

平成 22 年度電気関係学会北陸支部連合大会  
 インダイレクトマトリックスコンバータの  
 無負荷運転時における損失の一考察  
 日向 敏文・伊東 淳一(長岡技術科学大学)

1. はじめに

一般に電力変換回路は無負荷運転時においても配線浮遊容量や素子の寄生容量により損失が発生する。スナバや配線での損失は構成を工夫することで低減できる可能性がある。しかし、素子の寄生容量での損失は、素子特性に依存するため低減が困難である。本論文ではインダイレクトマトリックスコンバータ(以下、IMC)に対して実験と理論検討により無負荷損失の分離を行い、寄生容量の影響を考察した。

2. 実験による無負荷損失の分離

図 1 に本論文で扱う IMC の実機構成を示す。IMC はマトリックスコンバータに代表される直接形電力変換器の一つであり、直流部に平滑コンデンサを有しない特徴がある。図 1 は入出力波形測定用の抵抗と RC フィルタ(FL1)を含んでいる。

図 2 に IMC の実験結果を示す。図 2 より無負荷運転時には 8.37W の損失が発生している。

図 3 に実験による無負荷損失の分離結果を示す。各構成要素を取り除く前と後の入力電力の差分をその要素の損失とする。スナバ回路等を除いた電力変換回路(整流器、インバータ)の消費電力は 3.27W である。この値には、パワーメータから IGBT までの配線浮遊容量での損失も含まれる。

3. IGBT で発生する損失の理論検証

図 4 に IGBT モデルと無負荷運転時の実験波形を示す。損失は寄生容量の充放電によって発生する。本章では IGBT に発生する無負荷損失の理論検証を行う。図 4(a)の IGBT を想定すると、コレクタ-エミッタ端子間の容量は 697pF となるが、本論文では、LCR メータ(1MHz, 5V)で求めた  $C_1=1020\text{pF}$  を用いる。IMC の IGBT 端子電圧は電源周波数で周期的に変動する<sup>(1)</sup>。寄生容量に蓄えられるエネルギーは端子電圧の 2 乗に比例するため、本論文では電圧 2 乗平均を求める。 $V_m$  を最大直流リンク電圧(283V)とするとインバータ側素子の 2 乗平均は(1)式で求められる。

$$\Delta V_1^2 = \frac{\frac{3}{\pi} \int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}} (V_m \sin \theta)^2 d\theta + \frac{6}{\pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{3}} (V_m \sin \theta)^2 d\theta}{2} = (237.8)^2 \quad (1)$$

寄生容量の充電されたエネルギーが全て損失となるので、インバータ側損失は(2)式で表せる。

$$P_{inv} = \frac{1}{2} C_1 \Delta V_1^2 f_{sw1} \times 6 = 3.46[W] \quad \dots\dots\dots (2)$$

ただし、スイッチング周波数  $f_{sw1}$  は 20kHz である。整流器側素子の寄生容量は LCR メータより  $C_2=839\text{pF}$  となる。整流器側の端子電圧はスイッチ

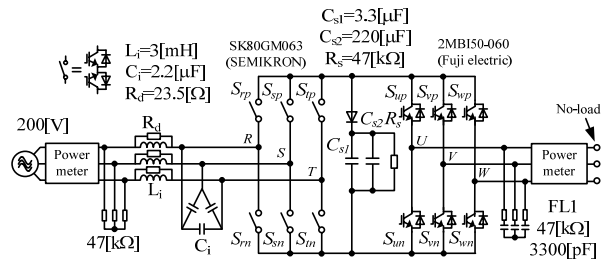


Fig.1. Circuit configuration of IMC.

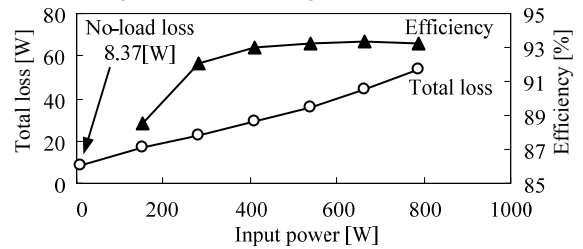


Fig.2. Efficiency and total loss (Experimental results).

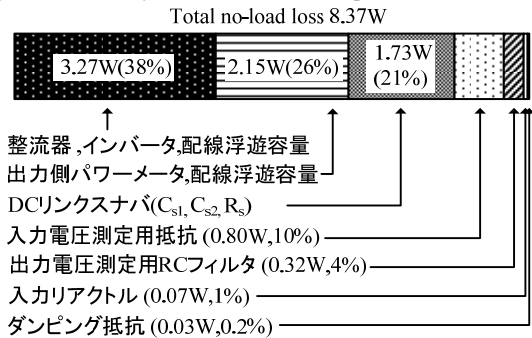
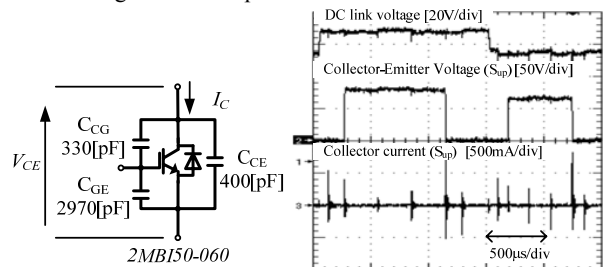


Fig.3. Loss separation of no-load loss.



(a)IGBT model. (b)Operation waveforms.

Fig.4. Inverter side module and waveforms.

ングする 1/3 周期間に変動する<sup>(1)</sup>。この区間の電圧変動の 2 乗平均を(1)式と同様に求めると  $\Delta V_2^2=(83.2)^2$  となる。また、常時オフ期間のうち 1/6 周期は他相のスイッチングにより電圧が変動する。この区間の 2 乗平均は  $\Delta V_3^2=(181.8)^2$  となる。よって、整流器側損失は(3)式で表せる。

$$P_{rec} = \left( \frac{1}{2} C_2 \Delta V_2^2 f_{sw2} \times \frac{1}{3} + \frac{1}{2} C_2 \Delta V_3^2 f_{sw2} \times \frac{1}{6} \right) \times 6 = 0.20[W] \quad (3)$$

ただし、 $f_{sw2}=10\text{kHz}$  である。以上の結果より、IMC の無負荷損失は 3.66[W]となる。実験値(3.27W)との誤差は寄生容量の電圧依存特性による LCR メータと実機の違いが考えられる。

文 献

(1) M. Hamouda; F. Fnaiech; K. Al-Haddad: IECON'08 (2008)