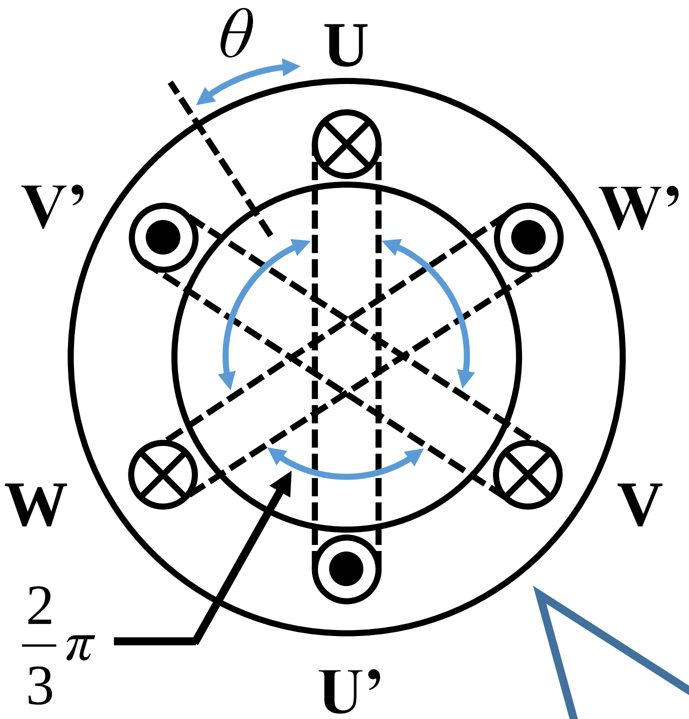
29. 交流回転磁界（2）
29. AC Rotating Magnetic Field (2)

講義内容

1. 三相交流による回転磁界：復習
2. 二相交流による回転磁界：楕円
3. 二相交流による回転磁界：真円

三相交流による回転磁界（復習）

3つのコイルによる中心部の磁界を考える（多相交流は **回転** 磁界を生じる）



各コイルに流れる **電流**

$$
\begin{cases}
i_{\mathrm{U}} = I_{\mathrm{m}} \sin\theta \\
i_{\mathrm{V}} = I_{\mathrm{m}} \sin\left(\theta - \dfrac{2\pi}{3}\right) \\
i_{\mathrm{W}} = I_{\mathrm{m}} \sin\left(\theta - \dfrac{4\pi}{3}\right)
\end{cases}
$$

各コイルに生じる **磁界**

$$
\begin{cases}
H_{\mathrm{U}} = H_{\mathrm{m}} \sin\theta \\
H_{\mathrm{V}} = H_{\mathrm{m}} \sin\left(\theta - \dfrac{2\pi}{3}\right) \\
H_{\mathrm{W}} = H_{\mathrm{m}} \sin\left(\theta - \dfrac{4\pi}{3}\right)
\end{cases}
$$

コイルは **物理的** に
120°ズレている

磁界の強さは電流に比例
（ **ビオ・サバール** の法則等）

磁界の合成：各方向成分に分解（復習）

磁界の **横** 方向成分を $\boldsymbol{H_x}$ とする

$$H_x = H_U \cos 0 + H_V \cos\left(-\frac{2\pi}{3}\right) + H_W \cos\left(-\frac{4\pi}{3}\right)$$

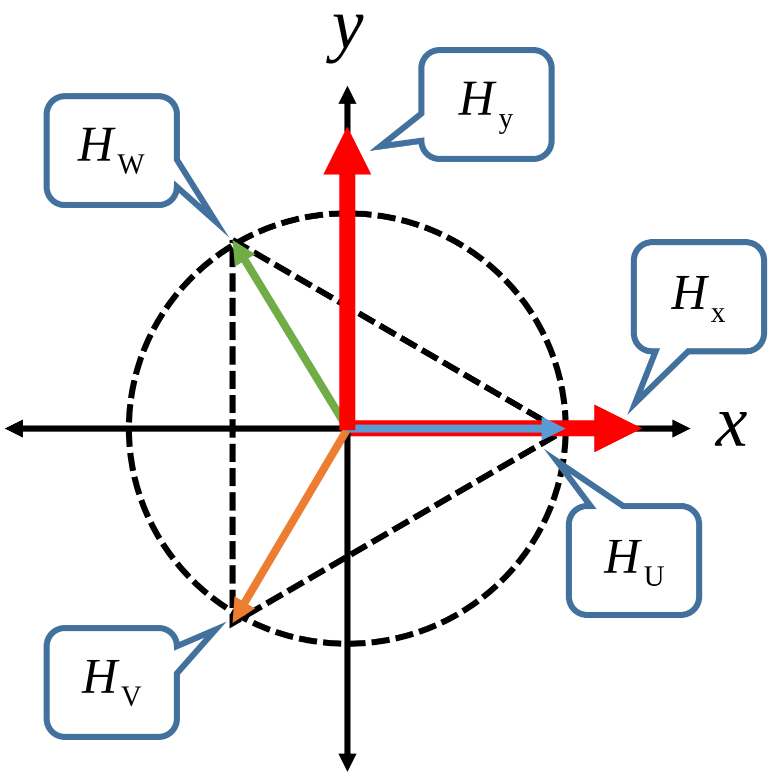
$$= H_m \sin\theta + \frac{1}{4} H_m \sin\theta + \frac{1}{4} H_m \sin\theta = \frac{3}{2} H_m \sin\theta$$

磁界の **縦** 方向成分を $\boldsymbol{H_y}$ とする

$$H_y = H_U \sin 0 + H_V \sin\left(-\frac{2\pi}{3}\right) + H_W \sin\left(-\frac{4\pi}{3}\right)$$

$$= \frac{3}{4} H_m \cos\theta + \frac{3}{4} H_m \cos\theta = \frac{3}{2} H_m \cos\theta$$

コイルの物理的な配置による角度成分

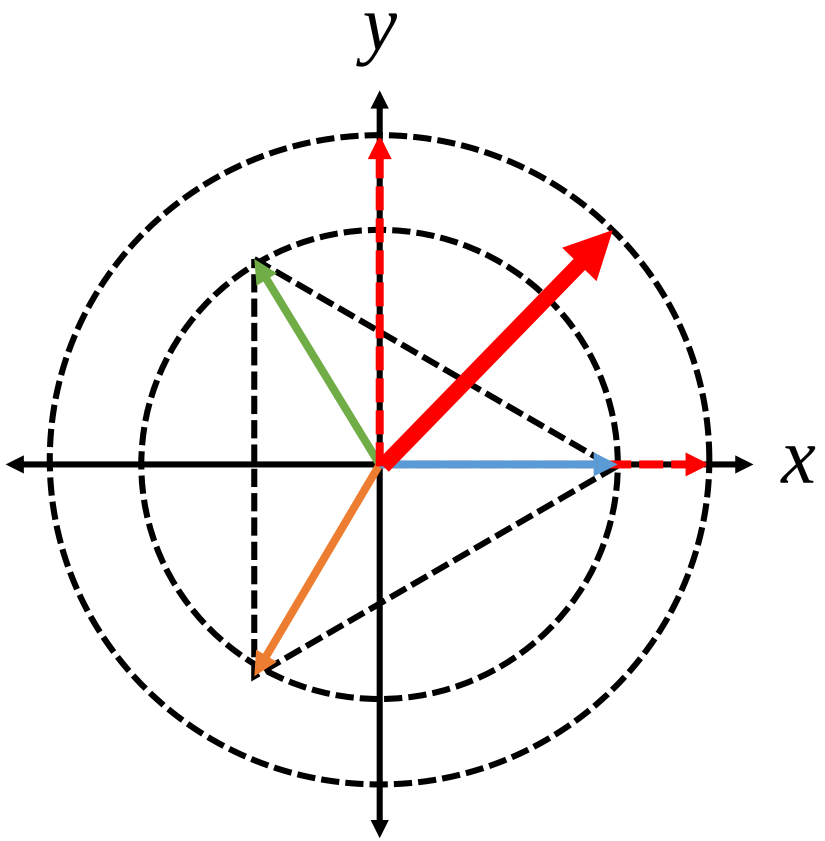


合成磁界の大きさと形状（復習）

磁界の大きさ（ **円** の **半径** ）

$$|H| = \sqrt{H_x{}^2 + H_y{}^2} = \sqrt{\left(\frac{3}{2}H_m \sin\theta\right)^2 + \left(\frac{3}{2}H_m \cos\theta\right)^2}$$

$$= \frac{3}{2}H_m\sqrt{\sin^2\theta + \cos^2\theta} = \frac{3}{2}H_m = r$$



合成磁界の形状 $(\varphi = 90° - \theta)$

$$\begin{cases} H_x = \dfrac{3}{2}H_m \sin\theta = r\cos\varphi \\ H_y = \dfrac{3}{2}H_m \cos\theta = r\sin\varphi \end{cases}$$

原点 中心で半径 **$1.5H_m$** の **回転** 磁界が生じる
(回転磁界により，誘導電動機が回転する)

二相交流による回転磁界：楕円

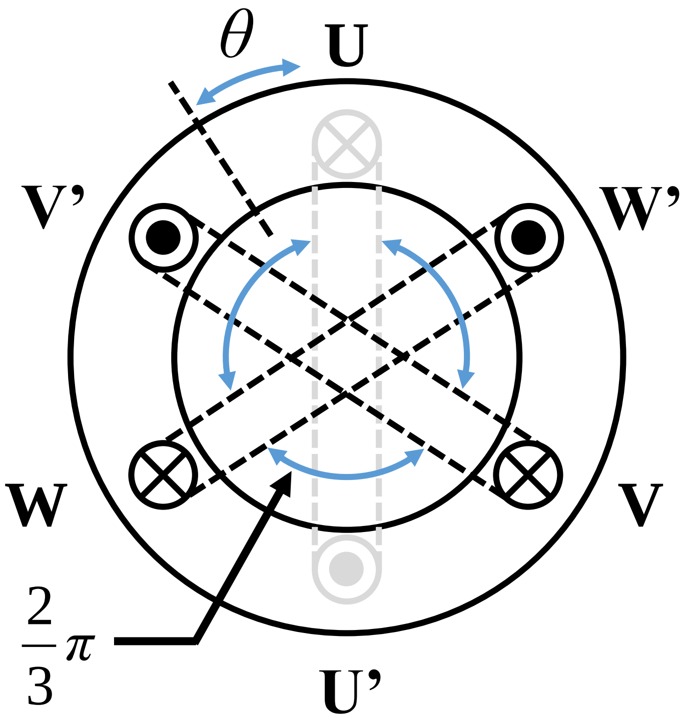
対称三相交流において，U相が **断線** したとする

V相，W相のコイルによる磁界は

$$H_{\mathrm{V}} = H_{\mathrm{m}} \sin\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) \quad , \quad H_{\mathrm{W}} = H_{\mathrm{m}} \sin\left(\theta - \frac{4\pi}{3}\right)$$

磁界の x , y 方向成分は

$$\begin{cases} H_{\mathrm{x}} = H_{\mathrm{V}} \cos\left(-\dfrac{2\pi}{3}\right) + H_{\mathrm{W}} \cos\left(-\dfrac{4\pi}{3}\right) = \dfrac{1}{2} H_{\mathrm{m}} \sin\theta \\ H_{\mathrm{y}} = H_{\mathrm{V}} \sin\left(-\dfrac{2\pi}{3}\right) + H_{\mathrm{W}} \sin\left(-\dfrac{4\pi}{3}\right) = \dfrac{3}{2} H_{\mathrm{m}} \cos\theta \end{cases}$$

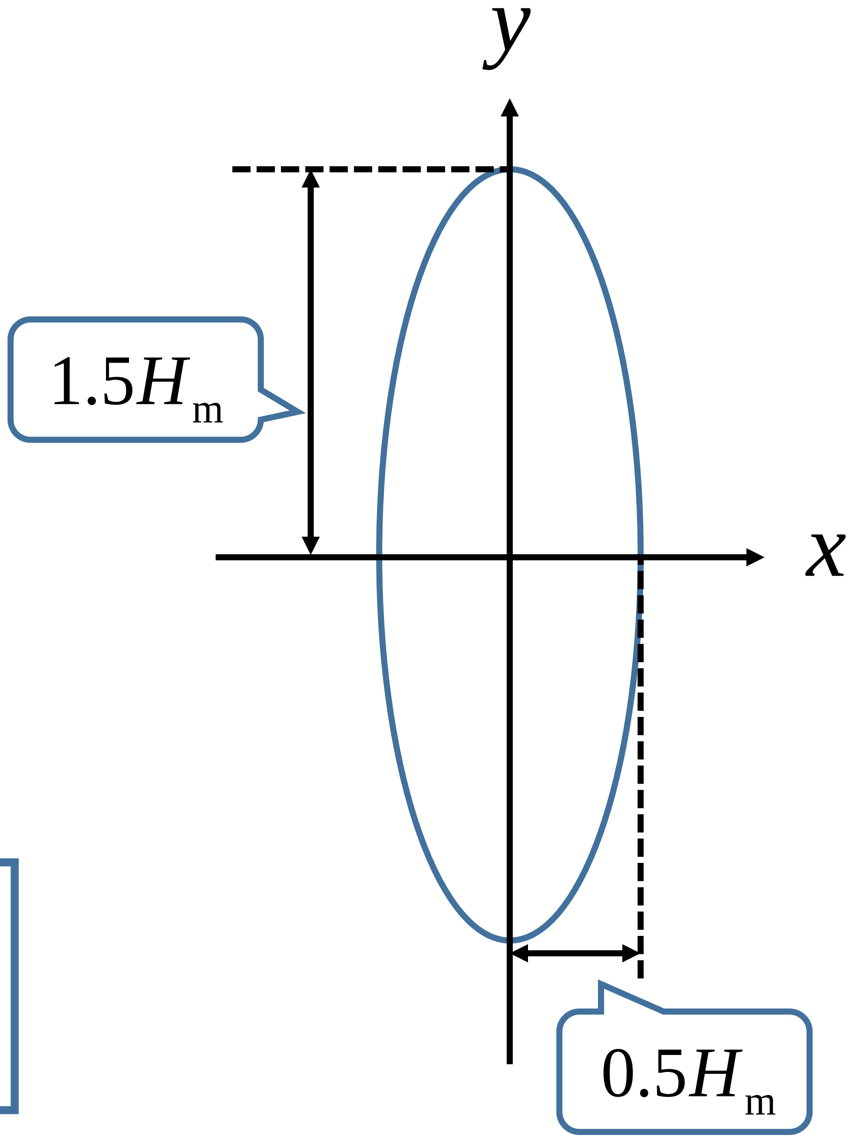


合成磁界の大きさと形状：楕円

合成磁界の形状

$$\begin{cases} H_x = \dfrac{1}{2} H_m \sin\theta \\ H_y = \dfrac{3}{2} H_m \cos\theta \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dfrac{H_x}{0.5H_m} = \sin\theta \\ \dfrac{H_y}{1.5H_m} = \cos\theta \end{cases}$$

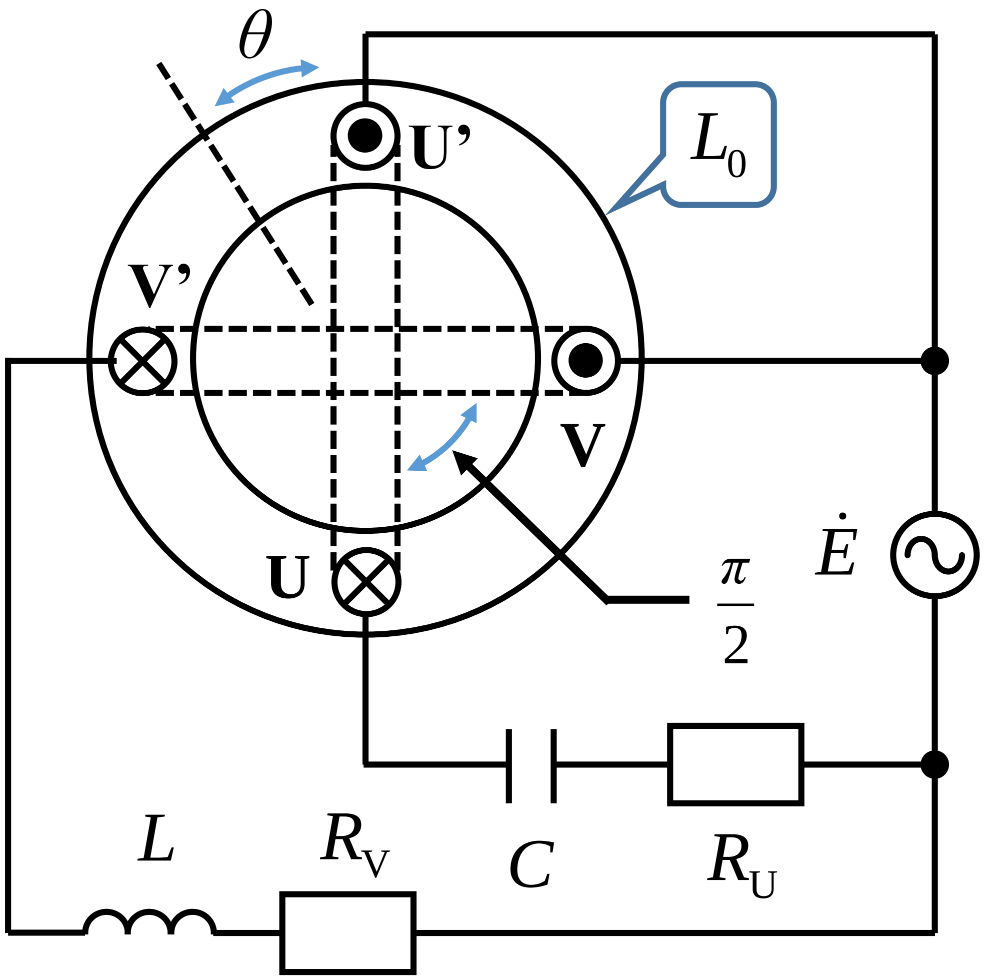
$$\Rightarrow \sin^2\theta + \cos^2\theta = \left(\frac{H_x}{0.5H_m}\right)^2 + \left(\frac{H_y}{1.5H_m}\right)^2 = 1$$



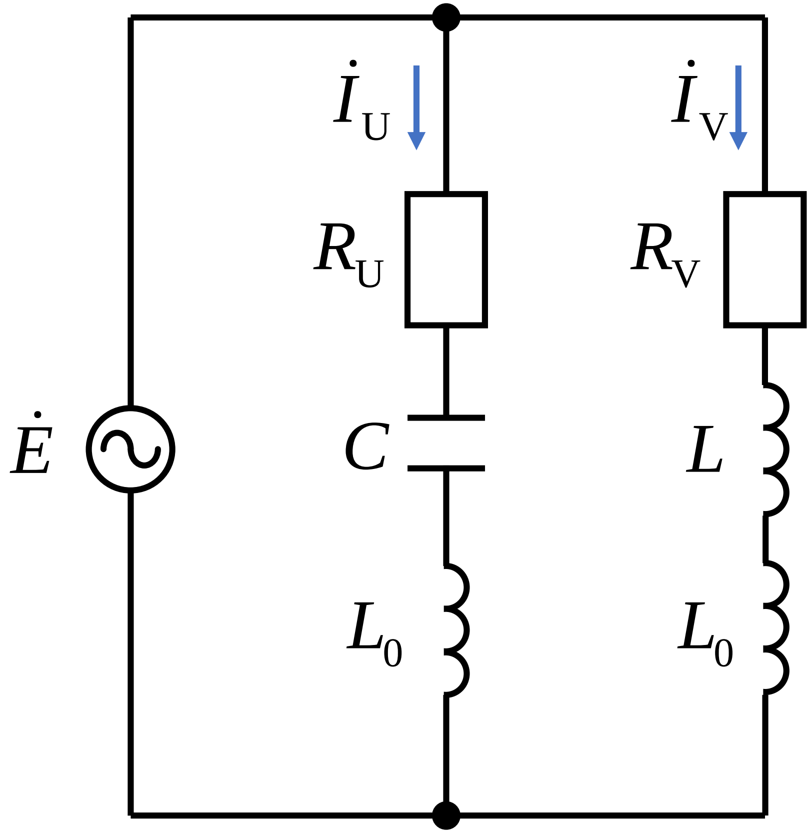
原点 中心で **短軸** の長さ **$1.0H_m$** ，
長軸 の長さ **$3.0H_m$** の **楕円回転** 磁界が生じる

二相交流の発生

単相 交流電源から **二相** 交流を発生



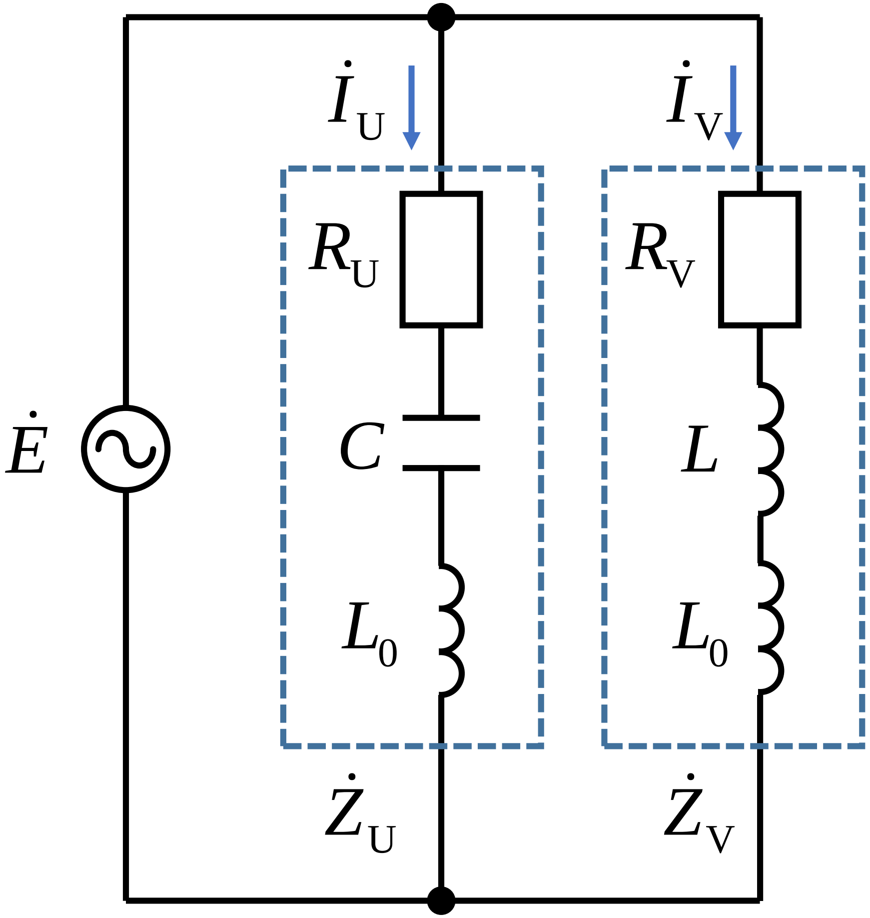
等価回路



実際には二つのコイルは **物理的** に
90° ズレて配置されていることに注意！

二相交流の発生

各相の電流をインピーダンスから計算



$$\begin{cases} \dot{I}_{\mathrm{U}} = \dfrac{\dot{E}}{\dot{Z}_{\mathrm{U}}} = \dfrac{\dot{E}}{R_{\mathrm{U}} + j\left(\omega L_0 - \dfrac{1}{\omega C}\right)} \\ \dot{I}_{\mathrm{V}} = \dfrac{\dot{E}}{\dot{Z}_{\mathrm{V}}} = \dfrac{\dot{E}}{R_{\mathrm{V}} + j\omega\left(L + L_0\right)} \end{cases}$$

二相交流は
両者の大きさが **等しく**
位相が **90°** ズレること
（ **180°** ではない！）

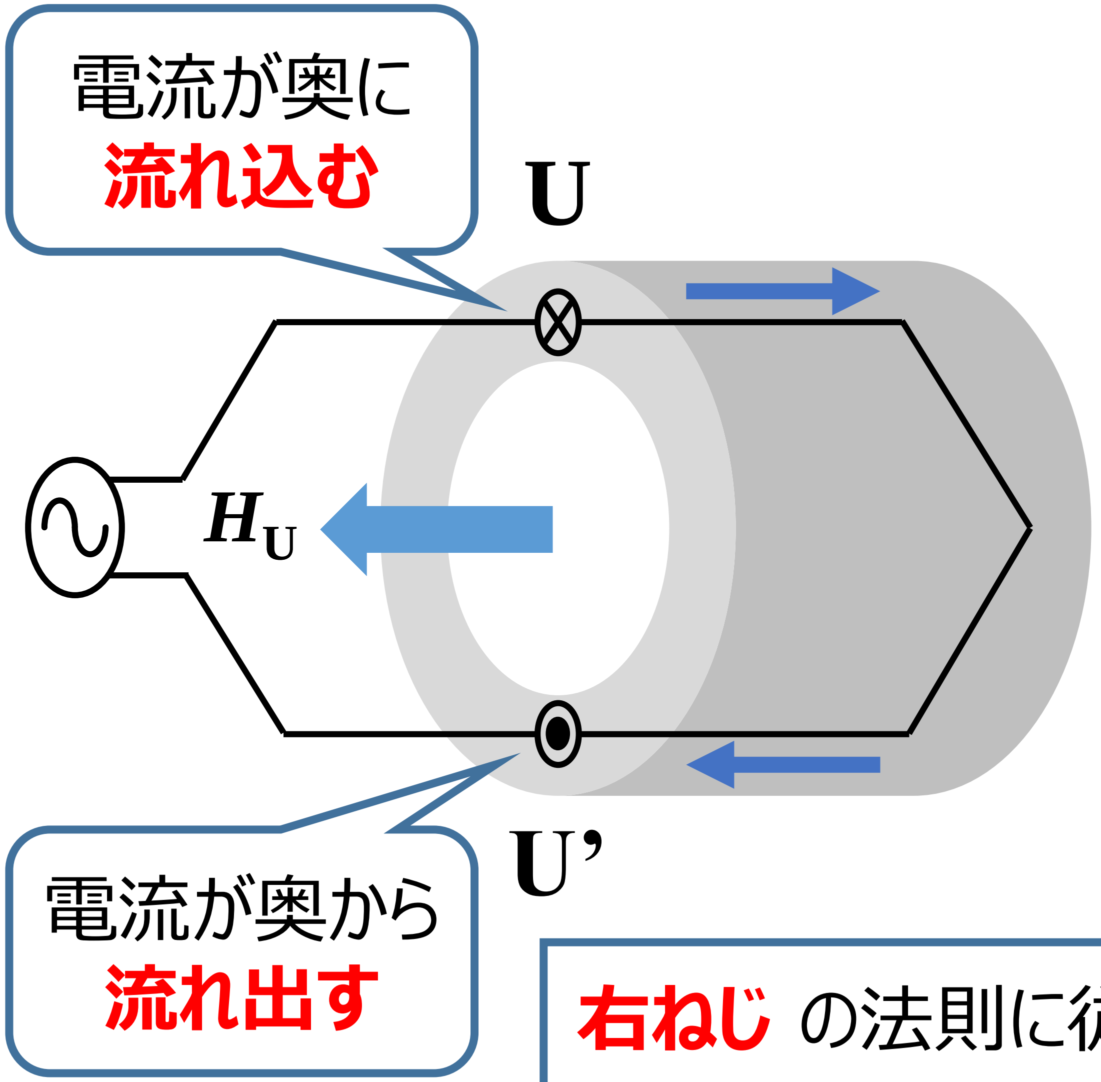
$$\Rightarrow \quad \dot{I}_{\mathrm{U}} = j\dot{I}_{\mathrm{V}}$$

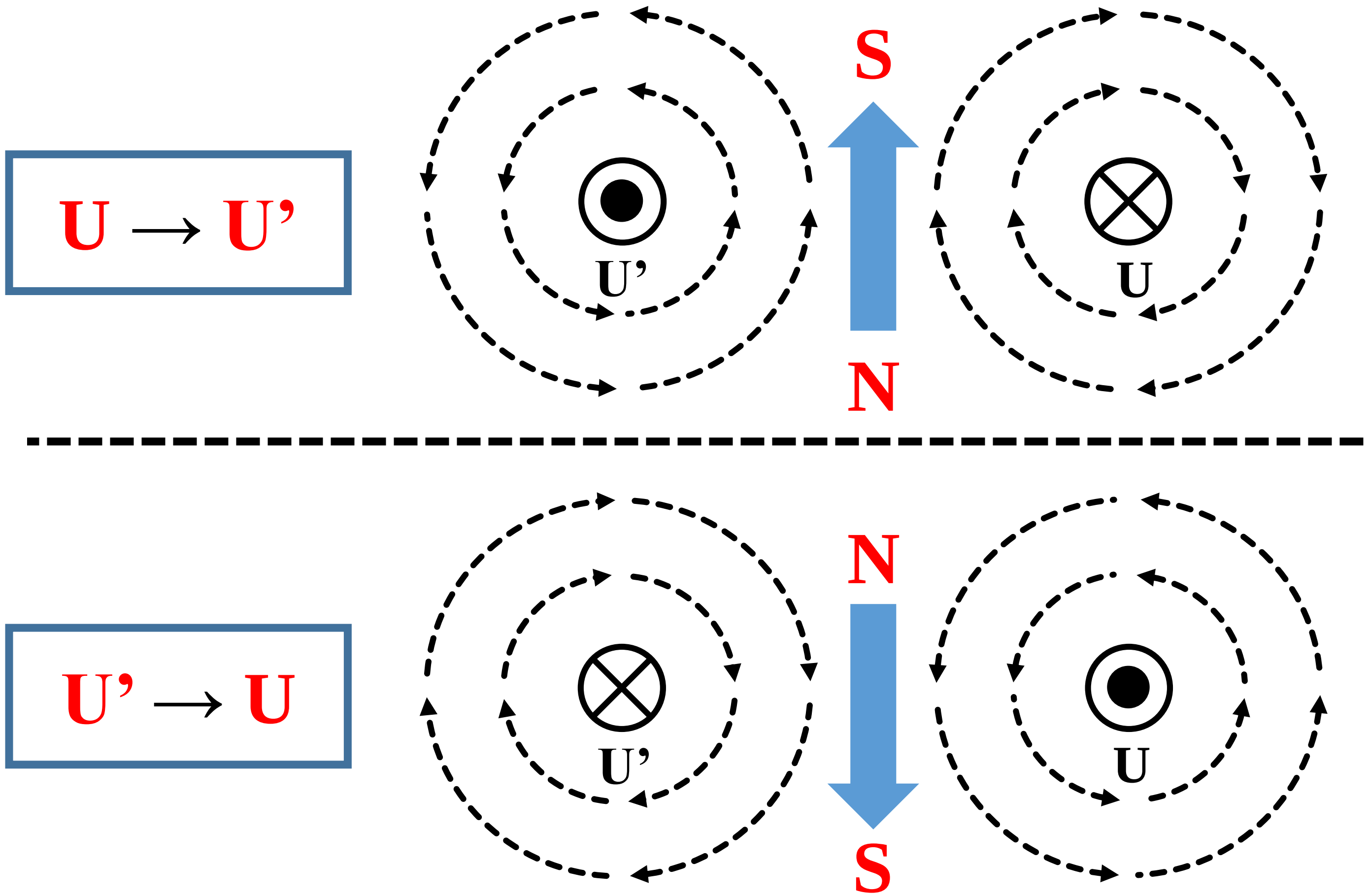
抵抗を **可変** 抵抗とし，以下の計算式から調整

$$j\left\{R_{\mathrm{U}} + j\left(\omega L_0 - \frac{1}{\omega C}\right)\right\} = R_{\mathrm{V}} + j\omega\left(L + L_0\right)$$

$$\Rightarrow \quad \begin{cases} R_{\mathrm{U}} = \omega\left(L + L_0\right) \\ R_{\mathrm{V}} = \dfrac{1}{\omega C} - \omega L_0 \end{cases}$$

単相交流電流による交番磁界





右ねじ の法則に従って磁界が **交互** に現れる（ **交番** 磁界 ）

二相交流回転磁界：真円

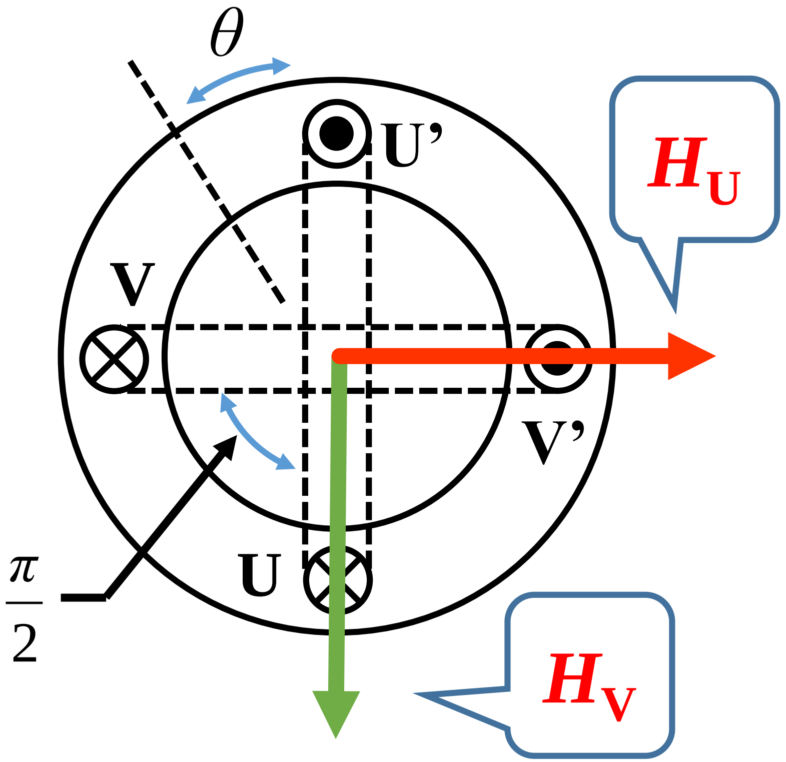
2つのコイルによる中心部の磁界を考える（ $\boldsymbol{H}_{\mathrm{U}}$ 基準）

各コイルに流れる **電流**

$$\begin{cases} i_{\mathrm{U}} = I_{\mathrm{m}} \sin\theta \\ i_{\mathrm{V}} = I_{\mathrm{m}} \sin\left(\theta - \dfrac{\pi}{2}\right) \end{cases}$$

各コイルに生じる **磁界**

$$\begin{cases} H_{\mathrm{U}} = H_{\mathrm{m}} \sin\theta \\ H_{\mathrm{V}} = H_{\mathrm{m}} \sin\left(\theta - \dfrac{\pi}{2}\right) \end{cases}$$



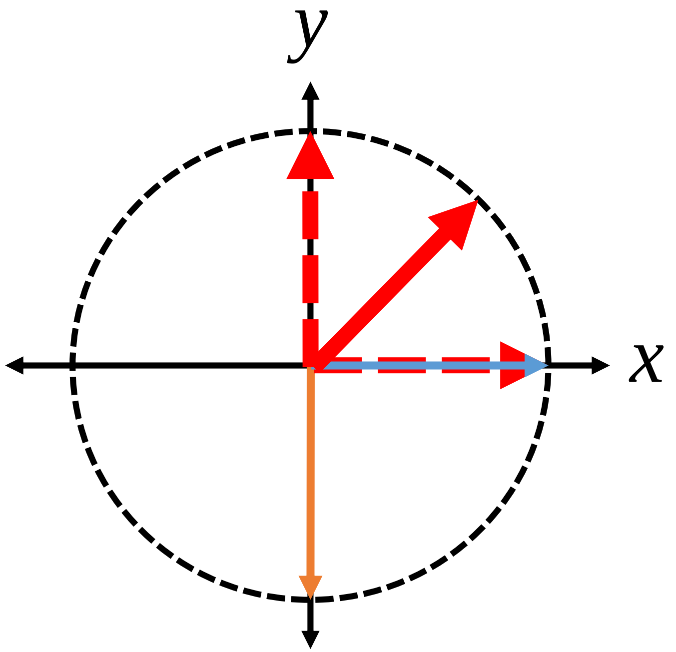
この合成磁界の x , y 成分は

$$\begin{cases} H_{\mathrm{x}} = H_{\mathrm{U}} \cos 0 + H_{\mathrm{V}} \cos\left(-\dfrac{\pi}{2}\right) = H_{\mathrm{U}} = H_{\mathrm{m}} \sin\theta \\ H_{\mathrm{y}} = H_{\mathrm{U}} \sin 0 + H_{\mathrm{V}} \sin\left(-\dfrac{\pi}{2}\right) = -H_{\mathrm{V}} = -H_{\mathrm{m}} \sin(\theta - 90^\circ) = H_{\mathrm{m}} \cos\theta \end{cases}$$

合成磁界の大きさと形状：真円

磁界の大きさ（ **円** の **半径** ）

$$|H| = \sqrt{H_x{}^2 + H_y{}^2} = \sqrt{(H_m \sin\theta)^2 + (H_m \cos\theta)^2}$$
$$= H_m \sqrt{\sin^2\theta + \cos^2\theta} = H_m = r$$



合成磁界の形状 $(\varphi = 90° - \theta)$

$$\begin{cases} H_x = H_m \sin\theta = r\cos\varphi \\ H_y = H_m \cos\theta = r\sin\varphi \end{cases}$$

原点 中心で半径 $\boldsymbol{H_m}$ の **回転** 磁界が生じる
(回転磁界により，誘導電動機が回転する)

コイルの **配置** 及び電流の **位相** を適切にすれば二相の合成磁界は **真円** となる