ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
E41046

DYNAMIC SIMULATION OF PILOT DISTILLATION COLUMN FOR SEPARATING C6-C8 HYDROCARBONS

MR. SUTHIPONG LAIKITMONGKOL

A SPECIAL RESEARCH PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING (CHEMICAL ENGINEERING)
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THONBURI
2010

b00255470

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
E41046

Dynamic Simulation of Pilot Distillation Column for Separating C6-C8 Hydrocarbons

Mr. Suthipong Laikitmongkol B.Eng. (Chemical Engineering)

A Special Research Project Submitted in Partial Fulfillment

of the Requirements for

The Degree of Master of Engineering (Chemical Engineering)

Faculty of Engineering

King Mongkut's University of Technology Thonburi

2010

Special Research Project Committee

(Asst. Prof. Dr. Bunyaphat Suphanit, Ph.D.)	Chairman of Special Research Project Committee
(Assoc. Prof. Thongchai Srinophakun, Ph.D.)	Member and Special Research Project Advisor
(Dr. Pimporn Lekuthaiwan, Ph.D.)	Member

THE NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF THAILAND
RESEARCH LIBRARY

Copyright reserved

Special Research Project Title	Dynamic Simulation of Pilot Distillation Column for Separating C6-C8 Hydrocarbons
Special Research Project Credits	6
Candidate	Mr. Suthipong Laikitmongkol
Special Research Project Advisors	Assoc. Prof. Dr.Thongchai Srinophakun Dr. Pimporn Lekuthaiwan
Program	Master of Engineering
Field of Study	Chemical Engineering
Department	Chemical Engineering
Faculty	Engineering
B.E.	2553

Abstract

E41046

ROC's pilot distillation column was fabricated to use for multipurpose functions such as separation testing compared with the real plant distillation column and sample preparing for the other projects. After the pilot distillation column was fabricated, the pack efficiency of this column was not acceptable because of the channel in the column. Therefore, this column packing must be developed by changing the packing substance. Pack efficiency is normally important key index especially after revamp. Beside, the lack of the pilot distillation column information obstructed the steady state behavior. Therefore, this work focused on the pack efficiency of ROC's pilot distillation column, and the start-up procedures in order to obtain the best operation for the shortest time to reach the steady state. The Aspen Plus was used to study the Benzene-Toluene separation at steady state condition. The Aspen Dynamic was further used to generate the best procedure for the start-up operation covering 3 variables namely the distillate rate, reflux rate and bottom rate. The start-up procedure according to these 3 parameters could be divided into 6 scenarios. In addition, the effect of reflux rate and feed location to the operating conditions including the temperature profile of the column (A-E), Benzene concentration in the overhead stream, level of the reflux drum and sump. It was found that the ROC's test run data was matched well with 50 theoretical stages by 0.6 Murphree efficiency of packing A. The best procedure for the start-up operation was distillate rate – bottom rate – reflux rate scenario which just took 9 hours to reach a steady state.

Keywords: Aspen Plus / Aspen Dynamic / Start-up procedure / Murphree efficiency / Steady state

หัวข้อโครงการศึกษาวิจัย	การสร้างแบบจำลองพลศาสตร์ของหอกลั่นต้นแบบที่ใช้แยกสารประกอบไฮโดรคาร์บอน C6 – C8
หน่วยกิต	6
ผู้เขียน	นายสุทธิพงศ์ ลัยกิจมงคล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. ธงไชย ศรีนพคุณ
	ดร.พิมพร เล็กอุทัยวรรณ
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ภาควิชา	วิศวกรรมเคมี
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ.	2553

บทคัดย่อ

E 41046

หอกลั่นต้นแบบของบริษัทระยองโอเลฟินส์ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อที่จะใช้กับงานที่หลากหลายจุดประสงค์ต่างๆกัน เช่น ใช้สำหรับทดสอบกระบวนการกลั่นเพื่อเปรียบเทียบกับระบบการกลั่นของหอกลั่นจริง ใช้สำหรับเตรียมสารตัวอย่างสำหรับงานอื่นๆ หลังจากที่หอกลั่นถูกสร้างขึ้นประสิทธิภาพในการแยกสารของหอกลั่นนี้ไม่ดี เนื่องมาจากการเกิดแชนแนลลิงขึ้นภายในหอ ดังนั้นหอกลั่นต้นแบบนี้จึงถูกปรับปรุงขึ้น โดยการเปลี่ยนตัวแพ็คกิ้งภายในหอ อย่างไรก็ตามตัวแปรที่สำคัญที่สุดที่ควรคำนึงถึงคือประสิทธิภาพของตัวแพ็คกิ้ง การขาดข้อมูลที่สำคัญของหอกลั่นต้นแบบยังเป็นอุปสรรคต่อการศึกษาในสภาวะคงตัวอีกด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จะมุ่งความสนใจศึกษาไปที่ประสิทธิภาพของตัวแพ็คกิ้งและขั้นตอนการเริ่มต้นดำเนินการที่ใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะคงตัวน้อยที่สุด แอสเพน พลัสใช้ศึกษากระบวนการแยกสารผสมเบนซีน-โทลูอีนที่สภาวะคงตัว แอสเพนไดนามิคส์ใช้สำหรับสร้างขั้นตอนการเริ่มต้นดำเนินการที่ดีที่สุด โดยศึกษาถึงการสลับเปลี่ยนขั้นตอนของ 3 ตัวแปร ได้แก่ อัตราการไหลของเหลวยอดหอ, รีฟลักซ์และก้นหอ ซึ่งสามารถแบ่งได้ 6 เหตุการณ์ นอกเหนือจากนั้นยังศึกษาถึงผลกระทบอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนตำแหน่งการป้อนสารและอัตราการไหลของเหลวรีฟลักซ์ ที่มีผลต่ออุณหภูมิของหอกลั่น, ความบริสุทธิ์ของเบนซีนที่ยอดหอ, ระดับของเหลวที่รีฟลักซ์ดรัมและก้นหอ จากการศึกษาพบว่า ผลจากการทดลองของหอกลั่นต้นแบบบริษัทระยองโอเลฟินส์ เข้ากันกับแบบจำลองที่ 50 ชั้น โดยที่ แพ็คกิ้งเอ มีประสิทธิภาพแบบเมอร์ฟรีเท่ากับ 0.6 สำหรับกระบวนการเริ่มต้นดำเนินการที่ดีที่สุดคือ เหตุการณ์ที่ 2 (อัตราไหลของเหลวยอดหอ – ก้นหอ – รีฟลักซ์) เพราะใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะคงตัวเพียง 6 ชั่วโมง

คำสำคัญ : แอสเพน พลัส / แอสเพน ไดนามิคส์ / ขั้นตอนการเริ่มต้นดำเนินการ / ประสิทธิภาพแบบเมอร์ฟรี / สภาวะคงตัว

ACKNOWLEDGEMENTS

This thesis would never be able to complete without helps and supports from these people, who belong to my memory. I felt appreciative of everything they gave during the time I worked on this thesis. Firstly, I would like to thank my advisor, Assoc. Prof. Dr.Thongchai Srinophakun, for his greatly support and valuable advice and that he paid regard to me. Secondly, my committee, Asst. Prof. Dr. Bunyaphat Suphanit and Dr. Pimporn Lekuthiwan, are whom I would like to thanks for their recommendations, their concentrations on my topic and the way they guided me to understand and accomplish this work.

Last but not least, the author would like to special thanks to a staff of Chemical Engineering Practice School (ChEPS), Ms. Chadaporn, who helped the author with communication and any important information used to finish the master degree. Also, this thesis will be never fulfilled without referring to my friends at ChEPS. I would like to thanks them for a cordial support, care and help.

CONTENTS

	PAGE
ENGLISH ABSTRACT	iii
THAI ABSTRACT	iv
ACKNOWLEDGEMENTS	v
CONTENTS	vi
LIST OF TABLES	viii
LIST OF FIGURES	ix
NOMENCLATURES	xi
CHAPTER	
1. INTRODUCTION	**1**
1.1 Background	1
1.2 Objectives	2
1.3 Scope of work	2
1.4 Expected results	
2. LITERATURE REVIEW AND THEORIES	**3**
2.1 Literature review	3
2.2 Theories	4
2.2.1 Distillation in packed column	4
2.2.2 Section of distillation column	4
2.2.3 Efficiency of packed column	5
2.2.4 Dynamic simulation	8
2.2.5 Pilot distillation column of R&D building	8
2.2.6 Start-up procedure of ROC's pilot distillation column	11
3. METHODOLOGY	**12**
3.1 Methodology	12
4. RESULTS AND DISCUSSION	**15**
4.1 Steady state model	15
4.1.1 Model development	15
4.1.2 Model tuning	16
4.2 Dynamic model	20
4.2.1 Model development	20
4.2.2 Dynamic responses	22
4.3 Start-up procedure	36

5. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS **41**
5.1 Conclusions 41
5.2 Recommendations 41

REFERENCES **42**

APPENDIX
A Test run data 43
B Calculation of the number of the theoretical stages 45
C Dynamic Responses 48
D Task for the start-up operation 50

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
2.1	ROC's pilot distillation column equipment	10
4.1	The required stream input data of the pilot distillation column	16
4.2	The required equipment data of the pilot distillation column (T-7000)	16
4.3	Temperature profile of the column (A-E) of the pilot distillation column	17
4.4	The simulation results from Aspen Plus before tuning with the Murphree efficiency of case 1	17
4.5	The model tuning results with the Murphree efficiency	18
4.6	The operating conditions of the pilot distillation column (T-7000) for 3 cases	18
4.7	The simulation results from Aspen Plus after tuning of 3 cases	19
4.8	The HETP value of packing (A-E) of the column	20
4.9	The required data of the pilot distillation column for Aspen Dynamics	21
4.10	The 3 steps operation of the pilot distillation column (T-7000)	22
4.11	The percentage difference of parameters between the test run data and simulation results when the feed location is changed	28
4.12	The percentage difference of parameters between the test run data and simulation results when the reflux rate is changed	34
4.13	Case study for the start-up operation	36
4.14	Conclusion of the results of each scenario	40
C.1	Temperature profile along the column (A-E) of pilot distillation column	49

LIST OF FIGURES

FIGURE		PAGE
1.1	The overall process of the ROC plant	1
2.1	Relationship between mole fractions in vapor phase and liquid phase	7
2.2	Pilot distillation schematic	9
2.3	Sulzer packing using in distillation column.	9
2.4	Heater at bottom of the column	10
3.1	The methodology	12
4.1	The steady state model from Aspen Plus	15
4.2	The dynamic model of ROC's pilot distillation column	21
4.3	Response of the temperature profile of the column (Test run data)	22
4.4	Response of level in reflux drum and sump (Test run data)	23
4.5	Response of the temperature profile of the column (Simulation)	24
4.6	Response of level in reflux drum and sump (Simulation)	24
4.7	Comparison of packing A temperature (TA) between test run data and simulation result when the feed location is changed	25
4.8	Comparison of packing B temperature (TB) between test run data and simulation result when the feed location is changed	25
4.9	Comparison of packing C temperature (TC) between test run data and simulation result when the feed location is changed	26
4.10	Comparison of packing D temperature (TD) between test run data and simulation result when the feed location is changed	26
4.11	Comparison of packing E temperature (TE) between test run data and simulation result when the feed location is changed	27
4.12	Comparison of reflux drum level between test run data and simulation results when the feed location is changed	27
4.13	Comparison of sump level between test run data and simulation result when the feed location is changed	28
4.14	Response of the heat duty from the dynamic simulation when the feed location is changed	29
4.15	Response of the mass fraction of Benzene in the overhead stream from the dynamic simulations when the feed location is changed	30
4.16	Comparison of packing A temperature (TA) between test run data and simulation result when the reflux rate is increased	30
4.17	Comparison of packing B temperature (TB) between test run data and simulation result when the reflux rate is increased	31
4.18	Comparison of packing C temperature (TC) between test run data and simulation result when the reflux rate is increased	31

4.19	Comparison of packing D temperature (TD) between test run data and simulation result when the reflux rate is increased	32
4.20	Comparison of packing E temperature (TE) between test run data and simulation result when the reflux rate is increased	32
4.21	Comparison of reflux drum level between test run data and simulation results when the reflux rate is increased	33
4.22	Comparison of sump level between test run data and simulation result when the reflux rate is increased	34
4.23	Response of the heat duty from the dynamic simulation when the reflux rate is increased	35
4.24	Response of the mass fraction of Benzene in the overhead stream from the dynamic simulation when the reflux rate is increased	36
4.25	Temperature profile of the column (A-E) of scenario 1	37
4.26	Temperature profile of the column (A-E) of scenario 2	38
4.27	Temperature profile of the column (A-E) of scenario 3	38
4.28	Temperature profile of the column (A-E) of scenario 4	39
4.29	Temperature profile of the column (A-E) of scenario 5	39
4.30	Temperature profile of the column (A-E) of scenario 6	40
A.1	Temperature profile of the column (TA-TE) from Test run data	44
A.2	Level of the reflux drum and distillate product drum from Test run data	44

NOMENCLATURES

HETP	The height equivalent to a theoretical plate in m
Q	The heat duty of the heater in kW
TA	Temperature of packing A in °C
TB	Temperature of packing B in °C
TC	Temperature of packing C in °C
TD	Temperature of packing D in °C
TE	Temperature of packing E in °C
Tss	The time to reach a steady state in hours
Xbz	Mass fraction of Benzene in the overhead stream