

パワーエレクトロニクス

(舟木担当分)

第五回

電流型自励式変換器

電圧型自励式変換器

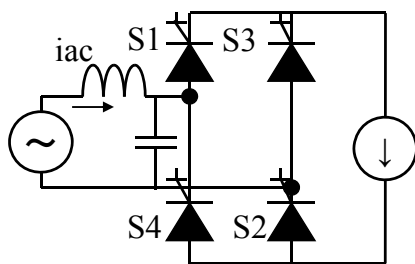
パルス幅制御

平成23年07月04日月曜日 3限目

2011/07/04

1

単相電流型変換器の動作

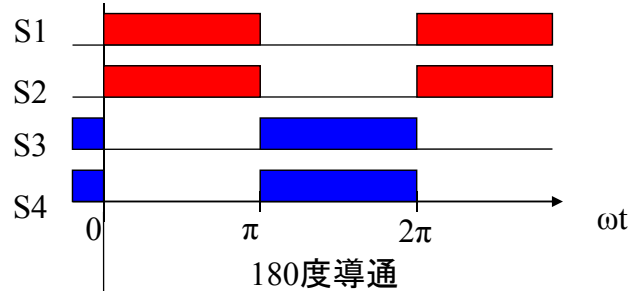


スナバコンデンサ要

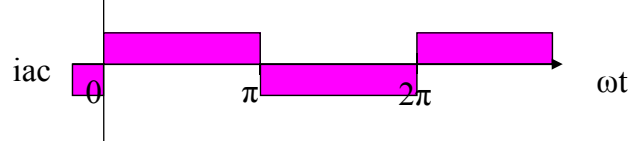
交流側から見て直流側が
電流源として動作

直流電流極性一定
直流電圧方向可逆
(逆方向阻止素子)

ゲート信号



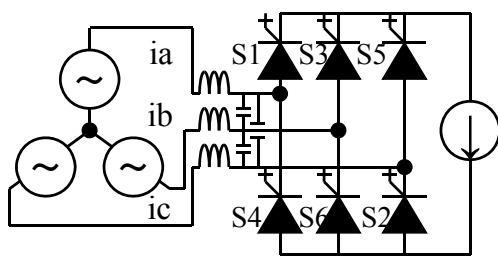
交流電流出力



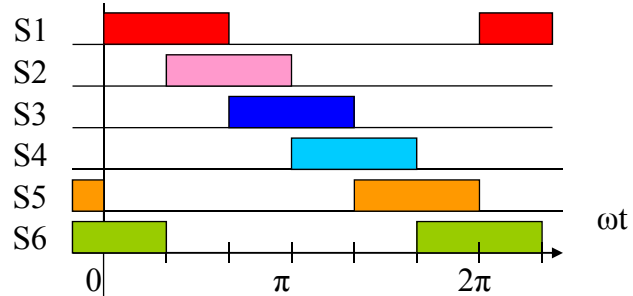
2011/07/04

2

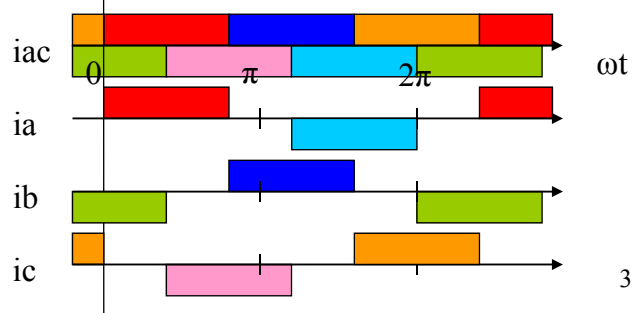
三相電流型変換器の動作



ゲート信号



交流電流出力



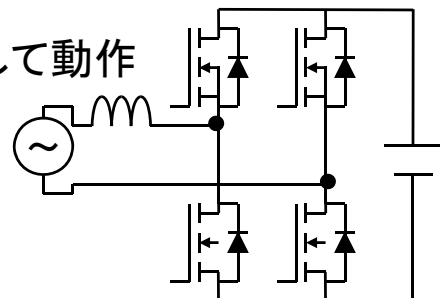
120度導通

2011/07/04

電圧型変換器

スナバコンデンサ
不要

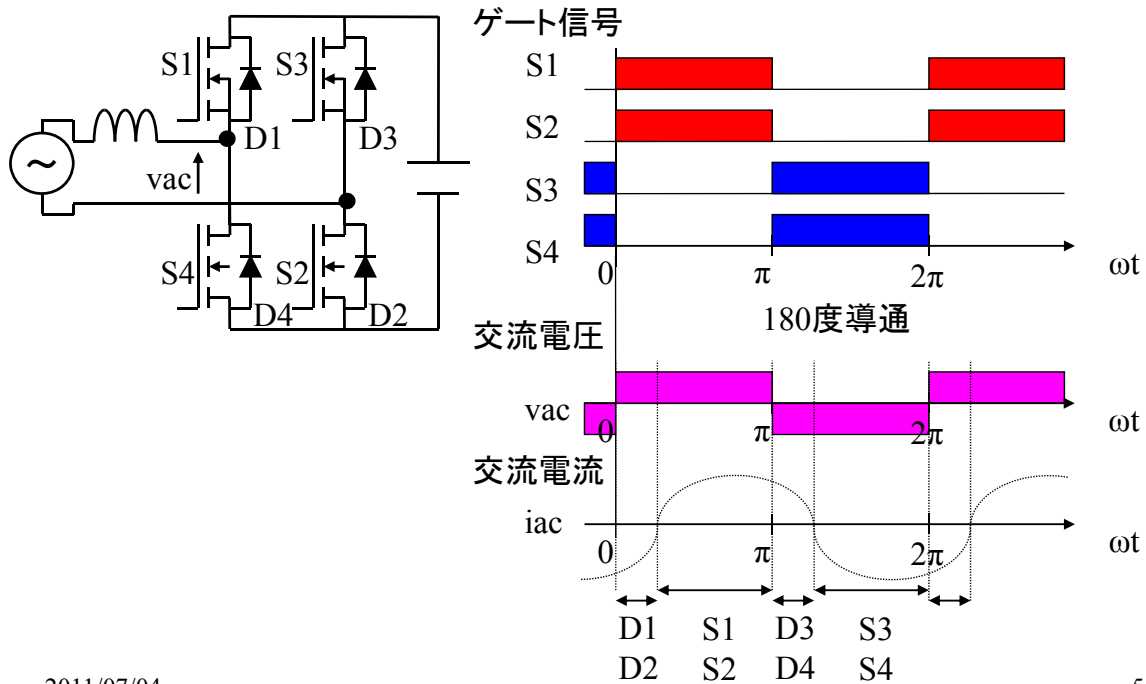
- 交流側から見て直流側が電圧源として動作
 - 直流電圧極性一定
 - 直流電流方向可逆(逆方向導通素子)
逆並列ダイオード使用
能動素子の→逆耐圧不要
- 他励動作→不可
 - 逆並列ダイオードのため、能動素子に逆電圧が印加されない
- 自励動作
 - ゲート信号で素子のON・OFF動作
 - 直流電圧源は、直流電源からの電流経路が常に導通している必要無→交流側の電流経路を確保するため、相間が導通する動作モード有り



2011/07/04

4

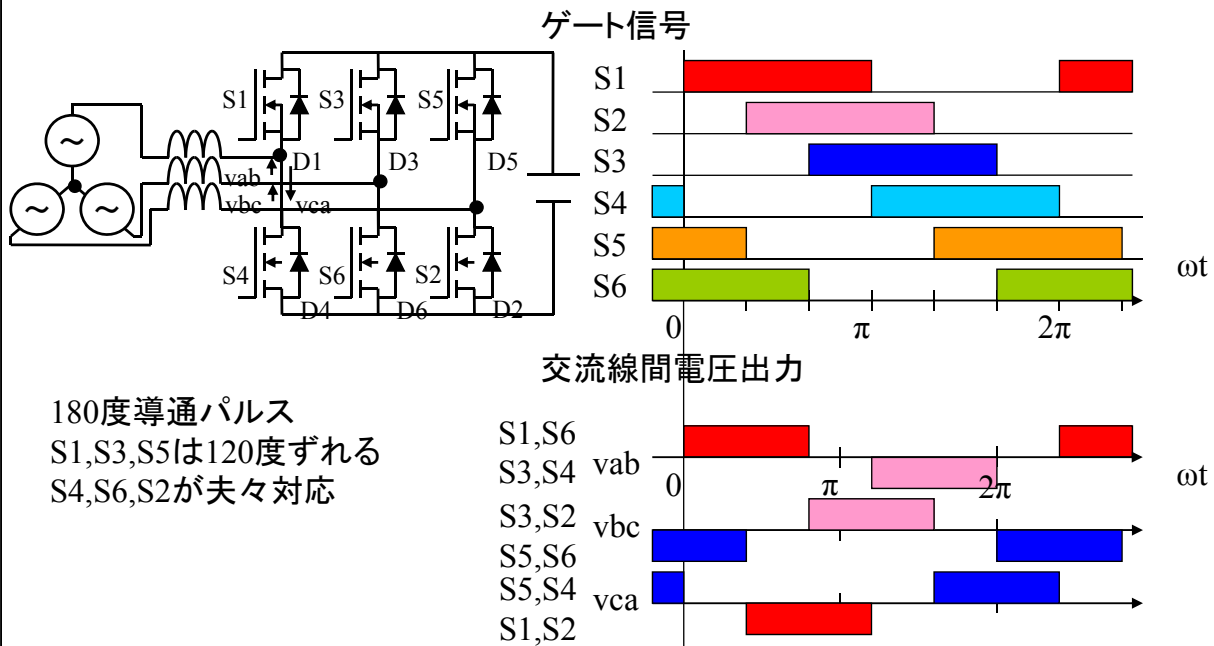
単相電圧型変換器の動作



2011/07/04

5

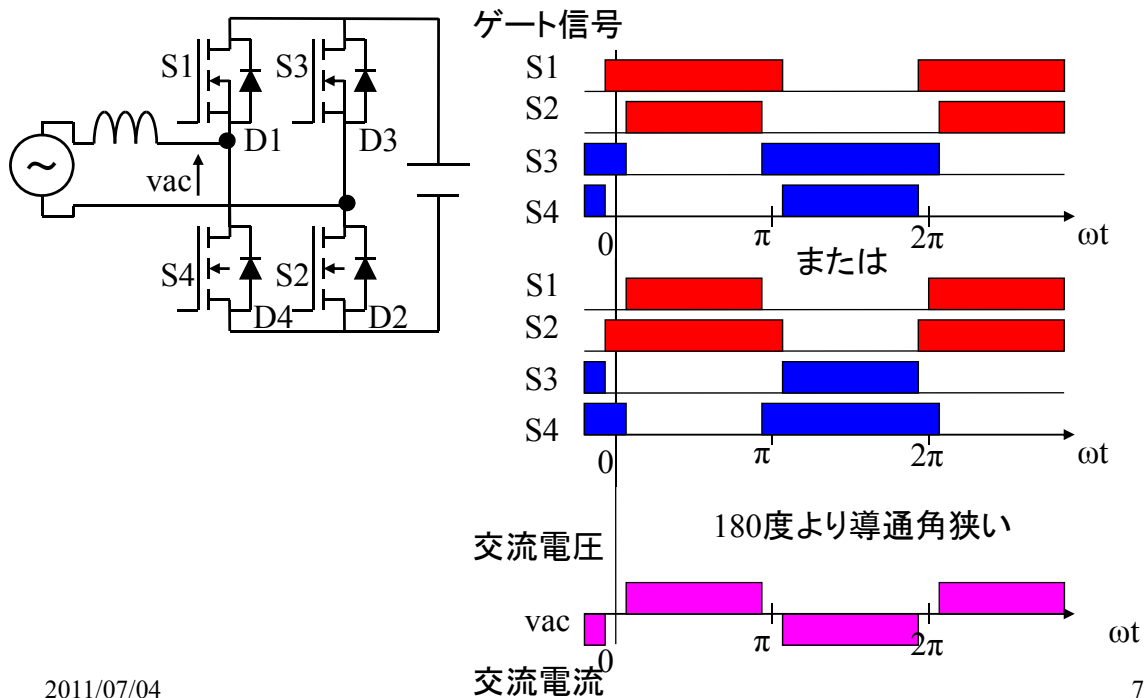
三相電圧型変換器の動作



2011/07/04

6

単相電圧型変換器のPWM制御



電圧型自励式変換器

• PWMによる出力交流電圧制御

– 1パルスPWM→半周期に一つの電圧パルス

• 出力交流電圧(導通角 λ)

- $0 \leq \omega t < \pi/2 - \lambda/2$ 0
- $\pi/2 - \lambda/2 \leq \omega t < \pi/2 + \lambda/2$ $+V_{dc}$
- $\pi/2 + \lambda/2 \leq \omega t < \pi/2 + \lambda/2$ 0
- $\pi/2 + \lambda/2 \leq \omega t < \pi/2 + \lambda/2$ $-V_{dc}$
- $\pi/2 + \lambda/2 \leq \omega t < 2\pi$ 0

– フーリエ級数展開による出力電圧成分の算出

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \{a_n \cos nx + b_n \sin nx\}$$

$$\begin{cases} a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nx dx \\ b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nx dx \end{cases}$$

電圧型自励式変換器

- 1パルスPWMによる出力電圧制御
– 出力交流電圧(基本波成分)の大きさ

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{1}{\pi} \left\{ \int_{\frac{\pi}{2}-\frac{\lambda}{2}}^{\frac{\pi}{2}+\frac{\lambda}{2}} V_{dc} \cos x dx + \int_{\frac{3}{2}\pi-\frac{\lambda}{2}}^{\frac{3}{2}\pi+\frac{\lambda}{2}} -V_{dc} \cos x dx \right\} \\ &= \frac{2V_{dc}}{\pi} \int_{\frac{\pi}{2}-\frac{\lambda}{2}}^{\frac{\pi}{2}+\frac{\lambda}{2}} \cos x dx \\ &= \frac{2V_{dc}}{\pi} \left[\sin x \right]_{\frac{\pi}{2}-\frac{\lambda}{2}}^{\frac{\pi}{2}+\frac{\lambda}{2}} \\ &= \frac{2V_{dc}}{\pi} \left[\sin\left(\frac{\pi}{2} + \frac{\lambda}{2}\right) - \sin\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\lambda}{2}\right) \right] \\ &= \frac{2V_{dc}}{\pi} \left[\sin \frac{\pi}{2} \cos \frac{\lambda}{2} + \cos \frac{\pi}{2} \sin \frac{\lambda}{2} - \sin \frac{\pi}{2} \cos \frac{\lambda}{2} + \cos \frac{\pi}{2} \sin \frac{\lambda}{2} \right] \\ &= \frac{2V_{dc}}{\pi} \left[\cos \frac{\pi}{2} \sin \frac{\lambda}{2} + \cos \frac{\pi}{2} \sin \frac{\lambda}{2} \right] = 0 \end{aligned}$$

2011/07/04

9

電圧型自励式変換器

- 1パルスPWMによる出力電圧制御
– 出力交流電圧(基本波成分)の大きさ

$$\begin{aligned} b_1 &= \frac{1}{\pi} \left\{ \int_{\frac{\pi}{2}-\frac{\lambda}{2}}^{\frac{\pi}{2}+\frac{\lambda}{2}} V_{dc} \sin x dx + \int_{\frac{3}{2}\pi-\frac{\lambda}{2}}^{\frac{3}{2}\pi+\frac{\lambda}{2}} -V_{dc} \sin x dx \right\} \\ &= \frac{2V_{dc}}{\pi} \int_{\frac{\pi}{2}-\frac{\lambda}{2}}^{\frac{\pi}{2}+\frac{\lambda}{2}} \sin x dx \\ &= -\frac{2V_{dc}}{\pi} \left[\cos x \right]_{\frac{\pi}{2}-\frac{\lambda}{2}}^{\frac{\pi}{2}+\frac{\lambda}{2}} \\ &= -\frac{2V_{dc}}{\pi} \left[\cos\left(\frac{\pi}{2} + \frac{\lambda}{2}\right) - \cos\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\lambda}{2}\right) \right] \\ &= -\frac{2V_{dc}}{\pi} \left[\cos \frac{\pi}{2} \cos \frac{\lambda}{2} - \sin \frac{\pi}{2} \sin \frac{\lambda}{2} - \cos \frac{\pi}{2} \cos \frac{\lambda}{2} - \sin \frac{\pi}{2} \sin \frac{\lambda}{2} \right] \\ &= \frac{2V_{dc}}{\pi} \left[\sin \frac{\pi}{2} \sin \frac{\lambda}{2} + \sin \frac{\pi}{2} \sin \frac{\lambda}{2} \right] = \frac{4V_{dc}}{\pi} \sin \frac{\lambda}{2} \end{aligned}$$

2011/07/04

10

電圧型自励式変換器

- 1パルスPWMによる出力電圧制御

- 出力交流電圧の大きさ

- 基本波成分

$$v_1 = \frac{4V_{dc}}{\pi} \sin \frac{\lambda}{2} \sin \omega t$$

- 実効値

$$\frac{4V_{dc}}{\pi\sqrt{2}} \sin \frac{\lambda}{2}$$

- 導通角を変化させることで出力電圧の大きさを変えることができる

- 基本波成分を変化させると高調波も変化する
- パルス数を増やすと自由度が増える
 - 特定次数の高調波を除去することも可能

2011/07/04

11

電圧型自励式変換器

- 1パルスPWMによる出力電圧制御

- 出力交流電圧(n次調波成分)の大きさ

$$\begin{aligned} a_n &= \frac{1}{\pi} \left\{ \int_{\frac{\pi}{2}-\frac{\lambda}{2}}^{\frac{\pi}{2}+\frac{\lambda}{2}} V_{dc} \cos nxdx + \int_{\frac{3}{2}\pi-\frac{\lambda}{2}}^{\frac{3}{2}\pi+\frac{\lambda}{2}} -V_{dc} \cos nxdx \right\} \\ &= \frac{V_{dc}}{\pi} \left\{ \int_{\frac{\pi}{2}-\frac{\lambda}{2}}^{\frac{\pi}{2}+\frac{\lambda}{2}} \cos nxdx - \int_{\frac{3}{2}\pi-\frac{\lambda}{2}}^{\frac{3}{2}\pi+\frac{\lambda}{2}} \cos nxdx \right\} = \frac{V_{dc}}{n\pi} \left[\sin nx \right]_{\frac{\pi}{2}-\frac{\lambda}{2}, \frac{3}{2}\pi-\frac{\lambda}{2}}^{\frac{\pi}{2}+\frac{\lambda}{2}, \frac{3}{2}\pi+\frac{\lambda}{2}} \\ &= \frac{V_{dc}}{n\pi} \left[\sin n\left(\frac{\pi}{2} + \frac{\lambda}{2}\right) + \sin n\left(\frac{3}{2}\pi - \frac{\lambda}{2}\right) - \sin n\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\lambda}{2}\right) - \sin n\left(\frac{3}{2}\pi + \frac{\lambda}{2}\right) \right] \\ &= \frac{V_{dc}}{n\pi} \left[\begin{aligned} &\sin \frac{n\pi}{2} \cos \frac{n\lambda}{2} + \cos \frac{n\pi}{2} \sin \frac{n\lambda}{2} + \sin \frac{3n\pi}{2} \cos \frac{n\lambda}{2} - \cos \frac{3n\pi}{2} \sin \frac{n\lambda}{2} \\ &- \sin \frac{n\pi}{2} \cos \frac{n\lambda}{2} + \cos \frac{n\pi}{2} \sin \frac{n\lambda}{2} - \sin \frac{3n\pi}{2} \cos \frac{n\lambda}{2} - \cos \frac{3n\pi}{2} \sin \frac{n\lambda}{2} \end{aligned} \right] \\ &= \frac{2V_{dc}}{n\pi} \left[\cos \frac{n\pi}{2} \sin \frac{n\lambda}{2} - \cos \frac{3n\pi}{2} \sin \frac{n\lambda}{2} \right] = \frac{2V_{dc}}{n\pi} \sin \frac{n\lambda}{2} \left[\cos \frac{n\pi}{2} - \cos \frac{3n\pi}{2} \right] \\ &= \frac{2V_{dc}}{n\pi} \sin \frac{n\lambda}{2} \cos \frac{n\pi}{2} \left[1 - (-1)^n \right] \end{aligned}$$

2011/07/04

n奇数で0 n偶数で0 → 常に0

12

電圧型自励式変換器

- 1パルスPWMによる出力電圧制御

– 出力交流電圧(n次調波成分)の大きさ

$$\begin{aligned}
 b_n &= \frac{1}{\pi} \left\{ \int_{\frac{\pi}{2}-\frac{\lambda}{2}}^{\frac{\pi}{2}+\frac{\lambda}{2}} V_{dc} \sin nxdx + \int_{\frac{3}{2}\pi-\frac{\lambda}{2}}^{\frac{3}{2}\pi+\frac{\lambda}{2}} -V_{dc} \sin nxdx \right\} \\
 &= \frac{V_{dc}}{\pi} \left\{ \int_{\frac{\pi}{2}-\frac{\lambda}{2}}^{\frac{\pi}{2}+\frac{\lambda}{2}} \sin nxdx - \int_{\frac{3}{2}\pi-\frac{\lambda}{2}}^{\frac{3}{2}\pi+\frac{\lambda}{2}} \sin nxdx \right\} = -\frac{V_{dc}}{n\pi} [\cos nx]_{\frac{\pi}{2}-\frac{\lambda}{2}, \frac{3}{2}\pi+\frac{\lambda}{2}}^{\frac{\pi}{2}+\frac{\lambda}{2}, \frac{3}{2}\pi-\frac{\lambda}{2}} \\
 &= -\frac{V_{dc}}{n\pi} \left[\cos n\left(\frac{\pi}{2} + \frac{\lambda}{2}\right) + \cos n\left(\frac{3}{2}\pi - \frac{\lambda}{2}\right) - \cos n\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\lambda}{2}\right) - \cos n\left(\frac{3}{2}\pi + \frac{\lambda}{2}\right) \right] \\
 &= -\frac{V_{dc}}{n\pi} \left[\begin{aligned} &\cos \frac{n\pi}{2} \cos \frac{n\lambda}{2} - \sin \frac{n\pi}{2} \sin \frac{n\lambda}{2} + \cos \frac{3n\pi}{2} \cos \frac{n\lambda}{2} + \sin \frac{3n\pi}{2} \sin \frac{n\lambda}{2} \\ &- \cos \frac{n\pi}{2} \cos \frac{n\lambda}{2} - \sin \frac{n\pi}{2} \sin \frac{n\lambda}{2} - \cos \frac{3n\pi}{2} \cos \frac{n\lambda}{2} + \sin \frac{3n\pi}{2} \sin \frac{n\lambda}{2} \end{aligned} \right] \\
 &= -\frac{2V_{dc}}{n\pi} \left[-\sin \frac{n\pi}{2} \sin \frac{n\lambda}{2} + \sin \frac{3n\pi}{2} \sin \frac{n\lambda}{2} \right] = -\frac{2V_{dc}}{n\pi} \sin \frac{n\lambda}{2} \left[-\sin \frac{n\pi}{2} + \sin \frac{3n\pi}{2} \right] \\
 &= -\frac{2V_{dc}}{n\pi} \sin \frac{n\lambda}{2} \left[-\sin \frac{n\pi}{2} + \sin \frac{3n\pi}{2} \right] \\
 &= -\frac{2V_{dc}}{n\pi} \sin \frac{n\lambda}{2} \sin \frac{n\pi}{2} \left[-1 + (-1)^n \right]
 \end{aligned}$$

2011/07/04

$\underbrace{\sin \frac{n\lambda}{2}}_{n\text{偶数で0}} \underbrace{\sin \frac{n\pi}{2}}_{n\text{偶数で0}} \xrightarrow{\text{緑}} n\text{奇数のこる}$