Key 11 ก.ค. 60

เลขที่นั่ง_____

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

การสอบกลางภาคเรียนที่ 1 ประจำปีการศึกษา 2560

วิชา EEE 373 Electric Motor Drive

นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
ภาคปกติ ชั้นปีที่ 4

สอบวันพุธที่ 27 กันยายน 2560

เวลา 13:00-16:00 น.

คำเตือน

1. ห้ามนำเอกสารทุกชนิดเข้าห้องสอบ
2. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณได้
3. ข้อสอบมีทั้งหมด 5 ข้อ 11 หน้า (รวมใบปะหน้า) ให้ทำทุกข้อในข้อสอบ
4. ให้เขียนชื่อ-นามสกุล และ รหัสนักศึกษา ทุกหน้า

เมื่อนักศึกษาทำข้อสอบเสร็จ ต้องยกมือบอกกรรมการคุมสอบ เพื่อขออนุญาตออกนอกห้องสอบ

ห้ามนักศึกษานำข้อสอบออกนอกห้องสอบ

นักศึกษาซึ่งทุจริตในการสอบ อาจถูกพิจารณาโทษสูงสุดให้พ้นสภาพการเป็นนักศึกษา

ชื่อ-สกุล _____ รหัส _____

.....

(....อ. มงคล กงศ์หิรัญ...)

อาจารย์ผู้ออกข้อสอบ

(02-470-9042)

.....

(.....)

ผู้ประเมินข้อสอบ

ข้อ	1	2	3	4	5	รวม
คะแนนเต็ม	25	15	20	25	15	100
คะแนน						

ชื่อ-สกุล _____รหัส_____

1. จงตอบคำถามต่อไปนี้

1.1 จงอธิบายความหมายของ Electrical time constant และ mechanical time constant ของ separately-excited dc motor ให้แสดงสมการด้วย (4 คะแนน)

1.2 จงอธิบายความแตกต่างระหว่าง Regenerative braking กับ Dynamic braking (2 คะแนน)

1.3 จงแสดงสมการ Torque vs Speed ของ series dc motor (3 คะแนน)

1.4 ในระบบสายพานลำเลียงสินค้าที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วค่อนข้างคงที่ ควรเลือก DC motor ชนิดใดในการขับเคลื่อน พร้อมด้วยเหตุผล (2 คะแนน)

1.5 จงแสดง state-space model และ eigenvalues ของ Separately-excited DC motor (4 คะแนน)

ชื่อ-สกุล _____รหัส_____

1.6 จงอธิบายวิธีการ Microstep excitation mode ของ Stepping motor drive มาพอสังเขป (3 คะแนน)

1.7 วิธีการปรับความเร็วด้วยวิธี rotor resistance ใช้กับ Induction motor ชนิดไหน ? เพราะอะไร ? และข้อเสียของวิธีการนี้มีอะไรบ้าง จงอธิบายมาพอเข้าใจ (3 คะแนน)

1.8 จงวาด Steady-state per-phase equivalent circuit ของ induction motor ให้แสดงพารามิเตอร์ในวงจรด้วย (4 คะแนน)

ชื่อ-สกุล _____รหัส_____

2. (15 คะแนน) Separately-excited DC motor ตัวหนึ่งมีพารามิเตอร์ดังนี้

Rating: 15 hp, 55 A, 240 V, 1,200 rpm (3,000 rpm maximum)

Armature winding: $R_a = 0.4\ \Omega$, $L_a = 1.6$ mH, $K_e = 0.2$ V/rpm

Field winding: $R_f = 100\ \Omega$, $i_f = 0.65$A (rating)

Mechanical time constant, $\tau_m = 2$ sec

Viscous friction coefficient, $B_m = 0.001$ N.m/rad/sec

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่แปรงถ่าน 1 V

มอเตอร์รับโหลดแบบ Constant torque, $T_{load} = 20$ N.m

เมื่อมอเตอร์ถูกขับด้วยแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเท่ากับ 240 V และ 65 V สำหรับ Armature winding และ Field winding ตามลำดับ จงหาประสิทธิภาพของมอเตอร์ เมื่อมอเตอร์หมุนที่ความเร็ว 800 rpm (ในช่วง Constant torque region) และ 1,600 rpm (ในช่วง Field weakening region)

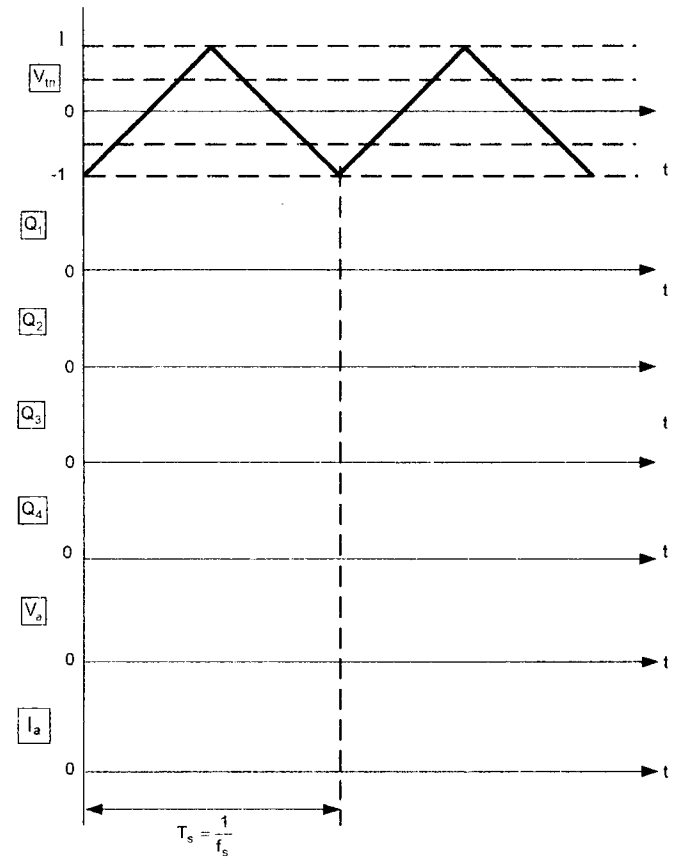
ชื่อ-สกุล _____ รหัส _____

3. (20 คะแนน) จงออกแบบระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบ Open-loop ของ Separately-excited DC motor จากข้อ 2 โดยใช้วงจรขับ 4-quadrnt chopper มี DC voltage input, V_{in} = 240 Volt และสัญญาณควบคุมสวิชต์มีความถี่ 20 kHz (Switching frequency)

3.1 จงวาด overall block diagram ของระบบ (ให้ระบุหน่วยของตัวแปรต่างๆ ด้วย)

3.2 จงคำนวณหา $V_{control}$ (-1 ถึง 1) ในวิธีการ PWM สำหรับวงจรขับ 4-quadrnt Chopper ถ้าต้องการขับมอเตอร์ให้มีความเร็ว 800 rpm ในขณะที่มอเตอร์กำลังขับโหลด 20 N-m และให้วาดสัญญาณควบคุมสวิชต์ (Q_1 – Q_4) กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้ามอเตอร์ ทั้ง Bipolar และ Unipolar PWM (แบบที่ 1) ในขณะนี้ด้วย

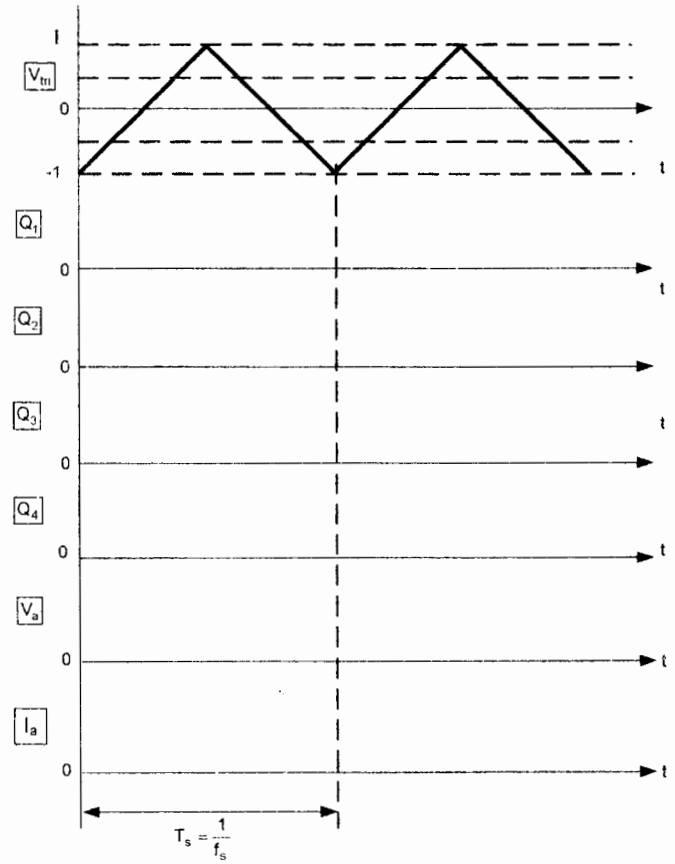
Bipolar PWM



ชื่อ-สกุล _____รหัส_____

Unipolar PWM

(แบบที่ 1)

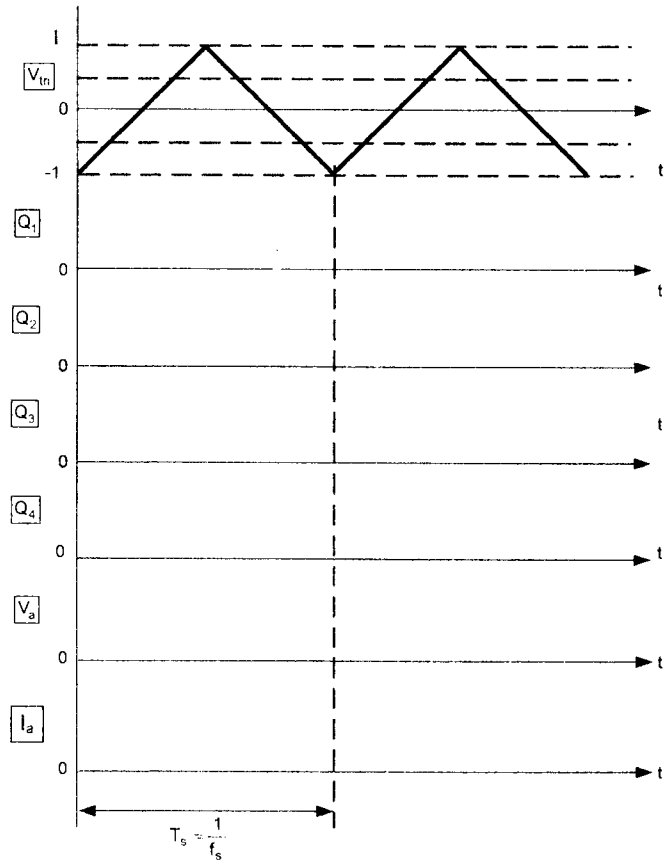


3.3 จากข้อ 3.2 จงคำนวณหา duty cycle (%) ของสวิทช์แต่ละตัว (Q_1 -- Q_4) ในวงจรขับ 4-quadrnt Chopper ในขณะที่มอเตอร์มีความเร็ว 800 rpm และกำลังขับโหลด 20 N-m

3.4 จากข้อ 3.2 ถ้าต้องการขับมอเตอร์ให้มีความเร็ว 800 rpm คงที่เท่าเดิม ในขณะที่มอเตอร์ต้องขับโหลดเพิ่มขึ้นเป็น 40 N-m จงคำนวณหา $V_{control}$ (-1 ถึง 1) ในวิธีการ PWM สำหรับวงจรขับ 4-quadrnt Chopper และให้วาดสัญญาณควบคุมสวิทช์ (Q_1 – Q_4) กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้ามอเตอร์ ทั้ง Bipolar และ Unipolar PWM (แบบที่ 1) ในขณะนี้ด้วย

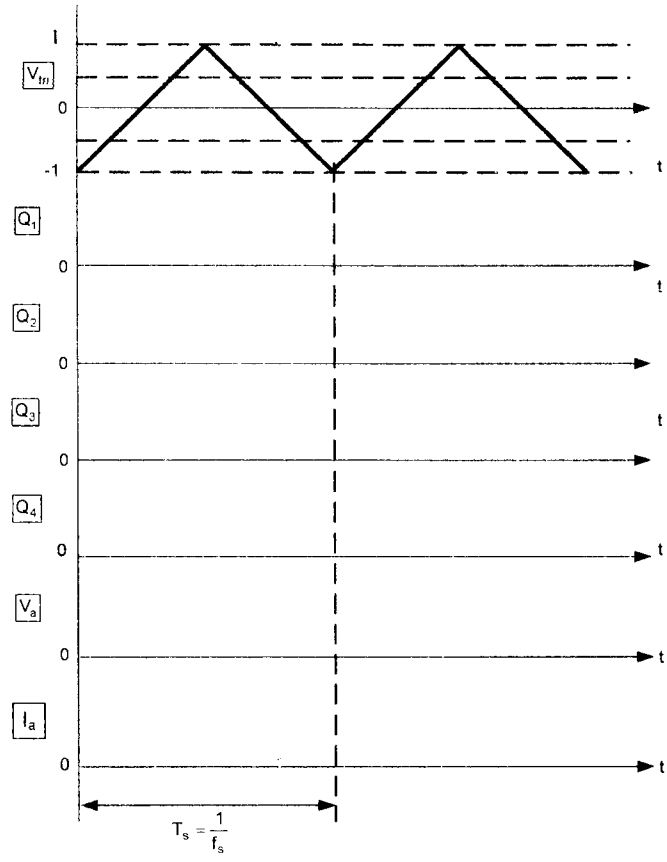
ชื่อ-สกุล _____ รหัส _____

Bipolar PWM



Unipolar PWM

(แบบที่ 1)



ชื่อ-สกุล _____ รหัส _____

3.5 จากข้อ 3.4 จงคำนวณหา duty cycle (%) ของสวิทช์แต่ละตัว ($Q_1 - Q_4$) ในวงจรขับ 4-quadrnt Chopper ในขณะที่มอเตอร์มีความเร็ว 800 rpm และกำลังขับโหลด 40 N-m

3.6 ถ้าความถี่สวิชต์ (Switching frequency) ถูกปรับให้ลดลงจาก 20 kHz เป็น 1 kHz จะส่งผลอะไรได้บ้างในระบบ ในมุมมองของวงจรขับ 4-quadrnt chopper และ มอเตอร์ ให้อธิบายอย่างละเอียด

ชื่อ-สกุล _____รหัส_____

4. (25 คะแนน) จงออกแบบระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบ Closed-loop ที่มี PWM current control loop ของ Separately-excited DC motor จากข้อ 2 สมมุติว่าความเร็วมอเตอร์ถูกวัดโดย Tachogenerator และใช้วงจรขับ 4-quadrnt chopper มี DC voltage input, V_{in} = 240 Volt และสัญญาณควบคุมสวิชต์ มีความถี่ 20 kHz (Switching frequency)

4.1 จงวาด overall block diagram ของระบบ (ให้ระบุหน่วยของตัวแปรต่างๆ ด้วย)

4.2 จงกำหนดค่า PID gains ที่เหมาะสม ของ Current controller และ Speed controller ให้อธิบายมาพอสังเขป

4.3 ถ้าต้องการควบคุมความเร็วมอเตอร์ที่ 1,000 rpm ในขณะที่มีโหลด 10 hp ให้คำนวณหาค่าแรงบิดและกระแสไฟฟ้าของ DC motor และ $V_{control}$ (output ของ speed controller) ในขณะนี้

4.4 ถ้าสมมุติว่า วงจรขับ 4-quadrnt chopper มี DC voltage input ลดลงจาก V_{in} = 240 Volt เหลือเพียง V_{in} = 200 Volt จงคำนวณความเร็วมอเตอร์สูงสุดที่สามารถถูกควบคุมได้ และกระแสไฟฟ้ามอเตอร์ ในขณะที่มอเตอร์ไม่มีโหลด

ชื่อ-สกุล _____ รหัส _____

4.5 จาก ข้อ 4.4 จงคำนวณความเร็วมอเตอร์สูงสุดที่สามารถถูกควบคุมได้ และกระแสไฟฟ้ามอเตอร์ ในขณะที่มอเตอร์ขับโหลด 10 N-m

4.6 จาก ข้อ 4.4 จงคำนวณหา $V_{control}$ (-1 ถึง 1) ในขณะที่มอเตอร์ต้องขับโหลดที่พิกัด 20 N-m และความเร็วมอเตอร์ถูกควบคุมที่ 1,000 rpm

4.7 จงออกแบบระบบควบคุมความเร็วที่เกินพิกัดความเร็วมอเตอร์ โดยใช้ PID controller ให้วาด overall block diagram ของระบบนี้

ชื่อ-สกุล _____รหัส_____

5. (15 คะแนน) Stepping motor 3-phase ตัวหนึ่งมีค่าพารามิเตอร์ดังนี้

Rating: 30 Volt, 1.5 Amp

Step angle = 1.8°

Stator winding per phase: R = 24 Ohm, L = 20 mH

5.1 Stepping motor ตัวนี้มีจำนวนซี่ฟันที่โรเตอร์เท่าไร

5.2 จงแสดงตาราง Excitation sequence แบบ One-phase on ถ้าขับด้วยวิธี Unipolar voltage ที่ใช้ Diode/Resistance suppressor โดยมีแรงดันไฟฟ้าอินพุท V_{dc} = 30V

5.3 จากข้อ 5.2 จงวาดวงจรขับนี้

5.4 จงคำนวณความเร็วของมอเตอร์เมื่อมี Stepping rate = 40 Hz และ 80 Hz

5.5 จากข้อ 5.4 ให้วาดรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดทั้งสามเฟสและกระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดด้วย เมื่อมี Stepping rate = 40 Hz

5.6 จงคำนวณความต้านทานที่ต่ออนุกรมกับ Diode ให้มี Time constant ตอน Switch OFF ลดลง 10 เท่า