高圧水銀ランプバイパス回路共用複数灯 点灯回路に関する考察

正員 家村道雄 (崇城大学、旧名：熊本工業大学)
非会員 黒住正明 (延岡工業高校)
非会員 押方邦弘 (崇城大学、旧名：熊本工業大学)
終身員 山口純一 (崇城大学、旧名：熊本工業大学)

正員 野中正綱 (九電工)
非会員 武内 勝 (崇城大学、旧名：熊本工業大学)
非会員 高妻 和彦 (宮崎工業高校)

The Consideration of Plural Operating Circuits of Plural Lamps on Common by Pass Circuit for High-Pressure Mercury Discharge Lamp

Michio Iemura, Member (Sojo University, Formerly: Kumamoto Institute of Technology), Tadatsuna Nonaka, Member (Kyudenkou, Co., Ltd), Masaaki Kurosumi, Non-member (Nobeoka High School), Takeuchi Masaru, Non-member (Sojo University, Formerly: Kumamoto Institute of Technology), Kunihiro Oshikata, Member (Sojo University, Formerly: Kumamoto Institute of Technology), Kazuhiko Kozuma, Non-member (Miyazaki Technical High School), Juinchi Yamaguchi, Finale Member (Sojo University, Formerly: Kumamoto Institute of Technology)

Concerning the operating circuits for high-mercury arc lamp, the authors propose plural operating circuits of plural lamps on a common by-pass circuit which current, nearly sinusoidal, runs with power factor, close to 100%. We connect a common bypass circuit to the tap at point near power source side, using ballast with larger self-inductance than self-inductance L of ballast winding of operating circuit without by-pass circuit. L_b and condenser capacity C_b on a common by-pass circuit are reasonable value.

キーワード：バイパス回路共用、複数灯点灯回路、正弦波電流、力率100%

1. まえがき

高圧水銀ランプ等のHIDランプの高周波点灯回路は音響的共鳴現象を伴うので、それを回避できる点灯回路にせねばならない。したがって、高価格になり、また、形状が大きくなるために、高周波点灯回路の実用化は遅々として捗らず、磁気回路点灯方式が多く用いられている。

磁気回路式の高圧水銀ランプ点灯回路の中で、遅相形点灯回路が安価で安定器の損失が少ないため、道路、野球場、体育館等の照明用として最も多く用いられている。しかし、基本波電流に対して第三、第五調波電流の和が10~15%ほど流れ、力率は60~70%程度である。このために1~2kWのランプ定格電力の大きい点灯回路では、専用変圧器の磁気飽和作用によって電源電流波形のひずみが著しくなることがある。このような場合、高力率にするために、入力端子に並列にコンデンサを接続すると、電源電流の高調波成分がさらに大きくなる結果、電源電圧波形のひずみが大きくなり、力率改善が難しくなる。また、コンデンサ素子の発熱が生じる。このた

めに専用変圧器は電源電圧波形に著しいひずみを生じないように容量を大きくする必要がある。また、3相4線式配電方式が多く採用されるので、奇数高調波成分の電流が中性線に流れ、高調波成分が多いと中性線を細くできない問題がある。点灯回路の電源側の電流波形の高調波成分を小さく抑制し、力率改善用コンデンサなしに力率をほぼ100%に改善できれば、専用変圧器の電源電圧波形をひずませる恐れがなく、適正な容量の専用変圧器を選定でき、さらに、中性線も細くできることになる。

著者らはさきに高圧水銀ランプ遅相形点灯回路を工夫した同相形点灯回路の実現が可能であることを報告した⁽¹⁾。

すなわち、定格インダクタンスの値よりやや大きい自己インダクタンス分をもつ安定器巻線途中からバイパス回路を設ける。バイパス回路のタップ位置と回路定数を適正值に定めることにより、電源側にひずみ率が小さく正弦波に近い力率ほぼ100%の電流が流れる理想的点灯回路を示した。さらに、その定電流特性について報

告した⁽²⁾。

一般に同じ安定器巻線から2個のランプを並列に接続し、電圧を印加すると、ランプの放電開始電圧の不一致により、一方が早く放電を開始する。その瞬間、片方のランプに加わる電圧が低下し放電を開始しない。バイパス回路を共用した複数点灯回路でも、一つのランプが点灯した瞬間に、他のランプに加わる電圧がランプの放電開始電圧より低いときは他のランプは放電を開始しない。

本論文では、それぞれの安定器巻線途中からバイパス回路を共用した複数点灯回路において、回路定数、タップ位置等を適正値に定めることにより、すべてのランプが同時に放電を開始することが可能であることをシミュレーション及び実験にて示す。

定格ランプ電力200Wで、安定時のシミュレーション演算を行う。即ち、安定器巻線の自己インダクタンス分及び電源からのタップ位置、バイパス回路のチョークコイル L_b 、コンデンサ容量 C_b の値をランプの電圧、電流の値がIS規格を満足し、電源電流がほぼ正弦波で、力率がほぼ100%となるように定める。また、始動時のシミュレーション演算により同時点灯が可能となるような安定器巻線の電源側の抵抗 R_2 を求める。さらに、定格ランプ電力200Wで実験にて、安定器巻線途中からのバイパス回路共用複数点灯回路が実現可能であることを示す。

2. シミュレーションと実験

放電ランプの電気的特性は非線形で複雑である。したがって、ランプの電気特性を等価コンダクタンス G ⁽³⁾で表す。

バイパス回路共用N灯点灯回路で、シミュレーションにより、ランプの電圧、電流がIS規格を満足するようにしながら、電源側の電流がほぼ正弦波で、力率がほぼ100%になるように、安定器巻線の自己インダクタンス分、電源からのタップ位置等を求める。

<2・1> バイパス回路共用N灯点灯回路の安定時シミュレーション理論

図1のバイパス回路共用N灯点灯回路で、安定器のランプ側の自己インダクタンス分及び実効抵抗を L_1 [H]、 R_1 [Ω]とし、電源側の自己インダクタンス分及び実効抵抗を L_2 [H]、 R_2 [Ω]とし、相互インダクタンスを M [H]とする。また、バイパス側に表れる安定器の負性抵抗分を $-R_{M0}$ [Ω]とし、バイパス回路のチョークコイルの自己インダクタンス分及び実効抵抗を L_b [H]、 R_b [Ω]とし、コンデンサの静電容量を C_b [F]とする。

ランプ電流は第3調波電流が最も大きいのでバイパス回路は第3調波($3 \times f$)を共振周波数とし、

$$(L_b - M/N) = \frac{1}{(3 \times 2\pi \times f)^2 \cdot C_b} \quad \dots\dots\dots (1)$$

を満足するものとする。ただし、 f は周波数(Hz)とする。

図1のバイパス回路共用N灯点灯回路の入力端子に $e = E\sqrt{2}\sin(\omega t + \alpha)$ (ただし、 $\omega = 2\pi f$)の正弦波電圧を印加し、安定状態になったときの各素子の電圧、電流の瞬時値を v_L 、 v_a 、 v_b 、 i_L 、 i_b とし、ランプの等価コンダクタンスの瞬時値を G とする。

ランプ電流 i_L などの回路に関する微分方程式より、次の各式が成り立つ。

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{\begin{bmatrix} E\sqrt{2}\sin(\omega t + \alpha) \times (-M + N \times L_b) \\ + (L_2 + M) \times v_{cb} \\ + \left\{ (L_2 + M) \times (N \times R_b - R_{M0}) \right. \\ \left. + (M - N \times L_b) \times R_2 \right\} i_b \\ + \left\{ (-N \times L_b - L_2) \times 1/G \right. \\ \left. + (-R_1 \times (L_2 + M) \right. \\ \left. + (M - N \times L_b) \times (R_1 + R_2)) \right\} i_L \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} L_1 \times L_2 - M^2 + N \times L_b(L_1 + L_2) \\ + N \times L_b \times 2 \times M \end{bmatrix}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{di_b}{dt} = \frac{\begin{bmatrix} (L_1 + M) \frac{di_L}{dt} + (R_1 + 1/G)i_L - v_{cb} - (N \times R_b - R_{M0})i_b \end{bmatrix}}{(-M + N \times L_b)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

さらに、

$$\frac{dv_{cb}}{dt} = \frac{N \times i_b}{C_b} \quad \dots\dots\dots (4)$$

また、安定状態では次式が成り立つ⁽⁵⁾。

$$\frac{dG}{dt} = AA \times i_L^2 - C_c \times G^2 \quad \dots\dots\dots (5)$$

ただし、 AA 、 C_c はモデル定数である。

ランプ電圧の瞬時値 v_L は

$$v_L = \frac{i_L}{G} \quad \dots\dots\dots (6)$$

(2)、(3)、(4)、(5)式の四元連立微分方程式の E 、 AA 、 C_c ……等にそれぞれ値を与える。さらに、演算開始時間 $t = 0$ における値として、等価コンダクタンス G 等の値を定めると、ルンゲ・クッタ・ギル法等の計算機演算によって、ステップ時間 Δt ごとの G 、 i_L 、 i_b 、 v_a および v_L を求めることができる。

図1 バイパス回路共用N灯点灯回路
Fig1 Plural operating circuits on a common by pass circuit.

〈2・2〉 バイパス回路共用四灯点灯回路 のシミュレーションによる考察

定格ランプ電力200Wの遅相形点灯回路の自己インダクタンス L は0.19Hである。しかし、0.19Hでの安定器巻線途中からバイパス回路を設けても力率を100%に近づけることは不可能である⁽¹⁾。また、安定時、シミュレーションで求めた各素子の電圧、電流の調波分析結果は実測値とほぼ等しく、シミュレーションでの算出結果の精度が高いことをすでに報告している⁽¹⁾。

バイパス回路共用四灯点灯回路の各安定器巻線の自己インダクタンス L は0.24Hである。電源からそれぞれ1/4、1/5、1/6、1/7のタップ位置で、安定時のシミュレーションを行う。

表1 定格ランプ電力200Wバイパス回路共用四灯点灯回路(安定時)

Table 1 Circuit of 200W four operating circuits on common by-pass circuit

タップ位置	L_1 [H]	L_2 [H]	M [H]	R_1 [Ω]	R_2 [Ω]	C_b [μ F]	L_b [H]	R_b [Ω]	R_{Mb} [Ω]	V_b [V]	ランプ電圧 [V]	ランプ電流 [A]	電源電流のりみ率 [%]	力率 [%]
1/4	0.135	0.015	0.045	5.42	1.81	80.18	0.021	2	0.8	170.8	123.8	1.94	1.82	99.7
1/5	0.157	0.0096	0.038	5.79	1.44	80	0.019	2	0.8	176.4	123.8	1.85	2.16	99.9
1/6	0.167	0.0067	0.033	6.03	1.20	80	0.018	2	0.8	180.2	123.8	1.79	2.49	99.5
1/7	0.176	0.005	0.029	6.18	1.03	80	0.017	2	0.8	182.8	123.8	1.74	2.80	98.9

即ち、安定時、ランプ電圧、電流がJIS規格を満たし、電源電流がほぼ正弦波で、力率100%となるように(2)、(3)、(4)、(5)の四元連立微分方程式(モデル定数のAA=8.77、 $C_c=13.5 \times 10^{-4}$)を解く。求めた回路定数、電源電流のひずみ率及び力率等は表1のようにになる。

〈2・3〉 始動時不点灯ランプの起因

表1の定格ランプ電力200 Wのバイパス回路共用四灯点灯回路(安定時)のそれぞれの点灯回路について、200V、60Hzの正弦波電圧を印加すると、始動時点灯しないランプがあり、同時点灯が不可能であることが分かる。そこで、その起因について調べる。

図2はバイパス回路共用N灯点灯回路で、点灯しないと仮定したランプにかかる電圧をシミュレーションにより求めるための回路図である。

図2(b)より、始動時、点灯しないと仮定したランプ(N)

にかかる電圧 v_{Ln} は

$$v_{Ln} = E\sqrt{2}\sin(\omega t + \alpha) - (L_2 + M)\frac{di_{bn}}{dt} - R_2 \times i_{bn} \quad \dots\dots\dots(7a)$$

$$V_{Ln} = E - j\omega(L_2 + M)\dot{I}_{bn} - R_2 \times \dot{I}_{bn} \quad \dots\dots\dots(7b)$$

で与えられる。

点灯しないと仮定したランプ(N)の安定器巻線の電源側の R_2 、 L_2 に、バイパス回路へ向かう電流 I_{bn} が流れたために電圧降下を生じる。さらに、相互インダクタンス M により電圧降下を生ずる。即ち、始動時、 I_{bn} が大きいとこれらによる電圧降下が大きくなり、 V_{Ln} がランプの放電開始電圧より低くなりランプは点灯しないことになる。

〈2・4〉 始動時一つのランプのみ不点灯 時のシミュレーションによる考察

始動時、点灯しないと仮定したランプにかかる電圧 V_{Ln} をシミュレーションにより求める。

図2の点灯回路の入力端子に、 $E\sqrt{2}\sin(\omega t + \alpha)$ (ただし、 $\omega = 2\pi f$)の正弦波電圧を加えた瞬間、(N)灯目のランプのみが

(a) バイパス回路共用N灯点灯回路

$$V_{L_n} = e - e'_1 - e'_2 - R_2 i_{bn} = e - L_2 \frac{di_{bn}}{dt} - M \frac{di_{bn}}{dt} - R_2 i_{bn}$$

(b) 点灯しないと仮定したランプ④にかかる電圧

図2 バイパス回路共用N灯点灯回路の点灯しないランプにかかる電圧

Fig 2 Lamp voltage on no operate lamp.

点灯しなかったと仮定したときの各素子の電圧、電流の瞬時値を v_L 、 v_{cb} 、 v_L 、 v_{L_n} 、 i_L 、 i_{bl} 、 i_{bn} とし、点灯しているランプの等価コンダクタンスの瞬時値を $G^{(3)}$ とする。

ランプ電流 i_L 等の回路に関する微分方程式より、次の各式が成り立つ。

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{1}{J_{11}} \left[J_{12} \times i_L + J_{13} \times i_{bl} + J_{14} \times i_{bn} + J_{15} \times v_{cb} \right] \dots \dots \dots (8)$$

$$\frac{di_{bl}}{dt} = \frac{1}{J_{18}} \left[\frac{E}{\sqrt{2}} \sin(\omega t + \alpha) - J_{19} \times \frac{di_L}{dt} - J_{10} \times i_L \right] \dots \dots \dots (9)$$

$$\frac{di_{bn}}{dt} = \frac{1}{J_{11}} \left[J_{12} \times \frac{di_L}{dt} + (J_{13} + (N-1)L_b \times G) i_L + J_{14} \times i_{bl} - J_{15} \times i_{bn} - J_{18} \times v_{cb} - \frac{E}{\sqrt{2}} \sin(\omega t + \alpha) \right] J_{16}$$

..... (10)

ただし、

$$J_1 = \frac{(L_2 + L_b)(-M^2 + L_1 \times L_2) + (N-1)L_b \times L_2(L_1 + L_2 + 2M)}{(L_2 + L_b)(L_2 + M)}$$

$$J_2 = \frac{(L_2 + L_b)(M \times R_2 - R_1 \times L_2) - (N-1)L_b \times L_2(R_1 + R_2)}{(L_2 + L_b)(L_2 + M)}$$

$$J_3 = \frac{(L_2 + L_b)(M \times R_2 - R_{Mb} \times L_2 - R_{Mb} \times M) + (N-1)L_b(-L_b \times R_2 + R_b \times L_2 + R_b \times M)}{(L_2 + L_b)(L_2 + M)}$$

$$J_4 = \frac{R_b \times L_2 - R_2 \times L_b}{(L_2 + L_b)}$$

$$J_5 = \frac{L_2}{(L_2 + L_b)}$$

$$J_6 = \frac{L_2 \{ L_b + (N-1)L_b - M \}}{(L_2 + L_b)(L_2 + M)}$$

$$J_7 = \frac{-L_2 \{ L_b + (N-1)L_b + L_2 \}}{(L_2 + L_b)(L_2 + M)}$$

$$J_8 = L_2 + M$$

$$J_9 = L_1 + L_2 + 2M$$

$$J_{10} = R_1 + R_2$$

$$J_{11} = (L_2 + L_b)(L_2 + M)$$

$$J_{12} = (N-1)L_b(L_1 + L_2 + 2M)$$

$$J_{13} = (N-1)L_b(R_1 + R_2)$$

$$J_{14} = (N-1) \{ L_b \times R_2 - (L_2 + M)R_b \}$$

$$J_{15} = (L_2 + M)(R_2 + R_b)$$

$$J_{16} = (N-1) \{ L_b - (L_2 + M) \}$$

..... (11)

とする。

さらに、安定時と同様に、

$$\frac{dv_{cb}}{dt} = \frac{\{(n-1)i_{b1} + i_{bn}\}}{C_b} \dots\dots\dots (12)$$

また、電源投入時は次式が成り立つ⁽⁴⁾。

$$\frac{dG}{dt} = \frac{1}{0.01} \times AA \times i_L^2 - 0.01 \times C_c \times G^2 \dots\dots\dots (13)$$

ただし、AA、C_cはモデル定数である。

ランプ電圧の瞬時値は、安定時と同様に(6)式が成り立つ。
(8)，(9)，(10)，(12)，(13)の五元連立微分方程式のE、AA、C_c等に値を与える。さらに、演算開始時間t=0における値として、等価コンダクタンスG₀等の値を定めると、ルンゲ・クッタ・ギル法等の計算機演算によって、始動時のステップ時間ΔtごとのG、i_L、i_{b1}、i_{bn}、ν_{cb}、ν_L及び点灯しなかったと仮定したランプにかかる電圧ν_{Ln}を求めることができる。

表2 定格ランプ電力200Wバイパス回路共用二灯点灯回路

Table2 Circuit of 200W two operating circuits on common by-pass circuit

タップ位置	L ₁ [H]	L ₂ [H]	M [H]	C _b [μF]	L _b [H]	R _b [Ω]
1/5	0.154	0.0096	0.0038	40	0.0384	2
	電源電流 [A]	i _{b1} [A]	i _{b2} [A]	I _L [A]	V _{L2} [V]	V _b [V]
シミュレーション	2.1	12.7	9.9	4.73	79.5	161.0
実測	2.2	12.4	10.0	4.70	80.0	163.0

表2の定格ランプ電力200Wのバイパス回路共用二灯点灯回路に200Vの正弦波電圧(ω=2πf)を加えると、一灯のみしか点灯しない。シミュレーションにより求めたe、ν_{Ln}、i、i_{b1}及びi_{bn}の波形と実測により求めたそれらの波形は図3に示すようにはほぼ一致している。また、電源電流i、i_{b1}、i_{bn}、i_L、ν_{Ln}及びν_bのシミュレーションと実測により求めた実効値は表2に示すようにはほぼ一致している。

〈2・5〉同時点灯の工夫

表1の各点灯回路において、L_b、C_bはバイパス回路が第3調波に共振し、力率がほぼ100%になるように定めているが、V_bの値はほぼL_b、C_bの値により決まってくる。

図2において、

$$E/\sqrt{2} \sin(\omega t + \alpha) - L_2 \frac{di_{bn}}{dt} - R_2 \times i_{bn} = v_b \dots\dots\dots (14a)$$

$$E - j\omega L_2 i_{b2} - R_2 \times i_{b2} = \dot{V}_b \dots\dots\dots (14b)$$

が成り立つ。

(14)式において、E、V_bが一定で、さらに、L₂も一定とすると、安定器巻線の電源側の抵抗R₂を大きくすることによって、I_{b2}を小さくすることができる。一方、(7)式より、I_{b2}が小さくなると、始動時、点灯しないと仮定したランプ

e/4×2 ν_{Ln}/4×2 i×10×3 i_{b1}×10×3/4 i_{bn}×10×3/4
(a) シミュレーションによる波形

(b) 電源電圧eと電流iのの波形

(c) 電源電圧eとν_{L2}の波形

(d) i_{b1}とi_{b2}の波形

図3 シミュレーションと実測による波形

Fig 3 Wave forms of by simulation and experiment

④にかかる電圧 V_{L2} は大きくなることになる。

即ち、 V_{L2} が放電開始電圧より高くなり、同時点灯が可能となる。なお、 R_2 は安定器巻線の電源側に抵抗を接続することによって容易に大きくすることができる。

表1の各点灯回路について、(8)，(9)，(10)，(12)，(13)の五元連立微分方程式を解きながらの始動時のシミュレーション演算により、各タップ位置での R_2 に対する V_{L2} を図4に示す。

実験結果によると、始動時、120 V以上の電圧ガランプに加わると放電を開始する。図4より、タップが電源側に近づくにつれて、放電を開始する R_2 の最小値が小さくなる。

バイパス回路共用四灯点灯回路 ($L=0.24$ [H])

図4 R_2 に対する V_{L2} の特性

Fig 4 Characteristics of V_{L2} at each R_2

〈2・6〉バイパス回路共用四灯点灯回路の実験による検証

表1のタップ位置1/5のとき、各安定器巻線の電源側に抵抗 2Ω をそれぞれ新たに接続する。すなわち、 $R_2=3.44\Omega$ とし、200V、60Hzの正弦波電圧を加えると、四つのランプとも放電を開始し、定常状態に達する。

次に、定常状態になった後、いったん電圧を180Vまで低下し、180～220Vまで、10Vごとに入力端子電圧を変化させる。

このときのランプ電圧、電流、電力(四灯分)、ランプのバイパス電流、電源電流、電源電流のひずみ率及び力率を図5に示す。

バイパス回路共用四灯点灯回路 ($L=0.24$ H, 1/5タップ)

図5 入力端子電圧に対する力率、電流などの特性

Fig 5 Characteristics of power factor, current and others for supply voltages.

ランプ電流、バイパス電流の基本波成分はそれぞれ遅れと進みで、入力端子電圧の増加に伴って大きくなっているが、ランプ電流の増加の割合がバイパス電流のそれよりも大きい。したがって、入力端子電圧の増加に伴って電源電流の基本波成分は僅かだけ大きくなっているが遅れの変化している。また、バイパス回路には一点灯回路のランプ電流の約4倍の電流が流れている。

入力端子電圧の増加に伴って、ランプ電流、電力共に大きくなっている。また、バイパス電流、電源電流は基本波成分が大きくなっているの、当然のことながら大きくなっている。さらに、電源電流のひずみ率は基本波成分が大きくなる結果、小さくなっている。

表3 定格ランプ電力200Wバイパス回路共用四灯点灯回路

Table 3 Circuit of 200W four operating circuits on common by-pass circuit

E(V)	電源電流			電源電力	ランプ電流			ランプ電圧	ランプ電力4個分	バイパス電流		
	(A)	ひずみ率 (%)	力率 (%)	(W)	(A)	ひずみ率 (%)	遅れ率 (%)	(V)	(W)	(A)	ひずみ率 (%)	遅れ率 (%)
200	4.6	2.02	99.8	925	1.7	7.98	50	123	820	6.9	10.5	11.5

表3に入力端子電圧が200Vのときの電源電流の大きさ、ひずみ率、力率を示す。

電源電圧：180V

電源電圧：200V

電源電圧：220V

(a) 電源電圧 e と電流 i の波形

(b) ランプ電圧 v_L とランプ電流 i_L の波形

(c) 電源電圧 e とバイパス電流の波形

図6 電圧、電流の波形

Fig. 6 Waveforms of voltage and current

図7 電源電圧と電流の波形

Fig 7 Waveforms of voltage and current of power source

表3のランプ電圧、電流はJIS規格のランプ電圧、 120 ± 15 [V]、ランプ電流 1.90 ± 0.36 [A]を充分満足している。

また、ランプ電流は基本波で遅れ力率50%、ひずみ率9%であり、バイパス電流は基本波で進み力率11.5%で、ランプ電流の遅れを打ち消している。さらに、そのひずみ率は10.52%となっているので、ランプの高調波電流をバイパスさせている。

電源電流のひずみ率は2%と小さく、力率はほぼ100%で、電源電圧とはほぼ同相の正弦波電流となっている。また、安定器、バイパス回路の L_b 及び安定器の電源側に接続した抵抗 2Ω とによる損失の合計は電源電力の11.4%と小さい。

したがって、表1の電源から1/5タップ位置のバイパス回路共用四灯点灯回路は安定器の二次巻線側に新たに 2Ω の抵抗を接続することによって、一つのバイパス回路で、四灯の同時点灯が可能で優れた点灯回路であると言える。

定格ランプ電力200Wのバイパス回路共用四灯点灯回路($L=0.24H$ 、1/5タップ位置)で、電源電圧が180、200、220Vのときの電源電圧 e と電流 i (四灯点灯回路分)の波形を図6(a)に示す。同じく、ランプ電圧 v_L とランプ電流 i_L (一灯分)の波形を同図(b)に、電源電圧 e とバイパス電流の波形を同図(c)に示す。

また、一般の遅相形の四灯点灯回路の電源電圧 e と電流(四灯点灯回路分)の波形を図7に示す。

図6(a)と図7からも分かるようにバイパス回路共用四灯点灯回路は電源電流が電源電圧とはほぼ同相で、電源電流の大きさは一般の遅相形に比べてほぼ1/1.8と小さい。

3. まとめ

著者らは、高圧水銀ランプバイパス回路共用複数灯点灯回路について検討した。

安定時のシミュレーション演算により、安定器巻線の自己インダクタンス分及び電源からのタップ位置、バイパス回路のチョークコイル L_b 、コンデンサ容量 C_c の値を求めた。すなわち、ランプの電圧、電流の値がJIS規格を満足し、電源電流がほぼ正弦波で、力率がほぼ100%となるように定めた。また、始動時のシミュレーション演算により同時点灯が可能となるような安定器巻線の電源側の抵抗 R_2 を求めた。さらに、定格ランプ電力200Wで実験にて、安定器巻線途中からのバイパス回路共用複数灯点灯が実現可能であることを示した。

本研究で実現したバイパス回路共用複数灯点灯回路は、

- (1) 電源電流のひずみ率は2%と小さく、力率はほぼ100%である。すなわち、電源電流は電源電圧とはほぼ同相の正弦波電流となっている。その大きさは遅相形点灯回路に比較して約1/2で、変圧器も含めた電源側回路の省エネルギー上有利である。

- (2) 安定器、バイパス回路の L_b 及び安定器の電源側に接続した抵抗 2Ω とによる損失の合計は電源電力の11.4%と小さい。

定格ランプ電力400Wのバイパス回路共用四灯点灯回路についても、同様にして同時点灯が可能であることを確認しているが、冗長になるので略する。また、四灯より多い複数点灯回路でも同時点灯が可能と思われる。さらに、バイパス回路共用四灯点灯回路は始動時から安定時まではほぼ定電流になる。これらのことについては次の機会に報告する。

最後に調和平衡法などの御教示を賜った京都大学板谷良平名誉教授と木嶋昭名誉教授に謝意を表する。

文 献

- (1) 家村・中村・黒住・山口：「高圧水銀ランプ同相形点灯回路の考察」、電学論A115A、1062(平7-11)
- (2) 家村・黒住・山口：「高圧水銀ランプ同相形点灯回路の定電流特性に関する考察」、電学論A118A、325(平10-4)
- (3) 榎見・坊：「水銀ランプ点灯回路のシミュレーションによる解析」、照明学誌、59、No5、194(昭50)
- (4) 逸見・尾崎・榎見「電子回路シミュレータを用いた放電ランプ点灯回路の解析」、平成10年度照明学第31回全国大会

(平成11年10月12日受付、同12年3月8日再受付)

家 村 道 雄

(正員) 1937年1月4日生。1961年3月鹿児島大学工学部電気工学科卒業。1964年～92年宮崎県立日向工業高校、都城工業高校、宮崎工業高校(生徒指導主事、電気科科长)。同年4月熊本工業大学講師、1994年4月同助教授、1997年4月同教授となり、現在に至る。この間、放電ランプ点灯回路の高調波電流低減化に関する研究に従事。工学博士。1981年オーム奨学賞、1992年6月第3回電気設備学会賞受賞。照明学会、電気設備学会会員。

野中正綱

(正員) 1970年12月1日生。1993年3月大分大学工学部電気工学科卒業。1995年3月同大学大学院工学研究科修士課程修了。同年(株)九電工 技術研究所勤務。放電ランプ点灯回路の高調波電流低減化の研究に従事。電気学会会員。

黒住正明

(非会員) 1963年10月17日生。1986年宮崎大学工学部電気工学科卒業。同年新日本製鉄(株)電気計装設計部勤務、電子制御機器の開発に従事。1991年宮崎県公立学校教諭、1997年4月延岡工業情報科教諭。放電ランプ点灯回路の高調波電流低減化の研究に従事。照明学会、電気設備学会会員。

武内勝

(非会員) 1975年7月15日生。1998年3月熊本工業大学電気工学科卒業。同年4月熊本工業大学大学院修士課程工学研究科修士課程修了。2000年4月正興電機製作所勤務。主として高圧水銀ランプ漏れ変圧形点灯回路の高調波電流低減化と力率改善に関する研究に従事。電気設備学会准会員。

押方邦弘

(非会員) 1935年8月17日生。1955年3月国立熊本電波高等学校第2別科卒業。1959年4月神戸汽船(株){旧原商船(株)}勤務。1965年10月熊本工業短期大学電子工学科勤務。1967年4月熊本工業大学工学部電子工学科助手。1975年4月電子工学科講師。1998年同助教授。実験、電子計測関係担当。電子情報通信学会、映像情報メディア学会会員。

高妻和彦

(非会員) 1941年8月13日生。1967年3月大阪工業大学工学部電子工学科卒業。1968年～1987年宮崎県立小林工業高校、宮崎工業高校(電子科科长)1987年～1995年宮崎県教育委員会勤務(指導従事、学校教育課主幹)。2000年宮崎県立宮崎工業高校勤務、宮崎県産業教育専門委員会専門委員長、現在に至る。放電ランプ点灯回路の高調波電流低減化に関する研究に従事。日本工業教育技術学会会員。

山口純一

(終身員) 1925年12月22日生。1948年3月鹿児島県立工業専門学校電気科卒業。同年8月同助手、同校昇格国立移管により、1958年5月鹿児島大学工学部電気工学科講師、1961年4月同助教授、1984年同教授(電力工学講座担当)。1991年3月定年退職。同年4月熊本工業大学教授、現在に至る。鹿児島大学名誉教授。工学博士。主として、各種放電ランプ点灯回路の試作および、ひずみ波の発生と挙動に関する研究に従事。1992年電気設備学会賞受賞。照明学会、電気設備学会会員。