

รายการอ้างอิง

- [1] M. V. Kothare, B. Mettler, M. Morari, P. Bendotti, and C. Falinower. Level Control in the Steam Generator of a Nuclear Power Plant. *IEEE Transaction on Control Systems Technology*. 8. 1. (2000): 55-69.
- [2] A. A. Jalali and V. Nadimi. A Survey on Robust Model Predictive Control from 1999-2006. in *International Conference on Computational Intelligence for Modelling Control and Automation, and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce (CIMCA-IAWTIC'06)*. (2006): 207-212.
- [3] S. J. Qin and T. A. Badgwell. A survey of industrial model predictive control technology. *Control Engineering Practice*. 11. (2003): 733-764.
- [4] J. Richalet, A. Rault, J. L. Testud, and J. Papon. Model predictive heuristic control: Applications to industrial processes. *Automatica*. 14. (1978): 413-428.
- [5] C. R. Cutler and B. L. Ramaker. Dynamic matrix control a computer control algorithm. in *AICHE national meeting*. (Houston, TX). April 1979.
- [6] D. Dougherty and D. Cooper. A practical multiple model adaptive strategy for multivariable model predictive control. *Control Engineering Practice*. 11. (2003): 649-664.
- [7] S. Skogestad and I. Postlethwaite. *Multivariable Feedback Control*. UK: John Wiley & Sons, Ltd.. 2005.
- [8] T. Söderström and P. Stoica. *System Identification*. UK: Prentice-Hall International, Inc.. 1989.
- [9] Z. Q. Wang, P. Lundstrom, and S. Skogestad. Representation of Uncertain Time Delays in The \mathcal{H}_∞ Frameworks. *Int. J. Control*. 59. 3. (1994): 627-638.
- [10] K. J. Åström and B. Wittenmark. *Computer Controlled Systems Theory and Design*. USA: Prentice-Hall International, Inc.. 1997.
- [11] E. F. Camacho and C. Bordons. *Model Predictive Control*. Great Britain: Springer. 2000.
- [12] J. M. Maciejowski. *Predictive Control with Constrain*. London: UK: Prentice Hall. 2002.
- [13] C. E. Garcia and A. M. Moshedi. Quadratic programming solution of dynamic matrix control (QDMC). *Chemical Engineering Communications*. 46. (1986): 73-87.

[14] R. Shridhar and D. J. Cooper. A Tuning Strategy for Unconstrained Multivariable Model Predictive Control. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 37. (1998): 4003-4016.

[15] <http://www.yokogawa.com/dcs/products/cs3000/system-overview/dcs-3k-0201en.htm>.

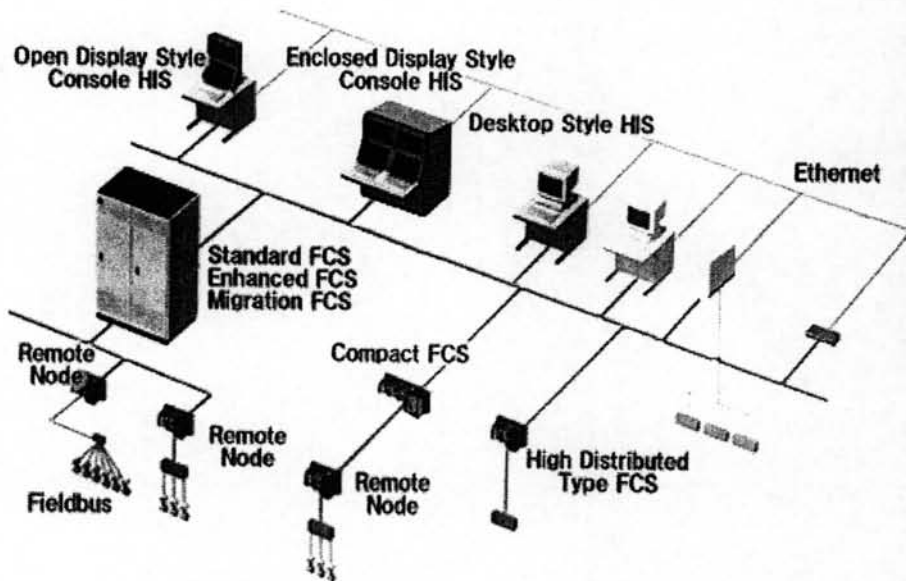
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

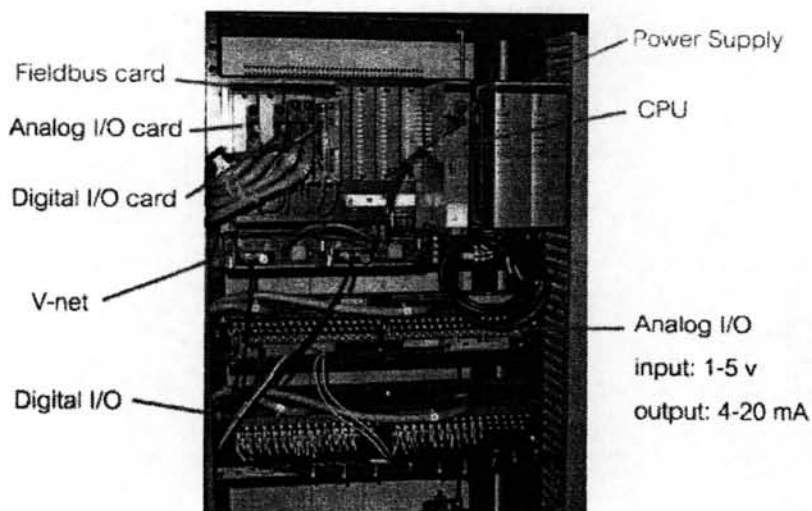
การควบคุมแบบกระจายตัว

การควบคุมแบบกระจายตัวนับได้ว่ามีบทบาทสำคัญสำหรับการควบคุมกระบวนการในอุตสาหกรรมสมัยใหม่ เนื่องจากข้อดีต่างๆเมื่อเปรียบเทียบกับ การควบคุมสมัยก่อนในลักษณะแบบจุดต่อจุด (point-to-point) อาทิ เช่น การทะนุบำรุงที่กระทำได้ง่ายขึ้น การมองภาพรวมของกระบวนการทั้งหมดได้ และยังสามารถลดค่าใช้จ่ายต่างๆ เช่น การเดินสายไฟ, การเดินสายข้อมูลต่างๆ ของอุปกรณ์ ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ ทำให้การควบคุมแบบกระจายตัวเป็นที่นิยมและถูกติดตั้งกับอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่างๆไม่ว่าจะเป็น โรงกลั่นน้ำมัน โรงผลิตไฟฟ้า อุตสาหกรรมปิโตรเคมี และเพื่ออธิบายเกี่ยวกับการควบคุมแบบกระจายตัว ในบทนี้เราอ้างอิงผลิตภัณฑ์จากบริษัท โยโกกาว่า (YOKOGAWA) เป็นหลักซึ่งเป็นชนิดเดียวกับระบบควบคุมแบบกระจายตัวในห้องปฏิบัติการวิจัยระบบควบคุม และแสดงดังรูปที่ ก.1 [15] ส่วนประกอบหลักของการควบคุมแบบกระจายตัวประกอบด้วยสี่ส่วนได้แก่

1. สถานีควบคุมเขตข้อมูล (Field Control Station: FCS)
2. สถานีเชื่อมต่อส่วนบุคคล (Human Interface Station: HIS)
3. Ethernet
4. V-net



รูปที่ ก.1: การควบคุมแบบกระจายตัว



รูปที่ ก.2: สถานีควบคุมเขตข้อมูลของห้องปฏิบัติการวิจัยระบบควบคุม

ก.1 ส่วนประการของการควบคุมแบบกระจายตัว

ก.1.1 สถานีควบคุมเขตข้อมูล

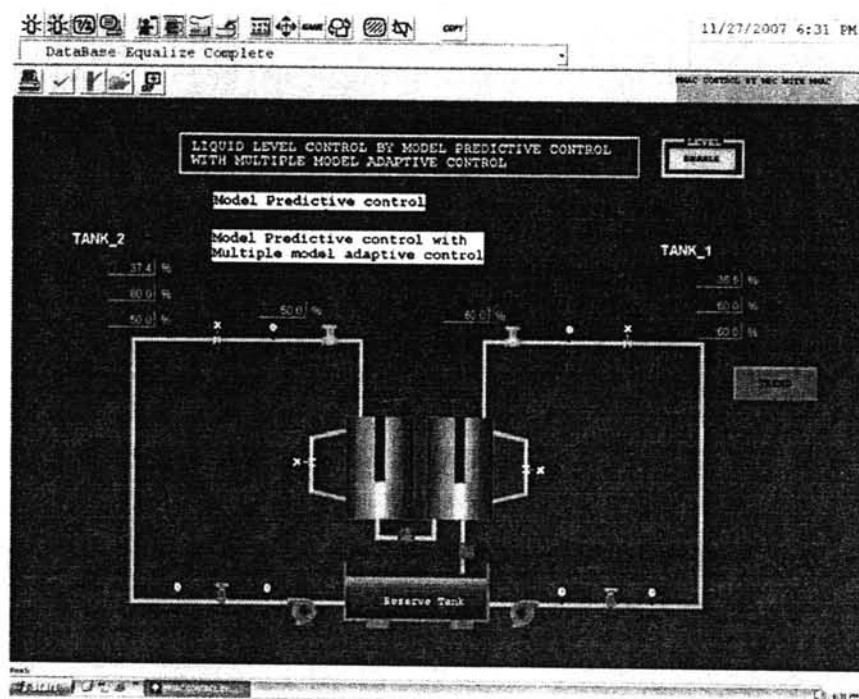
หน้าที่หลักของสถานีควบคุมเขตข้อมูลคือเป็นส่วนประมวลผลสัญญาณควบคุมและสัญญาณข้อมูลต่าง ๆ จากตัวอุปกรณ์ตรวจวัดไปยังสถานีเชื่อมต่อส่วนบุคคล นอกจากนี้ยังมีหน้าที่เก็บข้อมูลที่สำคัญ (data logging) เกี่ยวกับกระบวนการต่าง ๆ ที่ถูกควบคุม ชนิดของสถานีควบคุมเขตข้อมูลสามารถแบ่งได้สามประเภทคือ Standard FCS, Enhanced FCS, Migration FCS, Compact FCS และ High Distributed Type FCS สำหรับสถานีควบคุมเขตข้อมูลที่ถูกทำการทดสอบในงานวิจัยนี้คือประเภท Standard FCS ดังรูปที่ ก.2 แสดงสถานีควบคุมเขตข้อมูลของห้องปฏิบัติการวิจัยระบบควบคุม ซึ่งภายในประกอบไปด้วยการ์ดเชื่อมต่อ fieldbus (fieldbus card), การ์ดเชื่อมต่อสัญญาณแอนะล็อก (analog I/O card), การ์ดเชื่อมต่อสัญญาณดิจิทัล (digital I/O card), สายเชื่อมต่อไปสถานีเชื่อมต่อส่วนบุคคล (V-net), จุดเชื่อมต่อแบบสัญญาณดิจิทัล, จุดเชื่อมต่อแบบสัญญาณแอนะล็อก, หน่วยประมวลผล (CPU) และ ส่วนจ่ายกระแสไฟฟ้า

ก.1.2 สถานีเชื่อมต่อส่วนบุคคล

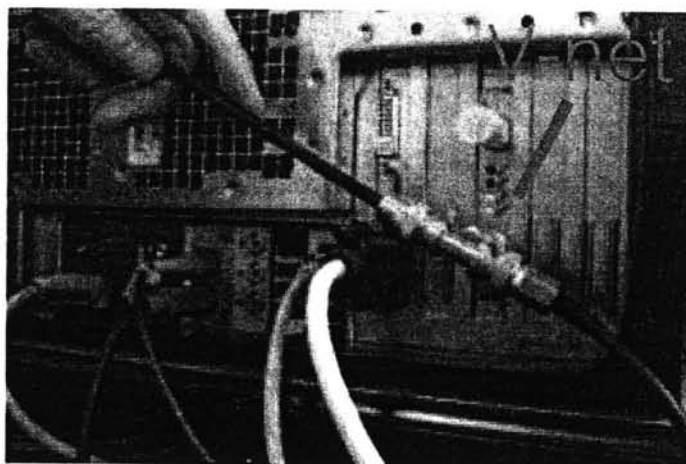
หน้าที่สำคัญของส่วนนี้มีไว้เพื่อให้ผู้ใช้ (user) ทำการควบคุม และเฝ้าดูผลตอบสนองของกระบวนการต่าง ๆ ทั้งนี้ยังสามารถปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ (parameters tuning) และปรับตั้งค่าเริ่มต้น (trim) ก่อนใช้งานได้สะดวกผ่านทางสถานีเชื่อมต่อส่วนบุคคลโดยไม่ต้องไปปฏิบัติที่กระบวนการจริง สถานีเชื่อมต่อส่วนบุคคลสามารถแบ่งได้อีกสามประเภทคือ Enclosed Display Style Console HIS, Open Display Style Console HIS และ Desktop Style HIS หรือ แบบคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล สำหรับสถานีควบคุมเขตข้อมูลที่ถูกทำการทดสอบในงานวิจัยนี้คือ ประเภท Desktop Style HIS จำนวนสองสถานี โดยสถานีแรกนั้นทำหน้าที่สำหรับเฝ้าดูผลตอบสนองของกระบวนการ และปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ ส่วนสถานีที่สองทำหน้าที่ปรับตั้ง



รูปที่ ก.3: สถานีเชื่อมต่อส่วนบุคคลทั้งสองของห้องปฏิบัติการวิจัยระบบควบคุม



รูปที่ ก.4: สถานีเชื่อมต่อส่วนบุคคลของห้องปฏิบัติการวิจัยระบบควบคุม



รูปที่ ก.5: สายเชื่อมต่อข้อมูล V-net

ค่าเริ่มต้น ดังรูปที่ ก.3 โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ทางขวาคือสถานีเชื่อมต่อส่วนบุคคลที่หนึ่ง และทางซ้ายคือสถานีเชื่อมต่อส่วนบุคคลที่สอง ส่วนรูปที่ ก.4 แสดงหน้าจอหลักสำหรับปรับตั้งพารามิเตอร์ และเฝ้าดูผลตอบของกระบวนการควบคุมระดับของเหลวที่ถูกสร้างด้วยโปรแกรม Centum CS3000 R3

ก.1.3 Ethernet

ส่วนนี้เป็นชื่อโปรโตคอลที่ใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างสถานีเชื่อมต่อส่วนบุคคลและสถานีเชื่อมต่อส่วนบุคคลโดยความเร็วในการติดต่อสื่อสารอยู่ที่ 10/100 Mbps หรือ 1 Gbps โดยขึ้นอยู่กับชนิดของสายเชื่อมต่อและการ์ดที่ใช้เชื่อมต่อ สำหรับการปรับตั้งค่า IP address ของตัวอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อด้วย Ethernet จำเป็นต้องเริ่มต้นด้วย 172.17.(โดเมน).(สถานี) เมื่อโดเมนมีค่า 1 ถึง 16 และสถานีมีค่า 1 ถึง 64 ซึ่งสถานีเชื่อมต่อส่วนบุคคลเริ่มตั้งค่า IP address ที่สถานี 64 และนับลดลงเรื่อยๆ เช่น สถานีเชื่อมต่อส่วนบุคคลที่หนึ่ง และสองของห้องปฏิบัติการวิจัยระบบควบคุม มี IP address คือ 172.17.1.64 และ 172.17.1.63 ตามลำดับ

ก.1.4 V-net

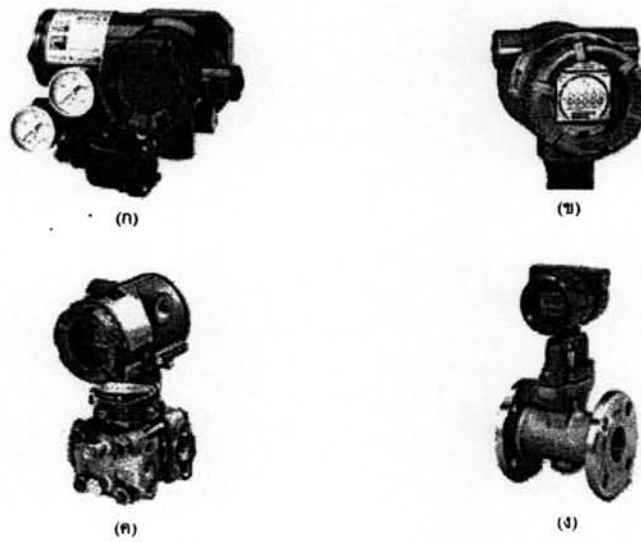
ส่วนนี้เป็นชื่อโปรโตคอลที่ใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างสถานีควบคุมเขตข้อมูล และสถานีเชื่อมต่อส่วนบุคคล โดยความเร็วในการติดต่อสื่อสารอยู่ที่ 10 Mbps ส่วนระยะในการเชื่อมต่อนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของสายซึ่งมีสองชนิดคือ 10Base5 และ 10Base2 โดยสามารถเชื่อมได้ไม่เกิน 500 เมตร และ 185 เมตรตามลำดับ สำหรับการปรับตั้งค่า IP address ของตัวอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อด้วย V-net มีลักษณะคล้ายกับ Ethernet แต่เริ่มต้นด้วย 172.16.(โดเมน).(สถานี) เมื่อโดเมนมีค่า 1 ถึง 16 และสถานีมีค่า 1 ถึง 64 ซึ่งสถานีควบคุมเขตข้อมูลจะเริ่มตั้งค่า IP address ที่สถานี 1 และนับเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยตรงข้ามกรณีสถานีเชื่อมต่อส่วนบุคคลที่จะเริ่มตั้งค่า IP address ที่สถานี 64 และนับลดลงเรื่อยๆ เช่น สถานีเชื่อมต่อส่วนบุคคลที่หนึ่ง และสองของห้องปฏิบัติการวิจัยระบบควบคุม มี IP address คือ 172.16.1.64 และ 172.16.1.63 ตามลำดับ

ก.2 อุปกรณ์ fieldbus

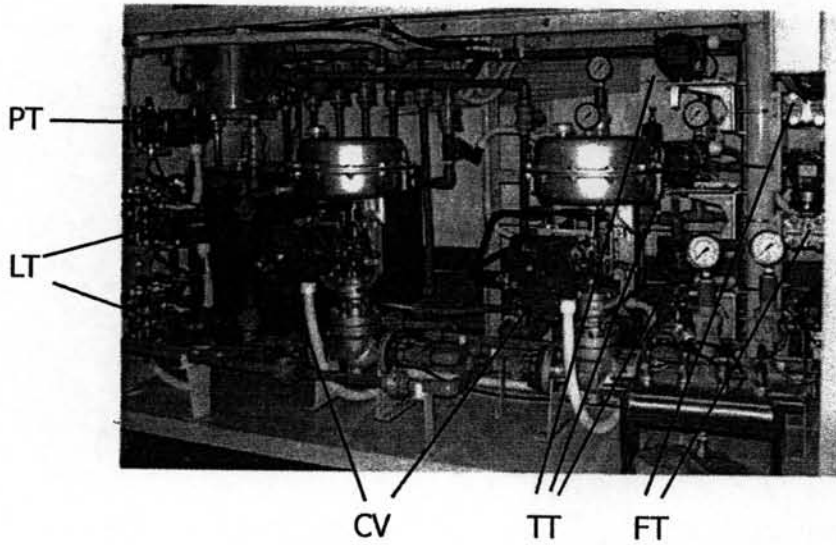
อุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับระบบควบคุมแบบกระจายตัวนั้นมีชื่อว่าอุปกรณ์ fieldbus ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวแบ่งเป็นอุปกรณ์ส่วนควบคุม และอุปกรณ์ตรวจวัด ดังรูปที่ ก.6 อุปกรณ์เหล่านี้จะถูกเชื่อมเข้ากับสถานีควบคุมเขตข้อมูล โดยอุปกรณ์ fieldbus มีข้อดีกว่าอุปกรณ์แบบดั้งเดิม เช่น อุปกรณ์สามารถปรับตั้งค่าเริ่มต้น และสามารถตรวจสอบสถานะความพร้อมต่างๆ ได้โดยผ่านสถานีเชื่อมต่อส่วนบุคคล ขณะเดียวกันการที่อุปกรณ์อาศัยการส่งผ่านข้อมูลแบบดิจิทัล ทำให้ความผิดพลาดของสัญญาณควบคุม และข้อมูลต่างๆ ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์แบบดั้งเดิมที่ใช้การส่งสัญญาณแบบแอนะล็อก

นอกจากนี้ในตัวอุปกรณ์ fieldbus เองยังมีตัวควบคุมอยู่ภายในตัวเองทำให้หากเกิดข้อผิดพลาดขึ้น เช่น สายเชื่อมต่อข้อมูลเกิดปัญหาเป็นสาเหตุให้ขาดการติดต่อกับอุปกรณ์ อุปกรณ์สามารถจดจำค่าพารามิเตอร์และทำการควบคุมตัวอุปกรณ์เองได้

สำหรับอุปกรณ์การควบคุมแบบกระจายตัวของห้องปฏิบัติการวิจัยระบบควบคุม แสดงดังรูปที่ ก.7 เมื่อ PT คือ อุปกรณ์ตรวจวัดความดัน, LT คือ อุปกรณ์ตรวจวัดระดับของเหลว, CV คือ อุปกรณ์ตัวควบคุมวาล์ว, TT คือ อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ และ FT คือ อุปกรณ์ตรวจวัดอัตราการไหล



รูปที่ ก.6: อุปกรณ์ fieldbus ชนิดต่างๆ (ก), (ข), (ค) และ(ง) คือ อุปกรณ์ตัวควบคุมวาล์ว, อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ, อุปกรณ์ตรวจวัดความดัน และอุปกรณ์ตรวจวัดอัตราการไหลตามลำดับ



รูปที่ ก.7: อุปกรณ์ fieldbus ของกระบวนการรวม

ภาคผนวก ข

การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ในระบบควบคุมแบบกระจายตัว

ปัญหาได้เกิดขึ้นเนื่องจากโปรแกรมของตัวควบคุมเชิงทำนายแบบจำลองพร้อมตัวควบคุมแบบปรับตัวชนิดหลายแบบจำลองมีความซับซ้อนของโปรแกรมมากกว่าตัวควบคุมเชิงทำนายแบบจำลองปกติ ทำให้ตัวควบคุมต้องอาศัยพื้นที่ของหน่วยความจำบนสถานีควบคุมเขตข้อมูลมากกว่าเดิม ซึ่งจากกลยุทธ์การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ในตารางที่ 3.2 ทำให้โปรแกรมมีขนาดใหญ่เกินหน่วยความจำของสถานีควบคุมเขตข้อมูล ดังนั้นเราจึงได้คำนวณการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ใหม่ดังนี้

จากการสร้างโปรแกรมด้วยค่าพารามิเตอร์ในตารางที่ 3.2 ทำให้เราทราบว่า P ที่ได้จากการปรับตั้งมีขนาดใหญ่เกินไปกับพื้นที่หน่วยความจำ และค่าที่หน่วยความจำของสถานีควบคุมเขตข้อมูลสามารถรองรับได้อยู่ที่ประมาณ $P = 60$ และ $N = 40$ โดยจากสมการที่ 3.19 ค่าผลตอบอิสระถูกคำนวณได้จาก ค่าสัมประสิทธิ์ $g(1)$ ถึง $g(P + N)$ นั่นคือ เราสามารถคำนวณให้ช่วงการทำนายทั้งหมด ($P + N = 100$) ครอบคลุมพฤติกรรมทั้งหมดของกระบวนการ ได้โดยดัดแปลงการคำนวณสมการที่ 3.33

$$T_{rs} = \frac{5\tau_{rs}}{100} \quad (\text{ข.1})$$

โดยที่ T_{rs} เป็นค่าเวลาชักสุมที่เหมาะสมในการแปลงแบบจำลองย่อยที่สัญญาณเข้า s และสัญญาณออก r จากระบบเวลาต่อเนื่องไปยังระบบกนทนะ ซึ่งแสดงค่าพารามิเตอร์ T_{rs} ได้ดังตาราง ข.1 และแบบจำลองแสดงได้ดังต่อไปนี้

จุดทำงานที่ระดับต่ำ

$$\begin{bmatrix} \delta LV_1 \\ \delta LV_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{0.0516z^2 + 0.1338z + 0.0044}{z^3 - 0.9275z^2 - 0.0223z - 0.0003} & \frac{0.0821z^2 + 0.18z + 0.0044}{z^3 - 0.9301z^2 - 0.0199z - 0.0002} \\ \frac{0.1427z^2 + 0.0475z}{z^3 - 0.9512z^2} & \frac{0.1711z^2 + 0.1468z}{z^3 - 0.9486z^2 - 0.0025z} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta MV_1 \\ \delta MV_2 \end{bmatrix} \quad (\text{ข.2})$$

ตารางที่ ข.1: ค่าพารามิเตอร์ T_{rs} ที่ใช้ในการคำนวณแบบจำลองจากระบบเวลาต่อเนื่องไปยังระบบกนทนะ

จุดทำงาน	T_{rs} (sec)			
	$r = 1, s = 1$	$r = 1, s = 2$	$r = 2, s = 1$	$r = 2, s = 2$
ระดับต่ำ	19.1	21.65	23.6	21.5
ระดับกลาง	22.6	20.8	23.6	22.15
ระดับสูง	32.55	28.4	26	26.4

จุดทำงานที่ระดับกลาง

$$\begin{bmatrix} \delta LV_1 \\ \delta LV_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{0.1086z^2 + 0.0475z}{z^3 - 0.9513z^2 + 0.0001z} & \frac{-0.021z^2 + 0.1428z + 0.0599}{z^3 - 1.0737z^2 + 0.1367z - 0.0193} \\ \frac{-0.0102z^2 + 0.1191z + 0.0345}{z^3 - 1.0145z^2 + 0.0722z - 0.0114} & \frac{0.1967z^2 + 0.0423z}{z^3 - 0.9512z^2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta MV_1 \\ \delta MV_2 \end{bmatrix} \quad (\text{ข.3})$$

จุดทำงานที่ระดับสูง

$$\begin{bmatrix} \delta LV_1 \\ \delta LV_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{0.1232z^2 + 0.0329z}{z^3 - 0.9512z^2} & \frac{0.1009z^2 + 0.2319z + 0.0062}{z^3 - 0.9293z^2 - 0.0207z - 0.0002} \\ \frac{0.0197z^2 + 0.1267z + 0.011}{z^3 - 0.9279z^2 - 0.0207z - 0.0014} & \frac{0.288z^2 + 0.0826z}{z^3 - 0.9512z^2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta MV_1 \\ \delta MV_2 \end{bmatrix} \quad (\text{ข.4})$$

ส่วนของขอบเขตการควบคุม M สามารถคำนวณจากสมการที่ 3.35 ได้ $M = 15$ และค่าถ่วงน้ำหนักความผิดพลาด λ^2 สามารถคำนวณได้จากสมการที่ ข.5

$$\lambda_s^2 = \frac{M}{C_s} \sum_{r=1}^R \left[\gamma_r^2 K_{rs}^2 \left\{ P - k_{rs} - \frac{3}{2} \frac{\tau_{rs}}{T} + 2 - \frac{(M-1)}{2} \right\} \right] \quad (\text{ข.5})$$

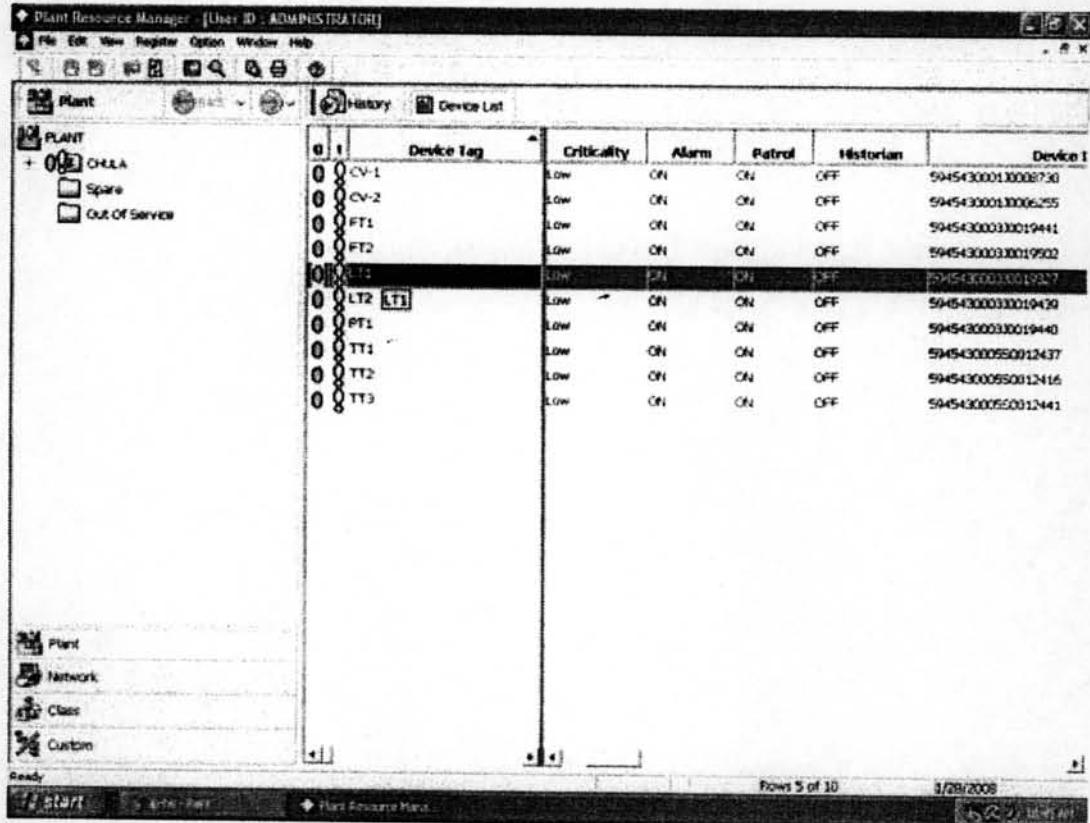
ในที่นี้เราเลือกค่า $C_s = 10,000$ โดยได้ผลลัพธ์ค่าพารามิเตอร์แสดงดังตาราง 4.2

ภาคผนวก ค

การปรับตั้งค่าความแม่นยำสำหรับระบบควบคุมแบบกระจายตัว

สำหรับบทนี้เรากล่าวถึงการการปรับตั้งค่าความแม่นยำ (trim) สำหรับอุปกรณ์ในระบบควบคุมแบบกระจายตัว เนื่องจากตัวอุปกรณ์ตรวจวัดอาจอ่านค่าการทดลองผิดพลาดเมื่ออุปกรณ์ถูกใช้มาเป็นเวลานาน โดยการปรับตั้งค่านี้กระทำได้ผ่านทางโปรแกรม Plant Resource Manager (PRM) ซึ่งหลังจากเรียกโปรแกรมขึ้นมา หน้าต่างหลักของโปรแกรมแสดงดังรูปที่ ค.1

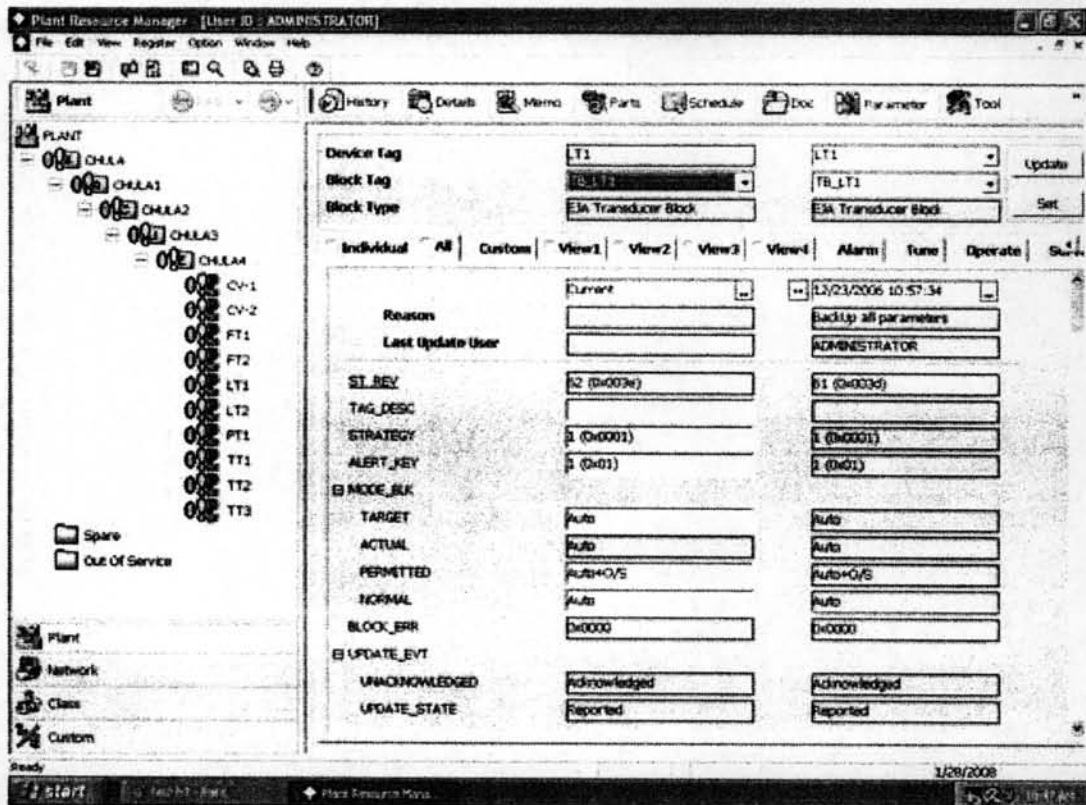
การปรับตั้งค่าความแม่นยำในบทนี้เรากล่าวถึงเฉพาะอุปกรณ์ตรวจวัดระดับของเหลวในถังที่หนึ่งและสองเท่านั้น ซึ่งจากรูปที่ ค.1 เราปรับตั้งที่อุปกรณ์ในถังแรกโดยดับเบิลคลิกที่ LT1 จากนั้นเลือก tab parameter ดังในรูปที่ ค.2 เราจะตั้งค่าระดับสองครั้งคือที่ระดับ 0 ซม. (zero trim) และ 100 ซม. (span trim)



The screenshot shows the Plant Resource Manager (PRM) software interface. The main window displays a table of device tags with columns for Device Tag, Criticality, Alarm, Patrol, Historian, and Device ID. The table is filtered to show only Level Transmitters (LT). The device tag LT1 is selected, and its parameters are visible in the bottom right corner of the interface.

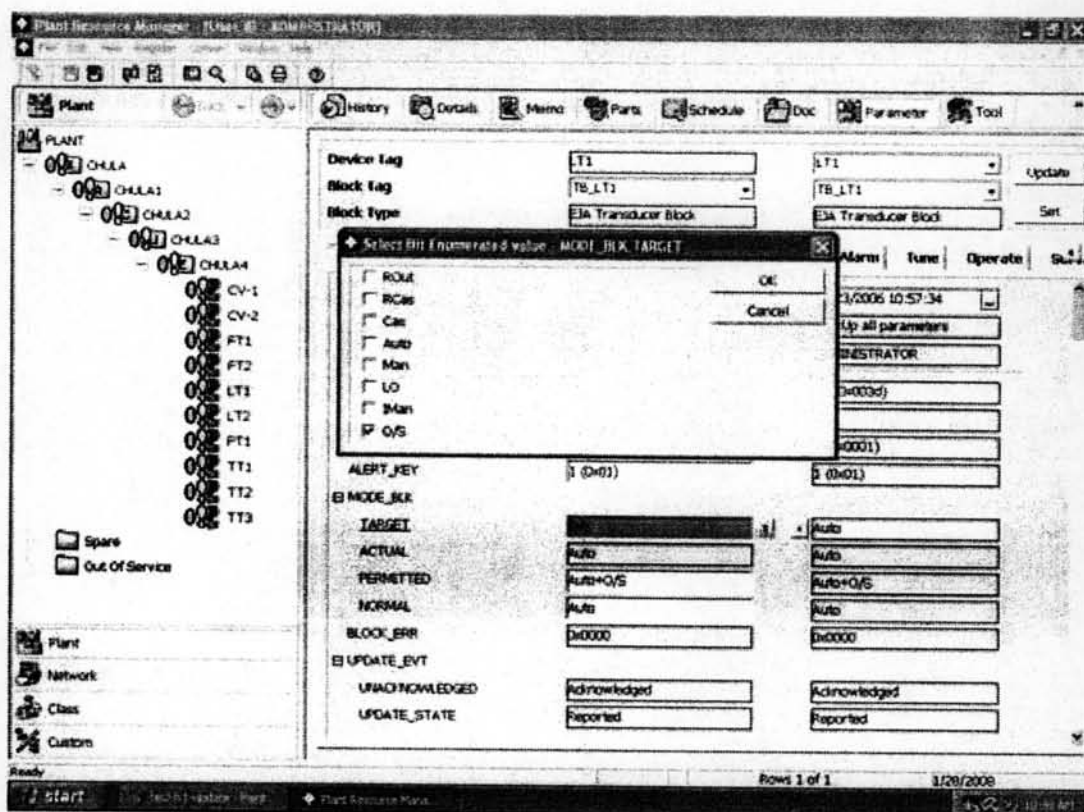
Device Tag	Criticality	Alarm	Patrol	Historian	Device ID
CV-1	Low	ON	ON	OFF	594543000130008730
CV-2	Low	ON	ON	OFF	594543000130006255
FT1	Low	ON	ON	OFF	594543000330019441
FT2	Low	ON	ON	OFF	594543000330019502
LT1	Low	ON	ON	OFF	594543000330019227
LT2	Low	ON	ON	OFF	594543000330019429
PT1	Low	ON	ON	OFF	594543000330019440
TT1	Low	ON	ON	OFF	594543000550012437
TT2	Low	ON	ON	OFF	594543000550012416
TT3	Low	ON	ON	OFF	594543000550012441

รูปที่ ค.1: หน้าต่างหลักของโปรแกรม PRM



รูปที่ ค.2: หน้าต่างการ update ค่าพารามิเตอร์ของโปรแกรม PRM

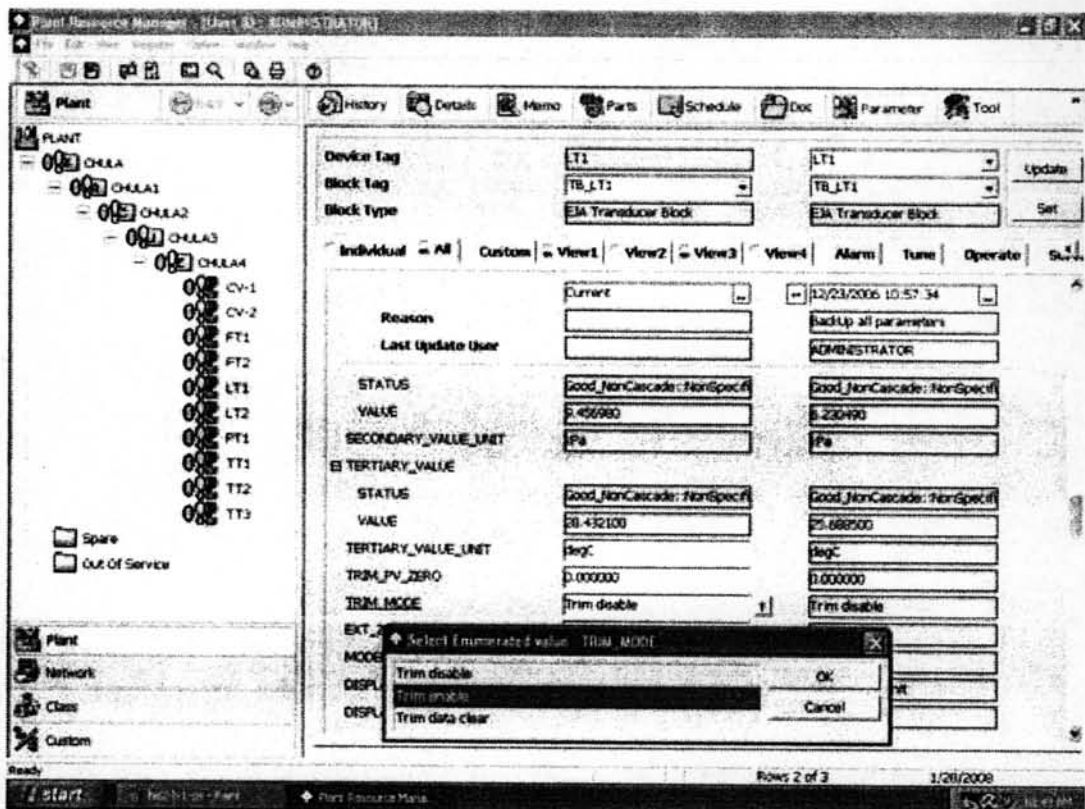
เริ่มต้นเราปรับ zero trim โดยรักษาให้ระดับของเหลวในถังทั้งสองมีค่าอยู่ที่ 0 ซม.ก่อน จากนั้นเลือก Block Tag เป็น TB_LT1 (สังเกตว่า Block Type เป็น EJA Transducer Block) แล้วกดปุ่ม update เพื่อให้โปรแกรม PRM รับข้อมูลจากอุปกรณ์ fieldbus เมื่อ PRM รับข้อมูลจากระบบจนการสำเร็จ ให้ตั้งค่าดังนี้



รูปที่ ค.3: หน้าต่างการหยุดการทำงานของอุปกรณ์ของโปรแกรม PRM

1. MODE_BLK

-TARGET ปรับจาก AUT ไปเป็น O/S ดังรูปที่ ค.3 เพื่อหยุดการทำงานของอุปกรณ์
จากนั้นกด SET พร้อมทั้งใส่เหตุผลในการปรับตั้งค่า



รูปที่ ค.4: หน้าต่างการปรับตั้งค่าที่ระดับ 0 ชม.ของโปรแกรม PRM

2. TERTIARY_VALUE

-TRIM_MODE ปรับจาก Trim disable ไปเป็น Trim enable ดังรูปที่ ค.4 จากนั้นกด SET พร้อมทั้งใส่เหตุผลในการปรับตั้งค่า

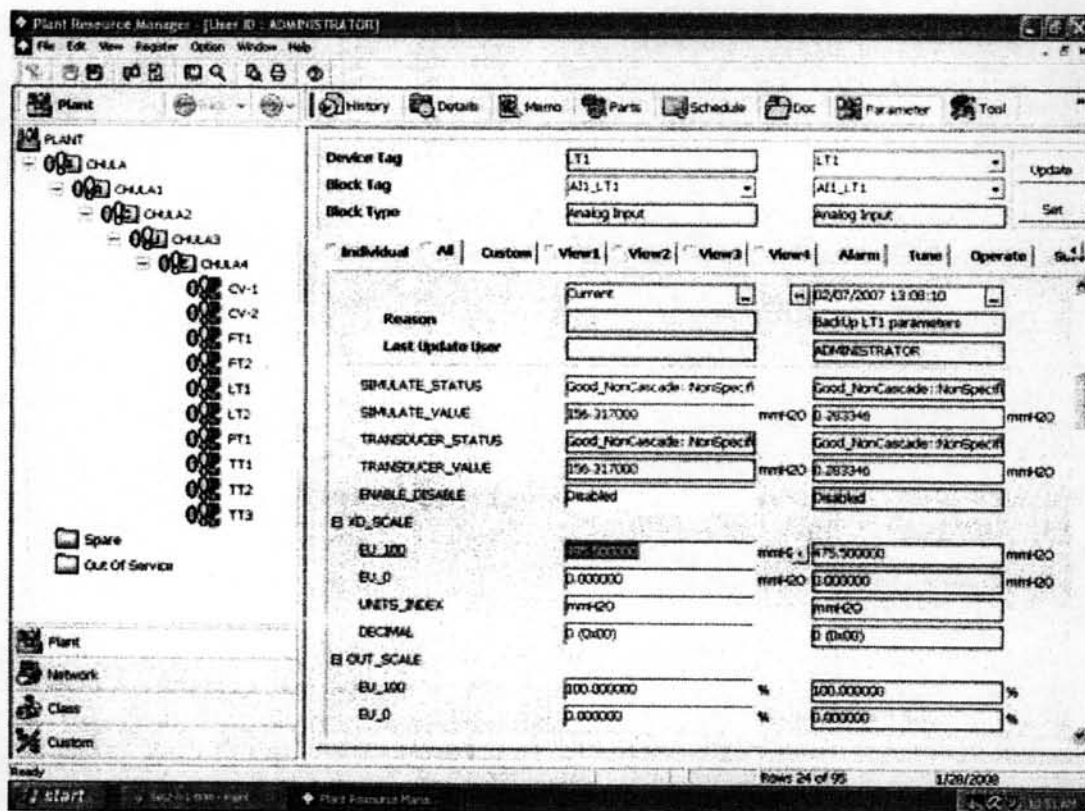
-TRIM_PV_ZERO ใส่ค่า 0.0 จากนั้นกด SET พร้อมทั้งใส่เหตุผลในการปรับตั้งค่า

3. TERTIARY_VALUE

-TRIM_MODE ปรับจาก Trim enable ไปเป็น Trim disable จากนั้นกด SET พร้อมทั้งใส่เหตุผลในการปรับตั้งค่า

4. MODE_BLK

-TARGET ปรับจาก O/S ไปเป็น AUT เพื่อให้อุปกรณ์กลับมาทำงานในสภาวะปกติ จากนั้นกด SET พร้อมทั้งใส่เหตุผลในการปรับตั้งค่า



รูปที่ ค.5: หน้าต่างการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ระดับ 100 ซม.ของโปรแกรม PRM

จากนั้นจึงกระทำเช่นเดิมกับอุปกรณ์ในถังที่สอง โดยเริ่มจากเลือกดับเบิลคลิกที่ LT2 ดังในรูปที่ ค.1 (เพื่อปรับตั้งค่าในถังที่สอง) แล้วเลือก Block Tag เป็น TRANSDUCER_T01.01 (สังเกตว่า Block Type เป็น EJA Transducer Block)

ขั้นตอนต่อมาเป็นการตั้งค่า span trim ซึ่งต้องกระทำกับถังทั้งสองเช่นเดิม โดยเริ่มจากรักษาระดับของเหลวที่ 100 ซม. ในถังทั้งสอง เลือกดับเบิลคลิกที่ LT1 ดังในรูปที่ ค.1 (เพื่อปรับตั้งค่าในถังที่หนึ่ง) แล้วเลือก Block Tag เป็น AI1_LT1 (สังเกตว่า Block Type เป็น Analog Input) สำหรับกรณีถังที่หนึ่ง จากนั้นตั้งค่าดังนี้

1. MODE_BLK

-TARGET ปรับจาก AUT ไปเป็น O/S จากนั้นกด SET พร้อมทั้งใส่เหตุผลในการปรับตั้งค่า

2. XD_SCALE

-EU_100 เติมค่าตัวเลขลงไป โดยเมื่อค่าที่อ่านได้น้อยกว่าค่าจริง ให้ลดจำนวนลง แต่หากมีค่ามากกว่าความเป็นจริงให้เพิ่มขึ้น ดังรูปที่ ค.5 จากนั้นกด SET พร้อมทั้งใส่เหตุผลในการปรับตั้งค่า

-TARGET ปรับจาก O/S ไปเป็น AUT จากนั้นกด SET พร้อมทั้งใส่เหตุผลในการปรับตั้งค่า

3. หากค่าที่อ่านได้ยังไม่แม่นยำให้กลับไปแก้ค่า XD_SCALE เช่นเดิม

จากนั้นกระทำเช่นเดิมกับดังที่สอง โดยเริ่มจากดับเบิ้ลคลิกที่ LT2 ดังในรูปที่ ค.1 (เพื่อปรับตั้งค่าในดังที่
หนึ่ง) แล้วเลือก Block Tag เป็น AII_LT2 (สังเกตว่า Block Type เป็น Analog Input)

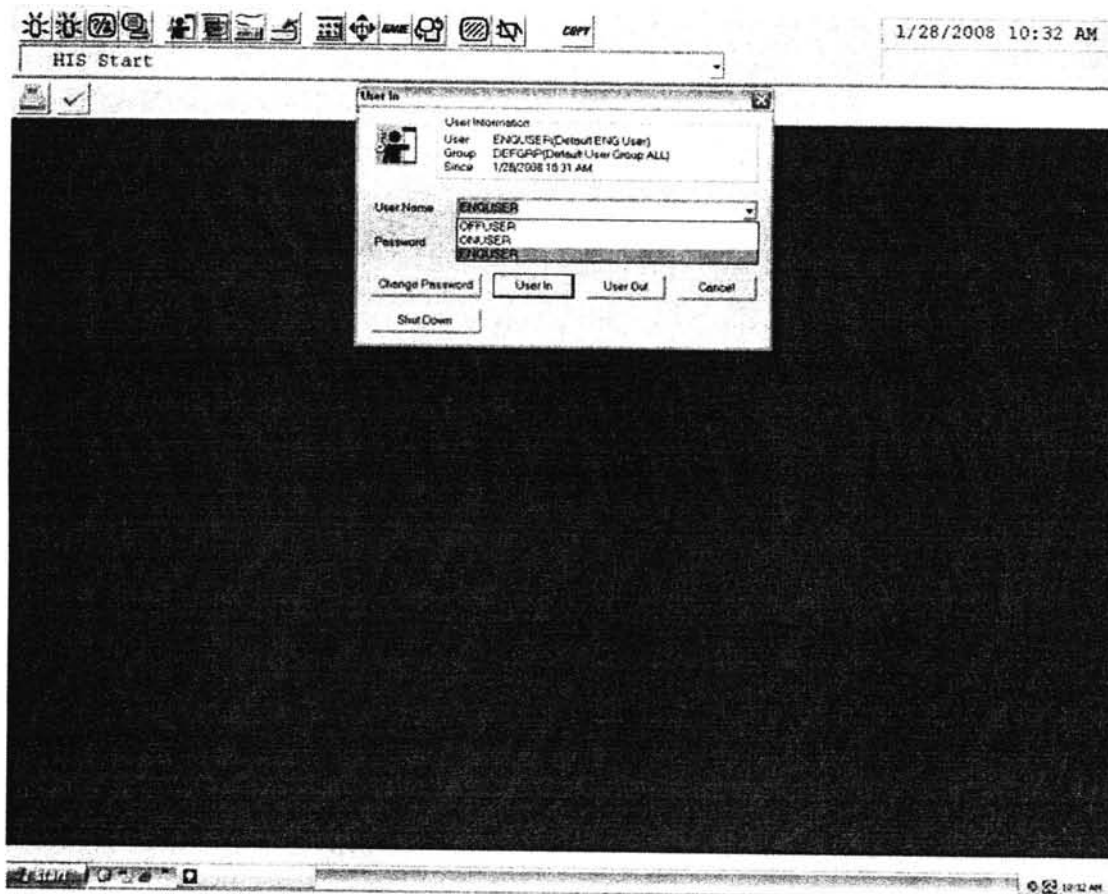
สังเกตว่า หลังจากทำการตั้งค่าแล้วอุปกรณ์จะอ่านค่าได้แม่นยำขึ้น โดยเปรียบเทียบได้จากค่าที่อ่าน
จากหน้าต่างการทำงานจริง (ศึกษาเพิ่มเติมได้จากภาคผนวก ง) และระดับของเหลวในถังจริง

ภาคผนวก ง

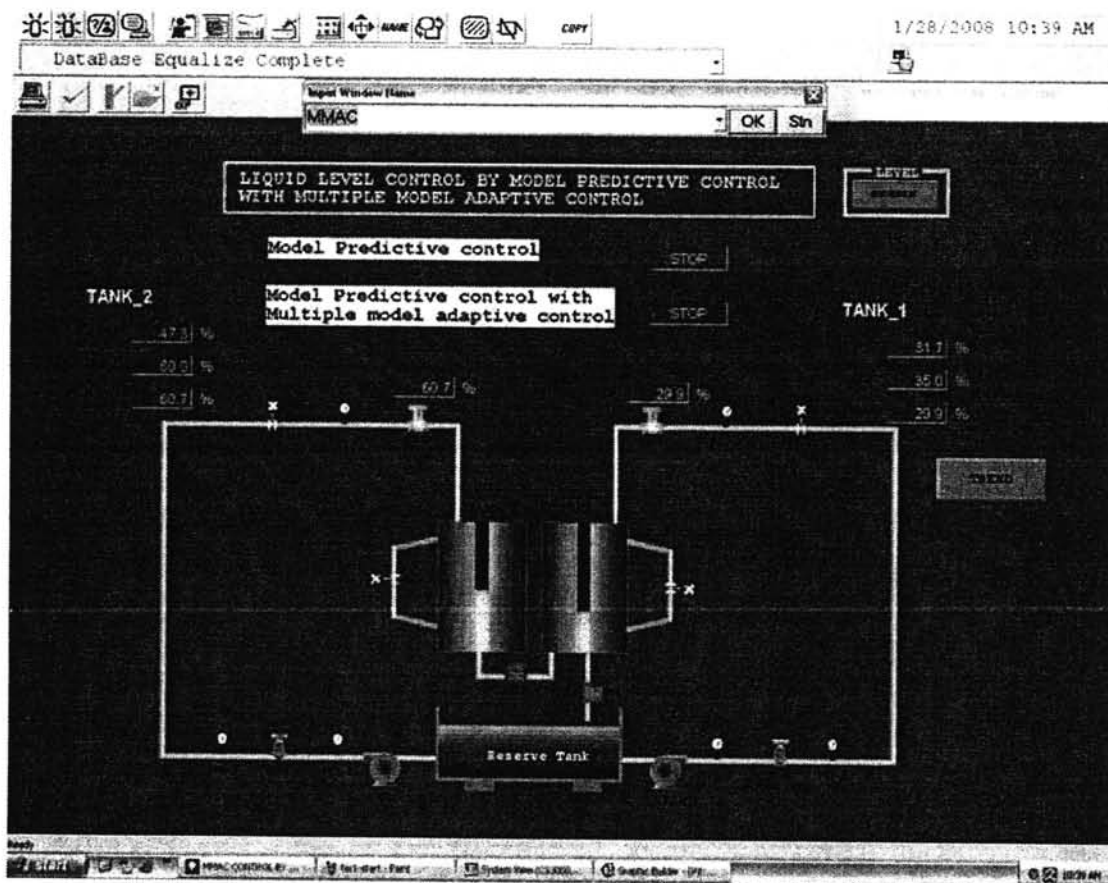
การทดลองตัวควบคุมผ่านทางควบคุมแบบกระจายตัว

สำหรับบทนี้เรากล่าวถึงขั้นตอนการทดลองตัวควบคุมกับกระบวนการควบคุมระดับของเหลวผ่านทางควบคุมแบบกระจายตัว ซึ่งเริ่มต้นจาก

1. หลังจากเปิดโปรแกรม Centum CS3000 R3.06 ให้เลือก User name เป็น ENGUSER และกดปุ่ม User In ดังรูปที่ ง.1

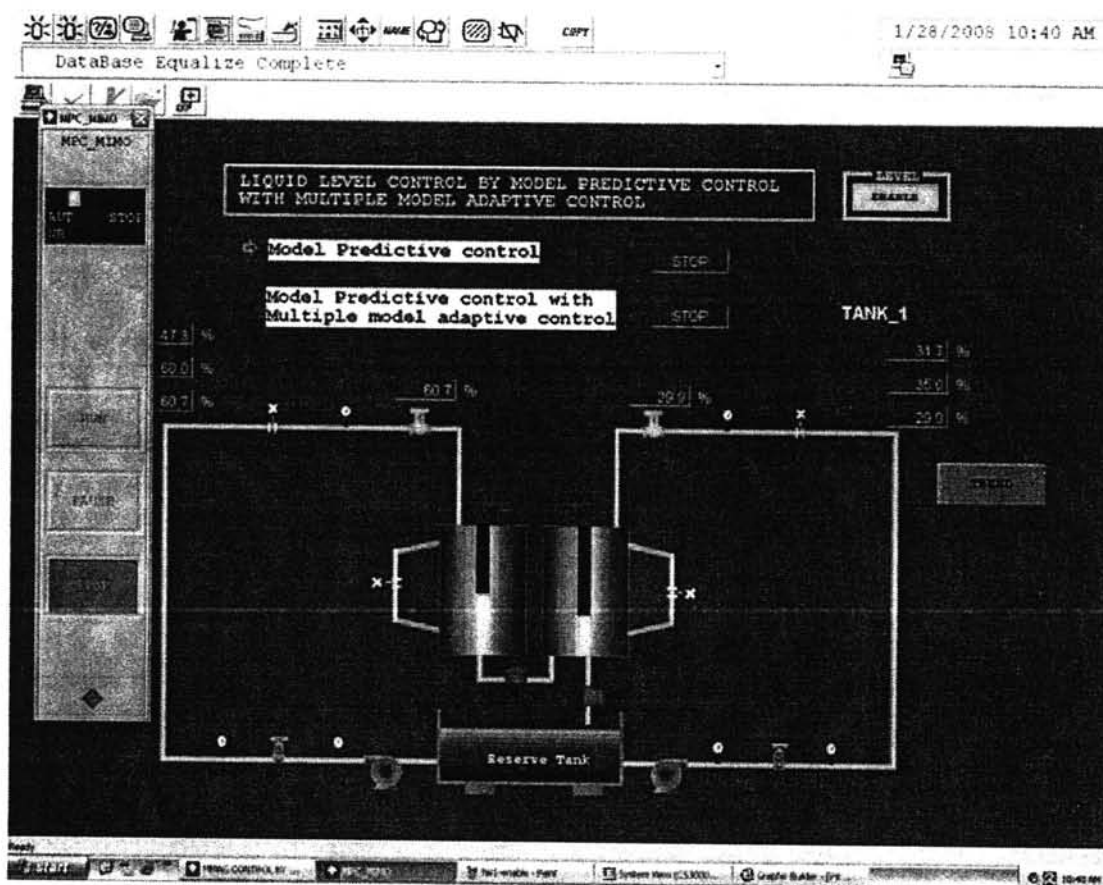


รูปที่ ง.1: หน้าต่างการเลือก User name



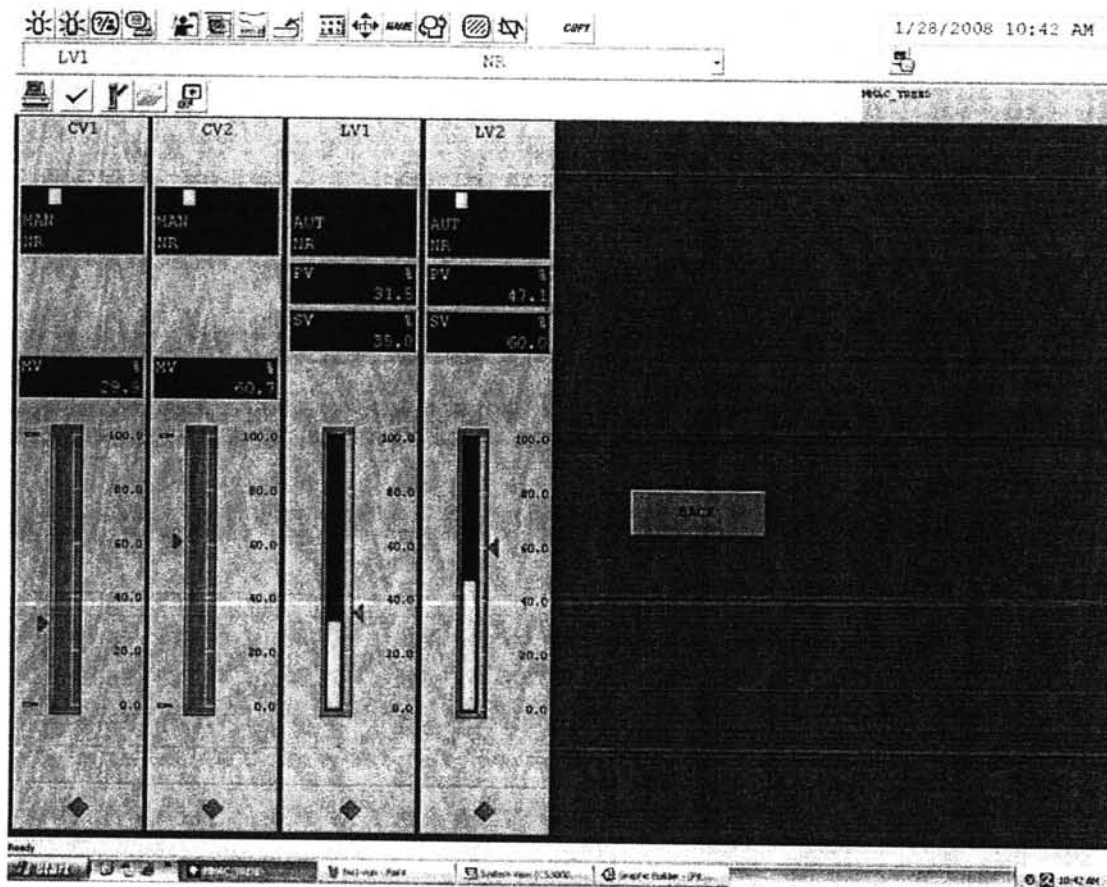
รูปที่ ง.2: หน้าต่างหลักการควบคุมกระบวนการด้วยตัวควบคุมเชิงทำนายแบบจำลอง

- คลิกปุ่ม NAME และพิมพ์ MMAC เพื่อเรียกหน้าต่างการควบคุมขึ้นมาซึ่งแสดงดังรูปที่ ง.2 จากนั้นจึงคลิกที่ปุ่ม Enable เมื่อคลิกแล้วปุ่มจะเปลี่ยนสีจากสีแดงเป็นสีเขียว ซึ่งหมายถึงสภาวะพร้อมทำงานของอุปกรณ์ fieldbus



รูปที่ ง.3: หน้าต่างเริ่มการทำงานของตัวควบคุมกระบวนการ

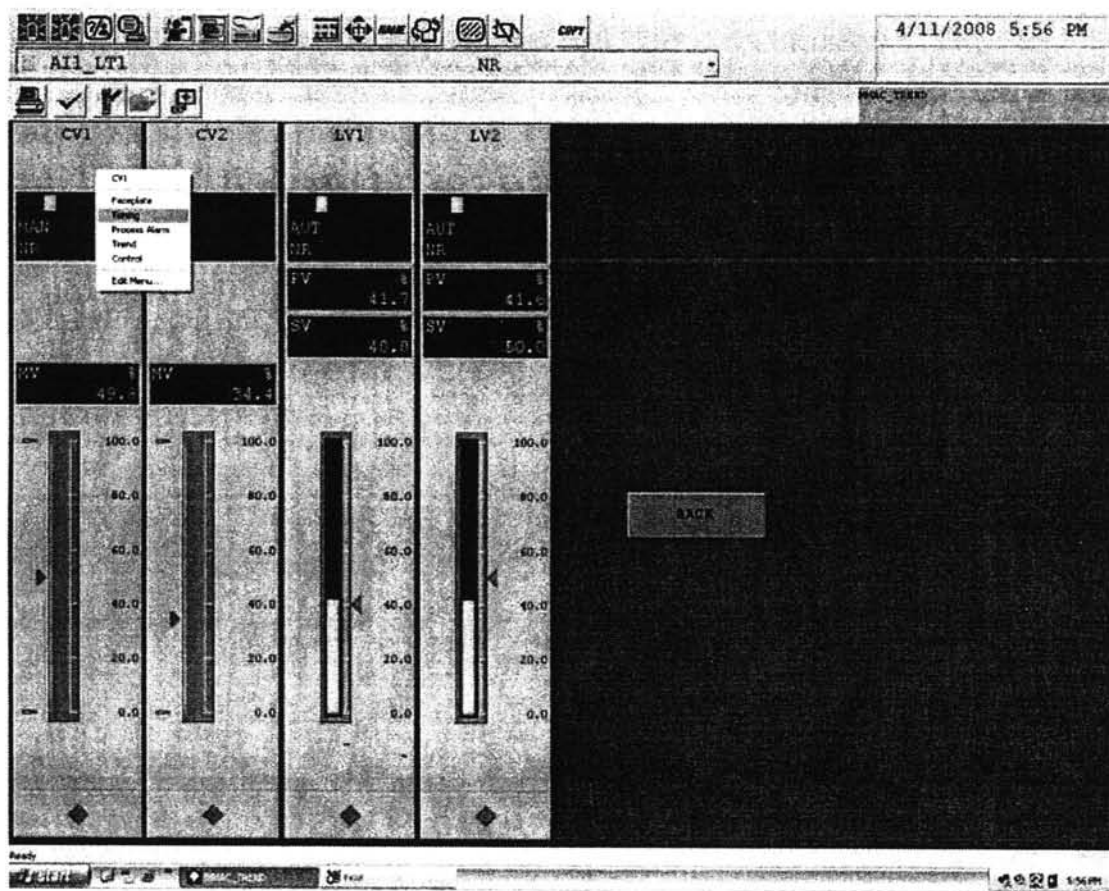
3. ดับเบิลคลิกที่ปุ่มตัวควบคุมที่ต้องการควบคุม ดังรูปที่ ง.3 แล้วกด RUN เพื่อเริ่มการทำงานของตัวควบคุม



รูปที่ ง.4: หน้าต่างแสดงผลตอบสนองกระบวนการ

4. นอกจากนี้สามารถกดปุ่ม TREND เพื่อสังเกตผลตอบสนอง และการตั้งค่าจุดทำงานของกระบวนการของกระบวนการได้ ซึ่งปรากฏดังรูปที่ ง.4 โดยเราสามารถเลือกดูกราฟผลตอบสนองได้ โดยคลิกขวาที่ตัวหน้าต่างของสัญญาณที่ต้องการแล้วเลือก Tuning ดังรูปที่ ง.5

ในส่วนของการเก็บผลทดสอบเพื่อนำมาวิเคราะห์จะต้องทำการรีเซ็ตคอมพิวเตอร์ก่อน จากนั้นเข้าไปยัง C:\CS3000\his\save\TREND และนำ file TR0211.csv มาสร้างกราฟเพื่อวิเคราะห์ผล โดยค่าข้อมูลในคอลัมน์ LV1.SV คือ ค่าสัญญาณอ้างอิงในถังที่หนึ่ง, LV1.PV คือ ค่าสัญญาณผลตอบสนองในถังที่หนึ่ง, CV1.MV คือ ค่าสัญญาณควบคุมในถังที่หนึ่ง, LV2.SV คือ ค่าสัญญาณอ้างอิงในถังที่สอง, LV2.PV คือ ค่าสัญญาณผลตอบสนองในถังที่สอง และ CV2.MV คือ ค่าสัญญาณควบคุมในถังที่สอง



รูปที่ ๓.5: หน้าต่างการเลือกดูกราฟผลตอบสนอง

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายศิริพงษ์ เพิ่มพรศรี เกิดเมื่อวันที่ 4 กันยายน พ.ศ. 2527 จังหวัดกรุงเทพมหานคร เป็นบุตรของนายขวัญเมือง และนางบุญเสริม เพิ่มพรศรี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าจากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ เมื่อปีการศึกษา 2548 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ในปีการศึกษาถัดมา ณ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สังกัดห้องปฏิบัติการวิจัยระบบควบคุม

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

Permpomsri, S. and Wongsaisuwan, M. "Decoupling Control and Model Predictive Control for Level Control Process", in *Proc. of the 30th Electrical Engineering Conf. (EECON)*, October 25-26, 2007, pp. 1145-1148.

Permpomsri, S. and Wongsaisuwan, M. "Implementation of Model Predictive Control and Decoupling PI by Distributed Control System", in *Proc. of the 5th Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications, and Information Technology Conf. (ECTICON)*, May 14-17, 2008, to be appeared