

佐藤 明 野口季彦 (長岡技術科学大学)

1. はじめに 本稿では直接電力制御法^[1]を適用した中性点クランプ形コンバータ(以下, NPCコンバータ)について, そのシステム構成を検討し, シミュレーションにより基本的な制御特性を検証したので報告する。

2. 制御原理 Fig. 1に直接電力制御形NPCコンバータを示す。有効電力指令値 P^* は, DCバス電圧 V_{dc} とその指令値の偏差をPI制御器に入力して得られた I^* と V_{dc} の積により得られる。また, 無効電力指令値 Q^* は外部より直接与える。 P^* と P , Q^* と Q の誤差 ΔP , ΔQ を多段ヒステリシスコンパレータに入力し量子化する。この量子化信号 S_p , S_q により瞬時電力の増減を決定する。電源電圧位相も Fig. 2に示すように $30[\text{deg}]$ ごとに量子化し, 12分割して検出する。そして, S_p , S_q および θ_n をスイッチングテーブルに入力し, それらの組み合わせに応じてスイッチングモードを直接決定する。

スイッチングテーブルの構成法として, (1), (2)を用いて2つの領域 θ_2 , θ_3 における各スイッチングパターンの dP/dt と dQ/dt を算出し, 操作量として適切なスイッチングパターンを選定する。他の領域についても同様に選定し, このようにして得られたスイッチングテーブルを Table 1 に示す。

$$\frac{dP}{dt} = K_a \left[K_b \left(S_a - \frac{S_b}{2} - \frac{S_c}{2} \right) - \frac{\sqrt{3}}{2} K_c (S_b - S_c) \right] \quad (1)$$

$$\frac{dQ}{dt} = -K_a \left[\frac{\sqrt{3}}{2} K_b (S_b - S_c) + K_c \left(S_a - \frac{S_b}{2} - \frac{S_c}{2} \right) \right] \quad (2)$$

$\therefore K_a = \text{定数}, K_b = \omega t \sin \omega t - \cos \omega t, K_c = \omega t \cos \omega t + \sin \omega t$

3. ベクトル選別法 各スイッチングパターンには電力増または減の傾きの異なる3つのベクトルが存在する。この3つのベクトルにおいて, Fig. 2のXを小ベクトル, Yを中ベクトル, Zを大ベクトルとする。これらのベクトルを選別するために, Fig. 3に示す多段ヒステリシスコンパレータを用いて ΔP , ΔQ の大きさからベクトルの選別を行う。 S_p , S_q が ± 3 では大ベクトルを, ± 2 では中ベクトルを, ± 1 では小ベクトルを選別する。また, S_p が1, S_q が2をとった場合, 大きいベクトルを選別するようにする。

4. シミュレーション結果 シミュレーションはDCバス電圧指令値 $300[\text{V}]$, 無効電力指令値 $0[\text{var}]$, 負荷抵抗 $80[\Omega]$ で行った。Fig. 4(a)に電源電圧・電流波形を, (b)にコンバータ出力線間電圧波形を示す。力率1制御が達成され, PWMパターンもほぼ良好であることが確認できる。

5. まとめ 本稿では直接電力制御法を適用したNPCコンバータの基本的な制御特性をシミュレーションにより確認した。今後は中性点電位の変動抑制法を検討する予定である。

参考文献

[1] T. Noguchi, H. Tomiki, S. Kondo, and I. Takahashi, "Direct Power Control of PWM Converter Without Power-Source-Voltage Sensors," *IEEE Trans. Ind. App.*, vol. 34, no. 3, 1998.

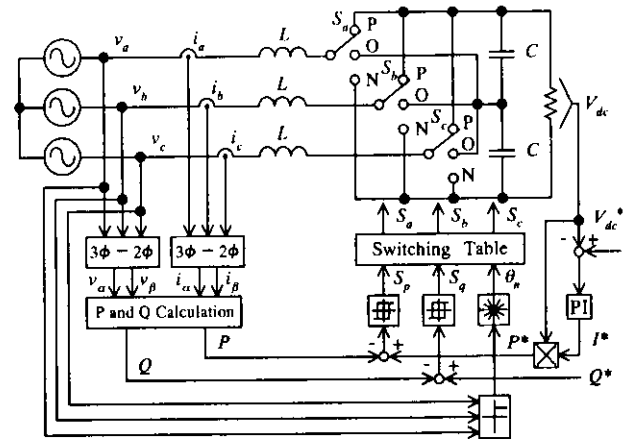


Fig. 1 Block diagram of direct-power-controlled neutral-point-clamped converter.

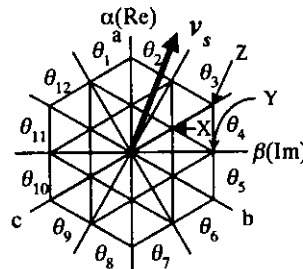


Fig. 2 Power-source-voltage vector and quantized phase.

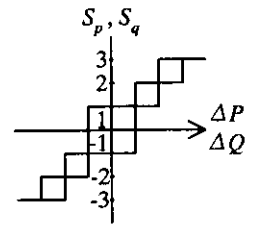
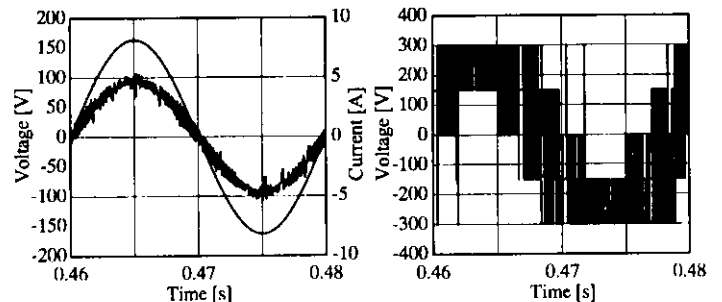


Fig. 3 Multi-level hysteresis comparator.

Table 1 Switching table.

S_p	S_q	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6	θ_7	θ_8	θ_9	θ_{10}	θ_{11}	θ_{12}
1	-1	OOP	OOP	POP	POP	ONN	ONN	OON	OON	NON	NON	OPP	OPP
2	-2	NOP	ONP	ONP	PNO	PNO	PON	PON	OPN	OPN	NPO	NPO	NOP
3	-3	NNP	NNP	PNP	PNP	PNN	PNN	PPN	PPN	NPN	NPN	NPP	NPP
1	1	PPP	PPP	OOO	OOO	NNN	NNN	PPP	PPP	OOO	OOO	NNN	NNN
-1	-1	POP	POO	POO	PPO	OON	NON	NON	NOO	NOO	NNO	OOP	POP
-2	-2	PNO	PNO	PON	PON	OPN	OPN	NPO	NPO	NOP	NOP	ONP	ONP
-3	-3	PNP	PNN	PNN	PPN	PPN	NPN	NPN	NPP	NPP	NNP	NNP	PNP
-1	1	POO	PPO	PPO	OPO	NON	NOO	NOO	NNO	NNO	ONO	POP	POO
-2	2	PON	PON	OPN	OPN	NPO	NPO	NOP	NOP	ONP	ONP	PNO	PNO
-3	3	PNN	PPN	PPN	NPN	NPN	NPP	NPP	NNP	NNP	PNP	PNP	PNN



(a) v_a, i_a waveforms. (b) PWM waveform. Fig. 4 Computer simulation result.