บทที่ 4
การใช้คอมพิวเตอร์ออกแบบระบบผู้เชี่ยวชาญในการกู้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

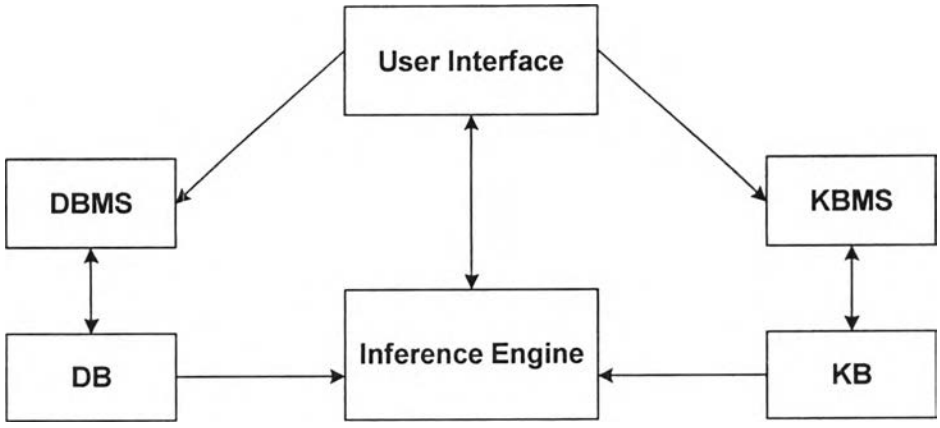
ระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นระบบที่ถูกออกแบบขึ้นเพื่อให้คำแนะนำกับผู้ใช้งาน โดยนำความรู้ที่บรรจุไว้ในระบบกับข้อมูลที่มีอยู่และข้อมูลที่ได้รับเข้ามาใหม่ นำมาประมวลหาคำตอบแก่ผู้ใช้งาน ระบบผู้เชี่ยวชาญนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นมายาวนานกว่า 30 ปี [4] และได้มีการพัฒนาต่อมาเรื่อย ๆ จนสามารถใช้งานในรูปแบบวัตถุ (Object - Oriented) ได้ ซึ่งมีข้อได้เปรียบโครงสร้างโปรแกรมแบบเก่า คือ องค์ประกอบของระบบจะเป็นอิสระต่อกัน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงที่ส่วนใดส่วนหนึ่ง จะไม่ทำให้โครงสร้างของโปรแกรมเสียหาย นอกจากนี้องค์ประกอบต่าง ๆ เหล่านี้ ยังได้มีการเชื่อมต่อเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยรายละเอียดโครงสร้างของระบบผู้เชี่ยวชาญนี้จะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป

สาเหตุที่มีการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในงานระบบไฟฟ้ากำลังนี้ เป็นเพราะระบบไฟฟ้ากำลังเป็นระบบที่มีความซับซ้อน ผู้ปฏิบัติงานที่ทำการควบคุมระบบจะต้องผ่านการฝึกฝนและมีประสบการณ์มากพอจึงจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการปฏิบัติงานควบคุมระบบไฟฟ้ากำลังนี้ จะเป็นการพึ่งพาผู้เชี่ยวชาญเพียงผู้เดียว ซึ่งเป็นการเสี่ยงต่อสถานการณ์ฉุกเฉินที่ต้องอาศัยผู้ปฏิบัติงานที่เชี่ยวชาญนี้ แต่ผู้ปฏิบัติงานนี้ไม่สามารถมาควบคุมสถานการณ์ได้ระบบผู้เชี่ยวชาญจึงถูกออกแบบมาให้เก็บวิธีการควบคุมระบบไฟฟ้าจากผู้เชี่ยวชาญไว้ เพื่อใช้ในกรณีขาดแคลนผู้เชี่ยวชาญนั้น ๆ นอกจากนี้ระบบผู้เชี่ยวชาญยังสามารถนำไปพัฒนาเป็นเครื่องมือในการช่วยฝึกหัดผู้ปฏิบัติการควบคุมทางไฟฟ้าที่ยังไม่มีความชำนาญในงานนั้น ๆ ให้มีความสามารถเพียงพอในการปฏิบัติงานได้

โครงสร้างของระบบผู้เชี่ยวชาญ

ระบบผู้เชี่ยวชาญถูกออกแบบให้มีโครงสร้างเป็นส่วน ๆ โดยแต่ละส่วนมีการเชื่อมโยงซึ่งกันและกันแบ่งเป็น ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) ส่วนเก็บข้อมูล (Data Base) และส่วนเก็บกฎเกณฑ์ (Knowledge Base) ซึ่งส่วนต่าง ๆ เหล่านี้ จะเชื่อมต่อกับระบบวินิจฉัย (Inference Engine) ซึ่งส่วนต่าง ๆ เหล่านี้ จะเชื่อมต่อกับระบบวินิจฉัย (Inference Engine) ซึ่งเป็นหัวใจของระบบผู้เชี่ยวชาญ

การทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญจะใช้ส่วนวินิจฉัยทำหน้าที่คิดหาคำตอบ โดยดึงข้อมูลและกฎเกณฑ์ที่เก็บไว้ มาทำการประมวลผล และตัดสินใจกับเหตุการณ์ที่ผ่านเข้ามาจากผู้ใช้งาน ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างของระบบผู้เชี่ยวชาญ

User Interface เป็นส่วนที่โปรแกรมใช้ติดต่อกับผู้ใช้งาน โดยออกแบบให้อยู่ในรูปเมนูเพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจ

DB (Data Base) เป็นส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับโปรแกรมที่เสนอในวิทยานิพนธ์นี้จะแบ่ง DB ออกเป็นสองส่วน คือ

1. Static Data Basc เป็นส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามกระแสโหลด เช่น แผนผังวงจร ค่าอิมพีแดนซ์ของสาย และระดับแรงดันที่ใช้ เป็นต้น

2. Dynamic Data Basc เป็นส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เช่น สถานะของสวิตช์ แรงดันที่ปลายสาย และกระแสโหลด เป็นต้น

KB (Knowledge Base) เป็นส่วนที่ใช้เก็บกฎเกณฑ์เพื่อใช้ในงานต่าง ๆ โดยกฎเกณฑ์เหล่านี้จะอยู่ในรูปเงื่อนไข ถ้า... แล้ว... (if ... then ...) โดยในการเขียนโปรแกรมจะต้องออกแบบวิธีการบรรจุและเรียกใช้กฎเกณฑ์เหล่านี้ให้ผู้ใช้งานและคอมพิวเตอร์เข้าใจ

สำหรับวิทยานิพนธ์นี้ จะมีกฎเกณฑ์สำหรับระบบทั่วไป ดังตัวอย่าง

Rule1 : if the fault occurs on the feeder
then do fault isolation

Rule2 : if the fault isolated and outage region exist
then start restoration

Rule3 : if the restoration starts and there is a Backup Feeder with margin bigger than the whole outage load
then do single grouping
Rule4 : if the restoration starts and there is no Backup Feeder with margin bigger than the whole outage load
then do multi grouping
Rule5 : if the grouping is done and any outage zone has not been assigned to the group
then do Load Shedding
Rule6 : if the grouping is done and all outage region has been assigned to the group
then do violation checking
Rule7 : if no violation checking
then determine switching sequence

โดยกฎเกณฑ์เหล่านี้จะต้องถูกแปลให้เป็นภาษาที่คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจได้ ขณะเดียวกันการเรียกกฎเกณฑ์จาก KB มาปรับปรุงแก้ไข จะต้องสามารถแปลเป็นภาษาที่ผู้ใช้งานเข้าใจได้เช่นกัน

DBMS (Data Base Management System) เป็นส่วนที่เชื่อมโยงระหว่าง User Interface และ DB โดยทำหน้าที่ จัดการ เพิ่มเติม แก้ไข ข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามที่ผู้ใช้โปรแกรมหรือ Inference Engine กำหนด

KBMS (Knowledge Base Management System) เป็นส่วนที่เชื่อมโยงระหว่าง User Interface และ KB โดยทำหน้าที่จัดการ เพิ่มเติม แก้ไข กฎเกณฑ์ต่าง ๆ ในการปฏิบัติงานของโปรแกรม โดยกฎเกณฑ์ที่ทำการเพิ่มเติม แก้ไขนี้ จะต้องไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของกฎเกณฑ์เก่าที่มีอยู่

Inference Engine เป็นส่วนที่ทำหน้าที่หาคำตอบหรือแก้ปัญหาโดยนำกฎเกณฑ์จาก KB และข้อมูลจาก DB มาวิเคราะห์กับปัญหา เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมาตามต้องการ

กระบวนการในการหาคำตอบของ ระบบวินิจฉัยนี้ แบ่งเป็น 3 วิธี คือ

1. Forward Inference หรือการวินิจฉัยจากเหตุสู่ผล
2. Backward Inference หรือการวินิจฉัยจากผลสู่เหตุ
3. Hybrid Inference เป็นการรวมเทคนิคของสองวิธีข้างต้นไว้ด้วยกัน

วิธีเหล่านี้ จะช่วยให้ระบบวินิจฉัยสามารถวิเคราะห์ สรุป และอ้างเหตุผลได้

นอกจากนี้ ระบบวินิจฉัยยังต้องสามารถ รู้วิธีถามข้อมูลจากผู้ใช้งาน รู้วิธีค้นหากฎเกณฑ์ผ่านทาง KB เลือกกฎเกณฑ์จากกฎเกณฑ์ที่เข้าข่ายได้ และสามารถจัดการกับข้อสรุปที่ได้ซึ่งนำไปใช้ในการเลือกกฎเกณฑ์ต่อไปได้

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการกู้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

เนื่องจากสายป้อนของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มาจากหลาย ๆ สถานีไฟฟ้าย่อยจะมีการเชื่อมต่อกันด้วยสวิตช์ ซึ่งปกติจะเปิดอยู่ โดยแต่ละสายป้อนจะมีลักษณะเป็นแบบเดียล เมื่อเกิดความผิดพร่องแบบถาวรขึ้น ระบบป้องกันจะทำการตัดโหลดไฟฟ้าออกเป็นบริเวณกว้าง ผู้ปฏิบัติงานของการไฟฟ้าจะทำการสับสวิตช์แยกความผิดพร่องออกจากระบบ โหลดที่อยู่ทางด้านแหล่งจ่ายจะถูกกู้คืนโดยการสับเบรกเกอร์คืน ส่วนการกู้โหลดที่อยู่อีกด้านของแหล่งจ่ายทำได้โดยพิจารณาหาสายป้อนข้างเคียงที่เหมาะสมมาช่วยจ่ายโหลดที่เหลือนี้โดยผ่านสวิตช์เชื่อมต่อ

การศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้ อยู่ภายใต้ข้อสมมติฐานดังนี้ คือ

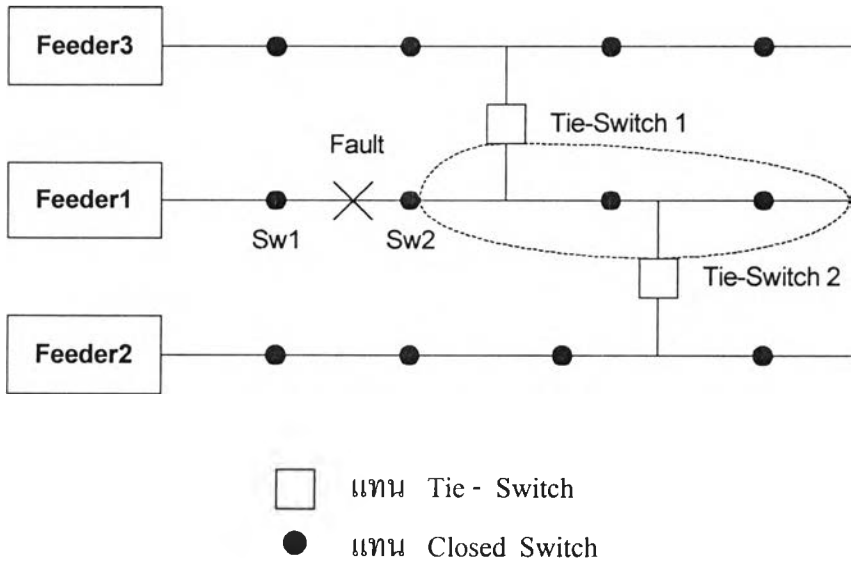
1. ทราบข้อมูลของสายป้อน โซน สวิตช์ และโหลดเป็นที่เรียบร้อย
2. ความผิดพร่องที่พิจารณาเป็นความผิดพร่องแบบถาวร
3. ทราบตำแหน่งของความผิดพร่องแล้ว

หลักการสำคัญของการกู้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า คือ

1. กู้โหลดกลับคืนมาให้ได้มากที่สุด
2. เลือกวิธีการกู้โหลดที่ใช้จำนวนครั้งในการสับสวิตช์น้อยที่สุดภายใต้เงื่อนไขของระบบไฟฟ้านั้น ๆ เช่น ระดับแรงดัน ปริมาณโหลดต่ำสุดที่จะทำการกู้ ลำดับความสำคัญของโหลด และแรงดันตกเป็นต้น ซึ่งเงื่อนไขบางประการไม่สามารถสร้างเป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ทำการคำนวณได้ แต่ใช้ประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานเป็นกฎเกณฑ์ช่วยในการตัดสินใจ

โดยวิธีกู้โหลดนี้มีมากมายหลายวิธี ซึ่งสามารถแยกเป็นวิธีหลัก ๆ ตามกรณีที่เป็นไปได้ ดังนี้

1. Single-Grouping ถ้าสายป้อนข้างเคียงมีความสามารถที่จะจ่ายไฟให้โหลดทั้งหมดในบริเวณที่เกิดไฟดับ ให้ทำการรวมกลุ่มบริเวณที่เกิดไฟดับเป็นบริเวณเดียว แล้วทำการสับสวิตช์เชื่อมต่อบริเวณนั้นกับสายป้อนข้างเคียง จากนั้นจะทำการการตรวจสอบว่าระบบที่กู้นี้อยู่ภายใต้เงื่อนไขของระบบไฟฟ้าหรือไม่ ถ้าไม่อยู่ภายในเงื่อนไข ก็ให้หาสายป้อนข้างเคียงถัดไปทำการจ่ายไฟฟ้าแทน ดังรูปที่ 4.2



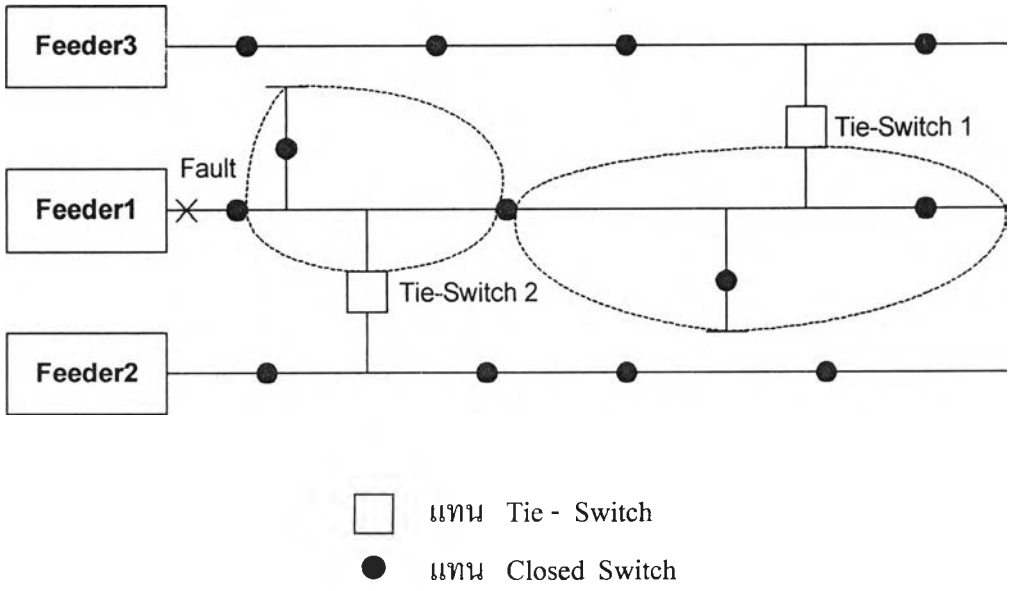
รูปที่ 4.2 แสดงวิธีการทำ Single-Grouping เพื่อทำการกู้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.2 เมื่อเกิดความผิดพร่องขึ้นระบบป้องกันจะทำงาน ทำให้สายป้อนไม่ได้รับการจ่ายไฟ Sw1 และ Sw2 จะต้องเปิดเพื่อทำการแยกความผิดพร่องออกจากระบบ จากนั้นโปรแกรมจะทำการเลือกปิดสวิตช์เชื่อมสายป้อนที่ 1 หรือ 2 ตามข้อกำหนดและข้อจำกัดต่าง ๆ ต่อไป

2. Multi-Grouping ถ้าสายป้อนข้างเคียงไม่สามารถกู้โหลดที่รวมเป็นกลุ่มเดียวได้ โหลดเหล่านี้จะถูกพิจารณาแยกเป็นกลุ่มย่อย โดยขึ้นกับความสามารถของสายป้อนข้างเคียงที่จะรับได้จำนวนกิ่งของสายป้อน และตำแหน่งของสวิตช์เชื่อม

จากนั้นพิจารณาสายป้อนข้างเคียง ที่มีความสามารถในการจ่ายไฟฟ้าช่วยเหลือสูงสุด ทำการรวมกลุ่มกิ่งต่าง ๆ ของสายป้อนเข้าด้วยกัน เพื่อรับไฟจากสายป้อนข้างเคียงนั้นสำหรับกลุ่มที่เหลือก็จะ

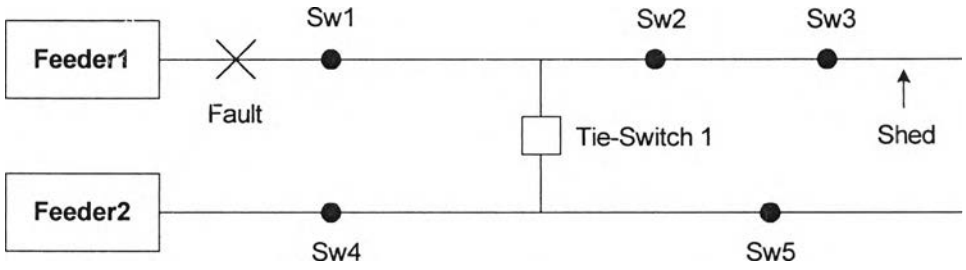
ทำการหาสายป้อนข้างเคียงสายอื่นที่มีความสามารถในการจ่ายไฟช่วยเหลือรองลงไปทำหน้าที่จ่ายไฟให้ โดยกระบวนการที่กล่าวถึงมานี้พิจารณาถึงขีดจำกัดของระบบด้วย



รูปที่ 4.3 แสดงวิธีการทำ Multi-Grouping เพื่อทำการกู้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.3 เมื่อเกิดความผิดพร่องขึ้นระบบป้องกันจะทำงาน ทำให้สายป้อนไม่ได้รับการจ่ายไฟจากนั้น สวิตช์ที่อยู่ใกล้ความผิดพร่องจะทำการเปิดวงจรเพื่อตัดความผิดพร่องออกจากระบบ จากนั้นโปรแกรมจะทำการเลือกจัดกลุ่ม กิ่งของสายป้อน เพื่อทำการจ่ายไฟผ่านทางสวิตช์เชื่อมสายป้อน 1 และ 2 ต่อไป

3. Load Shedding หากว่า 2 วิธีที่กล่าวมาข้างต้น คือ Single-Grouping และ Multi-Grouping ไม่สามารถทำการกู้ระบบไฟฟ้าคืนได้มากที่สุดตามที่กำหนดไว้ จะต้องทำการตัดโหลดส่วนที่ไม่สำคัญออกตามลำดับ เพื่อให้สามารถใช้ 2 วิธีแรกกู้โหลดในบริเวณนั้นได้ ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงวิธีการทำ Load Shedding เพื่อทำการกู้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.4 เมื่อเกิดความผิดพร่องขึ้น Feeder 1 ระบบป้องกันจะส่งให้ Circuit Breaker ต้นทางของ Feeder 1 ทำการเปิดวงจร จากนั้นจะต้องทำการเปิดวงจร Sw1 เพื่อกำจัดส่วนที่เกิดความผิดพร่องออก หากการปิดวงจร Tie-Switch 1 เพื่อให้ Feeder 2 จ่ายไฟให้บริเวณที่เกิดไฟดับหาก Feeder 1 ไม่สามารถรักษาเงื่อนไขของระบบไฟฟ้าได้ จำเป็นต้องทำการตัดโหลดบางส่วนของ Feeder 1 ออก เพื่อให้ Feeder 2 สามารถจ่ายไฟให้บริเวณนั้นได้ โดยยังคงรักษาเงื่อนไขของระบบไฟฟ้า ซึ่งในที่นี้คือ ขนาดของแรงดันตก ณ ปลายสายป้อนนั้นเอง

ในความเป็นจริงแล้ววิธีการกู้ระบบไฟฟ้า ยังมีมากกว่าที่ได้นำเสนอในที่นี้ แต่สวิตช์ที่แบ่งสายป้อนออกเป็นกิ่งต่าง ๆ นี้ส่วนใหญ่เป็น Disconnecting Switch ซึ่งไม่สามารถทำการเปิดและปิดวงจรในขณะมีโหลดได้ นั่นคือ จะเปิดและปิดวงจรได้ในภาวะที่สายป้อนไม่ได้จ่ายกระแสเท่านั้น หากสวิตช์ได้ถูกเปลี่ยนเป็นสวิตช์ประเภทที่สามารถเปิดและปิดวงจรขณะมีโหลดได้ เช่น Load-Break Switch จะสามารถหาวิธีในการกู้ระบบไฟฟ้าได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น