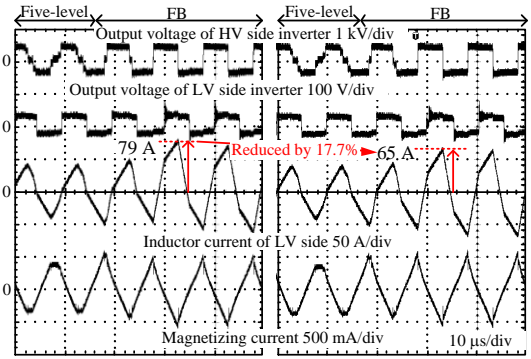


Fig. 2. Carrier and output voltage of each inverter with proposed method.

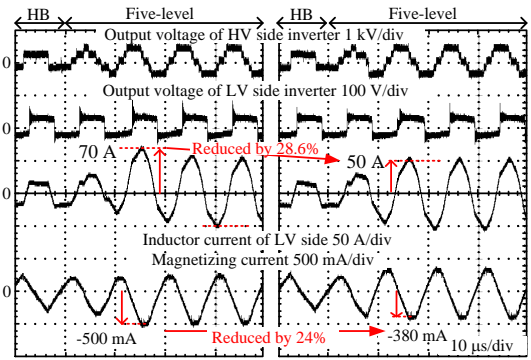
は位相シフト量の更新タイミングの基準となる基準キャリア、FCインバータのU相およびV相レグに180度の位相差をもつ2つのキャリア⁽²⁾、2レベルインバータのレグには180度の位相差をもつ2つのキャリア設ける。なお、キャリアはアップダウンカウンタにより生成し、位相シフトキャリアは規定のタイミングでカウント値を更新することで達成する。また、カウント値変更後にダウンカウントにすることで進み位相、アップカウントにすることで遅れ位相となる。一方、デューティ指令値 d_{ref_u} 、 d_{ref_v} により各相における V_{in} の半値を出力する期間 α 、U相およびV相反転キャリアの位相差により各アーム電圧の位相差 β を制御する。図2から提案する位相シフト量の変更方法は基準キャリアの山(図2中A点)でU相キャリア、V相反転キャリアおよびW相キャリアの位相シフト量を更新し、基準キャリアの谷(図2中B点)ではU相反転キャリア、V相キャリアおよびX相キャリアの位相シフト量を更新する。なお、FCインバータの各キャリアは位相差 β 、 δ から位相シフト量を決するため、 β と δ の大小関係によって位相シフト量および方向が変化する。まず、位相差条件 $\beta \leq |\delta|$ における位相シフト量変更時に更新する各キャリアカウント値は(1)式となる。

$$\begin{aligned}
 Cnt_u &= (1 - \beta/2\pi - |\delta|/2\pi) \begin{cases} \delta \geq 0: \text{Downcount} \\ \delta < 0: \text{Upcount} \end{cases} \\
 Cnt_v &= (1 + \beta/2\pi - |\delta|/2\pi) \begin{cases} \delta > 0: \text{Upcount} \\ \delta \leq 0: \text{Downcount} \end{cases} \\
 Cnt_{w,x} &= (1 - |\delta|/2\pi) \begin{cases} \delta > 0: \text{Upcount} \\ \delta \leq 0: \text{Downcount} \end{cases}
 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (1)$$

Cnt_u 、 Cnt_v はU、V相の各キャリアのカウント値、 $Cnt_{w,x}$ はW相およびX相キャリアのカウント値である。なお、各相のキャリアと反転キャリアの更新タイミングが180度異なるため、同じカウント値を設定したとしても180度の位相差をもつ2つのキャリアを生成できる。一方、位相差条件が $\beta > |\delta|$ では、(1)式内 Cnt_v の β 、 δ 項の正負が反転し、位相差 δ の正負に対するアップおよびダウンカウントの関係が入れ替わる。また、動作モードの切り替え時の位相シフト量およびデューティ指令値の更新によって、デューティ指令値とキャリアのカウント値の大小関係が変化しないため、シヨートパルスは発生しない。



(a) With conventional method (b) With proposed method
Fig. 3. Transient response of changing operation mode from Five-level mode to FB mode.



(a) With conventional method (b) With proposed method
Fig. 4. Transient response of changing operation mode from HB mode to Five-level mode.

提案法の妥当性を確認するために、図1(a)に記載した実験条件を用いて従来法と提案法を比較する。なお、励磁電流は電流プローブに高圧側の電流を8ターン、低圧側の電流を1ターン通し、高圧側と低圧側インダクタ電流の差分から測定した⁽¹⁾。また、従来方式は基準キャリアの山で全キャリアの位相シフト量を更新する。

図3に5レベル動作からFB動作への切り替え時における過渡波形を示す。なお、動作モード切り替え時の位相差 δ は $\pi/5\text{rad}$ から $2\pi/5\text{rad}$ に変更する。図3のインダクタ電流ピーク値から、提案法により直流偏差を17.7%低減している。一方、5レベル動作とFB動作で電圧実効値の変化が小さいため、従来法であっても励磁電流の直流偏差が小さい。

図4にHB動作から5レベル動作への切り替え時における過渡波形を示す。なお、位相差 δ の条件は図3と同様である。図4の電流ピーク値から、動作モード切り替え時における直流偏差を最大28.6%低減している。以上から、提案法の妥当性を確認できた。

文 献

- (1) 高木一斗, 藤田英明: 「Dual Active Bridge を用いた絶縁形 DC-DC コンバータの過渡特性の改善」 電学論 D, Vol. 136, pp.622-628 (2016)
- (2) 比嘉隼, 伊東淳一: 「負荷に応じた動作モード切り替えによるフライイングキャパシタ形 DAB コンバータの開発」, 電学論 D, Vol. 137, No. 10, pp. 760-768 (2017)