

巻線切替を用いた DAB コンバータの温度上昇抑制法

◎田代 祐太郎 芳賀 仁 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

近年,電気自動車や DC スマートグリッドの普及に伴い,デュアルアクティブブリッジコンバータ(DAB コンバータ)が注目されている。DAB コンバータはゼロ電圧スイッチング(ZVS)によりスイッチング損失を低減できる。しかし,負荷電圧変動時に軽負荷領域において ZVS を得られず効率低下の問題がある^[1]。これまでに著書らは,負荷電圧変動時の軽負荷領域における ZVS 範囲拡大を目的に ISOP (Input series output parallel)と IPOS (Input parallel output series)^[2]をスイッチングによって切り替えられる構造をもつ DAB コンバータを提案して,実機実験で ZVS 範囲が拡大することを確認している^[3]。この DAB コンバータではトランスを1つのみで電力電送を行うモードが特徴である。そのため損失による熱が集中して,局所的に温度上昇が上昇する可能性がある。本稿では,提案回路のトランスを交互に使用することで,温度上昇の抑制を検証したので報告する。

2. 温度上昇抑制法

Fig.1 に提案する DAB コンバータを示す。Fig.2 に動作モードを示す。Fig.2 において,モード A では1つのトランスのみで電力電送を行う。そのため発熱が使用しているトランスやインダクタに集中する。そこで,使用するトランスを一定周期で切り替えて2つのトランスを交互に使用することで熱の分散をはかり温度上昇を抑制する。

Fig.3 は切り替えを行った場合の簡易的な熱回路を示す。スイッチにて切り替えを模擬している。発熱 P[W],周囲温度 T_c [度],変化温度 $\Delta T_1, \Delta T_2$ [度], Tr_1, L_1, Tr_2, L_2 の熱抵抗及び熱容量 $R_1 R_2 C_1 C_2$ 。切り替えを行わない場合の温度変化 $\Delta T_1, \Delta T_2$ を式(1),切り替えを行った場合の温度変化 $\Delta T_1, \Delta T_2$ を式(2)に示す。切り替えを行った場合,それぞれの熱抵抗に流れる熱量の平均は $P/2$ となる。式(1),(2)より切り替えを行う場合とそうでない場合とで発生する損失が等しい場合,切り替えを行うことで温度変化を半分に抑制することができる。

$$\Delta T_1 = P \times R_1 \quad (1)$$

$$\Delta T_n = \frac{P}{2} \times R_n \quad (2)$$

$n=1,2$

3. 実験結果

Table.1 に実験条件, Fig.4 に実験結果を示す。リアクトル1のコアの温度上昇 ΔT を比較するとおよそ4割の低減を得ている。その他においても5割低減までは得られない。この原因として次の2点が考えられる。1点目は自然空冷の場合の温度上昇が熱量に対して単純比例ではないことであり,2点目はトランスやリアクトルの距離が近いため周囲温度が上昇することである。1点目については,自然対流において熱輸送量が温度差の1.25乗に比例するため式(1)(2)で示す正比例の関係にならない。そのため温度変化は温度差が大きくなるほど小さくなる。2点目はトランスやリアクトル自身の発熱のため周囲温度が上昇するため温度変化が大きくなるのが考えられる。

4. おわりに

本稿ではトランス及びリアクトルの温度上昇抑制を検討した。使用するトランスを交互に切り替えることでトランス及びリアクトルの熱が分散し,温度上昇を抑制できることを確認した。

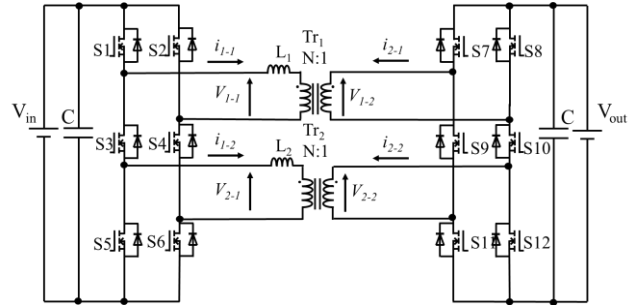


Fig.1 提案する電力変換器

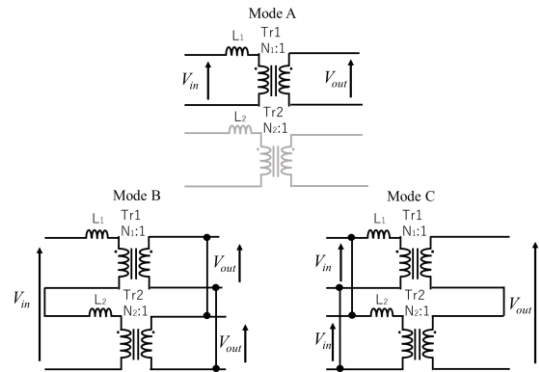


Fig.2 各動作モード

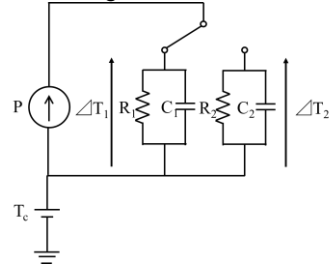


Fig.3 トランス切り替えの簡易熱回路

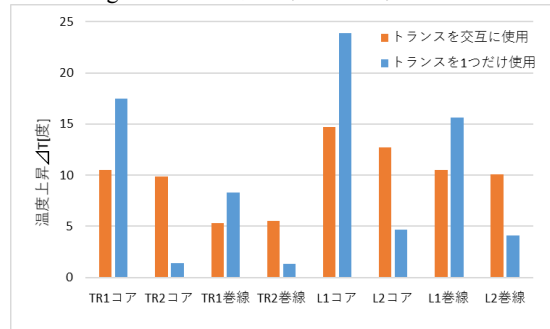


Fig.4 温度測定結果

Table.1 実験条件

名称	値
入力電圧	200V
出力電圧	200V(電子負荷 CV モード)
位相差	50 度
出力電力	220W
冷却	自然空冷
切り替え周期	20Hz

参考文献

- [1] M.H.Kheraluwala, et.al: IEEE Trans on IE, Vol.28, No.6 pp.1294-1301 (1992)
 [2]林 他:電学論 D, Vol.136, No.2 pp.152-161 (2015)
 [3]田代, 芳賀:新潟支所研究発表会, NGT-18-409, p.47 (2018)