



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
การสอบปลายภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557

วิชา ENE 325 Electromagnetic fields and waves

ภาควิชา วศ.อิเล็กทรอนิกส์ฯ ปีที่ 3 ภาคปกติ

สอบ วันศุกร์ที่ 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2557

เวลา 9.00-12.00 น.

คำเตือน

1. ข้อสอบวิชานี้มี 5 ข้อ 11 หน้า (รวมใบปะหน้า)
2. ให้ทำทุกข้อลงในข้อสอบ
3. ไม่อนุญาตให้นำเอกสารประกอบการเรียนเข้าห้องสอบ
4. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณได้
5. ให้เขียนชื่อ-นามสกุล และเลขประจำตัวลงในข้อสอบทุกหน้า

เมื่อนักศึกษาทำข้อสอบเสร็จ ต้องยกมือบอกกรรมการคุมสอบ

เพื่อขออนุญาตออกนอกห้องสอบ

ห้ามนักศึกษานำข้อสอบและกระดาษคำตอบออกนอกห้องสอบ

นักศึกษาซึ่งทุจริตในการสอบ อาจถูกพิจารณาโทษสูงสุดให้พ้นสภาพการเป็นนักศึกษา

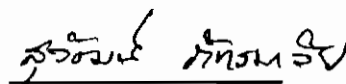
ชื่อ-สกุล.....รหัสประจำตัว.....

อาจารย์ราชวดี ศิลพันธ์

ผู้ออกข้อสอบ

โทร 0-2470-9062

ข้อสอบนี้ได้ผ่านการประเมินจากคณะกรรมการประจำภาควิชาแล้ว



ผศ.ดร.สุวัฒน์ ภัทรมาลย์

รักษาการหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม

สูตรคำนวณ

ปริมาณเวกเตอร์ที่แสดงในข้อสอบชุดนี้อยู่ในรูปแบบตัวเข้มทั้งหมด $E = \vec{E}$

1. Boundary conditions:

1.1 สนามในแนวขนานที่รอยต่อระหว่างตัวกลาง 2 ตัว (tangential fields)

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

1.2 สนามในแนวตั้งฉากกับรอยต่อระหว่างตัวกลาง 2 ตัว (normal fields)

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

โดยที่ \vec{D} = ความหนาแน่นเส้นแรงไฟฟ้า = $\epsilon \vec{E}$ (C/m²)

ρ_s = ความหนาแน่นประจุเชิงพื้นที่ (C/m²)

1.3 ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นเส้นแรงไฟฟ้าในตัวกลางใดๆ

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$$

โดยที่ \vec{P} = โพลาริเซชันทางไฟฟ้า (C/m²)

2. กฎของแอมแปร์ (Ampère's law)

$$2.1 \oint \vec{H} \cdot d\vec{L} = NI_{en}$$

โดยที่ N = จำนวนรอบของขดลวด (ถ้ามี)

$$2.2 \text{ รูปแบบอนุพันธ์ } \nabla \times \vec{H} = \vec{J}$$

โดยที่ \vec{J} = ความหนาแน่นกระแสต่อพื้นที่ (A/m²)

2.3 Curl ในพิกัดทรงกระบอก

$$\nabla \times \vec{u} = \hat{r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial u_z}{\partial \phi} - \frac{\partial u_\phi}{\partial z} \right) + \hat{\phi} \left(\frac{\partial u_r}{\partial z} - \frac{\partial u_z}{\partial r} \right) + \hat{z} \frac{1}{r} \left[\frac{\partial(r u_\phi)}{\partial r} - \frac{\partial u_r}{\partial \phi} \right]$$

$$3. \text{ กระแสและความหนาแน่นกระแส } \int \vec{J} \cdot d\vec{S} = I$$

$$4. \text{ ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก } \vec{B} = \mu \vec{H} \text{ Tesla}$$

$$5. \text{ ความเข้มสนามแม่เหล็กจากแผ่นตัวนำ } \vec{H} = \frac{1}{2} \vec{K} \times \hat{a}_n$$

โดยที่ \vec{K} = ความหนาแน่นกระแสต่อความยาวตัดขวางของแผ่นตัวนำ (A/m)

\hat{a}_n = เวกเตอร์ 1 หน่วยพุ่งจากแผ่นตัวนำไปยังจุดสนใจ

$$6. \text{ แรงแม่เหล็กที่เกิดจากแผ่นตัวนำที่มีกระแสไหลสม่ำเสมอ } \vec{F} = K \vec{S} \times \vec{B}$$

โดยที่ \vec{S} = เวกเตอร์ของพื้นที่ (m²)

7. electromotive force (EMF) สำหรับวงจรที่มีการเคลื่อนที่ได้ในสนามแม่เหล็กคงที่

$$emf = -N \frac{d\phi}{dt} = \oint (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} \text{ Volt}$$

8. คลื่นระนาบเอกรูป (Uniform plane wave)

8.1 กำหนดให้คลื่นเดินทางในทิศ z และสนามแม่เหล็กมี 2 องค์ประกอบอยู่ในทิศ x และ y จะได้

รูปแบบสนามแม่เหล็ก ณ เวลาใดๆ (instantaneous form)

$$\mathbf{H}(x, y, z, t) = (H_{x0}\hat{a}_x + H_{y0}\hat{a}_y)\cos(\omega t - \beta z) \text{ A/m}$$

8.2 ความเข้มสนามไฟฟ้า $\mathbf{E} = -\eta\hat{a}_p \times \mathbf{H}$ V/m

โดยที่ \hat{a}_p = ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น

8.3 คุณสมบัติของคลื่นในตัวกลางที่ไม่มีการสูญเสีย

8.3.1 ค่าคงที่ของเฟส (Phase constant) $\beta = \omega\sqrt{\mu\epsilon}$ rad/m

8.3.2 ค่าคงที่ของการลดทอน (Attenuation constant) $\alpha = 0$ Np/m

8.3.3 ความยาวคลื่น (Wavelength) $\lambda = \frac{2\pi}{\beta}$ m

8.3.4 ความต้านทานของคลื่น (Wave impedance) $\eta = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \Omega$

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

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

ชื่อ _____ รหัสนักศึกษา _____ เลขที่นั่งสอบ _____

1. Electric boundary conditions: สนามไฟฟ้า $\mathbf{E}_1 = 80\hat{a}_x - 50\hat{a}_y - 30\hat{a}_z$ V/m เดินทางจากตัวกลางไดอิเล็กทริก 1 ไปยังตัวกลางไดอิเล็กทริก 2 โดยมีเส้นแบ่งอยู่ที่ตำแหน่ง $x=0$ กำหนดให้ตัวกลางที่ 1 อยู่ที่ $x > 0$ และมีค่า $\epsilon_{r1}=2$ ตัวกลางที่ 2 อยู่ที่ $x < 0$ และมีค่า $\epsilon_{r2}=5$ จงคำนวณ (20 คะแนน)

(a) E_{N1} and \mathbf{E}_{t1} (5 คะแนน)

(b) มุม θ_1 ที่สนามไฟฟ้า \mathbf{E}_1 ทำกับแนวตั้งฉากกับรอยต่อ (5 คะแนน)

ชื่อ _____ รหัสนักศึกษา _____ เลขที่นั่งสอบ _____

(c) D_2 (5 คะแนน)

(d) P_2 (5 คะแนน)

ชื่อ _____ รหัสนักศึกษา _____ เลขที่นั่งสอบ _____

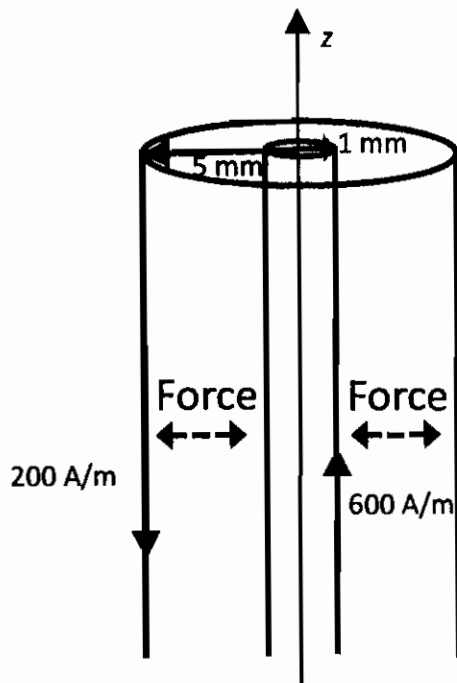
2. Magnetic field intensity: กำหนดให้ $\mathbf{H} = 20\rho^2\hat{a}_\phi$ A/m (20 คะแนน)

(a) คำนวณค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า \mathbf{J} (7.5 คะแนน)

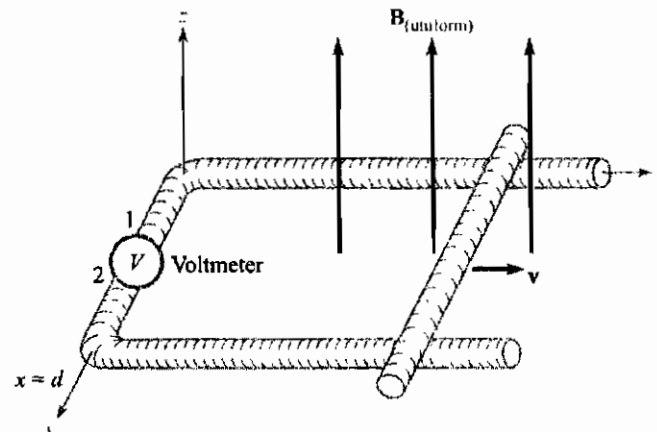
(b) อินทิเกรตค่า \mathbf{J} ในพื้นที่วงกลมที่มีขอบเขตดังนี้ $\rho \leq 1$ $0 < \phi < 2\pi$ และ $z = 0$ เพื่อให้ได้ค่ากระแสรวมที่ไหลผ่านพื้นผิวนี้ในทิศทาง \hat{a}_z (5 คะแนน)

(c) คำนวณค่ากระแสรวม แต่คราวนี้ให้ใช้กฎของแอมแปร์ รอบเส้นทางวงกลม $\rho = 1$ $0 < \phi < 2\pi$ $z = 0$ (7.5 คะแนน)

3. Magnetic force: ฝิวตัวนำทรงกระบอกรัศมี $\rho = 5 \text{ mm}$ มีความหนาแน่นกระแส $-200\hat{a}_z \text{ A/m}$ ฝิวตัวนำทรงกระบอกนี้ครอบตัวนำทรงกระบอกเล็กที่มีรัศมี $\rho = 1 \text{ mm}$ ซึ่งมีความหนาแน่นกระแส $+600\hat{a}_z \text{ A/m}$ จงคำนวณขนาดของแรงต่อความยาวของทรงกระบอก (N/m) ที่ต้องใช้ในการผลักทรงกระบอกออกจากกัน (20 คะแนน)



4. Electromotive force: จากรูปบาร์เคลื่อนที่ในวงจรปิดด้านล่าง โดยวงจรปิดมีความกว้าง $d = 7 \text{ cm}$ ตั้งอยู่ในสนามแม่เหล็ก $\mathbf{B} = 0.3\hat{a}_z \text{ T}$ และความเร็วในการเคลื่อนที่ของบาร์เป็นฟังก์ชันของระยะทาง $x = 0.1e^{20y}\hat{a}_y \text{ m/s}$ กำหนดให้ที่เวลา $t = 0$ บาร์อยู่ที่ตำแหน่ง $y = 0$ จงคำนวณ (20 คะแนน)



(a) ความเร็วของบาร์ v ที่เวลา $t = 0 \text{ s}$ (5 คะแนน)

(b) ระยะทางตามแกน y ที่บาร์เคลื่อนที่ไปถึง ที่เวลา $t = 0.1 \text{ s}$ (5 คะแนน)

ชื่อ _____ รหัสนักศึกษา _____ เลขที่นั่งสอบ _____

(c) ความเร็วของบาร์ v ที่เวลา $t = 0.1$ s (5 คะแนน)

(d) ค่า emf V_{12} ที่เวลา $t = 0.1$ s (5 คะแนน)

ชื่อ _____ รหัสนักศึกษา _____ เลขที่นั่งสอบ _____

5. Uniform plane wave (UPW): คลื่นระนาบเอกรูปความถี่ 400 MHz เดินทางในตัวกลางที่ไม่มีการสูญเสีย มีองค์ประกอบความเข้มสนามแม่เหล็กในรูปแบบเฟสเซอร์ $\mathbf{H}^s = (1\hat{a}_y - 5\hat{a}_z)e^{-j20x}$ A/m กำหนดให้ขนาดสูงสุดขององค์ประกอบสนามไฟฟ้าของคลื่นนี้มีค่า 1,000 V/m จงคำนวณ

(a) β (4 คะแนน)

(b) η (4 คะแนน)

(c) ϵ_r (4 คะแนน)

ชื่อ _____ รหัสนักศึกษา _____ เลขที่นั่งสอบ _____

(d) μ (4 คะแนน)

(e) $H(x, y, z, t)$ (4 คะแนน)