

# 発電機を電源とするマトリックスコンバータの 電圧利用率に関する一考察

春名 順之介\*, 伊東 淳一 (長岡技術科学大学)

A Consideration about the Voltage Utilization Ratio of  
the Matrix Converter Connected a Generator to the Input Side  
Junnosuke Haruna, Jun-ichi Itoh (Nagaoka University of Technology)

## 1. はじめに

近年, 交流電源から直流リンクを介さずに, 任意の電圧, 周波数の交流に直接変換可能なマトリックスコンバータが盛んに研究されている<sup>(1-4)</sup>. その背景には, マトリックスコンバータが従来の電力変換器と比較し, 小型, 軽量, 長寿命, 高効率の点で優れていること等が挙げられる。

一方, マトリックスコンバータの用途は, 現在用いられているエレベータ等の他にも多数検討されており, 一例として発電機を入力部に接続したシステムが考えられる。この場合, 発電機の入力インピーダンスが大きいためにシステムが不安定化するが<sup>(3)</sup>, 筆者らはこれまでに, 入力部に発電機が接続された場合の安定化制御法を報告している<sup>(1)</sup>. その際, 入力力率を進み制御することによって入力端子電圧が増加することを示している。

本稿では, 入力力率制御と入力端子電圧の関係をマトリックスコンバータの電圧利用率に着目して考察する。入力力率制御をシミュレーションにて検証したので報告する。

## 2. 入力力率制御と入力端子電圧の関係

図1に発電機接続時のマトリックスコンバータの回路図を示す。フィルタリアクトルは発電機の同期リアクタンスで代用できる。入力力率1制御をする場合, 入力電流位相は入力端子電圧位相に一致するが, 発電機の逆起電力位相とは異なる。

直接形電力変換器は入力電圧を直接スイッチングによって変調するので, 出力電圧 $V_{out}$ は(1)に示すとおり入力力率によって変動する。ただし,  $V_{in}$ は入力電圧,  $\cos\theta$ はマトリックスコンバータの入力力率である。

$$V_{out} = V_{in} \lambda \cos\theta \quad (0 \leq \lambda \leq 0.866) \quad (1)$$

図2に発電機1相分における, 逆起電力 $E_0$ と入力端子電圧 $V_c$ の関係のベクトル図を示す。このとき, 発電機の皮相電力 $S$ と有効電力 $P$ はそれぞれ(2), (3)式となる。

$$S = v_c (i_p + ji_q) \quad (2)$$

$$P = E_0 i_p \quad (3)$$

(2), (3)式より, 入力力率 $\cos\theta$ は(4)式で求められる。

$$\cos\theta = \frac{P}{S} = \frac{E_0 i_p}{v_c \sqrt{i_d^2 + i_q^2}} \quad (4)$$

(1), (4)式より, マトリックスコンバータの最大出力電圧は(5)で表せる。

$$V_{max} = 0.866 v_c \cos\theta = 0.866 \frac{i_p}{\sqrt{i_d^2 + i_q^2}} E_0 \quad (5)$$

(5)式において,  $i_q=0$  のときに電圧利用率が0.866となる。すなわち, 発電機の逆起電力と同位相に制御することでマトリックスコンバータの最大出力電圧が得られることを示す。

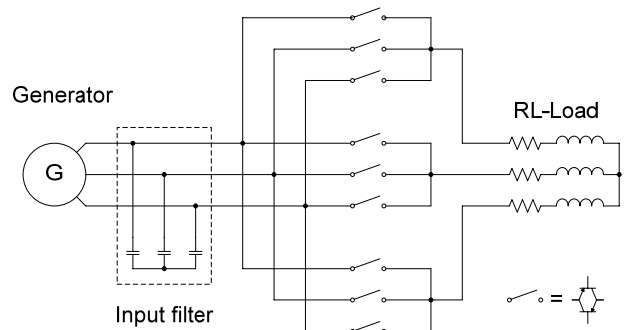


図1 発電機接続時におけるマトリックスコンバータ回路  
Fig.1. Circuit diagram of the matrix converter connected the generator.

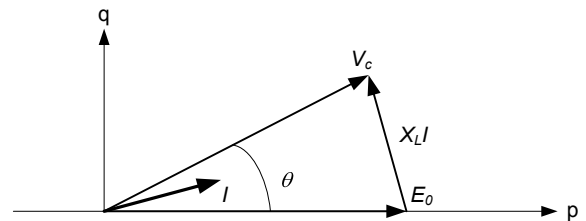


図2 入力力率と入力端子電圧の関係  
Fig.2. Relationship between input power factor and input terminal voltage.

### 3. シミュレーション結果

入力力率と電圧利用率の関係を検証するために、三相電圧源と同期リアクタンス相当のリアクトルから成る発電機模擬電源で、表1の条件でシミュレーションを行っている。

図3(a)に入力端子電圧と同位相( $\theta=0[\text{deg}]$ )の、(b)に発電機逆起電力と同位相( $\theta=55[\text{deg}]$ )の力率制御をしたときの入出力波形を示す。入力力率を変化させても、各波形が良好に制御できるのが確認できる。両者の出力電圧を比較すると、逆起電力と同位相のときに電圧が上昇しているのが確認できる。しかし、逆起電力と同位相の場合は入力端子電圧も上昇しているため、フィルタコンデンサの耐圧に注意する必要がある。また、運転を実現するためには発電機の逆起電力を推定しなければならない。

図4に $\theta$ を0-90[deg]まで変化させた場合の入出力電圧比 $V_u/E_0$ と入力端子電圧上昇率 $V_c/E_0$ を示す。入出力電圧比は、 $\theta=55[\text{deg}]$ の時に最大であり、逆起電力と同位相の場合に最大電圧が得られることを示している。また、入力端子電圧上昇率は最大で1.9となっている。入力端子電圧、出力電圧のどちらも、逆起電力の位相を超えると急激に減少していくのが確認できる。これは、(5)において、有効電流 $i_p$ が小さくなるからである。 $\theta=90[\text{deg}]$ では、マトリックスコンバータの出力電圧がほとんど発生しないことがわかる。

### 5. まとめ

本研究では、発電機を入力部に接続したマトリックスコンバータにおいて、力率制御と入力端子電圧について考察した。入力電流を逆起電力と同相にすることで、最大出力電圧が得られることがわかった。今後は本提案を実機にて検証し、有効性を検討していく。

#### 文献

- (1) 春名・伊東:「マトリックスコンバータによる発電機の制御特性の検討」, SPC-06-161, IEA-06-56, 2006
- (2) 小高・佐藤・大口・玉井・美根・伊東:「仮想 AC/DC/AC 変換方式に基づいたマトリックスコンバータの PAM 制御」, 平成 17 年電気学会産業応用部門大会, pp. I-203 - I-206, 2005
- (3) Sato, Itoh, Ohguchi, Odaka and Mine: "An Improvement Method of Matrix Converter Drives Under Input Voltage Disturbances", IPEC-Niigata, pp. 546 - 551 (2005)
- (4) Nikkhajoei and Irvani: "A Matrix Converter Based Micro-Turbine Distributed Generation System", IEEE Trans., Vol. 20, No. 3, p2182 (2005)

表1 シミュレーション条件  
Table 1. Simulation condition.

|                          |                                     |                  |              |                  |       |
|--------------------------|-------------------------------------|------------------|--------------|------------------|-------|
| Virtual generator source | Input voltage[V] (line-to-line rms) | 135[V]<br>90[Hz] | RL Load      | 8 [Ω]<br>5 [mH]  |       |
|                          | Synchronous reactance               | 26.6 [mH]        | Dumping gain | 0.1              |       |
| Filter capacitor         | 1 [μF]                              | Carrier freq.    | 10 [kHz]     | Modulation ratio | 0.866 |

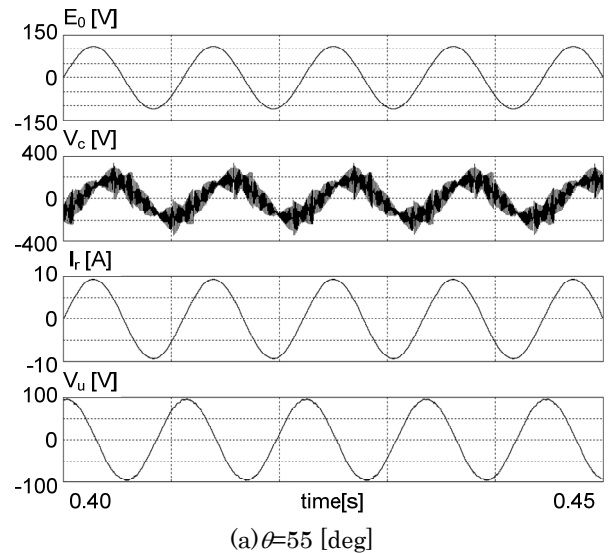
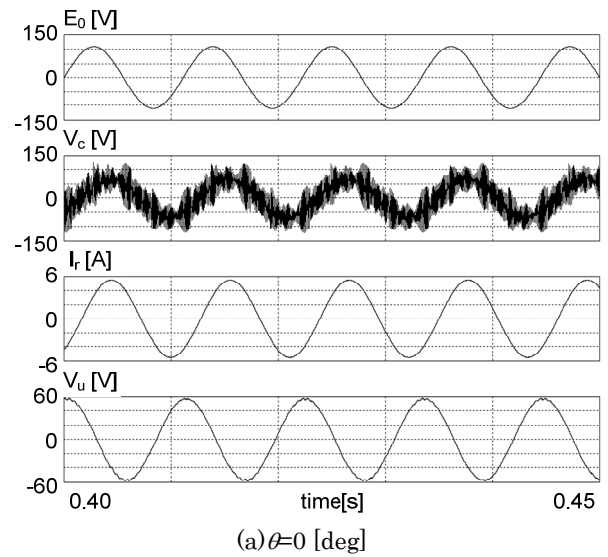


図3 シミュレーション結果  
Fig.3. Simulation results.

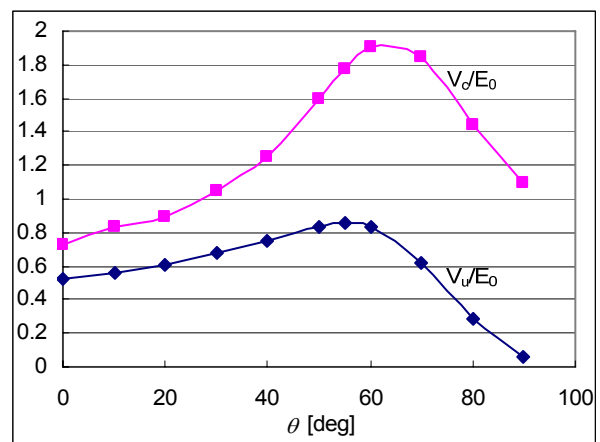


図4 力率角と入出力電圧比の関係  
Fig.4. Relationship between power factor angle and Modulation ratio.