

26. 歪率改善のための制御を施した複合回路方式 電圧共振形インバータの動作特性

徐 宏* 黒川 不二雄* 青池 南城*† 松尾 博文*

*長崎大学

†東芝ライテック㈱

1. まえがき

蛍光ランプの電子安定器として高周波インバータを用いる方式は、小形・軽量、高効率であり、しかも高い発光効率とちらつきのない安定した動作が得られるため広く用いられている。先に筆者らは電子安定器に適した複合回路方式の電圧共振形インバータを提案し、簡単な回路構成で高入力力率および低入力電流歪率が実現できることを示した^{(1),(2)}。

本稿では、この複合回路方式電圧共振形インバータの制御方式および動作特性について検討する。まず、筆者らが提案している入力電流歪率改善のための制御^{(3),(4)}を施した制御回路を示し、従来より用いられている制御方式⁽⁵⁾と比較検討する。次に、これらの制御方式を適用した場合の複合回路方式電圧共振形インバータの交流入力電圧の平均値および負荷の変化に対する動作特性について考察する。

2. 主回路および制御回路

図1は蛍光ランプの電子安定器として用いる完全平滑形の複合回路方式電圧共振形インバータの基本回路である。この回路では、スイッチ T_r はアクティブフィルタとインバータの主スイッチ素子を兼用している。図2は提案する制御回路であり、従来の制御回路⁽⁵⁾に破線で囲まれた部分を付加することにより入力電流歪率改善の機能を持たせている。従来の制御回路は、交流入力電圧 e_{ac} の変化に対するフィードフォワード制御部および出力電圧 e_o の変化に対するフィードバック制御部により構成されている。フィードフォワード制御部では、インバータの主スイッチ素子の両端の電圧 V_{DS} の120Hzにおけるピーク値 V_{DSP} により、交流入力電圧の平均値 E_{ac} の変化を検知している。フィードバック制御部では、出力電圧 e_o を検出する際に、電源投入時に一定時間蛍光ランプに高電圧を印加するための遅延回路を設けて応答を遅くしている。交流入力電圧 E_{ac} および出力電圧 e_o は基準値 E_{acPr} および E_{or} とそれぞれ比較され、それらの加算値が破線で囲まれた部分を通らず、直接VCO(電圧制御発振器)に inputs される。この結果、VCOの発振周波数は主スイッチ T_r のスイッチング周波数として制御され、出力電圧 e_o の安定化が図られていた。

入力電流歪率改善のために破線で囲まれた回路を付加した本方式では、まず、図1の交流入力電圧 e_{ac} を検出し、これにゲイン G_v をマルチプライヤにより掛けて入力電流の目標値 i_{acr} を決定する。ここで、上述の従来の制御回路の交流入力電圧に対するフィードフォワード制御および出力電圧に対するフィードバック制御の和として得られる値を G_v として用いる。次に、 i_{acr} と入力電流 i_{ac} の差がVCOに inputs され、主スイッチ T_r のスイッチング周波数 f_s に変換される。この関係は $f_s = G_f(i_{ac} - i_{acr})$ で表される。また、 G_f は電流ゲインであり、VCOとその前置増幅器のゲインの積により決定される。このように、提案している入力電流歪率改善のための機能を施した制御回路は、従来の制御回路にマルチプライヤと増幅器から成る単純な回路を付加することにより、簡単に実現できる。

3. 動作特性

図3(a)および(b)に交流入力電圧の平均値 E_{ac} を $E_{ac}^* = 20V$ を中心に $\pm 15\%$ 変化させた場合の力率および入力電流歪率の特性を示す。同様に、

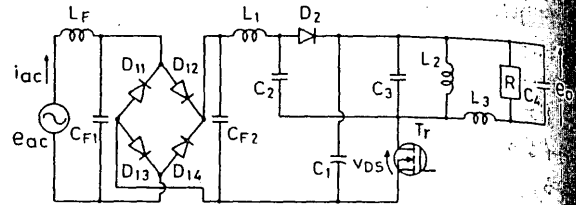


図1 複合回路方式電圧共振形インバータ回路

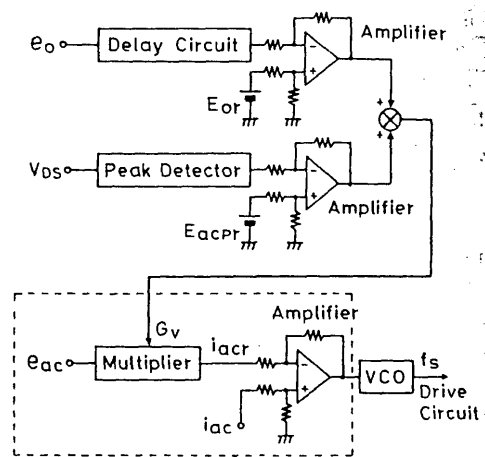


図2 制御回路

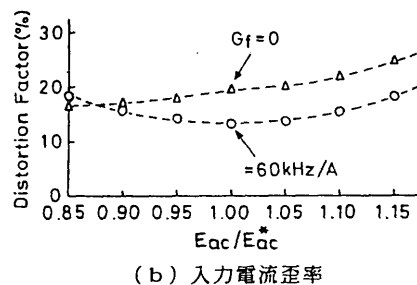
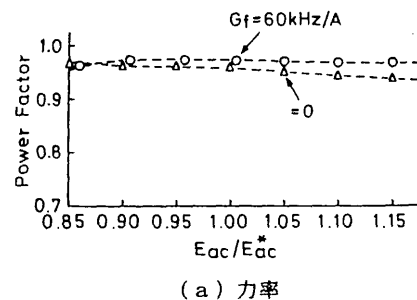


図3 入力電圧の変化に対する動作特性

図4(a)および(b)に負荷抵抗 R を $R^*=15\Omega$ を中心に $\pm 30\%$ 変化させた場合の特性を示す。ここで、 V_{DSP}/E_{acPr} は一定値3.7を取る。また、 $G_f=0$ が従来の制御を施した場合の特性である。図より、 $G_f=60\text{kHz/A}$ のゲインを設定し^{(3),(4)}、入力電流歪率改善のための制御を行うことにより、入力電圧あるいは負荷が変化した場合にも、良好な高力率および低歪率特性が得られることが分かった。また、この場合の波高率は日本におけるIEC929規格の限度値2.1以下である。

図5および図6に $E_{ac}/E_{ac}^*=1.15$ および $R/R^*=1.30$ の場合の交流入力電圧 e_{ac} および交流入力電流 i_{ac} の観測波形を示す。それぞれの図において、図(a)の $G_f=0$ が従来の制御方式の場合であり、図(b)の $G_f=60\text{kHz/A}$ が入力電流歪率改善のための制御を施した場合である。図5および図6より入力電流歪率改善のための制御を施すことにより、交流入力電流の波形が改善されていることが分かる。

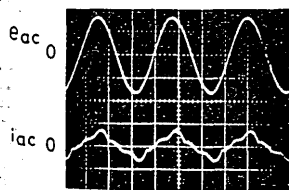
また、図7および図8に図5および図6の交流入力電流波形の高調波含有率特性をそれぞれ示す。ここで、●印はIEC1000-3-2規格のクラスCの限度値である。これらの図から、△印で示した従来の制御方式に比べ、○印で示した入力電流歪率改善のための制御を施した方式によれば規格を十分に満足できる特性が得られることが分かる。

4. むすび

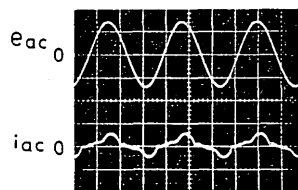
以上の議論から、従来の制御回路に交流入力電流歪率改善のための制御回路を付加した回路を用いて複合回路方式電圧共振形インバータを動作することにより、交流入力電圧の平均値あるいは負荷が変動した場合でも高入力力率および低入力電流歪率特性を実現できることが明らかになった。詳細な議論は講演の際に行う。

謝辞 本稿をまとめるに際して実験データおよび図面の整理等にご協力頂いた本校技官川原学氏および卒論生平松勝海君に感謝します。

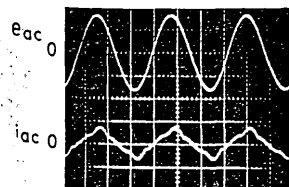
文献 (1)H. Matsuo, N. Aoiike, F. Kurokawa and A. Hisako: IEEE PESC Record(1994). (2)H. Matsuo, F. Kurokawa, N. Aoiike and Xu Hong: IEEE PESC Record(1995). (3)日迫 彰, 青池南城, 黒川不二雄, 松尾博文: 平成6年照明学会全国大会, No. 13(1994). (4)松尾博文, 黒川不二雄, 青池南城, 日迫 彰: 信学論B-I, J78-B-I, 11(1995). (5)清水恵一, 伊藤俊樹, 藤井浩史: 東芝レビュー, 45, 10(1990).



(a) $G_f=0$

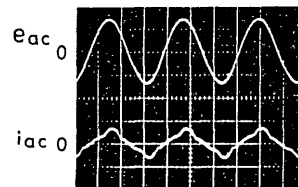


(a) $G_f=0$



(b) $G_f=60\text{kHz/A}$

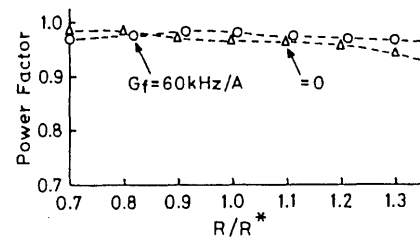
Horizontal :
5msec./div.
Vertical :
 e_{ac} : 20V/div.
 i_{ac} : 0.4A/div.



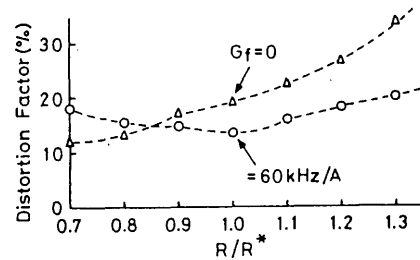
(b) $G_f=60\text{kHz/A}$

図5 $E_{ac}/E_{ac}^*=1.15$ の場合の入力電圧, 電流波形

図6 $R/R^*=1.30$ の場合の入力電圧, 電流波形



(a) 力率



(b) 入力電流歪率

図4 負荷の変化に対する動作特性

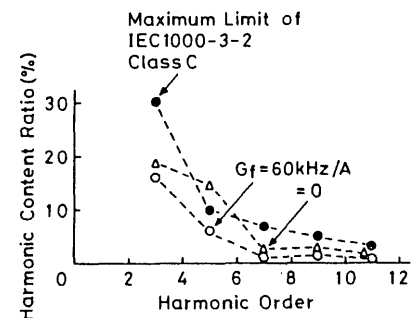


図7 $E_{ac}/E_{ac}^*=1.15$ の場合の交流入力電流の高調波含有率特性

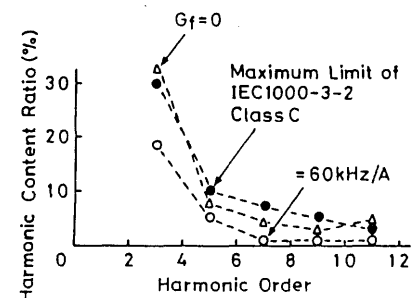


図8 $R/R^*=1.30$ の場合の交流入力電流の高調波含有率特性