



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
การสอบปลายภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556

วิชา ENE 325 Electromagnetic fields and waves

ภาควิชา วศ.อิเล็กทรอนิกส์ ปีที่ 3 ภาคปกติ

สอบ วันจันทร์ที่ 25 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556

เวลา 9.00-12.00 น.

คำเตือน

1. ข้อสอบวิชานี้มี 5 ข้อ 10 หน้า (รวมใบปะหน้า)
2. ให้ทำทุกข้อลงในข้อสอบ
3. ไม่อนุญาตให้นำเอกสารประกอบการเรียนเข้าห้องสอบ
4. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณได้
5. ให้เขียนชื่อ-นามสกุล และเลขประจำตัวลงในข้อสอบทุกหน้า

เมื่อนักศึกษาทำข้อสอบเสร็จ ต้องยกมือบอกกรรมการคุมสอบ
เพื่อขออนุญาตออกนอกห้องสอบ
ห้ามนักศึกษานำข้อสอบและกระดาษคำตอบออกนอกห้องสอบ

นักศึกษาซึ่งทุจริตในการสอบ อาจถูกพิจารณาโทษสูงสุดให้พ้นสภาพการเป็นนักศึกษา

ชื่อ-สกุล.....รหัสประจำตัว.....

อาจารย์ราชวดี ศิลาพันธ์

ผู้ออกข้อสอบ

โทร 0-2470-9062

ข้อสอบนี้ได้ผ่านการประเมินจากคณะกรรมการประจำภาควิชาแล้ว

รศ.ดร.วุฒิชัย อัสวินชัยโชติ

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม

สูตรคำนวณ

ปริมาณเวกเตอร์ที่แสดงในข้อสอบชุดนี้อยู่ในรูปแบบตัวเข้มทั้งหมด $\mathbf{E} = \vec{E}$

1. Boundary conditions:

1.1 สนามในแนวขนานที่รอยต่อระหว่างตัวกลาง 2 ตัว (tangential fields)

$$\mathbf{E}_{t1} = \mathbf{E}_{t2}$$

$$\mathbf{H}_{t1} - \mathbf{H}_{t2} = \hat{\mathbf{a}}_{12} \times \mathbf{K}$$

โดยที่ $\hat{\mathbf{a}}_{12}$ = เวกเตอร์ 1 หน่วยที่ตั้งฉากกับรอยต่อและพุ่งจากตัวกลาง 1 ไปยัง ตัวกลาง 2

\mathbf{K} = ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่อความยาวหน้าตัด (A/m)

1.2 สนามในแนวตั้งฉากกับรอยต่อระหว่างตัวกลาง 2 ตัว (normal fields)

$$\mathbf{D}_{n1} - \mathbf{D}_{n2} = \rho_s$$

$$\mathbf{B}_{n1} = \mathbf{B}_{n2}$$

โดยที่ ρ_s = ความหนาแน่นประจุเชิงพื้นที่ (C/m²)

2. Ampère's law $\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{L} = NI_{en}$

โดยที่ N = จำนวนรอบของขดลวด (ถ้ามี)

3. ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก $\mathbf{B} = \mu\mathbf{H}$ Tesla

4. ขนาดเส้นแรงแม่เหล็กหรือฟลักซ์แม่เหล็ก $\phi = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}$ Weber

5. Electromotive force (EMF) $emf = -N \frac{d\phi}{dt}$ Volt

6. คาบเวลา $T = \frac{1}{f}$ โดยที่ f = ความถี่ (Hz)

7. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

7.1 กำหนดให้คลื่นเดินทางในทิศ z และสนามไฟฟ้าอยู่ในทิศ x จะได้รูปแบบสนามไฟฟ้า ณ เวลาใดๆ (instantaneous form) $\mathbf{E}(z, t) = E_0 \cos(\omega t - \beta z) \hat{\mathbf{a}}_x$ V/m

7.2 ความเข้มสนามแม่เหล็ก $\mathbf{H} = \frac{1}{\eta} \hat{\mathbf{a}}_\rho \times \mathbf{E}$ A/m

7.3 คุณสมบัติของคลื่นในตัวกลางที่ไม่มีการสูญเสีย

7.3.1 ค่าคงที่ของเฟส $\beta = \omega \sqrt{\mu\epsilon}$ rad/m

7.3.2 ค่าคงที่การลดทอน $\alpha = 0$ Np/m

7.3.3 ความต้านทานคลื่น $\eta = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$ Ω

7.4 ความหนาแน่นกำลังเฉลี่ย $\mathbf{P}_{av} = \frac{1}{2} \text{Re}[\mathbf{E} \times \mathbf{H}^*]$ W/m²

8. ค่าการยอมรับได้ทางไฟฟ้าในตัวกลาง free space $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ F/m

9. ค่าการซึมซับได้ทางแม่เหล็กในตัวกลาง free space $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m

1. Conductors, current, and Magnetism: (23 คะแนน)

(a) ความร้อนมีผลต่อความสามารถในการนำไฟฟ้าของตัวนำอย่างไร (3 คะแนน)

(b) จงอธิบายกระแสการนำ (conduction current) (3 คะแนน)

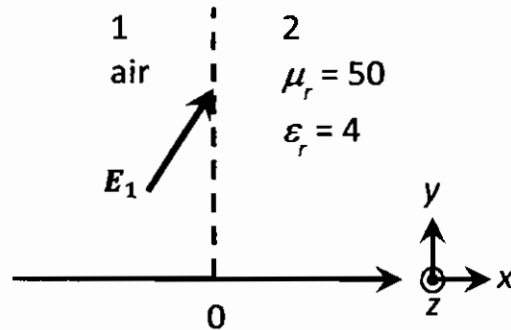
(c) จงอธิบายกระแสการพา (convection current) (3 คะแนน)

(d) จงบอกชื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างน้อย 4 อุปกรณ์ที่ใช้หลักการแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnet) (4 คะแนน)

(e) ประโยคต่อไปนี้ถูกหรือผิด หากข้อใดผิด จงอธิบาย (10 คะแนน)

- 1) แท่งแม่เหล็กกำเนิดสนามแม่เหล็กพุ่งจากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้เสมอ
- 2) หากโลหะเช่น เหล็ก และนิเกิล ถูกนำไปวางในสนามแม่เหล็ก จะได้รับแรงกระทำที่ทำให้ magnetic moment ส่วนใหญ่ในโครงสร้าง ชี้ตามทิศทางของสนามแม่เหล็ก
- 3) หากนำแท่งแม่เหล็กจุ่มในน้ำ แท่งแม่เหล็กจะสูญเสียความเป็นแม่เหล็ก
- 4) เส้นแรงแม่เหล็กมีแรงดึงดูดต่อกัน
- 5) สนามแม่เหล็กเกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าที่มีความเร็วคงที่
- 6) สนามแม่เหล็กโลกมีขั้วเหนืออยู่ที่ขั้วโลกใต้
- 7) เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าเส้นลวดยาว ความเข้มสนามแม่เหล็กจะมีค่าแปรผกผันกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางของเส้นลวด
- 8) ความเข้มสนามแม่เหล็ก ณ ตำแหน่งใดๆ ที่เกิดจากตัวนำกระแสแบบแผ่นที่มีความกว้างยาวอนันต์ จะไม่ขึ้นกับระยะทางระหว่างแผ่นตัวนำและตำแหน่งนั้นๆ
- 9) หากป้อนสนามแม่เหล็กให้กับตัวกลางที่ไม่ใช่อากาศ ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก (B) ในตัวกลางนั้น จะมีค่ามากกว่าที่เกิดขึ้นในอากาศเสมอ
- 10) หากปล่อยกระแสไฟฟ้าขนาดเท่ากันในเส้นลวด 2 เส้น โดยกำหนดให้กระแสในเส้นลวดทั้ง 2 เส้นไหลไปในทิศทางเดียวกัน จะเกิดแรงผลักกันระหว่างเส้นลวด

2. Boundary conditions: คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าใดๆ มีองค์ประกอบสนามไฟฟ้าแบบเฟสเซอร์ $\mathbf{E}_1 = (1\mathbf{a}_x + 2\mathbf{a}_y + 1\mathbf{a}_z)e^{-j\beta x}$ V/m เดินทางจากอากาศ (ตัวกลาง 1) ไปยังชั้นไดอิเล็กตริก (ตัวกลาง 2) ที่มีค่า $\mu_r = 50$ และ $\epsilon_r = 4$ ดังรูป โดยไม่มีประจุหรือกระแสที่รอยต่อ (17 คะแนน)



(a) จงคำนวณความเข้มสนามไฟฟ้า \mathbf{E}_2 ที่ตำแหน่ง $x = 0$ (6 คะแนน)

(b) จงคำนวณความเข้มสนามแม่เหล็ก \mathbf{H}_1 ในตัวกลาง 1 ในรูปแบบเฟสเซอร์ (5 คะแนน)

ชื่อ _____ รหัสนักศึกษา _____ เลขที่นั่งสอบ _____

(c) จงคำนวณความเข้มข้นแม่เหล็ก H_2 ในตัวกลาง 2 ที่ตำแหน่ง $x = 0$ (6 คะแนน)

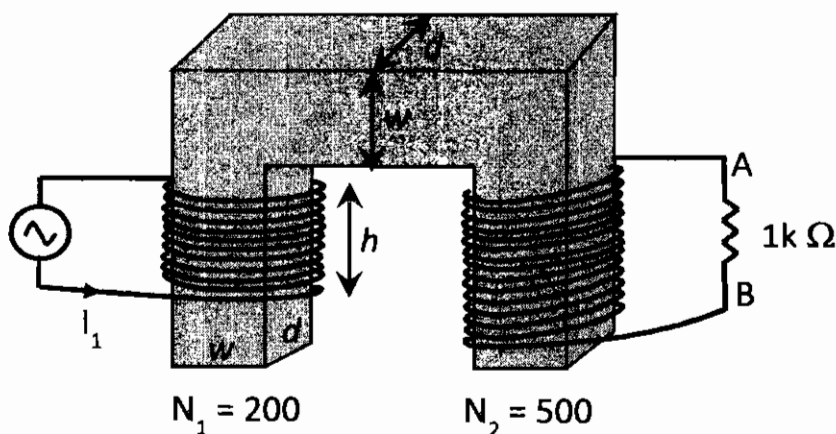
3. Wave and power transmission: จากโจทย์ในข้อ 2 จงตอบคำถามต่อไปนี้ (15 คะแนน)

(a) จงคำนวณความหนาแน่นกำลังคลื่นเฉลี่ย (P_1) ในตัวกลางที่ 1 (5 คะแนน)

(b) จงคำนวณความหนาแน่นกำลังคลื่นเฉลี่ย (P_2) ในตัวกลางที่ 2 (5 คะแนน)

(c) ขนาดของความหนาแน่นกำลังเฉลี่ยในตัวกลางที่ 1 และตัวกลางที่ 2 มีค่าเท่ากันหรือไม่ จงอธิบาย (5 คะแนน)

4. Electromotive force: จากรูป หม้อแปลงมีกระแสขาเข้า $i_1(t) = 0.1\cos(\omega t - 30^\circ)$ A ไหลเข้าที่ขดลวดปฐมภูมิ ซึ่งมีขดลวด $N_1 = 200$ รอบ คิดเป็นความสูง $h = 2$ cm พันรอบแกนแม่เหล็กที่มีค่าความซึมซาบได้ทางแม่เหล็ก $\mu_r = 500$ กำหนดให้สัญญาณขาเข้ามีความถี่ 50 Hz และหม้อแปลงมีหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม $w \times d = 1$ cm \times 1.5 cm จงคำนวณ (25 คะแนน)



(a) ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากฝั่งปฐมภูมิ (7.5 คะแนน)

(b) ค่า EMF ที่ตกคร่อมความต้านทานที่ฝั่งทุติยภูมิ (7.5 คะแนน)

ชื่อ _____ รหัสนักศึกษา _____ เลขที่นั่งสอบ _____

(c) กระแสที่ไหลผ่านความต้านทานที่ฝั่งทุติยภูมิ (5 คะแนน)

(d) ที่เวลา $t = 10 \text{ ms}$ กระแสที่ได้จากข้อ (c) ไหลจากจุด A ไปจุด B หรือไหลจากจุด B ไปจุด A (5 คะแนน)

5. Uniform plane wave (UPW): คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ 1 GHz เดินทางในตัวกลางที่ไม่มีการสูญเสีย ซึ่งมีค่า $\mu_r = 1$ และ $\epsilon_r = 8$ ที่ระยะทาง z พบว่ามีความเข้มสนามไฟฟ้า $\mathbf{E}(z, t) = 2.5\cos(\omega t - 30^\circ)\hat{a}_x$ V/m จงคำนวณ (15 คะแนน)

(a) ระยะ z (5 คะแนน)

(b) ความเข้มสนามแม่เหล็ก $\mathbf{H}(z, t)$ ซึ่งอยู่ในรูปแบบ ณ เวลาใดๆ (instantaneous form) ที่ระยะ z (5 คะแนน)

(c) ความหนาแน่นกำลังเฉลี่ยของคลื่น \mathbf{P}_{av} (5 คะแนน)