

直列補償方式を用いた高効率絶縁形 DC/DC コンバータの
無効電力補償適用に関する一考察

宮脇 慧・伊東 淳一（長岡技術科学大学），岩谷 一生（TDK ラムダ（株））

1. はじめに

近年、通信用電源には DC/DC コンバータを複数個配置して給電する分散給電システムが広く用いられている⁽¹⁾。高効率な絶縁形の回路方式としては共振形コンバータが有効であるが、最適条件下の電圧制御範囲に制約がある。そこで、著者らは補助回路により電圧変動分のみを直列補償することで出力電圧を制御する絶縁形 DC/DC コンバータを提案している⁽²⁾。一方、交流電力系統においては、直列インバータにより無効電力で電源電圧変動を補償する技術がある⁽³⁾。本論文では、提案回路に無効電力補償による制御を適用し、その制御条件について考察を行ったので報告する。

2. 直列形無効電力補償

図 1 に直列形無効電力補償の原理図を示す。図に示すように、入力電圧 V_{in} に対して直列トランスを用いて補償電圧 V_{comp} を加算することで出力電圧 V_{out} を制御する。ただし、無効電力のみで制御するためには、 V_{comp} は回路電流 I に対して 90° の位相差を持つ必要がある。

3. 提案回路への適用

図 2 に提案回路を、図 3 に単純化した提案回路を示す。交流信号解析を行うと、提案回路の入力電圧と補償電圧は周波数をスイッチング（共振）周波数とする矩形波として表現できる。共振要素の L はトランスの漏れインダクタンスを表している。これより、提案回路は図 2 の原理図と同様の構成を持つため、無効電力補償が適用可能であることが確認できる。単純化のため、図 1 の原理図を用いて検討を行う。 V_{in} と V_{comp} を正弦波とし、負荷は R, L, C の直列接続としている。ただし、 V_{comp} は V_{in} の k 倍 ($k < 1$) であり、その位相差を ϕ とする。 V_{in} に対しての回路に流れる電流の位相 ϕ_i を求めると式(1)となる。

$$\phi_i = \tan^{-1} \frac{-X - kX \cos \phi + kR \sin \phi}{R + kR \cos \phi + kX \sin \phi} \dots\dots\dots(1)$$

ここで、無効電力による制御には式(2)の条件が、提案回路のメイン回路でゼロ電流スイッチングを達成するためには V_{in} と I が同位相である必要があるため、式(3)の条件が必要となる。

$$\phi_i = \phi \pm \pi/2 \dots\dots\dots(2) \quad \phi_i = 0 \dots\dots\dots(3)$$

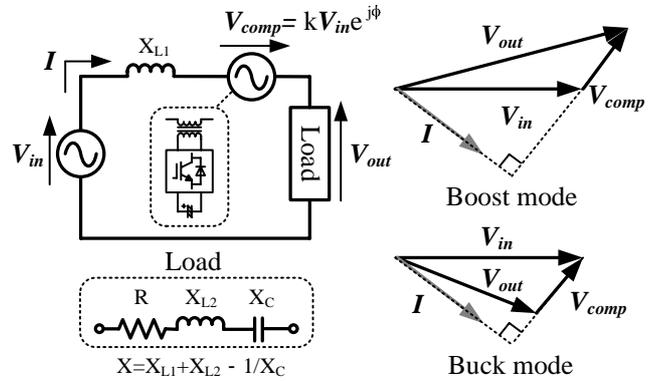


Fig. 1. Series-type reactive power compensation.

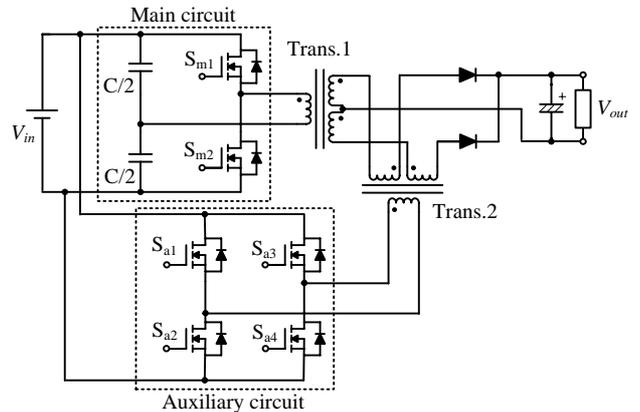


Fig. 2. Proposed circuit.

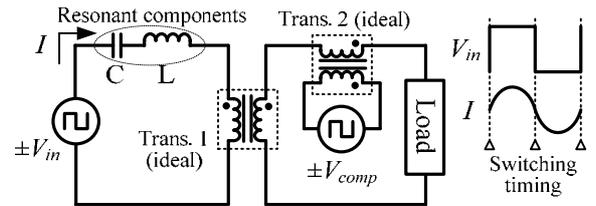


Fig. 3. Simple equivalent circuit of proposed circuit.

式(1),(2),(3)の全てを満たす条件を求めると、 $k = \pm X/R$ となり、出力電圧を制御できない。これは、無効電力補償とメイン回路の ZCS を同時に達成するためには、自由度が不足していることを示す。しかし、メインの共振形コンバータを全共振ではなく、準共振で動作するものに置き換えることで、高効率を維持したまま無効電力による補償が可能になる。今後は、回路構成を検討し、実機による検証を行う予定である。

参考文献

- (1) M.Takagi 他, 17th Annual IEEE vol.2, p735, 2002
- (2) 宮脇・伊東・岩谷, SPC-09-81, 2008
- (3) 藤井・大西・北條, JIASC, 1-111, 2006