

多重マトリクスコンバータの入出力に着目したダンピング制御の トランス漏れインダクタンスに対する適用限界に関する一考察

◎高橋 広樹, 伊東 淳一 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

マトリクスコンバータを大容量化する場合, 多巻線トランスと複数のマトリクスコンバータセルを用いた多重マトリクスコンバータが有用である⁽¹⁾。しかし, 多重マトリクスコンバータにはトランス漏れインダクタンスとセルのフィルタキャパシタの間で共振が発生する問題がある。これに対し, 著者らは多重マトリクスコンバータの入力側, もしくは出力側に共振を抑制するダンピング制御を適用し, シミュレーションにてその有用性を確認している⁽²⁾。

本論文では, 入力側と出力側に着目した2つのダンピング制御のトランス漏れインダクタンスに対する適用限界を比較し, その優劣について考察したので報告する。

2. 制御方法

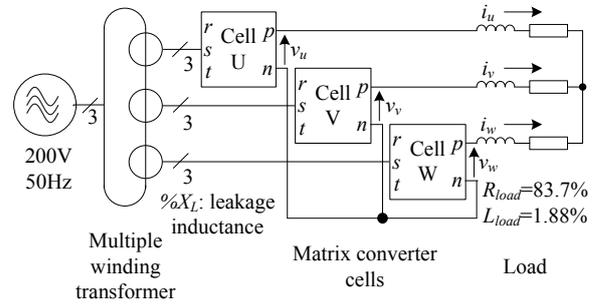
図1に多重マトリクスコンバータの回路図を示す。セルは三相-単相マトリクスコンバータで構成され, 各セルは出力相電圧とセル入力電流をPWM制御する。このため, セルの入力側にトランス漏れインダクタンスとフィルタキャパシタからなるLCフィルタが必要だが, フィルタ共振が励起された場合, 入出力波形が悪化する。

図2にフィルタ共振を抑制する入力側制御に着目したダンピング制御のブロック図を示す。入力側ダンピング制御は, フィルタキャパシタ電圧をHPF (High Pass Filter) で検出し, ダンピングゲイン K_d を乗算することで共振ひずみ補償量を生成する。この補償量をセルの入力電流指令値 I_{mcsd}^* , I_{mcsq}^* に重畳し, セル毎に共振を抑制する。

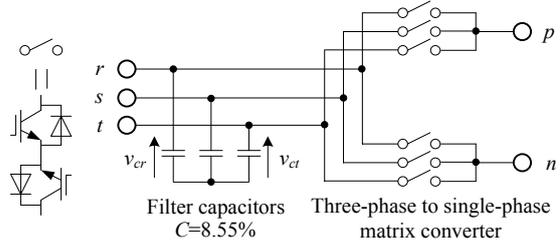
図3に出力側制御に着目したダンピング制御のブロック図を示す。ダンピング制御は多重マトリクスコンバータの出力電流制御系に組み込まれ, フィードバックパスに適用される。従って, 出力側ダンピング制御は一括で全セルの共振を抑制し, 同時に出力電流制御も達成できる。

3. シミュレーション結果

図4にトランスの漏れインダクタンス $\%X_L$ を変化させた時のトランス一次電流 THD (Total Harmonic Distortion) 特性を示す。ただし, ダンピングゲイン K_d は調整している。ダンピング制御を導入しない場合, $\%X_L$ の増加に伴いトランス一次電流 THD は増加する。一方で, 入力側もしくは出力側ダンピング制御を導入することで, 共振ひずみを低減することができる。しかし, 両者の共振を抑制できる $\%X_L$ の範囲は異なり, 出力側ダンピング制御が 18.8% となっても THD を抑制できるのに対し, 入力側ダンピング制御の適用限界は $\%X_L = 9.42\%$ となる。入力側ダンピング制御の適用限界が狭い理由は, マトリクスコンバータが基本的に入力電流波形の振幅を制御せず, 位相のみ制御するためである。図2に示す通り, マトリクスコンバータセルの入力電流指令値 I_{mcsd}^* は電圧利用率を少しでも大きくするため 1 p.u. が与えられ, 振幅を制御しない。従って, ダンピング制御量を指令値に重畳しても, 過変調領域での運転となり共振抑制効果は小さくなる。一方, マトリクスコンバータセルは出力電圧振幅を制御できるため, 出力側にダンピング制御を適用した場合はひずみ補償効果を失うことなく制御できる。従って, 出力側ダンピング制御は入力側ダンピング制御よりもトランス漏れインダクタンスに対する適用限界を広くできる。今後は, 多重マトリクスコンバータの適用限界を実機にて検証する。



(a) System configuration



(b) Configuration of the matrix converter cell

Fig. 1. Multi-modular matrix converter.

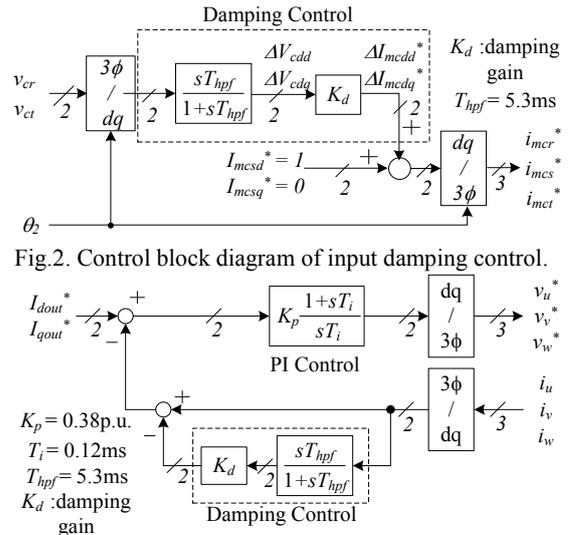


Fig. 2. Control block diagram of input damping control.

Fig. 3. Control block diagram of output damping control.

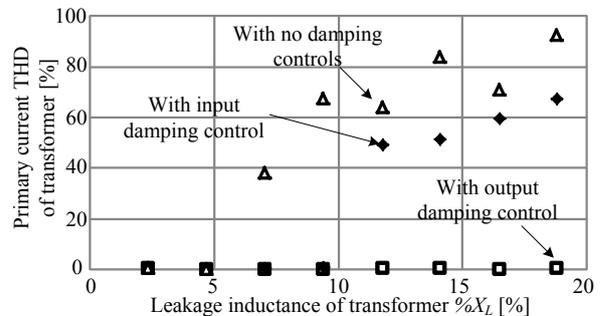


Fig. 4. Primary current THD of transformer characteristic against the leakage inductance of transformer.

参考文献

1. J. Wang et al.: IEEE Trans. on IE, Vol.59, No.1, (2012)
2. 高橋, 伊東: SPC-11-188, (2011)