

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۱	۱۱	۱۲

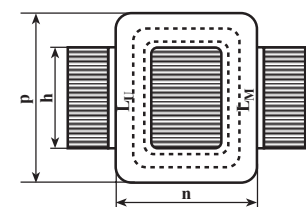
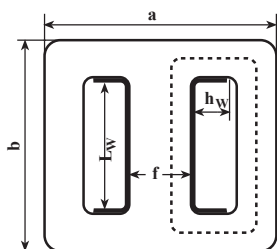
سیم پیچی ترانسفورماتور با استفاده از جدول‌ها و منحنی‌ها

هدف‌های رفتاری: از هنرجو انتظار می‌رود در پایان این فصل بتواند:

- ۱- تعداد دور اولیه و ثانویه یک ترانسفورماتور را با استفاده از جدول محاسبه کند.
- ۲- با استفاده از منحنی، سطح مقطع آهن مورد نیاز را به دست آورد.
- ۳- با استفاده از منحنی، قطر سیم مورد نیاز را به دست آورد.
- ۴- ترانسفورماتور یک فاز را براساس نیاز بازار سیم پیچی و آزمایش کند.

۳- سیم پیچی ترانسفورماتور با استفاده از جدول‌ها و منحنی‌ها

در شکل ۳-۱ نیز همه‌ی مشخصات ورق ترانسفورماتور و قرقره که در این جدول به کار رفته، آمده است.



شکل ۳-۱- اندازه‌های ترانسفورماتور برای جدول ۳-۱

برای مثال، اگر بخواهیم یک ترانسفورماتور کوچک با قدرت ۱۲۵ ولت آمپر، ولتاژ اولیه‌ی ۲۲۰ ولت و ولتاژ ثانویه‌ی ۴ ولت را محاسبه کنیم، از روی جدول ۳-۱ در ستون مربوط به عدد ۱۲۵ VA، تعداد دور بر ولت $۳/۹۸$ و درصد افت ولتاژ در بار کامل $۷/۵$ درصد به دست می‌آید که $۴/۵$ درصد را برای اولیه و ۳ درصد برای سیم پیچ ثانویه در نظر می‌گیریم.

در بحث‌های قبلی، روش محاسبه‌ی یک ترانسفورماتور را با استفاده از روابط و فرمول‌ها بیان کردیم. در این جا می‌خواهیم با استفاده از جدول‌ها و منحنی‌ها، یک ترانسفورماتور را طراحی کنیم.

استفاده از این جداول و منحنی‌ها، برای ولتاژ و قدرت‌های متداول باعث صرفه جویی در وقت می‌شود. این جداول و منحنی‌ها را می‌توان در نمونه‌های مختلفی تهیه و از آن‌ها استفاده کرد.

البته ممکن است بعضی از این جداول یا منحنی‌ها با یک‌دیگر هماهنگ نباشند. برای مثال، سطح مقطع هسته در دو جدول مختلف، متفاوت باشد که این مسئله به دلیل تفاوتی است که در ضرایب محاسبه وجود داشته است ولی در هر حال نتیجه‌ی عمل یکسان خواهد بود؛ زیرا مثلاً با زیاد شدن مقداری به سطح هسته‌ی آهن، تعداد دور بر ولت کم می‌شود و نتیجه را ثابت نگه می‌دارد.

در این جا چند نمونه محاسبه‌ی ترانسفورماتور توسط منحنی یا جدول آمده است.

در جدول ۳-۱ کلیه‌ی محاسبات و مشخصات مهم ترانسفورماتورهایی که دارای قدرت متداول تا ۳۵۰۰ VA هستند، داده شده است.

جدول ۱-۳ مشخصات تراستفورماتورهای از VA ۲۵ تا VA ۳۵۰۰

اندازه‌های مختلف ورق و قفزه مطابق شکل	b	۷۴	۸۸	۱۰۵	۱۲۰	۱۴۰	۱۶۰	۱۷۰	۱۸۰	۲۰۰	۳۰۰
—	a	۹۲	۱۰۵	۱۳۰	۱۵۰	۱۷۰	۱۹۰	۲۱۰	۲۳۰	۲۹۱	۳۰۰
—	h	۳۳/۵	۳۳/۵	۳۷/۷	۴۱/۷	۴۶/۷	۵۱/۷	۵۶/۷	۶۰/۷	۶۴/۷	۷۹/۷
—	f	۲۳	۲۹	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰	۶۵	۸۰
—	n	۵۱/۵	۷۵/۵	۹۲	۱۰۷	۱۲۱	۱۳۶	۱۵۱	۱۶۶	۱۸۳	۲۱۷
—	p	۶۲	۸۴	۱۰۵	۱۲۲	۱۴۲	۱۶۲	۱۸۳	۲۰۲	۲۳۵	۳۰۰
قدرت ثانویه P _۲	VA	۹۵	۱۱۵	۱۳۰	۱۵۰	۱۷۰	۱۹۰	۲۱۰	۲۳۰	۲۵۰	۳۵۰
طول مؤثر قفزه	mim	۳۳/۵	۴۴	۶۵	۷۱	۸۵	۱۰۰	۱۱۵	۱۲۵	۱۳۱	۲۰۷
ارتفاع سیم پیچ	mm	۱۶	۲۱	۲۵/۵	۳۰/۵	۳۴/۵	۳۹/۵	۴۴/۵	۴۹/۵	۴۳	۶۴
L _{۱۰} محیط سیم پیچ زیری	m	۰/۰۸۹	۰/۱۳۵	۰/۱۶	۰/۲۰۷	۰/۲۲۷	۰/۲۵۲	۰/۲۷۲	۰/۳۱۱	۰/۳۲۰	۰/۳۵۴
L _{۱۰} محیط متوسط سیم پیچ	m	۰/۱۴	۰/۲۰۲	۰/۲۴۳	۰/۳۰۲	۰/۳۲۲	۰/۳۴۸	۰/۳۷	۰/۴۲۵	۰/۴۵۵	۰/۵۵۵
طول مؤثر خطوط قوا	cm	۱۴/۶	۲۲	۲۷	۳۱	۳۶	۴۰	۴۴/۵	۵۱/۹	۵۱/۹	۷۴
سطح مقطع آهن	cm ^۲	۳/۳۳	۸/۷۱	۱۱/۸۵	۱۵	۲۲/۲	۲۷	۳۱/۱	۳۷/۸	۴۷/۳	۵۷/۶
وزن آهن	kg	۰/۳۴۷	۱/۴۱۹	۲/۳۵	۳/۴۹	۵/۲۱	۷/۳	۸/۳۹	۱۴/۸	۱۸/۴۵	۲۲/۷۴
تعداد ورق آهن (ضخامت ۰/۵)	—	۳۹	۶۰	۹۸	۱۱۲	۱۳۸	۱۶۷	۱۹۷	۲۲۶	۲۵۸	۳۲۸/۱۴۶
تعداد ورق آهن (ضخامت ۰/۳۵)	—	۵۸	۸۵	۱۲۴	۱۳۴	۱۵۰	۱۷۲	۱۹۷	۲۱۹	۲۰۹	۲۵۸
تلفات آهنی (ضخامت ۰/۵)	W	۱/۳۵	۵/۵	۱۰/۲۳	۱۲/۹	۱۵/۲۲	۱۸/۸۵	۲۲/۵	۲۶/۶	۳۱/۸	۳۵
تلفات آهنی (ضخامت ۰/۳۵)	W	۰/۲۷	۳/۵۶	۶/۴۶	۹/۸	۱۲/۱۲	۱۴/۴۵	۲۰/۴۵	۲۶/۸	۳۱/۸	۳۵
ولت بر دور	V / Wdg.	۰/۰۹۶	۰/۲۵۲	۰/۳۴۳	۰/۴۳۳	۰/۵۳۶	۰/۶۴	۰/۷۷۹	۱/۰۱	۱/۰۹	۱/۰۹۹۹
دور بر ولت	W/dg./V	۱۰/۴۲	۳/۹۸	۲/۹۲	۲/۳۱	۱/۸۶	۱/۵۶	۱/۲۸	۱/۲۵	۱/۳۵۵	۰/۵
حداکثر تراکم جریان	A / mm ^۲	۲/۹	۲/۵۵	۲/۲	۱/۸	۱/۶	۱/۴	۱/۲	۱/۲۵	۰/۷۳۳	۰/۵
درصد افت ولتاژ در بار ماکزیم	-	۱۵	۹	۶	۵	۴	۳	۲	۱/۵	۱/۵	۱
درصد جریان بی‌باری نسبت به جریان نامی	-	۲۲	۱۶	۱۴/۵	۱۳/۱	۱۴/۴	۱۴/۱	۱۴/۱	۱۴/۱	۱۳/۸۵	۱۳
درصد ضریب بهره	-	۸۲/۶	۸۸/۸	۹۱	۹۲	۹۲/۶	۹۲/۸	۹۳/۷	۹۴/۸	۹۴/۸	۹۵/۵
ضریب قدرت اولیه cos φ _۱	—	۰/۹۷	۰/۹۷۹	۰/۹۹	۰/۹۹۲	۰/۹۹۲	۰/۹۹۲	۰/۹۹۴	۰/۹۹۲	۰/۹۹۵	۰/۹۹۲
تلفات مسی	W	۳/۵	۹	۱۳/۸	۱۶/۵	۱۸/۵	۲۰/۶	۱۸	۲۱	۲۶	۳۵
وزن مس	kg	۰/۴۲	۰/۶۹	۱/۷	۲/۰۰	۳/۲	۳/۵	۵	۷/۹	۱۲/۲	۳۰/۷
سطح مقطع کل سیم پیچ مسی	mm ^۲	۱۷۵	۳۸۵	۷۸۰	۱۰۸۵	۱۰۲۷	۱۰۳۸	۱۴۵۰	۲۲۰۰	۲۸۴۰	۳۰۹۰
فضای قابل استفاده قفزه	-	۳۹	۳۷/۵	۴۵/۲	۴۷/۳	۴۸	۵۰	۵۲	۵۱	۵۲	≈۵۰

در نتیجه :

$$N_1 = U_1 \times n(1 - \Delta U_1^-)$$

$$N_1 = 220 \times 3 / 98 (1 - 0 / 0.45) \approx 840 \text{ دور}$$

$$N_2 = n \times U_2 (1 + \Delta U_2^-)$$

$$N_2 = 3 / 98 \times 4 (1 + 0 / 0.3) \approx 17 \text{ دور}$$

اندازه‌های لازم دیگر برای هسته و ساختن قرقره نیز در همین جدول آمده است.

علاوه بر جدول ۳-۱ از منحنی‌های شماره‌ی ۳-۱ و ۳-۲ و ۳-۳ نیز می‌توان برای طراحی یک ترانسفورماتور استفاده کرد. این منحنی‌ها بر مبنای محاسبات ذکر شده طوری طراحی شده‌اند که محاسبه‌ی یک ترانسفورماتور در فرکانس ۵۰ هرتس و دو نوع اندوکسیون ۱۰۰۰۰ و ۱۲۰۰۰ گوس به راحتی امکان پذیر باشد. در عمل می‌توان از اندوکسیون ۱۲۰۰۰ گوس استفاده کرد. در این محاسبات، ۲/۵ آمپر بر میلی متر مربع برای

سیم مسی در نظر گرفته شده است.

روش استفاده از این منحنی‌ها را با ذکر یک مثال روشن

می‌کنیم.

مثال: مطلوب است محاسبه‌ی ترانسفورماتوری که در آن

سیم بیج اولیه به ولتاژ ۲۲۰ ولت و فرکانس ۵۰ هرتس وصل شود و ثانویه‌ی آن ولتاژی برابر با ۲۵۰ ولت با جریانی برابر ۶ میلی آمپر و هم چنین ولتاژ دیگر ۶/۳ ولت با جریان ۱/۲ آمپر بدهد.

راه حل: برای محاسبه‌ی این ترانسفورماتور، ابتدا باید

قدرت ثانویه را به دست آوریم.

$$P_{S_2} = 250 \times \frac{6}{1000} + 6 / 3 \times 1 / 2 = 22 / 56 \text{ VA}$$

در منحنی شماره‌ی ۳-۱ قدرت ثانویه‌ی به دست آمده را

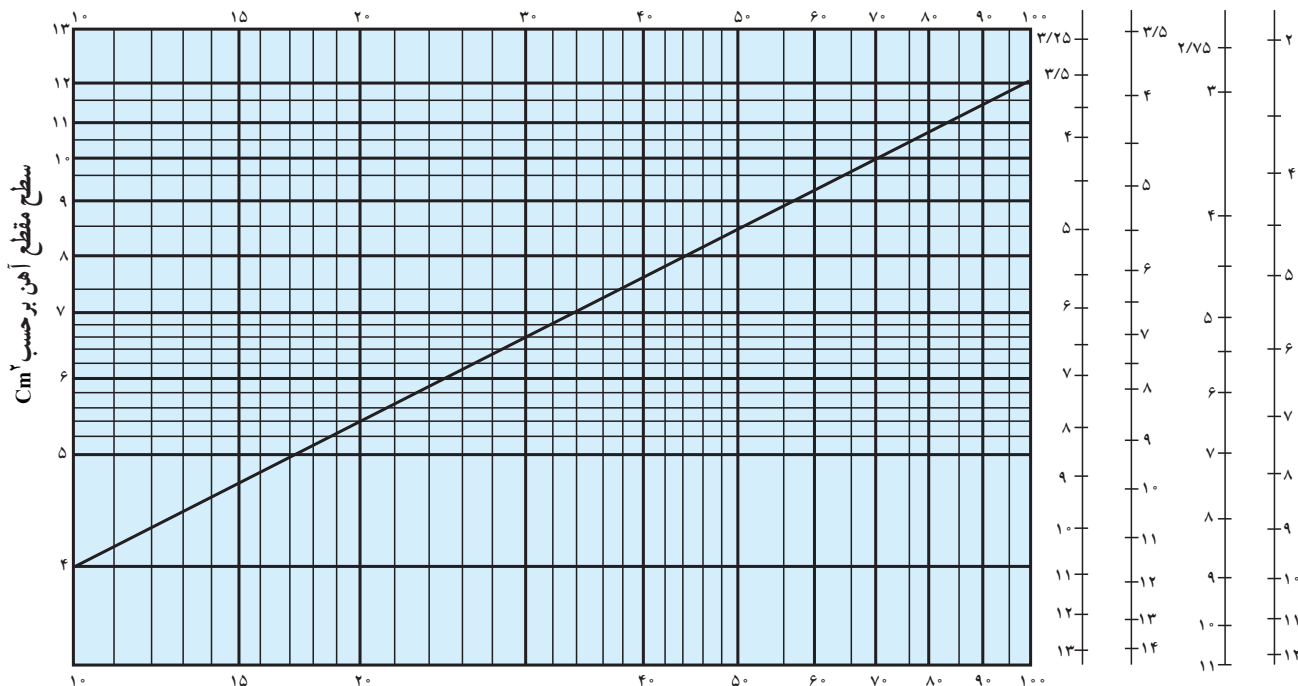
پیدا کرده و آن را در روی خط عمود دنبال می‌کنیم تا خط مورب جدول را قطع کند. در سمت چپ محل قطع شده، حداقل مقدار سطح مقطع آهن لازم داده شده است.

دور بر ولت

$$B = 10000 \text{ G} \quad B = 12000 \text{ G}$$

ثانویه اولیه ثانویه اولیه

قدرت ثانویه بر حسب VA



منحنی ۳-۱ - سطح مقطع آهن به نسبت توان

و ثانویه، در محاسبه‌ی دور بر ولت منظور شده است و مانند محاسبه‌های قبلی به پیدا کردن مجدد آن‌ها نیاز نیست. بنابراین، دور اولیه برابر است با:

$$N_1 = 5/8 \times 220 = 127.6$$

برای تعداد دورهای ثانویه نیز از دو سیم پیچ مجزا استفاده می‌کنیم که تعداد دور آن‌ها برابر است با:

$$N_{21} = 6/3 \times 6/5 = 41$$

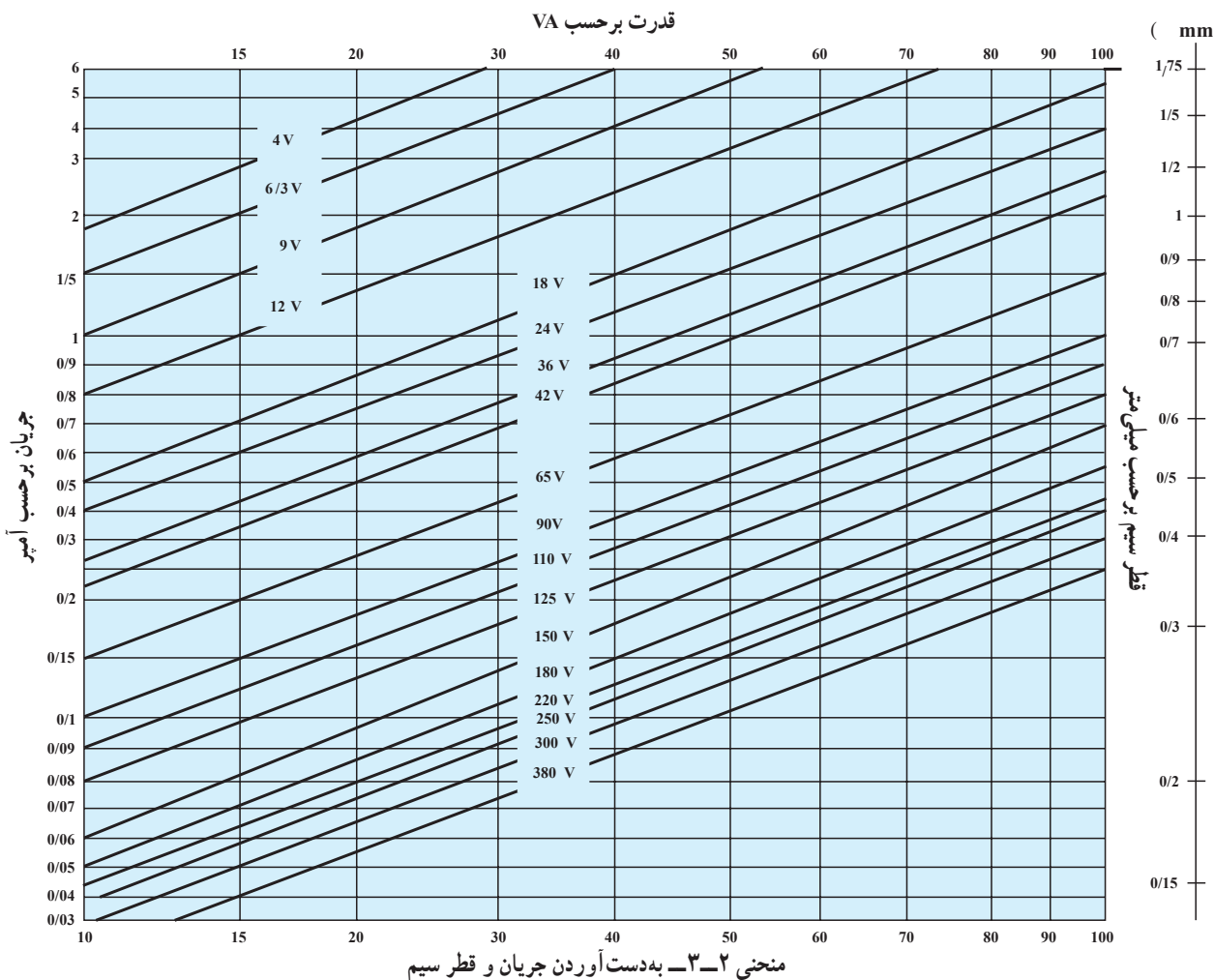
$$N_{22} = 250 \times 6/5 = 162.5$$

برای به دست آوردن قطر سیم‌های اولیه و ثانویه می‌توانیم

توجه داشته باشید که در این منحنی، افت ولتاژهای اولیه از منحنی شماره‌ی ۲-۳ استفاده کنیم.

برای این مثال، از منحنی ۱-۳ حداقل سطح مقطع آهن برابر با ۵/۷ سانتی‌متر مربع به دست می‌آید که ما ۶ سانتی‌متر مربع را انتخاب می‌کنیم.

در سمت راست این منحنی و در مقابل سطح مقطع آهن به دست آمده، مقدار دور بر ولت پریمر و زگندر (اولیه و ثانویه) برای اندوکسیون‌های مختلف داده شده است. بنابراین، با انتقال سطح مقطع آهن انتخاب شده به سمت راست منحنی، مقدار دور بر ولت اولیه ۵/۸ و دور بر ولت ثانویه ۶/۵، برای اندوکسیون ۱۲۰۰۰ گوس به دست می‌آید.



در این منحنی، با داشتن قدرت هر قسمت از سیم پیچ و ولتاژ مورد نظر، جریان و قطر سیم برای چگالی جریان نیز به سادگی می‌توان قطر سیم را پیدا کرد.

در این منحنی، با داشتن قدرت هر قسمت از سیم پیچ و ولتاژ مورد نظر، جریان و قطر سیم برای چگالی جریان

اشغال می کنند، به دست آورد. برای این کار می توانیم از جدول ۳-۱ یا منحنی شماره ی ۳-۳ استفاده کنیم. روش استفاده از جدول را پیش از این گفته ایم و حال به بررسی منحنی ۳-۳ می پردازیم. در این منحنی، محور مدرج عمودی قطر سیم و محور مدرج افقی تعداد دوری را که در یک سانتی متر مربع می توان جای داد، نشان می دهد.

بنابراین، در مورد مثال مورد نظر اعداد تقریبی زیر از منحنی ۳-۳ به دست می آیند.

$$d = 0.25 \Rightarrow \frac{\text{دور}}{\text{سانتی متر مربع}} = 1100$$

$$d = 0.20 \Rightarrow \frac{\text{دور}}{\text{سانتی متر مربع}} = 1700$$

$$d = 0.18 \Rightarrow \frac{\text{دور}}{\text{سانتی متر مربع}} = 1200$$

سپس می توان به همان روشی که قبلاً گفته شد، سطح لازم برای هر قطر و سپس سطح پنجره ی لازم را به دست آورد و ورق ترانسفورماتور استاندارد را انتخاب کرد. سایر محاسبات نیز مطابق روش قبلی انجام می شود.

توجه داشته باشید که در این ترانسفورماتورها با اضافه کردن تقریبی ۲۰ درصد به قدرت ثانویه می توانید قدرت اولیه را به دست آورید. بنابراین، قدرت اولیه تقریباً برابر است با:

$$P_{S1} = P_{S2} + 20\% \times P_{S2}$$

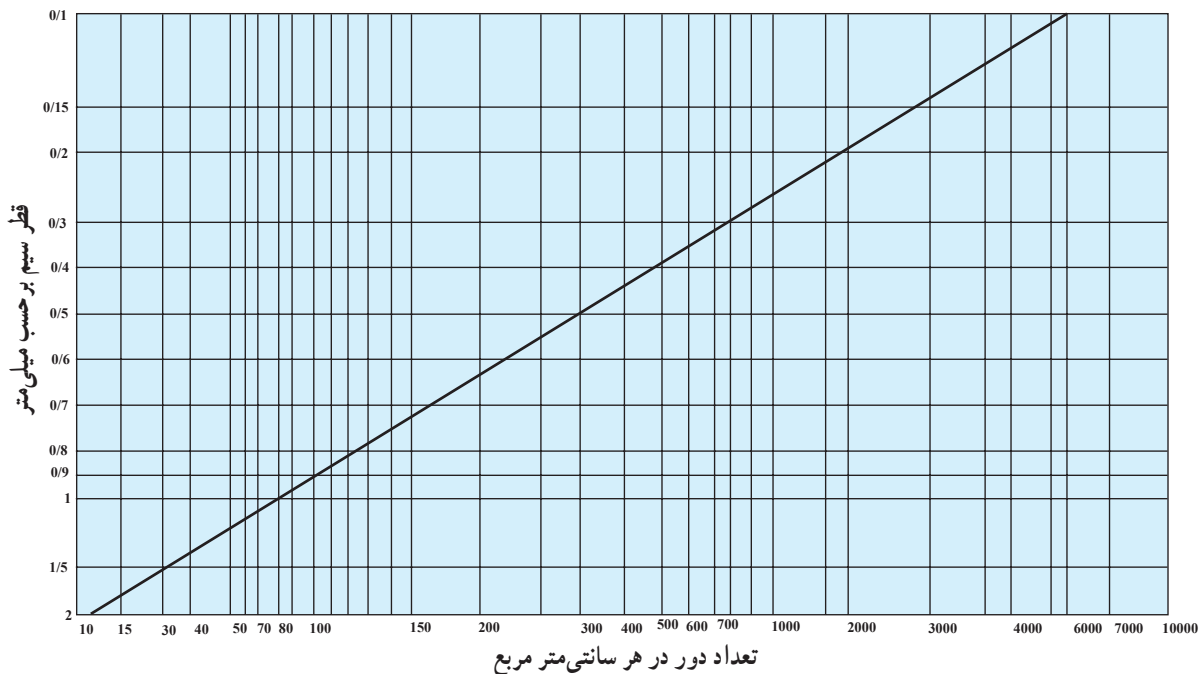
$$\text{ولت آمپر } 27 = 22/56 + \frac{20}{100} \times 22/56$$

حال می توانیم ۲۷ ولت آمپر را روی خط مدرج افقی بالای منحنی پیدا کنیم و آن را روی خط عمودی ادامه دهیم تا خط مورب مربوط به ۲۲۰ ولت را قطع کند. به این ترتیب، در سمت چپ، جریان اولیه و در سمت راست قطر سیم اولیه معلوم می شود. با انجام دادن این کار، قطر سیم اولیه پس از استاندارد کردن $d_1 = 0.25$ میلی متر به دست می آید. قطر سیم های ثانویه نیز از روی جریان های ثانویه و با استفاده از همین دیاگرام مشخص می شود.

$$d_{21} = 0.18$$

$$d_{22} = 0.17 \Rightarrow \text{سیم انتخابی } 0.20 \text{ می باشد}$$

پس از تعیین قطر سیم ها، باید نوع ورق و قرقره را تعیین کرد. به علاوه، در صورت استفاده از قرقره ی استاندارد باید کنترل کنید که آیا سیم های به دست آمده با عایق در داخل قرقره جای می گیرند یا نه. به هر حال، برای هر یک از این حالت ها مطابق آنچه در محاسبه های قبلی گفته شد، باید سطحی را که سیم ها



منحنی ۳-۳ - به دست آوردن فضای اشغالی سیم پیچ