

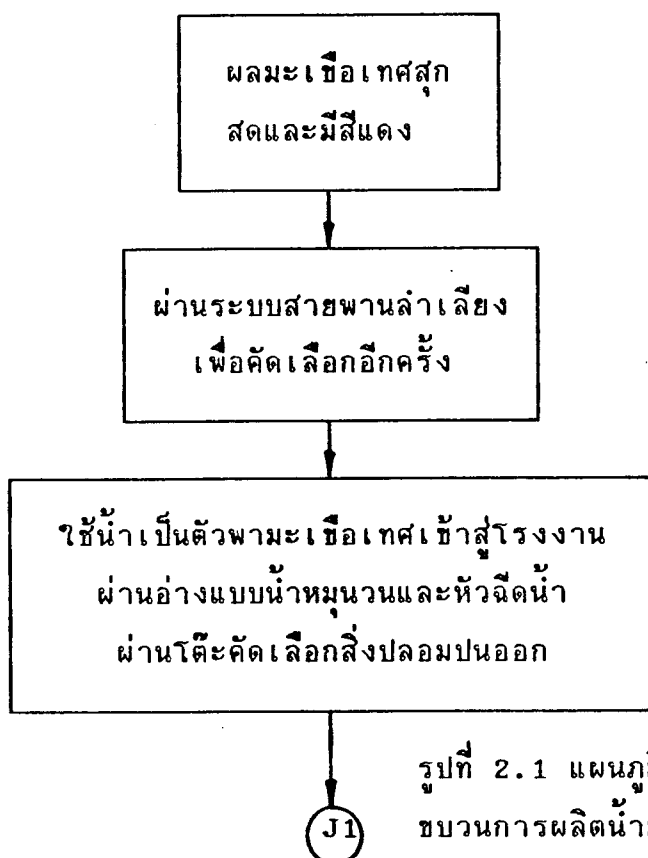
บทที่ 2

กระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศเข้มข้นและทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

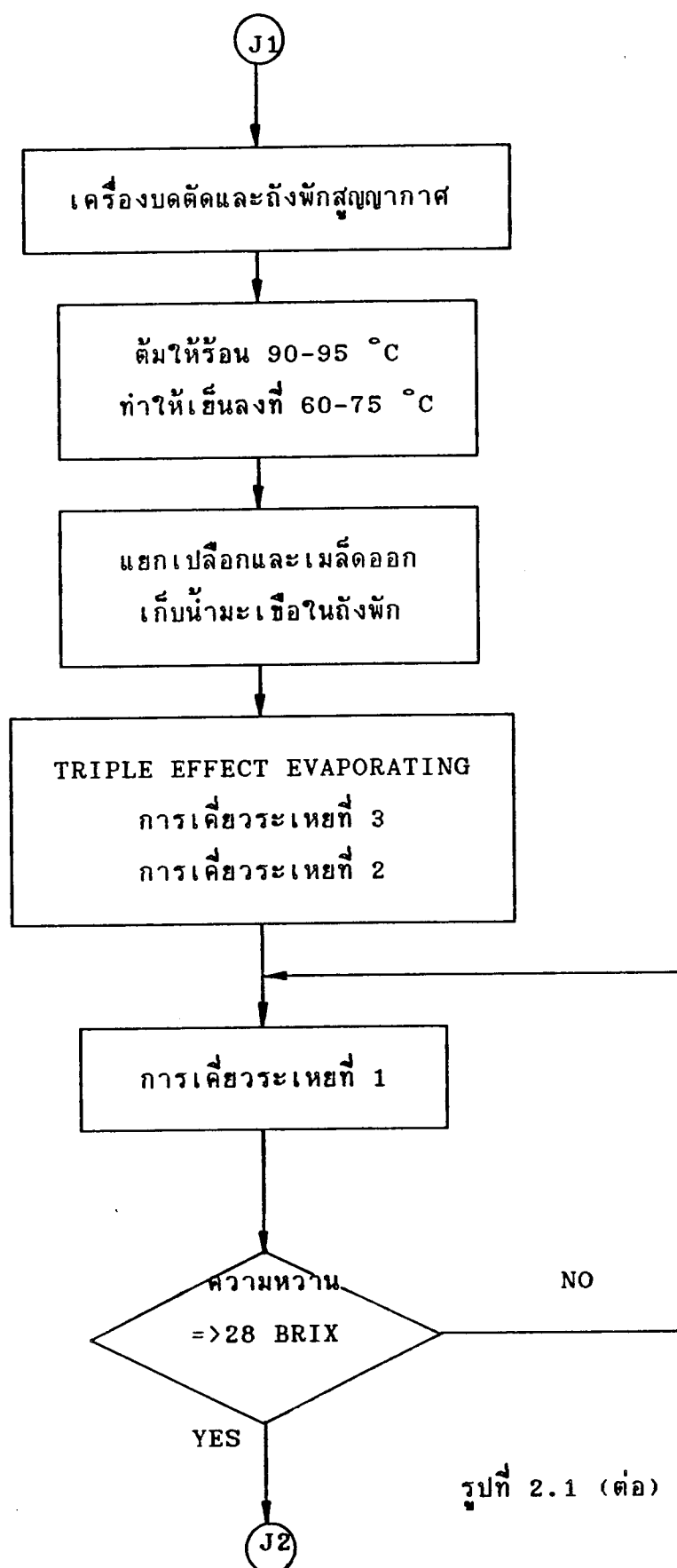
2.1 กระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศเข้มข้น

เครื่องบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารระบบควบคุมการบรรจุแบบปลอดเชื้ออัตโนมัติในโครงการวิจัยนี้ เป็นเพียงยูนิตหนึ่งในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำมะเขือเทศเข้มข้น หรือน้ำสัปะรดเข้มข้น เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำความเข้าใจจะขอลำถึงยูนิตต่างๆ ในกระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศเข้มข้นไว้พอสังเขปดังต่อไปนี้

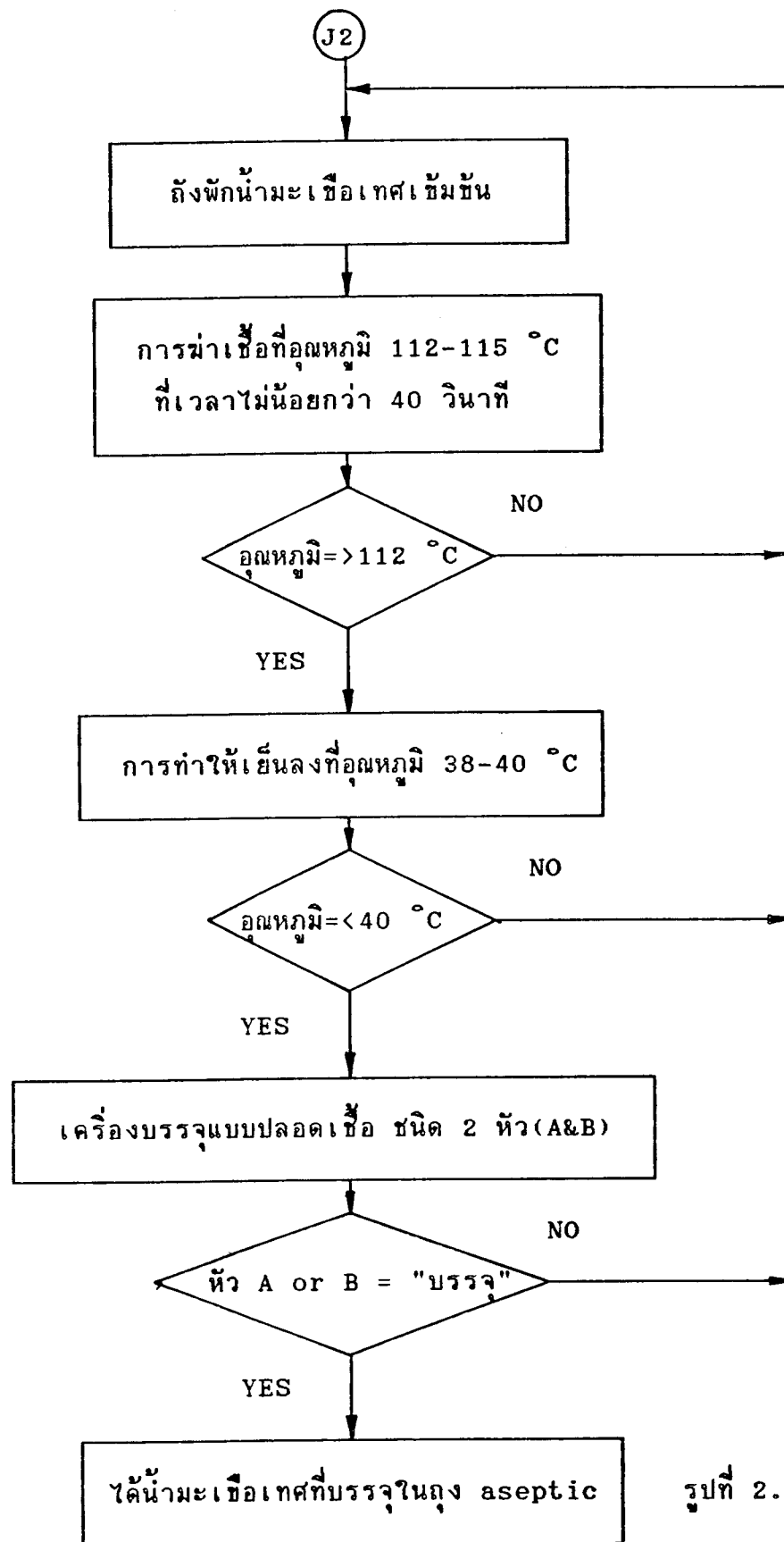
2.1.1 แผนภูมิสายงานของกระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศเข้มข้น



รูปที่ 2.1 แผนภูมิสายงานของ
กระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศเข้มข้น



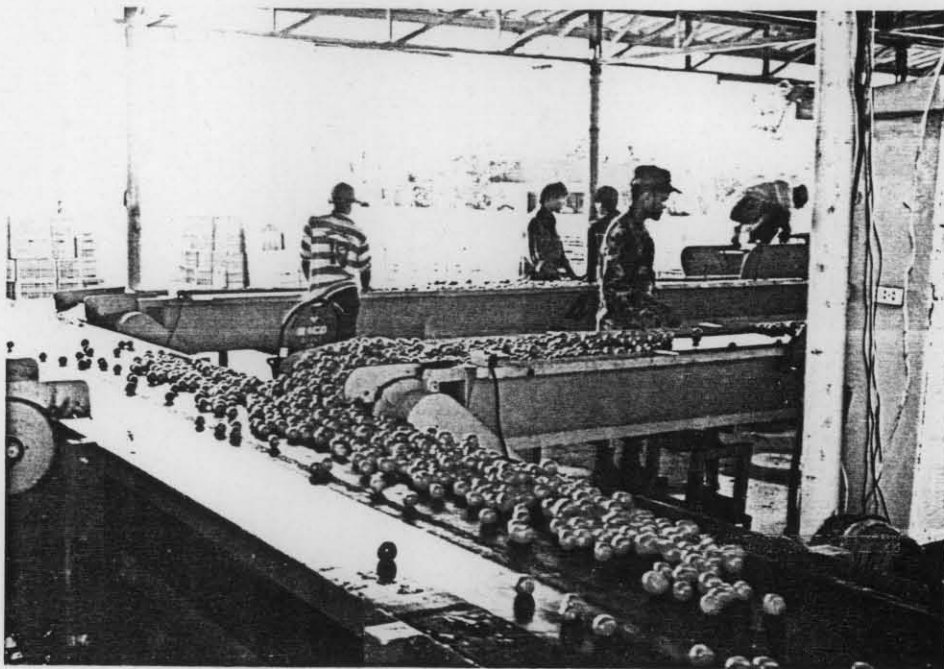
รูปที่ 2.1 (ต่อ)



รูปที่ 2.1 (ต่อ)

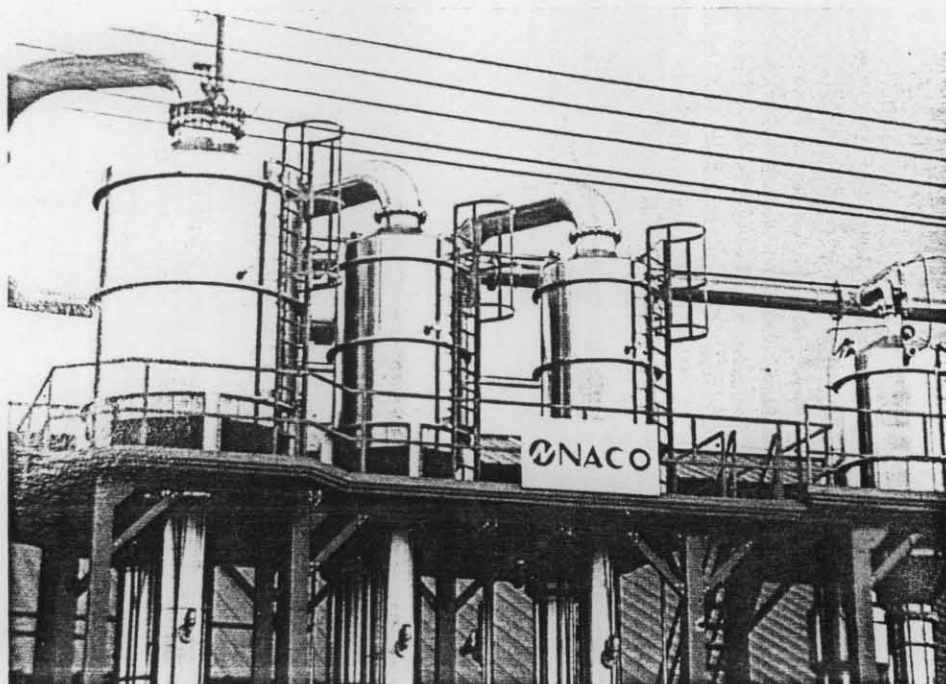
2.1.2 ขบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศเข้มข้น

ผลมะเขือเทศสุกและสดที่มีคุณภาพดีที่รับซื้อมาจากเกษตรกร จะถูกนำส่งมายังโรงงานจากนั้นจะถูกถ่ายเทลงสู่สายพานลำเลียงเพื่อทำการคัดเลือกผลที่สดสุกแดงทั้งลูกดังแสดงในรูปที่ 2.2 มะเขือเทศจากสายพานลำเลียงจะถูกส่งเข้าสู่โรงงานอย่างต่อเนื่องด้วยระบบน้ำพา และระบบ BUCKET CONVEYER เพื่อแยกมะเขือเทศออกจากระบบน้ำพาดังแสดงในรูปที่ 2.3 จาก BUCKET CONVEYER จะเข้าไปในขบวนการล้างเพื่อทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นจะส่งเข้าสู่ระบบ ROLLER CONVEYER เพื่อทำการแยกมะเขือเทศออกจากน้ำ และคัดเลือกสิ่งแปลกปลอมที่ยังคงตกค้างมาด้วยออกอีกครั้ง เพื่อให้ได้มะเขือเทศที่มีคุณภาพดีก่อนเข้าสู่เครื่องบดสับเพื่อทำให้เป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นจะส่งเข้าสู่ระบบเครื่องให้ความร้อนเบื้องต้น เพื่อที่จะทำให้มีเนื้อนุ่มง่ายแก่การแยกเนื้อ, เปลือก, เมล็ดออกจากกัน น้ำมะเขือเทศที่ผ่านการแยกเปลือกและเมล็ดออกแล้ว จะถูกส่งเข้าสู่ขบวนการเคี่ยวระเหยแบบต่อเนื่อง 3 EFFECT ดังแสดงในรูปที่ 2.4 จนได้น้ำมะเขือเทศที่มีค่าความหวานตามที่เรต้องการ แล้วส่งออกไปเก็บไว้ที่ถังพักก่อนที่จะส่งเข้าไปทำการฆ่าเชื้อต่อไป



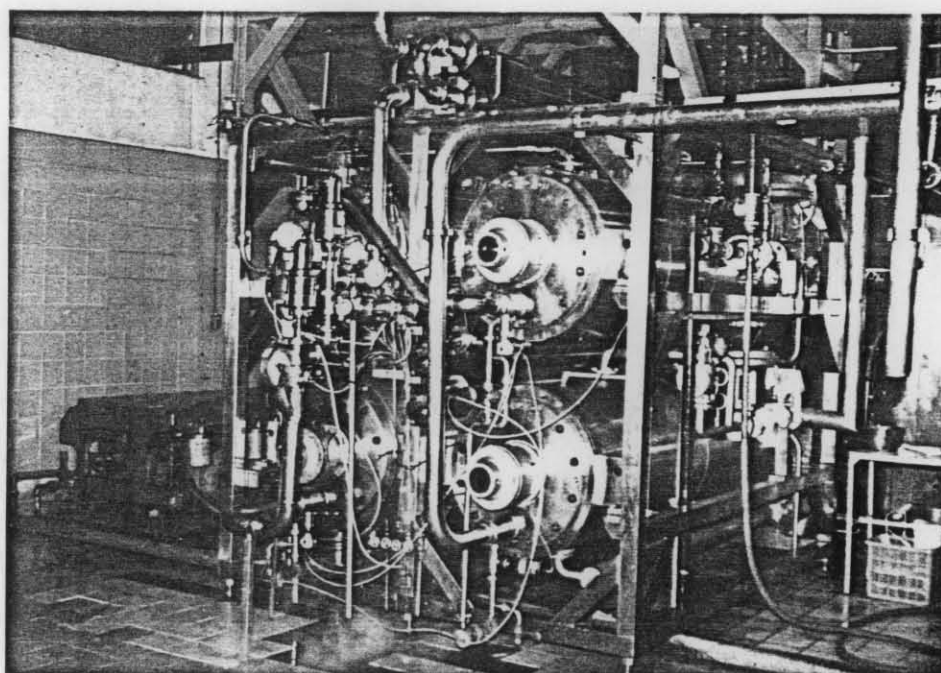
รูปที่ 2.2 สายพานลำเลียงผลมะเขือเทศ

รูปที่ 2.3 BUCKET
CONVEYER



รูปที่ 2.4 TRIPLE EFFECT EVAPORATOR
FOR TOMATO PASTE PRODUCTION

จากนั้นน้ำมะเขือเทศเข้มข้นจะถูกส่งเข้าสู่ขบวนการ STERILIZING AND COOLING ดังในรูปที่ 2.5 เพื่อทำการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิสูงระหว่าง 112°C ถึง 115°C และจะถูกทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิระหว่าง 38°C ถึง 40°C เพื่อเป็นการรักษาคุณภาพอาหารไว้ ก่อนที่จะส่งไปทำการบรรจุในถุงแบบปลอดเชื้อ (ASEPTIC BAG) ด้วยเครื่องบรรจุระบบควบคุมการบรรจุแบบปลอดเชื้ออัตโนมัติ



รูปที่ 2.5 STERILIZING AND COOLING UNIT

2.2 ชนิดและหลักการทำงานของเครื่องบรรจุ

ชนิดและหลักการทำงานของเครื่องบรรจุชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ระบบควบคุมการบรรจุแบบปลอดเชื้ออัตโนมัติ ที่รวบรวมได้มีดังนี้คือ

2.2.1 เครื่อง DUAL-HEADED ASEPTIC FILLING SYSTEM

ดังแสดงในรูปที่ 2.6 เป็นเครื่องบรรจุแบบ 2 หัวบรรจุ ผลิตและจำหน่ายโดย บริษัท MANZINI ประเทศ อิตาลี ภาชนะที่ใช้บรรจุเป็น ASEPTIC

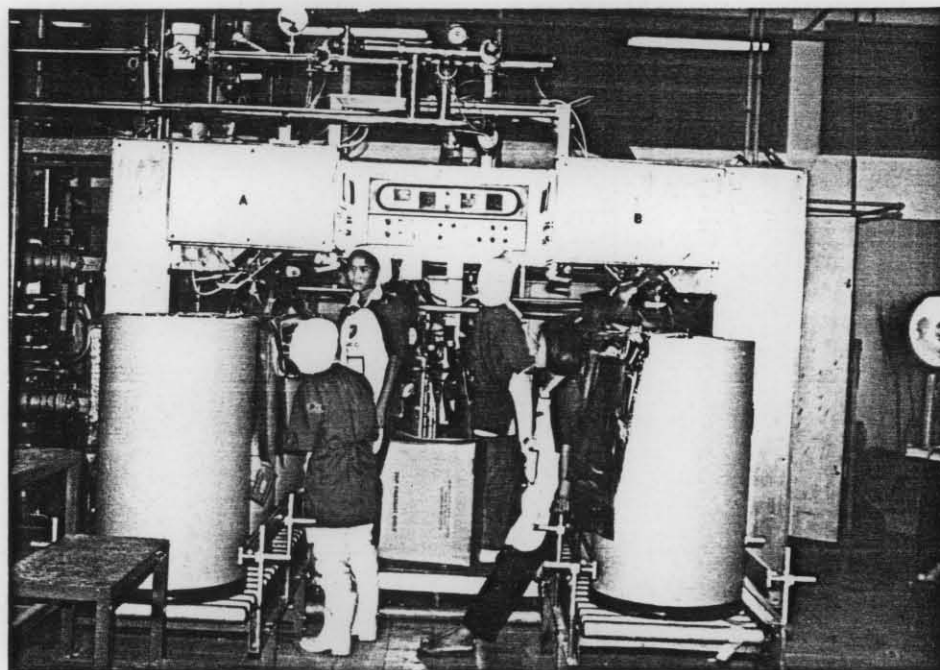
BAG IN DRUM ขนาดบรรจุ 200-250 กิโลกรัม/BAG เงื่อนไขก่อนเข้าสู่
การบรรจุคือ

- ได้ผ่านระบบการล้างด้วยโซดาไฟ , ล้างด้วยน้ำร้อน 90 °C จนมั่นใจ
ได้ว่ามีความสะอาดเป็นอย่างดี
- ได้ผ่านการ STERILIZING ที่ 120 °C เป็นเวลา 90 นาที
- มีไนโตรเจนที่มีความดันไม่ต่ำกว่า 7 BAR
- มีดันกำลังลมที่มีความดันไม่ต่ำกว่า 6 BAR
- มีระบบ VACUUM เพื่อทำสุญญากาศ
- มีน้ำผสมไฮโดจิน 5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 40-45 °C และ
75-85 °C ตามลำดับ
- มีดันกำลัง STEAM ที่มีความดันไม่น้อยกว่า 2 BAR
- วาล์วต่างๆ อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง
- มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ถูกต้อง
- ระบบ INSTRUMENT ทุกตัวทำงานอย่างถูกต้อง

การทำงานทุกอย่างจะถูกตั้งโปรแกรมเอาไว้หมดแล้ว ภายในเครื่อง
PLC ซึ่งมีหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลกลาง ผู้ใช้เครื่องสามารถติดต่อกับเครื่อง
ได้โดยใช้ OPERATING SW. เป็นตัวป้อนข้อมูลทางด้าน INPUT ส่วนทางด้าน
OUTPUT นั้นจะทำงานตามคำสั่งของ PLC ที่ถูกโปรแกรมไว้แล้ว ซึ่งมีขั้นตอน
การทำงานพอสังเขปดังนี้

ล้างปากหัวบรรจุด้วยน้ำผสมไฮโดจิน 1 เปอร์เซ็นต์ 75 °C สวมปากถุง
ของ ASEPTIC BAG เข้ากับปากของหัวบรรจุ, กดสวิทช์ START, CLAMP CYL.
และ VACUUM VAL. ซิดปากถุงทำงาน , ล้างปากถุง และ ปากหัวบรรจุอีกครั้ง
ด้วยน้ำผสมไฮโดจิน 5 เปอร์เซ็นต์ เป่าให้แห้งด้วยไนโตรเจน, CUTTER CYL.
เจาะปากถุง , ไนโตรเจนเป่าถุงให้พองก่อนการบรรจุ , FILL CYL. เปิดให้
มะเขือเทศไหลลงสู่ถุง ในระหว่างที่ทำการบรรจุอยู่นี้ VACUUM VAL. จะเปิด-ปิด
อย่างเป็นจังหวะเพื่อดูดเอาก๊าซไนโตรเจนออกไปจากถุง , เมื่อได้ปริมาตรหรือ
น้ำหนักเท่าที่ตั้งค่าเอาไว้ FILL CYL. จะปิดลง ถ้าภายในถุงยังคงเหลือ
ก๊าซไนโตรเจนอยู่ ให้ MANUAL SW. เพื่อ VACUUM ก๊าซออกจากถุงให้หมด ,
กด SEAL CYL. เพื่อเชื่อมปิดปากถุงโดยใช้ HEATER ที่มีอุณหภูมิ 175-180 °C
ในขณะที่ทำการ SEAL ปากถุงอยู่นี้ จะมีการล้างปากถุงและปากหัวบรรจุด้านใน

ด้วยน้ำไฮโดรเจน 5 เปอร์เซ็นต์ แล้วเป่าด้วยไนโตรเจนเพื่อไล่น้ำไฮโดรเจนออกให้หมด เมื่อครบเวลา SEAL CYL. กลับสู่ตำแหน่งเดิม , กดสวิทช์ปล่อยถุง



รูปที่ 2.6 เครื่องบรรจุแบบ DUAL-HEADED ASEPTIC FILLING SYSTEM

จากขั้นตอนการทำงานที่กล่าวมานี้จะต้องมี การตั้งเวลาที่เหมาะสม และ/หรือ การใช้ SENSOR SW. เพื่อตำแหน่งของ VALVE หรือ CYLINDER ว่ามีการทำงานอย่างถูกต้องหรือไม่ ตลอดทั้ง ALARM SW. ของ INSTRUMENT CONTROLLER ว่าอยู่ภายในเงื่อนไขที่ถูกต้องหรือไม่ SW. เหล่านี้จะส่งข้อมูลเข้าไปยัง INPUT ของ PLC (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL) เพื่อเป็นการตรวจเช็คการทำงานของโปรแกรมที่สั่งงานออกมาทางด้าน OUTPUT ให้มีความถูกต้องและแม่นยำ ทำให้เกิดเป็นการควบคุมระบบการบรรจุแบบปลอดเชื้ออัตโนมัติขึ้นมา

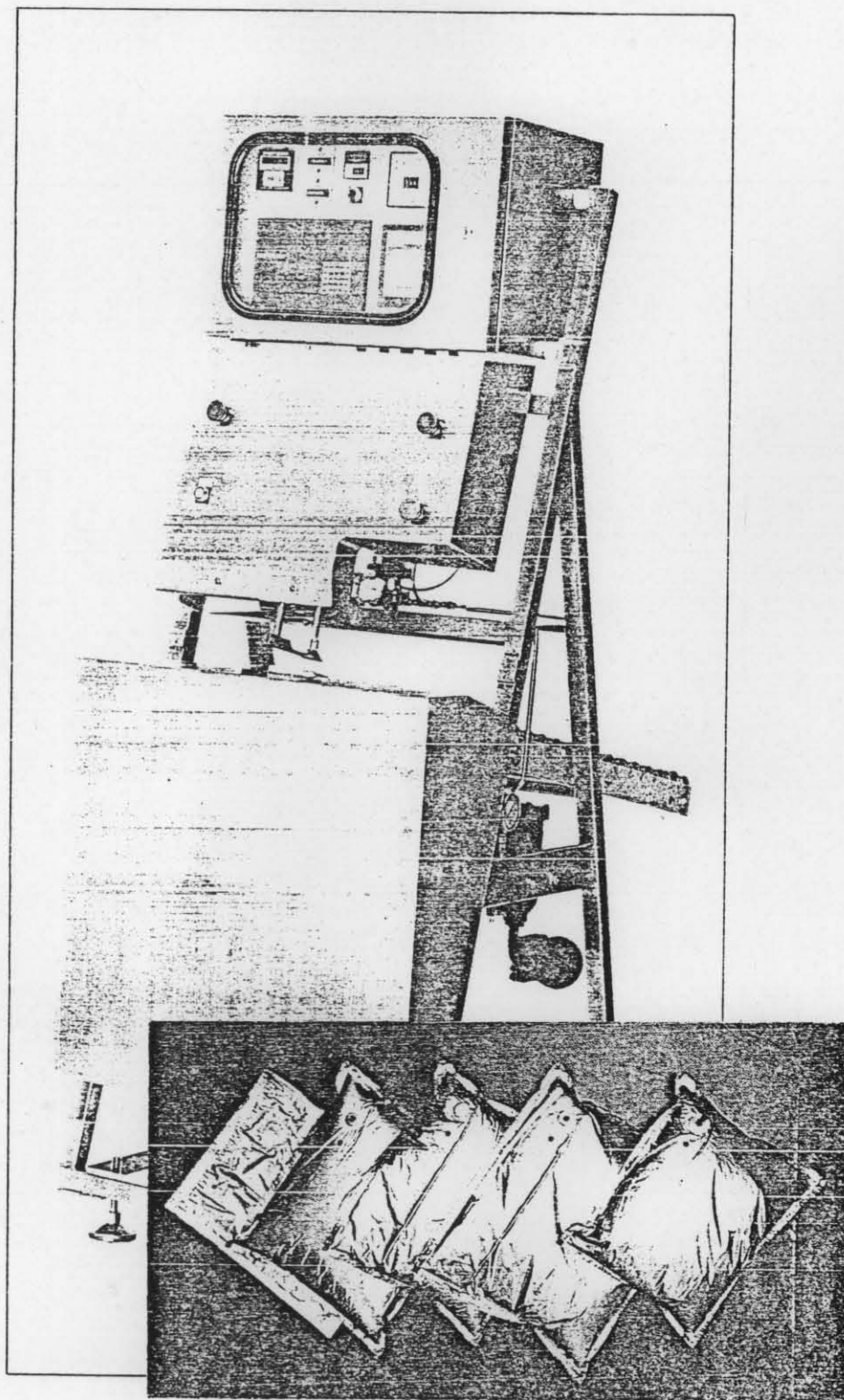
2.2.2 เครื่อง INTASEPT

เป็นเครื่องบรรจุแบบ DUAL - HEAD ASEPTIC FILLING SYSTEM ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ผลิตและจำหน่ายโดย บริษัท INTASEPT ประเทศออสเตรเลีย นับว่าเป็นเครื่องที่มีโครงสร้างที่ง่าย และ มีความคล่องตัวในการทำงานได้ดีทีเดียว ผลิตออกมาหลายรุ่น มีเงื่อนไขก่อนการบรรจุที่แตกต่างจากเครื่องบรรจุของ MANZINI คือไม่ต้องใช้ก๊าซไนโตรเจนในการเป่าถุง , ไม่ใช้น้ำผสมไฮโดรเจนในการล้างปาก และไม่มี VACUUM PUMP ทำให้มีเวลาในขั้นตอนการบรรจุที่กระชับรัด ซึ่งจะกล่าวไว้พอสังเขปดังนี้

เอาปากถุงของ ASEPTIC BAG ใส่ใน CLAMP จับถุงของ JAW CYL. แล้วกดสวิทช์ START , JAW CYL. จะดึงปากถุงเข้าไปปิดปากของหัวบรรจุ , มีการไล่อากาศและทำความสะอาดภายในปากของหัวบรรจุและปากถุงด้วยแรงดันของ STEAM , CUTTER CYL. จะฉีกปากถุง , FILL CYL. เปิดให้มะเขือเทศไหลลงสู่ถุง , เมื่อได้ปริมาณหรือน้ำหนักตามที่ต้องการ FILL CYL. จะปิดลง , STEAM VAL. จะเปิดก่อน SEAL CYL. และ EXHAUST VAL. ชั่วขณะเพื่อเป่าไล่มะเขือเทศและทำความสะอาดปากถุงก่อน SEAL CYL. จะเข้ามาถึง ในระหว่างที่เชื่อมปิดปากถุงอยู่นี้ STEAM จะเป่าไล่มะเขือเทศที่เหลือค้างอยู่ให้ออกไปทาง EXHAUST VAL. , เมื่อครบเวลา SEAL อุปกรณ์ทุกตัวจะกลับสู่ตำแหน่งเดิม เป็นการเสร็จสิ้นการบรรจุถุงนั้นลง โปรแกรมจะกลับมาเริ่มต้นใหม่เพื่อที่จะบรรจุถุงต่อไป

การทำงานของหัวบรรจุแบบ DUAL-HEAD จะสลับกันทำงานในช่วงของการเปิด FILL CYL. เท่านั้น (หมายความว่าถ้าหัวที่ 1 เปิดอยู่ หัวที่ 2 จะปิด เมื่อหัวที่ 1 ปิดลง หัวที่ 2 จึงจะเปิด และ ในขณะที่ หัวที่ 2 เปิดอยู่ หัวที่ 1 ก็จะปิด สลับกันอยู่ตลอด)

2.2.3 เครื่องบรรจุประเภทนี้ยังมีอีกหลายรูปแบบจากผู้ผลิตรายอื่น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.8 และ 2.9



รูปที่ 2.7 เครื่องบรรจุ INTASEPT

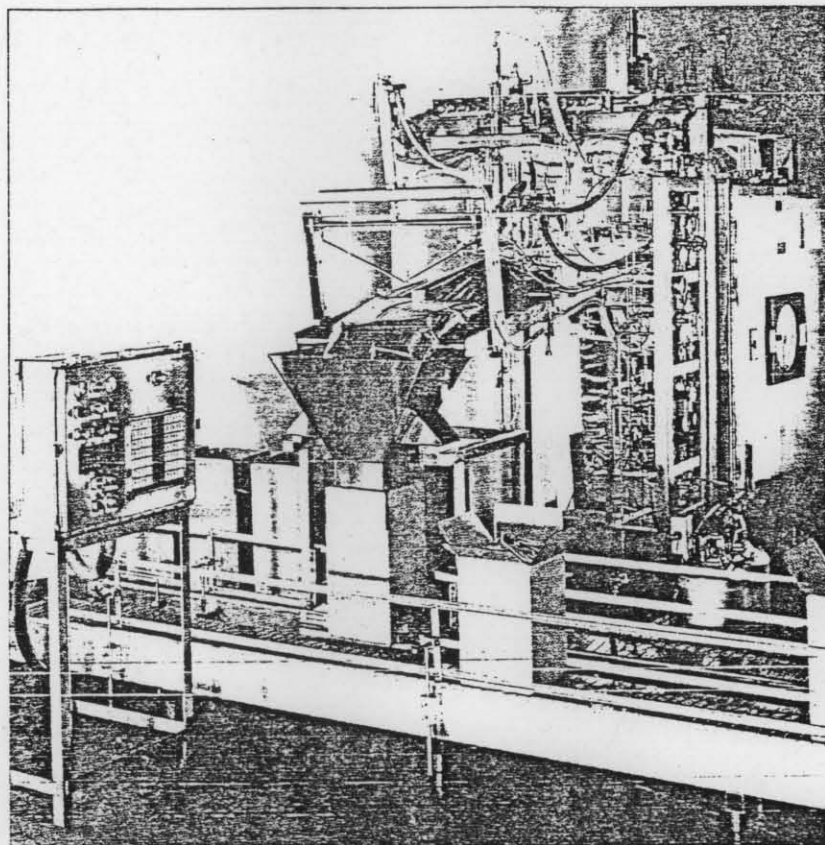


Auto-Fill 10-2E with expanded frame shown filling 220 gallon aseptic bags in corrugated bins

AUTOMATIC FILLING

Our bulk bags are designed to be filled on either our Auto Fill 10-2E, twin head aseptic bag filler or our Auto Fill 14-2 single head aseptic bag filler. The bin with bag is conveyed to a pre-set point under the filling chamber, the fill spout locked in place inside the aseptic chamber and the bag filled and recapped.

รูปที่ 2.8 เครื่องบรรจุของ SCHOLLE ขนาดบรรจุ 200 GALLONS



This aseptic automatic webbed bag filler from Scholle runs bags from 2 to 24 liters.

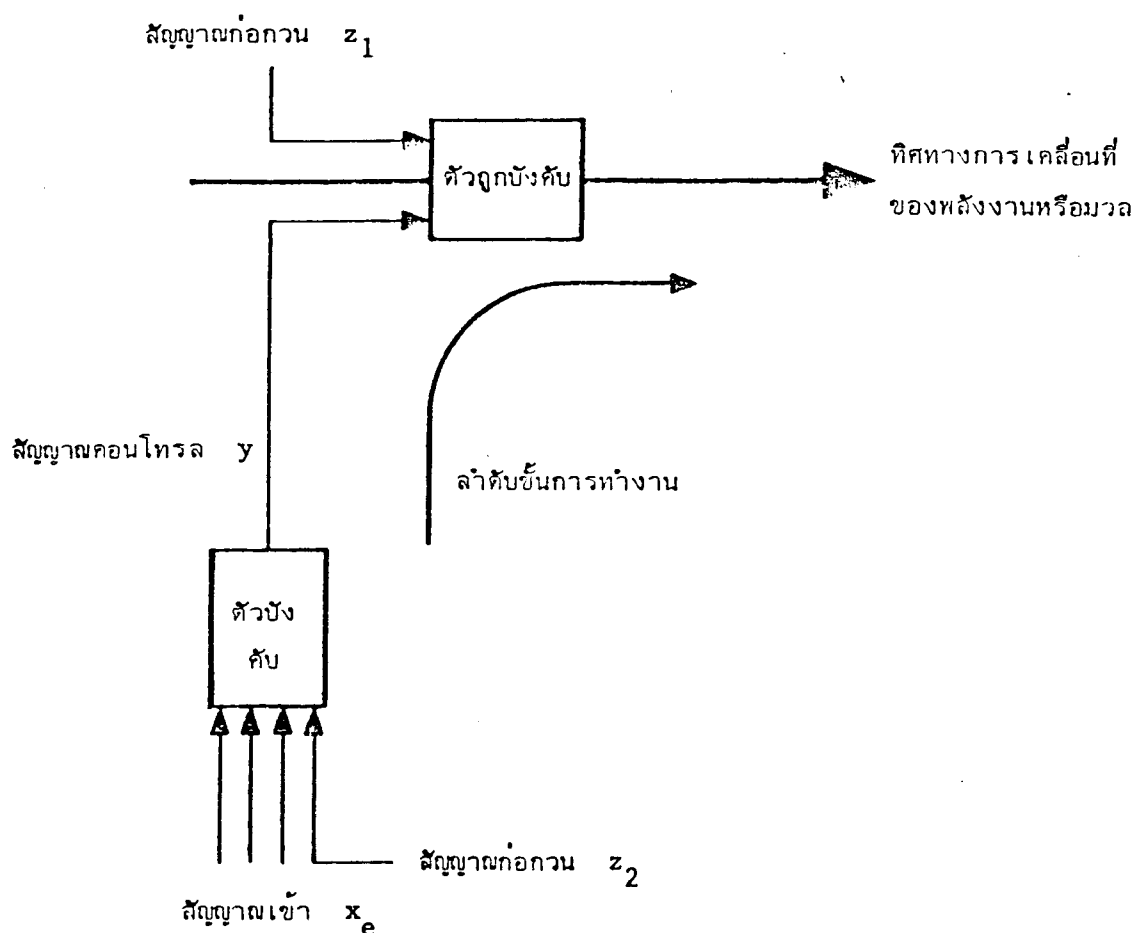
รูปที่ 2.9 เครื่องบรรจุของ SCHOLLE ขนาดบรรจุ 24 LITERS

2.3 พื้นฐานวิชาวิศวกรรมคอนโทรล

งานควบคุมอัตโนมัติ (AUTOMATIC CONTROL) และ งานบังคับอัตโนมัติ (CONTROL) มีใช้ในงานอุตสาหกรรมมากเพียงใดย่อมทราบกันดีอยู่แล้ว ถ้าไม่มีวิชาการแขนงนี้ คงไม่มีความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีมาก เช่นในปัจจุบันได้และมีความจำเป็นมากในวิศวกรรมทุกสาขา

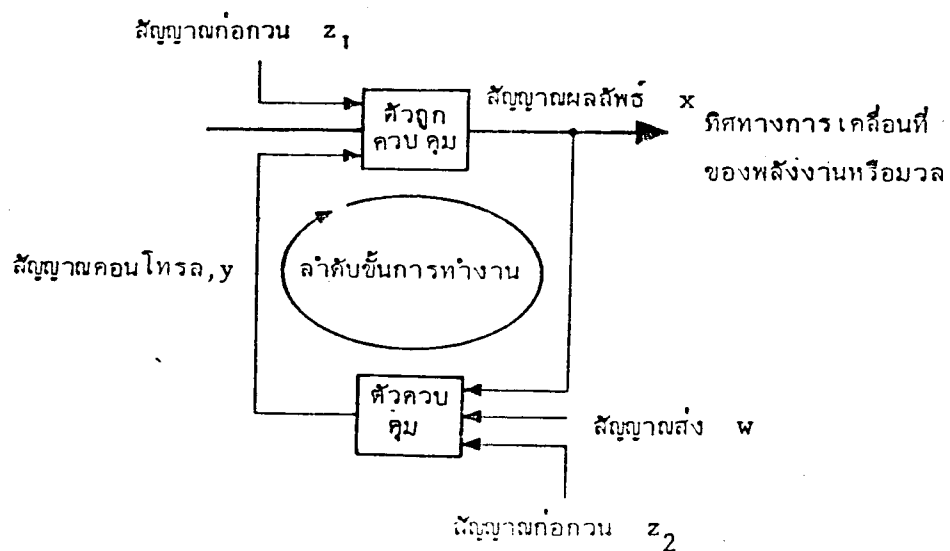
ค่าจำกัดความมาตรฐานตาม DIN 19 226 และ DIN 44 300

การบังคับอัตโนมัติ(2)หมายถึง "การใช้สัญญาณเข้าที่ตัวก็ตามคอยกระตุ้นให้สัญญาณออกของตัวถูกบังคับเป็นไปตามกฎเกณฑ์ของระบบงานนั้น " ดังแสดงในรูปที่ 2.10 ซึ่งเป็นการทำงานแบบวงจรเปิด (OPEN LOOP)



รูปที่ 2.10 การบังคับอัตโนมัติแบบวงจรเปิด (OPEN LOOP) (2)

การควบคุมอัตโนมัติ(2)หมายถึง " กระบวนการที่มีสัญญาณออกของตัวถูกควบคุมถูกวัดค่าอยู่ตลอดเวลาเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับสัญญาณอีกค่าหนึ่ง (คือค่าที่เราได้เลือกตั้งค่าไว้ตามความต้องการ การเปรียบเทียบนี้จะเกิดขึ้นในตัวควบคุม) สำหรับผลต่างที่ได้จากการเปรียบเทียบก็จะส่งออกจากตัวควบคุมเพื่อนำไปใช้การทำงานของตัวถูกควบคุม จนกระทั่งสัญญาณออกของตัวถูกควบคุมมีค่าอยู่ในช่วงที่ต้องการตลอดเวลา " ดังแสดงในรูปที่ 2.11 ซึ่งเป็นการทำงานแบบ (CLOSED LOOP)



รูปที่ 2.11 การควบคุมอัตโนมัติแบบวงจรปิด(CLOSED LOOP) (2)

ตัวถูกควบคุม (CONTROLLED SYSTEM) คือส่วนของระบบทั้งหมดที่จะต้องถูกบังคับหรือควบคุม

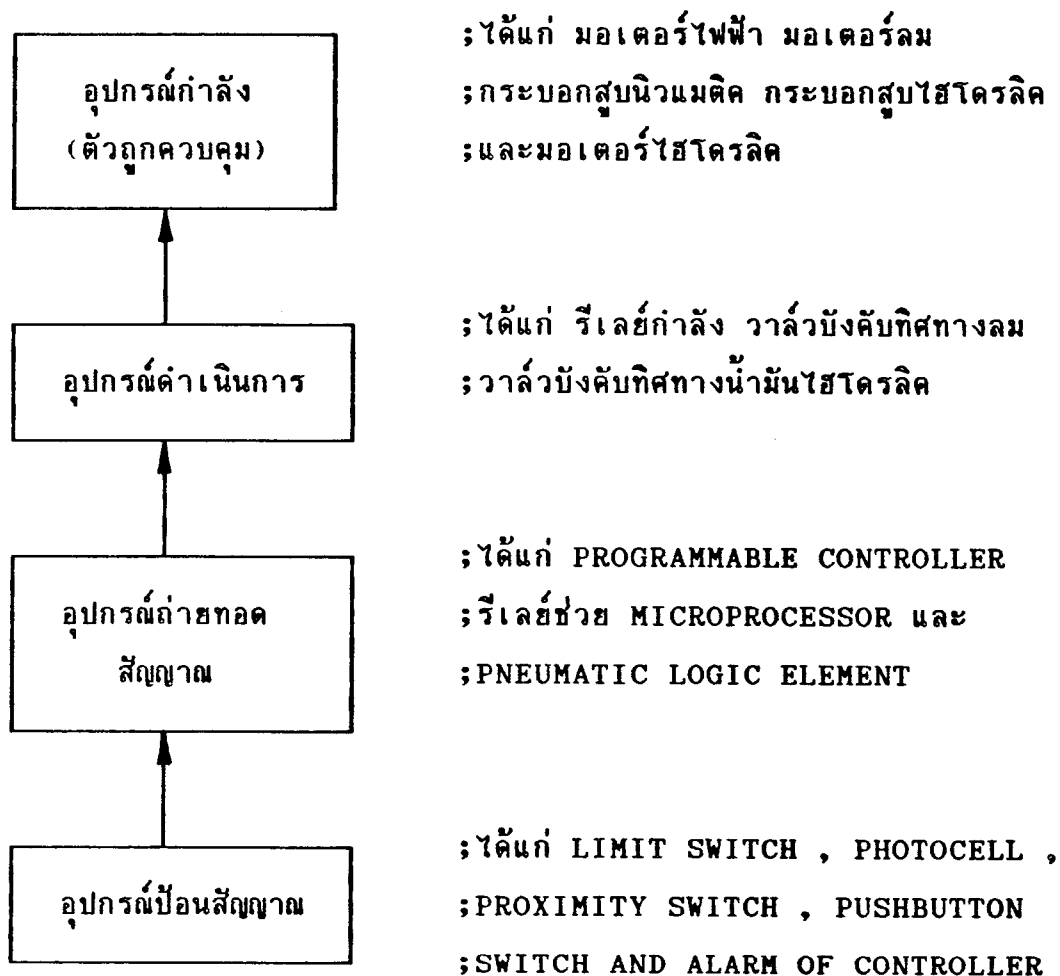
ตัวปรับ (ACTUATOR) คืออุปกรณ์ที่มีหน้าที่คอยปรับปรุงมวลหรือพลังงานที่จะเข้ามาในตัวถูกควบคุมของระบบ

ตัวควบคุม (CONTROLLER) คืออุปกรณ์ที่มีหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังตัวปรับเพื่อให้ตัวปรับทำการปรับมวลหรือพลังงานที่จะเข้ามาในตัวถูกควบคุมของระบบให้เป็นไปตามกฎเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2.3.1 แผนผังของการควบคุม

เราใช้รูปสี่เหลี่ยมและหัวลูกศรแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณกับ

อุปกรณ์ โดยที่ภายในกรอบสี่เหลี่ยมจะต้องบรรจุอุปกรณ์ต่าง ๆ อยู่ภายใน และ
ลูกศรแทนสัญญาณและทิศทางของสัญญาณ ดังนั้นเราสามารถแยกแผนผังควบคุม
ออกเป็นส่วนย่อย เพื่อแสดงให้เห็นถึงอุปกรณ์หรือส่วนประกอบแต่ละชิ้นพร้อม
กับทิศทางการไหลของสัญญาณได้ดังนี้ (รูปที่ 2.12)



รูปที่ 2.12 แสดงการแยกแผนผังของงานควบคุมออกเป็นส่วนย่อย

2.3.2 การเลือกชนิดของพลังงานสำหรับส่วนวงจรกำลังและส่วนของวงจรควบคุม

2.3.2.1 ชนิดของตัวกลางส่งกำลัง ได้แก่ ทางไฟฟ้า ทางเครื่องกล ทางนิวแมตติค และ ทางไฮดรอลิค หลักเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาในการเลือกคือ แรงที่ต้องใช้ ระยะและชนิดของการเคลื่อนที่ (แนวตรงหรือแบบหมุน) ความเร็ว

ที่ต้องการใช้ ขนาดพื้นที่ที่จะทำการติดตั้ง ตลอดจนอายุในการใช้งาน และความปลอดภัยในการใช้งาน เพื่อประกอบการพิจารณาจึงแสดงคุณลักษณะสมบัติของแต่ละระบบ ไว้ดังนี้

ก. ระบบไฟฟ้า

-การส่งพลังงานมีความรวดเร็ว (เร็วเท่ากับความเร็วของแสง) ง่ายต่อการใช้งาน เสียค่าใช้จ่ายต่ำ

-การทำให้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวตรง ต้องอาศัยกลไกทางเครื่องกล เข้ามาช่วยทำให้เกิดความยุ่งยากและราคาแพง ถ้าหากใช้อำนาจแม่เหล็กไฟฟ้า จะได้การเคลื่อนที่ทางตรงเพียงระยะสั้น ๆ และแรงที่ได้ก็น้อยตามไปด้วย

-การทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบหมุน มีประสิทธิภาพสูงมาก ความเร็วที่ได้เป็นความเร็วรอบที่มีค่าคงที่ การปรับความเร็วรอบและแรงในการหมุนทำได้ลำบากและยุ่งยาก

ข. ระบบไฮดรอลิค

-การส่งพลังงานมีความล่าช้าและถูกจำกัด (ระยะทางในการส่งไม่เกิน 100 เมตร ความเร็วในการไหลอยู่ระหว่าง 2-6 เมตร ต่อ วินาที) มีค่าใช้จ่ายสูง

-การทำให้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวตรง ทำได้ง่ายและให้กำลังงานสูงมากแต่ความเร็วในการเคลื่อนที่ค่อนข้างต่ำ (ไม่เกิน 0.5 เมตร ต่อ วินาที)

-การทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบหมุน ทำได้ง่ายให้ความเร็วรอบไม่สูงนัก ให้แรงในการหมุนสูงทำให้งานมีประสิทธิภาพสูงด้วย

ค. ระบบนิวแมติก

-การส่งพลังงานมีความล่าช้าและถูกจำกัด (ระยะทางในการส่งไม่เกิน 1000 เมตร ความเร็วในการไหลอยู่ระหว่าง 20-40 เมตร ต่อ วินาที) มีค่าใช้จ่ายสูง

-การทำให้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวตรง ทำได้ง่ายมีความเร็วในการเคลื่อนที่ค่อนข้างสูง (ปกติอยู่ระหว่าง 1-2 เมตร ต่อ วินาที) และมีราคาถูก แต่ความยาวช่วงชักมีค่าจำกัด คือไม่เกิน 2 เมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การออกแบบชิ้นส่วน แรงทำงานไม่สูงนัก (สูงสุดประมาณ 4,000 กิโลกรัมแรง ปกติใช้ไม่เกิน 1,000 กิโลกรัมแรง) สิ้นเปลืองเนื้อที่น้อย

-การทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบหมุน ทำได้ง่ายแต่มีประสิทธิภาพต่ำ

ให้ความเร็วรอบในการหมุนสูงมาก (จนถึง 500,000 รอบ ต่อ นาที) แต่ให้แรงในการหมุนได้ไม่มากนัก

-อื่น ๆ คือการป้องกันการทำงานเกินภาระได้ผลเต็มที่ สามารถป้องกันการติดไฟและการระเบิดได้ดีเยี่ยม การควบคุมความเร็วรอบการหมุน แรงหมุน ความเร็วในแนวตรง และแรงทำได้ง่ายมาก

2.3.2.2 ชนิดของตัวกลางควบคุม ได้แก่ ทางเครื่องกล ทางไฟฟ้าโดยแม่เหล็กไฟฟ้า ทางอิเล็กทรอนิกส์ ทางนิวแมติกช่วงความดันธรรมดาและช่วงความดันต่ำ ทางไฮดรอลิก ซึ่งมีหลักเกณฑ์ที่จะใช้พิจารณาเลือกใช้คือ ความเร็วของสัญญาณ ความเร็วในการเคลื่อนตัวของอุปกรณ์ ความปลอดภัยในการใช้งาน อายุการใช้งาน ความไวต่อการรบกวนของสภาพแวดล้อม ขนาดเนื้อที่ และ ความสะดวกในการบำรุงรักษา

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคุณลักษณะของตัวกลางควบคุม(2)

	ระบบไฟฟ้า	ระบบอิเล็กทรอนิกส์	ระบบนิวแมติกช่วงความดันธรรมดา	ระบบนิวแมติกช่วงความดันต่ำ
ความเร็วสัญญาณ	สูงมาก ประมาณความเร็วแสง		ประมาณ 40-70 เมตร/วินาที	ปกติ 100-200 เมตร/วินาที บางครั้งประมาณความเร็วเสียง
ระยะส่งสัญญาณ	ในทางปฏิบัติ ไม่จำกัด		ขึ้นอยู่กับความเร็วสัญญาณ	
ความเร็วเคลื่อนตัวของอุปกรณ์	$>10 \times 10^{-3}$ วินาที	$<<1 \times 10^{-3}$ วินาที	$>10 \times 10^{-3}$ วินาที	$>10 \times 10^{-3}$ วินาที
ความน่าเชื่อถือ	ไวต่อการรบกวนจากภายนอก เช่น ฝุ่น ความชื้น เป็นต้น	ไวมากต่อการรบกวนจากภายนอก เช่น ฝุ่น ความชื้น คลื่นพลังงานเป็นต้น	ไวมากต่อการรบกวนจากภายนอก เช่น ฝุ่น และความชื้นหากใช้ลมแห้งและสะอาดจะช่วยให้อายุการใช้งานนานขึ้น	ไม่ไวต่อการรบกวนจากภายนอกแต่จะไวต่อสิ่งเจือปนที่ติดมากับลมอัด
ขนาดเนื้อที่	กว้าง	แคบมาก	กว้างมาก	แคบ
ลักษณะของการถ่ายทอดสัญญาณอุปกรณ์	ดิจิทัล รีเลย์กำลัง รีเลย์ควบคุม	ดิจิทัล อะนาล็อก หลอดอิเล็กทรอนิกส์ ตัวทรานซิสเตอร์	ดิจิทัล วาวบึงคัปทิตทาง	ดิจิทัล อะนาล็อก อุปกรณ์แบบสแตติก อุปกรณ์แบบไดนามิก

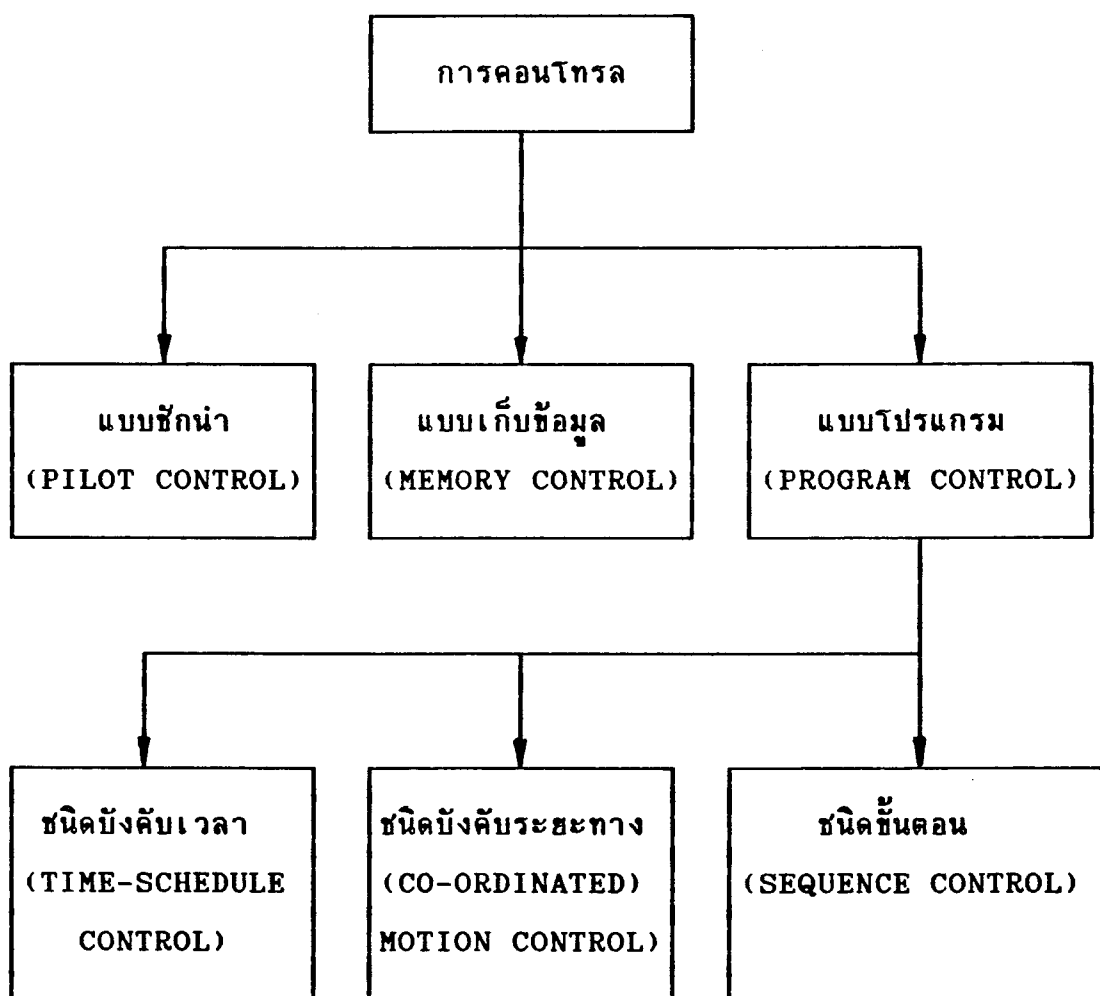
2.3.3 การแบ่งลักษณะของงานคอนโทรล

หลักเกณฑ์ในการแบ่งลักษณะงานบังคับอัตโนมัตินั้นอาจจะแบ่งตามประเภทของงานควบคุมที่ใช้ ซึ่งได้กล่าวไว้ในข้อ 2.3 หรือแบ่งตามประเภทของการทำงานที่เป็นไปตามการถ่ายทอดสัญญาณในฟังก์ชันของเวลามี 2 ลักษณะคือ

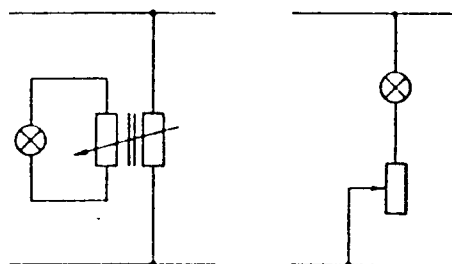
-การบังคับแบบผสม (COMBINED CONTROLS) เป็นงานบังคับอัตโนมัติซึ่งใช้อุปกรณ์ที่การทำงานไม่ขึ้นกับเวลา

-การบังคับแบบลำดับขั้น (SEQUENTIAL CONTROLS) เป็นงานบังคับอัตโนมัติซึ่งใช้อุปกรณ์ที่การทำงานขึ้นกับเวลา เช่น งานที่มีอุปกรณ์ตั้งเวลา (TIMING DEVICES) อุปกรณ์เก็บข้อมูลหรือพลังงาน (STORAGE DEVICES)

การแบ่งตามมาตรฐานเยอรมัน DIN 19 22b

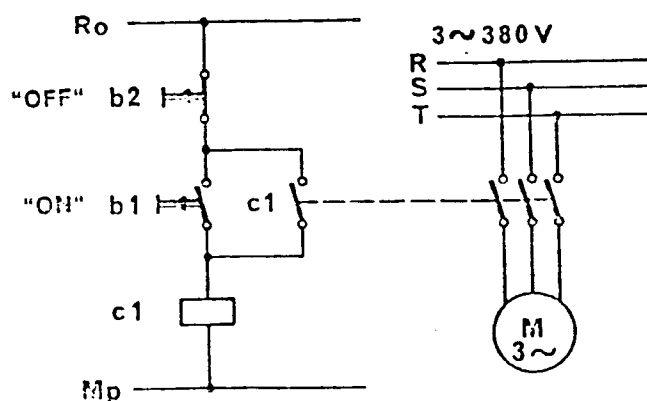


-การบังคับแบบชักนำ (PILOT CONTROL) ลักษณะของการควบคุมแบบนี้สัญญาณป้อนและสัญญาณผลลัพธ์จะมีความสัมพันธ์กันโดยตรง เช่น ในการลอกแบบของบนเครื่องกลึง การเคลื่อนที่ของเข็มลอกแบบบนแม่แบบ จะสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของมีดกลึงโดยตรง , การควบคุมความสว่างของหลอดไฟ ในเวลาใด ๆ จะขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานที่ปรับบนตัวความต้านทาน หรือหม้อแปลงไฟฟ้าดังในรูปที่ 2.13



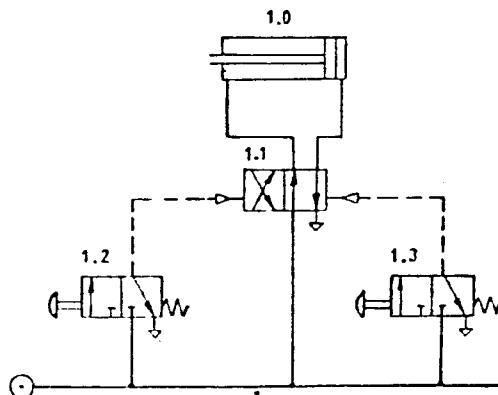
รูปที่ 2.13 การบังคับแสงสว่างของหลอดไฟแบบชักนำ(2)

-การบังคับแบบเก็บข้อมูล (MEMORY CONTROL) ลักษณะของงานควบคุมแบบนี้คือ ขณะที่สัญญาณป้อนเข้า (INPUT) ได้ทำให้เกิดสัญญาณผลลัพธ์ (OUTPUT) มาแล้ว ถึงแม้สัญญาณป้อนเข้าตัวนี้จะถูกตัดออกไป เราก็ยังได้สัญญาณผลลัพธ์นี้อยู่จนกว่าจะมีสัญญาณป้อนเข้าตัวใหม่มาลบล้าง เช่น การตัดต่อไฟของมอเตอร์ไฟฟ้า โดยใช้สวิตช์แบบปุ่มกดดังในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 การบังคับแบบเก็บข้อมูล(MEMORY CONTROL) (2)

งานควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของก้านสูบนิวแมติก โดยอาศัยวาล์วบังคับทิศทาง
ลมแบบเลื่อนลิ้นด้วยมือกลับด้วยแรงสปริงดังในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 การบังคับแบบเก็บข้อมูล (MEMORY CONTROL) (2)

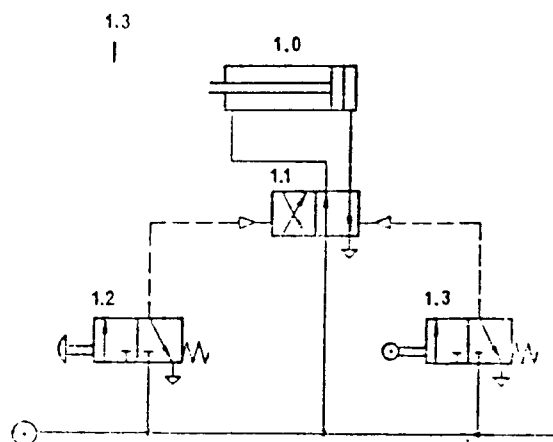
-การบังคับแบบโปรแกรม (PROGRAM CONTROL) การควบคุมแบบนี้
วิศวกรอาจเลือกใช้ได้ถึง 3 ชนิดด้วยกัน คือ

-ชนิดบังคับเวลา (TIME-SCHEDULE CONTROL) อุปกรณ์ส่งสัญญาณ
ส่งสัญญาณออกตามเวลาที่ได้จัดทำเป็นโปรแกรมล่วงหน้าไว้ อุปกรณ์ที่ให้โปรแกรม
นี้เรียกว่า "อุปกรณ์ป้อนโปรแกรมตามเวลา" (TIME-DEPENDENT PROGRAM
TRANSMITTER) ดังนั้นการบังคับแบบโปรแกรมชนิดบังคับเวลาจึงจำเป็นต้องมี
การจ่ายโปรแกรมและการกำหนดเวลาในการส่งจ่ายโปรแกรมที่สอดคล้องกับงาน
ตัวอย่างของอุปกรณ์ป้อนโปรแกรมตามเวลาได้แก่

- เฟลากลูกเบี้ยว (CAM SHAFT)
- จานลูกเบี้ยว (CAM DISK)
- สายพานโปรแกรม (PROGRAM BELT)
- บัตรเจาะรู (PUNCH CARD)
- เทปเจาะรู (PUNCH TAPE)
- อื่น ๆ

ตัวอย่าง เช่น การเล่นเปียโนไฟฟ้าอาศัยคุณลักษณะของการบังคับอัตโนมัติชนิด
บังคับเวลาทั้งสิ้น โปรแกรมจะถูกเก็บไว้ในอุปกรณ์ป้อนโปรแกรม ซึ่งอาจมี
รูปร่างเป็นเทปเจาะรูหรือเฟลามี่ปุมรอบผิว ถ้าเป็นแบบเทป เสียงเพลงก็จะขึ้น
อยู่กับรูเจาะที่เทป แต่ถ้าเป็นแบบเฟลา เสียงเพลงก็จะขึ้นอยู่กับปุ่มบนเฟลาว่า
ตรงกับขาข้อมเสียงใด ความเร็วของเทปหรือเฟลาต้องคงที่เสมอ

-ชนิดบังคับระยะทาง (CO-ORDINATED MOTION CONTROL) อุปกรณ์ป้อนสัญญาณส่งสัญญาณออกตามระยะทางหรือตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้ อุปกรณ์เหล่านี้จะกระจายกันอยู่ตามทางเดินของก้านสูบในวงจร ตัวอย่างเช่น งานควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของสูบแบบ 2 ทาง ก้านสูบจะเลื่อนออกเมื่อใช้มือกดวาล์ว 1.2 หลังจากก้านสูบได้เคลื่อนที่ออกไปจนได้ตำแหน่งหรือระยะทางตามที่กำหนดไว้ ก้านสูบจะเลื่อนเข้าเองโดยอาศัยวาล์ว 1.3 ซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้อนโปรแกรมตามระยะทางหรือตำแหน่งดังในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 การควบคุมชนิดบังคับระยะทาง(2)

-ชนิดขั้นตอน (SEQUENCE CONTROL) ลักษณะการทำงานของโปรแกรมชนิดนี้ประกอบด้วยชนิดบังคับเวลาและชนิดบังคับระยะทางและทำงานเป็นขั้น ๆ ไป โปรแกรมที่จัดไว้อาจจะอยู่ในรูปโปรแกรมถาวร หรือ โปรแกรมเปลี่ยนได้โดยอาศัยบัตรเจาะรู เทปเจาะรู เทปแม่เหล็ก หรือ อื่น ๆ ที่เหมาะสมในการบรรจุโปรแกรม ตัวอย่างเช่น งานควบคุมการทำงานของเครื่องจักรเครื่องหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วยการบังคับมีดและการบังคับขึ้นงาน การทำงานของเครื่องจักรเป็นแบบโปรแกรมลำดับขั้น คือ ใช้เทปเจาะรูเป็นอุปกรณ์ป้อนโปรแกรมชนิดบังคับเวลา และ ใช้สวิทช์จำกัดระยะเป็นอุปกรณ์ป้อนโปรแกรมชนิดบังคับระยะทาง เมื่อขึ้นส่วนของเครื่องจักร เช่น แท่นพาขึ้นงานเคลื่อนที่มากดสวิทช์จำกัดระยะ สวิทช์ก็จะส่งสัญญาณไปบังคับให้เทปเจาะรูส่งสัญญาณในโปรแกรมออกมาบังคับการทำงานของมีด เมื่อมีดทำงานแล้วถอยกลับ แท่นของมันก็จะไปกดสวิทช์เพื่อบังคับให้เทปเจาะรูส่งโปรแกรมต่อไปออกมา

ข้อเปรียบเทียบและคำจำกัดความของงานบังคับอัตโนมัติแบบโปรแกรม

วิธีพิจารณาว่าจะเลือกใช้งานบังคับอัตโนมัติแบบโปรแกรมชนิดใดนั้นขึ้นอยู่กับ ลักษณะปัญหาวัตถุประสงค์ของงาน สภาพแวดล้อม และเงื่อนไขอื่น ๆ อีกบางประการ ในที่นี้ยังไม่มีกฎเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับยึดถือเป็นหลักปฏิบัติ โดยทั่วไปในการพิจารณาหาวิธีที่ดีที่สุดจึงจำเป็นต้องรู้ลักษณะเฉพาะของแต่ละชนิดไว้ให้ดี เพื่อช่วยในการตัดสินใจ

-ชนิดบังคับเวลา (TIME-SCHEDULE CONTROL)

อุปกรณ์ป้อนสัญญาณจะถูกรวบรวมไว้เป็นกลุ่มคล้ายกับ เป็นศูนย์บัญชาการ ดังนั้นจึงเปลี่ยนโปรแกรมได้ง่าย ขนาดและโครงสร้างกระทัดรัด ต่อนาสัญญาณไปใช้ได้ง่าย ความเร็วในการป้อนโปรแกรมคงที่และสม่ำเสมอ แรงและลำดับขั้นในการทำงานของเครื่องจักรไม่มีอิทธิพลต่อการป้อนโปรแกรม การทำงานในแต่ละขั้นตอนของเครื่องจักรเชื่อถือไม่ได้ เพราะไม่มีการบังคับระยะหรือตำแหน่ง สิ่งก่อกวนอันเกิดจากเครื่องจักรนั้นไม่มีอิทธิพลต่อการป้อนโปรแกรม

-ชนิดบังคับระยะทาง (CO-ORDINATED MOTION CONTROL)

อุปกรณ์ป้อนสัญญาณประกอบด้วยวาล์วจำกัดระยะทาง และวาล์วป้อนสัญญาณอื่น ๆ อีก ซึ่งอยู่กระจัดกระจายกันในวงจร จึงยากต่อการติดตั้ง ค้นหาและตรวจสอบ ลำดับขั้นของการทำงานจะถูกกำหนดด้วยระยะทางหรือตำแหน่ง ดังนั้น สิ่งก่อกวนอันเกิดจากเครื่องจักรจะมีอิทธิพลต่อการป้อนสัญญาณหรือโปรแกรม

-ชนิดขั้นตอน (SEQUENCE CONTROL)

เป็นการบังคับที่สมบูรณ์ที่สุด เพราะบังคับทั้งเวลา และ ระยะทางหรือตำแหน่งของการทำงานในแต่ละขั้นตอน อย่างไรก็ตามวิธีนี้ต้องใช้อุปกรณ์เพิ่มมากขึ้น กล่าวคือต้องใช้ทั้งอุปกรณ์ป้อนโปรแกรมของชนิดบังคับเวลาและของชนิดบังคับระยะทาง และอุปกรณ์ช่วยอื่น ๆ อีก เพื่อให้เกิดการป้อนโปรแกรมเป็นเป็นลำดับขั้น