車 輛 用 螢 光 灯 回 路 ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ UDC { 621, 327.43 : 621, 335.12, 43.12

正 会 員 原 田 常 雄* 石 森 治 郎*

FLUORESCENT LAMP CIRCUIT FOR ELECTRIC CAR LIGHTING

by Tsuneo Harada, Jiro Ishimori

Matsuda Research Laboratory, Tokyo Shibaura Electric Co.,

Resonant circuit suitable for fluorescent lighting of electric car was developed. The power source is 2 phase 120~ motor generator, which also supplies DC 100 V power for control circuit. The chief advantages of this system are high efficiency, flickerless lighting, instant starting, wide allowance for trolley voltage (1500V-700 V) and high reliability. This system is applied for the 1st time to coaches of Tobu-line from Tokyo to Nikko.

1. 緒 言

近來螢光灯の優れた特性が、各方面に認識され白熱電球は、次第に螢光灯に置き換えられつつある。然し車輛の螢光照明については、吾国では現在迄に、二、三の方式が試験的に実施されたのみで、未だ充分な成果を挙げていない。車輛においては、電源が一般に直流でしかも其の電圧変動が甚だしいので、螢光灯をつける上に多くの問題を提起している。電車線電圧で直接に螢光灯を直列点灯しようとするれば、複雑な点灯機構を必要とする、電圧変動に依る光度の変化がはなはだしい。ランプの一方の電極のみ不当に加熱されて寿命を損う、又少くとも数時間毎に電極の正負を替えて使用しないとランプの陽極側に暗黒帯を生じ効率を悪くする、dead section 通過の際数秒消灯する、直列抵抗の損失が大き、等々で直流を以て点灯するのははなはだ不得策である。又交流発電機を介する場合は、其の周波数と電圧の変動も或程度免れぬものと考えなければならない。従つて、一般に使用される、グロウスイッチに依る点灯方式では、電源電圧の低い時にはランプが起動しない事も起る。又瞬時点灯でない。

ここに紹介するものは 40 ワットの螢光灯を、120 ~ の交流電源を介して、グロウスイッチ無しで、共振回路に依り直接起動する器具を試作検討し、好結果を得たものである。ランプは大型の方が能率良く、且経済的なので 40 ワットを選んだ。

電源周波数の決定に資する目的で、FL-40 W (40 ワット白色螢光灯) について、周波数特性を、又 40 ワット螢光灯各光色について、光度のチラツキ、即ちフリッカを測定したのでこれを併せ報告する。

2. 螢光灯の周波数特性

螢光灯の電源周波数は、商用周波数より高い方が好ま

しい事は一般に知られている⁽⁴⁾。発光能率が良く、安定器は小さくなり、且チラツキを感じなくなるからである。マツダ螢光灯、FL-40 W について、周波数特性を第 1 図の如き、チョーク直列の一般方式に依つて測定した。チョークは、各周波数毎に適当なインピーダンスを有し、且磁束密度が一定値に揃う様なものを用意し、

第 1 図 周波数特性試験回路

第 2 図 FL-40 W 周波数特性

チョークの磁気飽和特性に依るランプ電流の波形歪の影響を避けた。電源には定格出力 5 kW の電圧波形歪の少ない電動発電機を用いた。測定は 10 個のランプについて行い、其の平均値を求めた。第 2 図はこの特性曲線を示す。比効率は 400 ~ 辺迄は直線的に上昇し、それ以上ではあまり変らない。これはランプだけの効率である

* 東京芝浦電気株式会社マツダ研究所

第3図 FL-40W を高周波でつけた場合のランプ電流 (振巾小) 及びランプ電圧 (振巾大)

が安定器の損失も周波数の上昇と共に少くなる。

第3図は周波数を変えた場合のランプ電圧およびランプ電流のオシログラムである。

3. 螢光灯のフリッカ

螢光灯が白熱球に比べ、フリッカが大なる事は周知の通りであるが、その程度はランプに使用してある螢光塗料、従つて光色によつて大いに異なる。マツダ 40 ワット螢光灯の各色について、第4図の如き構成の測定装置にてフリッカを測定した。光の変化は直流分を有するので、一旦チョッパーにて光を断続して搬送波とした。装

第4図 フリッカ測定構成図
(図中光電増倍管とあるは二次電子増倍管の誤り)

置の分光感度を視感度曲線に略一致せしめる為、アンチモンセシウム二次電子増倍管に適當の色フィルタを組合はせ使用した。

又フリッカは電源の周波数に依つてどの程度変わるかを測定した。第5図はブラウン管に映つた各色各周波数の光度変化のオシログラムである。これよりフリッカを求

第 5 図

第1表 40W 螢光灯のフリッカ

周波数	各色フリッカ=リップルの半振巾：平均値(%)						
～	青白色	晝光色	白色	桃色	緑色	橙色	40W 電球
50	75	58	33	23	22	19	13
200	70	56	31	—	—	16	—
400	—	—	29	—	—	—	—

めると第1表の如くなる。この表より明かな如く白色は晝光色よりも明かにフリッカが少い、又フリッカは電源周波数を高くしてもあまり変化しない。然し電源の周波数が 100 ～ 以上ともなれば、チラツキは全く感じなくなるのは、眼の特性が大きな役割を果しているようである。

4. 電源周波数及び回路方式

以上述べた処から明かな様に、電源の周波数はランプの側から考えるならば高い方が良く、500 ～ 辺が最も好ましい事になる。然し電源設備全般から考えるとすぐには決し難い事情がある。今電源の周波数を次の如く大きく3分類して考えて見る。

(イ) 50 ～ 又は 60 ～

(ロ) 交流発電機に、一般の回轉界電機子型を用い

て、能率良く出し得る高い周波数、仮に、
120 ~ とする。

(ハ) ランプに最も都合の周波数、500 ~ とする。

これらの周波数について、各々の得失を考えて見る、

(イ) の 50 ~ 又は 60 ~ を採用すれば、市販の既製器具を其のまま使用する事も出来る。ランプおよび器具の試験、あるいは製造に特別の電源を用意する必要がない。停電中に外部から地上電源を引き入れて点灯する事が出来る。電源を電灯以外の器具、例えば扇風機、電気冷蔵庫等に利用する事が出来る。然し電源の周波数あるいは電圧の低下した時、特にフリッカが著しい。

(ロ) の 120 ~ の場合は、高周波化の効果はかなり得ることが出来る。即ち、フリッカに依る不愉快は無くなる。器具が小型になる。器具およびランプの能率が良くなる。又電車では、制御用電源として、安定な直流電源を得る為に、直流発電機を運転するが、120 ~ 位以下の交流巻線なら、この直流発電機の電機子に巻いて、共通の界磁を使用することが出来るので、総合して能率の良い小型のものを運転する事が出来る。しかし器具の製造および試験に特別電源を用意しなければならない。他の商用周波数機器の併用が出来ない。

(ハ) の最も高い周波数では、フリッカは全く問題なく、器具は最も小型になり、ランプおよび器具の能率は最も良くなる。然し周波数がこう高くなると、交流発電機は誘導型が良く、これは特殊な型に属する。器具の製造および試験にもこの特殊の電源を用意しなければならない。

次に点灯回路について検討して見る。第 6 図 (a) の如き一般方式では、周波数が高い場合はチョークの所要インダクタンスが少くなるので起動時のインパルス不足で起動し難くなる。同図 (b) および (c) は共振式直接起動回路で、(b) は進み電流 (c) は遅れ電流を流す。変動する直流電源につながる交流発電機の出力は、一般に電圧の上昇と共に周波数も上昇する。

此の様な場合には第 1 図の (b) 回路より (c) 回路を用いた方が、電源電圧の変動に対し、ランプ電流の変化が少く、動作が安定である。従つてここでは第 1 図 (c) 回路を採用した。以下この回路についてのみ述べる。

図の両端子に電源電圧が印加されると、最初に L_1 , C , L_2 およびランプの継条を通して進み電流が流れる。この電流と L_2 に依る電圧は電源電圧と同位相になり、ランプの両端には、充分高い電圧が生じ、且同時に継条が加熱されるので、ランプは放電起動する。起動後は、ランプ電圧が低くなるので、蓄電器 C の充電電流は僅少となり、安定な点灯状態になる。ランプに蓄電器、 C のみ

第 6 図 螢 光 灯 回 路

を並列に接続して起動すると、定常状態におけるランプ電流が、正半サイクルから負半サイクルに移る僅かな時間に、 C は L_1 を通して充電される。此の電圧が、ランプの放電圧に達すると、 C の電荷は短時間にランプを通して放電する。この為ランプ電流は、尖頭波を有する歪んだ波形になる。歪んだ電流波形は、波高率 (Peak/RMS) が大きく寿命に悪影響があり規格電流にもかかわらず光度は低く効率が悪い。それ故 C と直列にインダクタンス L_2 を挿入して、この尖頭的な放電電流を抑制した、 L_1 に依る電圧降下は、周波数の変動と一致して変化しようとするから、電圧と周波数が比例変動する如き電源では、電源の動揺に対し、ランプ電流は非常に安定である。

5. 試 験 成 績

点灯試験には、前記の直流電動交流発電機を使用し

線路電流及びランプ電圧
(振巾小)

ランプ電流及びランプ電圧
(振巾大)

起動時過渡現象ランプ電圧及び線路電流
(上) (下)

第 7 図 共振起動回路のオシログラム

た。測定値は 10 個のランプについて行い、平均値を求めた。定格の諸量は次の通りである。

電源周波数	125 ~
電 源 電 圧	200 V
使用ランプ	FL-40 W
ランプ電流	0.42 A
並列路電流	0.17 A
線 路 電 流	0.4 A
器 具 損 失	5.2 ワット

ランプの電流波形は、平均値と実効値の比が 87 % で良好である。線路電流は殆んど正弦波で、これらは第 7 図に示す。効率は 50 ~ の標準チョークでつけた場合より、6 % 良い。力率は電源端子に 4.5 μ F を接ぐ事により、96 % に改善する事が出来た。

電動発電機の変動特性は一應、周波数と電圧が正比例して変化するものとして、ランプ電流の変化を見ると第 8 図の如く、可成広い範囲に亘つて、僅少な変化でつける事が出来た。図中の曲線 A, B は各々異つた回路定格の場合を示す。

6. 電源装置への要求

此の方式で点灯する場合に、ランプ電流の変動を、 $\pm 6\%$ の電圧変動を許容する一般配電線におけるそれと等しいが、或はそれ以内の変動で使用する為めには、電源変動を幾何まで許容出来るかを決定しなければならぬ。第 8 図はこの限界を示す図表である。図中 A 曲線はランプ電流の上限界、B 曲線は下限界の電流を流す電圧周波数を示すもので、C 曲線はランプに定格電流を流すものである。H は線路電流に依る周波数の上限界を、S 曲線は、ランプを起動するに必要な周波数と電圧の下限界を示す。従つて、電動発電機の周波数および電圧が、常に A, H, B, S 曲線の包絡する内に在れば理想的な点灯が出来る。

7. 結 言

電動発電機の電圧と周波数の変動範囲については今後更に実地検討を要する処であるが、茲に要求する如き範囲は電車線電圧、或は車輛電池電圧の激しい変動の中でも、決して困難な事ではないものと信ずる。従つて本法に依るならば、ランプ以外に消耗品のない、不点事故の少い、チラツキの全くない、瞬時点灯で安定した螢光照明を容易に施す事が出来る。周波数は必ずしも 120 ~ を最善とするものではない。

最近東武鉄道のロマンスカーに本方式の車輛照明が実施された。その詳細は別に報告される筈であるが主要定格は

第 8 図 ランプ電流変動特性

第 9 図 電動発電機特性限界図

電動発電機

電動機側 2P—4.2 kW—2400 R.P.M—1500 V—4.2 A

発電機側 AC 2 ϕ —6 P—2.2 kV A—2400 R.P.M—
110 V—10 A—120 ~

DC 1.5 kW—2400 R.P.M—100 V—15 A.

レジストバルブを併用したアンプリスタット方式に依る定電圧、定周波数電源でコントローラー用の直流も同じ回転子から取り出す。電源電圧の変動による発生電圧および周波数の変動範囲は第 9 図の許容範囲から見ると遙に良過る程度である。トロリー電圧が 1500 V から 700 V 迄低下しても支障なく点灯する此電動発電機を MT 2 輛に対し 1 台装備し螢光灯は 1 車当り 20 W 晝光色 37 灯、2 列、ルーバー付、照度 150 lx である。

フリッカーが全然なく瞬点で誠に快適である。

此仕事は東芝府中工場、柳町工場機器技術部及びマツダ研究所の合作に成るもので齋間顧問並びに石川技師長の御指導に対し深く感謝の意を表する。

文 献

- (1) 照学誌 (昭 23—9) 21 頁
- (2) 照学誌 (昭 24—6) 18 頁
- (3) I. E (Oct 1950) P 617
- (4) E. E (Oct 1949) P 859 (26-1-27 受付)