รายการอ้างอิง

คงกระพัน อินทรแจ้ง. TOC Process Overview. บริษัทไทยโอเลฟินส์ จำกัด, มกราคม 2538.

บรรเลง ศรนิล, ธีรวุฒิ บุญยโสภณ, วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์ และนิติ สงวนสัตย์. พื้นฐานเครื่องทำความเย็น. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2527.

พรพจน์ หันหาบุญ, เกษมสันติ์ จันทรปลัง และคณะ. Process Instrumentation : Theory & Practice Part I (Measurement). กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กันยายน 2538.

สมศักดิ์ กิรติวุฒิเศรษฐ์. หลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2537.

Aspen Technology. Aspen Plus Users Manual. Massachusetts. USA: AspenTech Ltd. Cambridge, 1993.

Bailey J.K., Hyrmak A.N.,Treiber S.S. and Hawkins R.B.. Nonlinear Optimization of a Hydrocracker Fractionation Plant. Computers Chemical Engineering. (1993): 123-138.

Biegler L.T., Grossmann E.I. and Westerberg A.W.. Systematic Methods of Chemical Process Design New Jersey: Prentice-Hall, 1997.

Crowe C.M., Compos Y.A. G. and Hrymak. A.. Reconciliation of Process Flow Rates by Matrix Projection. AICHE Journal. Vol.29 (1983): 881-888.

Crowe C.M., Reconciliation of Process Flow Rates by Matrix Projection Part II : The Nonlinear Case. AICHE Journal. (1986).

Dossat R.J.. Principles of Refrigeration. Texas: Prentice Hall, 1991.

EBARA Corporation Instruction. Manual for Propylene Refrigeration Compressor.

Edgar T.F. and Himmelblau D.M.. Optimization of Chemical Process. New York: McGraw-Hill, 1988.

Edward C. B.. Planning, Scheduling and Control Integration in the Process Industries. New York: McGraw-Hill, 1995.

Factora F.C., Gochenour G.B. and Kelly D.N. Modeling Ethylene Plants for Real-Time Optimization Applications. Lyondell Petrochemical Company: 557-569.

Fisher-rosemount: Rosemount measurement. Comparing Product Catalog. England: Fisher-rosemount (January 1997): Reference 70.

Flectcher R.. Practical Method of Optimization. 2nd ed. Chichester: John Wieley & sons,1996.

Glasscock D.A. and Hale J.C.. Process Simulation: The Art and Science of Modeling. Chemical Engineering. (1994).

Hutchison, J. W. ISA Handbook of Control Valves. Instrument Society of America,1971.

Liebman M.J., Edgar T.F. and Lasdon L. S.. Efficient Data Reconciliation and Estimation for Dynamic Processes Using Nonlinear Programming Techniques. Computer Chemical Engineering. Vol.16 (1992): 963-986.

Macchietto S., Stuart G., Perris T.A. and Dissinger G.R.. Monitoring and On-Line Optimization of Process Using SPEEDUP. Computer Chemical Engineering. (1989).

MacDonald R.J., Howat C.S.. Data Reconciliation and Parameter Estimation in Plant Performance Analysis. AICHE Journal. Vol. 34 (1988).

Mah S.H.. Design and Analysis of Process Performance Monitoring Systems. Chemical Process Control II. (1981): 525-540.

Naysmith M. R. and Douglas P. L. . Review of Real Time Optimization in the Chemical Process Industries, Canada: 1995.

Piccolo M., Douglas P. L. and Lee P. L.. Data Reconciliation Using Aspen Plus. Australia: 1996.

Picciotti M.. Optimize C2H4 Plant Refrigeration Hydrocarbon Processing. Rome:1979.

Pierucci S., Brandani P., Ranzi E., Sogaro A.. An Industrial Application of An On-Line Data Reconciliation and Optimization Problem. Computers Chemical Engineering. Vol. 20 (1996).

Rao S.S.. Engineering Optimization. 3rd ed.. Indiana: John Wiley & Sons, 1995.

Shannon, Robert E. Systems Simulations ;the art&science. Prentice Hall,New Jersey,1975.

Shewchuk C.F. and Morton W.. The Evolution of an On-Line Model-Based Optimization System. Pulp Paper Canada. (1994).

Stephenson G.R. and Shewchuk C.F.. Reconciliation of Process Data with Process Simulation. AICHE Journal. (1986).

Stone & Webster Engineering. Operating Manual for Olefins Plant Project.

Stone & Webster Engineering. Project Record Book for Thai Olefins Plant Project Map Ta Phut, Thailand.

Tjoa I.B. and Beigler L.T.. Simultaneous Strategies for Data Reconciliation and Gross Error Detection of Nonlinear Systems. Computer Chemical Engineering. (1991).

Vasantharajan S. and Biegler L.T.. Large-Scale Decomposition for Successive Quadratic Programming. Computers Chemical Engineering. (1988) : 1087-1101.

Yamatake Honeywell. Sizing of Control Valves. Japan: Yamatake Honeywell Ltd., 1987.

Yamatake Honeywell, Specification Handbook, Japan: Yamatake Honeywell Ltd..

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

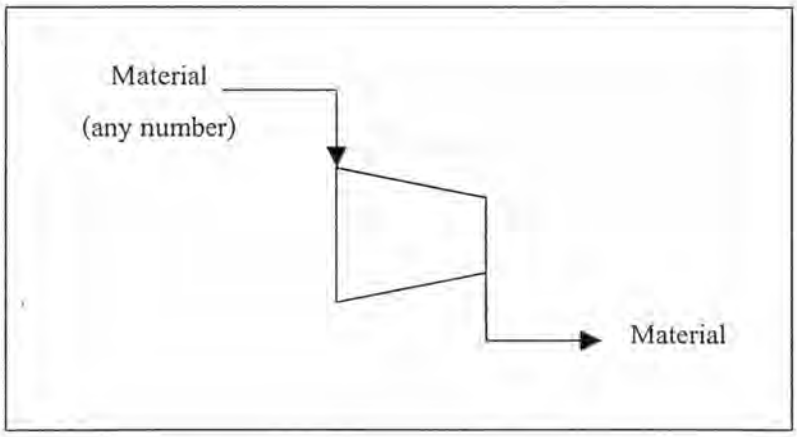
โปรแกรมแอสเพนพลัส

โปรแกรมแอสเพนพลัสเป็นซอฟแวร์ที่พัฒนาโดยสถาบัน M.I.T. (Massachusetts Institute of Technology) เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองกระบวนการและออปติไมซ์ ซอฟแวร์นี้ถูกออกแบบให้ผู้ชำนาญ (Expert) เกี่ยวกับระบบที่ไม่จำเป็นจะต้องรู้การเขียนโปรแกรมใช้

แอสเพนพลัสเป็นซิมูเลเตอร์แบบมอดูลาร์ (Sequential Modular, S.M.) ซึ่งการคำนวณของซิมูเลเตอร์แบบนี้ จะมีการแก้ปัญหาของแบบจำลองในระบบปฏิบัติการหน่วยทีละหน่วยตามลำดับ หรือเรียกอีกอย่างว่า ตัวเลียนแบบกระบวนการรูปแบบปิด (closed form) และถ้ากระบวนการมีสายรีไซเคิล (Recycle) การหาคำตอบจะมีการทำซ้ำ (Iterative) และใช้เทคนิควิธีการลู่เข้าหาคำตอบ (Convergence) ยกตัวอย่างเช่นวิธี Wegstein's Method เพื่อปรับให้เป็นไปตามดุลมวลและพลังงาน นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถเลือกใช้วิธีอื่นๆ อีกที่มีอยู่ในโปรแกรมแอสเพนพลัสได้แก่ Complex , Direct, Secant, Broyden และ Newton Method

ก.1 แบบจำลองหน่วยกระบวนการที่ใช้ในงานวิจัย

ก.1.1 แบบจำลองของคอมเพรสเซอร์ (COMPR)



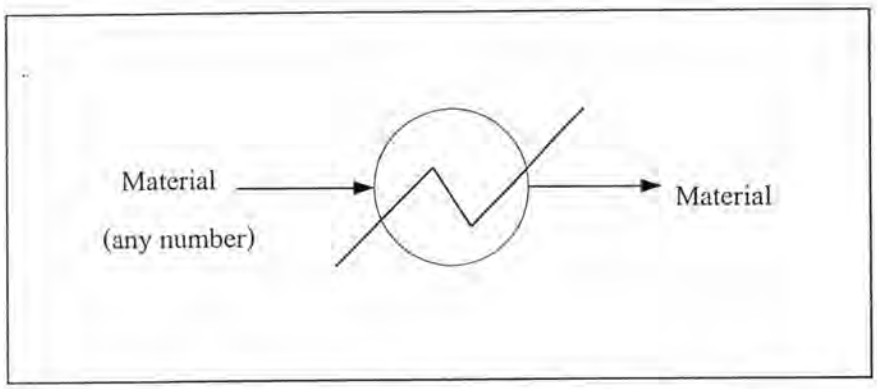
รูป ก.1 แบบจำลองคอมเพรสเซอร์

ทางเข้า สายกระบวนการของสารมีได้มากกว่า 1 สาย

ทางออก สายกระบวนการของสารมีได้เพียง 1 สายเท่านั้น

การคำนวณของแบบจำลองคอมเพรสเซอร์ ให้ผู้ใช้ระบุหรือกำหนดพารามิเตอร์อย่างหนึ่งเพื่อให้ได้ผลที่ต้องการอีกอย่างหนึ่ง อย่างเช่น ถ้าต้องการคำนวณความดันที่ทางออก ผู้ใช้ต้องกำหนดกำลังของคอมเพรสเซอร์ ในทางกลับกันถ้ากำหนดความดันที่ทางออกจะได้ผลการคำนวณกำลังของคอมเพรสเซอร์ อีกทั้งต้องกำหนดประเภทของแบบจำลองคอมเพรสเซอร์ด้วยซึ่งสามารถเลือกใช้ได้หลายแบบได้แก่ คอมเพรสเซอร์แบบโพลิทรอปิก คอมเพรสเซอร์แบบไอเซนทรอปิก และกังหันไอเซนโทรปิกเป็นต้น สำหรับกรณีที่ผู้ใช้ให้ความสำคัญกับคอมเพรสเซอร์มากๆ ควรเพิ่มสมรรถภาพของแบบจำลองโดยระบุข้อมูลที่มีรายละเอียดสูงได้แก่ เส้นโค้งลักษณะเฉพาะของความดันที่ปล่อย (หรือการเปลี่ยนความดัน หรือ อัตราส่วนความดัน) กับอัตราการไหลเชิงปริมาตรที่ความเร็วรอบต่างๆ และ/หรือ เส้นโค้งลักษณะเฉพาะของประสิทธิภาพกับอัตราการไหลเชิงปริมาตรที่ความเร็วรอบต่างๆ

ก.1.1.2 แบบจำลองเครื่องทำความร้อน/เครื่องทำความเย็น HEATER



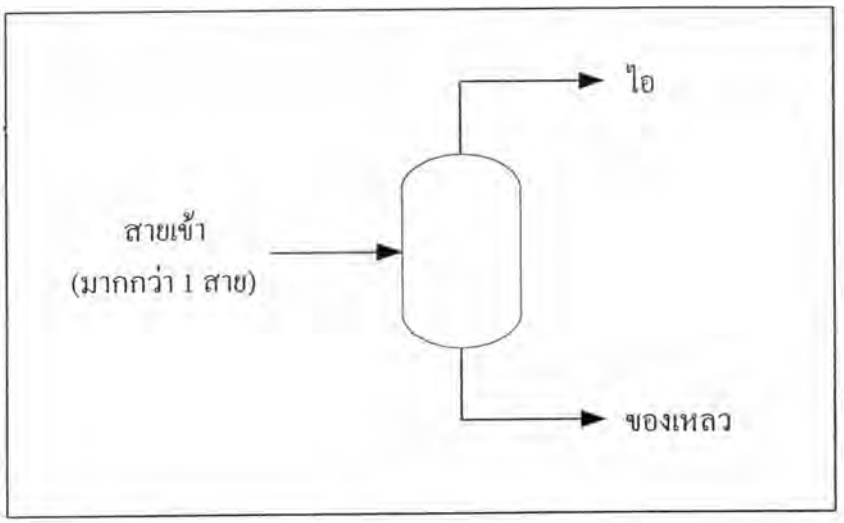
รูป ก.2 แบบจำลองเครื่องทำความร้อน/เครื่องทำความเย็น

ทางเข้า สายกระบวนการมีได้มากกว่า 1 สาย นอกจากนี้อาจมีสายความร้อนอีกกี่สายก็ได้

ทางออก สายกระบวนการมี 1 สายและ อาจมี 1 สายปล่อยน้ำ นอกจากนี้ถ้าสายเข้ามีสายความร้อน จะต้องมีสายความร้อนออกอีก 1 สาย

แบบจำลอง HEATER นี้เป็นได้ทั้งเครื่องทำความร้อนและ เครื่องทำความเย็น สำรับการกำหนดพารามิเตอร์ผู้ใช้สามารถเลือกได้ 2 ตัว ได้แก่ ความดัน อุณหภูมิ สัดส่วนของการเกิดไอ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ องศาของความร้อนยิ่งยวด องศาของความเย็นที่ลดลง และภาระ (Duty) ของเครื่องทำความร้อน หรือเครื่องทำความเย็น นอกจากนี้อาจกำหนดผลของสถานะได้ด้วย

ก1.1.3 แบบจำลองถังแฟลช FLASH2



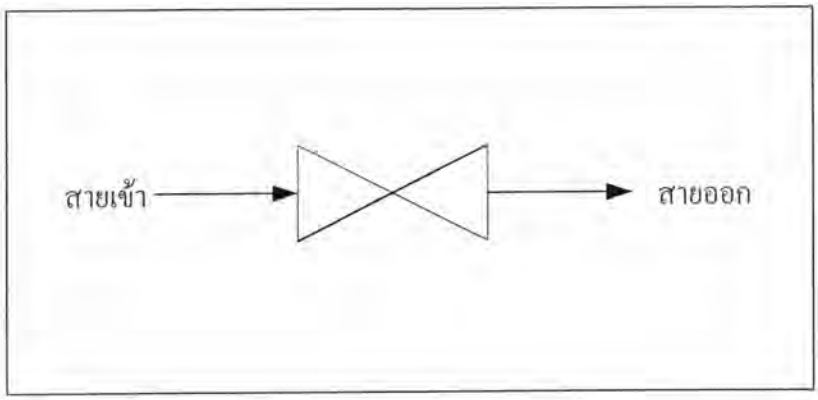
รูป ก.3 แบบจำลองถังแฟลช

ทางเข้า สายกระบวนการมีได้มากกว่า 1 สาย

ทางออก 1 สายกระบวนการของไอ สำหรับทางออกด้านบนและ 1 สายกระบวนการของของเหลว สำหรับออกก้นถัง นอกจากนี้อาจมีสายปล่อยน้ำ 1 สาย

ผู้ใช้สามารถเลือกกำหนดพารามิเตอร์ 2 ตัวได้แก่ อุณหภูมิ ความดัน สัดส่วนการเกิดไอ และภาระ (Duty) ของถังแฟลช แต่สำหรับการสร้างแบบจำลองระบบทำความเย็นด้วยโพรพิลีน ถังแฟลชนี้เปรียบเสมือนเป็นถังแยกไอออกจากของเหลว ดังนั้นจึงเลือกกำหนดให้ความดันตกคร่อมเป็น 0 และภาระของถังเท่ากับ 0 เนื่องจากภายในถังไม่มีการให้พลังงานหรือเปลี่ยนแปลงความดัน

ก1.1.4 แบบจำลองวาล์ว VALVE



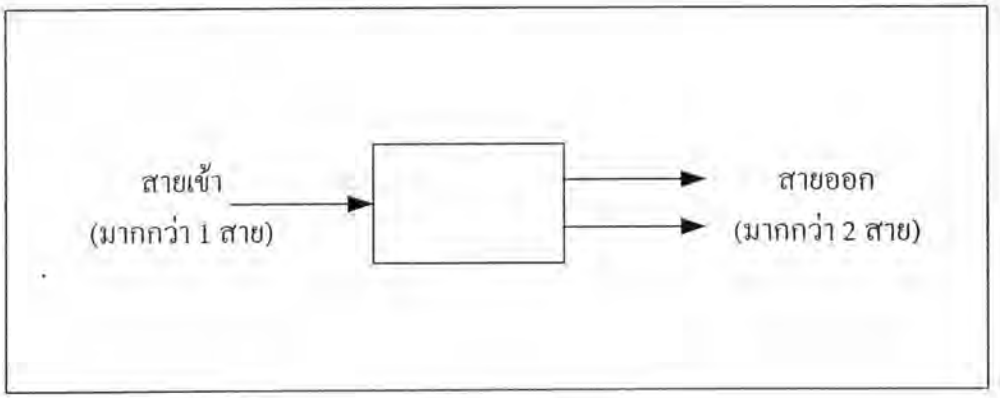
รูป ก.4 แบบจำลองวาล์ว

ทางออก สายกระบวนการของสารเพียง 1 สาย

ทางเข้า สายกระบวนการมี 1 สายเช่นกัน

การคำนวณของแบบจำลองวาล์วมี 2 แบบ แบบแรกเป็นการกำหนดค่าความดันที่ต้องการหรือความดันตกคร่อม เพื่อคำนวณเกี่ยวกับการไหลของวาล์ว ได้ผลของสายออกมีการเปลี่ยนแปลงสถานะ และแบบที่ 2 คือต้องการคำนวณความดันขาออกและความดันตกคร่อม แบบนี้จะต้องกำหนดสัมประสิทธิ์การไหลของวาล์ว

ก1.1.5 แบบจำลองอุปกรณ์แยกสาย FSPLIT



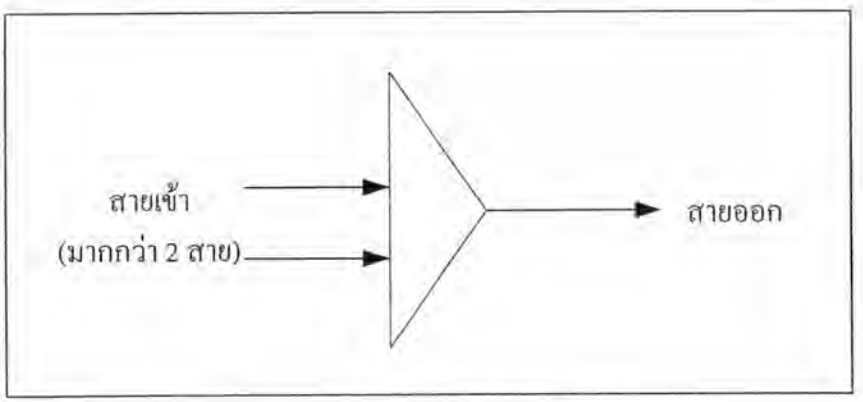
รูป ก.5 แบบจำลองอุปกรณ์แยกสาย

ทางเข้า สายของกระบวนการอาจมีได้มากกว่า 1 สายขึ้นไป

ทางออก สายของกระบวนการมีได้ไม่ต่ำกว่า 2 สาย

ประโยชน์ของแบบจำลองนี้คือ สามารถแบ่งการไหลออกเป็น 2 สายหรือมากกว่านั้น โดยเลือกกำหนดพารามิเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งได้แก่ สัดส่วนของการแยก อัตราการไหลโดยมวล อัตราการไหลโดยโมล และอัตราการไหลเชิงปริมาตร

ก1.1.6 แบบจำลองอุปกรณ์รวมสาย



รูป ก.6 แบบจำลองอุปกรณ์รวมสาย

ทางเข้า สายของกระบวนการต้องไม่ต่ำกว่า 2 สาย

ทางออก สายของกระบวนการ 1 สาย

ประโยชน์ของแบบจำลอง MIXER คือเพื่อรวมสายกระบวนการเข้าที่มีตั้งแต่ 2 สายขึ้นไปให้กลายเป็นสายออก 1 สาย นอกจากจะใช้กับสายของสารแล้วยังใช้กับสายของความร้อน และสายของงานได้อีกด้วย แต่สายที่แตกต่างกันคนละชนิดนี้ไม่สามารถรวมกันเป็นสายเดียวกันได้ สำหรับแบบจำลองนี้ไม่จำเป็นต้องกำหนดพารามิเตอร์แก่แบบจำลอง แต่ถ้าผู้ใช้ต้องการกำหนดความดัน สถานะ และอุณหภูมิการประมาณให้แก่แบบจำลองก็สามารถทำได้

ภาคผนวก ข

ลักษณะเฉพาะของวาล์ว

ข.1 สัมประสิทธิ์การไหลของวาล์ว (Flow Coefficient of Valve, C_V)

C_V เป็นตัวบ่งชี้ความจุการไหลของวาล์วควบคุมในหน่วย US แกลลอนต่อนาที (gallons/minute) ของน้ำที่ 60 °F เมื่อความดันแตกต่างระหว่างทางเข้า และทางออกของวาล์วเป็น 1 พีเอสไอ (psi)

ข.2 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การไหลของวาล์วสำหรับของเหลว

จากหลักการประหยัดพลังงาน Daniel Bernoulli ค้นพบว่าขณะที่ของไหลผ่านออริฟิส (Orifice) ความเร็วของของไหลยกกำลังสองจะแปรผันตรงกับความแตกต่างของความดันในออริฟิส และแปรผกผันกับความถ่วงจำเพาะของของไหล เพราะฉะนั้นการเปลี่ยนแปลงความดันที่มาก ทำให้ความเร็วในการไหลมีค่าสูง ความหนาแน่นที่มากทำให้การไหลมีค่าน้อย

เพราะฉะนั้นจากหลักการดังกล่าวจะได้สมการ

$$Q = C_V \sqrt{\Delta P / G} \qquad (ข.1)$$

โดย Q = ความจุในหน่วยแกลลอนต่อนาที (gal/min)

C_V = สัมประสิทธิ์การกำหนดขนาดวาล์วหาได้จากการทดลองสำหรับขนาด และรูปแบบของวาล์วแต่ละชนิด โดยใช้น้ำที่สภาวะมาตรฐานเป็นของไหลที่ใช้ทดสอบ

ΔP = การเปลี่ยนแปลงของความดันในหน่วยปอนด์ต่อตารางนิ้ว (lbs/in^2)

G = ความถ่วงจำเพาะของของไหล (น้ำที่ 60 °F = 1)

เพราะฉะนั้น C_V คือจำนวน U.S. แกลลอนของน้ำที่ 60 °F ที่ไหลผ่านวาล์วใน 1 นาที เมื่อความแตกต่างของความดันผ่านวาล์วเท่ากับหนึ่งปอนด์ต่อตารางนิ้ว

จากสมการ (1) สามารถคำนวณค่า C_V สำหรับวาล์วที่ควบคุมน้ำหรือของไหลที่มีพฤติกรรมคล้ายน้ำดังนี้

$$C_V = Q\sqrt{G/\Delta P} \qquad (ข.2)$$

หรือ $$C_V = 1.17Q\sqrt{G/\Delta P} \qquad (ข.3)$$

สำหรับ Q = ความจุในหน่วยลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (m^3/hr)

ΔP = การเปลี่ยนแปลงของความดันในหน่วยกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (kgf/cm^2)

ตัวอย่างการคำนวณ

จงคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การไหลของวาล์ว (C_V) เมื่อไฮโดรคาร์บอนเหลวที่ 100 °C ไหลผ่านด้วยอัตรา 800 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ความดันที่ทางเข้า และทางออกเป็น 10 และ 4 kgf/cm^2 ตามลำดับ (G = 0.82)

การคำนวณ จากสมการ ข.3 $C_V = 1.17Q\sqrt{G/\Delta P}$

$$= 1.17 * 0.8\sqrt{0.82/(10-4)}$$

$$= 0.346$$

ข.3 ลักษณะเฉพาะของวาล์ว (Characteristic of Valve)

สมการลักษณะเฉพาะของวาล์วเป็นความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การไหลกับการเปิดวาล์ว สมการลักษณะเฉพาะของวาล์วสามารถแบ่งได้เป็น 6 ชนิดดังนี้

(1) ลักษณะเชิงเส้น (Linear)

$$V = P$$

(2) ลักษณะเป็นพาราโบลา (Parabolic)

$$V = 0.01P^2$$

(3) ลักษณะรากแห่งกำลังสอง (Square Root)

$$V = 10P^{1/2}$$

(4) ลักษณะการเปิดอย่างรวดเร็ว (Quick Opening)

$$V = 10P/(1+9.9e\text{-}3\ P^2)^{1/2}$$

(5) ลักษณะเปอร์เซ็นต์ที่เท่ากัน (Equal Percentage)

$$V = 0.01P^2/(2\text{-}1e^{-8}\ P^4)^{1/2}$$

(6) ลักษณะเป็นไฮเปอร์โบลา (Hyperbolic)

$$V = 0.1P/(1\text{-}9.9e\text{-}5\ P^2)^{1/2}$$

ซึ่ง P = การเปิดวาล์วเท่ากับเปอร์เซ็นต์ของการเปิดวาล์วสูงสุด

V = สัมประสิทธิ์การไหลของวาล์วเท่ากับเปอร์เซ็นต์ของสัมประสิทธิ์การไหลของวาล์วที่การเปิดวาล์วสูงสุด (% Cv)

ข.4 การหาสัมประสิทธิ์การไหล และเปอร์เซนต์การเปิดวาล์ว

โรงงานได้มีการใช้วาล์วหลายแบบในระบบทำความเย็นด้วยโพรพิลีน ซึ่งวาล์วแต่ละตัวมีลักษณะที่แตกต่างกันคือ ชนิดและขนาดของวาล์ว ซึ่งขึ้นกับผู้ผลิตวาล์วกำหนด โดยวาล์วแต่ละตัวมีข้อมูลสำคัญๆ ได้แก่ ขนาด, แบบของวาล์ว และกราฟลักษณะเฉพาะ เป็นต้น การหาสัมประสิทธิ์การไหล และเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์ว สามารถหาจากคู่มือวาล์วแต่ละตัว ซึ่งประกอบด้วยตารางและกราฟความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การไหล และเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่ของก้านวาล์ว โดยตารางในคู่มือวาล์วมีรายละเอียดดังนี้ ขนาดของวาล์ว ขนาดของพอร์ท อัตราของค่า C_V (Rated C_V Value) และการเคลื่อนที่ของก้านวาล์ว แสดงดังรูป ข.1

<u>ตัวอย่างการหาเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์ว</u>

วาล์วที่ใช้ในระบบทำความเย็นด้วยโพรพิลีนของโรงงานไทยโอเลฟินส์ เป็นวาล์วที่ผลิตโดยบริษัทโยโกกาว่า (Yokokawa) ยกตัวอย่างวาล์ว FV4111 ชื่อแบบของวาล์วคือ HTS ซึ่งมีลักษณะเฉพาะแบบเปอร์เซ็นต์ที่เท่ากัน (Equal Percentage Characteristics) มีขนาดวาล์วเท่ากับ 2 นิ้ว และขนาดพอร์ทวาล์วเป็น $1^1/_2$ นิ้ว ถ้ามีผลการคำนวณค่า C_V = 12 สามารถหาเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วได้ดังนี้

(1) เปิดคู่มือวาล์วของแบบ HTS เริ่มจากการอ่านค่าจากตาราง ข.1 ด้วยข้อมูลขนาดวาล์วและขนาดพอร์ทวาล์ว จะได้อัตราของค่า C_V เท่ากับ 24 นั่นแสดงว่าค่า Cv สูงสุดที่การเปิดวาล์ว 100% มีค่าเท่ากับ 24

(2) นำผลค่า C_V ที่ได้จากการคำนวณ มาเทียบกับอัตราของค่า C_V

ดังนั้น $\%C_V = (C_V / C_V \text{ selected})*100 = (12/24)*100 = 50$

(3) จากเปอร์เซ็นต์การไหลของวาล์ว ($\%C_V$) ในข้อ (2) นำมาอ่านกราฟ ข.1 ได้เปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วเป็น 77 %

Nominal size (inch)	1½			2			2½			3			4			6		
Port size (inch)	1	1¼	1½	1¼	1½	2	1½	2	2½	2	2½	3	2½	3	4	4	5	6
Rated Cv value (%CF, LCF)	10	17	24	17	24	44	24	44	68	44	68	99	68	99	175	175	275	360
Rated travel (mm)	25						38									50		

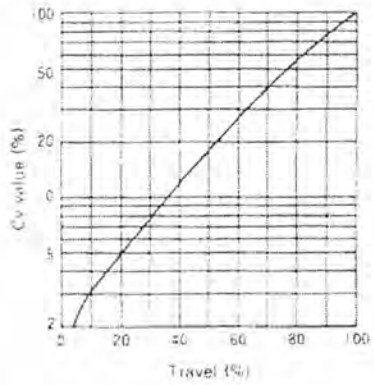


Figure 1-2-1. Equal percentage characteristics (%CF)

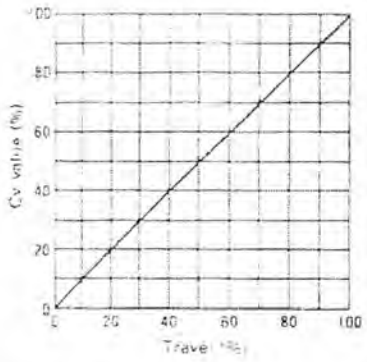


Figure 1-2-2. Linear characteristics (LCF)

รูป ข.1 ลักษณะเฉพาะของวาล์วแบบ HTS

ภาคผนวก ค

ค่าพิกัดของค่าผิดพลาด

คำนิยามมาตรฐานที่ใช้กันทั่วไป (ข้อมูลจากหนังสือโครงการเครื่องมือวัดอุตสาหกรรมของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2538)

ค.1 ความผิดพลาด (Error)

ผลต่างระหว่างค่าที่อ่านได้กับค่าจริงของค่าที่จะวัด ดังนั้นความผิดพลาดอาจเป็นไปได้ทั้งบวกและลบ ค่าความเบี่ยงเบนนี้เกิดมาจากความไม่แน่นอนในการหาค่าจริงอันเนื่องมาจากการวัด

ค.2 ความแน่นอน (accuracy)

คำนี้ใช้บอกความผิดพลาด (Error) สูงที่สุดที่เราจะได้จากการนำเครื่องวัดไปวัดค่าตัวแปร โดยปกติความแน่นอนมักจะถูกบ่งบอกด้วยความไม่แน่นอนซึ่งอาจจะปรากฏได้หลายรูปแบบ คือ

ค.2.1 ในรูปของตัวแปรที่เราวัด เช่นบอกว่าความแน่นอนเป็น $\pm 2^{\circ}$ C ในการวัดอุณหภูมิ หมายความว่าค่าที่แท้จริงจะอยู่ในช่วง $\pm 2^{\circ}$ C ของค่าที่อ่านได้

ค.2.2 ในรูปของเปอร์เซ็นต์ของสเกลเต็ม (Full Scale, FS) ของเครื่องวัด เช่น ความแน่นอน $\pm$ 0.5% FS ของมิเตอร์ที่วัดได้สูงสุด 5 โวลต์ จะหมายความว่า ความไม่แน่นอนของการวัดอยู่ในช่วง $\pm$ 0.025 โวลต์

ค.2.3 ในรูปของเปอร์เซ็นต์ของช่วงกว้าง (Span) ของเครื่องวัด ยกตัวอย่างเช่น เครื่องวัดความดันวัดได้แม่นยำ 3 % ของ span สำหรับช่วง 20-50 psi ดังนั้นความแน่นอนจะเป็น ($\pm$ 0.03) (50-20) = $\pm$ 0.9 psi

ค.2.4 ในรูปของเปอร์เซ็นต์ของค่าจริงที่อ่านได้ ดังนั้นถ้าบอกว่า $\pm$ 2 % ของค่าที่อ่านได้ของโวลต์มิเตอร์ เราจะหมายถึงความไม่แน่นอน $\pm$ 0.04 % โวลต์ เมื่อเราอ่านค่าได้ 2 โวลต์

ค.3 ตัวอย่างการคำนวณ

เครื่องส่งสัญญาณอุณหภูมิเครื่องหนึ่งมี Span 20 °C – 250 °C เราวัดค่าได้ 55 °C จงหาค่าความผิดพลาด (Error) ถ้าความแน่นอน (Accuracy) เป็น (ก) ± 0.5% FS (ข) ± 0.75 % of span และ (ค) ± 0.8% of reading ในแต่ละกรณีค่าอุณหภูมิที่แท้จริงจะเป็นเท่าไร

คำตอบ (ก) ความผิดพลาด (Error) = (± 0.005) (250 °C) = ± 1.25 °C

แสดงว่าอุณหภูมิที่แท้จริงอยู่ในช่วง 53.75 – 56.25 °C

(ข) ความผิดพลาด (Error) = (± 0.0075) (250 – 20) °C = ± 1.725 °C

แสดงว่าอุณหภูมิที่แท้จริงอยู่ในช่วง 53.275 – 56.725 °C

(ค) ความผิดพลาด (Error) = (± 0.008) (55 °C) = ± 0.44 °C

แสดงว่าอุณหภูมิที่แท้จริงอยู่ในช่วง 54.56 – 55.44 °C

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u> การหาค่าพิกัดของค่าผิดพลาด (สำหรับบทที่ 4 ในตาราง 4.3 และ 4.5)

ยกตัวอย่างเช่นการหาพิกัดของค่าผิดพลาดในการวัดอัตราการไหลของสาย 6500 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลมีช่วงกว้าง (Span) ของเครื่องวัด 0-550,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีความไม่แน่นอน (Accuracy) เป็น ± 0.1% of span (ข้อมูลของอุปกรณ์วัดจากโรงงาน)

ความผิดพลาด (Error) = (± 0.001) (0-550,000) = ± 550 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ดังนั้นความผิดพลาดของการวัดอยู่ในช่วง ± 550 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ถ้าข้อมูลวัดค่าได้ 354194.800 กิโลกรัมต่อชั่วโมงแสดงว่าอัตราการไหลที่แท้จริงจะอยู่ในช่วง 353644.8 – 354744.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

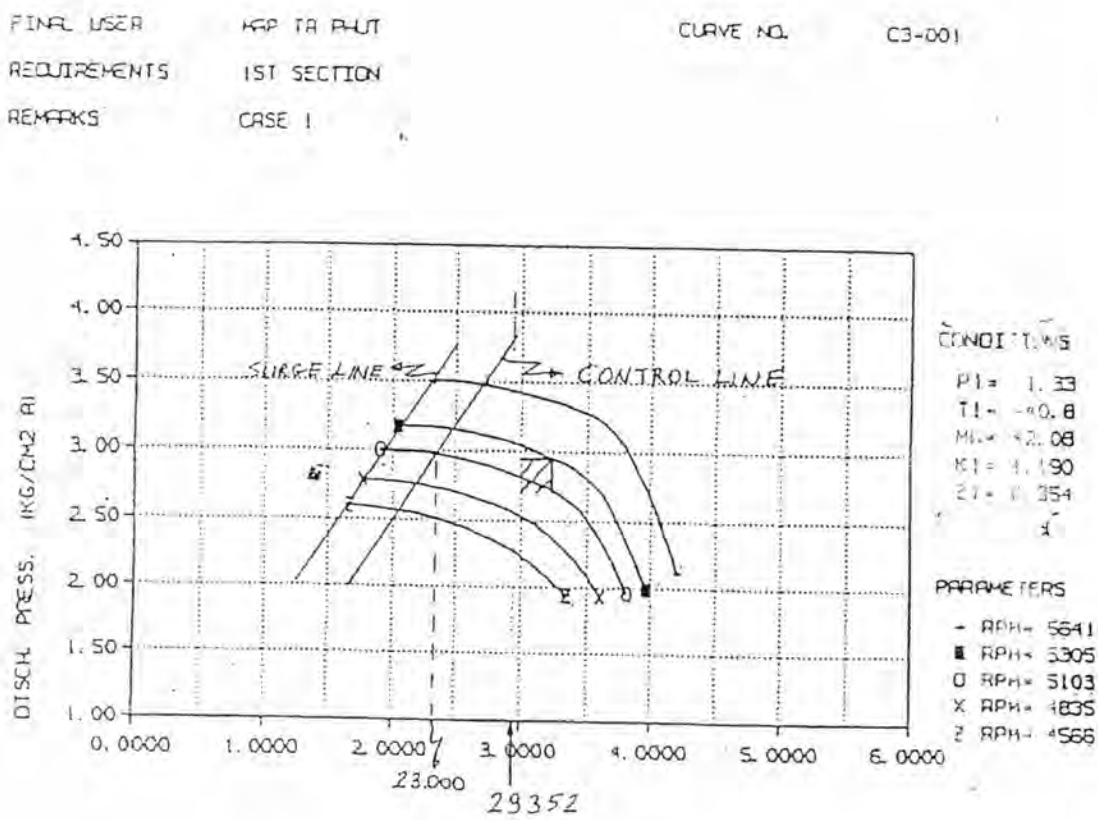
ส่วนการวัดอุณหภูมิของสายกระบวนการ (Stream) ต่างๆ ในระบบจริงใช้เทอร์โมคัปเปิลแบบ E ซึ่งมีพิกัดของค่าผิดพลาดเป็น ± 1.7 ° C (ข้อมูลจากหนังสือหลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม ของสมศักดิ์ กีรติวุฒิเศรษฐ์ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2537)

ภาคผนวก ง

เส้นโค้งลักษณะเฉพาะของคอมเพรสเซอร์ (Characteristic Curve)

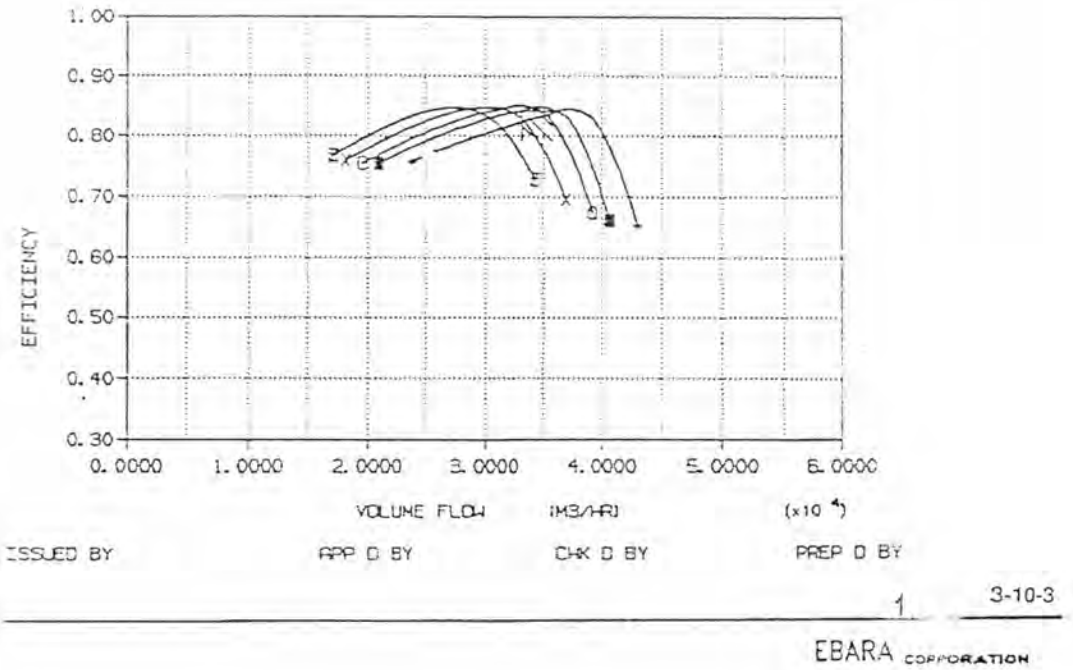
ง.1 เส้นโค้งลักษณะเฉพาะของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 1

ง.1.1 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความดันที่ปล่อยและอัตราการไหลเชิงปริมาตรของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 1



รูป ง.1 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความดันที่ปล่อยและอัตราการไหลเชิงปริมาตรของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 1

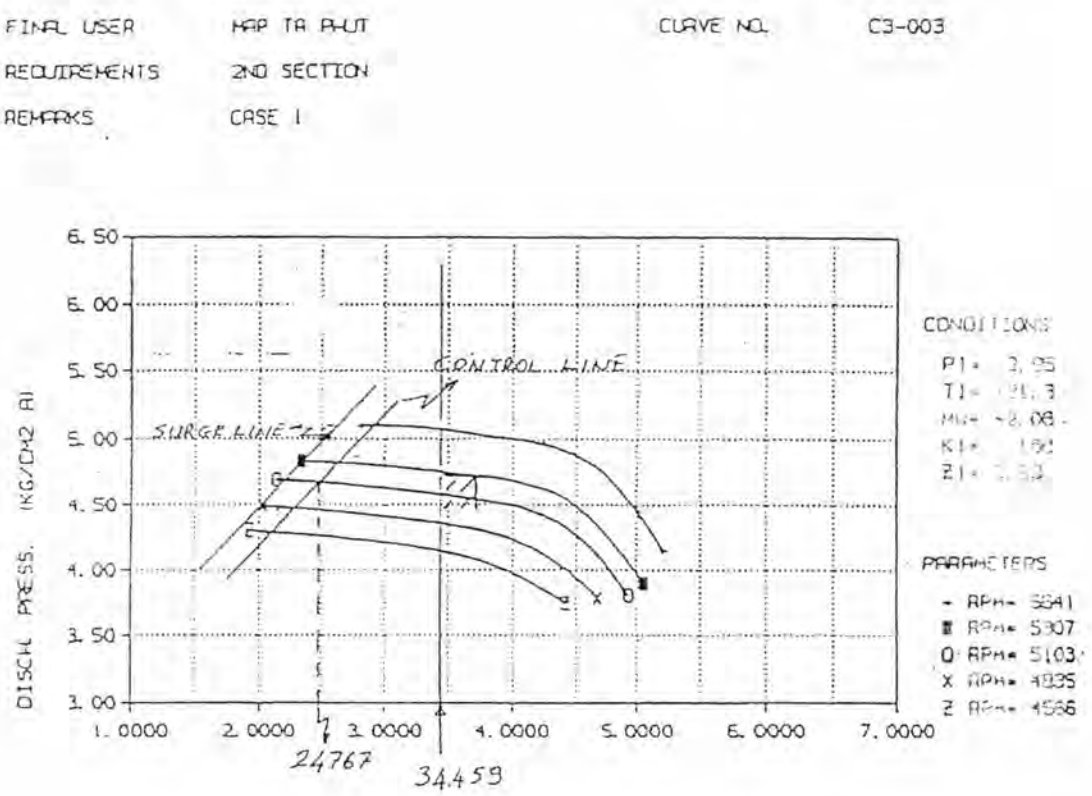
ง.1.2 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพโพลิทรอปิกและอัตราการไหลเชิงปริมาตรของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 1



รูป ง.2 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพโพลิทรอปิกและอัตราการไหลเชิงปริมาตรของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 1

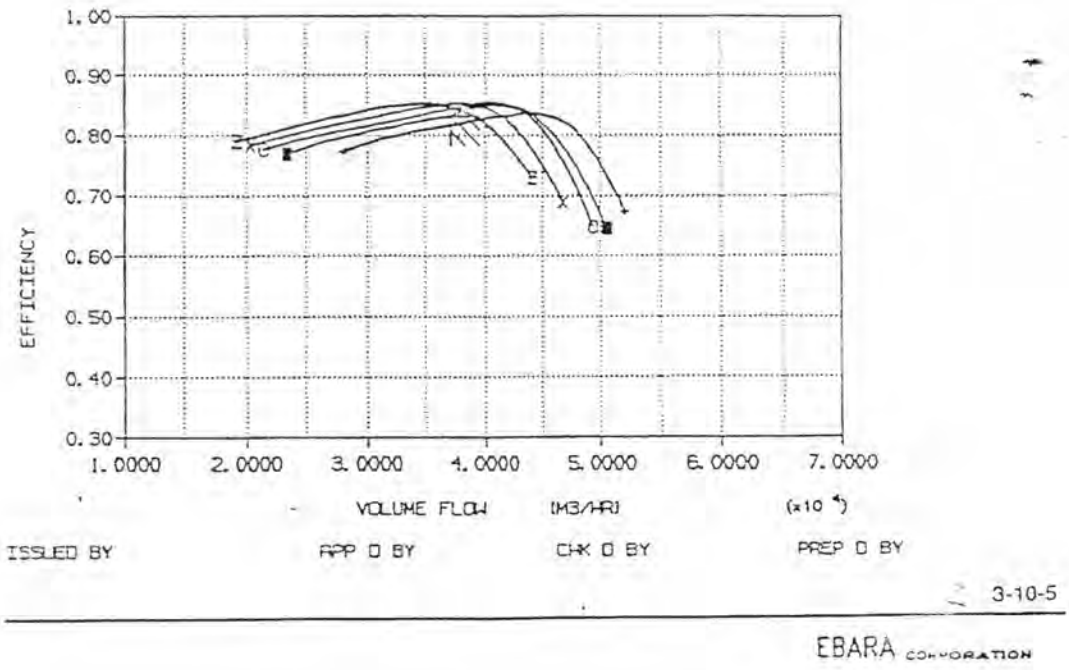
ง.2 เส้นโค้งลักษณะเฉพาะของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 2

ง.2.1 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความดันที่ปล่อยและอัตราการไหลเชิงปริมาตรของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 2



รูป ง.3 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความดันที่ปล่อยและอัตราการไหลเชิงปริมาตรของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 2

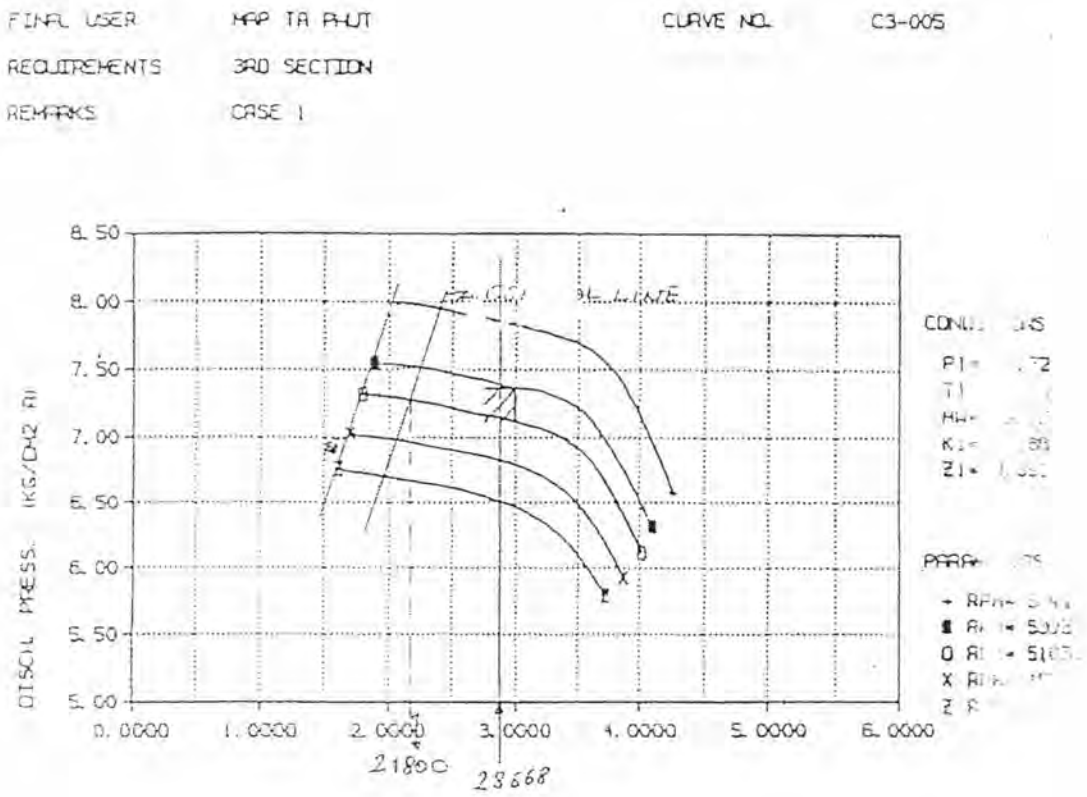
ง.2.2 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพโพลิทรอปิกและอัตราการไหลเชิงปริมาตรของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 2



รูป ง.4 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพโพลิทรอปิกและอัตราการไหลเชิงปริมาตรของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 2

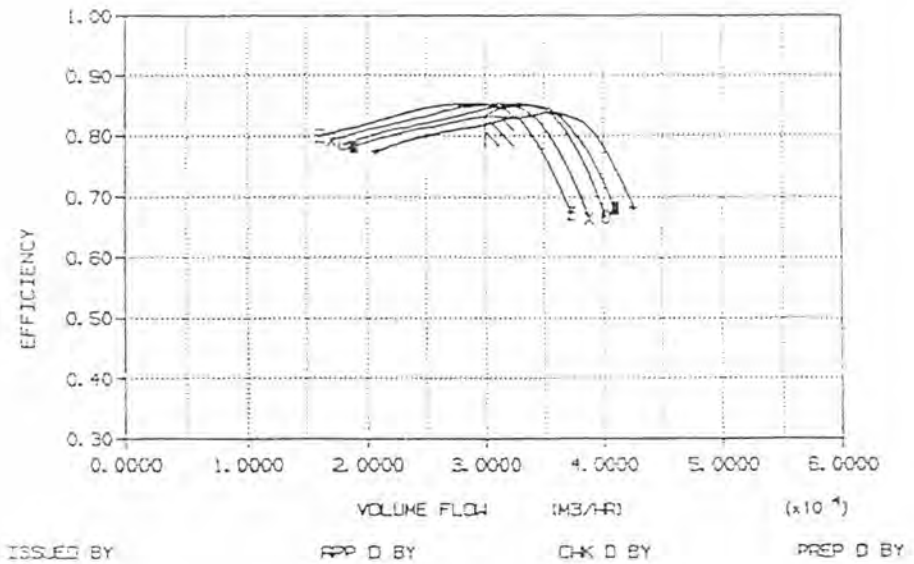
ง.3 เส้นโค้งลักษณะเฉพาะของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 3

ง.3.1 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความดันที่ปล่อยและอัตราการไหลเชิงปริมาตรของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 3



รูป ง.5 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความดันที่ปล่อยและอัตราการไหลเชิงปริมาตรของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 3

ง.3.2 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพโพลิทรอปิกและอัตราการไหลเชิงปริมาตรของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 3

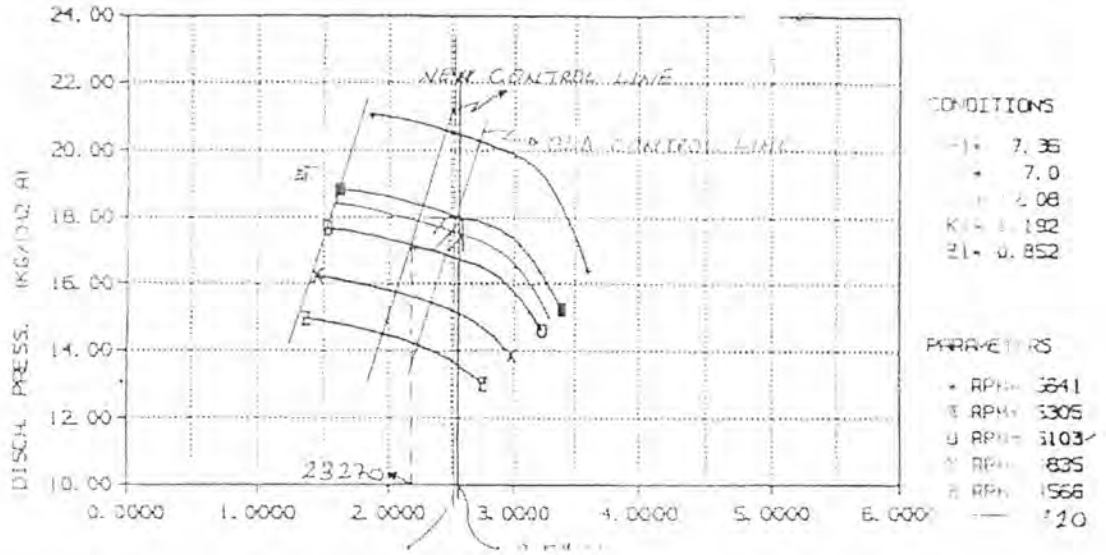


รูป ง.6 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพโพลิทรอปิกและอัตราการไหลเชิงปริมาตรของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 3

ง.4 เส้นโค้งลักษณะเฉพาะของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 4

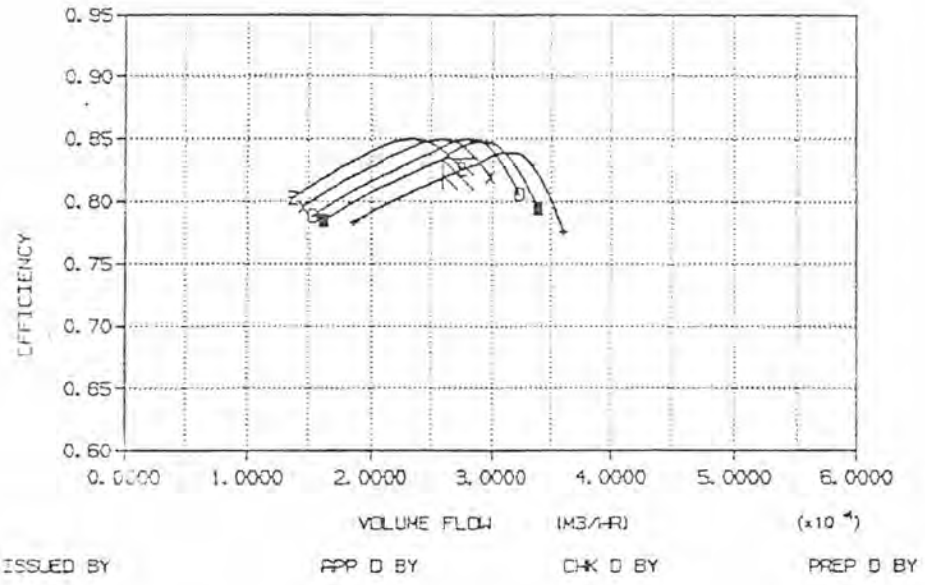
ง.4.1 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความดันที่ปล่อยและอัตราการไหลเชิงปริมาตรของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 4

CUSTOMER	THAI OLEFINS	MODEL	4649-6
FINAL USER	MFP TA PAUT	CURVE NO.	C3-007
REQUIREMENTS	4TH SECTION		
REMARKS	CASE 1		



รูป ง.7 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความดันที่ปล่อยและอัตราการไหลเชิงปริมาตรของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 4

ง.4.2 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพโพลิทรอปิกและอัตราการไหลเชิงปริมาตรของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 4



รูป ง.8 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพโพลิทรอปิกและอัตราการไหลเชิงปริมาตรของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 4

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวมณีรัตน์ กาวาฮารา เกิดที่จังหวัดตรัง สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เมื่อปี พ.ศ. 2539 และศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2540