ชัญญา ปลั่งกลาง : การจำลองการควบคุมแบบป้อนไปข้างหน้าของหอดูดซับแบบพัลส์ในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (MODELING AND FEEDFORWARD CONTROL OF PULSED BED ADSORBER IN SUGAR REFINERY PROCESS)
อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.ธีระสุต สุขกำเนิด, 120 หน้า

คำสำคัญ: หอดูดซับแบบพัลส์/สภาวะสถานะคงตัวแบบวัฏจักร/ระยะเวลาครบรอบที่เหมาะสม/การควบคุมแบบป้อนไปข้างหน้า/กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์

หอดูดซับแบบพัลส์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ลดค่าความเข้มสีในกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย โดยหอดูดซับแบบพัลส์นี้มีลักษณะการทำงานแบบสถานะคงตัวแบบวัฏจักรซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนในการควบคุม ดังนั้นการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถอธิบายกระบวนการดูดซับในหอดูดซับแบบพัลส์ได้และควบคุมหอดูดซับแบบพัลส์ด้วยการควบคุมแบบป้อนไปข้างหน้า ซึ่งในงานวิจัยนี้ศึกษาทั้งแบบจำลองที่ไม่พิจารณาการกระจายตัวในแนวแกนและแบบจำลองที่พิจารณาการกระจายตัวในแนวแกน โดยใช้วิธีเชิงตัวเลขแบบเส้น (Numerical method of lines) ในการแก้ปัญหาสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยของแบบจำลองด้วยการประมาณพจน์ในแกนระยะทางและดัดแปลงสมการอนุพันธ์ย่อยให้เป็นสมการเชิงอนุพันธ์สามัญด้วยระเบียบวิธีผลต่างแบบจำกัดแล้วอินทิเกรตสมการดังกล่าวด้วยระเบียบวิธีของรุงเง-คุตตา จากการหาค่าสมดุลการดูดซับ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวล และค่าการกระจายตัวในแนวแกนโดยใช้ข้อมูลเบรคทรูของการทดลองการดูดซับในหอดูดซับแบบเบดนิ่งที่ค่าความเข้มสีขาเข้า 700 ICUMSA ความเข้มข้นของของแข็ง 65 brix อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และที่อัตราการไหล 4 6 และ 8 มิลลิลิตรต่อนาที จากนั้นศึกษาระยะเวลาครบรอบที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับในหอดูดซับแบบพัลส์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสีขาเข้าที่อัตราการไหล 4 6 และ 8 มิลลิลิตรต่อนาที พบว่าระยะเวลาครบรอบที่เหมาะสม (Optimum cycle time) ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลและค่าความเข้มสีขาเข้า โดยเมื่อค่าความเข้มสีขาเข้าเพิ่มขึ้นระยะเวลาครบรอบที่เหมาะสมจะมีค่าลดลง และเมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นระยะเวลาครบรอบที่เหมาะสมจะมีค่าลดลง จากนั้นควบคุมหอดูดซับแบบพัลส์เพื่อให้ได้ค่าความเข้มสีขาออกตามที่กำหนด (100 ICUMSA) ด้วยระบบควบคุมแบบป้อนไปข้างหน้าโดยการปรับระยะเวลาครบที่เหมาะสม (ตัวแปรปรับ) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสีขาเข้า (ตัวแปรรบกวน)

พบว่าการควบคุมแบบป้อนไปข้างหน้าสามารถควบคุมหอดูดซับแบบพัลส์ได้เมื่อมีการรบกวนกระบวนการแบบขั้นและแบบโคไซน์ และเนื่องจากกระบวนการนี้เป็นมีเวลาหน่วง (time delay) ดังนั้นจึงมีการปรับระยะเวลาครบรอบที่เหมาะสมที่รอบที่ 5 หลังจากรบกวนกระบวนการเพื่อลดการ

พบว่าการควบคุมแบบป้อนไปข้างหน้าสามารถควบคุมหอดูดซับแบบพัลส์ได้เมื่อมีการรบกวนกระบวนการแบบขั้นและแบบโคไซน์ และเนื่องจากกระบวนการนี้เป็นมีเวลาหน่วง (time delay) ดังนั้นจึงมีการปรับระยะเวลาครบรอบที่เหมาะสมที่รอบที่ 5 หลังจากรบกวนกระบวนการเพื่อลดการแกว่งของผลตอบสนอง โดยแสดงประสิทธิภาพของการควบคุมด้วยช่วงเวลาตอบสนอง ค่าผลต่างมากที่สุดของความคลาดเคลื่อน และค่าผลรวมกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อนต่อจำนวนรอบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนักศึกษา .....

ปีการศึกษา 2565 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

CHANYA PLANGKLANG : MODELLING AND FEEDFORWARD CONTROL OF PULSED BED ADSORBER IN SUGAR REFINERY PROCESS.
THESIS ADVISOR : TERASUT SOOKKUMNERD, 120 PP

Keyword: PULSED BED/CYCLIC STEADY STATE/OPTIMUM CYCLE TIME/FEEDFORWARD CONTROL/SUGAR REFINING

The main objective of this research was to develop the mathematical model of pulsed bed operation in sugar refining, with and without axial dispersion, by using mass transfer coefficient (k), equilibrium constant (K) and axial dispersion coefficient (D_a) from the experiment result of fixed-bed at colorant concentrations of feed syrup at 700 ICUMSA, 65 brix, 70 ^{o}C and feed flow rate 4, 6 and 8 ml/min. The numerical method of lines was then used to solve PDE with the spatial derivative term approximated by finite difference method. The obtained ODEs was later solved by 4th-order Range-Kutta method. The optimum cycle time of pulsed bed operation at different colorant concentrations at feed flow rate of feed sugar syrup at 4 6 and 8 ml/min was then investigated. The analysis showed that the optimum cycle time of pulsed bed column depended on feed flow rate and the colorant concentration in feed sugar syrup. The optimum cycle time decreased when the feed flow rate increased and the optimum cycle time increased when the colorant concentrations in feed sugar syrup increased. The correlation of optimum cycle time and colorant concentrations in feed sugar syrup was subsequently studied. Finally, the effectiveness of feedforward control when the cycle time was used as a manipulating variable when there are step and cosine changes of ICUMSA in feed sugar syrup (disturbance) was investigated. The result of feedforward control of pulsed bed operation showed that the feedforward control successfully compensated the effect of disturbances from

colorant concentrations in feed syrup for both step and cosine functions when the delay time of 5 cycles was added to the feedforward controller.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Chemical Engineering

Academic Year 2022

Student's Signature .....

Advisor's Signature .....