

16.単相交流、インピーダンス・力率

出題率が高いのは、これが一般に使われている交流電気の基本だからです。

このあたりの問題が理解できないと、ご家庭の電気に関する計算が出来ません。

電力会社から供給される電気は交流電気です。



交流電気は波の様に変化しながら送電されています。そんな交流電気は電気機器に入ると直流に変換されます。

整流器やコンデンサ、コイルなどが使用されて初めて家庭にある電気機器は作動します。

単相交流の最大値、実行値、平均値

波の様に変化する交流電気は一定の電圧や電流ではありません。

最大値と実効値の関係式は以下ようになります。

$$E_a = \frac{2 E_m}{\pi}$$

E_m は E_{max} の意味。

実効値は同じ発熱効果を生じる直流の電流値です。

そういった値にしないと、オームの法則などには使えません！ また、平均値という値もあります。

E_a は $E_{average}$ の意味

$$E_a = \frac{2 E_m}{\pi}$$

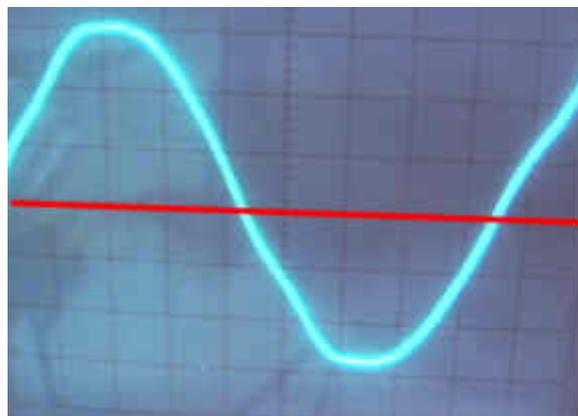
一般家庭の100Vと呼ばれている電圧は実効値であり、

最大値は $E_m = 100\sqrt{2} \doteq 141V$ 、平均値は $E_a = 2 \times 141 (E_m) \div 3.14 \doteq 90.1V$ となります。

一般家庭の電圧も瞬間的には141V流れるということです！

インピーダンス

下の写真はオシロスコープによる電圧の波形を測定したモノ。



赤い線を挟んで、上下に電圧が変化しています。

こんな交流電気ですが家庭で使用する電気機器は交流を直流に変換して使用しています。

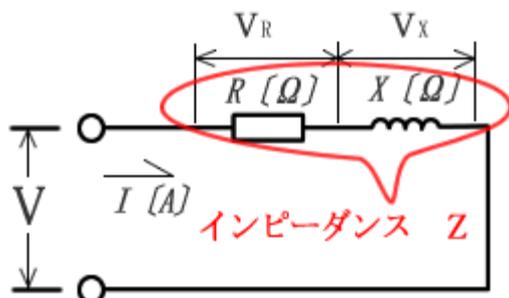
最初から直流を送ればよいのですが、直流電気は送電での劣化が大きいので、交流で電気は届けられます。

また、電圧を簡単に上げ下げできる利点もあります。

そんな交流電気もそのままではご家庭の電気機器では使用できません。整流器、コイル、コンデンサなどを組み合わせて直流に変換し安定させる部品が電気機器の中に入っています。

さて、コイルとコンデンサですが、抵抗と組み合わせると抵抗が増えます。一般的にいうと電気を食います。理由があって組み込んでいるのかもしれませんが、わがままな奴なのでそのまま一緒になる(普通に計算)のを良しとしないのです。

そんな小難しい関係なので、抵抗との合成はちょっと気を遣ってしまいまして、合成抵抗はインピーダンスなる呼び方をします。



何にせよ合成しなければオームの法則の式には代入できませんので、これを合成します。

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

これが、インピーダンス(Z)を求める式です。

単位はもちろん[Ω]です。

これは**オームの法則**で言えば“R”に該当しますので、そのまま式に代入すれば、電圧や電流を求めることができます。

参考書に載っている以下の式は、正直覚えなくても良い様な気がします。

$$V_R = \frac{VR}{\sqrt{R^2 + X^2}} \quad V_X = \frac{VX}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

左は抵抗の電圧、右はコイルの電圧を求める式

I=V/Rにインピーダンス $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ を代入、すると $I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + X^2}}$ の式になります。

これを更にV=IRの式に代入すると、先ほどの式になります。

力率

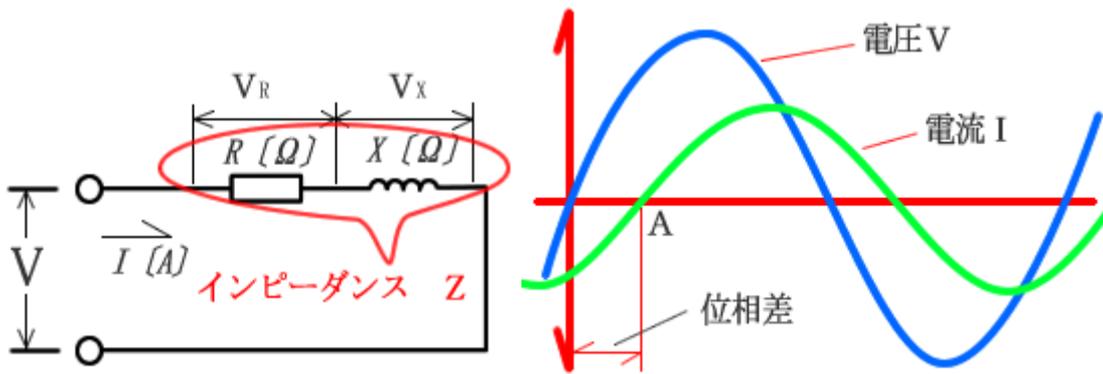
正直、第2種電気工事士の試験にインダクタンスやキャパシタンスの理解がいるとも思えませんが、力率の存在だけは交流の計算をするときに切っても切れません。

$P[W] = IV \cos \theta$ だからです。

黒文字の部分だけを見れば、電力を求める式です。

それにみよ～なモノが付いています。それが $\cos \theta$ です。

これはコサイン シータと読みます。 $\cos \theta$ は力率です。



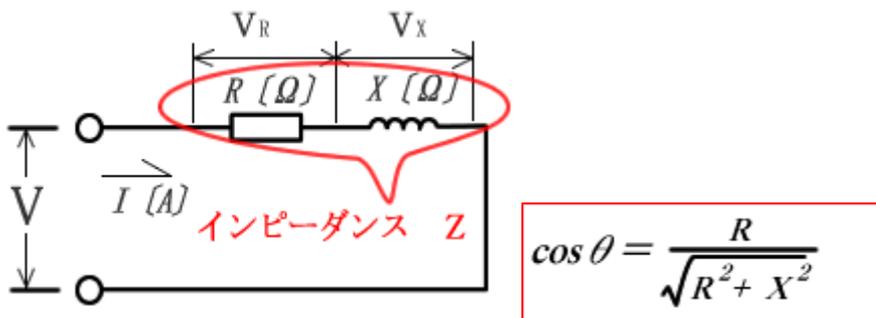
回路は学習のために抵抗にコイルを組み込んだ、無駄であり得ないモノですが、コイルを組み込んであるので右の図のように電圧と電流の波形がずれています。位相差となっているAの地点だと、電圧はプラスにあるようですが、電流は0です。これでは電気として不完全で仕事は出来ません。まあ、全体として仕事が出来ていればそれで良しとして、じゃあ、このズレ(位相差)が無いときに比べてどの程度の割合なのかを計算するのが力率です(乱暴な説明ですが、これ以上の理解は試験に必要ありません)

そして、100V 交流、電流 10A、力率 85%の回路だとすると、 $P[W]=10 \times 100 \times 0.85=850W$ ということになります。

この力率はインピーダンスによって変わってきます。

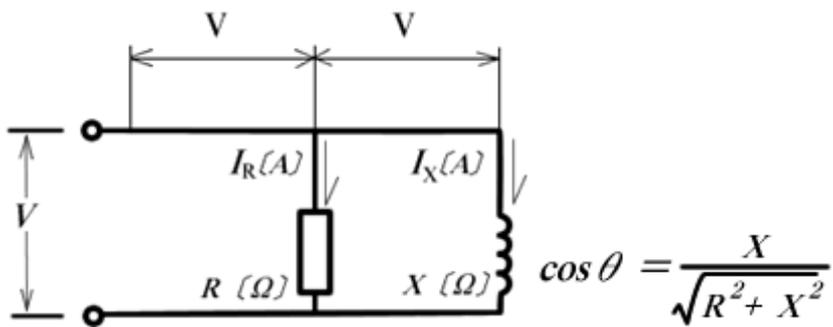
この関係式が次のようなモノです。

直列回路



インピーダンスにおける抵抗の割合です。

並列回路



並列の場合はインピーダンスにおけるコイルの割合が力率になります。

並列回路の場合は分流していますので、電流からも力率を求めることができます。

$$\cos \theta = \frac{I_R}{\sqrt{I_R^2 + I_X^2}} \quad I = \sqrt{I_R^2 + I_X^2}$$

CコンデンサとLコイルが並列接続の時は、電流は $I = I_X - I_C$ となります。

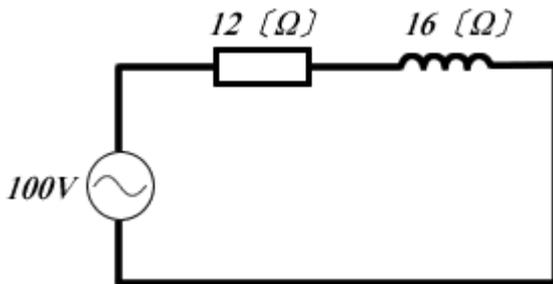
本当に難しいですねえ。

とりあえず問題を解いていくうちに使う公式が身に付きますので、例題をやってみましょう。



例題から考えよう！

図のような回路で、流れる電流[A]と力率[%]は。



- イ. 5A 40% ロ. 5A 60% ハ. 10A 80% ニ. 10A 90%

$$Z = \sqrt{12^2 + 16^2} = \sqrt{400} = 20 \Omega \text{ [インピーダンス } Z \text{ の求め方]}$$

$$I = V / R = 100 / 20 = 5 \text{ A [オームの法則]}$$

$$\cos \theta = R / \sqrt{R^2 + X^2} \text{ より } = 12 / 20 = 0.6 \text{ となる。}$$

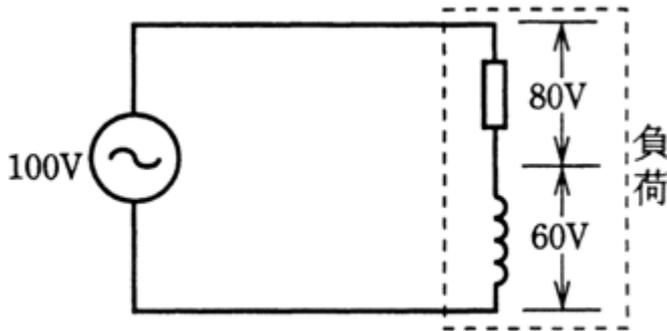
$$\% \text{ にする } \times 100 = 60\%$$

答えはロです。



例題から考えよう！

図のような交流回路で、抵抗の両端の電圧が 80[V]、リアクタンスの両端の電圧が 60[V]であるとき、負荷の力率[%]は。



- イ. 43 ロ. 57 ハ. 60 ニ. 80

この場合、全電圧と負荷にかかる電圧が提示されているので、その比が力率となる。

$$=80/100=0.8$$

$$\%にする \times 100=80\%$$

答えはニです。

POINT

この問題について「何故こうなってるのですか」と質問があったので追記します。

負荷とコイルにそれぞれ掛かっている電圧が 80V と 60V。これを「何故」ということなんですが、これは電気の基本として、直列回路では電圧は分圧するという事からするとおかしな事を感じてしまうでしょう。

20Vはどこから来たのでしょうか？

これ、説明はとても難しくなります。ですので、今は(多分一生でも問題はないでしょう)、コイルやコンデンサはで特殊な働きをするとだけ覚えてください。

また、試験問題ではこれらの内容を知らなくても全く支障がありません。

ただ、直列回路であれば **力率=抵抗の電圧/電源の電圧**

並列回路であれば **力率=抵抗への電流/全体の電流** で、力率を計算できることも、頭に入れておいた方がよいでしょう。

ちなみに、この図で抵抗は 4Ω 、コイルは 3Ω です。

$Z=\sqrt{16+9}=5\Omega$ インピーダンスは 5Ω です。

電流は $I=100/5=20A$

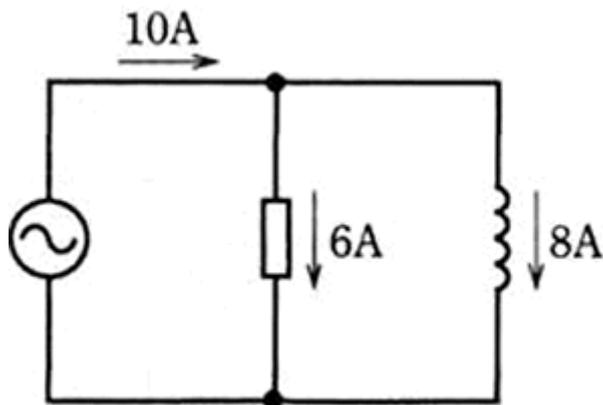
そうすると、抵抗に掛かる電圧 V は $V=20 \times 4=80V$ コイルに掛かる電圧 V は $V=20 \times 3=60V$ となります。

ですが！コイルは電気抵抗と同じように抵抗とはなるのですが、エネルギーを消費しないのです。したがって、計算上必要な数値ではありますが、見せかけの数値と捉えて問題ありません。

それでは、もっと問題をこなしてゆきましょう。

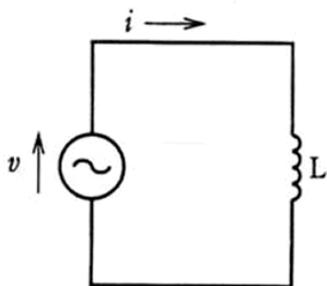
Practice 練習問題をやってみよう!

1. 図のような回路で、抵抗に流れる電流が $6[A]$ 、リアクタンスに流れる電流が $8[A]$ であるとき、回路の力率[%]は。

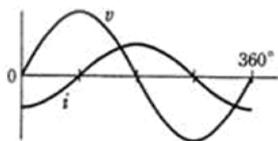


- イ. 43 ロ. 60 ハ. 75 ニ. 80

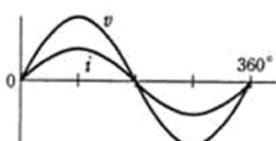
2. 図のような正弦波交流回路の電源電圧 v に対する電流 i の波形として、正しいものは。



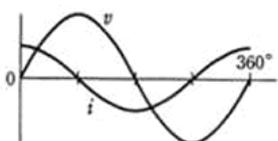
イ.



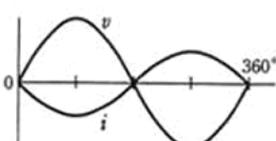
ロ.



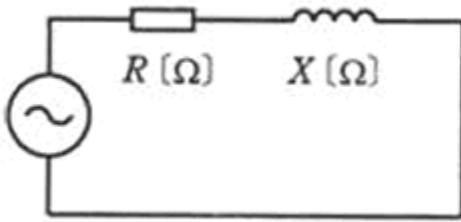
ハ.



ニ.



3. 図のような交流回路の力率[%]を示す式は。



イ. $\frac{100R}{\sqrt{R^2 + X^2}}$ ロ. $\frac{100RX}{R^2 + X^2}$ ハ. $\frac{100R}{R + X}$ ニ. $\frac{100X}{\sqrt{R^2 + X^2}}$

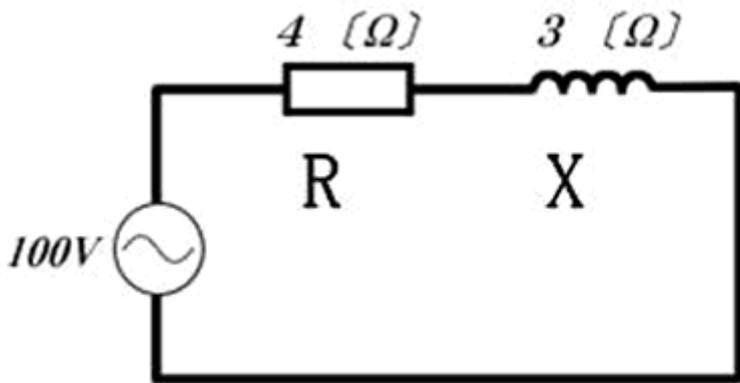
4. 力率の最もよい電気機械器具は。

- イ. 電気ストーブ ロ. 電気洗濯機 ハ. 交流アーク溶接機 ニ. 高圧水銀灯

5. 単相 200[V]回路で消費電力 2.0[kW]、力率 80[%]のルームエアコンを使用した場合、回路に流れる電流[A]は。

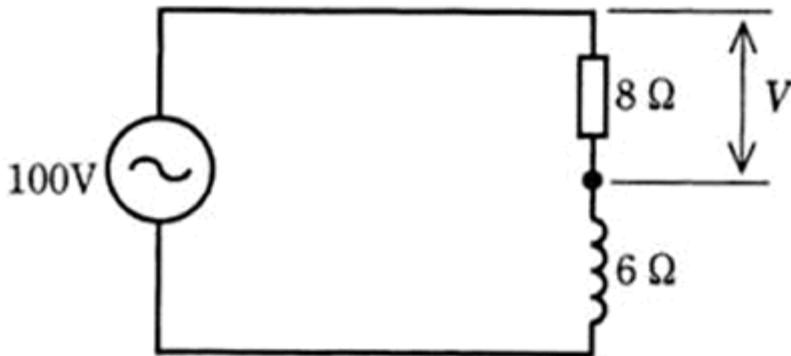
- イ. 7.5 ロ. 8.0 ハ. 10.0 ニ. 12.5

6. 図のような交流回路において、抵抗 4Ω とコイル 3Ω に加わる電圧は。



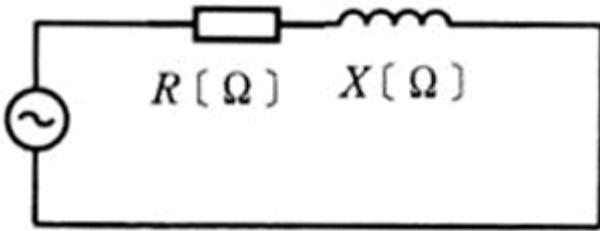
- イ. R:40 ロ. R:60 ハ. R:80 ニ. R:100
 X:30 X:40 X:60 X:80

7. 図のような交流回路において、抵抗 8Ω の両端間の電圧 $V[V]$ は。



- イ. 43 ロ. 57 ハ. 60 ニ. 80

8. 図のような交流回路の力率を示す式は。



- イ. $\frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}}$ ロ. $\frac{RX}{R^2 + X^2}$ ハ. $\frac{R}{R + X}$ ニ. $\frac{R}{X}$

9. 単相 100[V]の屋内配線回路で、消費電力 100[W]の白熱電球4個と負荷電流5[A]、力率 80[%]の単相電動機 1 台を 10 日間連続して使用したときの消費電力量[kW・h]の合計は。

- イ. 8 ロ. 192 ハ. 216 ニ. 246

Answer 答え合わせをしましょう。

1. 口

$$\cos \theta = \frac{I_R}{\sqrt{I_R^2 + I_X^2}}$$

式に当てはめると、

$$\cos \theta = 6 / \sqrt{64 + 36} = 6 / 10 = 0.6\% \text{にする} \times 100 = 60\%$$

2. イ

テキスト確認。

3. イ

$$\cos \theta = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

式に%にする×100を付けると解答となります。

4. イ

電気ストーブは白熱電球と同じく、交流電気そのままで使用できます。

つまり安定器など用いないので、力率は100%です。

5. ニ

$$P = IV \cos \theta \text{ より、} I = P / (V \cos \theta)$$

$$I = 2000 / (200 \times 0.8)$$

$$I = 2000 / 160 = 12.5\text{A}$$

6. ハ

$$VR=100 \times 4 / \sqrt{4^2+3^2}=400 / \sqrt{25}=400 / 5=80V$$

$$VX=100 \times 3 / \sqrt{4^2+3^2}=300 / \sqrt{25}=300 / 5=60V$$

インピーダンスZの式しか思い出せなくても、こんな解き方があります。

$$Z=\sqrt{4^2+3^2}=5\Omega$$

$$I=V/R=100/5=20A \quad V=IR=20 \times 4=80V$$

結局同じ事をしているのですが、順序立てて考える基本は大事だということです。

7. ニ

これも順序立てて計算しましょう。

$$Z=\sqrt{8^2+6^2}=10\Omega$$

$$I=V/R=100/10=10A$$

$$V=IR=10 \times 8=80V$$

8. イ

力率はインピーダンスに対する抵抗の割合なので、

$$\cos \theta = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

9. ロ

白熱電球は力率が関係ない事に注意。 $100W \times 4個 = 400W$

電動機の電力 $P=IV\cos \theta$ より $=5A \times 100V \times 0.8=400W$

2つで $800W$ を連続 10 日間 $=800W \times 24h \times 10 日 = 192000W$

これを kW に直す。 $192000W \times 0.001 = 192$