部分共振形 ZVS・PWM インバータ

正員 谷口 勝則 (大阪工大)

学生員 小見山 慎二 (大阪工大)

Quasi-Resonant ZVS・PWM Inverter

Katsunori Taniguchi, Member, Shinji Komiya, Student Member (Osaka Institute of Technology)

キーワード：部分共振，PWM インバータ，ZVS 回路，変調信号，キャリア信号

1. まえがき

高周波化に伴うスイッチング損失の低減や EMI 問題解決のため，ゼロ電圧スイッチング (ZVS) 方式が提案されているが，三相 PWM インバータでは，素子数が増加⁽¹⁾したりスイッチのシーケンスが複雑になるなどの懸念⁽²⁾がある。本レターでは，シンプルな回路構成でスイッチ動作も単純な ZVS 方式⁽³⁾と，部分共振形インバータに適した PWM 手法を提案する。

2. 回路構成と動作原理

図 1 に提案の回路構成を示す。本回路は PWM インバータ入力部に ZVS 回路を接続し，三相インバータのスナバをすべてなくしたシンプルな構成となっている。その動作は，ZVS 回路部のコンデンサ C_{c2} の電圧がゼロになるとき，PWM インバータのスイッチ T_{ua} , T_{ub} , ..., T_{wb} をオン・オフ動作させるので，PWM インバータは ZVS を実現する。また，ZVS 回路自身においても， L_c , C_{c1} , C_{c2} の共振により，ZVS 動作を行わせることができる。図 2 は転流回路各部の動作波形である。

3. インバータ部の PWM 動作

図 1 のような一括転流式では， T_{c1} の転流回数が非常に増加する。また，三相インバータでは，基本波振幅の大きなインバータ出力が得られる PWM 手法が望まれる。PWM インバータ部では，図 3 に示すような変調信号 e_u , e_v , e_w を用いることにより，正弦波変調方式に比べてその出力基本波振幅は 15% 増加し，また 1/3 周期は休止する⁽⁴⁾ので，スイッチング損失を減少できる。更に，図 4 のようにキャリア波を三角波からのこぎり波にすることで，1 周期の転流回数を従来の正弦波-三角波比較方式での 6 回から，本方式による 3 回に減らすことができる。

図 1 部分共振形 ZVS・PWM インバータ
Fig. 1. Quasi-resonant zero-voltage-switching PWM inverter.

図 2 転流回路各部の動作波形
Fig. 2. Switching waveforms of ZVS PWM inverter.

図 3 三相 PWM 波の発生原理
Fig. 3. Generation principle of three-phase PWM pulses.

図 4 転流回数の減少法
Fig. 4. Reduction of commutation number.

4. 出力波形

インバータ線間電圧の出力波形として次式を得る⁽³⁾。

$$V_{uv}(\omega_b t, \omega_s t)/E_d = M \sin \omega_s t + \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} A_{mn}(M) \times \sin(m\omega_b t + n\omega_s t + \theta_{mn}) \quad (1)$$

ここで、 E_d : 直流電源電圧、 M : 変調度、 ω_b : キャリヤ角周波数、 ω_s : 出力角周波数、 $A_{mn}(M)$: キャリヤ成分の振幅値、 θ_{mn} : キャリヤ成分の位相

(1) 式は、基本波が ME_d で正弦波変調方式の $0.866 ME_d$ に比べて 15% 増加し、また信号波の高調波は現れないことを示している。主要な出力周波数成分の変調度 M に対する変化を図 5 に示す。基本波

図 5 変調度 M に対する主要周波数成分の振幅値
Fig. 5. Amplitude of major frequency components as function of modulation degree M .

以外の不要な周波数成分は、すべてキャリヤ周波数のサイドバンドとなり、高い周波数域に分布する。

5. まとめ

部分共振ゼロ電圧スイッチング回路を提案し、ZVS 回路部の動作モードならびに回路動作を確認した。また、ZVS 形 PWM インバータに適した PWM 手法についても提案し、波形解析結果を示した。

(平成 5 年 6 月 25 日受付)

文 献

- (1) R. W. DeDonker & J. P. Lyons: "The Auxiliary Resonant Commutated Pole Converter", IEEE-IAS Conference Proceedings 1990, p. 1228
- (2) Jin He & N. Nohan: "Parallel Resonant DC Link Circuit—A Novel Zero Switching Loss Topology with Minimum Voltage Stresses", IEEE Trans. PE, PE-6, No. 4, 687 (1991)
- (3) 小見山・谷口: 「部分共振ゼロ電圧スイッチング PWM インバータ」, 平 4 電気学会産業応用全大, 138
- (4) 谷口・入江: 「三相正弦波 PWM インバータのための変調信号」, 電学論 B, 105, 880 (昭 60-10)

谷 口 勝 則 (正員)

昭和 18 年 4 月 21 日生。45 年 3 月大阪府立大学大学院修了。現在、大阪工業大学電気工学科教授。工学博士。PWM インバータとその応用に関する研究に従事。IEEE, パワーエレクトロニクス研究会, 計測自動制御学会会員。

小見山 慎 二 (学生員)

昭和 43 年 7 月 28 日生。平成 4 年 3 月大阪工業大学工学部電気工学科卒業。同年同大学大学院工学研究科修士課程入学, 現在に至る。