

電源高調波を考慮した新型インバータ回路の開発

電子部 尾前 宏, 上園 剛, 伊藤博雅, 南竹 力*, 安倍秀治**, 菅 健一**, 森山知巳**

Development of The New Mode Inverter Circuit that considered Power Supply Harmonics

Hiroshi ONOMAE, Tsuyoshi UEZONO, Hiromasa ITO, Chikara MINAMITAKE, Shuji ABE, Ken'ichi SUGA
and Tomomi MORIYAMA

通産省の電源高調波対策ガイドラインに適合したダウンライト用インバータ回路を開発した。この回路は交流の全波整流電圧と充電電流検出回路の検出電圧及び直流出力電圧を加算して電圧比較器でPWM制御し電流波形を制御する。規制適合範囲内でインバータの交流電流の最大値を抑制することで、コンデンサ入力型電源の電源高調波電流を相殺し、交流電力供給系（受電端）の全体的な力率の改善と高調波電流を効果的に抑制することができる。単体での力率、照度とも従来品以上で、電磁ノイズ試験、温度上昇試験についても規制に適合していることを確認した。

1. 緒言

スイッチング電源は小型、高効率な電源として、民生機器や産業機器の組み込み電源として広く使用されているが、これらの電子機器から発生する高調波電流による電磁環境への悪影響が社会問題化し、世界的に法規制化が進められてきている。わが国でも通商産業省による家電・汎用品高調波対策ガイドラインが制定され、それに対応した製品開発が必要になってきた。

そこで、電源高調波電流規制に適合した回路設計技術や実装技術、測定・対策技術に関する研究に取り組み、具体的な事例として、20W～40W用の蛍光灯ダウンライト用インバータ回路を国分電機(株)、鹿児島大学と共同開発した。

開発に当たり、インバータ回路単体で規制に適合させることは当然として、既に市場に広く普及している「コンデンサ入力型電源」を使用した電気機器から発生している電源高調波電流を相殺し、交流電力供給系（受電端）の全体的な力率の改善と高調波電流を効果的に抑制できる回路方式を検討することにした。

試作した回路について、インバータ回路単体及びコンデンサ入力型電源と組み合わせた際の力率、電源高調波電流の評価、インバータ回路単体での電磁ノイズ試験、温度上昇試験、照度試験等の評価を行ったので報告する。

2. 回路構成

規制実施前に広く普及していた「コンデンサ入力型」と称されるスイッチング電源の場合、図1に示すように、電圧波形のピーク時に集中的に電流が流れ、高調波電流が発生していた。そこで今回開発したインバータ回路では、電

圧ピーク時に流れる電流を抑制し、コンデンサ入力型電源と組み合わせた場合の合成電流波形が正弦波に近づくようにすることとした。

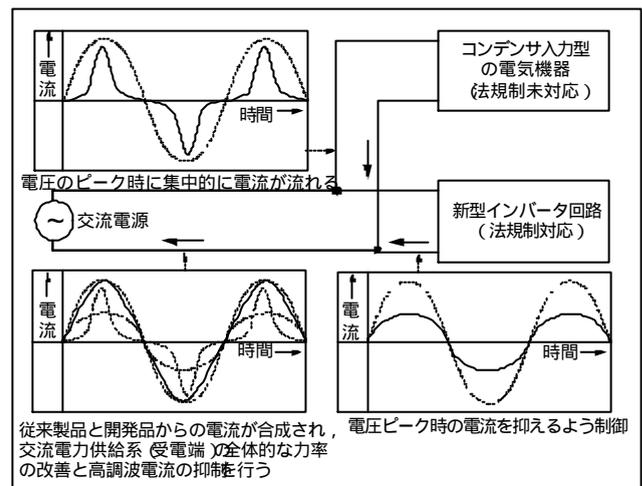


図1 開発した回路の特徴

今回開発した蛍光灯ダウンライトの写真を図2に、インバータ回路の全体構成を図3に示す。



図2 蛍光灯ダウンライトの全体写真
(左：従来品, 右側：開発品)

*鹿児島大学, **国分電機(株)

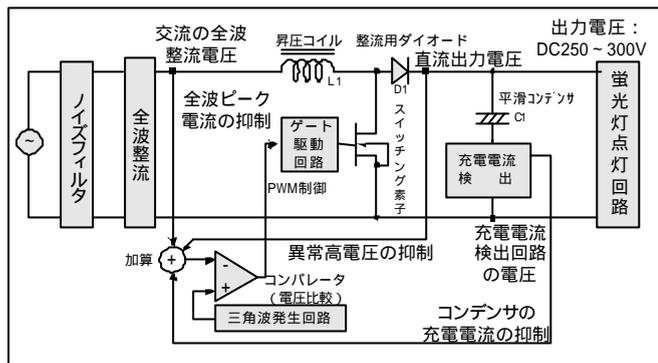


図3 インバータ回路の全体構成

基本的には、交流の全波整流電圧を昇圧コイルを通して、スイッチング素子により断続し、昇圧コイルに生じる逆起電力を整流ダイオードで平滑コンデンサに蓄え、250～300Vの直流電圧を得るといった回路である。

ここで、インバータ回路単体で高調波対策ガイドラインに適合させるとともに、電圧ピーク時における電流を抑制させるため、交流の全波整流電圧と充電電流検出回路の検出電圧及び直流出力電圧を加算したものと、発振回路で得られた三角波出力とを電圧比較器に加えることで、図4に示すようなPWM波を発生させ、スイッチング素子を駆動し、昇圧コイルを流れる電流を制御することとした。

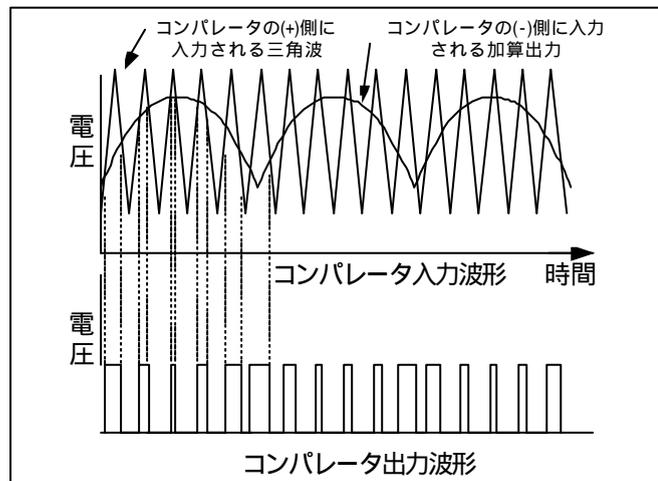


図4 PWM制御

加算回路においては、図5に示すように、充電電流検出回路の検出電圧をE1、抵抗をR1、R4、全波整流電圧からの入力電圧をE2、抵抗をR2、直流出力電圧からの入力電圧をE3、抵抗をR3とすると、 $R1 \sim R4$ は、 $R2, R3 \gg R4 \gg R1$ という関係にあり、加算点に発生する電圧は、 $(E2/R2 + E3/R3)R4 + E1$ となり、 $R4/R2 \times E2 + R4/R3 \times E3 + E1$ となる。ここで、抵抗の値を調整することで、それぞれの電圧の貢献度を調整する。

従来のコンデンサ入力型電源の場合、平滑コンデンサの充電期間が短かったため、パルス状に充電電流が流れていたのに対し、今回、開発した回路の場合、電圧ピーク時や、

コンデンサの充電時における電圧上昇を抑制するようPWM制御させることで、平滑コンデンサ両端における電圧の上昇時間を拡大させたことに伴い、コンデンサの充電エネルギーは、図6に示すように平均化され、電圧ピーク時の電流を抑制することができた。

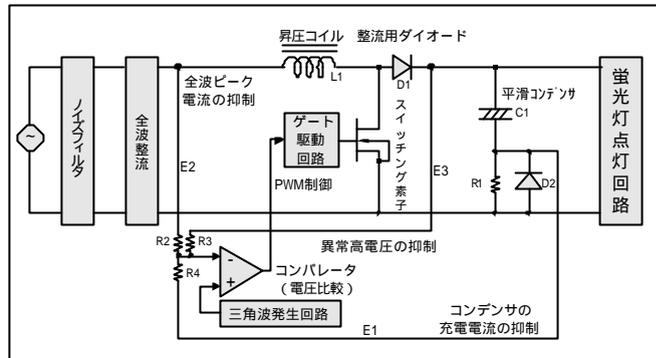


図5 加算回路の説明

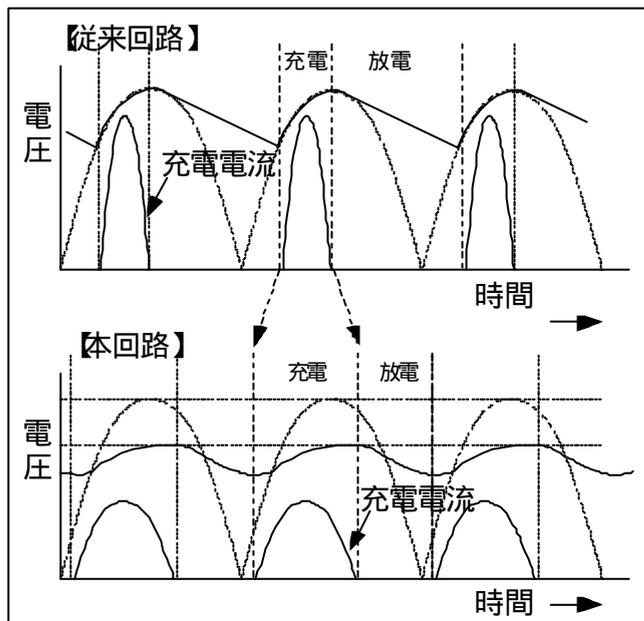


図6 平滑コンデンサ両端に発生する直流電圧

また、これに付随して、直流出力電圧に含まれるリップル電圧も小さくなり、直流出力電圧が安定になり、平滑コンデンサの容量を従来の半分に減らすことができ、平滑コンデンサの個数も2個から1個にすることができた。

また、直流出力電圧の負荷変動についても制御されるので、平滑コンデンサの耐圧についても、余計なマージンを取る必要が無くなり、耐圧を600Vから400Vのものに減らすことができた。

3. 実験

ダウンライト照明機器について定められている法規制や業界規制への適合状況に関する評価や、能力評価のため実

験を行った。

3.1 力率及び電源高調波電流の測定

試作した回路について、インバータ回路単体及びコンデンサ入力型電源と組み合わせた際の、皮相電力、有効電力、力率、電源高調波電流等について、通産省の家電・汎用品高調波抑制対策ガイドラインに従って試験した。参考のため、同じ蛍光灯ランプを点灯させる既存製品2機種についても同様の試験を行った。

3.2 電磁ノイズ測定

インバータ回路単体から発生している伝導性の電磁ノイズについて、国際規格のCISPR規格に準拠した試験方法で実施した。

3.3 照度試験

光束法による平均照度計算法に基づき、ダウンライト正面2mでの照度を測定した。

なお、参考のため、同じ蛍光灯ランプを点灯させる既存製品1機種についても同様の試験を行った。

3.4 温度上昇試験

実際のダウンライトのケースに実装した状態で、温度上昇試験を行った。この試験は、JIS-8105及び日本照明器具工業会規格JIL5002に準拠した試験方法で、熱電対の巻線を各ポイントに取付け、主要な部品単体、ダウンライト製品として規定されている試験ポイントにおける温度を測定した。

4. 結果及び考察

4.1 力率及び電源高調波電流の測定

今回の開発品及び、既存製品2機種について、インバータ回路単体及び、コンデンサ入力型電源と組み合わせた際の電流、電圧波形を図7に、電源高調波電流について40次までプロットしたものを図8に、皮相電力、有効電力、力率について、インバータ回路単体での結果を表1に、コンデンサ入力型電源と組合せた場合の結果を表2に示す。

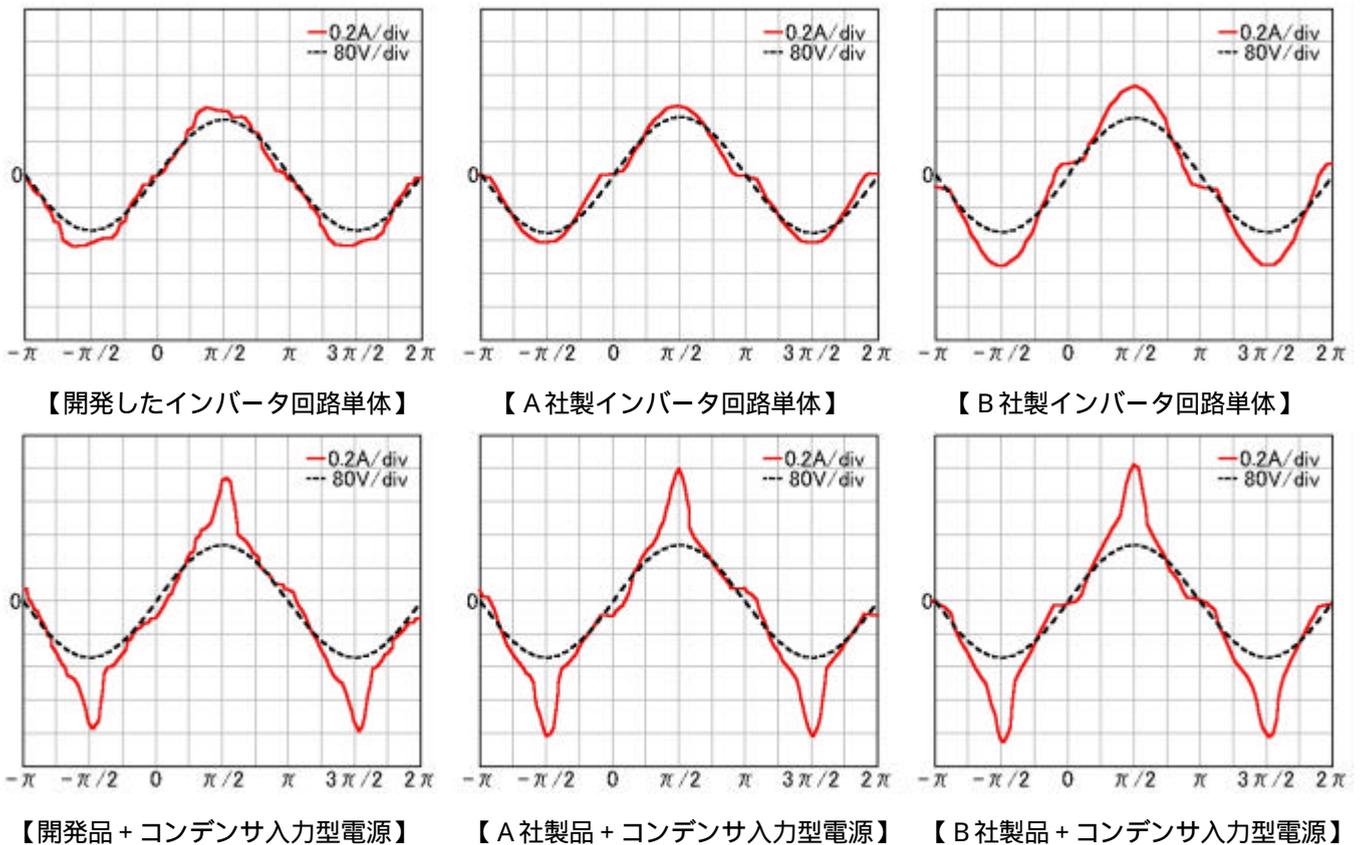


図7 電流波形の比較

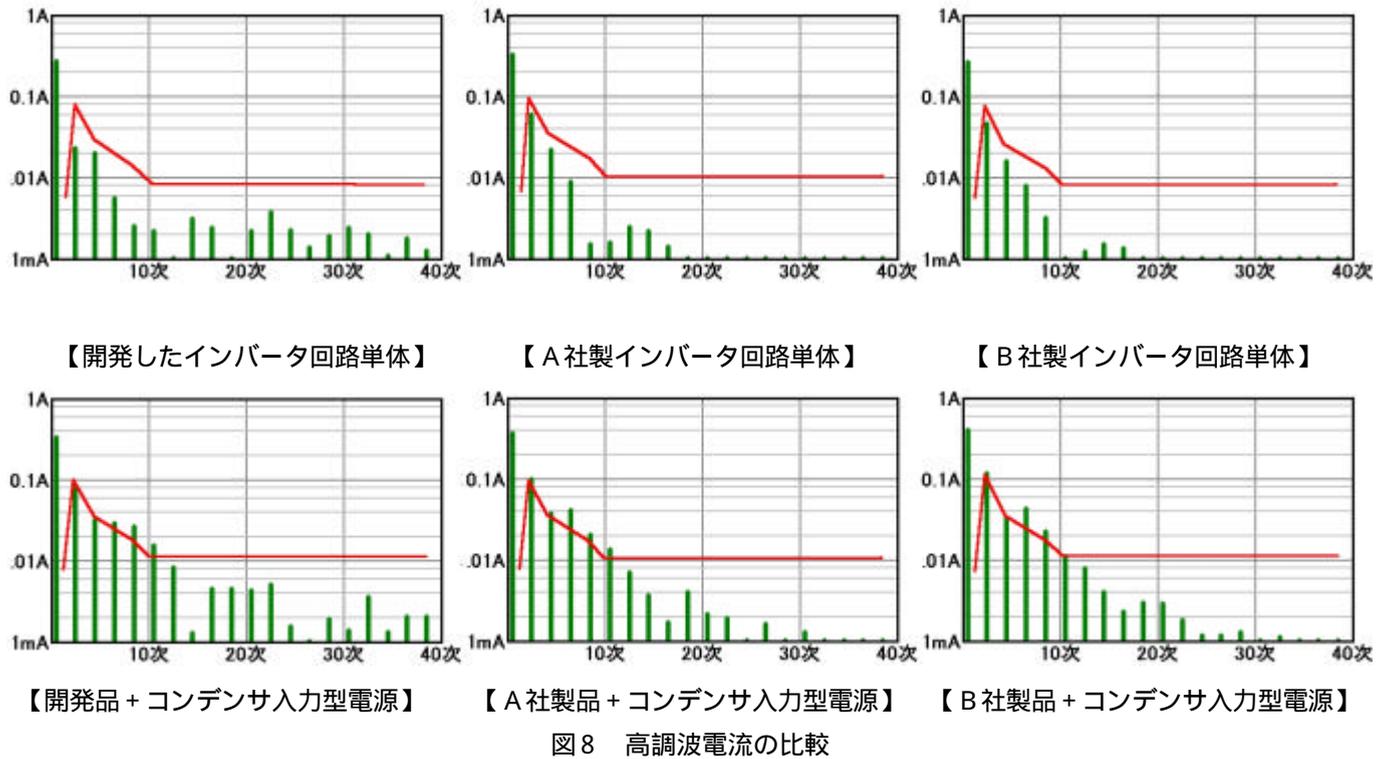


表1 インバータ回路単体での電力、力率

| | 皮相電力(VA) | 有効電力(W) | 力率 |
|------|----------|---------|-------|
| 開発品 | 28.9 | 28.6 | 0.990 |
| A社製品 | 27.0 | 26.6 | 0.983 |
| B社製品 | 35.0 | 34.1 | 0.974 |

表2 コンデンサ入力型電源と組合せた場合の電力、力率

| | 皮相電力(VA) | 有効電力(W) | 力率 |
|------|----------|---------|-------|
| 開発品 | 38.4 | 37.1 | 0.965 |
| A社製品 | 39.1 | 37.1 | 0.949 |
| B社製品 | 41.2 | 39.1 | 0.948 |

開発したインバータ回路単体の性能は、皮相電力:28.9、有効電力:28.6であり、力率も0.990と、ほぼ1に近く、効率の良いものであった。また、コンデンサ入力型電源との組み合わせにおける力率についても、3機種の中で、もっ

とも優れていることがわかった。

また、高調波電流についても、低い周波数帯域における高調波電流成分が既存製品よりも低く抑えられており、コンデンサ入力型電源と組み合わせた場合に、低い周波数帯域における高調波電流を、より効果的に抑制していることを確認した。

4.2 電磁ノイズ測定

測定結果を図9に示す。今回、開発した回路の場合、スイッチング周波数を約50kHzに設定しており、その高調波成分が約50kHz間隔で発生していることが分かる。測定した結果、0.2MHz、1.5MHzあたりで、ピーク検波モードにおける測定値が、平均値検波モードでの規制値を超えていたので、QP検波、平均値検波モードで確認したところ、QP検波モードで約7dB、平均値検波モードで約3dB程、規制値を下回っており、規制に適合していることを確認した。

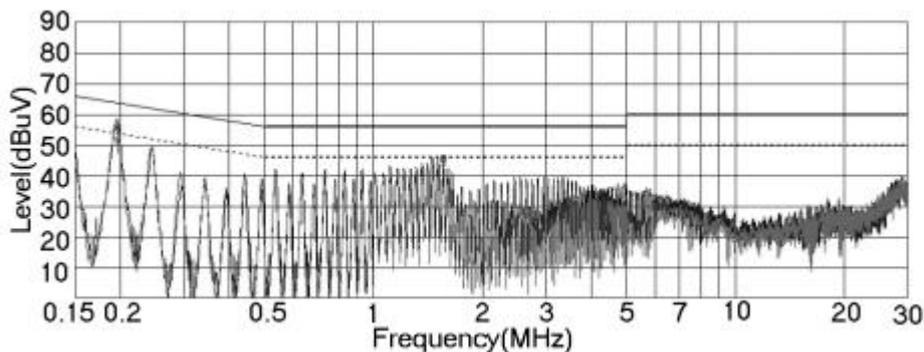


図9 電磁ノイズ測定結果

4.3 照度試験

今回、開発した回路の場合、735ルクス、従来品の場合、710ルクスで、約25ルクス明るいという結果となり、照度的にも、遜色無いことがわかった。

4.4 温度上昇試験

温度を測定したポイント及び、測定値、限度値について

図10に示す。

各部品の限度値は部品カタログ等の記載値で、ダウンライト製品としての限度値は、日本照明器具工業会で規定されたものである。測定した結果、部品レベルでも製品レベルにおいても、限度値を十分下回っており規格に適合していることがわかった。

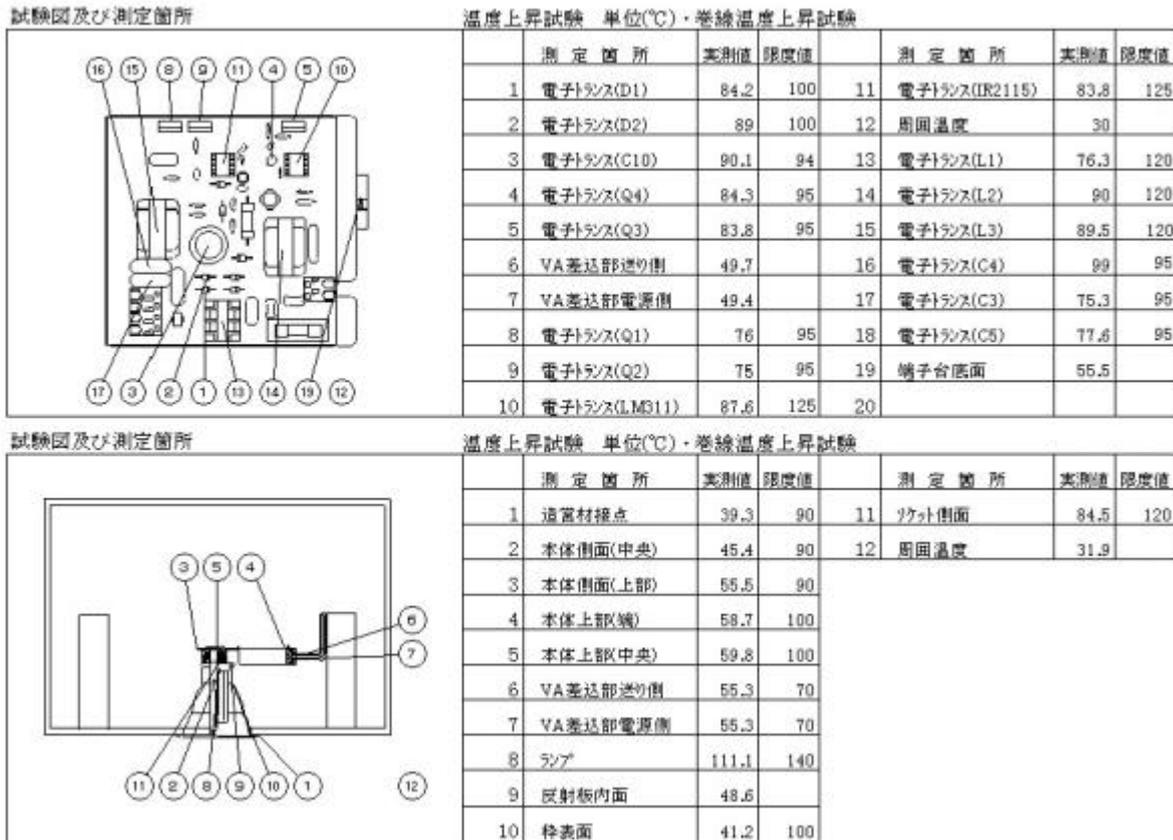


図10 温度上昇試験結果

5. 結 言

今回開発した新型インバータ回路について評価した結果、次のことが明らかになった。

- (1) 平滑コンデンサの急峻な充電電流の抑制と全波交流電圧のPWM制御により、交流電源の電圧ピーク時の電流を抑えることができた。
- (2) コンデンサ入力型電源と組合せて使用した場合、両者の合成電流は高調波が抑制され力率の改善が見られた。
- (3) 照度は他社同等品より若干明るい。
- (4) 電磁ノイズ、上昇温度試験とも規格に適合。
- (5) 従来の回路より直流の電圧変動を押さえ、平滑コンデンサの容量を少なくできた。(15μF×2個 1個)
- (6) 負荷変動による異常高電圧の抑制により、平滑コンデンサの耐電圧を低くすることができた。(600V 400V)

交流電流の最大値において突出した電流の流れる機器の多い現状においては、それらの機器と併用して使われる小型のインバータ機器は、正弦波よりも交流の最大値をある

程度押さえた電流を流すことが、交流電力供給系(受電端)の全体的な力率の改善、高調波電流の抑制に役立つのではないと思われる。

今後は実用化に向けて信頼性向上、寿命試験等を進めるとともに、一般的なスイッチング電源向けに幅広く技術普及に努める予定である。

参 考 文 献

- 1) 南竹ら: "総合力率改善を考慮した蛍光灯インバータ", 電気関係学会九州支部52回連合大会, p367(1999)
- 2) 南竹ら: "電源高調波を考慮した新型インバータ回路の開発", 電磁環境工学情報EMC, No. 145, p. 19-23(2000)

