

電験どうでしょう管理人
KWG presents

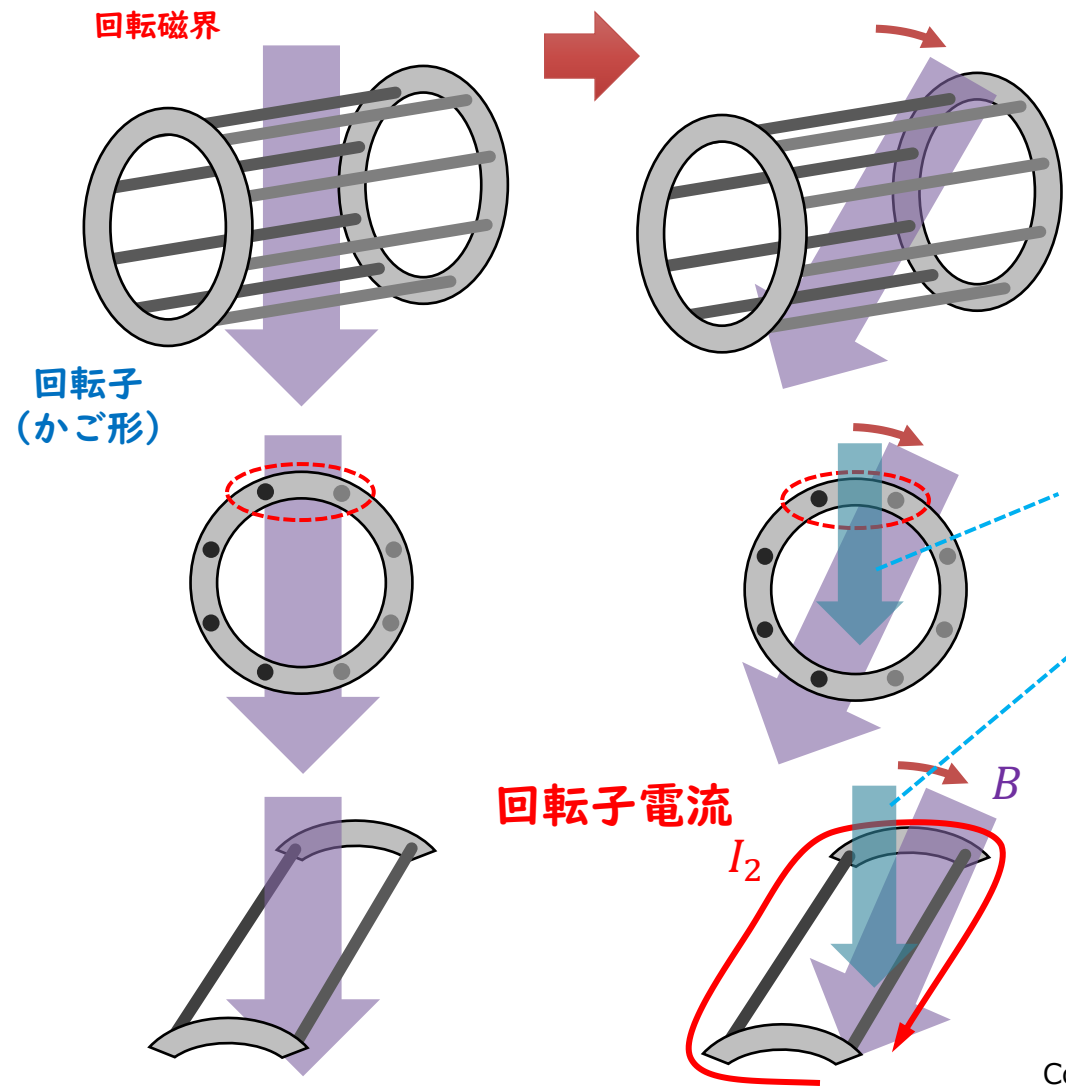
電験オンライン塾

第5回 機械
誘導機 (2)

2023.1.15 Sun

誘導機の電流

かご形誘導電動機

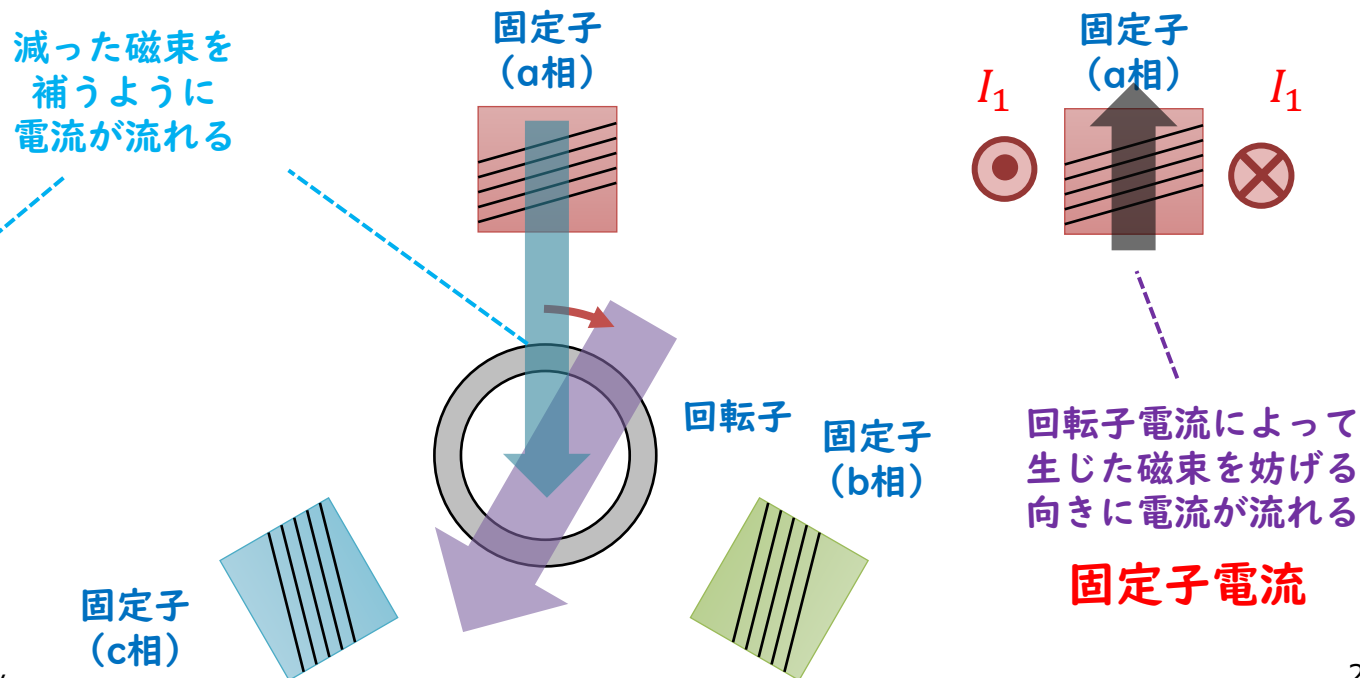


回転子電流によって生じる磁束（回転磁界を妨げるために生じた磁束）が固定子に影響を与える

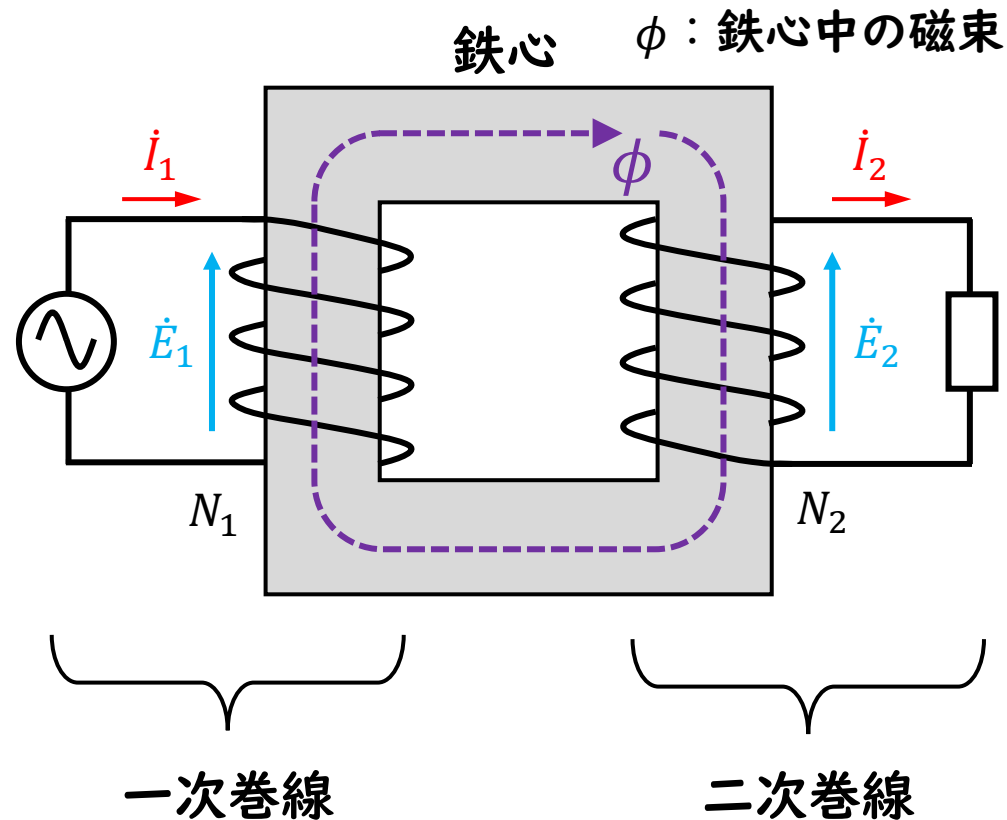
固定子では回転子電流によって生じた磁束を妨げる向きに電流を流す（固定子電流）

→変圧器の1次巻線電流と2次巻線電流と同じ原理で発生している

変圧器	1次巻線電流	2次巻線電流
誘導電動機	固定子電流	回転子電流



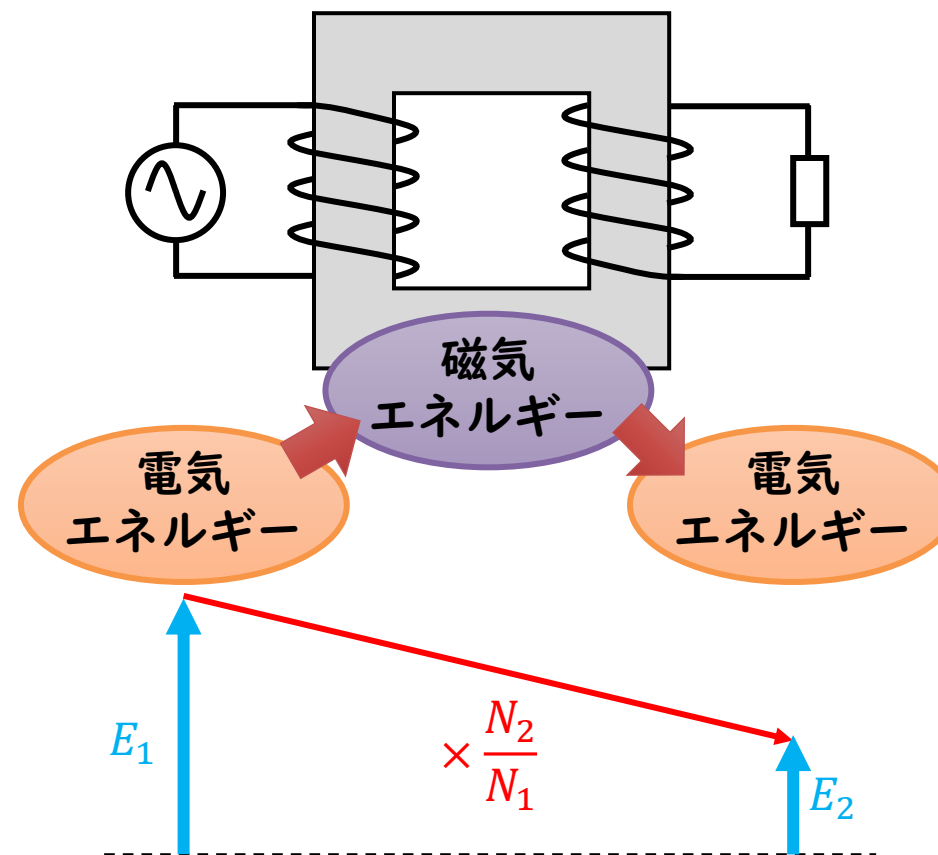
変圧器の基本特性



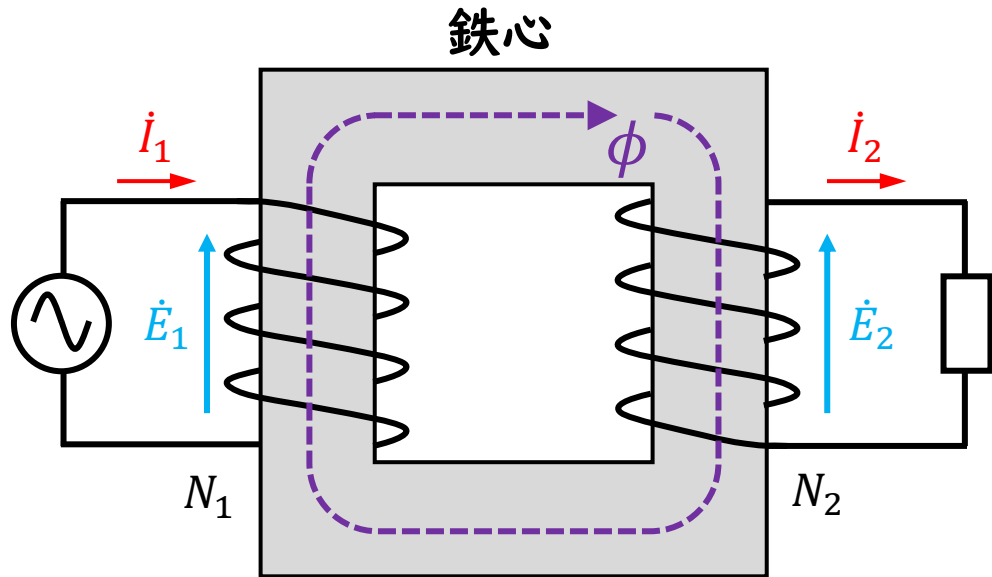
N_1 : 一次巻線の巻数
 E_1 : 一次側電圧
 I_1 : 一次側電流

N_2 : 二次巻線の巻数
 E_2 : 二次側電圧
 I_2 : 二次側電流

変圧器とは、
 電磁誘導を利用して交流電圧の電圧の大きさを
 変換する電気機器



変圧器の基本特性



$$e_1 = \sqrt{2}E_1 \sin \omega t \quad e_2 = \sqrt{2}E_2 \sin \omega t \quad \phi = -\phi_m \cos \omega t$$

$$\begin{aligned} e_1 &= \frac{d\phi'}{dt} = \frac{dN_1\phi}{dt} = N_1 \frac{d\phi}{dt} \\ &= N_1 \frac{d}{dt} (-\phi_m \cos \omega t) \\ &= \omega N_1 \phi_m \sin \omega t \end{aligned}$$

※ここでは計算しやすいように定義

$$\begin{aligned} \sqrt{2}E_1 \sin \omega t &= \omega N_1 \phi_m \sin \omega t \\ E_1 &= \frac{\omega N_1}{\sqrt{2}} \phi_m = \frac{2\pi f N_1}{\sqrt{2}} \phi_m = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f N_1 \phi_m \end{aligned}$$

$$E_1 = 4.44 f N_1 \phi_m \quad \textcircled{1}$$

$$\begin{aligned} e_2 &= \frac{d\phi'}{dt} = \frac{dN_2\phi}{dt} = N_2 \frac{d\phi}{dt} \\ &= N_2 \frac{d}{dt} (-\phi_m \cos \omega t) \\ &= \omega N_2 \phi_m \sin \omega t \end{aligned}$$

①と②より

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{4.44 f N_1 \phi_m}{4.44 f N_2 \phi_m}$$

$$\therefore \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

<一次側電圧 E_1 と二次側電圧 E_2 の関係の導出>

ファラデーの法則

$$V = \frac{d\phi'}{dt}$$

ϕ' : 鎖交磁束

(鎖交磁束) = (巻数) × (磁束)

$$\text{Copy right } \textcircled{c} \text{ 電験どう} \quad E_2 = 4.44 f N_2 \phi_m \quad \textcircled{2}$$

変圧器と誘導機の違い

変圧器の1次側電圧と
2次側電圧の関係

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{4.44fN_1\phi_m}{4.44fN_2\phi_m}$$

$$\therefore \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

電源周波数に一致するように
回転磁界が発生するので
 f_1 は電源周波数

回転子停止時($s = 1$)の
回転子で発生する誘導起電力 E_2

$$E_2 = \frac{N_2}{N_1} E_1$$

回転子が回転時($s \neq 1$)の
回転子で発生する誘導起電力 E'_2

$$E'_2 = s \frac{N_2}{N_1} E_1 = s E_2$$

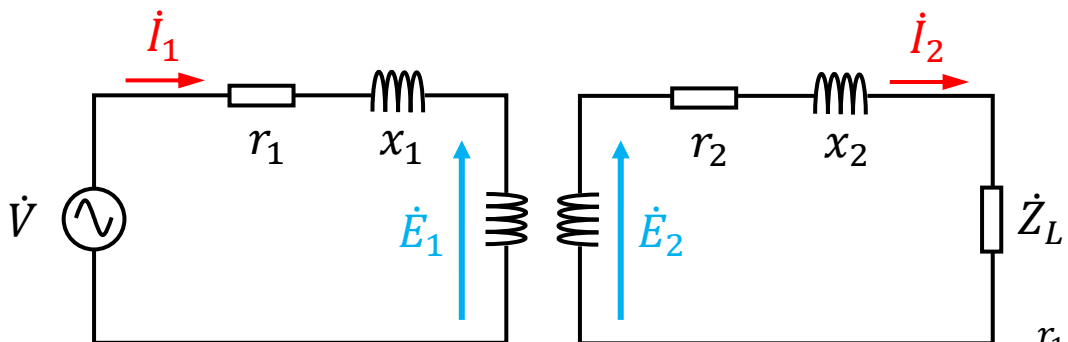
誘導電動機では、

$$\frac{\text{固定子で発生する誘導起電力 } E_1}{\text{回転子で発生する誘導起電力 } E_2} = \frac{4.44 \cancel{f_1} N_1 \phi_m}{4.44 \cancel{f_2} N_2 \phi_m} = \frac{f_1 N_1}{f_2 N_2} = \frac{f_1 N_1}{s f_1 N_2} = \frac{1}{s} \frac{N_1}{N_2} \rightarrow E_2 = s \frac{N_2}{N_1} E_1$$

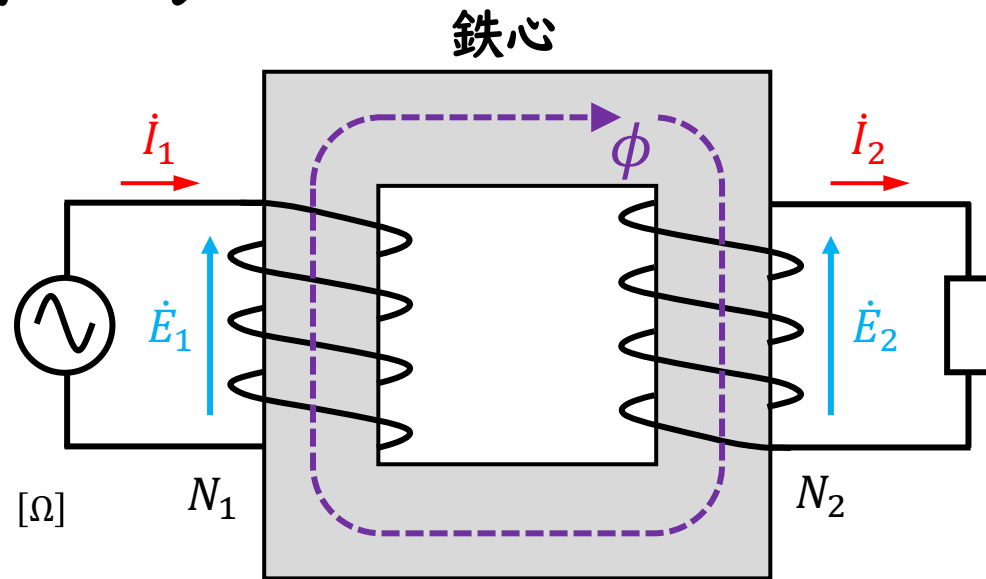
回転子から見える回転磁界の変化は回転子の速度に
よって変化するので
 f_2 は回転子から見た回転磁界の相対速度
($f_2 = s f_1$: すべり周波数)

誘導機の等価回路(1/4)

<変圧器の場合>



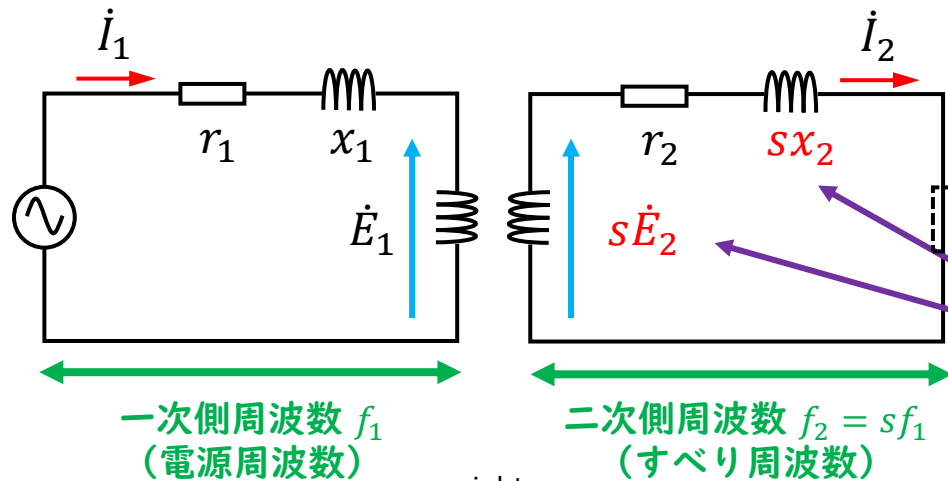
- r_1 : 一次巻線抵抗 [Ω]
- x_1 : 一次漏れリアクタンス [Ω]
- r_2 : 二次巻線抵抗 [Ω]
- x_2 : 二次漏れリアクタンス [Ω]



<誘導機の場合 (単相分)>

三相交流の単相分
(相電圧とする)

$$\dot{V}_1 = \frac{V}{\sqrt{3}}$$

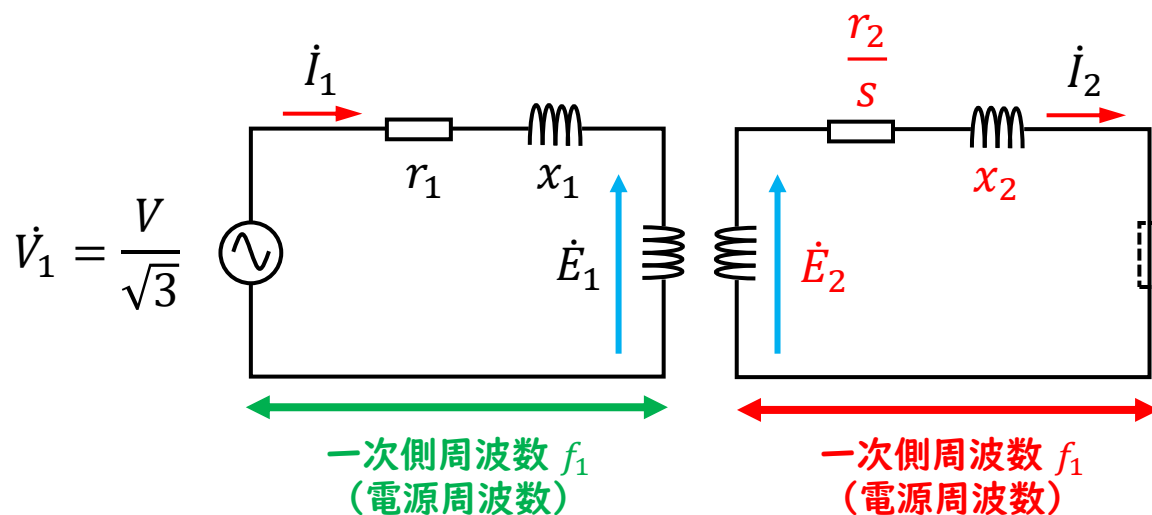
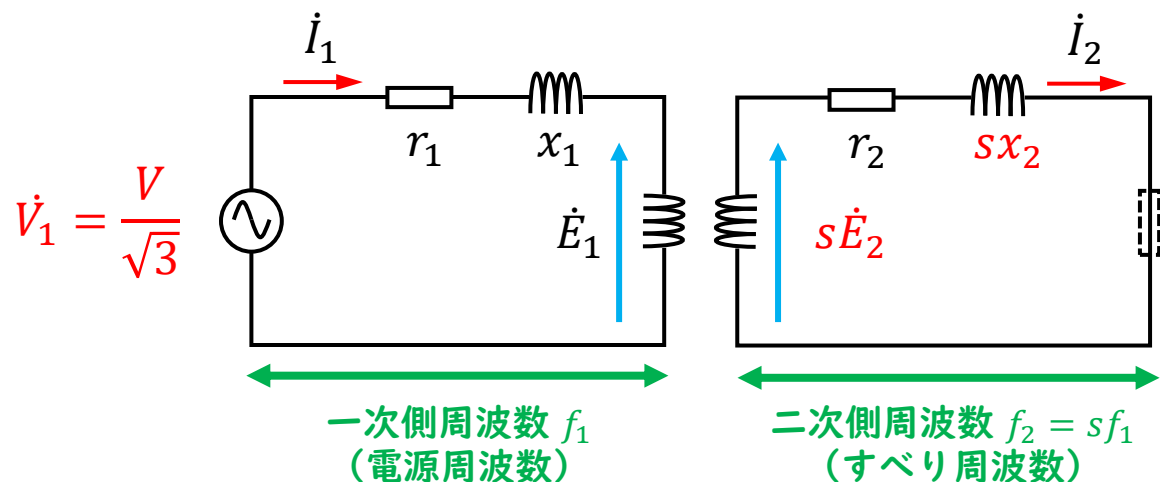


負荷は回転子の抵抗に含まれる

すべりの影響を受ける

誘導機の等価回路(2/4)

< 誘導機の場合 (単相分) >



二次電流 I_2 を式で表すと、

$$I_2 = \frac{sE_2}{\sqrt{r_2^2 + (sx_2)^2}} = \frac{\frac{1}{s} \times sE_2}{\frac{1}{s} \times \sqrt{r_2^2 + (sx_2)^2}} = \frac{E_2}{\sqrt{\left(\frac{r_2}{s}\right)^2 + x_2^2}}$$

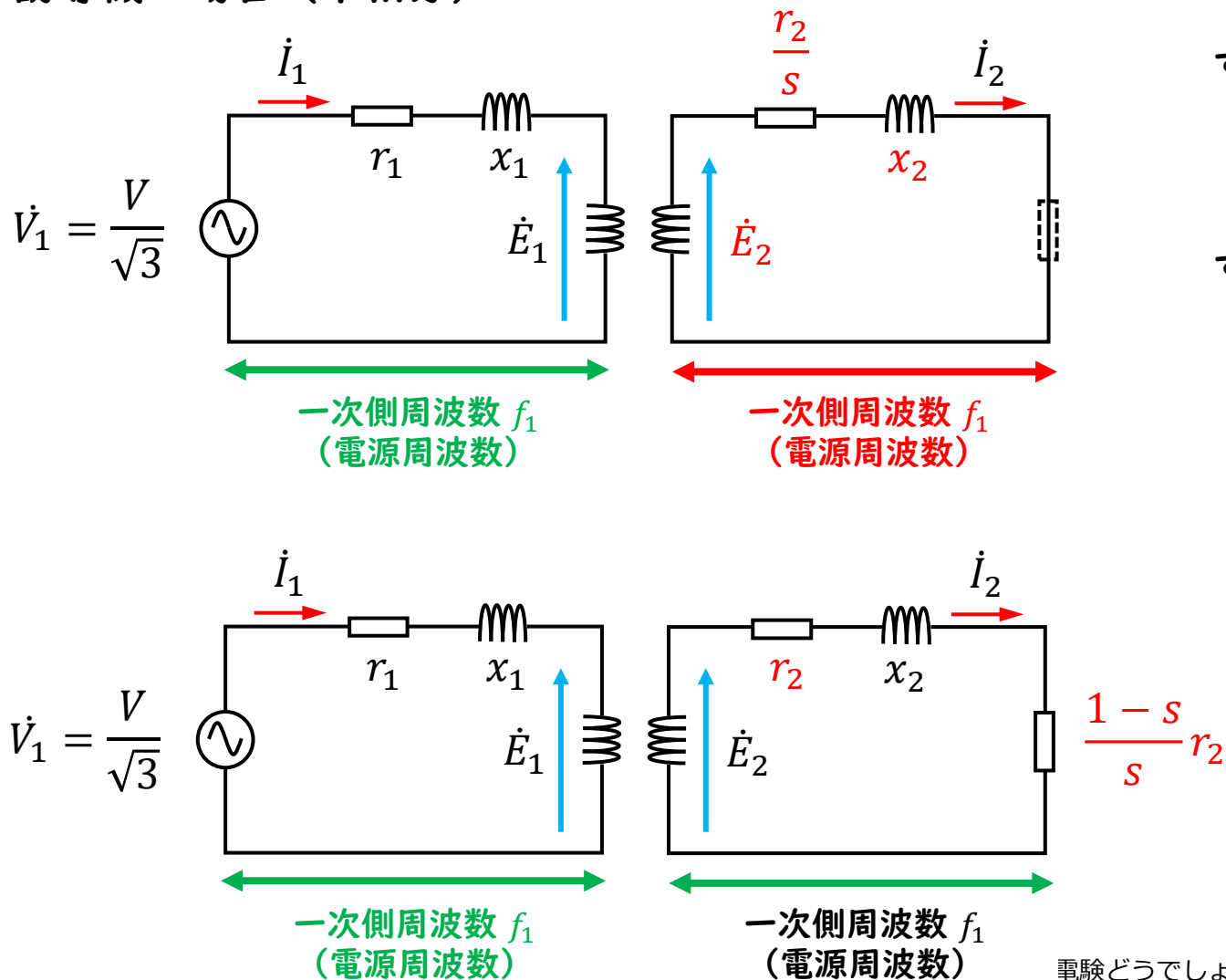
$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{\left(\frac{r_2}{s}\right)^2 + x_2^2}}$$

周波数により変化する二次電圧や二次漏れリアクタンスは変化せず、抵抗がすべりで変化すると考える

→ 二次側も一次側周波数と同じ周波数で変化するという見方ができる

誘導機の等価回路(3/4)

<誘導機の場合(単相分)>



すべり s が小さいと $\rightarrow \frac{r_2}{s}$ は大きい
 \rightarrow 回転子の回転速度が上昇すると
 負荷が大きくなる

すべり s が大きいと $\rightarrow \frac{r_2}{s}$ は小さい
 \rightarrow 回転子の回転速度が減少すると
 負荷は小さくなる

$$\frac{r_2}{s} = \frac{r_2}{s} + \frac{1-s}{s} r_2$$

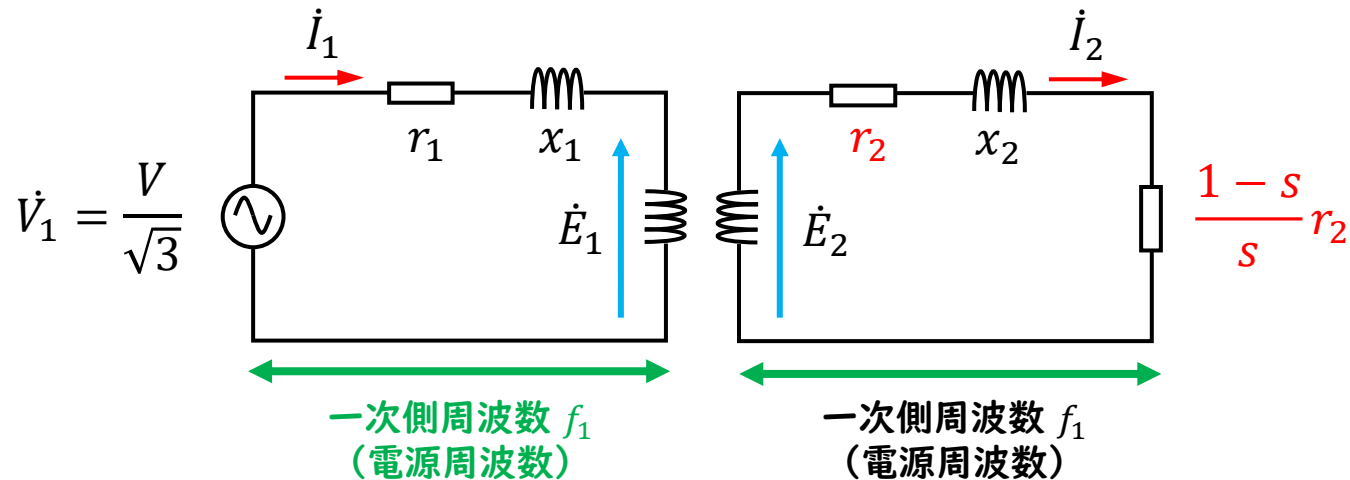
回転子の
抵抗

回転子の回転に
対して電源が感じる
負荷の重さ

- 回転子の抵抗と
- 回転子の回転に対して電源が感じる負荷の重さに二次側の負荷を分解することができる

誘導機の等価回路(4/4)

< 誘導機の場合 (単相分) >



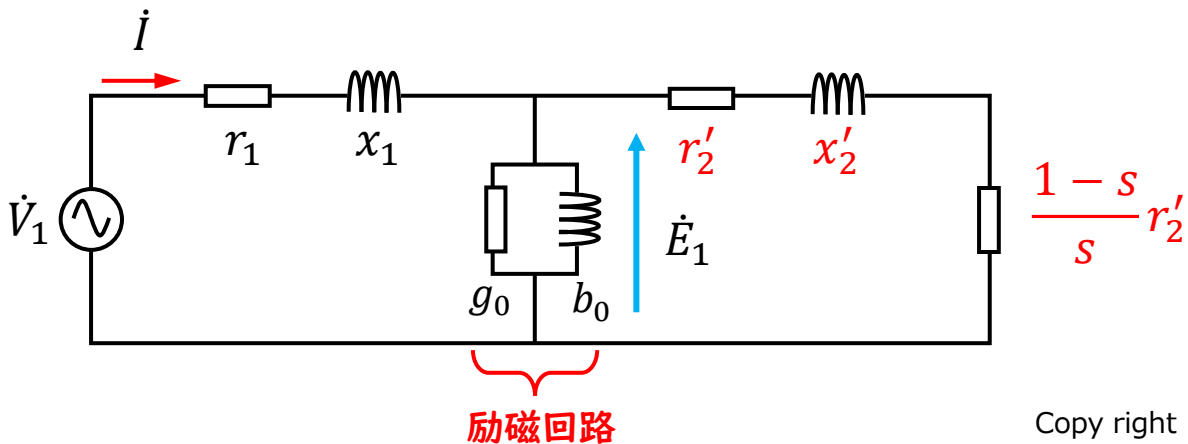
変圧器の1次側に換算した回路
(2次側の負荷の大きさを1次側換算した回路)
と同様に誘導機の回路を变形することができる

電験三種では励磁回路の位置をずらした
L形等価回路 (簡易等価回路) を覚えておけばよい

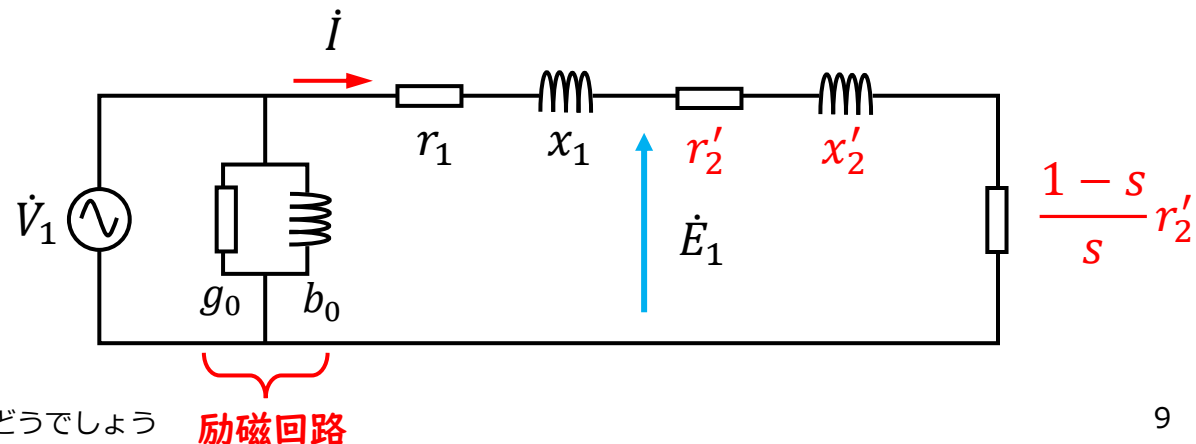
※励磁回路：1次側と2次側の磁気結合のための磁束を蓄える回路 (電験三種では鉄損の計算に利用)

< 誘導機の場合 (単相分, 一次側に換算した回路) >

T形等価回路



★L形等価回路 (簡易等価回路)

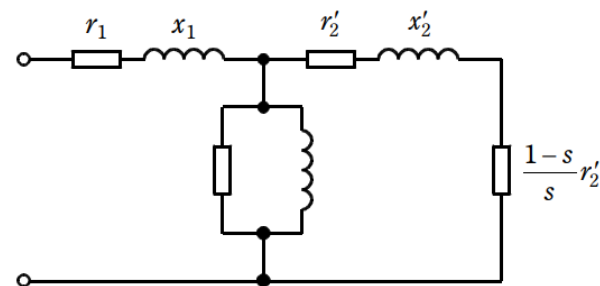


H26 問6

問6 次の文章は、三相誘導電動機の等価回路に関する記述である。

三相誘導電動機の1相当りの等価回路は、と同様に表すことができ、その等価回路を使用することによって電圧 V 及び周波数 f を同時に変化させるインバータで運転したときの磁束、トルクの特性を検討することができる。

図の等価回路において、誘導電動機を例えば定格周波数、定格電圧の数パーセント程度の周波数、電圧で始動するときの特性を考える。この場合、もし始動電流が定格電流と同じだけ流れると、による電圧降下の一次電圧に対する比率が定格時よりも大きくなるので、磁束が減少し、発生トルクがすることが理解できる。また、誘導電動機を例えば定格周波数、定格電圧で運転するときは、上記電圧降下による計算誤差が小さく、計算が簡単になるので、励磁回路を図の側に移した簡易等価回路を使うことも有効である。この運転では、もしインバータが出力する電圧 V が減少したとしても、 $\frac{V}{f}$ 比を一定に保つように周波数 f を減少させれば、負荷変動に影響されずに励磁電流がほぼ一定となることが分かる。



上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

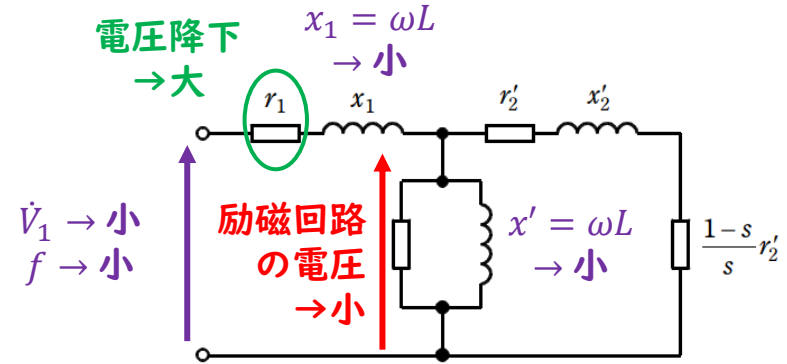
	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	同期電動機	L 形	一次抵抗	増加	右端の負荷抵抗
(2)	変圧器	T 形	一次抵抗	減少	左端の端子
(3)	同期電動機	T 形	二次漏れリアクタンス	減少	右端の負荷抵抗
(4)	変圧器	L 形	一次抵抗	増加	右端の負荷抵抗
(5)	変圧器	T 形	二次漏れリアクタンス	減少	左端の端子

H26 問6

問6 次の文章は、三相誘導電動機の等価回路に関する記述である。

三相誘導電動機の1相当りの等価回路は、**変圧器** (ア) と同様に表すことができ、その等価回路を使用することによって電圧 V 及び周波数 f を同時に変化させるインバータで運転したときの磁束、トルクの特性を検討することができる。

図の **T形** (イ) 等価回路において、誘導電動機を例えば定格周波数、定格電圧の数パーセント程度の周波数、電圧で始動するときの特性を考える。この場合、もし始動電流が定格電流と同じだけ流れると、**一次抵抗** (ウ) による電圧降下の一次電圧に対する比率が定格時よりも大きくなるので、磁束が減少し、発生トルクが **減少** (エ) することが理解できる。また、誘導電動機を例えば定格周波数、定格電圧で運転するときは、上記電圧降下による計算誤差が小さく、計算が簡単になるので、励磁回路を図の **(オ)** 側に移した簡易等価回路を使うことも有効である。この運転では、もしインバータが出力する電圧 V が減少したとしても、 $\frac{V}{f}$ 比を一定に保つように周波数 f を減少させれば、負荷変動に影響されずに励磁電流がほぼ一定となること分かる。



**励磁回路の電圧が小 → 回転磁界の磁束が小
→ ローレンツ力が小 $F = IBl$
→ トルクが小**

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	同期電動機	L形	一次抵抗	増加	右端の負荷抵抗
(2)	変圧器	T形	一次抵抗	減少	左端の端子
(3)	同期電動機	T形	二次漏れリアクタンス	減少	右端の負荷抵抗
(4)	変圧器	L形	一次抵抗	増加	右端の負荷抵抗
(5)	変圧器	T形	二次漏れリアクタンス	減少	左端の端子

ご聴講ありがとうございました
ございました!!