

# スイッチング形電力フィルタとリニア増幅器を併用したハイブリッド電力増幅器

学生員 岩谷 一生<sup>\*</sup>, 正員 野口 季彦 (長岡技術科学大学)

## Hybrid Power Amplifier Using Switched Power Filter and Linear Amplifier

Kazuki Iwaya, Student Member, and Toshihiko Noguchi, Member (Nagaoka University of Technology)

This paper presents a hybrid power amplifier using switched power filters and a linear amplifier. Harmonic distortion of an output voltage from the linear amplifier is much lower than that of switched power converters but efficiency of the linear amplifier is extremely low. Therefore, the linear amplifier is not suitable to large capacity systems in spite of its low-distortion output. In the proposed system, the linear amplifier is connected to a multilevel inverter in series in order to filter the output voltage. Since the linear amplifier compensates for only the harmonic components caused by the inverter, capacity of the linear amplifier can greatly be reduced. Therefore, the proposed system makes it possible to achieve high-efficiency and low-harmonic-distortion without PWM control and LC filters. In this paper, effectiveness of the proposed technique is verified through several experimental results.

キーワード: スwitching形電力フィルタ, リニア増幅器, ハイブリッド電力増幅器

Keywords: switched power filter, linear amplifier, hybrid power amplifier.

### 1. はじめに

著者らはこれまでに、直流電源をもたないインバータを複数台直列接続したスイッチング形電力フィルタを提案した<sup>(1)</sup>。これは、主インバータの出力電圧レベルを増加させることによって、PWM 制御することなく波形整形を行うものである。本論文では、このスイッチング形電力フィルタとリニア増幅器を併用したハイブリッド電力増幅器<sup>(2)</sup>を新たに提案し、良好な実験結果を得たので報告する。

リニア増幅器は出力電圧波形が非常に良好であるが、効率が極めて低いため、大容量化するとシステムが大型化する。それに対して、インバータは高周波でスイッチングするため、出力電圧に高調波成分を多く含み、電磁ノイズも大きい反面、効率が良いのでシステムを小形化できる。

提案するシステムは、両者の利点を活かし、5 レベルインバータにスイッチング形電力フィルタとリニア増幅器を直列接続して波形整形することで、PWM スwitchingや LC フィルタなしで効率良く良好な電圧波形を出力することができる。

### 2. 主回路構成

図 1 にシステム構成を示す。主インバータは NPC インバータをブリッジ化した 5 レベルインバータである。これに直流電源をもたないインバータで構成されるスイッチング形電力フィルタを 2 台接続し、フィルタ後の出力電圧を 17

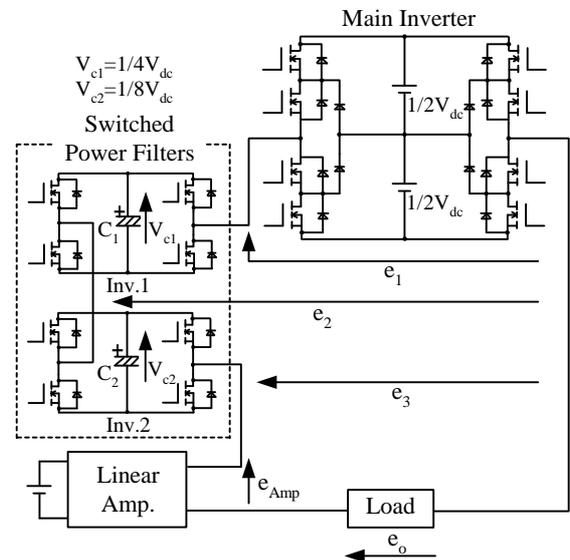


図 1 提案法のシステム構成

Fig. 1. Configuration of proposed system.

レベルの波形としている。最終段のリニア増幅器は 17 レベルの階段波と電圧指令値を差し引いた高調波成分のみを出力する。したがって、出力電圧に対してリニア増幅器が出力する電圧は、非常に小さくて良いため効率の低下を抑えられると同時に、高周波スイッチングも行わないので電磁ノイズも低減できる。

3. 動作原理および制御方法

図 2 にスイッチング形電力フィルタによる波形整形法を示す。前述のとおり、主インバータは 5 レベルの階段波を出力する。スイッチング形電力フィルタは電力の供給を一切行わず、出力の電圧レベルを増加させるためだけに動作する。1 台目のスイッチング形電力フィルタでは、 $\pm 1/4V_{dc}$ 、0 の電圧を出力し 9 レベルの波形を作る。2 台目のフィルタでは、 $\pm 1/8V_{dc}$ 、0 の電圧を出力し、17 レベルの波形を合成する。このため、各フィルタの直流リンクコンデンサ電圧を  $1/4V_{dc}$ 、 $1/8V_{dc}$  一定に維持しなければならない。そのために、主インバータの出力電圧を意図的に歪ませ、各コンデンサを充放電しながら、最終段の出力電圧を 17 レベルに整形する。

図 3 に制御ブロック図を示す。電圧指令値  $e^*$  を A/D コンバータに入力して量子化した信号と、 $V_{c1}$ 、 $V_{c2}$  をヒステリシスコンパレータに入力した信号をスイッチングテーブルに入力する。スイッチングテーブルは各状態に最も適したスイッチングパターンを主インバータとスイッチング形電力フィルタに供給する。また、17 レベル出力電圧  $e_3$  と、電圧指令値  $e^*$  の偏差をリニア増幅器の入力とする。したがって、リニア増幅器の出力電圧は、主インバータ直流リンク電圧の  $1/8$  以下で良い。

4. 実験結果

図 4 に実験結果を示す。主インバータの直流リンク電圧  $V_{dc}$  を 150 [V]、電圧指令値は 100 [V<sub>rms</sub>]、100 [Hz] の正弦波としている。主インバータの出力電圧  $e_1$  が 5 レベル、1 台目のスイッチング形電力フィルタ後の出力電圧  $e_2$  が 9 レベル、そして、2 台目のフィルタ後の出力電圧  $e_3$  には、17 レベルの階段波が出力されている。ここで、 $e_1$ 、 $e_2$  の波形が歪んでいるが、前述のように  $C_1$ 、 $C_2$  の充放電をバランス良く行うためである。リニア増幅器は電圧指令値と 17 レベル階段波の偏差分のみを出力するため、その電圧振幅は  $V_{dc}$  の  $1/8$  程度となっている。出力電圧の総合歪み率は 0.76 [%] となっており、LC フィルタなしでも低歪みの正弦波出力が得られている。

5. まとめ

本稿では、5 レベルインバータにスイッチング形電力フィルタとリニア増幅器を併用したハイブリッド電力増幅器を提案し、その有効性を実験的に示した。スイッチング形電力フィルタで出力電圧を多レベル化して、出力電圧の高調波成分を低減した上で、リニア増幅器によりほぼ完全な高調波歪み補償を行うため、リニア増幅器の容量を効果的に低減できる。

参考文献

- (1) 岩谷, 高橋: 「任意波形合成機能を有する次世代スイッチング形電力フィルタの提案」, 平成 15 年電気学会全国大会, 4085, pp128-129
- (2) G.B. Yundt: "Series-or-Parallel-Connected Composite Amplifiers," *IEEE Trans. Power Electronics*, vol. PE-1, No.1, pp48-54, 1986.

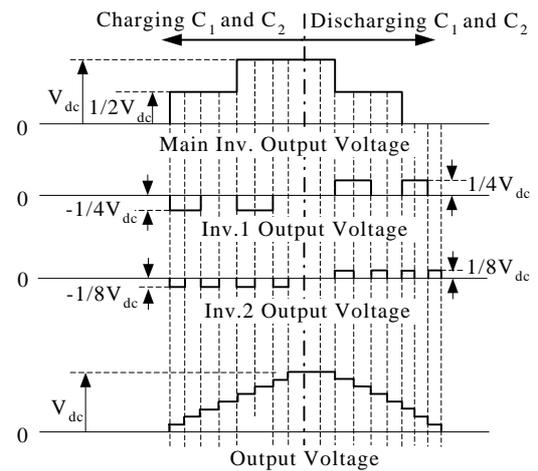


図 2 スwitching 形電力フィルタの動作波形  
Fig. 2. Operating waveforms of switched power filter.

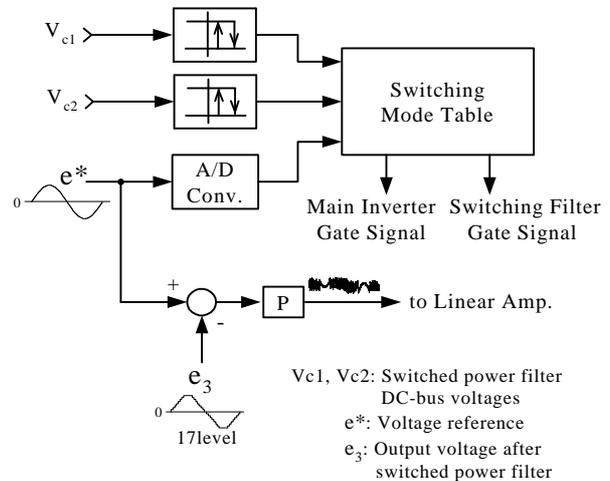


図 3 制御ブロック図

Fig. 3. Block diagram of controller.

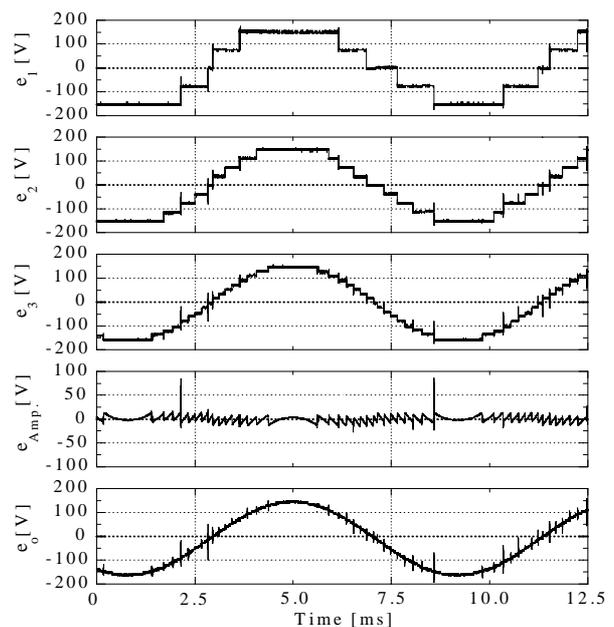


図 4 動作波形の実験結果

Fig. 4. Experimental result of operating waveforms.