ลงทะเบียนวันที่ 19 พ.ย. 2551
เลขทะเบียน 097556
เลขหมู่ วพ
TK
7881.15
ว353ก.
หัวเรื่อง อิเล็กทรอนิกส์กำลัง

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ

การควบคุมกระบวนการแบบอัตโนมัติด้วยอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

An Automatic Process Control with Power Electronics

โดย

อาจารย์ยุทธชัย ศิลปวิจารณ์

สาขาวิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

คณะครุศาสตร์เทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

กันยายน 2550

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการควบคุมกระบวนการแบบอัตโนมัติด้วยอิเล็กทรอนิกส์กำลัง(An Automatic Process Control with Power Electronics) เพื่อแสดงถึงการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟตรงด้วยตัวควบคุมอัตโนมัติแบบดิจิตอลใช้อัลกอริทึมแบบPID โดยที่ระบบจะประกอบไปด้วยตัวควบคุมอัตโนมัติแบบดิจิตอล, วงจรเรียงกระแสหนึ่งเฟสแบบดาว, ชุดมอเตอร์ไฟตรงและโหลด, และโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การสั่งงานควบคุมและอ่านค่าจากตัวควบคุมอัตโนมัติแบบดิจิตอลจะกระทำผ่านคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งเขียนขึ้นด้วยภาษา LabVIEW โดยการใช้การสื่อสารแบบอนุกรม RS-232 ผ่าน Modbus protocol ที่ความเร็ว 9,600bps หรือ 38,400 bpsโปรแกรมที่เขียนขึ้นนี้สามารถควบคุมความเร็ว, ค่า Gain (P), Reset (I), และ Rate (D) ได้ และค่าที่อ่านได้จะประกอบไปด้วย ความเร็วคำสั่ง, ความเร็วจริง, Gain, Reset, Rate, และ Output control โดยความเร็วคำสั่งและความเร็วจริงจะถูกนำมาพล็อตเพื่อการสังเกตในโดเมนของเวลา แรงดันด้านออกของตัวควบคุมอัตโนมัติแบบดิจิตอลจะถูกส่งไปควบคุมการทำงานของวงจรเรียงกระแสหนึ่งเฟสแบบดาวที่มีมอเตอร์ไฟตรงเป็นโหลด และมอเตอร์ไฟตรงนี้ก็มีโหลดทางกลที่เป็นเครื่องกำเนิดไฟตรงเพื่อใช้ในการทดสอบการทำงานที่มีโหลด ภาวะที่มีโหลด มอเตอร์ไฟตรงนี้จะมี Tachogenerator เพื่อป้อนกลับสัญญาณความเร็วไปยังตัวควบคุมแบบอัตโนมัติแบบดิจิตอล

การผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่า Gain และ Reset ที่ได้จากการปรับแต่งอัตโนมัติ (Auto tune) ที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณไม่เกิน 1 และ 0.17 ตามลำดับ โดยจะใช้เวลาในการคุมค่าความเร็ว เมื่อมีการสั่งให้ความเร็วเปลี่ยนจาก 0 ไปยัง 2,500 เท่ากับ 462 mS และ เมื่อมีการสั่งให้ความเร็วเปลี่ยนจาก 2,500 ไปยัง 0 ใช้เวลาเท่ากับ 406 mS เมื่อเทียบกับการใช้ค่า Gain = 0.5, Reset = 0.17 จะได้เวลาเท่ากับ 706 mS และ 406 mS ตามลำดับ

Abstact

An Automatic Process Control with Power Electronics is proposed. The systems are consisting of Digital PID controller, single-phase star rectifier, dc motor with load, and computer program.

Controlling, data acquiring are available by computer program using Modbus protocol over the serial communication RS-232 at 9,600 bps or 38,400 bps. This program is written in LabVIEW language. The command speed, the actual speed, gain (P), reset (I), and rate (D) are readable parameters, and only the command speed and actual speed are plotted to show in time domain. The single-phase star rectifier is controlled by the output voltage of the digital PID controller, and the dc motor is also fed by this single-phase star rectifier. There's another dc generator, it is coupled with the dc motor to be the load. The tacho generator is attached into the dc motor and its output is feedback speed that connected into the digital PID controller.

The experimental results are shown that the optimum gain and reset are approximate 1.00 and 0.17 respectively; these values are derived from "auto tune" procedure. From those gain and reset values, the settled times are 462 mS and 406 mS with speed stepping from 0 to 2,500 and 2,500 to 0 respectively. With lower gain i.e. 0.5 and reset = 0.17, the settled times are 706 mS and 406 mS respectively.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง "การควบคุมกระบวนการแบบอัตโนมัติด้วยอิเล็กทรอนิกส์กำลัง (An Automatic Process Control with Power Electronics)" นี้เป็นโครงการวิจัยของห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์กำลัง สาขาวิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จากเงินผลประโยชน์ประจำปีงบประมาณ 2550 ตามโครงการสนับสนุนการวิจัยคณะผู้วิจัยขอขอบคุณบุคลากรของคณะครุศาสตร์เทคโนโลยีทุกๆท่าน ที่อำนวยความสะดวกทุกอย่างในการเอื้ออำนวยให้โครงการวิจัยนี้เป็นไปอย่างราบรื่นมา ณ ที่นี้ด้วย

อาจารย์ยุทธชัย ศิลปวิจารณ์

กันยายน 2550

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ 1

Abstract 2

กิตติกรรมประกาศ 3

สารบัญ 4

สารบัญรูป 6

สารบัญตาราง 8

1. บทนำ 9

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การควบคุมกระบวนการ (Process control) และวงรอบ PID 11

2.1.1 พื้นฐานวงรอบ PID 11

2.1.2 อัลกอริธึม PID 12

2.1.3 วงรอบ Direct-acting และ Reverse-acting 14

2.1.4 เทอมของวงรอบ P-I-D 15

2.1.5 ลำดับขั้นตอนการปรับแต่งวงรอบ 16

2.2 LabVIEW 22

2.3 Modbus protocol 24

2.3.1 เกี่ยวกับ Modbus 24

2.3.2. Modbus protocol 24

2.3.3 Modbus function code 30

2.4 วงจรแปลงผันไฟสลับ-ไฟตรงที่ความถี่สายกำลัง 36

2.4.1 บทนำ 36

2.4.2 วงจรเรียงกระแสกรณีโหลดคงตัวและกรณีโหลดความต้านทาน 36

3. การออกแบบ

3.1 วงจรเรียงกระแสหนึ่งเฟสแบบดาวที่มีมอเตอร์ไฟตรงเป็นโหลด 40

3.2 ตัวควบคุมอัตโนมัติแบบดิจิตอล 41

3.3 ซอฟแวร์ 41

3.3.1 Modbus protocol ของตัวควบคุมอัตโนมัติแบบดิจิตอล 41

3.3.2 State machine ของโปรแกรม 43

4. การทดสอบ

4.1 วงจรในการทดลอง 47

4.2 ผลการทดสอบ 48

4.2.1 การทดสอบเพื่อหาค่า PID ที่เหมาะสมด้วยวิธี Auto tune 48

4.2.2 การทดลองในเงื่อนไข No load ด้วยค่า Gain (P) = 1.00, Reset (I) = 0.17 51

4.2.3 การทดลองในเงื่อนไข No load ด้วยค่า Gain (P) = 0.5, Reset (I) = 0.17 53

4.2.4 การทดลองการรักษาความเร็วเมื่อมีโหลด 55

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง 58

5.2 ข้อเสนอแนะ 58

บรรณานุกรม 60

ภาคผนวก 61

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 วงรอบ PID 11
รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบในแต่ละวงรอบในงานจริงๆ ของระบบควบคุมระดับของเหลว 12
รูปที่ 2.3 วงรอบแบบ Direct-acting 15
รูปที่ 2.4 วงรอบแบบ Reverse-acting 15
รูปที่ 2.5 เทอมของวงรอบ PID 16
รูปที่ 2.6 การตอบสนองทั้งสามแบบของระบบ 18
รูปที่ 2.7 ไดอะแกรมการปรับแต่งอัตโนมัติแบบวงรอบเปิด 19
รูปที่ 2.8 เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการปรับแต่งอัตโนมัติแบบวงรอบเปิด 19
รูปที่ 2.9 ไดอะแกรมการปรับแต่งอัตโนมัติแบบวงรอบปิด 20
รูปที่ 2.10 เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการปรับแต่งอัตโนมัติแบบวงรอบปิด 21
รูปที่ 2.11 แสดงส่วนประกอบต่างๆใน LabVIEW 23
รูปที่ 2.12 โครงสร้างของวงรอบการตอบสนองต่อ Queries 25
รูปที่ 2.13 โครงสร้างข้อความของ ASCII mode 26
รูปที่ 2.14 โครงสร้างข้อความของ RTU mode 26
รูปที่ 2.15 ตัวอย่างของข้อความ Queries ของ Modbus 29
รูปที่ 2.16 ตัวอย่างข้อความที่ตอบมาจาก Slave 29
รูปที่ 2.17 ตัวอย่าง Query ของ Read coil status (01) 30
รูปที่ 2.18 ตัวอย่าง Response ของ Read coil status (01) 31
รูปที่ 2.19 ตัวอย่าง Query ของ Read input status (02) 31
รูปที่ 2.20 ตัวอย่าง Respose ของ Read input status (02) 32
รูปที่ 2.21 ตัวอย่าง Query ของ Read holding register (03) 32
รูปที่ 2.22 ตัวอย่าง Response ของ Read holding register (03) 33
รูปที่ 2.23 ตัวอย่าง Query ของ Read input register (04) 33
รูปที่ 2.24 ตัวอย่าง Response ของ Read input register (04) 34
รูปที่ 2.25 ตัวอย่าง Query ของ Force single coil (05) 34
รูปที่ 2.26 ตัวอย่าง Response ของ Force single coil (05) 35
รูปที่ 2.27 ตัวอย่าง Query ของ Force single registers (06) 35
รูปที่ 2.28 ตัวอย่าง Response ของ Force single registers (06) 36
รูปที่ 2.29 วงจรเรียงกระแส 1 เฟสแบบคาวกรณีโหลดคงตัวและกรณีโหลดความต้านทาน 37
รูปที่ 2.30 วงจรเรียงกระแส 1 เฟสแบบบริดจ์กรณีโหลดคงตัว 38
รูปที่ 3.1 วงจรเรียงกระแสหนึ่งเฟสแบบคาวที่มีมอเตอร์ไฟตรงเป็นโหลด 40

รูปที่ 3.2 ระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟตรงแบบวงรอบปิด 41
รูปที่ 3.3 State machine ของโปรแกรมที่สร้างขึ้น 44
รูปที่ 3.4 ลักษณะหน้าจอของโปรแกรมที่สร้างขึ้น 46
รูปที่ 4.1 ระบบที่ใช้ในการทดสอบ 47
รูปที่ 4.2 ขณะทำการปรับแต่งอัตโนมัติ (Auto tune) ชนิด PI แบบ Closed loop 48
รูปที่ 4.3 ขณะทำการปรับแต่งอัตโนมัติ (Auto tune) ชนิด PID แบบ Closed loop 49
รูปที่ 4.4 ขณะทำการปรับแต่งอัตโนมัติ (Auto tune) ชนิด PI แบบ Closed loop ครั้งที่ 2 50
รูปที่ 4.5 ความเร็วของมอเตอร์ขณะที่ทำงานที่ความเร็ว 1000 คงที่ 51
รูปที่ 4.6 ความเร็วของมอเตอร์ขณะที่ทำงานที่ความเร็ว 1000 และสั่งให้เปลี่ยนความเร็วไปเป็น 2500 51
รูปที่ 4.7 ความเร็วของมอเตอร์ในขณะที่ทำงานที่ความเร็ว 2500และสั่งให้เปลี่ยนความเร็วไปเป็น 1000 52
รูปที่ 4.8 ความเร็วของมอเตอร์ในขณะที่ทำงานที่ความเร็ว 0และสั่งให้เปลี่ยนความเร็วไปเป็น 2500 52
รูปที่ 4.9 ความเร็วของมอเตอร์ในขณะที่ทำงานที่ความเร็ว 2500 และสั่งให้เปลี่ยนความเร็วไปเป็น 0 53
รูปที่ 4.10 ความเร็วของมอเตอร์ขณะที่ทำงานที่ความเร็ว 1000 คงที่ 53
รูปที่ 4.11 ความเร็วของมอเตอร์ขณะที่ทำงานที่ความเร็ว 1000 และสั่งให้เปลี่ยนความเร็วไปเป็น 2500 54
รูปที่ 4.12 ความเร็วของมอเตอร์ในขณะที่ทำงานที่ความเร็ว 2500และสั่งให้เปลี่ยนความเร็วไปเป็น 1000 54
รูปที่ 4.13 ความเร็วของมอเตอร์ในขณะที่ทำงานที่ความเร็ว 0และสั่งให้เปลี่ยนความเร็วไปเป็น 2500 55
รูปที่ 4.14 ความเร็วของมอเตอร์ในขณะที่ทำงานที่ความเร็ว 2500 และสั่งให้เปลี่ยนความเร็วไปเป็น 0 55
รูปที่ 4.15 การคุมค่าความเร็วเมื่อมีโหลด ที่ค่า Gain = 1.00, Reset = 0.17 56
รูปที่ 4.16 การคุมค่าความเร็วเมื่อมีโหลด ที่ค่า Gain = 0.5, Reset = 0.17 56
รูปที่ 4.17 แสดงหน้าจอของโปรแกรมขณะทำงาน 57

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 สมการของ Ziegler-nichols สำหรับการปรับแต่งวงรอบเปิด	20
ตารางที่ 2.2 สมการของ Ziegler-nichols สำหรับการปรับแต่งวงรอบปิด	21
ตารางที่ 3.1 เฟรมข้อมูล	42
ตารางที่ 3.2 Function code	42
ตารางที่ 3.3 ตำแหน่งของข้อมูล	43
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองหาค่า PI แบบ Auto tune	50
ตารางที่ 4.2 การทดลองในเงื่อนไข No load	57
ตารางที่ 4.3 การทดลองในเงื่อนไขมีโหลดแบบขั้น	57