

پاسخ سوال ۲ -

■ اندازه گیری ولتاژ DC خروجی یک سوساز تمام موج

نوع پل با صافی خازنی .

$V_{DC} = \dots\dots\dots$ Volt

■ بررسی برابر بودن ولتاژ DC خروجی با مقدار V_p

ورودی .

پاسخ سوال ۵ -

پاسخ سوال ۳ -

پاسخ سوال ۴ -

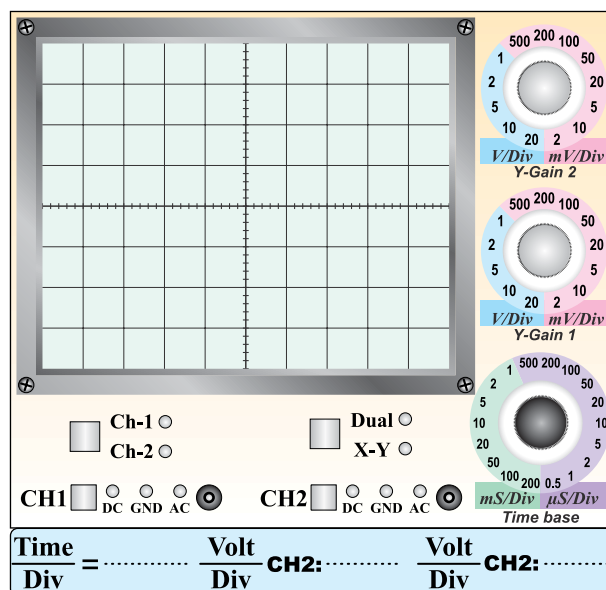
۸-۵-۲۸ توضیح درباره ی شکل موج خروجی درحالی

که کلید DC- GND- AC روی AC قرار دارد. در این حالت

مقاومت بار به خروجی متصل نیست.

۸-۵-۲۷ ترسیم شکل موج خروجی یک سوساز نوع پل

با صافی خازنی .



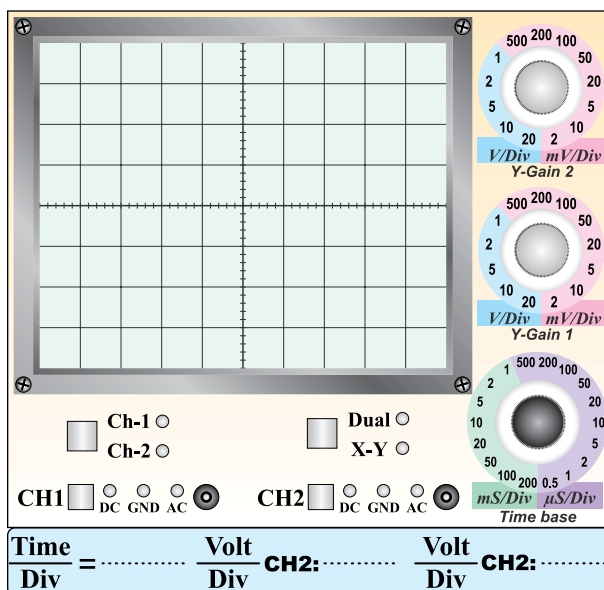
نمودار ۴-۸

۸-۵-۳۰ توضیح درباره‌ی کاهش و افزایش مقاومت بار و

اثر آن روی ولتاژ پیک تو پیک ضربان .

■ ترسیم شکل موج ضربان‌دار در حالتی که مقاومت بار

در مدار قرار دارد.



نمودار ۸-۵

۸-۵-۲۹ اندازه‌گیری فرکانس ضربان و مقایسه‌ی آن با

فرکانس ورودی.

$$F_{\text{ripple}} = \dots \text{Hz}$$

$$F_i = \dots \text{Hz}$$

● مقایسه‌ی دو فرکانس

۸-۶ جمع‌بندی نتایج آزمایش



۸-۷ الگوی پرسش

کامل کردنی

۸-۷-۱ Bridge Rectifier به مفهوم است.

۸-۷-۲ حداکثر جریانی که به صورت تکرار سیکل‌ها در

دیود جاری می‌شود نام دارد و آن را با حروف انگلیسی نشان می‌دهند.

صحیح یا غلط

۸-۷-۳ حداکثر ولتاژ معکوس که دیود می‌تواند به صورت

تکرار سیکل‌ها تحمل کند V_{RRM} نام دارد.

☐ صحیح ☐ غلط

۸-۷-۴ در مورد ولتاژ معکوس مجاز دیود می‌توان نوشت

$$V_{RSM} > V_{RRM} > V_R$$

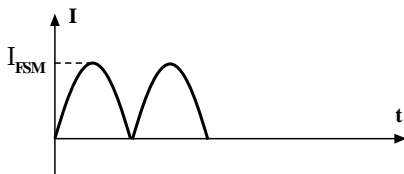
☐ صحیح ☐ غلط

چهار گزینه‌ای

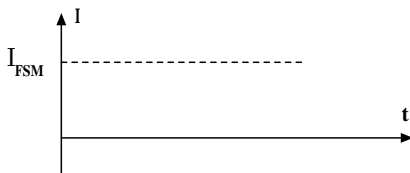
۸-۷-۵ کدام گزینه منحنی جریان I_{FSM} را در دیود نشان

می‌دهد.

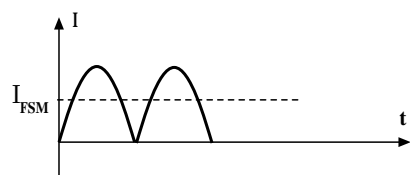
(۱)

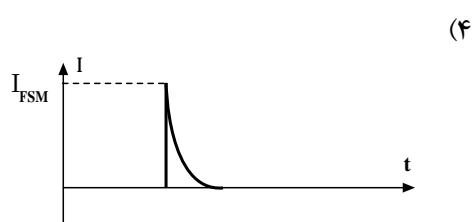
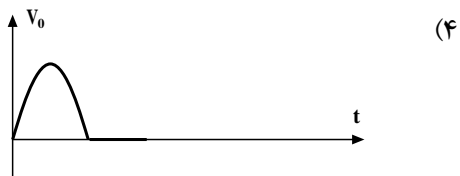


(۲)

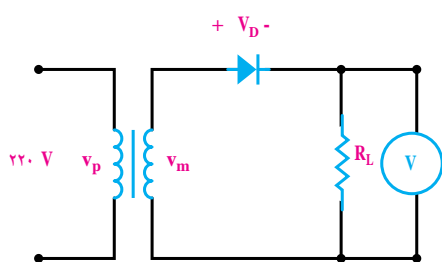


(۳)





۸-۷-۷ اگر در مدار شکل ۸-۱۷ ولت متر DC، ۱۰ ولت را نشان دهد، V_m چند ولت است؟ دیود ایده‌آل در نظر گرفته شود.

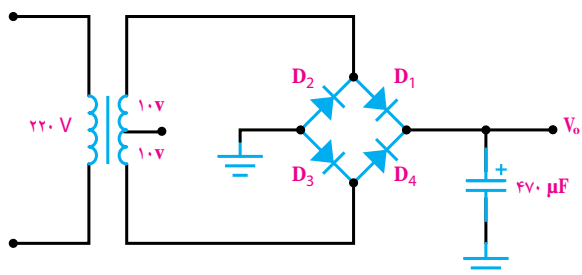


شکل ۸-۱۷

(۱) ۳۱/۴ ولت (۲) ۶۲/۸ ولت

(۳) ۱۴/۱ ولت (۴) ۲۸/۲ ولت

۸-۷-۸ V_o در مدار شکل ۸-۱۸ چند ولت است؟ دیودها ایده‌آل در نظر گرفته شده‌اند.



شکل ۸-۱۸

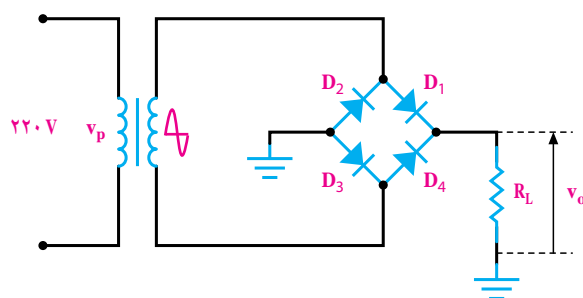
(۱) ۲۸/۲ ولت (۲) ۲۰ ولت

(۳) ۱۷/۹۶ ولت (۴) ۸/۹۸ ولت

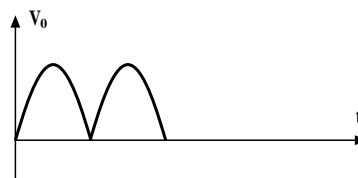
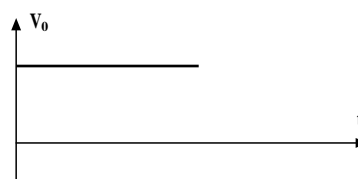
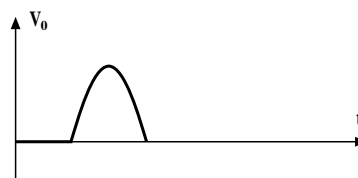
تشریحی و محاسباتی

۸-۷-۹ در مدار شکل ۸-۱۹ اگر ولتاژ هر سر ثانویه

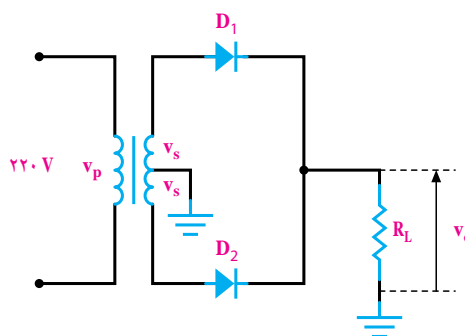
۸-۷-۶ در مدار شکل ۸-۱۶ اگر دیود D_4 بسوزد و قطع شود شکل موج خروجی کدام است؟



شکل ۸-۱۶



ترانسفورماتور نسبت به سر وسط ۱۲ ولت باشد معدل ولتاژ دو سر بار را محاسبه کنید. از افت ولتاژ دو سر دیود صرف نظر کنید.



شکل ۸-۱۹

$$V_{DC} = \dots\dots\dots =$$

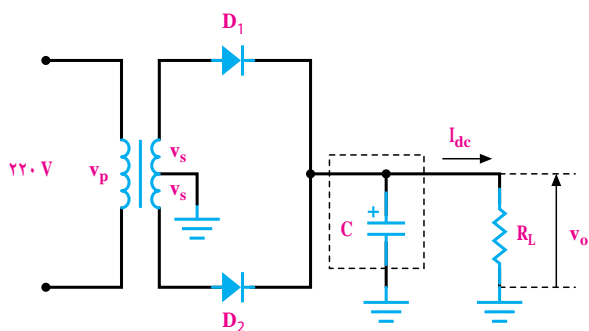
$$V_{DC} = \dots\dots\dots$$

۸-۷-۱۱ اگر فرکانس موج ورودی شکل ۸-۲۱ الف

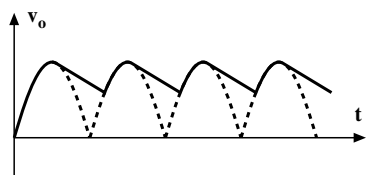
برابر ۵۰ هرتز باشد، فرکانس موج یکسو شده ی خروجی و

فرکانس ضربان در شکل ۸-۲۱ ب چه قدر است؟

الف



ب

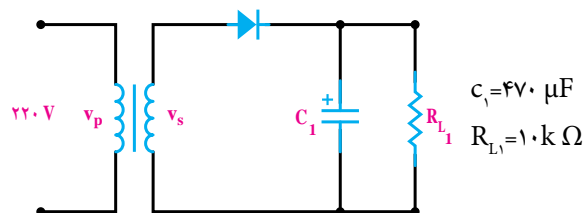


شکل ۸-۲۱

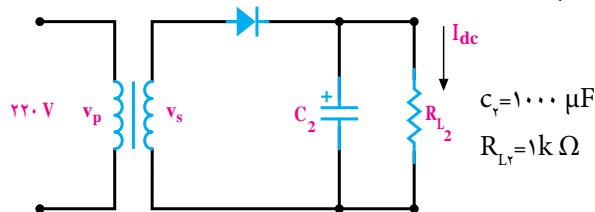
۸-۷-۱۰ ضربان در کدام موج یکسو شده ی شکل ۸-۲۰

الف و ب بیش تر است؟ علت را توضیح دهید.

الف



ب



شکل ۸-۲۰

۸-۸ ارزشیابی آزمایش شماره ۸

ردیف	عنوان	نمره ی پیش نهادی	نمره ی کسب شده	تاریخ/...../..... ۱۳
۱	انضباط	۲		نام و نام خانوادگی مربیان کارگاه:
۲	میزان مشارکت و همکاری	۱		.....-۱
۳	رعایت نکات ایمنی	۲		.....-۲
۴	تنظیم گزارش کار	۳		محل امضای مربیان کارگاه:
				۱
۵	صحت مراحل اجرای آزمایش شماره ۸	۱۲		
۶	فعالیت فوق برنامه	۲		
۷	جمع نهایی ارزشیابی آزمایش شماره ۸	۲۲		۲
۸	تشویق و تذکر:			
			
	.....			نام و نام خانوادگی هنرجو:

	.....			محل امضای هنرجو:
			
			

کار با چند نمونه سنسور

هدف کلی آزمایش



۹-۵-۱ توضیح درباره‌ی عملکرد و محل قرار گرفتن کلید

لای درب .

۹-۳ توضیح درمورد حس گرهای موجود در نرم افزار

ادیسون و مولتی سیم .

پاسخ سوال ۱-

حالت فشرده شده

۳-۵-۹ پیدا کردن کنتاکت یک نمونه شستی ترکیبی چند

کنتاکته.

محل ترسیم شکل ظاهری شستی

پاسخ به سوال ۲-

شکل ظاهری شستی و شماره گذاری پایه‌های آن

■ ترسیم نقشه‌ی فنی شستی در دو حالت .

حالت آزاد

توضیح درباره‌ی مراحل اجرای آزمایش



۹-۵-۴ پیدا کردن پایه‌ی مشترک یک شستی فشاری که

به صورت کلید تبدیل عمل می‌کند.

ترسیم شکل ظاهری شماره گذاری پایه‌ها

۹-۵-۶ پیدا کردن پایه‌های یک نمونه رله .

رسم شکل ظاهری و شماره گذاری پایه‌ها

پیدا کردن پایه‌ی مشترک به وسیله‌ی اهم‌متر و ترسیم

نقشه فنی کلید.

■ پیدا کردن پایه‌ها و نام گذاری آن‌ها .

پایه	اتصال
۱	
۲	
۳	
۴	
۵	
۶	
۷	
۸	

۸-۵-۹ مشخصات یک نمونه رله .

ولتاژ سیم پیچ:.....

جریان سیم پیچ:.....

مقاومت سیم پیچ:.....

جریان کنتاکت‌ها:.....

ولتاژ DC کنتاکت‌ها:.....

ولتاژ AC کنتاکت‌ها:.....

محل ترسیم نقشه‌ی رله

■ ترسیم نقشه‌ی فنی رله .


در صورتی که نقشه‌ی رله روی بدنه‌ی آن ترسیم نشده است، با استفاده از اهم‌متر سیم پیچ و کنتاکت‌ها را تعیین نمایید و سپس نقشه‌ی رله را رسم کنید.

۹-۵-۹ بررسی عملکرد مدار کنترل با LDR .

توضیح درباره‌ی عملکرد مدار




توضیح درباره‌ی عملکرد مدار جدید



■ توضیح درباره‌ی تغییر نقشه و ترسیم نقشه‌ی جدید با

کنتاکت‌های NC و NO.



پاسخ سوال ۳:

۱۰-۵-۹ توضیح درباره‌ی عملکرد مدار در شرایطی که

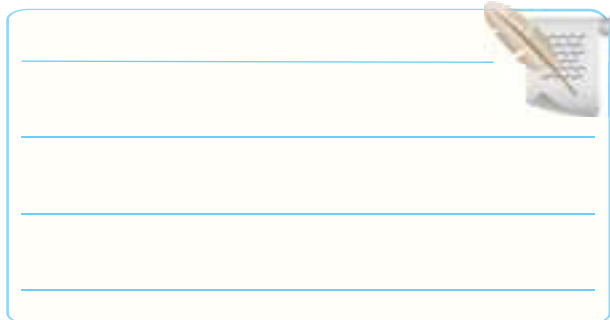
LDR با مقاومت R_p جابه‌جا شده است.



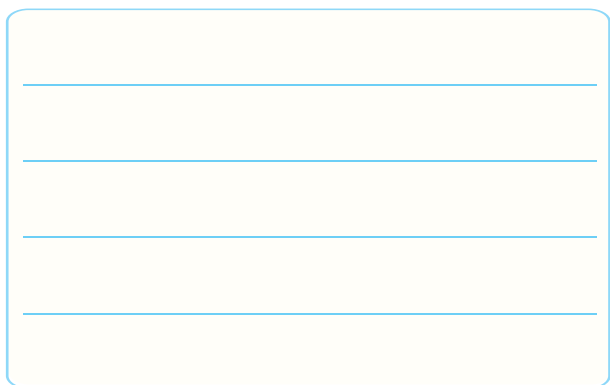
ترسیم نقشه

۹-۵-۱۱ توضیح درباره‌ی عملکرد مدار کنترل با NTC. ■ توضیح درباره‌ی کنترل دو وسیله‌ی مختلف با استفاده

از مدار NTC و ترسیم مدار آن.



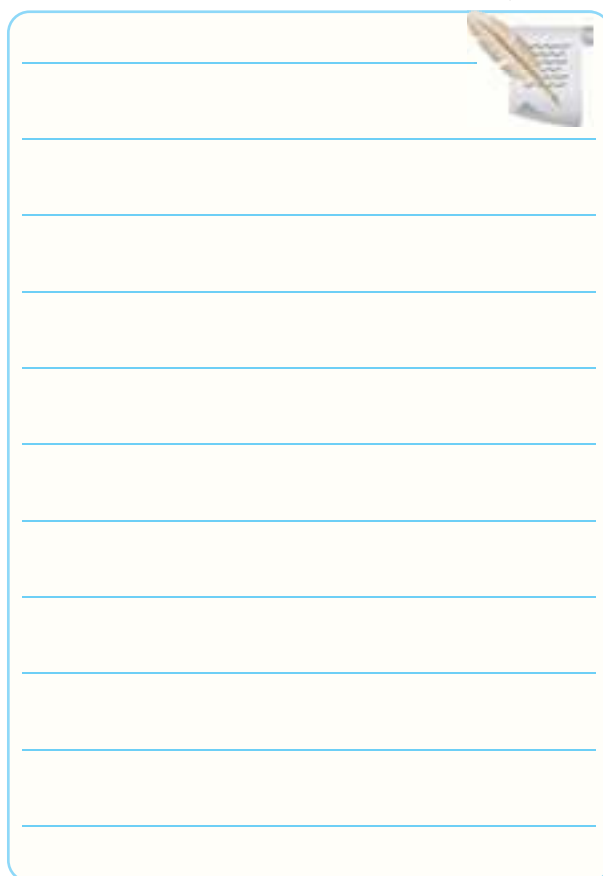
پاسخ سوال ۴:



ترسیم مدار



■ توضیح درباره‌ی عملکرد مدار در حالتی که محل NTC با R_f عوض می‌شود.



گزارش تحقیق دوم

در صورت داشتن وقت اضافی

۹-۵-۱۲ گزارش تحقیق اول انجام شده به طور خلاصه .



۹-۵-۱۴ پاسخ به سوال ۵.

۹-۵-۱۳ گزارش مربوط به مدار اجرا شده در کارگاه بر

اساس تحقیق انجام شده .



۹-۶ جمع بندی و نتایج حاصل از آزمایش .



■ گزارش مربوط به اجرای نرم افزار .



۹-۷ الگوی پرسش

کامل کردنی

- ۹-۷-۱ مقاومت‌های، و در مدارهای مختلف به عنوان حس گر یا سنسور به کار می‌روند.
- ۹-۷-۲ ساده‌ترین سنسور لای درب یخچال یا خودرو است. این نوع حس گر را سنسور می‌نامند.

صحیح یا غلط

- ۹-۷-۳ حس گرهای حرارتی برای تثبیت حرارت و حس گرهای نوری برای کنترل نوردهی به کار می‌روند.

☐ صحیح ☐ غلط

- ۹-۷-۴ اگر بخواهیم از اپتوکوپلرها به عنوان سنسور استفاده کنیم دیود نورددهنده و فتو ترانزیستور می‌تواند در داخل یک بسته‌بندی باشد.

☐ صحیح ☐ غلط

چهار گزینه‌ای

- ۹-۷-۵ شستی‌های NO در حالت عادی و شستی‌های NC در حالت عادی هستند.

۱- باز - باز ۲- بسته - بسته

۳- بسته - باز ۴- باز - بسته

- ۹-۷-۶ روی رله‌ای اطلاعات $5VDC$ 100Ω نوشته شده

است، جریان تغذیه‌ی سیم پیچ رله کدام است؟

۱- $20mA$ ۲- $50mA$

۳- $200mA$ ۴- $500mA$

تشریحی و محاسباتی

- ۹-۷-۷ حس گر یا سنسور را تعریف کنید و چند نوع

حس گر نوری و حرارتی را نام ببرید.

۹-۷-۱۱ روی رله ای نوشته شده است :

۴۰VDC / ۲A ۲۲۰VAC / ۹VDC ۴۷۰Ω

الف- این رله با چه ولتاژ DC کار می کند؟

ب- جریان تغذیه ی سیم پیچ رله را محاسبه کنید.

پ- کنتاکت های رله چه جریانی را می توانند عبور دهند؟

ت- کنتاکت های رله چه ولتاژ AC یا DC را می توانند

تحمل کنند؟

۹-۷-۸ چرا باید منطقه ی تماس حس گر با حرارت، نور یا

فشار را همیشه تمیز نگه داشت؟ توضیح دهید.

۹-۷-۱۰ برای تست صحت سیم پیچ رله از چه دستگاهی

استفاده می کنند؟ طرز تست صحت سیم پیچ رله و نوع اتصال

کنتاکت های آن (NO یا NC) را شرح دهید.

۸-۹ ارزش‌یابی آزمایش شماره‌ی ۹

ردیف	عنوان	نمره‌ی پیش‌نهادی	نمره‌ی کسب شده	تاریخ ...../...../۱۳
۱	انضباط	۲		نام و نام خانوادگی مربیان کارگاه:
۲	میزان مشارکت و همکاری	۱		۱-.....
۳	رعایت نکات ایمنی	۲		۲-.....
۴	تنظیم گزارش کار	۳		محل امضای مربیان کارگاه:
۵	صحت مراحل اجرای آزمایش شماره‌ی ۹	۱۲		۱
۶	فعالیت فوق برنامه	۲		
۷	جمع‌نهایی ارزش‌یابی آزمایش شماره‌ی ۹	۲۲		۲
۸	تشویق و تذکر:			
			
	.....			نام و نام خانوادگی هنرجو:

	.....			محل امضای هنرجو:
			

کتاب گزارش کار قسمت دوم

کارگاه الکترونیک مقدماتی

هدف کلی

تنظیم گزارش کار استاندارد و مستند برای کتاب کارگاه الکترونیک مقدماتی

از هنرجویان محترم تقاضا می‌شود در ساعات اجرای آزمایشگاه اندازه گیری الکتریکی و کارگاه الکترونیک مقدماتی حتماً کتاب گزارش کار و فعالیت‌های آزمایشگاهی و کارگاهی را همراه داشته باشند.

کتاب گزارش کار و فعالیتهای آزمایشگاهی

کارگاه الکترونیک مقدماتی

تاریخ اجرای آزمایش

کار عملی شماره ۱

لحیم کاری

هدف کلی



۲-۵-۱ مشخصات دستگاههای نصب شده روی میز آزمایشگاه .

جدول ۱-۱


ردیف	نام دستگاه یا وسیله	شماره ی سریال و مدل	پلاک	کاربرد
۱	پرینتر سه خانه	ندارد	ندارد	دریافت برق برای سایر دستگاهها
۲				
۳				
۴				
۵				
۶				
۷				
۸				

۱-۵-۱۰ مشخصات هویه‌ی سرعت بالا و هویه با کنترل

درجه حرارت الکترونیکی .



۱-۵-۱۲ مشخصات هویه‌ی گازی



۱-۵-۵ تعیین درصد آلیاژ و قطر سیم لحیم موجود در

کارگاه

$\phi = \dots\dots\dots \text{mm}$

% سرب = $\dots\dots\dots$

% قلع = $\dots\dots\dots$

تصویر یک نمونه قرقره‌ی لحیم و روغن لحیم

محل چسباندن تصویر

۱-۵-۷ مشخصات هویه‌ی قلمی موجود در جعبه‌ی ابزار

جدول ۱-۲

طول (سانتی متر)	
طول نوک (cm)	
قطر تقریبی نوک (mm)	
ولتاژ کار (ولت)	
توان (وات)	
طول کابل برق (cm)	
نوع دو شاخه استاندارد اروپایی یا امریکایی	
جنس دسته	

۱-۵-۱۴ مشخصات نوک هویه .



۱-۵-۱۸ توضیح درباره‌ی مراحل تمیز کردن نوک هویه.



۱-۵-۱۶ مشخصات یک نمونه هویه‌ی قلمی با استفاده از

راهنمای کاربرد آن .

۱-۵-۲۱ توضیح درباره‌ی چگونگی قلع اندود کردن

سیم‌ها .



محل چسباندن تصویر هویه

۱-۵-۲۲ توضیح درباره‌ی چگونگی ساختن زاویه‌ی ۳۰

درجه .



۱-۵-۳۰ توضیح درباره‌ی چگونگی ساختن مکعب یا

هرم .



۱-۵-۲۴ توضیح درباره‌ی چگونگی ساختن زاویه‌ی ۶۰

درجه .



۱-۵-۳۱ گزارش درباره‌ی ساخت پروژه‌های لحیم کاری .



۱-۵-۲۷ توضیح درباره‌ی لحیم کاری اتصال عمود بر هم

و مربع .



۱-۵-۳۳ توضیح درباره‌ی عایق بندی به وسیله‌ی ماکارونی

نسوز .



۱-۵-۳۵ توضیح درباره‌ی قلع کش و فتیلهٔ لحیم .



۱-۵-۴۲ شرح مراحل پیاده‌سازی قطعات از روی فیبر

مدار چاپی توسط قلع کش پیستونی .



۱-۵-۳۹ توضیح درمورد انواع فیبر مدار چاپی .



۱-۵-۴۴ گزارش پیاده‌سازی قطعات از روی فیبر مدار

چاپی با استفاده از فتیلهٔ لحیم .

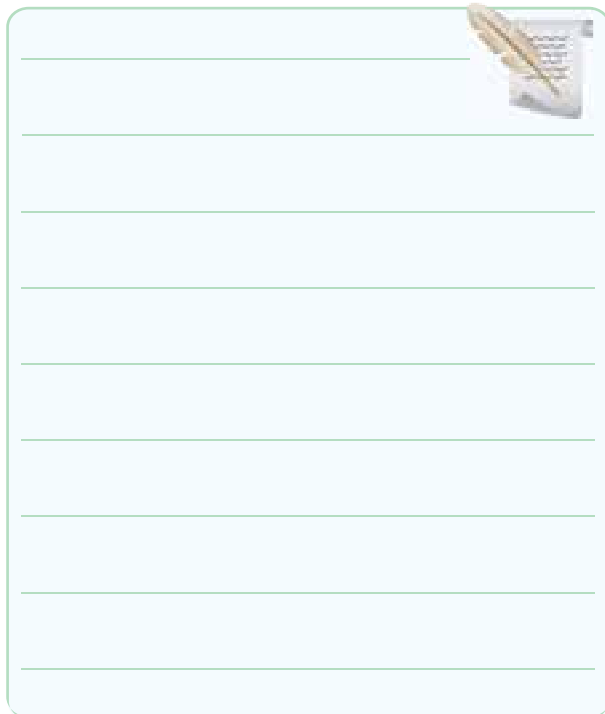
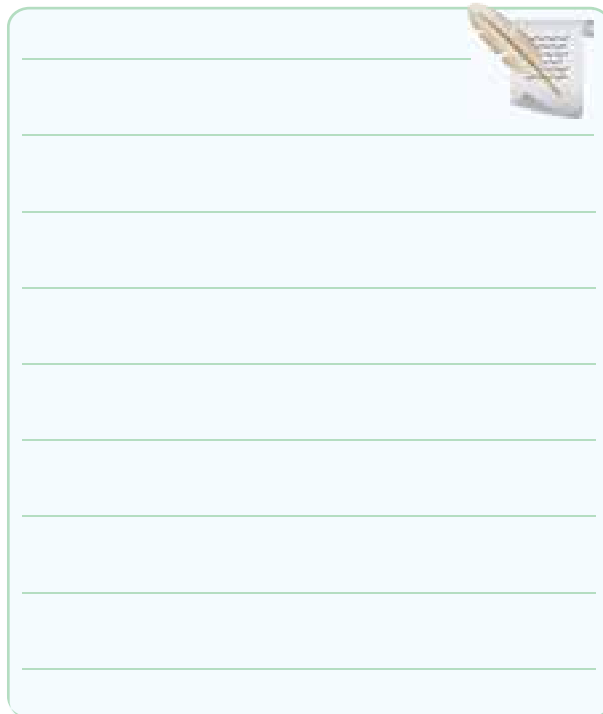


۱-۵-۴۶ تدوین گزارش دِ مونتاز قطعات با استفاده از فیبر

۱-۵-۵۰ توضیح درباره‌ی مراحل مونتاز قطعات SMD

مدار چاپی .

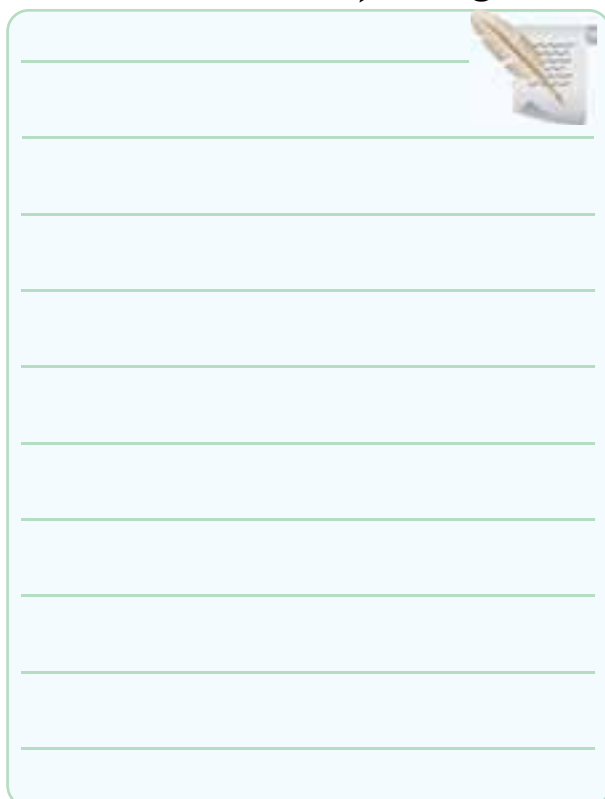

روی برد مدار چاپی .



۱-۵-۴۸ توضیح درباره‌ی مراحل اجرا شده برای مونتاز

■ توضیح درباره‌ی دِ مونتاز قطعات SMD .

قطعات .



۱-۷ الگوی پرشی

کامل کردنی

۱-۷-۱ نقطه‌ی ذوب روغن لحیم باید از نقطه‌ی ذوب لحیم باشد.

۱-۷-۲ در هوپه‌ی سرعت بالا ابتدا درجه‌ی حرارت نوک هوپه است سپس درجه حرارت نوک هوپه می‌یابد.

۱-۷-۳ در الکترونیک ، هوپه‌های با وات تا برای لحیم کاری مناسب است.

صحیح یا غلط

۱-۷-۴ در لحیم کاری سخت درجه حرارت کار بالا و در لحیم کاری نرم درجه‌ی حرارت کار نسبتاً پایین است.

صحیح ☐ غلط ☐

۱-۷-۵ در لحیم کاری عناصر الکترونیکی از روغن‌های کروسو استفاده می‌شود.

صحیح ☐ غلط ☐

۱-۷-۶ روغن نان کروسو باید بعد از پایان عمل لحیم کاری در محل اتصال باقی بماند.

صحیح ☐ غلط ☐

چهار گزینه‌ای

۱-۷-۷ مناسب‌ترین درصد قلع و سرب لحیم برای انجام عمل لحیم کاری در الکترونیک کدام است؟

۱) ۵۰/۵۰ ۲) ۴۰/۶۰

۳) ۶۰/۴۰ ۴) ۶۳/۳۷

۱-۷-۸ وات بسیار مناسب هوپه برای لحیم کاری آی سی کدام است؟

۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۳۰ ۴) ۴۰

۱-۷-۹ مهم‌ترین عامل بروز لحیم سرد کدام است؟

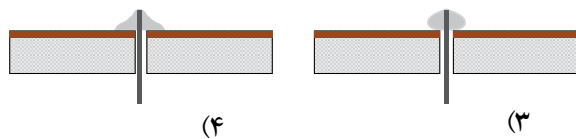
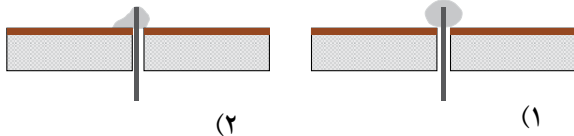
۱- جدا کردن پی درپی هوپه از سطح کار

۲- حرکت دادن اتصال قبل از سرد شدن

۳- کثیف بودن محل اتصال

۴- کافی نبودن گرما در محل اتصال

۱۰-۷-۱ کدام اتصال لحیم کاری صحیح است؟



۱۱-۷-۱ در مورد اجرای صحیح عمل لحیم کاری کدام

مورد صحیح نیست؟

۱- نقاط مورد لحیم کاری باید تمیز شود.

۲- باید سیم‌ها و عناصری که می‌خواهیم به یک دیگر

متصل کنیم را به طور جداگانه حرارت دهیم.

۳- هوپه را به طور پی درپی از سطح کار جدا کنیم.

۴- از هوپه‌ی ۱۰ تا ۴۰ وات برای قطعات الکترونیک

استفاده کنیم.

تشریحی

۱۲-۷-۱ سه نمونه از موارد ایمنی در مراحل لحیم کاری

را شرح دهید.

۱-۷-۱۳ معنی فارسی هر يك از لغات انگلیسی را

بنویسید.

الف: soldering

ب: Flux

پ: Non corrosive

ت: veroboard

۱-۷-۱۶ مراحل اجرای کار در لحیم کاری فروکشی برای

قطعات SMD را به ترتیب اجرای کار شماره گذاری کنید.

محل شماره

حرارت دادن برد تا دمای لحیم کاری ☐

چسباندن قطعات با دستگاه خود کار در محل خود ☐

روی برد

گرم شدن برد به سرعت تا دمای ذوب لحیم کاری ☐

پوشاندن قسمت های غیر ضروری برد مدار چاپی ☐

با مواد مخصوص

قرار دادن لایه ای از لحیم روی برد ☐

برداشتن پوشش روی برد مدار چاپی ☐

خنک شدن برد به آرامی ☐

۱-۷-۱۷ مراحل عملی لحیم کاری برای اتصال دو قطعه

سیم به یکدیگر را به ترتیب مراحل اجرای کار شرح دهید.

۱-۷-۱۴ ۳ مورد از ویژگی های روغن لحیم را شرح

دهید.

۱-۷-۱۵ مراحل لحیم کاری به روش لحیم مذاب جاری

برای قطعات SMD را به ترتیب نام ببرید.



۱۸-۲-۱ نحوه‌ی عملی دمونتاز قطعات توسط قلع کش را
از روی یک فیبر اوراقی به ترتیب مراحل اجرای کار تشریح
کنید.

۱۹-۲-۱ نحوه‌ی تمیز نمودن نوک هویه و قلع کش
پیستونی را تشریح کنید.

۸-۱ ارزشیابی کار عملی شماره ۱

ردیف	عنوان	نمره پیش نهادی	نمره کسب شده	تاریخ ...../...../۱۳.....
۱	داشتن لباس کار مرتب	۱		نام و نام خانوادگی مربیان کارگاه:
	داشتن اتیکت	۱		۱-.....
	مرتب بودن میز کار	۱		۲-.....
	رعایت نظم در کارگاه	۱		محل امضای مربیان کارگاه:
	عدم جابجایی بی مورد در کارگاه	۱		۱
۲	استفاده ی صحیح از دستگاه ها	۱		۲
۳	تنظیم گزارش کار	۱		
۴	میزان مشارکت و همکاری	۲		
۵	رعایت نکات ایمنی	۱		نام و نام خانوادگی هنرجو:
۶	صحت مراحل اجرای کار عملی شماره ۱	۸		.....
۷	فعالیت فوق برنامه	۱		محل امضای هنرجو:
۸	استفاده از نرم افزار	۳		
۹	جمع نهایی ارزشیابی شماره ۱	۲۲		
۱۰	تشویق و تذکر:			

۸-۱ ارزش‌یابی کار عملی شماره‌ی ۱ (مرحله‌ی ۲)

ردیف	عنوان	نمره پیش‌نهادی	نمره کسب شده	تاریخ/...../..... ۱۳
۱	انضباط	۲		نام و نام خانوادگی مربیان کارگاه:
۲	میزان مشارکت و همکاری	۱		.....-۱
۳	رعایت نکات ایمنی	۲		.....-۲
۴	تنظیم گزارش کار	۳		محل امضای مربیان کارگاه:
۵	صحت مراحل اجرای کار عملی شماره‌ی ۱	۱۲		۱
۶	فعالیت فوق برنامه	۲		
۷	جمع‌نهایی ارزش‌یابی شماره‌ی ۱	۲۲		۲
۸	تشویق و تذکر:			
			
	.....			نام و نام خانوادگی هنرجو:

	.....			محل امضای هنرجو:
			

۸-۱ ارزش‌یابی کار عملی شماره‌ی ۱ (مرحله‌ی ۳)

ردیف	عنوان	نمره پیش‌نهادی	نمره کسب شده	تاریخ/...../..... ۱۳
۱	انضباط	۲		نام و نام خانوادگی مربیان کارگاه:
۲	میزان مشارکت و همکاری	۱		۱-.....
۳	رعایت نکات ایمنی	۲		۲-.....
۴	تنظیم گزارش کار	۳		محل امضای مربیان کارگاه:
				۱
۵	صحت مراحل اجرای کار عملی شماره‌ی ۱	۱۲		
۶	فعالیت فوق برنامه	۲		
۷	جمع‌نهایی ارزش‌یابی شماره‌ی ۱	۲۲		۲
۸	تشویق و تذکر:			
			
	.....			نام و نام خانوادگی هنرجو:

	.....			محل امضای هنرجو:
			

۸-۱ ارزش‌یابی نهایی کار عملی شماره‌ی ۱

ردیف	عنوان	نمره پیش‌نهادی	نمره کسب شده	تاریخ ...../...../۱۳
۱	انضباط	۲		نام و نام خانوادگی مربیان کارگاه:
۲	میزان مشارکت و همکاری	۱		۱-.....
۳	رعایت نکات ایمنی	۲		۲-.....
۴	تنظیم گزارش کار	۳		محل امضای مربیان کارگاه:
۵	صحت مراحل اجرای کار عملی شماره‌ی ۱	۱۲		۱
۶	فعالیت فوق برنامه	۲		
۷	جمع نهایی ارزش‌یابی شماره‌ی ۱	۲۲		۲
۸	تشویق و تذکر:			
			
	.....			نام و نام خانوادگی هنرجو:

	.....			محل امضای هنرجو:
			

بوين پیچی

۴-۵-۲ توضیح درباره‌ی نحوه‌ی پیچیدن بوبین‌های

مختلف .

• بوبین

• بوبین

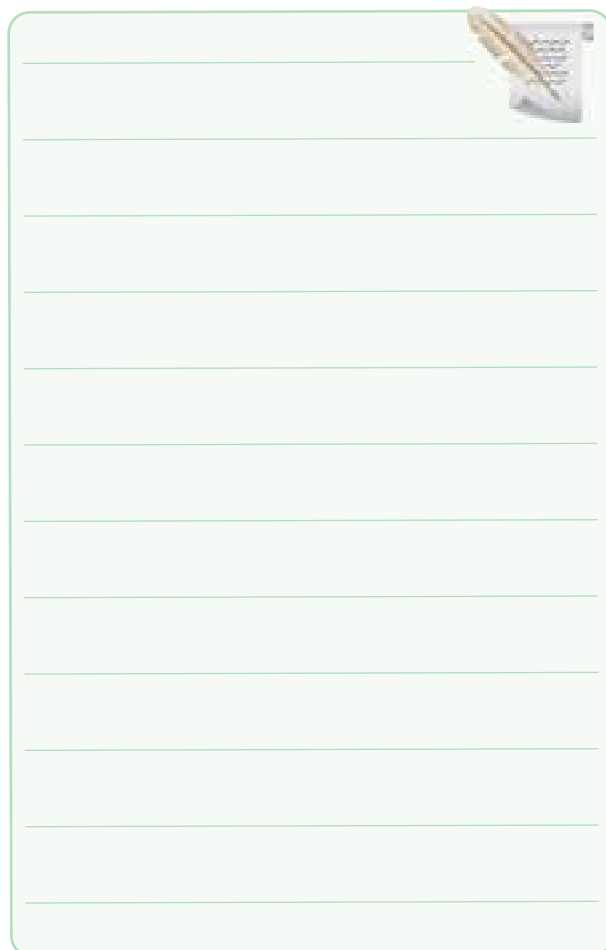
A blank sheet of white paper with horizontal green lines, resembling notebook paper. A quill pen is positioned diagonally across the top right corner of the page. The paper has rounded corners on the left side.

۲-۵-۷ تاثیر تغییر فاصله‌ی سیم روی ضریب خودالقایی

سیم پیچ .

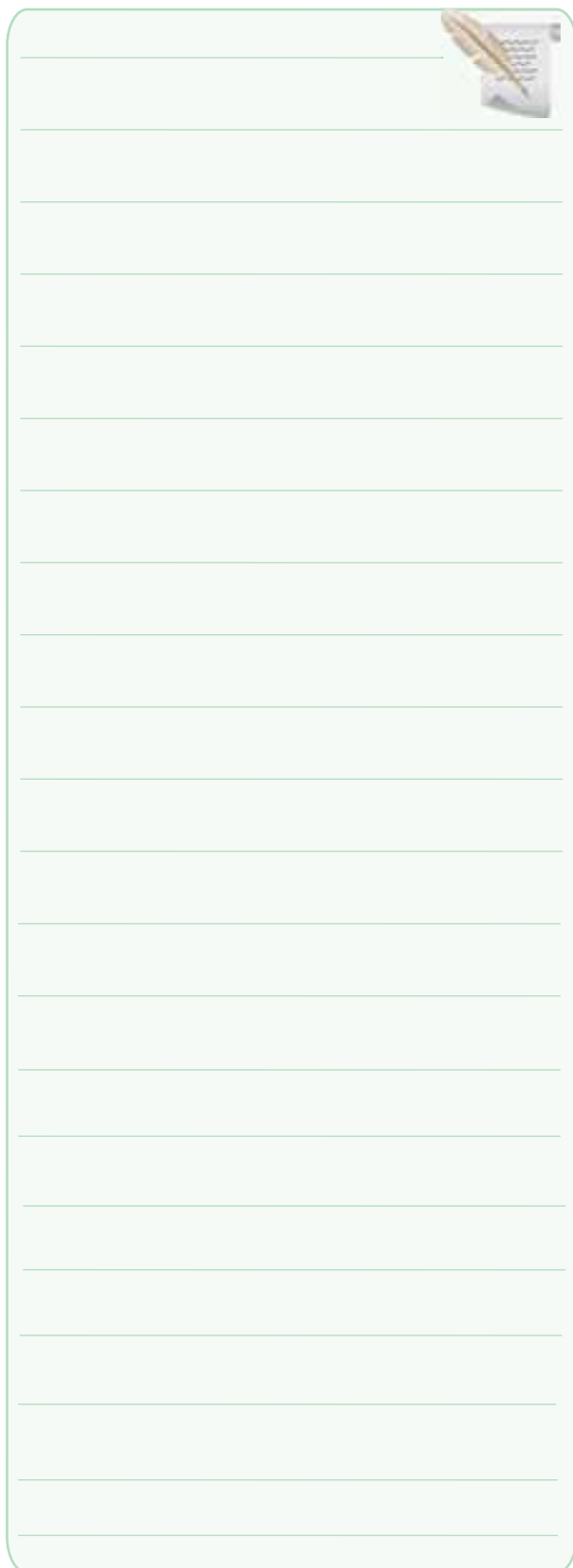


■ گزارش در مورد آزمایش روی ترانسفورماتور .



۲-۶ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری از کارهای انجام

شده .



۲-۷ الگوی پرسش

کامل کردنی

۲-۷-۱ هسته‌ی مناسب برای بوبین‌های با ضریب خودالقایی

زیاد است.

۲-۷-۲ مقدار جریان عبوری از سیم را

می‌نامند و آن را با حرف J نشان می‌دهند.

۲-۷-۳ قرار دادن هسته‌ی فرتی در داخل قرقره‌ی بوبین با

هسته‌ی هوا ضریب خودالقایی بوبین را می‌کند.

صحیح یا غلط

۴- ۲ اگر چگالی جریان $(\frac{A}{mm^2})$ و J و جریان

عبوری از سیم I آمپر باشد، قطر سیم با استفاده از رابطه‌ی

$$d = \frac{1}{13} \sqrt{\frac{I}{J}}$$

ست می‌آید.

☐ غلط

☐ صحیح

۵- ۲ اگر حلقه‌های سیم پیچ یک بوبین یک لایه را از هم

دور کنیم (فاصله‌ی حلقه‌ها را زیاد کنیم) ضریب خودالقایی

بوبین کاهش می‌یابد.

☐ غلط

☐ صحیح

چهار گزینه‌ای

۶- ۲ کدام رابطه برای محاسبه‌ی بوبین یک لایه‌ی منظم

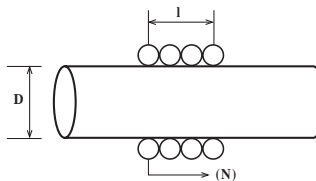
با هسته‌ی هوا صحیح است؟

$$L = \frac{0.08DN^2}{3D + 9l} \quad (1)$$

$$L = \frac{0.08D^2N^2}{3D + 9l} \quad (2)$$

$$L = \frac{0.08D^2N}{3D + 9l} \quad (3)$$

$$L = \frac{0.08D^2N^2}{3l + 9D} \quad (4)$$



۷-۲ قطر مناسب برای عبور ۲۵۰ میلی آمپر جریان از

سیم با چگالی جریان $\frac{4A}{mm^2}$ کدام است؟

(۱) ۰/۲۸mm (۲) ۰/۲۵mm

(۳) ۰/۲mm (۴) ۱/۱۳mm

کوتاه پاسخ

۸- ۲-۷ واحد چگالی جریان را بنویسید.

تشریحی

۹- ۲-۷ در فرمول $L = \frac{0.08DN^2}{3D + 9l}$ که مربوط به

محاسبه‌ی بوبین یک لایه با هسته‌ی هوا است، L و D و l

چه کمیت‌هایی هستند و واحد هر یک از کمیت‌ها را بنویسید.

۱۰- ۲-۷ برای پیچیدن یک بوبین، چه اطلاعاتی را باید

داشته باشیم؟ با استفاده از این اطلاعات، چه مجهولاتی را باید

محاسبه کنیم؟ توضیح دهید.

۸-۲ ارزش‌یابی کار عملی شماره‌ی ۲

ردیف	عنوان	نمره پیش‌نهادی	نمره کسب شده	تاریخ/...../..... ۱۳
۱	انضباط	۲		نام و نام خانوادگی مربیان کارگاه:
۲	میزان مشارکت و همکاری	۱		.....-۱
۳	رعایت نکات ایمنی	۲		.....-۲
۴	تنظیم گزارش کار	۳		محل امضای مربیان کارگاه:
۵	صحت مراحل اجرای کار عملی شماره‌ی ۲	۱۲		۱
۶	فعالیت فوق برنامه	۲		
۷	جمع‌نهایی ارزش‌یابی شماره‌ی ۲	۲۲		۲
۸	تشویق و تذکر:			نام و نام خانوادگی هنرجو:
			
				محل امضای هنرجو:
			

$$U_1 \times I_1 = U_2 \times I_2$$

در این صورت ترانسفورماتور سبب تبدیل قدرتی با ولتاژ و جریان معین به همان قدرت ولی با ولتاژ و جریانی متفاوت می شود.

اجزای تشکیل دهنده یک ترانسفورماتور:

یک ترانسفورماتور دارای اجزایی به شرح زیر است:

الف- هسته: هسته ترانسفورماتور از ورقه های نازک

فلزی از جنس آهن نرم سیلیس دار، تشکیل شده است.

در این ورقه ها حداکثر ۴/۵ درصد سیلیسیم وجود دارد

و دارای قابلیت هدایت الکتریکی کم ولی قابلیت هدایت

مغناطیسی زیاد است. برای عایق کردن این ورقه ها در هنگام

ساختن آن ها یک لایه ی نازک اکسید، فسفات یا سیلیکات

به ضخامت ۲ تا ۲۰ میکرون را به عنوان عایق روی آن قرار

می دهند. این عایق مانند لعابی روی ورقه را می پوشاند. ورقه های

هسته ترانسفورماتور در ضخامت ۰/۳۵ و ۰/۵ میلی متر و در

اندازه های استاندارد و به فرم های مختلف ساخته می شوند.

معمولی ترین ورقه های استاندارد شده به فرم EI و M است.

(شکل ۱) تصویر انواع مختلف این ورقه ها را نشان می دهد.

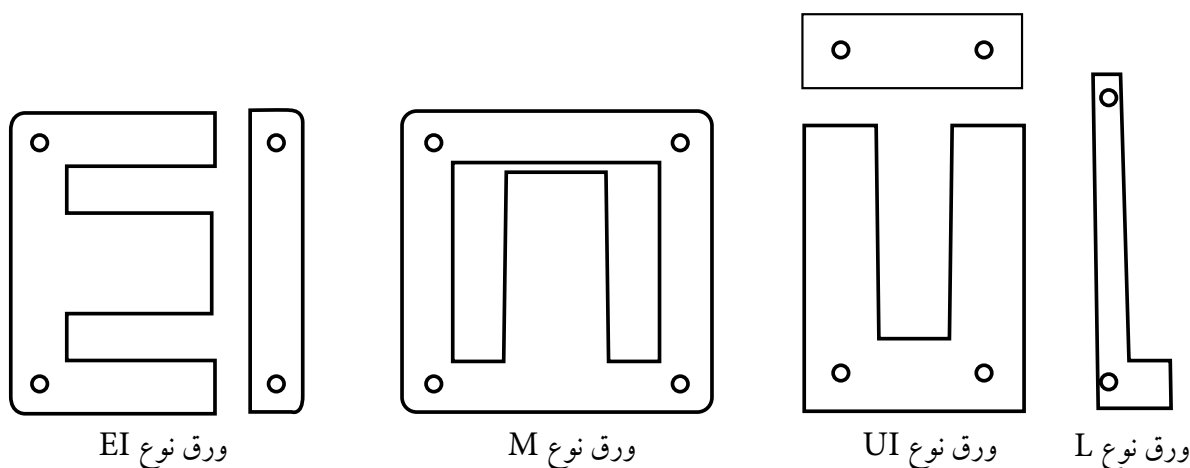
محاسبات ترانسفورماتور و پیچیدن آن

از آن جا که یکی از اجزاء اصلی مدارهای الکترونیکی قسمت تغذیه ی آن است و در مدار تغذیه معمولاً از ترانسفورماتور استفاده می شود، در این ضمیمه بحث نسبتاً مفصلی درباره ی طراحی، محاسبه و پیچیدن ترانسفورماتورهای کوچک به صورت عملی و کاربردی آمده است. افراد علاقه مند می توانند این مبحث را مورد استفاده قرار دهند و به عنوان مرجع مناسبی از آن استفاده کنند.

طراحی، محاسبه و پیچیدن ترانسفورماتور به صورت

کاربرد

هر ترانسفورماتور معمولاً دارای یک سیم پیچ اولیه و یک یا چند سیم پیچ ثانویه است. اگر سیم پیچ اولیه را به یک منبع انرژی متناوب، مثلاً برق شهر، وصل کنیم، از آن جریان I_1 عبور می کند، در نتیجه در اطراف سیم پیچ اولیه میدان مغناطیسی ایجاد می شود. سیم پیچ ثانویه این میدان را قطع می کند، در نتیجه در دو سر آن ولتاژی القا می شود و وجود می آید. اگر ولتاژ اولیه را U_1 و جریان آن را I_1 بنامیم، همچنین ولتاژ ثانویه U_2 و جریان آن I_2 باشد، در صورت ایده آل بودن



ورق نوع EI

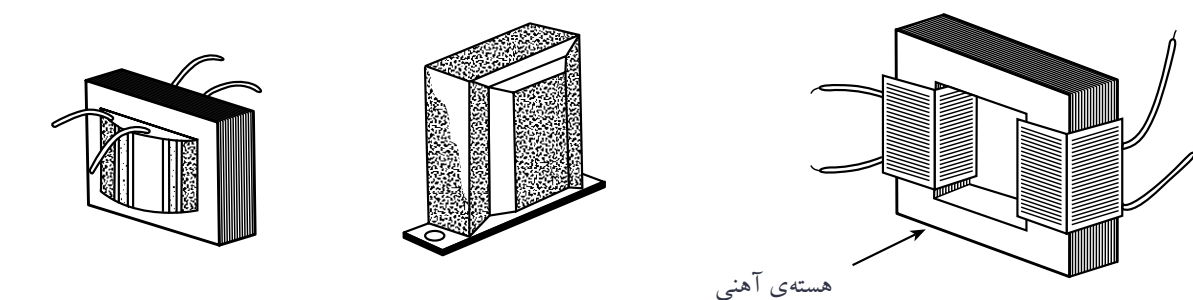
ورق نوع M

ورق نوع UI

ورق نوع L

ب- سیم پیچ: برای سیم پیچ ترانسفورماتور از سیم مسی با عایق لاکی استفاده می کنند. این سیم ها با سطح مقطع دایره و در قطرهای مختلف در بازار وجود دارند.

پ- قرقره: برای حفاظت و نگه داری سیم پیچ های ترانسفورماتور، مخصوصا ترانسفورماتورهای کوچک، از قرقره استفاده می کنند. جنس قرقره از مواد عایق مانند کاغذ عایق سخت (برش مان)، فیبرهای استخوانی یا



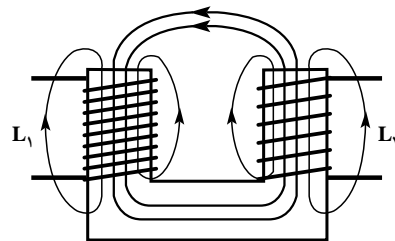
شکل ۲- هسته ی سیم پیچ و ترانسفورماتور ساخته شده

علامت اختصاری نوع هسته	شکل هسته	شکل قرقره
قطع M		
قطع EI		
قطع UI		

شکل ۳- علامت اختصاری نوع هسته، شکل هسته و قرقره

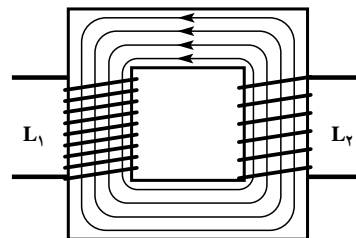
روابط بین جریان و ولتاژ در یک ترانسفورماتور: می دانیم

در یک ترانسفورماتور، اثر میدان یک سیم پیچ روی سیم پیچ دیگر، سبب القای ولتاژ در آن می شود. در مبدلی که دارای هسته ی U شکل است و سیم ها روی دو پایه ی این هسته پیچیده شده اند. (شکل ۴) تمام خطوط میدان اولیه از هسته ی سیم پیچ مقابل (ثانویه) نمی گذرند و قسمتی از آن ها مدار خود را از طریق هوا می بندند. در این صورت می گوئیم در این ترانسفورماتور کوپلاژ سست است.



شکل ۴ - کوپلاژ سست

اما اگر حلقه ی هسته ی آهنی کاملاً مسدود باشد در این صورت تقریباً تمام فوران مغناطیسی در هسته ی آهنی باقی می ماند و دو سیم پیچ با یکدیگر مدار مغناطیسی کاملی را تشکیل می دهند. در این صورت می گوئیم کوپلاژ سفت است. شکل ۵ کوپلاژ سفت را نشان می دهد.



شکل ۵ - کوپلاژ سفت

ضریب کوپلاژ: نسبت فوران مغناطیسی موثر در سیم پیچ

دوم به فوران مغناطیسی کل ایجاد شده در سیم پیچ اول را ضریب کوپلاژ می نامند.

$$K = \frac{\phi_2}{\phi_1}$$

در کوپلاژ سست $K < 1$ و در کوپلاژ سفت $K = 1$ است. در یک ترانسفورماتور با کوپلاژ سفت رابطه ی زیر برقرار است:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

که در آن U_1 ولتاژ اولیه، U_2 ولتاژ ثانویه، N_1 تعداد دور اولیه، N_2 تعداد دور ثانویه، I_1 جریان اولیه و I_2 جریان ثانویه است.

ترانسفورماتور کاهنده: اگر تعداد دور ثانویه کم تر از

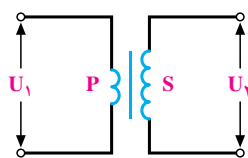
تعداد دور اولیه باشد در این صورت ولتاژ ثانویه کم تر از ولتاژ اولیه است ولی جریان در ثانویه بیش تر از جریان در اولیه است. به این ترانسفورماتور کاهنده گویند.

ترانسفورماتور افزایشنده: در یک ترانسفورماتور افزایشنده

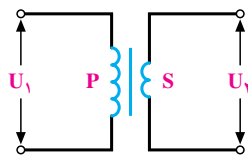
تعداد دور ثانویه بیش تر از تعداد دور اولیه، ولتاژ ثانویه بیش تر از ولتاژ اولیه ولی جریان ثانویه کم تر از جریان اولیه است.

شکل ۶ - علامت یا نقشه ی فنی یک ترانسفورماتور

کاهنده و یک ترانسفورماتور افزایشنده را نشان می دهد.



افزاینده



کاهنده

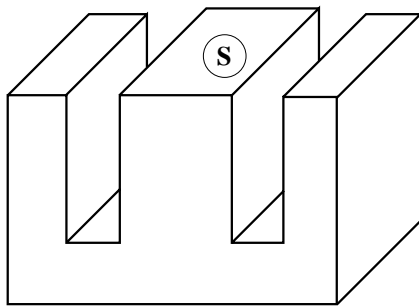
شکل ۶ - نقشه ی فنی یک ترانسفورماتور افزایشنده و کاهنده

محاسبه‌ی عملی ترانسفورماتور

ج- انتخاب قرقره‌ی مناسب.

محاسبه‌ی سطح مقطع هسته‌ی ترانسفورماتور: برای محاسبه‌ی سطح مقطع هسته‌ی ترانسفورماتور از فرمول $S_{FE} = K\sqrt{P_1}$ استفاده می‌کنیم. در این فرمول S سطح مقطع خالص هسته بر حسب سانتی‌متر مربع، P_1 قدرت اولیه‌ی ترانسفورماتور بر حسب ولت آمپر است. ضریب K بستگی به جنس هسته و نقطه‌ی کار ترانسفورماتور دارد و بین ۰/۸ تا ۱/۲ انتخاب می‌شود. برای ترانسفورماتورهای کوچک کم‌قدرت $K=1$ یا $K=0.9$ انتخاب می‌شود. بهتر است برای ترانسفورماتورهای معمولی $K=1/2$ در نظر گرفته شود.

شکل ۷ سطح مقطع هسته را برای هسته‌ای از نوع EI نشان می‌دهد.



شکل ۷- سطح مقطع هسته

سطح مقطع ظاهری: هسته‌ی مورد مصرف در ترانسفورماتورها را، به منظور کاهش تلفات، به صورت ورق ورق می‌سازند. چون ورقه‌های ترانسفورماتور با لایه‌های نازک عایق پوشیده شده است، هنگامی که این ورقه‌ها در داخل قرقره در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند سطح مقطع بیشتری را نسبت به سطح مقطع خالص (S) اشغال می‌کنند این سطح مقطع را سطح مقطع ظاهری می‌نامند و آن را با S'_{FE} نشان می‌دهند. برای محاسبه‌ی S'_{FE} از رابطه‌ی $S'_{FE} = \frac{S_{FE}}{K_{FE}}$ استفاده می‌کنند. مقدار K_{FE} از ۰/۸۵ تا ۰/۹۳ در نظر گرفته

برای محاسبه و طراحی یک ترانسفورماتور احتیاج به یک رشته معلومات داریم تا با استفاده از آن مجهولات معینی را محاسبه کنیم و ترانسفورماتور را بسازیم.

معلومات لازم برای محاسبه‌ی یک ترانسفورماتور کوچک:

الف- ولتاژ اولیه (U_1): این ولتاژ معمولاً ولتاژ منبع تغذیه، یعنی برق شهر است. هدف از ساختن ترانسفورماتور تبدیل ولتاژ U_1 به ولتاژی کم‌تر یا بیش‌تر است.

ب- ولتاژ ثانویه (U_2): ولتاژی است که باید آن را تهیه کنیم تا مصرف کننده با این ولتاژ کار کند.

پ- جریان ثانویه (I_2): جریانی است که از مصرف کننده‌ی مورد نظر عبور می‌کند.

مثلاً اگر بخواهیم مصرف کننده‌ای را که با ولتاژ ۱۲ ولت کار می‌کند و به جریان ۲ آمپر نیاز دارد، به شبکه‌ی ۲۲۰ ولت وصل کنیم، به ترانسفورماتوری با مشخصات $U_1=220V$ و $U_2=12V$ و $I_2=2A$ نیاز داریم.

برای پیچیدن یک ترانسفورماتور، به محاسبات و معلومات زیر نیاز داریم.

الف- محاسبه‌ی سطح مقطع هسته‌ی ترانسفورماتور.
ب- تعداد دور سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه‌های ترانسفورماتور.

پ- قطر سیم‌های لاکی برای سیم‌پیچ اولیه و ثانویه‌ی ترانسفورماتور.

ت- شماره‌ی استاندارد ورقه‌های ترانسفورماتور.
ث- ابعاد و اندازه‌های اجزای تشکیل دهنده‌ی قرقره‌ی ترانسفورماتور.

می شود. در محاسبات معمولی مقدار K_{FE} برابر ۹/ تا ۰/۹۵ انتخاب می شود، پس $S'_{FE} = \frac{S_{FE}}{K_{FE}} = \frac{S_{FE}}{۰/۹} \approx ۱/۱۱ S_{FE}$ است. با توجه به سطح مقطع ظاهری محاسبه شده، قرقره تهیه می شود.

راندمان ترانسفورماتور: P_1 قدرت اولیه بستگی به قدرت ثانویه (P_2) دارد. در ترانسفورماتور ایده آل $P_1 = P_2$ است. در ترانسفورماتورهای واقعی به علت تلفات کلی ترانسفورماتور همیشه $P_1 > P_2$ است یعنی همواره راندمان ترانسفورماتور کمتر از یک است.

$$R_a = \frac{P_2}{P_1} \times ۱۰۰\%$$

معمولا قدرت ظاهری ترانسفورماتور را بر حسب ولت آمپر

برای طرف ثانویه مشخص می کنند. مقدار ولت آمپر از ضرب کردن ولتاژ ثانویه در جریان ثانویه به دست می آید.

$$P_p = U_p \times I_p \text{ (VA)}$$

با در نظر گرفتن راندمان $۰/۷۵ < Ra < ۰/۹۵$ و از رابطه‌ی $P_1 = \frac{P_2}{R_a}$ می توان P_1 را محاسبه کرد.

مقدار راندمان (R_a) برای ترانسفورماتورها از قدرت ۱۲۵ تا ۳۵۰۰ ولت آمپر حدود ۰/۹ تا ۰/۹۵ و برای ترانسفورماتورهای تا قدرت ۲۰ ولت آمپر مابین ۰/۷۵ تا ۰/۸ انتخاب می شود.

در جدول ۱ مقدار تقریبی راندمان ترانسفورماتورهای کوچک بر حسب قدرت خروجی آورده شده است. با معلوم بودن P_2 و راندمان P_1 را محاسبه می کنیم.

جدول ۱ - راندمان تقریبی ترانسفورماتور

P_2 (V.A)	۳۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۳۰۰	۵۰۰	۷۵۰	۱۰۰۰
Raz	۸۶/۴	۸۷/۶	۸۹/۶	۹۰/۹	۹۱/۳	۹۲/۳	۹۳	۹۳/۵	۹۴

دور اولیه و ثانویه را از روابط زیر حساب کنیم.

$$N_1 = n \times U_1$$

$$N_2 = n \times U_2$$

اما در سیم پیچ اولیه و ثانویه ی ترانسفورماتور افت ولتاژی وجود دارد که باید مقدار آن محاسبه شود.

محاسبه ی درصد افت ولتاژ: همان طوری که می دانیم

چون سیم پیچ های ترانسفورماتور دارای مقاومت هستند، در اثر عبور جریان از هر یک از سیم پیچ ها افت ولتاژی متناسب با مقدار جریان به وجود می آید به طوری که نیروی محرکه ی اولیه کاهش می یابد ($E_1 < U_1$) و در نتیجه ولتاژ دو سر مصرف کننده هم کاهش می یابد ($U_2 < E_2$). چون ترانسفورماتور را بر مبنای ولتاژ شبکه و ولتاژ مصرف کننده طراحی می کنیم باید سعی شود ولتاژ خروجی در حالتی که

محاسبه تعداد دور اولیه و ثانویه ی ترانسفورماتور: برای

تعیین تعداد دور اولیه و ثانویه ی ترانسفورماتور ابتدا تعداد دور برای یک ولت را که دور بر ولت نامیده می شود از رابطه ی $n = \frac{۳۷/۵۴}{S}$ حساب می کنیم. چگونگی به دست آمدن این رابطه در صفحه بعد بیان شده است.

با توجه به رابطه ی n در می یابیم که:

دور بر ولت تابعی از سطح مقطع خالص هسته می باشد. برای سهولت در محاسبات می توان از جداول و منحنی هایی که تغییرات دور بر ولت را به ازای سطح مقطع آهن نشان می دهد استفاده نمود.

اگر افت ولتاژ ایجاد شده توسط مقاومت های اهمی و

القایی سیم پیچ اولیه و ثانویه را منظور نکنیم می توانیم تعداد

جریان نامی (اسمی) از بار می گذرد درست به اندازه ی ولتاژ می آوریم.

$$U'_1 = U_1 - U_1 \times \% \Delta U = U_1 (1 - \% \Delta U)$$

$$U'_2 = U_2 + U_2 \times \% \Delta U = U_2 (1 + \% \Delta U)$$

لذا تعداد دور اولیه $N_1 = n U'_1$ و تعداد دور ثانویه

$N_2 = n U'_2$ می باشد. ملاحظه می شود تعداد دور مورد نیاز

برای اولیه کاهش و برای ثانویه افزایش پیدا می کند.

اگر قدرت مورد نیاز ترانسفورماتور در جدول نباشد برای پیدا

کردن درصد افت ولتاژ با در نظر گرفتن دو عدد قبل و بعد از آن

با مشخص شدن درصد افت ولتاژ، U'_1 و U'_2 را به دست در جدول و با نوشتن تناسب درصد افت ولتاژ به دست می آید.

جدول ۲ - درصد افت ولتاژ در ترانسفورماتور

قدرت P_1 (V.A)	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۷۵۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰
درصد افت ولتاژ $\% \Delta U$	۲۰	۱۷	۱۵	۱۲	۱۰	۹	۸	۷/۵	۷	۶/۵	۶	۵	۴	۳	۲	۱/۵

محاسبه ی تعداد دور اولیه و ثانویه :

خالص بر حسب سانتی متر مربع باشد چون $1T = 10^4 G$ و

$1m^2 = 10^4 cm^2$ است، روابط فوق به صورت زیر در می آید.

$$U_1 = 4/44 \times N_1 \times B_{max} \times S \times f \times 10^{-8}$$

$$U_2 = 4/44 \times N_2 \times B_{max} \times S \times f \times 10^{-8}$$

از این روابط تعداد دور برای اولیه و ثانویه به دست

می آید:

$$N_1 = \frac{U_1 \times 10^8}{4/44 \times B_{max} \times S \times f}$$

$$N_2 = \frac{U_2 \times 10^8}{4/44 \times B_{max} \times S \times f}$$

بهتر است برای محاسبه ی تعداد دور ابتدا تعداد دور برای

یک ولت نیروی محرکه را به دست آوریم و از روی آن

تعداد دور N_1 و N_2 را محاسبه کنیم. برای این منظور به جای

U مقدار یک ولت را قرار می دهیم و دور بر ولت (n) را به

دست می آوریم:

$$n = \frac{U_1 \times 10^8}{4/44 \times B_{max} \times S \times f}$$

مورد نیاز مصرف کننده باشد. پس تعداد دور سیم پیچ اولیه و ثانویه را چنان انتخاب می کنیم تا ولتاژ ثانویه ی ترانسفورماتور در حالت بی باری (U'_1) مقداری بیش تر از ولتاژ مورد نیاز باشد تا هنگام وصل بار، ولتاژ خروجی برابر ولتاژ مورد نیاز مصرف کننده بشود.

افت ولتاژ در ترانسفورماتور تابعی از قدرت ترانسفورماتور می باشد. جدول ۲ درصد افت ولتاژ ($\% \Delta U$) را بر حسب قدرت ترانسفورماتور نشان می دهد.

با مشخص شدن درصد افت ولتاژ، U'_1 و U'_2 را به دست

برای محاسبه ی تعداد دور اولیه و ثانویه و اثبات رابطه ی دور بر ولت برای تعیین تعداد دور سیم پیچ اولیه و ثانویه ی یک ترانسفورماتور، می توان از روابط اصلی زیر استفاده کرد:

$$U_1 = 4/44 \times N_1 \times B_{max} \times S \times f$$

$$U_2 = 4/44 \times N_2 \times B_{max} \times S \times f$$

در این رابطه

U_1 ولتاژ اولیه بر حسب ولت،

U_2 ولتاژ ثانویه بر حسب ولت،

N_1 تعداد دور اولیه،

N_2 تعداد دور ثانویه،

B_{max} اندوکسیون بر حسب تسلا (T)

S سطح مقطع آهن خالص بر حسب متر مربع (m^2)

f ، فرکانس بر حسب هرتز (Hz) است.

اگر اندوکسیون بر حسب گوس (G) و سطح مقطع آهن

مقدار عددی اندوکسیون B_{max} بستگی به شدت میدان مغناطیسی (H) و جنس ورقه ی ترانسفورماتور و آلیاژ آن‌ها دارد.

برای محاسبه ی ترانسفورماتورهایی که در آن‌ها از ورقه‌های معمولی ترانسفورماتور استفاده می شود می توان $B_{max} = 12000 \text{ G}$ در نظر گرفت. در فرکانس ۵۰ هرتز با $B_{max} = 12000 \text{ G}$ رابطه ی دور بر ولت به صورت ساده ی زیر محاسبه می شود.

$$n = \frac{10^8}{4/44 \times 12000 \times 50 \times S} = \frac{37/54}{S}$$

محاسبه ی قطر سیم لاکه برای اولیه و ثانویه: قطر سیم
باید طوری محاسبه شود که توان تلف شده در دو سیم پیچ که به صورت حرارت در آن ظاهر می شود صدمه ای به آن نرساند و علاوه بر آن افت ولتاژ آن بیش از حد نباشد. همان طوری که گفته شد قطر سیم براساس جریان عبوری از سیم‌ها و چگالی جریان محاسبه می گردد.

جدول ۳ مقدار چگالی جریان را بر حسب قدرت در ترانسفورماتورهای معمولی نشان می دهد.

جدول ۳ چگالی جریان در ترانسفورماتور

چگالی	$\frac{A}{mm^2}$	قدرت p_p	[VA]
۴	۵۰ تا ۱۰۰		
۳/۵	۱۰۰ تا ۲۰۰		
۳	۲۰۰ تا ۵۰۰		
۲/۵	۵۰۰ تا ۱۰۰۰		
۲	۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰		
۱/۷۵	۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰		
۱/۵	۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰		
۱	۴۰۰۰ تا ۵۰۰۰		

سطح مقطع سیم ثانویه از رابطه ی $A_p = \frac{I_p}{J}$ به دست می آید.

جریان اولیه از رابطه ی $I_1 = \frac{P_1}{U_1}$ به دست می آید. با معلوم کردن جریان اولیه، سطح مقطع سیم اولیه از رابطه ی $A_1 = \frac{I_1}{J}$ محاسبه می شود. با توجه به دایره بودن سطح مقطع سیم، چون مساحت دایره $A = \frac{\pi d^2}{4}$ است، لذا قطر سیم اولیه از رابطه ی $d_1 = \sqrt{\frac{4}{\pi} A_1} = 1/13 \sqrt{A_1}$ به دست می آید. اگر قطر سیم‌های به دست آمده استاندارد نباشد با توجه به جدول ۴ نزدیک ترین سیم استاندارد را که قطر آن بیش تر از قطر سیم به دست آمده است انتخاب می کنند. در موقع اندازه گیری قطر سیم باید لاک روی آن را پاک کرد به طوری که به خود سیم آسیب نرسد. می توان لاک روی سیم را سوزاند یا با سمباده ی نرم از بین برد.

جدول ۴ استاندارد سیم‌ها با توجه به تعداد دور سیم‌پیچ در هر سانتی متر مربع

تعداد دور در هر Cm^2	مقاومت سیم Ω/m	وزن سیم gr/m	سطح مقطع سیم mm^2	قطر سیم بالاک mm	قطر سیم mm
۲۰۰۰	۸/۹۴	۰/۰۱۹	۰/۰۰۲۰	۰/۰۶۲	۰/۰۵
۱۵۰۰	۶/۲۱	۰/۰۲۷	۰/۰۰۲۸	۰/۰۷۵	۰/۰۶
۱۱۰۰	۴/۵۶	۰/۰۳۷	۰/۰۰۳۹	۰/۰۸۵	۰/۰۷
۹۰۰	۳/۴۹	۰/۰۴۸	۰/۰۰۵۰	۰/۰۹۵	۰/۰۸
۷۰۰	۲/۷۶	۰/۰۶۰	۰/۰۰۶۴	۰/۱۰۸	۰/۰۹
۶۰۰	۲/۲۳	۰/۰۷۴	۰/۰۰۷۹	۰/۱۱۵	۰/۱۰
۵۰۰	۱/۸۴	۰/۰۸۵	۰/۰۰۹۵	۰/۱۳	۰/۱۱
۴۰۰	۱/۵۵	۰/۱۰۵	۰/۰۱۱۵	۰/۱۴	۰/۱۲
۳۶۰	۱/۳۲	۰/۱۲۰	۰/۰۱۳۳	۰/۱۵	۰/۱۳
۳۲۰	۱/۱۴	۰/۱۴۳	۰/۰۱۵۴	۰/۱۶	۰/۱۴
۲۸۰	۰/۹۹	۰/۱۶۴	۰/۰۱۷۷	۰/۱۷	۰/۱۵
۲۵۰	۰/۸۷	۰/۱۸۶	۰/۰۲۱۱	۰/۱۸	۰/۱۶
۲۲۵	۰/۷۷۳	۰/۲۱۰	۰/۰۲۲۷	۰/۱۹	۰/۱۷
۲۰۰	۰/۶۸۹	۰/۲۳۵	۰/۰۲۵۴	۰/۲۰	۰/۱۸
۱۸۰	۰/۶۱۹	۰/۲۶۰	۰/۰۲۸۴	۰/۲۱	۰/۱۹
۱۶۵	۰/۵۵۷	۰/۲۸۹	۰/۰۳۱۴	۰/۲۲	۰/۲۰
۱۵۰	۰/۵۰۷	۰/۳۳۰	۰/۰۳۴۶	۰/۲۳	۰/۲۱
۱۴۰	۰/۴۶۰	۰/۳۵۰	۰/۰۳۸	۰/۲۴	۰/۲۲
۱۳۰	۰/۴۲۲	۰/۳۹۰	۰/۰۴۲	۰/۲۵	۰/۲۳
۱۲۰	۰/۳۸۸	۰/۴۲۵	۰/۰۴۵	۰/۲۶	۰/۲۴
۱۱۰	۰/۳۵۷	۰/۴۶۰	۰/۰۴۹	۰/۲۷	۰/۲۵
۱۰۲۰	۰/۳۳۰	۰/۴۹۵	۰/۰۵۳	۰/۲۸۵	۰/۲۶
۹۵۰	۰/۳۰۶	۰/۵۳۳	۰/۰۵۷	۰/۲۹۵	۰/۲۷
۸۷۰	۰/۲۸۵	۰/۵۷۱	۰/۰۶۲	۰/۳۰۵	۰/۲۸
۸۰۰	۰/۲۶۶	۰/۶۱۲	۰/۰۶۶	۰/۳۱۵	۰/۲۹
۷۷۰	۰/۲۴۸	۰/۶۴۵	۰/۰۷۱	۰/۳۳	۰/۳۰
۶۹۰	۰/۲۱۸	۰/۷۰۰	۰/۰۸۰	۰/۳۵	۰/۳۲
۵۸۰	۰/۱۸۲۴	۰/۸۹۰	۰/۰۹۶	۰/۳۸	۰/۳۵
۵۲۰	۰/۱۶۳۲	۰/۹۹۴	۰/۱۰۸	۰/۴۰	۰/۳۷
۴۵۰	۰/۱۳۹۶	۱/۱۶۰	۰/۱۲۶	۰/۴۳	۰/۴۰
۳۷۰	۰/۱۱۰۳	۱/۴۸۰	۰/۱۵۹	۰/۴۸	۰/۴۵
۳۰۰	۰/۰۸۹۴	۱/۸۳۰	۰/۱۹۶	۰/۵۴	۰/۵۰
۲۵۰	۰/۰۷۳۸	۲/۲۰۰	۰/۲۳۸	۰/۵۹	۰/۵۵

تعداد دور در هر Cm ²	مقاومت سیم Ω/m	وزن سیم gr/m	سطح مقطع سیم mm ²	قطر سیم بالاک mm	قطر سیم mm
۲۱۰	۰/۰۶۲۱	۲/۶۲	۰/۳۸۳	۰/۶۴	۰/۶۰
۱۸۰	۰/۰۵۲۶	۲/۹۷	۰/۳۳۴	۰/۶۹	۰/۶۵
۱۶۰	۰/۰۴۵۵	۳/۴۳	۰/۳۸۵	۰/۷۴	۰/۷۰
۱۴۰	۰/۰۳۹۵	۳/۹۵	۰/۴۴۴	۰/۷۹	۰/۷۵
۱۲۰	۰/۰۳۴۸	۴/۴۸	۰/۵۰۴	۰/۸۴	۰/۸۰
۱۱۰	۰/۰۳۰۹	۵/۰۵	۰/۵۶۸	۰/۸۹	۰/۸۵
۱۰۰	۰/۰۲۷۵	۵/۶۶	۰/۶۳۶	۰/۹۴	۰/۹۰
۹۰	۰/۰۲۴۷	۶/۳۱	۰/۷۰۹	۰/۹۹	۰/۹۵
۸۱	۰/۰۲۲۳	۷/۰۰	۰/۷۸۶	۱/۰۶	۱/۰۰
۷۵	۰/۰۱۸۵	۸/۴۶	۰/۹۵۰	۱/۱۶	۱/۱۰
۵۶	۰/۰۱۵۵	۱۰/۰۹	۱/۱۳۱	۱/۲۴	۱/۲۰
۴۸	۰/۰۱۳۲	۱۱/۱۸	۱/۳۲۷	۱/۳۶	۱/۳۰
۴۰	۰/۰۱۱۴۰	۱۳/۷	۱/۵۳۹	۱/۴۶	۱/۴۰
۳۳	۰/۰۰۹۹	۱۵/۷۵	۱/۷۷۰	۱/۵۶	۱/۵۰
۲۵	۰/۰۰۸۸	۱۷/۹	۲/۰۱۱	۱/۶۶	۱/۶۰
۲۰	۰/۰۰۷۷	۲۰/۲	۲/۲۷۰	۱/۷۶	۱/۷۰
۱۷	۰/۰۰۶۹	۲۲/۶	۲/۵۴۵	۱/۸۶	۱/۸۰
۱۵	۰/۰۰۶۲	۲۵/۲	۲/۸۳۵	۱/۹۶	۱/۹۰
۱۲	۰/۰۰۵۶	۲۸/۰۰	۳/۱۴۲	۲/۰۷	۲
۷	۰/۰۰۳۶	۴۳/۷	۴/۹۰۸	۲/۵۷	۲/۵
—	۰/۰۰۲۵	۶۲/۹	۷/۰۷۰	۳/۰۸	۳

انتخاب ورقه‌ی مناسب برای هسته‌ی ترانسفورماتور

اگر سطح مقطع زبانه‌ی وسط در هسته، مربع شکل و یا

نزدیک به مربع در نظر گرفته شود و d نشان دهنده‌ی عرض

زبانه‌ی وسط ورق E باشد، داریم:

$$d = \sqrt{S'_{FE}}$$

با توجه به این که $a=3d$ است، می‌توان با معلوم بودن d

مقدار a را به دست آورد و نهایتاً نوع ورق را انتخاب کرد.

شکل ۹ سطح مقطع زبانه‌ی وسط در هسته‌ی مربع شکل

را نشان می‌دهد.

ورق‌های استاندارد که برای هسته‌ی ترانسفورماتورهای

کوچک استفاده می‌شود از انواع M و یا EI می‌باشند. ورق

EI مانند شکل (۸) ساخته می‌شود. معمولاً بین اندازه‌های

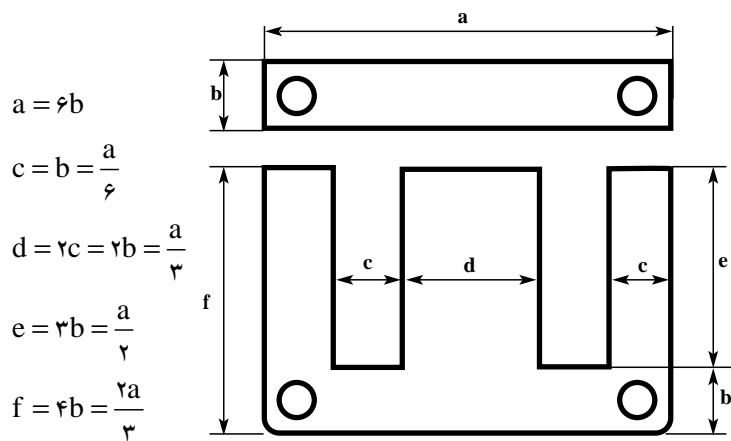
قسمت‌های مختلف ورق روابطی تقریبی برقرار است.

معمولاً ورق EI با اندازه‌ی a بر حسب میلی‌متر بیان

می‌شود. مثلاً ورق $۷۸ EI$ یعنی اندازه‌ی ضلع a ورق برابر ۷۸

میلی‌متر است. در جدول ۵ اندازه‌ی قسمت‌های مختلف این

ورق را تا اندازه‌ی ۱۵۰ میلی‌متر نشان می‌دهد.



شکل ۸- ورقه EI

جدول ۵- اندازه‌ی قسمت‌های مختلف ورق EI

اندازه	a	b	c	d	e	f
۳۰	۳۰	۵	۵	۱۰	۱۵	۲۰
۳۶	۳۶	۶	۶	۱۲	۱۸	۲۴
۴۲	۴۲	۷	۷	۱۴	۲۱	۲۸
۴۸	۴۸	۸	۸	۱۶	۲۴	۳۲
۵۴	۵۴	۹	۹	۱۸	۲۷	۳۶
۶۰	۶۰	۱۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰
۶۶	۶۶	۱۱	۱۱	۲۲	۳۳	۴۴
۷۵	۷۵	۱۲/۵	۱۲/۵	۲۵	۳۷/۵	۵۰
۷۸	۷۸	۱۳	۱۳	۲۶	۳۹	۵۲
۸۴	۸۴	۱۴	۱۴	۲۸	۴۲	۵۶
۹۶	۹۶	۱۶	۱۶	۳۲	۴۸	۶۴
۱۰۸	۱۰۸	۱۸	۱۸	۳۶	۵۴	۷۲
۱۲۰	۱۲۰	۲۰	۲۰	۴۰	۶۰	۸۰
۱۳۵	۱۳۵	۲۲/۵	۲۲/۵	۴۵	۶۷/۵	۹۰
۱۵۰	۱۵۰	۲۵	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰

محاسبه‌ی مساحت اشغال شده توسط سیم‌پیچ‌ها

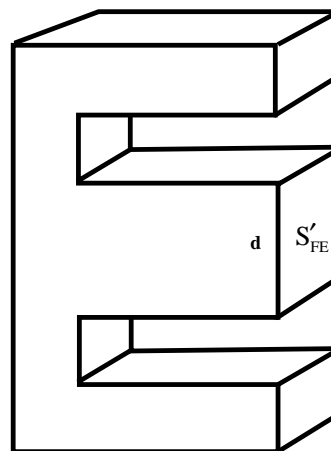
برای محاسبه‌ی مساحت اشغال شده توسط سیم‌پیچ‌ها می‌توان از جدول ۴ استفاده نمود. از ستون اول جدول قطر سیم مورد نظر را که قبلاً محاسبه کرده‌ایم، پیدا می‌کنند. از ستون ششم در سطر مربوط به قطر سیم مورد نظر، تعداد سیم‌هایی را که یک سانتی متر مربع را اشغال می‌کند به دست می‌آورند.

واضح است که بین سیم‌ها نباید فضای خالی وجود داشته باشد. بنابراین با داشتن قطر سیم اولیه (d_1) از روی جدول، تعداد دوری را که در یک سانتی متر مربع جای می‌گیرد ($\frac{\text{تعداد دور}}{\text{سانتی متر مربع}}$) پیدا می‌کنند، و از تقسیم N_1 بر عدد به دست آمده سطح مورد لزوم برای سیم‌پیچ اولیه (A_1) را به دست می‌آورند. برای سیم‌پیچ ثانویه نیز، به همین ترتیب، با توجه به قطر d_2 سطح مورد نیاز (A_2) را به دست می‌آورند. سطح مورد نیاز برای هر دو سیم‌پیچ (A_p) از جمع A_1 و A_2 به دست می‌آید:

$$A_p = A_1 + A_2$$

سطح لازم برای عایق‌های بین لایه‌های سیم‌پیچ و قرقره‌ی سیم‌پیچ، بستگی به قدرت ترانسفورماتور دارد. علاوه بر عایق، در هنگام پیچیدن سیم‌ها بر روی قرقره نیز، مقداری فضای خالی (فضای مرده) بین حلقه‌های سیم‌پیچ باقی می‌ماند. هرچه سیم‌پیچ دقیق‌تر پیچیده شود، مقدار این فضای مرده کم‌تر خواهد بود. در ترانسفورماتورهایی که با ماشین پیچیده می‌شوند مقدار این فضا خیلی ناچیز است.

در مجموع، برای عایق و قرقره و فضای خالی بین سیم‌ها می‌توان ۲۰ تا ۳۵ درصد سطح سیم‌ها را منظور نمود.



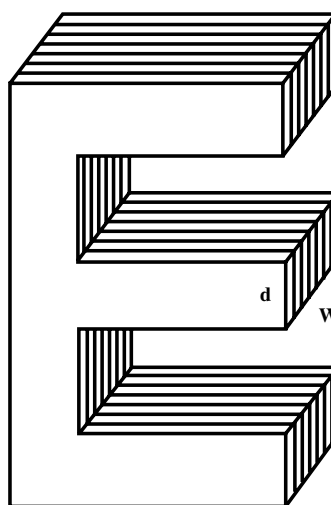
شکل ۹ - سطح مقطع زبانه‌ی وسط در هسته‌ی مربع شکل

محاسبه‌ی تعداد ورق‌ها: چون ورق آهنی به ضخامت

۰/۵ میلی‌متر و ۰/۳۵ میلی‌متر می‌باشد. (۰/۵ میلی‌متر و ۰/۳۵ میلی‌متر ضخامت آهن خالص در نظر گرفته شده است). در عمل هسته‌ی ترانسفورماتور از ورق‌های آهن با لایه‌ی نازک لاک برای عایق تشکیل شده است، لذا برای محاسبه‌ی تعداد ورق‌ها باید ضریب K_{FE} را در نظر داشت. اگر سطح مقطع هسته مطابق شکل ۱۰ مستطیل شکل و با ابعاد d و W باشد W برابر است با:

$$W = \frac{S'_{FE}}{d}$$

$$n = \frac{W(\text{cm})}{\text{ضخامت هر ورق (cm)}} \times K_{FE}$$



شکل ۱۰ - ابعاد زبانه‌ی هسته‌ی E شکل

انتخاب قرقره‌ی ترانسفورماتور

با داشتن اندازه‌های ورق ترانسفورماتور می‌توان قرقره‌ای را که باید سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه روی آن پیچیده شوند، انتخاب کرد. ابعاد قرقره باید با d و W متناسب باشد. قرقره را می‌توان با عایق‌های کاغذی (کاغذ برشمان) یا فایبر استخوانی با ضخامت مناسب ساخت. امروزه، با توجه به مشکلات ساخت، معمولاً از قرقره‌های پلاستیکی آماده استفاده می‌کنند. هرگاه اندازه‌ی دقیق قرقره‌ی مورد نظر موجود نباشد نزدیک‌ترین سطح مقطع قرقره به عدد S'_{FE} را انتخاب می‌کنند.

در شکل ۱۱ یک قرقره‌ی آماده نشان داده شده است.

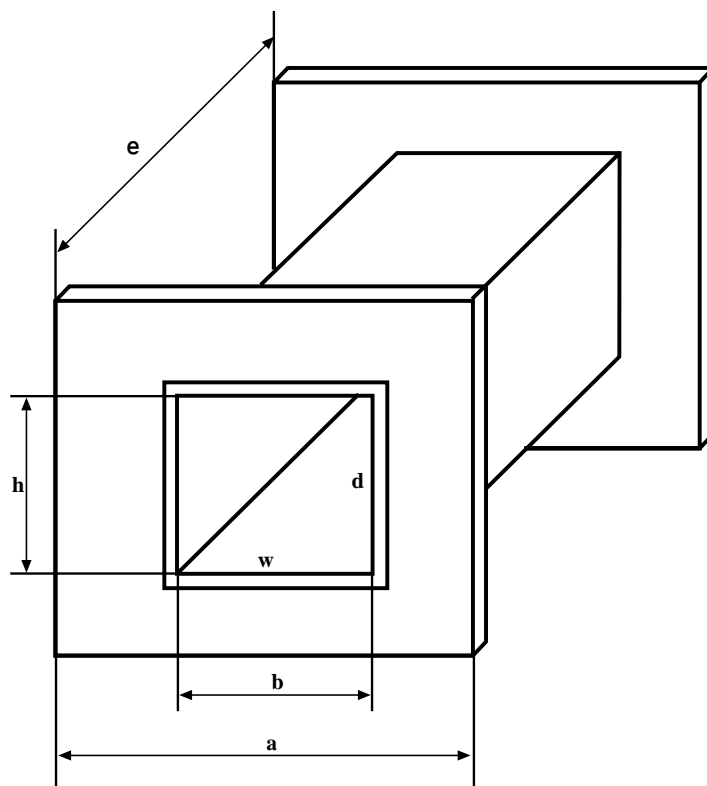
برای ترانسفورماتورهای دست‌پیچ از ضریب $۰/۳۵$ و برای ترانسفورماتورهای کوچک که با ماشین پیچیده می‌شوند از ضریب تقریبی $۰/۲۰$ استفاده می‌شود. بنابراین سطح کل مورد نیاز برابر می‌شود با:

$$A = A_p + (۲۰\% \text{ تا } ۳۵\%) A_p$$

$$A = (۱/۲ \text{ تا } ۱/۳۵) A_p$$

با پیدا کردن سطح A و انتخاب هسته باید همواره

$$e \times c \geq A$$



شکل ۱۱ یک قرقره‌ی آماده

در جدول ۶ مشخصات ابعاد قرقه با توجه به انواع مختلف موجود در بازار آورده شده است:

جدول ۶ مشخصات ابعاد قرقه موجود در بازار

نوع	a(mm)	b(mm)	h(mm)	l(mm)
EI 30	19.5	10.5	10.5	14.5
EI 38	25.1	13.3	13.6	18.7
EI 42	27.2	14.5	14.8	20.5
EI 48	31.2	16.5	16.8	23.5
EI 54	35.2	18.5	18.8	26.5
EI 60	39.1	20.6	21	29
EI 66	43.1	22.6	24.7	32
EI 78	51.1	26.6	27.5	38
EI 84 a	55.1	28.6	29.5	41
EI 84 b	55.1	28.6	43.5	41
EI 92 a	67.4	23.6	24.5	47
EI 92 b	67.4	23.6	33.5	47
EI 96 a	62.4	32.6	37.5	50
EI 96 b	62.4	32.6	45.7	50
EI 96 c	62.4	32.6	59.7	50
EI 106 a	75.5	29.6	33.5	55
EI 106 b	75.4	29.6	46.5	55
EI 120 a	77.5	40.8	41.7	59
EI 120 b	77.5	40.8	53.7	59
EI 120 c	77.5	40.8	73.7	59
EI 130 a	92	35.7	37.7	69
EI 130 b	92	35.7	47.7	69
EI 140 a	97	51	49.6	73.5
EI 140 b	97	51	66.6	73.5
EI 140 c	97	51	92.6	73.5
EI 150 a	107	40.7	41.6	79
EI 150 b	107	40.7	51.7	79
EI 150 c	107	40.7	61.7	79
EI 170 a	121	45.7	56.7	94
EI 170 b	121	45.7	66.7	94
EI 170 c	121	45.7	76.7	94
EI 195 a	136	56.5	57.7	124
EI 195 b	136	56.5	70.7	124
EI 195 c	136	56.5	85.7	124
EI 231 a	159	66.5	64.7	143
EI 231 b	159	66.5	80.7	143
EI 231 c	159	66.5	99.7	143

آماده کردن نهایی ترانسفورماتور

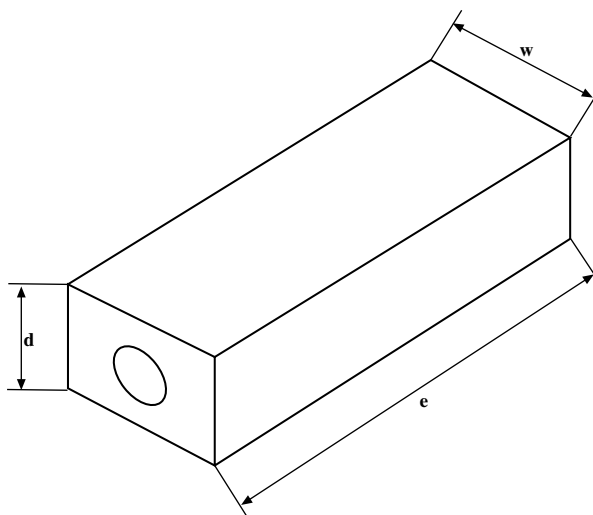
اتوماتیک استفاده کرد یا توسط دستگاه‌های ابتدایی و ساده

پس از تهیه‌ی قرقره باید سیم‌پیچ اولیه و ثانویه را روی آن پیچید. برای انجام این کار می‌توان از دستگاه بوبین پیچ عمل بوبین پیچی را با دست انجام داد. شکل ۱۲ یک دستگاه بوبین پیچ را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲ دستگاه بوبین پیچ

دستگاه باید روی میز کار نصب شود به طوری که پایه‌های دستگاه به هنگام کار حرکت نداشته باشد. برای نصب قرقره روی دستگاه بوبین پیچ باید از یک قالب چوبی متناسب با حجم داخل قرقره استفاده کرد. شکل ۱۳ این قالب چوبی را نشان می‌دهد. در مرکز سطح قالب، سوراخی با سطح مقطع دایره‌ای شکل وجود دارد. این سوراخ جهت عبور محور گردان دستگاه بوبین پیچ به وجود آمده است. پس از تهیه‌ی قالب آن را داخل قرقره وارد می‌کنند، سپس محور گردان دستگاه بوبین پیچ وارد سوراخ قالب می‌شود و قالب توسط مخروط‌های نگه‌دارنده و توسط پیچ کاملاً محکم می‌شود. پس از جازدن قالب چوبی در داخل قرقره و بستن آن روی دستگاه بوبین می‌توان سیم‌پیچی را شروع کرد، در ادامه‌ی بحث مراحل اجرای دقیق کار عملی خواهد آمد.



شکل ۱۳ یک نمونه قالب چوبی