

## マルチセルを用いた双方向単相中圧 Solid-State Transformer

青柳 和樹・中西 俊貴・伊東 淳一 (長岡技術科学大学)

### 1. はじめに

中圧(6.6 kV)電力システムから各需要家への配電には一般的に柱上変圧器が用いられるが、重量やサイズに課題がある<sup>(1)</sup>。そこで近年、絶縁と降圧機能を保持した上で、力率改善や高調波抑制などの機能を付加した Solid-State Transformer (SST)が研究されている<sup>(2)</sup>。SST は高周波でトランスを励磁するため、従来の変圧器と比較して大幅な小型化が可能である。一方、従来の回路構成では、各回路ユニットに設けられたコンデンサの電圧を一定にすることが前提であるため大容量のコンデンサが必要となり、更なる小型化を阻む一因となっている。

本論文では、システムの小型化に向けた新たな単相 SST の回路構成および制御系を提案し、その動作をシミュレーションにより検討したので報告する。

### 2. 回路構成

図 1 に回路構成を示す。提案回路では、高周波トランスの一次側に力率改善回路 (PFC) と LLC 共振型コンバータを接続し、これらを 1 セルとして多段に積み重ねる。また、システムの小型化のために一次側にある高圧コンデンサ  $C_1$  は静電容量の小さいものを用いる。さらに、トランスの漏れインダクタンス  $L_s$  とコンデンサ  $C_s$  の間で直列共振させ、ターンオン・ターンオフ時にゼロ電流スイッチング (ZCS) を達成する。

トランスの巻数比  $N$  は、一次側で常に昇圧動作をさせるために(1)式を満たすように設計する。

$$N = \frac{N_1}{N_2} \geq \frac{\sqrt{2}V_{in}}{2m\lambda V_{out}} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $m$  はセルの段数、 $\lambda$  は変調率である。

図 2 に制御回路を示す。提案回路では、二次側のコンデンサ電圧を一定に制御し、一次側の昇圧リアクトル  $L_b$  に流れる電流の指令値を決定する。また、一次側に接続されている各コンデンサの電圧制御は不要である。

### 3. シミュレーション結果

図 3 に一次側コンデンサ容量が 50  $\mu$ F、セルの段数が 6 段の時の SST の双方向動作波形を示す。このとき、システムの定格容量は 10 kVA としている。

動作波形より、双方向動作が達成できていることが分かる。さらに、両動作において歪みのない入力電流波形を取得している。

一次側コンデンサ電圧については、各セルで平均値が一致している。また、コンデンサの電圧にばらつきが生じた場合でもいずれ、各セルの出力電圧の平均値は一致する。これは、容量のばらつきや負荷の過渡現象によ

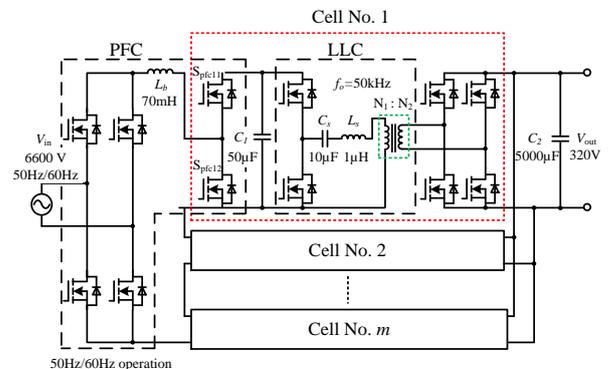


Fig. 1. Single-phase bidirectional multilevel SST

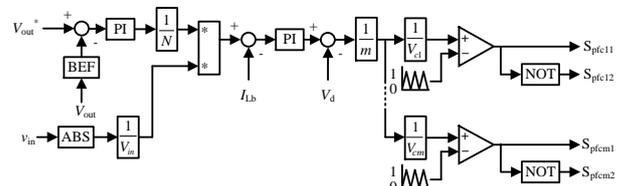
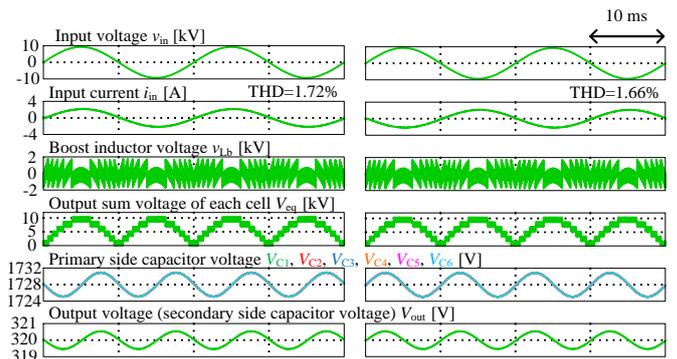


Fig. 2. Control circuit for bidirectional SST



(a) Power running (b) Regeneration

Fig. 3. Operation waveform of bidirectional SST ( $C_1 = 50 \mu$ F and  $m = 6$ )

て一次側コンデンサの電圧がアンバランスしても、その電圧に応じて各セルの出力電力が増減し、自動的に補正されるためである。

二次側コンデンサ電圧については、平均値が指令値の 320 V に追従し、一次側コンデンサ容量が小さい場合でも安定した動作が行えることを確認した。

今後は、実機実験による提案回路の動作検証を行う。

### 文 献

- (1) 中西, 伊東: JIASC2015, No. 1-29 (2015)
- (2) Xu She et al.: IEEE Journal, Vol. 1, No. 3 (2013)