บทที่ 3
ระบบผู้เชี่ยวชาญการวินิจฉัยฟอลต์ระบบไฟฟ้าของเครื่องตักวัสดุ

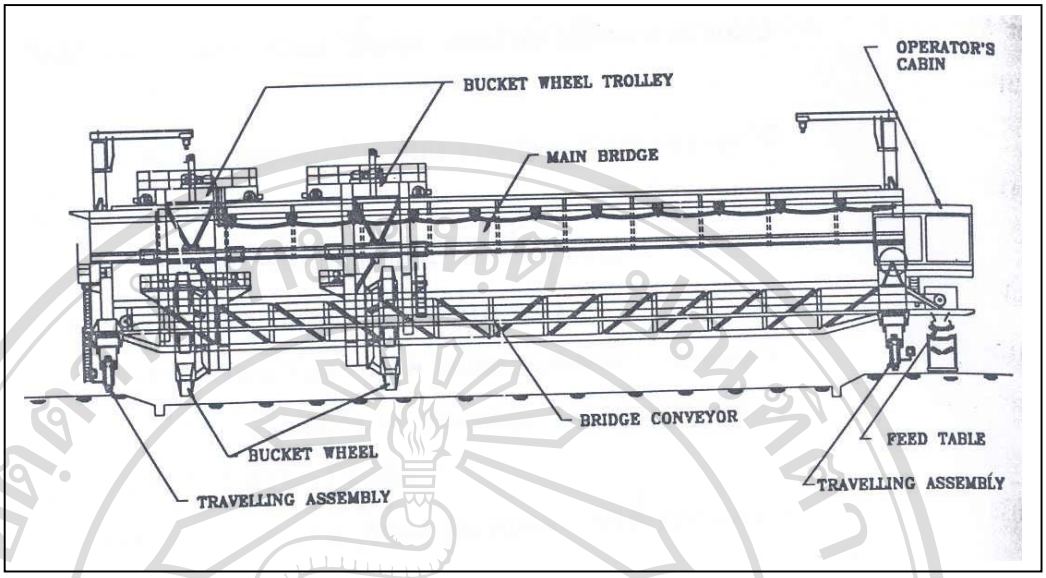
การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญการวินิจฉัยฟอลต์ระบบไฟฟ้าของเครื่องตักวัสดุนี้ได้ทำการรวบรวมแนวทางวินิจฉัยฟอลต์ระบบไฟฟ้าที่มีสัญญาณแจ้งเหตุ (Annunciation) ปรากฏที่แผงสัญญาณเตือนจากเอกสารคู่มือการใช้งานและคู่มือการซ่อมบำรุง และจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์และซักถามผู้เชี่ยวชาญจากแผนกบำรุงรักษาไฟฟ้าระบบสายพาน กองบำรุงรักษาไฟฟ้า ฝ่ายผลิตเหมือง การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งเป็นผู้ซ่อมบำรุงรักษาด้านระบบไฟฟ้าของเครื่องตักวัสดุ มาทำการจัดเรียงความรู้ใหม่ในรูปแบบฐานกฎ ป้อนลงในเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญชื่อคลิปส์ เป็นเครื่องวินิจฉัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 เครื่องตักวัสดุ

เครื่องตักวัสดุทำหน้าที่ตักถ่านลิกไนต์จากลานกองถ่านส่งไปยังโรงไฟฟ้า โดยมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.1 และ 3.2

รูปที่ 3.1 แสดง เครื่องตักถ่านหินลิกไนต์ ที่เหมืองแม่เมาะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.2 แสดง โครงสร้างและส่วนประกอบของ เครื่องตักถ่านหินลิกไนต์ ที่เหมืองแม่เมาะ

จากรูป 3.2 สามารถอธิบายส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

- Travelling Assembly ประกอบด้วยโครงสร้างที่ทำด้วยเหล็กแข็งแรงอยู่บนล้อจำนวน 4 ชุด ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปมาบนรางได้ และจะต้องออกแบบให้แข็งแรงเพียงพอที่จะรับน้ำหนักของ เครื่องตักวัสดุ ทั้งหมดได้
- Main Bridge ติดตั้งบน Travelling Assembly มีลักษณะเป็นโครงสร้างเหล็ก หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม (Box Cross Setion) นอกจากนี้ทางด้านบนของ Main Bridge มีรางติดตั้งอยู่เพื่อให้ Bucket Wheel with Trolley สามารถเคลื่อนที่ไปมาบนรางนี้ได้ และภายใน Main Bridge จะเป็นห้องสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุมทั้งหมดของเครื่องตักวัสดุ
- Bucket Wheel with Trolley ติดตั้งอยู่ที่ เครื่องตักวัสดุ จำนวน 2 ชุด ซึ่งเรียกว่า “Dual Bucket Wheel” มีส่วนประกอบสำคัญคือ Bucket Wheel Trolley, Bucket Wheel และ Rake ซึ่งมีลักษณะและหน้าที่ดังนี้
  - Bucket Wheel Trolley เป็นโครงสร้างสี่เหลี่ยม (Box Type) ติดตั้งอยู่บนล้อซึ่งเคลื่อนที่ไปมาบนรางที่ติดตั้งอยู่ทางด้านบนของ Main Bridge
  - Bucket Wheel มีลักษณะเป็นวงล้อเหล็ก มีบุ้งกี๋อยู่รอบๆ จำนวน 8 บุ้งกี๋ โดยติดตั้งอยู่กับ Bucket Wheel Trolley และเคลื่อนที่ไปพร้อมๆกันในขณะทำงาน Bucket Wheel จะหมุนรอบตัวเอง เพื่อตักถ่านลิกไนต์จากลานกองถ่านส่งให้กับสะพานลำเลียง (Bridge Conveyor) ในการทำงาน Bucket Wheel ทั้งสองชุดจะทำงานไปพร้อมๆ กัน โดยมีอุปกรณ์ป้องกันไม่ให้ Bucket Wheel ทั้งสองชุดชนกัน และกรณี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่ Bucket Wheel ชุดหนึ่งเกิดการชำรุดไม่สามารถทำงานได้ Bucket Wheel ที่เหลืออีกชุดหนึ่งจะสามารถทำงานได้โดยอิสระ

- Rake มีลักษณะเป็นคราดเหล็กติดตั้งอยู่กับ Bucket Wheel Trolley และเคลื่อนที่ไปด้วยกัน ทำหน้าที่ตะกุยถ่านทางด้านบนของกองถ่านลิกไนต์ให้ไหลลงมาทางด้านล่างเพื่อให้ Bucket Wheel สามารถตักถ่านได้โดยสะดวก ทั้งยังทำหน้าที่ผสมถ่านลิกไนต์อีกด้วย
- สะพานลำเลียง เป็นสายพานที่ติดตั้งอยู่ใต้ Main Bridge ทำหน้าที่รับถ่านลิกไนต์ที่ตักจาก Bucket Wheel ทั้งสอง และส่งต่อให้กับระบบสายพานเพื่อส่งไปยัง Distribution Bunker ต่อไป
- การควบคุมการทำงานของ เครื่องตักวัสดุ สามารถควบคุมได้จากห้องพนักงานขับเครื่องตัก (Operator's Cabin) ซึ่งติดตั้งอยู่ทางด้านบน

เครื่องตักวัสดุที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน มีความสามารถในการตักถ่านได้เฉลี่ย 1,500 ตัน/ชั่วโมง ในการทำงานเครื่องตักวัสดุจะทำงานโดยมีมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นเครื่องต้นกำลัง โดยระบบจ่ายไฟฟ้าได้มาจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะซึ่งจ่ายไฟขนาดแรงดัน 22 กิโลโวลท์ (KV) มายังสถานีไฟฟ้าบี (Substation B) ที่นี่แรงดันจะถูกลดลงจนเหลือ 6.6 กิโลโวลท์ จากนั้นจะจ่ายไฟฟ้าไปยัง Transformer Switch Station ซึ่งจะทำหน้าที่ลดแรงดันให้เหลือขนาด 500 โวลท์ และส่งต่อให้กับ Belt Conveyor Switch Station (BSS) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ การจ่ายไฟฟ้าให้เครื่องจักรจะจ่ายโดยใช้สาย Trailing Cable ซึ่งแขวนอยู่บน Hooks ด้านข้างของสายพานและจ่ายขึ้นไปบนเครื่องจักรโดยผ่านทางอุปกรณ์ม้วนสาย (Cable Reel) ซึ่งทำหน้าที่ในการม้วนสายเคเบิ้ลเข้าออกตามการเคลื่อนที่บนรางของเครื่องจักร และระบบไฟฟ้าทั้งหมดนี้มีระบบ Grounding

การควบคุมการทำงานและการแสดงผลจะทำโดยผ่านอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์และอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ จะใช้อุปกรณ์ควบคุมและแสดงผลเป็น Programmable Logic Controller หรือที่เรียกทั่วๆไปว่า PLC. อุปกรณ์ PLC นี้สามารถทำงานด้วยคำสั่งในซอฟต์แวร์การเปลี่ยนแปลงการควบคุมระบบควบคุมและแสดงผลการทำงาน มีรายละเอียดอุปกรณ์หลักๆดังนี้

1) Local Control PLC. มีหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรโดยตรง ซึ่ง Local Control PLC. ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของสายพานจะติดตั้งอยู่ภายใต้ตู้ควบคุมไฟฟ้าที่เรียกว่า Belt Conveyor Switch Station (BSS.) โดย BSS. นี้จะติดตั้งอยู่ใกล้กับ Head Station ของสายพานแต่ละเส้น ส่วน Local Control PLC. สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องจักรจะติดตั้งอยู่บนแต่ละเครื่องจักร โดยติดตั้งอยู่ในตู้ควบคุมไฟฟ้าที่เรียกว่า Electrical House (E-House) จะติดตั้งภายในตัว Main Bridge

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2) Route Control PLC. มีหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของระบบสายพานและเครื่องจักรให้สัมพันธ์กัน โดยสามารถเลือกสายพานเส้นใดหรือเครื่องจักรเครื่องใดทำงานก็ได้ แต่จะต้องมีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ต้องอยู่ใน Route เดียวกัน โดยอุปกรณ์ Route Control PLC. นี้จะติดตั้งอยู่ภายในศูนย์ควบคุมที่เรียกว่า Conveyor Control Center (CCC)

3) Data Acquisition System มีหน้าที่รวบรวมข้อมูลของการควบคุมและการทำงานของระบบลำเลียงถ่านลิกไนต์ทั้งหมด มาทำการประมวลผลวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อแสดงผลทางจอภาพและพิมพ์รายงาน

3.2 สัญญาณแจ้งเหตุของเครื่องตักวัสดุ

เครื่องตักวัสดุจะมีแผงสัญญาณเตือนติดตั้งอยู่ที่ห้องควบคุม เพื่อแสดงว่ากำลังมีเหตุการณ์อะไรเกิดขึ้นกับเครื่องตักวัสดุ สัญญาณเตือนนี้มีทั้งสัญญาณเตือนระบบเครื่องกล ซึ่งสีของสัญญาณเตือนจะเป็นสีน้ำเงิน และสัญญาณเตือนระบบไฟฟ้า ซึ่งสีของสัญญาณเตือนจะเป็นสีแดง โดยชื่อสัญญาณเตือนด้านระบบไฟฟ้าจะปรากฏตามผังข้างล่างนี้

EARTH LEAKAGE POWER SYST. 500 V. 49	BUCKET WHEEL 1/2 ELECT. FAULT 57	PRD LAST 1-TURN LIMIT SWITCH 65	BUCKET WHEEL 1/2-BSS. OFF MONITORING 73
EARTH LEAKAGE CONTROL SYST. 220 V.D.C. 50	BRIDGE CONV. ELECT. FAULT 58	PRD CABLE SLACK LIMIT SWITCH 66	BRIDGE CONV. BSS. OFF MONITORING 74
MAIN CIRCUIT BREAKER TRIPPED 51	TROLLEY DRIVE 1/2 ELECT. FAULT 59	PRD CABLE TAUT LIMIT SWITCH 67	TROLLEY DRIVE 1/2 DSS.OFF MONITORING 75
MACHINE IN OP. CAB MODE 52	TRAVEL DRIVE ELECT. FAULT 60	CRD. LAST 1-TURN LIMIT SWITCH 68	TRAVEL DRIVE DSS. OFF MONITORING 76
MCB. AUX. CONTROL VOLTAGE 53	TRAVEL DRIVE INVERTER FAULT 61	CRD. CABLE SLACK LIMIT SWITCH 69	C.C.C. SAFETY LIMIT SWITCH 77
OUT PUT MODULE SHORT CIRCUIT 54	PRD. ELECT. FAULT 62	CRD. CABLE TAUT LIMIT SWITCH 70	WIND SPEED ABOVE ALARM LEVEL 78
EMERGENCY STOP 55	CRD. ELECT. FAULT 63	TROLLEY DRIVE 1-SAFETY LIMIT SWITCH 71	WIND SPEED ABOVE DANGER LEVEL 79
CRD. BSS. OFF MONITORING 56	PRD. BSS. OFF MONITORING 64	TROLLEY DRIVE 2-SAFETY LIMIT SWITCH 72	MINE SAFETY LIMIT SWITCH 80

รูปที่ 3.3 แสดงผังของแผงสัญญาณเตือนระบบไฟฟ้าของ เครื่องตักถ่านหินลิกไนต์ ที่เหมืองแม่เมาะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดย สัญญาณแต่ละสัญญาณจะมีความหมายดังแสดงในตารางที่ 3.1 นี้

ตารางที่ 3.1 แสดงความหมายของสัญญาณเตือนแต่ละชนิด

หมายเลข	สัญญาณเตือน	ความหมาย
49	EARTH LEAKAGE POWER SYST. 500 V.	เกิดกระแสไฟฟ้ารั่วลงดินที่ระบบไฟฟ้ากำลัง ขนาด 500 โวลท์
50	EARTH LEAKAGE CONTROL SYST. 220 V.D.C.	เกิดกระแสไฟฟ้ารั่วลงดินที่ระบบไฟฟ้าควบคุม กระแสตรง ขนาด 220 โวลท์
51	MAIN CIRCUIT BREAKER TRIPPED	เกิดการตัดวงจรที่ Main Circuit Breaker
52	MACHINE IN OP. CAB MODE	เครื่องจักรถูกควบคุมโดยพนักงานขับ
53	MCB.AUX. CONTROL VOLTAGE	Auxiliary Magnetic Relay ที่ควบคุมการทำงาน ของ Main Circuit Breaker ทำงานผิดปกติเนื่อง จากมีแรงดันกระแสไฟฟ้าผิดปกติ
54	OUT PUT MODULE SHORT CIRCUIT	เกิดไฟฟ้าลัดวงจรที่อุปกรณ์ส่งสัญญาณออกจาก PLC ไปยังอุปกรณ์อื่นๆ
55	EMERGENCY STOP	เครื่องจักรเกิดเหตุฉุกเฉินต้องหยุดการทำงาน
56	CRD. BSS. OFF MONITORING	Belt Safety Switch ของ Control Cable Real Drum ถูกปรับมาอยู่ที่ตำแหน่ง Off
57	BUCKET WHEEL .1/2 ELECT. FAULT	ระบบไฟฟ้าของ Bucket Wheel ตัวที่ 1 หรือ 2 ชำรุด
58	BRIDGE CONV. ELECT. FAULT	ระบบไฟฟ้าของ Bridge Conveyor ชำรุด
59	TROLLEY DRIVE .½ ELECT. FAULT	ระบบไฟฟ้าของ Trolley Drive ตัวที่ 1 หรือ 2 ชำรุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.2 แสดงความหมายของสัญญาณเตือนแต่ละชนิด (ต่อ)

หมายเลข	สัญญาณเตือน	ความหมาย
60	TRAVEL DRIVE ELECT. FAULT	ระบบไฟฟ้าของ Travel Drive ชำรุด
61	TRAVEL DRIVE INTERVERT FAULT	เกิดการชำรุด ที่ Inverter ของ Travel Drive
62	PRD. ELECT. FAULT	ระบบไฟฟ้าของ Power Cable Reel Drum ชำรุด
63	CRD. ELECT. FAULT	ระบบไฟฟ้าของ Control Cable Reel Drum ชำรุด
64	PRD. BSS. OFF MONITORING	Belt Safety Switch ของ Power Cable Real Drum ถูกปรับให้อยู่ที่ตำแหน่ง Off
65	PRD LAST 1-TURN LIMIT SWITCH	สาย Cable ของ Power Cable Real ถูกดึงออกจากรางจนเหลือสาย Cable ในรางอีกเพียง 1 รอบ
66	PRD CABLE SLACK LIMIT SWITCH	สาย Cable ของ Power Cable Real ถูกดึงออกมามากเกินไปจนสายหย่อนเกินขอบเขต
67	PRD CABLE TAUT LIMIT SWITCH	สาย Cable ของ Power Cable Real ถูกดึงออกมาน้อยจนสายตึงเกินขอบเขต
68	CRD. LAST 1-TURN LIMIT SWITCH	สาย Cable ของ Control Cable Real ถูกดึงออกจากรางจนเหลือสาย Cable ในรางอีกเพียง 1 รอบ
69	CRD. CABLE SLACK LIMIT SWITCH	สาย Cable ของ Control Cable Real ถูกดึงออกมามากเกินไปจนสายหย่อนเกินขอบเขต
70	CRD. CABLE TAUT LIMIT SWITCH	สาย Cable ของ Control Cable Real ถูกดึงออกมาน้อยจนสายตึงเกินขอบเขต
71	TROLLEY DRIVE 1-SAFETY LIMIT SWITCH	Trolley Drive 1 เคลื่อนที่ไปด้านข้างมากจนชน Safety Limit Switch

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.3 แสดงความหมายของสัญญาณเตือนแต่ละชนิด (ต่อ)

หมายเลข	สัญญาณเตือน	ความหมาย
72	TROLLEY DRIVE-2 SAFETY LIMIT SWITCH	Trolley Drive 2 เคลื่อนที่ไปด้านข้างมากจนชน Safety Limit Switch
73	BUCKET WHEEL 1/2-BSS. OFF MONITORING	Belt Safety Switch ของ Bucket Wheel 1/2 ถูกปรับมาอยู่ที่ตำแหน่ง Off
74	BRIDGE CONV. BSS. OFF MONITORING	Belt Safety Switch ของ Bridge Conveyor ถูกปรับมาอยู่ที่ตำแหน่ง Off
75	TROLLEY DRIVE 1/2 BSS. OFF MONITORING	Belt Safety Switch ของ TROLLEY DRIVE 1/2 ถูกปรับมาอยู่ที่ตำแหน่ง Off
76	TRAVEL DRIVE BSS. OFF MONITORING	Belt Safety Switch ของ TRAVEL DRIVE ถูกปรับมาอยู่ที่ตำแหน่ง Off
77	C.C.C. SAFETY LIMIT SWITCH	เครื่องจักร เคลื่อนที่ไปทางด้าน CCC มากจนชน Safety Limit Switch
78	WIND SPEED ABOVE ALARM LEVEL	ลมพัดแรงระดับเตือนภัย ขอให้ระมัดระวังการทำงานของเครื่องตักวัสดุ
79	WIND SPEED ABOVE DANGER LEVEL	ลมพัดแรงระดับอันตราย ขอให้หยุดการทำงานของเครื่องตักวัสดุ
80	MINE SAFETY LIMIT SWITCH	เครื่องจักร เคลื่อนที่ไปทางด้าน Mine มากจนชน Safety Limit Switch

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3 เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ คลิปส์

การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญวินิจฉัยฟอลต์ระบบไฟฟ้า ของเครื่องตักถ่านนี้ ได้เลือกใช้เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญคลิปส์ มาใช้ในการพัฒนาระบบ ดังนั้นจึงจะขอกล่าวถึงรายละเอียดการทำงานของเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญคลิปส์ ให้ผู้อ่านได้รับทราบไว้พอสังเขป

เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญคลิปส์ มีทั้งแบบที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแบบดอส และแบบที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแบบวินโดว์ส การสั่งให้เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ คลิปส์ ทำงานสามารถทำได้ 2 รูปแบบคือ

แบบที่ 1 การป้อนคำสั่งให้ คลิปส์ ทำงานทีละคำสั่งจากท็อปเลเวล (top level) โดย

- เริ่มต้นการทำงาน คลิปส์ โดยการเรียกใช้คำสั่งให้เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ คลิปส์ ทำงาน

A:\> clips386 กด Enter

- คลิปส์ จะให้ command prompt รอรับคำสั่งที่ผู้ใช้งาน ใส่ (key) คำสั่งที่ต้องการลงไป

CLIPS> (assert (man Paul))

- เมื่อได้ผลลัพธ์ ก็ใช้คำสั่ง exit ออกจาก คลิปส์

CLIPS> (exit)

แบบที่ 2 การบรรจุ (load) ชุดคำสั่งจาก ไฟล์ โดยใช้คำสั่ง load ตัวอย่างเช่น

CLIPS> (load “C:\\clips\\rec.clp”)

การแทนความรู้ใน คลิปส์ ทำได้ 3 วิธีคือ

1) การเขียนแบบกฎ (Rule – Based) โดยการเขียนแบบกฎ นี้ คลิปส์ จะสนับสนุนเฉพาะการอนุมานแบบเดินหน้า
2) การเขียนแบบเป็นลำดับขั้นตอน (Procedural)
3) การเขียนแบบโปรแกรมเชิงวัตถุ (Objected Oriented)

โดยการพัฒนาสามารถใช้วิธีการแทนค่าความรู้วิธีใดวิธีหนึ่งเพียงอย่างเดียว หรือหลายวิธีผสมกันก็ได้ แต่ในที่นี้จะขออธิบายรายละเอียดของการเขียนโปรแกรมแบบกฎเท่านั้น

การเขียนโปรแกรมแบบกฎมี องค์ประกอบพื้นฐาน 3 อย่างคือ

1) รายการข้อเท็จจริง (Fact list) : ประกอบด้วยข้อมูลที่เก็บไว้ในหน่วยความทรงจำ โดยข้อมูลในคลิปส์ จะอยู่ในรูปเป็นก้อนๆเรียกว่าข้อเท็จจริงใน คลิปส์ จะมีคำสั่งที่สำคัญเกี่ยวกับ ข้อเท็จจริงดังนี้คือ

- คำสั่ง assert = เพิ่ม ข้อเท็จจริง เข้าไปในระบบ
- คำสั่ง retract = ลบ ข้อเท็จจริง ออกจากระบบ
- คำสั่ง deffact = เพิ่ม กลุ่มข้อเท็จจริง จำนวนมากๆ เข้าไปในระบบด้วยคำสั่งเดียว
- คำสั่ง deftemplate = ใช้ในการกำหนดโครงสร้างของ กลุ่มข้อเท็จจริง ให้โปรแกรมรู้จัก โดยคำสั่งนี้เราสามารถกำหนดรายละเอียดของ ข้อเท็จจริง ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

(deftemplate ชื่อ relation-name "optional comment"
(slot ชื่อ slotname1 (type ชื่อ type1) (range ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด))
(slot ชื่อslotname2 (type ชื่อtype2) (cardinality จำนวนfield_max จำนวนfield_min))
(multislot ชื่อslotname3 (type ชื่อtype3) (allow-symbols ค่าที่1 ค่าที่2))
(slot ชื่อ slotname4 (type ชื่อ type4)(default ค่าที่ต้องการให้ระบบใส่ให้))

เมื่อเราใส่ กลุ่มข้อเท็จจริง เข้าไปใน คลิปส์ ข้อเท็จจริงแต่ละก้อนจะมีหมายเลขกำกับเพื่อใช้อ้างอิงในโปรแกรมเรียกว่าดัชนีข้อเท็จจริง (fact index) หรืออาจอ้างอิงจากที่อยู่ของข้อเท็จจริง (fact address) หรืออ้างจาก ชื่อของข้อเท็จจริง ที่เรียกว่ารีเรชั่นเนม (relation name) ก็ได้ กลุ่มข้อเท็จจริง เหล่านี้มีทั้งเป็นแบบมีชื่อ หรือ ไม่มีชื่อ ทั้งแบบมีสลอต (slot) เดียว หรือมีหลายสลอต และใน สลอต จะมีข้อมูลเพียงค่าเดียว (single-field slot) หลายค่า (multifield slot) หรือ ไม่มีค่าอะไรเลยก็ได้โดย ชนิดของข้อมูลใน สลอต เป็นได้ทั้ง SYMBOL , STRING , LEXEME , INTEGER , FLOAT , NUMBER และสามารถกำหนดขอบเขตของข้อมูลที่จะป้อนเข้าในระบบได้ และการป้อนกลุ่มข้อเท็จจริง ให้กับ คลิปส์ เราจะใช้วิธีป้อนเข้าโดยตรงโดยคำสั่ง assert หรือ deffact ที่ ท็อปเลเวล (top level) หรือจะใช้วิธีเรียกไฟล์ (file) จากภายนอกเข้ามาโดยใช้คำสั่ง batch หรือ deffact ในกรณีที่ผู้ใช้งานใช้ข้อเท็จจริงที่เหมือนกันทุกๆครั้งที่สั่งให้โปรแกรมทำงาน

2) ฐานความรู้ : ประกอบด้วยกฎต่างๆ กฎเหล่านี้สามารถ ป้อนเข้าไปใน คลิปส์ โดยใช้คำสั่ง defrule ซึ่งมีโครงสร้างดังนี้

(defrule ชื่อrule-name "comment"
<pattern>*
=>
<action>*)

โดยถ้า รูปแบบ (pattern) ทั้งหมดสอดคล้องกับ กลุ่มข้อเท็จจริง กฎนั้นก็จะอยู่ในสภาพถูกกระตุ้น (activated) คือส่วนที่เป็นการกระทำ (action) จะถูกนำไปปฏิบัติ (fires)

คลิปส์ สามารถใช้ตัวแปรในการเขียนกฎได้ ความสามารถในการใช้ตัวแปรนี้ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเขียนระบบผู้เชี่ยวชาญให้ทำงานได้ตามต้องการได้ง่าย โดยใน คลิปส์ ตัวแปรจะขึ้นต้นด้วยเครื่องหมายคำถาม (?) วิธีการใส่ค่าให้ตัวแปรทำได้โดยใช้ตรรกะ (logic) คือถ้ามี ข้อเท็จจริง ที่ทำให้รูปแบบ ในกฎเป็นจริงได้ ตัวแปรจะมีค่าเท่ากับค่าที่อยู่ใน ข้อเท็จจริง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เรียกว่าการเบานด (bound) นอกจากนี้ยังสามารถกำหนด ค่าที่เป็นที่อยู่ของข้อเท็จจริง ให้กับตัวแปรได้โดยใช้ เครื่องหมาย แพทเทิน ไบนดิง ออพเพอะเรเทอะ (pattern binding operator , <-)

3) กลไกการอนุมาน : ใช้ควบคุมการทำงานทั้งหมด เครื่องอนุมานจะเป็นตัวตัดสินว่ากฎข้อใดจะถูกนำมาใช้และปฏิบัติ โดยใช้วิธีการค้นหากฎที่มีความสอดคล้องกับข้อเท็จจริงมาปฏิบัติ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- ป้อนคำสั่ง รัน (run) สั่งให้เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ คลิปส์ นำระบบผู้เชี่ยวชาญมาเริ่มทำงานแล้ว
- จากนั้นป้อน (input) กลุ่มข้อเท็จจริง เข้าระบบ
- ถ้าข้อเท็จจริง ที่เราป้อนให้ระบบตรงกับทุก รูปแบบ ในกฎ กฎจะถูก กระตุ้น แล้ว ส่วนที่เป็นการกระทำ ของกฎจะถูกนำไปเก็บเรียงไว้ อะเจนด้า (agenda) แบบสแตก (stack) คือ LIFO (last in first out) นั่นคือ การกระทำ ใดถูกนำเข้าไปเก็บทีหลังก็จะถูกนำมาปฏิบัติก่อนแต่หากกฎเหล่านั้นมีการกำหนดความสำคัญที่เรียกว่า เซเลียนท (salience) การกระทำ ใน อะเจนด้า ก็จะถูกนำมาปฏิบัติ ตามค่าของ เซเลียนท จากมากไปหาน้อยจนหมด หรือจนกว่าจะได้รับคำสั่งหยุดการทำงาน

แต่เนื่องจากลักษณะการทำงานของ คลิปส์ จะต่างจากโปรแกรมแบบลำดับขั้นตอน (Procedural Language) ตัวอย่างเช่น ทุกครั้งที่สั่งให้โปรแกรม โปรแกรมแบบลำดับขั้นตอน ก็จะเริ่มทำงานใหม่ทุกครั้งแต่ใน คลิปส์ หากมีการสั่งให้โปรแกรมทำงานอีก จะไม่เกิดการกระทำใดๆทั้งสิ้นถึงแม้ว่าเงื่อนไขจะเป็นจริงก็ตาม ทั้งนี้เพราะว่าไม่มีกฎที่อยู่ในสถานะถูกกระตุ้น อยู่ใน อะเจนด้า เลย เพราะ ใน คลิปส์ กฎจะอยู่ในสภาวะ ถูกกระตุ้น ก็ต่อเมื่อ

- รูปแบบ ในกฎนั้น เป็น รูปแบบ ใหม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือเพิ่งเกิดขึ้น
- รูปแบบ นั้นเคยเกิดขึ้นมาก่อน แต่ได้ถูกลบออก แล้วเพิ่มเข้ามาใหม่

ดังนั้นในการเขียนระบบผู้เชี่ยวชาญ ผู้เขียนโปรแกรมจะสามารถใช้หลักการเหล่านี้ช่วยในการควบคุมการทำงานของโปรแกรมได้โดยการควบคุมการเข้าคู่กัน (match) ระหว่าง กลุ่มข้อเท็จจริง กับ รูปแบบ ของกฎ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4 การรวบรวมความรู้

ความรู้เกี่ยวกับเครื่องตักวัสดุและการวินิจฉัยฟอลต์ระบบไฟฟ้าของเครื่องตักวัสดุ จะถูกรวบรวมจากแหล่งความรู้ต่างๆ คือ

1) คู่มือการใช้งาน และคู่มือการบำรุงรักษา ซึ่งบริษัทผู้ผลิตจะมอบมาพร้อมกับเครื่องจักร โดยในคู่มือดังกล่าวจะมีรายละเอียดเกี่ยวกับการวินิจฉัยฟอลต์ของเครื่องตักถ่าน

2) การประชุมสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจาก แผนกบำรุงรักษาไฟฟ้าระบบสายพาน กองบำรุงรักษาไฟฟ้า ฝ่ายผลิตเหมือง การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งทำหน้าที่ซ่อมบำรุงรักษาเครื่องตักวัสดุ

3.5 การออกแบบระบบผู้เชี่ยวชาญ

1) การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm)

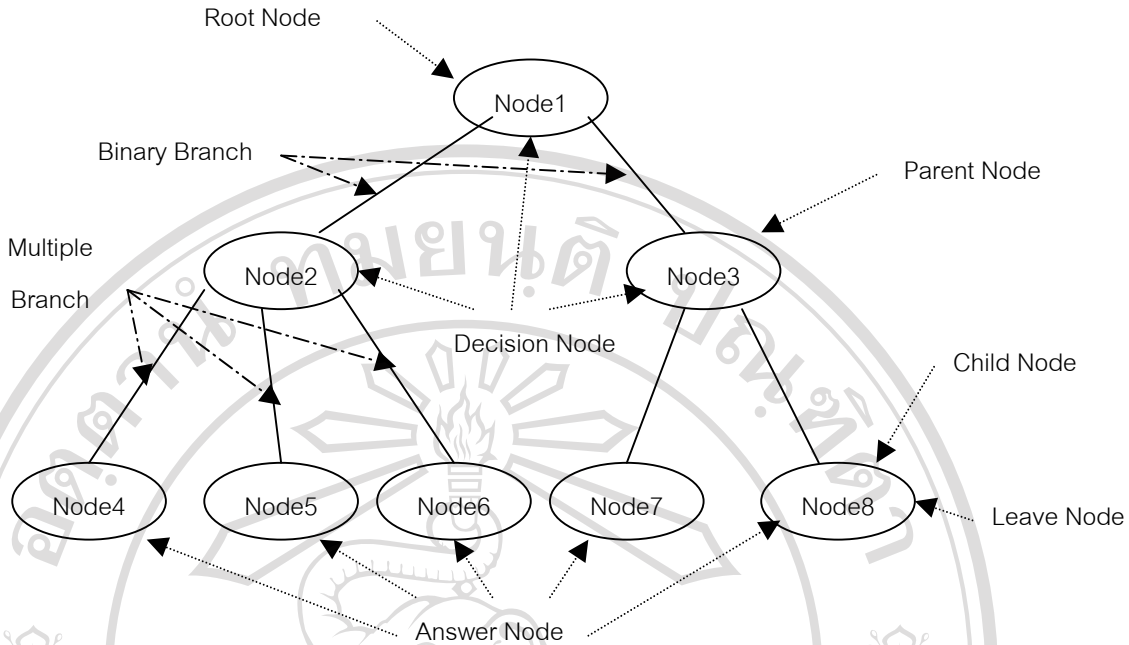
เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญคลิปส์มีขั้นตอนวิธี หลายแบบที่สามารถนำมาใช้ในการออกแบบระบบผู้เชี่ยวชาญ แต่เนื่องจากลักษณะของปัญหาที่นำมาศึกษาครั้งนี้เป็นปัญหาในการหาคำตอบจากกลุ่มของคำตอบที่เป็นไปได้(ซึ่งถูกเตรียมไว้) โดยการตั้งคำถามให้ตอบหรือการตัดสินใจเป็นลำดับเพื่อลดกลุ่มของคำตอบที่เป็นไปได้ลงจนเหลือเพียงคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว ดังนั้นจึงเลือกใช้ขั้นตอนวิธีแบบต้นไม้การตัดสินใจ (Decision Tree) ในการออกแบบฐานความรู้

ต้นไม้การตัดสินใจ ประกอบด้วย โหนด (node) และ เส้นเชื่อม (branches) โหนดจะแทนตำแหน่งในต้นไม้ ตำแหน่งเหล่านั้นจะแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ โหนดตัดสินใจ (decision node) หรือ โหนดคำตอบ (answer node) เส้นเชื่อม จะเชื่อมระหว่าง โหนดพ่อ (parent node) และ โหนดลูก (child node) โหนด ที่อยู่บนสุดของต้นไม้จะไม่มี โหนดพ่อ (parent) และถูกเรียกว่า โหนดรูท (root node) ส่วน โหนด อื่นๆ ทุกๆ โหนด จะมี 1 โหนดพ่อ ส่วนโหนด ที่ไม่มี ลูก (Child) จะถูกเรียกว่าโหนดปลายหรือใบไม้ (Leave) โหนดปลาย (Leave Node) จะเป็น โหนดคำตอบ ในขณะที่ โหนด อื่นๆจะเป็น โหนดตัดสินใจ ดังแสดงในรูปที่ 3.4

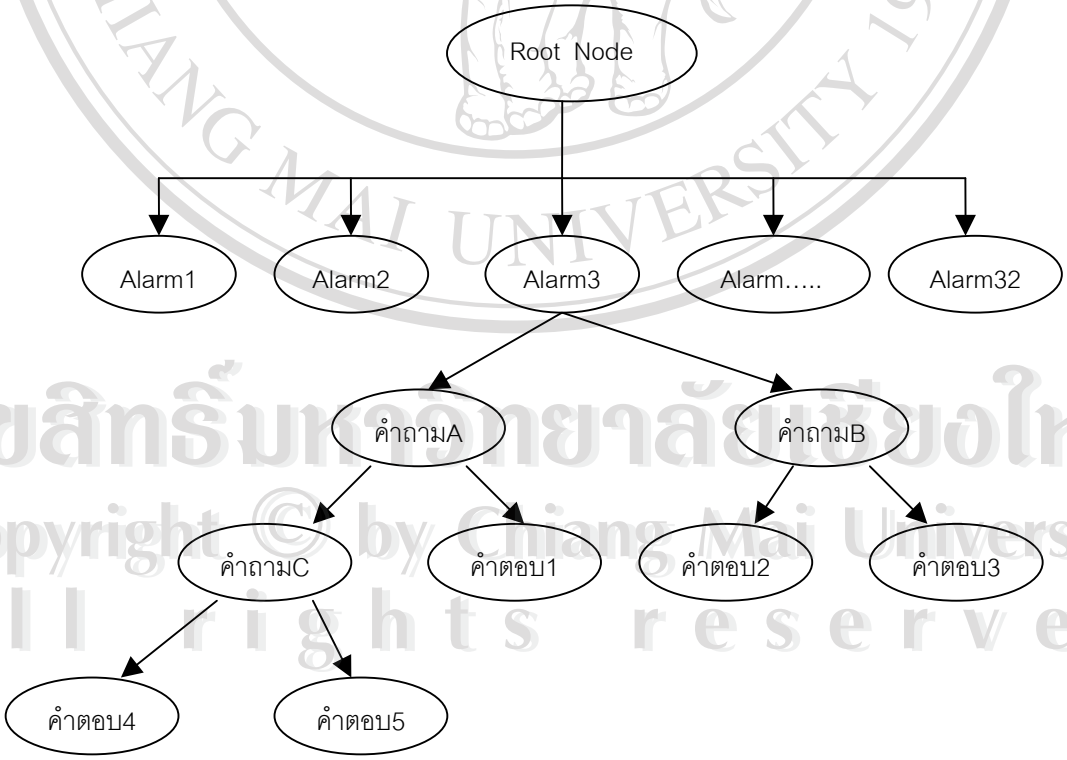
โหนด ที่เป็น โหนดตัดสินใจ จะมีคำถามให้ตอบ จากคำตอบ สามารถแบ่ง ต้นไม้การตัดสินใจ ได้ 2 แบบคือ แบบเส้นเชื่อม 2 เส้น (Binary Branches) และแบบเส้นเชื่อมมากกว่า 2 เส้น (Multiple Branches) โดย แบบเส้นเชื่อม 2 เส้น จะเป็น ต้นไม้การตัดสินใจ ซึ่งคำถามจะเป็นประเภท “Is The …….?” ส่วนคำตอบจะมีเพียง 2 คำตอบคือ ใช่ (Yes) หรือ ไม่ใช่ (No) ในขณะที่แบบเส้นเชื่อมมากกว่า 2 เส้น จะเป็นคำถามประเภท “What is……..?” ส่วนคำตอบจะมากกว่า 2 คำตอบ

ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมแบบ ต้นไม้การตัดสินใจ จึงต้องเขียนให้ระบบประกอบด้วย โหนด 3 แบบคือ โหนดรูท โหนดตัดสินใจ และ โหนดคำตอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.4 แสดงโครงสร้างต้นไม้การตัดสินใจ



รูปที่ 3.5 แสดงโครงสร้างต้นไม้การตัดสินใจของระบบผู้เชี่ยวชาญวินิจฉัยฟอลต์ฯ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.5 จะแสดงให้เห็นถึงการออกแบบโครงสร้างรวมว่าออกแบบให้ โหนดรูท เป็นโหนดตัดสินใจที่มีเส้นเชื่อมมากกว่า 2 เส้น เนื่องจากสัญญาณเตือนที่ถูกรวบรวมความรู้มาเก็บไว้ในฐานความรู้มีถึง 32 ชนิดสัญญาณเตือน การตั้งคำถามที่โหนดนี้ระบบจะต้องถามเพื่อทราบว่า " ผู้ใช้งานต้องการคำแนะนำเกี่ยวกับสัญญาณเตือนชนิดใด ?" และคำตอบที่ผู้ใช้งานป้อนตอบระบบเพื่อให้ระบบค้นหาคำแนะนำให้ก็จะมีได้ 32 ค่า ดังนั้นจึงต้องมีเส้นเชื่อมที่แยกจาก โหนดรูท ไปยัง โหนดลูก 32 เส้น จากนั้นออกแบบให้โครงสร้างต้นไม้ตัดสินใจในส่วนของสัญญาณเตือนแต่ละชนิดเป็นโหนดตัดสินใจแบบเส้นเชื่อม 2 เส้น เพราะการตั้งคำถามเพื่อสอบถามข้อมูลสภาพความเป็นจริงที่เกิดขึ้นในขณะนั้นว่าเป็นอย่างไร ผู้ออกแบบสามารถออกแบบคำถามให้ผู้ใช้งานป้อนคำตอบเป็น ใช่ หรือไม่ใช่ ได้ตามต้องการ

2) การออกแบบฐานความรู้

การนำเสนอความรู้ในฐานความรู้ เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญคลิปส์สามารถนำเสนอได้ทั้งในรูปแบบกฎ หรือรูปแบบข้อเท็จจริงก็ได้ แต่ด้วยเหตุผลที่ว่าความรู้ที่อยู่ในรูปข้อเท็จจริงจะถูกแก้ไขปรับปรุงเพิ่ม หรือลดความรู้ได้ง่าย และขั้นตอนการแก้ไขปรับปรุงความรู้ไม่ควรจะมีผลกระทบต่อ source code ระบบผู้เชี่ยวชาญ หรือถ้ามีก็ควรจะออกแบบให้มีน้อยที่สุด จึงเป็นการเหมาะสมที่การศึกษาครั้งนี้จะออกแบบให้การนำเสนอความรู้อยู่ในรูปแบบของ กลุ่มข้อเท็จจริง มากกว่าในรูปแบบของ กฎ ดังนั้น ทุกโหนดในต้นไม้การตัดสินใจ ไม่ว่าจะเป็น โหนดตัดสินใจ หรือ โหนดคำตอบ จะถูกออกแบบให้นำเสนอในรูปของ ข้อเท็จจริง ซึ่งกำหนดโครงสร้างไว้ดังนี้

```
(deftemplate node
        (slot name)
        (slot type)
        (slot question)
        (slot yes-node)
        (slot no-node)
        (slot answer) )
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

โดย name = ชื่อของ โหนด ซึ่งแต่ละ โหนด มีชื่อไม่ซ้ำกัน

type = ประเภทของ โหนด ว่าเป็นคำตอบ (answer) หรือ ตัดสินใจ(decision)

question = คำถามที่จะใช้ถามผู้ใช้งาน

yes-node = ชื่อ โหนด ที่จะถูกกำหนดเป็น ตำแหน่งปัจจุบันตำแหน่งต่อไป ถ้าตอบ ใช่

no-node = ชื่อ โหนด ที่จะถูกกำหนดเป็น ตำแหน่งปัจจุบันตำแหน่งต่อไป ถ้าตอบ ไม่ใช่

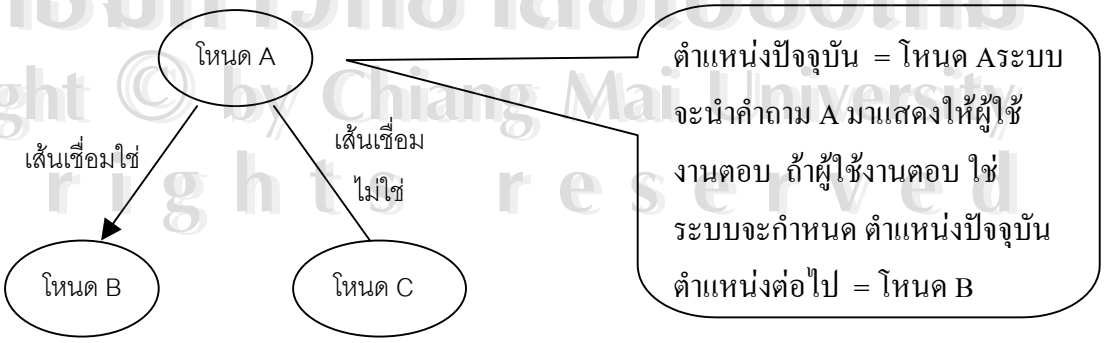
answer = คำตอบที่จะใช้ตอบผู้ใช้งาน

ค่าที่อยู่ใน สลอตคำถาม (slot question) สลอตเยสโหนด (slot yes-node) และ สลอตโนโหนด (slot no-node) จะถูกกำหนดค่าเฉพาะ โหนดตัดสินใจ ส่วนค่าที่อยู่ใน สลอตคำตอบ (slot answer) จะถูกกำหนดค่าเฉพาะ โหนดคำตอบ และแยกกลุ่มข้อเท็จจริงนี้ออกจากไฟล์คลิปส์ ชื่อ rec.clp มาแยกเก็บไว้ต่างหากเป็นไฟล์ประเภทข้อความ ชื่อ tree.dat

3) การออกแบบกระบวนการวินิจฉัย (Inferencing process)

สำหรับกระบวนการวินิจฉัยได้ออกแบบขั้นตอนการทำงานให้มีรายละเอียดดังนี้

- เริ่มที่ขั้นตอนแรกจะทำการ กำหนดให้ ตำแหน่งปัจจุบัน (current location) อยู่ที่ โหนดรูท และ อ่านความรู้จากไฟล์ข้อเท็จจริงนำมาป้อนเข้าระบบ (load facts)
- ต่อมาระบบจะตรวจสอบตำแหน่งปัจจุบัน ว่าเป็น โหนดตัดสินใจ หรือโหนดคำตอบ ถ้าเป็นโหนดตัดสินใจ โปรแกรมจะอ่านข้อเท็จจริง record ที่มีค่าในสลอตชื่อ (slot name) ตรงกับ ชื่อของตำแหน่งปัจจุบัน แล้วนำข้อความที่ สลอตคำถาม มาแสดงให้ผู้ใช้งานตอบรายละเอียดของปัญหาที่เกิดขึ้น
- จากคำตอบ โปรแกรมจะนำไปใช้ในการกำหนด ตำแหน่งปัจจุบัน ตำแหน่งต่อไป โดยระบบจะนำคำตอบที่ได้ไปเปรียบเทียบว่าถ้าคำตอบเป็นแบบนี้ โหนดลูก ที่เชื่อมกับตำแหน่งปัจจุบัน ด้วย เส้นเชื่อมของคำตอบนั้นเป็นจุดใด กำหนดให้โหนดนั้นเป็นตำแหน่งปัจจุบันตำแหน่งต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงการกำหนดตำแหน่งปัจจุบัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

- จากนั้น ขั้นตอนที่ 2 และ 3 จะถูกทำซ้ำจนค้นพบ โหนดคำตอบ และ ระบบจะนำคำตอบนั้นมาแสดง

กระบวนการวินิจฉัยที่กล่าวมานี้สามารถเขียนเป็น pseudocode ได้ดังนี้

```
Procedure Solve_Binary_Tree
    Set the current location in the tree
      To the root node .
    While the current location is a decision node do
      Ask the question at the current node .
      If the reply to the question is yes
        Set the current node to the yes branch .
      Else
        Set  the current node to the no branch .
      End if
    End do
    Return the answer at the current node .
  End procedure

Procedure Solve_Tree
    Set the currect tree location to the root node .
      While the current location is a decision node do
      Ask the question at the current node until an
          Answer in the set of valid choices for this
            Node has been provided .
      Set the current node to the child node of the
          Branch associated with the choice selected .
    End do
    Return the answer at current node .
End procedure
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

และจาก Pseudocode นี้สามารถนำมาเขียนเป็นกฎได้ดังต่อไปนี้

กฎที่ทำหน้าที่กำหนดตำแหน่งเริ่มต้นเป็น โหนดรูท ใน ต้นไม้การตัดสินใจ และอ่านความรู้จากไฟล์ข้อเท็จจริงมาป้อนเข้าระบบ

```
(defrule  initialize
    (not (node (name root)))
    =>
    (load-facts "tree.dat")
    (assert (current-node root)))
```

กฎที่ทำหน้าที่ตรวจสอบว่าตำแหน่งปัจจุบัน เป็น โหนดตัดสินใจ และนำคำถามซึ่งเป็นของตำแหน่งปัจจุบัน นั้นขึ้นมาถามผู้ใช้งาน

```
(defrule determine-branch
    ?node <- ( current-node ?name )
    (node ( name ?name )
          ( type decision )
          ( question ?question ))
    ( not ( answer ? ))
    =>
    ( if ( yes-or-no ?question)
      then ( assert (answer yes))
      else ( assert ( answer no )) ))
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

และเมื่อผู้ใช้งานป้อนคำตอบกระบวนการวินิจฉัยจะเลือกใช้กฎต่อไปนี้ในการกำหนดตำแหน่งปัจจุบัน ลำดับถัดไป

```
(defrule proceed-to-yes-branch
    ?node <- ( current-node ?name )
    (node ( name ?name )
```

```
        ( type decision )
        ( yes-node ?yes-branch))
    ?answer <- ( answer yes )
    =>
    ( retract ?node ?answer )
    ( assert ( current-node ?yes-branch )))
(defrule proceed-to-no-branch
    ?node <- ( current-node ?name )
    (node ( name ?name )
        ( type decision )
        ( no-node ?no-branch ))
    ?answer <- ( answer no )
    =>
    ( retract ?node ?answer )
    (assert (current-node ?no-branch )))
```

เมื่อ ตำแหน่งปัจจุบัน เป็น โหนดคำตอบ ระบบผู้เชี่ยวชาญจะใช้กฎต่อไปนี้ในการส่งคำตอบที่ต้องการให้แก่ผู้ใช้งาน

```
(defrule answer
    ?node <- ( current-node ?name )
    (node ( name ?name )
        ( type answer )
        ( answer ?value ))
    (not ( answer ? ))
    =>
    ( printout t " I suggest that.... " ?value )
    (printout t crlf crlf )
    ( retract ?node )
    (assert (current-node exit )))
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.6 การแทนความรู้

วิศวกรความรู้จะนำความรู้ที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์แยกความรู้ออกเป็นกลุ่มๆ โดยยึดเอาลักษณะของสัญญาณเตือนที่เกิดขึ้นเป็นเกณฑ์ และนำความรู้นั้นมาเรียบเรียงนำเสนอในรูปแบบแสดงแทนความรู้เพื่อให้เข้าใจง่าย สะดวกต่อการนำไปสร้างฐานความรู้ และการตรวจ การศึกษาครั้งนี้วิศวกรความรู้จะทำการแยกการตรวจสอบหาสาเหตุของการเกิดสัญญาณเตือนแต่ละสัญญาณมาเรียบเรียงนำเสนอในรูปแบบโครงสร้างการตัดสินใจแบบต้นไม้ โดยแต่ละโหนดของต้นไม้จะเป็น คำถามที่ผู้เชี่ยวชาญใช้ตรวจสอบวินิจฉัยหาสาเหตุการเกิดสัญญาณเตือนหรือคำตอบที่เป็นสาเหตุของการเกิดสัญญาณเตือน จากตารางที่ 3.1 สรุปได้ว่าลักษณะของสัญญาณเตือนที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้าของเครื่องจักรตักสามารถจำแนกออกเป็น 32 ชนิด สัญญาณเตือนแต่ละชนิดจะถูกวิเคราะห์วิธีการตรวจสอบหาสาเหตุของการเกิดสัญญาณว่าผู้เชี่ยวชาญจะมีขั้นตอนการตรวจสอบและตัดสินใจอย่างไรและนำมาเรียบเรียงให้อยู่ในรูปแบบโครงสร้างการตัดสินใจแบบต้นไม้ได้ 32 แบบ ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข. แต่ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างขึ้นมาอธิบายให้เป็นที่เข้าใจสัก 1 ตัวอย่างคือ สัญญาณเตือนว่าระบบไฟฟ้าควบคุมกระแสตรงขนาด 220 โวลท์ เกิดกระแสไฟฟ้ารั่วลงดินซึ่งจะเกิดจากสาเหตุ 4 ประการคือ

1) Breaker (หมายเลข 37-Q51.1) Trip
2) Insulation Monitoring Module (หมายเลข 37-F91) ชำรุด
3) Control 220 V ของ เครื่องตักวัสดุ 5 เกิด EARTH LEAKAGE
4) เกิด Flag ค้างใน PLC.

จะสามารถเรียบเรียงมาแสดงแทนความรู้ในรูปแบบโครงสร้างต้นไม้ได้ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.6 จากนั้นจะนำความรู้มาสร้างเป็นฐานความรู้ในรูปแบบข้อเท็จจริง ได้ดังตัวอย่างข้างล่างนี้

(node (name el200v) (type decision) (question Is the window text EARTH LEAKAGE CONTROL SYST. 220V.DC.? (yes/no)) (yes-node el200v1) (no-node el200v2) (answer))

(node (name el200v1) (type decision) (question Does Breaker no. 37-Q51.1 Trip ? (yes/no)) (yes-node el200v3) (no-node el200v4) (answer))

(node (name el200v2) (type answer) (question) (yes-node nil) (no-node nil) (answer The window text of annunciation no 50 is Earth Leakage Control System 220 V DC. so you input wrong information))

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

(node (name el200v3) (type answer) (question) (yes-node nil) (no-node nil) (answer Breaker Trip so on Breaker))

(node (name el200v4) (type decision) (question Does Breaker no. 37-Q51.1 fault ? (yes/no)) (yes-node el200v5) (no-node el200v6) (answer))

(node (name el200v5) (type answer) (question) (yes-node nil) (no-node nil) (answer Breaker fault so change a new one))

(node (name el200v6) (type decision) (question Does the light at Earth Detector Module on ? (yes/no)) (yes-node el200v7) (no-node el200v8) (answer))

(node (name el200v7) (type decision) (question Is the resistant value at Earth Detector >100 kiloohm ? (yes/no)) (yes-node el200v9) (no-node el200v10) (answer))

(node (name el200v8) (type decision) (question Is the resistant value at Earth Detector >100 kiloohm ? (yes/no)) (yes-node el200v11) (no-node el200v12) (answer))

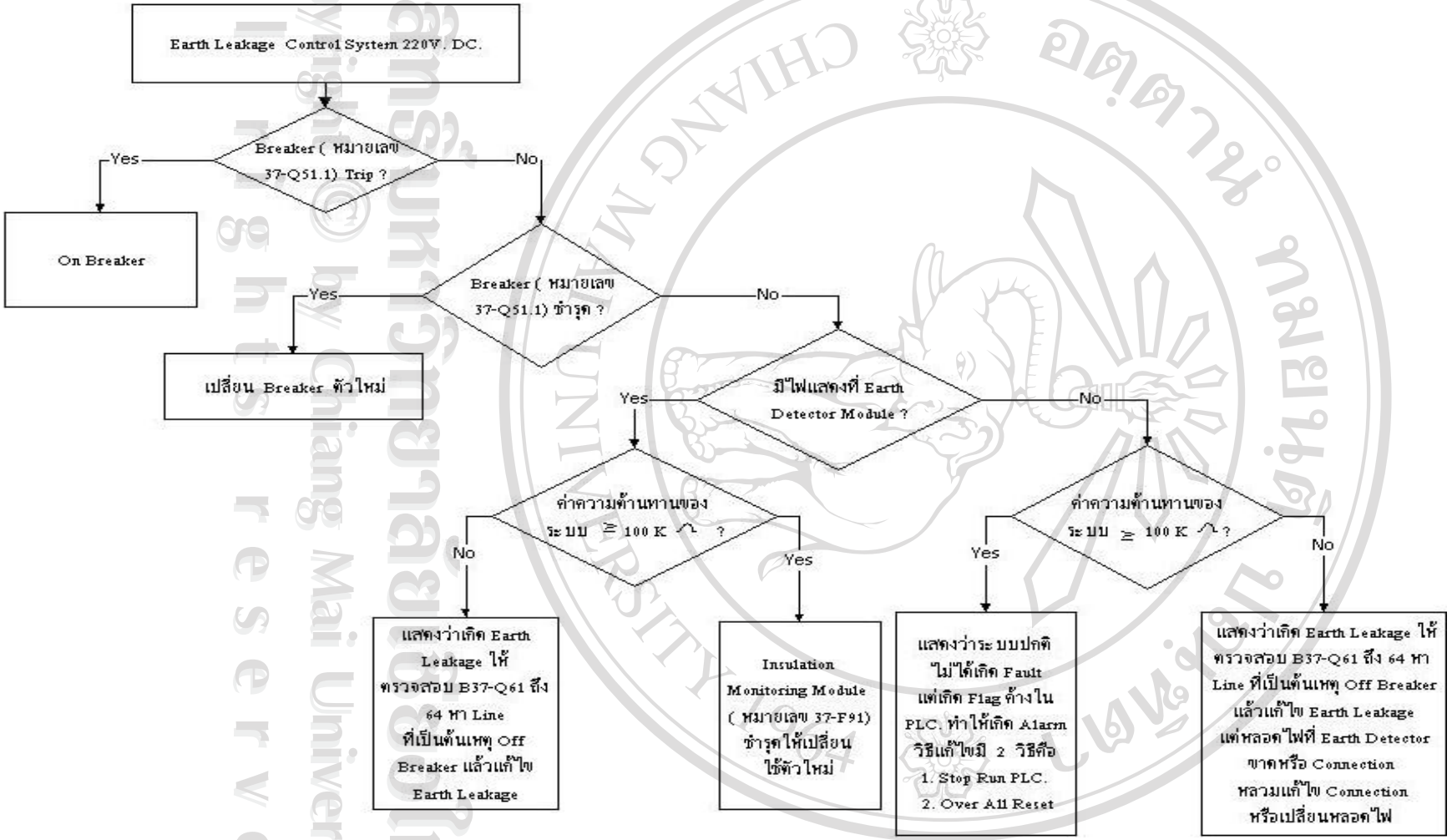
(node (name el200v9) (type answer) (question) (yes-node nil) (no-node nil) (answer Insulation Monitoring Module no.37-F91 fault so change a new one))

(node (name el200v10) (type answer) (question) (yes-node nil) (no-node nil) (answer Check Breaker no. 37-Q61 to 37-Q64 to find out Earth Leakage cause and fix it))

(node (name el200v11) (type answer) (question) (yes-node nil) (no-node nil) (answer No Fault but PLC. Error so stop run PLC. or over all reset))

(node (name el200v12) (type answer) (question) (yes-node nil) (no-nodenil)(answer Check Breaker no. 37-Q61 to 37-Q64 to find out Earth Leakage cause and fix it and the light or the connection at window no 07-H41-2 E-House no.02 not proper so fix the light or connection))

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.7 แสดงโครงสร้างการตัดสินใจแบบต้นไม้กรณีสัญญาณเตือนว่าระบบไฟฟ้าควบคุมกระแสตรงขนาด 220 โวลท์ เกิดกระแสไฟฟ้ารั่วลงดิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.7 การติดต่อกับผู้ใช้งาน

การนำระบบผู้เชี่ยวชาญไปใช้งานในปัจจุบันจะแบ่งตามสถาปัตยกรรมของระบบออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่คือ

1) การใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญผ่านทางอินเทอร์เน็ต
2) การใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญแบบใช้งานเดี่ยว(Stand Alone)ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ระบบ
   (1) ระบบผู้เชี่ยวชาญที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแบบดอส (DOS)
   (2) ระบบผู้เชี่ยวชาญที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแบบวินโดว์ส (WINDOWS)

แต่เนื่องจากสถาปัตยกรรมแต่ละแบบจะมีข้อดี และข้อเสียต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.2 ดังนั้น การพิจารณาเลือกแบบใดมาประยุกต์ใช้งานจะต้องพิจารณาจากปัญหาที่เราจะนำระบบผู้เชี่ยวชาญไปช่วยแก้ปัญหาว่ามีลักษณะแบบใด แล้วเลือกสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมกับปัญหามากที่สุด

ในการศึกษาครั้งนี้ ปัญหาที่จะนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาช่วยแก้ปัญหาคือ ทำอย่างไรจึงจะช่วยให้พนักงานควบคุมสามารถทำการแก้ไขเครื่องตักวัสดุให้สามารถกลับเข้าทำงานในระบบได้เร็วที่สุดและมั่นใจว่าจะไม่ทำให้เครื่องจักรเสียหายเพิ่ม ได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอด 24 ชั่วโมงถึงแม้ว่าจะไม่มีผู้เชี่ยวชาญจากแผนกซ่อมบำรุงมาปฏิบัติงาน อีกทั้งการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมีเครื่องตักวัสดุใช้งานอยู่ที่เหมืองแม่เมาะเพียงแห่งเดียวเท่านั้น เพราะฉะนั้นสิ่งที่องค์การต้องการก็คือระบบที่สามารถให้คำแนะนำได้ตลอดเวลาสำหรับผู้ใช้งาน ในสถานที่เดียว ดังนั้นสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมที่สุดคือ ระบบผู้เชี่ยวชาญแบบใช้งานเดี่ยวบนระบบปฏิบัติการแบบวินโดว์ส

การสั่งให้เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ คลิปส์ บนระบบปฏิบัติการแบบแบบวินโดว์ส ทำงานสามารถทำได้ 2 รูปแบบคือ

1) การป้อนคำสั่งให้ คลิปส์ ทำงานจากท็อปเลเวล (top level) เหมือนกับการทำงานของเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญคลิปส์บนระบบปฏิบัติการแบบดอส
2) การคลิกเลือกคำสั่งจากเมนู

แต่เพื่อความสะดวกในการใช้งาน จึงออกแบบให้เลือกใช้รูปแบบการเลือกคำสั่งจากเมนูในการติดต่อกับผู้ใช้งาน ทั้งนี้การติดต่อระหว่างผู้ใช้งานกับระบบผู้เชี่ยวชาญเช่นในขั้นตอนของการสอบถามข้อมูลจากผู้ใช้งานว่าเครื่องตักวัสดุมีอาการอย่างไรบ้าง ระบบก็จะถามเป็นภาษาอังกฤษ และในการสรุปผลว่าพนักงานควบคุมจะต้องปฏิบัติอย่างไรระบบก็แสดงเป็นภาษาอังกฤษ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.4 แสดงการเปรียบเทียบสถาปัตยกรรมแบบต่างๆของระบบผู้เชี่ยวชาญ

สถาปัตยกรรมแบบ	ข้อดี	ข้อเสีย
1.ระบบผู้เชี่ยวชาญผ่านทางอินเทอร์เน็ต	1. ผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญได้จากทุกแพลตฟอร์ม และ ทุกที่ที่อินเทอร์เน็ตเข้าถึง 2. ผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญได้โดยไม่ต้องมีความรู้เกี่ยวกับเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ	1. เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ดังนั้นผู้พัฒนาระบบต้องหมั่นดูแลและตรวจสอบระบบให้ยังคงสามารถใช้งานได้ในสภาพแวดล้อมใหม่ 2. ค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบสูงเนื่องจากต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถสูงมาทำเป็นเซิร์ฟเวอร์ (Server) ติดตั้งระบบ 3. การพัฒนาระบบทำได้ยาก เนื่องจากต้องเพิ่มการพัฒนาระบบด้านเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application)
2. ระบบผู้เชี่ยวชาญแบบใช้งานเดี่ยวบนระบบปฏิบัติการแบบดอส	1. ค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบต่ำสุด เนื่องจากสามารถใช้เครื่องที่มีความสามารถต่ำมาติดตั้งระบบได้ 2. การพัฒนาระบบทำได้ง่าย	1. มีความยุ่งยากในการใช้งานสูงสุด เพราะการสั่งให้ระบบทำงานต้องป้อนคำสั่งผ่านทาง ท็อปเลเวล (Top Level) เท่านั้น 2. ผู้ใช้งานที่สามารถใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญได้ต้องมีความรู้เกี่ยวกับเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญในระดับหนึ่ง
3. ระบบผู้เชี่ยวชาญแบบ ใช้งานเดี่ยวบนระบบปฏิบัติการแบบวินโดว์ส	1. ค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบต่ำเนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องที่มีความสามารถสูงมาติดตั้งระบบ 2. การพัฒนาระบบทำได้ง่าย 3. การใช้งานไม่ยุ่งยาก ไม่จำเป็นต้องจดจำรูปแบบการป้อนคำสั่ง เพราะสามารถใช้งานแบบเลือกคำสั่งจากรายการ	1.ผู้ใช้งานที่สามารถใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญได้ต้องมีความรู้เกี่ยวกับเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญเล็กน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.8 การปรับปรุงแก้ไขฐานความรู้

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ระบบผู้เชี่ยวชาญได้รับการออกแบบให้นำเสนอความรู้อยู่ในรูปของข้อเท็จจริงที่ถูกแยกไว้ต่างหากในไฟล์ tree.dat ดังนั้นวิธีการปรับปรุงฐานความรู้จึงสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กรณีตามขอบเขตของการปรับปรุงดังนี้

1) กรณีปรับปรุงความรู้เดิม

ลักษณะนี้จะเป็นการปรับปรุงความรู้เกี่ยวกับสัญญาณเตือนที่มีอยู่แล้วในฐานความรู้ให้มีความละเอียดถูกต้องมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็น การปรับปรุงแก้ไขข้อความคำถามที่อยู่ใน สลอตคำถาม หรือ คำตอบที่อยู่ใน สลอตคำตอบ หรือจะเป็นการแก้ไขโครงสร้างการตัดสินใจแบบต้นไม้ โดยการแก้ไขชื่อของโหนดใน สลอตเยสโหนด และ สลอตโนโหนด หรือการเพิ่มโหนดตัดสินใจและโหนดคำตอบ ก็สามารถทำได้ง่ายๆ โดยการใช้โปรแกรม Text Editor ทั่วๆไป เช่นโปรแกรม Notepad , Wordpad และ Microsoft Word เรียกไฟล์ข้อมูล tree.dat ดังกล่าวมาแก้ไข โดยไม่ต้องกลัวว่าจะกระทบถึง Source Code ของระบบผู้เชี่ยวชาญเลยเพราะทั้ง 2 ส่วนไม่ได้เก็บไว้ในไฟล์เดียวกัน และผู้ที่ทำการแก้ไขปรับปรุงฐานความรู้ก็ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจในหลักการทำงานของ คลิปส์ เลย เพียงแต่เข้าใจโครงสร้างของปัญหาในรูปแบบต้นไม้การตัดสินใจก็พอ

ตัวอย่างเช่น หากผู้ใช้งานต้องการให้ปรับปรุง เพิ่มคำแนะนำเกี่ยวกับสัญญาณเตือนชื่อ “Earth Leakage Control System 220V.D.C.” ดังแสดงในรูปที่ 3.7 ขั้นตอนที่ผู้แก้ไขต้องกระทำจะมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ผู้ที่ทำการแก้ไข ต้องทราบว่าข้อความที่จะแก้ไขอยู่ตรงโหนดชื่อใด ในโครงสร้างรูปแบบต้นไม้การตัดสินใจของปัญหา ในตัวอย่างนี้โหนดที่ต้องการแก้ไขชื่อ el200v8 ซึ่งมีโหนด el200v11 และ el200v12 เป็นโหนดลูก การแก้ไขต้องการแก้ไขโดยเพิ่มขั้นตอนการตัดสินใจขึ้นอีก 1 ขั้นตอน ดังนั้นจึงต้องเปลี่ยนโหนดลูกที่ถูกเชื่อมกับโหนดพ่อด้วยเส้นเชื่อมไม่ใช่ จากเดิม คือโหนด el200v12 เป็น โหนด el200v13

ขั้นตอนที่ 2 ใช้โปรแกรม Text Editor เปิดไฟล์ tree.dat ขึ้นมา ค้นหาความรู้ของโหนดนั้นแล้วแก้ไขข้อความในสลอต ดังต่อไปนี้

ที่โหนดพ่อชื่อ el200v8 แก้ไขข้อความใน

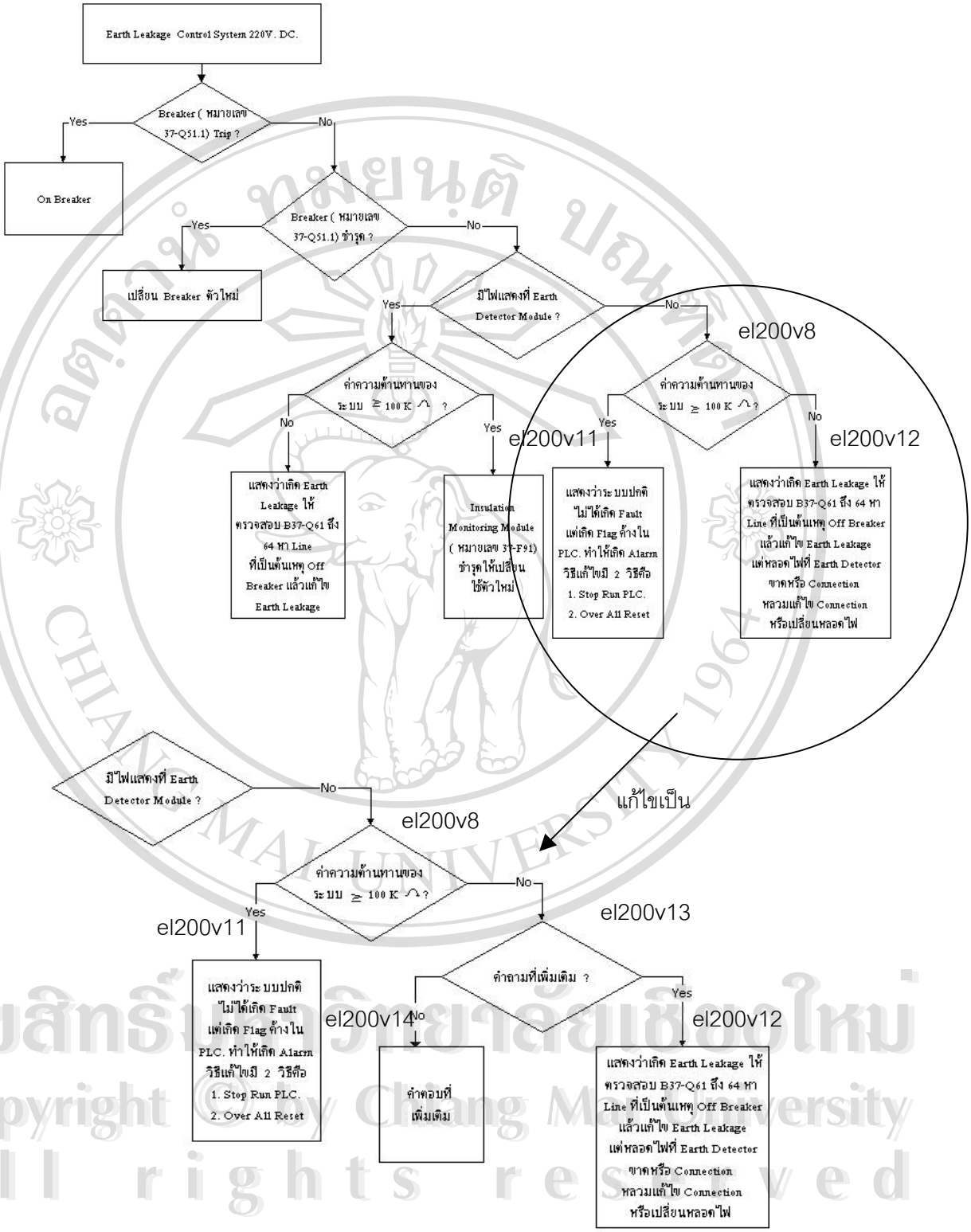
- สลอตโนโหนด จากเดิม el200v12 เป็น el200v13

เพิ่มโหนดคำถามชื่อ el200v13 ซึ่งมีข้อความใน

- สลอตเยสโหนด เป็น el200v12
- สลอตโนโหนด เป็น el200v14

เพิ่มโหนดคำตอบชื่อ el200v14

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.8 แสดงการปรับปรุงสัญญาณเตือนชื่อ “Earth Leakage Control System 220V.D.C.”

2) กรณีปรับปรุงเพิ่มความรู้ใหม่

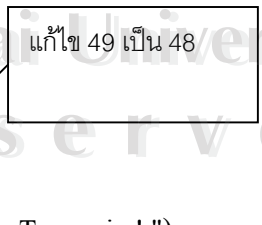
ลักษณะนี้จะเป็นการปรับปรุงฐานความรู้ทั้งเพื่อขยายฐานความรู้โดยการเพิ่มชนิดของสัญญาณเตือนให้มีมากขึ้น หรือเพื่อลดชนิดของสัญญาณเตือนที่มีอยู่แล้วในฐานความรู้ให้มีน้อยลง กรณีนี้ผู้ที่ทำการแก้ไขจะต้องแก้ไขทั้งไฟล์ระบบผู้เชี่ยวชาญที่ชื่อ rec.clp และ ไฟล์ความรู้ที่ชื่อ tree.dat ดังนั้นผู้ที่ทำการแก้ไขปรับปรุงฐานความรู้นอกจากจำเป็นต้องเข้าใจโครงสร้างของปัญหาในรูปแบบต้นไม้การตัดสินใจแล้ว ยังต้องมีความรู้ความเข้าใจในหลักการทำงานของ คลิปส์ พอสมควร

ตัวอย่างเช่น หากผู้ใช้งานต้องการให้ปรับปรุงเพิ่มความรู้ในระบบผู้เชี่ยงชาญให้สามารถให้คำแนะนำเกี่ยวกับสัญญาณเตือนของอุปกรณ์ทางไฟฟ้าชื่อ “New System” ได้อีก 1 สัญญาณ ขั้นตอนที่ผู้แก้ไขต้องกระทำจะมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ใช้โปรแกรม Text Editor เปิดไฟล์ rec.clp ขึ้นมาแก้ไข ดังนี้

สมมติให้สัญญาณเตือนของอุปกรณ์ทางไฟฟ้าชื่อ “New System” หมายเลข 48 ดังนั้นต้องเข้าไปแก้ไขให้ระบบผู้เชี่ยวชาญสามารถแจ้งให้ผู้ใช้งานทราบว่าสัญญาณที่ระบบสามารถให้คำแนะนำได้มีสัญญาณหมายเลข 48 นี้ด้วย โดยการแก้ไข

```
ที่ (deffunction tree-no (?question)
    (printout t ?question)
    (printout t crlf crlf )
    (bind   ?tree (read))
    (if (lexemep  ?tree)
then (printout t " Your answer is not correct .   Try again ! " )
        (printout t crlf crlf )
    (printout t ?question)
    (printout t crlf crlf )
    (bind ?tree (read)) )
    (while (or (> ?tree 80) (< ?tree 49) ) do
    (printout t " Your answer is not correct .   Try again ! ")
    (printout t crlf crlf )
    (printout t ?question)
```



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

```
(printout t crlf crlf )
(bind ?tree (read)) )
?tree )

ที่ (defrule determine-cause
?node <- (current-node ?name)
(node (name ?name)
        (type decision3)
        (question ?question))
(not (answer ?))
=>
(bind ?answer (tree-no ?question ))
(retract ?node )
(if (eq ?answer 49)
   then (assert (current-node el500v))
        else (if (eq ?answer 50)
             then (assert (current-node el200v))
             else (if (eq ?answer 51)
                  then (assert (current-node mcb))
```

เพิ่มคำสั่ง if อีก 1 ครั้งดังนี้

```
(if (eq ?answer 48)
then (assert (current-node new))
    else (if (eq ?answer 49)
        then (assert (current-node el500v))
```

ขั้นตอนที่ 2 ใช้โปรแกรม Text Editor เปิดไฟล์ tree.dat ขึ้นมาเพิ่มเติมข้อเท็จจริงซึ่งเป็นความรู้เกี่ยวกับสัญญาณเตือนของอุปกรณ์ทางกลชื่อ "New System" โดยการเพิ่มโหนดที่เป็นโหนดลูก ของโหนด new ดังแสดงด้านล่าง

(node (name new) (type decision) (question Is the window text NEW SYSTEM ? (yes/no)) (yes-node new1) (no-node new2) (answer))

(node (name new1) (type decision) (question ……QUESTION1……. ? (yes/no)) (yes-nodenew3) (no-node new4) (answer))

(node (name new2) (type answer) (question) (yes-node nil) (no-node nil)
(answer ……ANSWER2……))

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

(node (name new3) (type answer) (question) (yes-node nil) (no-node nil) (answer ……ANSWER3……))

(node (name new4) (type decision) (question ……QUESTION4……. ? (yes/no)) (yes-node new5) (no-node new6) (answer))

(node (name new5) (type answer) (question) (yes-node nil) (no-nodenil)(answer ……ANSWER5……))

(node (name new6) (type answer) (question) (yes-node nil) (no-nodenil)(answer ……ANSWER6……))

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved