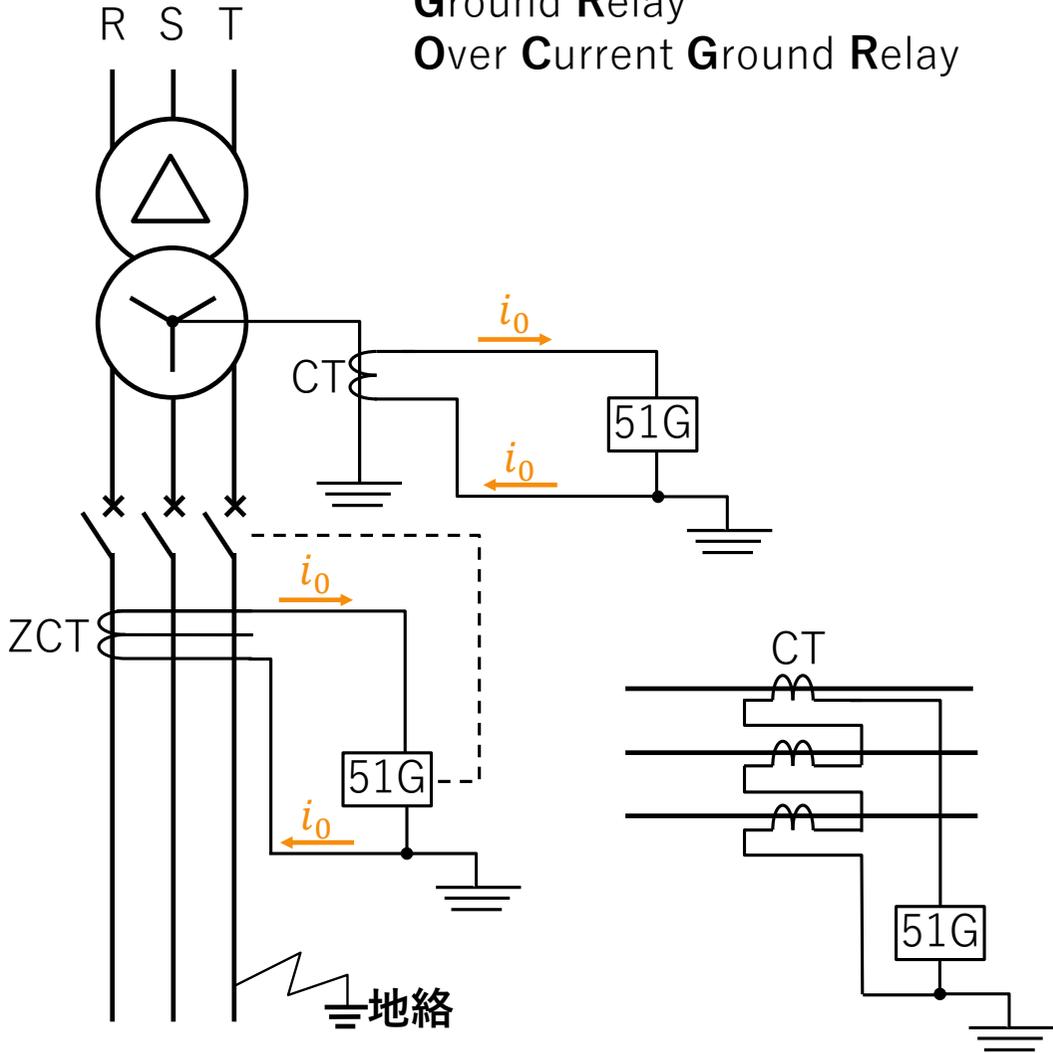


送電配変電 (7)

《地絡過電流継電器》

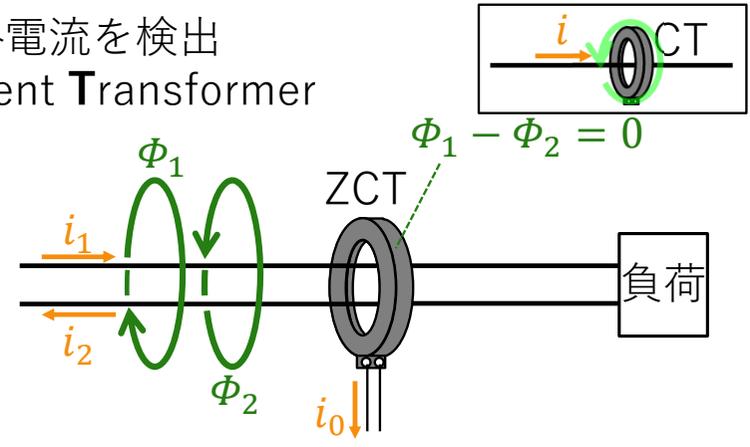
Ground Relay
Over Current Ground Relay



零相変流器：地絡電流を検出
Zero-phase Current Transformer

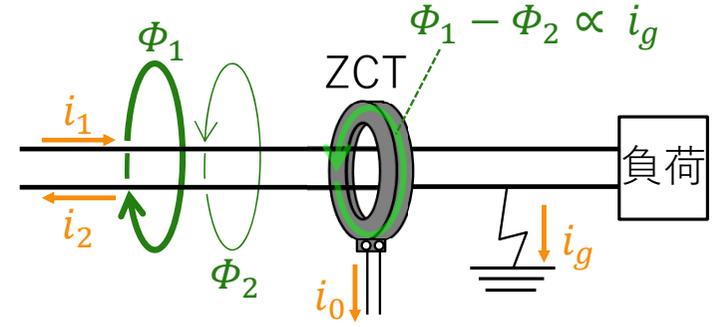
〈单相：正常時〉

$$\begin{cases} i_1 = i_2 \\ \Phi_1 = \Phi_2 \\ i_0 = 0 \end{cases}$$



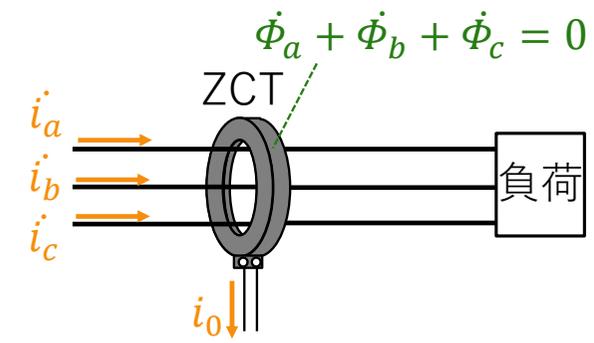
〈单相：地絡時〉

$$\begin{cases} i_2 = i_1 - i_g \\ \Phi_1 > \Phi_2 \\ i_0 > 0 \end{cases}$$

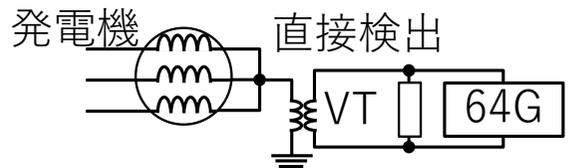


〈三相：正常時〉

$$\begin{cases} i_a + i_b + i_c = 0 \\ \dot{\Phi}_a + \dot{\Phi}_b + \dot{\Phi}_c = 0 \\ i_0 = 0 \end{cases}$$

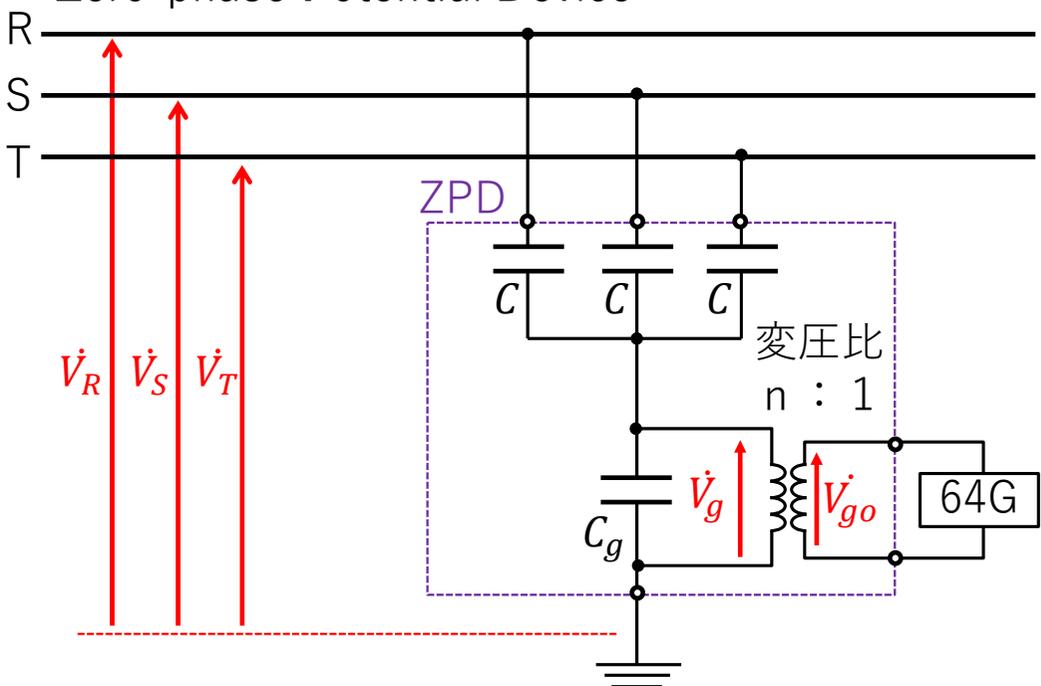


発送配変電 (7) 《地絡過電圧継電器》 **Over Voltage Ground Relay**

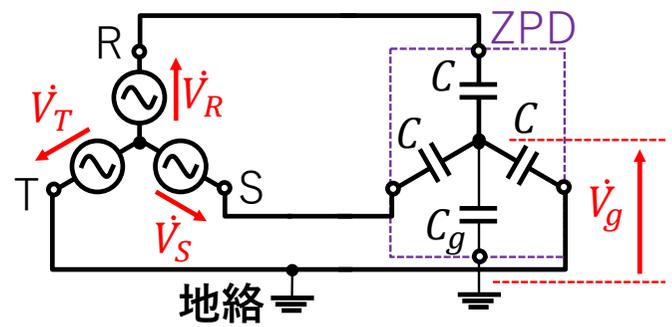


地絡電圧 = 中性点の対地電圧
= 零相電圧

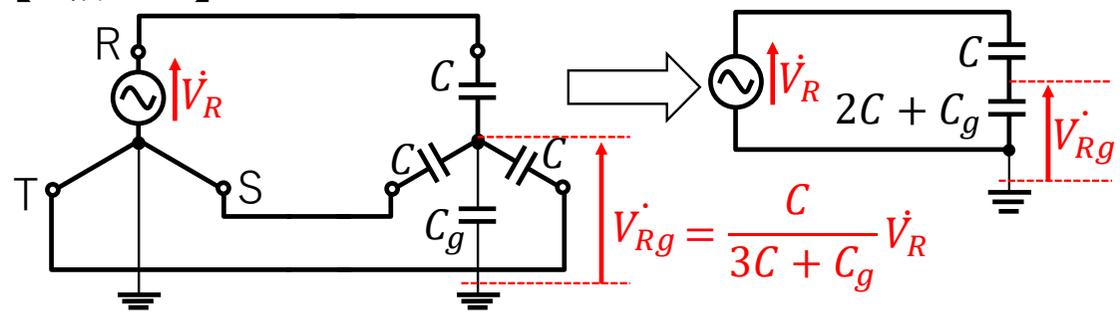
零相電圧検出装置：零相電圧を検出
Zero-phase Potential Device



零相電圧： $\dot{V}_0 = \frac{1}{3}(\dot{V}_R + \dot{V}_S + \dot{V}_T)$



【R相のみ】



【R相、S相、T相を重ね合わせた \dot{V}_g 】

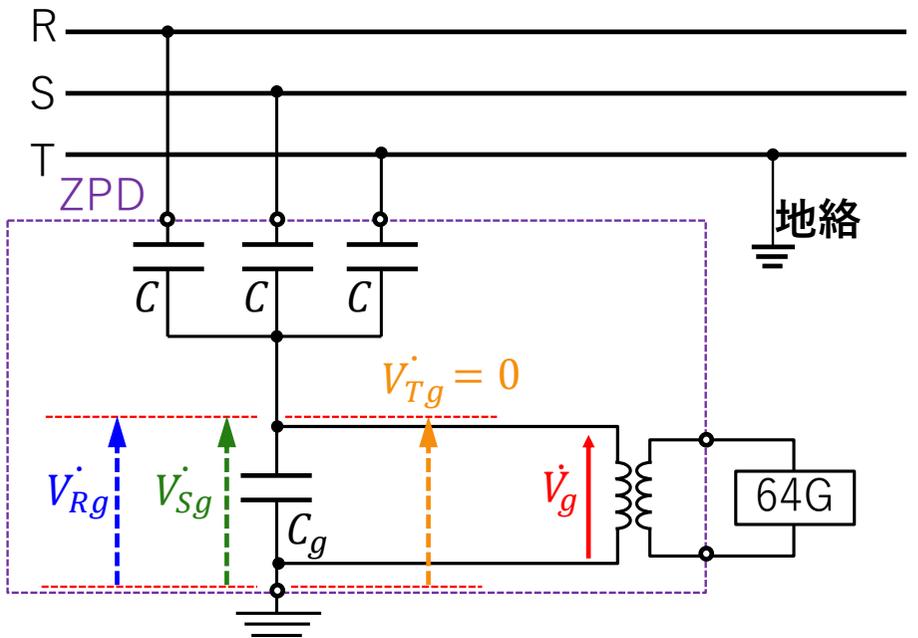
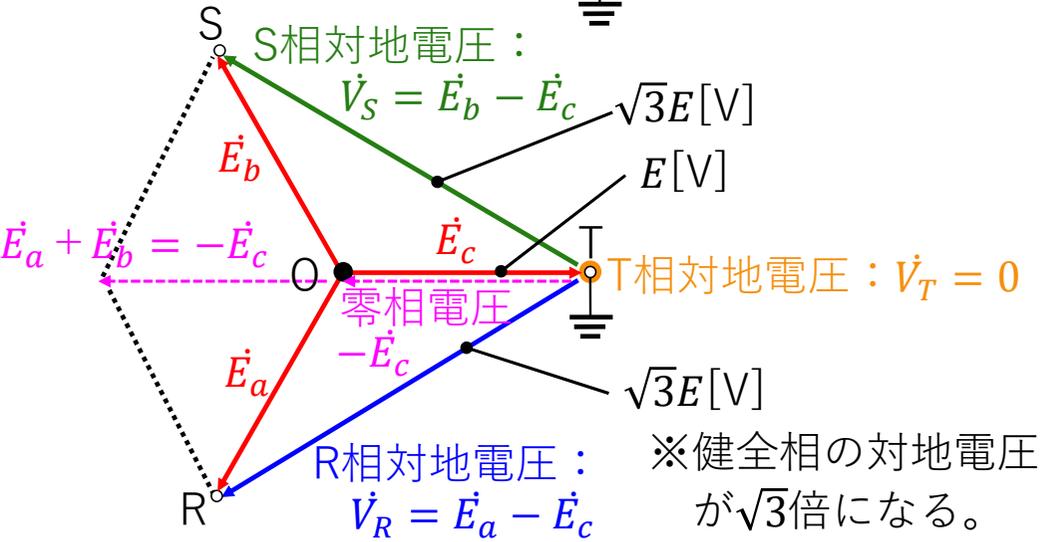
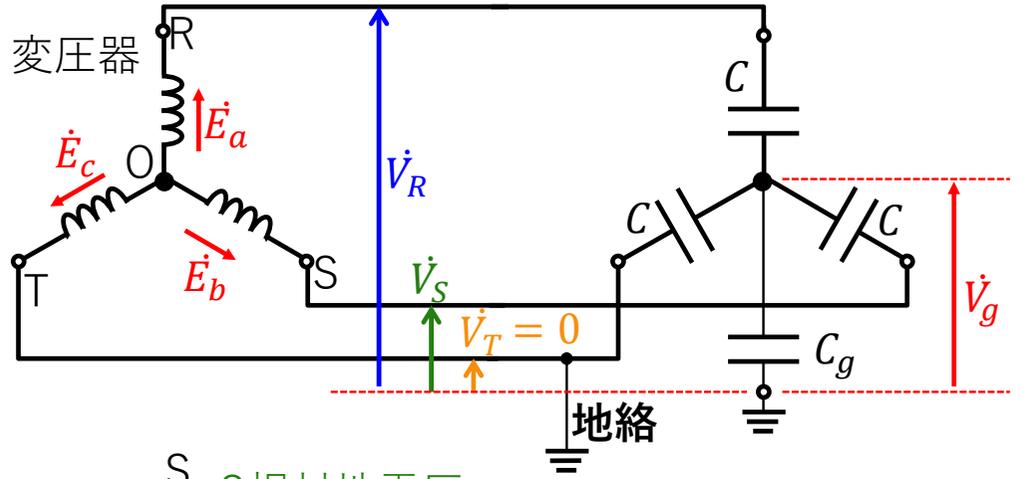
$$\dot{V}_g = \dot{V}_{Rg} + \dot{V}_{Sg} + \dot{V}_{Tg}$$

【OVGRに入力される \dot{V}_{go} 】

$$\dot{V}_{go} = \frac{1}{n} \cdot \dot{V}_g$$

発送配変電（7） 《零相電圧検出装置（ZPD）》

<一線完全地絡> ※最大零相電圧が発生するケース



$$\dot{V}_{Rg} = \frac{C}{3C + C_g} \dot{V}_R \quad \dot{V}_{Sg} = \frac{C}{3C + C_g} \dot{V}_S \quad \dot{V}_{Tg} = 0$$

$$\dot{V}_g = \dot{V}_{Rg} + \dot{V}_{Sg} + \dot{V}_{Tg} = \frac{C}{3C + C_g} \{ \dot{V}_R + \dot{V}_S + 0 \}$$

$$= \frac{C}{3C + C_g} \{ (\dot{E}_a - \dot{E}_c) + (\dot{E}_b - \dot{E}_c) + 0 \}$$

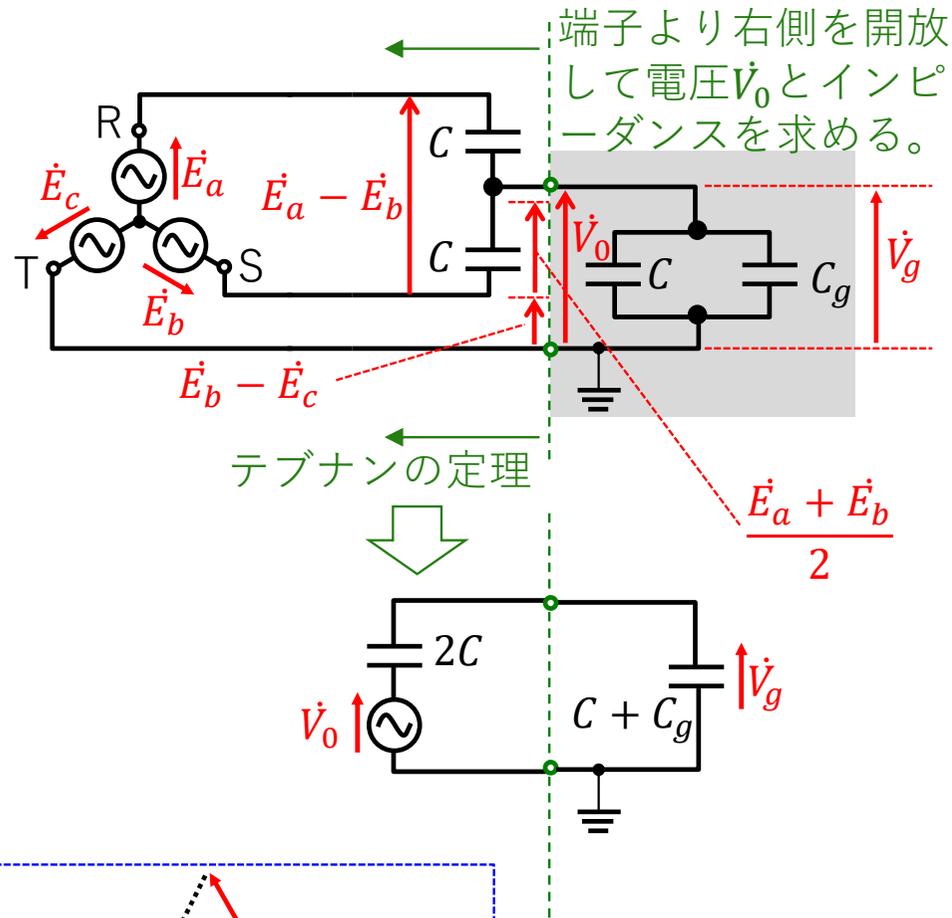
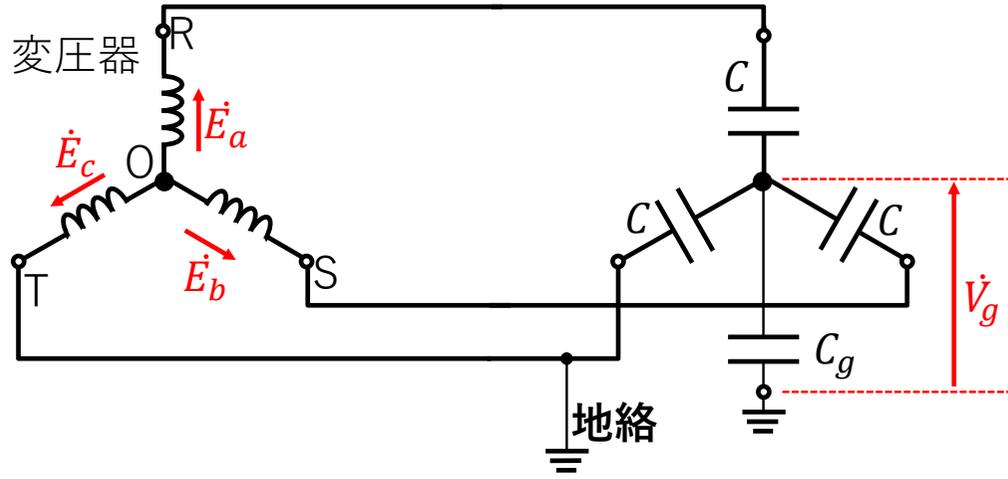
コンデンサ分圧比

$$= \frac{C}{3C + C_g} (\dot{E}_a + \dot{E}_b - 2\dot{E}_c) = \frac{C}{3C + C_g} \cdot (-3\dot{E}_c)$$

零相電圧の3倍

発送配変電 (7) 《零相電圧検出装置 (ZPD)》 (付録)

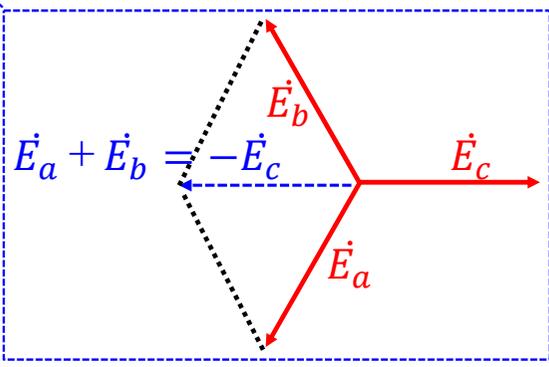
<一線完全地絡> ※最大零相電圧が発生するケース



【別解】 テブナンの定理によって V_g を求める。

$$V_0 = E_b - E_c + \frac{E_a - E_b}{2} = \frac{E_a + E_b}{2} - E_c = -\frac{3}{2}E_c$$

$$V_g = \frac{\frac{1}{C + C_g}}{\frac{1}{2C} + \frac{1}{C + C_g}} \cdot -\frac{3}{2}E_c = \frac{C}{3C + C_g} \cdot (-3E_c)$$



送電配電電 (7) 《ZPDによるOVGR整定例》

■6600[V]系統のOVGR整定例

相電圧： $|\dot{E}_a| = |\dot{E}_b| = |\dot{E}_c| = \frac{6600}{\sqrt{3}} \doteq 3810[V]$

ZPD仕様： $C = 250[pF]$ 、 $C_g = 0.15[\mu F]$

VT変圧比 = 20 : 1

前例のT相1線完全地絡発生時、ZPC出力電圧 $|\dot{V}_{go}|$ は

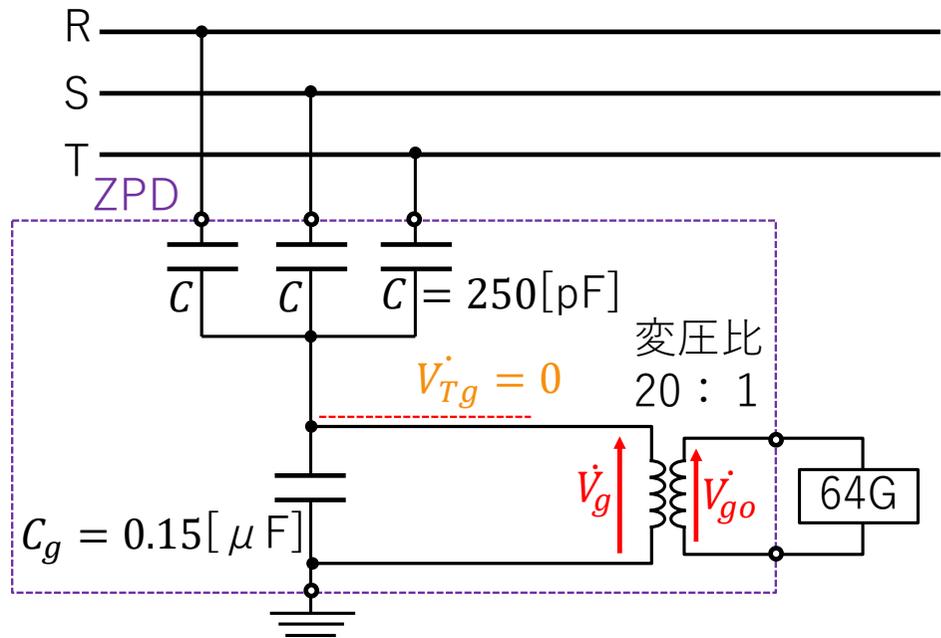
$$|\dot{V}_g| = \left| \frac{C}{3C + C_g} \cdot (-3\dot{E}_c) \right|$$

$$= \frac{250 \times 10^{-12}}{3 \times 250 \times 10^{-12} + 0.15 \times 10^{-6}} \cdot 3 \times 3810 \doteq 19[V]$$

$$|\dot{V}_{go}| = \frac{1}{20} \times 19 = 0.95 [V]$$

OVGR整定値は、1線完全地絡時の $|\dot{V}_{go}|$ を100%として通常は5%に設定する。※整定値： $0.95 \times 0.05 = 0.0475[V]$

この場合、1線完全地絡時の零相電圧 3810[V]の5%となる $3810 \times 0.05 \doteq 190[V]$ の零相電圧が系統に生じるとOVGRは動作する。



発送配変電 (7) 《ZPDによるOVGR試験》

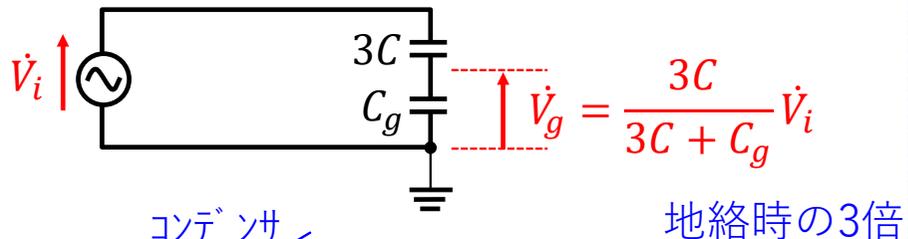
■一線完全地絡時

コンデンサ分圧比

$$\dot{V}_g = \frac{C}{3C + C_g} \cdot 3\dot{V}_0$$

零相電圧の3倍

■OVGRの試験



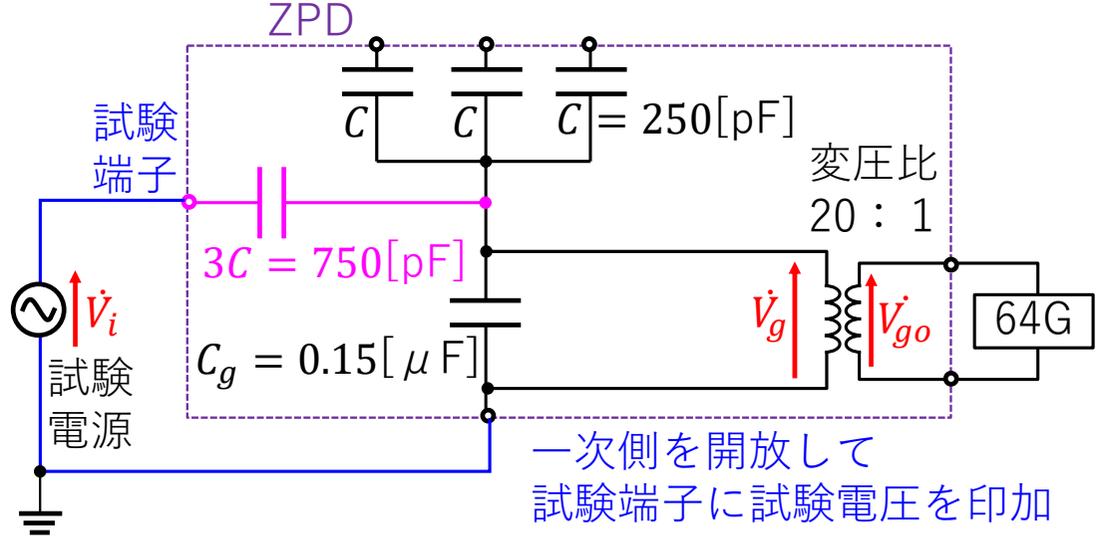
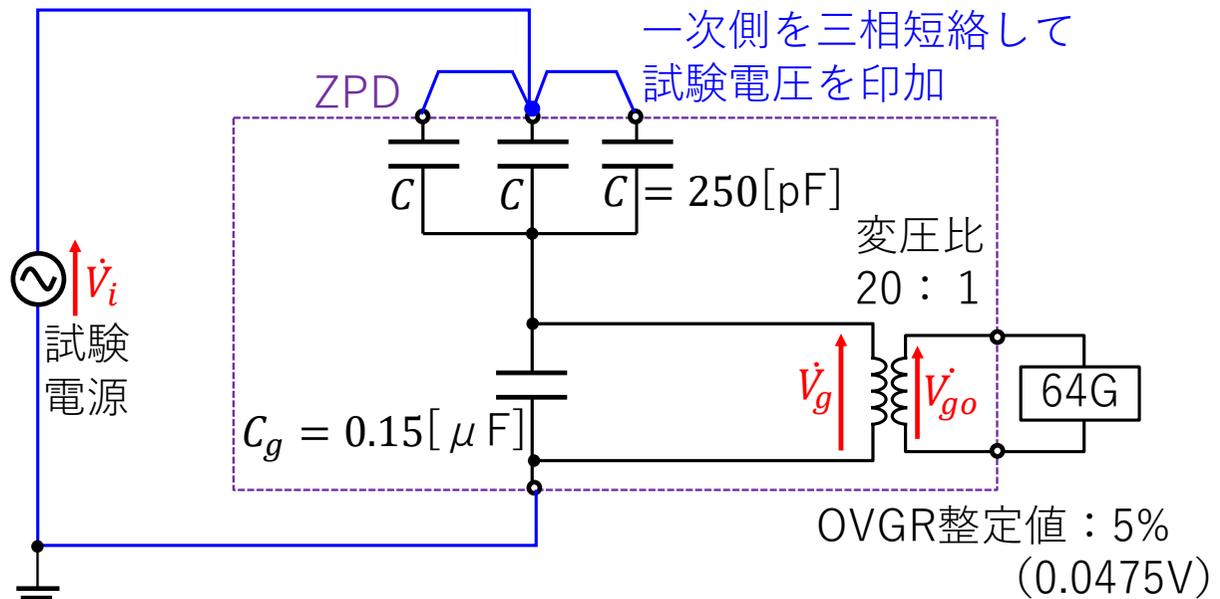
コンデンサ分圧比

試験電圧 = 零相電圧

$$|\dot{V}_g| = \left| \frac{3C}{3C + C_g} \cdot \dot{V}_i \right|$$

$$= \frac{3 \times 250 \times 10^{-12}}{3 \times 250 \times 10^{-12} + 0.15 \times 10^{-6}} \cdot 190 \approx 0.95 [\text{V}]$$

$$|\dot{V}_{go}| = \frac{1}{20} \times 0.95 = 0.0475 [\text{V}] \rightarrow \text{OVGR動作}$$



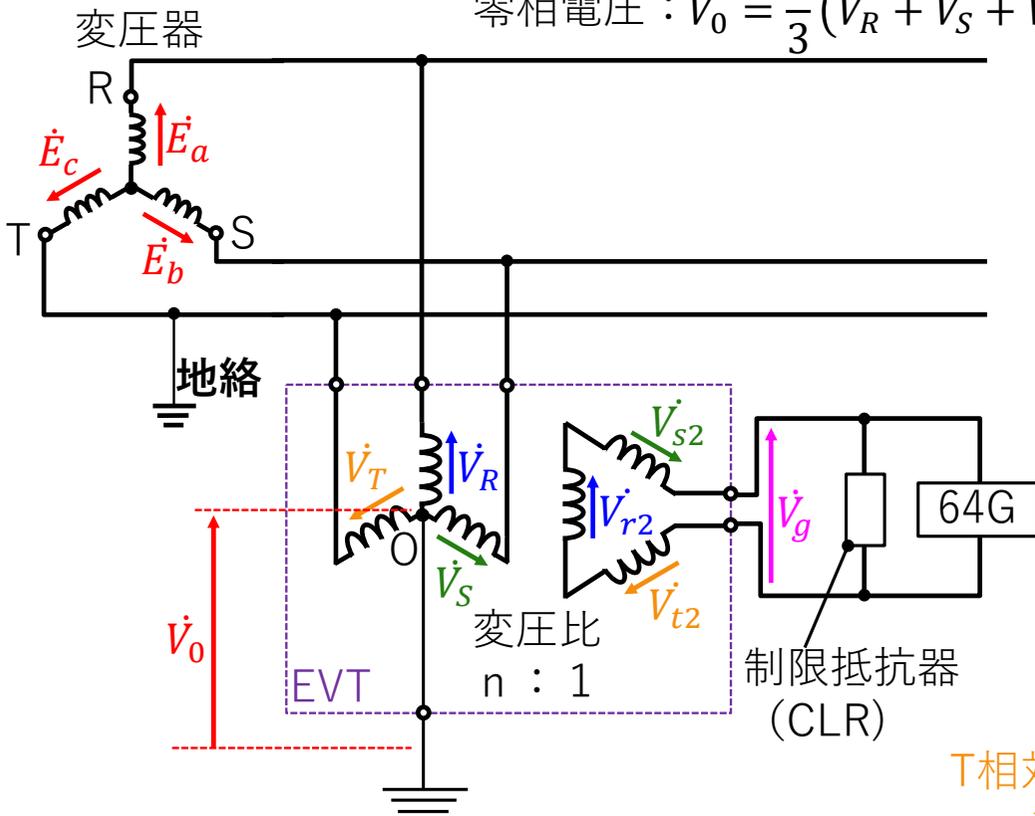
送配電 (7) 《接地形計器用變壓器》

接地形計器用變壓器：零相電壓を検出

Earthed Voltage Transformer

Grounding Potential Transformer

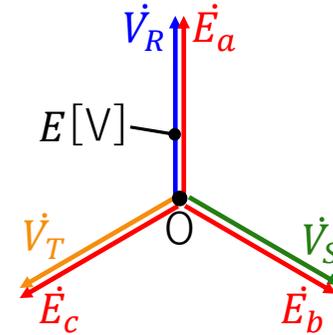
零相電壓： $\dot{V}_0 = \frac{1}{3}(\dot{V}_R + \dot{V}_S + \dot{V}_T)$



$$\dot{V}_g = \dot{V}_{r2} + \dot{V}_{s2} + \dot{V}_{t2} = \frac{1}{n}(\dot{V}_R + \dot{V}_S + \dot{V}_T) = \frac{3}{n}\dot{V}_0$$

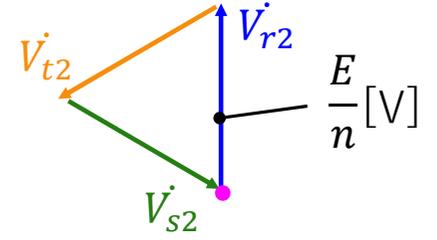
■ 正常時

<一次>



<二次>

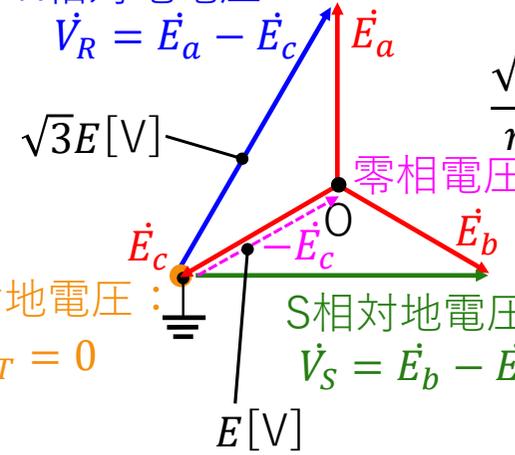
$$|\dot{V}_g| = |\dot{V}_{r2} + \dot{V}_{s2} + \dot{V}_{t2}| = 0$$



■ T相一線完全地絡時

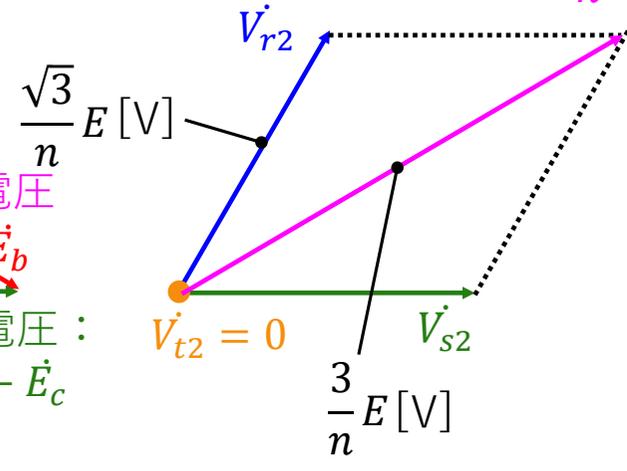
<一次>

R相対地電圧： $\dot{V}_R = \dot{E}_a - \dot{E}_c$



<二次>

$$|\dot{V}_g| = |\dot{V}_{r2} + \dot{V}_{s2} + \dot{V}_{t2}| = \frac{3E}{n}$$

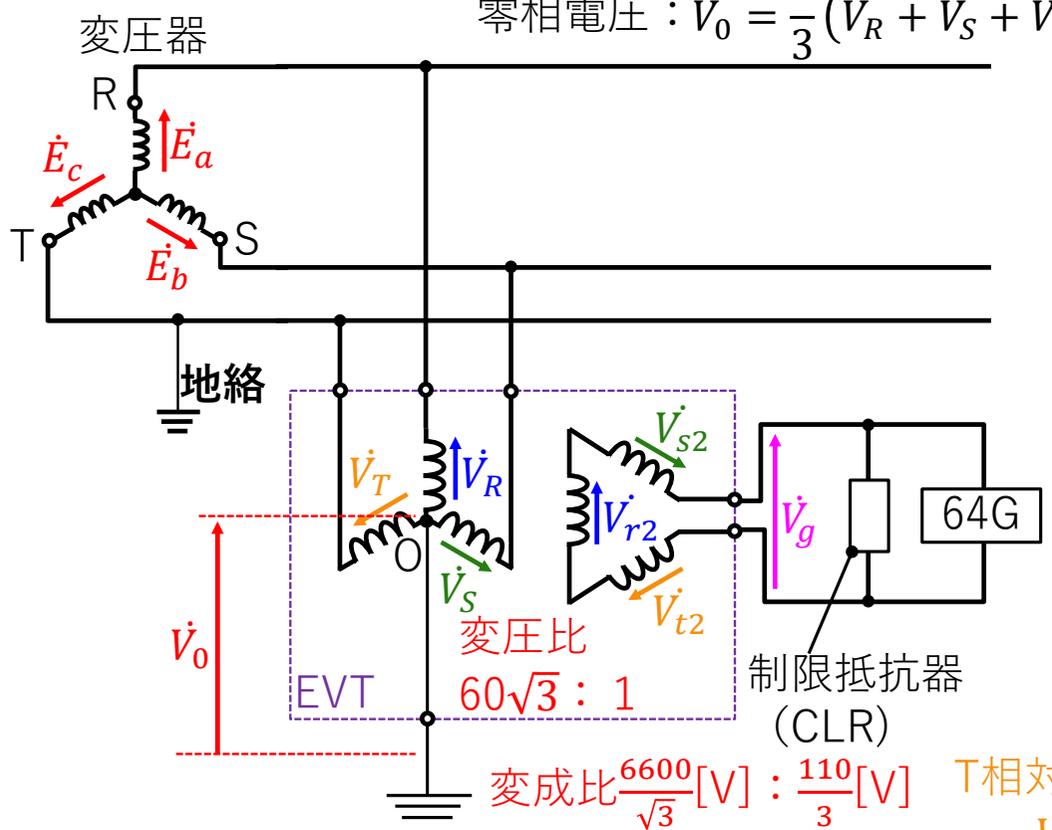


発送配変電 (7) 《EVTによるOVGR整定例》

接地形計器用変圧器：零相電圧を検出

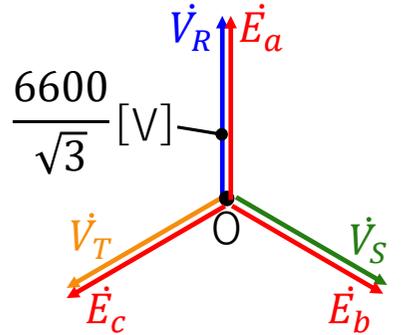
Earthed Voltage Transformer

零相電圧： $\dot{V}_0 = \frac{1}{3}(\dot{V}_R + \dot{V}_S + \dot{V}_T)$



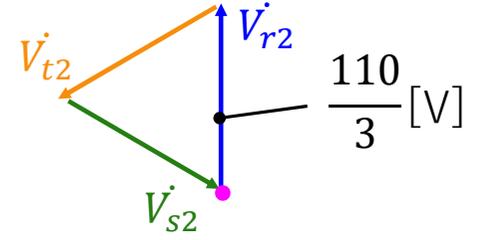
■ 正常時

<一次>



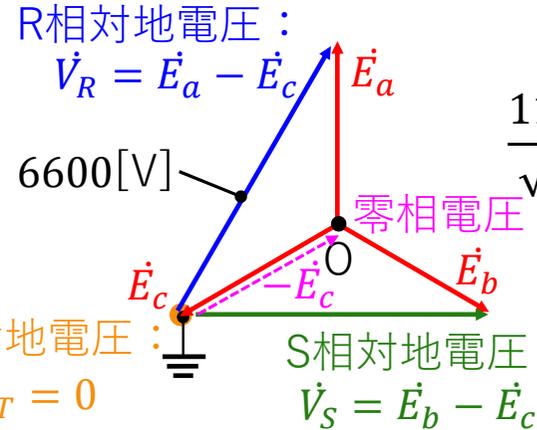
<二次>

$|\dot{V}_g| = |\dot{V}_{r2} + \dot{V}_{s2} + \dot{V}_{t2}| = 0$



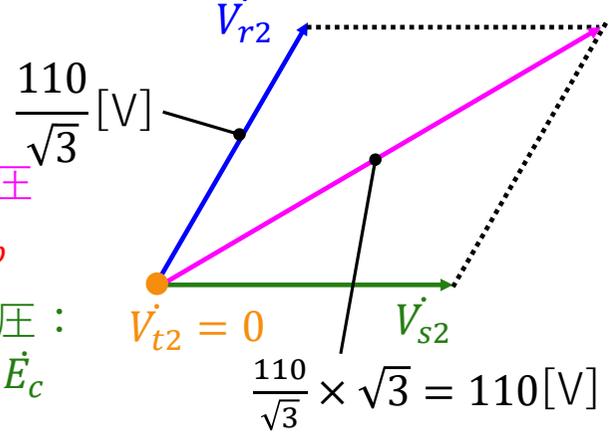
■ T相一線完全地絡時

<一次>



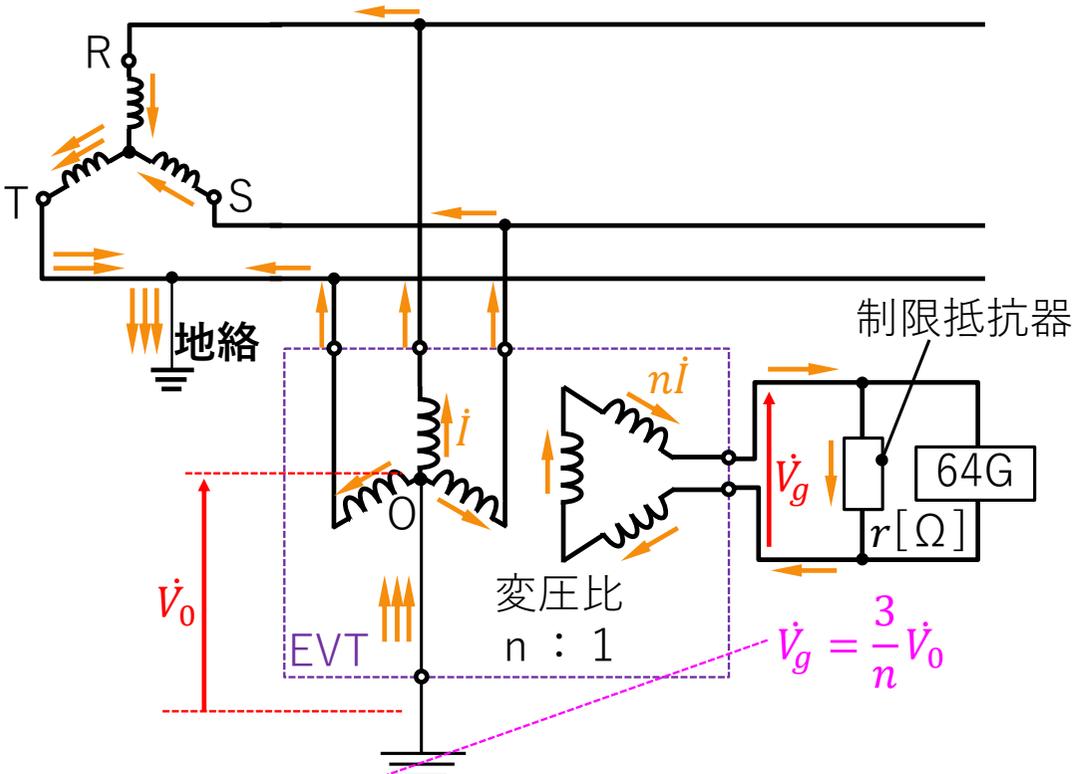
<二次>

$|\dot{V}_g| = |\dot{V}_{r2} + \dot{V}_{s2} + \dot{V}_{t2}| = 110$



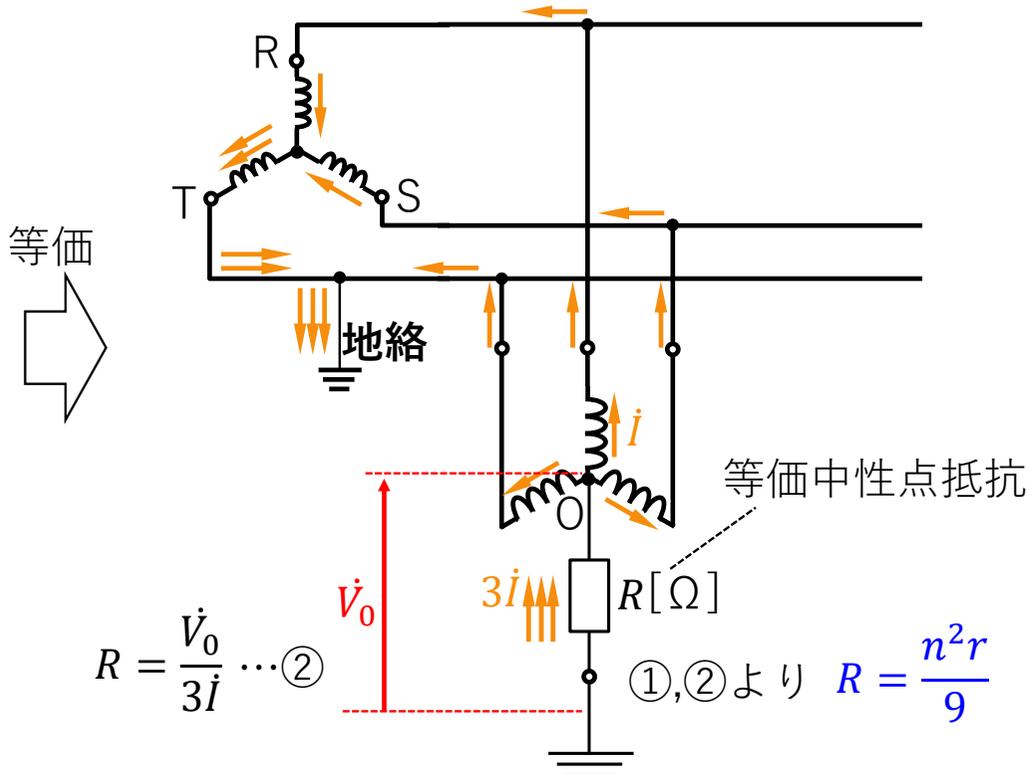
OVGR整定値は、1線完全地絡時の110[V]を100%として5%に設定すると、整定値は $110 \times 0.05 = 5.5 [V]$ で動作

発送配変電 (7) 《EVTの等価中性点抵抗》



$$r = \frac{\dot{V}_g}{ni} = \frac{3}{n} \dot{V}_0 \cdot \frac{1}{ni} = \frac{3\dot{V}_0}{n^2i} \quad \frac{\dot{V}_0}{i} = \frac{n^2r}{3} \dots \textcircled{1}$$

接地形計器用変圧器 (EVT) は中性点を抵抗接地していることと等価である。

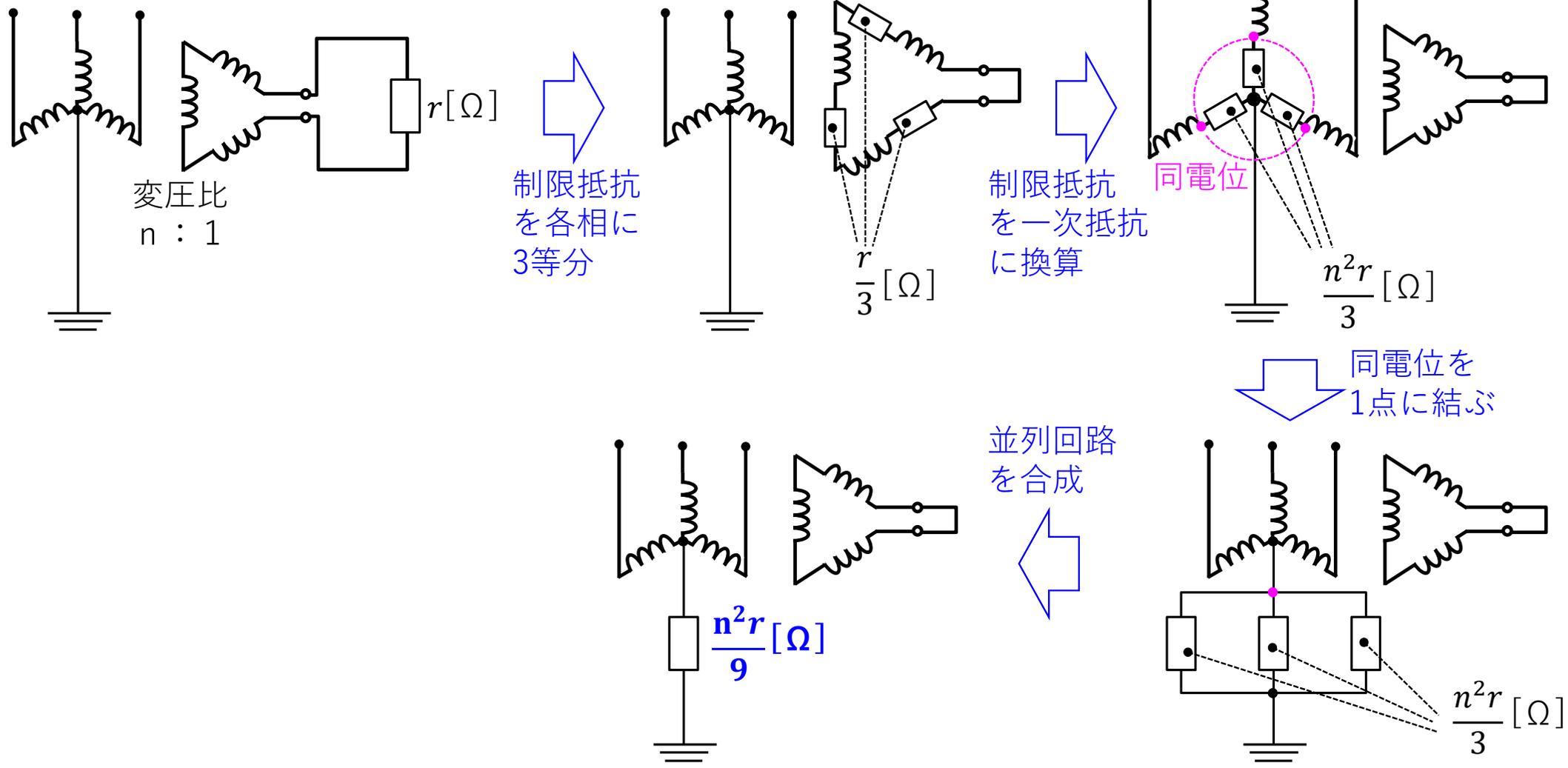


$$R = \frac{\dot{V}_0}{3i} \dots \textcircled{2} \quad \textcircled{1}, \textcircled{2} \text{より } R = \frac{n^2r}{9}$$

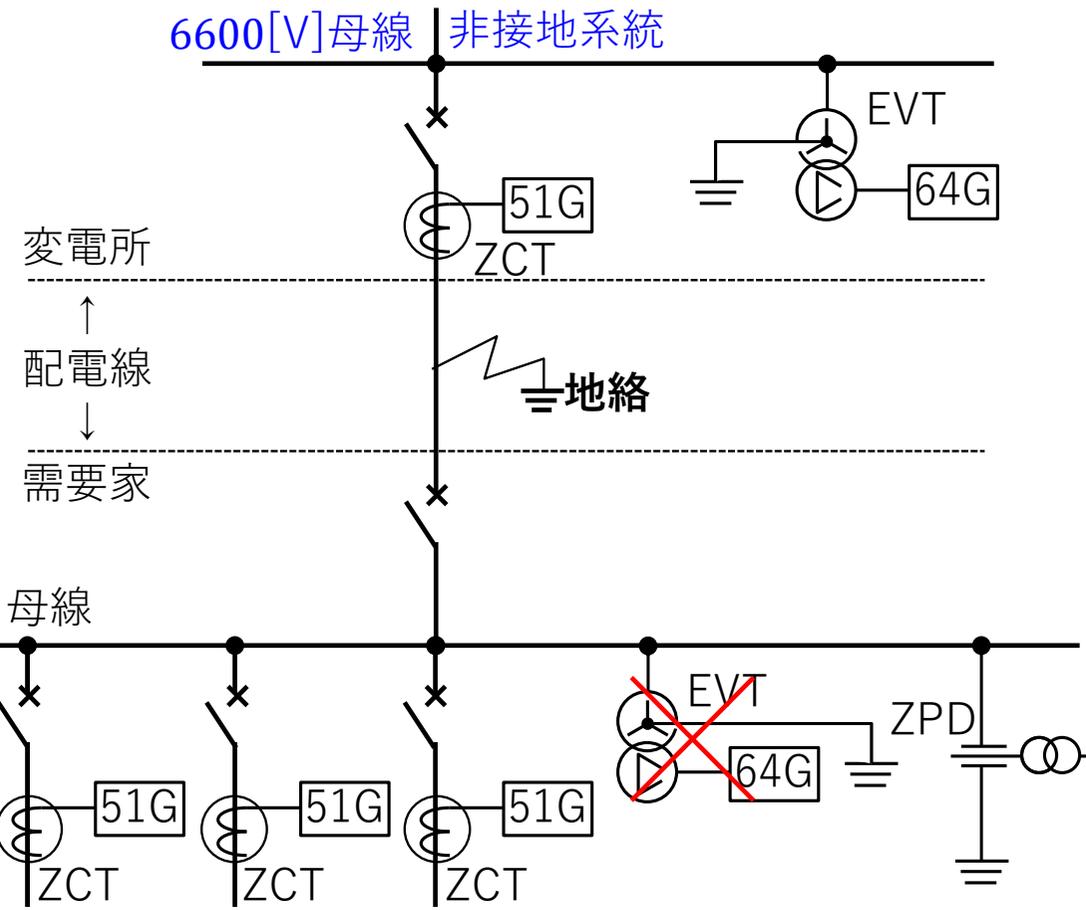
変成比 $\frac{6600}{\sqrt{3}}[V] : \frac{110}{3}[V]$ (変圧比 $60\sqrt{3} : 1$)、
制限抵抗器 $r = 25[\Omega]$ とすると、

$$R = \frac{(60\sqrt{3})^2 \times 25}{9} = 30000[\Omega]$$

送配変電 (7) 《EVTの等価中性点抵抗》 等価中性点抵抗の求め方 (別解)



発送配変電（7） 《ZPDとEVTの使い分け》



非接地方式

長所：地絡電流が小さい（誘導障害小、地絡火災防止）
 短所：地絡時の対地電圧上昇が大きい（ $\sqrt{3}$ 倍）

↓

高圧（6600[V]の $\sqrt{3}$ 倍）程度では絶縁対策が容易なので
 長所を優先して高圧配電線系統は非接地システムを採用

↓

地絡電流の検出が難しいので、地絡電流が検出できる
 範囲となる高抵抗接地となるようにEVTを変電所に設置

↓

需要家側でEVTを設置すると、地絡電流が分流して
 保護継電器の検出に支障が生じ、事故点探査が困難

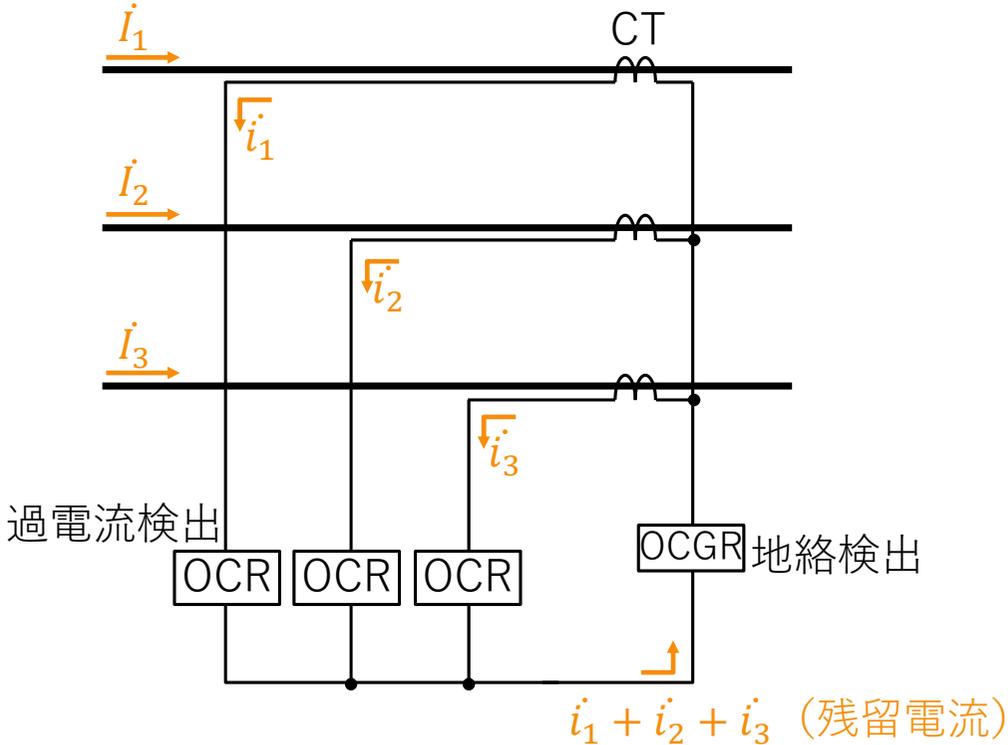
↓

需要家側ではZPDを用いる。

発送配変電（7） 《付録：CTを使った地絡検出》

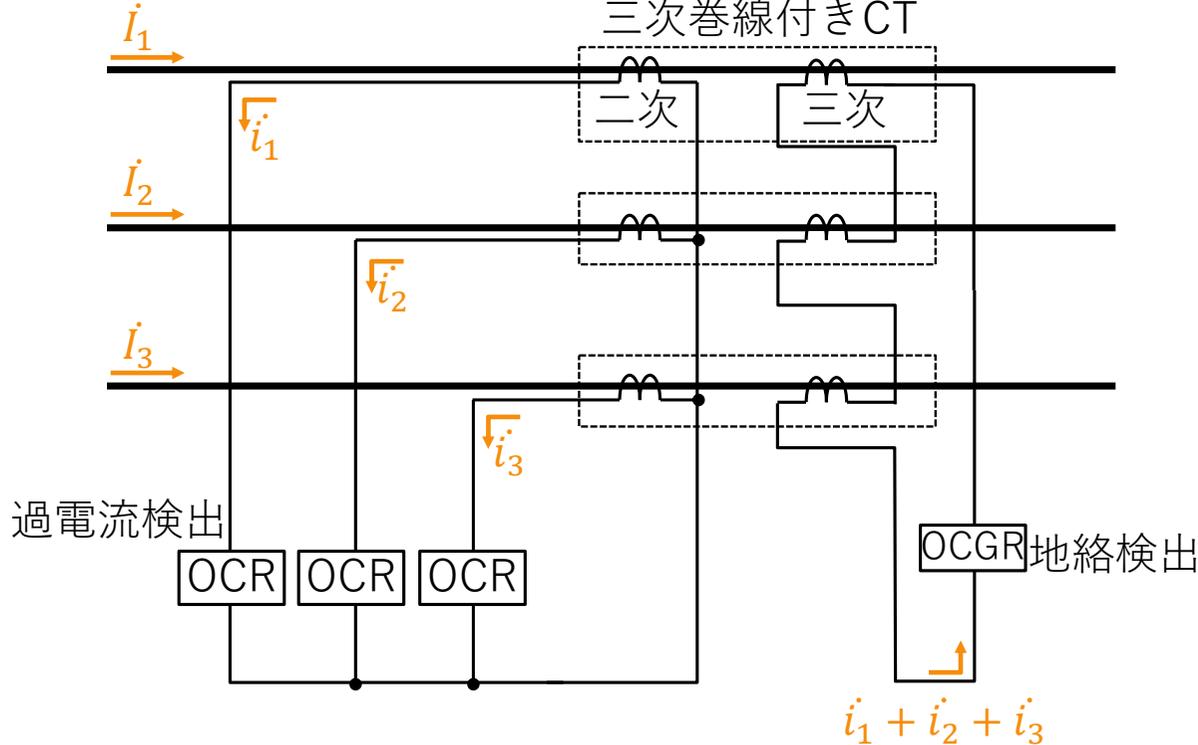
特別高圧以上のケーブルは厚い絶縁被覆によって径が大きく零相変流器（ZCT）が適用できない為、CTによる以下方式で地絡を検出。

■CT残留回路方式



CTの変流比が大きいと、地絡継電器への入力となる残留電流（零相電流に相当）が小さくなり、場合によっては地絡継電器の検出感度以下となってしまう。

■三次巻線方式



CT三次巻線の変流比を適切に選定することで地絡継電器への検出感度を高めることができる。高抵抗接地系のような地絡電流の小さい線路に適用。