

車 輦 用 螢 光 灯 に つ い て

西 岡 博*

Fluorescent Lighting System for Rolling-Stock

By Hiroshi Nishioka
Kameido Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

Lighting system for fluorescent lamps for rollingstock service is divided in the D.C. system employing D.C. source serving for car operation and the high frequency A.C. system by means of separately installed A.C. source. In either case, lighting scheme should be determined to fit the given application best paying due regard to such problems as lighting voltage in relation to source voltage variation, circuit voltage characteristics, starting time, influence from ambient temperatures, maintenance, as well as economical point of view. In D.C. system, the pole conversion is the necessity to be supplied and the individual lighting system is preferred to simultaneous lighting, whereas in A.C. system instantaneous lighting system should preferably be used in the interest of lighting voltage and maintenance, although glow starter circuit can be installed at lower cost than in any other system.

Lighting fixture should be selected giving proper consideration to the construction and design of car compartment to be lighted, as well as to the vibration proofness.

〔I〕 緒 言

最近螢光灯の普及に伴い車輛の照明にも螢光灯が盛に利用されるようになってきた。車輛に螢光灯を用いる場合には電源や車輛構造などの特殊性から種々考慮すべき問題がある。

電源としては架線電圧をそのまま用いるか、または制御用電源を利用して螢光灯を直流で点灯する方式と、別に交流電源を設けて交流点灯とする方式とに大別される。また電源電圧の変動が激しいために点灯電圧、消灯電圧がなるべく低く、かつまた電圧変動による明るさの変化の少いことが要求される。

螢光灯は一般の点灯方式では点灯するまでに若干の時間がかかる。そこでデッドセクションやトンネルのある線では起動時間の短いことが望まれる。また温度の変化が大きく、低温になることがある場合でも常に点灯が確実でなければならない。その他一般の場合同様ランプの寿命も重大な問題であり、ランプ以外に消耗品のないこと、保守がなるべく簡単であることが望ましい。

器具の構造としては振動が激しいためにソケットその他の構造部分に対して特に注意を要する。さらに車室の

構造、意匠などに順応して快適な照明を与えるような器具の構造、配置を考えなければならない。

以下代表的な点灯方式の概要と器具の構造とについて報告する。

〔II〕 電 源 と 点 灯 方 式

螢光灯の点灯方式を決定する際にまず問題になるのは電源である。架線電圧をそのまま使用できれば電源についての問題はなくなるが、この場合には電圧が高いために絶縁が問題になり、また電圧の変動が非常に大きいために点灯装置もかなり複雑になる。そこで100V 直流電動発電機を利用して電圧変動をなるべくおさえるようにする。この場合には20W 直流用螢光ランプを使用して100V 20W 用直流点灯装置を用いる。この方式では既設の直流電動発電機がそのまま利用できるのもで螢光灯用として電源を新設する必要がなく、交流式に比べて経済的に有利である。

100V 20W 用直流点灯装置としては後述のように各箇点灯方式と一斉点灯方式とがある。

車輛を新しく製作し発電機も新製する場合には従来の直流電動発電機に交流巻線を設けて交直両用の発電機としておけば、螢光灯を交流で点灯することができる。こ

* 日立製作所亀戸工場

の場合には一般の場合と異り、商用周波によらず高周波にして効率を上げることができる。点灯方式としては代表的なものとしてグロースタート式および共振回路による瞬時点灯方式をあげることができる。

〔III〕 直 流 点 灯 方 式

直流点灯は交流点灯に比べて光のちらつきがないこと、同じ明るさをうるための電流が少なくてすむことなどの利点がある反面、器具の効率が低くまた直流点灯特有の減光現象がある⁽¹⁾。

(1) 減 光 現 象

蛍光灯を直流で同一極性で連続点灯すると陽極側が次第に暗くなる。これを減光現象と呼んでいる。この現象は陽極附近の水銀が減少するために起るもので、ランプの水銀封入量、周囲温度、取付位置などによつて大いに影響される。すなわち夏季高温の際には認められず、冬季温度が下ると激しくなる。第1図は一般の20W 蛍光ランプを約300時間直流で点灯した後、減光を測定した結果の一例である。すなわち13~20°Cの周囲温度において最初A側を陽極、B側を陰極として点灯すると約6時間で陽極側にかなりの減光が認められるようになる。約17時間点灯し相当激しく減光している状態で極性を転換すると、一度減光がなくなつた後今度は反対側に減光が起り始め約3時間で相当程度にまで進展する。これを防止するためにはある時間ごとに極性を転換すれば良いのであるが、冬季にはかなり短時間ごとに転換しなければならない。日立直流用蛍光ランプでは-5°Cにおいて15時間連続点灯の結果減光が認められず、したがつて転極時間は相当に長く、冬季においても10~15時間ごとの転極で完全に減光現象を防ぐことができる。転極を行うには転極装置を点滅スイッチあるいはパンタ下げ電磁弁に連動させて自動的に行うことができる。

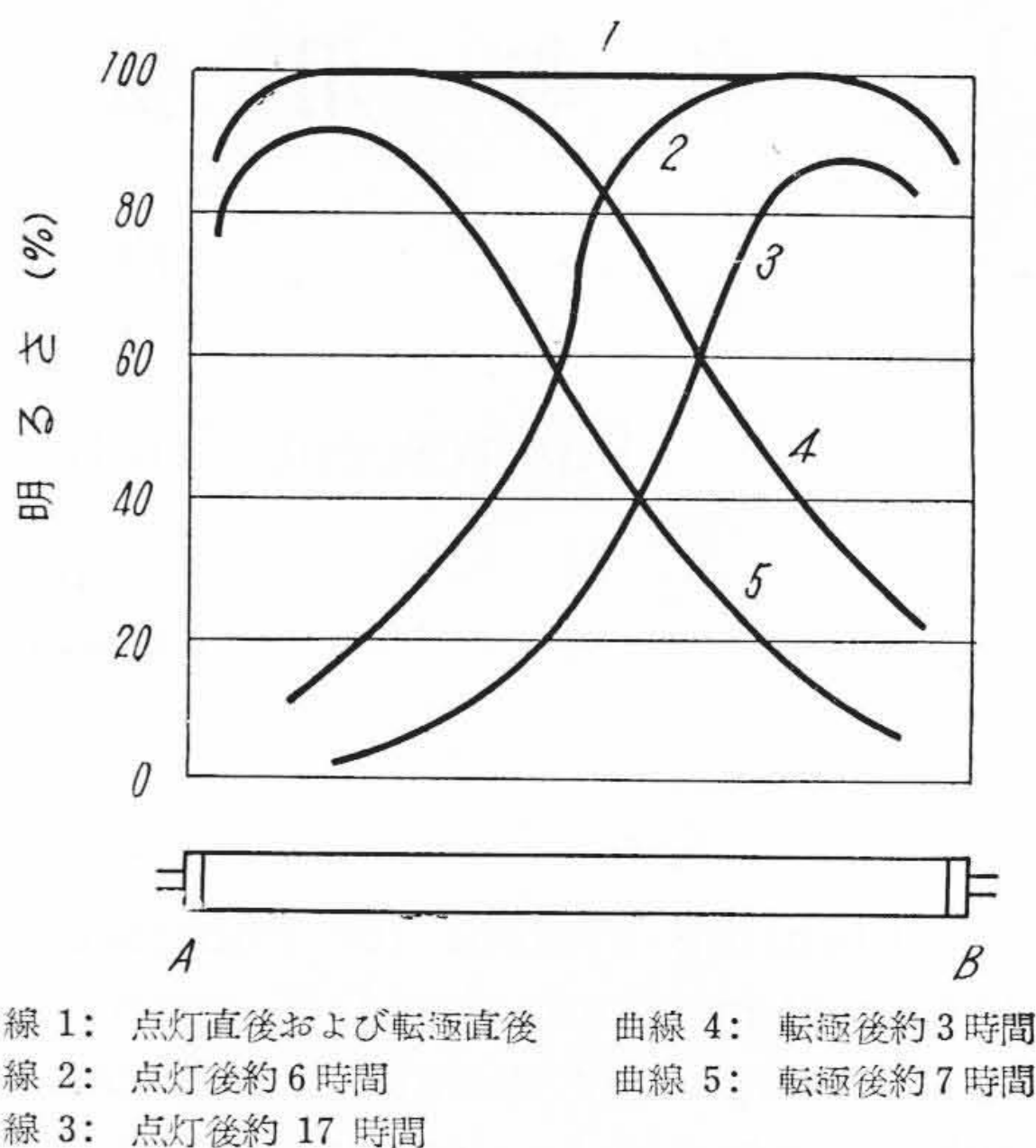
(2) 管 電 流

蛍光灯を直流で点灯した場合と交流で点灯した場合との明るさを比較すると同じ電流値に対して直流点灯の方が2割程明るくなる。すなわち交流点灯の場合の定格電流0.36Aにおける明るさは直流点灯では0.3Aでえられる。

そこで直流点灯の場合の定格電流は0.3Aとし、交流の場合と同じ明るさがえられる。この場合入力30Wとなり、約10Wが安定抵抗における損失となる。安定抵抗としてはバラスタランプを使用しているので定電流特性がえられる。この場合の電源電圧の変動による電流変化は第2図のようになる。

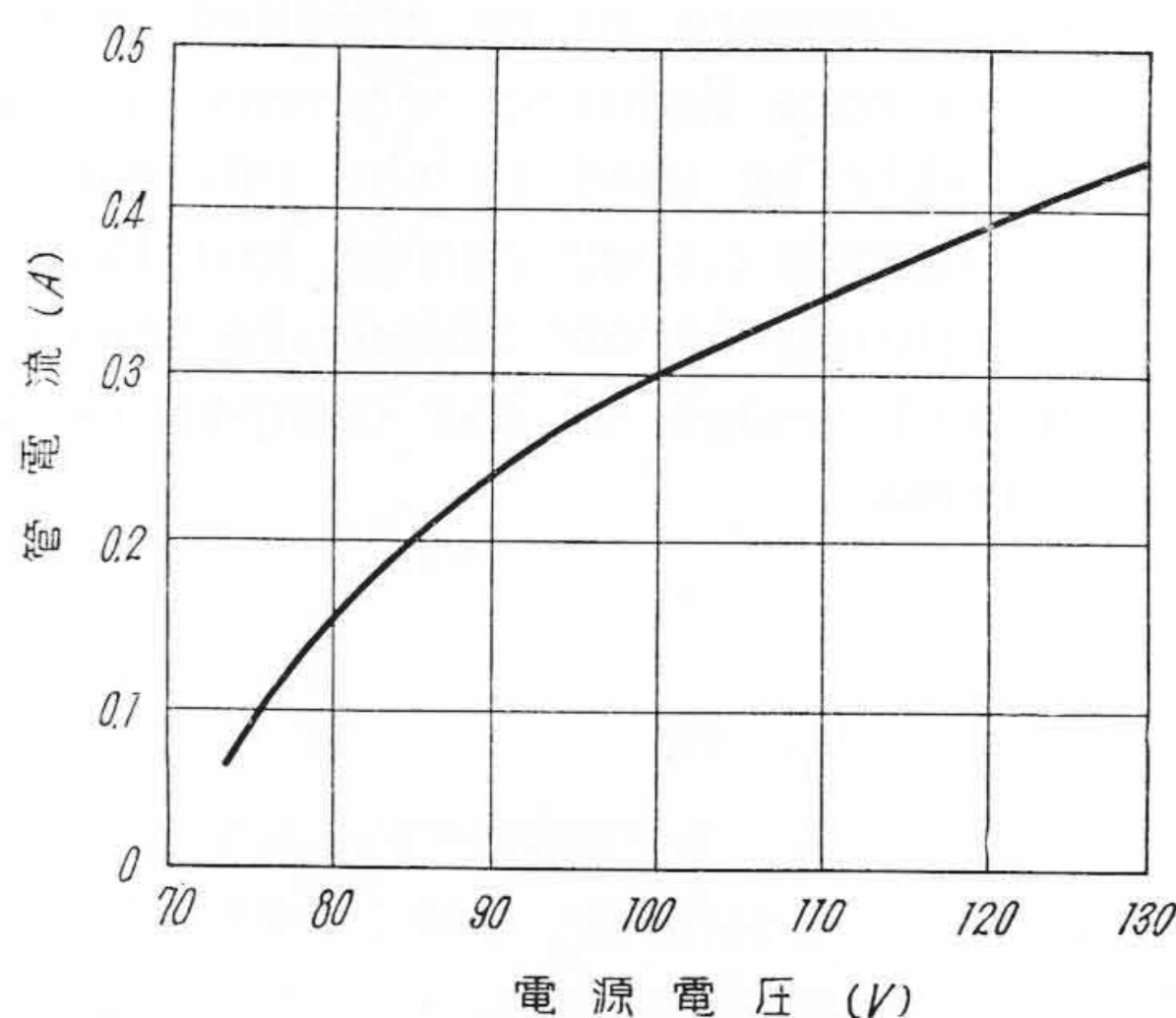
(3) 各 箇 点 灯 装 置

20W 100V 直流用点灯装置としては種々の方式があ



第1図 20W 蛍光ランプの減光現象

Fig.1. Dark End Effect of 20W Fluorescent Lamp

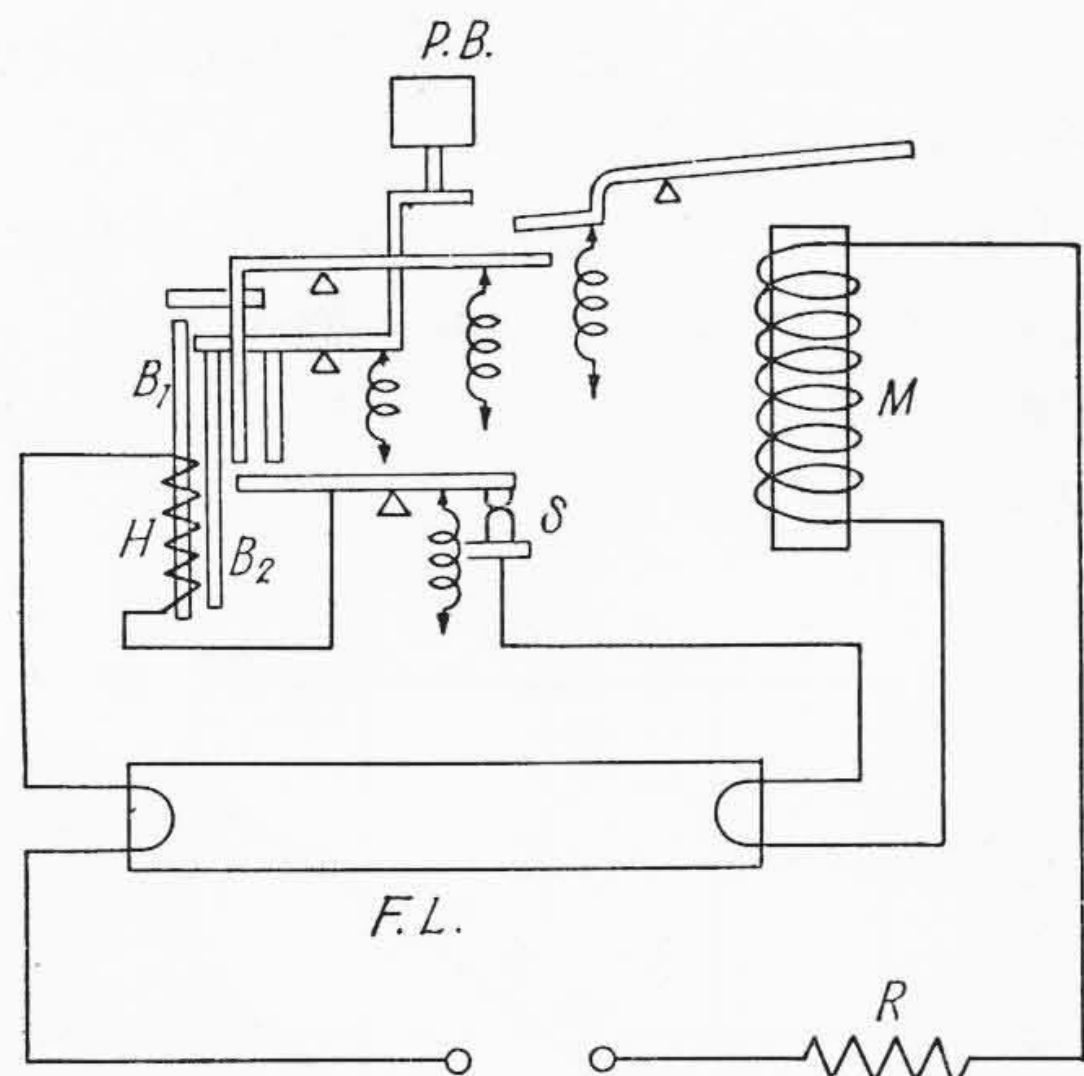


第2図 20W 直流点灯方式の電源電圧—電流特性

Fig.2. Source Voltage—Current Characteristic of 20W D.C. System

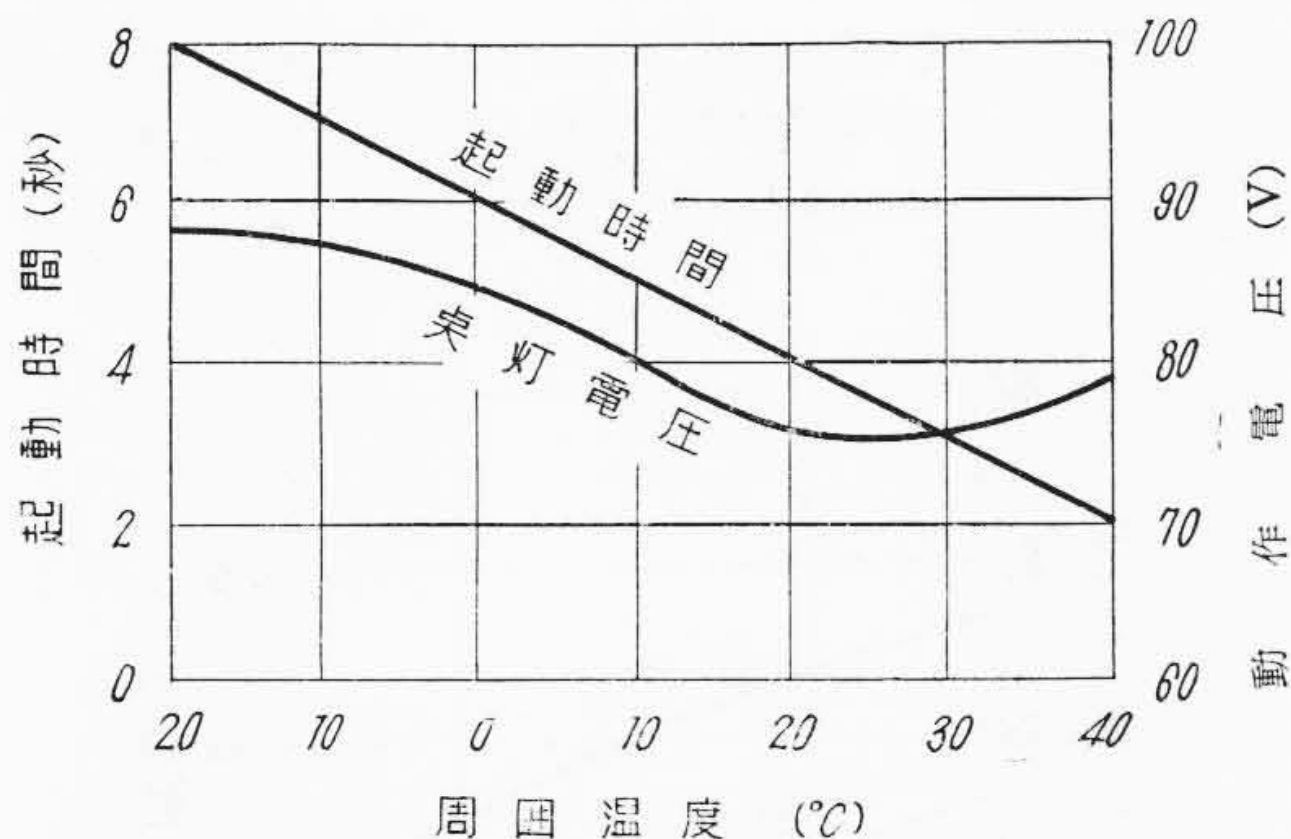
るが、現在使用している点灯装置は第3図に示すようにマグネットとバイメタルとを組合せた方式である。

まず電源投入によりバラスタランプ、マグネットコイル、ランプフィラメント、接点、ヒータ、ランプフィラメントを通り予熱電流が流れマグネットは可動コアを吸引する。同時にヒータにより動作用バイメタルが加熱されて彎曲し、約3秒後に動作用金具の引掛りがはずれて可動接点を押し、接点を開く。その瞬間マグネットコイルに誘起される電圧により蛍光ランプが点灯する。点灯後バイメタルは冷却されて旧位置に復帰しようとするが、ランプ点灯中はマグネットに放電電流が流れているため可動コアが吸引されており、金具に引掛つて復帰せず、接点も開いたまま保持される。消灯すれば可動コ



R: バラストランプ M: マグネツトコイル
B₁: 動作用バイメタル B₂: 過負荷用バイメタル
H: ヒータ S: 接点
P.B.: 復帰用押釦

第3図 20W 100V 直流各箇点灯装置
Fig. 3. 20W 100V D.C. Independent Starting Device

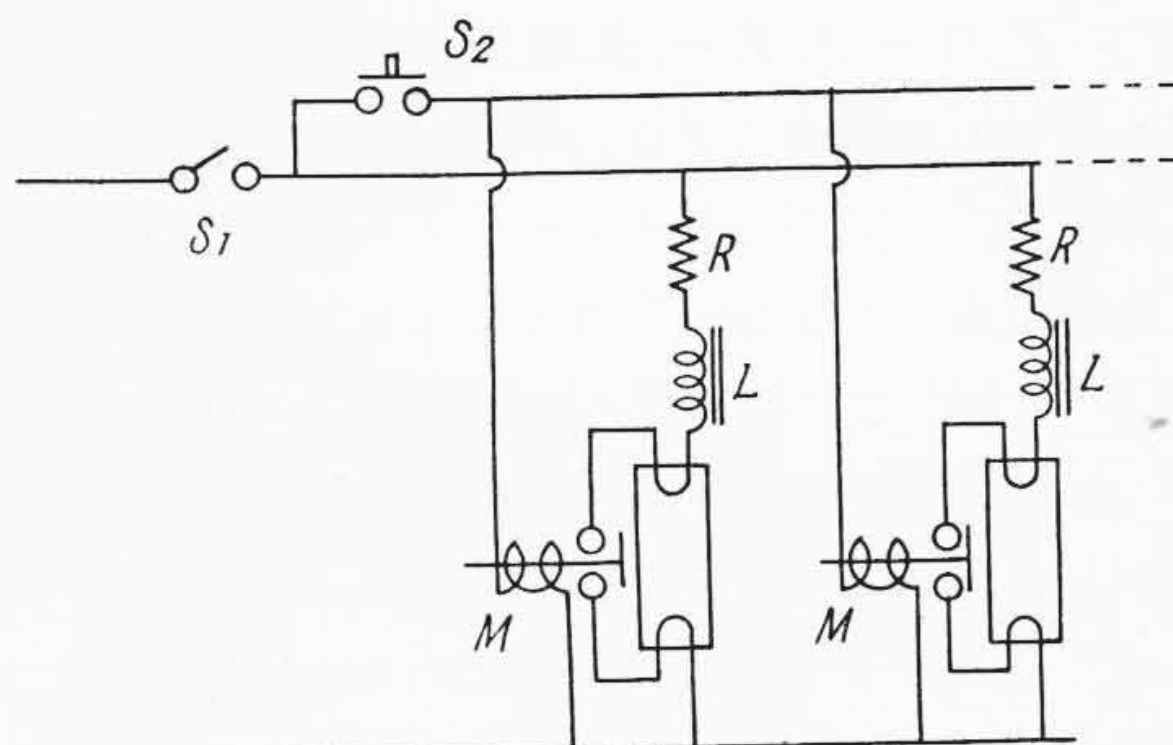


第4図 20W 直流点灯装置における周囲温度の影響
Fig. 4. Temperature Effect of 20W D.C. System

アークは釈放されてバイメタルは旧位置に復帰し、接点も閉じられる。

もしも1回の動作で点灯しないときには自動的に接点は開閉を繰返して回路には断続電流が流れ、フィラメントを予熱しつつ何回も電圧を発生して点灯を促進する。また何かの事故で点灯しない場合にはさらに約2分の後過負荷用バイメタルの引掛りがはずれ、可動接点が強く押されて接点が開いたままとなつて、ヒータその他を保護する。このときには事故原因を除去した後復帰用押釦を押してもとの状態に復帰させる。

電源投入後点灯までの時間は第4図に示すように低温になる程長くなつてフィラメントを十分予熱するようになる。点灯装置は $-20 \sim 55^{\circ}\text{C}$ の範囲内で動作する。ま



S₁: 電源スイッチ S₂: 点灯スイッチ
M: リレー R: バラストランプ
L: チョークコイル

第5図 20W 100V 直流一斉点灯方式
Fig. 5. 20W 100V D.C. Simultaneous Starting Device

たこれより高温の場合には最初から接点の開閉を繰返し、前述のような断続電流により予熱点灯するようになる。

また本方式では点灯電圧、消灯電圧は十分低く、ランプによつて幾分異なるがそれぞれ 80V および 75V 程度である。

(4) 一斉点灯方式

これは多数の簡単な構造のリレーを1本の操作回路で操作して点灯させる方式で、第5図のような接続になる。

まず電源投入後点灯スイッチを入れて操作回路を閉じると、各点灯具に設けたリレーに電流が流れ、リレーが動作してランプと並列の回路においた接点を閉じ、各ランプに予熱電流が流れる。つぎに点灯スイッチを開けば各リレーを釈放し接点が開いて各ランプが点灯する。

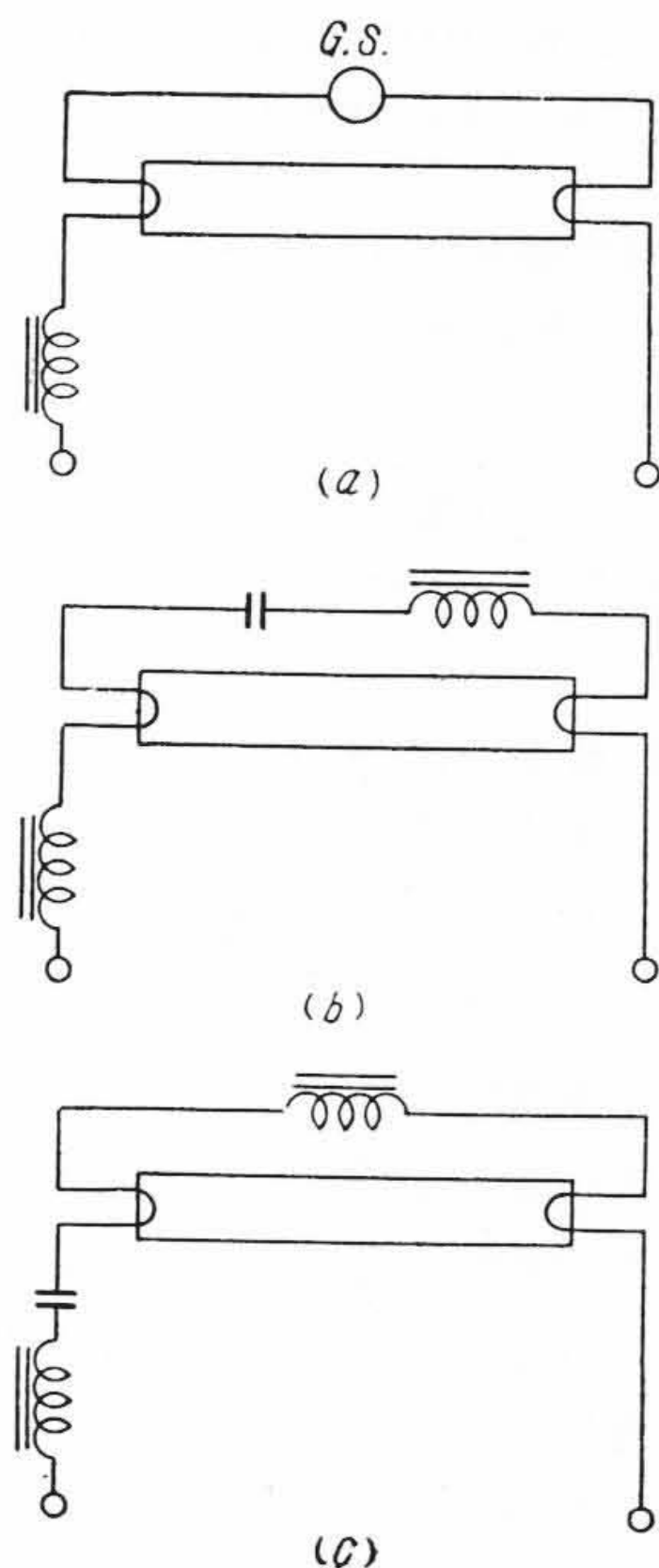
この方式ではデッドセクション通過後、あるいは電圧が低下して一部のランプが消灯したようなときにふたたび点灯スイッチを操作しなければならない。また配線が1本追加されて接続が複雑になる難点もある。しかし前記の各箇点灯装置よりも器具自体は小型で安価にでき、また多数の螢光灯を一斉に点灯させうる利点がある。

〔IV〕 交流点灯方式

交流点灯の場合にはまず周波数を幾らに選ぶかが問題になる。商用周波であれば一般の器具がそのまま利用できて簡単であり、また高周波にすれば効率が良く、光のちらつきもなく、さらに器具が小型軽量になる。そこで電車、飛行機のように一般の配電線の電源が利用できず、特別に発電機を装備しなければならないようなものの照明のためにかなり以前から螢光灯の高周波点灯について研究され⁽²⁾⁽³⁾、現在車輛用としては一般に 120 $\sim$ が使用されている。

(1) グロースタータ回路

第6図(a)の結線による。周波数が異るとランプの特性も変化し、したがってチョークコイルのインピーダンスも異なるものとなる。高周波になるとインダクタンスを小さくするために起動が困難となる傾向にあるが、120 $\sim$ 程度ではその影響は少ない。商用周波および120 $\sim$ における特性は第1表の通りで、商用周波から120 $\sim$ にすることによりランプの効率は約5%良くなり、また安定器損失も小さくなるので全体の効率はかなり高くなる。また120 $\sim$ 程度になると光のちらつきは感じられなくなってくる。さらに安定器の銅鉄使用量も6~7割と



第6図 交流点灯回路

(a) グロースタータ回路

(b) 遅相共振回路

(c) 進相共振回路

Fig. 6. A.C. Starting Circuit

(a) Glow-Starter Circuit

(b) Lag Resonance Circuit

(c) Lead Resonance Circuit

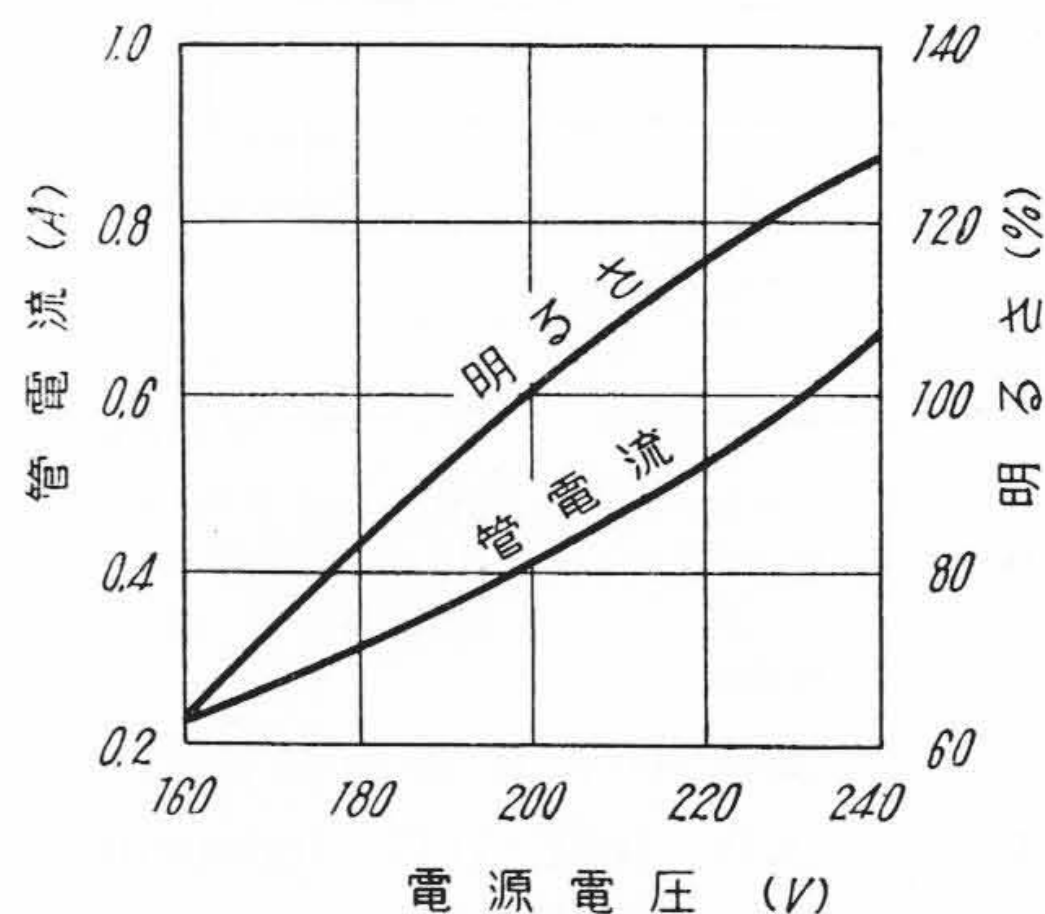
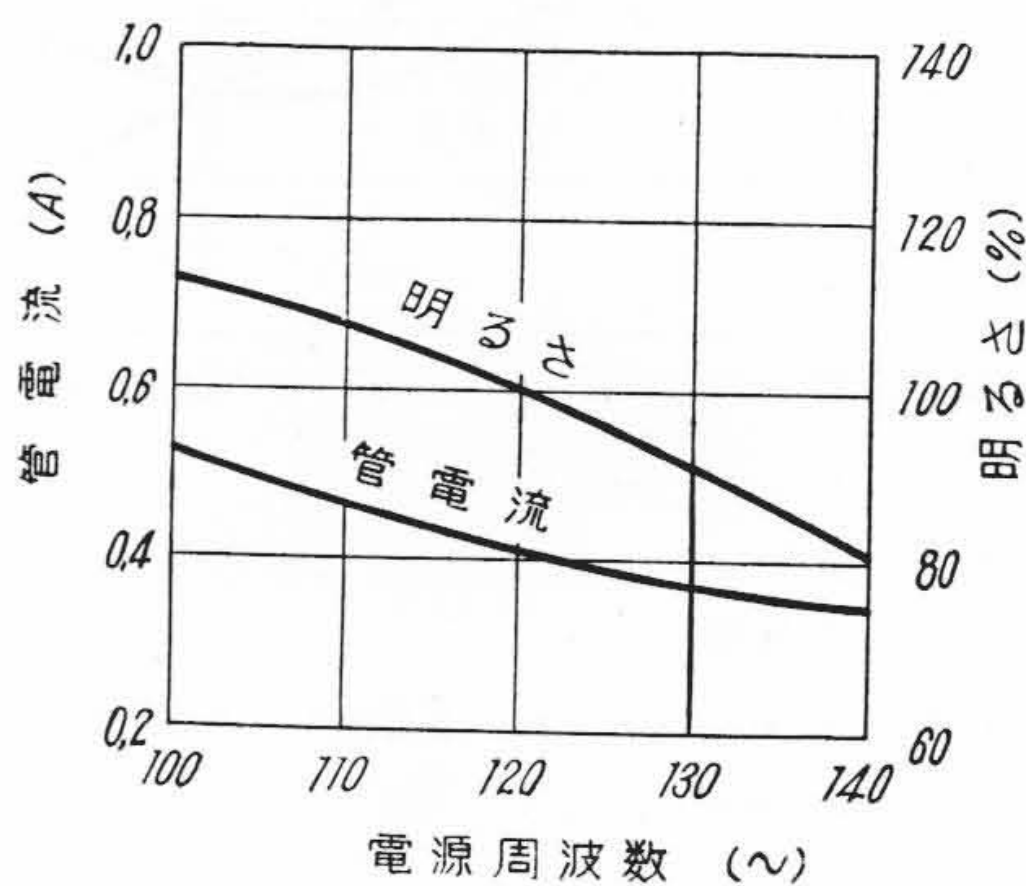
第1表 グロースタータ回路の特性

Table 1. Characteristics of Glow-Starter Circuits

管の大きさ (W)	電 圧 (V)	周 波 数 ($\sim$)	管 電 流 (A)	入 力 (W)	安 定 器 損 失 (W)
20	100	50 または 60	0.36	23	4.2
20	100	120	0.36	21	3.0
40	200	50 または 60	0.42	45.5	6.5
40	200	120	0.42	42.5	5.0

なるので、安定器ひいては器具を小型軽量にすることができる。

この回路は低力率であるため、コンデンサを用いて力率改善を行わねばならない。40W 200V 120 $\sim$ の場合の電源電圧、周波数の変動に伴う特性の変化はそれぞれ第7図および第8図のようになる。

第7図 40W 200V 120 $\sim$ グロースタータ回路の電圧特性Fig. 7. Voltage Characteristic of 40W 200V 120 $\sim$ Glow-Starter Circuit第8図 40W 200V 120 $\sim$ グロースタータ回路の周波数特性Fig. 8. Frequency Characteristic of 40W 200V 120 $\sim$ Glow-Starter Circuit

第 2 表 共 振 回 路 の 特 性
Table 2. Characteristics of Resonance Circuits

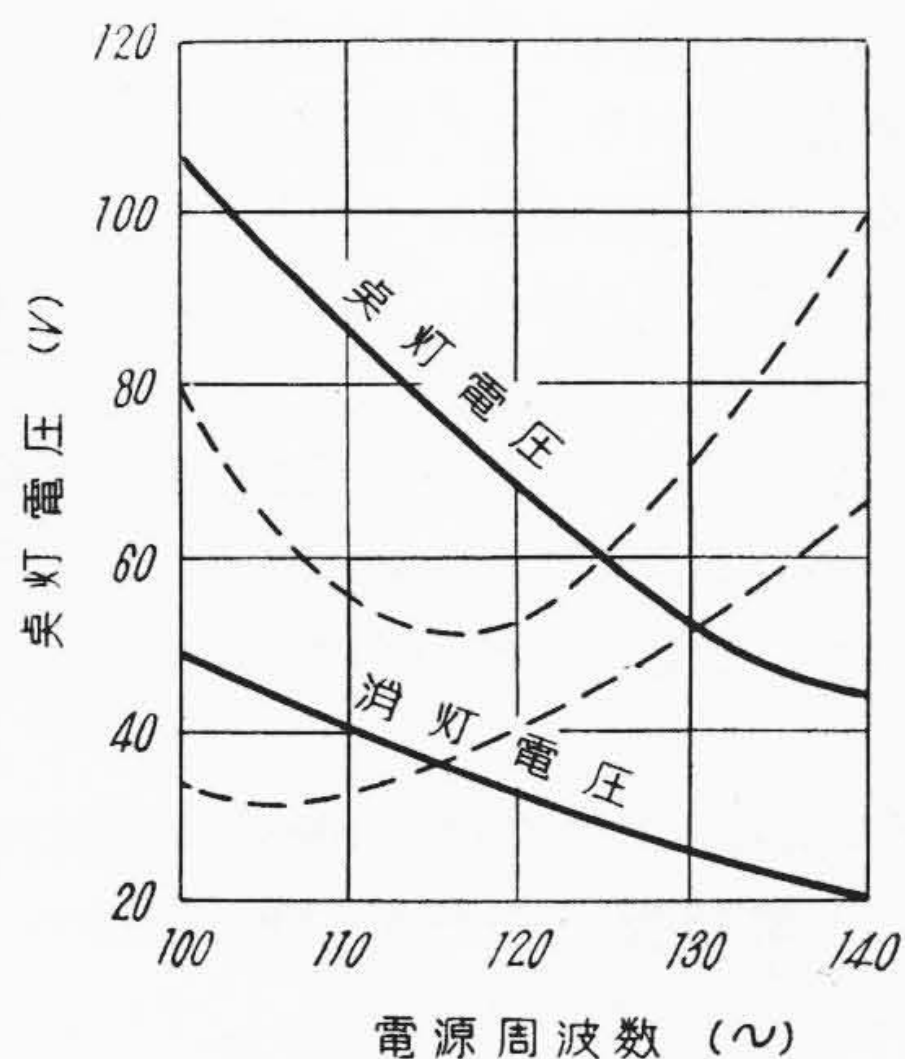
種 類	管 の 大 き さ (W)	電 圧 (V)	周 波 数 ($\sim$)	入 力 電 流 (A)	入 力 (W)	分 路 電 流 (A)
遅 相 回 路	20	100	120	0.40	23.5	0.15
進 相 回 路	20	100	120	0.39	22.5	0.12

この方式は回路が簡単で安価にできる点が長所であるが、後述の共振回路に比較して点灯電圧が高いこと、点灯に時間がかかること、低温時の点灯が困難なことのほかにグロースタータの保守が問題になる。

(2) 共 振 回 路

第 6 図(b) および (c) のように遅相回路と進相回路との 2 種があり、それぞれの回路について 20W の場合の特性は第 2 表のようになる。電流波形は遅相回路の方が良くなるが、点灯中の分路電流は進相回路の方が小くなる。また点灯電圧、消灯電圧は第 9 図に示すように周波数によって変化するがいずれもかなり低い。

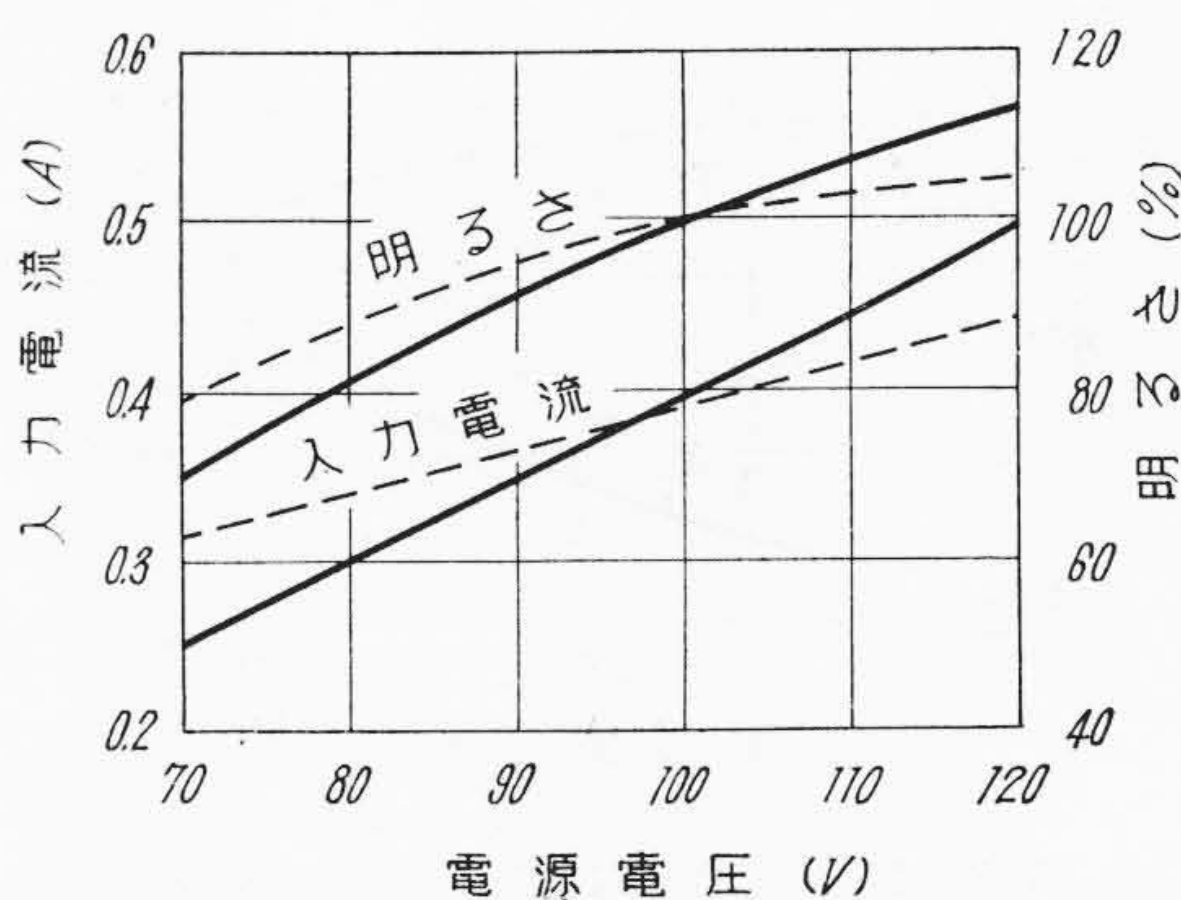
両回路の 20W 100V 120 $\sim$ の場合の電源電圧、周波数の変化による特性の変化は第 10 図および第 11 図のようになる。すなわち電圧特性は進相回路の方が良いが、一方周波数特性は周波数の低下により進相回路は明るさが減小し、遅相回路は逆に増大する。発電機の特性としては架線電圧の降下により電圧と周波数との両方が低下するので、この点では遅相回路の方が良い。



第 9 図 20W 100V 120 $\sim$ 共振回路の点灯電圧および消灯電圧
実線：遅相回路
点線：進相回路

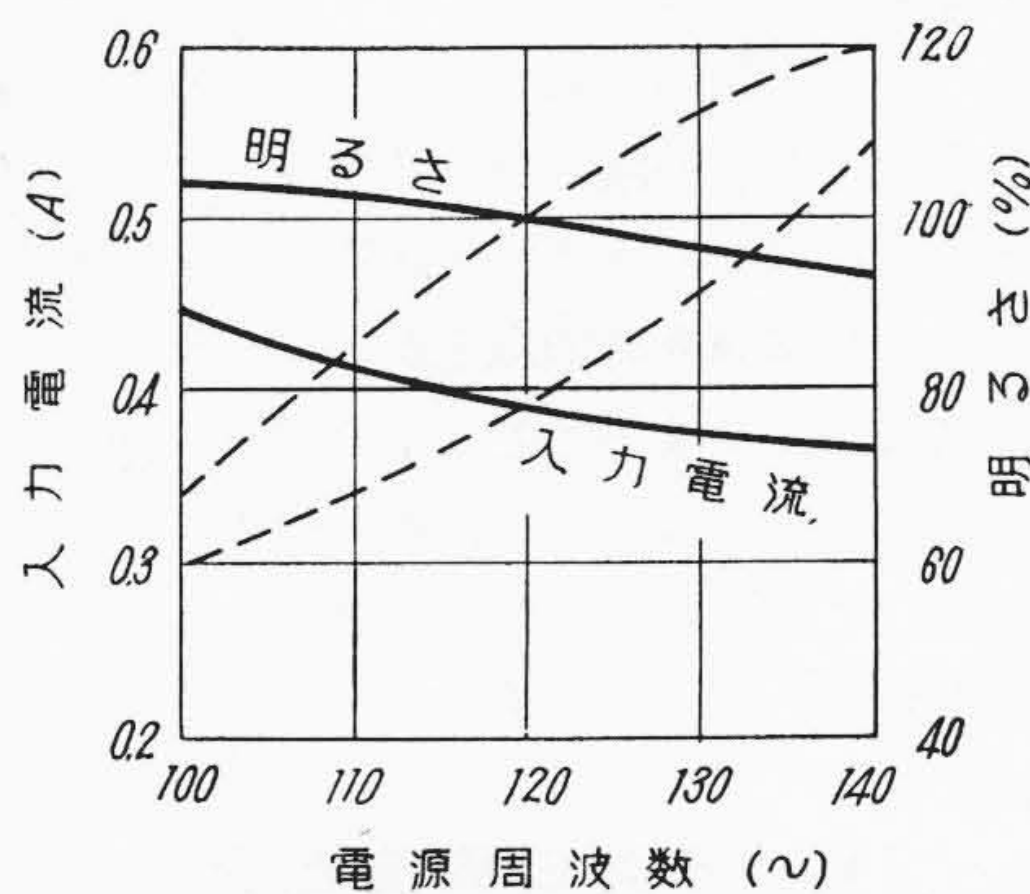
Fig.9. Starting Voltage and Extinguish Voltage of 20W 100V 120 $\sim$ Resonance Circuit
Real: Lag Circuit
Dotted: Lead Circuit

この回路もやはり低力率であるので、遅相回路の場合はコンデンサ、進相回路の場合はチョークコイルを用いて力率を改善する。また両回路を組み合わせることにより第 12 図および第 13 図(次頁参照)に示すように広範囲において 95% 以上の高力率を確保することができ、したが



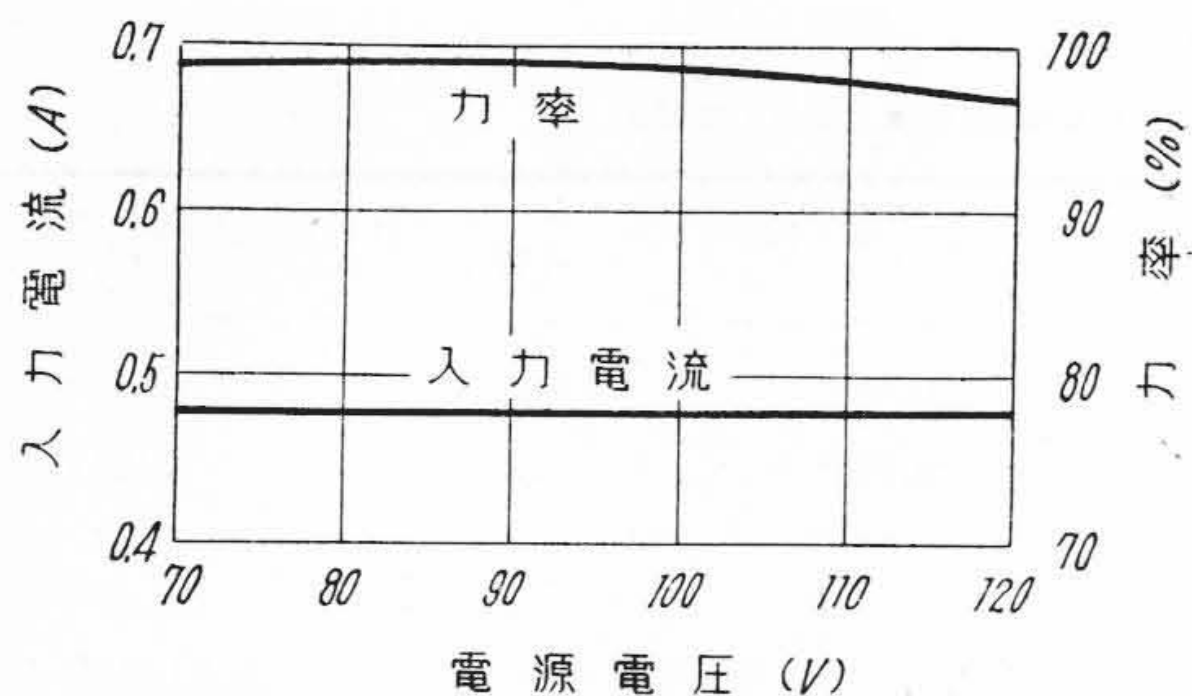
第 10 図 20W 100V 120 $\sim$ 共振回路の電圧特性
実線：遅相回路
点線：進相回路

Fig.10. Voltage Characteristics of 20W 100V 120 $\sim$ Resonance Circuit
Real: Lag Circuit
Dotted: Lead Circuit



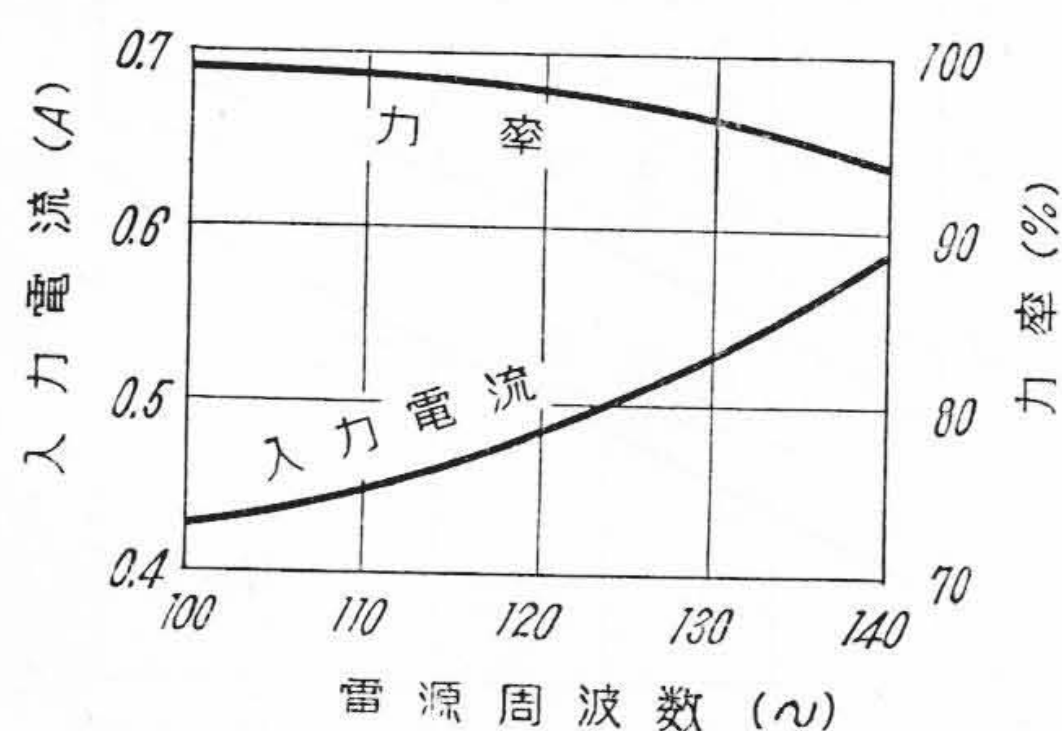
第 11 図 20W 100V 120 $\sim$ 共振回路の周波数特性
実線：遅相回路
点線：進相回路

Fig.11. Frequency Characteristics of 20W 100V 120 $\sim$ Resonance Circuit
Real: Lag Circuit
Dotted: Lead Circuit



第 12 図 20W 100V 120~ 2 灯用共振回路の
電圧特性

Fig.12. Voltage Characteristic of 20W
100V 120~ Lead-Lag Resonance
Circuit



第 13 図 20W 100V 120~ 2 灯用共振回路の
周波数特性

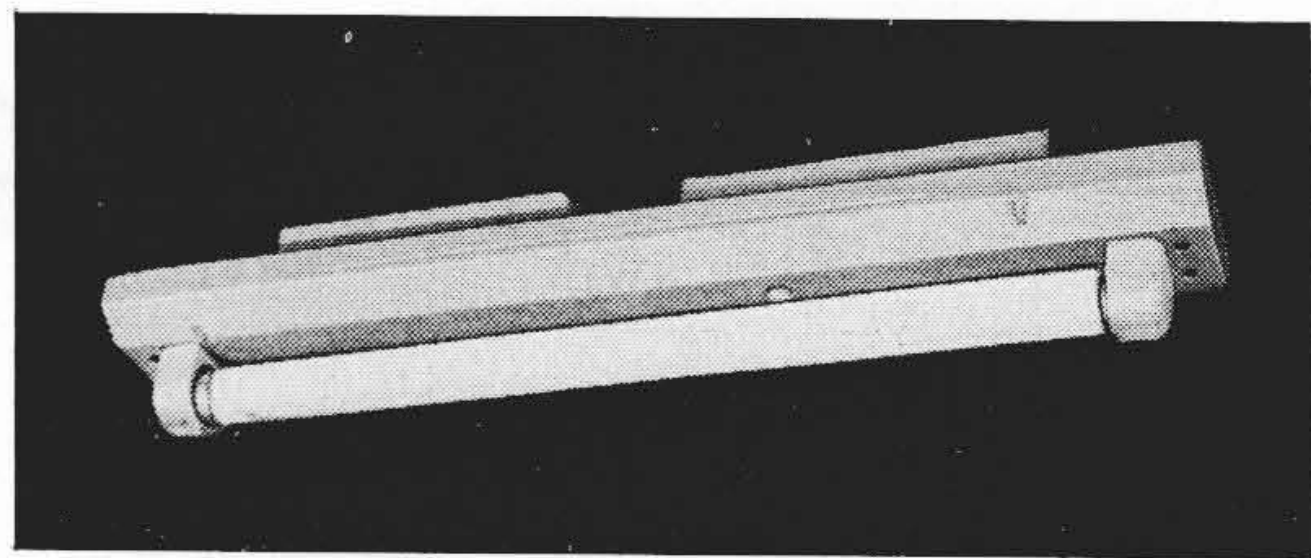
Fig.13. Frequency Characteristic of 20W
100V 120~ Lead-Lag Resonance
Circuit

つて上記のような力率改善を省略することも可能である。

共振回路は商用周波においては今までランプの寿命が短くなること、安定器が大型、高価となることが欠点とされていた。しかし回路に対する研究とランプの改良とにより寿命の問題は解決され、40W についても工場試験において平均 3,000 時間以上が確保されるようになった。さらに高周波にすることにより重量、価格の点も改善され、瞬時点灯できること、点灯電圧が低く低温でも点灯が可能なること、ランプ以外にグロースタータのような消耗品がないことなど非常に有利である。

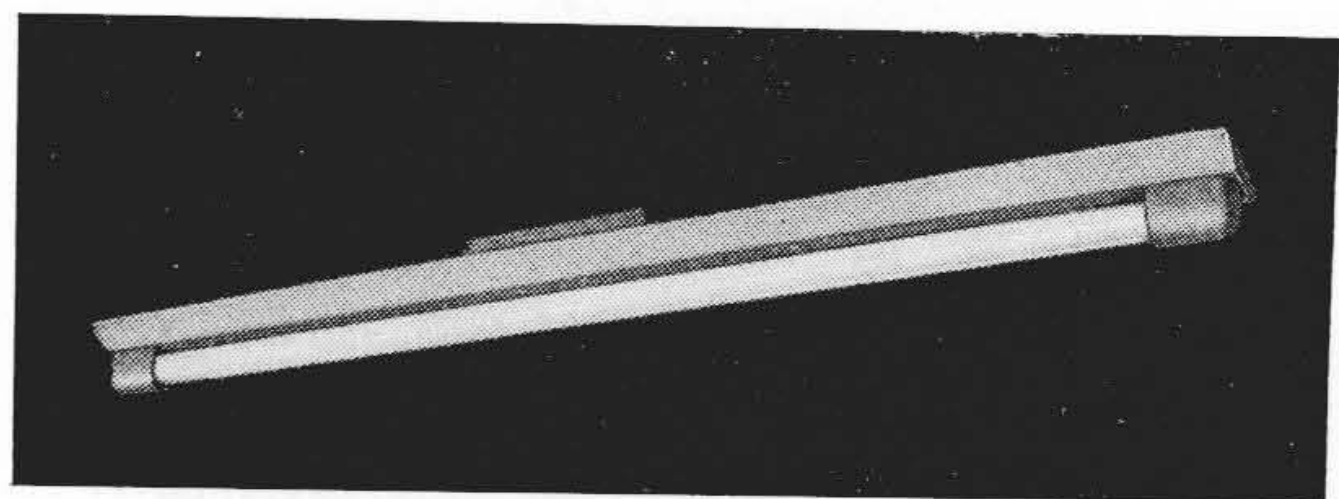
〔V〕 器具の構造と配置

器具の構造と配置とについてはまず細長い車室の構造、車室内の意匠にマッチした外形、色を選ばねばならない。外形としては直付型、半埋込型の別と露出型、ルーバ付、カバー付の別とがある。そして直付型が構造として最も簡単ではあるが、もし天井構造が許されるならばなるべく半埋込型とし、点灯装置あるいは安定器など



第 14 図 20W 100V 直流半埋込露出型器具

Fig.14. 20W 100V D.C. Unit



第 15 図 40W 200V 120~ グロースタータ
式半埋込露出型器具

Fig.15. 40W 200V 120~ Glow-Starter
Type Unit

を天井裏に納めて天井面から下にでる器具の高さを低くすることが好ましい。また露出型の方は器具効率が良く、器具数が小さくてすむが、乗客の眼に直射光線が入らぬようにルーバやプラスチックあるいはガラスのカバーなどを使用することが望ましい。またソケットその他の部分は特に耐振構造でなければならない。

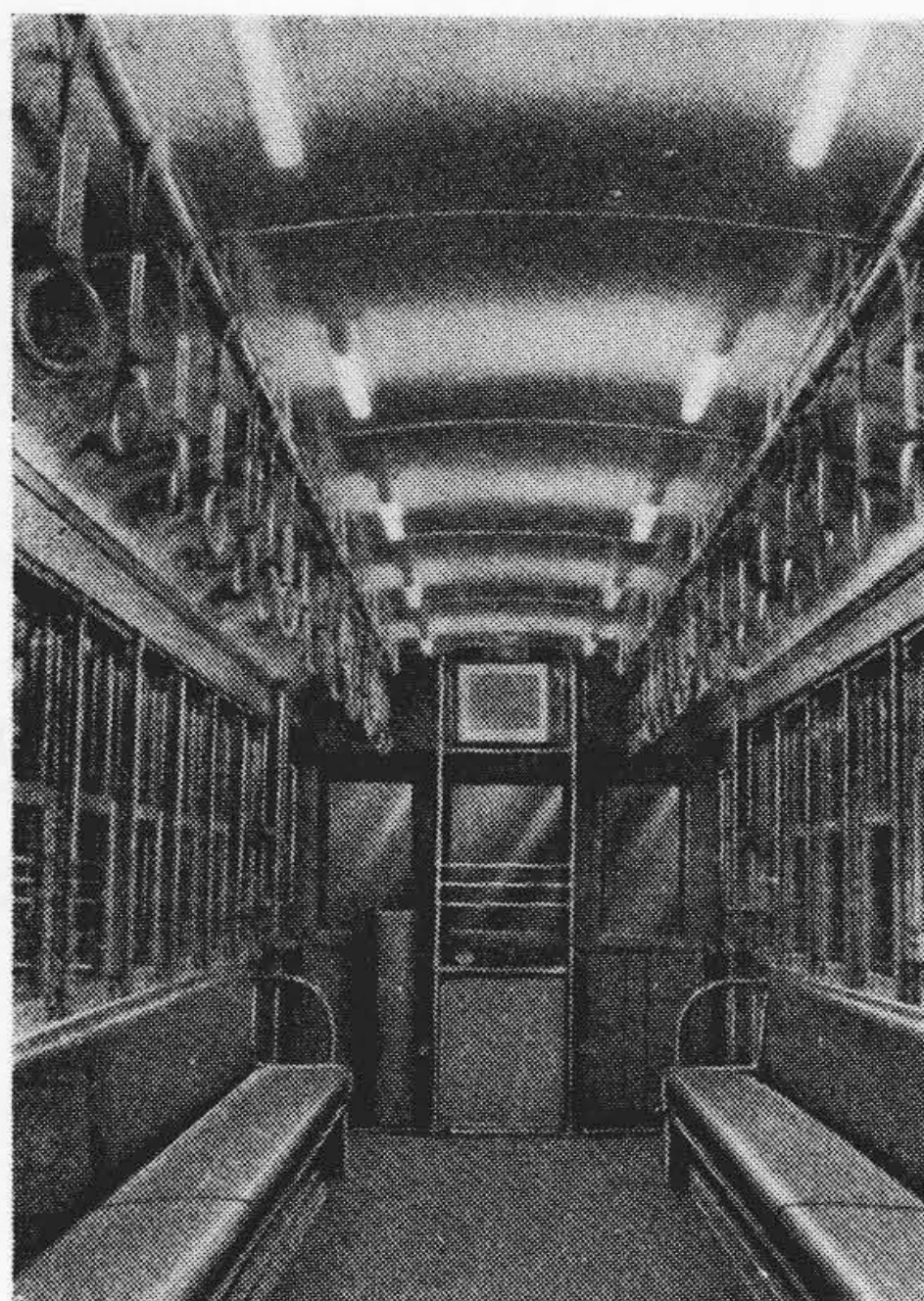
器具の配置については車室の長さ方向と器具の長さ方向とを合わせて中央に 1 列または両側に分けて 2 列に取付けるのが普通である。この場合連続器具とする方式と単独器具を一定の間隔をおいて配置する方式とに分けられる。現在一般に採られている車室内照度 100~250 lx からみて露出型器具では 2 列連続とする必要はないが、ルーバあるいはカバー付の場合には外観的にみて 2 列連続とするのが最も良い。また単独器具で 2 列に千鳥式に配置して器具と器具との間に照度低下を避けることも考えられる。

第 14 図は国有鉄道納 20W, 100V 直流半埋込露出型器具で、また第 15 図は同 40W, 200V, 120~ グロースタータ式半埋込露出型器具である。いずれも点灯装置、バラストランプ、あるいは安定器を天井裏に収納して器具の高さを低くしている。第 16 図はこの器具による国有鉄道の電車照明であり、1 車輦に 40W 16 灯で平均照度 250 lx をえている。

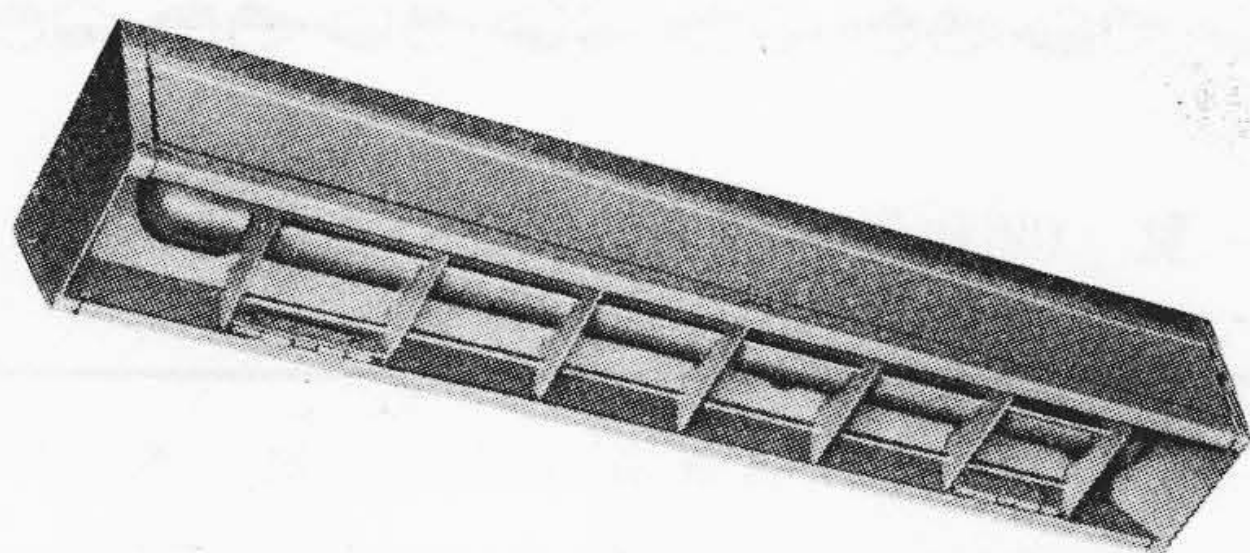
第 17 図は東京急行電鉄納 20W, 100V 直流半埋込ルーバ付器具である。下面にルーバを付けるとともに側面にプラスチック板を置いて柔い光を出すようにしている。第 18 図は本器具による東京急行電鉄の電車照明で、



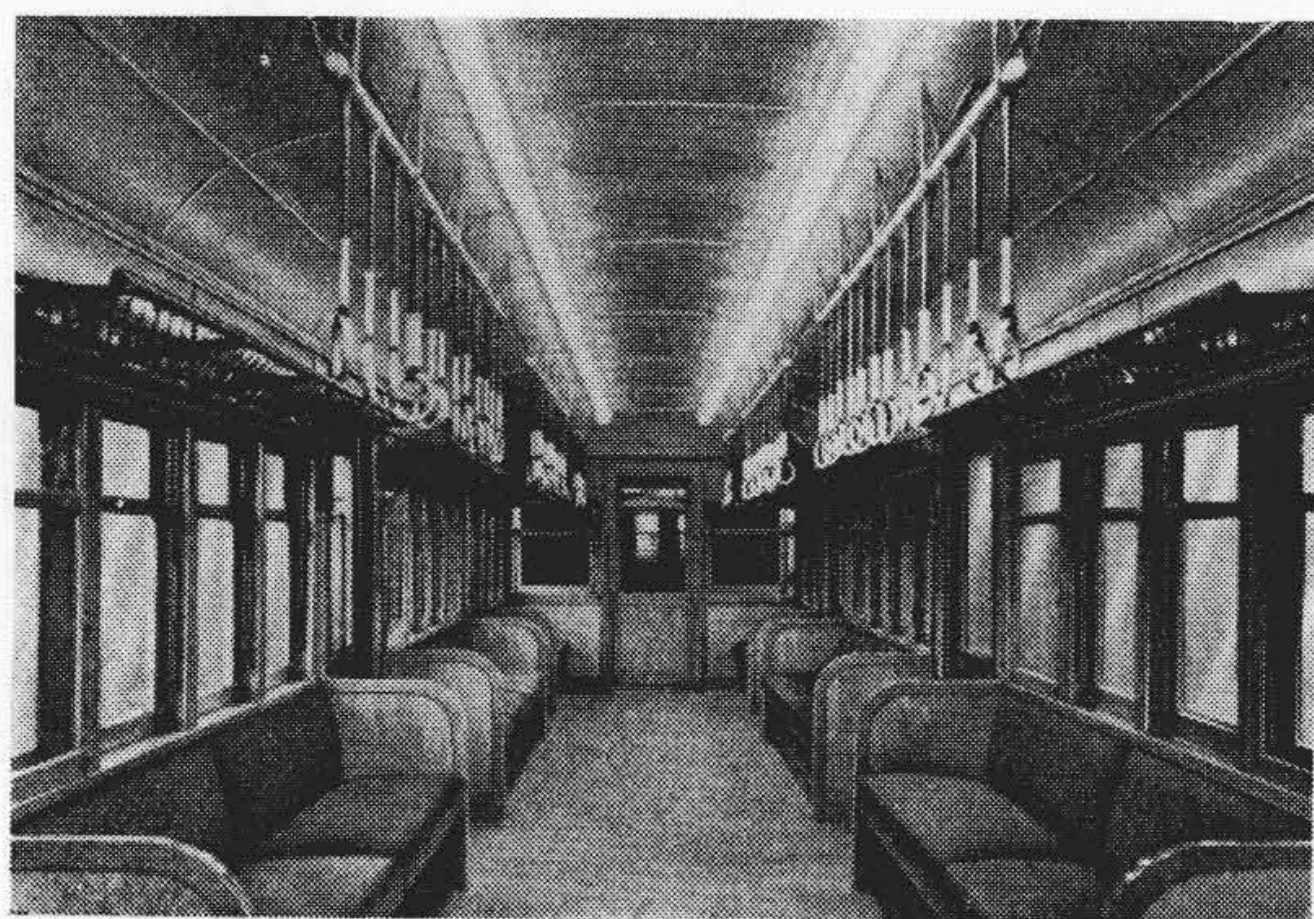
第16図 国 有 鉄 道 の 電 車 照 明
Fig.16. Car Illumination of Kokuyū Tetzudō



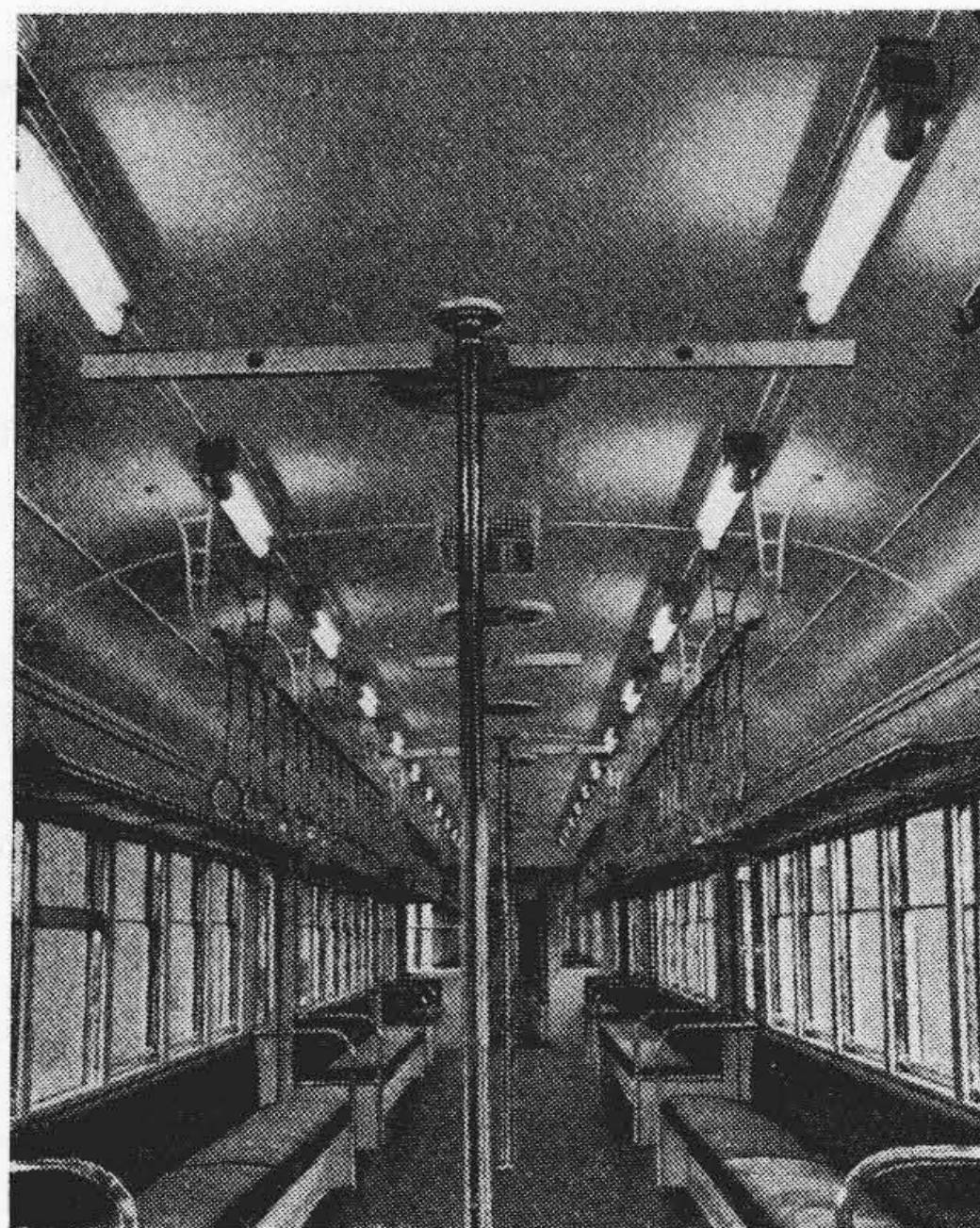
第19図 土 佐 電 鉄 の 電 車 照 明
Fig.19. Car Illumination of Tosa-Dentetsu



第17図 20W 100V 直流半埋込ルーバ付器具
Fig.17. 20W 100V D.C. Unit with Louver



第18図 東 京 急 行 電 鉄 の 電 車 照 明
Fig.18. Car Illumination of Tokyō Kyūkō Dentetsu



第20図 西 武 鉄 道 の 電 車 照 明
Fig.20. Car Illumination of Seibu-Tetzudō

左右2列に各20灯ずつ連続して取付けられ、平均照度は約200 lxである。

第19図は20W, 100V, 120〜グロー式半埋込露出型器具による土佐電鉄の電車照明である。1車輦に12灯を2列に配置し、平均照度110 lxをえている。

第20図は20W, 100V 直流直付露出型器具による西

武鉄道の電車照明である。1車輦当りモハ19灯、サハ24灯を2列に配置しており、平均照度は約150 lxである。

〔VI〕 結 言

以上述べたように車輛用螢光灯については点灯方式、器具構造ともに多種多様のものがあつて、それぞれの車輦に応じた方式を選ばなければならない。

直流式と交流式とについては既設の直流電動発電機を利用できる場合には20W, 100V 直流点灯方式が経済的

に有利であり、また電動発電機を新製する場合には交直両用として交流式とすることもできるので、この場合には高周波を利用する方がよい。直流点灯方式としては点灯装置自体については一斉点灯方式の方が小型安価にできるが、点灯装置や配線が面倒になり、また特に電圧の変動が激しく消灯のおそれのあるような場合には各箇点灯方式の方が良い。また交流点灯方式としてはグロースタータ回路の方が安価にはできるが、点灯電圧、起動時間、グロースタータの保守などの点からは共振回路の方が良い。

また器具の構造、配置についてはそれぞれの車輛の構造、意匠にしたがつて検討しなければならない。

最後に本研究に関して御援助を賜った日本国有鉄道、東京急行電鉄株式会社、西武鉄道株式会社、土佐電鉄株式会社。関係者各位に深く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 中村：照学誌 36, 339 (昭 27-11)
- (2) J. H. Campbell: Ill. Eng. 48, 95 (1953-2)
- (3) 原田：東芝レビュー 7, 191 (昭 27-5)

日立製作所社員社外寄稿一覧 (昭和30年1月分受付)

(その2)

(第58頁より続く)

寄稿先	題 名	執筆者所属	執 筆 者
真空技術研究会	真空溶解銅の諸性質におよぼす真空度の影響	中央研究所	土岩 井田 俊 雄 篤
日本物理学会	Knergy Analysis of Electron Diffraction Patterns	中央研究所	渡 辺 宏
日本機械学会	ゴースト部の疲れ強さ	日立研究所	大内 田 久
テレビジョン学会	水力発電所における工業テレビジョンの一方式 (中国電力明塚発電所の工業テレビジョンについて)	戸塚工場 中央研究所 日立電線工場	今西 久 彌 夫 角野 正 三 男 堀口 二 三
新生日本社	自動車用始動電動機	多賀工場	飯島 登
日刊工業新聞	ヤスリ不要論	栃木工場	緒方 京 一
照明学会	銀行の照明	本社	江川 隣之介
ホーム社	電子顕微鏡の話	本社	白川 義 雄
家庭電気文化会	電気機関車の話	本社	河合 輝
日刊工業新聞	外註単価のきめ方	亀戸工場	近藤 政太郎
電気化学協会	「水電解」の最近の進歩	中央研究所	北川 公
大阪大学 物理学教室内	20 MeV ベータトロロン	中央研究所	神原 豊 三 丸 今井 村 宗 浩 木村 嶋 常 隆 和 嶋 常 隆
電気学会	開閉器、操作と引外	国分分工場	桑山 正 俊
丸善株式会社	「第六編」模型、「第八編」造型法	亀有工場	西山 太喜夫
ホーム社	固体として使う合成樹脂の適用性	多賀工場	磯野 千 蕃 里
製紙工業	日立工業計器について	多賀工場	島田 稔
電子顕微鏡学会	工業材料のウルトラマイクロトミー	中央研究所	土倉 秀 次
ホーム社	最近の高速保護継電機ならびに継電方式について	国分分工場 多賀工場	川井 晴 雄 吉 猿 渡 房
アグネ出版社	延性鉄製シリンドーライナの casting	戸畑工場 戸安工場	塩谷 勝 喜 治 高山 橋 良 真 之 助