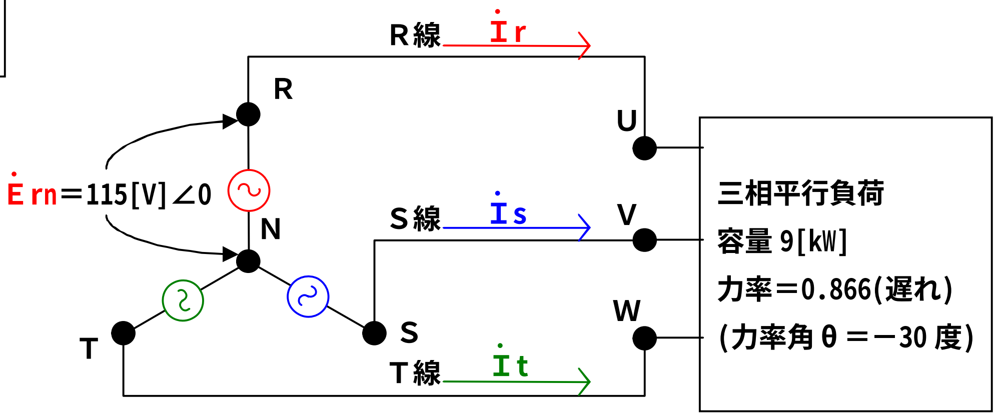
詳細説明　※１　力率角は何処に現れるか？

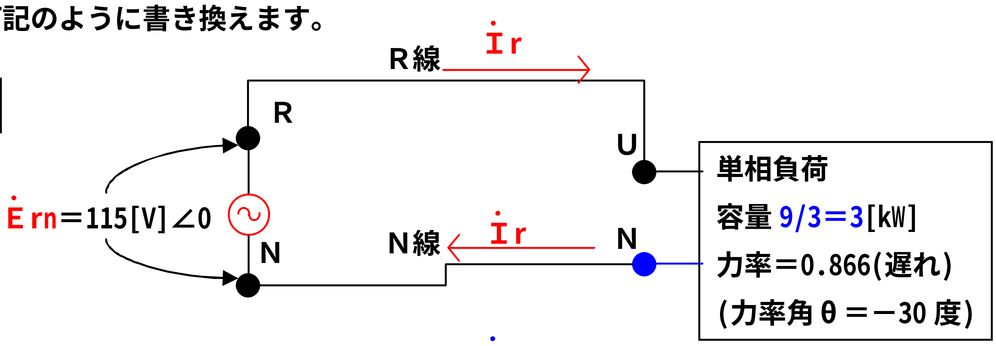
下図は図１０をそのまま記載したものです。

図１０
再度掲載

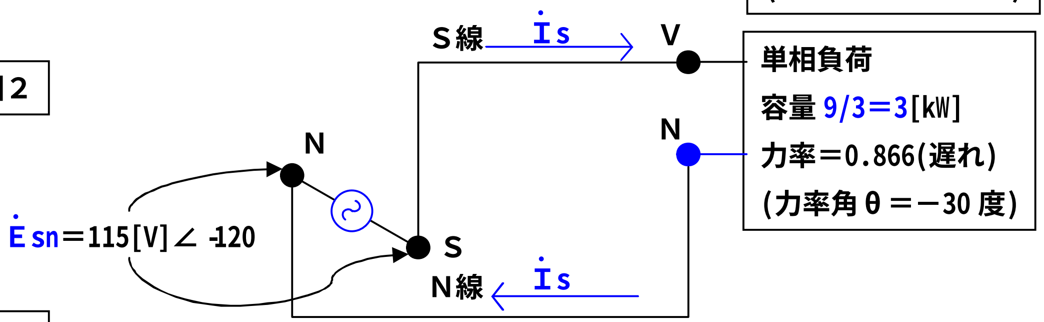


この図を下記のように書き換えます。

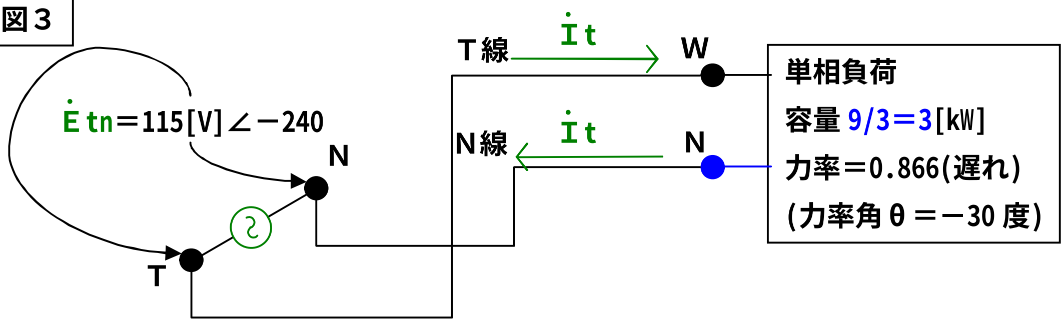
資料図１



資料図２



資料図３



ご覧の通り、単相回路×３セットに分解しました。
資料図１の電流を計算してみます。

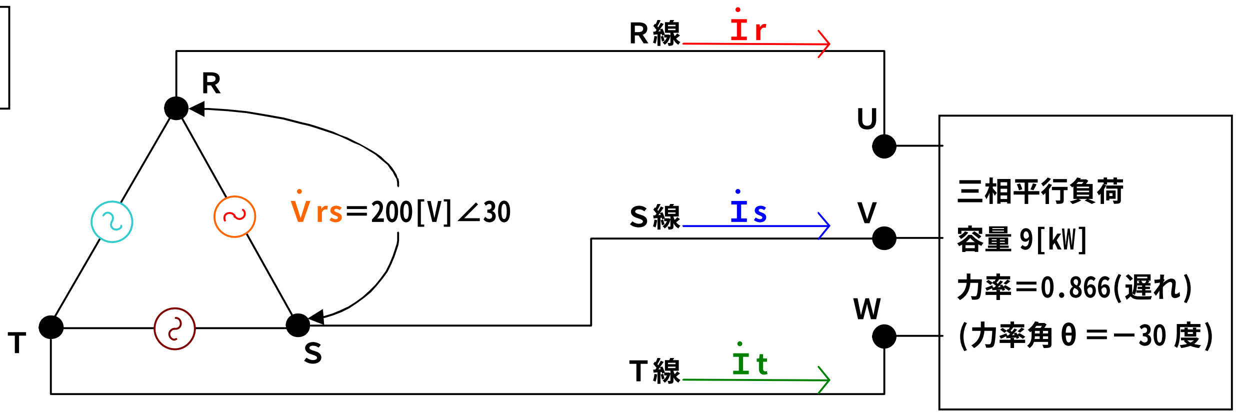
$|\dot{I}_{rs}|$＝容量[kW]÷力率÷線間電圧（ＵＮ間の電圧）×1000
　　　＝3000÷0.866÷115
　　　＝30.00[A]

この値は図１０の電流値と同じです。力率角も同じです。
つまり、資料図１～図３の電流は図１０の電流と全く同じ電流です。
又、資料図１～図３の負荷を合算すると、図１０の負荷と同じになります。
Ｎ線に流れる３つの電流を総て合算するとゼロになります。
この３つの回路図を合算して元に戻す場合。Ｎ線は撤去出来ます。（Ｎ線は無くても良い。）
ですから、線電流は、相電圧に対して力率角を伴って流れると言えます。
三相は単相×３セットと言うのはこういう事を指します。

鹿の骨印

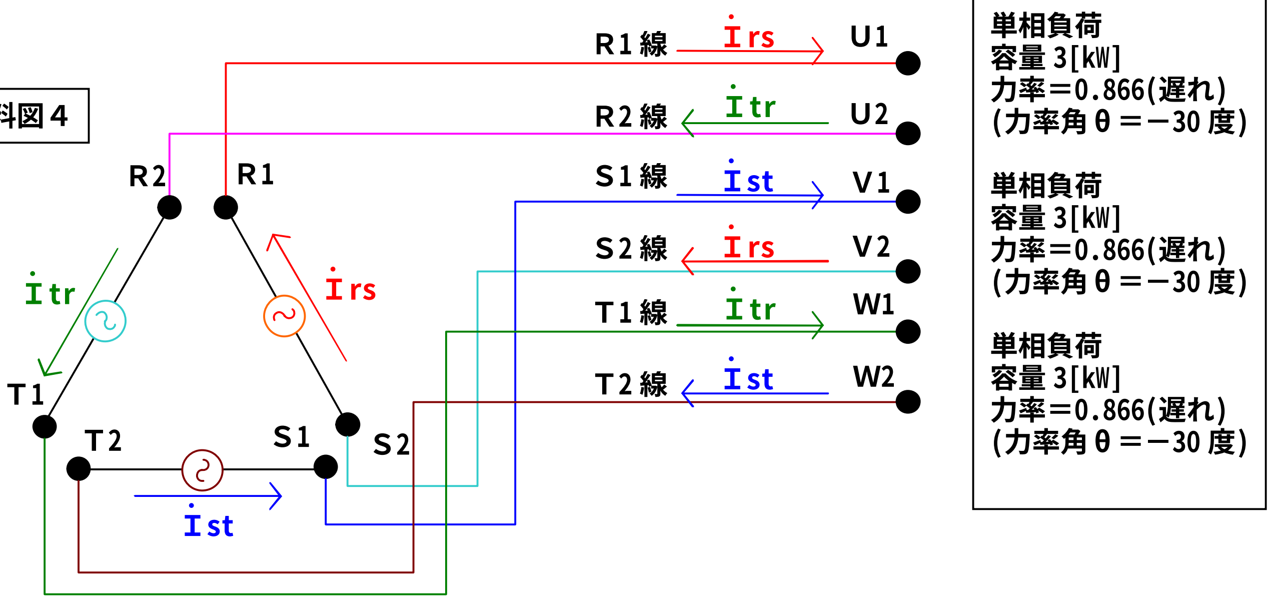
今度はデルタの場合です。

図１３
再度掲載



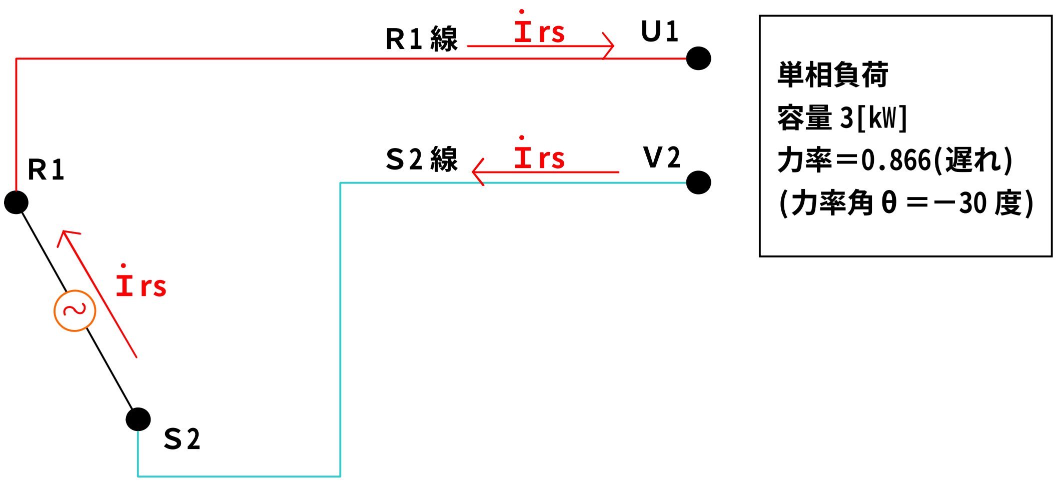
この図を下記のように分解します。

資料図４

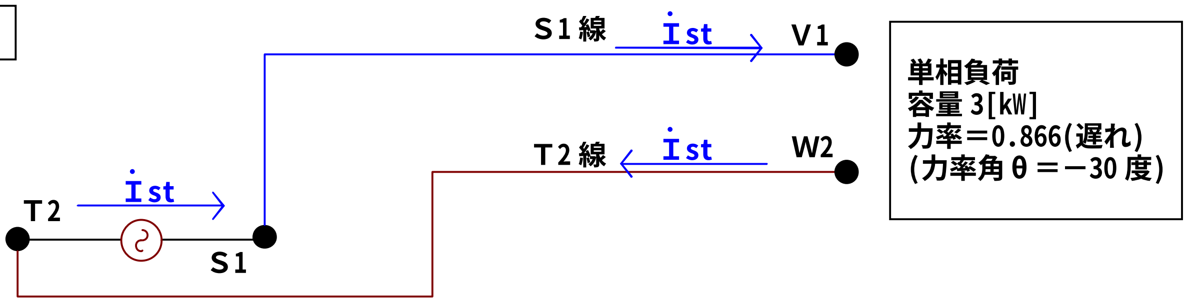


この図をさらに下記のように分解します。上の図をバラバラにしただけです。

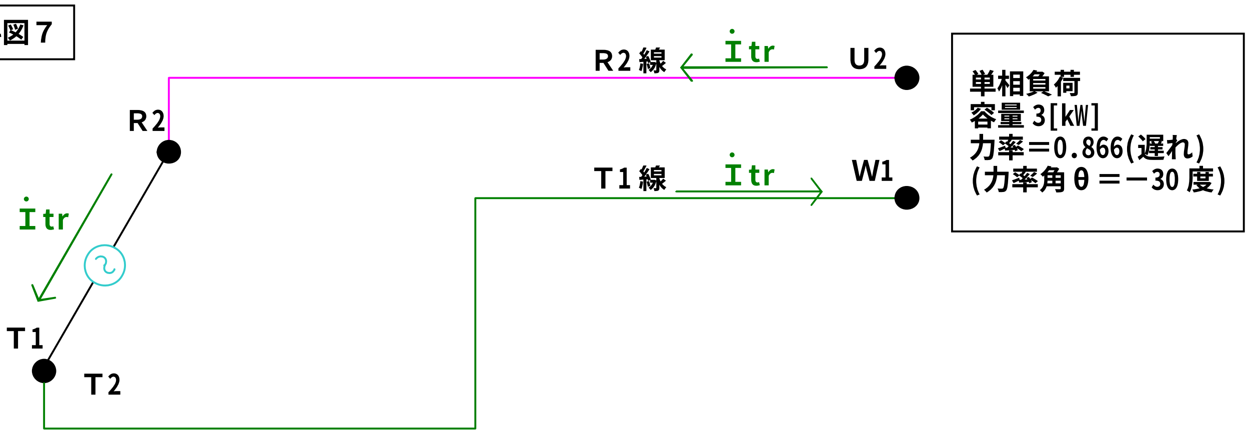
資料図５



資料図６

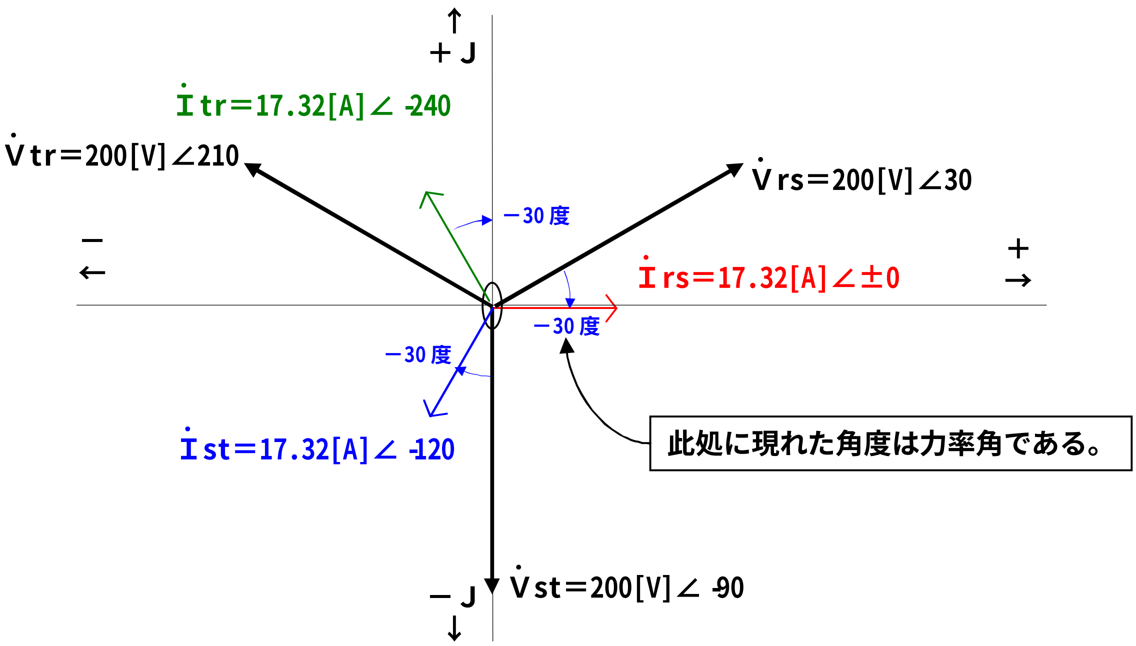


資料図７



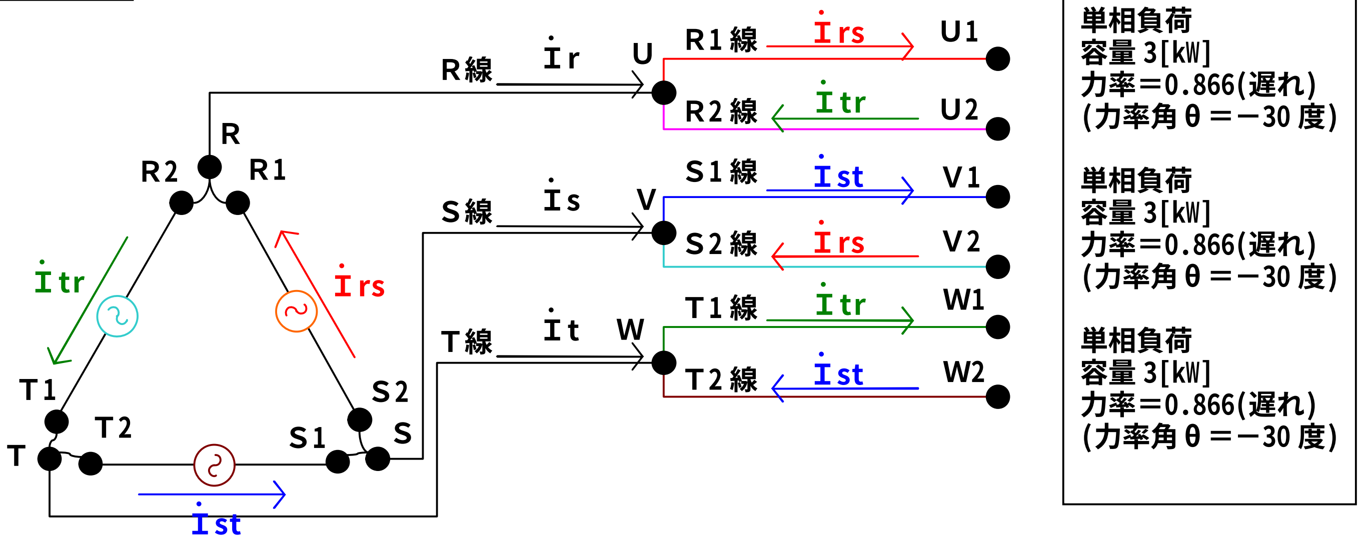
各回路の電源電圧は総て２００Ｖで共通です。
負荷容量も３kW で共通ですので各線電流は下記の式で計算出来ます。
|$\dot{I}$rs |= |$\dot{I}$st |= |$\dot{I}$tr |=3000[W]÷0.866(力率)÷200[V]＝17.32[A](＝30[A]×1/√3)
$\dot{I}$rs の位相角ですが、これは$\dot{V}$rs に対して 30 度遅れになります。
（電流がどの電圧に対して位相角＝力率角を持つかを理解するのが重要。）
$\dot{V}$rs が 200[V]∠30 で示されていますから、$\dot{I}$rs は 17.32[A]∠±0 となります。
同様に$\dot{I}$st は 17.32[A]∠ -120、$\dot{I}$tr は 17.32[A]∠ -240 となります。
コレをベクトル図に描くと下図になります。

資料図８



各電流が解りましたので、今度はコレを合成します。

資料図９



何やら怪しげな回路図ですが、R１線とR２線をまとめてR線としたものです。
S１S２をS線に、T１T２をT線にまとめています。
RSTに流れる電流を$\dot{I}r$、$\dot{I}s$、$\dot{I}t$とすれば、この電流は図１３の電流と同じにならなければインチキです。
では実際に計算してみましょう。
U●点で電流則を立てます。
$\dot{I}r+\dot{I}tr-\dot{I}rs=0$（点に流入する電流をプラス、流出する電流をマイナスで計算。）

$\dot{I}r=\dot{I}rs-\dot{I}tr$
$=17.32[A]\angle\pm0-17.32[A]\angle-240$
$=17.32+J0-(17.32COS-240+JSIN-240)$
$=17.32+J0-(-8.66+J15.0)$
$=25.98-J15.0$
$=30\angle archtan(-15/25.98)$
$=30[A]\angle-30$

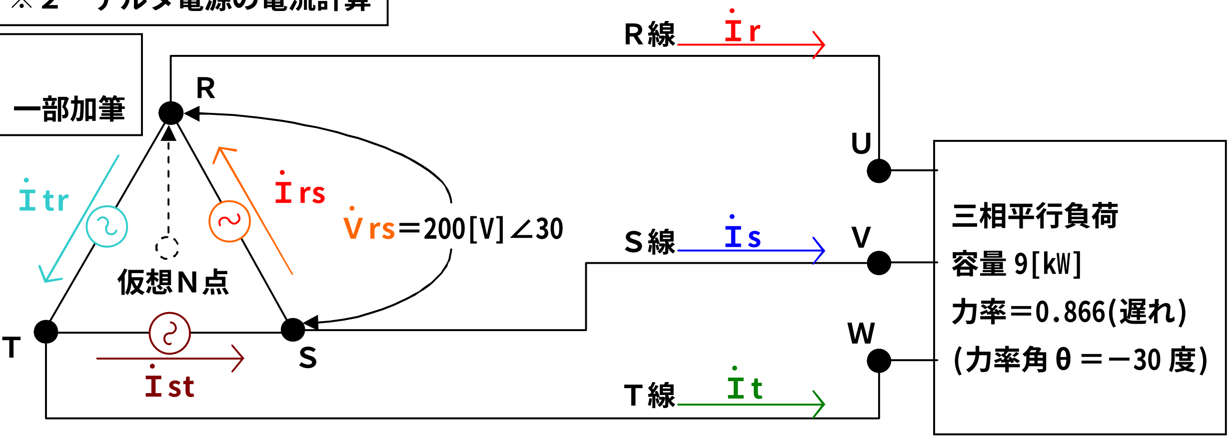
無事元の$\dot{I}r$と今回の$\dot{I}r$は同じものになりました。
同様に、V●点、W●点で計算を行えば、$\dot{I}s$、$\dot{I}t$の計算が出来ます。

この様に解析すれば、デルタの場合も、どの電圧に対して電流が力率角を持つのか理解出来ると思います。
このやり方は、本来配線が３本のところを無理矢理６本にバラして計算し、最後に又３本にまとめると言うやり方ですから、面倒くさいやり方です。
ですから電源がデルタの場合でも、仮想のスター結線を定義して計算した方が楽です。
どちらが解りやすいかは人それぞれですから、好みに応じて計算すれば良いと思います。

注記
archtan は角度を求める関数です。
tanθ＝αとすると、θ＝archtanα　の関係があります。
archtan を tan^{-1} と書くこともあります。

詳細説明　※２　デルタ電源の電流計算

図１３
再度掲載、一部加筆



上図の電源に流れる電流を計算します。
線電流は既に解っています。

$\dot{I}r=30[A]\angle -30$、$\dot{I}s=30[A]\angle -150$、$\dot{I}t=30[A]\angle -270$　となっています。

複素数で表せば、

$\dot{I}r=30[A](0.866-J0.5)=25.98-J15$

$\dot{I}s=30[A](-0866-J0.5)=-25.98-J15$

$\dot{I}t=30[A](0+J1)=0+J30$

となります。

$\dot{I}rs$、$\dot{I}st$、$\dot{I}tr$ を求める為に、R●点、S●点、T●点で電流則を立てます。

$\dot{I}rs-\dot{I}tr-\dot{I}r=0$

$\dot{I}rs=\dot{I}tr+\dot{I}r$　－－－－　①式

同様に

$\dot{I}st=\dot{I}rs+\dot{I}s$　－－－－　②式

$\dot{I}tr=\dot{I}st+\dot{I}t$　－－－－　①式

不明な値が３つ、式が３つですから、この方程式は解けるように見えますが、実は解けません。

①＋②＋③の式を作って見ると・・・。

$\dot{I}rs+\dot{I}st+\dot{I}tr=\dot{I}tr+\dot{I}r+\dot{I}rs+\dot{I}s+\dot{I}st+\dot{I}t$

左辺計=0、右辺計=0 となり、0=0 となるだけです。

別の手法で解きます。

$\dot{I}rs$ の絶対値は $|\dot{I}rs|$です。（絶対値マークを付けただけ。当たり前の話。）

$\dot{I}rs=|\dot{I}rs|\angle\theta$ と表すと、$\dot{I}tr$ は $\dot{I}tr=|\dot{I}rs|\angle(\theta-240)$と書けます。（位相が -240 度ずれているだけ。）

$|\dot{I}rs|\angle(\theta-240)$はさらに、$|\dot{I}rs|\angle\theta\times1\angle-240$ と書けます。（極座標の公式のまんま）

従って、$\dot{I}tr=\dot{I}rs\times1\angle-240$ となります。

コレを①式に代入します。

$\dot{I}rs=\dot{I}tr+\dot{I}r$　－－－－　①式

$\dot{I}rs=\dot{I}rs\times1\angle-240+\dot{I}r$

$\dot{I}rs-\dot{I}rs\times1\angle-240=\dot{I}r$

$\dot{I}rs(1-1\angle-240)=\dot{I}r$

$\dot{I}rs\{1-(-0.5+J0.866)\}=\dot{I}r$

$\dot{I}rs(1.5-J0.866)=\dot{I}r$

$\dot{I}rs(3/2-J\sqrt{3}/2)=\dot{I}r$

$\sqrt{3}\dot{I}rs(\sqrt{3}/2-J1/2)=\dot{I}r$

$\sqrt{3}\dot{I}rs(\mathrm{COS}-30+J\,\mathrm{SIN}-30)=\dot{I}r$

$\sqrt{3}\dot{I}rs\times1\angle-30=\dot{I}r$

$\dot{I}rs=\dot{I}r\div\sqrt{3}\angle-30$

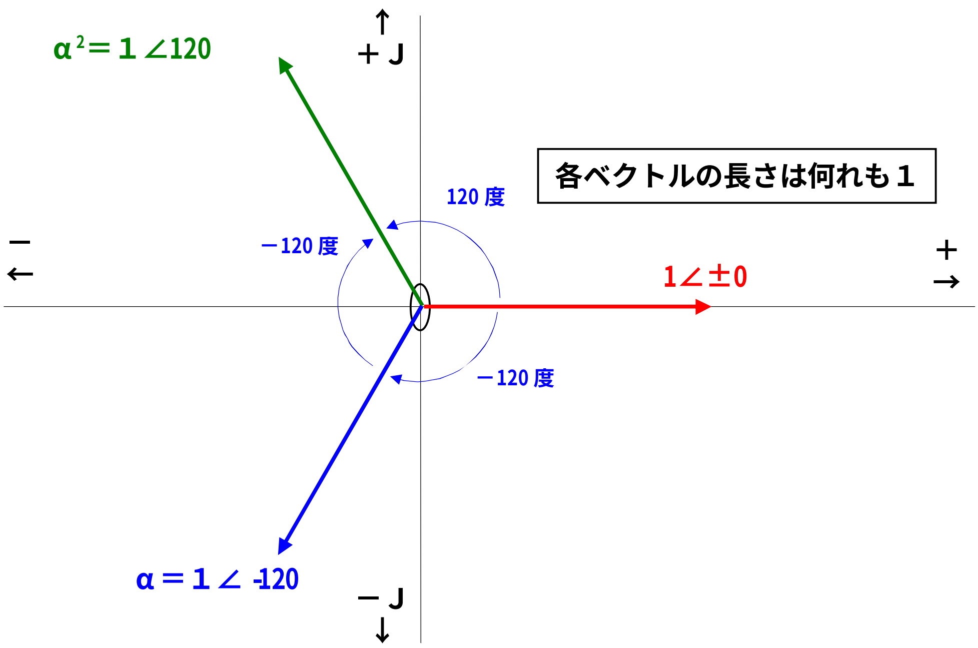
$\dot{I}rs=\dot{I}r\times1/\sqrt{3}\angle30$

この式は「$\dot{I}rs$ は $\dot{I}r$ に対して、大きさが $1/\sqrt{3}$ 倍で、位相が 30 度進む。」ことを示しています。

同様に $\dot{I}st$、$\dot{I}tr$ を求める事が出来ます。
$\dot{I}st = \dot{I}s \times 1/\sqrt{3}\angle 30$
$\dot{I}tr = \dot{I}t \times 1/\sqrt{3}\angle 30$
となります。
この様にして電源に流れる電流を求める事が出来ます。

ここでベクトルオペレータの話を書いておきます。
ベクトルオペレータは位相角が 120 度ずつずれたベクトルを　表すのに用いられるものです。
これをαと書くと次のようになります。
$\alpha = 1\angle -120 = \mathrm{COS}\ {-120} + J\,\mathrm{SIN}\ {-120} = \mathrm{EXP}(-J2\pi/3) = e^{J2\pi/3} = -1/2 - J\sqrt{3}/2$
$\alpha^2 = 1\angle -240$
$\quad = 1\angle 120$
$1 + \alpha + \alpha^2 = 0$ となります。
ベクトル図で説明すると解りやすいかもしれません。

資料図１０



三相交流は１２０度の位相差を持つ値で示されますので、このベクトルオペレータを使って表現すると、表記が簡単になります。
前ページ図１３の電源に流れる電流を下記のように書くことも出来ます。
$\dot{I}st = \alpha\dot{I}rs$　<＝＝ $\dot{I}rs$ と $\dot{I}st$ は大きさが同じで、位相差が 120 度ある。
$\dot{I}tr = \alpha^2\dot{I}rs$　<＝＝ $\dot{I}rs$ と $\dot{I}tr$ は大きさが同じで、位相差が 240 度ある。

雑感
小生が２０歳代の頃、Ｖ結線の解説書を読みましたが全く理解出来ませんでした。
又、低圧単相コンデンサを用いてトランスの利用率を上げ、契約電力を下げる手法などもありました。
当時は、電力会社との契約はトランス容量で行っていましたので、トランス容量を下げるのは契約電力を下げる有効な手法だったのです。（今はこんな馬鹿げた事はありません。）
全く理解出来ないので、こんなものは一生理解出来ないだろうと思っていました。
そして今、こうやって人様に向かって解説書を書いています。
実に不思議な気持ちです。

オシマイ