

25. 対称三相交流回路（1）

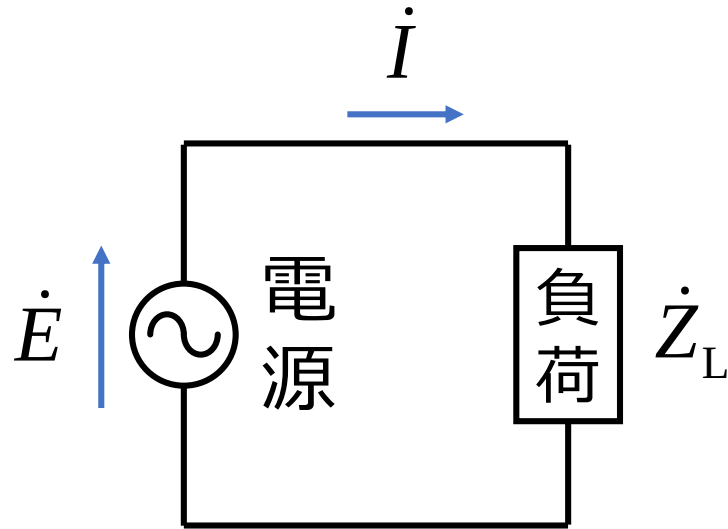
25. Symmetrical Three-phase AC Circuit (1)

講義内容

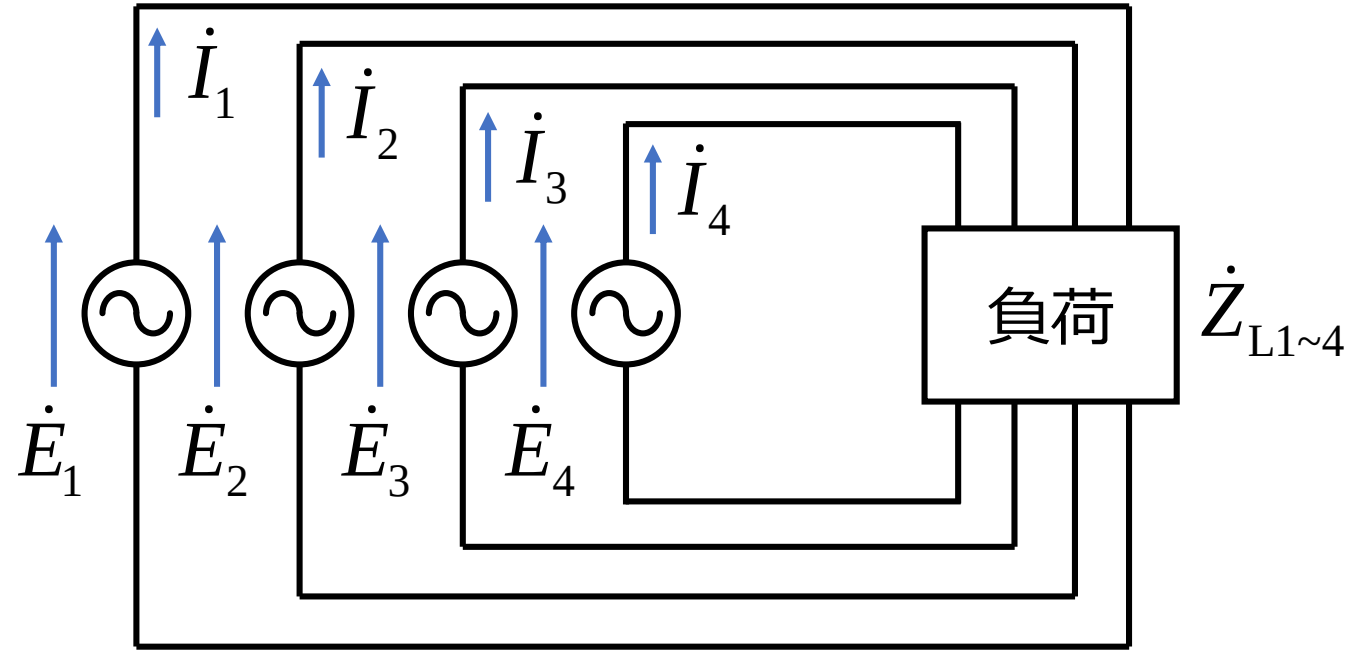
- 1. 多相交流**
- 2. 対称三相交流回路**
- 3. 対称三相交流回路のY- Δ 変換**

単相交流と多相交流

2



単相交流方式



多相 (n 相) 交流方式

全ての電源電圧及び電流の大きさがそれぞれ **等しく** , その位相が順次 **$2\pi/n$** だけズレているものは **対称 n 相** 交流, そうでないものは **非対称 n 相** 交流と呼ばれる

対称三相交流回路を使う理由

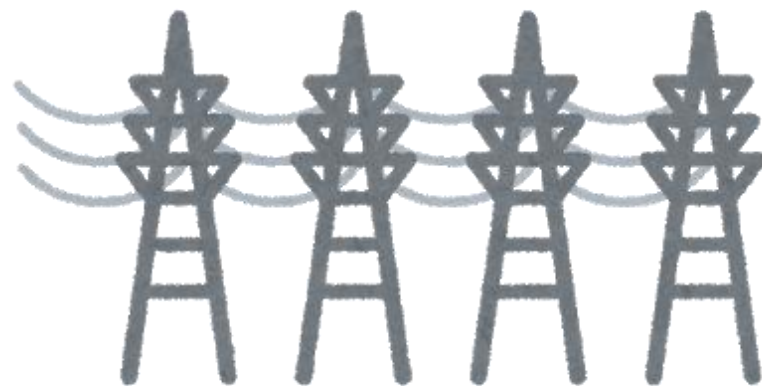
3

対称三相 交流：実際の **電力系統** に最も広く使われている

理由 1

同じ量の電力を伝送するのに，三相を使う方が
単相を使うよりも，送電線の **電気抵抗** による
電力損失 がはるかに **少ない**

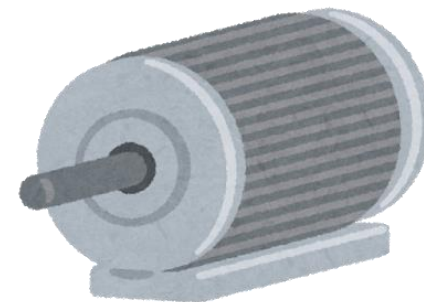
※ 1相当たりの電流量を **1/3** に減らせるため



理由 2

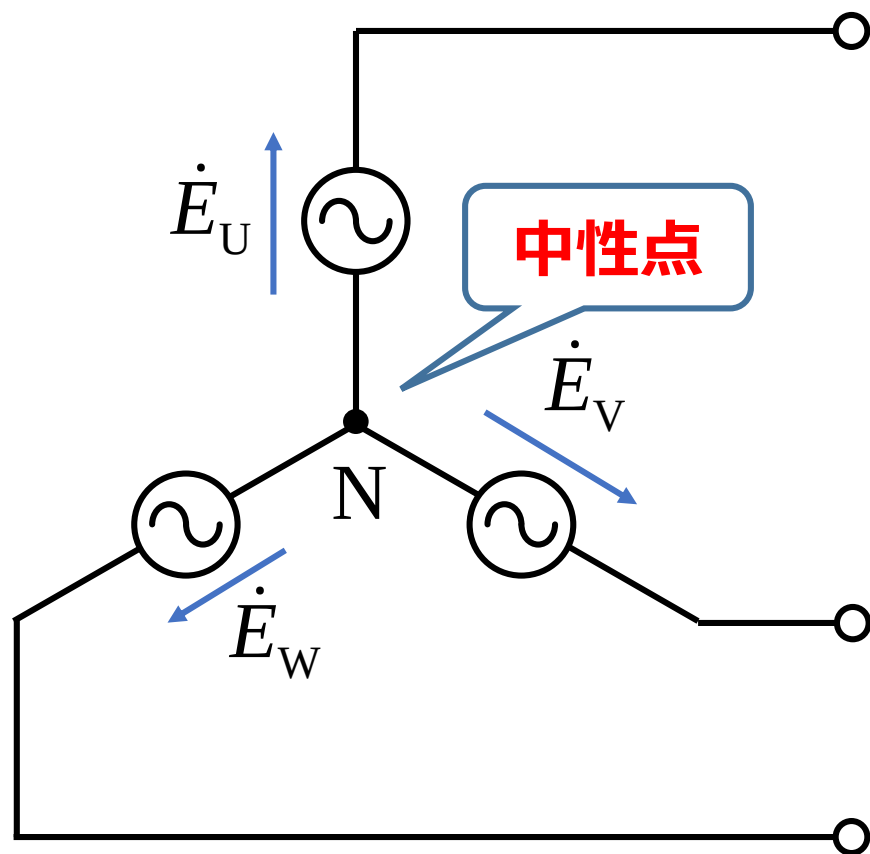
三相交流を使うと **回転磁界** が発生するため，動力源として
堅牢で安価な **誘導** 電動機が簡単に使えるようになる

※ **同期** 電動機の方は **永久** 磁石を用いているため高価！

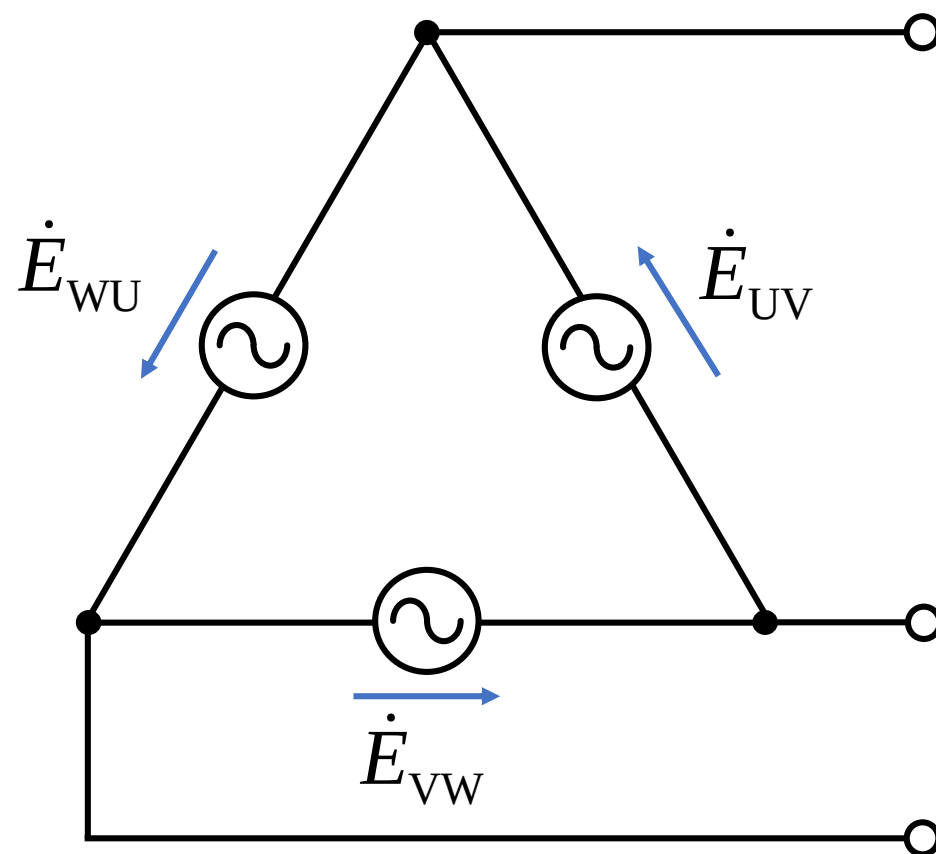


对称三相交流电源

4



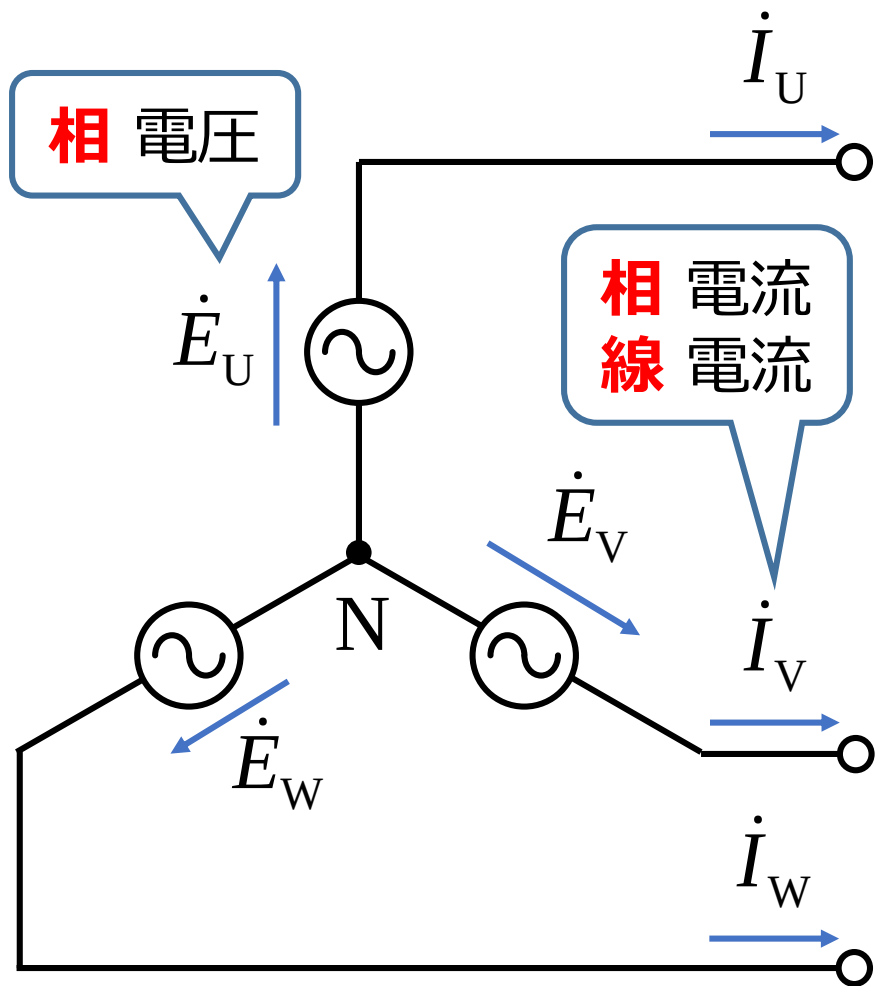
Y 結線 (星形結線)



Δ 結線

対称三相交流電源の詳細：Y結線

5



電源電圧（**瞬時** 値）

$$e_u = E_m \sin \omega t \quad (\text{基準})$$

$$e_v = E_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$e_w = E_m \sin(\omega t - 240^\circ)$$

それぞれの相の
間は **120°** の
位相差 がある

電源電圧（**フェーザ** 表示, **複素数** 表示）

$$\dot{E}_U = E \angle 0^\circ = E$$

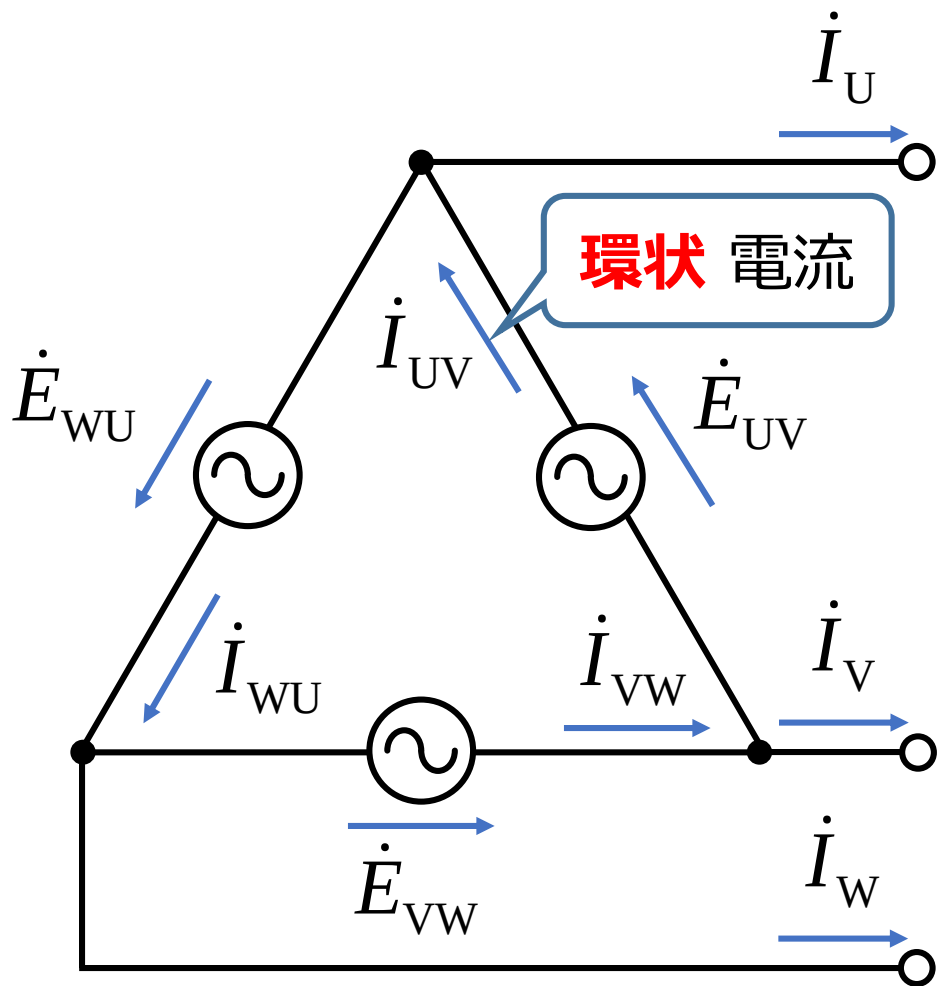
$$\dot{E}_V = E \angle -120^\circ = \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) E$$

$$\dot{E}_W = E \angle -240^\circ = \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) E$$

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$$

対称三相交流電源の詳細：△結線

6



環状電流（**瞬時** 値）

$$i_{uv} = I_m \sin \omega t \quad (\text{基準})$$

$$i_{vw} = I_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$i_{wu} = I_m \sin(\omega t - 240^\circ)$$

それぞれの相の
間は **120°** の
位相差 がある

環状電流（**フェーザ** 表示, **複素数** 表示）

$$\dot{I}_{UV} = I \angle 0^\circ = I$$

$$\dot{I}_{VW} = I \angle -120^\circ = \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) I$$

$$\dot{I}_{WU} = I \angle -240^\circ = \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) I$$

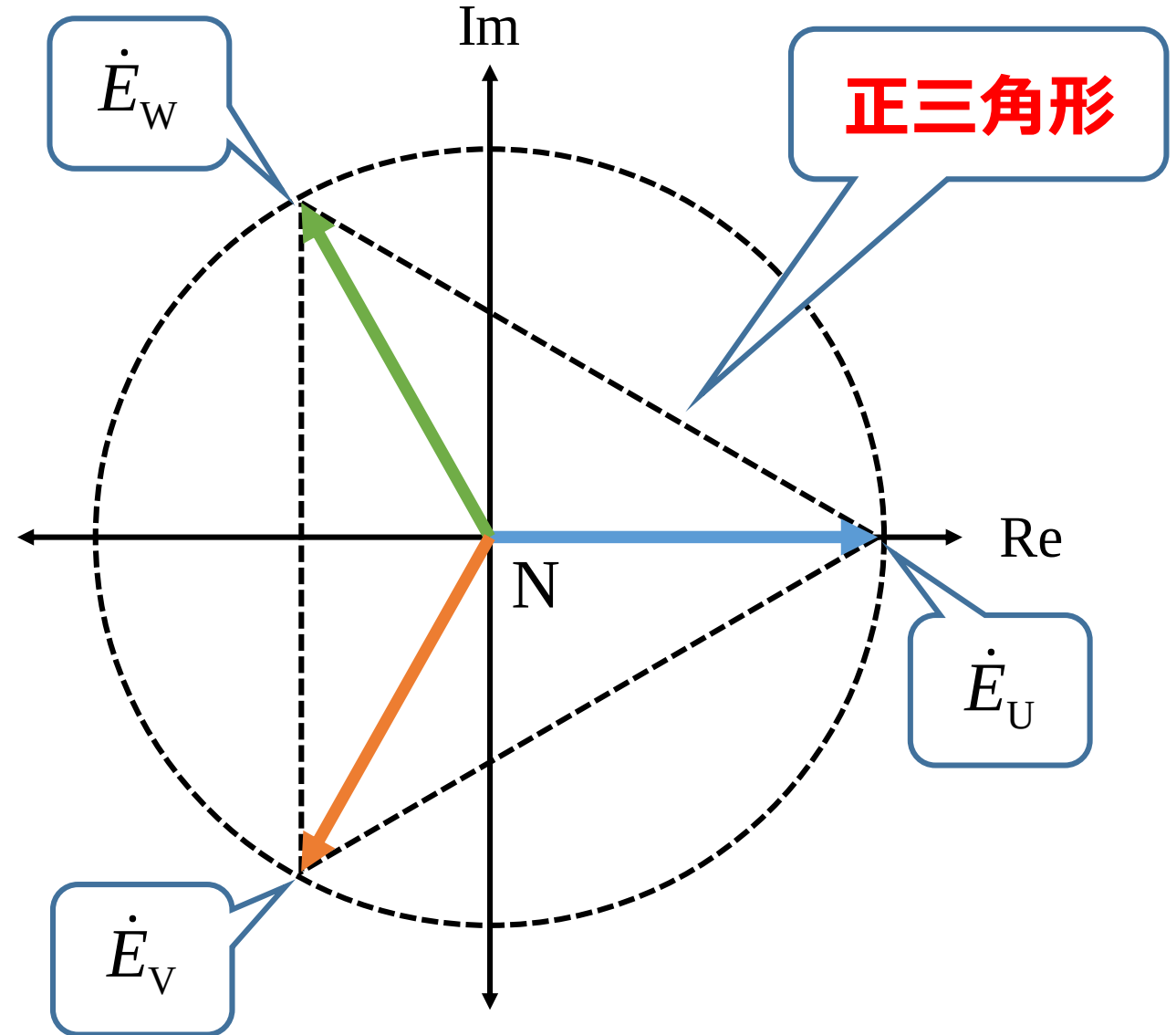
$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

数式及びベクトル図における三相合成ベクトル

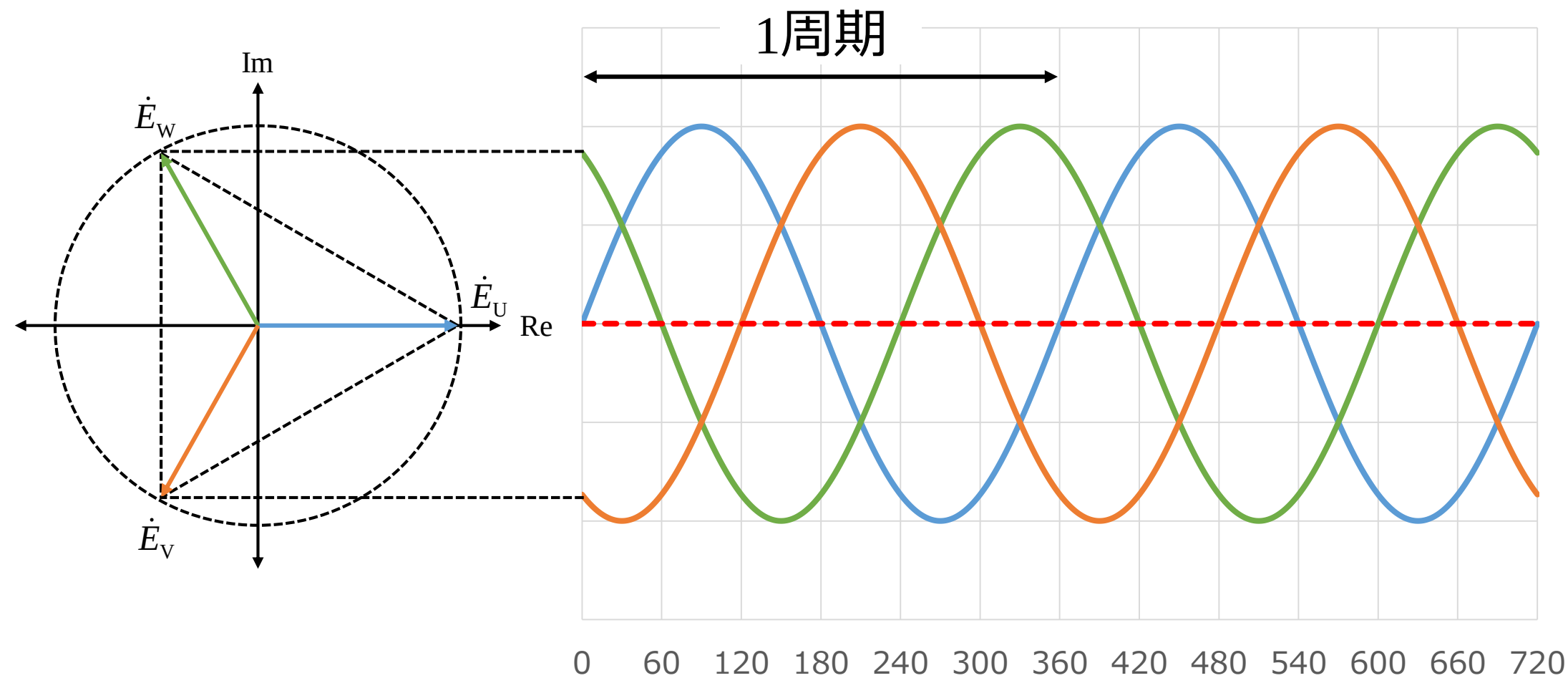
7

$$\begin{aligned} & \dot{E}_U + \dot{E}_V + \dot{E}_W \\ &= E + \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) E + \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) E \\ &= \left\{ \left(1 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \right) + j \left(0 - \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \right\} E \\ &= 0 \end{aligned}$$

三相对称交流回路の特徴として
瞬時値の和が **常にゼロ** となる

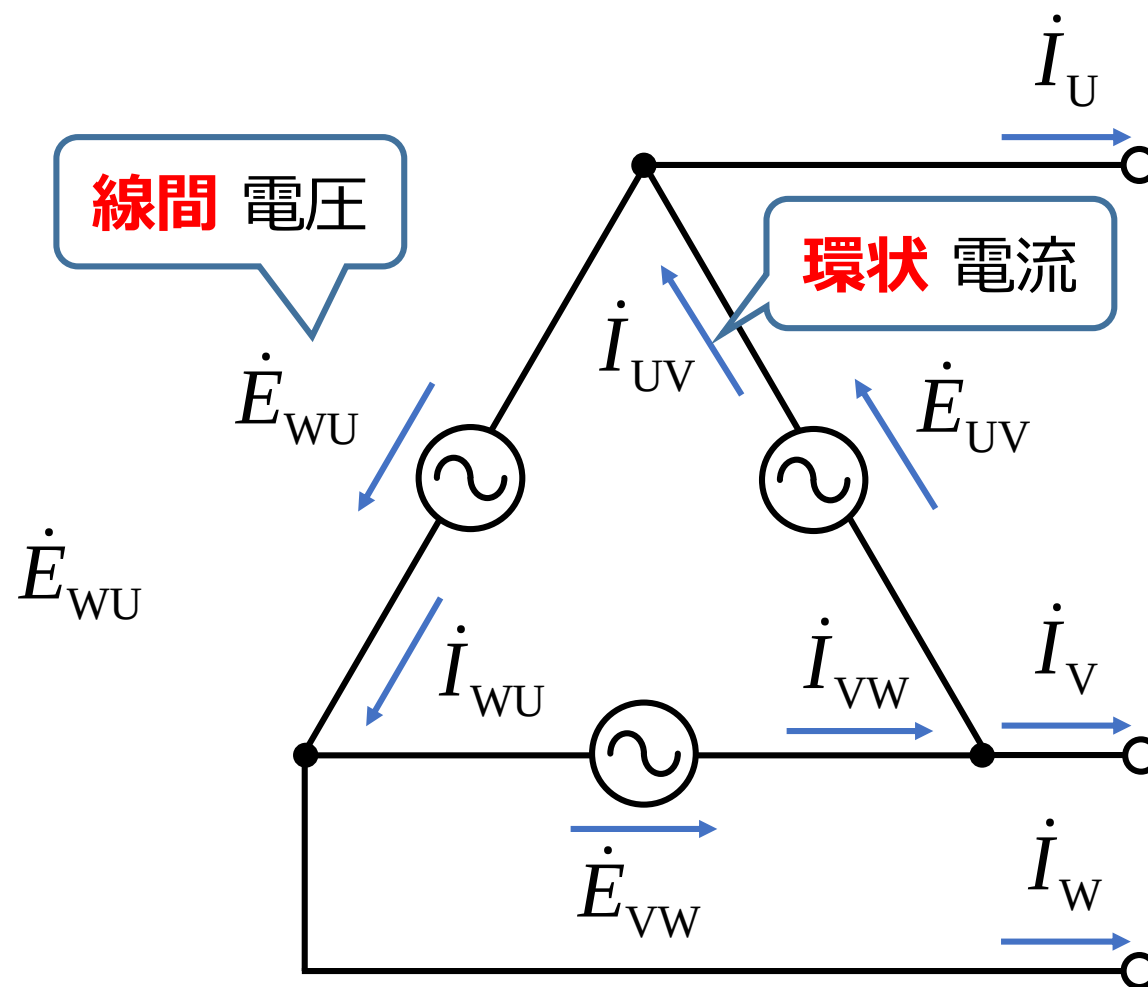
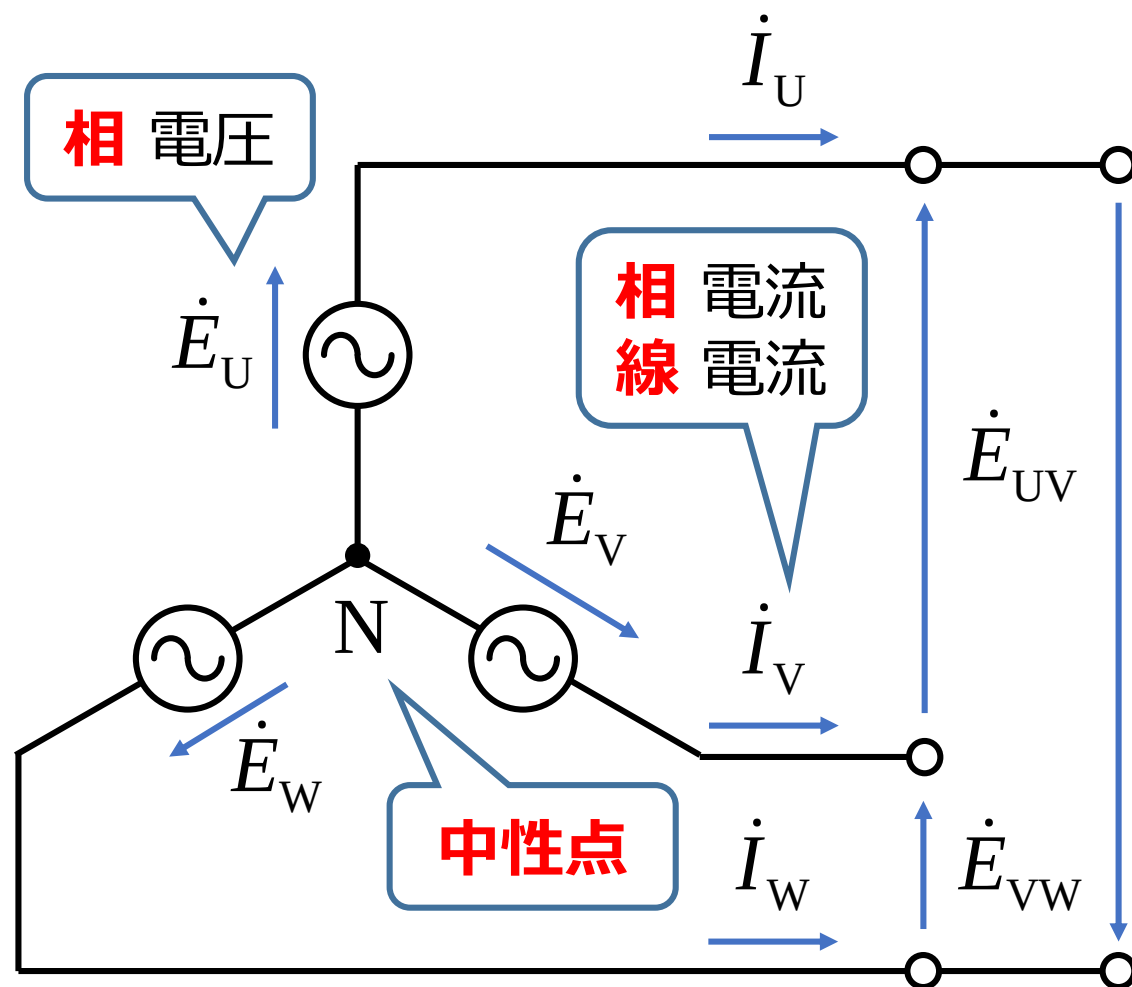


三相对称交流回路の瞬時値波形



※実際のベクトルの大きさは **実効** 値 ($\neq$ **最大** 値)

対称三相交流回路の各用語



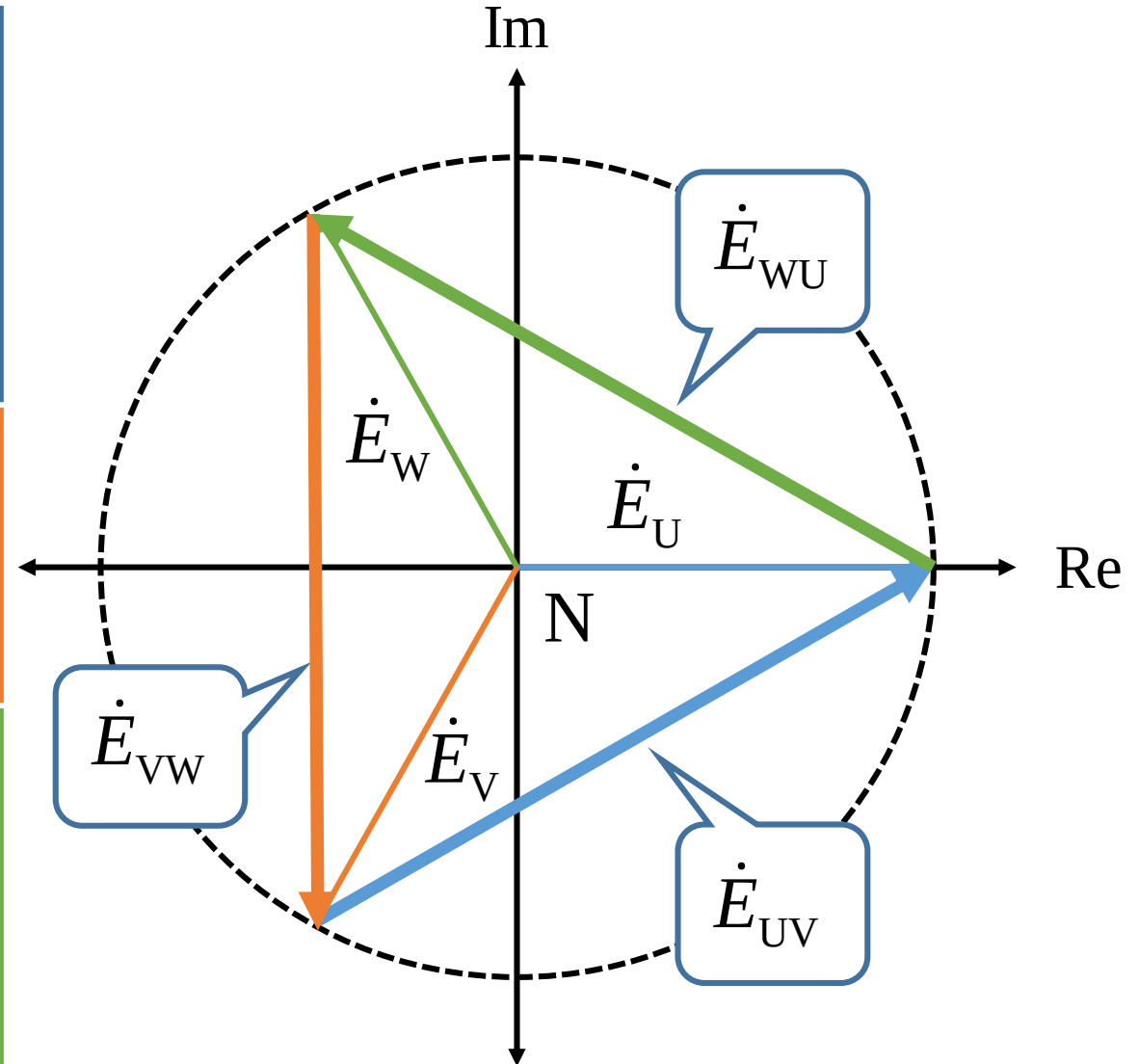
対称三相交流電圧のY-Δ変換

10

$$\begin{aligned}\dot{E}_{UV} &= \dot{E}_U - \dot{E}_V = E - \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) E = \left(\frac{3}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) E \\ &= \sqrt{3}E \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + j\frac{1}{2} \right) = \sqrt{3}E \angle 30^\circ = E_r \angle 30^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\dot{E}_{VW} &= \dot{E}_V - \dot{E}_W = \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) E - \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) E \\ &= -j\sqrt{3}E = \sqrt{3}E \angle -90^\circ = E_r \angle -90^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\dot{E}_{WU} &= \dot{E}_W - \dot{E}_U = \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) E - E = \left(-\frac{3}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) E \\ &= \sqrt{3}E \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + j\frac{1}{2} \right) = \sqrt{3}E \angle 150^\circ = E_r \angle 150^\circ\end{aligned}$$



対称三相交流電流のY-Δ変換

11

$$\dot{I}_U = \dot{I}_{UV} - \dot{I}_{WU} = I_r - \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) I_r$$

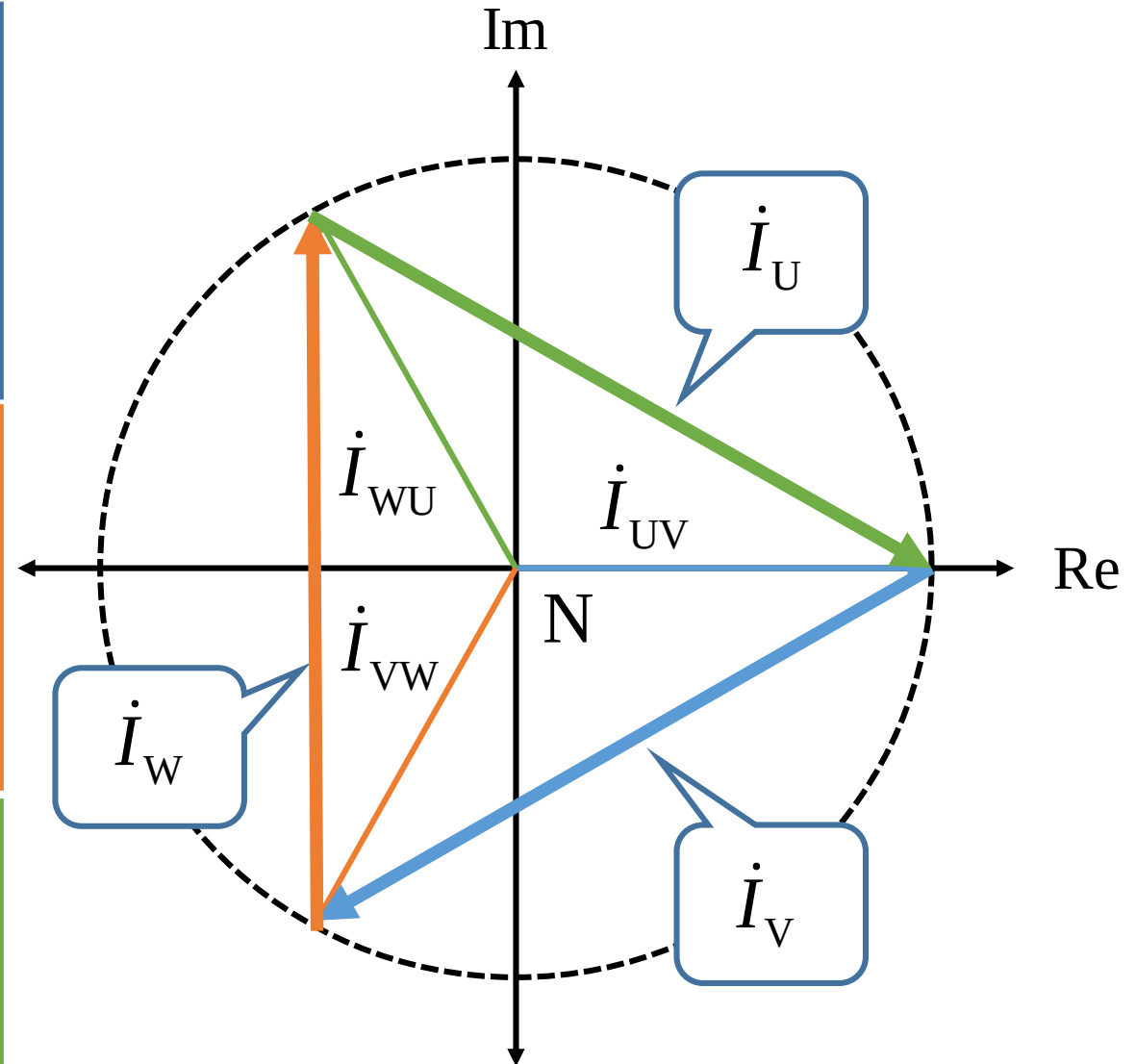
$$\sqrt{3}I_r \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - j\frac{1}{2} \right) = \sqrt{3}I_r \angle -30^\circ = I \angle -30^\circ$$

$$\dot{I}_V = \dot{I}_{VW} - \dot{I}_{UV} = \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) I_r - I_r$$

$$\sqrt{3}I_r \left(-\frac{\sqrt{3}}{2} - j\frac{1}{2} \right) = \sqrt{3}I_r \angle -150^\circ = I \angle -150^\circ$$

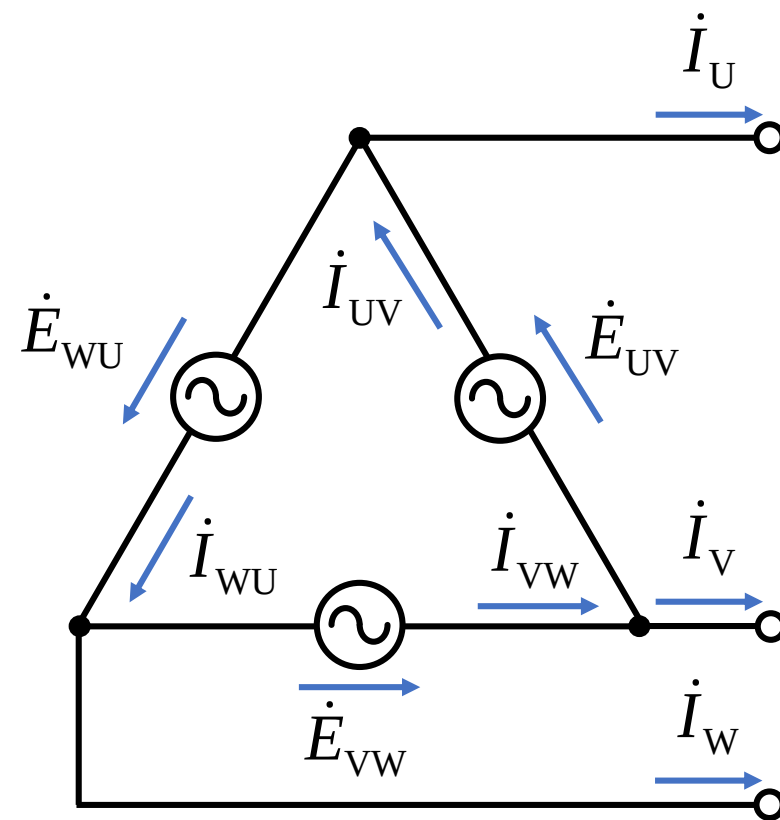
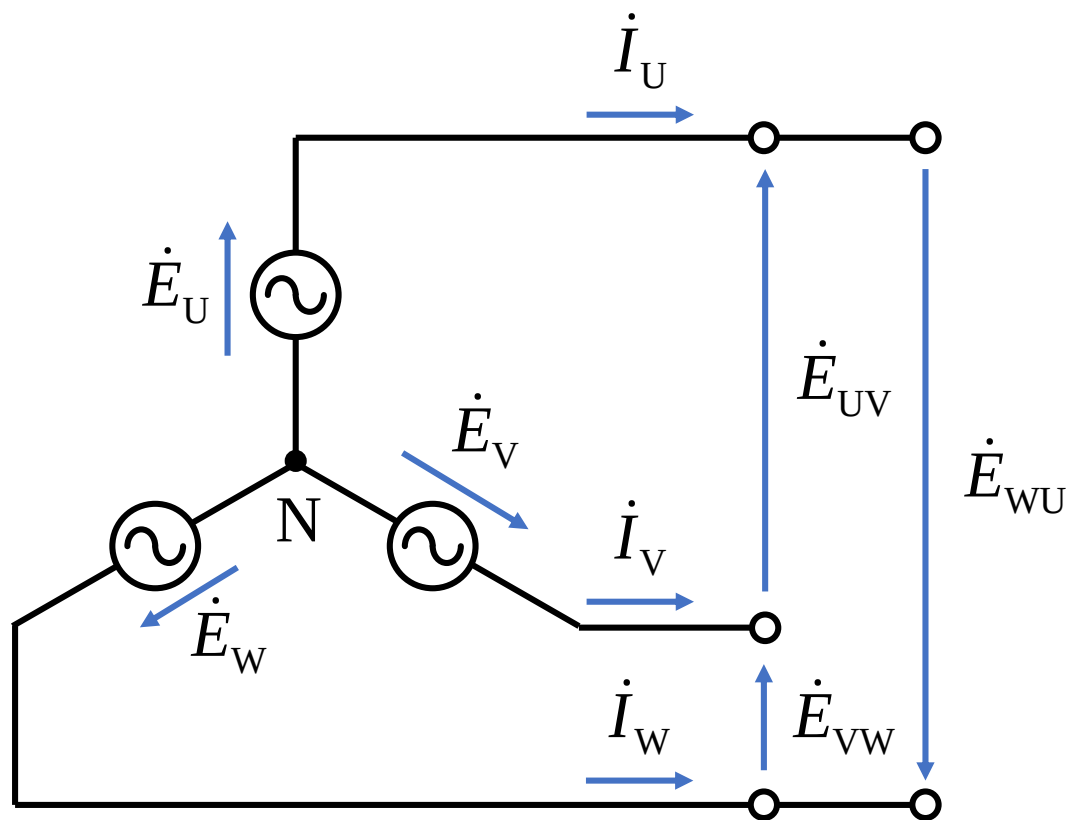
$$\dot{I}_W = \dot{I}_{WU} - \dot{I}_{VW} = \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) I_r - \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) I_r$$

$$j\sqrt{3}I_r = \sqrt{3}I_r \angle 90^\circ = I \angle 90^\circ$$



対称三相交流電圧・電流の関係

12



$$\begin{aligned} \text{線間電圧} &= \text{相電圧} \times \sqrt{3} \\ (\dot{E}_{UV}, \dot{E}_{VW}, \dot{E}_{WU}) &= \sqrt{3} (\dot{E}_U, \dot{E}_V, \dot{E}_W) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{線 (相) 電流} &= \text{環状電流} \times \sqrt{3} \\ (\dot{I}_U, \dot{I}_V, \dot{I}_W) &= \sqrt{3} (\dot{I}_{UV}, \dot{I}_{VW}, \dot{I}_{WU}) \end{aligned}$$