLOI)

ระบบดีซีเอสใช้การติดต่อระดับอินเตอร์เฟซกับพนักงานระดับสูงเพื่อให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบและควบคุมกระบวนการผลิตผ่านระบบการสื่อสารของระบบดีซีเอสแทนการติดต่อกับหน่วยควบคุมโดยตรง อุปกรณ์ติดต่อระดับอินเตอร์เฟซกับพนักงานระดับสูง ประกอบด้วย หน่วยประมวลผล (Processor Unit) หน่วยความจำ (Memory) อุปกรณ์อินพุท (Input Device) อุปกรณ์เอาท์พุท (Output Device) อุปกรณ์การสื่อสาร (Communication Device) และอุปกรณ์ข้างเคียง (Periheral Devices)

2.1 หน่วยประมวลผล (Processor Unit) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของอุปกรณ์อินเตอร์เฟซกับพนักงานระดับสูง ไมโครโปรเซสเซอร์ทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลของอุปกรณ์อินเตอร์เฟซกับพนักงานระดับสูง

2.2 หน่วยความจำ (Memory) ทำหน้าที่เก็บข้อมูลและโปรแกรมที่ใช้ในการปฏิบัติงานของอุปกรณ์อินเตอร์เฟซกับพนักงานระดับสูง เช่น ข้อมูลปัจจุบันและข้อมูลย้อนหลัง แสดงค่าตัวแปรและผลการปฏิบัติงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ หน่วยความจำที่ใช้ในอุปกรณ์อินเตอร์เฟซกับพนักงานระดับสูง ประกอบด้วย หน่วยความจำชนิดแรม และหน่วยความจำชนิดรอม

2.3 อุปกรณ์อินพุท (Input Device) ทำหน้าที่รับคำสั่งและข้อมูลจากผู้ใช้ เพื่อควบคุมกระบวนการผลิตหรือติดต่อกับอุปกรณ์อื่นในระบบควบคุม เช่น แป้นพิมพ์ (Keyboard) ปากกาแสง (Lightpen) อุปกรณ์เคลื่อนย้ายเคอร์เซอร์ (Cursor Movement Device) หรือเมาส์ (Mouse) และจอสัมผัส

2.4 อุปกรณ์เอาท์พุท (Output Device) ทำหน้าที่ แสดงผลการควบคุมและการปฏิบัติให้ผู้ใช้ทราบ เช่น จอภาพ อุปกรณ์ส่งเสียง หลอดไฟ และเสียงสัญญาณ

2.5 อุปกรณ์การสื่อสาร (Communication Device) ทำหน้าที่ ติดต่อรับและส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์อินเตอร์เฟซกับพนักงานระดับสูงกับส่วนประกอบอื่น ๆ ในระบบดีซีเอส หรือระบบควบคุม

2.6 อุปกรณ์ข้างเคียง (Periheral Devices) คือ อุปกรณ์เพิ่มเติมที่ทำให้การติดต่อระหว่างระบบดีซีเอสกับผู้ใช้มีประสิทธิภาพและสมบูรณ์ขึ้น ประกอบด้วย หน่วยเก็บข้อมูลขนาดใหญ่ (Mass Storage) เทปแม่เหล็กสำหรับเก็บข้อมูลสำรอง (Tapebackup) และเครื่องพิมพ์ (Printer) เป็นต้น

2. อินเตอร์เฟซวิศวกรรม (Engineering Interface)

การทำงานของวิศวกรในการกำหนดอุปกรณ์ควบคุมแต่ละตัว และการออกแบบระบบควบคุม รวมทั้งการกำหนดอัลกอริธึม ตัวแปร และพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของตัวควบคุม สามารถทำได้โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์และซอฟท์แวร์ซึ่งทำหน้าที่แทนเครื่องมือแบบเก่า หน้าที่ทั้งหมดนี้จะอยู่ในฟังก์ชันที่เรียกว่า อินเตอร์เฟซวิศกรรมของดีซีเอส

โดยทั่วไปผู้ผลิตดีซีเอสจัดอุปกรณ์การอินเตอร์เฟซวิศกรรมไว้ 2 ระดับคือ

1. อินเตอร์เฟซวิศกรรมในระดับต่ำ (Low-Level Engineering Interface) จัดเป็นอุปกรณ์ขนาดเล็ก ราคาถูกและมีฟังก์ชันการใช้งานน้อย เหมาะสำหรับระบบควบคุมแบบกระจายส่วนขนาดเล็ก อุปกรณ์ไมโครโปรเซสเซอร์อาจติดตั้งกับแร็ค (Rack) โดยคีย์บอร์ดและจอภาพมีจำนวนน้อยในการอ่านและป้อนข้อมูล การใช้งานอินเตอร์เฟซวิศกรรมในระดับต่ำบางแบบจะต่อกับหน่วยควบคุมโดยตรงได้ครั้งละ 1 ตัว โดยแลกเปลี่ยนข้อมูลกับหน่วยควบคุมตัวนั้น แต่อินเตอร์เฟซวิศกรรมในระดับต่ำบางแบบสามารถต่อกับบัสการสื่อสาร (Communication Bus) ซึ่งจะติดต่อกับหน่วยควบคุมได้พร้อมกันหลายตัว การต่อหรือถอดอินเตอร์เฟซวิศกรรมระดับต่ำเข้ากับระบบนี้จะต้องทำได้โดยไม่ต้องปิดระบบดีซีเอสหรือหน่วยควบคุมตัวใดตัวหนึ่ง หน้า

ที่หลักของอินเตอร์เฟซวิศกรรมระดับต่ำ คือ การกำหนดอัลกอริธึม ตัวแปร และพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของตัวควบคุม

2. อินเตอร์เฟซวิศกรรมในระดับสูง (High-Level Engineering Interface: HLEI) จัดเป็นอุปกรณ์ขนาดใหญ่ ราคาแพง และมีฟังก์ชันการใช้งานมาก เหมาะสำหรับระบบขนาดกลางและใหญ่ ดีซีเอสบางระบบจะมีคอนโซลวิศวกรรม (Engineering Console) แยกต่างหากจากคอนโซลการปฏิบัติการ (Operator Console) แต่ส่วนใหญ่แล้วมักจะเป็นคอนโซลเดียวกันโดยมีระบบความปลอดภัยในการเข้าถึง เช่น กุญแจหรือรหัสผ่านเพื่อแยกระหว่างการอินเตอร์เฟซกับวิศวกรและการอินเตอร์เฟซกับพนักงาน นอกจากนี้ ผู้ผลิตดีซีเอสมักจะเพิ่มฮาร์ดแวร์พิเศษซึ่งใช้กันโดยเฉพาะสำหรับการอินเตอร์เฟซกับวิศวกรแต่ไม่ใช้กับการอินเตอร์เฟซกับพนักงานเพื่อความสะดวกในการใช้งาน เช่น คีย์บอร์ดพิเศษซึ่งต่างจากคีย์บอร์ดของพนักงาน

ความต้องการของอินเตอร์เฟซวิศวกรรมของระบบดีซีเอสเพื่อที่จะทำหน้าที่แทนเครื่องมือแบบเก่าได้จำนวนมากและมีความสะดวกให้แก่วิศวกรในการทำงานจะต้องมีฟังก์ชันต่าง ๆ ดังนี้

1. ความต้องการทั่วไป (General Requirements)

1.1 ต้องมีความปลอดภัยในการเข้าถึง (Access Security) เช่น กุญแจ หรือรหัสผ่านเพื่อให้ผู้ที่มีหน้าที่โดยเฉพาะเท่านั้นจึงจะใช้ฟังก์ชันนี้ได้

1.2 ต้องให้ผู้ที่อาจไม่มีความชำนาญด้านคอมพิวเตอร์ใช้งานได้ง่ายและเป็นแบบอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้ เช่น การทำรูปแบบโครงสร้าง (Configuration) การเขียนกราฟฟิค และการป้อนข้อมูล

1.3 ต้องมีการป้องกันการป้อนข้อมูลที่ขัดแย้งกันและการป้อนข้อมูลที่ซ้ำซ้อนในแต่ละขั้นตอน

1.4 ต้องใช้งานได้ง่าย เช่น การต่อเข้าหรือถอดออกจากระบบ ไม่จำเป็นต้องปิดระบบดีซีเอส และจะต้องเก็บรักษาได้ง่าย เป็นต้น

1.5 ราคาจะต้องต่ำเมื่อเทียบกับราคาของระบบควบคุมทั้งหมดที่ติดตั้งแล้ว

2. ความต้องการทางรูปแบบโครงสร้าง (Configuration Requirements) หมายถึง การกำหนดรูปแบบโครงสร้างฮาร์ดแวร์ของระบบ รวมทั้งการควบคุมและอัลกอริธึมการคำนวณของการควบคุมซึ่งอย่างน้อยจะต้องทำหน้าที่ต่อไปนี้ได้

2.1 สามารถกำหนดที่อยู่ (Address) ของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ ในระบบดีซีเอส เช่น การประมวลค่าอินพุท/เอาท์พุท และหน่วยควบคุม

2.2 สามารถกำหนดตัวเลขป้ายชื่อ (Tag Number) รายละเอียดเครื่องมือ และตัวแปรต่าง ๆ ในระบบดีซีเอส

2.3 สามารถกำหนดฟังก์ชันแปลงสัญญาณ (Signal Conditioning Function) สำหรับอินพุทและเอาท์พุทที่จำเป็น เช่น ความเป็นเชิงเส้น (Linearization) การหาค่ารากที่สอง

(Square Root Extractor) การปรับซีโรสแปน (Zero-Span Adjustment) และการเปลี่ยนหน่วยทางวิศวกรรม (Engineering Unit Conversion) เป็นต้น

2.4 สามารถกำหนดการควบคุมและอัลกอริธึมการคำนวณ รวมทั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และลอจิกลำดับ (Sequence Logic) รวมทั้งการแสดงค่าที่ต้องการและสามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ได้

2.5 สามารถกำหนดการรับส่งข้อมูลจากอุปกรณ์จุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยผ่านทางบัสการสื่อสารได้

3. รูปแบบโครงร่างของอินเตอร์เฟซกับพนักงาน (Operator Interface Configuration) หมายถึง การกำหนดรูปแบบของอินเตอร์เฟซกับพนักงานที่ใช้ในระบบดีซีเอส ซึ่งอย่างน้อยอินเตอร์เฟซวิศวกรรมต้องสามารถทำหน้าที่ ดังนี้

3.1 ต้องสามารถกำหนดอุปกรณ์ที่ให้พนักงานกระบวนการ ใช้ในการติดตามดูแลกระบวนการ เช่น สถานีพนักงาน เครื่องบ่งชี้ เครื่องบันทึก พาเนลเตือนภัย (Alarm Panel) และการแสดงผลต่าง ๆ บนหน้าจอ เป็นต้น

3.2 สามารถกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างอินเตอร์เฟซกับพนักงานกับการควบคุมและฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ เช่น การแสดงตัวเลขป้ายชื่อ รายละเอียดและหน่วยทางวิศวกรรมที่เหมาะสม

4. ความต้องการด้านเอกสาร (Documentation Requirement) เนื่องจากอินเตอร์เฟซกับวิศวกรมีหน่วยความจำเก็บข้อมูลซึ่งใช้เก็บฐานข้อมูลของการรูปแบบโครงสร้างต่าง ๆ ดังนั้นการทำเอกสารของระบบควบคุมจึงสามารถทำได้ง่าย โดยมีความต้องการดังนี้

4.1 อินเตอร์เฟซกับวิศวกรต้องมีอุปกรณ์ฮาร์ดก็อปปี

4.2 ระบบการเอกสารต้องทำได้ทั้งรูปแบบตารางและกราฟฟิค และสามารถดัดแปลงรูปแบบตามความต้องการของผู้ใช้

4.3 การรับรู้ข้อมูลในฐานข้อมูลที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างต่าง ๆ ในภายหลัง

4.4 ขั้นตอนการทำเอกสารจะต้องทำได้โดยอัตโนมัติให้มากที่สุด โดยไม่ต้องวิธีการหรือขั้นตอนพิเศษเพิ่มเติม

5. ความต้องการการวินิจฉัยระบบ (System Diagnosis Requirement) เนื่องจากดีซีเอสเป็นระบบซึ่งใช้ฐานไมโครโปรเซสเซอร์ ดังนั้นจึงสามารถกำหนดอัลกอริธึมการตรวจสอบตัวเองและการรายงานข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นออกมาได้ โดยใช้ฟังก์ชันอินเตอร์เฟซวิศวกรรม ซึ่งจะต้องให้วิศวกรสามารถหาตำแหน่งของอุปกรณ์ที่เสียจนถึงระดับที่สามารถซ่อมได้

ค. ระบบการสื่อสาร (Communication System)

ระบบการสื่อสารของระบบการควบคุมแบบกระจายส่วนมีอยู่ด้วยกัน 2 ระบบ คือ ระบบแรกทำหน้าที่ติดต่อระหว่างชุดอินเตอร์เฟซกับมนุษย์กับส่วนการทำงานภายในระบบดีซีเอส ได้แก่ โมดุลประวัติ (History Module) ส่วนควบคุมชั้นสูง (Advance Control) ส่วนการ

คำนวณ ส่วนสถานีงาน (Workstation) เป็นต้น ซึ่งทำให้ผู้ใช้สามารถสื่อสารกับระบบดีซีเอสได้ทั้งในระดับการอินเตอร์เฟซกับมนุษย์ในระดับสูงและการอินเตอร์เฟซกับมนุษย์ในระดับต่ำ ระบบการสื่อสารของระบบดีซีเอสระบบที่สองนั้น เป็นการสื่อสารระหว่างระบบแรกกับตัวควบคุมของระบบดีซีเอสและอุปกรณ์ในกระบวนการ ซึ่งทำให้ผู้ใช้สามารถติดต่อกับกระบวนการโดยผ่านทางระบบอินเตอร์เฟซกับผู้ใชด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น จอภาพ แป้นพิมพ์ เครื่องพิมพ์หรือเครื่องบันทึก เป็นต้น

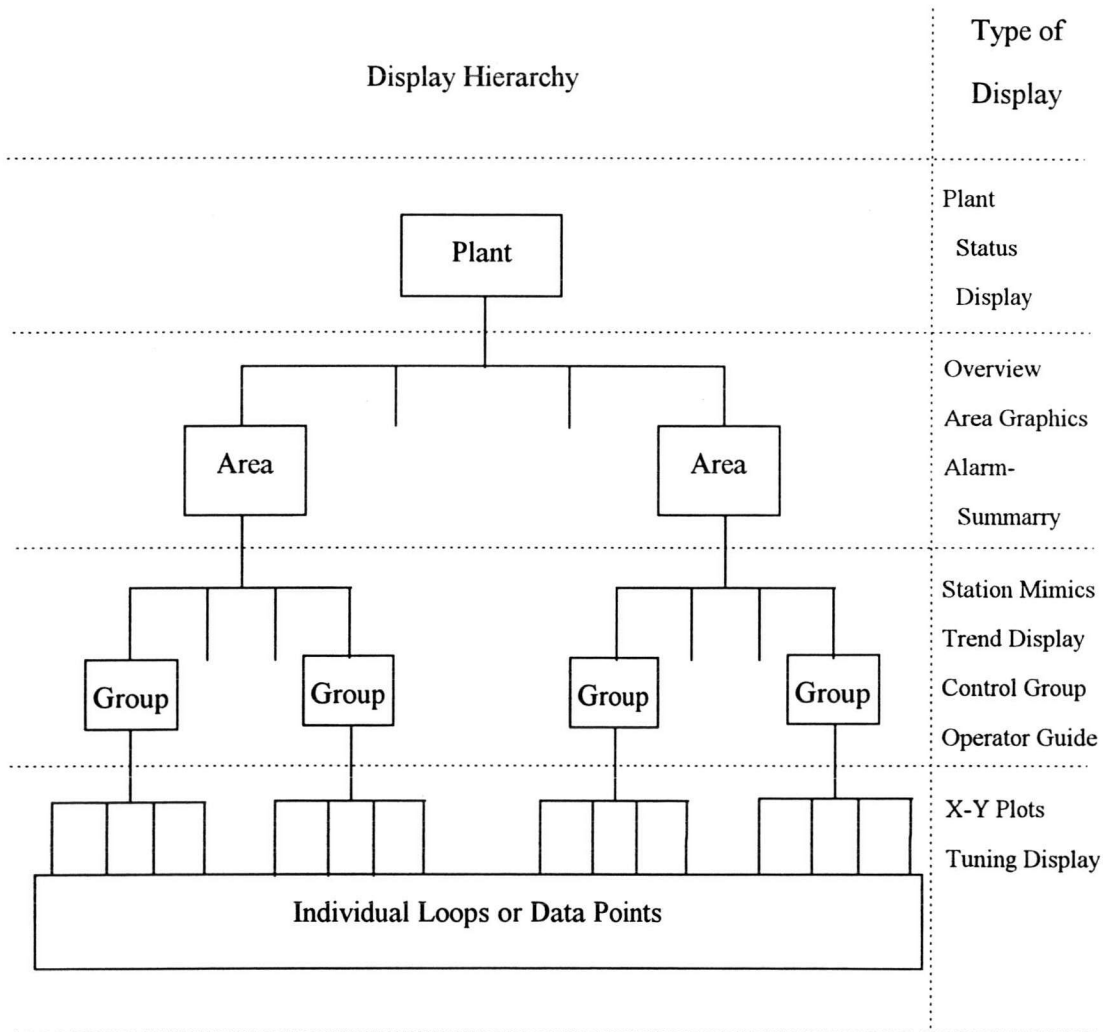
3.3.3 การแสดงผลของระบบดีซีเอส

การแสดงผลของระบบดีซีเอสเพื่อการตรวจสอบและควบคุมกระบวนการผลิตของพนักงานควบคุมของระบบดีซีเอสนั้นต่างจากระบบควบคุมแบบเดิม ระบบควบคุมแบบเดิมนั้นอุปกรณ์วัดและควบคุมทั้งหมดจะถูกติดตั้งบนแผงควบคุมทำให้พนักงานควบคุมสามารถตรวจสอบและควบคุมกระบวนการผลิตทั้งหมดได้พร้อมกันตลอดเวลา แต่สำหรับความเป็นจริงแล้วพนักงานควบคุมที่ใช้ระบบควบคุมแบบเดิมจำเป็นต้องเสียเวลาเดินไปมาระหว่างแผงควบคุม สำหรับระบบดีซีเอสนั้นพนักงานควบคุมต้องตรวจสอบและควบคุมกระบวนการผลิตโดยใช้จอภาพแสดงผลและแป้นพิมพ์ตรวจสอบสถาพกระบวนการทีละส่วน จอภาพแสดงผลทำหน้าที่เสมือนหน้าต่างที่เปิดสู่กระบวนการ ซึ่งช่วยให้พนักงานสามารถทำการติดตามตรวจสอบและปฏิบัติการควบคุมกระบวนการทั้งหมดจากภาพการแสดดง ระบบดีซีเอสจึงให้ความสะดวกในการปฏิบัติงานแก่พนักงานควบคุมมากกว่าระบบควบคุมแบบเดิม

ระบบดีซีเอสโดยทั่วไปแบ่งการแสดงผลออกเป็น 2 แบบหลัก ๆ ได้แก่ (Popovie and Bhatkar, 1990)

ก. การแสดงผลแบบมาตรฐาน (Standard Display)

ข. การแสดงที่ถูกกำหนดโดยผู้ใช้ (User Defined Display)



รูปที่ 3.7 แผนผังโครงสร้างการแสดงภาพ

ก. การแสดงผลแบบมาตรฐาน (Standard Display)

การแสดงผลแบบมาตรฐานเป็นการแสดงผลที่มีโครงสร้างและรูปแบบการแสดงที่ถูกกำหนดไว้เป็นมาตรฐาน วิศวกรสามารถเลือกรูปแบบที่ต้องการได้จากไลบรารี รูปแบบการแสดงแต่ละแบบจะประกอบด้วยข้อมูลและฟังก์ชันต่าง ๆ ที่อำนวยความสะดวกให้พนักงานสามารถติดตามกระบวนการและควบคุมกระบวนการได้อย่างสะดวกรวดเร็ว

หน้าจอแสดงผลแบบมาตรฐานโดยทั่วไปมีดังนี้

1. การแสดงโอเวอร์วิวของโรงงาน (Plant Overview Display) คือ จอภาพแสดงสภาพกระบวนการผลิตรวมทั้งระบบของโรงงานโดยแยกออกเป็นส่วน ๆ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลโดยย่อของกลุ่มการผลิตหรือหน่วยการผลิต ค่าตัวแปรกระบวนการ และสถานะการควบคุม รวมทั้งเหตุการณ์ผิดปกติที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแต่ละส่วน การออกแบบหน้าจอการแสดงโอเวอร์วิวของโรงงานนั้นพนักงานสามารถเข้าถึงหน่วยการผลิตหรือกลุ่มการผลิตเฉพาะในส่วนที่ต้องการได้โดยตรง

2. การแสดงโอเวอร์วิวของ พื้นที่หรือหน่วยการผลิต (Unit or Area Overview Display)

ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่นั้น การแสดงข้อมูลของทุก ๆ ส่วนการผลิตของทั้งโรงงานไว้ด้วยหน้าจอการแสดงโอเวอร์วิวเพียงหน้าเดียวนั้นเป็นไปได้ยาก การแบ่งกระบวนการของทั้งโรงงานออกเป็นส่วนย่อยและนำมาแสดงด้วยหน้าจอการแสดงโอเวอร์วิวเพียงบางส่วนจะเป็นการดีกว่าการแสดงทั้งโรงงาน เราเรียกการแสดงระดับนี้ว่า การแสดงโอเวอร์วิวของหน่วยหรือพื้นที่การผลิต

3. การแสดงระดับกลุ่ม (Group Display)

การแสดงระดับกลุ่มใช้สำหรับแสดงภาพและข้อมูลของกลุ่มควบคุมที่ถูกจัดกลุ่มเข้าด้วยกัน เพื่อให้พนักงานเกิดความสะดวกและปฏิบัติงานได้ง่ายโดยอาศัยการเลียนแบบแผงการควบคุมแบบดั้งเดิม โดยทั่วไปประกอบด้วยเฟซเพลทของอุปกรณ์พวกตัวควบคุม ตัวบอกค่ากระบวนการ และตัวลอจิกหรือตัวควบคุมแบบลำดับที่ใช้เปิดปิดอุปกรณ์ ซึ่งสามารถแสดงได้ 8 ตัว นอกจากการแสดงภาพของอุปกรณ์ต่าง ๆ แล้ว ยังมีฟังก์ชันที่อำนวยความสะดวกให้พนักงานปฏิบัติการติดตามและควบคุมกระบวนการจากแป้นพิมพ์ได้ในลักษณะคล้ายคลึงกับการปฏิบัติงานบนแผงควบคุมแบบดั้งเดิม นั้นคือ ผู้ใช้สามารถใช้แป้นพิมพ์ในการปรับเลื่อนค่าตัวแปรปรับเปลี่ยนเมื่อตัวควบคุมเป็นแบบแมนมวล ปรับเปลี่ยนเซ็ทพอยท์เมื่อตัวควบคุมเป็นแบบอัตโนมัติ และปรับเปลี่ยนรูปแบบการควบคุมในลักษณะของการควบคุมแบบแมนนวลแบบอัตโนมัติ และแบบคาสเคด และอื่น ๆ ในลักษณะเดียวกับการควบคุมแบบดั้งเดิม

4. การแสดงผลระดับลูพ (Loop Display)

การแสดงผลระดับลูพเป็นการแสดงผลในระดับต่ำสุด ซึ่งจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์หรือลูพการทำงานได้ละเอียดที่สุด ในหน้าจอนี้จะประกอบด้วยการแสดงค่าตัวแปรต่าง ๆ ของกระบวนการในแต่ละลูพ เช่น ค่าตัวแปรกระบวนการ ค่าตัวแปรปรับเปลี่ยน ค่าเซ็ทพอยท์ และค่าความแตกต่าง เป็นต้น นอกจากนี้ยังแสดงค่าพารามิเตอร์ของการควบคุมต่าง ๆ สำหรับลูพควบคุมกระบวนการ เช่น ค่าพีไอดี ค่าไบแอส และค่าขีดจำกัดของค่าตัวแปรต่าง ๆ เป็นต้น รวมทั้งการแสดงของกราฟแสดงแนวโน้มของกระบวนการตามเวลาจริง พนักงานสามารถใช้

หน้าจอการแสดงนี้ในการจูนพารามิเตอร์ของตัวควบคุม และการปรับค่าตัวแปรปรับเปลี่ยนเมื่อตัวควบคุมเป็นแบบแมนมวล หรือปรับเปลี่ยนเซ็ทพอยท์เมื่อตัวควบคุมเป็นแบบอัตโนมัติ รวมทั้งการกำหนดค่าขีดจำกัดของตัวแปรกระบวนการเพื่อการตรวจเตือนเมื่อค่าตัวแปรกระบวนการมีค่าสูงหรือต่ำเกินไป นอกจากนี้ยังใช้เพื่อการปฏิบัติการควบคุมรวมทั้งการวิเคราะข้อมูลของลูพควบคุมลูพหนึ่ง ๆ อีกด้วย หน้าจอการแสดงนี้จะมีฟังก์ชันอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ที่ถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานเพื่อให้พนักงานใช้ปฏิบัติงานได้อย่างสะดวก

5. การแสดงผลการสรุปการเตือน (Alarm Summary Display)

หน้าจอสรุปผลการเตือนเป็นหน้าจอที่แสดงผลในระดับหน่วยหรือพื้นที่การผลิตซึ่งมีความสำคัญมากสำหรับอุตสาหกรรมที่ใช้ระบบการควบคุมแบบอัตโนมัติ หน้าจอการแสดงจะแสดงสถานะการเตือนต่าง ๆ เพื่อแจ้งให้พนักงานทราบถึงจุดที่มีความผิดปกติ เวลาที่เกิดความผิดปกติ และสาเหตุของความผิดปกติที่เกิดขึ้น ทำให้ผู้ใช้สามารถปฏิบัติการแก้ไขความผิดปกติให้กลับสู่สภาพปกติได้เร็วที่สุด

6. การแสดงแนวโน้ม (Trend Display)

การแสดงแนวโน้มเป็นหน้าจอแสดงกราฟหรือตารางข้อมูลแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรต่าง ๆ โดยการแสดงค่าตัวแปรในปัจจุบันและค่าตัวแปรในอดีตในระดับกลุ่มการผลิต การแสดงแนวโน้มกระบวนการช่วยให้พนักงานสามารถติดตามและควบคุมกระบวนการพร้อมทั้งสามารถทำนายแนวโน้มกระบวนการที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยให้พนักงานสามารถแก้ไขความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้ก่อนที่จะเกิดเหตุการณ์ผิดพลาด

ขึ้นจริง นอกจากนี้การแสดงแนวโนมกระบวนการยังสามารถใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมของกระบวนการการผลิตที่ผ่านมาเพื่อค้นหาความผิดพลาดหรือสิ่งผิดปกติที่ไม่ต้องการในกระบวนการผลิต ผู้ใช้สามารถเลือกอัตราการสุ่มข้อมูล (Sampling Rate) ตามลักษณะการแปรเปลี่ยนของกระบวนการแต่ละจุดได้ หน้าจอการแสดงแน้วโน้มนี้สามารถแสดงกราฟแสดงแนวโน้มของตัวแปรได้หลายตัวพร้อมกัน (โดยทั่วไป 8 จุดต่อหนึ่งหน้าการแสดง) ซึ่งพนักงานสามารถเลือกดูเฉพาะแน้วโน้มของตัวแปรที่สนใจได้

การแสดงแนวโน้มกระบวนการโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1. การแสดงแนวโน้มที่เวลาจริง (Real Time Trend) เป็นการเก็บค่าตัวแปรและการแสดงผลของแต่ละจุดในช่วงเวลาสั้น ๆ โดยค่าตัวแปรจะถูกเก็บบันทึกไว้ในหน่วยความจำแบบแรม

2. การแสดงแนวโน้มประวัติ (Historical Trend) เป็นการเก็บค่าตัวแปรและการแสดงผลของแต่ละจุดในช่วงเวลายาว (วัน สัปดาห์ หรือเดือน เป็นต้น) โดยค่าตัวแปรจะถูกเก็บบันทึกไว้ในหน่วยบันทึกข้อมูลแบบฮาร์ดดิส

ข. การแสดงที่ถูกกำหนดโดยผู้ใช้ (User Defined Display)

ผู้ใช้สามารถกำหนดรูปแบบของหน้าจอการแสดงที่เป็นการแสดงเฉพาะโรงงานได้เพื่อความสะดวกและความเหมาะสมกับกระบวนการของโรงงาน โดยทั่วไปผู้ใช้สามารถสร้างหน้าจอการแสดงผลได้ 2 แบบ คือ

1. ไดอะแกรมแสดงแบบจำลองโรงงาน (Plant Mimic Diagram)

ผู้ใช้สามารถแสดงภาพไดอะแกรมจำลองลักษณะของกระบวนการในโรงงานในรูปแบบของกราฟฟิค ไดอะแกรมแสดงแบบจำลองโรงงานสามารถแสดงได้ตั้งแต่ระดับโรงงานการผลิต ระดับหน่วยหรือพื้นที่การผลิต จนกระทั้งถึงระดับกลุ่มการผลิต ตามความต้องการของผู้ใช้ที่จะกำหนดขึ้น การแสดงไดอะแกรมแบบจำลองของโรงงานช่วยให้พนักงานเห็นภาพจำลองการทำงานของกระบวนการจริง ๆ บนจอภาพ ซึ่งช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ระหว่างการปฏิบัติงาน การแสดงด้วยหน้าจอไดอะแกรมแสดงแบบจำลองโรงงานโดยทั่วไปประกอบด้วยลักษณะสำคัญ ได้แก่ การแสดงที่เป็นภาพนิ่ง การแสดงข้อมูลในหน่วยทางวิศวกรรมที่ค่าของข้อมูลเปลี่ยนแปลงตามค่าจริงในกระบวนการ และการแสดงภาพที่มีการเคลื่อนไหวหรือเปลี่ยนแปลงขนาด สี หรือรูปร่างตามเงื่อนไขของกระบวนการที่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยังสามารถแสดงภาพของเฟซเพลทเพื่อให้พนักงานสามารถปฏิบัติการควบคุมได้เหมือนการควบคุมแบบดั้งเดิม

2. ไดอะแกรมควบคุมการทำงานแบบแบทช์ (Batch Control Diagram)

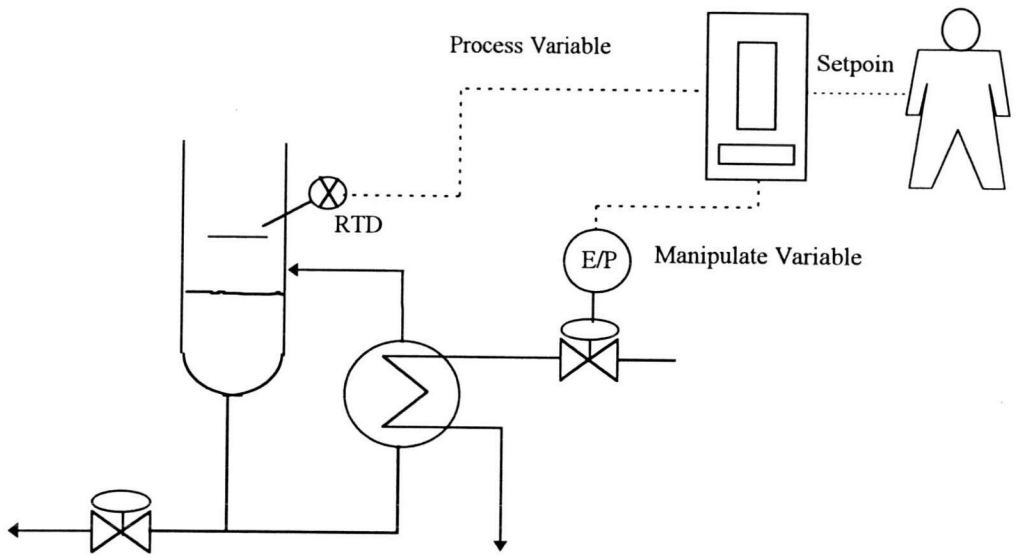
ไดอะแกรมควบคุมการทำงานแบบแบทช์เป็นหน้าการแสดงที่ผู้ใช้สามารถแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของกระบวนการเพื่อประโยชน์ในการวางแผน การติดตาม และการทำให้บรรลุผลของกระบวนการแบบแบทช์ ไดอะแกรมควบคุมการทำงานแบบแบทช์สามารถแสดงรายละเอียดการทำงานที่เวลาปัจจุบันได้ เช่น การแสดงกระบวนการกำลังเริ่มต้น หรือการแสดง

กระบวนการกำลังทำงาน และสามารถแสดงรายละเอียดของลำดับเหตุการณ์ที่กระบวนการจะทำงานต่อไป เช่น แสดงขั้นตอนที่จะหยุดกระบวนการในเวลาต่อไป

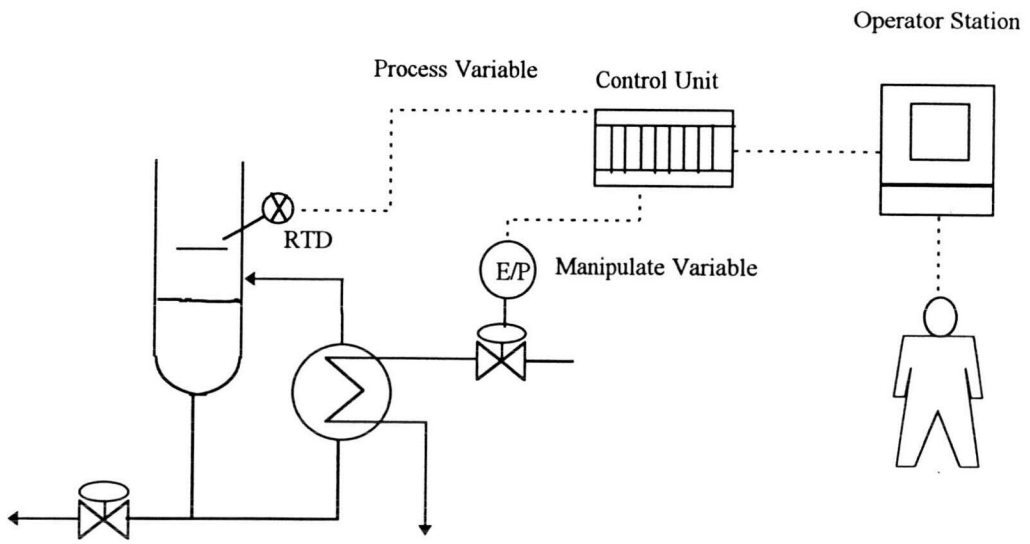
3.4 การควบคุมแบบป้อนกลับด้วยระบบดีซีเอส

การควบคุมกระบวนการด้วยการควบคุมแบบป้อนกลับโดยใช้ตัวควบคุมแบบอะนาล็อกแบบเดิมนั้น พนักงานกำหนดเซ็ทพอยท์ที่ต้องการที่ตัวควบคุมที่โรงงาน จากนั้นตัวควบคุมจะคำนวณค่าตัวแปรอินพุทที่เป็นตัวแปรปรับเปลี่ยนตามอัลกอริธึมของตัวควบคุมเพื่อลดค่าความเบี่ยงเบนระหว่างค่าที่วัดได้กับค่าเซ็ทพอยท์ ดังแสดงในรูปที่ 3..8 ส่วนการควบคุมกระบวนการด้วยระบบควบคุมแบบกระจายส่วนนั้น สถานีของพนักงานทำหน้าที่เป็นตัวแสดงค่าต่าง ๆ เหมือนกับการแสดงด้วยตัวควบคุมแบบเดิม อีกทั้งสามารถปรับเปลี่ยนค่าเซ็ทพอยท์ ตั้งค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม อัลกอริธึมการควบคุม และรูปแบบการควบคุมต่าง ๆ ด้วยคีย์บอร์ดซึ่งมีการแสดงผลทางหน้าจอ ฟังก์การควบคุมถูกกำหนดด้วยวิศวกรภายใต้การทำงานของหน่วยควบคุม (μ XL-Yokogawa) ดังแสดงในรูปที่ 3.9

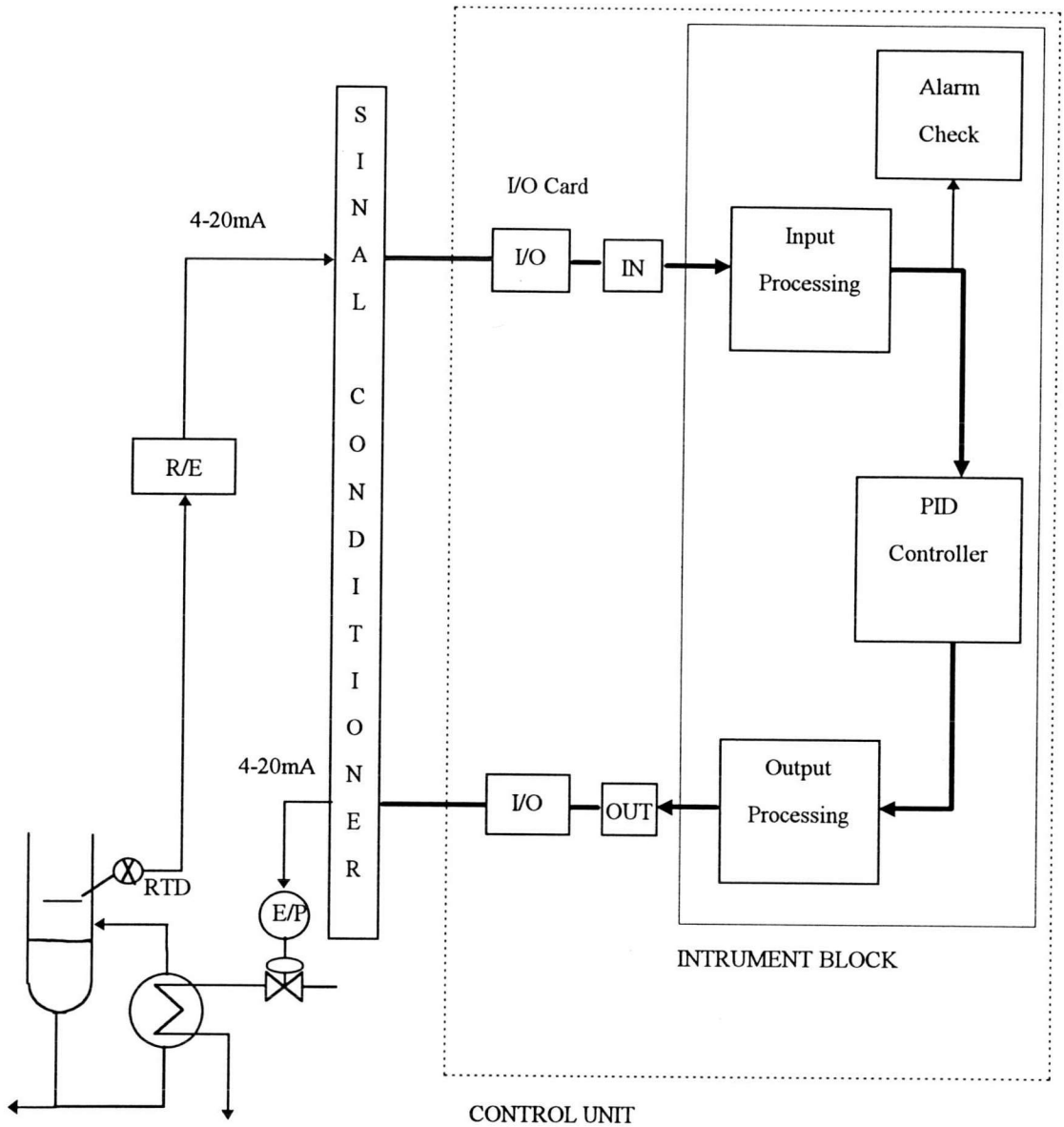
จากรูปที่ 3.9 แสดงการควบคุมอุณหภูมิก้นหอกลั่นด้วยการควบคุมแบบป้อนกลับในระบบการควบคุมแบบกระจายส่วนโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี อัตราการไหลของไอน้ำที่ป้อนให้กลับหม้อต้มซ้ำถูกใช้เป็นตัวแปรปรับเปลี่ยนเพื่อใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ ตัววัดอุณหภูมิแบบความต้านทานไฟฟ้าทำการวัดอุณหภูมิก้นหอกลั่นเพื่อใช้เป็นตัวแปรเอาท์พุท หรือตัวแปรกระบวนการในรูปของความต้านทานไฟฟ้าซึ่งจะถูกแปลงเป็นสัญญาณกระแสมาตรฐาน



รูปที่ 3.8 การควบคุมกระบวนการด้วยตัวควบคุมแบบอะนาล็อก



รูปที่ 3.9 การควบคุมด้วยระบบดีซีเอส



รูปที่ 3.10 การควบคุมอุณหภูมิก้นหอกลั่นด้วยการควบคุมแบบป้อนกลับในระบบดีซีเอส

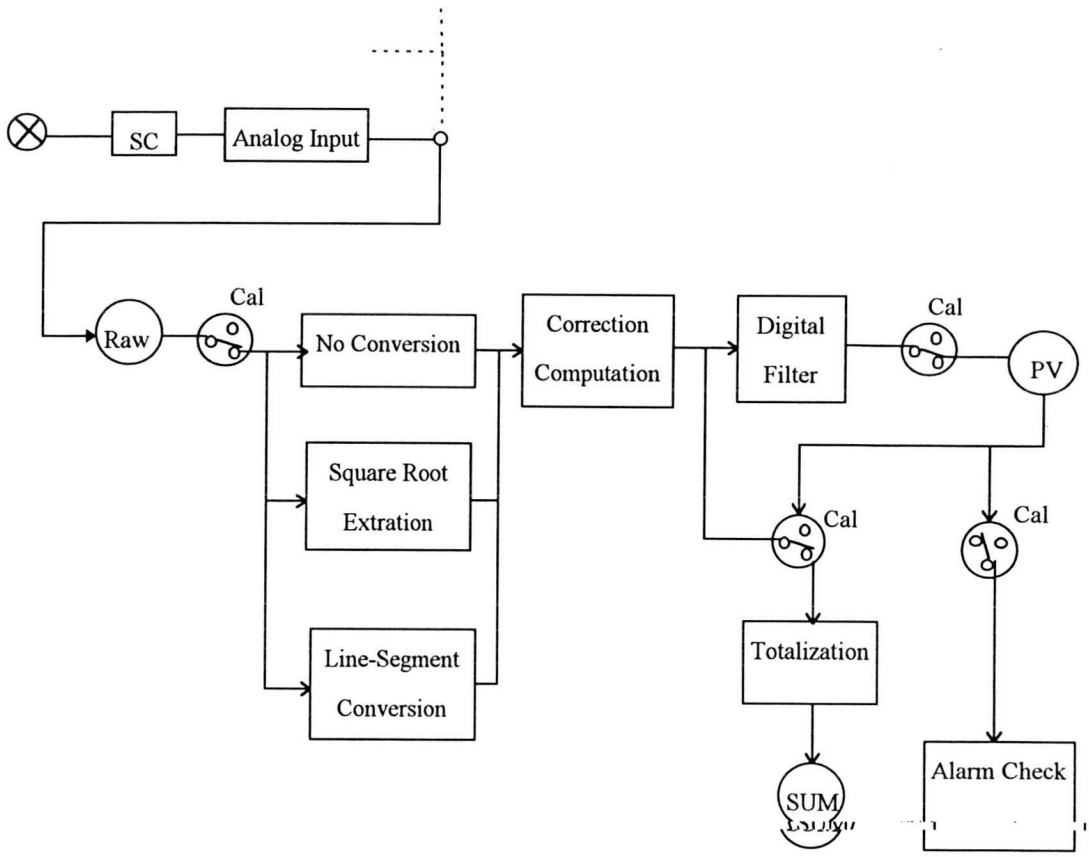
4-20 มิลลิแอมแปร์ สัญญาณกระแสมาตรฐาน 4-20 มิลลิแอมแปร์ ถูกส่งไปยังตัวแปลงสัญญาณ (Signal conditioner) เพื่อแปลงเป็นสัญญาณมาตรฐานแรงดันไฟฟ้า 1-5 โวลต์ ส่งให้กับหน่วยควบคุม สัญญาณมาตรฐานแรงดันสามารถใช้กับตัวรับได้หลายตัวโดยการต่อแบบขนาน ซึ่งจะทำให้เมื่ออุปกรณ์รับตัวใดตัวหนึ่งเสีย อุปกรณ์ตัวที่เหลือยังคงสามารถทำงานได้ แต่สัญญาณแรงดันมีความสามารถในการส่งสัญญาณไปได้ไกลน้อยกว่าสัญญาณกระแสเนื่องจากแรงดันมีการสูญเสียจากความต้านทานภายในสาย

อินพุท/เอาท์พุทการ์ด (Input/Output Card) รับสัญญาณแรงดันซึ่งเป็นสัญญาณอะนาล็อก (Analog Signal) และแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลส่งเข้าอินทรูเมนท์บล็อก สัญญาณดิจิตอลถูกส่งผ่านกระบวนการต่าง ๆ คือ การประมวลค่าอินพุท (Input Processing) การตรวจสอบการตรวจเตือน (Alarm Check) การคำนวณสัญญาณเอาท์พุทโดยใช้อัลกอลิธึมการควบคุมแบบพีไอดี และการประมวลค่าเอาท์พุท (Output Processing) สัญญาณที่ออกจากกระบวนการเอาท์พุทถูกแปลงจากสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาล็อกโดย อินพุท/เอาท์พุทการ์ด ซึ่งจะส่งสัญญาณกระแสมาตรฐาน 4-20 มิลลิแอมแปร์ ไปยังองค์ควบคุมสุดท้ายเพื่อปรับกระบวนการให้เข้าสู่เซ็ทพอยท์ที่ต้องการ

3.4.1 การประมวลสัญญาณอินพุท (Input Signal Processing)

สัญญาณที่วัดได้จากกระบวนการต่าง ๆ ถูกแปลงเป็นสัญญาณมาตรฐานแรงดัน 1-5 โวลต์ โดยอุปกรณ์ภาวะสัญญาณส่งผ่านอุปกรณ์อะนาล็อกอินพุท สัญญาณเข้าที่ได้นี้เป็น

สัญญาณดิบที่จะถูกใช้เป็นตัวแปรกระบวนการในที่สุดโดยการผ่านการประมวลสัญญาณอินพุท ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ไดอะแกรมแสดงบล็อกการประมวลสัญญาณอินพุท

จากรูปที่ 3.11 สัญญาณดิบถูกส่งไปยังชุดบล็อกการแปลงสัญญาณ ได้แก่

1. การไม่แปลงสัญญาณ (No Conversion) เป็นส่วนที่สัญญาณที่ถูกส่งเข้ามาจะมีการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรงตามค่าของสแปน (Span) และไบแอส (Bias) สัญญาณที่ได้อยู่ในรูป 0-100 เปอร์เซ็นต์

2. การคำนวณค่ารากที่สอง (Square Root Extraction) เป็นส่วนที่สัญญาณดิบจะถูกแปลงเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วนำไปคำนวณค่ารากที่สอง เช่น การหาอัตราการไหลจากสัญญาณการไหลที่ได้จากตัวส่งสัญญาณการไหลแบบความดันต่าง

3. การแปลงแบบไลน์เซ็กเมนต์ (Line-Segment Conversion) เป็นส่วนที่สัญญาณดิบที่ถูกแปลงเป็นเปอร์เซนต์ถูกกำหนดให้เป็นข้อมูลเข้าเพื่อใช้ในการคำนวณข้อมูลเอาท์พุท ในกรณีต้องการสัญญาณเอาท์พุทที่ไม่เชิงเส้นตรง (Nonlinear) เช่น การคำนวณปริมาตรของเหลวจากระดับในถังทรงกลม

4. การคำนวณค่าความถูกต้อง (Correction Computation) เป็นฟังก์ชันแก้ไขค่าความถูกต้องของสัญญาณ เช่น ฟังก์ชันแก้ไขค่าอัตราการไหลของของไหลเมื่ออุณหภูมิและความดันมีผลต่อการวัดค่าอัตราการไหล โดยการนำค่าอุณหภูมิและความดันจากกระบวนการที่ถูกวัดและส่งสัญญาณจากเครื่องมือวัดและตัวส่งสัญญาณตามลำดับมาใช้ในการคำนวณ

5. ตัวกรองดิจิตอล (Ditital Filter) เป็นฟังก์ชันที่ทำหน้าที่กรองสัญญาณกระบวนการด้วยตัวกรองดิจิตอลแบบแล็กอันดับหนึ่ง (First Order Lag)

6. ฟังก์ชันการหาผลรวม (Totalizer Function) เป็นฟังก์ชันอิสระเพื่อคำนวณผลการรวมข้อมูลของตัวแปรกระบวนการที่ส่งมาจากตัวส่งสัญญาณ ได้แก่ การหาปริมาตรรวมจากอัตราการไหล ถ้ากระบวนการอยู่ในสถานะอินพุทโอเพน (Input Open: IOP) การรวมข้อมูลจะถูกหยุดโดยทันทีและคงค่าสุดท้ายก่อนเกิดสถานะอินพุทโอเพน แต่การรวมข้อมูลยังคงดำเนินต่อไปเมื่อกระบวนการอยู่ในสถานะคาลิเบรชัน (Calibration: CAL) ฟังก์ชันการคำนวณ คือ

$$SM_N = (SH-SL)(PV/T) + SM_{N-1} \quad (3.3)$$

SM_N คือ ค่าผลการรวบรวมในปัจจุบัน

SM_{N-1} คือ ค่าผลการรวบรวมที่เวลาที่ผ่านมา

SH คือ ค่าขอบเขตสเกลบน

SL คือ ค่าขอบเขตสเกลล่าง

PV คือ ค่าตัวแปรกระบวนการเป็นเปอร์เซนต์

T คือ หน่วยของเวลา (วินาที นาที ชั่วโมง หรือ วัน)

7. ฟังก์ชันการเทียบมาตราฐาน (Calibration Funchtion) เป็นฟังก์ชันที่ถูกใช้เพื่อกำหนดค่าสัญญาณของตัวส่งสัญญาณหรือค่าตัวแปรกระบวนการที่วัดได้จากกระบวนการ โดยเฉพาะเมื่อกรณีเครื่องมือวัดหรือตัวส่งสัญญาณเสีย

3.4.2 ฟังก์ชันการตรวจเตือน (Alarm Check Function)

เป็นฟังก์ชันเพื่อการตรวจสอบและเตือนความผิดปกติของตัวแปรกระบวนการและตัวแปรปรับเปลี่ยน ฟังก์ชันการตรวจเตือนมีดังนี้

1. ฟังก์การตรวจสอบ อินพุท/เอาท์พุท โอเพน (Input/Output Open Check Function)

เมื่อค่าอินพุทใดใดมีค่าเกินค่าขีดจำกัดล่างหรือขีดจำกัดบน (ซึ่งโดยมาตรฐานทั่วไปขีดจำกัดบนมีค่าที่ 105.5 % ขีดจำกัดล่างมีค่าที่ -5.5 % ฟังก์ชันการตรวจเตือน) ฟังก์ชันการตรวจเตือนจะทำงานเสมือนเกิดการเสียของเครื่องมือวัดหรือตัวส่งสัญญาณหรือเกิดการตัดขาดของสายสัญญาณเข้ากับอุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุท และแจ้งต่อพนักงานทางหน้าจอด้วยสถานะ อิน

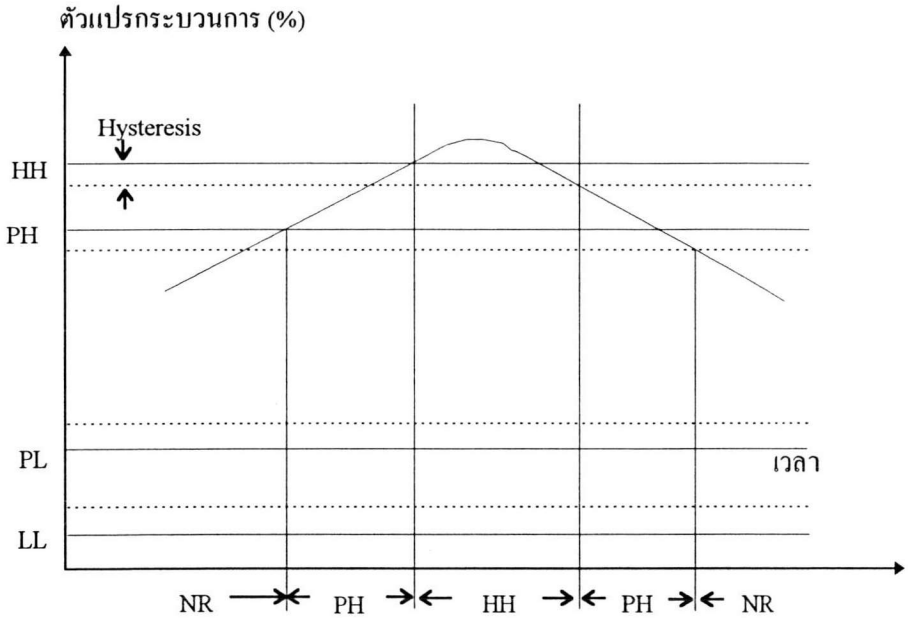
พุทโอเพน ตัวควบคุมจะหยุดการควบคุมและคงสภาพการควบคุมไว้ที่ค่าก่อนการเสีย ซึ่งค่าอินพุทที่เก็บค่าครั้งสุดท้ายก่อนการเสียจะถูกคงไว้ เช่นเดียวกับการตรวจเตือนเอาท์พุทโอเพน (Output Open Alarm: OOP) ที่เกิดขึ้นเมื่ออุปกรณ์ส่งสัญญาณออกเสียหรือสายสัญญาณออกขาด

2. การตรวจเตือนที่ขีดจำกัดและที่ก่อนขีดจำกัด (Limit And Prelimit Alarm Check)

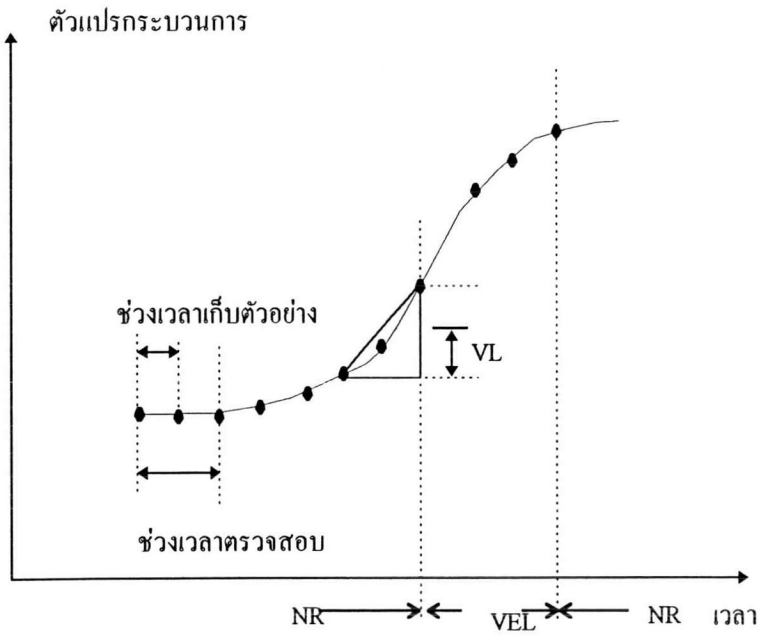
ฟังก์ชันการตรวจเตือนที่ขีดจำกัดและที่ก่อนขีดจำกัด เกิดขึ้นเมื่อค่าตัวแปรกระบวนการมีค่าถึงจุดที่กำหนดไว้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ การตรวจเตือนที่จุดสูงสุด (High-High Limit Alarm Check: HH) การตรวจเตือนที่จุดต่ำสุด (Low-Low Limit Alarm Check: LL) การตรวจเตือนที่ก่อนถึงจุดสูงสุด (High Limit Alarm Check: PH) และการตรวจเตือนที่ก่อนถึงจุดต่ำสุด (Low Limit Alarm Check: PL) ฮีสเตอรีซีส (Hysteresis) มีค่าเท่ากับ 2.0 % ของขอบเขต ดังรูป 3.12

3. การตรวจเตือนความเร็ว (Velocity alarm check)

ฟังก์ชันตรวจการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรกระบวนการในช่วงระยะเวลาหนึ่ง และทำการเตือนเมื่อความเร็วมีค่าเกินค่าความเร็วในการเปลี่ยนแปลงของค่ากระบวนการที่กำหนด (Velocity Limit: VL) ซึ่งทำให้สามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการอย่างทันด่วนและสามารถตรวจสอบการเสียของตัวส่งสัญญาณได้ การเตือนความเร็วจะเตือนอย่างน้อยหนึ่งช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่าง เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบเท่ากับสองช่วงเวลาของการเก็บ ค่าฮีสเตอรีซีส เท่ากับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่าง ดังรูป 3.133



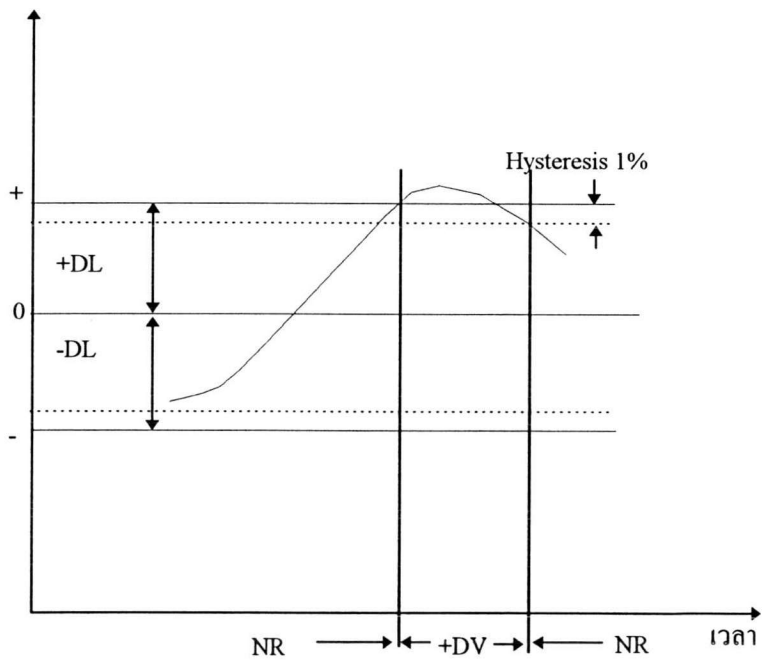
รูปที่ 3.12 แสดงการตรวจเตือนที่ขีดจำกัดและที่ก่อนขีดจำกัด



รูปที่ 3.13 แสดงการตรวจเตือนความเร็ว

4. การตรวจเตือนค่าเบี่ยงเบน (Deviation Alarm Check)

ฟังก์ชันตรวจค่าความแตกต่างระหว่างค่าตัวแปรกระบวนการกับค่าเซ็ทพอยท์ ฟังก์ชันทำการเตือนเมื่อค่าความแตกต่างระหว่างค่าตัวแปรกระบวนการกับค่าเซ็ทพอยท์ เกินกว่าค่าความแตกต่างสูงสุดที่กำหนด (ค่าสูงสุดที่กำหนดด้วยค่าบวกหรือค่าลบ) ค่าฮีสเตอรีซีสเท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 3.14 การตรวจเตือนค่าความเบี่ยงเบน

3.4.3 ฟังก์ชันการควบคุม (Controller Function)

อัลกอริธึมของการควบคุมที่ใช้ในการคำนวณค่าเอาท์พุทควบคุม คือ ตัวควบคุมแบบดีสครีตพีไอดี (Discret PID Controller) ที่ใช้ในระบบการควบคุมแบบดิจิตอล ซึ่งจากสมการพีไอดีแบบต่อเนื่องสามารถประมาณค่าเอาท์พุทควบคุมของตัวควบคุมแบบดีสครีตพีไอดี ได้ดังนี้

จากสมการที่ 3.2 จะได้สมการพีไอดี คือ

$$MV(t) = K_c\left[E(t) + \frac{1}{I_t}\int_0^t E(t)dt + D_t\frac{dE(t)}{dt} \right] \tag{3.3}$$

การเปลี่ยนแปลงของเซ็ทพอยท์แบบสเต็พนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงความคลาดเคลื่อนแบบสเต็พ ซึ่งทำให้เทอมอนุพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงมีค่าอนันต์ ในทางปฏิบัติมีผลทำให้วาล์วควบคุมเปิดหรือปิดเต็มที่อย่างรวดเร็วเกิดความปั่นป่วนของกระบวนการซึ่งเป็นที่ไม่ต้องการในการควบคุมกระบวนการ การแก้ไขโดยการปรับปรุงสมการในเทอมอนุพันธ์ของความคลาดเคลื่อนให้อยู่ในรูปของตัวแปรกระบวนการ ดังนี้

$$E(t) = PV(t) - SV(t) \tag{3.4}$$

สมมุติเซ็ทพอยท์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ถือว่าไม่เปลี่ยนแปลง

$$\Delta E = \Delta PV \tag{3.5}$$

$$MV(t) = K_c\left[E(t) + \frac{1}{I_t}\int_0^t E(t)dt + D_t\frac{dPV(t)}{dt} \right] \tag{3.6}$$

เมื่ออยู่ในรูปของดีสครีต

$$MV_n = K_C\left[E_n + \frac{\Delta t}{I_t}\sum_{i=1}^{n} E_i + D_t\frac{\Delta PV_n}{\Delta t} \right] \tag{3.7}$$

เมื่อจัดให้อยู่ในรูปอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรปรับเปลี่ยน

$$\Delta MV_n = K_C\left[\Delta E_n + \frac{\Delta t}{I_t}E_n + \frac{D_t}{\Delta t}\Delta\left(\Delta PV_n\right)\right] \tag{3.8}$$

จากสมการที่ (3.4) จะได้

$$\Delta MV_n = K_C\left[\Delta PV_n + \frac{\Delta t}{I_t}E_n + \frac{D_t}{\Delta t}\Delta\left(\Delta PV_n\right)\right] \tag{3.9}$$

เมื่อ ΔMV_n คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรปรับเปลี่ยน

ΔE_n คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงของความคลาดเคลื่อนในช่วงเวลา Δt

ΔPV_n คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงตัวแปรกระบวนการ

E_n คือ ค่าความคลาดเคลื่อนสำหรับการกระทำตรง (Direct action)

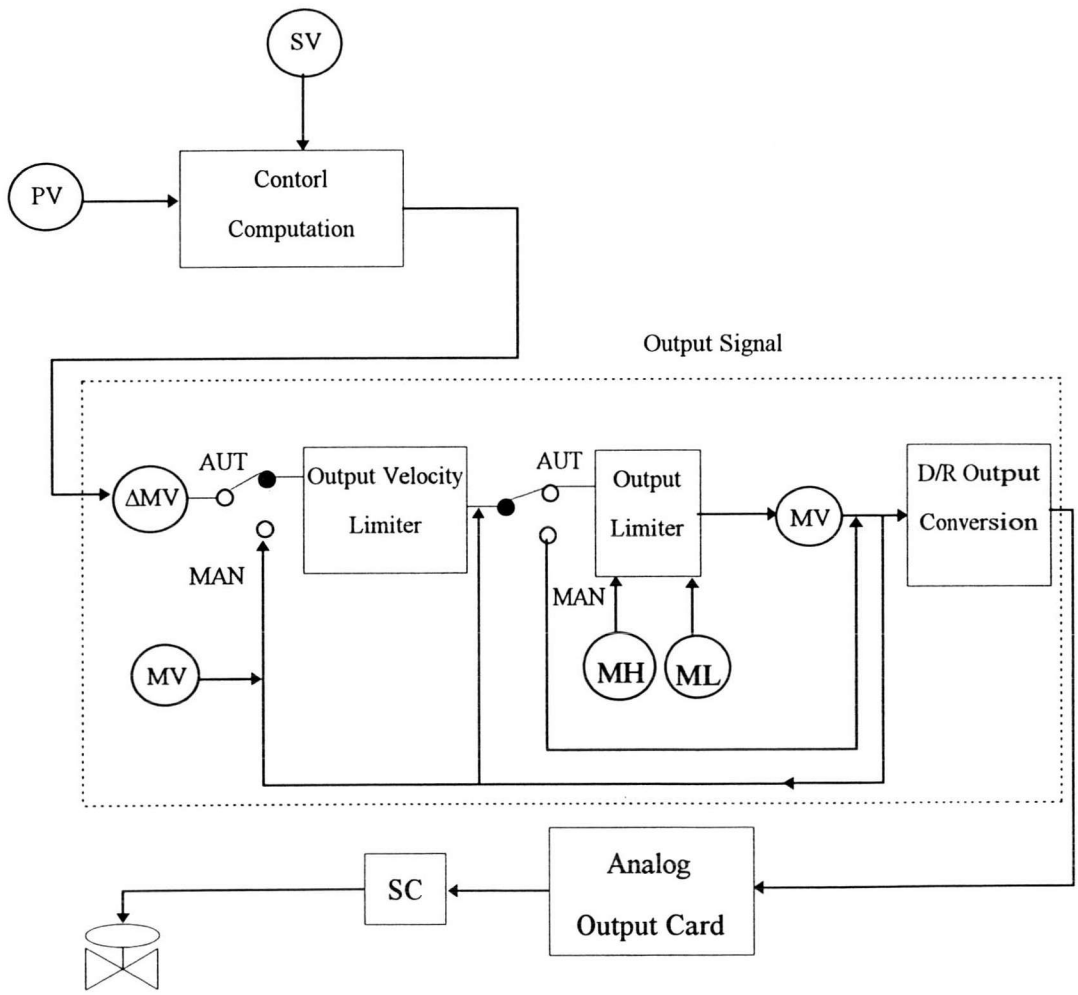
K_C , I_t , D_t คือ พารามิเตอร์ของตัวควบคุมแบบพีไอดี

เมื่อตัวควบคุมอยู่ในสถานะอัตโนมัติ ฟังก์ชันการควบคุมคำนวณค่าตัวแปรปรับเปลี่ยนโดยเลือกสมการ 3.8 ซึ่งช่วยลดการเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใดของตัวแปรปรับเปลี่ยนหรือเอาท์พุทควบคุม อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงเซ็ทพอยนท์แบบสเต็พหรือการเปลี่ยนสถานะการควบคุมจากการควบคุมด้วยแมนนวลเป็นการควบคุมแบบอัตโนมัติ เมื่อตัวควบคุมอยู่ในสถานะวงอันดับ ฟังก์ชันการควบคุมคำนวณค่าเอาท์พุทควบคุมโดยเลือกสมการ 3.7 โดยอัตโนมัติ

3.4.4 การประมวลสัญญาณเอาท์พุท (Output Signal Processing)

สัญญาณกระบวนการที่ผ่านการประมวลสัญญาณอินพุทถูกส่งไปยังหน่วยควบคุม เมื่อหน่วยควบคุมอยู่ในสถานะอัตโนมัติ หน่วยควบคุมจะคำนวณค่าเอาท์พุทควบคุมหรือค่าตัวแปร

ปรับเปลี่ยนเพื่อส่งให้หน่วยประมวลสัญญาณเอาท์พุท การประมวลสัญญาณเอาท์พุทจะควบคุมความเร็วของอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรปรับเปลี่ยน และตรวจสอบค่าตัวแปรปรับเปลี่ยนกับขอบเขตจำกัดที่กำหนด ค่าตัวแปรปรับเปลี่ยนจะถูกเปลี่ยนด้วยตัวเปลี่ยนสัญญาณออกแบบตรงหรือย้อนกลับ (Direct/Reverse Output Conversion) ก่อนถูกส่งไปยังอะนาล็อกเอาท์พุทการ์ด เพื่อส่งสัญญาณที่ได้ไปยังองค์ควบคุมสุดท้ายในการปรับกระบวนการ ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 แสดงบล็อกการประมวลสัญญาณเอาท์พุท

3.5 สรุป

ในบทที่ 3 เรื่องการควบคุมกระบวนการด้วยระบบการควบคุมแบบกระจายส่วนหรือดีซีเอสนี้ได้อธิบายถึง ระบบการควบคุมแบบป้อนกลับด้วยอัลกอริธึมแบบพีไอดี และระบบการควบคุมแบบกระจายส่วน ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งจะทำให้ทราบประวัติความเป็นมาของระบบดีซีเอส รวมทั้งโครงสร้างหลักและการแสดงผลของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน นอกจากนี้ยังได้แสดงการควบคุมแบบป้อนกลับด้วยระบบการควบคุมแบบกระจายส่วน ซึ่งจะใช้เป็นความรู้ในการออกแบบและทำวิศวกรรมการควบคุมโรงงานนำร่องเพื่อการกลั่นด้วยระบบดีซีเอสต่อไป