บทที่ 2

การตรวจพบและวินิจฉัยความผิดพร่องของระบบ

ในบทนี้จะกล่าวครอบคลุมถึง คำจำกัดความและลักษณะของความผิดพร่อง ส่วนประกอบหรือหน้าที่ของระบบตรวจพบและวินิจฉัยความผิดพร่อง รวมทั้งวิธีต่างๆ ที่ใช้ตรวจพบและวินิจฉัยความผิดพร่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การประยุกต์ใช้กับข่ายงานประสาท

2.1 คำจำกัดความและลักษณะของความผิดพร่อง [1, 21]

ความผิดพร่อง(Fault) หมายถึง ภาวะของระบบที่ผลตอบของระบบมีการเบี่ยงเบนไปจากจุดทำงานปกติ หรือผลตอบที่ได้คลาดเคลื่อนไปจากที่ต้องการ อันเป็นผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของระบบ หรือการเปลี่ยนแปลงทางพลวัตแบบไม่เป็นเชิงเส้นภายในระบบนั้น

ความผิดพร่องอาจแยกได้ตามตำแหน่งที่เกิดขึ้นในระบบได้ ดังนี้

1. **ความผิดพร่องในกระบวนการ** เช่น การดันของท่อ, การรั่วของถัง, การทำงานที่ผิดปกติของระบบแลกเปลี่ยนความร้อน
2. **ความผิดพร่องในตัวตรวจรู้** เป็นความผิดพร่องที่เกิดขึ้นในตัวตรวจรู้หรือในอุปกรณ์วัด
3. **ความผิดพร่องในตัวขับเร้า** ทำให้สัญญาณออกของตัวขับเร้าผิดไปจากที่ต้องการ
4. **ความผิดพร่องในตัวควบคุม** ทำให้สัญญาณควบคุมผิดไปจากที่ต้องการ

2.2 ส่วนประกอบของระบบตรวจพบและวินิจฉัยความผิดพร่อง [4, 21]

ในระบบควบคุมอัตโนมัติทั่วไป นอกจากจะมีตัวควบคุมที่สามารถควบคุมให้ระบบทำงานและได้ผลผลิตตามต้องการแล้ว ยังต้องมีระบบตรวจพบและวินิจฉัยสาเหตุความผิดพร่อง ที่สามารถสร้างสัญญาณเตือนความผิดพร่องโดยรวดเร็ว เพื่อทำให้ระบบมีความปลอดภัยและลดความเสี่ยงต่อความเสียหายที่จะเกิดขึ้นได้ โดยส่วนประกอบของระบบตรวจพบและวินิจฉัยความผิดพร่องสามารถแยกได้เป็น 4 ส่วนดังนี้

1. ทำหน้าที่ตรวจพบความผิดพร่องใดๆ ที่เกิดขึ้นในระบบ
2. ทำหน้าที่วินิจฉัย จำแนกชนิดหรือสาเหตุของความผิดพร่อง
3. ทำหน้าที่บอกขนาดของความผิดพร่อง
4. ทำหน้าที่ปรับโครงสร้างของระบบควบคุมเพื่อแก้ไขความผิดพร่องที่เกิดขึ้น

2.3 วิธีการตรวจพบและวินิจฉัยความผิดพร่องในระบบ

วิธีการตรวจพบและวินิจฉัยความผิดพร่องในระบบ สามารถทำได้หลายวิธีดังต่อไปนี้

2.3.1 วิธีอาศัยแบบจำลอง(Model-based method)

ก. **การสร้างสัญญาณตกค้าง**(Residual generation)

เป็นวิธีวิเคราะห์สัญญาณตกค้าง ซึ่งเป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่วัดได้จากตัวแปรของระบบกับค่าที่ประมาณได้จากสภาวะปกติของระบบ โดยพิจารณาว่าระบบมีความผิดพร่องเมื่อขนาดของสัญญาณตกค้างมากกว่าค่าที่กำหนดไว้(Threshold)

เทคนิคในการสร้างสัญญาณตกค้าง ได้แก่

- **การประมาณค่าพารามิเตอร์**(Parameter estimation) โดยสัญญาณตกค้าง จะถูกสร้างจากการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ที่ประมาณได้กับค่าพารามิเตอร์จริง เนื่องจากความผิดพร่องที่เกิดขึ้นในระบบพลวัตมีผลทำให้ค่าพารามิเตอร์ทางกายภาพในระบบเปลี่ยนแปลงไป
- **การประมาณตัวแปรสถานะ**(State estimation) เป็นการเปรียบเทียบสัญญาณออกจากระบบจริงกับสัญญาณออกที่ได้จากการประมาณด้วยตัวประมาณสถานะ เช่น ใช้ข่ายงานประสาทเป็นตัวทำนายระบบในสภาวะปกติเพื่อเปรียบเทียบกับสัญญาณออกของระบบจริง

ข. **ตัวประมาณออนไลน์**

เป็นการนำโครงสร้างของตัวประมาณออนไลน์มาใช้ในการตรวจพบและวินิจฉัยความผิดพร่อง โดยอาศัยความสามารถในการประมาณส่วนที่เบี่ยงเบนไปจากสภาวะปกติ โดยข่ายงานประสาทจะเป็นตัวประมาณที่มีการปรับพารามิเตอร์แบบไม่เป็นเชิงเส้น

ข้อจำกัดของวิธีอาศัยแบบจำลอง คือ ต้องรู้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ ระบบที่ใช้ต้องสอดคล้องกับเงื่อนไขในการวินิจฉัย และความถูกต้องของการตรวจพบและวินิจฉัยขึ้นอยู่กับแบบจำลองที่ใช้ว่าใกล้เคียงกับระบบจริงมากเพียงใด หรือข่ายงานประสาทสามารถแทนระบบในสภาวะปกติได้ถูกต้องมากเพียงใด ซึ่งสิ่งเหล่านี้ทำได้ยากในทางปฏิบัติ

2.3.2 วิธีไม่อาศัยแบบจำลอง(Model-free method)

ก. **วิธีอาศัยฐานความรู้**(Knowledge-based method) **หรือระบบผู้เชี่ยวชาญ**(Expert system)

วิธีนี้จะอาศัยความรู้และประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติการที่มีต่อระบบ หรือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่วัดได้กับสภาวะของระบบ เพื่อสร้างฐานความรู้ขึ้นมาในรูปของกฎเกณฑ์ที่สามารถ

บอกถึงสภาวะของระบบได้จากข้อมูลที่วัดได้ ดังนั้นวิธีนี้จึงต้องอาศัยความเข้าใจระบบอย่างมาก เนื่องจากความถูกต้องของการวินิจฉัยความผิดพร่องขึ้นอยู่กับความถูกต้องของฐานข้อมูล

ข. **วิธีรู้จำรูปแบบ**(Pattern Recognition)

วิธีรู้จำรูปแบบ เป็นรูปแบบหนึ่งที่สำคัญสำหรับการสอนข่ายงานประสาทโดยจะทำการวิเคราะห์ลักษณะของข้อมูลสัญญาณเข้าและจัดการข้อมูลให้เป็นกลุ่ม ๆ และให้สัญญาณออกของระบบแยกตามประเภทที่เกี่ยวโยงกับสัญญาณเข้านั้น ข้อดีของวิธีนี้คือ ไม่จำเป็นต้องใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เนื่องจากสามารถเรียนรู้ได้จากชุดข้อมูลของสัญญาณเข้าและสัญญาณออกของระบบ สามารถทำการเชื่อมโยงข้อมูลไปยังประเภทต่างๆ ได้ถูกต้อง แต่มีข้อจำกัดคือ ต้องมีความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวกับความผิดพร่องที่เกิดขึ้น

ค. **ข่ายงานประสาท**(Neural Network)

ข่ายงานประสาทเป็นโครงสร้างที่เลียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์ โดยเมื่ออาศัยประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน จึงทำให้ข่ายงานประสาทมีข้อเด่นมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะความสามารถในการเรียนรู้และจดจำลักษณะของสัญญาณได้ด้วยตนเองเมื่อได้รับการสอน และสามารถสร้างสัญญาณออกซึ่งสัมพันธ์กับสัญญาณเข้าได้ถูกต้อง ถึงแม้ว่าสัญญาณเข้านั้นจะเป็นสัญญาณที่ไม่เคยได้รับการสอนมาก่อน นอกจากนั้นการประยุกต์ใช้ข่ายงานประสาทยังเป็นวิธีที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ด้วยความสามารถเหล่านี้ ข่ายงานประสาทจึงได้รับความสนใจในการประยุกต์ใช้เพื่อวินิจฉัยสาเหตุของความผิดพร่อง

ง. **ข่ายงานประสาทฟัซซี**(Neural/Fuzzy System)

เป็นการรวมข้อดีของข่ายงานประสาทกับระบบฟัซซีไว้ด้วยกัน เนื่องจากข่ายงานประสาทมีความสามารถเรียนรู้จากชุดข้อมูลตัวอย่างโดยไม่ต้องรู้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ ขณะที่ระบบฟัซซีสามารถจัดการกับข้อมูลที่ไม่แน่นอนและข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยสามารถใส่ข้อมูลที่เป็นประสบการณ์จากผู้ชำนาญระบบเพื่อเพิ่มความสามารถในการตรวจพบและวินิจฉัยความผิดพร่อง

สำหรับในงานวิทยานิพนธ์นี้ เป็นการศึกษาวิธีการตรวจพบและวินิจฉัยความผิดพร่องด้วยวิธีไม่อาศัยแบบจำลอง โดยเอาจุดเด่นของวิธีการรู้จำรูปแบบและวิธีอาศัยฐานความรู้เพื่อประยุกต์ใช้กับข่ายงานประสาท