



เรื่องที่ 2 วงจรแม่เหล็ก

จุดประสงค์

หลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว ต้องสามารถ

1. บอกความหมายของวงจรแม่เหล็กได้
2. บอกส่วนประกอบของวงจรแม่เหล็กได้
3. อธิบายคุณลักษณะของค่าแรงดันแม่เหล็กได้
4. อธิบายคุณลักษณะของค่าความซึมสนามแม่เหล็กได้
5. อธิบายคุณลักษณะของค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กได้
6. อธิบายคุณลักษณะของค่าฟลักซ์แม่เหล็กได้

ครูวชิระ สุขมหา



เรื่องที่ 2 วงจรแม่เหล็ก

จุดประสงค์

หลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว ต้องสามารถ

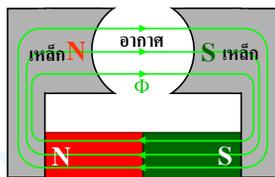
7. อธิบายคุณลักษณะของค่าความซึมซาบแม่เหล็กได้
8. อธิบายคุณลักษณะของค่าความต้านทานแม่เหล็กได้
9. เขียนวงจรสมมูลย์ทางแม่เหล็กได้
10. คำนวณค่าฟลักซ์แม่เหล็กในวงจรแม่เหล็กได้
11. อธิบายคุณลักษณะของ B-H Curve ได้

ครูวชิระ สุขมหา

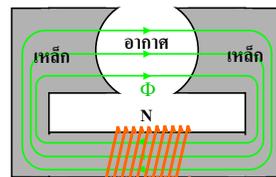


เรื่องที่ 2 วงจรแม่เหล็ก

วงจรแม่เหล็ก หมายถึง เส้นทางที่ฟลักซ์แม่เหล็กเดินทางผ่านวัสดุชนิดต่างๆ อย่างครบวงจร โดยฟลักซ์แม่เหล็กอาจสร้างจากแม่เหล็กถาวรหรือขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า



ฟลักซ์แม่เหล็กสร้างโดยแม่เหล็กถาวร และเดินทางผ่านเหล็กและอากาศ



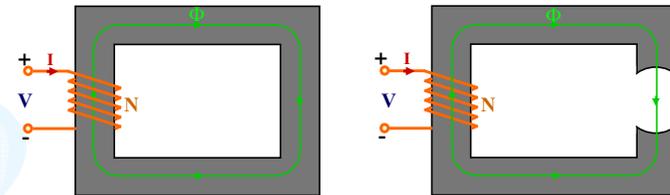
ฟลักซ์แม่เหล็กสร้างโดยแม่เหล็กไฟฟ้า และเดินทางผ่านเหล็กและอากาศ

ครูวชิระ สุขมหา



วงจรแม่เหล็กไฟฟ้า

1. ส่วนประกอบของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า



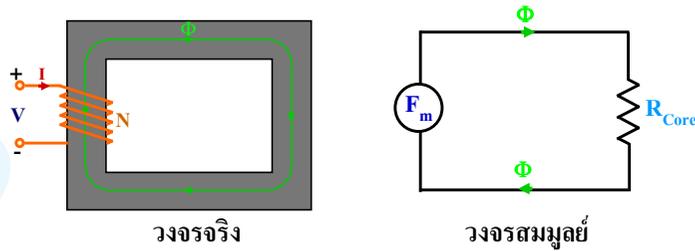
วงจรแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบด้วยขดลวดพันรอบแกนเป็นจำนวนรอบ (N) จำนวนหนึ่ง โดยขดลวดมีกระแสไฟฟ้า (I) ไหลผ่าน เพื่อกำเนิดแรงดันแม่เหล็ก (F_m) สำหรับสร้างฟลักซ์แม่เหล็ก (Φ) ให้เกิดขึ้นในแกน (Core) ของขดลวด ซึ่งอาจจะเป็นแกนเหล็กทั้งหมดหรือเป็นแกนเหล็กต่ออนุกรมอยู่กับอากาศ

ครูวชิระ สุขมหา

2. วงจรจริงและวงจรสมมูลย์ของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า



2.1 วงจรแม่เหล็ก ที่ประกอบด้วยแกนเหล็กทั้งหมด



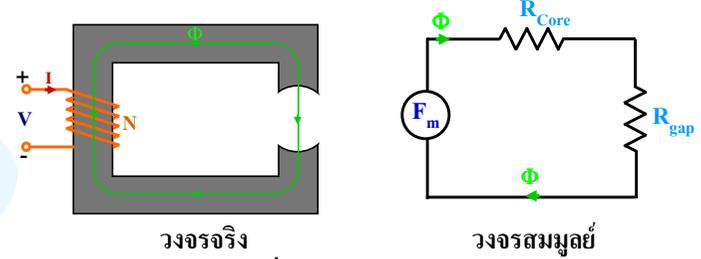
แกนของขดลวดที่เป็นแกนเหล็ก จะมีค่าความต้านทานแม่เหล็กต่ำ และเขียนวงจรสมมูลย์ได้เช่นเดียวกับวงจรไฟฟ้า โดยมีแรงดันแม่เหล็ก (F_m) เป็นแหล่งจ่าย ความต้านทานแม่เหล็กของแกนเหล็ก (R_{Core}) เป็นความต้านทานของวงจร และมีฟลักซ์แม่เหล็ก (Φ) เดินทางในวงจร

ครูวชิระ สุขมหา

2. วงจรจริงและวงจรสมมูลย์ของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า



2.2 วงจรแม่เหล็ก ที่ประกอบด้วยแกนเหล็กและช่องอากาศ



แกนของขดลวด ส่วนที่เป็นแกนเหล็กจะมีค่าความต้านทานแม่เหล็กต่ำ ส่วนที่เป็นช่องอากาศจะมีค่าความต้านทานแม่เหล็กสูงมาก และเขียนวงจรสมมูลย์ได้ โดยมีแรงดันแม่เหล็ก (F_m) เป็นแหล่งจ่าย ความต้านทานแม่เหล็กของแกนเหล็ก (R_{Core}) และความต้านทานแม่เหล็กของช่องอากาศ (R_{gap}) ต่อกันเป็นอนุกรมกัน เป็นความต้านทานของวงจร และมีฟลักซ์แม่เหล็ก (Φ) เดินทางในวงจร

ครูวชิระ สุขมหา

3. การทำงานของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า



วงจรแม่เหล็ก มีกระบวนการทำงานดังนี้



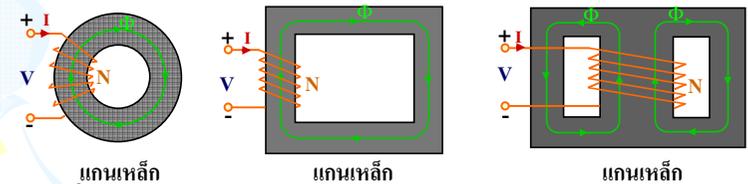
ครูวชิระ สุขมหา

3. การทำงานของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า



3.1 แรงดันแม่เหล็ก (Magnetomotive Force , m.m.f)

แรงดันแม่เหล็ก หมายถึง แรงที่ใช้ขับเคลื่อนฟลักซ์แม่เหล็ก (Φ) ให้เดินทางเป็นวงรอบปิดในวงจรแม่เหล็ก (Magnetic Circuits)



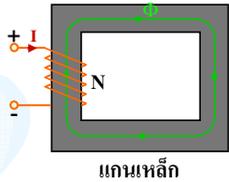
เมื่อมีกระแสไฟตรงหรือกระแสไฟสลับไหลผ่านขดลวด ขดลวดจะมีอำนาจแม่เหล็ก และสร้างแรงดันแม่เหล็กเพื่อใช้ขับเคลื่อนฟลักซ์แม่เหล็กให้เดินทางในแกน (Core) เป็นวงรอบปิด ซึ่งอาจมีวงรอบปิดเดียวหรือหลายวงรอบปิด

ครูวชิระ สุขมหา

3. การทำงานของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า



3.1 แรงดันแม่เหล็ก (Magnetomotive Force , m.m.f.)



สัญลักษณ์ : F_m

หน่วย : แอมแปร์เทิร์น [Ampere turn , At]

หรือ แอมแปร์ [Ampere : A]

สูตร : $F_m = I \times N$ [At]

F_m = แรงดันแม่เหล็ก [At, A]

I = กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด [A]

N = จำนวนรอบของขดลวด [t]

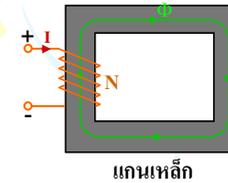
ครูวชิระ สุขมหา

3. การทำงานของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า



3.1 แรงดันแม่เหล็ก (Magnetomotive Fore , m.m.f.)

ตัวอย่าง 1 จงหาค่าแรงดันแม่เหล็ก ที่สร้างโดยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า โดยมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด 2 แอมแปร์ และขดลวดมีจำนวนรอบ 250 รอบ



สูตร : $F_m = I \times N$

$I = 2$ A

$N = 250$ t

$F_m = 2 \text{ A} \times 250 \text{ t} = 500 \text{ At}$

ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า ก่อเกิดแรงดันแม่เหล็ก มีค่า 500 At

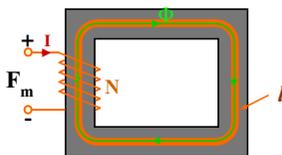
ครูวชิระ สุขมหา

3. การทำงานของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า



3.2 ความเข้มสนามแม่เหล็กในแกนของขดลวด

แรงดันแม่เหล็ก จะกำหนดความเข้มสนามแม่เหล็กในแกนเหล็ก โดยความเข้มสนามแม่เหล็ก ณ จุดๆ หนึ่งในวงจรแม่เหล็ก มีค่าแปรผันตรงกับแรงดันแม่เหล็ก (F_m) และมีค่าผกผันกับความยาวเส้นทางเดินของฟลักซ์แม่เหล็ก (l)



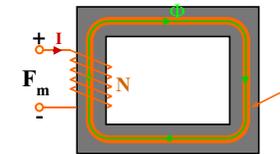
วงจรจริง

ครูวชิระ สุขมหา

3. การทำงานของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า



3.2 ความเข้มสนามแม่เหล็กในแกนของขดลวด



วงจรจริง

H = ความเข้มสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field Strength) หน่วย [At / m]

$$H = \frac{\text{แรงดันแม่เหล็ก } (F_m)}{\text{ความยาวทางเดินฟลักซ์แม่เหล็ก } (l)}$$

$$H = \frac{(I \times N)}{l} \quad [\text{At} / \text{m}]$$

ครูวชิระ สุขมหา

3. การทำงานของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า

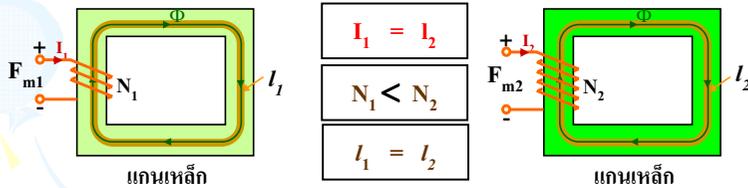


3.2 ความเข้มสนามแม่เหล็กในแกนของขดลวด

การเปรียบเทียบค่าความเข้มสนามแม่เหล็กของวงจรแม่เหล็ก

วงจรแม่เหล็ก 1

วงจรแม่เหล็ก 2



$$\begin{aligned} I_1 &= I_2 \\ N_1 &< N_2 \\ l_1 &= l_2 \end{aligned}$$

$$(I_1 \times N_1) / l_1 < (I_2 \times N_2) / l_2$$

$$H_1 < H_2$$

ครูวชิระ สุขมหา

3. การทำงานของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า

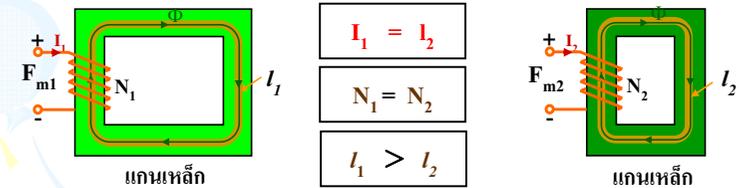


3.2 ความเข้มสนามแม่เหล็กในแกนของขดลวด

การเปรียบเทียบค่าความเข้มสนามแม่เหล็กของวงจรแม่เหล็ก

วงจรแม่เหล็ก 1

วงจรแม่เหล็ก 2



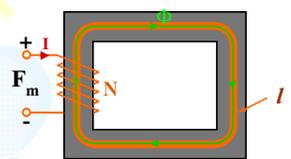
$$\begin{aligned} I_1 &= I_2 \\ N_1 &= N_2 \\ l_1 &> l_2 \end{aligned}$$

$$(I_1 \times N_1) / l_1 < (I_2 \times N_2) / l_2$$

$$H_1 < H_2$$

ครูวชิระ สุขมหา

ตัวอย่าง 2 จงหาค่าความเข้มสนามแม่เหล็กในแกนเหล็ก ที่สร้างโดยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าจำนวน 500 รอบ โดยขดลวดมีกระแสไหลผ่าน 2 A และแกนเหล็กมีความยาวเฉลี่ย 20 cm



สูตร : $H = IN / l$

$$\begin{aligned} I &= 2 && \text{A} \\ N &= 500 && \text{turn} \\ l &= 20 \times 10^{-2} && \text{m} \end{aligned}$$

$$H = \frac{2 \text{ A} \times 500 \text{ t}}{(20 \times 10^{-2}) \text{ m}}$$

ในแกนเหล็กมีความเข้มสนามแม่เหล็ก = 5,000 [At / m]

ครูวชิระ สุขมหา

3. การทำงานของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า



3.3 ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (Magnetic Flux Density)

ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก ในแกนขดลวด ที่สร้างโดยแรงดันแม่เหล็ก มีค่าแปรผันโดยตรงกับค่าความซึมซาบแม่เหล็กและความเข้มสนามแม่เหล็ก

$$B = \mu H$$

B = ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (Weber/m² , Tesla)

μ = ค่าความซึมซาบแม่เหล็ก (Weber/A.m)

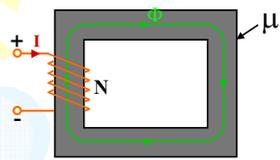
H = ความเข้มสนามแม่เหล็กแม่เหล็ก (At/m)

ครูวชิระ สุขมหา

ค่าความซึมซาบแม่เหล็ก (Permeability)



ค่าความซึมซาบแม่เหล็ก หมายถึง ค่าที่ยินยอมให้ฟลักซ์ผ่านได้



สัญลักษณ์ : μ

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

μ = ค่าความซึมซาบแม่เหล็กสัมบูรณ์ (Absolute Permeability)

[Wb/A.m , V.s /A.m , henry/m]

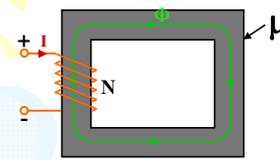
$$\begin{aligned} \mu_0 &= \text{ค่าความซึมซาบแม่เหล็กของสุญญากาศ} \\ & \text{(Permeability of Free space or Vacuum)} \\ &= 4\pi \times 10^{-7} = 1.257 \times 10^{-6} \text{ [Wb/A.m , V.s /A.m , henry/m]} \end{aligned}$$

ครูวิชระ สุขมหา

ค่าความซึมซาบแม่เหล็ก (Permeability)



ค่าความซึมซาบแม่เหล็ก หมายถึง ค่าที่ยินยอมให้ฟลักซ์ผ่านได้



สัญลักษณ์ : μ

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

μ_r = ค่าความซึมซาบแม่เหล็กสัมพัทธ์ (Relative Permeability)
เป็นค่าการยินยอมให้ฟลักซ์แม่เหล็กผ่านได้ของวัสดุแม่เหล็กชนิดต่างๆ มีหน่วยเป็น 1

$$\mu_r \text{ (อากาศ) } \approx 1.0$$

$$\mu_r \text{ (silicon steel) } \approx 40000$$

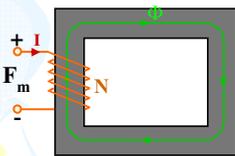
$$\mu_r \text{ (Iron 99.8 \%) } \approx 5000$$

ครูวิชระ สุขมหา

3. การทำงานของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า



ตัวอย่าง 3 จงหาค่าความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็กในแกนเหล็ก ที่มีค่าความซึมสนามแม่เหล็ก 2,000 At/ m โดยค่าความซึมซาบแม่เหล็กสัมพัทธ์ของแกนเหล็ก มีค่า 400



สูตร : $B = \mu H$

$$\mu_r = 400$$

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

$$H = 2,000 \text{ At/m}$$

$$B = \mu_0 \times \mu_r \times H = 4\pi \times 10^{-7} \times 400 \times 2,000$$

$$B = 1.0 \text{ Wb/m}^2$$

ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กในแกนเหล็ก 1.0 Wb/m²

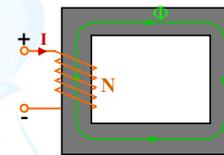
ครูวิชระ สุขมหา

3. การทำงานของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า



3.4 ฟลักซ์แม่เหล็ก (Magnetic Flux)

ฟลักซ์แม่เหล็ก หมายถึง เส้นแรง (Line of force) ที่แสดงอำนาจแม่เหล็ก บางครั้งเรียกว่า เส้นแรงแม่เหล็ก



แกนเหล็ก

สัญลักษณ์ : Φ

หน่วย : เวเบอร์ (Weber , Wb)

ฟลักซ์แม่เหล็ก 1 Wb

หมายถึง ฟลักซ์แม่เหล็กที่คล้องขดลวด จำนวน 1 รอบ แล้วทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 โวลต์ เมื่อฟลักซ์แม่เหล็กถูกทำให้เปลี่ยนแปลงในอัตราสม่ำเสมอเป็นเวลา 1 วินาที

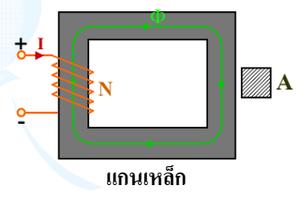
ครูวิชระ สุขมหา

3. การทำงานของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า



3.4 ฟลักซ์แม่เหล็ก (Magnetic Flux)

ฟลักซ์แม่เหล็ก มีค่าแปรผันตรงกับความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก และพื้นที่หน้าตัดของแกนขดลวด



$$\Phi = B \times A \quad (\text{Wb/m}^2) \times \text{m}^2$$

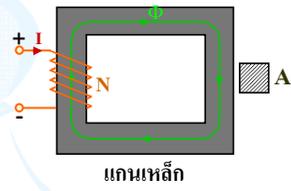
หน่วย : เวเบอร์ (Weber, Wb)

ครูวชิระ สุขมหา

3. การทำงานของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า



ตัวอย่าง 4 ถ้าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก $B = 0.8 \text{ Wb/m}^2$ และพื้นที่ที่ฟลักซ์แม่เหล็กเดินทางผ่าน $A = 100 \text{ cm}^2$ จงคำนวณหาฟลักซ์แม่เหล็ก Φ



$$\Phi = B \times A$$

$$B = 0.8 \quad \text{Wb/m}^2$$

$$A = 100 \times 10^{-4} \quad \text{m}^2$$

$$\Phi = 0.8 \times 100 \times 10^{-4}$$

$$\Phi = 8 \times 10^{-3} = 8 \text{ mWb}$$

ครูวชิระ สุขมหา

3. การทำงานของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า

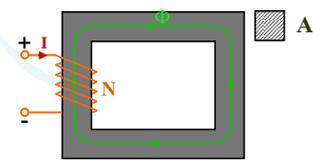


จาก $\Phi = B \times A$

ดังนั้น $B = \Phi / A$ (Weber/m², Tesla)

นั่นคือ

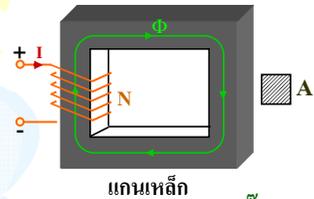
ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก อาจหมายถึง จำนวนฟลักซ์แม่เหล็กต่อพื้นที่ ที่ฟลักซ์แม่เหล็กเดินทางผ่าน



เมื่อฟลักซ์แม่เหล็กเดินทางผ่านพื้นที่หน้าตัดของแกน จะเกิดค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กในแกนของขดลวด

ครูวชิระ สุขมหา

ตัวอย่าง 5 จงหาค่าความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็กในแกนเหล็ก เมื่อฟลักซ์แม่เหล็ก มีค่า $320 \mu\text{Wb}$ เดินทางผ่านพื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก ขนาด 4 cm^2



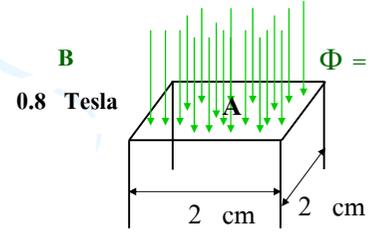
สูตร : $B = \Phi / A$

$$\Phi = 320 \times 10^{-6} \quad \text{Wb}$$

$$A = 4 \times 10^{-4} \quad \text{m}^2$$

$$B = 320 \times 10^{-6} / 4 \times 10^{-4}$$

ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก มีค่า $0.8 \quad \text{Wb/m}^2$



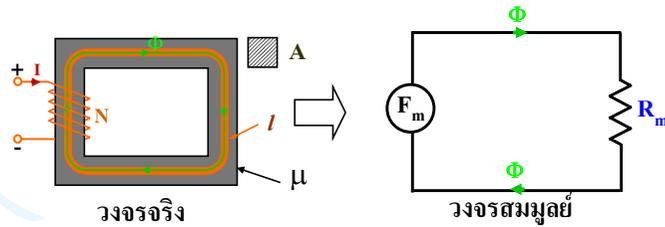
ครูวชิระ สุขมหา

3. การทำงานของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า



3.5 ค่าความต้านทานแม่เหล็ก (Reluctance)

ค่าความต้านทานแม่เหล็ก หมายถึง ค่าที่จำกัดปริมาณฟลักซ์แม่เหล็กในวงจรแม่เหล็ก



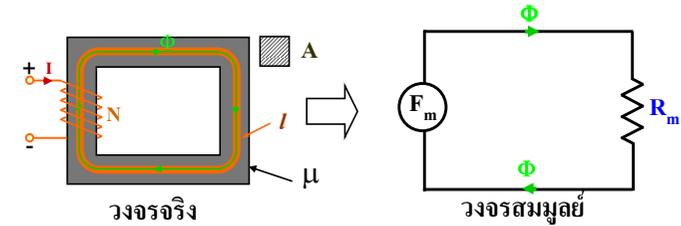
$R_m =$ ความต้านทานแม่เหล็ก (Reluctance) หน่วย [At / Wb]

ครูวชิระ สุขมหา

3. การทำงานของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า



3.5 ค่าความต้านทานแม่เหล็ก (Reluctance)



$$R_m = \frac{\text{ความยาวทางเดินฟลักซ์แม่เหล็ก (l)}}{\text{ความซึมซาบแม่เหล็ก (\mu) \times \text{พื้นที่หน้าตัดของแกน (A)}}$$

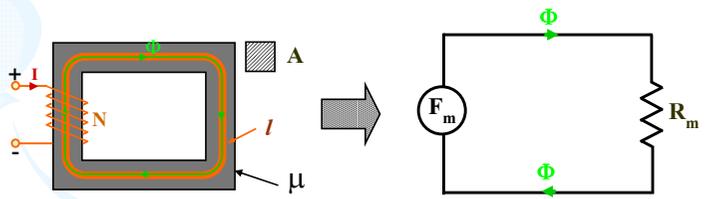
ครูวชิระ สุขมหา

3. การทำงานของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า



3.5 ค่าความต้านทานแม่เหล็ก (Reluctance)

$$R_m = l / (\mu A) \quad [\text{At / Wb}]$$



- $R_m \sim l$ [m]
- $R_m \sim 1 / \mu$ [1 / (Wb/At.m)]
- $R_m \sim 1 / A$ [1 / m²]

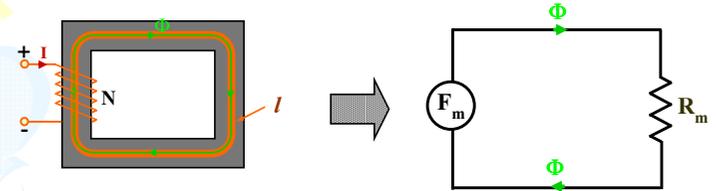
ครูวชิระ สุขมหา

3. การทำงานของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า



3.5 ค่าความต้านทานแม่เหล็ก (Reluctance)

1 ค่าความต้านทาน แปรผันตามความยาวทางเดินฟลักซ์แม่เหล็ก



l มีค่ามาก นั่นคือ อนุของแกนเหล็กหรือโดเมนแม่เหล็กที่วางตัวระเกะระกะ จะมีมาก ทำให้มีโดเมนที่วางตัวไม่เป็นระเบียบมีมากขึ้นกว่าขณะที่ l มีค่าน้อย ทำให้แกนเหล็กแสดงอำนาจแม่เหล็กออกมาน้อยลง หรือเป็นการจำกัดปริมาณของ Φ ให้มีค่าน้อยลง นั่นคือ หากฟลักซ์แม่เหล็กเดินทางยาว ความต้านทานแม่เหล็ก จะมีค่ามาก

$$R_m \sim l$$

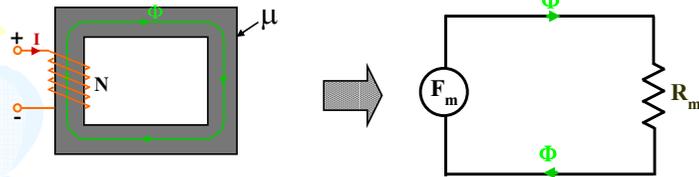
ครูวชิระ สุขมหา

3. การทำงานของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า



3.5 ค่าความต้านทานแม่เหล็ก (Reluctance)

2) ค่าความต้านทาน แปรผกผันกับค่าความซึมซาบแม่เหล็ก



μ คือ ค่าความซึมซาบแม่เหล็ก เมื่อ μ มีค่ามาก นั่นคือ โดเมนแม่เหล็กถูกเหนี่ยวนำให้วางตัวเป็นระเบียบได้มาก แกนเหล็กจึงแสดงอำนาจแม่เหล็กออกมาได้มาก ค่านี้จึงเป็นค่าการยินยอมให้ Φ ผ่านได้ นั่นคือ หาก μ มีค่ามาก ความต้านทานแม่เหล็ก จะมีค่าน้อยลง

$$R_m \sim 1/\mu$$

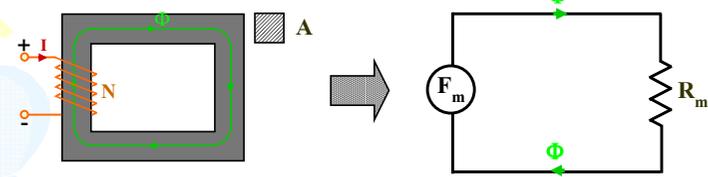
ครูวชิระ สุขมหา

3. การทำงานของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า



3.5 ค่าความต้านทานแม่เหล็ก (Reluctance)

3) ค่าความต้านทาน แปรผกผันกับพื้นที่หน้าตัดของแกนขดลวด



A เป็นพื้นที่หน้าตัดของแกนขดลวด เมื่อ (A) มีค่ามาก นั่นคือ โดเมนแม่เหล็กต่อพื้นที่ จะมีมากทำให้สามารถเหนี่ยวนำแม่เหล็กได้มาก แกนของขดลวดจึงแสดงอำนาจแม่เหล็กออกมาได้มาก นั่นคือ หาก A มีค่ามาก ความต้านทานแม่เหล็กจะมีค่าน้อยลง

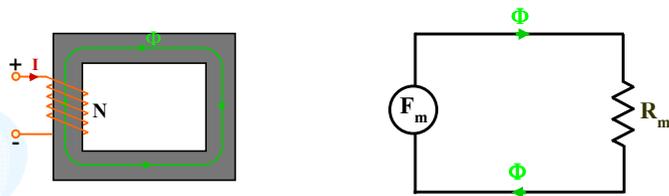
$$R_m \sim 1/A$$

ครูวชิระ สุขมหา

3. การทำงานของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า



3.5 ค่าความต้านทานแม่เหล็ก (Reluctance)



หรือ

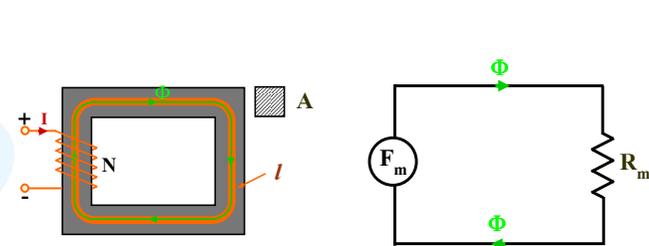
$$R_m = F_m / \Phi \quad [\text{At/Wb}]$$

ครูวชิระ สุขมหา

3.6 การคำนวณหาฟลักซ์แม่เหล็ก ในวงจรแม่เหล็ก



1) แกนเหล็กไม่มีช่องอากาศ

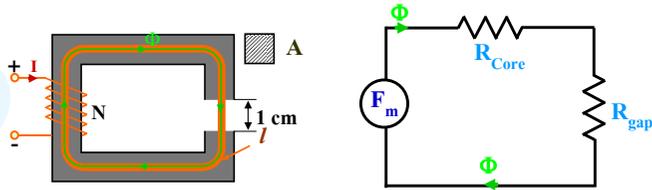


ความต้านทานแม่เหล็กในวงจร มีเพียงความต้านทานของแกนเหล็ก

ครูวชิระ สุขมหา

3.6 การคำนวณหาฟลักซ์แม่เหล็ก ในวงจรแม่เหล็ก

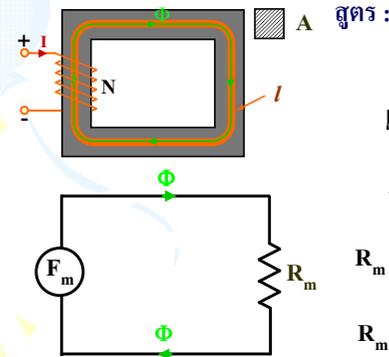
2) แกนเหล็กมีช่องอากาศ (Air Gap)



ความต้านทานแม่เหล็กในวงจร มีเพียงความต้านทานของแกนเหล็กและค่าความต้านทานของอากาศ

ครูวชิระ สุขมหา

ตัวอย่าง 6 จงหาค่าความต้านทานแม่เหล็กและฟลักซ์แม่เหล็ก ในวงจรแม่เหล็ก ที่มีแกนเป็นเหล็กชนิดหนึ่ง ที่มีความยาวเฉลี่ย 20 cm โดยพื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็กเป็น 25 cm² และมีค่าเท่ากันตลอดเส้นทางเดินของฟลักซ์แม่เหล็ก (กำหนด ค่าความซึมซาบแม่เหล็กสัมพัทธ์ของแกนเหล็ก (μ_r) เป็น 1200 จำนวนรอบของขดลวด 500 รอบและกระแสไหลผ่านขดลวด 2 A



$$R_m = l / \mu A$$

$$l = 20 \times 10^{-2} \text{ m}$$

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

$$\mu_r = 1200$$

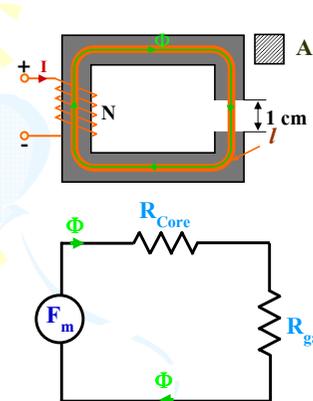
$$A = 25 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$R_m = \frac{20 \times 10^{-2}}{(4\pi \times 10^{-7})(1200)(25 \times 10^{-4})}$$

$$R_m = 53,052 \text{ At / Wb}$$

ครูวชิระ สุขมหา

ตัวอย่าง 7 จากโจทย์ตัวอย่างที่ 6 หากแกนเหล็กถูกตัดให้ขาดเป็นช่องอากาศ ยาว 1 cm จงหาค่าความต้านทานแม่เหล็กของแกนเหล็ก ของช่องอากาศ และฟลักซ์แม่เหล็กในวงจร



$$R_{Core} = l_{core} / \mu A$$

$$l_{Core} = (20-1) \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$l_{gap} = 1 \times 10^{-2} \text{ m}$$

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

$$\mu_r = 1200$$

$$A = 25 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$R_{Core} = \frac{19 \times 10^{-2}}{(4\pi \times 10^{-7})(1200)(25 \times 10^{-4})}$$

$$R_{Core} = 50,400 \text{ At / Wb}$$

$$R_{gap} = \frac{l_{gap}}{\mu A} = \frac{1 \times 10^{-2}}{(4\pi \times 10^{-7})(1)(25 \times 10^{-4})} = 3,183,099 \text{ At / Wb}$$

ครูวชิระ สุขมหา

$$\Phi = I \times N / R_m$$

$$R_m = 53,052 \text{ At / Wb}$$

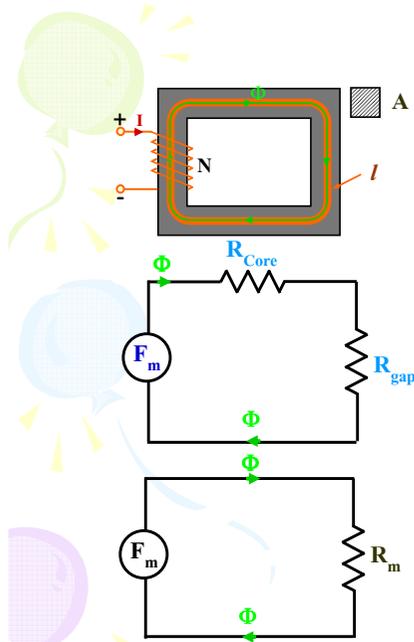
$$I = 2 \text{ A}$$

$$N = 1000 \text{ t}$$

$$\Phi = \frac{(2 \times 500)}{(53,052)}$$

$$\Phi = 18.85 \text{ mWb}$$

ครูวชิระ สุขมหา



สูตร :

$$\Phi = \frac{I \times N}{R_m}$$

$$I = 2 \quad \text{A}$$

$$N = 500 \quad \text{t}$$

$$R_m = (R_{\text{Core}} + R_{\text{gap}})$$

$$R_m = (53,052 + 3,183,099)$$

$$R_m = 3,236,151 \quad \text{At / Wb}$$

$$\Phi = \frac{(2 \times 500)}{(3,236,151)}$$

$$\Phi = 0.3 \text{ mWb} < 18.85 \text{ mWb}$$

ครูวชิระ สุขุมหา



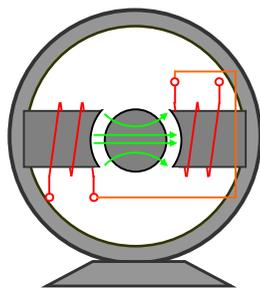
3. การทำงานของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า

จากตัวอย่างที่ 6 และตัวอย่างที่ 7 สรุปได้ว่า

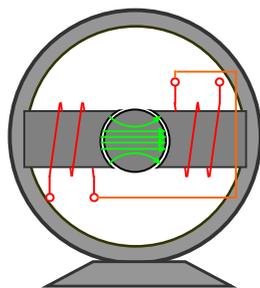
ในวงจรแม่เหล็กควรทำให้ช่องอากาศ มีระยะทางน้อยที่สุด ถ้าช่องอากาศ มีระยะทางยาว จะมีค่าความต้านทานในวงจรแม่เหล็กมาก ทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กในช่องอากาศ (Air Gap Flux) มีค่าน้อย และขดลวดที่วางอยู่ในช่องอากาศเช่น ขดลวดที่ใช้สำหรับการเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้า ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือ ขดลวดโรเตอร์ของมอเตอร์ จะต้องมีแกนเป็นเหล็ก เพื่อลดความยาวของช่องอากาศ

ครูวชิระ สุขุมหา

3. การทำงานของวงจรแม่เหล็กไฟฟ้า



ช่องอากาศยาว
ฟลักซ์แม่เหล็กน้อย



ช่องอากาศสั้น
ฟลักซ์แม่เหล็กมาก

ครูวชิระ สุขุมหา



4. เส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก กับความเข้มสนามแม่เหล็ก (B-H Curve)

เป็นเส้นโค้งแสดงการเกิดอำนาจแม่เหล็กของแกนเหล็กชนิดต่างๆ เมื่อได้รับการเหนี่ยวนำจากขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า โดยแกนเหล็กจะมีปริมาณความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็ก (B) เปลี่ยนแปลงไป เมื่อความเข้มสนามแม่เหล็ก (H) เปลี่ยนแปลง ตามสมการ

$$B = \mu H$$

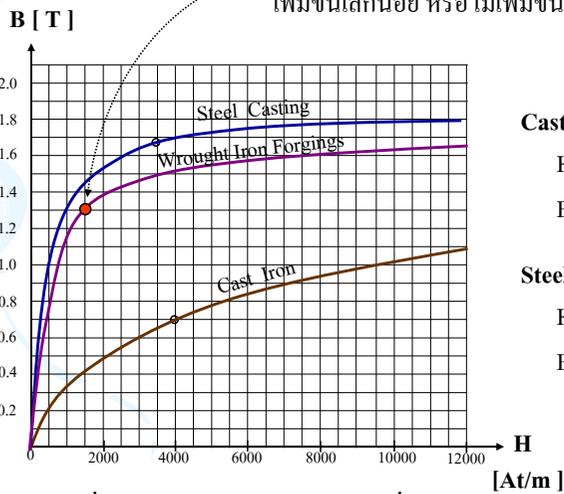
โดย μ คือ ค่าความซึมซาบแม่เหล็กสัมบูรณ์ของแกนเหล็กชนิดต่างๆ ซึ่งมีค่าไม่เท่ากัน ตามค่าของความซึมซาบแม่เหล็กสัมพัทธ์ (μ_r)

B-H Curve บางครั้งเรียกว่า “ **Magnetisation Curve** ”
หรือ “ **Saturation Curve** ”

ครูวชิระ สุขุมหา

4. B-H Curve

จุดอิ่มตัว (Saturation Point) : ค่า B มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย หรือไม่เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่ม ค่า H



Cast Iron

$$H = 4000 \text{ At/m}$$

$$B = 0.70 \text{ T}$$

Steel Casting

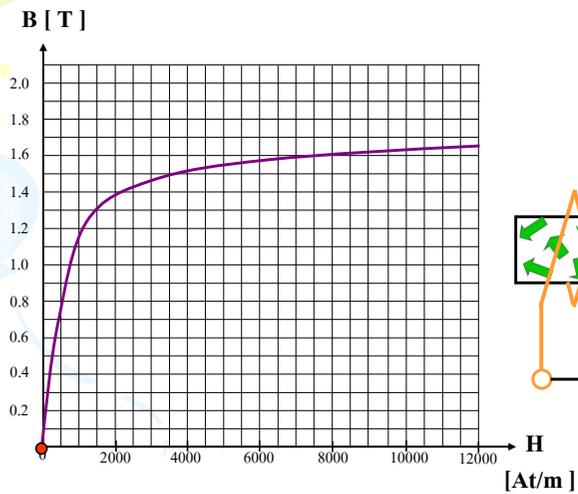
$$H = 4000 \text{ At/m}$$

$$B = 1.68 \text{ T}$$

เหล็กชนิดที่ให้ B สูง ในช่วง H น้อยๆ จะอิ่มตัวเร็วกว่าเหล็กชนิดที่ให้ B น้อย

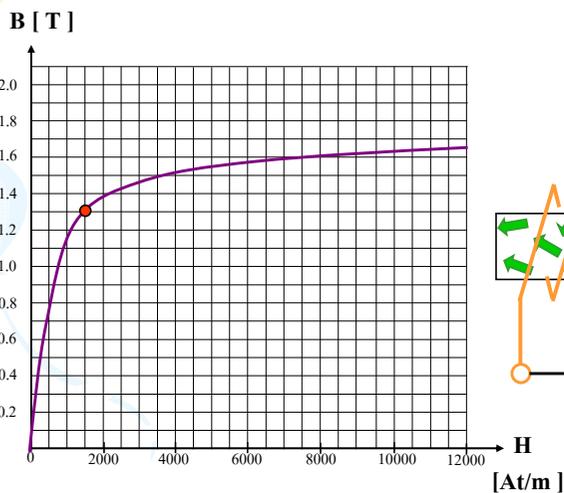
ครูวชิระ สุขมหา

4. B-H Curve



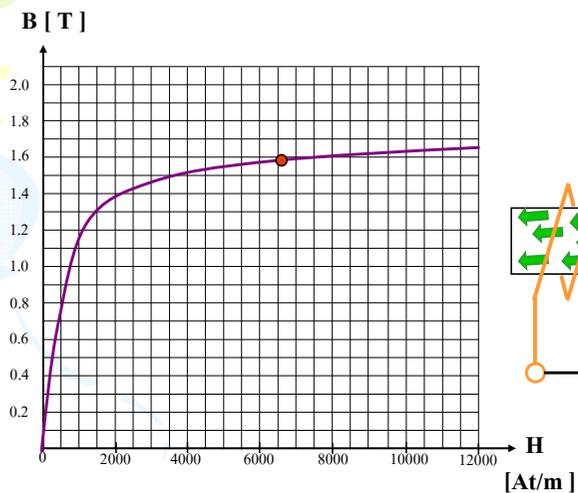
ครูวชิระ สุขมหา

4. B-H Curve

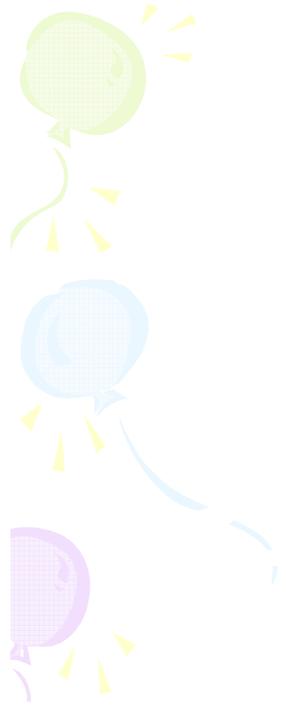


ครูวชิระ สุขมหา

4. B-H Curve



ครูวชิระ สุขมหา



จบ

ครูวชิระ สุขมหา