



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
การสอบปลายภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555

วิชา ENE 325 Electromagnetic fields and waves

ภาควิชา วศ.อิเล็กทรอนิกส์ฯ ปีที่ 3 ปกติ

สอบ วันพุธที่ 12 ธันวาคม พ.ศ. 2555

เวลา 13.00-16.00 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. 02-470- 9062

ข้อสอบนี้ได้ผ่านการประเมินจากคณะกรรมการประจำภาควิชาแล้ว

ผศ.ดร.วุฒิชัย อัสวินชัยโชติ

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม

## สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

## Magnetostatics

1. Ampere's law:  $\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = I$
2. Magnetic flux density,  $B$  และ Magnetic field intensity,  $H$ :  $\vec{B} = \mu \vec{H}$  Tesla
3. Magnetic permeability  $\mu = \mu_r \mu_0$

## Force on the uniform current carrying conductor

1.  $\vec{F} = I \vec{L} \times \vec{B}$  N
- โดยที่  $I$  = กระแส (A)  
 $\vec{L}$  = ความยาวของตัวนำ (m)

## Magnetic boundary conditions:

1. สำหรับองค์ประกอบตั้งฉาก  $B_{n1} = B_{n2}$
2. สำหรับองค์ประกอบขนาน  $(\vec{H}_1 - \vec{H}_2) \times \hat{a}_{n12} = \vec{K}$  โดยที่  $\hat{a}_{n12}$  = เวกเตอร์หนึ่งหน่วยที่พุ่งตั้งฉากจากตัวกลาง 1 ไปยังตัวกลาง 2 และ  $\vec{K}$  = ความหนาแน่นกระแสที่รอยต่อ (A/m)

## Dynamic fields

จาก Faraday's law:  $emf = -\frac{d\phi}{dt}$

1. Transformer emf:  $emf = -\int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$  V
2. Motional emf:  $emf = \oint (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$  V
3. Total emf:  $emf = -\int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S} + \oint (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$  V

## Uniform Plane Wave

1. ตัวอย่างรูปแบบของคลื่นเดินทางในทิศ  $\hat{a}_z$  และสนามไฟฟ้าอยู่ในทิศ  $\hat{a}_x$  ในตัวกลางใดๆ:
 

ขณะเวลาใดๆ (Instantaneous form)  $\vec{E}(z, t) = E_0 e^{-\alpha z} \cos(\omega t - \beta z) \hat{a}_x$  V/m

เฟสเซอร์ (Phasor)  $\vec{E}(z) = E_0 e^{-\alpha z} e^{-j\beta z} \hat{a}_x$  V/m
2. คุณสมบัติของคลื่นในตัวกลางที่ไม่มีการสูญเสีย
  - 2.1 ค่าคงที่การลดทอน  $\alpha = 0$  Np/m
  - 2.2 ค่าคงที่ของเฟส  $\beta = \omega \sqrt{\mu \epsilon}$  rad/m
  - 2.3 ความยาวคลื่น  $\lambda = \frac{2\pi}{\beta}$  m
  - 2.4 ความเร็วเฟสของคลื่น  $v_p = \frac{\omega}{\beta}$  m/s
  - 2.5 ความต้านทานของคลื่น  $\eta = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$   $\Omega$

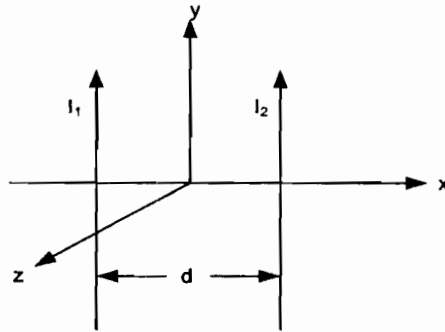
3. ความสัมพันธ์ระหว่าง  $\vec{E}$  (V/m) และ  $\vec{H}$  (A/m),  $\vec{H} = \frac{1}{\eta} \hat{a}_\rho \times \vec{E}$ ;  $\hat{a}_\rho$  = ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น

ค่าคงที่

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$$

1. Ampere's law and Magnetic force: เส้นลวดนำกระแสความยาวเท่ากันจำนวน 2 เส้นดั่งรูป เส้นที่ 1 นำกระแส  $I_1 = I_0 \cos \omega t$  A เส้นที่ 2 นำกระแส  $I_2 = I_0 \cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$  A กำหนดให้กระแสทั้ง 2 เส้นไหลในทิศทาง  $\hat{a}_y$  และเส้นลวดมีความยาว  $l$  m จงคำนวณ (20 คะแนน)



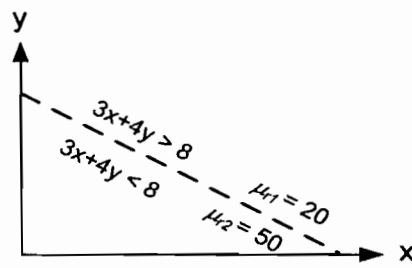
a) ผลรวมของแรงแม่เหล็กในรูปแบบเวกเตอร์ (15 คะแนน)

ชื่อ \_\_\_\_\_ รหัสประจำตัว \_\_\_\_\_ เลขที่นั่งสอบ \_\_\_\_\_

b) จงวาดกราฟขนาดของแรงแม่เหล็กในเทอมของเวลา  $t$  ตั้งแต่  $t = 0$ - $5$  ms โดยให้  $\omega = 200\pi$  rad/s  
(5 คะแนน)

2. Magnetic properties: จงบอกชนิดแม่เหล็กมาอย่างน้อย 4 ชนิด อธิบายลักษณะของไดโพลโมเมนต์ของแม่เหล็กแต่ละชนิดและการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับสนามแม่เหล็กจากภายนอก (20 คะแนน)

3. Magnetic boundary conditions: รอยต่อระหว่างสารแม่เหล็ก 2 ชนิด แสดงดังรูป กำหนดให้ สนามแม่เหล็กที่ตกกระทบบรอยต่อในตัวกลางที่ 1 มีค่า  $\vec{H}_1 = -2\hat{a}_y \text{ A/m}$  จงคำนวณ (25 คะแนน)



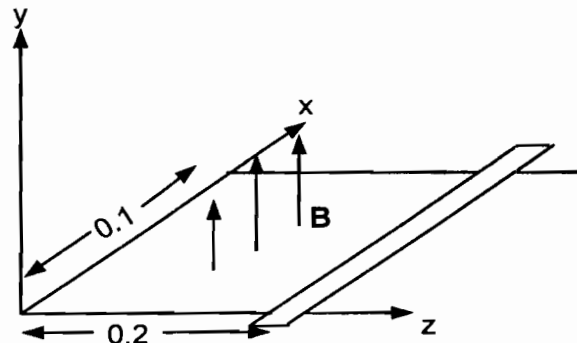
a) ขนาดของความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กในแนวขนาน  $B_t$  และในแนวตั้งฉาก  $B_n$  กับรอยต่อ ในตัวกลางที่ 1 (10 คะแนน)

b) ขนาดของความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กในตัวกลางที่ 2 (10 คะแนน)

c) มุม  $\theta_2$  ที่สนามแม่เหล็กในตัวกลางที่ 2 ทำกับแนวตั้งฉากกับรอยต่อ (5 คะแนน)



4. Time varying fields: กำหนดให้ตัวนำรูปสี่เหลี่ยมมีด้านหนึ่งเป็นแท่งซึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้ ตั้งอยู่ในสนามแม่เหล็ก  $\vec{B} = 0.5 \sin(1000t) \hat{a}_y$  T ดังรูป จงคำนวณ (20 คะแนน)



a) ค่า emf ณ ตำแหน่งเริ่มต้น  $z = 0.2$  m เมื่อแท่งตัวนำติดอยู่กับที่ (10 คะแนน)

b) ค่า emf เมื่อแท่งตัวนำเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว  $\vec{v} = 200 \hat{a}_z$  m/s (10 คะแนน)

5. Uniform Plane Wave: คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ 3 GHz เคลื่อนที่ตามแกน  $y$  ในตัวกลางที่ไม่มีการสูญเสีย โดยมีขนาดความเข้มของสนามไฟฟ้าเท่ากับ 10 V/m กำหนดให้ตัวกลางมีค่า  $\mu_r = 1$  และ  $\epsilon_r = 4$  จงคำนวณ (15 คะแนน)

a) เวกเตอร์สนามไฟฟ้าในรูปแบบขณะเวลาใดๆ (instantaneous form) (5 คะแนน)

b) ความยาวคลื่น ( $\lambda$ ) และความเร็วคลื่น ( $v_p$ ) (5 คะแนน)

c) เวกเตอร์สนามแม่เหล็กในรูปแบบเฟสเซอร์ (phasor form) (5 คะแนน)