บทที่ 5

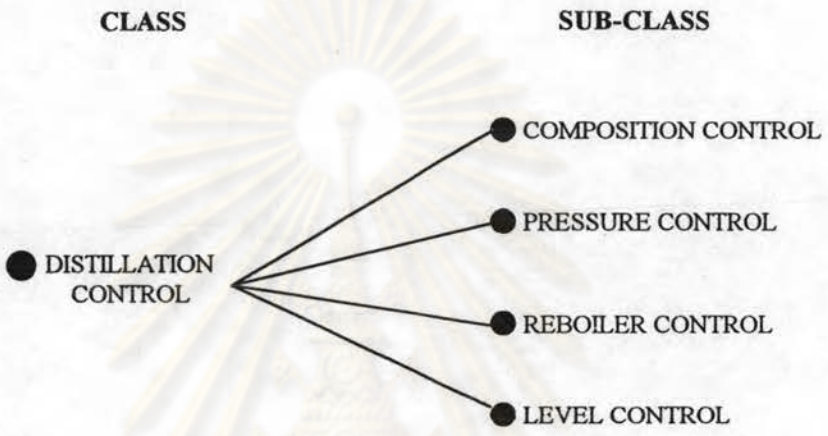
ระบบผู้เชี่ยวชาญในการเลือกชนิดการควบคุมของหอกลั่น

5.1 กล่าวนำ

ในบทนี้อธิบายถึงรายละเอียดเกี่ยวกับ ระบบฐานความรู้ที่ใช้ในการเลือกชนิดการควบคุมหอกลั่นที่แสดงเป็นคลาส ออปเจกต์ และคุณสมบัติ รวมถึงอธิบายเหตุผล หรือความสำคัญของคุณสมบัติของชนิดการควบคุมองค์ประกอบ การควบคุมความดัน การควบคุมการไหลของรีบอยเลอร์ รวมถึงชนิดของเครื่องควบแน่นและรีบอยเลอร์ โดยได้แสดงเป็นทั้งโครงข่ายออปเจกต์ และแสดงระบบฐานกฎที่ใช้เลือกที่นำมาจากความสัมพันธ์และความเหมาะสมของแต่ละวิธีที่แสดงในบทที่3 ต่อมาได้กล่าวถึงระบบฐานกฎของการเลือกชนิดการควบคุมหอกลั่น โดยจะแบ่งกฎออกเป็นกลุ่มๆ ได้แก่ กฎที่เกี่ยวกับการควบคุมองค์ประกอบแบบเดี่ยว แบบคู่ และแบบดึงสตรีมออกข้างคอลัมน์ กฎที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่มีค่ามากกว่า กฎที่เกี่ยวกับคอลัมน์ที่ต้องการความบริสุทธิ์สูง กฎที่เกี่ยวกับคอลัมน์ที่ใช้อัตราส่วนรีฟลักซ์สูง กฎที่เกี่ยวกับคอลัมน์ที่ต้องการการไหลผลิตภัณฑ์คงที่ เป็นต้น โดยพิจารณาจากคุณสมบัติเงื่อนไขมาวิเคราะห์หาความเป็นไปได้ของคำตอบว่ามีความขัดแย้งกันหรือไม่ ซึ่งสามารถใช้วิธีการผ่อนคลายเงื่อนไขมาช่วยแก้ปัญหาได้ และแสดงการติดต่อกับผู้ใช้ผ่านทางกราฟฟิค พร้อมทั้งตัวอย่างการใช้งาน

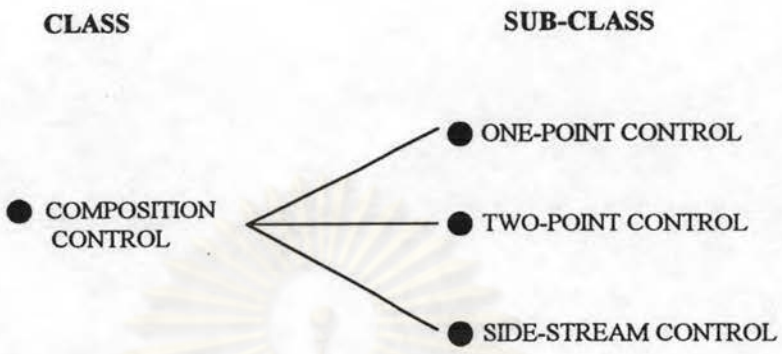
5.2 ฐานความรู้ (Knowledge base)

ได้ทำการแบ่งกลุ่มของชนิดการควบคุมหอกลั่น และเก็บไว้ในฐานความรู้ในรูปของคลาส คลาสย่อย ออปเจกต์ และคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้



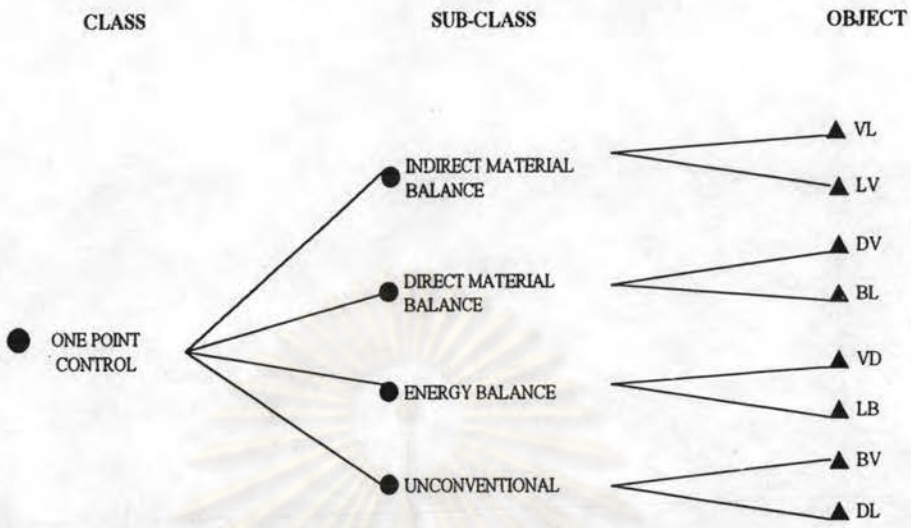
รูปที่ 5.1 แสดงฐานความรู้ของการเลือกชนิดการควบคุมหอกลั่นในระดับคลาส และคลาสย่อย

รูปที่ 5.1 แสดงฐานความรู้ของโครงสร้างการควบคุมหอกลั่นที่แบ่งการควบคุมเป็น 4 ชนิด ได้แก่การควบคุมองค์ประกอบ การควบคุมความดัน การควบคุมรีบอยเลอร์ และการควบคุมระดับ สำหรับการควบคุมองค์ประกอบนั้นสามารถแบ่งการควบคุมเป็นคลาสย่อย ดังรูปที่ 5.2 สำหรับการควบคุมความดันนั้นสามารถแบ่งการควบคุมเป็นคลาสย่อย ดังรูปที่ 5.6 สำหรับการควบคุมรีบอยเลอร์นั้นสามารถแบ่งการควบคุมเป็นคลาสย่อย ดังรูปที่ 5.8 สำหรับการควบคุมระดับของเหลวนั้นสามารถแบ่งการควบคุมเป็นคลาสย่อย ดังรูปที่ 5.9



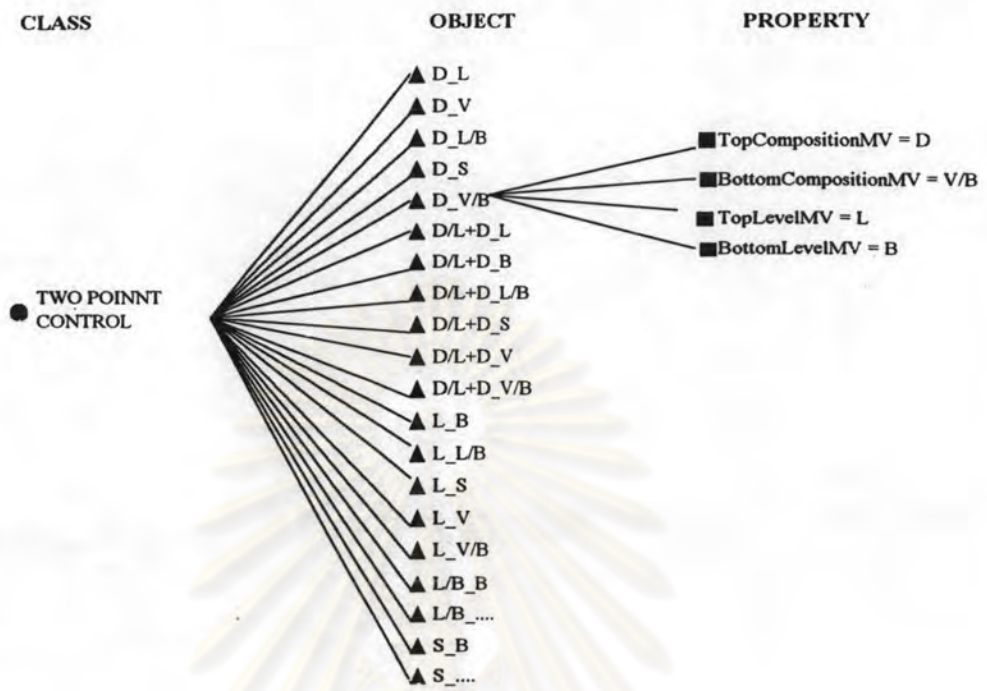
รูปที่ 5.2 แสดงฐานความรู้ของการควบคุมองค์ประกอบในระดับคลาส และคลาสย่อย

จากรูปที่ 5.2 แสดงฐานความรู้ของการควบคุมองค์ประกอบ ที่แบ่งเป็น 3 ชนิดตามลักษณะของการควบคุมว่าเป็นการควบคุมองค์ประกอบแบบเดี่ยว แบบคู่ หรือเป็นการควบคุมของคอลัมน์ที่มีการดึงผลิตภัณฑ์เป็นสตรีมด้านข้าง และสามารถแบ่งการควบคุมองค์ประกอบแบบเดี่ยวเป็นคลาส คลาสย่อย และออปเจกต์ตามแต่ลักษณะการควบคุมดังเช่นรูปที่ 5.3 และสามารถแบ่งการควบคุมองค์ประกอบแบบคู่เป็นคลาส คลาสย่อย และออปเจกต์ตามแต่ลักษณะการควบคุมดังเช่นรูปที่ 5.4 และสามารถแบ่งการควบคุมองค์ประกอบแบบดึงผลิตภัณฑ์ออกเป็นสตรีมด้านข้างเป็นคลาส คลาสย่อย และออปเจกต์ตามแต่ลักษณะการควบคุมดังเช่นรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.3 แสดงฐานความรู้ของการควบคุมองค์ประกอบแบบเดี่ยว
ในระดับคลาส และออปเจกต์!

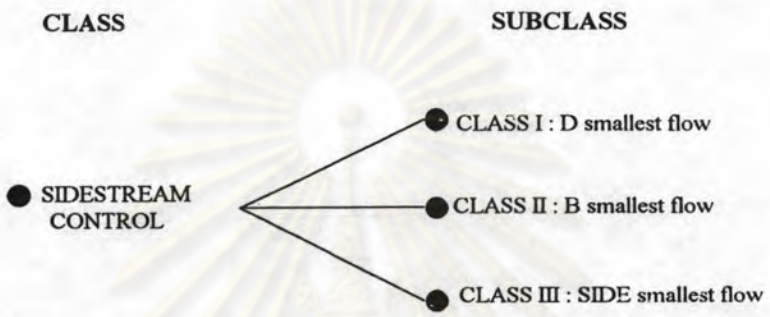
รูปที่ 5.3 แสดงฐานความรู้โครงสร้างการควบคุมองค์ประกอบแบบเดี่ยวที่แบ่งตามลักษณะกระแสที่นำมาใช้ปรับว่าเป็นกระแสสมดุลมวลสารโดยตรง หรือโดยอ้อม หรือเป็นกระแสสมดุลพลังงาน หรือเป็นแบบไม่ทั่วไปที่เป็นวิธีที่เหมาะกับคอลัมน์ที่มีการแยกยากๆ ได้เป็นทั้งหมด 8 โครงสร้างโดยที่ตัวหน้าแสดงตัวแปรปรับเพื่อควบคุมองค์ประกอบ ตัวหลังแสดงตัวแปรปรับที่ปล่อยอิสระ(หรือใช้ตัวควบคุมการไหล) เช่น แบบ *VL* ที่ใช้อัตราการเดือด (*V*) เป็นตัวแปรปรับเพื่อควบคุมองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ล่างหอ และให้การไหลรีฟลักซ์ (*L*) เป็นตัวแปรอิสระหรือใช้เป็นการควบคุมการไหล ส่วนแบบ *LV* ที่ใช้อัตราการไหลรีฟลักซ์ (*L*) เป็นตัวแปรปรับเพื่อควบคุมองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ยอดหอ และให้อัตราการไหลของการเดือด (*V*) เป็นตัวแปรอิสระหรือใช้เป็นการควบคุมการไหล เป็นต้น



รูปที่ 5.4 แสดงฐานความรู้ของการควบคุมองค์ประกอบแบบคู่
ในระดับคลาส ออปเจกต์ และคุณสมบัติ

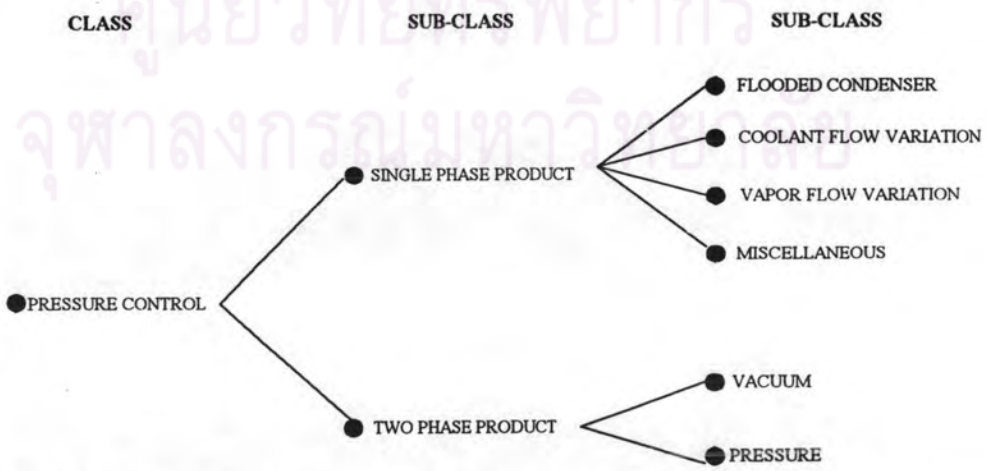
รูปที่ 5.4 แสดงฐานความรู้โครงสร้างการควบคุมแบบคู่ โดยโครงสร้างที่ได้นั้นตัวหน้าแสดงตัวแปรปรับเพื่อควบคุมองค์ประกอบยอดหอ ตัวหลังแสดงตัวแปรปรับเพื่อควบคุมองค์ประกอบล่างหอ ซึ่งจะมี "_" เป็นเครื่องหมายแบ่งระหว่างการควบคุมยอดหอและล่างหอ ซึ่งจะมีการจับคู่การควบคุมดังกล่าวได้เป็นโครงสร้างการควบคุมถึง 30 แบบ (ดังในตารางที่ 2.4) แต่จากรูปไม่ได้แสดงทั้งหมด เป็นเพียงรูปแบบโครงสร้างการควบคุมบางส่วนเท่านั้น และมีคุณสมบัติของตัวแปรปรับที่ใช้ควบคุมระดับของเหลวเป็นค่าดีฟลอลท์ของแต่ละรูปแบบด้วย เช่น รูปแบบ *D/L+D_B* ที่ใช้อัตราการไหลของอัตราส่วนดิสทิลเลต (*D*) กับผลรวมกระแสไอยอดหอ (*L+D*) เป็นตัวแปรปรับเพื่อควบคุมองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ยอดหอ และใช้อัตราการไหล

ของผลิตภัณฑ์ล่างหอ (*B*) เป็นตัวแปรปรับเพื่อควบคุมองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ล่างหอ ซึ่งจากรูปแบบดังกล่าวจะได้ตัวแปรปรับ *L+D* เพื่อควบคุมระดับของเหลวในรีฟลักซ์ดรัม และใช้อัตราการไหลของการเดือด (*V*) เป็นตัวแปรปรับเพื่อควบคุมระดับล่างหอ เป็นต้น



รูปที่ 5.5 แสดงฐานความรู้ของการควบคุมองค์ประกอบแบบดึงผลิตภัณฑ์ออกเป็นสตรีมด้านข้างในระดับคลาส และคลาสย่อย

รูปที่ 5.5 แสดงฐานความรู้ของคอลัมน์แบบมีการดึงสตรีมด้านข้าง พบว่าจะได้เป็น 3 กลุ่มออปเจกต์ ที่ขึ้นกับอัตราการไหลที่เล็กที่สุดของการไหลผลิตภัณฑ์ระหว่างผลิตภัณฑ์ยอดหอ, ล่างหอ และสตรีมข้างหอ

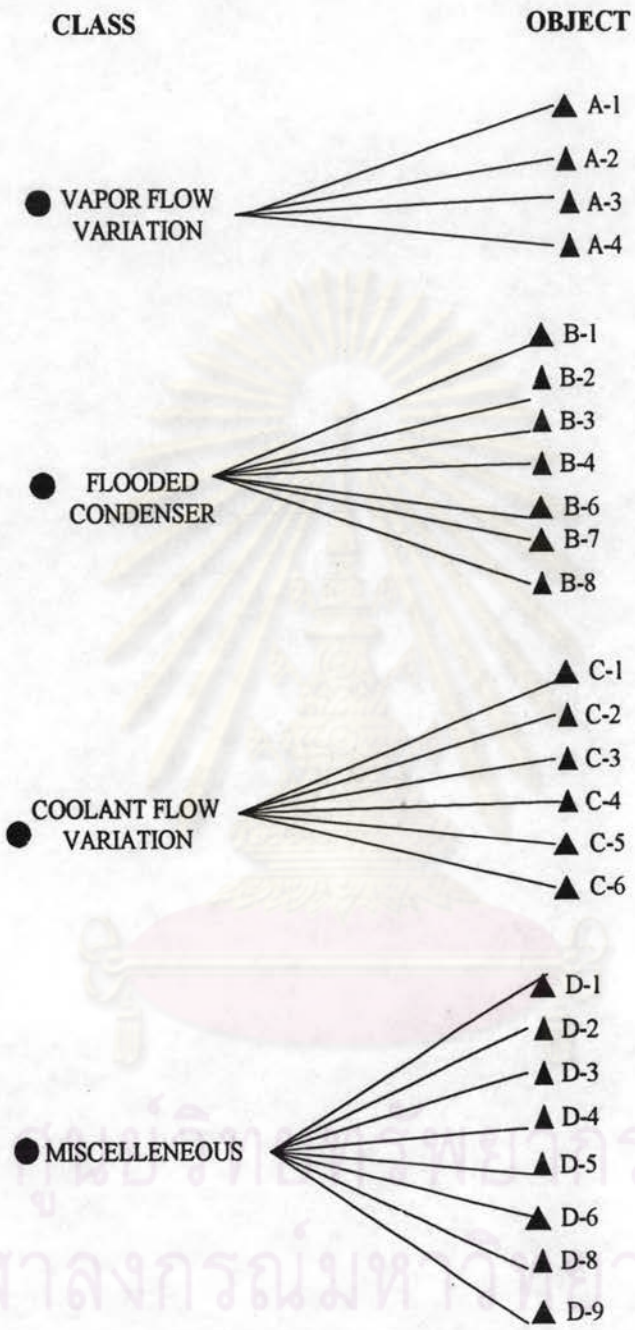


รูปที่ 5.6 แสดงฐานความรู้ชนิดการควบคุมความดันในระดับคลาส และคลาสย่อย

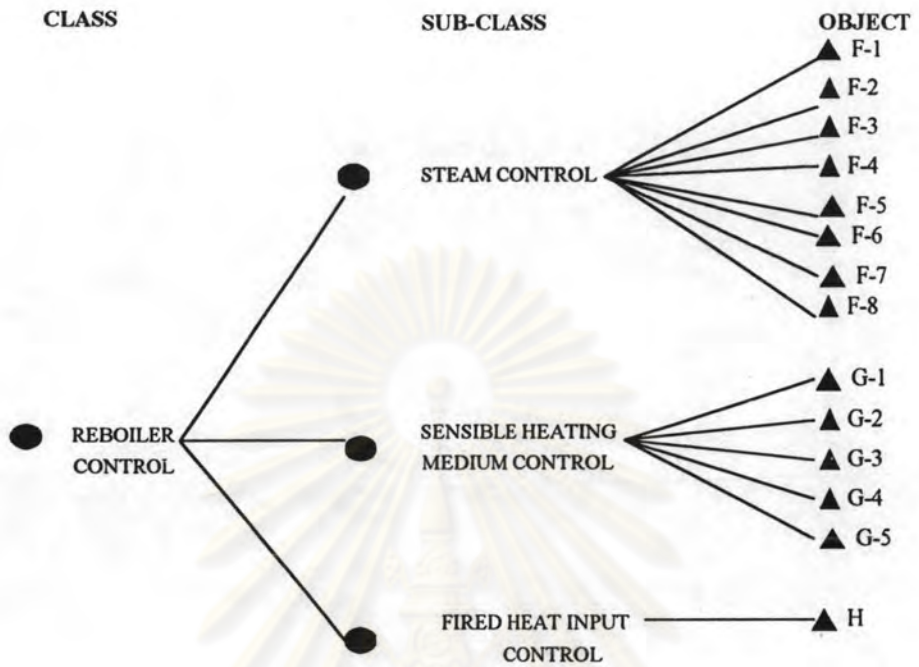
รูปที่ 5.6 แสดงฐานความรู้ของควบคุมความดันทั้งหมด 30 วิธีที่แบ่งการควบคุมเป็น 2 กลุ่ม ตามลักษณะของเฟสผลิตภัณฑ์ยอดหอ และจะได้ชนิดการควบคุมความดันของกรณีที่ผลิตภัณฑ์ยอดหอเป็นเฟสเดียวอีก 4 ชนิดที่แบ่งตามลักษณะการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของไอ, การปรับเปลี่ยนพื้นที่ในการควบแน่น (โดยการใช้เครื่องควบแน่นแบบท่วม), การปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของสารทำความเย็น และสุดท้ายเป็นการปรับเปลี่ยนด้วยวิธีอื่นๆ ได้ทั้งหมด 25 วิธี (วิธี A - D) ส่วนในกรณีที่ผลิตภัณฑ์ยอดหอมี 2 เฟส จะสามารถแบ่งการควบคุมความดันตามลักษณะการใช้งานของคอลัมน์ว่าใช้งานแบบสูญญากาศ หรือเป็นการใช้งานที่มีความดัน ได้ทั้งหมด 5 วิธี (วิธี E) โดยที่ชนิดการควบคุมความดันดังกล่าวที่ได้ทั้งหมดนี้สามารถแบ่งย่อยเป็นออปเจกต์ของแต่ละวิธีการควบคุม ดังเช่นในรูปที่ 5.7 ที่เป็นวิธีการควบคุมเมื่อผลิตภัณฑ์ยอดหอมีเฟสเดียว

สำหรับการควบคุมรีบอยเลอร์แสดงฐานความรู้เป็นคลาสดังรูปที่ 5.8 ที่แบ่งการควบคุมได้เป็น 3 คลาสตามความแตกต่างในการใช้สารตัวกลางให้ความร้อนเป็นการใช้ไอน้ำ, การใช้น้ำมันร้อน(หรือเป็นการให้ความร้อนโดยอาศัยความร้อนแฝง) หรือการใช้การเผาไหม้แกสเชื้อเพลิงโดยตรง ได้เป็นวิธีการควบคุมทั้งหมด 14 วิธี (วิธี F - H)

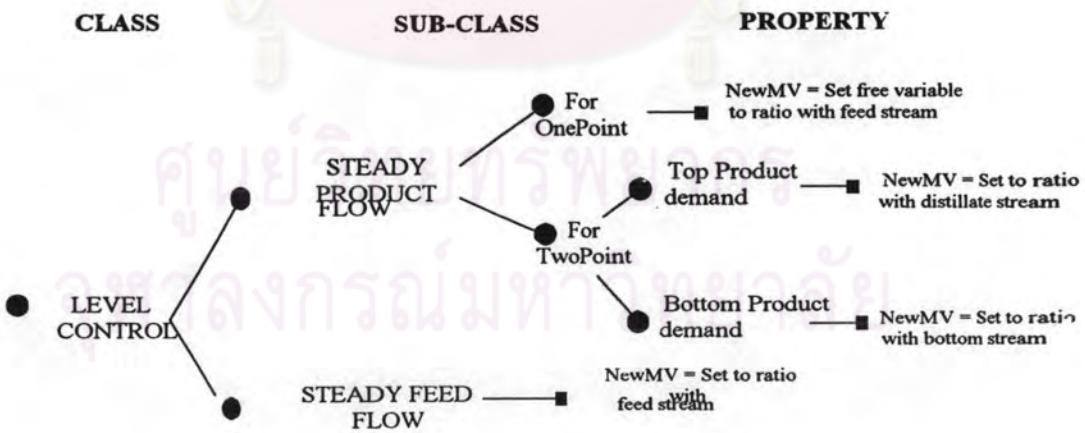
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.7 แสดงฐานความรู้ของการควบคุมความดันเมื่อผลิตภัณฑ์ยอดหอมีเฟสเดียว แสดงในรูปของคลาส และออปเจกต์



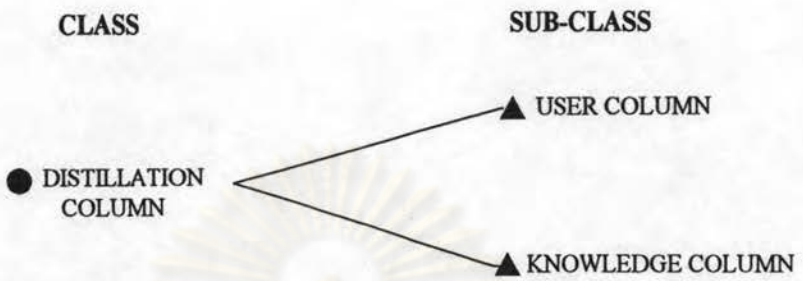
รูปที่ 5.8 แสดงฐานความรู้ของชนิดการควบคุมรีบอยเลอร์
ในระดับคลาส คลาสย่อย และออปเจกต์



รูปที่ 5.9 แสดงฐานความรู้ของชนิดการควบคุมระดับของเหลว
ในระดับคลาส และคลาสย่อย และคุณสมบัติ

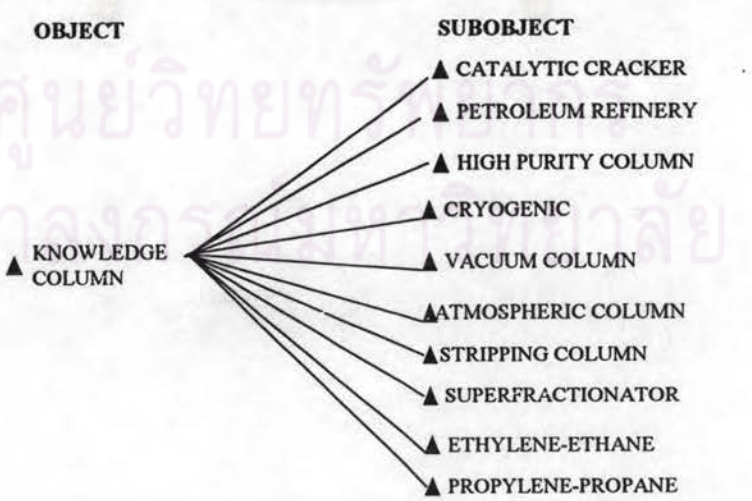
รูปที่ 5.9 แสดงฐานความรู้ที่แบ่งเป็นคลาสได้ 2 คลาส ตามลักษณะความต้องการให้อัตราการไหลของสารป้อน หรืออัตราการไหลของผลิตภัณฑ์คงที่ โดยอาศัยความรู้จาก Buckley (1975) (ดังตัวอย่างที่แสดงในตารางที่ 3.1) ถ้าเป็นความต้องการให้อัตราการไหลของสารป้อนคงที่ สำหรับการควบคุมแบบคู่จะตั้งค่ากระแสตัวแปรปรับเพื่อการควบคุมองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เป็นอัตราส่วนกับอัตราการไหลของสารป้อน ส่วนกรณีที่ต้องการให้อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์คงที่ สามารถแบ่งย่อยได้เป็นอีก 2 คลาสตามความต้องการให้อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ยอดหอ หรือล่างหอคงที่ จะต้องเซ็ทให้กระแสตัวแปรปรับที่ควบคุมระดับของเหลวล่างหอเป็นอัตราการไหลของสารป้อน และถ้าเป็นกรณีที่ต้องการอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ยอดหอคงที่ต้องเซ็ทให้กระแสตัวแปรปรับที่ควบคุมองค์ประกอบเป็นอัตราส่วนกับอัตราการไหลของดิสทิลเลต (D) และตัดวิธีการควบคุมองค์ประกอบผลิตภัณฑ์ด้วยอัตราการไหล D ออก จึงจะเหลือเป็นวิธีควบคุมที่เป็นไปได้ และถ้าเป็นกรณีที่ต้องการอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ล่างหอคงที่เซ็ทให้กระแสตัวแปรปรับที่ควบคุมองค์ประกอบเป็นอัตราส่วนกับอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ล่างหอ (B) และตัดวิธีการควบคุมองค์ประกอบผลิตภัณฑ์ด้วยอัตราการไหล B ออก จึงจะเหลือเป็นวิธีควบคุมที่เป็นไปได้

สำหรับความต้องการอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์คงที่ ในกรณีการควบคุมแบบเดี่ยวจะตั้งค่ากระแสตัวแปรปรับระดับของเหลวล่างหอเป็นการปรับจากกระแสป้อน โดยตัวแปรปรับเดิมเปลี่ยนเป็นการควบคุมการไหลที่มีเซ็ทพอยท์มาจากหน่วยดาวน์สตรีม และตัวแปรอิสระเดิมจะเซ็ทให้เป็นอัตราส่วนกับสารป้อน เพื่อควบคุมการไหล



รูปที่ 5.10 แสดงฐานความรู้ของคอลัมน์ ในระดับคลาส และออปเจกต์

รูปที่ 5.10 จะแบ่งชนิดของคอลัมน์เป็น 2 ชนิด คือกรณีที่ผู้ใช้ไม่ได้เลือกคอลัมน์จากฐานความรู้ โปรแกรมจะถามผู้ใช้เพื่อหาชนิดการควบคุมต่างๆ กรณีที่สองที่ผู้ใช้เลือกคอลัมน์จากฐานความรู้ ซึ่งจะมีคอลัมน์ที่อยู่ในฐานความรู้ดังแสดงในรูปที่ 5.11 ซึ่งแต่ละชนิดของคอลัมน์นั้นมีคำตอบของระบบการควบคุมเพียงบางส่วน ซึ่งผู้ใช้สามารถหาคำตอบของระบบการคบคุมที่เหลือได้จากการทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 5.11 แสดงฐานความรู้ของคอลัมน์ที่มีอยู่ในโปรแกรม

5.3 ระบบฐานกฎ (Rule based)

5.3.1 ระบบฐานกฎที่เกี่ยวกับการเลือกชนิดการควบคุม

โปรแกรมเริ่มต้นจากการถามผู้ใช้ว่า มีชนิดคอลัมน์ที่อยู่ในฐานความรู้หรือไม่ (ดังในรูปที่ 5.12) ถ้ามีโปรแกรมก็จะทำการค้นหาคำตอบในฐานความรู้ ถ้ากรณีไม่มีคอลัมน์ในฐานความรู้โปรแกรมจะทำการค้นหาคำตอบของวิธีการควบคุมความดันจากฐานความรู้(รูปที่ 5.22) และทำการค้นหาชนิดการควบคุมองค์ประกอบตามจุดประสงค์ทางเศรษฐศาสตร์ว่าต้องการควบคุมองค์ประกอบใดบ้าง โดยแบ่งเป็นการควบคุมองค์ประกอบแบบเดี่ยว (รูปที่ 5.13) การควบคุมองค์ประกอบแบบคู่ (รูปที่ 5.14 หรือ 5.15) หรือการควบคุมองค์ประกอบของคอลัมน์ที่มีการดึงสตรีมออกด้านข้าง (รูปที่ 5.16) เมื่อได้โครงสร้างการควบคุมที่เป็นไปได้แล้วโปรแกรมจะตรวจสอบโครงสร้างการควบคุมที่ได้กับวิธีการควบคุมความดันที่ได้ว่ามีความขัดแย้งกันหรือไม่ เนื่องจากวิธีการควบคุมความดันบางวิธีที่มีการใช้อัตราการไหลของดิสทิลเลตในการปรับ ซึ่งอาจจะขัดแย้งกับวิธีการควบคุมองค์ประกอบที่ได้ที่ใช้ดิสทิลเลตควบคุมความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์ยอดหอ จึงจำเป็นต้องตัดวิธีการควบคุมองค์ประกอบที่ได้นั้น แล้วเลือกวิธีการควบคุมองค์ประกอบที่เป็นไปได้ถัดมาเรื่อยๆ ในชุดวิธีการควบคุมที่เป็นไปได้ ถ้าสุดท้ายแล้วไม่ได้วิธีการควบคุมที่เหมาะสม ก็ให้ผู้ใช้ทำการผ่อนคลายเงื่อนไขโดยเลือกความสำคัญของตัวรบกวนในระบบใหม่ ถ้าไม่สามารถผ่อนคลายเงื่อนไขหรือผ่อนคลายแล้วยังไม่ได้การควบคุมที่เหมาะสม โปรแกรมจะแนะนำให้ผู้ใช้ทำการออกแบบใหม่

หลังจากนั้นเมื่อได้โครงสร้างการควบคุมที่แมทซ์กับเงื่อนไขแล้ว โปรแกรมจะถามผู้ใช้ว่ามีความต้องการอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์คงที่ และความราบเรียบของอัตราการไหลนั้นมีความสำคัญ ก็จะทำการเซ็ทค่าตัวแปรปรับใหม่ดังรูปที่ 5.9 แล้วจึงทำการค้นหาคำตอบวิธีควบคุมรีบอยเลอร์ (รูปที่ 5.23) ชนิดของรีบอยเลอร์ (รูปที่ 5.24) ชนิดของเครื่องควบแน่น (รูปที่ 5.25) และการเลือกจุดวัดวิเคราะห์องค์ประกอบผลิตภัณฑ์ (รูปที่ 5.26)

สุดท้ายโปรแกรมจะแสดงผลการค้นหาคำตอบที่ได้ พร้อมทั้งแสดงรายละเอียดของวิธีการควบคุม และชนิดอุปกรณ์ต่างๆ

สำหรับความเกี่ยวเนื่องของคุณสมบัติต่างๆ โปรแกรมจะถามจากผู้ใช้ไว้ก่อน ดังนี้

ก. ถามว่าของผสมมีสารกัดกร่อนหรือไม่ เช่นในอุตสาหกรรมเคมี

- ใช่ : → เกี่ยวเนื่องกับสารตัวกลางให้ความร้อนชนิดรีบอยเลอร์, ชนิดคอนเดนเซอร์
- ไม่ใช่ :

ข. ถามขนาดของหอกลั่น แบ่งตามลักษณะจำนวนเทรย์ (n)

- ใหญ่มาก : $n \geq 100$ → เหมาะสมกับวิธีควบคุมความดันจากขาออกเครื่องควบแน่น B-1 ถึง B-6
  เกี่ยวเนื่องกับหอกลั่นที่แยกยาก
- ใหญ่ : $20 \leq n < 100$ → ถามข้อ ค.
- เล็กมาก : $n < 20$ → เกี่ยวเนื่องกับชนิดของเครื่องควบแน่นแบบภายในคอลัมน์
  เหมาะกับวิธีควบคุมความดันจากสายไอยอดหอ (หรือวิธีขาเข้าเครื่องควบแน่น) → B-7, B-8, D-4, D-5

ค. ถามอัตราส่วนรีฟลักซ์ที่ใช้ (L/D)

- สูงมาก : $L/D \geq 10$ → เกี่ยวเนื่องกับหอกลั่นที่แยกยากๆ
- สูง : $5 \leq L/D < 10$ → เกี่ยวเนื่องกับการเลือกโครงสร้างการควบคุมที่ใช้ L ควบคุม L_r (Richadson's rule)
- ปานกลาง : $1 \leq L/D < 5$ → ถามข้อ ฉ.

- ต่ำ : $L/D < 1$ ⟶ เกี่ยวเนื่องกับการเลือกโครงสร้างการควบคุมที่ใช้ D ควบคุม L_r (Richadson's rule)

ง. ถามอัตราส่วนบอยล์อัพที่ใช้ (V/B)

- สูง : $V/B \geq 5$ ⟶ เกี่ยวเนื่องกับการเลือกโครงสร้างการควบคุมที่ใช้ V ควบคุม L_b (Richadson's rule)
- ปานกลาง : $1 \leq V/B < 5$ ⟶ ถามข้อ ฉ.
- ต่ำ : $V/B < 1$ ⟶ เกี่ยวเนื่องกับการเลือกโครงสร้างการควบคุมที่ใช้ B ควบคุม L_b (Richadson's rule)

ฉ. ถามอัตราการระเหยสัมพัทธ์ของสารที่นำมาแยก (α) ว่ามีค่าน้อยกว่า 1.2

- ใช่ ⟶ เกี่ยวเนื่องกับหอกลั่นที่แยกยากๆ
- ไม่ใช่ ⟶ ถามข้อ ฉ.

ช. คุณสมบัติความดันปฏิบัติการที่ใช้ในหอกลั่น (ซึ่งหมายถึงความดันยอดหอ : P)

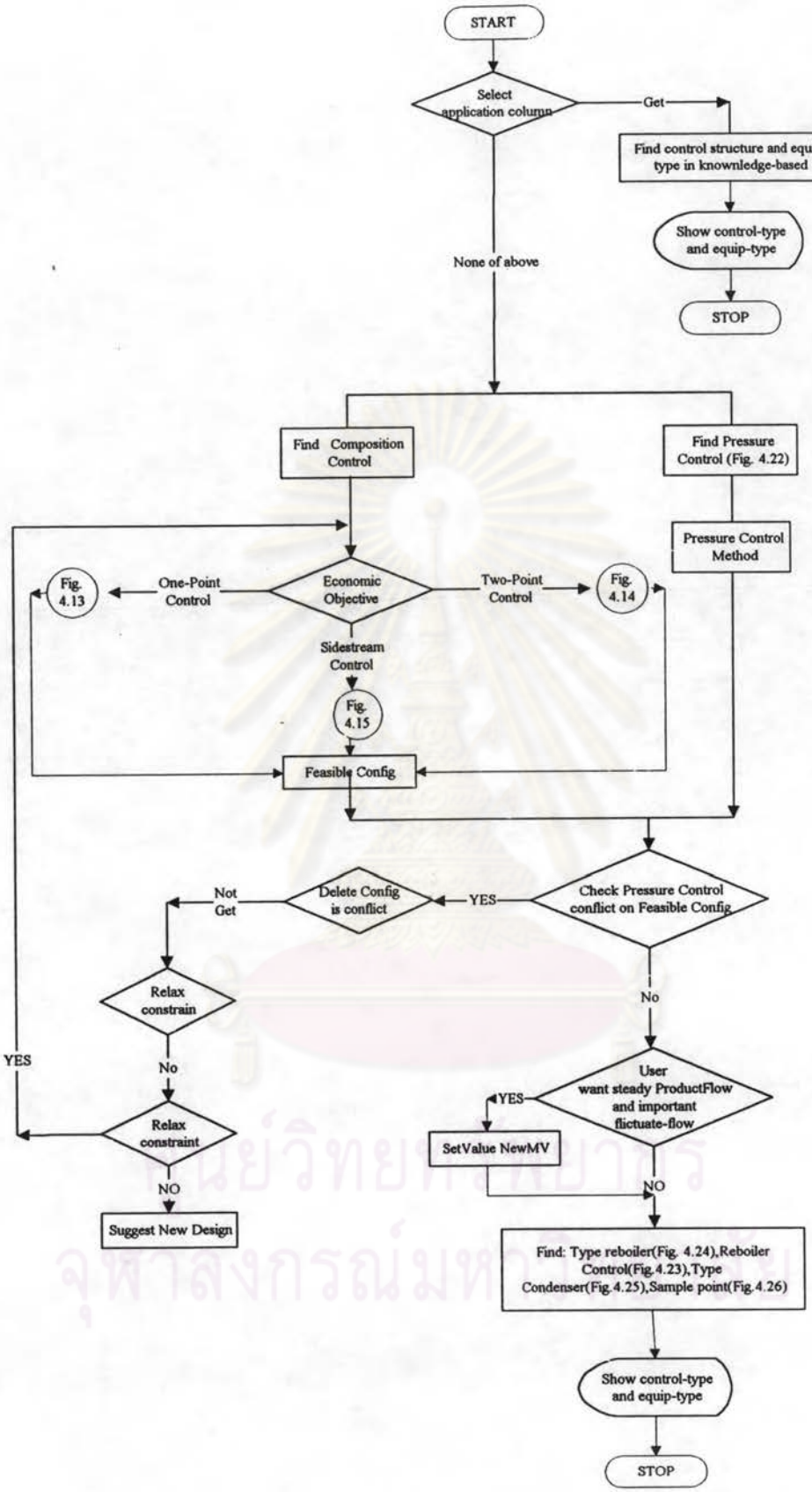
P => 3 atm

1 <= P < 3 atm ⟶ ซึ่งจะได้เป็นหอกลั่นบรรยากาศ

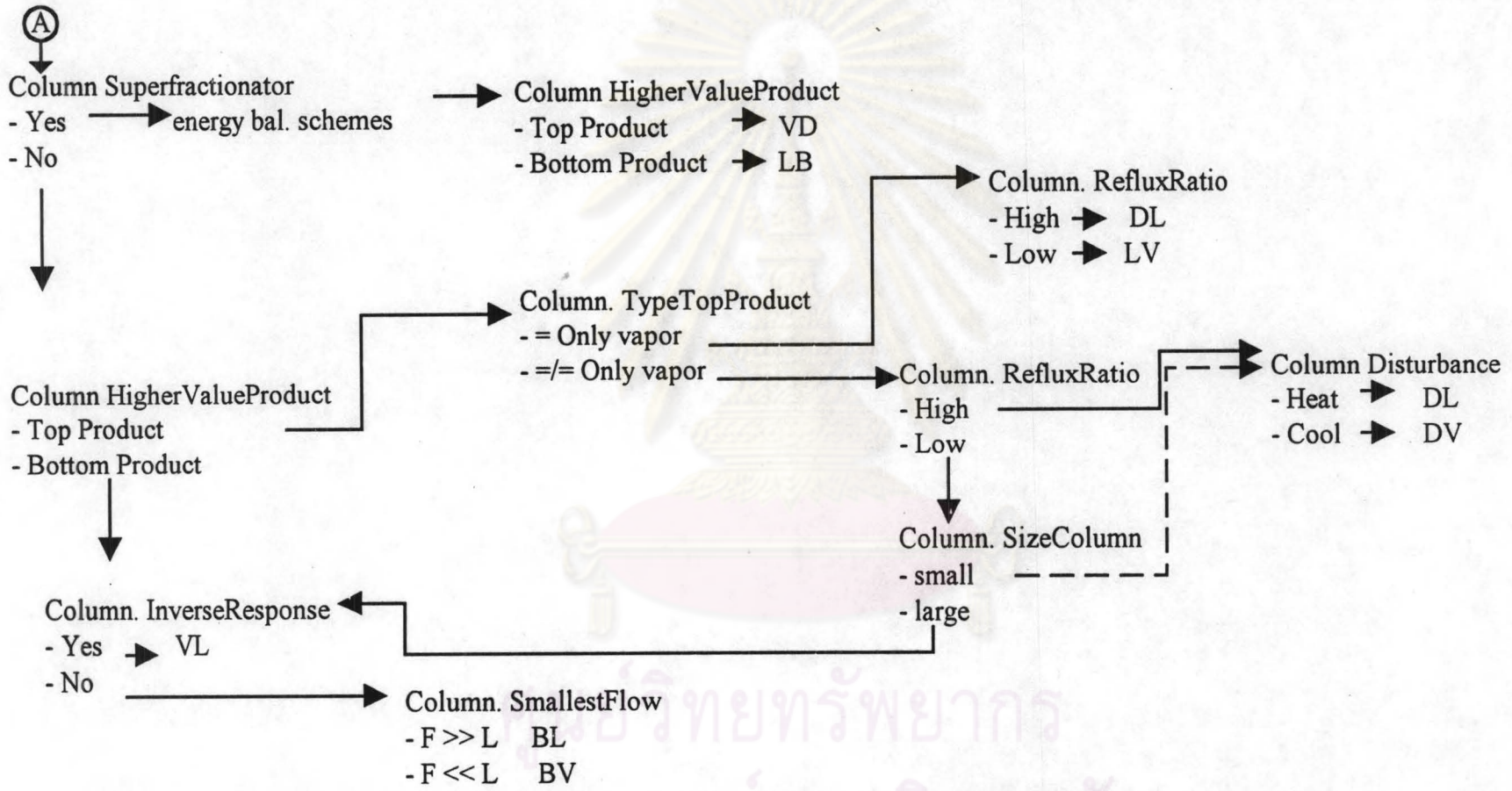
0.5 <= P < 1 atm

P < 0.5 atm ⟶ ซึ่งจะได้เป็นหอกลั่นสูญญากาศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.12 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 5.13 แสดงฐานกฎของการเลือกวิธีการควบคุมองค์ประกอบแบบเดี่ยว

รูปที่ 5.13 ได้แสดงวิธีการควบคุมองค์ประกอบแบบเดี่ยวในฐานกฎ จากฐานความรู้ที่แสดงเป็นคลาส และออปเจกต์ดังรูปที่ 5.3 ซึ่งแต่ละคลาส มีคุณสมบัติที่ใช้ในการพิจารณาเลือกวิธีการควบคุมองค์ประกอบผลิตภัณฑ์แบบเดี่ยวของหอกลั่น ลักษณะของโปรแกรมจะเป็นการถาม-ตอบกับผู้ใช้ผ่านทางกราฟฟิค ดังในรูปที่ 5.1 โดยคุณสมบัติของวิธีการควบคุมที่นำมาใช้ในการพิจารณาเลือกอันดับแรก คือ การใช้งานในหอกลั่นที่มีการแยกยากๆ (หรือหอกลั่นที่มีค่าอัตราส่วนรีฟลักซ์สูงๆ หรือมีค่าการระเหยสัมพัทธ์ของของผสมที่นำมาแยกต่ำกว่า 1.2 หรือมีการใช้จำนวนเทรย์มากๆ) จะเป็นคุณสมบัติที่แยกวิธีปรับจากกระแสสมดุลพลังงาน (*VD* และ *LB*) ออกจากวิธีการควบคุมอื่นๆ จากนั้นมาพิจารณาคุณค่าของผลิตภัณฑ์ที่แบ่งเป็นผลิตภัณฑ์ยอดหอ หรือล่างหอที่มีคุณค่ามากกว่าหรือสำคัญมากกว่ากัน ก็จะเลือกควบคุมองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ตัวนั้น จะแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เลือกควบคุมผลิตภัณฑ์ยอดหอ ได้แก่โครงสร้างการควบคุมแบบ *DL, DV, LV* และกลุ่มที่เลือกควบคุมผลิตภัณฑ์ล่างหอ ได้แก่ *BL, BV, VL*

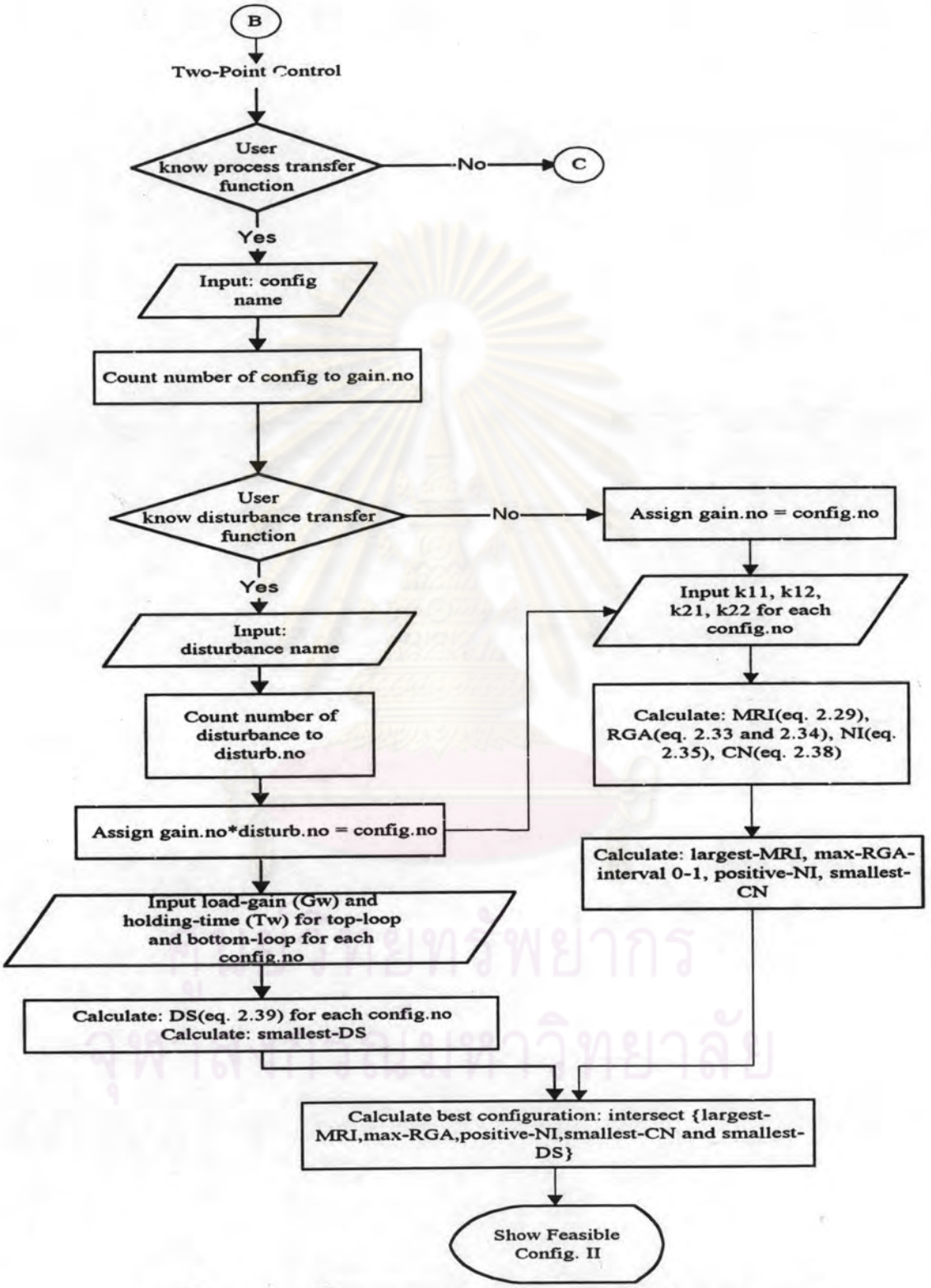
คุณสมบัติถัดมาที่ใช้พิจารณาเลือกสำหรับกรณีที่คุมผลิตภัณฑ์ยอดหอ คือผลิตภัณฑ์ยอดหอเป็นเฟสไออย่างเดียวหรือไม่ ถ้าเป็นเฟสไออย่างเดียวนั้นวิธี *DV* ไม่เหมาะสม จะเหลือเป็นวิธี *DL* และ *LV* ที่ใช้ความแตกต่างของค่าอัตราส่วนรีฟลักซ์ที่ใช้ว่าสูงหรือไม่ ($L/D >> 1$ หรือ $V/B >> 1$) ถ้าใช้กับคอลัมน์ที่มีอัตราส่วนรีฟลักซ์สูงนั้น วิธีควบคุมแบบสมดุลมวลสารโดยอ้อม (*LV*) จะไม่สามารถใช้ควบคุมได้ดีนัก เหมาะกับคอลัมน์ที่มีอัตราส่วนรีฟลักซ์ต่ำมากกว่า คุณสมบัติขนาดของคอลัมน์นั้นสำหรับคอลัมน์ที่มีขนาดเล็ก วิธีการควบคุม *DV* จะเหมาะสม ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าตัวรบกวนใดที่สำคัญกับระบบมากกว่าระหว่างตัวรบกวนเนื่องจาก

ความร้อน ควรใช้วิธีปรับจากกระแสสมดุลมวลสารโดยอ้อม *DL* หรือตัวรบกวนเนื่องจากระบบทำความเย็น (ในที่นี้ คือการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายนอกของหอกลั่นอย่างรวดเร็ว เช่น เกิดพายุ หรือวันที่อากาศร้อนจัด) ควรใช้วิธีปรับจากกระแสสมดุลมวลสารโดยตรง *DV*

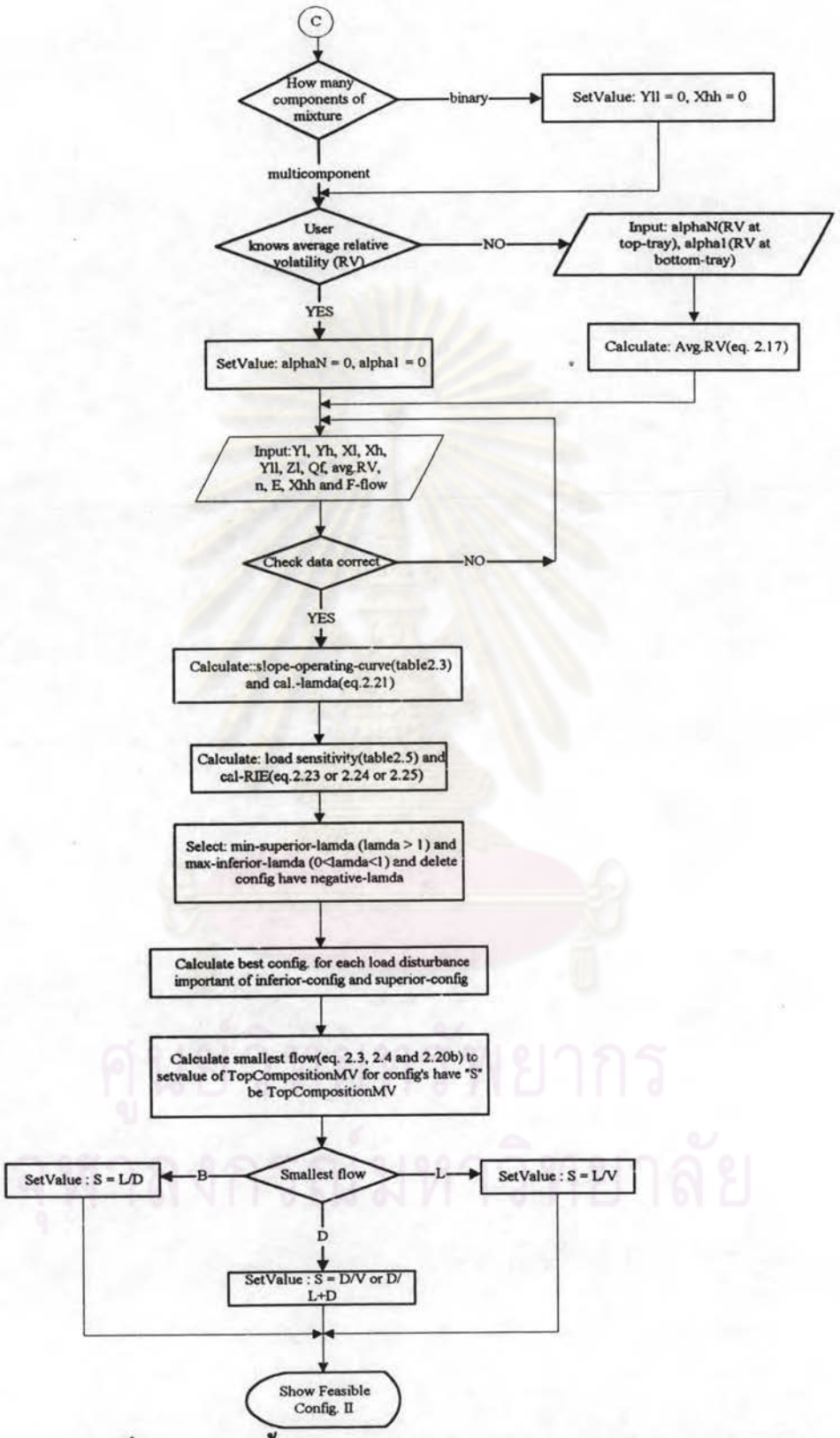
คุณสมบัติถัดมาที่ใช้พิจารณาเลือกสำหรับกรณีที่คุมผลิตภัณฑ์ล่างหอ คือการเกิดผลตอบสนองการควบคุมแบบตรงกันข้าม ซึ่งมักจะเกิดในกรณีที่มีการใช้รีบอยเลอร์ชนิดเทอร์โมไซฟอน หรือการใช้วาล์วเทรย์ หรือเทรย์แบบเจาะรูที่มีการใช้งานอัตราสูง พบว่าวิธีปรับกระแสสมดุลมวลสารโดยตรง (*BL*) มักมีผลกระทบเนื่องจากการตอบสนองแบบตรงข้ามนี้มาก จึงควรใช้วิธีควบคุมที่ไม่ธรรมดา (*BV*) แทน แต่วิธี *BV* นี้มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถใช้งานได้ถ้าอัตราการไหลของรีฟลักซ์น้อยกว่าของสารป้อน ($F >> L$)

สำหรับคอลัมน์ทีมีขนาดใหญ่นั้นควรใช้วิธี *VL* หรือ *BL* เนื่องจากเป็นการปรับจากการเดือดของคอลัมน์โดยตรง

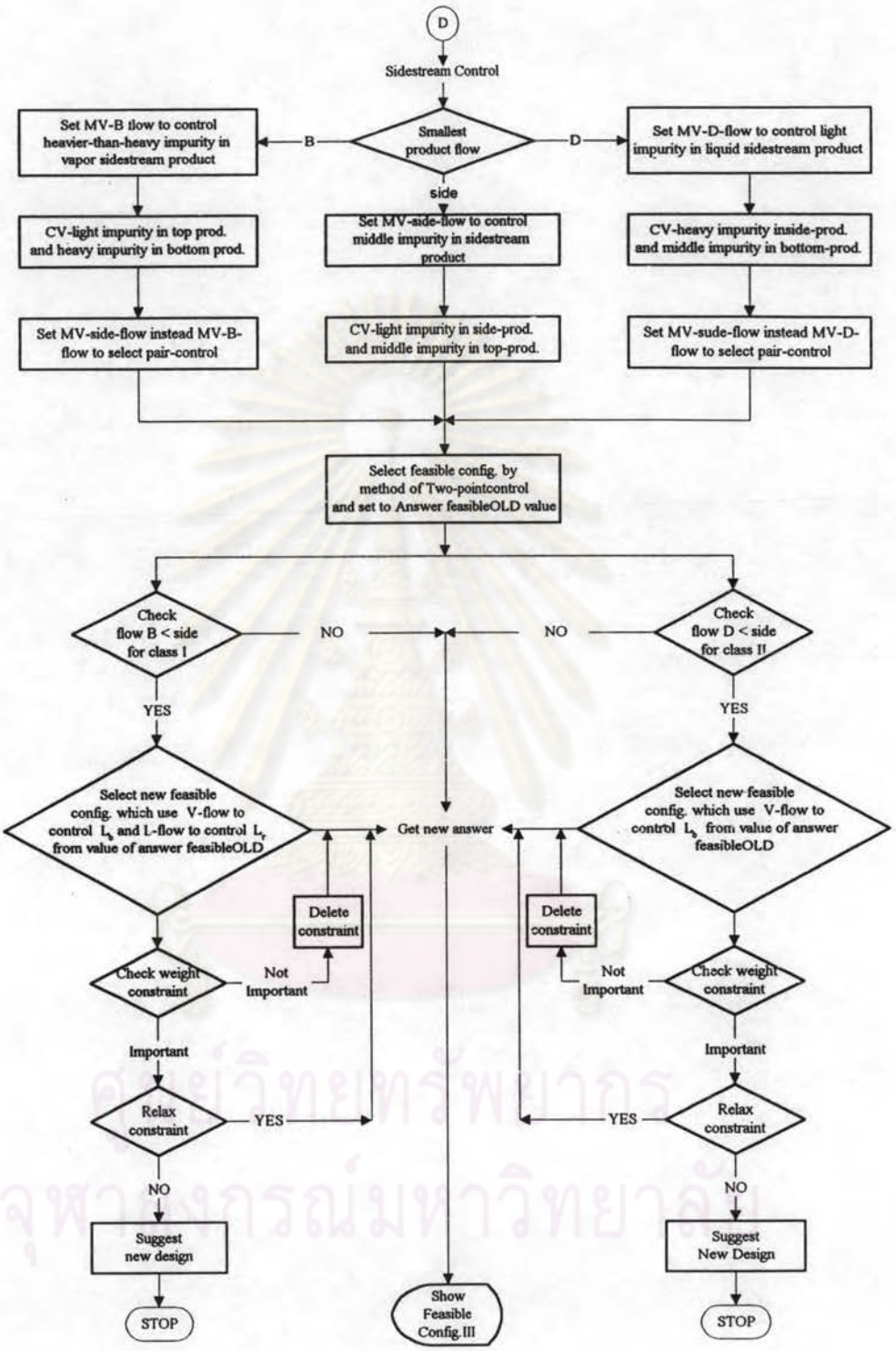
และคุณสมบัติสุดท้ายที่นำมาพิจารณา คือ ตัวรบกวนจากการไหลของสารป้อน หรือตัวรบกวนจากองค์ประกอบของสารป้อน พบว่าเมื่อพิจารณาถึงตัวรบกวนจากองค์ประกอบของสารป้อนเป็นสำคัญแล้ว ควรจะใช้อัตราส่วนสตรีมต่าง ๆ เป็นตัวปรับ และถ้าต้องการอัตราการไหลคงที่แล้ว ก็พิจารณาจากความรู้ของ Buckley (1975) ดังที่ได้อธิบายมาแล้วของรูปที่ 5.9 มาเป็นข้อวินิจฉัยเพิ่มเติม



รูปที่ 5.14 แสดงขั้นตอนการเลือกวิธีการควบคุมองค์ประกอบแบบคู่
(กรณีที่ผู้ใช้ทราบค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของกระบวนการ)



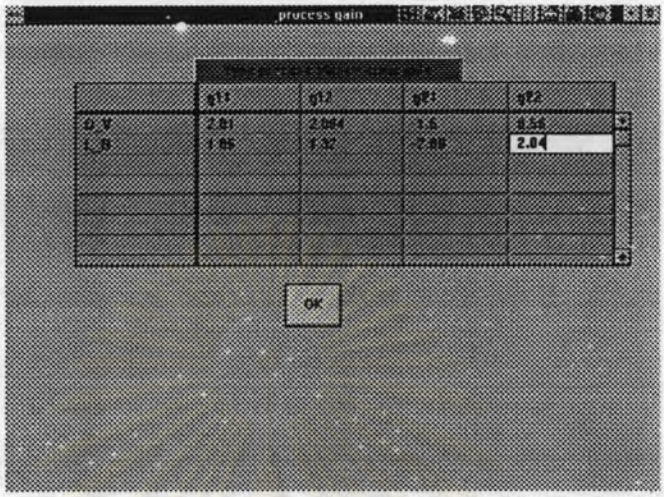
รูปที่ 5.15 แสดงขั้นตอนการเลือกวิธีการควบคุมองค์ประกอบแบบคู่
(กรณีที่ผู้ใช้ไม่ทราบค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของกระบวนการ)



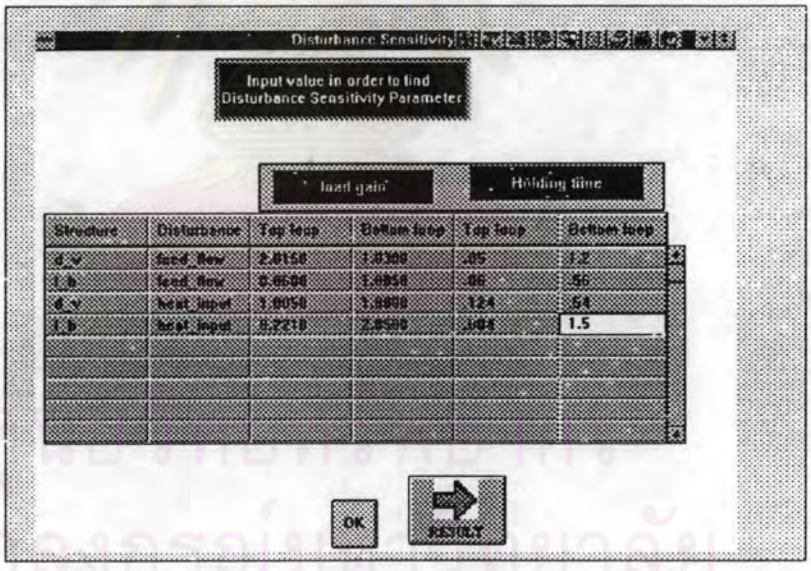
รูปที่ 5.16 แสดงขั้นตอนการเลือกวิธีการควบคุมองค์ประกอบของคอลัมน์ที่มีการดึงสตรีมออกด้านข้าง

สำหรับฐานกฎที่ใช้ในการเลือกวิธีการควบคุมองค์ประกอบแบบคู่ รวมถึงแบบดึงผลิตภัณฑ์ออกเป็นสตรีมข้างคอลัมน์ มีขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมแสดงในรูปที่ 5.14, 5.15 และรูปที่ 5.16 สำหรับแบบดึงสตรีมออกด้านข้างคอลัมน์นั้นหลังจากแยกเป็นคลาสตามลักษณะอัตราการไหลผลิตภัณฑ์ที่เล็กที่สุดแล้ว ก็จะเหลือเป็นการควบคุมแบบคู่ที่จะพิจารณาผลกระทบระหว่างลูพควบคุมองค์ประกอบเป็นสำคัญ การเลือกวิธีการควบคุมแบบคู่นั้นเมื่อผู้ใช้ทราบค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน (รูปที่ 5.14) โปรแกรมจะให้ผู้ใช้ใส่ชื่อของโครงสร้างการควบคุมที่ทราบค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันนั้น และใส่ชื่อตัวแปรรบกวนที่เกิดขึ้นกับระบบเพื่อนำไปหาค่าความว่องไวของตัวแปรรบกวนต่อระบบการควบคุมของแต่ละโครงสร้าง จากนั้นโปรแกรมจะทำการคำนวณตามเมทอดที่อยู่ในฐานความรู้ (ได้แก่ เมทอดหาค่า MRI, ค่า RGA, ค่า NI, ค่า CN และค่าความว่องไวต่อตัวแปรรบกวนต่างๆ ดังสมการ (2.29), (2.33 หรือ 2.34), (2.35), (2.38) และ สมการ (2.39) ตามลำดับ) โดยให้ผู้ใช้ป้อนค่าเกนของทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของกระบวนการ และถ้าผู้ใช้ทราบค่าเกนรบกวนและค่าเวลาคงตัวของทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของภาระการรบกวน (ดังรูปที่ 5.17 และ 5.18) และค้นหาคำตอบตามกฎที่อยู่ในฐานกฎเพื่อให้ได้โครงสร้างการควบคุมที่ดีที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

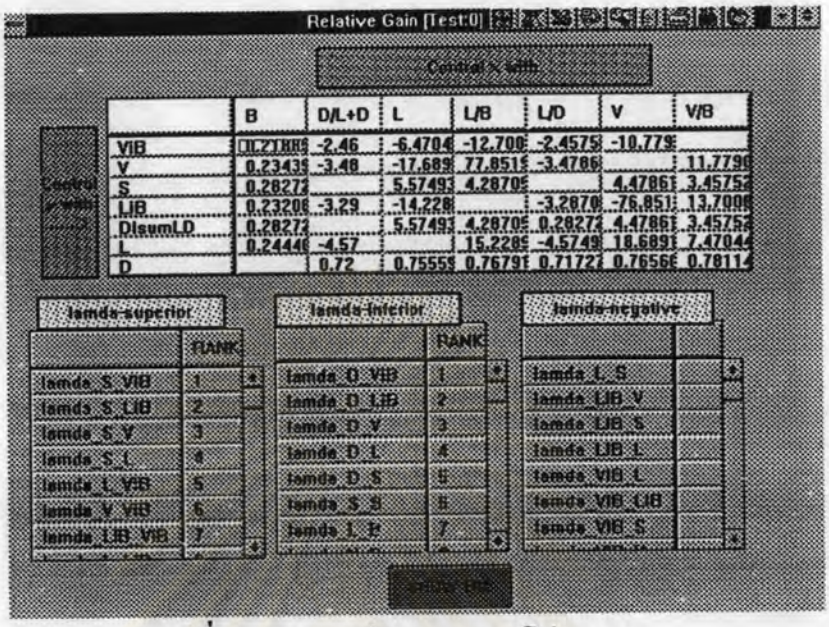


รูปที่ 5.17 แสดงการป้อนค่าเกนของกระบวนการ



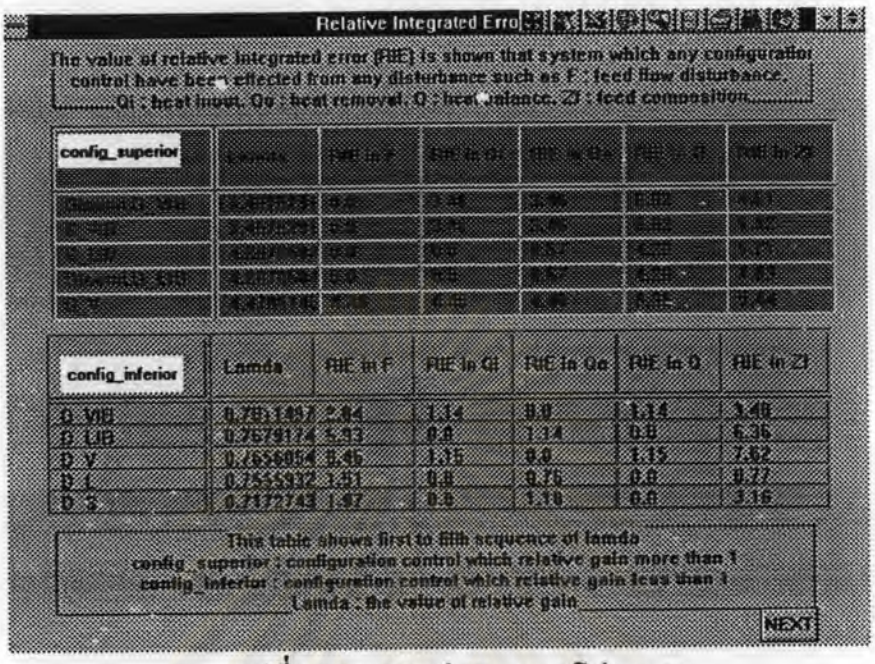
รูปที่ 5.18 แสดงการป้อนค่าเกนของภาระการรบกวน

ส่วนกรณีที่ผู้ใช้ไม่ทราบค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน (รูปที่ 5.15) โปรแกรมจะถามผู้ใช้ว่าเป็นการแยกของผสมแบบสององค์ประกอบที่มีคีย์สารองค์ประกอบเบา และคีย์สารองค์ประกอบหนัก หรือแบบหลายองค์ประกอบที่จะมีคีย์เบากว่าสารเบาและคีย์หนักกว่าสารหนักด้วย โดยให้ผู้ใช้ป้อนค่าเปอร์เซ็นต์โมลของสารแต่ละคีย์ที่มีอยู่ในสารป้อน, ผลิตภัณฑ์ยอดหอ และในผลิตภัณฑ์ล่างหอ ป้อนค่าจำนวนเทรย์, ประสิทธิภาพของเทรย์, ค่าการระเหยสัมพัทธ์เฉลี่ยของหอกลั่น และป้อนอัตราการไหลของสารป้อน ซึ่งในโปรแกรมได้มีการเช็คข้อมูลที่เข้ามาว่าถูกต้องหรือไม่ โดยพิจารณาค่า $Z_l<Y_l<1$, ค่า $0<X_l<Z_l$, ค่า $0<Y_h<Y_l$, ค่า $X_l<X_h<1$, ค่า alpha-avg > $(S)^{1/nE}$ (เมื่อ $S = \frac{Y_l X_h}{Y_h X_l}$) ถ้าค่าของข้อมูลที่ใส่เข้ามาไม่อยู่ในช่วงที่กำหนดโปรแกรมจะให้ผู้ใช้ใส่ค่าใหม่ เพื่อมาคำนวณตามเมทอดในฐานความรู้ ได้แก่ เมทอดหาค่าความชันของเส้นโค้งปฏิบัติการ ดังตารางที่ 2.3 เพื่อคำนวณหาค่าแลมดาหรือ ค่า RGA ในสมการ (2.21) ที่จะได้โครงสร้างการควบคุมแบ่งเป็นโครงสร้างที่ให้ค่าแลมดาติดลบ จะเป็นโครงสร้างที่ตัดทิ้งไปก่อน และได้โครงสร้างการควบคุมเป็นไปได้ที่เหลือที่ให้ค่าแลมดาเป็นบวก แบ่งเป็นกลุ่มโครงสร้างที่ให้ค่าแลมดามากกว่า 1 เรียกเป็น "lamda-superior" และโครงสร้างที่ให้ค่าแลมดาน้อยกว่า 1 เรียกเป็น "lamda-inferior" (ดังรูปที่ 5.19) และเรียงลำดับโครงสร้างในแต่ละกลุ่มตามค่าแลมดาที่ได้จากน้อยไปหามาก ในกลุ่ม "lamda-superior" ซึ่งค่าแลมดาที่มากกว่า 1 ที่น้อยที่สุดจะเป็นค่าที่ให้ความน่าเชื่อถือในการควบคุมมากกว่า เช่นเดียวกันจะเรียงลำดับโครงสร้างในแต่ละกลุ่มตามค่าแลมดาที่ได้จากมากไปหาน้อยในกลุ่ม " lamda-inferior" ซึ่งค่าแลมดาที่น้อยกว่า 1 ที่มากที่สุดจะให้การควบคุมที่ดีกว่า

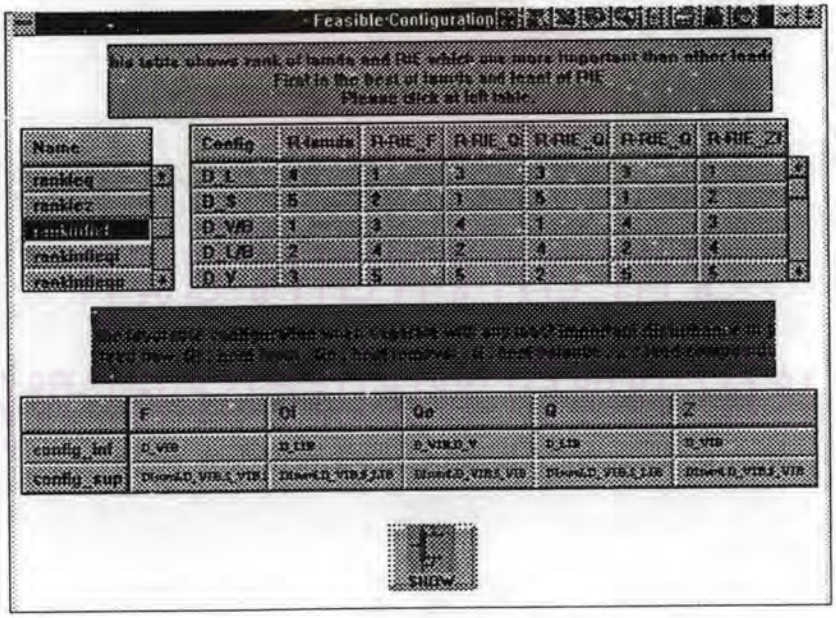


รูปที่ 5.19 แสดงค่าแลมดาจากโปรแกรม

จากนั้นโปรแกรมจะเลือกเฉพาะโครงสร้างที่ให้อันดับค่าแลมดาที่ดี 5 อันดับแรกของแต่ละกลุ่มโครงสร้าง เพื่อนำไปคำนวณหาค่าความว่องไวต่อตัวแปรรบกวนจากเมทอดในฐานความรู้ ได้แก่ ตารางที่ 2.6 และคำนวณหาค่า RIE จากสมการ (2.23, 2.24 หรือ 2.25) ของแต่ละตัวแปรรบกวน (ดังรูปที่ 5.20) ได้แก่ตัวรบกวนเนื่องอัตราการไหลของสารป้อน (F), การรบกวนจากการให้ความร้อนแก่ระบบ (Qi), การนำความร้อนออกจากระบบ หรือ การรบกวนจากระบบทำความเย็น (Qo), การรบกวนจากความร้อนที่เข้า-ออกจากระบบ (Q) และการรบกวนจากองค์ประกอบของสารป้อน (Z) โดยพิจาณาเลือกโครงสร้างการควบคุมจากความสำคัญของตัวแปรรบกวนที่ผู้ใช้เลือก โดยเรียงลำดับจากค่า RIE น้อยไปหามากเป็นโครงสร้างการควบคุมที่ดีที่สุด (มีผลกระทบจากตัวแปรรบกวนดังกล่าวน้อยที่สุด) ดังในรูปที่ 5.21 ที่นำอันดับของค่า RIE กับอันดับของค่าแลมดา มาอินเทอร์เซคกันหาโครงสร้างการควบคุมที่เป็นไปได้ในแต่ละตัวแปรรบกวนนั้นๆ



รูปที่ 5.20 แสดงค่า RIE จากโปรแกรม



รูปที่ 5.21 แสดงค่าเรียงลำดับค่า RIE และผลการอินเทอร์เซคกับลำดับค่าแลมดา

จากโครงสร้างที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมจะเป็นโครงสร้างที่มีความเป็นไปได้ในการควบคุมองค์ประกอบผลิตภัณฑ์แบบคู่ แต่โครงสร้างการควบคุมที่เป็นไปได้ในการนำมาใช้งานนั้น (ทั้งจากการควบคุมแบบเดี่ยว และแบบคู่) จะต้องมีการเช็คเงื่อนไขดังข้างล่างนี้เป็นส่วนช่วยในการตัดสินใจหาโครงสร้างการควบคุมที่เป็นไปได้มากที่สุด

ก. คุณสมบัติของความดันที่ใช้ในระบบ ถ้าใช้กับคอลัมน์สูญญากาศแล้วอัตราการไหลของดิสทิลเลตจะเป็นตัวปรับเพื่อควบคุมความดันของคอลัมน์ และใช้อัตราการไหลของสารทำความเย็นเป็นตัวปรับเพื่อควบคุมระดับของเหลวในถังรองรับรีฟลักซ์ ดังนั้นจะเหลือวิธีการควบคุมที่ไม่ใช้อัตราการไหลของดิสทิลเลตปรับความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์ และเหลือวิธีการควบคุมความดัน 4 วิธีที่ขึ้นอยู่กับชนิดเฟสของผลิตภัณฑ์ยอดหอ ได้ชนิดของเครื่องควบแน่นเป็นแบบการสัมผัสโดยตรง และชนิดของรีบอยเลอร์เป็นแบบหมุนเวียนบังคับหรือแบบเค็ทเทิล

ข. คุณสมบัติของอุณหภูมิตกคร่อมคอลัมน์ ถ้าอุณหภูมิตกคร่อมต่ำควรจะใช้สารหล่อเย็นเป็นสารตัวกลางให้ความเย็น และใช้ไอของสารหล่อเย็นเป็นตัวกลางให้ความร้อนด้วย (Shinskey, 1977)

ค. ความต้องการความบริสุทธิ์สูงของคอลัมน์ มีคำแนะนำของ Shinskey (1977) ว่าเมื่อคอลัมน์ต้องการความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์ยอดหอสูง ควรจะใช้วิธีควบคุมองค์ประกอบแบบ *S_D* (ในกรณีที่ อัตราการไหลของ $D < B$) และใช้วิธีควบคุมแบบ *S_B* หรือ *S_B/L* (ในกรณีที่ อัตราการไหลของ $D > B$) ในที่นี้ *S* หมายถึงการอัตราส่วน *L/D* หรือ *D/V* หรือ *L/V* ขึ้นอยู่กับว่าอัตราการไหลใดเล็กที่สุด ดังจะอธิบายในหัวข้อถัดไป ส่วนคอลัมน์ต้องการความ

บริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์ล่างหอสูง ควรจะใช้วิธีควบคุมองค์ประกอบแบบ *D_V* (เมื่อใช้อัตราส่วนรีฟลักซ์สูง *L/D* > 5) และใช้วิธีควบคุมองค์ประกอบแบบ *D_V/B* (เมื่อใช้อัตราส่วนรีฟลักซ์ต่ำ *L/D* < 1) และใช้วิธีควบคุมองค์ประกอบแบบ *D/L+D_V* (เมื่อใช้อัตราส่วนรีฟลักซ์ปานกลาง 1 < *L/D* < 5)

ง. การใช้งานในหอกลั่นที่มีการแยกยากๆ (หรือหอกลั่นที่มีค่าอัตราส่วนรีฟลักซ์สูงๆ, *L/D* >> 10 หรือมีค่าการระเหยสัมพัทธ์ของของผสมที่นำมาแยกต่ำกว่า 1.2 หรือมีการใช้จำนวนเทรย์มากๆ) Finco (1989) แนะนำว่าควรใช้วิธีควบคุมแบบ *S_V/B* ที่มีความซับซ้อนในการควบคุม หรือวิธี *D_B* ที่มีความซับซ้อนน้อยกว่าแต่เป็นวิธีที่มีความเสี่ยงต่อความไม่เสถียรสูง โดยอาจจะต้องใช้การโอเวอร์ไรด์ช่วย

จ. เมื่อใช้ *S* เป็นตัวแปรปรับเพื่อควบคุมองค์ประกอบผลิตภัณฑ์ยอดหอ พิจารณาจากคุณสมบัติของอัตราการไหลที่เล็กที่สุดจะให้ความถูกต้องในการควบคุมองค์ประกอบได้ดีที่สุด (shinskey, 1985) ถ้าอัตราการไหลที่เล็กที่สุด (ระหว่าง *D, L ,V* และ *B*) เป็น *D* แล้ว *S* แทนด้วยการปรับ *D/L+D* (หรือ *D/V*) ถ้าอัตราการไหลที่เล็กที่สุดเป็น *B* แล้ว *S* แทนด้วยการปรับ *L/D* ถ้าอัตราการไหลที่เล็กที่สุดเป็น *L* แล้ว *S* แทนด้วยการปรับ *L/V*

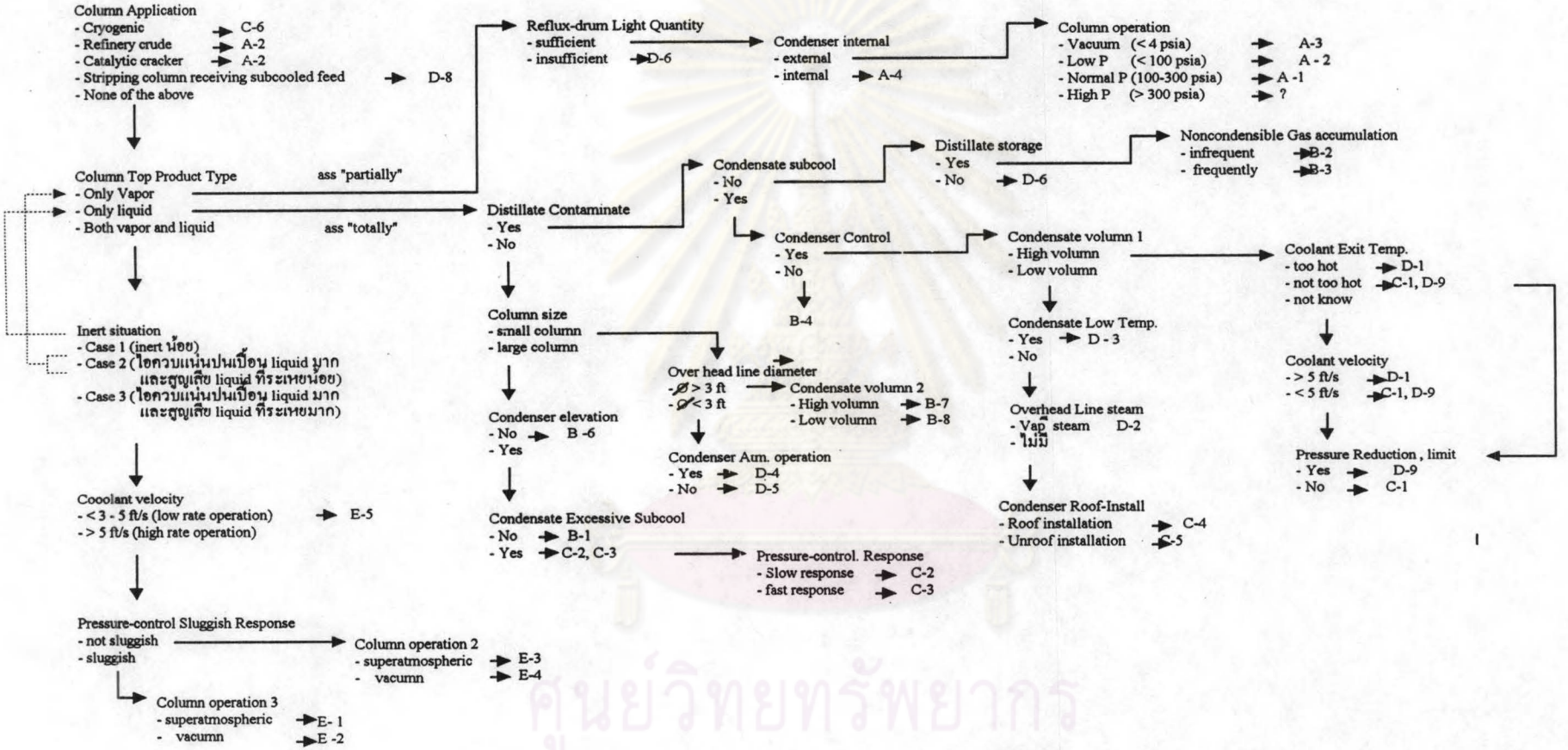
ฉ. คุณสมบัติของอัตราการไหลใดที่มีค่ามากที่สุด ควรใช้อัตราการไหลนั้นเป็นตัวปรับเพื่อควบคุมระดับของเหลว (จากกฎของ Richardson, 1990) ดังเช่นในกรณีที่อัตราส่วนรีฟลักซ์สูง (*L/D* >> 5) ถ้าใช้ *D* คุมระดับของเหลวจะต้องใช้การปรับที่มากในการเปลี่ยนแปลงที่ *L* หรือ *V* การรบกวนต่างๆ สามารถขยายผลการรบกวนไปที่ *D* ได้ ดังนั้นคอลัมน์ที่ใช้อัตรา

ส่วนรีฟลักซ์สูง จึงควรควบคุมระดับของเหลวในรีฟลักซ์ดรัมด้วยอัตราการไหลของรีฟลักซ์ และควบคุมระดับของเหลวล่างหอด้วยอัตราการเดือด

ช. สำหรับคอลัมน์ที่มีการดึงสตรีมออกด้านข้างที่เป็นแบบคลาส 1 นั้นถ้าอัตราการไหลของ $B < side$ ควรจะใช้ V ควบคุมระดับของเหลวล่างหอ และใช้ L ควบคุมระดับของเหลวในรีฟลักซ์ดรัม ส่วนคลาส 2 นั้นถ้าอัตราการไหลของ $D < side$ ควรจะใช้ V ควบคุมระดับของเหลวล่างหอ ซึ่งโครงสร้างการควบคุมที่ดีที่สุดที่ได้จากการหาค่า RGA นั้นอาจจะไม่ตรงกับความรู้จากประสบการณ์นี้ (Shinskey, 1988) ก็ต้องเลือกโครงสร้างที่เป็นไปได้ถัดมา

ซ. สำหรับหอกลั่นแล้วการใช้สารหล่อเย็นเป็นตัวกลางทำความเย็นนั้น จะมีความว่องไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายนอกทำให้สามารถขับความร้อนออกสู่บรรยากาศได้ดี โดยสำหรับหอกลั่นธรรมดา จะใช้สารหล่อเย็นองค์ประกอบเดียว ถ้าเป็นหอกลั่นที่ต้องการการหล่อเย็นมากๆ (เช่นในการกลั่นแยกแกสธรรมชาติ) จะใช้สารหล่อเย็นหลายองค์ประกอบ ถ้าเป็นหอดูดซับ จะใช้น้ำเย็น (อุณหภูมิ 40-55 องศาฟาเรนไฮต์)ไหลเวียน ถ้าเป็นหอสูญญากาศ จะใช้สารหล่อเย็น (อุณหภูมิ 55-80 องศาฟาเรนไฮต์) ผ่านตัวขับสารหล่อเย็น (steam-jet) (Shinskey, 1977)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.22 แสดงฐานกฎของการเลือกวิธีการควบคุมความดัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 5.22 เป็นฐานกฎที่ใช้ในการเลือกชนิดของการควบคุมความดันของหอกลั่น เป็นเส้นทางการเลือกของแต่ละวิธี จะได้กลุ่มวิธีควบคุมที่แบ่งตามชนิดของสารตัวกลางทำความเย็นดังนี้

ก. คุณสมบัติปริมาณความต้องการคอนเดนเสด

ปริมาตรสูง : จะได้กลุ่มวิธีที่ใช้ของเหลวเป็นสารทำความเย็น ได้แก่วิธี B-7, C-1,C-2, C-3, D-1, D-8, D-9 และ กลุ่ม E

ปริมาตรต่ำ : จะได้กลุ่มวิธีที่ใช้อากาศเป็นสารทำความเย็น ได้แก่วิธี B-3, B-8,C-4, C-5, D-2 และ D-3

ไม่สำคัญ : จะได้กลุ่มวิธีที่ใช้ของเหลวหรืออากาศเป็นสารทำความเย็น ได้แก่วิธี A-1, A-2, A-3, B-1, B-2, B-4, B-6, D-4, D-5 และ D-6

ข. คุณสมบัติความเร็วของอัตราการไหลสารทำความเย็น สำหรับกรณีที่ผลิตภัณฑ์เป็นเฟสของเหลวเพียงอย่างเดียว

อัตราต่ำ (< 5 ฟุต/วินาที) : จะได้วิธีการปรับเปลี่ยนพื้นที่ท่วมในการควบแน่น ได้แก่ วิธี กลุ่ม B , D-4 และ D-5

อัตราสูง (> 5 ฟุต/วินาที) : จะได้วิธีการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของสารทำความเย็น ได้แก่วิธี กลุ่ม C , D-1 ถึง D-3

ค. คุณสมบัติการปนเปื้อนของดิสทิลเลตจากแกสหรือไอที่อยู่เหนือของเหลวภายในดรัม (blanketing gas) ได้หรือไม่ สำหรับกรณีที่ผลิตภัณฑ์เป็นเฟสของเหลวอย่างเดียว

ไม่ได้ : จะได้วิธีการปรับเปลี่ยนพื้นที่ท่วมในการควบแน่น ได้แก่วิธี กลุ่ม B , D-4 และ D-5

ได้ : จะได้วิธีการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของสารทำความเย็น ได้แก่วิธี กลุ่ม C , D-1 ถึง D-3

ง. คุณสมบัติของปริมาณสารปนเปื้อนที่ไม่ควบแน่นได้ (หรือพวกแกสเฉื่อยในระบบ)

กรณี 1 : ปริมาณแกสเฉื่อยน้อย และการปล่อยทิ้งของผลิตภัณฑ์ที่ปนไปกับแกสเฉื่อยนั้นไม่ถือว่าเป็นการสูญเสียที่สำคัญ ได้แก่ กลุ่มวิธี B (ยกเว้น B-5), C และ D (ยกเว้น D-7)

กรณี 2 : ปริมาณแกสเฉื่อยมาก และการปล่อยทิ้งเป็นการสูญเสียที่สำคัญ และไม่สามารถควบแน่นไอนั้นกลับมาได้ ได้แก่ กลุ่มวิธี A-1, A-2, A-3 และ D-6

กรณี 3 : ปริมาณแกสเฉื่อยมาก และการปล่อยทิ้งเป็นการสูญเสียที่สำคัญ และสามารถควบแน่นไอนั้นกลับมาได้บางส่วน ได้แก่ กลุ่มวิธี E

จ. คุณสมบัติที่นำมาพิจารณาในการเลือกแต่ละวิธีในกลุ่ม A และ D-6 ได้แก่ ปริมาณของสารเบาที่พอเพียงในการปล่อยแกสออกจากดรัมได้อย่างต่อเนื่อง จะต้องใช้วิธีการเติมแกสเฉื่อยเข้าไปที่ดรัม (วิธี D-6) และพิจารณาจากคุณสมบัติการใช้เครื่องควบแน่นแบบภายใน ใช้วิธี A-4 ส่วนวิธีการควบคุม A-1 นั้นเหมาะกับหอกลั่นบรรยากาศ วิธี A-2 เหมาะกับหอกลั่นที่ใช้ความดันต่ำกว่าบรรยากาศและมีการส่งไอไปยังอุปกรณ์อื่นที่มีความดันสูงกว่า และวิธี A-3 เหมาะกับหอกลั่นสูญญากาศ

ฉ.คุณสมบัติที่นำมาพิจารณาเลือกแต่ละวิธีในกลุ่มที่ปรับเปลี่ยนพื้นที่ท่วมในการควบแน่น ได้แก่ ขนาดของหอกลั่นเล็กจะได้กลุ่มวิธีที่วาล์วอยู่ก่อนเข้าเครื่องควบแน่น (หรือเป็น

การควบคุมจากไอ) คือวิธี B-7, B-8, D-4 และ D-5 และใช้คุณสมบัติของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นไอยอดหอมีขนาดเล็กควรเลือกวิธีการใช้เปิดครัมสู่บรรยากาศ (D-4 และ D-5) ส่วนหอกลั่นขนาดใหญ่จะพิจารณาจากคุณสมบัติการยกเครื่องควบแน่นให้สูงพอกับการไหลของคอนเดนเสดมาเข้าดรัมได้โดยแรงโน้มถ่วงไม่ได้ จะใช้วิธี B-6 ซึ่งเป็นวิธีที่เพิ่มวาล์วควบคุมอีก 1 ตัวมาวัดความดันในดรัม และใช้คุณสมบัติการที่คอนเดนเสดมีความเย็นต่ำ (subcooled) มากเกินไปจนก่อให้เกิดปัญหาการแข็งตัวในผลิตภัณฑ์ที่นำไปเก็บได้ ควรให้วาล์วควบคุมที่อัตราการไหลของสารทำความเย็น (C-2) แทนการใช้วาล์วควบคุมที่สายคอนเดนเสด (B-i) ส่วนวิธี C-3 เป็นวิธีที่ให้ความเร็วในการตอบสนองดีกว่าวิธี C-2 แต่เป็นวิธีที่อาจจะเกิดความปั่นป่วนของของเหลวในเครื่องควบแน่น

ช. คุณสมบัติที่นำมาพิจารณาเลือกแต่ละวิธีในกลุ่มที่ปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของสารทำความเย็น คือการที่ผลิตภัณฑ์นำไปเก็บโดยตรงจะได้วิธี B-2 และ B-3 ที่เป็นวิธีที่มีพื้นที่ท่วมของเครื่องควบแน่นเต็มทำให้ไม่ต้องควบคุมระดับของเหลวในดรัม และใช้การปรับที่อัตราการไหลของดิสทิลเลต แต่ถ้ากรณีที่ผลิตภัณฑ์ไม่ได้นำไปเก็บโดยตรงจะพิจารณาเลือกจากปริมาตรคอนเดนเสดที่ต้องการโดยแบ่งเป็นกลุ่มที่ต้องการปริมาตรมากจะใช้ของเหลวเป็นสารทำความเย็น (C-1, D-1 และ D-9) ส่วนกลุ่มที่ต้องการปริมาตรน้อยจะใช้อากาศเป็นสารทำความเย็น (B-4, C-4, C-5, D-1 และ D-2) และใช้คุณสมบัติการเย็นต่ำของคอนเดนเสดเป็นตัวแยกวิธี B-4 ออกมา ซึ่งเป็นวิธีบายพาสของไอร้อน

สำหรับวิธีควบคุมความดันที่ได้โดยมีการปรับเปลี่ยนที่อัตราการไหลของดิสทิลเลตจะต้องเซ็ทให้การควบคุมระดับของเหลวในรีฟลักซ์ดรัมจากอัตราการไหลของสารทำความ

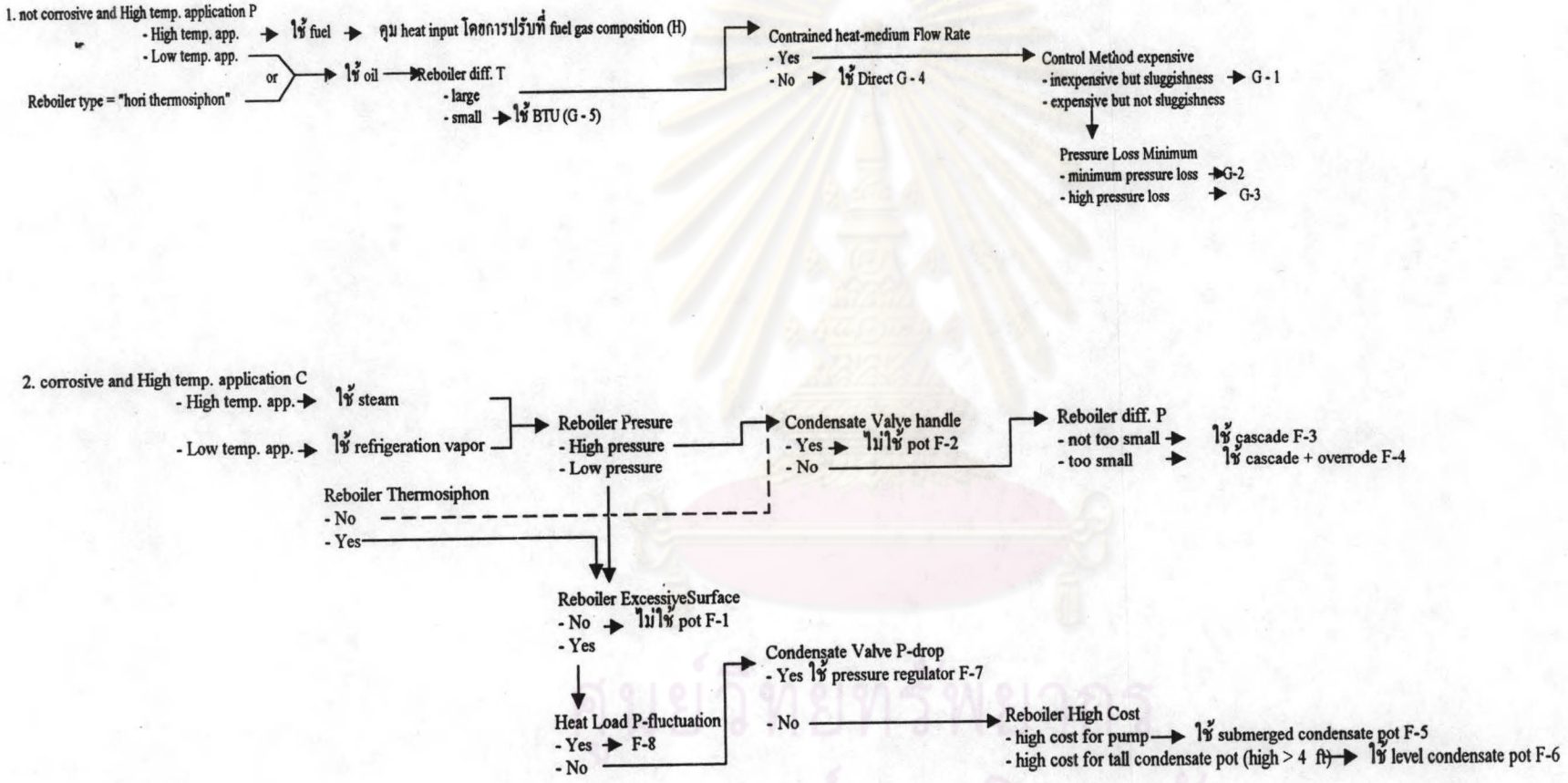
เย็น (Buckley, 1985 และ Shinskey, 1988) ซึ่งได้แก่วิธี A-1 ถึง A-4 (กรณีเฟสไออย่างเดียว) และวิธี B-2 ถึง B-3 (กรณีเฟสของเหลวอย่างเดียว)

วิธีการควบคุมความดันที่ใช้กับคอนเดนเสด (หรือรีฟลักซ์) ที่ถูกทำให้เย็นต่ำ ได้แก่ กลุ่มวิธีที่ใช้เครื่องควบแน่นแบบท่วม (กลุ่มวิธี B) และวิธีใช้บายพาสไอร้อน จะเป็นคุณสมบัติที่นำไปใช้เลือกจุดวัดวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์

วิธีการควบคุมความดันที่มีการปล่อยไอทิ้งที่รีฟลักซ์ดรัม คือวิธี B-3, D-4, D-5 และ D-6 จะเป็นคุณสมบัติที่นำไปใช้เลือกจุดวัดวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์

อีกทั้งสามารถแบ่งคุณสมบัติของวิธีการควบคุมความดันที่วาล์วควบคุมอยู่ที่ดิสทิลเลต ได้แก่วิธี A-1, A-2, A-3, A-4, B-2 และ B-3 ที่จะทำให้ได้โครงสร้างการควบคุมองค์ประกอบที่เหลือเป็นโครงสร้างการควบคุมที่ไม่ใช้ D ควบคุม X_d และใช้อัตราการไหลของสารทำความเย็นควบคุม L_r

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5. 23 แสดงฐานกฎของการเลือกวิธีของการควบคุมรีบอยเลอร์

วิธีการควบคุมรีบอยเลอร์การควบคุมที่ลดการรบกวนจากความร้อนเข้าระบบที่มาจากรีบอยเลอร์ โดยเป็นการปรับบอยล์อัพให้มีอัตราคงที่ โดยในกรณีที่ใช้บอยล์อัพเป็นตัวแปรปรับเพื่อควบคุมความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์หรือใช้ควบคุมระดับ แล้วก็จะต้องควบคุมแบบคาสเคด ได้วิธีควบคุมรีบอยเลอร์ 14 วิธี แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มวิธีตามชนิดของสารตัวกลางให้ความร้อนแก่รีบอยเลอร์ ดังนี้

ก. วิธีที่ใช้ของไหลที่ควบแน่น (ในที่นี้ คือ ไอน้ำหรือไอของสารหล่อเย็น) เป็นสารตัวกลางให้ความร้อน

วิธีการควบคุมมี 8 วิธี แบ่งย่อยเป็นวิธีการควบคุมไอของสารตัวกลางขาเข้ารีบอยเลอร์ 5 วิธี (E-1, F-5, F-6, F-7 และ F-8) และเป็นวิธีการควบคุมความดันคอนเดนเสดของสารตัวกลางที่ออกจากรีบอยเลอร์ 3 วิธี (F-2, F-3 และ F-4) วิธีการควบคุมคอนเดนเสดขาออกนั้นเหมาะกับการใช้งานในกรณีที่ความดันสูงๆ ได้ เนื่องจากเป็นวิธีที่กำจัดความดันลดของรีบอยเลอร์ที่มักเกิดขึ้นกับวิธีควบคุมไอขาเข้า แต่วิธีควบคุมคอนเดนเสดขาออกนั่นไม่เหมาะกับรีบอยเลอร์ชนิดเทอร์โมไซฟอน ความแตกต่างของแต่ละวิธีแสดง ดังนี้

ก.1 กลุ่มวิธีควบคุมไอขาเข้า

วิธี F-1 เป็นวิธีควบคุมไอขาเข้าแบบไม่มีพ็อท (ถังรองรับคอนเดนเสด) เป็นวิธีอย่างง่าย เมื่อไม่มีปัญหาในเรื่องการใช้ผิวสัมผัสในรีบอยเลอร์มากเกินพอ แต่ถ้ามีปัญหาดังกล่าวจะควรใช้วิธีที่มีพ็อทมาแทน (ซึ่งเป็นวิธี F-5 และ F-6) แต่ถ้ากรณีที่ใช้สารตัวกลางให้ความร้อนเป็นไอน้ำที่มีความดันต่ำแล้ววิธีที่มีลูพซีล (F-8) ควรนำมาใช้แทนวิธีที่มีพ็อท และถ้าต้องการลดความดันลดที่วาล์วคอนเดนเสด ควรใช้วิธีที่มีเครื่องปรับความดันให้คงที่ (F-7) แทนวิธีที่มีพ็อท ส่วน

คุณสมบัติที่แตกต่างของวิธี F-5 และ F-6 คือ วิธี F-5 เป็นวิธีที่มีพ็อทแบบจุ่ม เป็นวิธีที่เสียค่าใช้จ่ายเรื่องปั๊มมาก แต่วิธี F-6 เป็นวิธีที่มีพ็อทแบบระดับ เป็นวิธีที่เสียค่าใช้จ่ายในการเพิ่มความสูงของพ็อท

ก.2 กลุ่มวิธีควบคุมคอนเดนเสดขาออก

วิธี F-2 เป็นวิธีควบคุมคอนเดนเสดขาออกที่ไม่มีพ็อท เป็นวิธีอย่างง่ายเมื่อไม่มีปัญหาจากวาล์วคอนเดนเสด ไม่สามารถรักษาปริมาณคอนเดนเสดไว้ได้ แต่ถ้าเกิดปัญหาดังกล่าวควรใช้วิธีแบบมีพ็อท (F-3 หรือ F-4) แทนวิธี F-2 ซึ่งถ้าความดันแตกต่างของรีบอยเลอร์ไม่น้อยจนเกินไป การใช้พ็อทธรรมดา (วิธี F-3) ก็เพียงพอที่จะรักษาการทำงานของรีบอยเลอร์ได้ แต่ถ้าความดันแตกต่างมีน้อยมากอาจจะใช้การโอเวอร์ไรด์กับระดับคอนเดนเสด (วิธี F-4) แบบเลือกสัญญาณต่ำ (low load) เป็นสัญญาณควบคุมที่วาล์วคอนเดนเสด

ข. กลุ่มวิธีที่ใช้น้ำมันร้อนเป็นสารตัวกลางให้ความร้อน

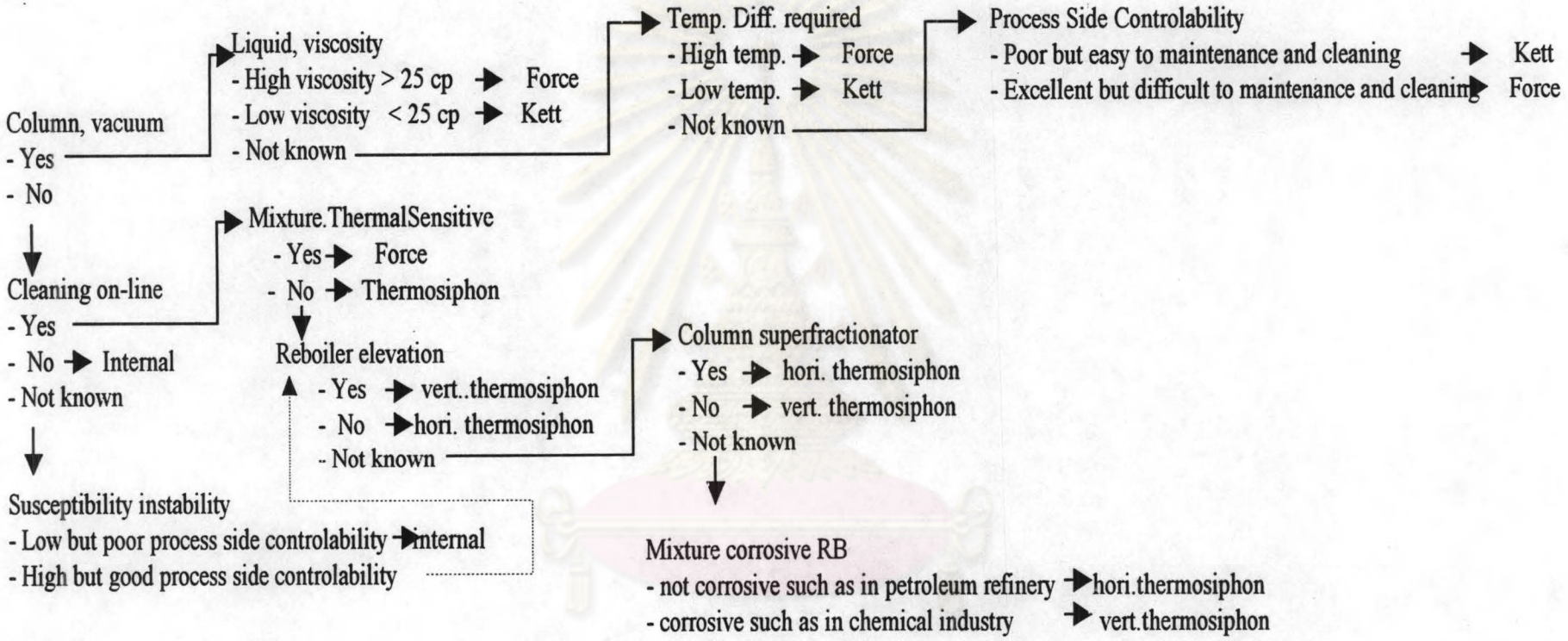
วิธีการควบคุมมี 5 วิธีซึ่งแต่ละวิธีมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับแต่ละสถานการณ์ดังนี้ ถ้าผลต่างอุณหภูมิคร่อมรีบอยเลอร์มีน้อย มักจะเกิดการแปรปรวนของอุณหภูมิขาเข้าของตัวกลางให้ความร้อน ควรจะใช้วิธี G-5 ที่เป็นการควบคุม BTU แต่ถ้าผลต่างอุณหภูมิไม่น้อยเกินไป ก็มีวิธีใช้บายพาส (วิธี G-1, G-2 หรือ G-3) หรือใช้การควบคุมการไหลโดยตรง (วิธี G-4) ในขณะที่วิธีควบคุมการไหลของสารตัวกลางให้ความร้อนโดยตรงนั้น เป็นวิธีที่สูญเสียพลังงานน้อยกว่าวิธีบายพาส แต่จะนำมาใช้ได้เมื่ออัตราการไหลของสารตัวกลางไม่ได้เป็นเงื่อนไขที่สำคัญของระบบการให้ความร้อนนี้ ซึ่งถ้าเป็นเงื่อนไขที่สำคัญแล้วควรใช้วิธีควบคุมการไหลของสารที่นำมาให้ความร้อนแทน และมีการใช้วาล์วบายพาสเพื่อให้เกิดการใช้ความร้อนแฝงของสารตัว

กลางในระบบการต้มซ้ำนี้ ได้แก่ วิธี G-1 ที่เป็นวาล์ว 2 ทาง เป็นวิธีที่เสียค่าใช้จ่ายน้อยแต่มักให้ความเฉื่อยช้าที่อัตราการไหล ควรจะใช้วิธี G-2 ที่เป็นวาล์ว 3 ทาง 1 ตัว หรือวิธี G-3 ที่เป็นวาล์ว 2 ทาง 2 ตัว ที่ให้การสูญเสียความดันน้อยลง แต่ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น

ค. กลุ่มวิธีที่ใช้การเผาไหม้จากแกสเชื้อเพลิงโดยตรง

วิธีการควบคุมของการรบกวนจากระบบให้ความร้อนนี้ควรใช้การวัดปริมาณความร้อนจากองค์ประกอบของแกสไปปรับอัตราการไหลของแกสนั้น ดังวิธี H หรือใช้การปรับสัดส่วนการไหลของอากาศต่อเชื้อเพลิง ซึ่งรายละเอียดแสดงใน Shinskey (1977)

ชนิดของสารตัวกลางให้ความร้อนที่นำมาพิจารณาเลือกกลุ่มวิธีควบคุมรีบอยเลอร์นี้สามารถแบ่งตามลักษณะความต้องการในการใช้งาน คือ *ไอน้ำหรือใช้ไอสารหล่อเย็นนั้น* นิยมใช้เป็นตัวกลางในอุตสาหกรรมเคมีที่มักมีสารกัดกร่อนเกิดขึ้น *ส่วนน้ำมันร้อนหรือการเผาไหม้แกสเชื้อเพลิง* มักใช้กับอุตสาหกรรมการกลั่นปิโตรเลียมหรือไม่มีสารกัดกร่อน โดยที่ถ้าต้องการใช้กับงานที่ไม่ต้องการอุณหภูมิสูงมากนัก ก็ใช้ไอของสารหล่อเย็น (ในกลุ่มที่มีสารกัดกร่อน) หรือใช้น้ำมันร้อน (ในกลุ่มที่ไม่มีสารกัดกร่อน) แต่ถ้าต้องการใช้กับงานที่ต้องการอุณหภูมิสูง ก็ใช้ไอน้ำ (ในกลุ่มที่มีสารกัดกร่อน) หรือใช้การเผาไหม้แกสโดยตรง (ในกลุ่มที่ไม่มีสารกัดกร่อน)

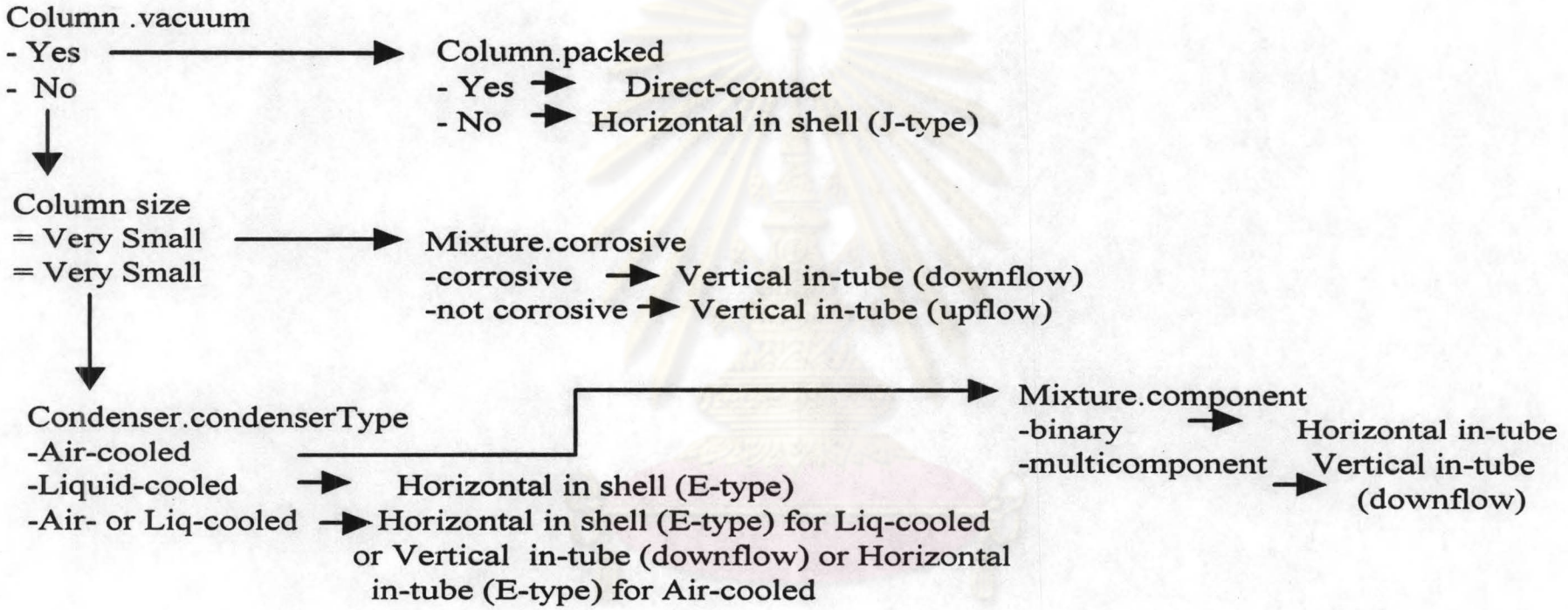


รูปที่ 5.24 แสดงฐานกฎที่ใช้เลือกชนิดของรีบอยเลอร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชนิดรีบอยเลอร์มีทั้งหมด 5 ชนิด ที่แบ่งเป็นรีบอยเลอร์แบบภายใน สำหรับการใช้งานในคอลัมน์ที่ไม่จำเป็นต้องทำความสะอาดบ่อยๆ เช่น การกลั่นแบบแบทช์, รีบอยเลอร์แบบการหมุนเวียนบังคับ และแบบเค็ทเทิลที่เหมาะกับคอลัมน์สูญญากาศ โดยที่แบบการหมุนเวียนบังคับต่างกับแบบเค็ทเทิล คือ นำมาใช้เมื่อสารที่นำมาต้มซ้ำ นั้นมีความหนืดสูงๆ (มากกว่า 25 เซ็นติพอยท์ หรือใช้เมื่อต้องการผลต่างอุณหภูมิของสารที่นำมาต้มซ้ำสูงๆ และเป็นวิธีที่สามารถควบคุมการเกิดตะกอนที่รีบอยเลอร์ได้ดีกว่าแบบเค็ทเทิล แต่เป็นแบบที่ทำความสะอาด และบำรุงรักษาได้ยากกว่าแบบเค็ทเทิล สำหรับคอลัมน์ทั่วไปที่ปฏิบัติงานแบบใช้ความดัน นิยมใช้รีบอยเลอร์แบบเทอร์โมไซฟอน แต่ถ้าสารที่นำมาต้มซ้ำเป็นสารที่ว่องไวต่อความร้อน ควรใช้แบบหมุนเวียนบังคับ แต่ถ้าเป็นสารที่ไม่ว่องไวต่อความร้อนก็ใช้แบบเทอร์โมไซฟอน ซึ่งมีทั้งแบบแนวตั้งและแนวนอน ความแตกต่างคือแบบแนวนอนนั้นใช้เมื่อการเพิ่มเฮดทำได้ยาก หรือถ้าคอลัมน์เป็นคอลัมน์ที่แยกยากๆ หรือใช้กับการกลั่นในอุตสาหกรรมที่ไม่มีสารกัดกร่อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



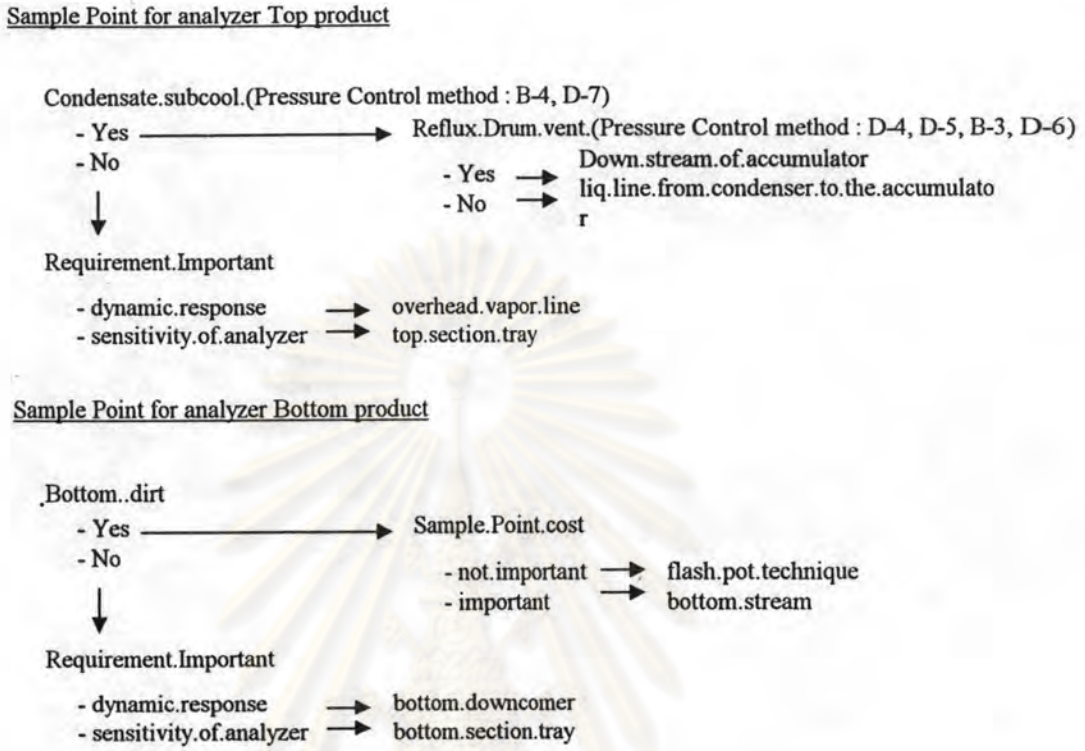
รูปที่ 5. 25 แสดงฐานกฎที่ใช้เลือกชนิดของเครื่องควบแน่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชนิดเครื่องควบแน่นมี 6 ชนิดที่นิยมนำมาใช้ในทางปฏิบัติแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ตามความดันปฏิบัติงานที่ใช้ กลุ่มที่ 1 ใช้กับคอลัมน์สูญญากาศ และเป็นคอลัมน์แบบแพคที่ต้องการความดันลดภายในคอลัมน์ต่ำๆ หรือความดันลดในคอลัมน์นั้นสำคัญ ควรใช้แบบสัมผัสโดยตรง ถ้าไม่ใช่คอลัมน์แบบแพคให้ใช้แบบไอควบแน่นอยู่ในเชลที่วางแนวนอน (ชนิดเจ) กลุ่มที่ 2 ใช้กับคอลัมน์ที่ปฏิบัติงานแบบใช้ความดันนั้นและถ้าคอลัมน์มีขนาดเล็กมากๆ (จำนวนเทรย์น้อยกว่า 20) นิยมใช้เครื่องควบแน่นภายในคอลัมน์ ซึ่งชนิดเครื่องควบแน่นจะเป็นไอควบแน่นอยู่ในท่อที่วางแนวตั้ง และถ้าใช้กับสารกัดกร่อนก็ควรใช้ชนิดที่ไอไหลลงล่างแทนชนิดไอไหลขึ้น ถ้าคอลัมน์ไม่ได้มีขนาดเล็กมากนั้นจะแบ่งชนิดเครื่องควบแน่น ตามลักษณะของความต้องการในการใช้สารตัวกลางทำความเย็นของเครื่องควบแน่น คือ ถ้าใช้อากาศเป็นสารตัวกลาง ควรใช้เครื่องควบแน่นชนิดไอควบแน่นอยู่ในท่อที่วางแนวตั้ง (แบบไอไหลลงล่าง) สำหรับของผสมที่มีหลายองค์ประกอบ และใช้เครื่องควบแน่นชนิดไอควบแน่นอยู่ในท่อที่วางแนวนอน สำหรับของผสมที่มีสององค์ประกอบ ถ้าใช้ของเหลว (หรือน้ำ) เป็นสารตัวกลาง ควรใช้เครื่องควบแน่นชนิดไอควบแน่นอยู่ในเชล (ชนิดอี)

สำหรับสารตัวกลางทำความเย็นนั้นจะระบุมาจากวิธีควบคุมความดันที่เลือกได้ จากรูปที่ 5.22

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.26 แสดงฐานกฎของการเลือกจุดวัดวิเคราะห์องค์ประกอบผลิตภัณฑ์

การเลือกจุดวัดตัวอย่างมี 4 จุดวัดของผลิตภัณฑ์ยอดหอ และอีก 4 จุดวัดของการวัดผลิตภัณฑ์ล่างหอ สำหรับการวัดผลิตภัณฑ์ยอดหอนั้น ถ้าคอนเดนเสดมักจะเป็นแบบเย็นต่ำ และมีการปล่อยไอทิ้งที่ รีฟลักซ์ดรัม (ถังรองรับ) มักใช้จุดวัดที่ทางออกของถังรองรับ แต่ถ้าดรัมไม่มีการปล่อยไอทิ้งควรใช้จุดวัดที่สายของเหลวที่ออกจากเครื่องควบแน่นไปเข้าถังรองรับ เนื่องจากกรณีที่มีการปล่อยไอทิ้งที่ดรัมนั้นจะทำให้ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบไม่ถูกต้อง ในตัวอย่างที่วัดจากสายคอนเดนเสดก่อนเข้าถังรองรับ ถ้าคอนเดนเสดไม่ได้เป็นแบบเย็นต่ำนั้น ถ้าผู้ใช้ต้องการใช้การคาสเคดระหว่างตัววิเคราะห์กับตัวควบคุมอุณหภูมิจะต้องพิจารณาถึงการตอบสนองทางไดนามิคเป็นสำคัญ ซึ่งก็ควรใช้จุดวัดที่สายไอยอดหอ แต่ถ้าผู้ใช้ไม่ได้ใช้การคาสเคด

หรือไม่คำนึงถึงผลการตอบสนองทางไดนามิค แต่คำนึงถึงความง่ายในการเลือกเฟ้น และความว่องไวของตัววิเคราะห์ก็ควรใช้จุดวัดที่เทรย์ยอดหอ

ซึ่งการที่คอนเดนเสดแบบเย็นต่ำนั้น มีความเกี่ยวเนื่องมาจากวิธีการควบคุมความดันที่เลือก คือ วิธี D-4 และ D-7 ส่วนวิธีควบคุมความดันที่ต้องมีการปล่อยไอทิ้งที่ถังรองรับนั้น ได้แก่ วิธีควบคุมความดันแบบ B-3, D-4, D-5 และ D-6

สำหรับการวัดผลิตภัณฑ์ล่างหอนั้น ถ้าสารที่ตกอยู่ล่างหอ (สารองค์ประกอบหนัก) นั้นมีสิ่งปนเปื้อนหรือพวกน้ำมันดินปะปนอยู่ด้วย ควรจะใช้จุดวัดที่ผลิตภัณฑ์ยอดหอของคอลัมน์ถัดไป แต่เป็นวิธีที่มีแล็กมากจึงควรใช้เทคนิคแฟล็ชพ็อทแทน ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงหรืออาจใช้จุดวัดที่กระแสก้นหอแทนที่มีค่าใช้จ่ายถูกกว่า แต่ถ้าไม่มีสิ่งปนเปื้อนแล้วจะพิจารณาเลือกความจำเป็นในการใช้คาสเคด (ซึ่งผลการตอบสนองทางไดนามิคนั้นสำคัญ) ก็ใช้จุดวัดที่ขาออกจากก้นหอ แต่ถ้าพิจารณาถึงความง่ายในการเลือกเฟ้นและความว่องไวของตัววิเคราะห์เป็นสำคัญ ก็ควรใช้จุดวัดที่เทรย์ล่างหอ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.2 กฎที่เกี่ยวกับการควบคุมองค์ประกอบแบบเดี่ยว

RULE : Rule R_OnePointControl

If

Create Object feasDeleteEnergy FeasibleOnePoint

And Execute "TestMultiValue"(@WAIT=TRUE;@ATOMID=<|OnePointControl|>.

ControlScheme;@STRING="@ALL<>ALL,@TEST=Energy

Balance,@RETURN=feasDeleteEnergy,@COMP=STRING";)

And OnlyVapor is assigned to OnlyVapor

And One_InverseResponse is assigned to One_InverseResponse

And HigherValueProduct is assigned to HigherValueProduct

And PartSeries is assigned to PartSeries

And Thermosiphon is assigned to Thermosiphon

And UserColumn.TypeRefluxRatio is precisely equal to "high","low"

And UserColumn.TroubleLargeFlow is precisely equal to "F_feed_flow is large compared to

the V_vapor_flow","F_feed_flow is large compared to the L_reflux_flow","not known"

And UserColumn.SizeColumn is precisely equal to "Large column","Small column"

And UserColumn.disturbance is precisely equal to "cooling medium","heating medium"

And SteadyProductFlow is assigned to SteadyProductFlow

Then

OnePointControl is confirmed.

And Create Object feasTrouble feasible

And Execute "TestMultiValue"(@WAIT=TRUE;@ATOMID=<|OnePointControl|>.
TroubleLargeFlow;@STRING="@ALL<>ALL,@TEST=@V(UserColumn.
TroubleLargeFlow),@RETURN=feasTrouble,@COMP=STRING";)

And Execute "AtomNameValue"(@WAIT=TRUE;@ATOMID=<feasTrouble>;
@STRING="@RETURN=feasible.feasTrouble,@NAMES";)

And Create Object feasSize feasible

And Execute "TestMultiValue"(@WAIT=TRUE;@ATOMID=<|OnePointControl|>.
SizeColumn;@STRING="@ALL=ALL,@TEST=@V(UserColumn.SizeColumn),
@RETURN=feasSize,@COMP=STRING";)

And Execute "AtomNameValue"(@WAIT=TRUE;@ATOMID=<feasSize>;
@STRING="@RETURN=feasible.feasSize,@NAMES";)

And Create Object feasDisturb feasible

And Execute "TestMultiValue"(@WAIT=TRUE;@ATOMID=<|OnePointControl|>.
disturbance;@STRING="@ALL<>ALL,@TEST=@V(UserColumn.disturbance),
@RETURN=feasDisturb,@COMP=STRING";)

And Execute "AtomNameValue"(@WAIT=TRUE;@ATOMID=<feasDisturb>;

@STRING="@RETURN=feasible.feasDisturb,@NAMES";)

And Execute "ComputeMultiValue"(@WAIT=TRUE;@ATOMID=feasible.

feasPart;@STRING="@VALUE=@V(feasible.feasHigherValue),@RETURN=FeasibleOnePo

int.feas,@INTERSECT,@COMP=STRING";)

And Execute

"ComputeMultiValue"(@WAIT=TRUE;@ATOMID=FeasibleOnePoint.

feas;@STRING="@VALUE=@V(feasible.feasInv),@RETURN=FeasibleOnePoint.name,@I

NTERSECT,@COMP=STRING";)

And Execute

"LinkMultiValue"(@WAIT=TRUE;@ATOMID=FeasibleOnePoint.name;@STRING="@LIN

KTO=FeasibleOnePoint,@CREATEOBJECTS";)

5.3.3 กฎที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่มีค่ามากกว่า

RULE : Rule R_HigherValueProduct

If

UserColumn.HigherValueProduct is precisely equal to "Top Product","Bottom Product"

Then

HigherValueProduct is confirmed.

And Create Object feasHigherValue feasible

And Execut"TestMultiValue"(@WAIT=TRUE;@ATOMID=<feasDeleteEnergy>.

HigherValueProduct;@STRING="@ALL=ALL,@TEST=@V(UserColumn.

HigherValueProduct),@RETURN=feasHigherValue,@COMP=STRING";)

And Execute "AtomNameValue"(@WAIT=TRUE;@ATOMID=<feasHigherValue>;

@STRING="@RETURN=feasible.feasHigherValue,@NAMES";)

5.3.4 กฎที่เกี่ยวกับคอลัมน์ที่ต้องการความบริสุทธิ์สูง

ก. ***RULE : Rule R_HighPurityBottom1***

If

UserColumn.BottomComposition is less than 0.05

And UserColumn.TypeRefluxRatio is precisely equal to "High ; L/D > 5"

Then

HighPurity is confirmed.

And "D_V,D_V/B" is assigned to FeasibleTwoPoint.feasHigh

ข. ***RULE : Rule R_HighPurityBottom2***

If

UserColumn.BottomComposition is less than 0.05

And UserColumn.TypeRefluxRatio is precisely equal to "Low ; L/D <= 1"

Then

HighPurity is confirmed.

And "D_V/B" is assigned to FeasibleTwoPoint.feasHigh

ค. ***RULE : Rule R_HighPurityBottom3***

If

UserColumn.BottomComposition is less than 0.05

And UserColumn.TypeRefluxRatio is precisely equal to "Moderate ; 1 < L/D <= 5"

Then

HighPurity is confirmed.

And "D/L+D_V" is assigned to FeasibleTwoPoint.feasHigh

ง. ***RULE : Rule R_HighPurityTop1***

If

UserColumn.TopComposition is greater than 99.94

And D_distillate_flow.flow is less than B_bottom_flow.flow

Then

HighPurity is confirmed.

And "S_D" is assigned to FeasibleTwoPoint.feasHigh

๑. ***RULE : Rule R_HighPurityTop2***

If

UserColumn.TopComposition is greater than 99.94

And D_distillate_flow.flow is greater than B_bottom_flow.flow

And there is no evidence of HighPurityTop

Then

HighPurity is confirmed.

And "S_B,S_BIL" is assigned to FeasibleTwoPoint.feasHigh

๑. ***RULE : Rule R_HighPurityTop2_1***

If

lamda_S_B.lamda is less than 0.9

Then

HighPurityTop is confirmed.

And "S_BIL" is assigned to FeasibleTwoPoint.feasHigh

๙. ***RULE : Rule R_HighPurityTop2_2***

If

lamda_S_LiB.lamda is less than 5

Then

HighPurityTop is confirmed.

And "S_BIL" is assigned to FeasibleTwoPoint.feasHigh

5.3.5 กฎที่เกี่ยวกับคอลัมน์ที่มีค่าอัตราส่วนรีฟลักซ์สูง

RULE : Rule R_HighRefluxRatio

If

there is evidence of HighRefluxRatio

Then

RefluxRatio is confirmed.

And Execute "Message"(@WAIT=TRUE;@STRING="@TEXT=IF reflux ratio (L/D) is greater than 5 THEN any control structure that uses reflux to control a composition cannot be selected,@OK";)

And "high" is assigned to UserColumn.TypeRefluxRatio

And Execute "TestMultiValue"(@WAIT=TRUE;@ATOMID=<|OnePointControl|>.TopCompositionMV;@STRING="@ALL<>ALL,@TEST=Reflux Rate,@RETURN=FeasibleOnePoint,@COMP=STRING";)

And Execute "TestMultiValue"(@WAIT=TRUE;@ATOMID=<|TwoPointControl|>.TopCompositionMV;@STRING="@ALL<>ALL,@TEST=Reflux Rate,@RETURN=FeasibleTwoPoint,@COMP=STRING";)

And Execute "AtomNameValue"(@WAIT=TRUE;@ATOMID=<FeasibleOnePoint>;

@STRING="@RETURN=Answers.ConfigurationOnePoint,@NAMES";)

5.3.6 กฎที่เกี่ยวกับคอลัมน์ที่ต้องการการไหลของผลิตภัณฑ์คงที่

ก. ***RULE : Rule R_SteadyProductFlowOne***

If

there is evidence of ProductFlow.Steady

And HigherValueProduct is assigned to HigherValueProduct

Then

SteadyProductFlow is confirmed.

And Reset <feasHigherValue>.BottomLevelMV

And Execute "SetValue"(@WAIT=TRUE;@ATOMID=<feasHigherValue>.

BottomLevelMV;@STRING="@VALUE=Feed Flow,@STRAT=FWRD";)

And Execute "SetValue"(@WAIT=TRUE;@ATOMID=<feasHigherValue>.

TopFreeVariable1;@STRING="@VALUE=Set TopFreeVariable Ratio to Feed

Flow,@STRAT=FWRD";)

And Execute "SetValue"(@WAIT=TRUE;@ATOMID=<|OnePointControl|>.

BottomFreeVariable1;@STRING="@VALUE=Set BottomFreeVariable Ratio to Feed Flow

and Set BottomLevelMVOLD to Flow Control that set point from downstream

unit,@STRAT=FWRD";)

ข. ***RULE : Rule R_SteadyProductFlowOne_1***

If

there is evidence of ProductFlow.Steady

And there is evidence of One_InverseResponse

And UserColumn.TroubleLargeFlow is precisely equal to "F_feed_flow is large compared to the L_reflux_flow"

Then

SteadyProductFlow is confirmed.

And "BL" is assigned to FeasibleOnePoint.feasSteady

ค. ***RULE : Rule R_SteadyProductFlowOne_2***

If

there is evidence of ProductFlow.Steady

And there is evidence of One_InverseResponse

And UserColumn.TroubleLargeFlow is not equal to "F_feed_flow is large compared to the L_reflux_flow"

Then

SteadyProductFlow is confirmed.

And "BV" is assigned to FeasibleOnePoint.name

3. ***RULE : Rule R_SteadyProductFlowOne_3***

If

there is evidence of ProductFlow.Steady

And there is no evidence of One_InverseResponse

Then

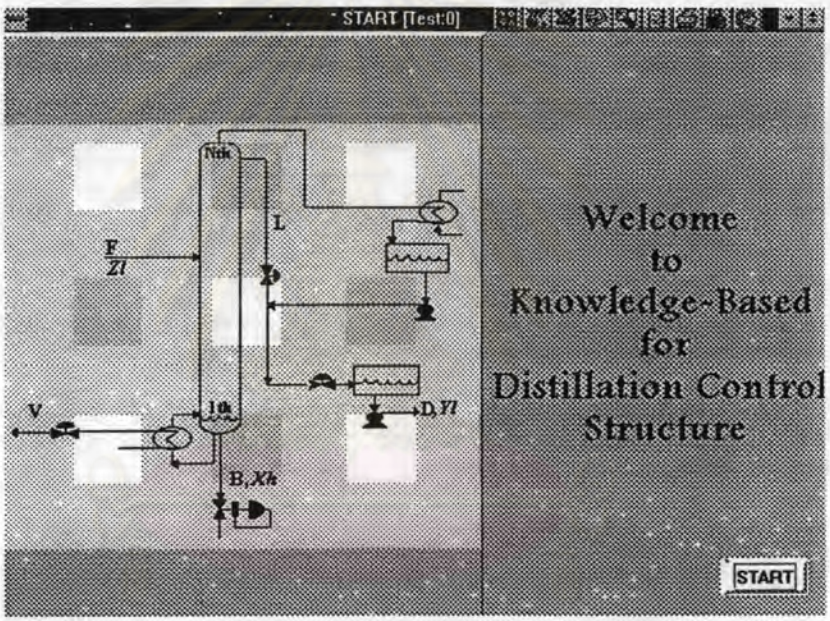
SteadyProductFlow is confirmed.

And "BV,BL" is assigned to FeasibleOnePoint.feasSteady

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.4 การติดต่อผู้ใช้ผ่านทางกราฟฟิค

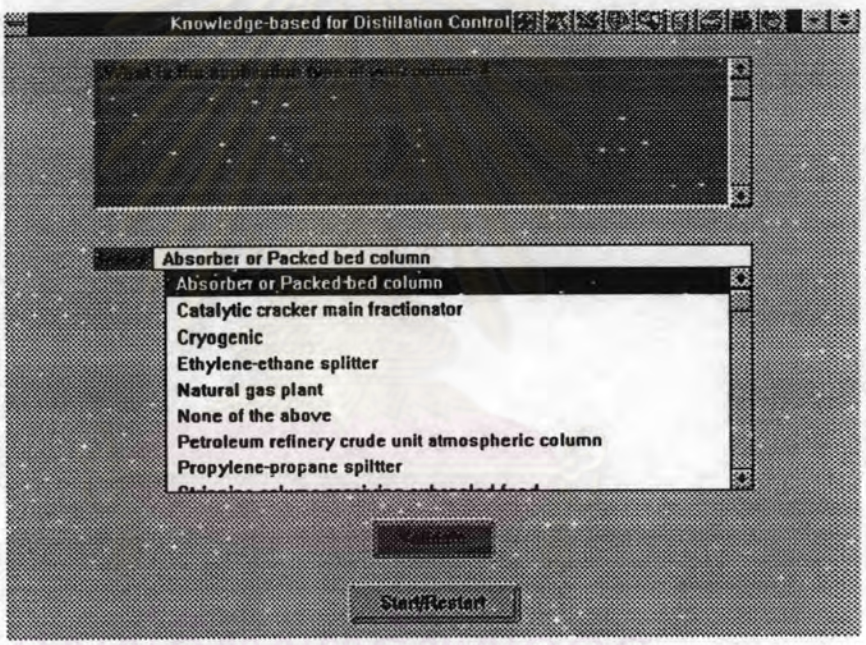
โปรแกรมมีการสร้างกราฟฟิคเพื่อติดต่อกับผู้ใช้ผ่านทางเมาส์ และแป้นพิมพ์ โดยใช้เซ็ทของ Push buttons, Text editor, Iconic label, Menu Bar และ Select Menus แต่ละกราฟฟิคสามารถติดต่อกับฐานความรู้ได้โดยใช้ภาษาสคริปต์ (Script) ซึ่งเป็นภาษาที่มีรูปแบบประยุกต์มาจากภาษา C แต่มีรูปแบบที่แน่นอนกว่า และมีการใช้งานง่าย



รูปที่ 5.27 แสดงหน้าต่างเริ่มต้นของโปรแกรม

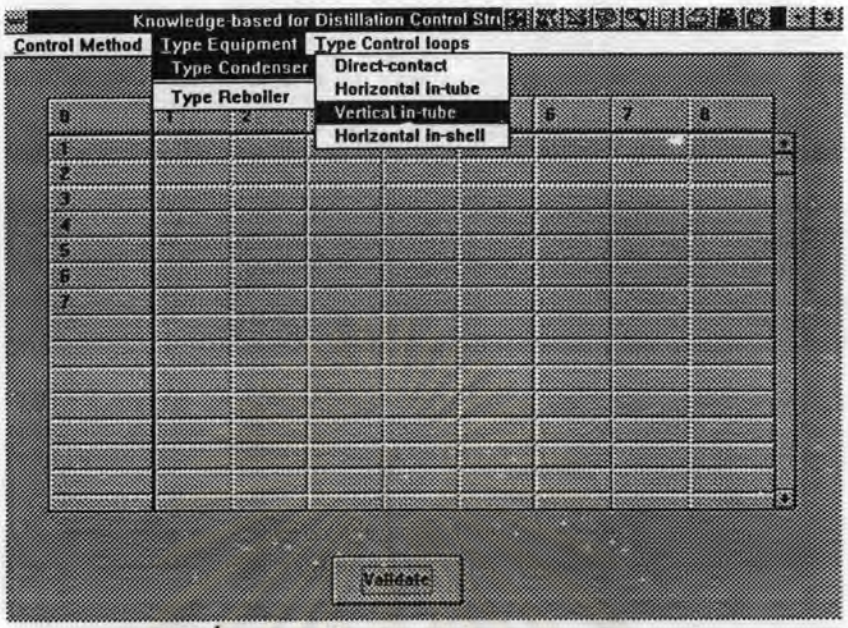
จากรูปที่ 5.27 แสดงการเริ่มโปรแกรมโดยผ่านทางปุ่ม START โปรแกรมจะเข้าสู่หน้าต่างถาม-ตอบกับผู้ใช้ ดังรูปที่ 5.28 เป็นการสร้างข้อมูลเบื้องต้น มีคำถาม และมีคำตอบให้เลือก และมีคำอธิบายประกอบ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น หลังจากที่ถามรายละเอียดต่างๆ ที่ต้องการทั้งหมดแล้ว ข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในฐานความรู้ จากนั้นระบบจะแสดงรายละเอียดข้อมูลเพื่อให้ผู้ใช้ทำการตรวจสอบ หรือทำการแก้ไขอีกครั้ง นอกจากนี้ในขณะที่ทำ

การรัน ผู้ใช้สามารถทำการเปิดดูรูปภาพของวิธีการควบคุม และชนิดอุปกรณ์ต่างๆ ได้ โดยเลือกที่เมนูของหน้าจอ ดังรูปที่ 5.29 จะได้เป็นชนิดการควบคุมความดันดังเช่นในรูปที่ 5.30 ได้ชนิดการควบคุมความรีบอยเลอร์ดังเช่นในรูปที่ 5.31 ได้ชนิดของเครื่องควบแน่นดังเช่นในรูปที่ 4.32 ได้ชนิดของรีบอยเลอร์ดังเช่นในรูปที่ 5.33 และยังมีหน้าต่างแสดงคำอธิบายเพิ่มเติมของการใช้ตัวควบคุมลูพต่างๆ ดังเช่นรูปที่ 5.34

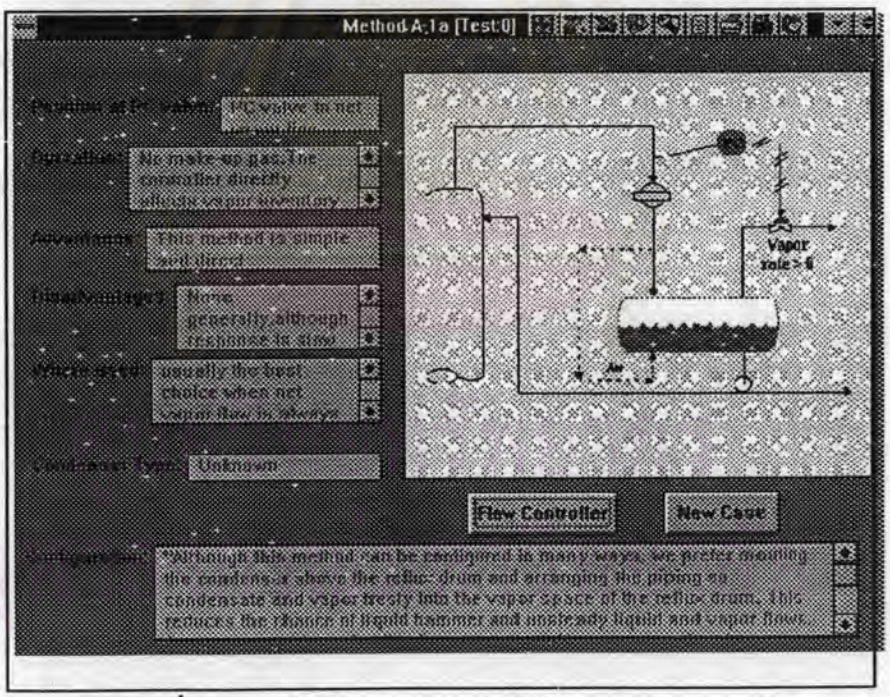


รูปที่ 5.28 แสดงหน้าต่างโต้ตอบกับผู้ใช้

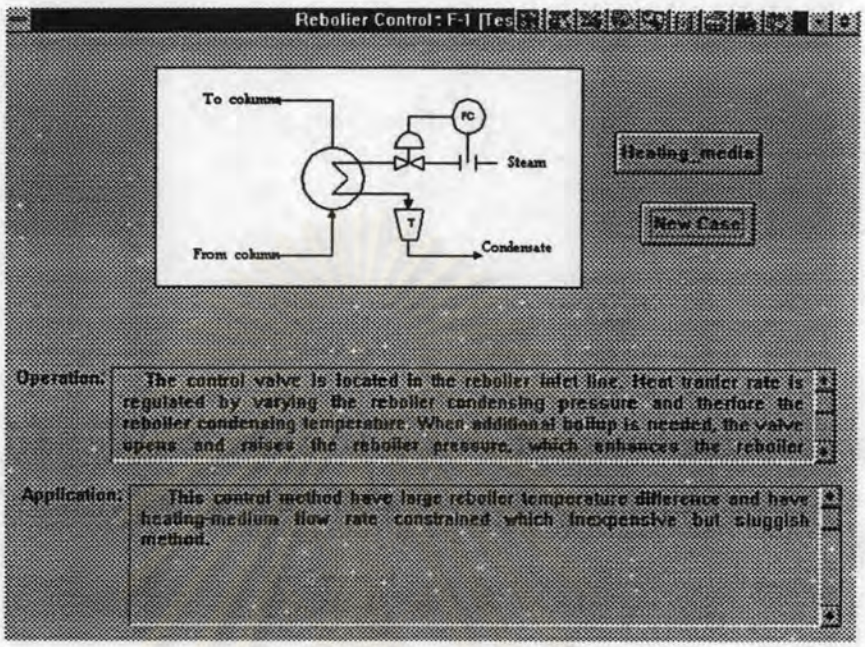
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



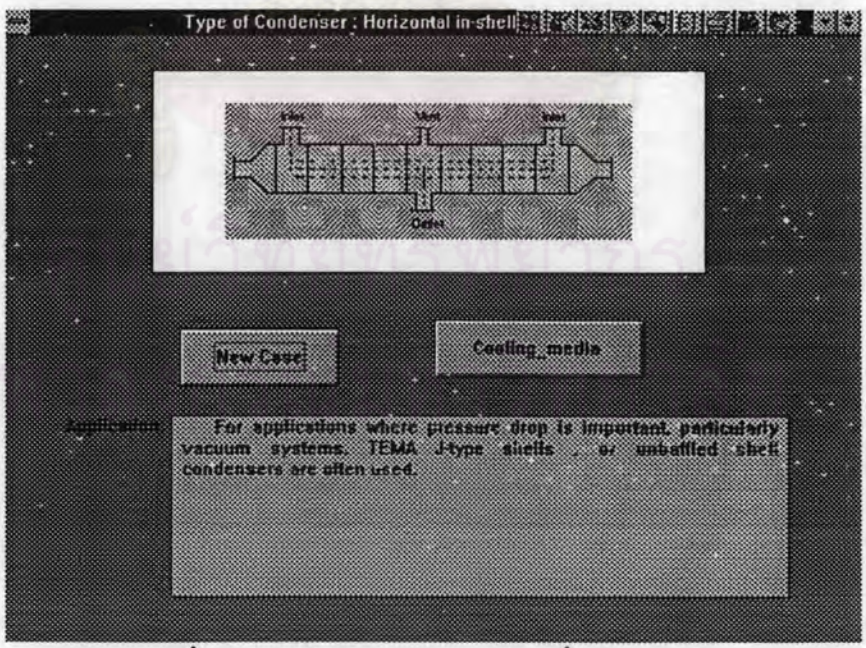
รูปที่ 5.29 หน้าต่างแสดงเมนูผลของโปรแกรม



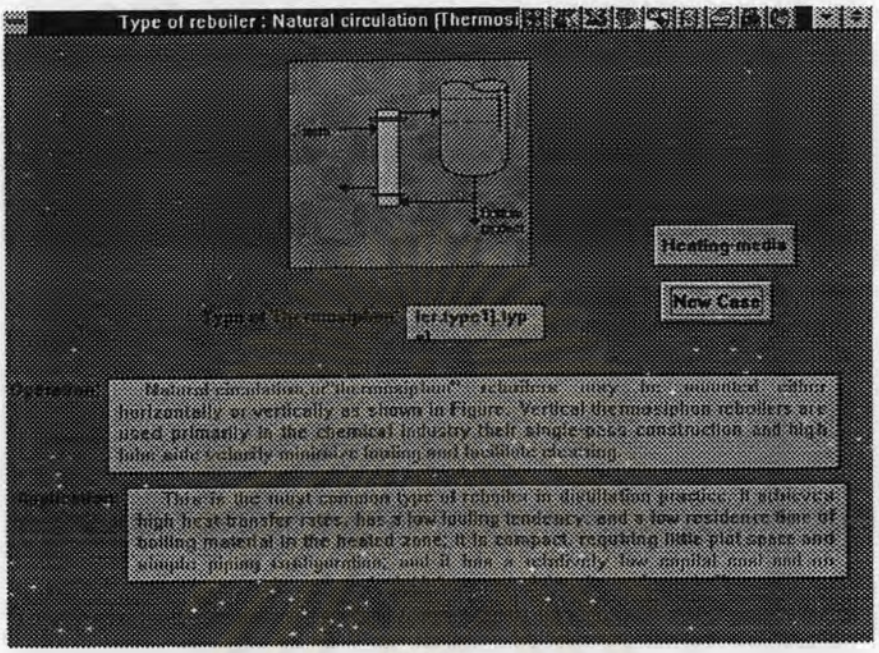
รูปที่ 5.30 หน้าต่างแสดงผลของวิธีการควบคุมความดัน



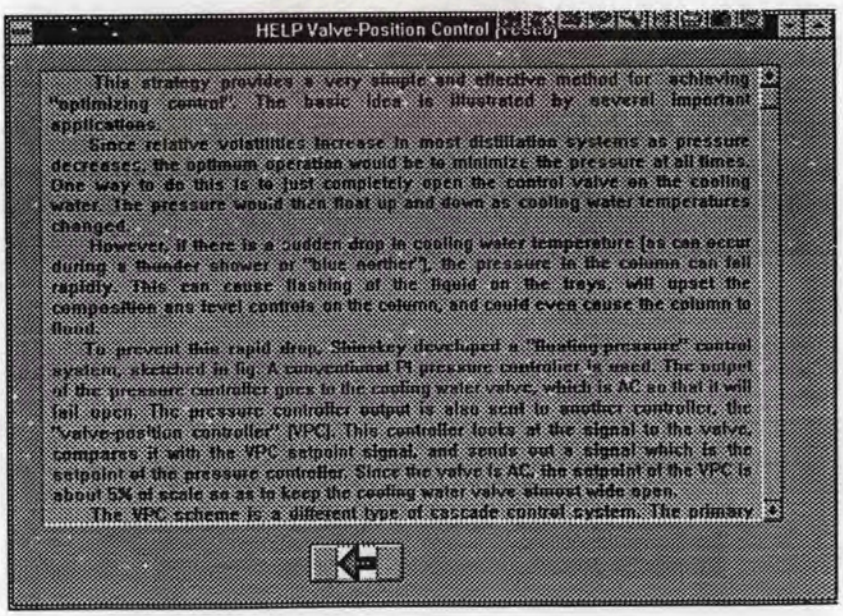
รูปที่ 5.31 หน้าต่างแสดงผลของวิธีการควบคุมรีบอยเลอร์



รูปที่ 5.32 หน้าต่างแสดงผลชนิดเครื่องควบแน่น



รูปที่ 5.33 หน้าต่างแสดงผลชนิดรีบอยเลอร์



รูปที่ 5.34 หน้าต่างแสดงผลคำแนะนำการใช้ฐพควบคุม

ตัวอย่างภาษาสคริปต์ที่ใช้ติดต่อระหว่างผู้ใช้กับฐานความรู้

```
on event WIN_OPENED
WIN_Maximize(SELF);
  WGT_GainFocus(WIN_GetNamedWgt(SELF,"MTEd1"));
NOIR_UpdateWgt(SELF);
end event

on event NOIR_STARTQUESTION
   TED_SetStr(SELF,NOIR_GetQuestionPrompt());
end event

on event NOIR_ENDQUESTION
   TED_SetStr(SELF,"");
         WGT_Disable(SELF);
end event

on event NOIR_ATOMUPDATED
NOIR_UpdateWgt(SELF) ;
end event

on event NOIR_STARTQUESTION
   WGT_Enable(SELF);
   NOIR_CBoxSetSlotChoices(SELF,NOIR_GetQuestionSlotId());
end event
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
on event NOIR_ENDQUESTION
  WGT_Disable(SELF);
end event

on event CBOX_ITEMSELECTED
   NOIR_Volunteer(NOIR_GetQuestionSlotId(), NXP_DESC_STR,CBOX_ChosenGetLabel
(SELF), NXP_VSTRAT_VOLFWRD);
end event

on event TBUT_HIT
      NOIR_ProcessForm(WGT_GetWin(SELF));
      NOIR_Knowcess();

end event

on event TBUT_HIT
   NOIR_RestartSession();
   NOIR_Suggest(NOIR_GetAtomId("Initial", NXP_ATYPE_HYPO), NXP_SPRIO_SUG);
   NOIR_Knowcess();

end event
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.5 ตัวอย่างการใช้งาน

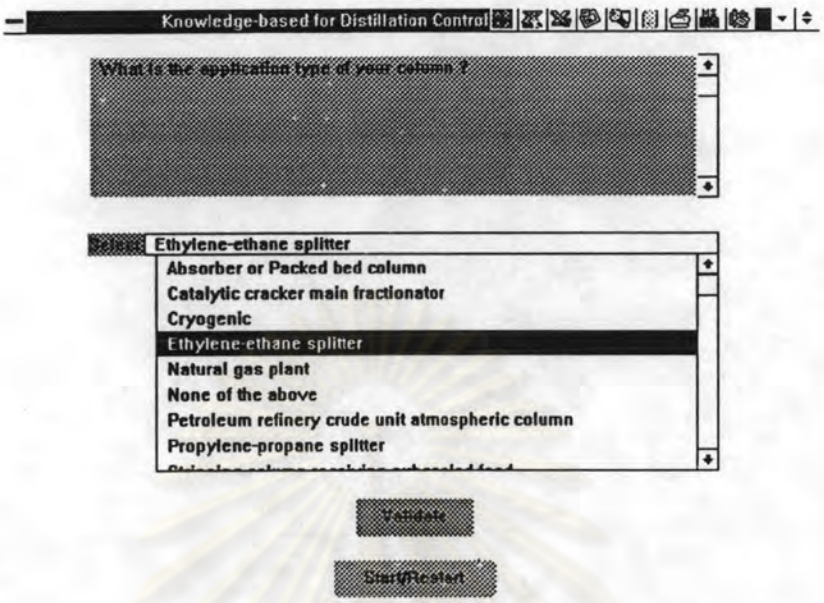
ในหัวข้อนี้เป็นตัวอย่างการใช้งานของโปรแกรม แสดงการเลือกวิธีการควบคุม และชนิดของอุปกรณ์ มีตัวอย่างการรันโปรแกรมในกรณีที่หอกลั่นนั้นมีอยู่ในฐานความรู้ และในกรณีที่หอกลั่นนั้นไม่อยู่ในฐานความรู้ ซึ่งกรณีนี้โปรแกรมจะรับข้อมูลจากผู้ใช้เข้าไปเพื่อทำการอนุมานหาคำตอบต่อไป นอกจากนี้ยังมีกรณีที่โปรแกรมไม่พบคำตอบนั้นจะมีการผ่อนคลายความสำคัญของเงื่อนไข เพื่อให้สามารถหาคำตอบได้

ตัวอย่างที่ 1 การรันโปรแกรมในกรณีที่หอกลั่นนั้นอยู่ในฐานความรู้ ซึ่งมีรายชื่อหอกลั่นในฐานความรู้ดังต่อไปนี้

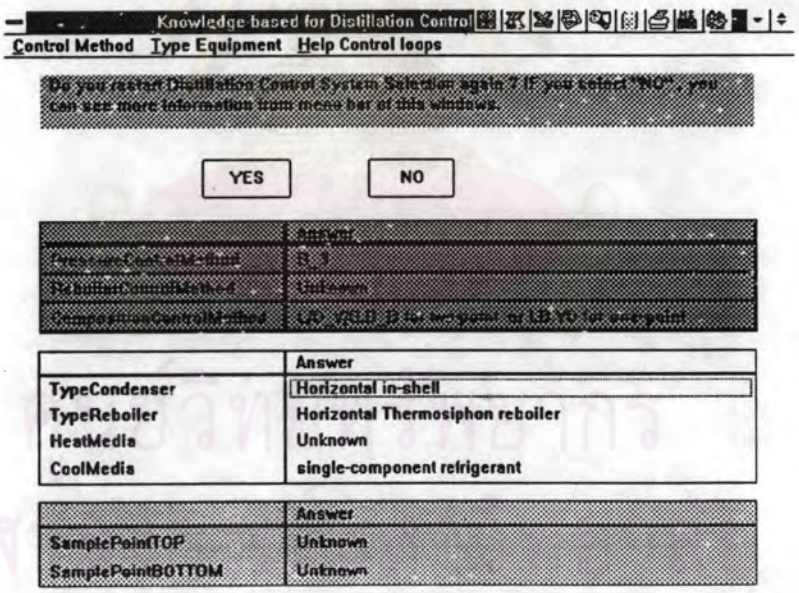
"Cryogenic Demethanizer plant", "Petroleum refinery crude unit atmospheric column", " Catalytic cracker main fractionator", "Stripping column receiving subcooled feed", "Packed bed column", "Natural gas plant", "Ethylene-ethane splitter", "Propylene-propane spiltter", "High purity column", "Superfractionator", "None of above"

ผู้ใช้เลือกหอกลั่นแยกเอธิลีน

ข้อมูลที่อยู่ในฐานความรู้ของหอกลั่นแยกประเภทที่เป็นการแยกยาก ๆ นี้ จะได้คำตอบเป็นดังรูปที่ 5.36 ซึ่งคำตอบที่ได้ยังไม่ครบทุกระบบการควบคุม โปรแกรมจะถามผู้ใช้ว่าต้องการทราบค่าวิธีการที่เหลือหรือไม่ ซึ่งได้แก่การควบคุมรีบอยเลอร์, ชนิดของการสารตัวกลางให้ความร้อน และจุดวัดวิเคราะห์องค์ประกอบผลิตภัณฑ์ ถ้าผู้ใช้ต้องการทราบ โปรแกรมจะทำการค้นหาคำตอบต่อไป



รูปที่ 5.35 เมนูในกรณีเลือกหอกลั่นแยกเอธิลีน



รูปที่ 5.36 วิธีการควบคุมและชนิดอุปกรณ์ที่มีอยู่สำหรับหอกลั่นแยกเอธิลีน

ตัวอย่างที่ 2 ผู้ใช้เลือกหอกลั่นที่ไม่มีในฐานความรู้ (None of above)

เลือกชนิดของผลิตภัณฑ์ยอดหอ.....เป็นเฟสของเหลวอย่างเดียว

เลือกการควบคุมองค์ประกอบตามจุดประสงค์ทางเศรษฐศาสตร์.....แบบเดี่ยว

เลือกผลิตภัณฑ์ที่มีค่ามาก.....เป็นผลิตภัณฑ์ยอดหอ

เลือกอัตราส่วนรีฟลักซ์ที่ใช้

-ต่ำ (L/D < 1)

-ปานกลาง (1 < L/D < 5)

-สูง (L/D > 5)

-สูงมาก (L/D >> 10)

ผู้ใช้เลือกอัตราส่วนรีฟลักซ์ต่ำ

เลือกขนาดคอลัมน์

-ขนาดใหญ่ (จำนวนเทรย์ > 100)

-ขนาดเล็ก (20 < จำนวนเทรย์ < 100)

-ขนาดเล็กมาก (จำนวนเทรย์ < 20)

ผู้ใช้เลือกคอลัมน์ขนาดเล็ก

เลือกความดันที่ใช้ปฏิบัติงาน

-ความดันสูญญากาศ (P < 0.5 atm)

-ความดันต่ำ (0.5 < P < 1 atm)

-ความดันปกติ หรือความดันบรรยากาศ (1 atm < P < 3 atm)

-ความดันสูง (P > 3 atm)

ผู้ใช้เลือกความดันต่ำ

เลือกความว่องไวต่อความร้อนของผสมที่นำมากลั่นแยก.....ว่องไว

เลือกการกัดกร่อนของของผสมที่นำมากลั่นแยก

-ไม่กัดกร่อน (เช่น การกลั่นปิโตรเลียม)

-กัดกร่อน (เช่น ในอุตสาหกรรมเคมี)

ผู้ใช้เลือกของผสมไม่มีการกัดกร่อน

เลือกการรบกวนที่ส่งผลมากกว่า.....จากระบบความร้อน

ผลจากการรันโปรแกรมจะได้โครงสร้างการควบคุมองค์ประกอบแบบเดี่ยวเป็น DL และเป็นคอลัมน์ธรรมดาที่ไม่ได้ใช้ความดันสูญญากาศ จึงได้ชนิดของสารทำความเย็นเป็น แบบสารหล่อเย็นองค์ประกอบเดียว จากนั้นโปรแกรมจะทำการค้นหาคำตอบของการควบคุมความดัน โดยถามคำถามเพิ่มเติมดังนี้

เลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายไอยอดหอ

-ขนาดเล็ก (Φ < 3 ft)

-ขนาดใหญ่ (Φ > 3 ft)

ผู้ใช้เลือกขนาดเล็ก

ผลจากการรันโปรแกรมในฐานความรู้นี้จะได้วิธีควบคุมความดันเป็น D-7 ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กับเครื่องควบแน่นแบบใช้ของเหลวหรืออากาศก็ได้เป็นสารทำความเย็น และเป็นวิธีที่ใช้

คอนเดนเสดเย็นต่ำ (เกี่ยวเนื่องกับการเลือกจุดวัดวิเคราะห์องค์ประกอบ) และได้ชนิดเครื่องควบแน่นเป็น Horizontal in-shell แบบ E-type และได้ชนิดรีบอยเลอร์เป็นแบบหมุนเวียนบังคับ ส่วนการควบคุมรีบอยเลอร์นั้นโปรแกรมจะถามคำถามเพิ่มดังนี้

เลือกอุณหภูมิที่ต้องการในระบบการให้ความร้อนแก่หอกลั่น.....อุณหภูมิต่ำ

เลือกอุณหภูมิตกคร่อมรีบอยเลอร์.....ต่ำ

ผลจากการรันโปรแกรมในฐานความรู้นี้จะได้น้ำมันร้อนเป็นสารตัวกลางให้ความร้อน และได้วิธีการควบคุมรีบอยเลอร์เป็น การใช้การควบคุม BTU (วิธี G-5) ส่วนการเลือกจุดวัดวิเคราะห์องค์ประกอบผลิตภัณฑ์โดยถามคำถามเพิ่ม

เลือกการปล่อยแกสออกที่รีฟลักซ์ดรัม.....ใช่

เลือกการปนเปื้อนของสารองค์ประกอบหนักในระบบตัวอย่างล่างหอ.....มี

เลือกความสำคัญเรื่องค่าใช้จ่ายของระบบตัวอย่าง.....ไม่สำคัญ

ผลจากการรันโปรแกรมในฐานความรู้นี้จะได้จุดวัดวิเคราะห์องค์ประกอบยอดหอเป็น Downstream of accumulation และได้จุดวัดวิเคราะห์ล่างหอเป็นเทคนิคแฟล็ชพ็อท

ตัวอย่างที่ 3 หอกลั่นที่มีการใช้งานจริง

ก. หอกลั่นไพลอท กลั่นแยกเอธานอลกับน้ำ

ข้อมูล ...เป็นสารผสมที่ไม่มีสารกัดกร่อน, ไม่มีสารที่ว่องไวต่อความร้อน

...เป็นหอกลั่นขนาดเล็กมาก (จำนวนเทรย์ < 20)

...ใช้ความดันปฏิบัติการที่ 1 บรรยากาศ

...ชนิดเฟสของผลิตภัณฑ์ยอดหอ : เป็นเฟสของเหลวอย่างเดียว

...เลือกชนิดการควบคุมองค์ประกอบ : แบบคู่ (และไม่ทราบค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน)

ข้อมูลที่ป้อนเข้าโปรแกรม

: เปอร์เซ็นต์สัดส่วนโมลของ $Z_l = 0.1435$, $q = 0$ (saturated liquid), $Y_l = 0.7383$, $X_l = 0.06312$

: ค่าการระเหยสัมพัทธ์ = 2.28 (ที่อุณหภูมิยอดหอ 78.5 °C และอุณหภูมิล่างหอ 86 °C)

: อัตราการไหลของสารป้อน = 7.499 กิโลโมลต่อชั่วโมง

ผลจากการรันโปรแกรมในฐานความรู้นี้ได้วิธีการควบคุมความดันแบบ D-4 ได้ชนิดของเครื่องควบแน่นแบบไอไหลอยู่ในท่อที่วางในแนวตั้ง ได้วิธีการควบคุมองค์ประกอบแบบคู่ 5 วิธี S_L, S_L/B, D_L, D_L/B และ D_V (ในที่นี้ S เป็น D/L+D เนื่องจาก D เป็นอัตราการไหลที่เล็กที่สุด)

ข. หอกลั่นไล่สารที่นำกลับซัลเฟอร์โดยการผ่านน้ำ (จากโรงกลั่นบางจาก)

ข้อมูล : ความดันปฏิบัติการที่ใช้ 1 บรรยากาศ

:ชนิดเฟสของผลิตภัณฑ์ยอดหอ : เป็นเฟสไออย่างเดียว

:โรงงานใช้วิธีควบคุมความดันแบบ A-1

ผลจากการรันโปรแกรมในฐานความรู้นี้ได้วิธี A-1 ซึ่งให้ผลตรงกับที่โรงงานใช้จริง

ค. หอกลั่น กลั่นแยกโพรเพน (Depropanizer) (จากโรงกลั่นไทยโอเลฟินส์)

ข้อมูล : อัตราส่วนรีฟลักซ์ = 1.6, จำนวนเทรย์ = 67

:โรงงานใช้วิธีการควบคุมองค์ประกอบแบบเดี่ยว *VL*

ผลจากการรันโปรแกรมที่อัตราส่วนรีฟลักซ์ไม่สูง (ไม่เกิน 5) และขนาดของคอลัมน์ไม่ถือว่าเล็ก (จำนวนเทรย์ไม่น้อยกว่า 20) ได้วิธีการควบคุมองค์ประกอบแบบเดี่ยว *VL* หรือ *BL*

ง. *หอกลั่น กลั่นแยกอีเธน-เอธิลีน* (จากโรงกลั่นบางจาก)

ข้อมูล : อัตราส่วนรีฟลักซ์ = 9.7, ความดันปฏิบัติการที่ใช้ 13 บาร์

ใช้วิธีการควบคุมองค์ประกอบแบบเดี่ยวที่ต้องการควบคุมความบริสุทธิ์ล่างหอ เป็นแบบ *VD*

ผลจากการรันโปรแกรมที่อัตราส่วนรีฟลักซ์สูงมาก (มากกว่า 10 atm) ถือเป็นคอลัมน์ ที่แยกยากๆ (superfractionator column) ได้วิธีการควบคุมองค์ประกอบแบบเดี่ยว *VD* (เมื่อต้องการควบคุมความบริสุทธิ์ล่างหอ) และได้วิธีการควบคุมองค์ประกอบแบบเดี่ยว LB (เมื่อต้องการควบคุมความบริสุทธิ์ยอดหอ)

ตัวอย่างที่ 4 ตัวอย่างจากหอกลั่นที่มีการทดลอง จาก Waller (1988)

ตัวอย่างนี้เป็นการทดลองเปรียบเทียบโครงสร้างการควบคุม 4 แบบที่ทราบค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน แสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ค่าเกนต่าง ๆ ในทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของกระบวนการและของการรบกวนจากการทดลองของ Waller (1988)

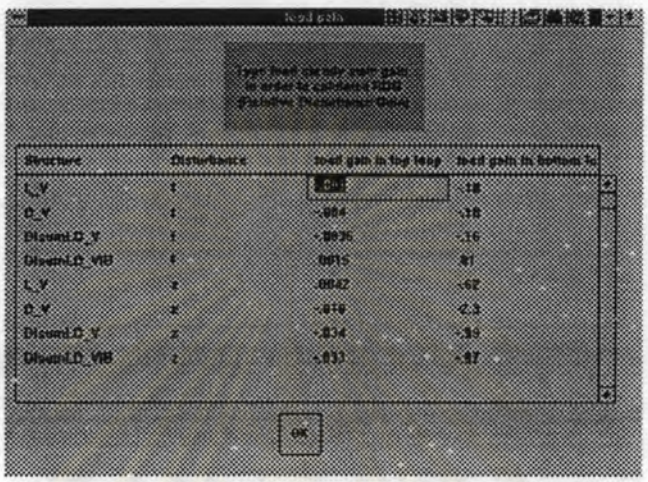
โครงสร้าง	K_{11}	K_{12}	K_{21}	K_{22}	K_{1F}	K_{2F}	T_{1F}	T_{2F}	K_{1F}	K_{2F}	T_{1F}	T_{2F}
L_V	*-0.038*	*0.04.6*	*-0.23*	*0.62*	*-0.001*	*-0.18*	*10*	*5.5*	*0.0042*	*-0.62*	*8.5*	*9*
D_V	*0.075*	*0.35*	*0.35*	*0*	*-0.004*	*-0.18*	*23*	*7.5*	*-0.16*	*-2.3*	*20.5*	*15*
D/L+D_V	*6.2*	*0*	*34*	*0.34*	*-0.0035*	*-0.16*	*28*	*4.5*	*-0.034*	*-0.99*	*23*	*13*
D/L+D_ V/B	*8.4*	*3*	*46*	*78*	*0.0015*	*0.01*	*6*	*7.5*	*-0.033*	*-0.97*	*18.5*	*7.5*

ผลที่ได้จากเอกสารของ Waller แสดงดังตารางที่ 5.2 แสดงค่าเกนสัมพันธ์ (RGA) และค่าความว่องไวต่อตัวรบกวน (DS) จากการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของสารป้อน (F) และจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสารป้อน (Z) โดยพิจารณาผลการรบกวนทั้งลูพบนและลูพล่าง

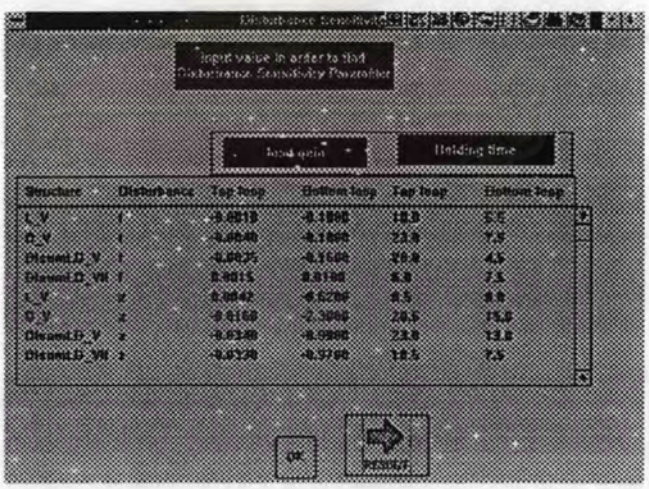
ตารางที่ 5.2 ค่าเกนสัมพันธ์ และค่าความว่องไวต่อตัวรบกวน จากการทดลองของ Waller (1988)

โครงสร้าง	*RGA*	*DS for F*		*DS for Z*	
		TopLoop	*BottomLoop*	*TopLoop*	*BottomLoop*
L_V	*1.8*	*0.1*	*33*	*0.49*	*69*
D_V	*0.0*	*0.17*	*24*	*7.8*	*150*
D/L+D_V	*1.0*	*0.13*	*36*	*1.5*	*76*
D/L+D_V/B	*1.3*	*0.25*	*1.3*	*1.8*	*130*

การป้อนค่าเกน และค่าเวลาโฮลด์ดิ้งของการรบกวนในโปรแกรม แสดงดังรูปที่ 5.37 และ รูปที่ 5.38

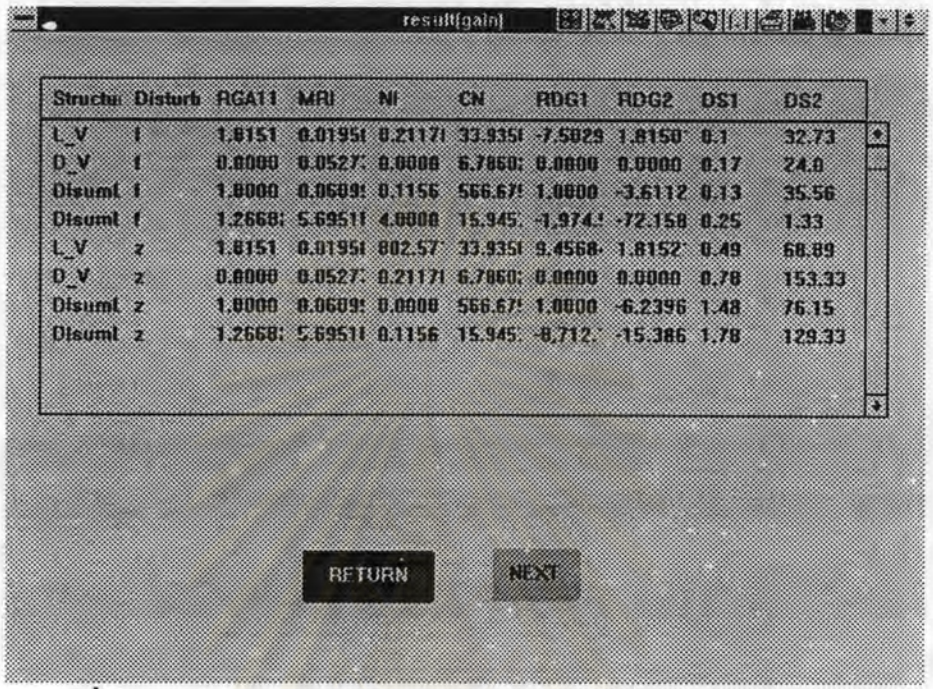


รูปที่ 5.37 การป้อนค่าเกนรบกวนในโปรแกรม

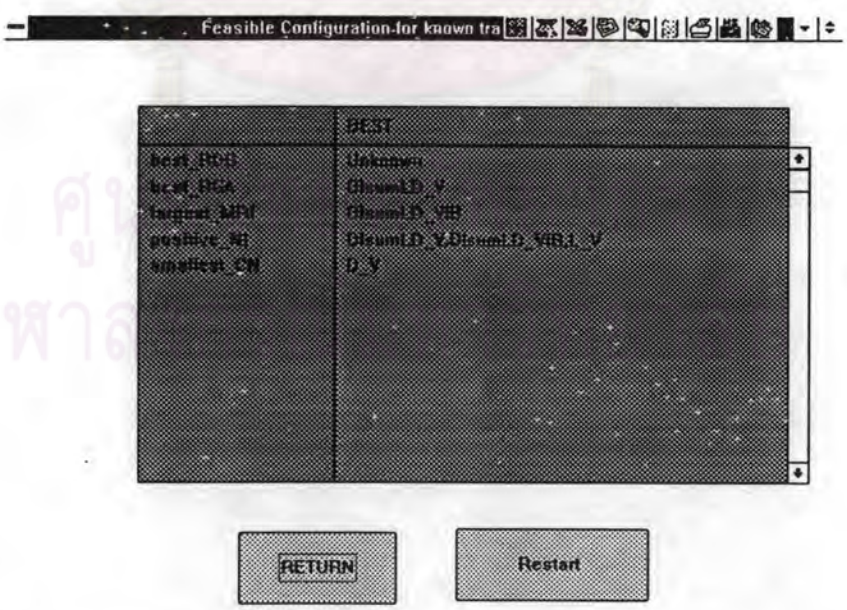


รูปที่ 5.38 การป้อนค่าเวลาโฮลด์ดิ้งการรบกวนในโปรแกรม

ผลที่ได้จากการรันโปรแกรมในฐานความรู้นี้ แสดงดังรูปที่ 5.39 และ รูปที่ 5.40

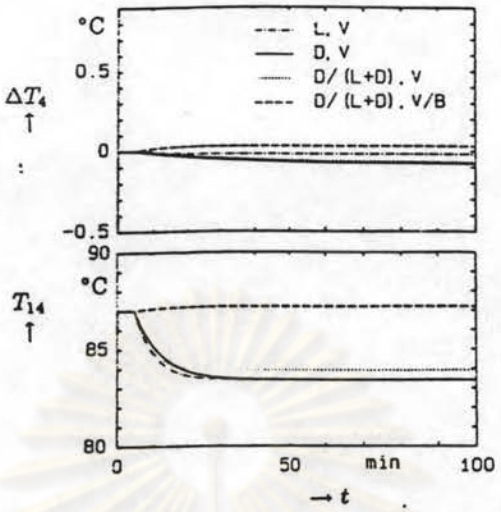


รูปที่ 5.39 ผลจากการรันโปรแกรมจากค่าเกนทดลองของ Waller (1988)

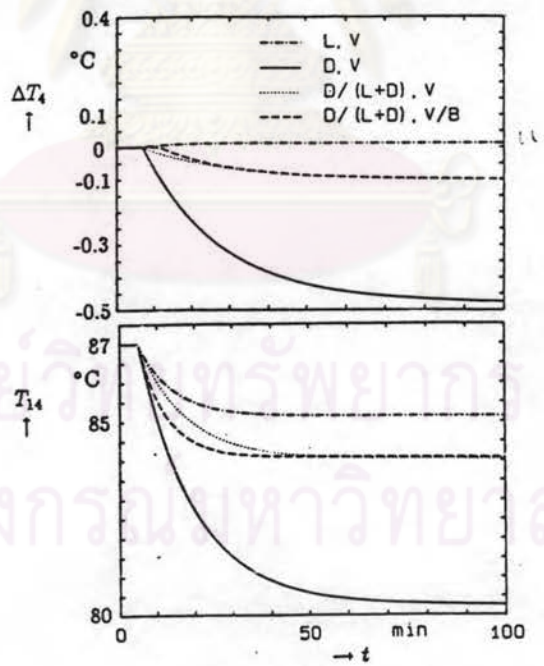


รูปที่ 5.40 ผลสรุปจากการรันโปรแกรมจากค่าเกนทดลองของ Waller (1988)

จากผลที่ได้พบว่า ผลจากการรันโปรแกรมมีความถูกต้องกับผลจากเอกสาร และเมื่อพิจารณาจากค่า RGA แล้วโครงสร้างการควบคุมแบบ D/L+D_V ถือว่าดีที่สุดที่มีผลกระทบระหว่างลูพน้อยที่สุด และโครงสร้าง D/L+D_V/B เป็นโครงสร้างถัดมาที่ให้การควบคุมที่ดี เมื่อพิจารณาค่าดัชนี MRI ที่มากที่สุด พบว่าโครงสร้างแบบ D/L+D_V/B เป็นโครงสร้างที่ง่ายต่อการควบคุมมากที่สุด เมื่อพิจารณาค่าดัชนี NI ที่เป็น พบว่าโครงสร้างแบบ D_V เป็นโครงสร้างที่แสดงถึงลูพควบคุมแบบปิดที่ใช้คู่ควบคุมนั้นไม่มีความเสถียร เมื่อพิจารณาค่าดัชนี CN ที่เล็กที่สุด พบว่าโครงสร้างแบบ D/L+D_V/B เป็นโครงสร้างที่มีผลจากการรบกวนน้อยที่สุด ซึ่งให้ผลขัดแย้งกับค่า DS จากตารางที่ 5.2 และจากตารางที่ได้มาจากการรันโปรแกรม (รูปที่ 5.39 และ 5.40) (เป็นค่า DS1 สำหรับการรบกวนที่ลูพยอดหอ และค่า DS2 สำหรับการรบกวนที่ลูพล่างหอ) พบว่าโครงสร้างที่มีความว่องไวต่อการรบกวนเนื่องจากอัตราการไหลของสารป้อนสำหรับลูพยอดหอ โดยเรียงจากค่าที่น้อยที่สุดของค่า DS (มีความว่องไวต่อตัวรบกวนน้อยที่สุด) ดังนี้ L_V, D/L+D_V, D_V, D/L+D_V/B และสำหรับลูพล่างหอเป็น D/L+D_V/B, D_V, L_V, D/L+D_V และพบว่าโครงสร้างที่มีความว่องไวต่อการรบกวนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสารป้อนสำหรับลูพยอดหอเป็น L_V, D/L+D_V, D/L+D_V, D_V และสำหรับลูพล่างหอให้ผลเช่นเดียวกับผลในลูพยอดหอเป็น L_V, D/L+D_V, D/L+D_V, D_V ซึ่งผลที่ได้ตรงกับผลที่ได้จากการซิมูเลตที่ได้จากเอกสาร ดังรูปที่ 5.41 และ รูปที่ 5.42



รูปที่ 5.41 ผลการตอบสนองจากการรบกวนการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของสารป้อน จากการทดลองของ Waller (1988)



รูปที่ 5.42 ผลการตอบสนองจากการรบกวนการ เปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสารป้อน จากการทดลองของ Waller (1988)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย