MSIE 4.0

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

II. การทำงานร่วมกันของเครื่องจักรในระดับกระบวนการ

การควบคุมเวลามาถึงแบบกระจายสำหรับการจัดกำหนดการแบบเรียลไทม์

Universidade do Minho

Curriculum Development
of Master's Degree Program in
Industrial Engineering for Thailand Sustainable Smart Industry

การจัดกำหนดการแบบเรียลไทม์

การจัดกำหนดการแบบเรียลไทม์: กำหนดลำดับของการดำเนินการตามเวลาจริง

ประเภทของการจัดกำหนดการแบบเรียลไทม์: ไดนามิกและคงที่

- **กำหนดการแบบไดนามิก** คำนวณตามเวลาทำงานตามงานที่ดำเนินการจริงๆลำดับความสำคัญที่คำนวณได้ทันที
- **กำหนดการคงที่** เสร็จสิ้นในเวลารวบรวมสำหรับงานที่เป็นไปได้ทั้งหมดลำดับความสำคัญเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้ว

การทำงานในอนาคตของการจัดกำหนดการตามเวลาจริง:

- **การปรับปรุงในหลายโปรเซสเซอร์และสภาพแวดล้อมแบบกระจาย** ส่งผลให้มีการใช้ทรัพยากรที่ดีขึ้น
- **อัลกอริทึมการตั้งเวลาตามเวลาจริงสำหรับระบบปัญญาประดิษฐ์** อัลกอริทการตั้งเวลาตามเวลาจริงสำหรับระบบปัญญาประดิษฐ์
- **การจัดกำหนดการแบบ Context-Aware:** การตัดสินใจว่าจะจัดกำหนดการงานใดต่อไปควรขึ้นอยู่กับกำหนดเวลาของงานตลอดจนบริบทของทรัพยากรที่กำลังจัดการ

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

ระบบควบคุมแบบกระจาย

ระบบควบคุมแบบกระจาย (DCS) หมายถึงระบบควบคุมโดยปกติจะเป็นระบบการผลิตกระบวนการหรือระบบพลวัตใด ๆ ซึ่งองค์ประกอบของตัวควบคุมไม่ได้อยู่ตรงกลาง (เช่น สมอง) แต่จะกระจายไปทั่วทั้งระบบด้วยส่วนประกอบแต่ละส่วนระบบย่อย

ระบบควบคุมแบบกระจาย (DCS) เป็นระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมสายการผลิตในอุตสาหกรรมที่ควบคุมโดยตัวควบคุมหนึ่งตัวขึ้นไป

4 องค์ประกอบพื้นฐานของระบบควบคุมแบบกระจาย

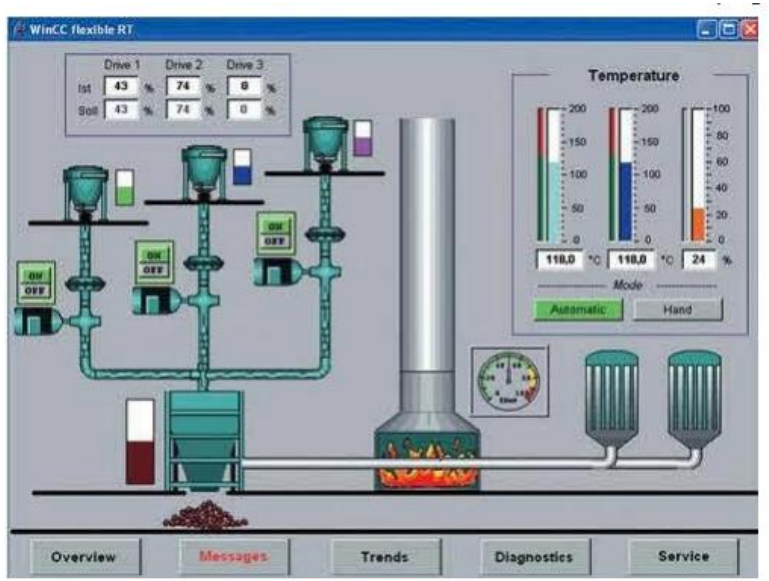
1. วิศวกรรมพีซีหรือคอนโทรลเลอร์: คอนโทรลเลอร์นี้เป็นตัวควบคุมการกำกับดูแลของคอนโทรลเลอร์การประมวลผลแบบกระจายทั้งหมด
2. คอนโทรลเลอร์แบบกระจายหรือชุดควบคุมภายใน: ได้รับคำแนะนำจากสถานีวิศวกรรม เช่น เงื่อนไขและพารามิเตอร์อื่น ๆ และควบคุมอุปกรณ์โดยตรง
3. สถานีปฏิบัติการหรือ HMI: ใช้เพื่อตรวจสอบพารามิเตอร์ของโรงงานทั้งหมดแบบกราฟิกและบันทึกข้อมูลในระบบฐานข้อมูลโรงงาน
4. สื่อการสื่อสารและโปรโตคอล: โปรโตคอลการสื่อสารที่เลือกขึ้นอยู่กับจำนวนอุปกรณ์ที่จะเชื่อมต่อกับเครือข่ายนี้

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

ระบบควบคุมแบบกระจาย

7 คุณสมบัติที่สำคัญของระบบควบคุมแบบกระจาย

1. เพื่อจัดการกับกระบวนการที่ซับซ้อน
2. ความซ้ำซ้อนของระบบ
3. บล็อกฟังก์ชันที่กำหนดไว้ล่วงหน้าจำนวนมาก
4. ภาษาโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพ
5. อินเทอร์เฟซ Human Machine ที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น (HMI)
6. แพลตฟอร์มที่ปรับขนาดได้
7. ความปลอดภัยของระบบ



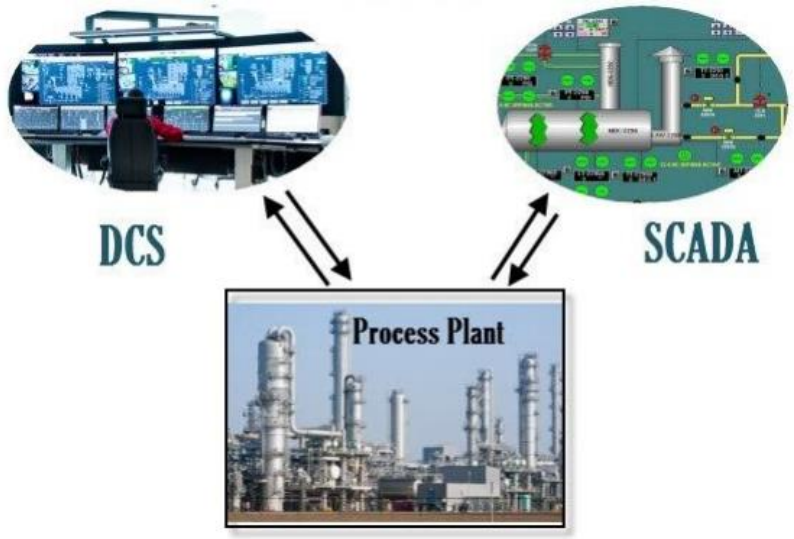
Sophisticated HM

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Source: www.innovicindia.com

ระบบควบคุมแบบกระจาย

ความแตกต่างระหว่างระบบควบคุมแบบกระจาย (DCS) และ การควบคุมกำกับดูแลและการรับข้อมูล (SCADA)



- DCS เป็นกระบวนการที่มุ่งเน้นในขณะที่ SCADA เน้นการรวบรวมข้อมูล
- In DCS, โมดูลการรับและควบคุมข้อมูลมักจะอยู่ในพื้นที่ที่จำกัดมากขึ้น และการสื่อสารระหว่างหน่วยควบคุมแบบกระจายต่างๆที่ดำเนินการผ่านเครือข่ายท้องถิ่น โดยทั่วไป SCADA ครอบคลุมพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ขนาดใหญ่ที่ใช้ระบบการสื่อสารที่แตกต่างกันซึ่งโดยทั่วไปมีความน่าเชื่อถือน้อยกว่าเครือข่ายในพื้นที่
- DCS ใช้การควบคุมวงปิดที่สถานีควบคุมกระบวนการและที่หน่วยปลายทางระยะไกล แต่ในกรณีของ SCADA จะไม่มีการควบคุมวงปิดดังกล่าว
- DCS ไม่เก็บฐานข้อมูลของค่าพารามิเตอร์กระบวนการเนื่องจากเชื่อมต่อกับแหล่งข้อมูลเสมอในขณะที่ SCADA จะดูแลฐานข้อมูลเพื่อบันทึกค่าพารามิเตอร์ซึ่งสามารถเรียกดูเพิ่มเติมสำหรับการแสดงตัวดำเนินการและทำให้ SCADA แสดงค่าที่บันทึกล่าสุดหาก สถานีฐานไม่สามารถรับค่าใหม่จากสถานที่ห่างไกล

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Source: www.innovicindia.com

ข้อกำหนดของระบบควบคุมที่ดี

ข้อกำหนดที่สำคัญของระบบควบคุมที่ดีสามารถระบุได้ดังนี้:

1) **ความแม่นยำ:** ความแม่นยำจะต้องสูงมากเนื่องจากข้อผิดพลาดควรได้รับการแก้ไข ความแม่นยำสามารถปรับปรุงได้โดยใช้องค์ประกอบข้อเสนอแนะ
2) **ความไว:** ระบบควบคุมที่ดีจะตรวจจับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของผลลัพธ์เนื่องจากสภาพแวดล้อมการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์การรบกวนภายในและภายนอก
3) **สิ่งรบกวน:** เสียงรบกวนเป็นสัญญาณที่ไม่ต้องการและระบบควบคุมที่ดีควรไวต่อสิ่งรบกวนประเภทนี้
4) **เสถียรภาพ:** ระบบที่เสถียรมีอินพุตและเอาต์พุตแบบกำหนดขอบเขต ระบบควบคุมที่ดีควรตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงที่ไม่พึงปรารถนาในเสถียรภาพ
5) **แบนด์วิดท์:** เพื่อให้ได้การตอบสนองความถี่ที่ดีแบนด์วิดท์ของระบบควรมีขนาดใหญ่
6) **ความเร็ว:** ระบบควบคุมที่ดีควรมีความเร็วสูงนั่นคือเอาต์พุตของระบบควรเร็วที่สุด
7) **การสั่น:** สำหรับการสั่นของระบบควบคุมที่ดีในเอาต์พุตควรคงที่หรืออย่างน้อยก็มีการสั่นเล็กน้อย

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

โหมดคอนโทรลเลอร์

ในอุตสาหกรรมมีโหมดการควบคุมมากมายดังนี้:

- ตัวควบคุมเปิด - ปิด / ตัวควบคุมสองตำแหน่ง
- ตัวควบคุมสามตำแหน่ง
- การควบคุมการกระทำตามสัดส่วน (P)
- อินทิกรัล/รีเซ็ตการควบคุมการดำเนินการ (I)
- อนุพันธ์/ให้คะแนนการควบคุมการดำเนินการ (D)
- การควบคุม P+I
- การควบคุม P+D
- การควบคุม P+I+D

การควบคุม P
- การควบคุม P ขึ้นอยู่กับข้อผิดพลาดในปัจจุบัน

การควบคุม I
- การควบคุม I ขึ้นอยู่กับจากการสะสมของข้อผิดพลาดในอดีต

การควบคุม D
- การควบคุม D ขึ้นอยู่กับการคาดคะเนข้อผิดพลาดในอนาคตตามอัตราการเปลี่ยนแปลงในปัจจุบัน

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

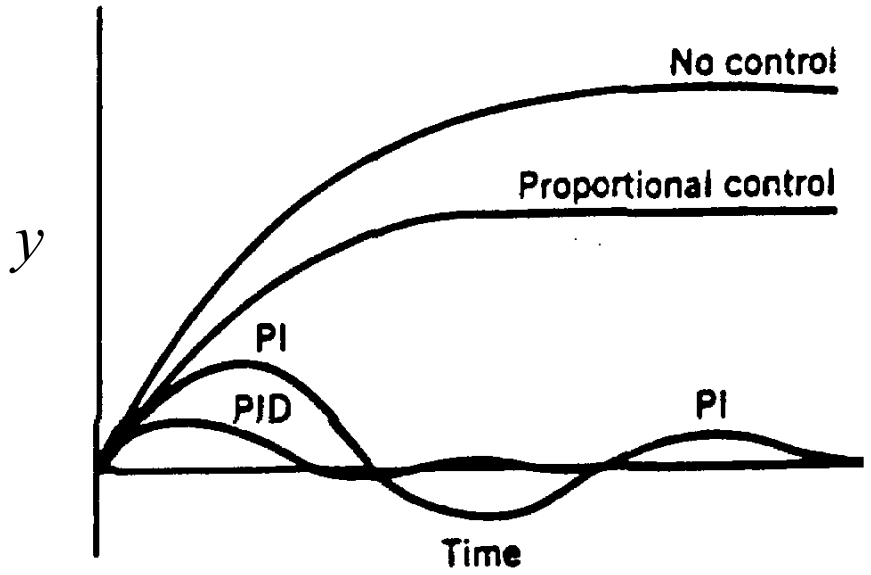
การเปรียบเทียบคอนโทรลเลอร์

P
- ตัวควบคุมที่ง่ายที่สุดในการปรับแต่ง (K_c).
- ชดเชยด้วยการรบกวนอย่างต่อเนื่องหรือการเปลี่ยนแปลงจุดที่ตั้งไว้

PI
- ซับซ้อนมากขึ้นในการปรับแต่ง (K_c, τ_I) .
- ประสิทธิภาพดีกว่า P
- ไม่มีการชดเชย
- ตัวควบคุม FB ยอดนิยม

PID
- ซับซ้อนที่สุดในการปรับแต่ง (K_c, τ_I, τ_D) .
- ประสิทธิภาพดีกว่า PI
- ไม่มีการชดเชย
- การกระทำที่เป็นอนุพันธ์อาจได้รับผลกระทบจากเสียงรบกวน

การตอบสนองโดยทั่วไปของระบบควบคุมป้อนกลับ



พิจารณาการตอบสนองของระบบควบคุมหลังจากเกิดการรบกวนอย่างต่อเนื่อง (เช่น การเปลี่ยนขั้นตอนใน ตัวแปรรบกวน)

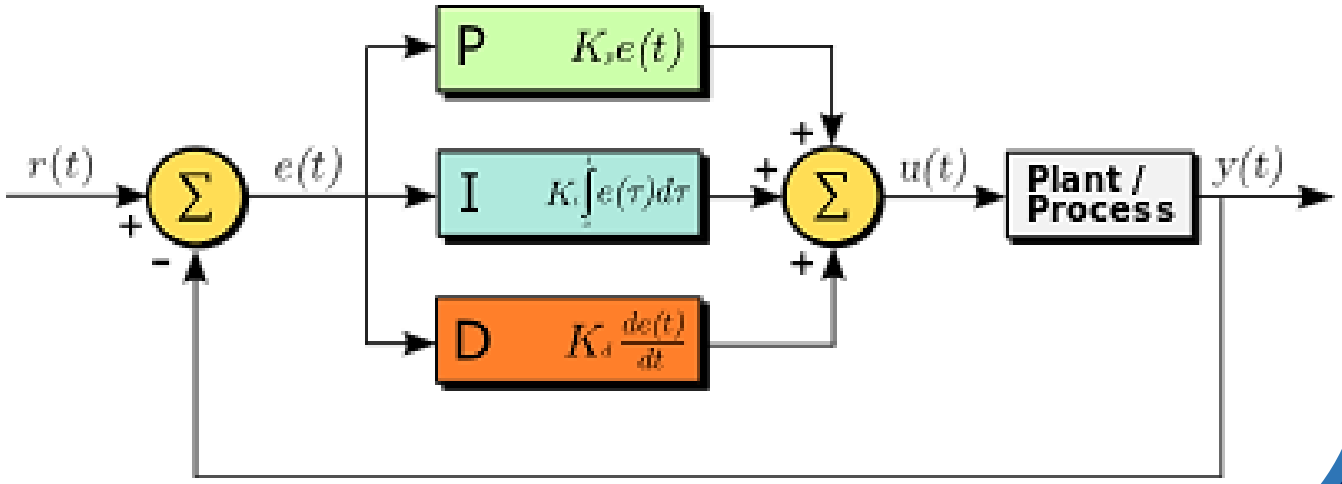
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

ตัวควบคุม PID

- **ตัวควบคุมอนุพันธ์ตามสัดส่วน – ปริพันธ์ (ตัวควบคุม PID)** เป็นกลไกวงควบคุมที่ใช้ข้อเสนอแนะที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในระบบควบคุมอุตสาหกรรมและการใช้งานอื่น ๆ ที่ต้องการการควบคุมแบบมอดูเลตอย่างต่อเนื่อง
- **ตัวควบคุม PID** คำนวณค่าความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องเป็นความแตกต่างระหว่าง setpoint (SP) ที่ต้องการและตัวแปรกระบวนการที่วัดได้ (PV) และใช้การแก้ไขตามสัดส่วนปริพันธ์และอนุพันธ์ (แสดงเป็น P, I และ D ตามลำดับ)
- ในทางปฏิบัติจะใช้การแก้ไขที่แม่นยำและตอบสนองต่อฟังก์ชันควบคุมโดยอัตโนมัติ

แผนภาพบล็อกของคอนโทรลเลอร์ PID ในลูปป้อนกลับ

- *r(t)* คือ setpoint ที่ต้องการ (SP)
- *y(t)* คือค่ากระบวนการที่วัดได้ (PV)



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

ตัวควบคุม PID

P: การกระทำตามสัดส่วน (Proportional action) ให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นสัดส่วนกับขนาดของข้อผิดพลาด การเพิ่มอัตราป้อนกลับตามสัดส่วนจะช่วยลดข้อผิดพลาดในสถานะคงที่ แต่ผลกำไรที่สูงจะทำให้ระบบไม่เสถียร

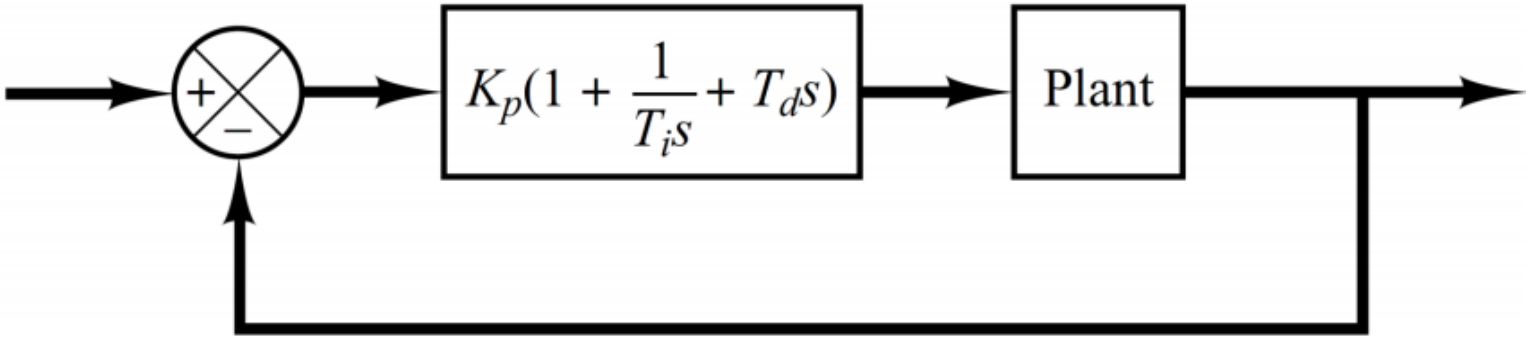
I: การกระทำการรวมกัน(Integral action) ให้สัญญาณที่ขนาดขึ้นอยู่กับเวลาที่เกิดข้อผิดพลาด การควบคุมแบบอินทิกรัลช่วยลดข้อผิดพลาดในสถานะคงที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่มักทำให้ระบบมีเสถียรภาพน้อยลง

D: อนุพันธ์การกระทำ (Derivative action) ให้สัญญาณเป็นสัดส่วนกับการเปลี่ยนแปลงข้อผิดพลาด มันให้การควบคุมแบบ“ คาดการณ์ล่วงหน้า” การควบคุมเชิงอนุพันธ์มักจะเพิ่มการหน่วงและปรับปรุงเสถียรภาพ แต่แทบจะไม่มีผลต่อข้อผิดพลาดของสถานะคงที่

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

กฎการปรับแต่ง PID

- ขั้นตอนการเลือกพารามิเตอร์คอนโทรลเลอร์ (Kp, Ti และ Td) เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดด้านประสิทธิภาพที่กำหนดเรียกว่าการปรับแต่งคอนโทรลเลอร์



พารามิเตอร์การปรับแต่งเป็นหลัก:

- ควรแก้ไขมากน้อยเพียงใด ขนาดของการแก้ไข (การเปลี่ยนแปลงเอาต์พุตควบคุม) ถูกกำหนดโดยโหมดสัดส่วนของคอนโทรลเลอร์
- ควรใช้การแก้ไขนานแค่ไหน ระยะเวลาของการปรับเอาต์พุตของคอนโทรลเลอร์จะถูกกำหนดโดยโหมดอินทิกรัลของคอนโทรลเลอร์
- ควรใช้การแก้ไขนานแค่ไหน ระยะเวลาของการประเมินแนวทางของจะถูกกำหนดโดยอัจฉริยะอินทิกรัลของกลับ

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

การควบคุมเวลามาถึงแบบกระจายสำหรับการจัดกำหนดการแบบเรียลไทม์

Integrated process control and condition-based maintenance scheduler for distributed manufacturing control systems (Koomsap et al., 2005)

การจัดกำหนดการบำรุงรักษาตามเงื่อนไขภายในตัวควบคุมอัตโนมัติในระบบแบบกระจาย

- **โปรแกรมการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ที่มีประสิทธิภาพ** ยังช่วยปรับปรุงกระบวนการผลิตและลดเวลาหยุดทำงานสินค้าคงคลังและต้นทุนการบำรุงรักษาในขณะที่เพิ่มความน่าเชื่อถือของกระบวนการ
- **บริการบำรุงรักษาทั่วไป** กำหนดเวลาตามความพร้อมของทรัพยากรการบำรุงรักษา

↓

การหยุดทำงานอาจไม่ได้รับการปรับให้เหมาะสมหากเครื่องจักรยังอยู่ในสภาพดีและการหยุดทำงานเป็นเวลานานมีแนวโน้มที่จะลดความสามารถในการแข่งขัน

↓

เทคโนโลยีของอุปกรณ์รับความรู้สึกช่วยให้ผู้ผลิตสามารถตรวจสอบเครื่องจักรของตนและกำหนดเวลาบริการบำรุงรักษาตามสภาพของเครื่องจักรในปัจจุบัน ดังนั้นการหยุดทำงานสามารถปรับปรุงได้

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

การควบคุมเวลามาถึงแบบกระจายสำหรับการจัดกำหนดการแบบเรียลไทม์

Integrated process control and condition-based maintenance scheduler for distributed manufacturing control systems (Koomsap et al., 2005)

การจัดตารางการบำรุงรักษาตามเงื่อนไขมี 3 ส่วนหลัก ๆ

1. **การตรวจสอบสภาพ:**
   - การระบุข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้น
   - การระบุและการวัดตัวแปรตัวบ่งชี้ของข้อบกพร่อง
   - การแม็พตัวแปรตัวบ่งชี้ที่วัดได้กับสภาพเครื่องจักร / ส่วนประกอบ

2. **การประมาณอายุการใช้งาน:** อายุการใช้งานที่เหลือของเครื่องการกระจายความน่าจะเป็นของการเสียของเครื่องจักร

3. **การจัดตารางการบำรุงรักษา:** การควบคุมเวลามาถึงแบบกระจาย (DATC) คือการจัดกำหนดการตามการควบคุมแบบป้อนกลับวิธีการที่พยายามลดค่าเฉลี่ยของกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนวันที่ครบกำหนดสำหรับระบบ JIT

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

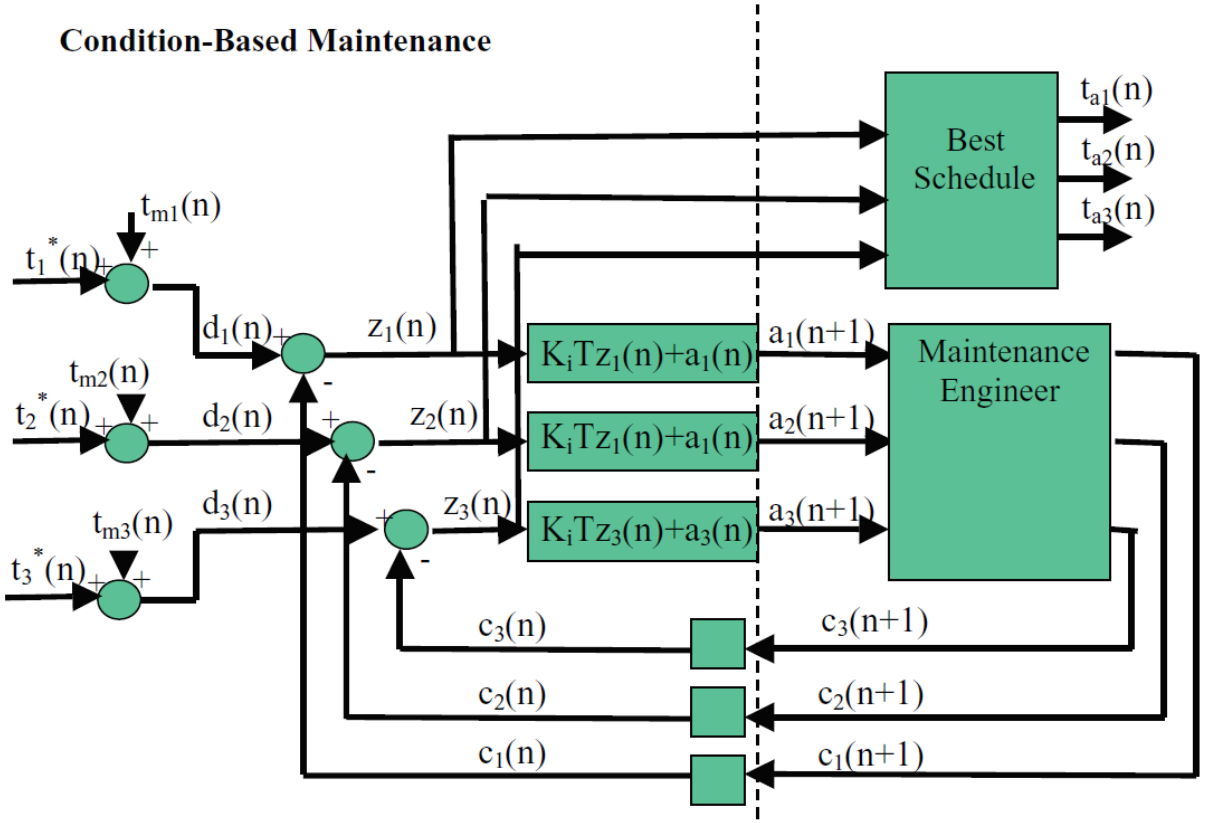
การควบคุมเวลามาถึงแบบกระจายสำหรับการจัดกำหนดการแบบเรียลไทม์

Integrated process control and condition-based maintenance scheduler for distributed manufacturing control systems (Koomsap et al., 2005)

ขึ้นอยู่กับการควบคุมเวลามาถึงแบบกระจาย:

- ผู้ควบคุมในสถานที่คาดการณ์อายุการใช้งานที่มีประโยชน์ที่เหลืออยู่ของเครื่องจักรเหล่านั้นสร้างวันที่ครบกำหนดและส่งคำขอบริการไปยังเจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุงในแง่ของเวลาที่มาถึง
- สมมติว่าทราบเวลาให้บริการบำรุงรักษาแล้ววันที่ครบกำหนดจะถูกกำหนดให้เป็นเวลาเสร็จสมบูรณ์ในอุดมคติเมื่อดำเนินการบริการบำรุงรักษาตามเวลาที่ร้องขอ
- ทีมซ่อมบำรุงจะคำนวณเวลาที่เสร็จสมบูรณ์และสิ้นสุดลงในเครื่องจักรที่เหมาะสม
- ลำดับของบริการที่ให้ประสิทธิภาพทั่วโลกที่ดีที่สุดถูกเลือก

การควบคุมเวลามาถึงแบบกระจายสำหรับการจัดตารางการบำรุงรักษา

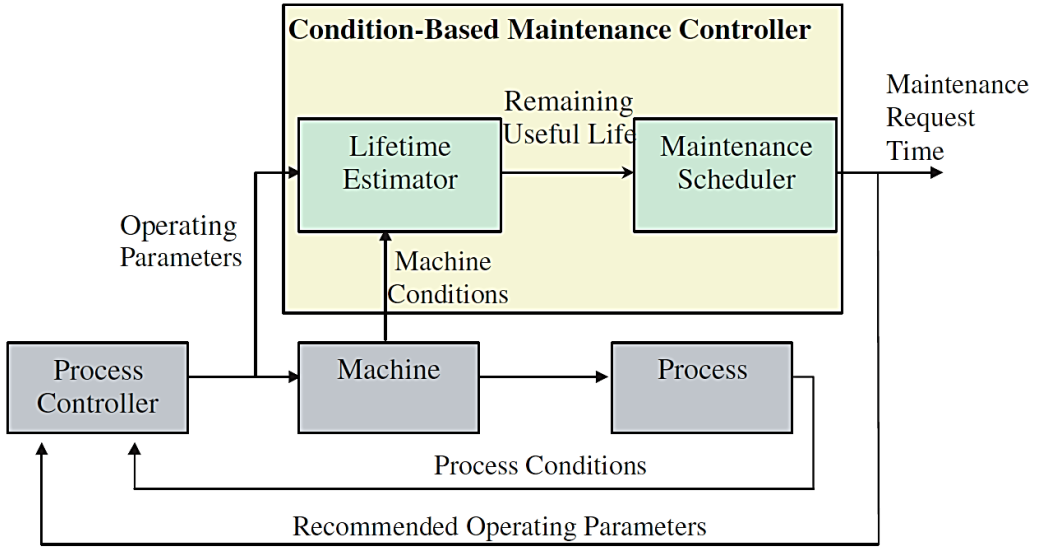


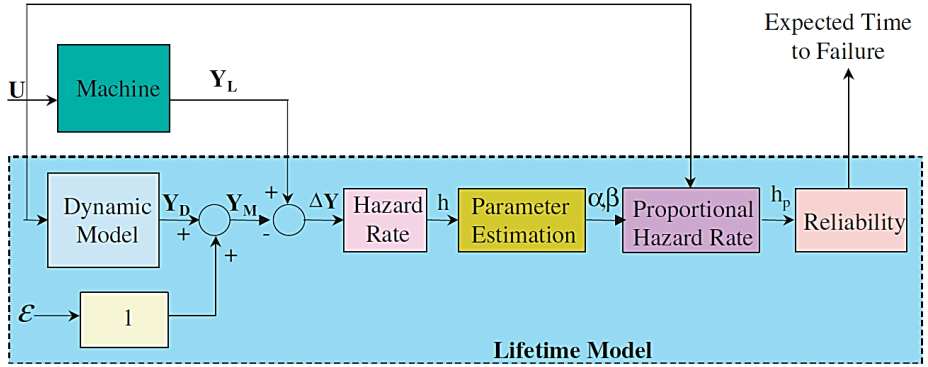
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

การควบคุมเวลามาถึงแบบกระจายสำหรับการจัดกำหนดการแบบเรียลไทม์

Integrated process control and condition-based maintenance scheduler for distributed manufacturing control systems (Koomsap et al., 2005)

- **ภายในสภาพแวดล้อมการควบคุมแบบกระจาย,** แต่ละเครื่องมีเซ็นเซอร์ตรวจสอบและข้อมูลอัจฉริยะของตัวเองที่ตรวจจับและแยกข้อผิดพลาด
- **ตัวควบคุมการบำรุงรักษาตามเงื่อนไขแบบกระจาย** ได้รับการออกแบบมาเพื่อตรวจจับความผิดพลาดเพื่อคาดการณ์สภาพของเครื่องเพื่อแนะนำพารามิเตอร์การทำงานที่เหมาะสมให้กับผู้ควบคุมกระบวนการและเพื่อขอรับบริการบำรุงรักษา
- **ตัวประมาณอายุการใช้งาน** ได้รับการออกแบบมาเพื่อทำนายเวลาที่คาดว่าจะเกิดความล้มเหลวของเครื่องโดยพิจารณาจากสภาวะปัจจุบัน





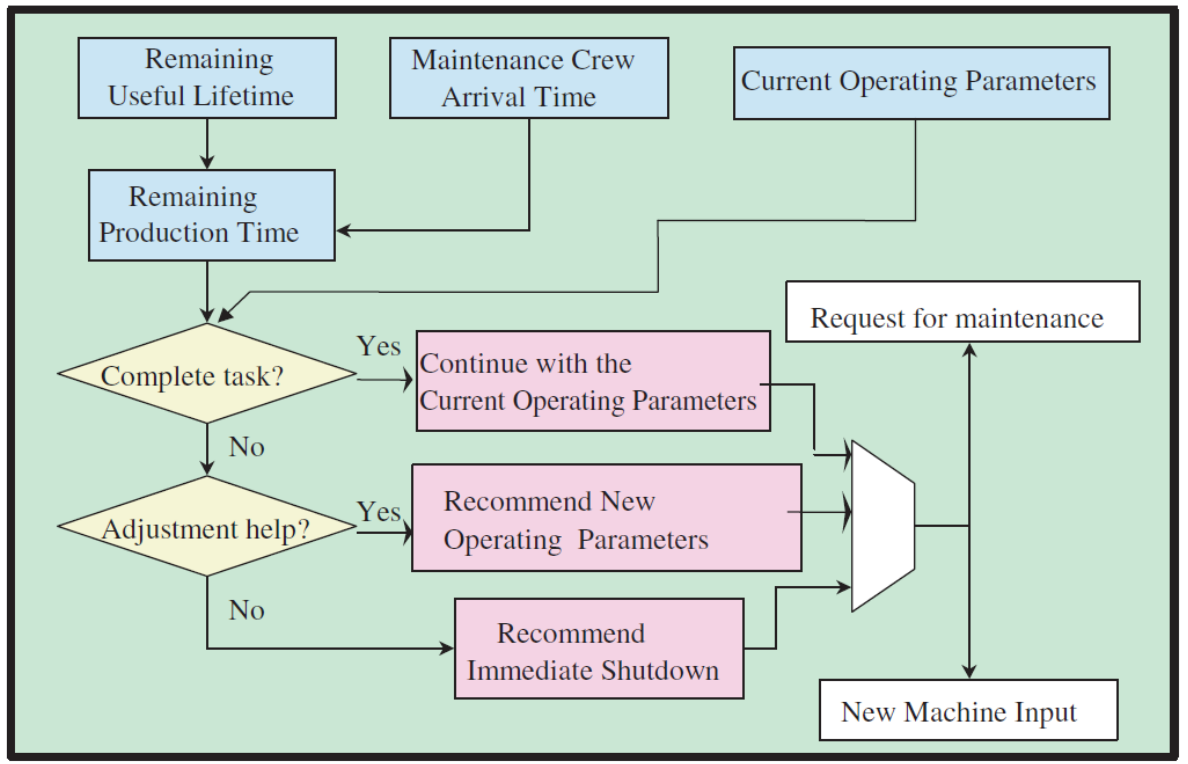
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

การควบคุมเวลามาถึงแบบกระจายสำหรับการจัดกำหนดการแบบเรียลไทม์

Integrated process control and condition-based maintenance scheduler for distributed manufacturing control systems (Koomsap et al., 2005)

- รูปแบบการตั้งเวลาการบำรุงรักษาแนะนำพารามิเตอร์การทำงานตามสภาพปัจจุบันของเครื่อง
- หลังจากกำหนดเวลาการผลิตที่เหลือซึ่งเป็นมูลค่าขั้นต่ำของอายุการใช้งานที่มีประโยชน์ที่เหลืออยู่และเวลาในการเยี่ยมชมของทีมงานซ่อมบำรุงแล้วจึงตัดสินใจว่าควรเปลี่ยนอินพุตหรือไม่

แผนผังของกระบวนการตัดสินใจในการจัดตารางการบำรุงรักษา

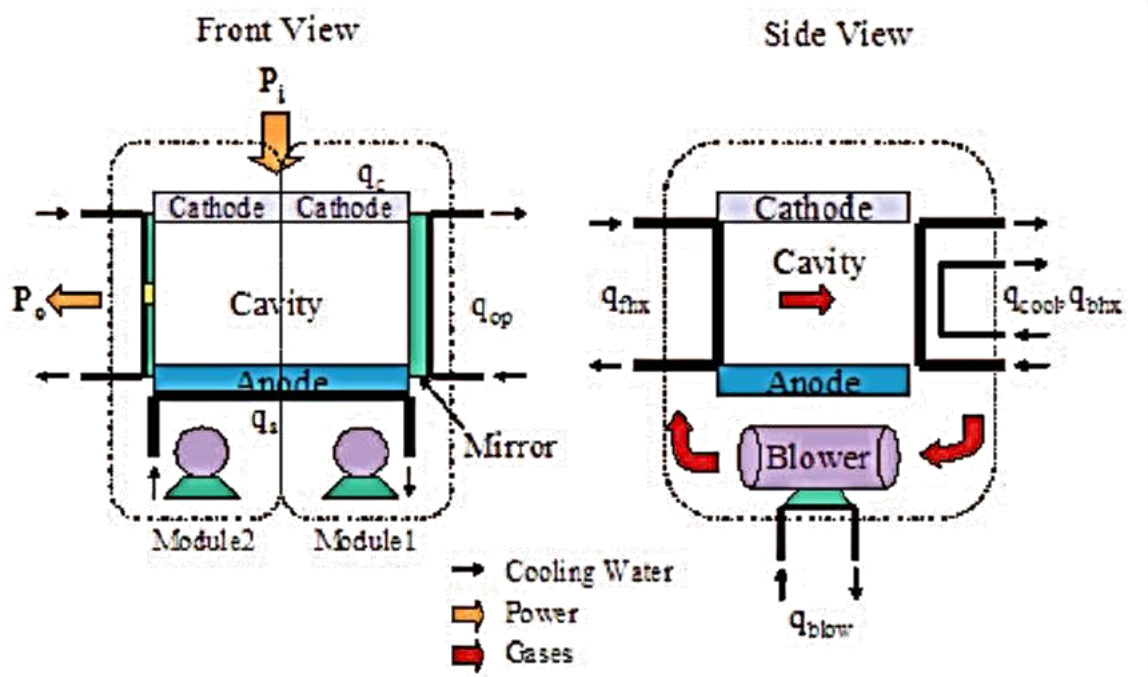


Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

การควบคุมเวลามาถึงแบบกระจายสำหรับการจัดกำหนดการแบบเรียลไทม์

Integrated process control and condition-based maintenance scheduler for distributed manufacturing control systems (Koomsap et al., 2005)

กรณีศึกษา: แผนภาพการไหลของน้ำหล่อเย็นของเลเซอร์ CO_2 14-kW



การตรวจสอบสภาพ

- **การระบุส่วนประกอบที่มีแนวโน้มผิดปกติ:** ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นที่ขั้วบวกแคโทดโบลเวอร์และกระจกออปติกจะถูกตรวจสอบเพื่อประเมินอายุการใช้งานที่เหลืออยู่ของเลเซอร์
- **การระบุตัวแปรตัวบ่งชี้:** อุณหภูมิที่ตัวแลกเปลี่ยนความร้อนด้านหลังควรมีความไวต่อสภาพของอิเล็กโทรดดิสชาร์จ
- **การแมปตัวแปรตัวบ่งชี้ความผิดพลาด:** ความสัมพันธ์ระหว่างการตั้งค่ากำลังและส่วนประกอบเช่นขั้วบวกแคโทดโบลเวอร์และกระจกออปติก

ตัวประมาณอายุการใช้งาน

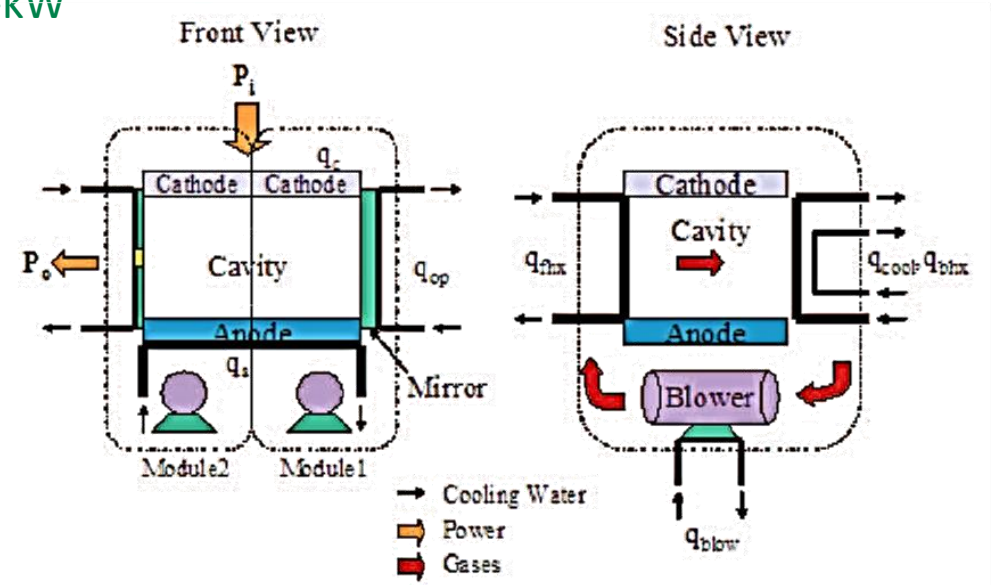
อายุการใช้งานที่มีประโยชน์ที่เหลือเป็นฟังก์ชันของทั้งอินพุตของเครื่อง (พารามิเตอร์การทำงาน) และการตั้งค่าระดับความมั่นใจสำหรับระบบ

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

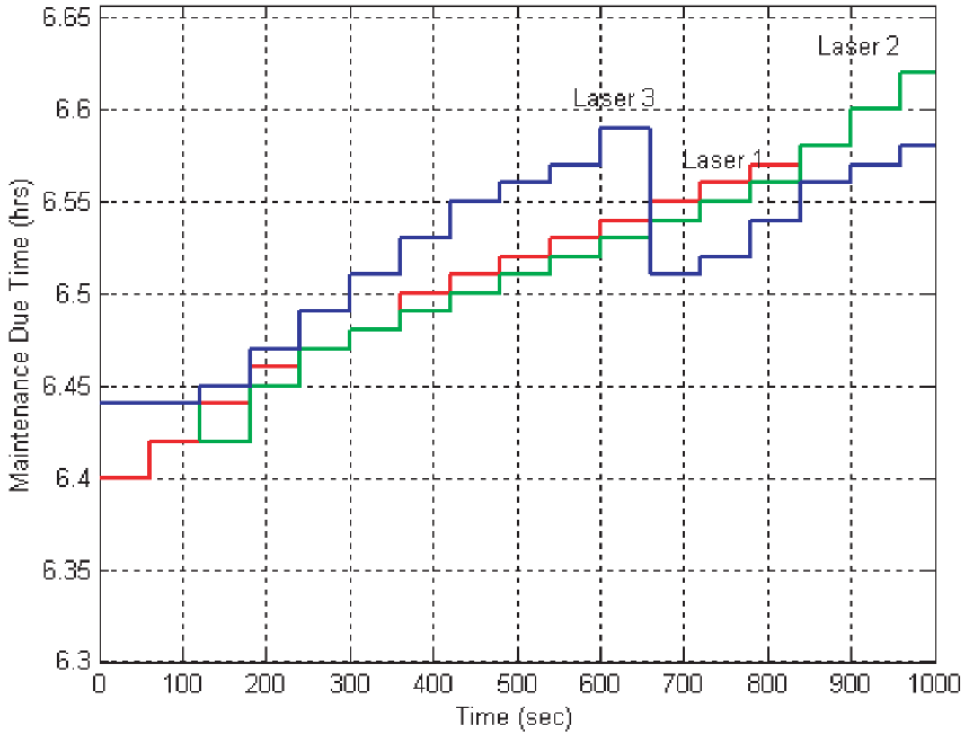
การควบคุมเวลามาถึงแบบกระจายสำหรับการจัดกำหนดการแบบเรียลไทม์

Integrated process control and condition-based maintenance scheduler for distributed manufacturing control systems (Koomsap et al., 2005)

กรณีศึกษา: แผนภาพการไหลของน้ำหล่อเย็นของเลเซอร์ CO_2 14-kW



การคาดคะเนวันครบกำหนดบำรุงรักษาโดยใช้ DATC



การมีส่วนร่วมของการพัฒนานี้ช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องและรักษาผลผลิตโดยการปรับพารามิเตอร์การทำงานและจัดหาตัวควบคุมการบำรุงรักษาตามเงื่อนไขที่พร้อมใช้งานซึ่งต้องใช้โมเดลไดนามิกของเครื่อง

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

MSIE 4.0

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Thank You

Together We Will Make Our Education Stronger

https://msie4.ait.ac.th/

@MSIE4Thailand

MSIE 4.0 Channel

Curriculum Development
of Master's Degree Program in
Industrial Engineering for Thailand Sustainable Smart Industry