บทที่ 3

ข้อมูลเกี่ยวกับโรงงานตัวอย่าง

โรงงานตัวอย่างที่ได้ทำการศึกษาวิจัยเป็นโรงงานผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าชั้นนำแห่งหนึ่งในประเทศไทย โดยมีบริษัทแม่อยู่ที่ประเทศญี่ปุ่น และยังมีบริษัทลูกในเครือตามประเทศต่างๆ อีกหลายประเทศ เช่น เกาหลี, จีน, อังกฤษ และ เม็กซิโก เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่โรงงานแห่งนี้ได้ผลิตส่งออกทั้งในประเทศและต่างประเทศ คือ หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ในเตาอบไมโครเวฟ และ หม้อแปลงที่ใช้ในอุปกรณ์อิเลคทรอนิคต่างๆ เช่น วิทยุ, เครื่องเสียง, เครื่องถ่ายเอกสาร, พรินเตอร์ และคอมพิวเตอร์ เป็นต้น โรงงานนี้ได้ก่อตั้งในประเทศไทยเป็นระยะเวลากว่า 13 ปี ปัจจุบันมีพนักงานทั้งหมดประมาณ 2,100 คน การทำงานแบ่งเป็น 2 กะทำงาน / วัน (1 กะทำงาน 9 ชั่วโมง)

3.1 แผนผังโครงสร้างขององค์กร

โรงงานที่ทำการศึกษาประกอบด้วยแผนกผลิต 4 แผนก จำแนกตามชนิดของผลิตภัณฑ์ แผนผังโครงสร้างองค์กรของบริษัทแสดงในรูปที่ 3.1 หน่วยงานที่ทำการศึกษา ได้แก่ แผนกประกันคุณภาพ ประกอบด้วยหลายหน่วยงาน ซึ่งมีหน้าที่ ดังนี้

3.1.1 หน่วยตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ (Incoming Inspection, IQC)
ทำหน้าที่ในการตรวจสอบสอบคุณภาพของวัตถุดิบ รายการที่ทำการตรวจสอบมีทั้งการตรวจสอบลักษณะภายนอก และคุณสมบัติเชิงกล

3.1.2 หน่วยตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ระหว่างผลิต (In – Process Inspection)
ทำหน้าที่ในการตรวจสอบคุณภาพของหม้อแปลงระหว่างขั้นตอนการผลิตต่างๆ โดยทำการสุ่มตรวจสอบเพื่อให้การผลิตเป็นไปตามข้อกำหนด

3.1.3 หน่วยตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (Outgoing Inspection)
หม้อแปลงไฟฟ้า ที่ผ่านการตรวจสอบ 2nd inspection โดยแผนกผลิตและบรรจุลงลังหรือกล่องแล้วจะถูกส่งมายังหน่วยงานนี้ เพื่อผ่านการสุ่มตรวจสอบคุณภาพก่อนนำไปจัดเก็บในคลังสินค้าสำเร็จรูปเพื่อรอการส่งมอบให้กับลูกค้าต่อไป

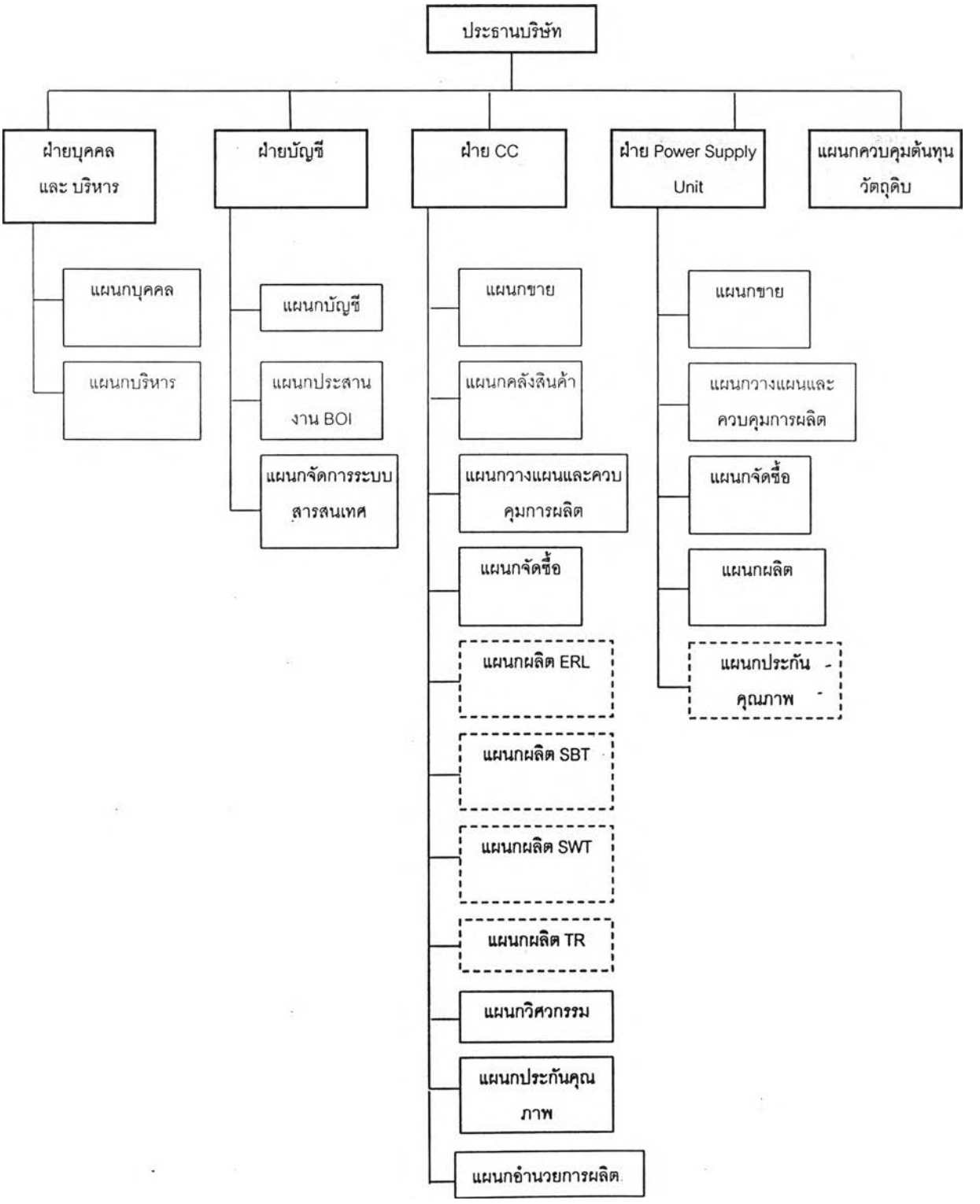
3.1.4 หน่วยควบคุมเอกสาร
ทำหน้าที่ออกแบบและควบคุมเอกสารที่ใช้ในแต่ละแผนกผลิตเพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน รวมไปถึงการรวบรวมข้อมูลผลการดำเนินงานด้านคุณภาพของแต่ละแผนกผลิตจัดทำเป็นรายงานคุณภาพในแต่ละเดือน

3.1.5 หน่วยปรับเทียบเครื่องมือวัด (Calibration)

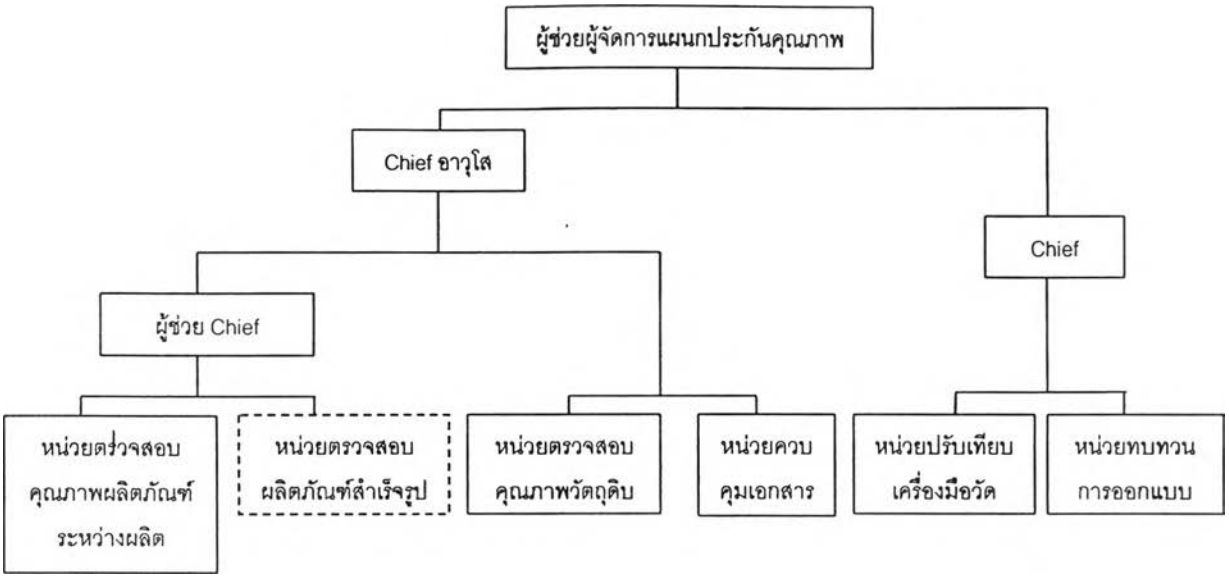
ทำหน้าที่ปรับเทียบเครื่องมือวัดต่างๆ

3.1.6 หน่วยทบทวนการออกแบบ (Design Review)

ทำงานร่วมกับแผนกวิศวกรรมในการทบทวนการออกแบบกรณีที่เกิดปัญหาคุณภาพ แผนผังโครงสร้างองค์กรดังรูปที่ 3.2



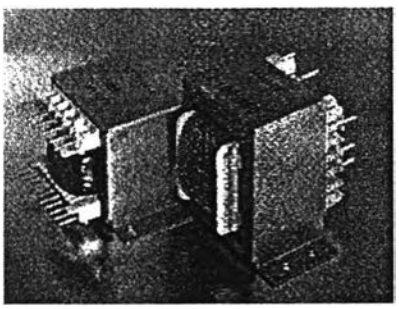
รูปที่ 3.1 แผนผังโครงสร้างองค์กรของบริษัท



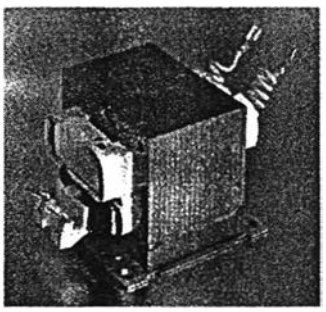
รูปที่ 3.2 แผนผังโครงสร้างองค์กรแผนกรับประกันคุณภาพ

3.2 ผลิตภัณฑ์

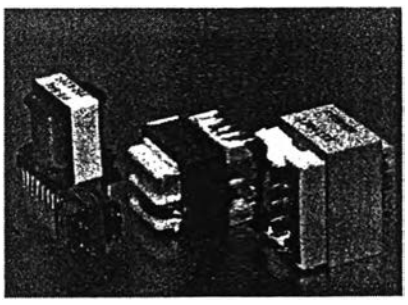
ผลิตภัณฑ์ของโรงงานตัวอย่างได้แก่ หม้อแปลงไฟฟ้า ERL, SBT, SWT และ TR ลักษณะภายนอกของหม้อแปลงไฟฟ้าแต่ละชนิดแสดงในรูปที่ 3.3 ถึง 3.6



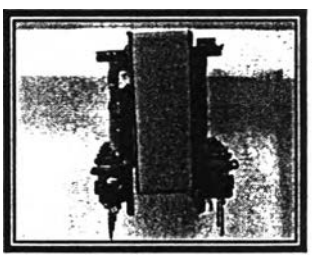
รูปที่ 3.3 หม้อแปลงไฟฟ้า SBT



รูปที่ 3.4 หม้อแปลงไฟฟ้า ERL



รูปที่ 3.5 หม้อแปลงไฟฟ้า SWT และ SBT



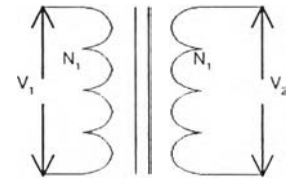
รูปที่ 3.6 หม้อแปลงไฟฟ้า TR

<u>ส่วนประกอบสำคัญของหม้อแปลงไฟฟ้า</u> ได้แก่

1. ขดลวดปฐมภูมิ
2. ขดลวดทุติยภูมิ
3. แกนเหล็ก

3.3 สูตรการคำนวณพื้นฐาน

วงจรไฟฟ้าพื้นฐานของหม้อแปลงแสดงได้ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 วงจรไฟฟ้าพื้นฐานของหม้อแปลง

<u>สูตรการคำนวณพื้นฐาน</u>

$$V_1/N_1 = V_2/N_2$$

เมื่อ

N_1 = จำนวนรอบขดลวดปฐมภูมิ N_2 = จำนวนรอบขดลวดทุติยภูมิ

V_1 = แรงดันไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ V_2 = แรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ

3.4 กระบวนการผลิต

หม้อแปลงไฟฟ้าแต่ละชนิดที่ผลิตโดยโรงงานตัวอย่างจะมีความแตกแตกต่างกันเล็กน้อย แต่โดยส่วนใหญ่แล้วกระบวนการผลิต-หม้อแปลงไฟฟ้าแต่ละแบบ (model) จะมีกระบวนการผลิตคล้ายคลึงกัน กระบวนการผลิตมีดังนี้

1. พันขดลวด (Coil Winding)

   พันขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ ตามจำนวนรอบที่ระบุในคู่มือการทำงาน (Operation Guidance Sheet, O.G.S.)

2. พันเทปรอบขดลวด (Coil Taping)

   พันเทปรอบขดลวด เพื่อป้องกันความเสียหายต่อขดลวด

3. บัดกรี (Soldering)

บัดกรีตะกั่วที่ขาทุกขาด้วยเครื่องอัตโนมัติ (Automatic Soldering Machine)

4. ประกอบแกนเหล็ก (Assembly Ferrite Core or E-lamination & Auto-hammering)

ประกอบแกน (Core) รูปตัว E กับ coil แกนของหม้อแปลงทำจากเหล็กผงที่นำมาอัดเป็นก้อน (Ferrite Core) หรือทำจากแผ่นเหล็กรูปตัว E นำมาเรียงสลับกันหลายๆ ชั้น แล้วใช้ค้อนตอกให้แน่นและมีผิวเรียบเสมอกัน

5. พันเทป (Core Taping)

ติดเทปรอบแกนให้แน่น เพื่อป้องกันการเคลื่อนและผิดรูปร่าง

6. ทำเครื่องหมาย (Marking)

Stamp เครื่องหมายแสดง model และ lot no.

7. ตรวจสอบขั้นที่ 1 (1^{st} Inspection)

ได้แก่ ตรวจสอบค่าทางไฟฟ้า ด้วยเครื่องตรวจสอบอัตโนมัติ และตรวจสอบความเรียบร้อยของลักษณะภายนอก

8. ชุบด้วยวานิชหรือเคลือบขี้ผึ้ง (Dipping or Wax)

นำหม้อแปลงที่ประกอบเสร็จแล้วไปผ่านกระบวนการชุบด้วยวานิช(Dipping) หรือ ขี้ผึ้ง(wax) เพื่อเพิ่มความสามารถในการระบายความร้อนและเป็นการเคลือบฉนวนไฟฟ้า

9. ทำความสะอาด

ทำความสะอาดวานิช หรือขี้ผึ้งส่วนเกินออก

10. ตรวจสอบขั้นที่ 2 (2^{nd} Inspection)

ทำการตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าด้วยเครื่องตรวจสอบอัตโนมัติ และตรวจสอบความเรียบร้อยของลักษณะภายนอก

3.5 การตรวจสอบเพื่อควบคุมคุณภาพ

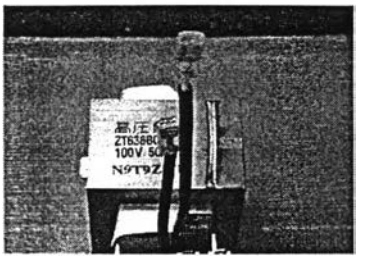
การตรวจสอบลักษณะภายนอกของหม้อแปลงไฟฟ้า มีดังนี้

ด้านที่ 1

- ดูตำแหน่ง ความชัดเจน และความถูกต้องของการทำเครื่องหมาย
- ตรวจสอบสนิมบนแกนเหล็ก

รูปที่ 3.8

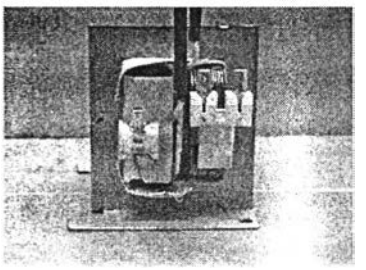
ด้านที่ 2



รูปที่ 3.9

- ดูความเรียบของสายฮีทเตอร์ (heater) จุดต่อ สลีฟ (sleeve)และ ทิวบ์(tube)

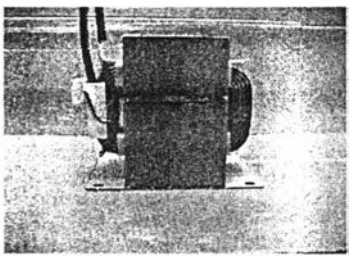
ด้านที่ 3



รูปที่ 3.10

- ดูขดลวดของฮีทเตอร์, ขดลวดปฐมภูมิ และขดลวดทุติยภูมิ ต้องไม่เป็นรอยขีดข่วน (scratch) หรือไขว้ (cross) และวางในตำแหน่งที่ถูกต้อง
- จุดต่อของเทอร์มินอล (terminal) ทุกตัวต้องตรงตำแหน่ง
- ช่องว่าง ระหว่างแกน E และแกน I

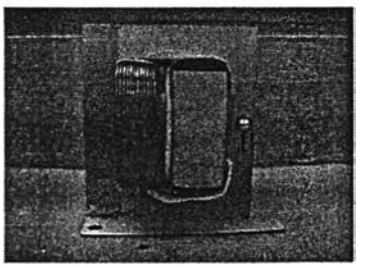
ด้านที่ 4



รูปที่ 3.11

– ตรวจดูแกนเหล็กต้องไม่เป็นสนิม
- ความเรียบร้อยของรอยเชื่อม
- ระยะห่างระหว่างขดลวดกับแกนเหล็ก และความยาวของ spacer

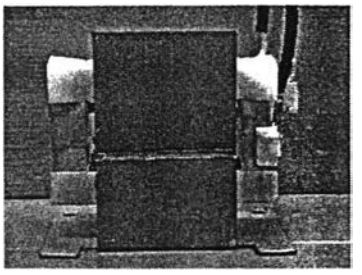
ด้านที่ 5



รูปที่ 3.12

- ดูความเรียบร้อยของหมุดย้ำ (rivet)
- ขดลวด
- กระดาษห่อขดลวด

ด้านที่ 6



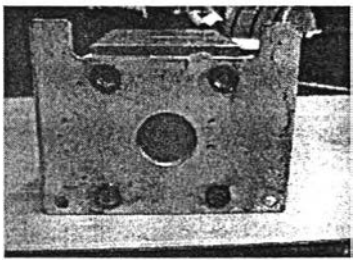
รูปที่3.13

– แกนเหล็กต้องไม่มีเป็นสนิม

- รอยเชื่อม

- spacer

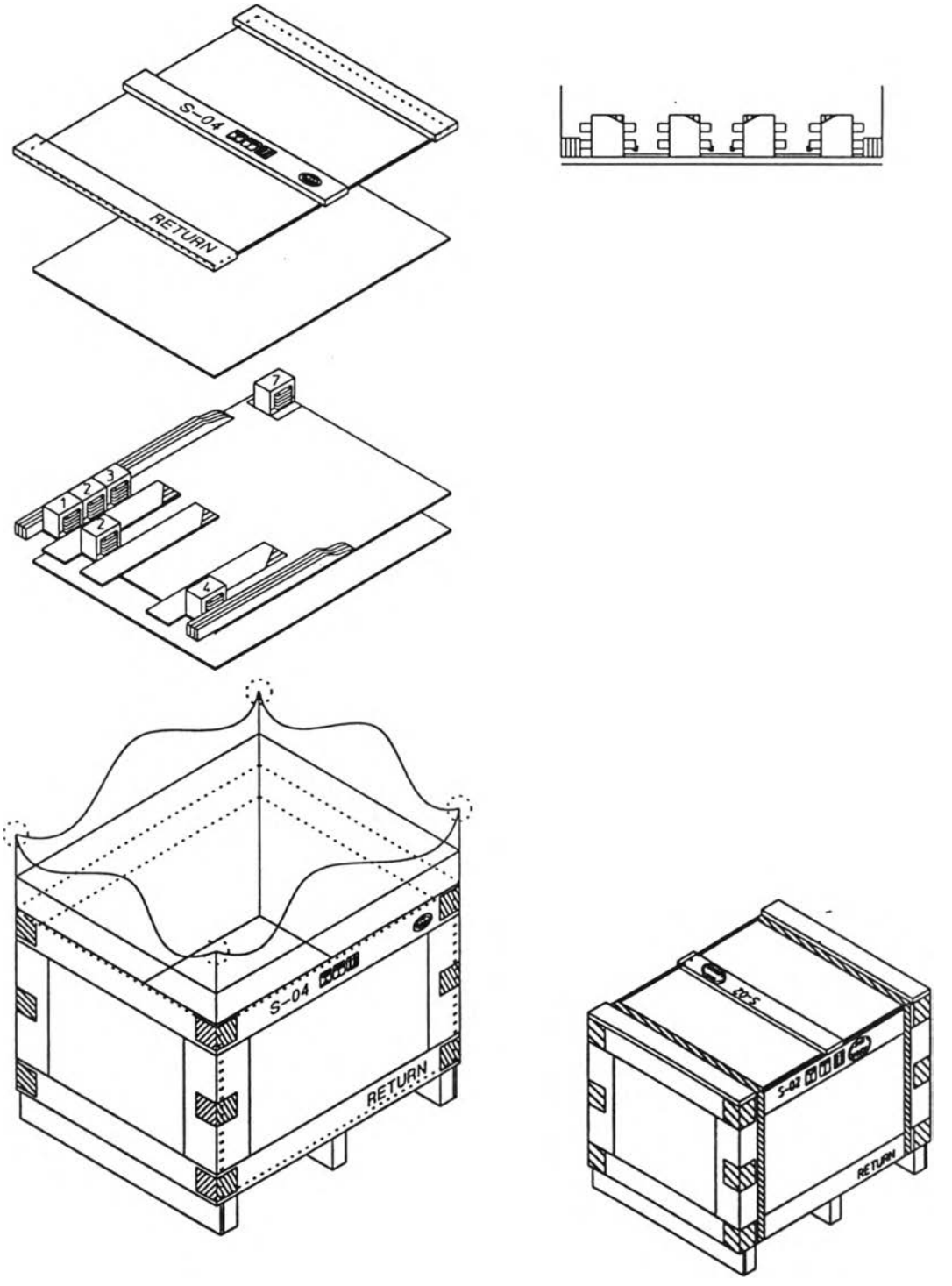
ด้านที่ 7



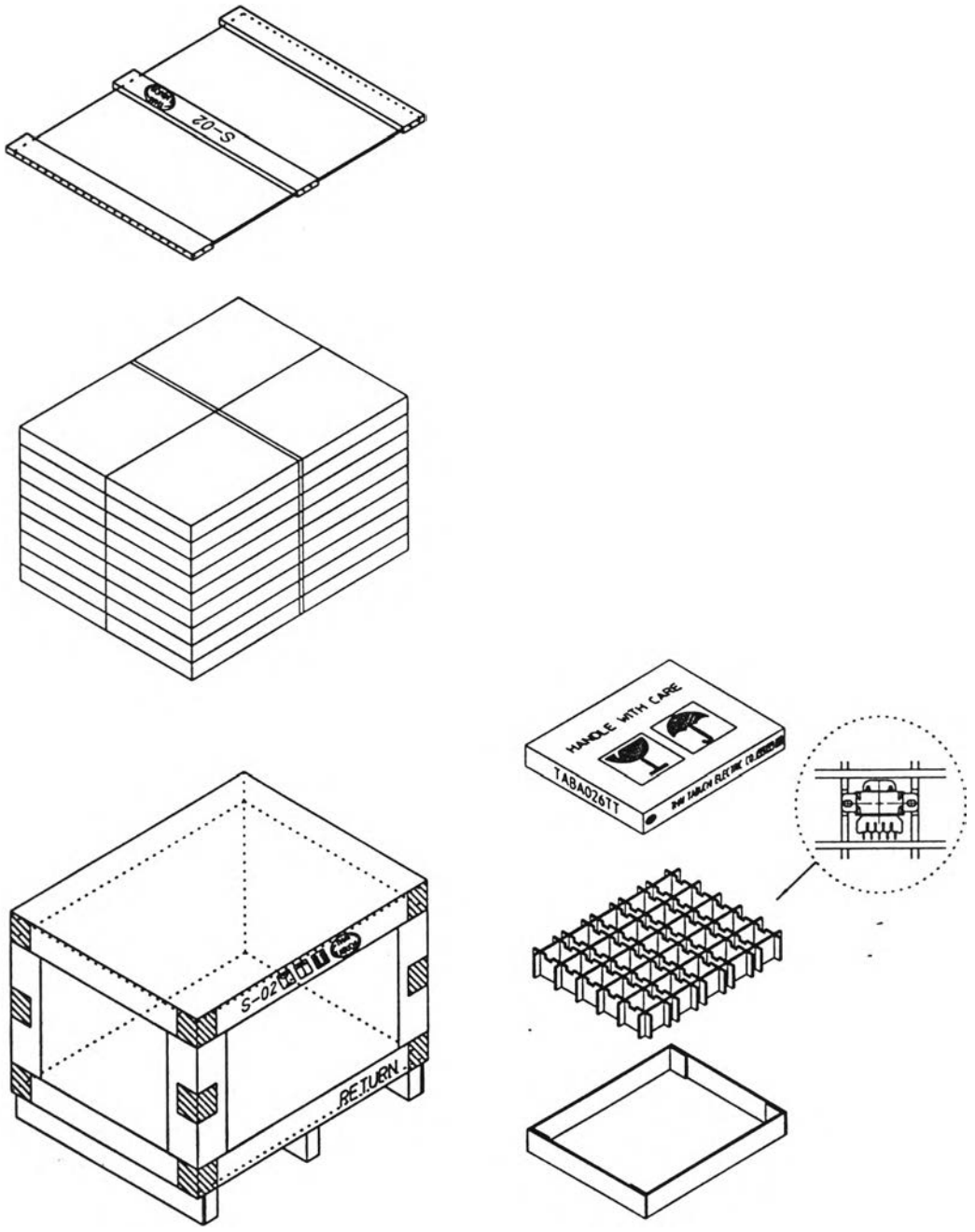
รูปที่ 3.14

- ตำแหน่งการเชื่อมของฐาน

หม้อแปลงไฟฟ้าที่ผ่านการตรวจสอบขั้นที่ 2 โดยแผนกผลิตแล้วจะถูกบรรจุลงกล่องกระดาษหรือลังไม้ ไปให้หน่วยงานประกันคุณภาพทำการสุ่มตัวอย่างก่อนนำไปเก็บในคลังสินค้าเพื่อรอการส่งมอบให้ลูกค้าต่อไป ลักษณะการบรรจุหม้อแปลงไฟฟ้าแสดงในรูปที่ 3.16 และ 3.17



รูปที่ 3.15 การบรรจุกล่องของหม้อแปลง ERL



รูปที่ 3.16 การบรรจุกล่องของหม้อแปลง SBT, SWT และ TR

3.6 วิเคราะห์สภาพปัญหา

แผนการชักสิ่งตัวอย่างที่แผนกประกันคุณภาพใช้ในการสุ่มตรวจสอบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปก่อนนำไปจัดเก็บในคลังสินค้าเพื่อรอการส่งมอบให้ลูกค้านั้น (Outgoing Inspection) มิได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยพิจารณาถึง AQL, LTPD, α, β และไม่ได้ทำการประเมินความเหมาะสมของแผนการชักสิ่งตัวอย่าง

ถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์จะผ่านการตรวจสอบแบบ 100% (1^{st} inspection และ2^{nd} inspection) แต่ก็ยังมีของเสียจำนวนหนึ่งปะปนออกมา เนื่องมาจากการตรวจสอบผลิตภัณฑ์จำนวนมากแบบ 100% นั้นทำให้เกิดความเบื่อหน่ายและเป็นเหตุให้เกิดความเมื่อยล้า และความตั้งใจของพนักงานตรวจสอบก็ลดลงเรื่อยๆ ดังจะเห็นได้ว่ายังคงพบผลิตภัณฑ์บกพร่องภายหลังจากที่ผลิตภัณฑ์ผ่านการตรวจสอบแบบ 100% มาแล้ว

ในแผนการชักสิ่งตัวอย่างแบบคลาสสิคัลหรือแผนการสองจุดของ Schilling – Johnson ที่ใช้การกระจายความน่าจะเป็นแบบปัวซองประมาณค่าความน่าจะเป็นแบบทวินามเป็นการกระจายความน่าจะเป็นของจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องจำนวน x_i จากขนาดตัวอย่าง n_i ที่พบจากการสุ่มตรวจสอบรุ่นที่ i ที่มีขนาด N_i นั้น กำหนดให้พารามิเตอร์ p ของการกระจายความน่าจะเป็นแบบทวินามเท่ากับค่าคงที่ มีค่าโดยประมาณเท่ากับสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องของตัวอย่าง $y_i = x_i / n_i$ การคำนวณสถิติที่ใช้ในการหาแผนการชักสิ่งตัวอย่างสำหรับรุ่นที่ m ไม่ได้นำประวัติคุณภาพในอดีต $Y=(y_1, y_2, \ldots y_{m-1})$ มาร่วมในการพิจารณา ดังนั้นแผนการชักสิ่งตัวอย่างที่สร้างจากข้อกำหนด (AQL, LTPD, α, β) เดียวกันจึงเป็นแผนการชักสิ่งตัวอย่างเดียวกันไม่ว่าประวัติคุณภาพในอดีตจะเหมือนหรือแตกต่างกัน ขนาดตัวอย่างจากการคำนวณที่ได้มีมากเกินความจำเป็นหรือน้อยเกินไป

ในความเป็นจริงแล้วคุณภาพของรุ่น (p_i) จะแปรเปลี่ยนไปในแต่ละรุ่นและสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ผ่านการตรวจสอบ 2^{nd} Inspection ก่อนที่จะมาผ่านการตรวจสอบก่อนส่งมอบให้ลูกค้านั้นไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด แต่จากข้อมูลสุ่มตรวจสอบรุ่นที่ผ่านๆมา ทำให้ได้ประวัติคุณภาพ $Y=(y_1, y_2, \ldots y_{m-1})$ ซึ่งโดยวิธีการของสถิติเอ็มพิริกัลย์ ประวัติคุณภาพนี้จะถูกนำมาใช้ในการคำนวณหาแผนการชักสิ่งตัวอย่างที่เหมาะสมและสอดคล้องกับข้อกำหนด

Rutherford และ Krutchkoff (1969) ได้กล่าวถึงการใช้วิธีการเอ็มพิริกัลเบย์ในการประมาณค่าแบบจุดโดยพิจาณาความคลาดเคลื่อน(Squared- error- loss function) โดยได้ยกนัวอย่างในกรณีของการกระจายความน่าจะเป็นแบบปัวซอง, แกมมา, ปกติ (normal) และการกระจายความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ (uniform) สรุปว่าความคลาดเคลื่อน (MSE) ของตัว

ประมาณค่าจากวิธีการเอ็มพิริกัลเบย์ จะมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าตัวประมาณค่าที่ได้จากวิธีการของสถิติคลาสสิคัลเสมอ และแผนการชักสิ่งตัวอย่างเดี่ยวเอ็มพิริกัลเบย์นี้จะมีขนาดตัวอย่างเล็กกว่าแผนการชักสิ่งตัวอย่างแบบคลาสสิคัล ในกรณีที่ประวัติคุณภาพในอดีตดี (Martz,1975)

3.7 หลักในการวิจัย

ในการออกแบบแผนการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ เริ่มต้นจากการเลือกแผนการชักสิ่งตัวอย่างที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหน่วยงาน สำหรับโรงงานตัวอย่างแผนการชักสิ่งตัวอย่างที่แผนกประกันคุณภาพใช้ในการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ก่อนส่งมอบให้ลูกค้านั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อประกันคุณภาพทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคหรือผู้ซื้อ ทั้งนี้เพื่อป้องกันผู้ผลิตจากการปฏิเสธผลิตภัณฑ์ที่ดี และป้องกันลูกค้าจากการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ด้อยคุณภาพ ซึ่งแผนการชักสิ่งตัวอย่างที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์นี้ได้แก่ แผนการสองจุดของ Schilling- Johnson การวิจัยนี้จะยึดแนวทางในการหาแผนการชักสิ่งตัวอย่างตามแบบวิธีการหาแผนการสองจุด

ไม่ว่าจะเป็นแผนการชักสิ่งตัวอย่างที่สร้างจากวิธีการของสถิติคลาสสิคัล หรือวิธีการของสถิติเอ็มพิริกัลเบย์ นั้นล้วนเริ่มต้นจากการกำหนดปัจจัยในการออกแบบแผนการชักสิ่งตัวอย่าง อันได้แก่ AQL, LTPD, ก่อนที่จะทำการคำนวณค่าสถิติที่เกี่ยวข้อง ซึ่งขั้นตอนในการดำเนินการหาแผนการชักสิ่งตัวอย่างมีขั้นตอนดังนี้

1. *การเก็บข้อมูล*

   โดยทั่วไปการเก็บข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธีการของสถิติเอ็มพิริกัลเบย์นั้น มักเริ่มจากการเก็บข้อมูลจากการใช้แผนการชักสิ่งตัวอย่างแบบคลาสสิคัล ซึ่งอาจเป็นแผนการสองจุด หรือแผนการชักสิ่งตัวอย่างมาตรฐานของกรมทหาร ข้อมูลที่เราสนใจได้แก่ สัดส่วนของเสียของตัวอย่างในการตรวจสอบแต่ละรุ่น ซึ่งในบางครั้งข้อมูลอาจมีไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์จึงจำเป็นต้องเพิ่มขนาดตัวอย่างหรือขยายเวลาในการเก็บข้อมูล จนกว่าจะมีข้อมูลเพียงพอต่อการวิเคราะห์

   นอกจากนี้แล้วยังต้องมีการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายของแผนการชักสิ่งตัวอย่าง แม้ว่าขอบเขตของงานวิจัยนี้จะไม่ได้มีการพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายของแผนการชักสิ่งตัวอย่างที่ได้จากวิธีการทั้งสอง แต่ข้อมูลเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ในการกำหนดค่า AQL ค่าใช้จ่ายของแผนการชักสิ่งตัวอย่างได้แก่ ค่าแรง ค่าเครื่องมืออุปกรณ์ และ สาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้อง ค่าแทนที่ผลิตภัณฑ์บกพร่อง ทั้งนี้การหาค่าแรงในการตรวจสอบต่อหน่วยผลิตภัณฑ์นั้นจะหาได้จากการศึกษาเวลา

2. ***กำหนดระดับความเสี่ย*** α, β ซึ่งโดยทั่วไปแล้วนิยมกำหนดให้ $\alpha = 0.05, \beta = 0.10$
3. ***กำหนดค่า LTPD*** ซึ่งทั้งนี้ได้จากการสอบถามค่า AQL ที่ลูกค้าใช้ในแผนการตรวจรับผลิตภัณฑ์ (Incoming Inspection)
4. ***เลือกค่า AQL ที่เหมาะสม*** โดยอาศัยการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ อันได้แก่ การพิจารณาค่าใช้จ่าย ประวัติคุณภาพในอดีต หรือจากการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ
5. ***สร้างเส้นโค้งโอซี***
6. ***ออกแบบกระบวนการในการดำเนินการหาแผนการชักสิ่งตัวอย่าง***ที่สอดคล้องกับเส้นโค้งโอซีที่กำหนด โดยเขียนเป็นแผนภูมิการไหล (flow chart) และใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ

เมื่อได้แผนการชักสิ่งตัวอย่างจากการใช้สถิติทั้งสองวิธีแล้วจึงนำมาประยุกต์ควบคู่กันไป วิธีการคือให้ทำการสุ่มผลิตภัณฑ์รุ่นเดียวด้วยแผนการชักสิ่งตัวอย่างแบบคลาสสิคัล บันทึกผล และสุ่มตัวอย่างจากรุ่นเดียวกันด้วยแผนการชักสิ่งตัวอย่างเอ็มพิริกัลเบย์

หากแผนการชักสิ่งตัวอย่างทั้งสองให้ผลตรงกัน นั่นคือ แผนการชักสิ่งตัวอย่างทั้งสองต่างปฏิเสธรุ่น หรือยอมรับรุ่น แผนการชักสิ่งตัวอย่างที่มีขนาดตัวอย่างเล็กกว่าจะเป็นแผนการชักสิ่งตัวอย่างที่เหมาะสม เนื่องจากมีความได้เปรียบในเชิงเศรษฐศาสตร์ แต่หากแผนการทั้งสองให้ผลขัดแย้งกันแล้วให้การตรวจสอบรุ่นที่เกิดความขัดแย้งแบบ 100% เพื่อหาค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่แท้จริง แล้วเปรียบเทียบกับค่า AQL และ LTPD ว่าสมควรทำการปฏิเสธหรือยอมรับรุ่น แผนการชักสิ่งตัวอย่างที่ให้ผลสอดคล้องกับผลที่ได้จากการตรวจสอบ 100% จะเป็นแผนการชักสิ่งตัวอย่างที่เหมาะสม