

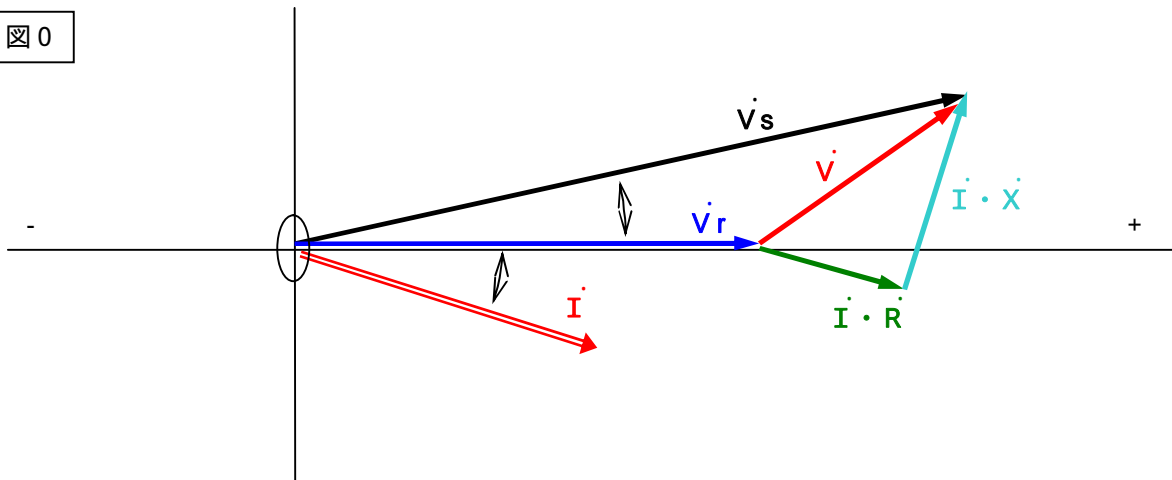
電圧降下のベクトル図

皆様 こんにちは
 今回のお題は「電圧降下のベクトル図」です。
 配線の電圧降下計算は、実務でも結構やります。
 この計算の基になるベクトル図をきちんと理解しましょう。

平成 鹿年 骨月 吉日
 貧電工付属 さいたまドズニ - ランド大学 学長 鹿の骨

さて、下図は配線の電圧降下のベクトル図を描いたものです。
 これを見て理解し、電圧降下の計算が出来る人 ==> この解説書 (擬き?) を読む必要はありません。
 これを見て理解出来ず、電圧降下の計算が出来ない人 ==> この解説書 (擬き?) を辛抱強く最後まで読んでください。

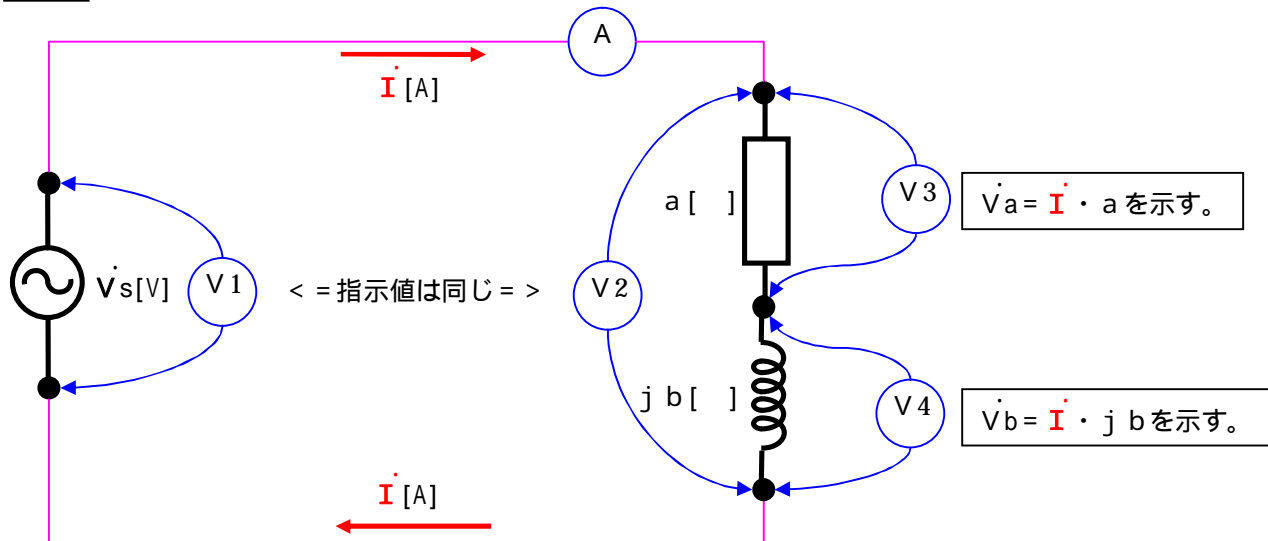
図0



さあ、骨流半分インチクさい解説の始まり始まり・・・。

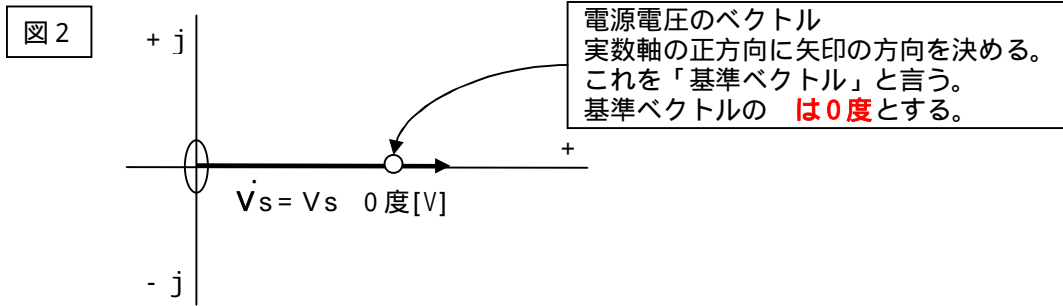
早速ですが下図を見てください。

図1



この回路図は、電源に定電圧の交流電圧電源、**回路のインピーダンス無し**、負荷は遅れ負荷としたものです。
 電圧計が4つ、電流計が1つあります。
 この回路図のベクトル図を描いて見ましょう。
 ベクトル図の書き方のイロハから始めます。

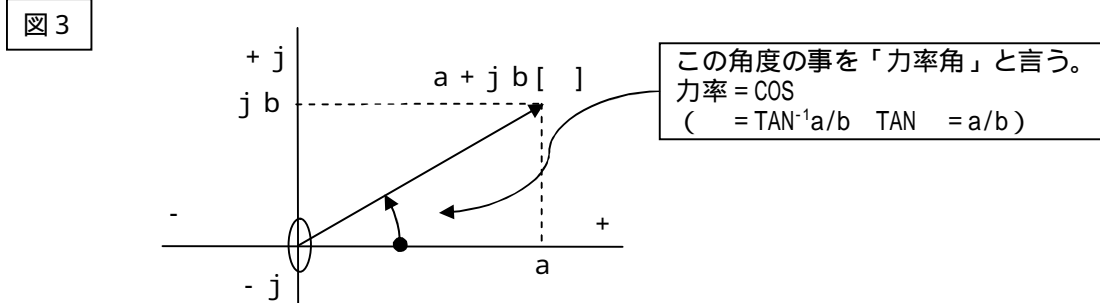
まず、電源電圧のベクトル図を描きます。図2の様になります。



電圧計V1の指示値は $|\dot{V}_s|$ の値が示されます。($|\quad|$ は **の絶対値を表す** 数学の記号。)

次に、負荷インピーダンスのベクトル図を描きます。

「負荷インピーダンスのベクトル図」?と思うかもしれませんが、下記の結果を見ると納得できると思います。



上図のベクトルを下記のように表す事も出来ます。

$$a + j b = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$\sqrt{a^2 + b^2} = Z$ と書き直すと、 $a + j b = Z$ となります。

負荷インピーダンスをZ (ベクトルです。)と書くと次のような式になります。

$$\dot{Z} = a + j b = Z \quad (\text{但し、} |\dot{Z}| = \sqrt{a^2 + b^2})$$

次は電流です。

電流もベクトル値ですから \dot{I} と置きます

電流(ベクトル値) = 電圧(ベクトル値) ÷ インピーダンス(ベクトル値) ですから (交流回路基本式のまんま)

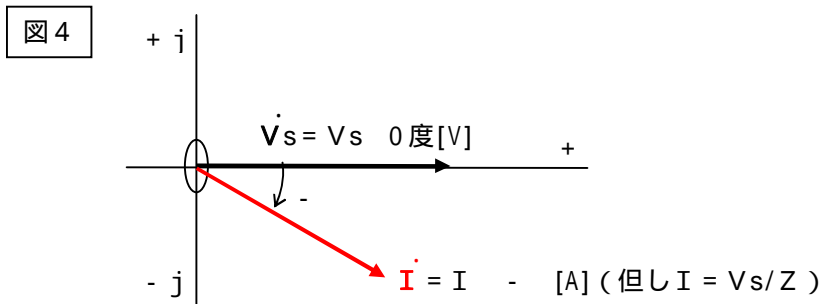
$$\dot{I} = \dot{V}_s \div \dot{Z} \text{ という式になります。}$$

これを書き直すと下記の式になります。

$$\dot{I} = V_s \ 0\text{度} \div Z$$

$$= V_s / Z \text{ --- 式}$$

これをベクトル図に描くと下図になります。



電流計A1の指示値は $|\dot{I}|$ の値が示されます。

此処まではそんなに難しい話ではありません。

此処までの話が難しくてワケガワカラン方は、申し訳ありません、もう少し勉強してからこの書き込みをお読みください。

次にV1及びV2の値ですが、これは線路インピーダンスを無視していますから同じ値になります。

(これが解らなかつたら、一回病院に行った方が良いと思うぞ。)

V2は負荷の両端の電圧、V3は抵抗の両端の電圧、V4はコイルの両端の電圧です。

V3及びV4の事を「分圧(ブンアツと読む)」と言います。

電圧降下のベクトル図とはこの分圧のベクトル値をそれぞれ記載したものです。

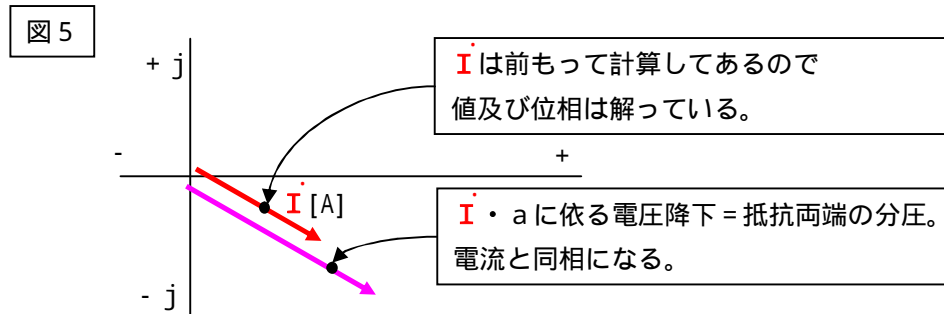
早速計算して見ましょう。

まずは、抵抗の両端の電圧から行きます。

$V_a = \dot{I} \cdot a$ という計算式になりますがこの式を変形すると

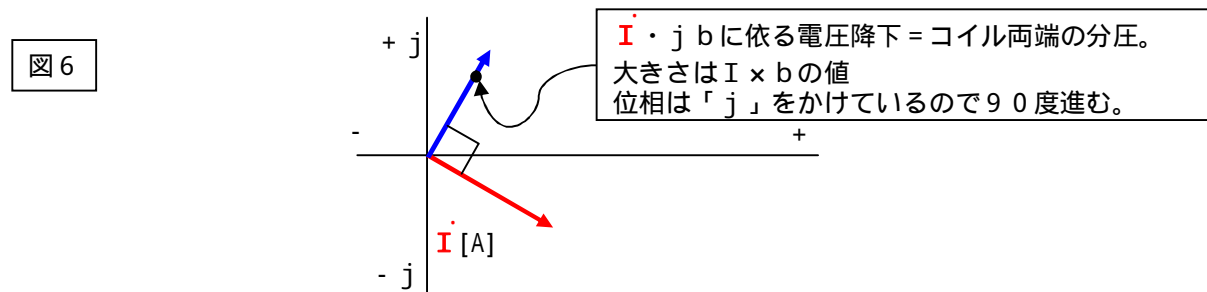
$$V_a = \dot{I} \cdot a$$

$= a \dot{I}$ となりますので、V3は \dot{I} と同相になることが解ります。これを図に書くと下記になります。

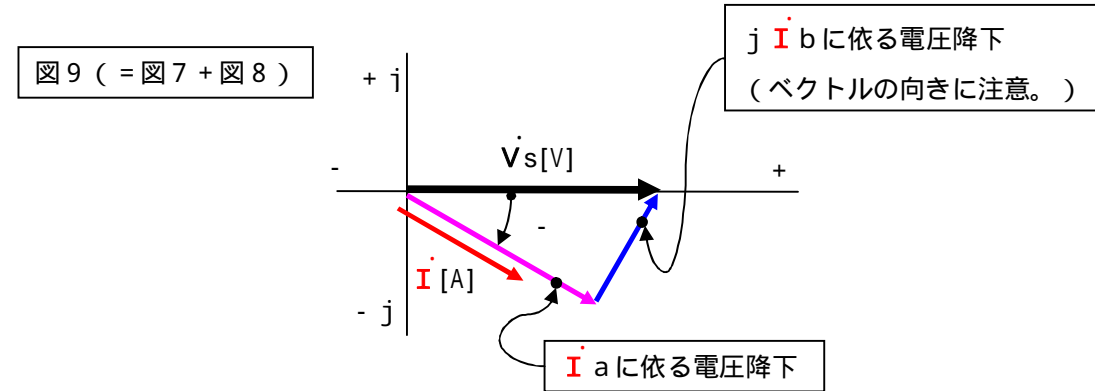
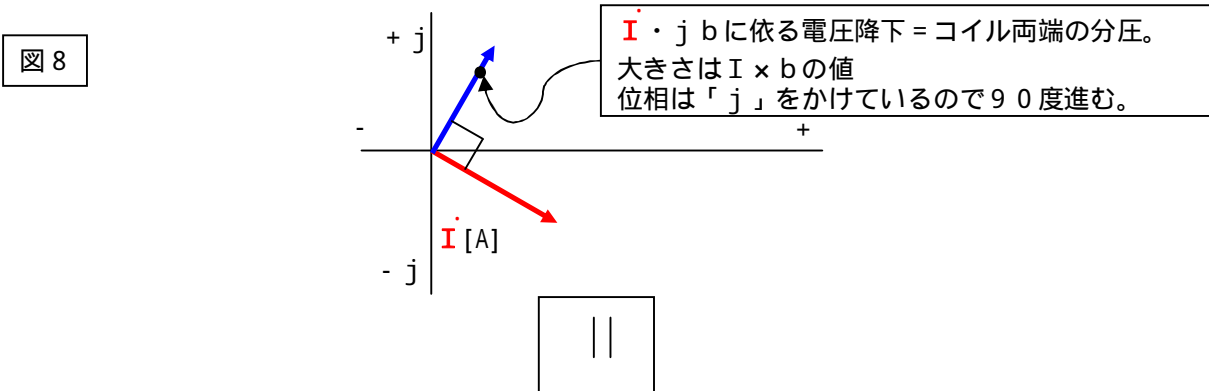
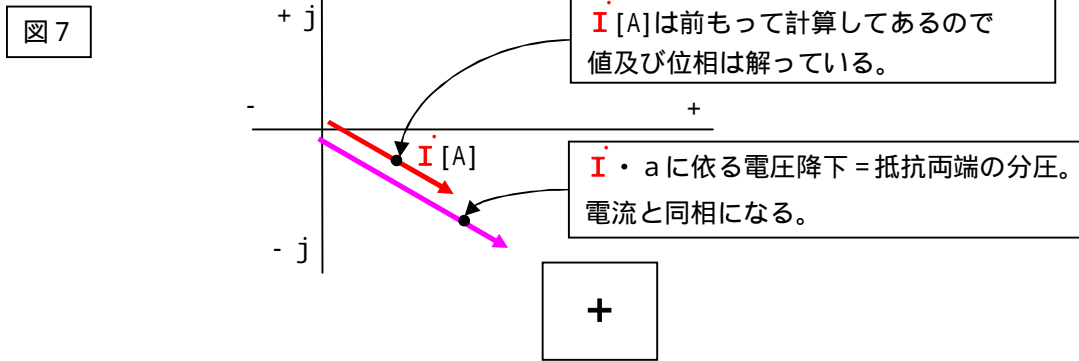


次に、コイルの両端の計算です。

$V_b = \dot{I} \cdot j b$ という計算式になりますので、これをベクトル図に書くと下図の様になります。



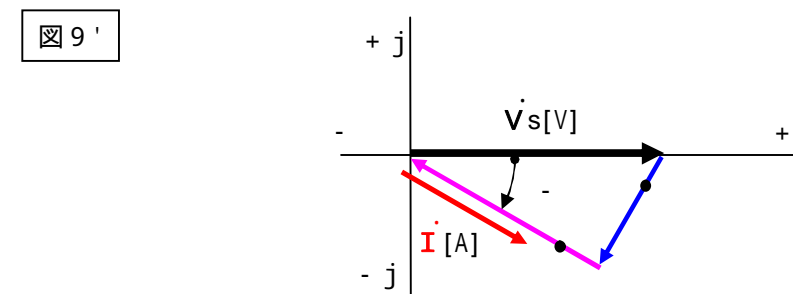
二つの図を合わせると次のようになります。



このベクトル図では起電力 = 電圧降下と考えています。

つまり $\dot{V}_s = \dot{I} a + j \dot{I} b$ (電源電圧は電圧降下の和に等しい) としています。

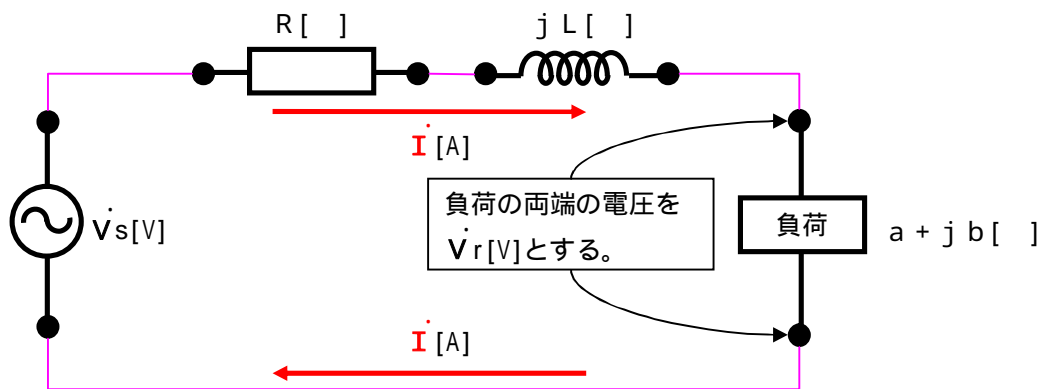
これを、 $\dot{V}_s - \dot{I} a - j \dot{I} b = 0$ (電源電圧から電圧降下の和を引くとゼロになる) という考え方で図を描き直すと下図になります。



間違いではありませんが、紛らわしく一般的ではありません。この書き込みではこの書き方はしないことにします。

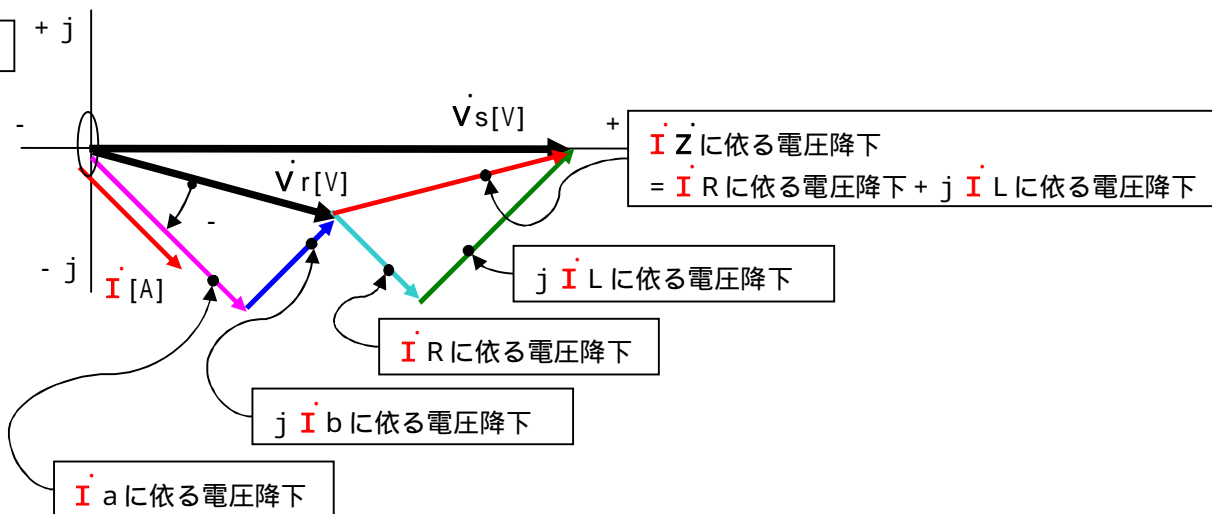
今度は図1の回路に線路インピーダンスを加えた回路を考えます。

図10



この回路のベクトル図は下図になります。
 考え方の基本は図1の回路にインピーダンスが無い場合と同じです。
 負荷は変わらず遅れ力率の場合で描いています。

図11



ここで注意してほしいことは下記です。

電流 \dot{I} は \dot{V}_s では無く、 \dot{V}_r の値と負荷インピーダンス ($a + j b$) で決まります。

電流(ベクトル値) = 電圧(ベクトル値) ÷ インピーダンス(ベクトル値) で計算されますが、此処で言う電圧は \dot{V}_s では無く \dot{V}_r です。(非常に重要!!)

(勿論、電流は \dot{V}_s に対しての電線のインピーダンス及び負荷のインピーダンスの和に依って決まりますが、 \dot{V}_r の値と負荷インピーダンスの値のみで決まると言う感覚が大事です。)

このベクトル図の基準ベクトルを、 \dot{V}_s では無く \dot{V}_r として描き直すと下記になります。

図12

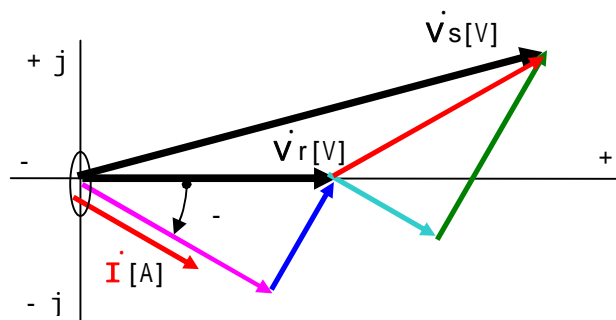


図 1 2 の内、配線の電圧降下計算に必要なベクトルを削除すると、下図になります。

図 1 3

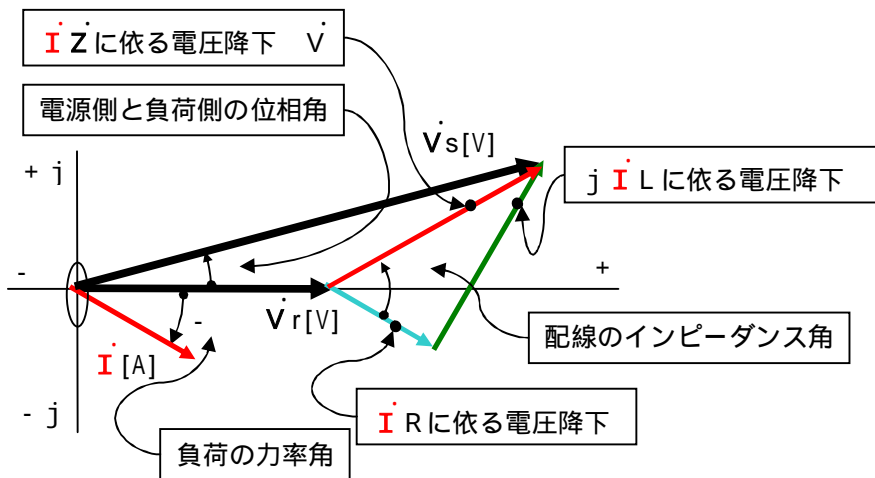


図 0 と同じものができあがりました。

図 0 では書かなかった角度が色々有ります。

(彩色や、線太さ等は若干違います。深い意味は有りません。)

さて、このベクトル図を元に配線の電圧降下計算を行います。

計算手法は色々有りますが、此処では最も一般的(と思われる)な方法で計算します。

この計算方法とは「値を幾何学的に求める。」と言うやり方です。

配線の電圧降下計算は図 1 3 上の $|V_s| - |V_r|$ の計算が出来れば良いことになります。

つまり「電源側の電圧の絶対値 - 負荷側の電圧の絶対値」を知りたい訳です。

ベクトル図としては、 $V_s = I Z + V_r$ ですから、 $V_s - V_r = I Z$ となり、計算により電圧降下のベクトル値 $I Z$ が求まりますが、ここで勘違いしてはいけないことは、 $|I Z|$ を計算しても電圧降下値の計算をした事にはならないと言うことです。

配線の電圧降下は通常、「何ボルトですか?」と聞いてきます。

この値が解ると、電源側の電圧からこの「何ボルト」の値を単純引き算すれば、負荷側に届く実際の電圧が解ります。

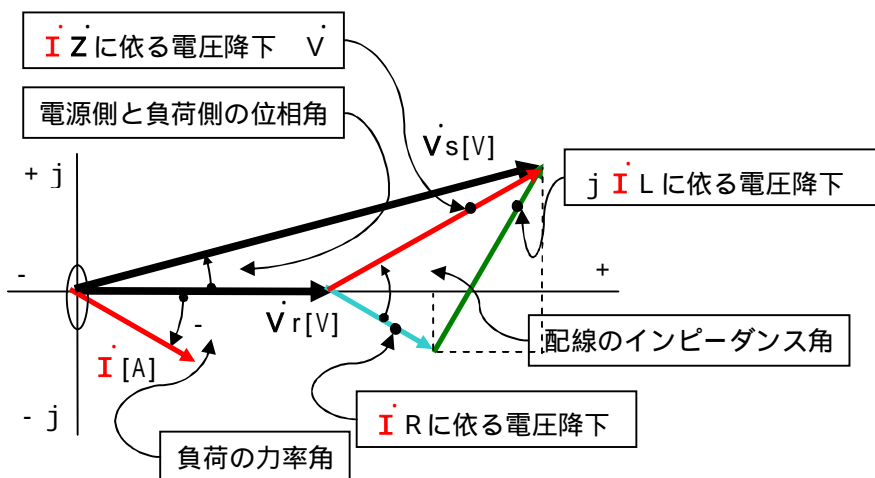
$I Z$ をベクトル値で与えられても、この「何ボルト」の値を計算するのは相当に厄介です。

紙面の都合上(本当は面倒くさいから)この計算は省略します。

では実際に幾何学的に求めて見ましょう。

下図のように補助線を引きます。

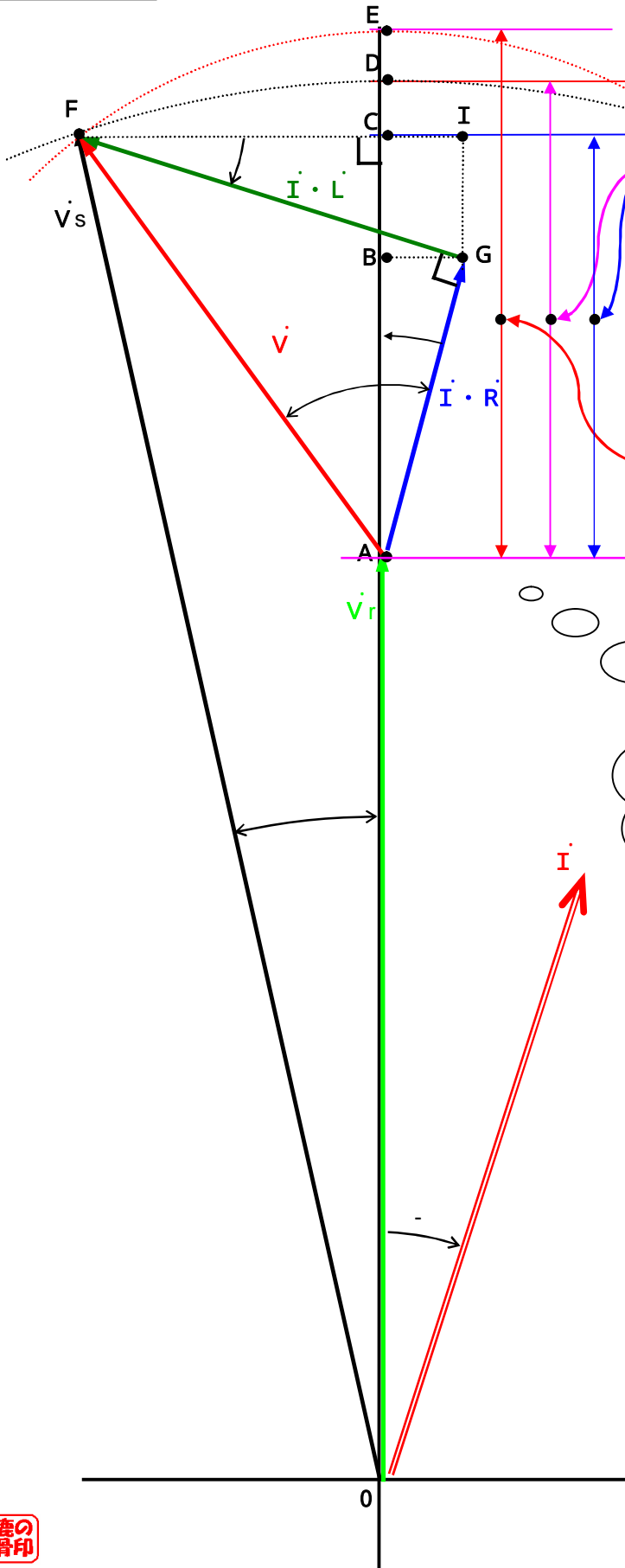
図 1 4



図が小さくて見難い!!! => 次ページに大きく描いたものを用意しました。

図14の拡大図は下記ようになります。
 図は用紙の都合で90度回転させています。

図14-1



実際に計算しなければならない
 電圧降下 V 値の長さは AD の長さである。
 (精密計算の場合。)
 簡易計算の場合は AC の長さでも良い。
 (普通は簡易計算で計算を行う。)

$|\dot{V}|$ と同じ長さ。 AE 。
 この長さは計算に無関係。

精密計算では AD の長さを計算し、簡易計算では AC の長さを計算すれば良いことになる。

早速計算したものを次ページに示す。

幾何学的に計算すると言っていますから、この式の元がベクトルであることは忘れてください。

まず簡単な方の「簡易計算」から行きます。

ACの長さを求めれば良いのですが、 $AC = AB + BC$ ですから、ABの長さともBCの長さを各々計算して合算します。

ABの長さ = AGの長さ \times COS

$$= |\vec{I} \cdot \vec{R}| \times \text{COS}$$

$$= I R \text{COS} \quad \leftarrow = \text{ベクトル式では無いことに注意！}$$

BCの長さ = GIの長さ

$$= FGの長さ \times \text{SIN}$$

$$= |\vec{I} \cdot \vec{L}| \times \text{SIN}$$

$$= I L \text{SIN}$$

従って

ACの長さ = $V = I R \text{COS} + I L \text{SIN}$ となります。

これは公式ですから是非覚えましょう。

全てスカラー式です。これで「何ボルト？」の「何」の部分の値が解ります。

尚、この値はCDの長さを無視した計算です。

通常の場合、この長さを無視しても計算結果は致命的に変わる訳ではありませんので、この式で充分実用になります。

今度は面倒くさい「精密式」です。

AD長さの内、ACの長さは上記の「簡易計算式」で求められますが、問題は残りのCDの長さをどうやって求めるか、です。

どの様に補助線を引いても、この線分の長さを求める三角形にたどり着けません。

従って、ピタゴラスの定理を使って下記のような式を立てます。

大きな直角三角形OFCでピタゴラスの定理を立てます。

$$OF^2 = OC^2 + FC^2$$

$$OF^2 = OC^2 + (FI - CI)^2$$

この式に値を代入すると

$$Vs^2 = (Vr + I R \text{COS} + I L \text{SIN})^2 + (I L \text{COS} - I R \text{SIN})^2$$

両辺の を取ると

$$Vs = \sqrt{(Vr + I R \text{COS} + I L \text{SIN})^2 + (I L \text{COS} - I R \text{SIN})^2}$$

となりますが、実はこの式はこれ以上展開できません。

小生も、参考書、サイト等を色々探したのですが、これ以上の式はありませんでした。

ですから、上の「簡易計算式」が一般的に用いられます。

と言うことで、これにて本日の講義はオシマイ。