

## واحد کار پنجم

# توانایی انتخاب سیم معادل (یک سیم به چندلا سیم و بالعکس)

### هدف کلی

انتخاب و معادل گذاری و جایگزینی سیم ها

هدف های رفتاری : فراگیر، پس از پایان این واحد کار می تواند :

- ۱- قطر سیم را از طریق اندازه گیری با میکرومتر تعیین کند.
- ۲- سطح مقطع سیم را از قطر اندازه گیری شده محاسبه کند.
- ۳- معادل یک سیم را از چند رشته سیم هم قطر تعیین کند.
- ۴- معادل یک سیم را از سیم های با قطرهای مختلف به دست آورد.
- ۵- معادل یک سیم مسی با سیم آلومینیوم و برعکس را تعیین کند.
- ۶- لزوم معادل گذاری سیم ها را شرح دهد.

ساعات آموزش

جمع	عملی	نظری
۵	۱	۴

## پیش آزمون (۵)

- ۱- مقاومت سیمی مسی به طول ۱۱۲ متر و سطح مقطع ۴ میلی متر مربع چند اهم است؟  
الف) ۰/۲۵ (ب) ۰/۵ (ج) ۱ (د) ۲
- ۲- مقاومت سیمی آلومینیومی به طول ۱۷۵ متر و سطح مقطع ۲/۵ میلی متر مربع چند اهم است؟  
الف) ۰/۵ (ب) ۱ (ج) ۲ (د) ۴
- ۳- قطر سیمی به سطح مقطع  $\pi$  میلی متر مربع چند میلی متر است؟  
الف) ۲ (ب)  $\sqrt{\pi}$  (ج)  $\sqrt{2}$  (د)  $\pi$
- ۴- برای عبور دادن مقدار معینی جریان الکتریکی، از دو رشته سیم به قطر ۱/۵ میلی متر استفاده شده است. اگر قرار باشد به جای این دو رشته فقط از یک رشته سیم استفاده شود قطر آن رشته چند میلی متر خواهد بود؟  
الف) ۳ (ب)  $0.56\pi$  (ج) ۴/۵ (د)  $\sqrt{4/5}$

## توانایی انتخاب سیم معادل (یک سیم به چندلا سیم و بالعکس)

### ۵-۱- مقدمه

سطح مقطع سیم‌هایی که در سیم پیچی الکتروموتورها به کار می‌روند بر اساس جریان نامی موتورها تعیین می‌شود. جریان نامی موتورها به توان الکتریکی موتورها بستگی دارد. بنابراین با افزایش توان الکتروموتورها، سطح مقطع و قطر سیم‌های مورد نیاز افزایش می‌یابد. هر قدر قطر سیم‌ها ضخیم‌تر شود جاگذاری آن‌ها در داخل شیارهای استاتور و فرم‌بندی آن‌ها، مشکل‌تر خواهد شد. در صنعت موتوریچی این مشکل را با معادل‌گذاری سیم‌های مقطع پایین به جای سیم‌های مقاطع بالا تا حدودی برطرف می‌کنند. آن‌چه که در تعیین معادل سیم‌ها بایستی مورد نظر قرار گیرد آن است که:



$$R = \frac{L}{X A} \quad R = \rho \frac{L}{A} \quad (5-1)$$

۱- مجموع سطح مقطع سیم‌های معادل شده برابر سطح مقطع سیم اصلی باشد.

۲- تعداد دور سیم‌ها ثابت است و نباید تغییر کند.

با رعایت دو اصل فوق، مقاومت اهمی و سلفی سیم پیچ که مشخصه‌های اصلی آن است ثابت می‌ماند و در مجموع مشخصه‌های موتور بدون تغییر باقی می‌مانند.

در درس مبانی الکتریسیته یاد گرفته‌ایم که مقاومت اهمی سیم‌ها با طول و مقاومت ویژه آن نسبت مستقیم و با سطح مقطع آن نسبت عکس دارد (رابطه‌ی ۵-۱).

مثال ۱:

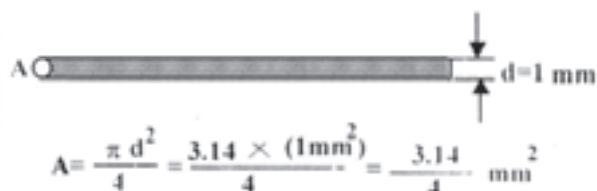
الف - سطح مقطع سیم مسی به قطر یک میلی‌متر را به دست

آورید.

$\rho$  مقاومت ویژه هادی است و واحد آن  $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$  می‌باشد. مقاومت ویژه مس  $\rho_{\text{Cu}} = \frac{1}{56} \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$  و آلومینیوم  $\rho_{\text{Al}} = \frac{1}{35} \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$  می‌باشد. X قابلیت هدایت ویژه است که عکس  $\rho$  می‌باشد یعنی قابلیت هدایت مس ۵۶ و آلومینیوم ۳۵ متر بر اهم میلی‌متر مربع است.

$$\rho_{\text{cu}} = \frac{1}{56} \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$$

حل الف:



$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 \times (1 \text{mm}^2)}{4} = \frac{3.14}{4} \text{mm}^2$$

ب- سطح مقطع چهار رشته سیم مسی به قطر ۰/۵ میلی متر را که با هم به طور موازی وصل شده اند به دست آورید.

حل ب:

$$\rho = \frac{1}{56} \frac{\Omega - \text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$A_{r1} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3/14 \times (0/5 \text{ mm}^2)}{4}$$

$$A_{r1} = \frac{3/14 \times 0/25}{4}$$

$$A_r = 4A_{r1} = 4 \times \frac{3/14 \times 0/25}{4}$$

$$A_r = \frac{3/14}{4} \text{ mm}^2$$

حل ج: با مقایسه ی دو محاسبه ی به دست آمده، ملاحظه می شود که مقاومت اهمی هر دو حالت یکی است، پس می توان به جای یک سیم به قطر ۱ میلی متر، چهار رشته سیم به قطر ۰/۵ میلی متر (در طول های برابر) جایگزین نمود.

ج- از مقایسه ی دو محاسبه چه نتیجه ای حاصل می شود؟

۲-۵- تعیین معادل یک سیم از سیم های هم قطر و

هم جنس

سیمی به قطر D در اختیار داریم. می خواهیم تعداد رشته های سیمی به قطر d را تعیین کنیم که معادل سیم به قطر D باشد.

در معادل کردن سیم ها باید مجموع سطح مقطع های سیم های d (A') برابر سطح مقطع سیم D (A) باشد.

$$A = nA'$$

$$\frac{\pi D^2}{4} = n \frac{d^2}{4}$$

$$D^2 = nd^2$$

n تعداد رشته های سیم با مقطع d می باشد.

$$d = \frac{D}{\sqrt{n}} \quad (5-2)$$

حل:

مثال ۲: چند رشته سیم مسی به قطر ۰/۵ میلی متر معادل سیم به قطر ۱ میلی متر می شود.

$$\sqrt{n} = \frac{D}{d} = \frac{1 \text{ mm}}{0/5 \text{ mm}} = 2$$

$$n = 4$$

۳-۵- تعیین معادل یک سیم از سیم های با قطر

متفاوت ولی هم جنس

در تعیین معادل های یک سیم از سیم هایی با مقاطع مختلف،

باز هم باید مجموع مقاطع سیم‌ها برابر با سطح مقطع سیم مورد نظر باشد.

به عبارت دیگر داریم:

$$A = A_1 + A_2 + \dots + A_n$$

$$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi d_1^2}{4} + \frac{\pi d_2^2}{4} + \dots + \frac{\pi d_n^2}{4} \quad \text{یا:}$$

با ساده کردن این رابطه خواهیم داشت:

$$D = \sqrt{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2} \quad (5-3)$$

مثال ۱: چه سیمی را با سیم  $0.60 \text{ mm}$  موازی کنیم تا

معادل سیمی به قطر  $1 \text{ mm}$  شود؟

$$D = 1 \text{ mm}$$

$$d_1 = 0.60 \text{ mm}$$

$$d_2 = ?$$

$$D = \sqrt{d_1^2 + d_2^2}$$

$$1 = \sqrt{0.6^2 + d_2^2} \Rightarrow 1^2 = 0.6^2 + d_2^2$$

$$d_2^2 = 1 - 0.36 = 0.64$$

$$d_2 = 0.80$$

حل:

$$D = 1/2 \text{ mm}$$

$$D = \sqrt{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2}$$

$$1/2 = \sqrt{0.8^2 + 0.8^2 + n(0.4)^2}$$

$$1/2 = \sqrt{1.28 + 0.16n}$$

$$1/44 = 1.28 + 0.16n$$

$$0.16n = 0.16$$

$$n = 1$$

حل:

مثال ۲: دو رشته سیم به قطر  $0.80 \text{ mm}$  مسی را با چند

رشته سیم مسی  $0.4 \text{ mm}$  موازی کنیم تا معادل سیم  $1/2 \text{ mm}$

شود؟

#### ۴-۵- تعیین معادل مسی سیم آلومینیومی و برعکس

در تعیین معادل‌های سیم مسی با آلومینیومی و برعکس،

خاطر نشان می‌سازیم که تعداد دور سیم‌ها در کلاف‌ها ثابت است،

بنابراین طول آن‌ها یکی است ولی جنس و مقطع آن‌ها تغییر می‌کند

و در مجموع مقاومت اهمی سیم‌های معادل شوندند باید برابر باشند.

می‌توان نوشت:

$$R_{Al} = R_{Cu}$$

$$\rho_{Al} \frac{L_{Al}}{A_{Al}} = \rho_{Cu} \frac{L_{Cu}}{A_{Cu}}$$

$$A_{Cu} = \frac{\rho_{Cu} \times A_{Al}}{\rho_{Al}}$$

$$\rho_{Al} = \frac{1}{35} \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}, \quad \rho_{Cu} = \frac{1}{56} \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\frac{\pi D}{4} = \frac{1}{56} \times \frac{\pi D_{Al}^2}{4} \Rightarrow D_{Cu} = \sqrt{\frac{35}{56}} D_{Al}$$

$$D_{Cu} = 0.79 D_{Al} \quad (5-4)$$

$$D_{Al} = 1.265 D_{Cu} \quad (5-5)$$

مثال: سیم مسی معادل سیم آلومینیومی به قطر ۱/۵ mm را به دست آورید.

$$D_{Al} = 1/5 \text{ mm}$$

$$D_{Cu} = ?$$

$$D_{Cu} = 0.79 D_{Al}$$

$$D_{Cu} = 0.79 \times 1/5 \approx 0.158 \text{ mm}$$

حل:

### ۵-۵- کار عملی (زمان: ۱ ساعت)

۵-۵-۱- هدف: تعیین معادل سیم‌ها

۵-۵-۲- وسایل و ابزار مورد نیاز

- میکرومتر یک عدد

- کاغذ به اندازه‌ی کافی

- خط کش

- مداد

- پاک کن

- مداد تراش

- سیم لاک‌ی به قطرهای ۱،۰/۸، ۰،۰/۶، ۰،۰/۵، ۰،۰/۴

و ۱/۲ میلی‌متر

۵-۵-۳- مراحل کار

- با خط کش مطابق جدول ۵-۱ روی صفحه کاغذ رسم

کنید.

- با میکرومتر قطر سیم‌ها را اندازه بگیرید و اندازه‌ها را

در جدول قرار دهید.

- بقیه‌ی جدول را از طریق محاسبات کامل کنید.

- مجموع  $R_1 + R_2$  را به دست آورید.

- مجموع  $R_1 + R_2$  را با  $R_3$  مقایسه کنید.

- نتیجه‌ی مقایسه را در گزارش کارتان شرح دهید و علت

تفاوت‌ها را بیان کنید.

جدول ۵-۱

سیم مسی	قطر mm	سطح مقطع mm <sup>2</sup>	مقاومت اهمی ۱۱۲ m
۰/۴۰			
۰/۵۰			
۰/۶۰			$R_1 =$
۰/۸۰			$R_2 =$
۱			$R_3 =$
۱/۲			

$$\rho_{Cu} = \frac{1}{56} \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

## آزمون پایانی (۵)

- ۱- بررسی کنید مقاومت ویژه‌ی هادی‌ها چه نقشی در تعیین معادل سیم‌ها دارد؟
- ۲- درباره‌ی مشخصات سیم‌های آلومینیومی و مسی تحقیق و آن‌ها را از نظر هدایت الکتریکی و استحکام مکانیکی باهم مقایسه کنید.
- ۳- در معادل‌گذاری سیم‌ها کدام کمیت نباید تغییر کند؟ علت را بیان کنید.
- ۴- مقاومت اهمی سیم‌ها به چه عواملی بستگی دارد؟
- ۵- چند رشته سیم مسی  $0.7^{\circ} \text{ mm}$  معادل سیم  $1 \text{ mm}$  می‌شود؟
- ۶- چند رشته سیم  $0.5^{\circ} \text{ mm}$  را با سیم  $0.8^{\circ} \text{ mm}$  و  $0.7^{\circ} \text{ mm}$  موازی کنیم تا معادل سیم  $1.5^{\circ} \text{ mm}$  بشود؟
- ۷- معادل سیم مسی  $0.8^{\circ} \text{ mm}$  چه سیم آلومینیومی است؟
- ۸- یک سیم آلومینیومی  $1.65 \text{ mm}$  را با چند سیم مسی  $0.65^{\circ} \text{ mm}$  می‌توان معادل نمود؟