با ایران توشه
یک قدم جلوتر
باش!

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت




# ایران توشه، مرجع دانلود فایل های کمک آموزشی دانش آموزان و کنکوری ها

همه چیز
برای موفقیت
تو!

- دانلود رایگان آزمون های آزمایشی قلمچی، خیلی سبز، گاج و ...
- دانلود رایگان گام به گام تمامی دروس
- دانلود رایگان نمونه سوالات امتحانی (نوبت اول و دوم) و امتحانات نهایی
- دانلود رایگان جزوه های کمک آموزشی و شب امتحانی

کافیست هر فایلی که نیاز دارید را در گوگل به این صورت جستجو کنید:

**فایل مورد نیاز + ایران توشه**

مثال:

دانلود گام به گام دوازدهم تجربی ایران توشه




irantooshe.ir

t.me/irantooshe

# گام به گام دانش فنی تخصصی
# الکتروتکنیک دوازدهم

پاسخ فعالیت‌ها، تمرین‌ها و پرسش‌های کتاب

**پایه دوازدهم · هنرستان فنی و حرفه‌ای**

شامل پاسخ فعالیت‌ها، تمرین‌ها و پرسش‌های پایانی ۵ پودمان کتاب

تهیه‌شده در ایران‌توشه، توشه‌ای برای موفقیت

irantooshe.ir

# فهرست فصل‌ها


۱ پودمان اول — تحلیل مدارهای الکتریکی ..... ۴

۲ پودمان دوم — تحلیل ماشین‌های الکتریکی (ترانسفورماتورهای تک فاز) ... ۳۷

۳ پودمان سوم — تحلیل ماشین‌های الکتریکی سه فاز (موتورهای القایی) ... ۴۸

۴ پودمان چهارم — کاربرد اتوماسیون صنعتی (اینورتر) ..... ۶۵

۵ پودمان پنجم — کسب اطلاعات فنی (زبان فنی) ..... ۷۶



ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

# گام به گام دانش فنی تخصصی الکتروتکنیک دوازدهم – پودمان اول

تحلیل مدارهای الکتریکی

## فهرست


۱ صفحه ۱۰ · آیا می‌دانید — مفاهیم کلیدی پودمان اول ۶

۲ صفحه ۱۵ · تمرین — فرم قطبی بردارهای شکل ۶

۳ صفحه ۱۵ · تمرین — رسم بردارهای ولتاژ و جریان ۷

۴ صفحه ۱۶ · تمرین — بردار از روی معادله‌ی زمانی ۷

۵ صفحه ۱۶ · تمرین — مؤلفه‌های افقی و عمودی بردارها ۸

۶ صفحه ۱۶ · تمرین — مقدار و فاز از روی مؤلفه‌ها ۸

۷ صفحه ۱۶ · تمرین — مؤلفه‌ی عمودی و فرم قطبی ولتاژ ۹

۸ صفحه ۲۰ · تمرین — برآیند بردارها به روش تحلیلی (شکل) ۹

۹ صفحه ۲۰ · تمرین — رسم و برآیند بردارها ۹

۱۰ صفحه ۲۰ · تمرین — برآیند بردارها در شکل‌ها ۱۰

۱۱ صفحه ۲۱ · تمرین — برآیند دو ولتاژ از روی شکل موج ۱۰

۱۲ صفحه ۲۱ · تمرین — برآیند هندسی دو بردار ۱۰

۱۳ صفحه ۲۱ · تمرین — زاویه‌ی بین دو بردار جریان ۱۱

۱۴ صفحه ۲۱ · تمرین — برآیند ولتاژها با اندازه‌ی مشخص ۱۱

۱۵ صفحه ۲۳ · تمرین — تفاضل دو بردار ولتاژ ۱۱

۱۶ صفحه ۲۳ · تمرین — درست و نادرست تفاضل بردارها ۱۲

۱۷ صفحه ۲۳ · تمرین — تفاضل بردارهای جریان ۱۲

۱۸ صفحه ۲۳ · تمرین — تفاضل دو ولتاژ سینوسی ۱۲

۱۹ صفحه ۲۴ · تمرین — تفاضل از روی برآیند ۱۳

۲۰ صفحه ۲۴ · تمرین — مسائل تفاضل بردارها ۱۳

۲۱ صفحه ۲۴ · تمرین — جریان مجهول از روی برآیند ۱۴

۲۲ صفحه ۳۱ · تمرین — توان در جریان متناوب – جاهای خالی ۱۴

۲۳ صفحه ۳۱ · تمرین — توان ظاهری به صورت قطبی ۱۴

۲۴ صفحه ۳۱ · تمرین — مثلث توان یک مصرف‌کننده ۱۵

۲۵ صفحه ۳۱ · تمرین — توان‌های مدار از معادله‌ی زمانی ۱۵

۲۶ صفحه ۳۱ · تمرین — ولتاژ و توان مصرف‌کننده پس‌فاز ۱۵

۲۷ صفحه ۳۲ · تمرین — بار شبکه با دو مصرف‌کننده ۱۶

۲۸ صفحه ۳۲ · تمرین — مصرف‌کننده‌ی افزوده‌شده به شبکه ۱۷

۲۹ صفحه ۳۸ · فعالیت — اثبات رابطه‌ی مقاومت ظاهری RL ۱۷

۳۰ صفحه ۳۸ · فعالیت — اثبات cosφ = R/Z ۱۷

۳۱ صفحه ۴۱ · تمرین — RL سری – جاهای خالی ۱۸

۳۲ صفحه ۴۲ · تمرین — RL سری – درست و نادرست ۱۸

۳۳ صفحه ۴۲ · تمرین — تعریف توان مؤثر RL ۱۹

۳۴ صفحه ۴۲ · تمرین — تکمیل مثلث توان RL ۱۹

۳۵ صفحه ۴۲ · تمرین — رابطه‌ی sinφ در مدار RL ۱۹

۳۶ صفحه ۴۲ · تمرین — سیم‌پیچ RL با ولتاژ داده‌شده ۲۰

۳۷ صفحه ۴۲ · تمرین — مدار RL با ولتاژ سیم‌پیچ ۲۰

۳۸ صفحه ۴۳ · تمرین — RL سری با ضریب توان مشخص ۲۱

۳۹ صفحه ۴۳ · تمرین — جریان آمپرمتر ۲۱

۴۰ صفحه ۴۳ · تمرین — محاسبه‌ی R و XL از ولتاژ و جریان ۲۲
۴۱ صفحه ۴۸ · فعالیت — اثبات رابطه‌ی مقاومت ظاهری RC ۲۲
۴۲ صفحه ۴۸ · فعالیت — اثبات cosφ = R/Z در مدار RC ۲۲
۴۳ صفحه ۵۳ · تمرین — RC سری – جاهای خالی ۲۲
۴۴ صفحه ۵۳ · تمرین — RC سری – درست و نادرست ۲۳
۴۵ صفحه ۵۳ · تمرین — تعریف مقاومت خازنی ۲۳
۴۶ صفحه ۵۳ · تمرین — دیاگرام برداری RC سری ۲۳
۴۷ صفحه ۵۳ · تمرین — تکمیل مثلث توان RC ۲۴
۴۸ صفحه ۵۳ · تمرین — رابطه‌ی sinφ در مدار RC ۲۴
۴۹ صفحه ۵۳ · تمرین — خازن با مدل RC و جریان داده‌شده ۲۵
۵۰ صفحه ۵۴ · تمرین — مدار RC با ولتاژ داده‌شده ۲۵
۵۱ صفحه ۵۴ · تمرین — توان‌های RC از دیاگرام برداری ۲۶
۵۲ صفحه ۵۴ · تمرین — R و C از جریان و ولتاژ قطبی ۲۶
۵۳ صفحه ۵۸ · فعالیت — دیاگرام RLC سری با VC > VL ۲۷
۵۴ صفحه ۶۱ · فعالیت — اثبات رابطه‌ی مقاومت ظاهری RLC ۲۷
۵۵ صفحه ۶۱ · فعالیت — اثبات cosφ = R/Z در RLC ۲۷
۵۶ صفحه ۶۵ · فعالیت — مثلث توان RLC در حالت دوم ۲۸
۵۷ صفحه ۶۷ · پرسش — کاربرد، معادل‌سازی و تعریف RLC سری ۲۸
۵۸ صفحه ۶۷ · پرسش — پس‌فاز یا پیش‌فاز بودن مدار RLC ۲۸
۵۹ صفحه ۶۷ · پرسش — ویژگی‌های مدار RLC سری ۲۹
۶۰ صفحه ۶۷ · پرسش — مثلث توان RLC با QC < QL ۲۹
۶۱ صفحه ۶۸ · پرسش — مدار RLC با R=6Ω، XL=8Ω، XC=16Ω ۳۰
۶۲ صفحه ۶۸ · پرسش — RLC با ولتاژهای داده‌شده ۳۱
۶۳ صفحه ۶۸ · پرسش — محاسبه‌ی R و L از معادله‌های زمانی ۳۱
۶۴ صفحه ۶۸ · پرسش — XC برای ضریب توان 0/6 ۳۱
۶۵ صفحه ۶۸ · پرسش — RLC با R=12Ω، L=8mH، C=100μF ۳۲
۶۶ صفحه ۶۹ · پرسش — تعیین L و C ۳۲
۶۷ صفحه ۶۹ · پرسش — توان‌ها از مثلث توان RLC ۳۳
۶۸ صفحه ۶۹ · پرسش — ولت‌متر و آمپرمتر مدار RLC ۳۳
۶۹ صفحه ۸۱ · فعالیت — اثبات رابطه‌ی توان ظاهری سه‌فاز ۳۴
۷۰ صفحه ۸۱ · تمرین — مفاهیم سه‌فاز ۳۴
۷۱ صفحه ۸۱ · تمرین — جاهای خالی سه‌فاز ۳۴
۷۲ صفحه ۸۱ · تمرین — درست و نادرست سه‌فاز ۳۵
۷۳ صفحه ۸۲ · تمرین — بار سه‌فاز RL و توان‌ها ۳۵
۷۴ صفحه ۸۲ · تمرین — مقایسه‌ی توان ستاره و مثلث ۳۶
۷۵ صفحه ۸۲ · تمرین — تعیین R و ضریب توان بار ستاره ۳۶


ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

این فایل توسط سایت ایران‌توشه تهیه شده است.
irantooshe.ir

۱ صفحه ۱۰ آیا می‌دانید

**1ـ برایند و تفاضل بردارها چگونه به‌دست می‌آید؟**

**2ـ مدارهای الکتریکی R ـ L سری برای معادل‌سازی کدام یک از تجهیزات الکتریکی به‌کار می‌رود؟**

**3ـ وضعیت پس‌فاز یا پیش‌فاز بودن جریان نسبت به ولتاژ در چه مدارهایی رخ می‌دهد؟**

**4ـ در مدارات RLC سری در چه وضعیتی رفتار مدار اهمی است؟**

**5ـ تفاوت‌های اساسی مدارات الکتریکی سه‌فاز ستاره و مثلث چیست؟**

1. برایند: به روش تحلیلی (جمع جبری مؤلفه‌های افقی و عمودی و سپس رابطه‌ی فیثاغورث) یا به روش هندسی (متوازی‌الاضلاع) از رابطه‌ی $A = \sqrt{(A1^2 + A2^2 + 2 \cdot A1 \cdot A2 \cdot \cos\alpha)}$. تفاضل: از انتهای بردار دوم به انتهای بردار اول وصل می‌شود و اندازه‌ی آن $A' = \sqrt{(A1^2 + A2^2 - 2 \cdot A1 \cdot A2 \cdot \cos\alpha)}$ است ($\alpha$ زاویه‌ی بین دو بردار).
2. مدار RL سری برای معادل‌سازی سیم‌پیچ‌ها، مانند سیم‌پیچ موتورهای الکتریکی، ترانسفورماتورها، کنتاکتورها و بوبین‌ها به‌کار می‌رود (سیم‌پیچ هم مقاومت اهمی R و هم ضریب خودالقایی L دارد).
3. در مدارهای القایی (RL) جریان از ولتاژ عقب‌تر است (پس‌فاز) و در مدارهای خازنی (RC) جریان از ولتاژ جلوتر است (پیش‌فاز). در مدار RLC بسته به بزرگ‌تر بودن XL یا XC مدار پس‌فاز یا پیش‌فاز است.
4. وقتی $XL = XC$ باشد (حالت تشدید)؛ در این حالت $Z = R$، $\varphi = 0$ و جریان با ولتاژ همفاز است.
5. در اتصال ستاره: $VL = \sqrt{3} \cdot Vp$ و $IL = Ip$ و می‌توان از سیم نول استفاده کرد (دو ولتاژ در دسترس است). در اتصال مثلث: $VL = Vp$ و $IL = \sqrt{3} \cdot Ip$ و سیم نول ندارد. برای یک بار یکسان، توان در اتصال مثلث سه برابر توان در اتصال ستاره است.

۲ صفحه ۱۵ تمرین

**1ـ فرم قطبی بردارهای نمایش داده شده زیر را بنویسید.**

فرم قطبی بردار به صورت «اندازه ∠ زاویه نسبت به مبنا» نوشته می‌شود؛ زاویه‌ی پادساعتگرد مثبت و ساعتگرد منفی است. اندازه را از روی برچسب بردار (مثلاً V = 100 V) و زاویه را از روی شکل می‌خوانیم، به‌عنوان نمونه برداری به اندازه‌ی 100 V که با مبنا زاویه‌ی $53^\circ$ در جهت مثلثاتی می‌سازد به صورت زیر نوشته می‌شود:

$V = 100\angle +53^\circ\ V$

به همین ترتیب بردارهای $V = 200\ V$، $I = 4\ A$ و $I = 6\ A$ را با زاویه‌ی خوانده‌شده از شکل می‌نویسیم، مثلاً $V = 200\angle -53^\circ\ V$ اگر زیر مبنا و در جهت ساعتگرد باشد، و $I = 4\angle +90^\circ\ A$ اگر عمودی رو به بالا باشد.

---

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

---

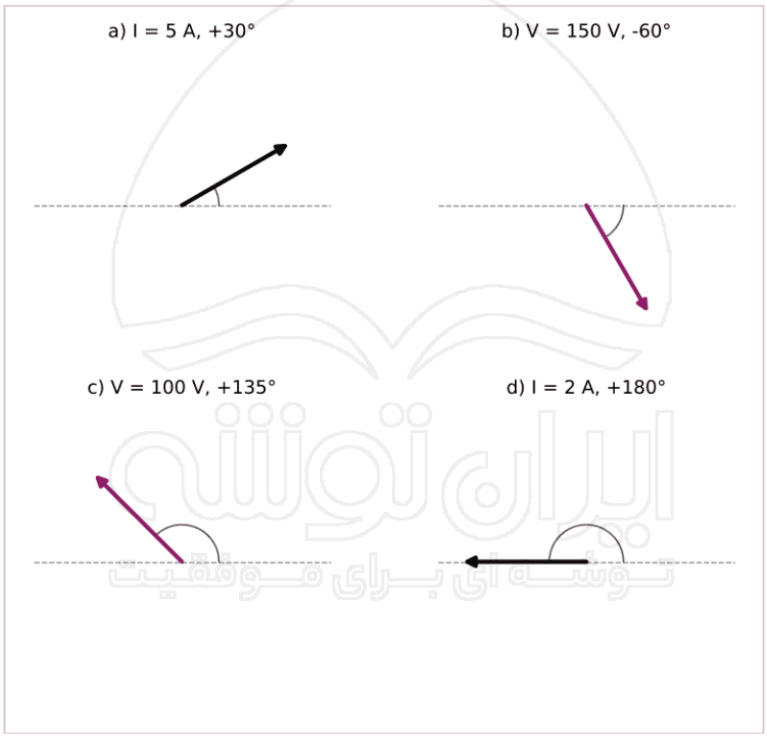
۳ صفحه ۱۵ تمرین

**2ـ بردارهای ولتاژ و جریان زیر را رسم کنید.**

**الف) $I = 5\angle +30^\circ\ A$ ب) $V = 150\angle -60^\circ\ V$**

**ج) $V = 100\angle +135^\circ\ V$ د) $I = 2\angle +180^\circ\ A$**

ابتدا مبنا (خط افقی) رسم می‌شود؛ سپس بردار را با طول متناسب با اندازه و زاویه‌ی داده‌شده (مثبت: پادساعتگرد، منفی: ساعتگرد) از مبنا رسم می‌کنیم:




---

۴ صفحه ۱۶ تمرین

**3ـ معادله‌های زمانی جریان و ولتاژ متناوب سینوسی زیر را به‌صورت بردار نمایش دهید و فرم قطبی آن‌ها را بنویسید.**

**الف) $v(t) = 220\sin(314t + 30^\circ)$ ب) $i(t) = 3\sin(500t - \pi/6)$**

**ج) $i(t) = \sin(250t)$ د) $v(t) = 100\sin(1000t - \pi/2)$**

مقدار مؤثر $I_m/\sqrt{2}$ = و فاز همان زاویه‌ی اولیه‌ی معادله است (طول بردار را مؤثر در نظر می‌گیریم):

- الف) $I_e = 3/\sqrt{2} = 2.12\ A$، $\theta_i = -30^\circ \leftarrow I = 2.12\angle -30^\circ\ A$
- ب) $V_e = 220/\sqrt{2} = 155.6\ V$، $\theta_v = +30^\circ \leftarrow V = 155.6\angle +30^\circ\ V$
- ج) $I_e = 1/\sqrt{2} = 0.707\ A$، $\theta_i = 0^\circ \leftarrow I = 0.707\angle 0^\circ\ A$
- د) $V_e = 100/\sqrt{2} = 70.7\ V$، $\theta_v = -90^\circ \leftarrow V = 70.7\angle -90^\circ\ V$

(اگر بخواهیم بردار را با مقدار ماکزیمم بنویسیم، همان عددها به‌جای مقدار مؤثر قرار می‌گیرند، مثلاً $V = 220\angle 30^\circ$.)

۵ صفحه ۱۶ تمرین

**4ـ مؤلفه افقی و عمودی بردارهای زیر را به‌دست آورید.**

**الف) $V = 200\ V$ با زاویه‌ی $53^\circ$ ب) $I = 10\ A$ با زاویه‌ی $210^\circ$**

**ج) $I = 3\sqrt{2}\ A$ با زاویه‌ی $45^\circ$ د) $V = 220\sqrt{2}\ V$ با زاویه‌ی $120^\circ$**

از روابط $B_x = B\cdot\cos\theta$ و $B_y = B\cdot\sin\theta$ استفاده می‌کنیم:

- الف) $V_x = 200\cdot\cos 53^\circ = 200\times 0.6 = +120\ V$، $V_y = 200\cdot\sin 53^\circ = 200\times 0.8 = +160\ V$
- ب) $I_x = 10\cdot\cos 210^\circ = -8.66\ A$، $I_y = 10\cdot\sin 210^\circ = -5\ A$
- ج) $I_x = 3\sqrt{2}\cdot\cos 45^\circ = +3\ A$، $I_y = 3\sqrt{2}\cdot\sin 45^\circ = +3\ A$
- د) $V_x = 220\sqrt{2}\cdot\cos 120^\circ = -155.6\ V$، $V_y = 220\sqrt{2}\cdot\sin 120^\circ = +269.4\ V$

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۶ صفحه ۱۶ تمرین

**5ـ مؤلفه‌های افقی و عمودی جریان متناوبی به‌ترتیب $-8A$ و $6A$ می‌باشد. مقدار و فاز جریان را به‌دست آورید و به فرم قطبی بنویسید.**

$$I = \sqrt{(I_x^2 + I_y^2)} = \sqrt{(8^2 + 6^2)} = 10\ A$$

مؤلفه‌ی افقی منفی و عمودی مثبت است، پس بردار در ربع دوم قرار دارد. زاویه‌ی تند با محور: $\tan\alpha = 6/8 = 0.75 \rightarrow \alpha \approx 37^\circ$ و $\theta = 180^\circ - 37^\circ = 143^\circ$

$I = 10\angle 143^\circ\ A$

۷ صفحه ۱۶ تمرین

**6ـ برای یک ولتاژ متناوب 200V مقدار $V_x = 100\sqrt{3}$ ولت می‌باشد. مؤلفه‌ی $V_y$ را به‌دست آورید و فرم قطبی بردار ولتاژ را بنویسید.**

$V_y = \sqrt{(V^2 - V_x^2)} = \sqrt{(200^2 - (100\sqrt{3})^2)} = \sqrt{(40000 - 30000)} = 100\ V$ (به‌صورت $\pm 100\ V$)

$\cos\theta = V_x/V = 100\sqrt{3}/200 = 0.866 \rightarrow \theta = 30^\circ$

اگر $V_y = +100\ V$ باشد: $V = 200\angle +30^\circ\ V$ و اگر $V_y = -100\ V$ باشد: $V = 200\angle -30^\circ\ V$

۸ صفحه ۲۰ تمرین

**1ـ برآیند بردارها را در هر قسمت به روش تحلیلی محاسبه کنید و آن را به فرم قطبی بنویسید.**

**الف) $V1 = 100\ V$ و $V2 = 100\sqrt{3}\ V$ ب) $I1 = 5\ A$ و $I2 = 5\ A$**

با فرض این‌که در شکل (الف) زاویه‌ی V1 برابر $30^\circ$ و V2 برابر $60^\circ$ و در شکل (ب) زاویه‌ی I1 برابر $53^\circ$ و I2 برابر $37^\circ$ باشد:

الف) $V_x = 100\cos 30^\circ + 173.2\cos 60^\circ = 86.6 + 86.6 = 173.2\ V$، $V_y = 100\sin 30^\circ + 173.2\sin 60^\circ = 50 + 150 = 200\ V$

$V = \sqrt{(173.2^2 + 200^2)} = 264.6\ V$، $\theta = \tan^{-1}(200/173.2) = 49.1^\circ \rightarrow V = 264.6\angle 49.1^\circ\ V$

ب) $I_x = 5\cos 53^\circ + 5\cos 37^\circ = 3 + 4 = 7\ A$، $I_y = 5\sin 53^\circ + 5\sin 37^\circ = 4 + 3 = 7\ A$

$I = \sqrt{(7^2 + 7^2)} = 9.9\ A$، $\theta = 45^\circ \rightarrow I = 9.9\angle 45^\circ\ A$

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۹ صفحه ۲۰ تمرین

**2ـ بردارهای ولتاژ و جریان داده شده زیر را رسم کنید سپس برآیند آن‌ها را به روش تحلیلی بیابید.**

**الف) $V2 = 100\angle +120^\circ$، $V1 = 100\angle 0^\circ$ و $V3 = 100\angle -120^\circ$**

**ب) $I2 = 5\angle +135^\circ$، $I1 = 5\angle +45^\circ$ و $I3 = 5\angle -90^\circ$**

الف) $V_x = 100 + 100\cos 120^\circ + 100\cos(-120^\circ) = 100 - 50 - 50 = 0$ و $V_y = 0 + 86.6 - 86.6 = 0$ ← برایند صفر است ($V = 0$)؛ سه بردار هم‌اندازه با اختلاف فاز $120^\circ$ یک دستگاه متعادل‌اند.

ب) $I_x = 5\cos 45^\circ + 5\cos 135^\circ + 0 = 3.54 - 3.54 = 0$، $I_y = 5\sin 45^\circ + 5\sin 135^\circ - 5 = 3.54 + 3.54 - 5 = 2.07\ A$

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

$I = 2.07\angle +90^\circ\ A$

۱۰ صفحه ۲۰ تمرین

**3ـ در هر یک از شکل‌های زیر برآیند بردارها را به روش تحلیلی محاسبه کنید.**

**الف) $V1 = 220\ V$ و $V2 = 100\sqrt{2}\ V$ ب) $I1 = 10\ A$ و $I2 = 10\ A$**

ب) با زاویه‌های $+45^\circ$ و $-45^\circ$: $Ix = 10\cos45^\circ + 10\cos45^\circ = 14.14\ A$ و $Iy = 7.07 - 7.07 = 0$ ← $I = 14.14\angle 0^\circ\ A$

الف) با فرض $V1 = 220\angle 30^\circ$ و $V2 = 141.4\angle 60^\circ$: $Vx = 190.5 + 70.7 = 261.2\ V$، $Vy = 110 + 122.5 = 232.5\ V$

$V = \sqrt{(261.2^2 + 232.5^2)} = 349.7\ V$ ← $\theta = \tan^{-1}(232.5/261.2) = 41.7^\circ$، $V = 349.7\angle 41.7^\circ\ V$

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۱۱ صفحه ۲۱ تمرین

**4ـ شکل موج سینوسی دو ولتاژ متناوب به‌صورت زیر است، فرم قطبی هر کدام را بنویسید سپس برآیند آن‌ها را محاسبه کنید.**

**($V1 = 220\sqrt{2}$ و $V2 = 180\sqrt{2}$ و اختلاف فاز $30^\circ$)**

با فرض V1 با فاز صفر و V2 با فاز $+30^\circ$ (مقدار مؤثرها 220 V و 180 V):

$V1 = 220\angle 0^\circ\ V$، $V2 = 180\angle +30^\circ\ V$

$Vx = 220 + 180\cos30^\circ = 375.9\ V$، $Vy = 180\sin30^\circ = 90\ V$

$V = \sqrt{(375.9^2 + 90^2)} = 386.5\ V$، $\theta = \tan^{-1}(90/375.9) = 13.5^\circ$ ← $V = 386.5\angle 13.5^\circ\ V$ (اندازه‌ی برآیند، مستقل از این‌که V2 پیش‌فاز یا پس‌فاز باشد، 386.5 V است.)

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۱۲ صفحه ۲۱ تمرین

**5ـ برآیند بردارهای زیر را به روش هندسی محاسبه نمایید.**

**الف) $I1 = 5\ A$ و $I2 = 5\ A$ ب) $V1 = 100\ V$ و $V2 = 120\ V$ (با زاویه‌های $30^\circ$ و $135^\circ$ نسبت به مبنا)**

زاویه‌ی بین دو بردار: $\alpha = 135^\circ - 30^\circ = 105^\circ$ و $\cos105^\circ = -0.2588$

الف) $I = \sqrt{(5^2 + 5^2 + 2\times5\times5\times\cos105^\circ)} = \sqrt{(50 - 12.94)} = 6.09\ A$

ب) $V = \sqrt{(100^2 + 120^2 + 2\times100\times120\times\cos105^\circ)} = \sqrt{(24400 - 6212)} = 134.9\ V$

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۱۳ صفحه ۲۱ تمرین

**6ـ برآیند دو بردار I1 = 4A و I2 = 3A برابر I = 5A می‌باشد. زاویه بین دو بردار I1 و I2 چند درجه است؟**

$I^2 = I1^2 + I2^2 + 2\cdot I1\cdot I2\cdot\cos\alpha \leftarrow 25 = 16 + 9 + 24\cdot\cos\alpha \leftarrow \cos\alpha = 0$

$\alpha = 90^\circ$

۱۴ صفحه ۲۱ تمرین

**7ـ برآیند دو بردار $V1 = 200\angle30^\circ$ و $V2 = 200\sqrt{3}$ برابر V = 400 V می‌باشد. زاویه بین دو بردار V1 و V2 را به‌دست آورید. V2 را به فرم قطبی بنویسید. بردار V2 چند حالت خواهد داشت؟**

$400^2 = 200^2 + (200\sqrt{3})^2 + 2\times200\times200\sqrt{3}\cdot\cos\alpha \leftarrow 160000 = 40000 + 120000 + 69282\cdot\cos\alpha \leftarrow \cos\alpha = 0 \leftarrow \alpha = 90^\circ$

زاویه‌ی V2 نسبت به V1 می‌تواند $90^\circ+$ یا $90^\circ-$ باشد: $\theta2 = 30^\circ \pm 90^\circ$

- حالت اول: $V2 = 200\sqrt{3}\angle+120^\circ\ V\ (= 346.4\angle120^\circ)$
- حالت دوم: $V2 = 200\sqrt{3}\angle-60^\circ\ V\ (= 346.4\angle-60^\circ)$

بنابراین بردار V2 دو حالت دارد.

۱۵ صفحه ۲۳ تمرین

**1ـ در شکل روبه‌رو اندازه بردار V2 − V1 را محاسبه کنید و بردار آن را رسم کنید.**
**(V1 = 200 V و V2 = 200 V)**

با فرض این‌که زاویه‌ی بین دو بردار برابر $30^\circ = 30^\circ - 60^\circ = \alpha$ باشد:

$V' = \sqrt{(V1^2 + V2^2 - 2\cdot V1\cdot V2\cdot\cos\alpha)} = \sqrt{(200^2 + 200^2 - 2\times200\times200\times\cos30^\circ)} = 103.5\ V$

بردار V2 − V1 از انتهای V2 به انتهای V1 رسم می‌شود.

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۱۶ صفحه ۲۳ تمرین

**2ـ درستی یا نادرستی هر قسمت را مشخص کنید (I1 و I2 بردارهای جریان هستند).**

**الف) اندازه‌ی I1 − I2 و I2 − I1 با هم برابر است.**

**ب) بردار I1 − I2 و I2 − I1 هم جهت هستند.**

**ج) اندازه بردار I1 − I2 حتماً از I1 و I2 کمتر است.**

**د) با افزایش زاویه بین دو بردار I1 و I2 اندازه I1 − I2 کاهش می‌یابد.**

- الف) صحیح است؛ هر دو برابر $\sqrt{I1^2 + I2^2 - 2 \cdot I1 \cdot I2 \cdot \cos\alpha}$ هستند.
- ب) غلط است؛ این دو بردار هم‌اندازه ولی در خلاف جهت یکدیگرند.
- ج) غلط است؛ مثلاً برای $I1 = I2 = 5\ A$ و $\alpha = 120^\circ$ داریم $I' = 8.66\ A$ که از هر دو بزرگ‌تر است.
- د) غلط است؛ با افزایش α مقدار cosα کم می‌شود و در نتیجه اندازه‌ی تفاضل افزایش می‌یابد.

۱۷ صفحه ۲۳ تمرین

**3ـ با توجه به شکل روبه‌رو مطلوب است:**

**الف) I3 − I2 ب) I1 − I3 ج) I2 − I1**

**(I1 = 8 A، I2 = 6 A، I3 = 6 A)**

با فرض $I1 = 8\angle 0^\circ$، $I2 = 6\angle +30^\circ$ و $I3 = 6\angle -30^\circ$:

- الف) $\alpha = 60^\circ : I' = \sqrt{36 + 36 - 72\cos 60^\circ} = 6\ A$
- ب) $\alpha = 30^\circ : I' = \sqrt{36 + 64 - 96\cos 30^\circ} = 4.1\ A$
- ج) $\alpha = 30^\circ : I' = \sqrt{64 + 36 - 96\cos 30^\circ} = 4.1\ A$

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۱۸ صفحه ۲۳ تمرین

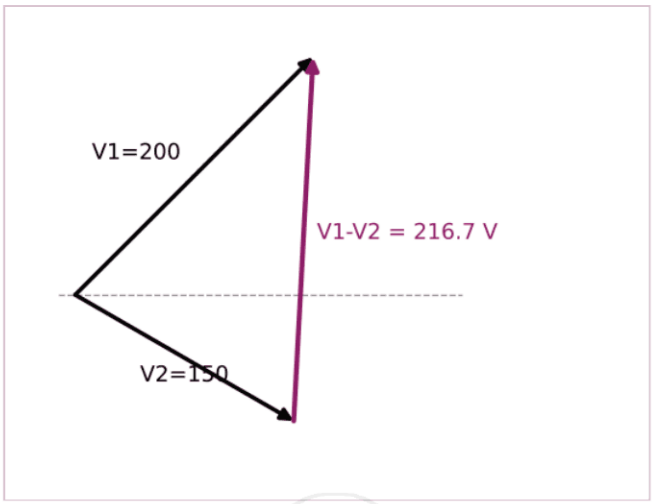
**4ـ ولتاژهای متناوب $v1(t) = 200\sqrt{2}\sin(1000t + \pi/4)$ و $v2(t) = 150\sqrt{2}\sin(1000t - \pi/6)$ مفروض است مطلوب است:**

**الف) بردارهای ولتاژ را رسم کنید. ب) اندازه تفاضل آن‌ها را بیابید. ج) تفاضل V2 − V1 را رسم کنید.**

الف) $V1 = 200\angle +45^\circ\ V$ و $V2 = 150\angle -30^\circ\ V$ (مقدار مؤثر)

ب) $\alpha = 45^\circ - (-30^\circ) = 75^\circ$، $V' = \sqrt{200^2 + 150^2 - 2\times 200\times 150\times \cos 75^\circ} = \sqrt{62500 - 15529} = 216.7\ V$

ج) V2 – V1 از انتهای V2 به انتهای V1 رسم می‌شود:




**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۱۹ صفحه ۲۴ تمرین

**5ـ برآیند دو بردار جریان I1 = 3A و I2 = 4A برابر 5A می‌باشد. تفاضل آن‌ها را به‌دست آورید.**

$\alpha = 90^\circ \leftarrow \cos\alpha = 0 \leftarrow 25 = 9 + 16 + 24\cos\alpha$

$I' = \sqrt{(I1^2 + I2^2 - 2 \cdot I1 \cdot I2 \cdot \cos\alpha)} = \sqrt{(9 + 16 - 0)} = 5\ A$

۲۰ صفحه ۲۴ تمرین

**6ـ در هر حالت مورد خواسته شده را به‌دست آورید.**

**الف) $I1 = 4\angle 0^\circ$ و $I2 = 4\angle 120^\circ$ ، $I' = ?$**

**ب) $I1 = 6A$ و $I2 = 6A$ ، $I' = ?$ ، $\alpha = 60^\circ$**

**ج) $I1 = 5A$ و $\alpha = 5\sqrt{3}$ ، $I' = 5A$ ، $I2 = ?$**

**د) $I2 = I1$ و $I$ ، $\alpha = 60^\circ$ ، $I' = ?$ $I1$**

- الف) $I' = \sqrt{(16 + 16 - 32\cos 120^\circ)} = \sqrt{48} = 6.93\ A : \alpha = 120^\circ$
- ب) $I2 = 6\ A \leftarrow I2^2 - 6 \cdot I2 = 0 \leftarrow 36 = 36 + I2^2 - 2 \times 6 \times I2 \times \cos 60^\circ$
- ج) $\alpha = 120^\circ \leftarrow \cos\alpha = -0.5 \leftarrow 75 = 25 + 25 - 50\cos\alpha$
- د) $I1 = \sqrt{(I1^2)} = \sqrt{(2I1^2 - 2I1^2\cos 60^\circ)} = I'$ یعنی $I' = I1$ (تفاضل هم‌اندازه‌ی هر یک از بردارهاست)

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۲۱ صفحه ۲۴ تمرین

**7ـ برآیند دو بردار $8\angle 0^\circ = I1$ و $I2$ برابر $6\angle 90^\circ = I$ می‌باشد. مطلوب است محاسبه‌ی مقدار $I2$ و زاویه بین دو بردار $I2$ و $I1$.**

$I2 = I - I1 : -8\ A = 0 - 8 = I2x$ و $+6\ A = 0 - 6 = I2y$

$I2 = \sqrt{(8^2 + 6^2)} = 10\ A$، $\theta 2 = 180^\circ - 37^\circ = 143^\circ \rightarrow I2 = 10\angle 143^\circ\ A$

زاویه‌ی بین $I1$ و $I2$: $\alpha = 143^\circ - 0 = 143^\circ$

۲۲ صفحه ۳۱ تمرین

**1ـ در جای خالی عبارت مناسب بنویسید.**

**الف) توان ظاهری را می‌توان از حاصل‌ضرب ولتاژ مؤثر در ..... به‌دست آورد.**

**ب) در مثلث توان ضلع مقابل به ضلع مجاور ضریب ..... نام دارد.**

**ج) در مدارهای پیش‌فاز بردار توان غیرمؤثر در راستای محور ..... و در جهت ..... ترسیم می‌شود.**

**د) توانی که انرژی الکتریکی را تبدیل می‌کند ..... نام دارد و واحد آن ..... است.**

- الف) جریان مؤثر $(S = Ve \cdot Ie)$
- ب) ضریب کیفیت $(\tan\varphi = Q/P)$
- ج) محور y (عمودی) و در جهت منفی
- د) توان مؤثر (اکتیو)، وات (W)

۲۳ صفحه ۳۱ تمرین

**2ـ در یک مصرف‌کننده الکتریکی $P = 800\ [W]$ و $Q = +800\ [VAR]$ می‌باشد، توان ظاهری را به‌صورت قطبی به‌دست آورید.**

$S = \sqrt{(P^2 + Q^2)} = \sqrt{(800^2 + 800^2)} = 1131.4\ VA$

$\tan\varphi = Q/P = 1 \rightarrow \varphi = +45^\circ$ (مدار پس‌فاز)

$S = 1131.4\angle +45^\circ\ VA$

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۲۴ صفحه ۳۱ تمرین

**3ـ مثلث توان یک مصرف‌کننده الکتریکی به‌صورت زیر است، مطلوب است:**

**الف) نوع مصرف‌کننده ب) توان ظاهری ج) ضریب توان مؤثر**

**(P = 150 W و Q = 200 VAR)**

- الف) بردار توان غیرمؤثر در جهت مثبت محور y است (Q > 0)، پس مصرف‌کننده پس‌فاز (القایی) است.
- ب) $S = \sqrt{(150^2 + 200^2)} = 250\ VA$
- ج) $\cos\varphi = P/S = 150/250 = 0.6$

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۲۵ صفحه ۳۱ تمرین

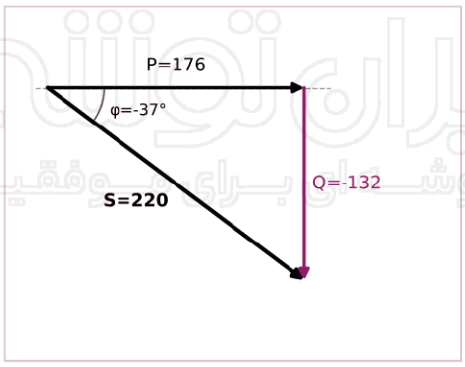
**4ـ معادلات زمانی جریان و ولتاژ یک مدار الکتریکی به‌صورت $i(t) = 2\sqrt{2}\sin(500t + 10^\circ)$ و $v(t) = 110\sqrt{2}$ $\sin(500t - 27^\circ)$ می‌باشد. توان‌های مدار را به‌دست آورید و مثلث توان آن را رسم کنید.**

$Ve = 110\ V$، $Ie = 2\ A$، $\varphi = \theta v - \theta i = -27^\circ - 10^\circ = -37^\circ$ (مدار پیش‌فاز)

$P = Ve \cdot Ie \cdot \cos\varphi = 110 \times 2 \times 0.8 = 176\ W$

$Q = Ve \cdot Ie \cdot \sin\varphi = 110 \times 2 \times (-0.6) = -132\ VAR$

$S = Ve \cdot Ie = 220\ VA$ (بررسی: $\sqrt{(176^2 + 132^2)} = 220$)




۲۶ صفحه ۳۱ تمرین

**5ـ یک مصرف‌کننده الکتریکی پس‌فاز با توان غیرمؤثر 800 [VAR] و توان ظاهری 1000 [VA] با جریان $I = 10\angle 0^\circ$ را در نظر بگیرید، مطلوب است:**

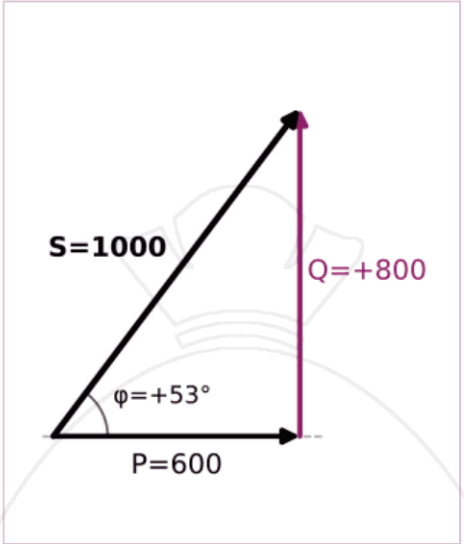
**الف) ولتاژ مصرف‌کننده به فرم قطبی ب) رسم مثلث توان ج) توان مؤثر د) ضریب توان مؤثر**

ج) $P = \sqrt{(S^2 - Q^2)} = \sqrt{(1000^2 - 800^2)} = 600\ W$

د) $\cos\varphi = P/S = 600/1000 = 0.6 \rightarrow \varphi = +53^\circ$ (پس‌فاز)

الف) $Ve = S/Ie = 1000/10 = 100\ V$ و $\varphi = \theta v - \theta i = 53^\circ - 0 = 53^\circ \rightarrow \theta v = \varphi + \theta i = 53^\circ + 0 = 53^\circ \rightarrow V = 100\angle +53^\circ\ V$

ب) مثلث توان: $P = 600\ W$ افقی، $Q = +800\ VAR$ عمودی رو به بالا و $S = 1000\ VA$ وتر با زاویه‌ی $53^\circ$.




**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۲۷ صفحه ۳۲ تمرین

**6ـ یک شبکه الکتریکی دو مصرف‌کننده با مشخصات زیر را تغذیه می‌کند.**

**مصرف‌کننده 1 پس‌فاز: $P1 = 400\ [W]$ ، $Q1 = 300\ [VAR]$**

**مصرف‌کننده 2 پیش‌فاز: $P2 = 400\ [W]$ ، $Q2 = 900\ [VAR]$**

**الف) مثلث توان هر مصرف‌کننده ب) مثلث توان شبکه ج) توان ظاهری شبکه د) ضریب توان مؤثر شبکه**

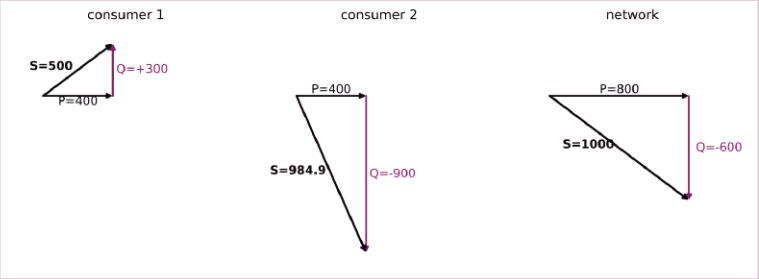
الف) مصرف‌کننده‌ی 1 (پس‌فاز، $Q1 = +300$): $S1 = \sqrt{(400^2 + 300^2)} = 500\ VA$، $\cos\varphi1 = 0.8$، $\varphi1 = +37^\circ$

مصرف‌کننده‌ی 2 (پیش‌فاز، $Q2 = -900$): $S2 = \sqrt{(400^2 + 900^2)} = 984.9\ VA$، $\cos\varphi2 = 0.406$، $\varphi2 = -66^\circ$

ب) $P = P1 + P2 = 400 + 400 = 800\ W$ و $Q = Q1 + Q2 = 300 + (-900) = -600\ VAR$ (بردار Q رو به پایین)

ج) $S = \sqrt{(800^2 + 600^2)} = 1000\ VA$

د) $\cos\varphi = P/S = 800/1000 = 0.8$ (پیش‌فاز، $\varphi = -37^\circ$)




۲۸ صفحه ۳۲ تمرین

**7ـ توان مؤثر و ضریب توان مؤثر شبکه‌ی [kW] P = 3 و cosφ = 0/6 پس‌فاز می‌باشد با ورود مصرف‌کننده‌ای با توان مؤثر [kW] P = 2 ضریب توان شبکه cosφ = 0/8 پس‌فاز می‌شود. نوع مصرف‌کننده و توان‌های آن را به‌دست آورید.**

شبکه‌ی اولیه: $S = P/\cos\varphi = 3/0.6 = 5$ kVA و $Q = \sqrt{(5^2 - 3^2)} = +4$ kVAR (پس‌فاز)

شبکه‌ی جدید: $P = 3 + 2 = 5$ kW، $S = 5/0.8 = 6.25$ kVA، $Q = \sqrt{(6.25^2 - 5^2)} = +3.75$ kVAR (پس‌فاز)

مصرف‌کننده‌ی افزوده‌شده: $Q = 3.75 - 4 = -0.25$ kVAR (منفی ← **پیش‌فاز**، خازنی)

$P = 2$ kW، $Q = -250$ VAR، $S = \sqrt{(2000^2 + 250^2)} = 2016$ VA، $\cos\varphi = 2000/2016 = 0.992$ (پیش‌فاز)

۲۹ صفحه ۳۸ فعالیت

**رابطه $Z = \sqrt{(R^2 + XL^2)}$ را اثبات نمایید.**

از مثلث ولتاژ مدار RL سری: $Ve^2 = VR^2 + VL^2$

با قرار دادن $Ve = Z \cdot Ie$، $VR = R \cdot Ie$ و $VL = XL \cdot Ie$:

$Z^2 \cdot Ie^2 = (R^2 + XL^2) \cdot Ie^2 \leftarrow (Z \cdot Ie)^2 = (R \cdot Ie)^2 + (XL \cdot Ie)^2$

با ساده کردن $Ie^2$: $Z = \sqrt{(R^2 + XL^2)} \leftarrow Z^2 = R^2 + XL^2$

۳۰ صفحه ۳۸ فعالیت

**ثابت کنید در مدار RL سری $\cos\varphi = R/Z$ می‌باشد.**

در مثلث ولتاژ: $\cos\varphi = VR/Ve$

با قرار دادن $VR = R \cdot Ie$ و $Ve = Z \cdot Ie$: $\cos\varphi = (R \cdot Ie)/(Z \cdot Ie) = R/Z$

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

۳۱ صفحه ۴۱ تمرین

**1ـ در جاهای خالی عبارت مناسب بنویسید:**

**ـ سیم‌پیچ علاوه بر مقاومت الکتریکی اهمی، ..... نیز دارد.**

**ـ مقاومت الکتریکی اهمی سیم‌پیچ ناشی از طول و سطح مقطع و ..... است.**

**ـ نیروی محرکه خود القایی سلف با ..... مخالفت می‌کند.**

**ـ در RL سری نسبت VR/Ve را ضریب ..... مدار می‌نامند.**

**ـ مخالفت مدار الکتریکی در مقابل عبور جریان متناوب را ..... می‌گویند.**

**ـ مقداری از انرژی الکتریکی که در واحد زمان در سلف ذخیره می‌شود ..... نام دارد.**

**ـ توان ظاهری مدار RL سری از حاصل‌ضرب ولتاژ مؤثر در ..... به‌دست می‌آید.**

- ضریب خودالقایی (L)
- جنس (هادی سیم‌پیچ)
- جاری شدن (تغییرات) جریان
- توان مؤثر (cosφ)
- مقاومت ظاهری (امپدانس، Z)
- توان غیرمؤثر (راکتیو)
- جریان مؤثر

۳۲ صفحه ۴۲ تمرین

**2ـ درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید:**

**ـ سیم‌پیچ موتورهای الکتریکی را می‌توان با عناصر الکتریکی نظیر مقاومت الکتریکی اهمی R، ضریب خود القایی سلف L معادل کرد.**

**ـ در مدار الکتریکی RL سری جریان‌های IR و IL و Ie با هم برابر هستند.**

**ـ در مدار الکتریکی RL سری ولتاژهای VR و VL و Ve با هم برابر هستند.**

**ـ با افزایش فرکانس ولتاژ متناوب منبع مدار RL، مقدار مقاومت القایی تغییر نخواهد کرد.**

**ـ در مدار RL سری بردار VR نسبت به جریان مدار، Ie مقدار 90 درجه اختلاف فاز دارد.**

**ـ در مدار RL سری نسبت VL/VR ضریب توان غیر مؤثر نام دارد.**

1. صحیح
2. صحیح (در مدار سری جریان یکسان است)
3. غلط؛ $Ve = \sqrt{(VR^2 + VL^2)}$ و ولتاژها برابر نیستند.
4. غلط؛ $XL = 2\pi fL$ با فرکانس نسبت مستقیم دارد و با افزایش f زیاد می‌شود.

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

5. ○ غلط؛ VR با جریان همفاز است (اختلاف فاز صفر)؛ VL است که 90° از جریان جلوتر است.

6. ○ غلط؛ نسبت VL/VR = tanφ ضریب کیفیت نام دارد (ضریب توان غیرمؤثر VL/Ve = sinφ است).

۳۳ صفحه ۴۲ تمرین

**3ـ توان مؤثر در مدار RL سری را تعریف کنید و رابطه آن را بنویسید.**

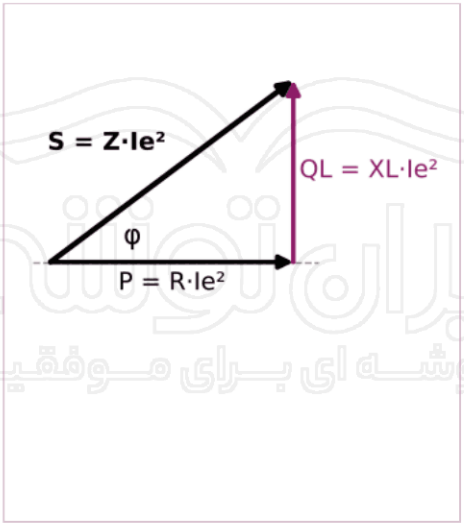
مقداری از انرژی الکتریکی که در واحد زمان در مقاومت اهمی مدار به گرما تبدیل می‌شود، «توان مؤثر» نام دارد و واحد آن وات است.

$W\ P = R \cdot Ie^2 = Ve \cdot Ie \cdot \cos\varphi$

۳۴ صفحه ۴۲ تمرین

**4ـ مثلث توان روبه‌رو را برای یک مدار RL سری کامل کنید.**

ضلع افقی توان مؤثر $P = R \cdot Ie^2$، ضلع عمودی (رو به بالا) توان غیرمؤثر سلف $QL = XL \cdot Ie^2$، وتر توان ظاهری $S = Z \cdot Ie^2 = Ve \cdot Ie = \sqrt{(P^2 + QL^2)}$ و زاویه‌ی بین S و P برابر φ است:




۳۵ صفحه ۴۲ تمرین

**5ـ رابطه sinφ = XL/Z را در مدار RL سری به‌دست آورید.**

$\sin\varphi = VL/Ve$ و با $VL = XL \cdot Ie$ و $Ve = Z \cdot Ie$:

$\sin\varphi = (XL \cdot Ie)/(Z \cdot Ie) = XL/Z$

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۳۶ صفحه ۴۲ تمرین

**6ـ معادل الکتریکی یک سیم‌پیچ به صورت RL سری با مقادیر $R = 3\Omega$ و $L = 2mH$ می‌باشد. با اتصال سیم‌پیچ به ولتاژ متناوب $v(t) = 100\sin(2000t + 53^\circ)$ مطلوب است:**

**الف) مقاومت ظاهری مدار ب) VR و VL ج) جریان مدار د) فرم قطبی جریان مدار**

الف) $Z = \sqrt{(R^2 + XL^2)} = \sqrt{(3^2 + 4^2)} = 5\ \Omega$ ،$XL = \omega \cdot L = 2000 \times 2 \times 10^{-3} = 4\ \Omega$

ج) $Ie = Ve/Z = 70.7/5 = 14.14\ A$ ،$Ve = 100/\sqrt{2} = 70.7\ V$ $(Im = 100/5 = 20\ A)$

ب) $VR = R \cdot Ie = 3 \times 14.14 = 42.4\ V$ ،$VL = XL \cdot Ie = 4 \times 14.14 = 56.6\ V$

د) $\cos\varphi = R/Z = 0.6 \rightarrow \varphi = 53^\circ$ ،$\theta i = \theta v - \varphi = 53^\circ - 53^\circ = 0^\circ \leftarrow I = 14.14\angle 0^\circ\ A$ (یا $Im = 20\angle 0^\circ\ A$ ) یعنی

$i(t) = 20\sin 2000t$

۳۷ صفحه ۴۲ تمرین

**7ـ در مدار شکل روبه‌رو ولتاژ سیم‌پیچ $(v(t) = 250\sqrt{2}\sin(500t + 37^\circ)$ می‌باشد $(R = 6\Omega$ و $L = 16mH)$.**

**مطلوب است:**

**الف) مقاومت ظاهری ب) جریان مدار ج) VR و VL د) فرم قطبی ولتاژ و جریان منبع هـ) رسم دیاگرام برداری جریان و ولتاژها**

الف) $Z = \sqrt{(6^2 + 8^2)} = 10\ \Omega$ ،$XL = \omega \cdot L = 500 \times 16 \times 10^{-3} = 8\ \Omega$

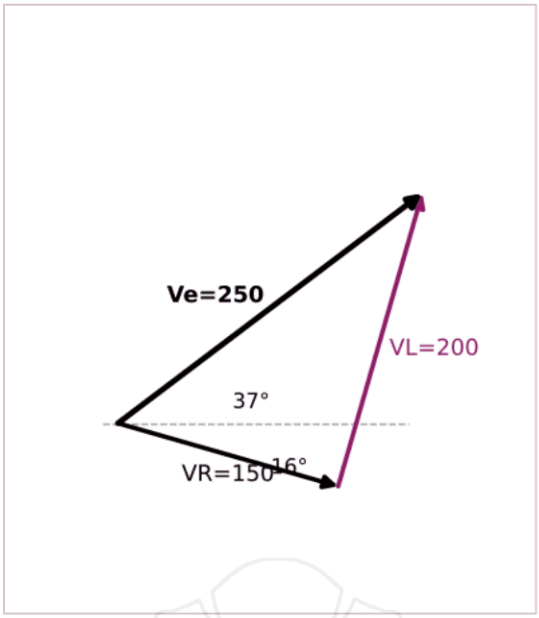
ب) $Ie = Ve/Z = 250/10 = 25\ A$ ،$Ve = 250\ V$

ج) $VR = R \cdot Ie = 6 \times 25 = 150\ V$ ،$VL = XL \cdot Ie = 8 \times 25 = 200\ V$

د) $\cos\varphi = R/Z = 0.6 \rightarrow \varphi = +53^\circ$ (پس‌فاز)، $\theta i = \theta v - \varphi = 37^\circ - 53^\circ = -16^\circ$

$V = 250\sqrt{2}\angle +37^\circ\ V$ (مؤثر: $250\angle 37^\circ$)، $I = 25\sqrt{2}\angle -16^\circ\ A$ (مؤثر: $25\angle -16^\circ$)

هـ) دیاگرام برداری (جریان مبنا فرض شده و VR با جریان همفاز، VL $90^\circ$ جلوتر):




۳۸ صفحه ۴۳ تمرین

**8ـ ضریب توان مؤثر شکل روبه‌رو 0/6 است. مطلوب است محاسبه:**

**الف) مقاومت ظاهری ب) ولتاژهای VR و VL ج) L و XL د) توان‌های مدار**

**(R = 30Ω ، Ve = 220V ، ω = 1000 rad/s)**

الف) $Ie = Ve/Z = 220/50 = 4.4\ A$ ،$\cos\varphi = R/Z \rightarrow Z = R/\cos\varphi = 30/0.6 = 50\ \Omega$

ب) $VR = R\cdot Ie = 30\times4.4 = 132\ V$ ،$VL = \sqrt{(Ve^2 - VR^2)} = \sqrt{(220^2 - 132^2)} = 176\ V$

ج) $XL = \sqrt{(Z^2 - R^2)} = \sqrt{(50^2 - 30^2)} = 40\ \Omega$ ،$L = XL/\omega = 40/1000 = 0.04\ H = 40\ mH$

د) $P = R\cdot Ie^2 = 30\times4.4^2 = 580.8\ W$ ،$QL = XL\cdot Ie^2 = 40\times4.4^2 = 774.4\ VAR$ ،$S = Ve\cdot Ie = 220\times4.4 = 968\ VA$

۳۹ صفحه ۴۳ تمرین

**9ـ در شکل روبه‌رو جریان عبوری از آمپرمتر را بیابید.**

**(Ve = 220 V ، P = 400 W ، Q = 300 VAR ، ω = 500 rad/s)**

$S = \sqrt{(P^2 + Q^2)} = \sqrt{(400^2 + 300^2)} = 500\ VA$

$S = Ve\cdot Ie \rightarrow Ie = S/Ve = 500/220 = 2.27\ A$

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۴۰ صفحه ۴۳ تمرین

**10ـ با اتصال ولتاژ $v(t) = 200\sqrt{2}\sin(500t)$ به یک سیم‌پیچ جریان الکتریکی $i(t) = 4\sqrt{2}\sin(500t - 53^\circ)$ از آن عبور می‌کند. مقدار R و XL را به‌دست آورید.**

$Ve = 200\ V$، $Ie = 4\ A$، $\varphi = \theta v - \theta i = 0 - (-53^\circ) = +53^\circ$ (پس‌فاز)

$Z = Ve/Ie = 200/4 = 50\ \Omega$

$R = Z\cdot\cos\varphi = 50\times0.6 = 30\ \Omega$، $XL = Z\cdot\sin\varphi = 50\times0.8 = 40\ \Omega$

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۴۱ صفحه ۴۸ فعالیت

**رابطه $Z = \sqrt{(R^2 + XC^2)}$ را اثبات نمایید.**

از مثلث ولتاژ مدار RC سری: $Ve^2 = VR^2 + VC^2$

با قرار دادن $Ve = Z\cdot Ie$، $VR = R\cdot Ie$ و $VC = XC\cdot Ie$: $Z^2\cdot Ie^2 = (R^2 + XC^2)\cdot Ie^2$

با ساده کردن $Ie^2$: $Z = \sqrt{(R^2 + XC^2)}$

۴۲ صفحه ۴۸ فعالیت

**ثابت کنید در مدار RC سری $\cos\varphi = R/Z$ می‌باشد.**

در مثلث ولتاژ: $\cos\varphi = VR/Ve = (R\cdot Ie)/(Z\cdot Ie) = R/Z$

۴۳ صفحه ۵۳ تمرین

**1ـ در جاهای خالی عبارت مناسب بنویسید.**

**الف) مقاومت الکتریکی R در خازن ناشی از ..... ، ..... و مساحت صفحات خازن است.**

**ب) مقاومت خازنی با سرعت زاویه‌ای و ..... رابطه عکس دارد.**

**ج) افت ولتاژ دو سر خازن از جریان عبوری آن به اندازه $90^\circ$ ..... است.**

**د) مقدار انرژی الکتریکی که در واحد زمان در خازن ذخیره می‌شود ..... نام دارد.**

- الف) جنس (دی‌الکتریک / هادی) و ضخامت
- ب) ظرفیت خازن ($XC = 1/(\omega C)$)

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

ج) عقب‌تر

د) توان غیرمؤثر خازن (QC)

۴۴ صفحه ۵۳ تمرین

**2ـ درستی یا نادرستی هر عبارت را مشخص کنید.**

**الف) مدار الکتریکی که از معادل‌سازی خازن به‌دست می‌آید شامل اتصال سری یک مقاومت الکتریکی و ظرفیت خازن است.**

**ب) توان ظاهری در مدار RC را می‌توان از رابطه Ve·Ie·sinφ محاسبه کرد.**

**ج) در مدار RC سری جریان منبع از ولتاژ منبع به اندازه φ جلوتر است.**

**د) در مدار RC سری نسبت VL/VR ضریب توان مؤثر است.**

الف) صحیح

ب) غلط؛ S = Ve·Ie است (Ve·Ie·sinφ توان غیرمؤثر را می‌دهد).

ج) صحیح (مدار پیش‌فاز است).

د) غلط؛ ضریب توان مؤثر cosφ = VR/Ve است و در مدار RC سلف وجود ندارد.

۴۵ صفحه ۵۳ تمرین

**3ـ مقاومت خازنی را تعریف کنید و عوامل مؤثر بر آن را نام ببرید.**

مخالفت خازن در مقابل عبور جریان متناوب (ناشی از تغییرات ولتاژ آن) را مقاومت خازنی XC می‌گویند و واحد آن اهم است:

$XC = 1/(\omega \cdot C) = 1/(2\pi fC)$

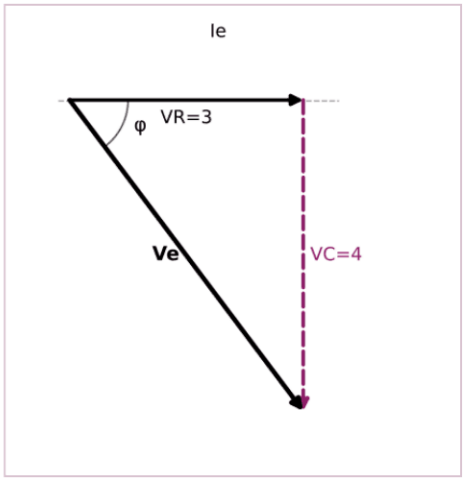
عوامل مؤثر: ظرفیت خازن (C) و فرکانس منبع (f) یا سرعت زاویه‌ای (ω)؛ با افزایش هر کدام XC کم می‌شود.

۴۶ صفحه ۵۳ تمرین

**4ـ دیاگرام برداری جریان و ولتاژهای مدار RC سری را رسم کنید.**

جریان مبنا است؛ VR با جریان همفاز و VC به اندازه‌ی 90° از جریان عقب‌تر است و Ve برآیند آن‌هاست (جریان از ولتاژ منبع به اندازه‌ی φ جلوتر است):

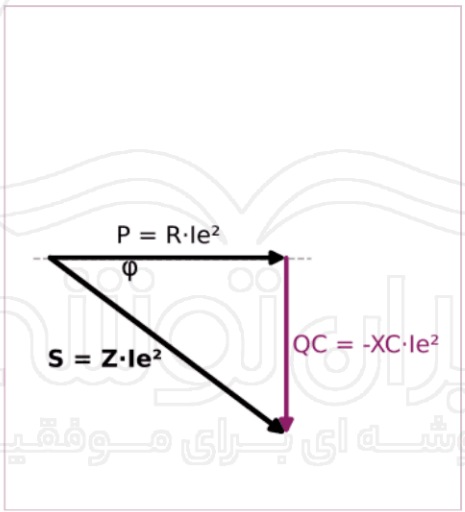
ایران توشه
توشه ای برای موفقیت




۴۷ صفحه ۵۳ تمرین

**5ـ مثلث توان زیر را برای مدار RC سری کامل کنید.**

ضلع افقی $P = R \cdot Ie^2$، ضلع عمودی رو به پایین $QC = -XC \cdot Ie^2$، وتر $S = Z \cdot Ie^2 = Ve \cdot Ie = \sqrt{(P^2 + QC^2)}$ و زاویه‌ی φ (منفی، پیش‌فاز) بین S و P:




۴۸ صفحه ۵۳ تمرین

**6ـ رابطه $\sin\varphi = XC/Z$ را در مدار RC سری به‌دست آورید.**

$\sin\varphi = VC/Ve = (XC \cdot Ie)/(Z \cdot Ie) = XC/Z$ (بزرگی؛ در مدار RC زاویه‌ی φ منفی است)

۴۹ صفحه ۵۳ تمرین

**7ـ معادل الکتریکی یک خازن به صورت RC سری با مقادیر $R = 3\Omega$ و $C = 250\mu F$ می‌باشد. با اتصال خازن به ولتاژ متناوب جریان $i(t) = 5\sqrt{2}\sin(1000t + 53^\circ)$ از آن می‌گذرد. مطلوب است محاسبه:**

**الف) Z ب) VR و VC ج) Ve د) فرم قطبی جریان و ولتاژ منبع**

الف) $Z = \sqrt{(3^2 + 4^2)} = 5\ \Omega$، $XC = 1/(\omega C) = 1/(1000\times250\times10^{-6}) = 4\ \Omega$

ب) $Ie = 5\sqrt{2}/\sqrt{2} = 5\ A$، $VR = R\cdot Ie = 3\times5 = 15\ V$، $VC = XC\cdot Ie = 4\times5 = 20\ V$

ج) $Ve = \sqrt{(15^2 + 20^2)} = 25\ V$ (یا $Ve = Z\cdot Ie = 5\times5 = 25\ V$)

د) $\cos\varphi = R/Z = 0.6 \rightarrow |\varphi| = 53^\circ$ و مدار پیش‌فاز است ($\varphi = -53^\circ$): $\theta v = \theta i + \varphi = 53^\circ - 53^\circ = 0^\circ$

$I = 5\sqrt{2}\angle+53^\circ\ A$ (مؤثر: $5\angle53^\circ$)، $V = 25\sqrt{2}\angle0^\circ\ V$ (مؤثر: $25\angle0^\circ$)

۵۰ صفحه ۵۴ تمرین

**8ـ در مدار شکل روبه‌رو ($v(t) = 100\sin(500t - 37^\circ)$ می‌باشد ($R = 10\Omega$، ولت‌متر 50V). مطلوب است:**

**الف) ظرفیت خازن ب) فرم قطبی جریان منبع ج) توان‌های مدار د) رسم مثلث توان**

$Ve = 100/\sqrt{2} = 70.7\ V$. ولتاژ 50 V یکی از VR یا VC است و در هر دو حالت (چون $VR^2 + VC^2 = Ve^2 = 5000$) داریم $VR = VC = 50\ V$. پس:

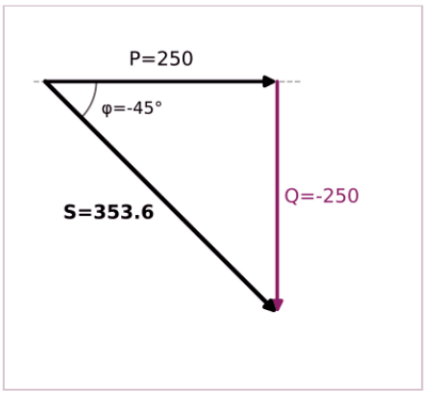
$Ie = VR/R = 50/10 = 5\ A$، $XC = VC/Ie = 50/5 = 10\ \Omega$

الف) $C = 1/(\omega\cdot XC) = 1/(500\times10) = 200\ \mu F$

ب) $\varphi = -\tan^{-1}(XC/R) = -45^\circ$، $\theta i = \theta v - \varphi = -37^\circ + 45^\circ = +8^\circ \leftarrow I = 5\angle+8^\circ\ A$ (ماکزیمم $5\sqrt{2}\angle8^\circ$)

ج) $P = R\cdot Ie^2 = 10\times25 = 250\ W$، $QC = -XC\cdot Ie^2 = -250\ VAR$، $S = Ve\cdot Ie = 353.6\ VA$

د) مثلث توان: $P = 250$ افقی، $QC = 250$ رو به پایین و $S = 353.6$، زاویه‌ی $45^\circ$.




**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

۵۱ صفحه ۵۴ تمرین

**9ـ دیاگرام برداری یک RC سری مطابق شکل روبه‌رو است. توان‌های مدار را به‌دست آورید و فرم قطبی توان ظاهری را بنویسید.**

**($V = 100\ V$ ، $I = 5\ A$ ، $\varphi = 53^\circ$)**

جریان از ولتاژ به اندازه‌ی $53^\circ$ جلوتر است (پیش‌فاز): $\varphi = -53^\circ$

$S = V \cdot I = 100 \times 5 = 500\ VA$ ، $P = S \cdot \cos\varphi = 500 \times 0.6 = 300\ W$ ، $QC = S \cdot \sin\varphi = 500 \times (-0.8) = -400\ VAR$

$S = 500 \angle -53^\circ\ VA$

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۵۲ صفحه ۵۴ تمرین

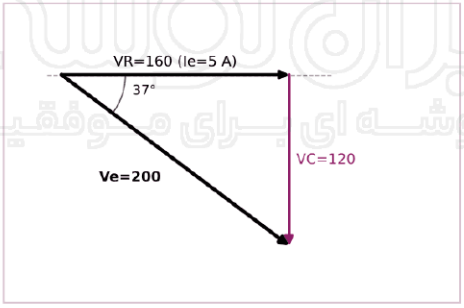
**10ـ جریان و ولتاژ یک مدار RC به صورت $I = 5\angle 0^\circ$ و $V = 200\angle -37^\circ$ می‌باشد. در صورتی که $\omega = 2000\ rad/s$ باشد، مطلوب است:**

**الف) R و C ب) دیاگرام برداری ولتاژها و جریان مدار**

$Z = V/I = 200/5 = 40\ \Omega$ ، $\varphi = \theta v - \theta i = -37^\circ - 0 = -37^\circ$

الف) $R = Z \cdot \cos\varphi = 40 \times 0.8 = 32\ \Omega$ ، $XC = Z \cdot |\sin\varphi| = 40 \times 0.6 = 24\ \Omega$ ، $C = 1/(\omega \cdot XC) = 1/(2000 \times 24) = 20.8\ \mu F$

ب) $VR = R \cdot I = 160\ V$ (همفاز با جریان)، $VC = XC \cdot I = 120\ V$ ($90^\circ$ عقب‌تر)، $Ve = 200\ V$ ($37^\circ$ عقب‌تر از جریان):

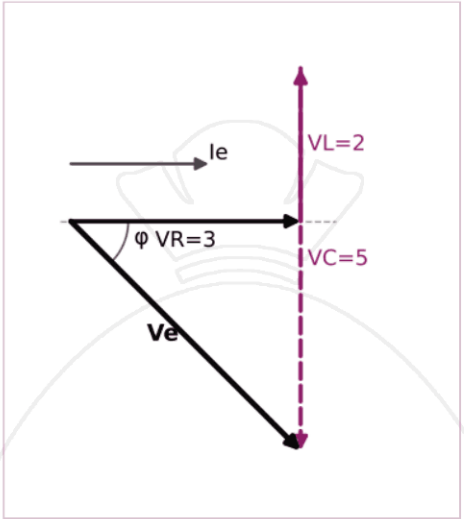



ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۵۳ صفحه ۵۸ فعالیت

**دیاگرام برداری جریان و ولتاژهای مدار RLC سری که VC > VL است را رسم نمایید و نتیجه بگیرید مدار پیش‌فاز است.**

جریان مبنا است؛ VR با جریان همفاز، VL ۹۰° جلوتر (رو به بالا) و VC ۹۰° عقب‌تر (رو به پایین). چون VC > VL است برآیند VC − VL رو به پایین می‌شود و Ve نسبت به جریان در جهت ساعتگرد (عقب‌تر) قرار می‌گیرد، یعنی جریان از ولتاژ منبع به اندازه‌ی φ جلوتر است؛ پس مدار پیش‌فاز (خازنی) است.




۵۴ صفحه ۶۱ فعالیت

**رابطه $Z = \sqrt{(R^2 + (XL - XC)^2)}$ را اثبات نمایید.**

از مثلث ولتاژ مدار RLC سری: $Ve^2 = VR^2 + (VL - VC)^2$

با قرار دادن $Ve = Z \cdot Ie$، $VR = R \cdot Ie$، $VL = XL \cdot Ie$ و $VC = XC \cdot Ie$:

$Z = \sqrt{(R^2 + (XL - XC)^2)} \leftarrow Z^2 \cdot Ie^2 = R^2 \cdot Ie^2 + (XL - XC)^2 \cdot Ie^2$

۵۵ صفحه ۶۱ فعالیت

**ثابت کنید در مدار RLC سری $\cos\varphi = R/Z$ می‌باشد.**

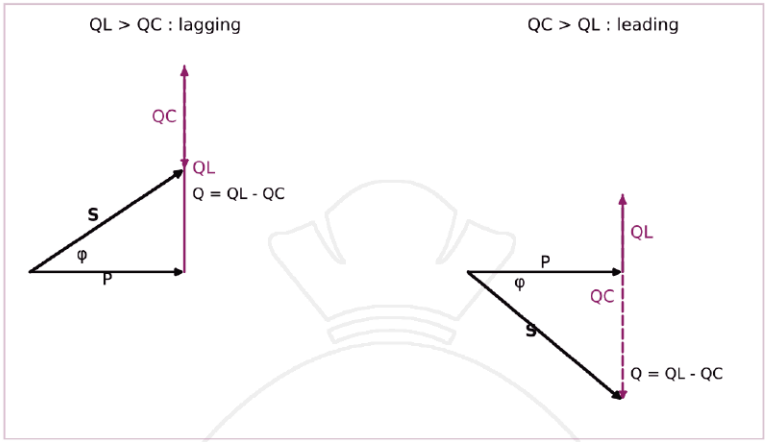
از مثلث ولتاژ: $\cos\varphi = VR/Ve = (R \cdot Ie)/(Z \cdot Ie) = R/Z$

irantooshe.ir

۵۶ صفحه ۶۵ فعالیت

**مثلث توان مدار RLC سری که QC < QL است را رسم نمایید.**

P افقی رسم می‌شود؛ QL رو به بالا و QC رو به پایین است و برآیند آن‌ها Q = QL – QC است. هر دو حالت در شکل آمده است: وقتی QL > QC باشد Q مثبت و مدار پس‌فاز است و وقتی QC > QL باشد Q منفی و مدار پیش‌فاز است؛ $S = \sqrt{(P^2 + (QL - QC)^2)}$.




۵۷ صفحه ۶۷ پرسش

**1ـ کاربرد مدار RLC سری را بنویسید.**

**2ـ چگونگی معادل‌سازی مدار RLC را شرح دهید.**

**3ـ مدار RLC سری را تعریف کنید.**

1. برای معادل‌سازی اتصال سری یک سیم‌پیچ با یک خازن به‌کار می‌رود؛ این اتصال در موتورهای الکتریکی تک‌فاز (مثلاً موتور خازنی) استفاده می‌شود.
2. سیم‌پیچ علاوه بر ضریب خودالقایی L مقاومت اهمی دارد و خازن نیز علاوه بر ظرفیت C مقاومت اهمی دارد؛ چون این دو سری‌اند، دو مقاومت اهمی با هم جمع شده و یک مقاومت R می‌سازند. در نتیجه مدار معادل از اتصال سری R، L و C به‌دست می‌آید.
3. مداری که از اتصال سری یک مقاومت اهمی R، یک سلف با ضریب خودالقایی L و یک خازن با ظرفیت C تشکیل شده و به منبع ولتاژ متناوب وصل می‌شود، مدار RLC سری نام دارد.

۵۸ صفحه ۶۷ پرسش

**4ـ در هر یک از شکل‌های زیر پس‌فاز یا پیش‌فاز بودن مدار را تعیین کنید.**

**(شکل اول: دیاگرام برداری ولتاژها شامل VR، VL و VC؛ شکل دوم: مثلث توان شامل P، QL و QC)**

قاعده: در مدار RLC سری اگر VL > VC (یا QL > QC یا XL > XC ) باشد، ولتاژ منبع از جریان جلوتر است و مدار **پس‌فاز** (القایی) است؛ اگر VC > VL (یا QC > QL) باشد، جریان از ولتاژ جلوتر است و مدار **پیش‌فاز** (خازنی) است.

در هر شکل طول بردار رو به بالا (VL یا QL) را با طول بردار رو به پایین (VC یا QC) مقایسه می‌کنیم؛ برآیند آن‌ها رو به بالا باشد پس‌فاز و رو به پایین باشد پیش‌فاز است.

---

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۵۹ صفحه ۶۷ پرسش

**5ـ ویژگی‌های مدار RLC سری را بنویسید.**

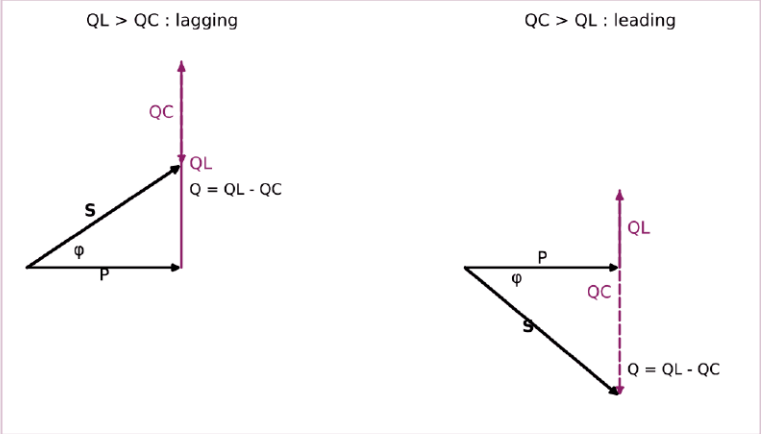
- جریان در همه‌ی عناصر یکسان است: $Ie = IR = IL = IC$
- ولتاژ منبع برآیند برداری ولتاژهاست: $Ve = \sqrt{(VR^2 + (VL - VC)^2)}$
- مقاومت ظاهری: $Ie = Ve/Z$ و $Z = \sqrt{(R^2 + (XL - XC)^2)}$
- $\cos\varphi = R/Z$؛ اگر XL > XC مدار پس‌فاز، اگر XC > XL مدار پیش‌فاز و اگر XL = XC مدار اهمی (حالت تشدید با Z = R) است.
- توان مؤثر $P = R \cdot Ie^2$، توان غیرمؤثر $Q = QL + QC = (XL - XC) \cdot Ie^2$ و توان ظاهری $S = \sqrt{(P^2 + Q^2)} = Ve \cdot Ie$

۶۰ صفحه ۶۷ پرسش

**6ـ مثلث توان یک مدار RLC سری را در حالت QC > QL رسم نمایید.**

با QL > QC: $Q = QL - QC > 0$ رو به بالا و مدار پس‌فاز است. (حالت مقابل، QC > QL، در شکل سمت راست آمده است.)

توشه ای برای موفقیت




۶۱ صفحه ۶۸ پرسش

**7ـ در مدار الکتریکی شکل روبه‌رو مطلوب است:**

**الف) ولتاژ هر کدام از عناصر مدار ب) ضریب توان مؤثر و ضریب توان غیرمؤثر ج) توان‌های مدار و مثلث توان**

**($R = 6\Omega$ ، $X_L = 8\Omega$ ، $X_C = 16\Omega$ ، $i(t) = 5\sqrt{2}\sin \omega t$)**

$I_e = 5\ A$

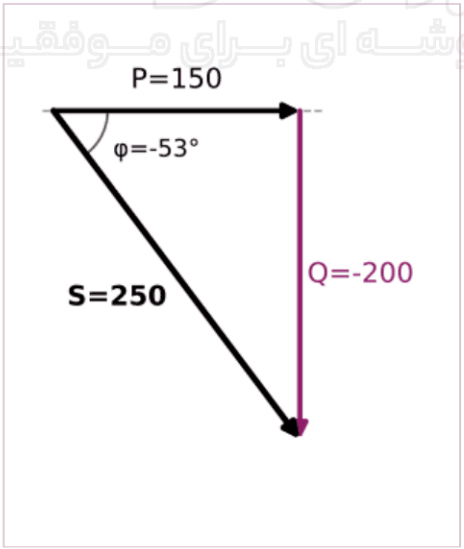
الف) $V_R = 6\times5 = 30\ V$ ،$V_L = 8\times5 = 40\ V$ ،$V_C = 16\times5 = 80\ V$

ب) $Z = \sqrt{(6^2 + (8-16)^2)} = 10\ \Omega$ ،$V_e = 10\times5 = 50\ V$ ،$\cos\varphi = R/Z = 0.6$ ،$\sin\varphi = (X_L-X_C)/Z = -0.8$

(پیش‌فاز، $\varphi = -53^\circ$)

ج) $P = R\cdot I_e^2 = 150\ W$ ،$Q_L = 8\times25 = +200\ VAR$ ،$Q_C = -16\times25 = -400\ VAR$ ،$Q = -200\ VAR$ ،$S = \sqrt{(150^2 + 200^2)} = 250\ VA$

مثلث توان: $P = 150$ افقی، $Q = 200$ رو به پایین و $S = 250$ با زاویه‌ی $-53^\circ$.




ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۶۲ صفحه ۶۸ پرسش

**8ـ در مدار الکتریکی RLC سری روبه‌رو مطلوب است:**

**الف) VR و IR ب) Z ج) XL و XC**

**(R = 10Ω ، Ve = 100V ، VL = 100V ، VC = 160V)**

الف) $Ve^2 = VR^2 + (VL - VC)^2 \leftarrow 100^2 = VR^2 + (100 - 160)^2 \leftarrow VR^2 = 10000 - 3600 = 6400 \leftarrow VR = 80\ V$

$IR = VR/R = 80/10 = 8\ A$ (جریان همه‌ی عناصر برابر است: $Ie = 8\ A$)

ب) $Z = Ve/Ie = 100/8 = 12.5\ \Omega$

ج) $XL = VL/Ie = 100/8 = 12.5\ \Omega$ ،$XC = VC/Ie = 160/8 = 20\ \Omega$

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۶۳ صفحه ۶۸ پرسش

**9ـ در یک مدار RLC سری معادله زمانی ولتاژ منبع $v(t) = 200\sqrt{2}\sin(1000t)$ و $i(t) = 4\sqrt{2}\sin(1000t - 37^\circ)$ می‌باشد و $C = 100\mu F$ است. مطلوب است محاسبه R و L.**

$Ve = 200\ V$، $Ie = 4\ A$ ،$Z = 200/4 = 50\ \Omega$ ،$\varphi = \theta v - \theta i = 0 - (-37^\circ) = +37^\circ$ (پس‌فاز)

$R = Z\cdot\cos\varphi = 50\times0.8 = 40\ \Omega$ ،$XL - XC = Z\cdot\sin\varphi = 50\times0.6 = 30\ \Omega$

$XC = 1/(\omega C) = 1/(1000\times100\times10^{-6}) = 10\ \Omega \leftarrow XL = 30 + 10 = 40\ \Omega$

$L = XL/\omega = 40/1000 = 0.04\ H = 40\ mH$

۶۴ صفحه ۶۸ پرسش

**10ـ در مدار الکتریکی RLC سری شکل روبه‌رو در صورتی که ضریب توان مؤثر 0/6 باشد مطلوب است محاسبه مقدار XC در دو حالت زیر:**

**الف) مدار پیش‌فاز باشد. ب) مدار پس‌فاز باشد.**

**(R = 12Ω ، XL = 20Ω)**

$Z = R/\cos\varphi = 12/0.6 = 20\ \Omega$ ،$|XL - XC| = \sqrt{(Z^2 - R^2)} = \sqrt{(400 - 144)} = 16\ \Omega$

الف) پیش‌فاز ($XC > XL$): $XC - 20 = 16 \leftarrow XC = 36\ \Omega$

ب) پس‌فاز (XL > XC): 16 = XC − 20 ← XC = 4 Ω

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۶۵ صفحه ۶۸ پرسش

**11ـ در مدار الکتریکی RLC سری روبه‌رو مطلوب است:**

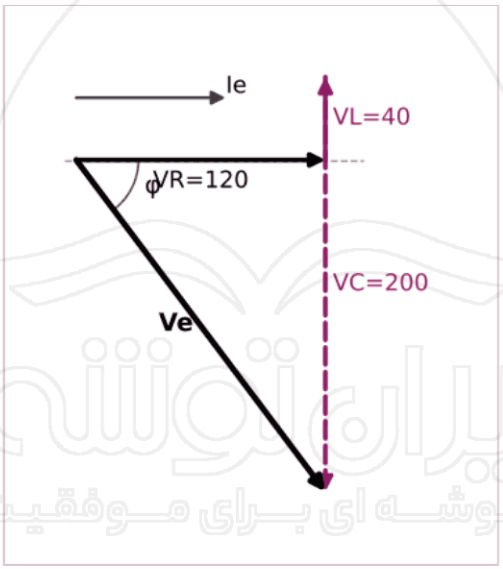
**الف) مقاومت ظاهری مدار ب) ولتاژ منبع و رسم دیاگرام برداری ولتاژها و جریان ج) توان‌های مدار و رسم مثلث توان**

**(R = 12Ω ، L = 8mH ، C = 100μF ، v(t) = 200√2 sin 500t)**

الف) $XL = 500\times8\times10^{-3} = 4\ \Omega$ ،$XC = 1/(500\times100\times10^{-6}) = 20\ \Omega$ ،$Z = \sqrt{(12^2 + (4-20)^2)} = 20\ \Omega$

ب) $Ve = 200\ V$ ،$Ie = 200/20 = 10\ A$ ،$VR = 120\ V$ ،$VL = 40\ V$ ،$VC = 200\ V$ (بررسی: $\sqrt{(120^2 + 160^2)} = 200$)

$\cos\varphi = 12/20 = 0.6$ ،$XC > XL$ ← پیش‌فاز، $\varphi = -53^\circ$ ،$+53^\circ = 0 + 53^\circ = \theta v - \varphi = \theta i$ ← $V = 200\sqrt{2}\angle0^\circ\ V$ و $I = 10\sqrt{2}\angle+53^\circ\ A$




ج) $P = 12\times100 = 1200\ W$ ،$QL = 4\times100 = +400\ VAR$ ،$QC = -20\times100 = -2000\ VAR$ ،$Q = -1600\ VAR$ ،$S =$ $Ve\cdot Ie = 2000\ VA$ (بررسی: $\sqrt{(1200^2 + 1600^2)} = 2000$) و مثلث توان پیش‌فاز با زاویه‌ی $-53^\circ$.

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۶۶ صفحه ۶۹ پرسش

**12ـ در مدار RLC سری شکل روبه‌رو VL = 5VC می‌باشد. مطلوب است محاسبه: الف) L و C**

**(R = 30Ω ، v(t) = 100√2 sin(1000t) ، i(t) = 2√2 sin(1000t − 53°))**

$Z = 100/2 = 50\ \Omega$ ،$\varphi = 0 - (-53^\circ) = +53^\circ$ (پس‌فاز)، $XL - XC = Z\cdot\sin\varphi = 50\times0.8 = 40\ \Omega$ (بررسی: $R = 50\times0.6 = 30\ \Omega$ ✓)

از $VL = 5\cdot VC$ نتیجه می‌شود $XL = 5\cdot XC$، پس $5XC - XC = 40 \leftarrow XC = 10\ \Omega$ و $XL = 50\ \Omega$

$C = 1/(\omega\cdot XC) = 1/(1000\times10) = 100\ \mu F$ ،$L = XL/\omega = 50/1000 = 50\ mH$

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۶۷ صفحه ۶۹ پرسش

**13ـ مثلث توان یک مدار RLC سری به‌صورت مقابل است. مطلوب است:**

**الف) توان‌های مؤثر و غیرمؤثر مدار ب) توان ظاهری و ضریب قدرت مؤثر ج) در صورتی که Ie = 5 [A] باشد ولتاژ منبع را بیابید.**

**(P = 300 W ، QL = +500 VAR ، QC = −100 VAR)**

الف) $P = 300\ W$، $Q = QL + QC = 500 + (-100) = +400\ VAR$

ب) $S = \sqrt{(300^2 + 400^2)} = 500\ VA$، $\cos\varphi = P/S = 300/500 = 0.6$ (پس‌فاز)

ج) $Ve = S/Ie = 500/5 = 100\ V$

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۶۸ صفحه ۶۹ پرسش

**14ـ در مدار الکتریکی شکل روبه‌رو ولت‌متر V1 مقدار 60 ولت را نشان می‌دهد. مقداری که ولت‌متر V2 و آمپرمتر نشان می‌دهد را به‌دست آورید.**

**(Ve = 100V ، مقاومت‌ها 10Ω، 15Ω و 30Ω)**

با فرض این‌که ولت‌متر V1 دو سر مقاومت $R = 15\ \Omega$ و V2 دو سر ترکیب سلف ($XL = 10\ \Omega$) و خازن ($XC = 30\ \Omega$) است:

آمپرمتر: $Ie = V1/R = 60/15 = 4\ A$

$V2 = |XL - XC|\cdot Ie = |10 - 30|\times4 = 80\ V$ (بررسی: $Ve = 100\ V = \sqrt{(60^2 + 80^2)}$ ✓)

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۶۹ صفحه ۸۱ فعالیت

**ثابت کنید توان ظاهری مصرف‌کننده سه فاز در اتصال مثلث و ستاره از رابطه $S3\varphi = \sqrt{3}\cdot VL\cdot IL$ به‌دست می‌آید.**

توان ظاهری سه‌فاز: $S3\varphi = 3\cdot VP\cdot IP$

اتصال ستاره: $VP = VL/\sqrt{3}$ و $IP = IL \leftarrow S3\varphi = 3\cdot(VL/\sqrt{3})\cdot IL = \sqrt{3}\cdot VL\cdot IL$ (چون $3/\sqrt{3} = \sqrt{3}$)

اتصال مثلث: $VP = VL$ و $IP = IL/\sqrt{3} \leftarrow S3\varphi = 3\cdot VL\cdot(IL/\sqrt{3}) = \sqrt{3}\cdot VL\cdot IL$

پس در هر دو اتصال $S3\varphi = \sqrt{3}\cdot VL\cdot IL$ است.

۷۰ صفحه ۸۱ تمرین

**۱ـ مفاهیم زیر را تعریف کنید**

**الف) شبکه الکتریکی سه فاز ب) ولتاژ فازی ج) جریان خطی**

- الف) شبکه‌ای که شامل سه ولتاژ با اختلاف فاز 120 درجه نسبت به یکدیگر و دامنه‌ی برابر باشد، شبکه‌ی الکتریکی سه‌فاز نام دارد.
- ب) اختلاف پتانسیل الکتریکی هر فاز با سیم نول را ولتاژ فازی (VP) می‌گویند.
- ج) جریانی که مصرف‌کننده‌ی سه‌فاز از شبکه دریافت می‌کند (جریان سیم‌های خط) را جریان خطی (IL) می‌گویند.

۷۱ صفحه ۸۱ تمرین

**۲ـ در جای خالی کلمات مناسب بنویسید.**

**الف) مدارهای الکتریکی سه فاز برای ..... اتصال مصرف‌کننده‌های سه فاز استفاده می‌شود.**

**ب) ولتاژ در شبکه‌های سه فاز به‌صورت ..... و ..... قابل اندازه‌گیری است.**

**ج) اتصال مصرف‌کننده‌های تک‌فاز به شبکه سه‌فاز ..... ایجاد می‌کند.**

- الف) معادل‌سازی
- ب) ولتاژ فازی و ولتاژ خطی
- ج) اتصال ستاره‌ی نامتعادل

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۷۲ صفحه ۸۱ تمرین

**3ـ درستی و نادرستی جملات زیر را تعیین کنید.**

**الف) اختلاف پتانسیل بین دو فاز را ولتاژ خطی گویند.**

**ب) جریانی که مصرف‌کننده سه فاز از شبکه دریافت می‌کند را جریان فازی گویند.**

**ج) برای محاسبه جریان خطی از رابطه IP = VL/Z استفاده می‌شود.**

- الف) صحیح
- ب) غلط؛ این جریان را جریان خطی می‌گویند (جریان فازی جریانی است که در هر مقاومت ظاهری مصرف‌کننده جاری می‌شود).
- ج) غلط؛ رابطه‌ی VL/Z جریان فازی را در اتصال مثلث می‌دهد؛ جریان خطی در مثلث IL = √3·IP و در ستاره IL = IP = VP/Z است.

۷۳ صفحه ۸۲ تمرین

**4ـ یک مصرف‌کننده الکتریکی مطابق شکل روبه‌رو به شبکه سه‌فاز 400 ولت متصل شده است. اگر R = 20Ω و XL = 20Ω باشد، مطلوب است:**

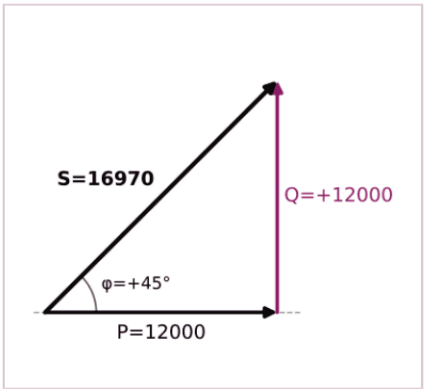
**الف) جریان فازی و خطی ب) توان‌های مدار ج) رسم مثلث توان**

با فرض اتصال مثلث: $Z = \sqrt{(20^2 + 20^2)} = 28.28\ \Omega$، $\cos\varphi = R/Z = 0.707$، $\varphi = 45^\circ$

الف) $IP = VL/Z = 400/28.28 = 14.14\ A$، $IL = \sqrt{3}\cdot IP = 1.732\times 14.14 = 24.5\ A$

ب) $P3\varphi = 3\cdot R\cdot IP^2 = 3\times 20\times 200 = 12000\ W$، $Q3\varphi = 3\cdot XL\cdot IP^2 = 12000\ VAR$، $S3\varphi = 3\cdot VL\cdot IP = 3\times 400\times 14.14 = 16970\ VA$

ج) مثلث توان پس‌فاز: P = 12 kW افقی، Q = 12 kVAR عمودی رو به بالا و S = 16.97 kVA با زاویه‌ی $45^\circ$.




**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۷۴ صفحه ۸۲ تمرین

**5ـ یک مصرف‌کننده سه فاز مطابق شکل روبه‌رو به شبکه سه فاز 400 [V] متصل شده است (Z = 20Ω در هر فاز). مطلوب است:**

**الف) توان ظاهری ب) اگر اتصال مصرف‌کننده به حالت مثلث درآید توان ظاهری را محاسبه کنید. ج) از مقایسه توان ظاهری دو حالت ستاره و مثلث چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟**

الف) (اتصال ستاره) $VP = 400/\sqrt{3} = 230.9\ V$، $IP = IL = VP/Z = 230.9/20 = 11.55\ A$

$S3\varphi = 3 \cdot VP \cdot IP = 3 \times 230.9 \times 11.55 = 8000\ VA = 8\ kVA$

ب) (اتصال مثلث) $VP = VL = 400\ V$، $IP = 400/20 = 20\ A$، $S3\varphi = 3 \cdot VP \cdot IP = 3 \times 400 \times 20 = 24000\ VA = 24\ kVA$

ج) $24000/8000 = 3 =$ (ستاره)S/(مثلث)S؛ با همان بار و همان شبکه، توان ظاهری (و در نتیجه توان مؤثر) در اتصال مثلث سه برابر اتصال ستاره است.

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۷۵ صفحه ۸۲ تمرین

**6ـ توان مؤثر مصرف‌کننده الکتریکی شکل مقابل 2/4 [kW] است. مطلوب است محاسبه:**

**الف) مقدار R ب) ضریب توان ج) رسم مثلث توان**

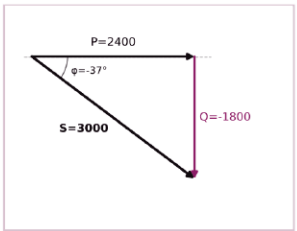
**(اتصال ستاره، $IL = 10A$، $XC = 6\Omega$)**

در اتصال ستاره $IP = IL = 10\ A$

الف) $P3\varphi = 3 \cdot R \cdot IP^2 \leftarrow 2400 = 3 \times R \times 100 \leftarrow R = 8\ \Omega$

ب) $Z = \sqrt{(8^2 + 6^2)} = 10\ \Omega$، $\cos\varphi = R/Z = 8/10 = 0.8$ (پیش‌فاز)

ج) $Q3\varphi = -3 \cdot XC \cdot IP^2 = -3 \times 6 \times 100 = -1800\ VAR$، $S3\varphi = \sqrt{(2400^2 + 1800^2)} = 3000\ VA$؛ مثلث توان پیش‌فاز: $P = 2.4\ kW$ افقی، $Q = 1.8\ kVAR$ رو به پایین و $S = 3\ kVA$ با زاویه‌ی $-37^\circ$




**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

# گام به گام دانش فنی تخصصی الکتروتکنیک دوازدهم - پودمان دوم

تحلیل ماشین‌های الکتریکی (ترانسفورماتورهای تک فاز)

## فهرست


۷۶ صفحه ۸۶ · آیا می‌دانید — ولتاژ نیروگاه، آزمایش‌ها، اتوترانسفورماتور ... ۳۸

۷۷ صفحه ۹۳ · فعالیت — اثبات رابطه‌ی نسبت تبدیل ..... ۳۸

۷۸ صفحه ۹۷ · فعالیت — کنار هم گذاشتن ورقه‌های هسته ... ۳۸

۷۹ صفحه ۱۰۳ · فعالیت — رابطه‌ی اساسی ترانسفورماتور ایده‌آل ... ۳۹

۸۰ صفحه ۱۰۸ · پرسش پایانی — شمای فنی ترانسفورماتور ... ۳۹

۸۱ صفحه ۱۰۸ · پرسش پایانی — تعریف ترانسفورماتور ..... ۳۹

۸۲ صفحه ۱۰۸ · پرسش پایانی — اجزای ساختمانی و وظیفه‌ی آنها ... ۴۰

۸۳ صفحه ۱۰۸ · پرسش پایانی — انواع ترانسفورماتور ..... ۴۰

۸۴ صفحه ۱۰۸ · پرسش پایانی — طرز کار ترانسفورماتور ..... ۴۰

۸۵ صفحه ۱۰۸ · پرسش پایانی — نسبت تبدیل و ضریب تبدیل ... ۴۱

۸۶ صفحه ۱۰۸ · پرسش پایانی — محاسبه‌ی تعداد دور از emf ... ۴۱

۸۷ صفحه ۱۰۸ · پرسش پایانی — ضریب و نسبت تبدیل و emf اولیه ... ۴۱

۸۸ صفحه ۱۰۸ · پرسش پایانی — ولتاژ خروجی با بار پیش‌فاز ... ۴۲

۸۹ صفحه ۱۰۸ · پرسش پایانی — تعریف تلفات ..... ۴۲

۹۰ صفحه ۱۰۸ · پرسش پایانی — انواع تلفات ..... ۴۲

۹۱ صفحه ۱۰۸ · پرسش پایانی — آزمایش بی‌باری ..... ۴۳

۹۲ صفحه ۱۰۸ · پرسش پایانی — آزمایش اتصال کوتاه ..... ۴۳

۹۳ صفحه ۱۰۸ · پرسش پایانی — تعریف راندمان ..... ۴۴

۹۴ صفحه ۱۰۸ · پرسش پایانی — تعریف ترانسفورماتور ایده‌آل ... ۴۴

۹۵ صفحه ۱۰۸ · پرسش پایانی — جریان‌ها و دور اولیه ترانسفورماتور ایده‌آل ... ۴۴

۹۶ صفحه ۱۰۸ · پرسش پایانی — تلفات در نصف بار ..... ۴۵

۹۷ صفحه ۱۰۸ · پرسش پایانی — تلفات بار نامی با تلفات بی‌باری ... ۴۵

۹۸ صفحه ۱۰۹ · پرسش پایانی — شرط بیشترین راندمان ..... ۴۵

۹۹ صفحه ۱۰۹ · پرسش پایانی — تعریف و رابطه‌ی راندمان ..... ۴۵

۱۰۰ صفحه ۱۰۹ · پرسش پایانی — تعریف اتوترانسفورماتور ..... ۴۶

۱۰۱ صفحه ۱۰۹ · پرسش پایانی — تلفات مسی و آهنی در بار نامی ... ۴۶

۱۰۲ صفحه ۱۰۹ · پرسش پایانی — تلفات در نصف بار (درست/نادرست) ... ۴۶

۱۰۳ صفحه ۱۰۹ · پرسش پایانی — توان تیپ اتوترانسفورماتور (درست/نادرست) ... ۴۶

۱۰۴ صفحه ۱۰۹ · پرسش پایانی — کاربرد اتوترانسفورماتور (درست/نادرست) ... ۴۷

۱۰۵ صفحه ۱۰۹ · پرسش پایانی — عامل افت ولتاژ (درست/نادرست) ... ۴۷



توشه‌ای برای موفقیت

**۷۶** صفحه ۸۶ **آیا می‌دانید**

**1ـ چرا ولتاژ تولیدی نیروگاه توسط ترانسفورماتور افزاینده، افزایش می یابد؟**

**2ـ آزمایش بی باری و اتصال کوتاه ترانسفورماتور معرف چه متغیرهایی است؟**

**3ـ تفاوت ترانسفورماتور و اتوترانسفورماتور چیست؟**

1. با افزایش ولتاژ، برای انتقال توان یکسان جریان خط کم می‌شود ($P = V \cdot I$). چون تلفات خط انتقال برابر $R \cdot I^2$ است، با کاهش جریان تلفات توان و افت ولتاژ خط به مقدار زیادی کم می‌شود. سپس در پست‌های برق ولتاژ دوباره کاهش داده می‌شود.
2. آزمایش بی‌باری تلفات هسته (آهنی) و جریان بی‌باری را نشان می‌دهد؛ آزمایش اتصال کوتاه تلفات سیم‌پیچی‌ها (تلفات مسی نامی) و ولتاژ اتصال کوتاه را معرفی می‌کند.
3. در ترانسفورماتور دو سیم‌پیچ جدا از هم روی هسته قرار دارند و ارتباط اولیه و ثانویه فقط مغناطیسی است؛ در اتوترانسفورماتور فقط یک سیم‌پیچ وجود دارد و علاوه بر ارتباط مغناطیسی، ارتباط الکتریکی نیز بین اولیه و ثانویه برقرار است.

**۷۷** صفحه ۹۳ **فعالیت**

**رابطه $a = N1/N2 = E1/E2$ را به دست آورید.**

از روابط نیروی محرکه‌ی القایی داریم:

```
E1 = 4.44 . N1 . Bm . A . f
E2 = 4.44 . N2 . Bm . A . f
```

با تقسیم دو رابطه بر هم، مقدارهای مشترک 4.44، Bm، A و f ساده می‌شوند:

$E1/E2 = N1/N2 = a$

**۷۸** صفحه ۹۷ **فعالیت**

**برای کنار هم قراردادن ورقه های هسته و محکم کردن آنها به چه نکاتی باید توجه کرد؟**

- ورقه‌ها باید نسبت به یکدیگر عایق باشند (لاک یا لایه‌ی عایق) تا جریان‌های فوکو و تلفات فوکو کم شود.
- ورقه‌ها باید به‌طور کامل و بدون فاصله‌ی هوایی روی هم قرار گیرند تا مسیر شار مغناطیسی پیوسته باشد و جریان بی‌باری و تلفات کم شود.
- اتصال‌های ورقه‌ها (E و I) به‌صورت یک‌درمیان چیده شود تا درز ورقه‌ها روی هم نیفتد.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

- ورقه‌ها با پیچ و مهره‌ی عایق‌شده یا بست‌های مناسب محکم شوند، به‌طوری که لرزش و صدای زمزمه‌ی هسته ایجاد نشود و پیچ‌ها اتصال کوتاه بین ورقه‌ها نسازند.
- ورقه‌ها بدون لبه‌ی تیز و پلیسه باشند و در اثر ضربه یا خمیدگی خواص مغناطیسی آنها خراب نشود.

۷۹ صفحه ۱۰۳ **فعالیت**

**رابطه اساسی ترانسفورماتور را به دست آورید.**

در ترانسفورماتور ایده‌آل تلفات صفر است، پس توان ورودی با توان خروجی برابر است:

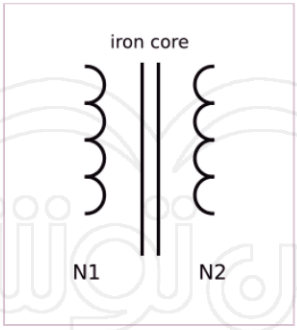
$V1/V2 = I2/I1 \Rightarrow V1 \cdot I1 = V2 \cdot I2$

همچنین چون $V1 = E1$ و $V2 = E2$ است، $a = V1/V2 = E1/E2 = N1/N2$ می‌شود. بنابراین:

$a = V1/V2 = N1/N2 = I2/I1$

۸۰ صفحه ۱۰۸ **پرسش پایانی**

**1ـ شمای فنی ترانسفورماتور را رسم کنید.**




دو سیم‌پیچ اولیه (N1) و ثانویه (N2) در دو طرف دو خط موازی که نشان‌دهنده‌ی هسته‌ی آهنی است رسم می‌شوند. برای هسته‌ی فریت یک خط و برای هسته‌ی هوا بدون خط هسته رسم می‌شود.

۸۱ صفحه ۱۰۸ **پرسش پایانی**

**2ـ ترانسفورماتور را تعریف کنید.**

ترانسفورماتور ماشین الکتریکی ساکنی است که بدون تغییر در نوع انرژی و فرکانس، ولتاژ (و جریان) متناوب را از یک مقدار به مقدار دیگر تبدیل می‌کند. اساس کار آن قانون القای الکترومغناطیسی فاراده است.

۸۲ صفحه ۱۰۸ پرسش پایانی

**3ـ اجزای ساختمانی ترانسفورماتور را نام ببرید و وظیفهٔ هر یک را توضیح دهید؟**

- **سیم‌پیچ اولیه:** به منبع ولتاژ متصل می‌شود و با عبور جریان، شار مغناطیسی تولید می‌کند.
- **سیم‌پیچ ثانویه:** به مصرف‌کننده متصل می‌شود؛ شار هسته در آن نیروی محرکه‌ی القایی ایجاد می‌کند و انرژی را به بار می‌رساند.
- **هسته:** از مواد فرومغناطیس (ورقه‌های فولاد الکتریکی عایق‌شده، فریت) است و مسیری برای عبور شار مغناطیسی و ارتباط مغناطیسی بین دو سیم‌پیچ فراهم می‌کند.
- **قرقره (حلقه‌ی نگه‌دارنده):** سیم‌پیچ‌ها روی آن مرتب پیچیده می‌شوند.
- **عایق:** لاک (شارالک) یا نوار کاغذی که حلقه‌ها و سیم‌پیچ‌ها را از یکدیگر و از هسته جدا می‌کند.

۸۳ صفحه ۱۰۸ پرسش پایانی

**4ـ انواع ترانسفورماتور را نام ببرید و هر یک را تعریف کنید.**

- **افزاینده:** ولتاژ ثانویه بزرگ‌تر از ولتاژ اولیه است ($V2 > V1$) و تعداد دور ثانویه بیشتر از اولیه است.
- **کاهنده:** ولتاژ ثانویه کوچک‌تر از ولتاژ اولیه است ($V2 < V1$) و تعداد دور ثانویه کمتر از اولیه است.
- **یک به یک:** ولتاژ ثانویه برابر ولتاژ اولیه است ($V2 = V1$) و تعداد دور دو سیم‌پیچ برابر است.

۸۴ صفحه ۱۰۸ پرسش پایانی

**5 ـ طرز کار ترانسفورماتور را توضیح دهید؟**

با اتصال سیم‌پیچ اولیه به ولتاژ متناوب سینوسی V1، جریان I1 در آن برقرار می‌شود و شار متناوب تولید می‌کند. بخشی از این شار (شار مغناطیس‌کننده $\varphi m$) از هسته عبور می‌کند، سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه را قطع می‌کند و طبق قانون فاراده نیروی محرکه‌ی E1 را در اولیه و E2 را در ثانویه القا می‌کند. بخشی از شار از هسته عبور نمی‌کند و شار نشتی است.

با اتصال بار به ثانویه، E2 جریان I2 را برقرار می‌کند و ولتاژ V2 دو سر بار ظاهر می‌شود. شار ناشی از I2 طبق قانون لنز با شار اصلی مخالف است و آن را کم می‌کند؛ در نتیجه E1 کاهش و I1 افزایش می‌یابد و شار هسته در مقدار $\varphi 0$ ثابت می‌ماند (خودتنظیمی). بین دو سیم‌پیچ ارتباط الکتریکی نیست و انتقال انرژی به‌صورت مغناطیسی انجام می‌شود.

۸۵ صفحه ۱۰۸ پرسش پایانی

**6 ـ نسبت تبدیل و ضریب تبدیل ترانسفورماتور را تعریف کنید و رابطهٔ آنها را بنویسید.**

- **نسبت تبدیل (a):** نسبت تعداد دور اولیه به تعداد دور ثانویه: a = N1/N2 = E1/E2
- **ضریب تبدیل (K):** نسبت تعداد دور ثانویه به تعداد دور اولیه: K = N2/N1
- رابطه‌ی بین آنها: K = 1/a یا a·K = 1

۸۶ صفحه ۱۰۸ پرسش پایانی

**7ـ نیروی محرکهٔ القایی سیم پیچ اولیه و ثانویه یک ترانسفورماتور تک فاز به ترتیب 200 و 14 ولت می باشد. اگر سطح مقطع هسته 500 میلی متر مربع و چگالی شار آن 2 تسال باشد در فرکانس 50 هرتز تعداد حلقه های سیم پیچ های اولیه و ثانویه را به دست آورید.**

```
E = 4.44 . N . Bm . A . f  =>  N = E / (4.44 . Bm . A . f)
4.44 x 2 x 500e-6 x 50 = 0.222
N1 = 200 / 0.222 = 900.9 ~ 901 turns
N2 = 14 / 0.222 = 63.06 ~ 63 turns
```

تعداد دور اولیه حدود ۹۰۱ دور و تعداد دور ثانویه حدود ۶۳ دور است.

۸۷ صفحه ۱۰۸ پرسش پایانی

**8 ـ تعداد حلقه های سیم پیچ های اولیه و ثانویه یک ترانسفورماتور تک فاز به ترتیب 4000 و 200 دور می باشد اگر نیروی محرکهٔ القایی سیم پیچ ثانویه 15 ولت باشد مطلوب است:**
**الف( ضریب تبدیل ب( نسبت تبدیل ج( نیروی محرکهٔ القایی سیم پیچ اولیه**

```
الف) K = N2/N1 = 200/4000 = 0.05
ب) a = N1/N2 = 4000/200 = 20
ج) E1 = a . E2 = 20 x 15 = 300 V
```

توشه ای برای موفقیت

۸۸ صفحه ۱۰۸ پرسش پایانی

**9 ـ یک ترانسفورماتور 12 ولتی دارای افت ولتاژ اهمی 0/3 ولت و پراکندگی 0/5 در نظر است ولتاژ خروجی ترانسفورماتور به ازای بار پیش فاز با ضریب توان مؤثر 0/9 چند ولت است؟**

```
cos(phi) = 0.9  =>  sin(phi) = sqrt(1-0.81) = 0.436
DV = VR.cos(phi) - VX.sin(phi)   (علامت: بار پیش‌فاز -)
DV = 0.3x0.9 - 0.5x0.436 = 0.27 - 0.218 = 0.052 V
V2 = VNL - DV = 12 - 0.052 = 11.948 V
```

ولتاژ خروجی حدود ۱۱٫۹۵ ولت است (کمی کمتر از ولتاژ بی‌باری).

**این فایل توسط سایت ایران‌توشه تهیه شده است.**
irantooshe.ir

۸۹ صفحه ۱۰۸ پرسش پایانی

**10ـ تلفات ترانسفورماتور را تعریف کنید.**

مقداری از انرژی الکتریکی ورودی که در واحد زمان در ترانسفورماتور به گرما تبدیل می‌شود و قابل استفاده نیست، «تلفات ترانسفورماتور» نام دارد. با ΔP نشان داده می‌شود، واحد آن وات است و برابر است با ΔP = Pin – Pout = Pcore + Pcu.

۹۰ صفحه ۱۰۸ پرسش پایانی

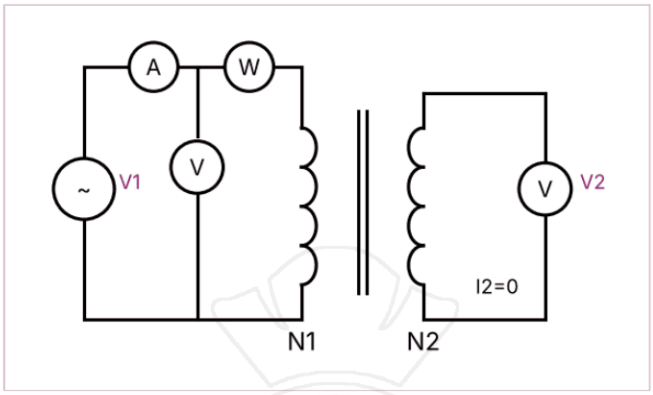
**11ـ انواع تلفات در ترانسفورماتور را نام ببرید و هر یک را تعریف کنید؟**

- **تلفات هسته (Pcore، تلفات ثابت):** انرژی که در واحد زمان در هسته به گرما تبدیل می‌شود؛ در فرکانس ثابت تابع مجذور ولتاژ اولیه است و شامل دو بخش است:
- ـ **تلفات هیسترزیس (Ph):** انرژی صرف‌شده برای تغییر جهت شار مغناطیسی در هر نیم‌سیکل؛ تابع Bm، فرکانس و حجم هسته. با هسته‌ای از ماده با نفوذپذیری زیاد کم می‌شود.
- ـ **تلفات فوکو (Pf):** گرمای ناشی از جریان‌های القایی در هسته؛ با ورقه‌ورقه و عایق‌کردن ورقه‌های هسته کم می‌شود.
- **تلفات سیم‌پیچی (Pcu، تلفات مسی یا متغیر):** گرمای ناشی از مقاومت اهمی سیم‌پیچ‌ها؛ $Pcu = R1 \cdot I1^2 + R2 \cdot I2^2$ و تابع مجذور جریان بار است.

- $\Delta P = Pcore + Pcu$ و $Pcore = Ph + Pf$

۹۱ صفحه ۱۰۸ پرسش پایانی

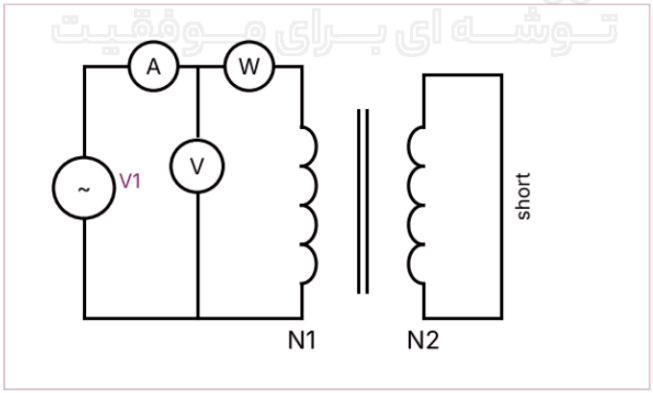
**12ـ نحوهٔ انجام آزمایش بی باری ترانسفورماتور را بنویسید. مدار آن را رسم کنید و هدف آن را بیان کنید.**




- **هدف:** اندازه‌گیری تلفات هسته (و جریان بی‌باری).
- **روش:** ثانویه باز (بی‌بار) می‌ماند و اولیه از طریق ولت‌متر، آمپرمتر و وات‌متر به منبع ولتاژ متناوب متغیر وصل می‌شود. ولتاژ منبع را به تدریج زیاد می‌کنند تا ولت‌متر ولتاژ نامی اولیه را نشان دهد؛ آمپرمتر جریان بی‌باری I0 و وات‌متر Poc را نشان می‌دهد.
- $Pcore = Poc - R1 \cdot I0^2 \Rightarrow Poc = Pcu1 + Pcore$

۹۲ صفحه ۱۰۸ پرسش پایانی

**13ـ نحوهٔ انجام آزمایش اتصال کوتاه را به همراه رسم مدار آزمایش توضیح دهید.**




- **هدف:** اندازه‌گیری تلفات سیم‌پیچی (تلفات مسی نامی).

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

- **روش:** ثانویه اتصال کوتاه می‌شود و اولیه با ولت‌متر، آمپرمتر و وات‌متر به منبع ولتاژ متناوب متغیر وصل می‌شود. ولتاژ را از صفر به تدریج زیاد می‌کنند تا آمپرمتر جریان نامی اولیه را نشان دهد. ولت‌متر ولتاژ اتصال کوتاه (که خیلی کمتر از ولتاژ نامی است) و وات‌متر Psc را نشان می‌دهد.
- چون ولتاژ کم است، تلفات هسته ناچیز است (Pcore ≈ 0) پس Psc = Pcu1 + Pcu2 = Pcun.

۹۳ صفحه ۱۰۸ پرسش پایانی

**14ـ راندمان ترانسفورماتور را تعریف کنید.**

راندمان ترانسفورماتور نسبت توان مؤثر خروجی (Pout) به توان مؤثر ورودی (Pin) است که با η نشان داده و معمولاً به درصد بیان می‌شود: η = (Pout / Pin) × 100

۹۴ صفحه ۱۰۸ پرسش پایانی

**15ـ ترانسفورماتور ایده آل را تعریف کنید.**

ترانسفورماتور ایده‌آل ترانسفورماتوری است که:

1. راندمان آن ۱۰۰٪ است؛ تلفات ندارد و V1·I1 = V2·I2 است.
2. شار پراکندگی ندارد، در نتیجه افت ولتاژ پراکندگی صفر است.
3. نیروی محرکه‌ی القایی هر سیم‌پیچ برابر ولتاژ آن است (V1 = E1 و V2 = E2).

رابطه‌ی اساسی آن: a = V1/V2 = N1/N2 = I2/I1

۹۵ صفحه ۱۰۸ پرسش پایانی

**16ـ یک ترانسفورماتور تک فاز ایده آل 2 کیلو ولت آمپری 230/110 ولت مطلوب است**

**الف( جریان ثانویه و اولیه**

**ب( اگر تعداد حلقه های ثانویه 550 دور باشد تعداد حلقهٔ اولیه چند دور است.**

```
(V1 = 230 V ، V2 = 110 V ، S = 2000 VA)
الف) I1 = S/V1 = 2000/230 = 8.7 A
      I2 = S/V2 = 2000/110 = 18.18 A
ب) N1/N2 = V1/V2  =>  N1 = 550 x 230/110 = 1150 turns
```

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۹۶ صفحه ۱۰۸ پرسش پایانی

**17ـ یک ترانسفورماتور 2 کیلوواتی در بار نامی دارای 100 وات تلفات مسی و 100 وات تلفات آهنی است. مجموع تلفات ترانسفورماتور در نصف بار نامی کدام است؟**

**الف(200 ب( 150 ج( 125 د(100**

```
Pcu = Pcun x (S/Sn)^2 = 100 x (1/2)^2 = 25 W
100 :تلفات آهنی ثابت W
DP = 25 + 100 = 125 W
```

گزینه‌ی «ج» (۱۲۵ وات) درست است.

۹۷ صفحه ۱۰۸ پرسش پایانی

**18ـ تلفات بی باری ترانسفورماتوری 150 وات است. تلفات این ترانسفورماتور در بار نامی چند وات است؟**

**الف( 150 ب( 300 ج( 75 د( اطالعات داده شده کم است**

گزینه‌ی «د». تلفات بی‌باری فقط تلفات هسته (و مقدار ناچیز مسی اولیه) را نشان می‌دهد. برای به دست آوردن تلفات در بار نامی باید تلفات مسی نامی (از آزمایش اتصال کوتاه) هم معلوم باشد.

۹۸ صفحه ۱۰۹ پرسش پایانی

**19ـ بیشترین راندمان یک ترانسفورماتور در چه حالتی اتفاق می افتد؟**

**الف( بار اهمی و مجموع تلفات مسی و آهنی حداقل باشند**

**ب( بار اهمی و تلفاتی مسی و آهنی برابر باشند**

**ج( بار اهمی ـ سلفی و تلفات مسی کمتر از آهنی باشد**

**د( ضریب قدرت یک و مجموع تلفات مسی و آهنی حداقل باشد**

گزینه‌ی «ب». راندمان بیشینه در ضریب توان ثابت (بهترین حالت cos φ = 1، بار اهمی) و در باری به دست می‌آید که تلفات مسی با تلفات هسته برابر شود (Pcu = Pcore).

۹۹ صفحه ۱۰۹ پرسش پایانی

**20ـ راندمان را تعریف کنید و رابطه آن را بنویسید؟**

راندمان نسبت توان مؤثر خروجی به توان مؤثر ورودی است:

$\Delta P = P_{core} + P_{cu}$ ، $P_{in} = P_{out} + \Delta P$ ، $\eta\% = (P_{out} / P_{in}) \times 100$

۱۰۰ صفحه ۱۰۹ پرسش پایانی

**21 ـ اتوترانسفورماتورها را تعریف کنید؟**

اتوترانسفورماتور ترانسفورماتوری است که فقط یک سیم‌پیچ روی هسته دارد و بین اولیه و ثانویه علاوه بر ارتباط مغناطیسی (از طریق هسته)، ارتباط الکتریکی نیز برقرار است. بخشی از سیم‌پیچ که بین ورودی و خروجی مشترک است «سیم‌پیچ مشترک» و بخشی که فقط در یک سمت قرار دارد «سیم‌پیچ سری» نام دارد.

۱۰۱ صفحه ۱۰۹ پرسش پایانی

**22ـ ماکزیمم راندمان ترانسفورماتور 1000 VA با ضریب قدرت 0/9 پس فاز برابر 80% است. مطلوب است تلفات مسی و آهنی را در بار نامی به دست آورید؟**

```
Pout = S x cos(phi) = 1000 x 0.9 = 900 W
در راندمان ماکزیمم: Pcu = Pcore = P  (ΔP = 2P)
eta = Pout / (Pout + 2P) = 0.8
900 + 2P = 900/0.8 = 1125  =>  2P = 225
P = 112.5 W
```

تلفات مسی و آهنی هر کدام 112.5 W است (با فرض این‌که راندمان ماکزیمم در بار نامی رخ داده است).

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۱۰۲ صفحه ۱۰۹ پرسش پایانی

**23ـ در شرایط نصف بار نامی کل تلفات ترانسفورماتور نصف می شود.**

**صحیح / غلط**

غلط. در نصف بار فقط تلفات مسی به یک‌چهارم کاهش می‌یابد ($(1/2)^2 = 1/4$) و تلفات هسته ثابت می‌ماند؛ پس کل تلفات نصف نمی‌شود.

۱۰۳ صفحه ۱۰۹ پرسش پایانی

**24 ـ در اتوترانسفورماتور توان تیپ حدود 1/3 توان ظاهری است.**

**صحیح / غلط**

غلط. توان ساختمانی (تیپ) برابر SB = S·(VH − VL)/VH است و به نسبت ولتاژها بستگی دارد؛ مقدار ثابت یک‌سوم ندارد (مثلاً در اتوترانسفورماتور ۲۲۰/۲۰۰ ولت، SB حدود 1/11 توان ظاهری است). هرچه VH و VL به هم نزدیک‌تر باشند، سهم آن کمتر است.

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۱۰۴ صفحه ۱۰۹ پرسش پایانی

**25ـ از اتوترانسفورماتورها برای افزایش قدرت موتورها و منبع ولتاژ متغیر استفاده می شود.**

**صحیح / غلط**

غلط. اتوترانسفورماتور توان خروجی را افزایش نمی‌دهد؛ از آن به‌عنوان منبع ولتاژ متغیر، برای راه‌اندازی موتورهای القایی (کاهش ولتاژ راه‌اندازی) و تثبیت ولتاژ استفاده می‌شود، نه افزایش قدرت موتور.

۱۰۵ صفحه ۱۰۹ پرسش پایانی

**26ـ عامل تعیین کننده مقدار افت ولتاژ ترانسفورماتور نوع بار است.**

**صحیح / غلط**

صحیح. افت ولتاژ از رابطه‌ی ΔV = VR·cos φ2 ± VX·sin φ2 به دست می‌آید و علاوه بر جریان بار، به ضریب توان و نوع بار (اهمی، پس‌فاز یا پیش‌فاز) بستگی دارد؛ بار پس‌فاز بیشترین افت و بار پیش‌فاز کمترین افت را ایجاد می‌کند.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

# گام به گام دانش فنی تخصصی الکتروتکنیک دوازدهم - پودمان سوم

تحلیل ماشین‌های الکتریکی سه فاز (موتورهای القایی)

## فهرست


۱۰۶ صفحه ۱۱۴ · آیا می‌دانید — ساختمان، میدان دوار، لغزش، مشخصه‌ها و راه‌اندازی ... ۴۹

۱۰۷ صفحه ۱۱۶ · فعالیت — دسته‌بندی توان موتورها برحسب اسب بخار و کیلووات ... ۴۹

۱۰۸ صفحه ۱۲۰ · پرسش — پرسش‌های ساختمان موتورهای آسنکرون ... ۵۰

۱۰۹ صفحه ۱۲۴ · سؤال — جابه‌جایی میدان دوار بین دو موقعیت ... ۵۲

۱۱۰ صفحه ۱۲۷ · تمرین — ترسیم میدان دوار راست‌گرد و چپ‌گرد ... ۵۳

۱۱۱ صفحه ۱۲۹ · تمرین — تکمیل جدول سرعت میدان دوار ... ۵۴

۱۱۲ صفحه ۱۳۱ · پرسش — پرسش‌های میدان دوار و طرز کار موتور ... ۵۴

۱۱۳ صفحه ۱۴۰ · پرسش — پرسش‌های لغزش، رفتار ماشین و مشخصه گشتاور ... ۵۶

۱۱۴ صفحه ۱۴۲ · فعالیت — شکل ۴۱: ولتاژ و راه‌اندازی موتور ... ۵۸

۱۱۵ صفحه ۱۵۴ · پرسش — پرسش‌های راه‌اندازی، کنترل سرعت و ترمز ... ۵۸

۱۱۶ صفحه ۱۵۶ · پرسش پایانی — ۱ـ تکمیل جدول سرعت و لغزش ... ۶۰

۱۱۷ صفحه ۱۵۶ · پرسش پایانی — ۲ـ تلفات و راندمان موتور ۴ کیلووات ... ۶۰

۱۱۸ صفحه ۱۵۶ · پرسش پایانی — ۳ـ ضریب قدرت از روی پلاک ... ۶۱

۱۱۹ صفحه ۱۵۶ · پرسش پایانی — ۴ـ تلفات مسی رتور ..... ۶۱

۱۲۰ صفحه ۱۵۶ · پرسش پایانی — ۵ـ تلفات مکانیکی، مسی رتور و ضریب قدرت ... ۶۱

۱۲۱ صفحه ۱۵۶ · پرسش پایانی — ۶ـ جریان موتور ۴ اسب بخار ... ۶۲

۱۲۲ صفحه ۱۵۷ · پرسش پایانی — ۷ـ موتور ۳۲ اسب بخار، ۸ قطب ... ۶۲

۱۲۳ صفحه ۱۵۷ · پرسش پایانی — ۸ـ موتور ۳۰ اسب بخار، ۴ قطب ... ۶۲

۱۲۴ صفحه ۱۵۷ · پرسش پایانی — ۹ـ تلفات و ضریب بهره ..... ۶۳

۱۲۵ صفحه ۱۵۷ · پرسش پایانی — ۱۰ـ پلاک موتور ۱۰ اسب بخار ... ۶۳

۱۲۶ صفحه ۱۵۷ · پرسش پایانی — ۱۱ـ تلفات متغیر ..... ۶۳

۱۲۷ صفحه ۱۵۷ · پرسش پایانی — ۱۲ـ تعداد قطب و سرعت رتور ... ۶۴

۱۲۸ صفحه ۱۵۷ · پرسش پایانی — ۱۳ـ موتور ۲۰ کیلووات، ۲۰۸ ولت ... ۶۴

۱۰۶ صفحه ۱۱۴ آیا می‌دانید

**1ـ ساختمان موتورهای آسنکرون رتور قفسی از چه اجزایی تشکیل شده است؟**

**2ـ میدان دوار در موتورهای الکتریکی سه فاز چگونه تشکیل می‌شود؟**

**3ـ تغییرات بار مکانیکی چه تأثیری بر لغزش موتور الکتریکی دارد؟**

**4ـ مشخصه‌های موتورهای الکتریکی کدام‌اند؟**

**5ـ روش‌های راه‌اندازی موتورهای الکتریکی سه فاز کدام است؟**

1. استاتور (بدنه‌ی چدنی یا آلومینیومی، هسته‌ی ورقه‌ورقه‌ی فولادی شیاردار، سیم‌پیچ سه فاز، جعبه‌ترمینال) و رتور قفسی (هسته‌ی ورقه‌ای، میله‌های آلومینیومی یا مسی، دو حلقه‌ی اتصال کوتاه و محور). علاوه بر آن درپوش‌ها، یاتاقان‌ها (بلبرینگ‌ها) و پروانه‌ی خنک‌کننده از اجزای مکانیکی موتور هستند.
2. سه گروه کلاف سیم‌پیچ استاتور که در فضا $120^\circ$ نسبت به هم اختلاف فاز مکانی دارند، به جریان سه فاز که در زمان $120^\circ$ اختلاف فاز دارد وصل می‌شوند. برآیند میدان سه کلاف، میدانی با دامنه‌ی ثابت است که با سرعت ثابت (سرعت سنکرون) در استاتور می‌چرخد.
3. با افزایش بار مکانیکی، سرعت رتور اندکی کم می‌شود و لغزش زیاد می‌شود تا نیروی محرکه‌ی القایی، جریان و گشتاور بیشتری در رتور ایجاد شود. با کاهش بار، سرعت رتور به سرعت سنکرون نزدیک‌تر و لغزش کمتر می‌شود (در بی‌باری $s \approx 0$).
4. توان نامی، ولتاژ و جریان نامی، فرکانس، سرعت نامی، ضریب توان، راندمان (ضریب بهره)، نوع اتصال سیم‌پیچ‌ها (ستاره یا مثلث) و گشتاورهای راه‌اندازی Ts، بیشینه Tm و نامی Tn؛ این مقادیر روی پلاک موتور و برگه‌ی مشخصات فنی آن درج می‌شود.
5. ۱) راه‌اندازی مستقیم؛ ۲) راه‌اندازی با کنترل ولتاژ (ستاره ـ مثلث، ترانسفورماتوری، راه‌انداز نرم)؛ ۳) راه‌اندازی با کنترل هم‌زمان ولتاژ و فرکانس (اینورتر).

۱۰۷ صفحه ۱۱۶ فعالیت

**دسته‌بندی توان موتورهای الکتریکی برحسب اسب بخار و کیلووات را در جدولی بنویسید؟**

با فرض $1\ hp = 736\ W$ (یعنی $hp = kW / 0.736$) توان‌های استاندارد متداول موتورها به‌صورت زیر است:

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

| توان (kW) | توان (hp) | توان (kW) | توان (hp) |
|---|---|---|---|
| 0.18 | 0.25 | 7.5 | 10 |
| 0.25 | 0.34 | 11 | 15 |
| 0.37 | 0.5 | 15 | 20 |
| 0.55 | 0.75 | 18.5 | 25 |
| 0.75 | 1 | 22 | 30 |
| 1.1 | 1.5 | 30 | 40 |
| 1.5 | 2 | 37 | 50 |
| 2.2 | 3 | 45 | 60 |
| 3 | 4 | 55 | 75 |
| 4 | 5.5 | 75 | 100 |
| 5.5 | 7.5 | 110 | 150 |

(مقدار hp گرد شده است.) از نظر کاربرد: موتورهای کم‌توان (کمتر از حدود 0.75 kW )، توان متوسط (تا حدود 75 kW) و پرتوان (بیش از آن، تا چند ده مگاوات).

۱۰۸ صفحه ۱۲۰ پرسش

**1ـ ماشین‌هایی که انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند چه نام دارد؟ الف) ژنراتور ب) موتور ج) ترانسفورماتور د) رتور سیم‌پیچی**

**2ـ بدنه استاتور موتورهای سه فاز آسنکرون از کدام جنس ساخته می‌شود؟ الف) مس ب) سرب ج) آلومینیوم د) چدن**

**3ـ علت انحراف شیارهای رتور در موتورهای القایی چیست؟ الف) کاهش سر و صدا در زمان گردش موتور ب) افزایش راندمان موتور ج) کاهش اصطکاک قطعات مکانیکی د) افزایش دامنه تغییرات سرعت موتور**

**4ـ با رسم شکل ساختمان داخلی رتورهای قفسی را شرح دهید.**

**5ـ با رسم کلاف‌های موتور و نام‌گذاری سر و ته آنها اتصال‌های ستاره و مثلث را رسم کنید.**

**6ـ مدار الکتریکی رتور سیم‌پیچی را رسم کنید.**

**7ـ حلقه‌های طرفین رتور قفسی باعث اتصال کوتاه شدن مفتول‌ها می‌شود. صحیح / غلط**

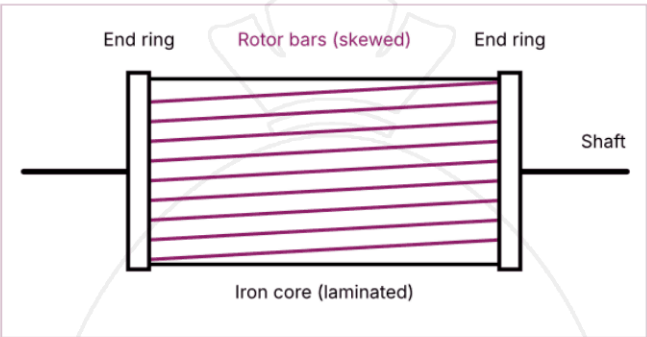
**8ـ به منظور کاهش تلفات هیسترزیس، هسته‌های استاتور را ورق ورق می‌سازند. صحیح / غلط**

**9ـ وظیفه درپوش موتور حفاظت سیم‌پیچی استاتور در برابر ورود اجسام خارجی است. صحیح / غلط**

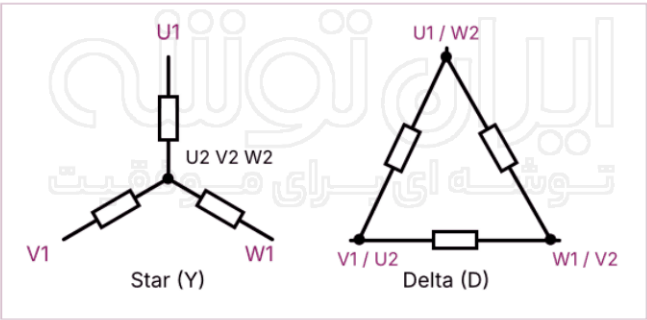
توشه ای برای موفقیت

**10ـ سیم‌پیچی‌های موتور با یکدیگر 120 درجه اختلاف فاز مکانی دارد. صحیح / غلط**

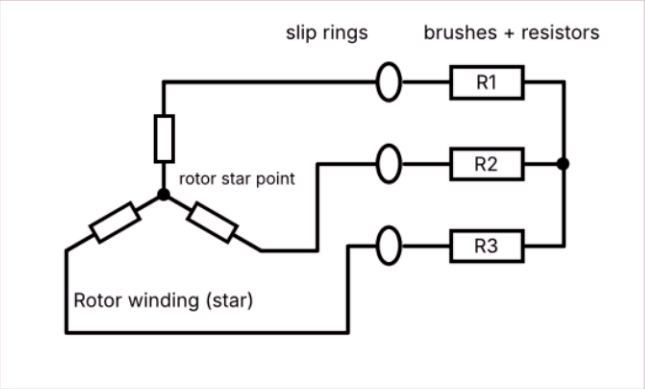
1. گزینه‌ی الف (ژنراتور)؛ موتور انرژی الکتریکی را به مکانیکی تبدیل می‌کند.
2. گزینه‌ی د (چدن)؛ بدنه ممکن است آلومینیومی هم ساخته شود، ولی در گزینه‌ها «چدن» آمده است.
3. گزینه‌ی الف؛ مورب بودن شیارها (به اندازه‌ی پهنای یک شیار استاتور) در هنگام راه‌اندازی سر و صدا و لرزش گشتاور را کم می‌کند.
4. رتور قفسی از یک هسته‌ی استوانه‌ای ورقه‌ورقه‌ی فولادی تشکیل شده که در شیارهای آن میله‌های (مفتول‌های) هادی آلومینیومی یا مسی قرار دارد. دو سر میله‌ها توسط دو حلقه‌ی هادی انتهایی به هم اتصال کوتاه شده‌اند و مجموعه شبیه قفس می‌شود. محور فولادی از مرکز هسته می‌گذرد. معمولاً آلومینیوم مذاب را در شیارها تزریق می‌کنند و میله‌ها نسبت به محور اندکی مورب‌اند.




**۵)** نام‌گذاری: سر کلاف‌ها U1 V1 W1 و ته کلاف‌ها U2 V2 W2. در اتصال ستاره سه ته‌کلاف U2 V2 W2 به هم وصل می‌شوند و سه سر به شبکه می‌روند؛ در اتصال مثلث ته هر کلاف به سر کلاف بعدی وصل می‌شود (U2–V1، V2–W1، W2–U1) و شبکه به این سه نقطه وصل می‌شود.




**۶)** در رتور سیم‌پیچی شده سه کلاف رتور به‌صورت ستاره بسته می‌شوند. سه سر آزاد به سه حلقه‌ی لغزان (رینگ) روی محور وصل است؛ جاروبک‌ها روی حلقه‌ها می‌لغزند و رتور را به مقاومت‌های خارجی (راه‌انداز) وصل می‌کنند.




1. صحیح؛ حلقه‌ها دو سر میله‌ها را به هم اتصال کوتاه می‌کنند تا جریان القایی در حلقه‌ی بسته جاری شود (**۷**).
2. غلط؛ ورقه‌ورقه کردن هسته (و عایق بودن ورقه‌ها) تلفات فوکو (گردابی) را کم می‌کند. برای کاهش تلفات هیسترزیس فولاد با پسماند کم (فولاد سیلیسی) انتخاب می‌شود (**۸**).
3. غلط؛ این وظیفه‌ی بدنه‌ی موتور است. درپوش‌ها و یاتاقان‌ها تکیه‌گاه مکانیکی رتور را فراهم می‌کنند تا رتور راحت در استاتور بچرخد (**۹**).
4. صحیح؛ سه گروه کلاف در فضای $360^\circ$ استاتور طوری جاسازی می‌شوند که هر دو کلاف $120^\circ$ اختلاف فاز مکانی داشته باشند (**۱۰**).

**۱۰۹** صفحه ۱۲۴ **سؤال**

**چرا در موقعیت 3 میدان به اندازهٔ 120 درجه نسبت به موقعیت 2 تغییر مکان داشته است؟**

در موقعیت ۲ ($\omega t = 90^\circ$) بیشینه‌ی جریان در فاز L1 است و در موقعیت ۳ ($\omega t = 210^\circ$) بیشینه‌ی جریان در فاز L2 است. محور کلاف L2 در فضا $120^\circ$ از محور کلاف L1 فاصله دارد و در موتور دو قطبی، میدان دوار در هر یک سیکل جریان یک دور کامل ($360^\circ$) می‌چرخد، یعنی به ازای هر $1^\circ$ تغییر $\omega t$، میدان $1^\circ$ می‌چرخد. چون $210^\circ - 90^\circ = 120^\circ$ است، میدان نیز $120^\circ$ جابه‌جا می‌شود.

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

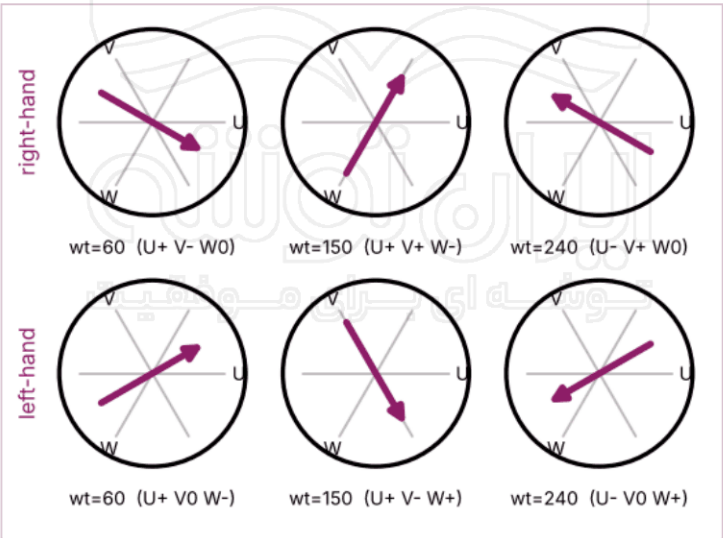
۱۱۰ صفحه ۱۲۷ تمرین

**وضعیت جریان‌های سه فاز متصل به سیم‌پیچ‌های استاتور یک موتور سه فاز و نحوه ایجاد میدان مغناطیسی ایجاد شده در دو حالت راست‌گرد و چپ‌گرد را در موقعیت‌های $\omega t = 60^\circ$، $\omega t = 150^\circ$ و $\omega t = 240^\circ$ را ترسیم کنید.**

جریان‌ها $i1 = Im \cdot \sin \omega t$، $i2 = Im \cdot \sin(\omega t - 120^\circ)$، $i3 = Im \cdot \sin(\omega t - 240^\circ)$ هستند. برای حالت چپ‌گرد جای دو فاز (مثلاً L2 و L3) عوض می‌شود. جهت میدان برآیند (محور بین قطب‌های N و S) نسبت به محور کلاف U در جدول و شکل آمده است. اندازه‌ی میدان در همه‌ی لحظه‌ها ثابت و برابر 1.5 برابر بیشینه‌ی میدان یک فاز است.

| ωt | i1 , i2 , i3 (بر حسب Im) :راست‌گرد | جهت میدان | i1 , i2 , i3 :چپ‌گرد | جهت میدان |
|---|---|---|---|---|
| 60° | 0 , 0.87− , 0.87+ | 330° | 0.87− , 0 , 0.87+ | 30° |
| 150° | 1− , 0.5+ , 0.5+ | 60° | 0.5+ , 1− , 0.5+ | 300° |
| 240° | 0 , 0.87+ , 0.87− | 150° | 0.87+ , 0 , 0.87− | 210° |

زاویه‌ی جهت میدان از محور U و در جهت U → V → W اندازه‌گیری شده است. در حالت راست‌گرد میدان با افزایش ωt در جهت U→V→W می‌چرخد (هر 90° تغییر ωt یعنی 90° چرخش) و در حالت چپ‌گرد در جهت مخالف.



۱۱۱ صفحه ۱۲۹ تمرین

**با توجه به رابطه سرعت سنکرون و براساس تعداد قطب یا سرعت داده شده جدول (2) را تکمیل کنید. (فرکانس برق شهر 50 هرتز)**

از رابطه‌ی ns = 120·f / P (که در آن P تعداد قطب‌ها و f = 50 Hz است) داریم:

**جدول ۲ ـ سرعت میدان دوار**

| (P) تعداد قطب‌ها | تعداد زوج قطب | (RPM) سرعت میدان دوار |
|---|---|---|
| 2 | 1 | 3000 |
| 4 | 2 | 1500 |
| 6 | 3 | 1000 |
| 8 | 4 | 750 |
| 10 | 5 | 600 |
| 12 | 6 | 500 |

مثلاً ns = 120×50/8 = 750 و برای ns: 600 = P = 120×50/600 = 10 قطب.

۱۱۲ صفحه ۱۳۱ پرسش

**1ـ اندازه نیروی محرکه القایی در سیم‌پیچی با 500 حلقه و تغییرات فوران 200 میلی و در محدوده زمان 400 میلی ثانیه چند ولت است؟ الف) 200 ب) 250 ج) 400 د) 550**

**2ـ در موقعیت 270 درجه میدان دوار به ترتیب فاز L3 و فاز L3 در چه شرایطی از سیکل جریان متناوب قرار دارد؟ الف) منفی، مثبت ب) مثبت، منفی ج) مثبت، مثبت د) منفی، منفی**

**3ـ در نیم سیکل منفی جریان از ..... سیم پیچ وارد شده و جهت جریان در سر سیم پیچ به صورت ..... در نظر گرفته می‌شود. الف) انتها، ب) انتها، ج) سر، د) سر،**

**4ـ وضعیت میدان مغناطیسی در موقعیت‌های 120° و 135° و 300° را رسم کنید.**

**5ـ چگونه می‌توان جهت گردش موتورهای الکتریکی را عوض کرد؟ با رسم شکل در یک موقعیت آن را توضیح دهید.**

**6ـ چگونگی چرخش رتور موتورهای القایی را شرح دهید.**

**7ـ جنس میله‌های رتور موتورهای القایی از چه ماده‌ای است و چرا مورب ساخته می‌شوند؟**

**8ـ با سه برابر شدن فرکانس و نصف شدن تعداد قطب یک موتور سه فاز القایی سرعت آن 6 برابر می‌شود. صحیح / غلط**

**9ـ در ماشین‌های رتور قفسی هادی‌های رتور نسبت به هسته عایق هستند. صحیح / غلط**

**10ـ برای تغییر جهت گردش موتور باید جای دو فاز فرد را با فازهای زوج عوض کرد. صحیح / غلط**

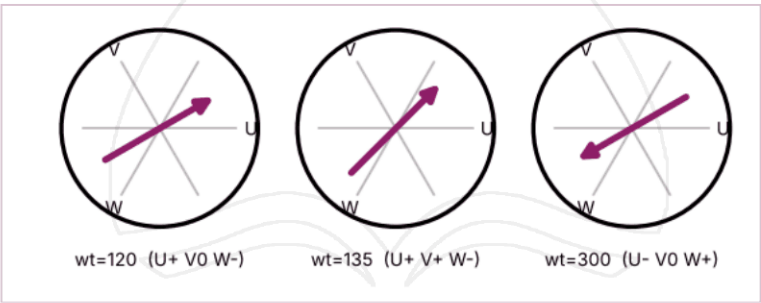
**۱)** گزینه‌ی ب: $e = N\cdot\Delta\varphi/\Delta t = 500 \times 0.2 / 0.4 = 250\ V$

**۲)** گزینه‌ی الف (منفی، مثبت): در موقعیت $270^\circ$ طبق توضیح درس، فاز L3 در نیم‌سیکل مثبت و دو فاز دیگر در نیم‌سیکل منفی هستند.

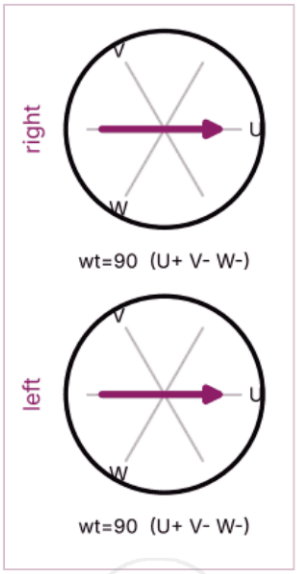
**۳)** در نیم‌سیکل منفی جریان از «انتها» (ته) سیم‌پیچ وارد و از سر آن خارج می‌شود، پس جهت جریان در سر سیم‌پیچ با علامت «نقطه» (⊙) نشان داده می‌شود؛ یعنی گزینه‌ای که «انتها» و «نقطه» را دارد.

**۴)** جریان‌ها $i1 = \sin \omega t$، $i2 = \sin(\omega t - 120^\circ)$، $i3 = \sin(\omega t - 240^\circ)$ (راست‌گرد). جهت میدان از محور U اندازه‌گیری شده است:

| ωt | i1 , i2 , i3 (بر حسب Im) | جهت میدان |
|---|---|---|
| $120^\circ$ | 0.87+ , 0 , 0.87− | $30^\circ$ |
| $135^\circ$ | 0.71+ , 0.26+ , 0.97− | $45^\circ$ |
| $300^\circ$ | 0.87− , 0 , 0.87+ | $210^\circ$ |




**۵)** با عوض کردن جای دو فاز از سه فاز (مثلاً L2 و L3) ترتیب فازها معکوس می‌شود و جهت چرخش میدان دوار و در نتیجه جهت گردش موتور عوض می‌شود. در عمل از کلید چپ‌گرد ـ راست‌گرد یا مدار کنتاکتوری استفاده می‌کنند. شکل زیر در $\omega t = 90^\circ$ نشان می‌دهد که در حالت راست‌گرد میدان در ωt بعدی به سمت V می‌رود (U→V→W) ولی در حالت چپ‌گرد به سمت W.




**۶)** میدان دوار استاتور هادی‌های رتور را قطع می‌کند و طبق قانون فاراده ($e = N \cdot \Delta\varphi/\Delta t$) در آنها نیروی محرکه القا می‌کند. چون میله‌ها با حلقه‌های انتهایی بسته‌اند، جریان القایی در آنها برقرار می‌شود. طبق قانون لورنتس به هر هادی حامل جریان در میدان نیرو ($F = B \cdot I \cdot L$) وارد می‌شود و این نیرو حول محور رتور گشتاور ($T = F \cdot r$) ایجاد می‌کند و رتور در جهت چرخش میدان می‌چرخد. سرعت رتور هرگز به سرعت میدان نمی‌رسد، زیرا در آن صورت نیروی محرکه‌ای القا نمی‌شود.

**۷)** میله‌های رتور قفسی از آلومینیوم (که مذاب آن در شیارها تزریق می‌شود) و در برخی موتورها از مس ساخته می‌شود. شیارها را مورب می‌سازند (به اندازه‌ی پهنای یک شیار استاتور) تا هنگام راه‌اندازی صدا و لرزش موتور کمتر شود.

**۸)** صحیح: $ns = 120 \cdot f / P$؛ با $f' = 3f$ و $P' = P/2$ داریم $ns' = 120 \cdot 3f / (P/2) = 6 \cdot ns$.

**۹)** غلط؛ میله‌ها مستقیماً در شیارهای هسته ریخته می‌شوند و نسبت به هسته عایق نیستند (جریان از میله‌ها و حلقه‌ها می‌گذرد).

**۱۰)** غلط؛ برای تغییر جهت کافی است جای هر دو فاز دلخواه از سه فاز عوض شود (فرد و زوج بودن فاز مطرح نیست).

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۱۱۳ صفحه ۱۴۰ پرسش

**1ـ سرعت چرخش رتور موتور 6 قطب با لغزش 30 درصد در فرکانس 50 هرتز، چند RPM است؟ الف) 500 ب) 970 ج) 1000 د) 1300**

**2ـ در شرایط راه‌اندازی لغزش موتور کدام است؟ الف) $s = 1$ ب) $s = 0$ ج) $0 < s < 1$ د) $s > 1$**

**3ـ در کدام‌یک از حالات زیر مقدار لغزش بزرگ‌تر از واحد است؟ الف) بی‌باری ب) موتوری ج) ترمزی د) راه‌اندازی**

**4ـ لغزش را با ذکر رابطه تعریف کنید.**

**5ـ موتورهای آسنکرون و سنکرون را تعریف کنید.**

**6ـ در مورد نحوه به‌دست آوردن نقطه کار از روی مشخصه گشتاور ـ دور توضیح دهید.**

**7ـ مفاهیم Ts ، Tm ، T را تعریف کنید.**

**8ـ موتورهای رتورقفسی نوع C دارای بیشترین گشتاور راه‌اندازی هستند. (صحیح / غلط)**

**9ـ با افزایش سرعت رتور مقدار ضریب توان مؤثر موتور به‌صورت خطی افزایش می‌یابد. (صحیح / غلط)**

**10ـ روی مشخصه گشتاور ـ دور موتور القایی نقطه کار موتور را بین Ts و Tm باید انتخاب کرد. (صحیح / غلط)**

**۱)** $ns = 120 \cdot f / P = 120 \times 50 / 6 = 1000$ rpm و $nr = ns(1 - s) = 1000 \times (1 - 0.3) = 700$ rpm. عدد ۷۰۰ در گزینه‌ها نیست؛ گزینه‌ی (ب) یعنی 970 rpm مربوط به لغزش ۳ درصد است ($1000 \times 0.97$) و به‌نظر می‌رسد منظور کتاب همین بوده است.

---

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

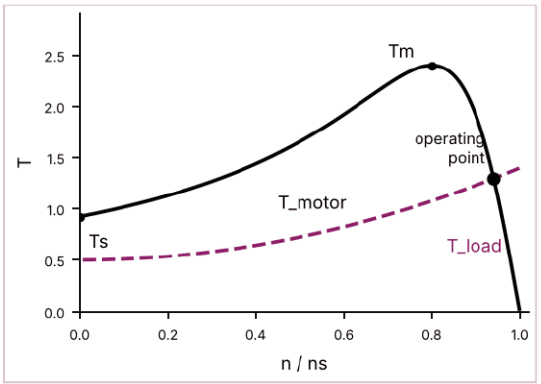
**۲)** گزینه‌ی «الف»: در لحظه‌ی راه‌اندازی $nr = 0$ و در نتیجه $s = (ns - 0)/ns = 1$ (۱۰۰٪) است.

**۳)** گزینه‌ی «ج» (ترمزی): در حالت ترمزی رتور برخلاف جهت میدان می‌چرخد، $nr < 0$ و $s = (ns + |nr|)/ns > 1$ می‌شود.

**۴)** لغزش نسبت اختلاف سرعت میدان دوار و سرعت رتور به سرعت میدان دوار است: $S = (ns - nr) / ns$ یا به‌صورت درصد $S\% = (ns - nr)/ns \times 100$.

**۵)** موتور **آسنکرون (غیرهم‌زمان)** موتوری است که سرعت چرخش رتور آن با سرعت میدان دوار برابر نیست (اختلاف سرعت دارد)، مانند موتورهای القایی. در موتور **سنکرون (هم‌زمان)** سرعت چرخش رتور دقیقاً برابر سرعت میدان دوار است.

**۶)** مشخصه‌ی گشتاور ـ دور موتور و مشخصه‌ی گشتاور ـ دور بار را روی یک صفحه‌ی مختصات رسم می‌کنیم. محل تلاقی دو منحنی «نقطه کار» است. از روی این نقطه سرعت و گشتاور موتور در حالت پایدار (گشتاور نامی Tn و سرعت نامی) خوانده می‌شود. نقطه کار باید در ناحیه‌ی بعد از Tm (سرعت بیشتر از nrm) باشد تا سرعت پایدار شود.




**۷)** تعاریف:

- **T:** گشتاور تولیدی موتور در هر سرعت (گشتاور نامی Tn همان گشتاور در نقطه کار است).

توشه ای برای موفقیت

- **Tm:** گشتاور ماکزیمم؛ بیشترین گشتاوری که موتور می‌تواند تولید کند.
- **Ts:** گشتاور راه‌اندازی؛ گشتاور موتور در لحظه‌ی شروع به کار (nr = 0) که باید از گشتاور بار بیشتر باشد (Ts > TL).

**۸)** غلط؛ بیشترین گشتاور راه‌اندازی مربوط به رتور قفسی نوع **D** است (مطابق شکل ۳۸).

**۹)** غلط؛ ضریب توان با افزایش سرعت تا nrm زیاد می‌شود، سپس کم می‌شود و در سرعت سنکرون صفر است (خطی نیست).

**۱۰)** غلط؛ نقطه کار باید بعد از Tm قرار گیرد، زیرا بین Ts و Tm امکان تثبیت سرعت وجود ندارد.

---

**۱۱۴** صفحه ۱۴۲ **فعالیت**

**با توجه به (شکل 41) به ازای کدام ولتاژ، موتور راه‌اندازی نمی‌شود؟ چرا ؟**

به ازای کمترین ولتاژ، یعنی V3 (منحنی با کمترین گشتاور راه‌اندازی Ts3)، موتور راه‌اندازی نمی‌شود.

دلیل: گشتاور موتور متناسب با مجذور ولتاژ است ($T \propto V^2$). با کاهش ولتاژ، گشتاور راه‌اندازی کم می‌شود و اگر از گشتاور بار کمتر شود (Ts < TL)، رتور شروع به گردش نمی‌کند.

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

---

**۱۱۵** صفحه ۱۵۴ **پرسش**

**1ـ رابطه بین جریان راه‌اندازي و جریان نامی موتورهای القایی کدام است؟ الف) Is = 2In ب) Is = 3In ج) Is = In / 3 د) Is = 6In**

**2ـ کدام یک از روابط زیر صحیح است؟ الف) IpY = √3 IL ب) IpΔ = IL ج) VpY = VL / √3 د) VpΔ = √3 VL**

**3ـ کدام مورد از جمله خصوصیات روش راه‌اندازي نرم نیست ؟ الف) دارای قابلیت تنظیم دقیق گشتاور ب) کم بودن هزینه تعمیر و نگهداری ج) افزایش طول عمر مکانیکی موتور د) پایین بودن قیمت تجهیزات**

**4ـ با رسم نقشه کلید مدار ترمز جریان مخالف، طرز کار آن را به اختصار توضیح دهید.**

**5ـ شکل‌های مختلف اتصال جریان DC به سیم‌پیچ‌های استاتور موتور آسنکرون در روش ترمز جریان مستقیم را رسم کنید.**

**6ـ نمودار توازن توان در موتورهای القایی را رسم کرده و برای محاسبه توان الکترومغناطیسی و توان مکانیکی ناخالص دو رابطه بنویسید.**

**7ـ در روش کنترل سرعت موتور با تغییر فرکانس، به ازای افزایش فرکانس، گشتاور موتور افزایش می‌یابد. (صحیح / غلط)**

**8ـ نسبت سرعت تند به سرعت کند در موتورهای دو سرعته دالاندر برابر 2 است. (صحیح / غلط)**

**9ـ تلفات مکانیکی در روش ترمز جریان مستقیم از سایر روش‌ها بیشتر است. (صحیح / غلط)**

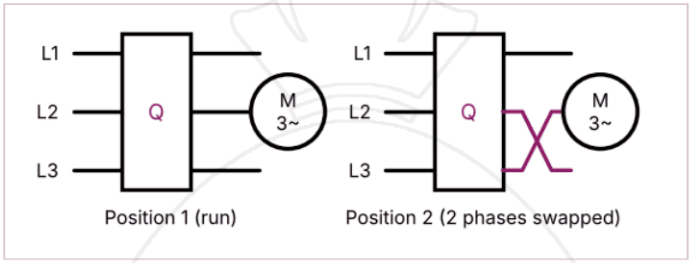
**10ـ در روش کنترل سرعت (V) با افزایش ولتاژ مقدار Ts کاهش می‌یابد. (صحیح / غلط)**

**۱)** گزینه‌ی «د»: جریان راه‌اندازی موتورهای القایی حدود ۵ تا ۷ برابر جریان نامی است (Is ≈ 6 In).

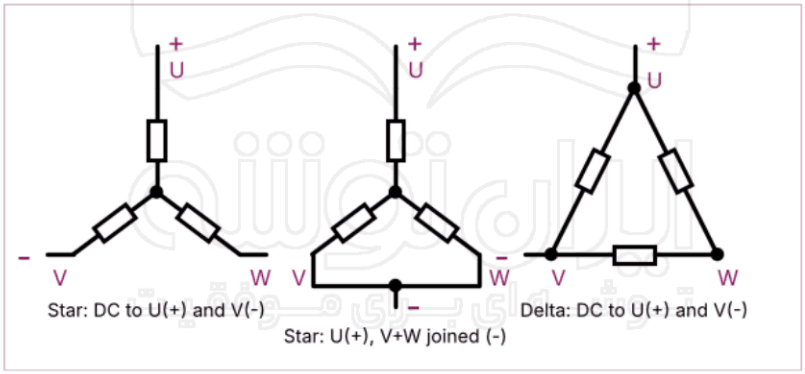
**۲)** گزینه‌ی «ج»: در اتصال ستاره VpY = VL/√3 و IpY = IL و در اتصال مثلث VpΔ = VL و IpΔ = IL/√3 است.

**۳)** گزینه‌ی «د»: راه‌انداز نرم با قطعات الکترونیک قدرت ساخته می‌شود و قیمت تجهیزات آن بالاست؛ پس «پایین بودن قیمت» از ویژگی‌های آن نیست.

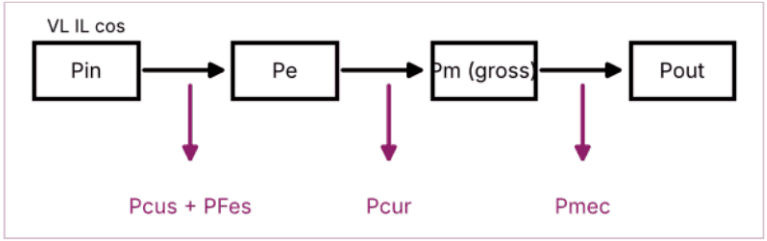
**۴)** با کلید ویژه‌ی Q در وضعیت (۱) سه فاز L1, L2, L3 به استاتور وصل است و موتور کار می‌کند. برای ترمز، کلید را در وضعیت (۲) می‌گذاریم؛ جای دو فاز عوض می‌شود، جهت میدان دوار برعکس می‌شود و گشتاوری در خلاف جهت چرخش رتور ایجاد می‌شود که آن را سریع کند می‌کند. با رها کردن اهرم، کلید خودکار به وضعیت (۰) برمی‌گردد و برق قطع می‌شود تا رتور در جهت مخالف شروع به گردش نکند.




**۵)** برق سه فاز قطع و به دو سر سیم‌پیچ‌های استاتور (ستاره یا مثلث) ولتاژ DC وصل می‌شود تا میدان ثابت ایجاد شود:




**۶)** نمودار توازن توان:




- توان الکترومغناطیسی: Pe = Pout + (Pcur + Pmec) یا Pe = Pin − (Pcus + PFes)
- توان مکانیکی ناخالص: Pc = Pout + Pmec یا Pc = Pe − Pcur = Pe(1 − S)

**۷)** غلط؛ با افزایش فرکانس (در ولتاژ ثابت) چگالی میدان دوار ($B \propto V/f$) و گشتاور کم می‌شود.

**۸)** صحیح؛ نسبت سرعت کند به تند ۱/۲ است، یعنی سرعت تند ۲ برابر سرعت کند است.

**۹)** غلط؛ بیشترین تلفات مکانیکی (اصطکاک) مربوط به ترمز الکترومکانیکی است.

**۱۰)** غلط؛ گشتاور متناسب با مجذور ولتاژ است ($T \propto V^2$)، پس با افزایش ولتاژ Ts افزایش می‌یابد.

**۱۱۶** صفحه ۱۵۶ **پرسش پایانی**

**1ـ با توجه به روابط سرعت سنکرون و لغزش جدول زیر را کامل کنید. (f = 50 Hz) ردیف‌ها: (P=2 ، S=10% ، ns=500) ، (P=8 ، S=5% ، nr=1440) ، (ns=1500 ، nr=2880)**

از $ns = 120f/P = 6000/P$، $S = (ns - nr)/ns$ و $nr = ns(1 - S)$:

| P | ns (rpm) | nr (rpm) | S |
|---|---|---|---|
| 2 | 3000 | 2880 | 0/04 (۴٪) |
| 4 | 1500 | 1440 | 0/04 (۴٪) |
| 8 | 750 | 712/5 | 0/05 (۵٪) |
| 12 | 500 | 450 | 0/1 (۱۰٪) |

در ردیف آخر عدد ۵۰۰ را سرعت سنکرون گرفتیم (با آن P = 12 می‌شود).

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

**۱۱۷** صفحه ۱۵۶ **پرسش پایانی**

**2ـ موتور آسنکرون سه فازی به قدرت 4kw و ضریب قدرت 0/75 را به شبکه 830 ولتی متصل کرده‌ایم. در بار نامی جریانی برابر 12a از شبکه دریافت می‌کند تعیین کنید. الف) تلفات کلی ب) راندمان موتور برحسب درصد**

ولتاژ شبکه را ۳۸۰ ولت می‌گیریم (با ۸۳۰ ولت توان ورودی از توان خروجی بیشتر می‌شود و جواب بی‌معنی است):

$Pin = \sqrt{3} \cdot VL \cdot IL \cdot \cos\varphi = 1.732 \times 380 \times 12 \times 0.75 \approx 5924\ W$

الف) $\Delta P = Pin - Pout = 5924 - 4000 \approx 1924\ W$

ب) $\eta = Pout/Pin \times 100 = 4000/5924 \times 100 \approx 67.5\ \%$

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۱۱۸ صفحه ۱۵۶ پرسش پایانی

**3ـ روی پلاک موتور سه فازی مشخصات زیر نوشته شده است مطلوب است ضریب قدرت موتور را به‌دست آورید. V=400 [V] I=25 [A] P=8 η=85%**

توان نامی را ۸ کیلووات می‌گیریم:

Pin = Pout/η = 8000/0.85 ≈ 9412 W

cosφ = Pin /(√3·V·I) = 9412 /(1.732×400×25) ≈ 0.54

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۱۱۹ صفحه ۱۵۶ پرسش پایانی

**4ـ یک موتور آسنکرون که با 95% سرعت سنکرون می‌گردد قدرتی برابر 60kw از شبکه دریافت می‌کند. هرگاه ضریب بهره موتور 80% باشد حساب کنید. تلفات مسی رتور در صورتی که تلفات مکانیکی 2kw باشد.**

Pout = η·Pin = 0.8×60 = 48 kW ؛ nr = 0.95 ns → S = 0.05

Pc = Pout + Pmec = 48 + 2 = 50 kW و از Pc = Pe(1 − S) : Pe = 50/0.95 ≈ 52.63 kW

Pcur = S·Pe = 0.05×52.63 ≈ 2.63 kW (برابر ۲۶۳۰ وات)

۱۲۰ صفحه ۱۵۶ پرسش پایانی

**5ـ موتور القایی سه فازه آسنکرون که قدرت مصرفی آن 55672w و ضریب بهره آن 80% است دارای سرعت سنکرون 500RPM و لغزش در بار کامل 8% می‌باشد. هرگاه افت مسی استاتور 2500W و تلفات آهن 1/7kw باشد حساب کنید. الف) تلفات مکانیکی ب) افت مسی رتور ج) ضریب قدرت (اگر موتور با ولتاژ 660V کار کند و جریان 50A از شبکه دریافت نماید)**

Pout = 0.8×55672 = 44537.6 W

Pe = Pin − (Pcus + PFes) = 55672 − (2500 + 1700) = 51472 W

ب) Pcur = S·Pe = 0.08×51472 ≈ 4117.8 W

الف) Pc = Pe − Pcur = 51472 − 4117.8 = 47354.2 W و Pmec = Pc − Pout = 47354.2 − 44537.6 ≈ 2816.6 W

ج) cosφ = Pin/(√3·V·I) = 55672/(1.732×660×50) ≈ 0.974

۱۲۱ صفحه ۱۵۶ پرسش پایانی

**6ـ یک موتور آسنکرون سه فاز به قدرت 4hp که با ولتاژ 380 ولت در ضریب قدرت 0/8 کار می‌کند را در نظر بگیرید. اگر ضریب بهره موتور 80% باشد مطلوب است: الف) جریان که از شبکه دریافت می‌کند ب) جریان هر فاز موتور (در صورتی که کلاف‌های موتور مثلث باشد)**

Pout = 4×736 = 2944 W ،Pin = 2944/0.8 = 3680 W

الف) IL = Pin/(√3·VL·cosφ) = 3680/(1.732×380×0.8) ≈ 6.99 ≈ 7 A

ب) در مثلث: Iph = IL/√3 = 6.99/1.732 ≈ 4.04 A

۱۲۲ صفحه ۱۵۷ پرسش پایانی

**7ـ یک موتور القایی سه فاز 380 ولت 8 قطب دارای قدرت مفیدی برابر 32 اسب بخار در ضریب قدرت 0/8 است. هرگاه موتور با سرعت 710RPM در فرکانس 50 هرتز بچرخد مطلوب است: الف) راندمان در صورتی که موتور از شبکه 50A دریافت کند. ب) تلفات کل ج) لغزش موتور د) قدرت الکترومغناطیسی (در صورتی که تلفات مکانیکی 448 وات باشد)**

Pout = 32×736 = 23552 W؛ Pin = √3×380×50×0.8 ≈ 26327 W

الف) η = 23552/26327 ×100 ≈ 89.5 %

ب) ΔP = 26327 − 23552 ≈ 2775 W

ج) ns = 120×50/8 = 750 rpm، S = (750 − 710)/750 ≈ 0.0533 (5.33 %)

د) Pc = Pout + Pmec = 23552 + 448 = 24000 W، Pe = Pc/(1 − S) = 24000/0.9467 ≈ 25352 W

۱۲۳ صفحه ۱۵۷ پرسش پایانی

**8ـ یک موتور آسنکرون سه فاز به قدرت مکانیکی 30hp و ولتاژ 400 ولت در فرکانس 50Hz با سرعت 1440RPM می‌چرخد. اگر ضریب قدرت موتور 0/85 باشد مطلوب است: الف) لغزش در صورتی که موتور چهار قطب باشد. ب) قدرت الکترومغناطیسی ج) تلفات مسی رتور د) قدرت مصرفی (دریافتی) موتور اگر تلفات آهنی و مسی استاتور به ترتیب 1200 و 1800 باشد هـ) گشتاورهای Te ، T2 در بار نامی (تلفات مکانیکی 500w در نظر گرفته شود) و) جریان خط هر فاز موتور در صورتی که اتصال کلاف‌ها مثلث باشد.**

Pout = 30×736 = 22080 W؛ ns = 120×50/4 = 1500 rpm

الف) S = (1500 − 1440)/1500 = 0.04 (4 %)

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

ب) $Pc = Pout + Pmec = 22080 + 500 = 22580\ W$، $Pe = Pc/(1 - S) = 22580/0.96 \approx 23521\ W$

ج) $Pcur = S \cdot Pe = 0.04 \times 23521 \approx 941\ W$

د) $Pin = Pe + PFes + Pcus = 23521 + 1200 + 1800 \approx 26521\ W$

هـ) $Te = Pe/\omega s = 23521/(2\pi \times 1500/60) = 23521/157.08 \approx 149.7\ N \cdot m$؛ $T2 = Pout/\omega r = 22080/(2\pi \times 1440/60) = 22080/150.8 \approx 146.4\ N \cdot m$

و) $IL = Pin/(\sqrt{3} \cdot VL \cdot \cos\varphi) = 26521/(1.732 \times 400 \times 0.85) \approx 45.0\ A$؛ جریان هر فاز در مثلث: $Iph = IL/\sqrt{3} \approx 26\ A$

---

۱۲۴ صفحه ۱۵۷ پرسش پایانی

**9ـ یک موتور آسنکرون به قدرت مفید 3 کیلو وات به شبکه 380 ولتی متصل و جریان 7 آمپر را با ضریب قدرت 0/78 از شبکه دریافت می‌کند. مطلوب است: الف) مجموع تلفات ماشین ب) درصد ضریب بهره**

$Pin = \sqrt{3} \times 380 \times 7 \times 0.78 \approx 3594\ W$

الف) $\Delta P = 3594 - 3000 \approx 594\ W$

ب) $\eta = 3000/3594 \times 100 \approx 83.5\ \%$

---

۱۲۵ صفحه ۱۵۷ پرسش پایانی

**10ـ روی پلاک یک الکتروموتور سه فاز این اطلاعات درج شده است. η=85% I=16A P=10hp V=380V مجموع تلفات و ضریب قدرت موتور را در نقطه کار نامی تعیین کنید.**

$Pout = 10 \times 736 = 7360\ W$، $Pin = 7360/0.85 \approx 8659\ W$

$\Delta P = 8659 - 7360 \approx 1299\ W$

$\cos\varphi = Pin/(\sqrt{3} \cdot V \cdot I) = 8659/(1.732 \times 380 \times 16) \approx 0.82$

---

۱۲۶ صفحه ۱۵۷ پرسش پایانی

**11ـ یک موتور القایی با قدرت خروجی 12 کیلووات و ضریب بهره 84% مفروض است. اگر تلفات ثابت 900 وات باشد، مقدار تلفات متغیر آن را به‌دست آورید.**

$Pin = 12000/0.84 \approx 14286\ W$، $\Delta P = 14286 - 12000 = 2286\ W$

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

W تلفات ثابت = 2286 − 900 ≈ 1386 − ΔP = تلفات متغیر

۱۲۷ صفحه ۱۵۷ پرسش پایانی

**12ـ توان الکترومغناطیسی موتوری 1000 وات و تلفات مسی رتور آن 30 وات است. اگر سرعت سنکرون موتور 1200 دور بر دقیقه و فرکانس شبکه 60 هرتس باشد، مطلوب است: الف) تعداد قطب‌های سیم‌بندی استاتور ب) سرعت گردش رتور**

الف) قطب P = 120f/ns = 120×60/1200 = 6

ب) S = Pcur/Pe = 30/1000 = 0.03، nr = ns(1 − S) = 1200×0.97 = 1164 rpm

۱۲۸ صفحه ۱۵۷ پرسش پایانی

**13ـ یک الکتروموتور القایی سه فاز با اتصال مثلث استاتور به شبکه سه فاز 208 ولت و 60 هرتز متصل است و در بار نامی با سرعت 1710 دور بر دقیقه و لغزش 0/05 قدرت 20 کیلووات را با ضریب قدرت 0/88 از شبکه دریافت می‌کند. تلفات آهنی استاتور 750 وات و تلفات مکانیکی 600 وات و مقاومت اهمی هر فاز استاتور 0/4 اهم است. اگر تلفات مسی استاتور و رتور برابر باشند مطلوب است: الف) جریان دریافتی از شبکه ب) قدرت الکترومغناطیسی ج) قدرت مفید د) گشتاور الکترومغناطیسی هـ) گشتاور مفید**

الف) IL = Pin/(√3·VL·cosφ) = 20000/(1.732×208×0.88) ≈ 63.1 A؛ جریان فاز مثلث: Iph = IL/√3 ≈ 36.4 A

Pcus = 3·R·Iph² = 3×0.4×36.4² ≈ 1592 W و طبق فرض Pcur = Pcus ≈ 1592 W

ب) Pe = Pin − (Pcus + PFes) = 20000 − (1592 + 750) ≈ 17658 W

ج) Pc = Pe − Pcur = 17658 − 1592 = 16066 W، Pout = Pc − Pmec = 16066 − 600 ≈ 15466 W

د) ns = 1710/0.95 = 1800 rpm، Te = Pe/ωs = 17658/(2π×1800/60) ≈ 93.7 N·m

هـ) T2 = Pout/ωr = 15466/(2π×1710/60) ≈ 86.4 N·m

توجه: با لغزش داده‌شده (Pcur = S·Pe ≈ 883 W) و فرض برابری تلفات مسی، داده‌های مسئله کاملاً هم‌خوان نیستند؛ پاسخ بالا طبق فرض «تلفات مسی استاتور و رتور برابر» است.

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

# گام به گام دانش فنی تخصصی الکتروتکنیک دوازدهم - پودمان چهارم

کاربرد اتوماسیون صنعتی (اینورتر)

## فهرست


۱۲۹ صفحه ۱۷۰ · پرسش — درستی یا نادرستی عبارت‌ها ۶۶
۱۳۰ صفحه ۱۷۰ · پرسش — جای خالی ۶۶
۱۳۱ صفحه ۱۷۰ · پرسش — تعریف نیمه‌هادی ۶۶
۱۳۲ صفحه ۱۷۰ · پرسش — علت ناخالص کردن نیمه‌هادی‌ها ۶۷
۱۳۳ صفحه ۱۷۰ · پرسش — طریقه‌ی تشکیل قطعه‌ی N و P ۶۷
۱۳۴ صفحه ۱۷۰ · پرسش — تعریف قطعه‌ی N، قطعه‌ی P، اتم اهداکننده و پذیرنده ۶۷
۱۳۵ صفحه ۱۷۰ · پرسش — تعریف دیود و نماد آن ۶۸
۱۳۶ صفحه ۱۷۰ · پرسش — بایاس دیود ۶۸
۱۳۷ صفحه ۱۷۰ · پرسش — آزمایش دیود ۶۸
۱۳۸ صفحه ۱۷۰ · پرسش — مقادیر حد و پارامترهای دیود ۶۹
۱۳۹ صفحه ۱۷۷ · پرسش — تعریف یکسوسازی و انواع آن ۶۹
۱۴۰ صفحه ۱۷۷ · پرسش — یکسوکننده‌ی تمام موج تک‌فاز ۶۹
۱۴۱ صفحه ۱۷۷ · پرسش — تعریف صافی و انواع آن ۷۰
۱۴۲ صفحه ۱۷۷ · پرسش — خروجی نیم‌موج با صافی خازنی ۷۰
۱۴۳ صفحه ۱۷۷ · پرسش — دیود نوردهنده و نماد آن ۷۰
۱۴۴ صفحه ۱۷۷ · پرسش — وظیفه‌ی مقاومت سری با LED ۷۱
۱۴۵ صفحه ۱۸۶ · پرسش — انواع ترانزیستور و نماد آنها ۷۱
۱۴۶ صفحه ۱۸۶ · پرسش — بایاس ترانزیستور و عملکرد سوئیچی ۷۱
۱۴۷ صفحه ۱۸۶ · پرسش — کاربردهای ترانزیستور ۷۱
۱۴۸ صفحه ۱۸۶ · پرسش — آزمایش سالم بودن ترانزیستور ۷۲
۱۴۹ صفحه ۱۸۶ · پرسش — بایاس موافق تریستور و سوئیچ کردن آن ۷۲
۱۵۰ صفحه ۱۸۶ · پرسش — رفتار تریستور در بایاس مخالف ۷۲
۱۵۱ صفحه ۱۸۶ · پرسش — آزمایش سالم بودن تریستور ۷۳
۱۵۲ صفحه ۱۸۶ · پرسش — تعریف IGBT و نماد آن ۷۳
۱۵۳ صفحه ۱۸۶ · پرسش — طرز کار IGBT ۷۴
۱۵۴ صفحه ۱۸۶ · پرسش — مزایای IGBT ۷۴
۱۵۵ صفحه ۱۸۶ · پرسش — مدار راه‌اندازی گیت IGBT ۷۴
۱۵۶ صفحه ۱۹۲ · پرسش پایانی — درایو فرکانس متغیر ۷۴
۱۵۷ صفحه ۱۹۲ · پرسش پایانی — اصول کار اینورتر ۷۵
۱۵۸ صفحه ۱۹۲ · پرسش پایانی — مزایای اینورتر ۷۵

۱۲۹ صفحه ۱۷۰ پرسش

**1ـ درستی یا نادرستی هر عبارت را تعیین کنید:**

**الف) هدایت الکتریکی نیمه هادی ها کمتر از هادی ها و بیشتر از عایق ها می باشد.**

**ب) با ناخالص کردن نیمه هادی با عنصر پنج ظرفیتی تعداد الکترون های آزاد کاهش می یابد.**

**ج) هرگاه پتانسیل پایه آند دیود در یک مدار الکتریکی مثبت تر از پتانسیل پایه کاتد باشد دیود در بایاس مخالف است.**

**د) دیود در بایاس موافق مانند یک کلید بسته عمل می کند.**

- الف) صحیح
- ب) غلط؛ با ناخالص کردن با عنصر پنج‌ظرفیتی، تعداد الکترون‌های آزاد افزایش می‌یابد.
- ج) غلط؛ در این حالت دیود در بایاس موافق است.
- د) صحیح

۱۳۰ صفحه ۱۷۰ پرسش

**2ـ در جای خالی عبارت مناسب بنویسید.**

**الف) درصورتی که افت ولتاژ دو سر دیود در بایاس موافق حدود 0/7 ولت باشد دیود ..... است.**

**ب) دیودهایی که فرکانس کار آنها 50 یا 60 هرتز باشد دیود ..... گویند.**

**ج) قطعه ای که با ناخالص کردن نیمه هادی با عنصر پنج ظرفیتی تولید می شود نوع ..... گویند.**

**د) جای خالی الکترون در لایه والانس ..... نام دارد.**

- الف) سالم
- ب) معمولی
- ج) N
- د) حفره

۱۳۱ صفحه ۱۷۰ پرسش

**3ـ نیمه هادی را تعریف کنید.**

نیمه‌هادی‌ها عناصری هستند که در لایه‌ی والانس خود چهار الکترون دارند و هدایت الکتریکی آنها کمتر از هادی‌ها و بیشتر از عایق‌هاست. سیلیسیم و ژرمانیم از نیمه‌هادی‌های مهم در ساخت قطعات الکترونیکی هستند.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۱۳۲ صفحه ۱۷۰ پرسش

**4ـ علت ناخالص کردن نیمه هادی ها را توضیح دهید.**

نیمه‌هادی خالص هدایت الکتریکی کمی دارد. با افزودن مقدار بسیار کمی عنصر پنج‌ظرفیتی (افزایش الکترون آزاد) یا سه‌ظرفیتی (افزایش حفره) تعداد حامل‌های بار افزایش می‌یابد؛ بنابراین ناخالص کردن برای افزایش هدایت الکتریکی انجام می‌شود.

۱۳۳ صفحه ۱۷۰ پرسش

**5ـ طریقه تشکیل قطعه N وP را توضیح دهید.**

- **قطعه‌ی N:** نیمه‌هادی (مثل سیلیسیم) را با عنصر پنج‌ظرفیتی (آنتیموان، آرسنیک یا فسفر) ناخالص می‌کنند. اتم‌ها با پیوند کووالانسی الکترون‌های والانس را به اشتراک می‌گذارند و از پنج الکترون عنصر پنج‌ظرفیتی یک الکترون آزاد می‌ماند؛ پس تعداد الکترون‌های آزاد زیاد می‌شود.
- **قطعه‌ی P:** نیمه‌هادی را با عنصر سه‌ظرفیتی (بور، آلومینیم یا ایندیم) ناخالص می‌کنند. در پیوند کووالانسی، لایه‌ی والانس به هفت الکترون می‌رسد و جای خالی یک الکترون (حفره) ایجاد می‌شود؛ پس تعداد حفره‌ها زیاد می‌شود.

۱۳۴ صفحه ۱۷۰ پرسش

**6ـ موارد زیر را تعریف کنید.**

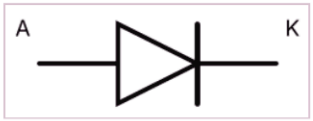
**الف) قطعه N ب) قطعه P ج) اتم اهداکننده د) اتم پذیرنده**

- الف) قطعه‌ی N: قطعه‌ای که با ناخالص کردن نیمه‌هادی با عنصر پنج‌ظرفیتی تولید می‌شود و دارای الکترون آزاد است (از نظر الکتریکی خنثی است).
- ب) قطعه‌ی P: قطعه‌ای که با ناخالص کردن نیمه‌هادی با عنصر سه‌ظرفیتی تولید می‌شود و دارای حفره است (از نظر الکتریکی خنثی است).
- ج) اتم اهداکننده: اتم پنج‌ظرفیتی که یک الکترون آزاد می‌دهد و خود به یون مثبت تبدیل می‌شود.
- د) اتم پذیرنده: اتم سه‌ظرفیتی که می‌تواند یک الکترون آزاد را جذب کند و خود به یون منفی تبدیل می‌شود.

۱۳۵ صفحه ۱۷۰ پرسش

**7ـ دیود را تعریف کنید و نماد آن را رسم کنید.**

دیود قطعه‌ی الکترونیکی دوپایه‌ای است که از اتصال دو لایه‌ی P و N ساخته می‌شود (اتصال PN). پایه‌ی متصل به لایه‌ی P را آند (A) و پایه‌ی متصل به لایه‌ی N را کاتد (K) می‌نامند. دیود جریان را فقط از آند به کاتد عبور می‌دهد.




۱۳۶ صفحه ۱۷۰ پرسش

**8ـ بایاس دیود راتعریف کنید و انواع بایاس دیود را نام ببرید.**

تغذیه‌ی پایه‌های دیود در مدار توسط منبع ولتاژ را بایاس دیود می‌گویند. انواع آن:

- **بایاس موافق:** پتانسیل آند مثبت‌تر از کاتد است؛ اگر اختلاف پتانسیل به حدود 0/7 ولت برسد دیود هادی می‌شود و مانند کلید بسته عمل می‌کند.
- **بایاس مخالف:** پتانسیل کاتد مثبت‌تر از آند است؛ دیود قطع است و مانند کلید باز عمل می‌کند و جریانی عبور نمی‌دهد.

۱۳۷ صفحه ۱۷۰ پرسش

**9ـ نحوه آزمایش دیود را بنویسید.**

با ولت‌متر افت ولتاژ دو سر دیود را در هر دو حالت بایاس اندازه می‌گیرند:

- دیود سالم: در بایاس موافق افت ولتاژ حدود 0/7 ولت و در بایاس مخالف حدود ولتاژ منبع تغذیه است.
- افت ولتاژ در بایاس موافق و مخالف برابر باشد: دیود معیوب است.
- افت ولتاژ در هر دو حالت حدود صفر ولت: دیود اتصال کوتاه و خراب است.
- افت ولتاژ در هر دو حالت حدود ولتاژ منبع: دیود قطع و خراب است.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۱۳۸ صفحه ۱۷۰ پرسش

**10ـ مقادیر حد دیود را تعریف کنید و پارامترهای آن را نام ببرید.**

بیشترین مقدار مجاز ولتاژ، جریان، فرکانس و دمای کار دیود را مقادیر حد دیود می‌گویند؛ رعایت آنها از آسیب دیدن دیود جلوگیری می‌کند. پارامترهای دیود:

- فرکانس کار: بیشترین تعداد قطع و وصل دیود در هر ثانیه بدون معیوب شدن؛
- حداکثر ولتاژ معکوس (PIV یا VRM): بیشترین ولتاژی که دیود در بایاس مخالف تحمل می‌کند؛
- حداکثر جریان دیود (IAVG): بیشترین جریانی که دیود در بایاس موافق تحمل می‌کند؛
- دمای مجاز: حداکثر دمای کار دیود (در صورت نیاز از گرماگیر استفاده می‌شود).

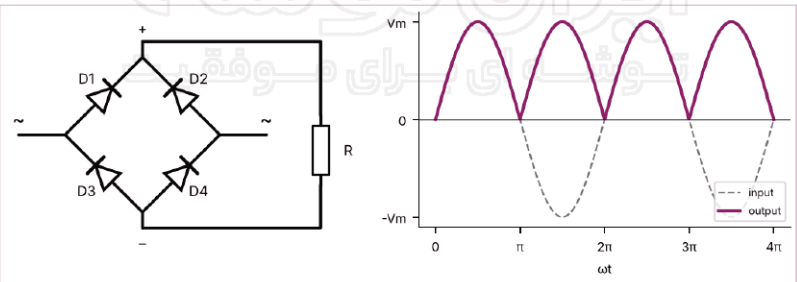
۱۳۹ صفحه ۱۷۷ پرسش

**1ـ یکسوسازی را تعریف کنید و انواع آن را نام ببرید.**

تبدیل ولتاژ متناوب AC به ولتاژ مستقیم DC را یکسوسازی می‌گویند. مدارهای یکسوکننده به صورت تک‌فاز و سه‌فاز و هر کدام به صورت نیم‌موج و تمام‌موج طراحی می‌شوند: یکسوکننده‌ی نیم‌موج تک‌فاز، تمام‌موج تک‌فاز (پل دیودی) و تمام‌موج سه‌فاز.

۱۴۰ صفحه ۱۷۷ پرسش

**2ـ مدار یکسوساز تمام موج تک فاز را به همراه شکل موج ورودی و خروجی رسم کنید.**




در نیم‌سیکل مثبت دیودهای D1 و D4 و در نیم‌سیکل منفی دیودهای D2 و D3 هادی می‌شوند؛ در هر دو حالت جریان بار در یک جهت است و هر دو نیم‌سیکل به بار می‌رسند. مقدار متوسط خروجی $Vdc = 2Vm/\pi$ است.

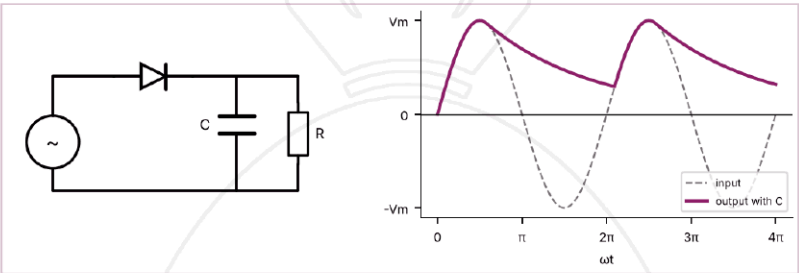
۱۴۱ صفحه ۱۷۷ پرسش

**3ـ صافی یکسوساز را تعریف کنید و انواع آن را نام ببرید.**

عناصر الکتریکی که برای کاهش تغییرات دامنه‌ی ولتاژ یا جریان یکسوشده به کار می‌روند، صافی (فیلتر) نامیده می‌شوند. انواع آن: صافی خازنی (موازی با خروجی یکسوکننده، کاهش تغییرات ولتاژ) و صافی سلفی (سری با خروجی یکسوکننده، کاهش تغییرات جریان).

۱۴۲ صفحه ۱۷۷ پرسش

**4ـ شکل موج خروجی یکسو ساز نیم موج به همراه صافی خازنی را رسم کنید.**

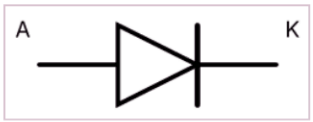



خازن در نیم‌سیکل مثبت تا مقدار Vm شارژ می‌شود و در زمانی که دیود قطع است از طریق بار تخلیه می‌شود؛ در نتیجه شکل موج خروجی به ولتاژ ثابت نزدیک‌تر می‌شود.

۱۴۳ صفحه ۱۷۷ پرسش

**5ـ دیود نور دهنده را تعریف کنید و نماد آن را رسم کنید.**

دیود نوردهنده (LED) دیودی است که انرژی الکتریکی را به انرژی نورانی تبدیل می‌کند. افت ولتاژ دو سر آن حدود 2/7 ولت (بسته به رنگ) و جریان آن از چند میلی‌آمپر تا چند ده میلی‌آمپر است.



۱۴۴ صفحه ۱۷۷ پرسش

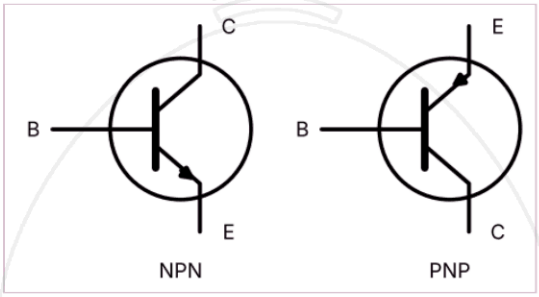
**6ـ وظیفه مقاومت سری در راه اندازی دیود نوردهنده را بنویسید.**

مقاومت سری با LED جریان آن را محدود می‌کند و با ایجاد افت ولتاژ، ولتاژ اضافی منبع را به خود می‌گیرد تا ولتاژ لازم LED تأمین شود و LED نسوزد: R = (VS – VF)/IF.

۱۴۵ صفحه ۱۸۶ پرسش

**1ـ انواع ترانزیستور را نام ببرید و نماد آنها را رسم کنید.**

ترانزیستور (BJT) در دو نوع NPN و PNP ساخته می‌شود و سه پایه‌ی کلکتور (C)، بیس (B) و امیتر (E) دارد. در نماد NPN پیکان امیتر به سمت بیرون و در PNP به سمت بیس است.




۱۴۶ صفحه ۱۸۶ پرسش

**2ـ بایاس ترانزیستور را تعریف کنید و عملکرد آن به عنوان سوئیچ را شرح دهید.**

تغذیه‌ی پایه‌های ترانزیستور با منبع ولتاژ مستقیم را بایاس ترانزیستور گویند.

در حالت سوئیچ: وقتی جریان بیس صفر است مقاومت بین کلکتور و امیتر بسیار زیاد است و جریان کلکتور (در حد میکروآمپر) عبور نمی‌کند؛ ترانزیستور مانند کلید باز است. با تزریق جریان به بیس، مقاومت کلکتور ـ امیتر به شدت کم می‌شود و جریان کلکتور برقرار می‌شود؛ ترانزیستور مانند کلید بسته است.

۱۴۷ صفحه ۱۸۶ پرسش

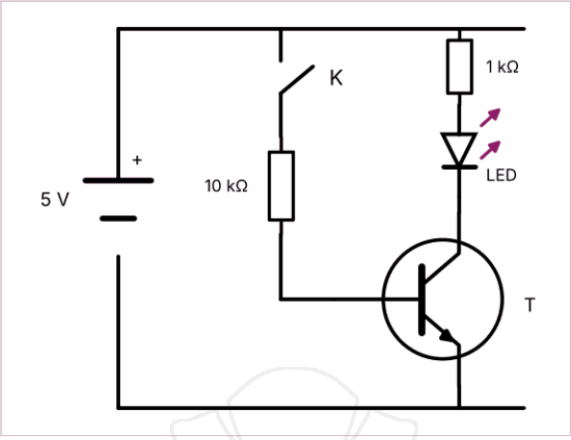
**3ـ کاربردهای ترانزیستور را بنویسید.**

- تقویت سیگنال (مدار آمپلی‌فایر)
- قطع و وصل کردن (مدار سوئیچینگ)، مثلاً راه‌اندازی رله، LED و بارهای کوچک

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۱۴۸ صفحه ۱۸۶ پرسش

**4ـ آزمایش تشخیص سالم بودن ترانزیستور را با رسم مدار توضیح دهید.**




با بستن کلید K جریان به بیس تزریق می‌شود؛ اگر LED روشن شود و با باز کردن K خاموش شود، ترانزیستور سالم است؛ در غیر این صورت معیوب است.

۱۴۹ صفحه ۱۸۶ پرسش

**5ـ بایاس موافق تریستور را تعریف کنید و نحوه سوئیچ کردن آن را شرح دهید.**

اگر پتانسیل آند تریستور مثبت‌تر از کاتد باشد، تریستور در بایاس موافق است. در این حالت با اعمال لحظه‌ای جریان به گیت (تحریک گیت)، مقاومت بین آند و کاتد به شدت کم می‌شود و تریستور مانند کلید بسته هادی می‌شود (سوئیچ می‌کند). پس از هادی شدن، دیگر نیازی به ادامه‌ی تحریک گیت نیست و تا زمانی که در بایاس موافق باشد هادی می‌ماند.

۱۵۰ صفحه ۱۸۶ پرسش

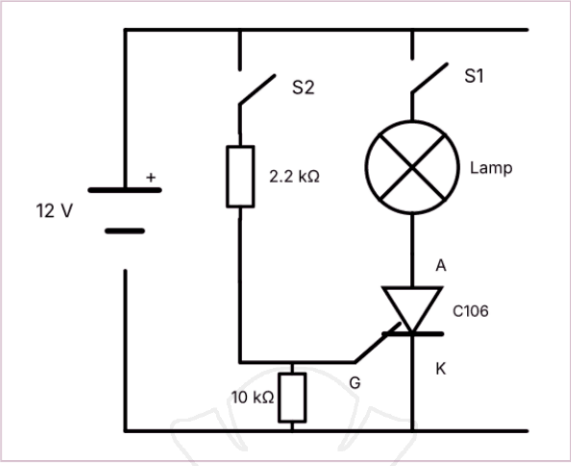
**6ـ رفتار تریستور در بایاس مخالف پس از تحریک گیت را شرح دهید.**

در بایاس مخالف (کاتد مثبت‌تر از آند) مقاومت بین آند و کاتد بسیار زیاد است؛ حتی با تحریک گیت تریستور سوئیچ نمی‌کند، مانند کلید باز قطع می‌ماند و جریانی عبور نمی‌کند.

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

۱۵۱ صفحه ۱۸۶ پرسش

**7ـ آزمایش تشخیص سالم بودن تریستور را بارسم مدار توضیح دهید.**

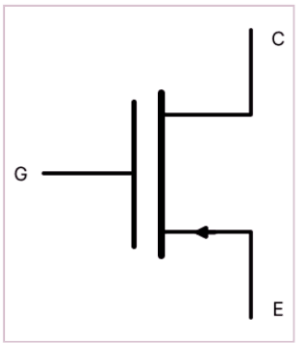



1. با وصل S1 تریستور در بایاس موافق است ولی گیت تحریک نشده؛ جریانی عبور نمی‌کند و لامپ خاموش است.
2. با وصل S2 گیت تحریک می‌شود، تریستور هادی و لامپ روشن می‌شود.
3. با قطع S2 تریستور همچنان هادی است و لامپ روشن می‌ماند.
4. اگر نتایج به همین صورت باشد تریستور سالم است.

۱۵۲ صفحه ۱۸۶ پرسش

**8ـ IGBT را تعریف کنید و نماد آن را رسم کنید.**

ترانزیستور دوقطبی با گیت عایق‌شده (IGBT) از نیمه‌هادی‌های قدرت و قطعه‌ای الکترونیکی با سه پایه‌ی گیت (G)، کلکتور (C) و امیتر (E) است که به عنوان سوئیچ الکترونیکی به کار می‌رود.



۱۵۳ صفحه ۱۸۶ پرسش

**9ـ طرز کار IGBT را توضیح دهید.**

IGBT یک سوئیچ الکترونیکی است. وقتی ولتاژ گیت نسبت به امیتر صفر است، مقاومت بین کلکتور و امیتر زیاد است و IGBT مانند کلید باز قطع است (باید ولتاژ دو سر خود را تحمل کند). با اعمال ولتاژ مثبت به گیت نسبت به امیتر، مقاومت کلکتور ـ امیتر به شدت کم می‌شود و IGBT مانند کلید بسته هادی است (باید جریان عبوری را تحمل کند). با صفر شدن ولتاژ گیت دوباره قطع می‌شود.

۱۵۴ صفحه ۱۸۶ پرسش

**10ـ مزایای IGBT را بنویسید.**

- مقاومت ورودی زیاد
- جریان و توان راه‌اندازی کم
- افت ولتاژ کم در حالت وصل
- تلفات کم

۱۵۵ صفحه ۱۸۶ پرسش

**11ـ وظیفه مدار راه اندازی گیت و تأثیر آن بر عملکرد IGBT را بنویسید.**

IGBT برای کنترل هدایت بین کلکتور و امیتر به ولتاژ گیت ـ امیتر نیاز دارد (معمولاً 15 تا 20 ولت) و مدار راه‌اندازی گیت این ولتاژ را تأمین می‌کند. این مدار بر تلفات سوئیچینگ، توانایی حفاظت در برابر اتصال کوتاه و زمان سوئیچینگ IGBT تأثیر زیادی دارد.

۱۵۶ صفحه ۱۹۲ پرسش پایانی

**1ـ درایور فرکانس متغیر را تعریف کنید و محدوده ولتاژ و فرکانس خروجی آن را بنویسید.**

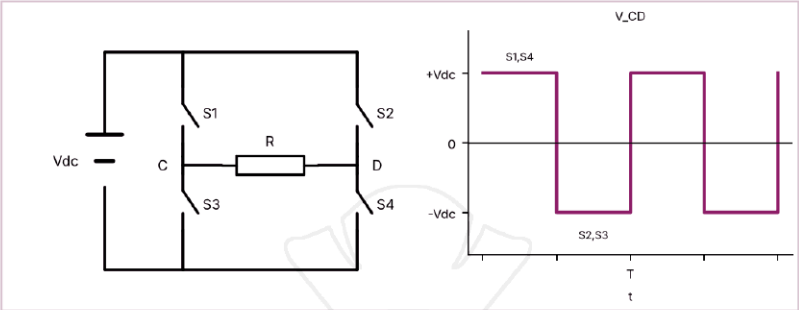
درایو فرکانس متغیر (VFD ) که اینورتر فرکانس متغیر نیز نامیده می‌شود، دستگاهی است که ولتاژ مستقیم DC را به ولتاژ متناوب AC با فرکانس قابل کنترل تبدیل می‌کند. خروجی آن می‌تواند تک‌فاز یا سه‌فاز باشد.

- فرکانس خروجی: حدود 0/01 تا 400 هرتز

- ولتاژ خروجی: در اینورتر تک‌فاز تا 230 ولت و در اینورتر سه‌فاز تا 400 ولت (حداکثر برابر دامنه‌ی ولتاژ ورودی) قابل کنترل است.

۱۵۷ صفحه ۱۹۲ پرسش پایانی

**2ـ اصول کار اینورتر را با رسم شکل توضیح دهید.**




- اصول کار بر تبدیل ولتاژ DC به AC با قطع و وصل متناوب کلیدهای الکترونیکی است.
- با بسته شدن S1 و S4 ولتاژ Vdc+ دو سر بار می‌افتد؛ سپس با باز شدن آنها و بسته شدن S2 و S3 ولتاژ Vdc– دو سر بار قرار می‌گیرد. تکرار متناوب این کار موج مربعی (AC) تولید می‌کند.
- تعداد دفعات قطع و وصل در یک ثانیه، فرکانس خروجی را تعیین می‌کند.
- مدت زمان وصل و قطع کلیدها در هر دوره‌ی تناوب، مقدار مؤثر ولتاژ خروجی را تنظیم می‌کند.
- در اینورتر سه‌فاز از شش کلید استفاده می‌شود.

۱۵۸ صفحه ۱۹۲ پرسش پایانی

**3ـ مزایای اینورتر را بنویسید. (چهار مورد)**

- صرفه‌جویی در مصرف انرژی (هزینه‌ی اینورتر ظرف یک تا یک‌ونیم سال جبران می‌شود)
- کاهش توان راکتیو و عدم نیاز به خازن‌های اصلاح ضریب توان
- کاهش و محدود کردن جریان راه‌اندازی و عدم نیاز به راه‌اندازی ستاره ـ مثلث
- کاهش تنش‌های مکانیکی و جلوگیری از خرابی یاتاقان‌ها، تسمه‌ها و گیربکس
- امکان تغییر جهت گردش موتور و تنظیم دور بدون تجهیزات اضافه

نشان نوشته
توشه ای برای موفقیت

# گام به گام دانش فنی تخصصی الکتروتکنیک دوازدهم - پودمان پنجم

کسب اطلاعات فنی (زبان فنی)

## فهرست


۱۵۹ صفحه ۱۹۶ · آیا می‌دانید که — مقدمه پودمان ..... ۷۷

۱۶۰ صفحه ۲۰۱ · فعالیت — معادل فارسی واژگان مولتی‌متر ... ۷۸

۱۶۱ صفحه ۲۰۱ · فعالیت — ترجمهٔ کاتالوگ مولتی‌متر ..... ۷۸

۱۶۲ صفحه ۲۰۶ · درک مطلب — درست یا نادرست (A) ..... ۷۹

۱۶۳ صفحه ۲۰۶ · درک مطلب — پرسش‌های شفاهی (B) ..... ۷۹

۱۶۴ صفحه ۲۰۶ · درک مطلب — تعریف واژه‌ها (C) ..... ۸۰

۱۶۵ صفحه ۲۰۷ · ترجمه — ترجمهٔ متن برقکار ..... ۸۱

۱۶۶ صفحه ۲۰۸ · فعالیت — معادل فارسی و تطبیق نام ابزار ... ۸۱

۱۶۷ صفحه ۲۱۳ · فعالیت — پژوهش دربارهٔ ترانسفو و فرکانس ... ۸۲

۱۶۸ صفحه ۲۱۴ · ترجمه و پاسخ — پرسش‌های AC و DC ..... ۸۲

۱۶۹ صفحه ۲۱۵ · درک مطلب — درست یا نادرست (A) و پرسش Tesla ... ۸۳

۱۷۰ صفحه ۲۱۶ · درک مطلب — خلاصهٔ پلاک ترانسفورماتور (D) ... ۸۴

۱۷۱ صفحه ۲۱۸ · فعالیت — مشخصات پلاک ترانسفورماتور .... ۸۴

۱۷۲ صفحه ۲۲۲ · فعالیت — معادل فارسی واژگان کاتالوگ کنترل‌کنندهٔ شارژ ... ۸۶

۱۷۳ صفحه ۲۲۳ · فعالیت — تبدیل اسب بخار به کیلووات ..... ۸۶

۱۷۴ صفحه ۲۲۳ · فعالیت — ترجمهٔ کاتالوگ اینورتر ..... ۸۷

۱۷۵ صفحه ۲۲۵ · درک مطلب — درست یا نادرست و پرسش‌های پمپ خورشیدی ... ۸۷

۱۷۶ صفحه ۲۲۸ · فعالیت — مشخصات پلاک موتور الکتریکی ... ۸۸

۱۷۷ صفحه ۲۳۰ · فعالیت — منحنی مشخصهٔ کلید مینیاتوری ... ۸۹



ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۱۵۹ صفحه ۱۹۶ آیا می‌دانید که

**1ـ چگونه می‌توان المان‌های الکتریکی را در یک جمله ساده به زبان انگلیسی تعریف کرد؟**

**2ـ کاربرد کاتالوگ‌های فنی تجهیزات برقی چه فوایدی دارد؟**

**3ـ دانستن زبان فنی در توسعه و رشد شایستگی در حوزه شغلی یک برقکار چه تأثیری دارد؟**

1. با جمله‌ای ساده مانند .A resistor is an electrical element that resists the flow of current (مقاومت المانی الکتریکی است که در برابر عبور جریان مقاومت می‌کند). به همین ترتیب:
A battery is an element that supplies voltage.
2. کاتالوگ مشخصات فنی، نحوهٔ نصب و راه‌اندازی، نکات ایمنی، هشدارها و نگهداری دستگاه را بیان می‌کند؛ برقکار با مطالعهٔ آن بخش‌های مختلف دستگاه، کاربردهای مناسب و نحوهٔ استفادهٔ بهینه و ایمن از آن را می‌شناسد.
3. دانستن زبان فنی باعث می‌شود برقکار بتواند کاتالوگ‌ها، دستورالعمل‌ها و منابع انگلیسی را بفهمد، دانش حرفه‌ای خود را به‌روز کند، تجهیزات را درست و ایمن به‌کار گیرد و در محیط کار و بازار کار شایسته‌تر و موفق‌تر باشد.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۱۶۰ صفحه ۲۰۱ فعالیت

**.Determine the Persian equivalents of the following technical terms and write them**

| واژه | معادل فارسی |
|---|---|
| Beep indicator light | چراغ نشانگر صدا (بوق) |
| Beep/Diode | بوق (تست پیوستگی) / دیود |
| DC current | جریان مستقیم |
| AC current | جریان متناوب |
| Selector | انتخاب‌گر (کلید گردان) |
| Capacitance | ظرفیت خازنی |
| Triode | ترایود (قطعهٔ سه‌پایه) |
| Triode input | ورودی ترایود |
| AC Voltage | ولتاژ متناوب |
| DC Voltage | ولتاژ مستقیم |
| Switch button | دکمهٔ کلید |
| Resistance | مقاومت |
| Data display | نمایشگر داده‌ها |
| Capacitance input | ورودی ظرفیت خازنی |

۱۶۱ صفحه ۲۰۱ فعالیت

**.meter catalogue and translate important section ـ Plase study a Multi**

نمونه ترجمهٔ بخش مهم کاتالوگ (ورودی‌های مولتی‌متر):

- ورودی A: ورودی پروب قرمز برای اندازه‌گیری جریان تا ۱۰ آمپر و فرکانس و چرخهٔ کار.
- ورودی mA, µA: ورودی پروب قرمز برای اندازه‌گیری جریان از ۰ میکروآمپر تا ۴۰۰ میلی‌آمپر.
- ورودی COM: ورودی پروب سیاه برای همهٔ اندازه‌گیری‌ها؛ اتصال منفی (مشترک / برگشت).
- ورودی V, Ω: ورودی پروب قرمز برای اندازه‌گیری ولتاژ، مقاومت، تست دیود، ظرفیت خازنی، دما و فرکانس.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

- برای اندازه‌گیری جریان، مولتی‌متر را سری ببندید؛ برای ولتاژ، موازی ببندید؛ برای مقاومت، منبع تغذیه را قطع کنید.

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۱۶۲ صفحه ۲۰۶ درک مطلب

**A. read each statement and decide whether it is true or false. Write T before true statement and F before false statements.**

**1_ Neutrons have positive and negative electrical charges.**

**2_ Voltage that varies periodically with time is called an DC voltage.**

**3_ Electrons flow from the negative (−ve) terminal to the positive (+ve) terminal of the supply.**

**4_ We decrease the resistance the current goes up.**

**5_ For ease of circuit understanding conventional current flow assumes that the current flows from the negative to the positive terminal.**

**6_ Current is measured in Amps and an amp or ampere is defined as the number of protons.**

| شماره | پاسخ | دلیل |
|---|---|---|
| 1 | F | نوترون بار الکتریکی ندارد. |
| 2 | F | ولتاژی که به‌طور دوره‌ای با زمان تغییر کند، ولتاژ AC (متناوب) است. |
| 3 | T | الکترون‌ها از قطب منفی به قطب مثبت منبع جریان می‌یابند. |
| 4 | T | با کاهش مقاومت، در ولتاژ ثابت جریان افزایش می‌یابد. |
| 5 | F | جهت قراردادی جریان از قطب مثبت به منفی است. |
| 6 | F | آمپر تعداد (بار) الکترون‌هایی است که در یک ثانیه از یک نقطه می‌گذرند، نه پروتون. |

۱۶۳ صفحه ۲۰۶ درک مطلب

**B. Answer the following questions orally.**

**1_ when atom is stable?**

**2_ what is a voltage drop?**

**3_ How does the current and resistance change, when voltage rises?**

**4_ what is the resistance?**

**5ـ how does the electrical flow change with the change resistance?**

1. When the protons, neutrons and electrons are together within the atom. (وقتی پروتون‌ها، نوترون‌ها و الکترون‌ها در کنار هم در اتم باشند.)
2. The difference in voltage between any two points (nodes) in a circuit, also called the potential difference. (اختلاف ولتاژ بین دو نقطهٔ مدار)
3. When voltage rises, the current rises too; the resistance does not change (it is constant). (جریان زیاد می‌شود و مقاومت ثابت می‌ماند.)
4. Resistance is the capacity of a material to resist or prevent the flow of current. (توانایی ماده در مقابله با عبور جریان)
5. If resistance increases, the current goes down; if resistance decreases, the current goes up. (با افزایش مقاومت جریان کم و با کاهش آن جریان زیاد می‌شود.)

۱۶۴ صفحه ۲۰۶ درک مطلب

**.C. Please define the words according to the text**

**..... Voltage**

**..... :Electrical Current**

**..... :Electron Flow**

**..... :Resistance**

**..... :Potential Difference**

- Voltage: The potential energy of an electrical charge; the force that pushes electrons through a conductor. (انرژی پتانسیل منبع الکتریکی؛ نیرویی که الکترون‌ها را در رسانا می‌راند)
- Electrical Current: The movement or flow of electrical charge, measured in amperes. (شارش بار الکتریکی که با آمپر اندازه‌گیری می‌شود)
- Electron Flow: The flow of electrons from the negative terminal to the positive terminal of the supply. (شارش الکترون‌ها از قطب منفی به مثبت)
- Resistance: The capacity of a material to resist the flow of current, measured in ohms. (توانایی ماده در ممانعت از عبور جریان، با یکای اهم)

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

- Potential Difference: The difference in voltage between any two points in a circuit, commonly called the voltage drop. (اختلاف ولتاژ بین دو نقطه از مدار که افت ولتاژ هم نامیده می‌شود)

۱۶۵ صفحه ۲۰۷ ترجمه

**?Read and practice and translate to Persian: What Does an Electrician Need to Do the Job**

**Manual uses many tools on his job. A few of these are screwdrivers, knives, pliers, and wire cutters. Electricians' tools have special insulation on them. This means they have a coating that prevents Manuel from getting hurt by the electricity. Think of all the things in a home that use electricity. It takes a lot of electrical power to make all of those things work. Homes with electricity depend on circuit breakers. Where Does an Electrician Work? Electricians work in many different places. Manuel works with electricity where people are building new businesses. These are called commercial buildings. He also works in new homes that are being built. Other electricians work in maintenance. Has a big storm ever stopped the electricity in your neighborhood? A maintenance electrician probably fixed the power lines to bring back .the electricity**

**یک برقکار برای انجام کارش به چه چیزهایی نیاز دارد؟**

مانوئل در کارش از ابزارهای زیادی استفاده می‌کند. چند تا از آن‌ها پیچ‌گوشتی، چاقو، انبردست و سیم‌چین هستند. ابزارهای برقکاران عایق ویژه‌ای دارند؛ یعنی روکشی دارند که از آسیب دیدن مانوئل بر اثر برق جلوگیری می‌کند. به همهٔ وسایل خانه که برق مصرف می‌کنند فکر کنید. برای کار کردن همهٔ آن‌ها توان الکتریکی زیادی لازم است. خانه‌های برق‌دار به کلیدهای خودکار (فیوزهای قطع‌کنندهٔ مدار) وابسته‌اند.

**برقکار در کجا کار می‌کند؟**

برقکارها در جاهای مختلف کار می‌کنند. مانوئل در جاهایی با برق کار می‌کند که مردم در حال ساختن کسب‌وکارهای جدید هستند؛ این ساختمان‌ها تجاری نامیده می‌شوند. او در خانه‌های جدیدی که در حال ساخت‌اند هم کار می‌کند. برقکاران دیگر در بخش نگهداری و تعمیرات کار می‌کنند. آیا تا به حال طوفان بزرگی برق محلهٔ شما را قطع کرده است؟ احتمالاً یک برقکار تعمیرات، خطوط برق را تعمیر کرده تا برق برگردد.

۱۶۶ صفحه ۲۰۸ فعالیت

**a. Determine the Persian equivalents of the following technical terms and write them. Hair dryer**

**b. Write the words that mean the same under the picture where they belong. Screw driver Pliers Toolbox Wire cutter Nose pliers Mains tester**

**بند a و b**

| واژه | معادل فارسی |
|---|---|
| Hair dryer | سشوار |
| Screw driver | پیچ‌گوشتی |
| Pliers | انبردست |
| Toolbox | جعبه‌ابزار |
| Wire cutter | سیم‌چین |
| Nose pliers | انبردست دم‌باریک (دم‌گرد) |
| Mains tester | فازمتر (آزمایشگر برق شهر) |

هر واژه را زیر تصویر ابزار متناظر خودش بنویسید (مثلاً Screw driver زیر پیچ‌گوشتی، Wire cutter زیر سیم‌چین).

۱۶۷ صفحه ۲۱۳ **فعالیت**

**1ـ Please research about Iran Transfo Company**

**2ـ Please study what frequency transformer remains unchanged.**

1. ایران ترانسفو از شرکت‌های بزرگ ایرانی سازندهٔ انواع ترانسفورماتورهای توزیع و قدرت (روغنی و خشک) است که در زنجان فعالیت دارد و محصولاتش را در داخل کشور مصرف و به چند کشور صادر می‌کند.
2. ترانسفورماتور فرکانس را تغییر نمی‌دهد: فرکانس ولتاژ ثانویه همان فرکانس اولیه است (در ایران 50 Hz). ترانسفورماتور فقط ولتاژ و جریان را تغییر می‌دهد و توان تقریباً ثابت می‌ماند.

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۱۶۸ صفحه ۲۱۴ **ترجمه و پاسخ**

**ترجمه کنید و پاسخ دهید: How is generating one cycle of AC?**

**What is a commutator?**

**How to minimize ripple in the DC generator output voltage?**

**How flow charges in DC voltage?**

**Explain DC and AC electricity how produced!**

1. (یک سیکل AC چگونه تولید می‌شود؟) با چرخاندن یک حلقه (سیم‌پیچ) در میدان مغناطیسی؛ یک دور کامل (۳۶۰ درجه) حلقه یک سیکل کامل موج سینوسی تولید می‌کند و ولتاژ به‌صورت مثبت، صفر، منفی و دوباره صفر تغییر می‌کند.
2. (کموتاتور چیست؟) حلقهٔ شکافته (چندتکه) روی محور ژنراتور DC است که با جاروبک‌ها جریان متناوب سیم‌پیچ را به جریان یک‌جهته در مدار بیرونی تبدیل می‌کند.
3. (چگونه ریپل ولتاژ خروجی ژنراتور DC کم می‌شود؟) با افزایش تعداد سیم‌پیچ‌ها و تیغه‌های کموتاتور (با زاویهٔ جابه‌جا نسبت به هم) تا ولتاژها روی هم افتند و موج صاف‌تر شود؛ همچنین با فیلتر خازنی.
4. (بارها در ولتاژ DC چگونه جریان می‌یابند؟) بارها همیشه در یک جهت و با اندازهٔ ثابت جریان می‌یابند؛ قطب مثبت همواره نسبت به منفی مثبت است.
5. (جریان DC و AC را شرح دهید.) DC: جریان یک‌جهته با ولتاژ ثابت که با باتری، منبع تغذیه و ژنراتور DC تولید می‌شود. AC: جریان و ولتاژی که جهت و اندازه‌اش دوره‌ای تغییر می‌کند (موج سینوسی) و با حرکت رسانا در میدان مغناطیسی طبق قانون القای فارادی در آلترناتور تولید می‌شود.

۱۶۹ صفحه ۲۱۵ درک مطلب

**A. read each statement and decided whether it is true or false. Write T before true statement and F before false statements.**

**1_ Just DC generators use Faraday's principle of induction.**

**2_ AC electricity can now be synthesized by invertors and fix-speed motor drive.**

**3_ In DC voltage, the positive pole always has a positive voltage with respect to the negative pole.**

**4_ AC voltage takes the form of sine wave.**

**5_ when the conductor moves through a magnetic field, voltage is induced.**

**?C. What was the invention of Tesla**

| شماره | پاسخ | دلیل |
|---|---|---|
| 1 | F | ژنراتورهای AC هم از اصل القای فارادی استفاده می‌کنند. |
| 2 | T | برق AC را اکنون می‌توان با اینورتر و درایو موتور تولید کرد. |
| 3 | T | در DC قطب مثبت همواره نسبت به منفی ولتاژ مثبت دارد. |
| 4 | T | ولتاژ AC به شکل موج سینوسی است. |
| 5 | T | حرکت رسانا در میدان مغناطیسی ولتاژ القا می‌کند. |

**C:** اختراع تسلا: موتور و سیستم برق متناوب (AC motor / AC system) بود که حق ثبت آن را به وستینگهاوس فروخت.

۱۷۰ صفحه ۲۱۶ **درک مطلب**

**D. Read and practice and write summary of the text. (Transformer nameplates)**

پلاک ترانسفورماتور چند مشخصهٔ استاندارد دارد: توان ظاهری (VA یا kVA)، ولتاژ نامی اولیه و ثانویه، امپدانس نامی (برای ۲۵ کیلوولت‌آمپر و بیشتر)، مقدار و نوع مایع عایق، و برای ترانسفورماتور خشک، کلاس دمایی عایق سیم‌پیچ. اطلاعات دیگر شامل شمارهٔ سریال، تعداد فاز، فرکانس، افزایش دمای مجاز (بر پایهٔ دمای محیط ۳۰ درجه)، قطبیت، درصد امپدانس، نمودار اتصال، نام سازنده، جنس هادی سیم‌پیچ، سطح عایقی پایه و وزن کل است. نمادهای U–W (دو سمت متفاوت)، U/W (دو ولتاژ از یک سیم‌پیچ)، U×W (سیم‌پیچ دو قسمتی سری یا موازی) و U Y/W (ستاره، U = √3 W) ولتاژ نامی را نشان می‌دهند. کار با فرکانس کمتر از مقدار نامی باعث اشباع هسته و گرمای بیشتر می‌شود.

توشه ای برای موفقیت

۱۷۱ صفحه ۲۱۸ **فعالیت**

**3ـ Write the parameters from the Transformer nameplate.**

**Serial number ... Number of phases ... Frequency ... Voltage rating ... kVA Rating ... Temperature ... Rise ... Polarity ... Percentage Impedance ... Connection Diagram ... Name of Manufacturer Type of insulating liquid ... Conductor Material for each Winding Basic Insulation Level (BIL) Total Weight (kg)**

نمونه مقادیر یک ترانسفورماتور توزیع (باید با پلاک واقعی تطبیق داده شود):

| پارامتر | مقدار نمونه |
|---|---|
| Serial number | شمارهٔ سریال: 1234567 |
| Number of phases | تعداد فاز: ۳ |
| Frequency | فرکانس: ۵۰ هرتز |
| Voltage rating | ولتاژ نامی: ۲۰۰۰۰/۴۰۰ ولت |
| kVA Rating | توان نامی: ۶۳۰ کیلوولت‌آمپر |
| Temperature Rise | افزایش دما: ۶۵ درجه |
| Polarity | قطبیت: کاهشی |
| Percentage Impedance | درصد امپدانس: ۴٪ |
| Connection Diagram | نمودار اتصال: Dyn11 |
| Name of Manufacturer | نام سازنده: روی پلاک |
| Type of insulating liquid | مایع عایق: روغن معدنی |
| Conductor Material | جنس هادی: مس |
| Basic Insulation Level (BIL) | سطح عایقی پایه: ۱۲۵ کیلوولت |
| Total Weight (kg) | وزن کل: ۲۰۰۰ کیلوگرم |

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۱۷۲ صفحه ۲۲۲ فعالیت

**The parts of charge controller catalogue are shown. Determine the Persian equivalents of the following technical terms and write them. (Solar Irradiance, module, Charge controller, Battery, Inverter, DC Loads, AC Loads, Stand Alone System)**

| واژه | معادل فارسی |
|---|---|
| Solar Irradiance | تابش خورشیدی |
| module | ماژول (پنل خورشیدی) |
| Charge controller | کنترل‌کنندهٔ شارژ |
| Battery | باتری |
| Inverter | اینورتر (مبدل DC به AC) |
| DC Loads | بارهای DC |
| AC Loads | بارهای AC |
| Stand Alone System | سیستم مستقل (جدا از شبکه) |

شمارهٔ هر واژه را با شمارهٔ بخش مربوط در شکل تطبیق دهید.

۱۷۳ صفحه ۲۲۳ فعالیت

**Convert horsepower to kilowatts in the table. (hp = 5, 10, 15, 20, 30)**

$P(kW) = 0.746 \times P(hp)$

| hp | kW |
|---|---|
| 5 | 3.73 |
| 10 | 7.46 |
| 15 | 11.19 |
| 20 | 14.92 |
| 30 | 22.38 |

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

۱۷۴ صفحه ۲۲۳ فعالیت

**.Please study a Inverter catalogue and translate important section**

نمونه ترجمهٔ بخش مشخصات یک کاتالوگ اینورتر:

| واژه | معادل فارسی |
|---|---|
| Input voltage | ولتاژ ورودی |
| Output voltage | ولتاژ خروجی |
| Rated power | توان نامی |
| Frequency | فرکانس |
| Efficiency | بازده |
| Overload protection | حفاظت اضافه‌بار |
| Short circuit protection | حفاظت اتصال کوتاه |
| Operating temperature | دمای کار |

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۱۷۵ صفحه ۲۲۵ درک مطلب

**A. read each statement and decided whether it is true or false. Write T before true statement .and F before false statements**

**1ـ Solar system water pumps have a short life and expensive maintenance cost.**

**2ـ These pumps when maintained well last for more than 25 years on the field.**

**3ـ The ability of direct current pumps is less than that of alternating current pumps.**

**4ـ In this AC electropump, you should use a direct voltage converter to the alternating .voltage**

**5ـ The price of adirectelectromotor is cheaper than alternating electropump.**

**6ـ In the ACelectromotor, the price ofinverter will be so expensive.**

**.B. Please answer the questions**

**?What are the benefits of using a solar pump**

**?What types of solar pumps are there**

**?Which type of solar pumps is more common**

**?What type of solar pump is economically better? Why**

**?Which pump is used with inverter**

| شماره | پاسخ | دلیل |
|---|---|---|
| 1 | F | عمر زیاد و هزینهٔ نگهداری کم دارند. |
| 2 | F | در صورت نگهداری خوب بیش از ۱۵ سال کار می‌کنند. |
| 3 | T | توان پمپ‌های DC کمتر از پمپ‌های AC است. |
| 4 | T | برای پمپ AC باید مبدل DC به AC (اینورتر) به‌کار برد. |
| 5 | F | موتور AC ارزان‌تر از DC است. |
| 6 | T | قیمت اینورتر زیاد است. |

**:B**

1. هزینهٔ نگهداری کمتر، عمر بیشتر (بیش از ۱۵ سال)، رایگان بودن منبع انرژی، حذف هزینهٔ خطوط انتقال، دیزل‌ژنراتور و سوخت، مناسب برای زمین‌های دور از شبکهٔ برق.
2. دو نوع: پمپ‌های جریان مستقیم (DC) و جریان متناوب (AC).
3. پمپ‌های DC، چون خروجی ماژول خورشیدی مستقیم است.
4. پمپ DC، زیرا نیاز به اینورتر گران ندارد، هرچند موتور DC گران‌تر از AC است؛ ولی در مجموع ارزان‌تر تمام می‌شود.
5. پمپ AC (متناوب) با اینورتر به‌کار می‌رود.

**۱۷۶** صفحه ۲۲۸ **فعالیت**

**Write the parameters from the motor's nameplate: Voltage :... Frequency: ... Type: ... Power ... : factor: ... Enclosure : ... kW or horsepower**

نمونه مقادیر یک پلاک موتور سه‌فاز (باید با پلاک واقعی تطبیق داده شود):

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

| پارامتر | مقدار نمونه |
|---|---|
| Voltage | ولتاژ: ۳۸۰/۶۶۰ ولت (مثلث/ستاره) |
| Frequency | فرکانس: ۵۰ هرتز |
| Type | نوع: سه‌فاز القایی قفس سنجابی |
| Power factor | ضریب توان: $\cos \varphi = 0.85$ |
| Enclosure | حفاظت پوسته: IP55 |
| kW or horsepower | توان: ۷٫۵ کیلووات (حدود ۱۰ اسب بخار) |

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

۱۷۷ صفحه ۲۳۰ **فعالیت**

**.Please search and study about application of each kinds of MCBs**

**Now, fill the blank according to the curves. Type B MCB trips between ..... times full load current. Type C MCB trips between ..... times full load current.**

- نوع B: بین ۳ تا ۵ برابر جریان نامی قطع می‌کند؛ مناسب مصارف مقاومتی مثل روشنایی و تجهیزات خانگی.
- نوع C: بین ۵ تا ۱۰ برابر جریان نامی قطع می‌کند؛ مناسب بارهای القایی مثل موتورهای کوچک و لامپ‌های تخلیه.
- نوع D: بین ۱۰ تا ۲۰ برابر؛ مناسب بارهای با جریان راه‌اندازی زیاد مثل ترانسفورماتور و موتورهای بزرگ.

**این جواب ممکن است دقیق نباشد.**

**این فایل توسط سایت ایران‌توشه تهیه شده است.**
irantooshe.ir