

電圧センサレスPWMコンバータの系統連系リアクトル 設定ミスマッチによる電圧推定誤差の検討

富木 広明* 今本 芳弘 野口 季彦 近藤 正示
(長岡技術科学大学)

1. はじめに PWMコンバータの制御には通常、3種類のセンサが必要とされる。これに対し、我々が提案するPWMコンバータの制御法は瞬時電力と電源電圧を推定するため電圧センサを用いることなく2種類のセンサだけで制御できる⁽¹⁾。

本論文では、提案推定法に必要な系統連系リアクトルの設定ミスマッチについてシミュレーションで検討した結果を報告する。

2. 電圧推定法と制御系の構成 図1に提案する電圧推定法を用いたPWMコンバータの回路構成を示す。ここで上のスイッチング素子がオンした場合はスイッチング関数 S_a, S_b, S_c を1, 下のスイッチング素子がオンした場合は S_a, S_b, S_c を0と表現する。主回路のパラメータは表1のとおりである。図1の主回路において瞬時有効電力 p , 瞬时无効電力 q は(1)式, (2)式で定義される。

$$p = vaia + vbib + vcic \dots \dots \dots (1)$$

$$q = \frac{1}{\sqrt{3}} \{ (vb - vc)ia + (vc - va)ib + (va - vb)ic \} \dots \dots \dots (2)$$

これらの式は電源電圧 va, vb, vc を必要とする。そこで線電流 ia, ib, ic , 系統連系リアクトルの設定値 L_c (実際値 L_r と区別する), 直流リンク電圧 V_{dc} を用いると次式を得る。

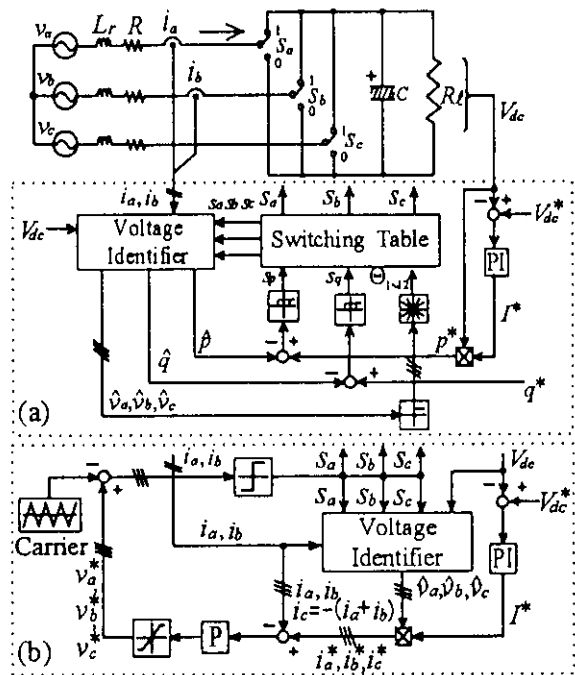
$$\hat{p} = L_c \left(\frac{dia}{dt} ia + \frac{dib}{dt} ib + \frac{dic}{dt} ic \right) + V_{dc} (Saia + Sbib + Scic) \dots \dots \dots (3)$$

$$\hat{q} = \frac{1}{\sqrt{3}} \left[3L_c \left(\frac{dib}{dt} ia - \frac{dia}{dt} ib \right) - V_{dc} \{ Sa(ib - ic) + Sb(ic - ia) + Sc(ia - ib) \} \right] \dots \dots \dots (4)$$

(3)式と(4)式はPWMコンバータのスイッチングモードに応じて異なる。なお、機器パラメータを必要とするため推定値 \hat{p}, \hat{q} と表し、実際値 L_r に対し設定ミスマッチがない場合は $L_r = L_c$ となる。以上のように推定した \hat{p} と \hat{q} を用いると電圧推定値 \hat{v} は次式で求められる。

$$\hat{v} = i/|\hat{i}|^2 \cdot \hat{s} \dots \dots \dots (5)$$

ここで \hat{s} は $\hat{p} + j\hat{q}$ を表している。図1(a)にお



(a) 有効・無効電力瞬時値比較制御
(b) 三角波キャリア変調形電流制御

図1. 電圧センサレスPWMコンバータ

表1 主回路のパラメータ

系統連系リアクトル L_r	0.5, 1.5, 2.5, 3.5 [mH]
リアクトルの抵抗成分 R	0.2 [Ω]
直流平滑コンデンサ C	4700 [μ F]
負荷抵抗 R_l	80 [Ω]
スイッチング周波数 f_{sw}	8 [kHz]
系統電源	200 [V], 50 [Hz]
直流リンク電圧 V_{dc}	300 [V]

いて瞬時電力推定値は指令値と誤差を取ること量子化し、電圧推定値は電圧位相判別で使用され、スイッチングテーブルに入力される。図1(b)では電圧推定値が線電流指令値の位相成分として使用される。

3. リアクトル設定ミスマッチの影響

ある実際値 L_r に対して設定値 L_c を変化した場合の瞬时有効・無効電力誤差を図2, 図3に示す。使用した制御系は図1(a)である。

$$x_{err} = \hat{x} - x \dots \dots \dots (6)$$

(6)式は誤差の定義で、 \hat{x} は推定値, x は実際

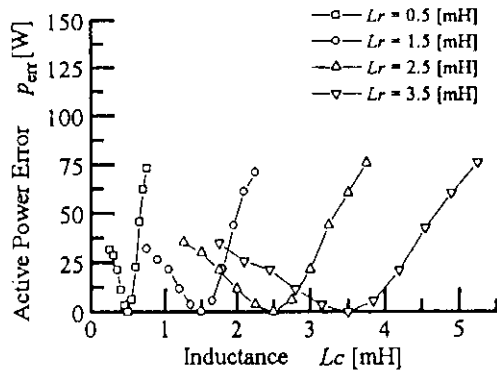


図2. 瞬时有効電力誤差特性

値を表す。そして(6)式の結果を2周期分で平均した。図2より瞬时有効電力誤差は実際値 L_r より設定値 L_c を大きくした場合に大きく生じることが解る。この場合の瞬时有効・無効電力波形の一例を図4に示す。これは実際値 L_r が一定なので線電流変化量に影響がなく、零電圧ベクトル出力時に設定値 L_c の変化が(3)式の \hat{p} に大きく現れる。図3の瞬时无効電力誤差は前述の結果と異なり、実際値 L_r より設定値 L_c を小さくした場合に大きく生じる。しかし設定ミスマッチが大きくなるに従い、誤差は同程度に近づく。また $L_c = -50[\%]$ では正常な力率1制御が出来ていない。

図5は図1(b)の制御系において上記と同様に電圧推定誤差を求めた結果である。図6は一例として設定ミスマッチがある場合の電圧、電圧推定値および線電流波形を示す。これより、実際値 L_r に対する設定値 L_c の大小に関係なく誤差は同程度であることが解る。逆に設定値 L_c 一定で実際値 L_r を小さくした場合に線電流変化量が大きくなるため誤差は大きくなる。ここで推定値は位相成分だけに使用されているため、図1(a)の制御系に比べ制御性の劣化が少ない。

4. まとめ 本論文では電圧センサレスPWMコンバータの電圧推定に必要な系統連系リアクトルの設定ミスマッチによる推定誤差について検討した。その結果、実際値 L_r よりも設定値 L_c が大きい場合推定誤差が大きいたことが解った。つまり、推定誤差を少なくするため系統連系リアクトルの設定値は実際値よりも小さくするべきである。

文献

- (1) 冨木・野口・近藤・高橋：「電源電圧センサレスPWMコンバータの有効・無効電力瞬時値比較制御法」電学産応全大, 144, 1~4 (平8-8)

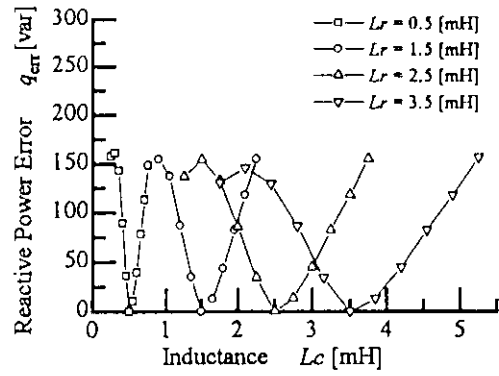


図3. 瞬时无効電力誤差特性

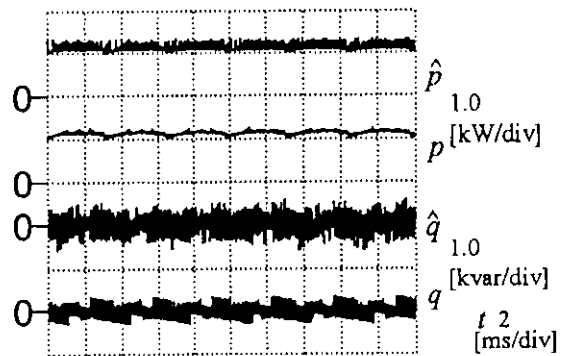


図4. 瞬时有効・無効電力波形 ($L_c = +20[\%]$)

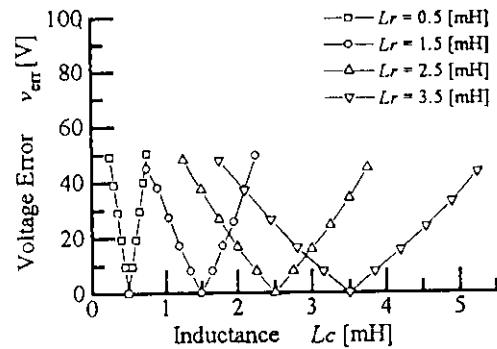


図5. 電圧推定誤差特性

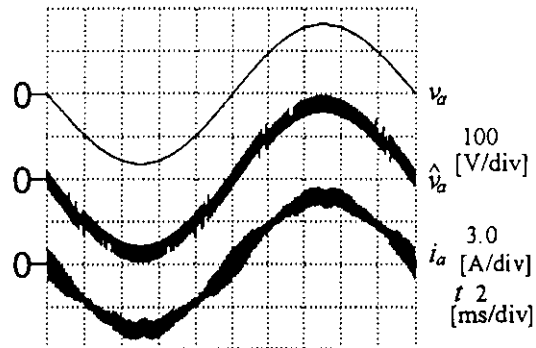


図6. 電圧, 電圧推定値および線電流波形 ($L_c = +20[\%]$)