

電圧分割型 E 級増幅器のキャパシタ制御切り替えによる準最適動作維持

平山克利* 古川雄大* 白川拓也* 末次正** 丸田英徳* 黒川不二雄*
 (*長崎大学大学院工学研究科)(**福岡大学工学部電子情報工学科)

1 はじめに

E 級増幅器のトランジスタには、直流供給電圧の 3.5 倍以上の電圧がかかるため、E 級増幅器の実用に大きな障害となっている[1]。また、E 級増幅器の最適動作(ZVS,ZDS)条件は、負荷の変動の影響を受けやすいため、負荷変動時に最適動作条件を維持することが困難となる。

本論文では、複数個のトランジスタを直列に接続することでスイッチ電圧を分割させる新しい E 級増幅器を提案する。また、この複数直列に接続したトランジスタのうちいくつかを常時オンにし、残りを周期的にスイッチングさせるようにコントロールする。こうすることで、負荷が変動した時に、最適動作条件を維持することができる。本論文では、LTSpice シミュレーションを用いて動作を確認する。

2 動作原理

図 1 に 4 つのトランジスタを直列に接続した E 級増幅器を示す。スイッチがオフの間、トランジスタに並列に接続されたダイオードがトランジスタのソース電圧とゲート電圧を同電位にするように調整し、トランジスタに並列に接続している抵抗は、ゲート-ソース間のキャパシタを放出する役割を果たす。また、スイッチがオンの間、ドライブ回路に直列に接続されたダイオードがトランジスタをスイッチとして有効にする。すべてのスイッチを同時にオン、オフすることで、スイッチがオフの期間、各スイッチ電圧は、それぞれ $v_{S4}-v_{S3}$, $v_{S3}-v_{S2}$, $v_{S2}-v_{S1}$, v_{S1} となるため、従来の E 級増幅器に比べて、ピークスイッチ電圧を 1/4 倍に抑制することができる。また、負荷が変動した際に、シャントキャパシタと共振キャパシタの値を適切な値に決定することで E 級増幅器の最適動作を維持することができる[2]。このトランジスタのうちいくつかを常時オンにすることで、シャントキャパシタの値を調整することができる。したがって、提案回路はシャントキャパシタと共振キャパシタのうちの片方を負荷変動時の適切な値に決定することができるため、準最適動作を維持できる。

3 シミュレーション

図 2(a)に $R=50$ 時の提案回路のシミュレーション波形を示す。図 2(a)に示すように、4 つのトランジスタによりスイッチ電圧を分割できることを確認した。従来回路に比べ、主スイッチにかかる電圧ストレスを 1/4 倍に抑えることができた。次に負荷が変動して、 $R=25$ とする。図 1 の回路の S_1 , S_2 の二つのトランジスタを常時オンにすることでシャントキャパシタの値を調整した時のシミュレーション波形を図 2(b)に示す。この時、スイッチ電圧を分割することができ、ほぼ最適動作を維持できていることを確認した。

4 まとめ

本論文では、トランジスタを複数個直列に接続することにより、E 級増幅器のスイッチ電圧を分割し、さらに各スイッチを適切に制御することにより負荷変動に対応する方法を提案した。提案回路は従来回路に比べ、スイッチ電圧を低減することができ、負荷変動時に準最適動作を維持することができた。この動作をシミュレーションにより確認することができた。詳細の議論は講演で行う。

参考文献

- [1] L. Roslaniec, and D. J. Perreault, "Design of variable-resistance class E inverters for load modulation," IEEE Energy Conversion Congress and Exposition., pp. 3226-3232, Sep. 2012
- [2] T. Suetsugu, X. Wei, S. Kuga, and N. Oyama, "Switched capacitor discrete control of class E amplifier to achieve nominal operation," IEEJ Journal of Industry Applications., vol. 4, pp.402-408, July 2015.

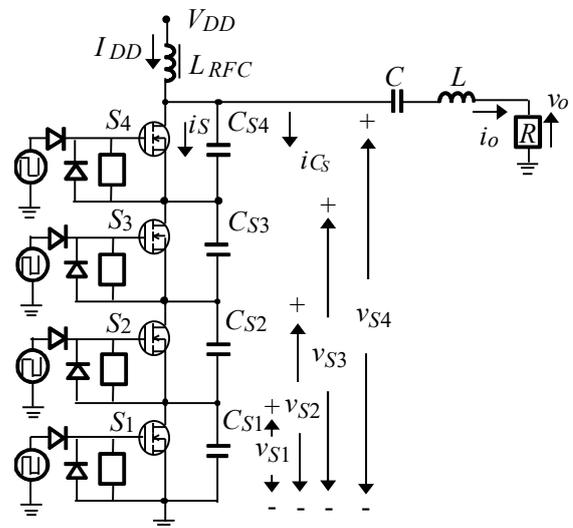
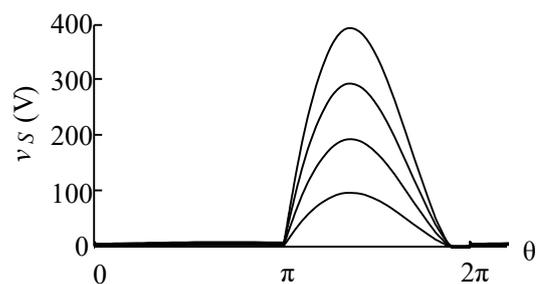
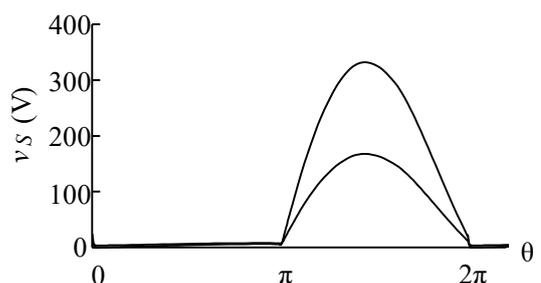


図 1 4 分割型 E 級増幅器



(a) 4 分割型 E 級増幅器のスイッチ電圧波形($R=50$)



(b) 負荷変動時のスイッチ電圧波形

図 2 シミュレーション結果