

14. 入力電流高調波低減のための照明用変形ハーフブリッジ形インバータのトランスについて

清水恵一†,* 松尾博文† 黒川不二雄† 塗黎山†
 †長崎大学工学部 *東芝ライテック(株)

照明機器においてはスイッチング方式の電子安定器が広く用いられている。近年、この照明用電子安定器に対しては電力系統の高調波障害を防止するためにIEC（国際電気標準会議）や通産省から、入力高調波電流の抑制に関する厳しい規制値が示されている。

この問題を解決するため筆者らは、低い入力電流歪率を持つハーフブリッジ形インバータを提案している^{(1),(2)}。

本稿では、この低い入力電流歪率を持つハーフブリッジ形インバータにおいて、トランスの漏れインダクタンスおよび励磁インダクタンスが回路の動作特性に与える影響について検討したので報告する。図1に基本回路を示す。この回路では、通常ハーフブリッジ形インバータ回路と異なり、キャパシタ C_1 は大きなキャパシタを持つが、 C_2 のキャパシタンスは極端に小さく選ばれている。ここでは、 C_1 は $270\mu\text{F}$ で C_2 は $0.027\mu\text{F}$ である。 C_2 が小さいために、交流スイッチのオンに伴う交流電源からのラッシュ電流の抑制ができる。また、トランス T は比較的大きな漏れインダクタンス L_ℓ と励磁インダクタンス L_e を有している。この回路は、スイッチ S_1 (T_{r1} と D_1 の逆並列回路)、スイッチ S_2 (T_{r2} と D_2 の逆並列回路)、および全波整流ダイオード D_B のオン、オフにより図2の3つの動作状態を取る。ただし、 C_1 は十分に大きいキャパシタンスを持ち、定電圧源 E_{C1} で表す。 e_o^* 、 C_o^* 、 R^* はそれぞれ e_o 、 C_o 、 R をトランス T の巻数比で規格化したものである。図1の回路は交流入力電圧 e_{ac} の変化に伴い表1の2つの動作モードを取る。

図2の等価回路および表1の動作モードを用いて図1の回路の各部の電圧、電流の計算値を求める。ここでは、高周波スイッチング周期および商用交流の周波数の両方に対してそれぞれの入出力エネルギーバランスを利用することにより計算値を求めている⁽³⁾。図3および図4に、図2、表1をもとにして、スイッチング周波数 f_s をパラメータにとり、トランス T の L_ℓ および L_e を変化させた場合の出力電圧 e_o の実効値 E_o および入力電流 i_{ac} の総合高調波歪率(THD)を示す。図2に示すように、共振回路は L_e と C_o の並列回路および L_ℓ と C_2 の直列回路より構成されている。このため、図3および図4において L_ℓ および L_e の減少により E_o は上昇する。THDに関しては、 L_ℓ および L_e の減少により基本的に減少する。しかし、 L_e に対しては、ある点を過ぎると、再び増加するので、最適値が存在する。また、 L_ℓ 、 L_e の変

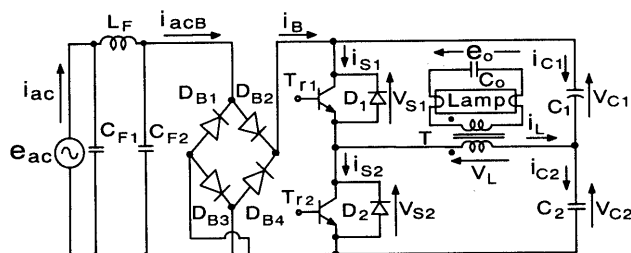


図1 照明用変形ハーフブリッジ形インバータの基本回路

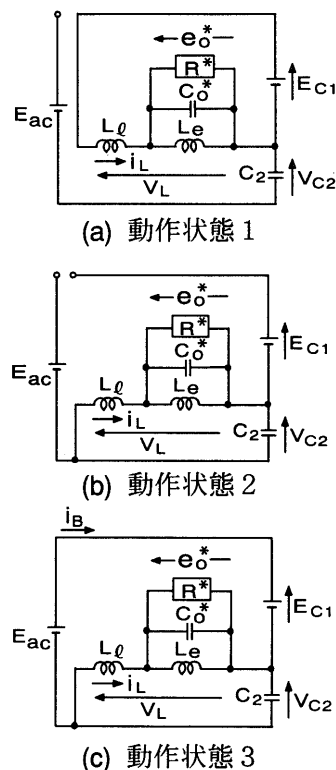


図2 各動作状態における等価回路

表1 動作モード

Mode	State Sequences
I	1 → 2
II	1 → 2 → 3

Transformer in a Modified Half-Bridge Type Inverter as an Electronic Ballast for Suppression of the Input Harmonic Currents : Keiichi SHIMIZU, Hirofumi MATSUO, Fujio KUROKAWA and Lishan TU

化に従って f_s も適切に選ぶ必要がある。ここで、○印はそれぞれ $L_l=0.36\text{mH}$, $L_e=0.33\text{mH}$, $f_s=52\text{kHz}$ の時の計算値を示す。

以下、この○印の点で示している条件に対して、入力電流、出力電圧等の実験値および計算値を示す。その他の回路パラメータは $e_{ac}=200\text{V}$, $f_{ac}=60\text{Hz}$, $C_1=270\mu\text{F}$, $C_2=5600\mu\text{F}$, $R=1200\Omega$ であり、トランス T の巻数比は 71:169 である。図5に e_{ac} , i_{acB} および i_{ac} の観測波形と計算波形を示す。 i_{ac} は i_{acB} の平均値である。図5により、 e_{ac} の 0° 近傍では動作 Mode I, その他では Mode II で動作していることが分かる。また、 e_{ac} と i_{ac} の力率は 0.97 である。図6に i_{ac} の高調波含有率特性を示す。この図より、IEC 規格を十分に満足していることが分かる。図7に、 e_o の観測波形と計算波形を示す。ここで、計算値は e_o の高周波出力のピーク値を結んだものである。観測値と計算値は良く一致しており、 e_o の低周波リプルが良好に抑制されていることが分かる。この場合の波高率は 1.56 であり、IEC 規格における 1.7 を十分に満足している。また、この時の電力効率は 93% の比較的高い値が得られている。詳細な議論は講演の際に行う。

文献 (1)鎌田, 高橋, 清水:平成8年照明学会全国大会, no.88(1996). (2)松尾, 黒川, 塗, 清水:信学技報, no.PE96-64(1997). (3)H. Matsuo, H. Hayashi, F. Kurokawa, M. Asano: IEICE Trans. Commun., vol.E75B, no.11(1992)

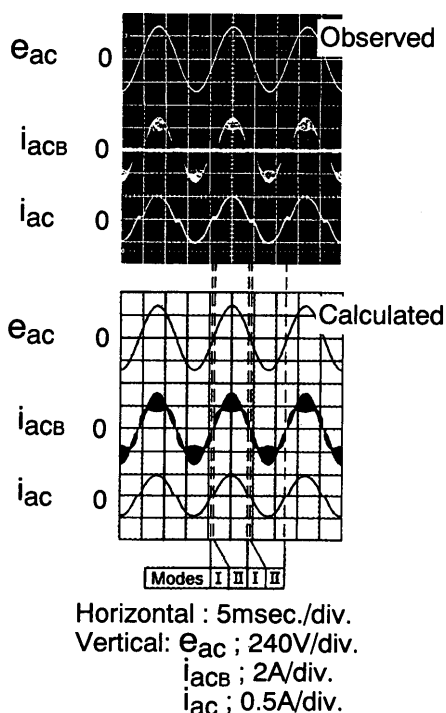


図5 e_{ac} , i_{acB} および i_{ac} の観測波形と計算波形

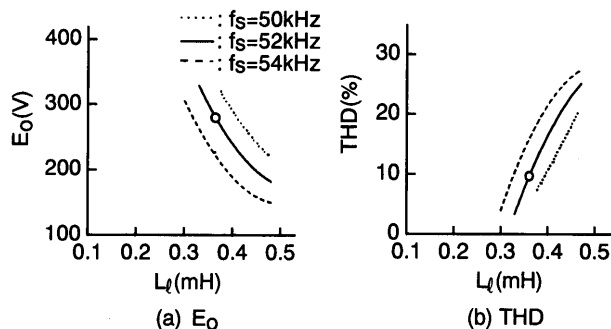


図3 L_l の変化に対する動作特性

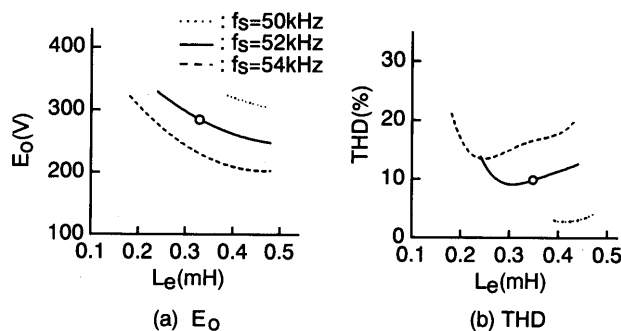


図4 L_e の変化に対する動作特性

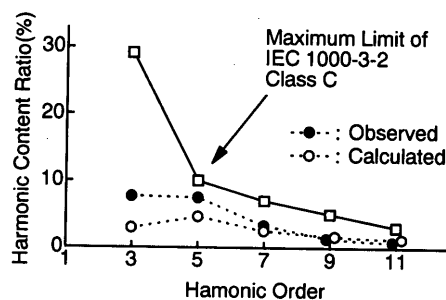


図6 交流入力電流 i_{ac} の高調波含有率特性

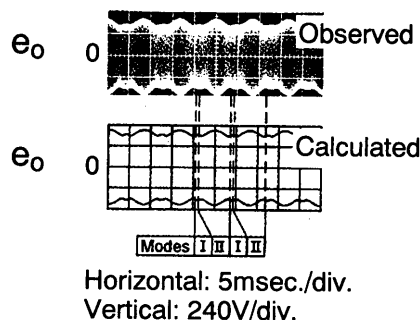


図7 e_o の計測値と計算値