

出力電圧の極性に着目した 7レベルインダクタモジュールCSIの制御法

岩田 陽祐*, 野口 季彦(静岡大学)

Control Method of 7-Level Inductor Module Based Current-Source Inverter Focusing on Output Voltage Polarity

Yosuke Iwata, Toshihiko Noguchi (Shizuoka University)

1. まえがき

マルチレベル電流形インバータ (CSI) は、 di/dt の低減と同時に出力の総合歪率を効果的に改善することができる⁽¹⁾。筆者らは、これまでに構成部品点数を削減したインダクタモジュール方式を提案した。本稿では、出力電圧の極性に着目したスイッチング状態選択法を提案する。提案手法の適用有無によるシミュレーション結果を比較し、良好な結果を得たので報告する。

2. 回路構成と制御原理

Fig. 1 に7レベルインダクタモジュールCSIを示す。この回路はHブリッジCSIを基に、インダクタ、トランジスタ、ダイオードからなるインダクタモジュールを2組接続した構成をもつ。スイッチング状態の冗長性を利用して充電・放電モードを交互に切り換え2つのインダクタに流れる電流を同時に一定に保ちつつ、Table 1 に示すスイッチングを行うことにより、負荷に7レベル電流を出力することができる。ただし、Table 1 は、出力電流 $i_o = 0, -I/3$ を出力する動作モードのみを示している。また、H、D、Cの記号はそれぞれ2つのインダクタ L_1, L_2 の保持、放電、充電の3つの状態を表している。

Fig. 2 に提案手法を示す。負荷に $i_o = -I/3$ を出力する場合の冗長性は、M-2、M-3、M-4の3つが存在する。 $i_{ref} < 0$ かつ $v_o < 0$ 範囲において L_1 を放電させたい場合、M-3を選択する。一方、負荷の容量性成分が大きく、遅れ電圧の場合 $i_{ref} < 0$ かつ $v_o > 0$ の領域が生じる。このときM-3を選択すると、出力電圧の極性により強制的にM-3'の動作モードになる。この状態では、ヒステリシス制御における量子化された極性信号 S_{L1}, S_{L2} が変化せず、 L_1 は充電、 L_2 は放電し続け制御が不安定となる。この問題を改善するために、M-2'、M-4'を選択する。つまり、出力電圧 v_o を検出し、電流・電圧の極性が異なる範囲では充電させたい場合 Table 1 における放電モード、放電させたい場合充電モードを選択する。

3. シミュレーションによる動作検証とまとめ

提案手法の効果をシミュレーションで確認した。直流電流源は理想とし $I=6A$ 、PWM変調における出力電流指令値とキャリア周波数は50Hz、10kHzとする。また、 L_1, L_2 は9mHとし、ヒステリシス幅を0.6Aに設定したリレー制御を適用する。負荷は純抵抗50Ωとし、15μFのフィルタキャパシタを並列接続している。Fig. 3 にシミュレーション結果を示す。(a)は、M-2、M-3、M-4のみ選択した場合であり、(b)は提案

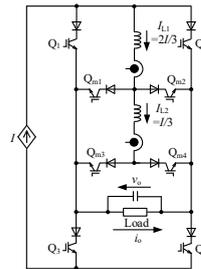


Fig. 1. 7-level inductor module CSI.

Table 1. Switching states of 7-level inductor module CSI ($i_o = 0, -I/3$).

M	Q1	Q2	Q3	Q4	Qm1	Qm2	Qm3	Qm4	i_o	L_1	L_2
1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	H	H
2	0	1	1	0	1	0	1	0	$-I/3$	C	H
3	1	0	1	0	0	1	1	0	$-I/3$	D	C
4	1	0	1	0	1	0	0	1	$-I/3$	H	D

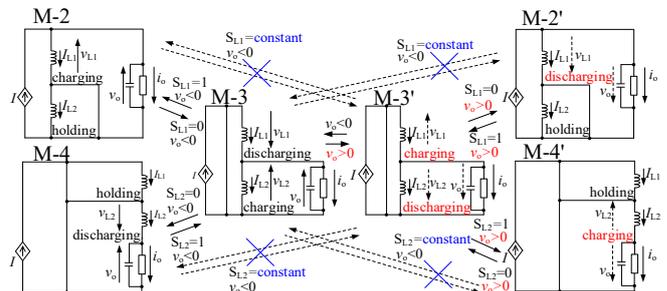
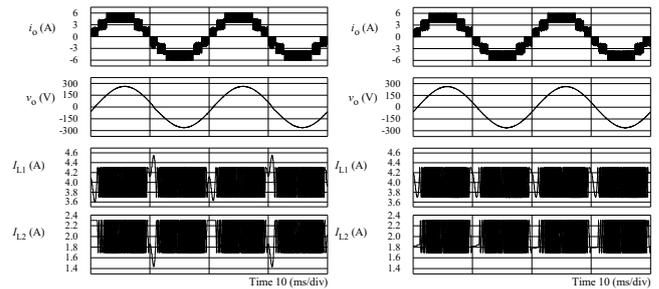


Fig. 2. Proposed control method.



(a) Without proposed method. (b) With proposed method.

Fig. 3. Comparison of waveforms with or without proposed method.

手法を適用した場合である。提案手法を適用することにより、各インダクタモジュール電流 i_{L1}, i_{L2} はヒステリシス幅から逸脱することなくそれぞれ4A、2Aを保つことができる。提案手法はインダクタンスが小さいほど効果的であるため、インダクタの小型化とともに、より一層の安定動作を期待できる。

文献

(1) 池上・野口：平成25年電気学会全国大会，Vol. 4，pp. 61-62 (2013)