

インダクタモジュール電流形インバータの提案

池上 憲*, 野口 季彦 (静岡大学)

Proposal of Inductor Module Current-Source Inverter
Akira Ikegami, Toshihiko Noguchi (Shizuoka University)

1. まえがき

マルチレベルインバータは、動作原理の違いから電圧形インバータとその双対回路である電流形インバータ (CSI) に分けられ、多段の電圧または電流波形を出力することができる。2 レベルインバータと比較すると、マルチレベルインバータは dv/dt , di/dt が小さいので EMI ノイズを低減できると同時に出力高調波を改善することができる。これまで、CSI ではマルチレベル化する手法が種々提案されている⁽¹⁾。例えば、図 1 の H ブリッジ CSI を並列に接続した回路や図 2 の 5 レベルマルチセル CSI が挙げられる。しかし、これらのトポロジーは部品点数が多いという問題点がある。そこで本稿では、H ブリッジ CSI を基にインダクタモジュール方式を提案し、5 レベルインバータを対象としてトポロジーの比較検討を行った。また、シミュレーションで提案回路の動作を検証したので報告する。

2. 回路構成と動作原理

図 3 に提案する回路構成を示す。この回路は H ブリッジ CSI を主インバータとして、図 4 に示すスイッチング素子、ダイオード、インダクタで構成されたインダクタモジュールを組み合わせたものである。モジュールの充電モードと放電モードを切り換えることでインダクタ電流を中間レベル $+I/2$ に保ちつつ 5 レベル電流を出力する。提案回路のスイッチング状態を表 1 に示す。また、図 5 に正サイクルにおける 4 つの動作モードを示す。図 5(a) の電流保持モードにおいて、インダクタは短絡されているのでインダクタ電流は保持され、最大レベル $+I$ を出力する。図 5(b) の電流保持モードにおいても同様に、インダクタは短絡されている

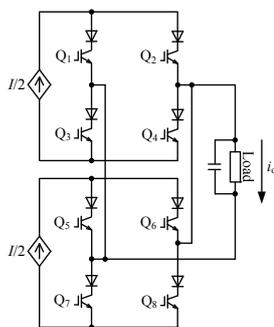


図 1 5 レベル並列 H ブリッジ CSI
Fig. 1. Five-level parallel H-bridge CSI.

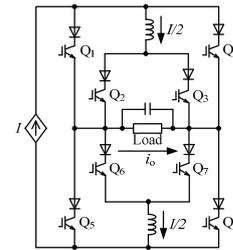


図 2 5 レベルマルチセル CSI
Fig. 2. Five-level multicell CSI.

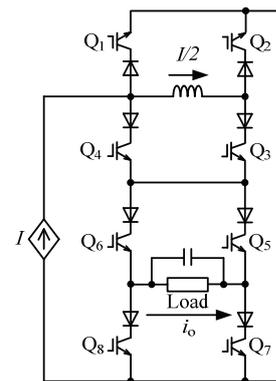


図 3 インダクタモジュール CSI
Fig. 3. Inductor module CSI.

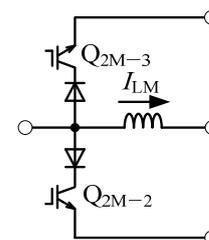


図 4 インダクタモジュール
Fig. 4. Inductor module.

表 1 インダクタモジュール CSI のスイッチング状態
Table 1 Switching states of inductor module CSI

Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	i_o
0	0	1	1	0	1	1	0	$+I$
0	1	0	1	0	1	1	0	$+I/2$
1	0	1	0	0	1	1	0	$+I/2$
1	1	0	0	0	1	0	1	0
1	1	0	0	1	0	1	0	0
1	0	1	0	1	0	0	1	$-I/2$
0	1	0	1	1	0	0	1	$-I/2$
0	0	1	1	1	0	0	1	$-I$

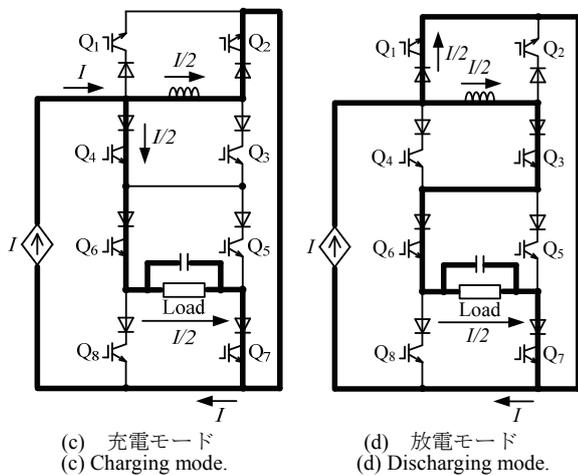
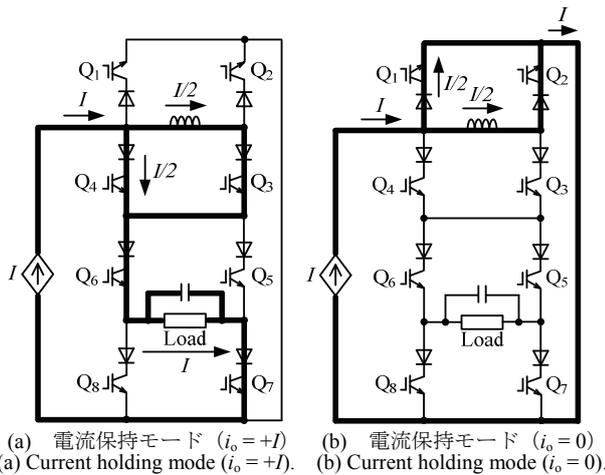


図5 インダクタモジュールの動作モード
 Fig. 5. Operation modes of inductor module.

のでインダクタ電流は保持され、ゼロレベルを出力する。充電モードでは負荷とインダクタが並列接続されており、インダクタは直接電流源からエネルギーを供給される。放電モードでは電流源が短絡しているため、インダクタはエネルギーを放出する。ここで、電流源は図6に示すように降圧チョップを電流制御することで構成し、従来回路と提案回路の部品点数を数え上げ、その結果を表2に示した。提案回路と従来回路を比べると、インダクタモジュール方式は、最も少ない部品点数で5レベル電流波形を生成することができる。

3. シミュレーション結果

提案回路の動作をシミュレーションで検証した。電流源は4A、スイッチング周波数、出力周波数はそれぞれ10kHz、50Hzとし、インダクタは5mHとした。負荷は抵抗のみで18Ωとし、56μFのフィルタキャパシタを接続している。三角波比較法によりPWMされたスイッチング信号を作り出す。図7のシミュレーション結果は、上から出力電流、負荷電流、インダクタ電流を表しており、提案回路は5レベ

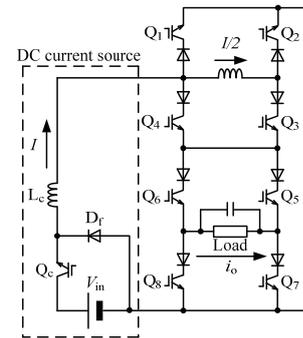


図6 電流源をチョップで構成した提案回路
 Fig. 6. Proposed circuit with chopper based DC current source.

表2 部品点数の比較
 Table 2 Comparison of component count

Circuit configuration	Parallel H-bridge	Multicell	Inductor module
Switching device	10	9	9
Diode	10	9	9
Inductor	2	3	2
Gate drive power supply	6	5	5
DC current source	2	1	1

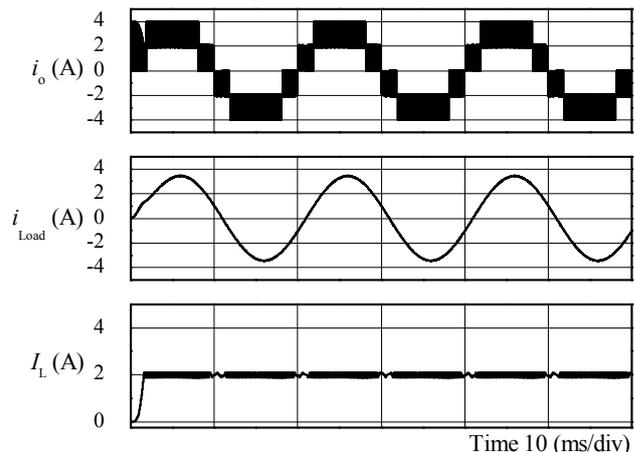


図7 提案回路のシミュレーション結果
 Fig. 7. Simulation waveforms of proposed circuit.

ルの電流波形を出力していることを確認できる。また、フィルタキャパシタによって歪の少ない負荷電流が得られ、インダクタ電流は中間レベルを保つように制御できていることがわかる。

4. まとめ

本稿では、HブリッジCSIを基にしたマルチレベルCSIとしてインダクタモジュール方式を提案し、従来の5レベルトポロジと部品点数を比較した。また、シミュレーションで提案回路は5レベルの電流波形を出力できることを確認した。

文献

(1) Suroso and Noguchi : SPC-11-113 (2011)