ランプ関連機器の動向†

アイ、エフ、ディヴィス (I. F. Davies)

専門会員 広瀬 吉夫訳*

ランプ動向についてのシュミット博士の講演につづいて、ランプ関連機器について述べることにする。時間のつごう上、一、二の基本的問題に絞って話を進めたい。

フィラメントの発光を用いる白熱電球が、正の電流-電圧特性をもっているのに対して、放電ランプは負の抵抗特性をもっている。このため放電ランプでは、直接電源に接続すると瞬時に破壊してしまうので、ランプと直列に何らかの安定化デバイスを接続して動作させる必要がある。

図1 蛍光灯点灯回路

図1のような一般的な点灯回路について考えてみると、電流-電圧の関係は、波形が正弦波であれば、図2のようになる。またランプ電圧、リアクタ電圧および電源電圧は図3のようにピタゴラスの定理で関係づけられる。

ランプ電流は電源位相と大幅にずれているが、コンデンサに流れる電流を加えると、電源電流はランプ電流より小さくなり、かつその位相も電源位相とほとんど同等のものとなる。これが力率改善と呼ばれる効果で、各波形が正弦

図2 放電ランプの電流-電圧特性

図3 スイッチスタート回路のベクトル図

(a) 力率改善コンデンサなし
(b) 力率改善コンデンサあり

波であれば、電源の電圧と電流の位相角の余弦で表わされる。

前述のピタゴラスの定理の関係から、リアクタ電圧の2乗とランプ電圧の2乗は、ランプ電流に対して図4のようなグラフに表わせる。

図4 放電灯の電流対(電圧)²特性

ここで、曲線aはランプ特性で、曲線bはチョーク特性である。この2曲線の交点Bが、このランプとチョークの組み合わせの安定動作点となる。

ランプ寿命にとって、ランプ電流波形は、通常、正弦波であることが望ましい。ランプ電流波形が正弦波であるとすると、図5のようにしてランプ電圧波形を推定することができる。これによると、ランプ電圧波形は矩形波に近い形となることを示している。

しかしながら、実際の波形の例は図6のようである。ランプ電流は完全な正弦波でなく、またランプ電圧も完全な矩形波ではない。さらに電源電圧とランプ電圧の差であ

† Hardware-other than Lamps

* 橋東芝

図 5 ランプ電圧波形（理論的）

図 6 スイッチスタート回路における電源電圧-電流波形

るリアクタ電圧もひずんだものとなっている。ランプ電流と力率改善コンデンサに流れる電流の和である電源電流は若干ひずんでいるものの、位相は電源電圧と非常に接近しており、高い力率が得られていることを示している。

放電の安定化に関してもう一つ注意すべきことは、ランプ電圧の電源電圧に対する割合が、一般には **0.6** を大きく越えないようにすべきであるという点である。もちろん何事にも例外というものがあり、この数値も安定化デバイスの種類やその動作原理によって変わってくる。

たとえば、安定化デバイスがリアクタとコンデンサとから構成され、全体としてそのインピーダンスが容量的になってくれば、この数値はもっと大きくすることができる。ヨーロッパではありがたいことに、電源電圧は **220 V** か **240 V** であり、このため、ほとんどすべての放電ランプの安定点灯が比較的容易に実現できるが、日本はアメリカなどと同様、ヨーロッパの約半分の電源電圧であるため、ランプ電圧が低いものは良いが、高いものについては何か他の手段が必要となってくる。

ランプの安定動作に必要なこの安定化デバイスは、通常“ballast”と呼ばれている。“ballast”の国際的な定義は次のとおりである。

“電源と1個以上の放電ランプの間に挿入された装置で、インダクタンス、キャパシタンスまたはその組み合わせにより、主にランプ電流を所定の値に限定する働きを有するもの。さらにこの装置は、電圧手段のほか起動電圧、予熱電流の供給、コールドスタートの防止、ストロボ効果の低減、力率改善およびラジオノイズの抑制などの機能も含む場合もある”。

すなわち、**ballast** は多くの機能を有していなければならない、そして各々の機能は、それぞれ異なった構成要素を必要とする。これらは分離されている場合もあり、適当な端子をつけて一つの容器に収容される場合もある。

図 7 点灯管およびサーマルスタータを用いた点灯回路

放電ランプでは、すべて何らかの始動手段が必要であり種々の方法がとられている。ランプの外部にあるもの、ランプの内部にあるもの、ランプ始動前に電極が予熱されるようにしたものなどがある。電極を予熱後、パルス電圧を印加する例としては、図 7 のようなグロー点灯管方式とサーマルスタータ方式（あまり一般的ではない）とがある。これらの方式では、接点の開放に伴って発生する高圧パルスを利用している。この方法は今後とも広く用いられていくものと考えられるが、始動に **1～2 秒** 要し、瞬時始動の面で欠点がある。電子スタータを用いれば、シングルチョークの低損失の特長を保持したまま瞬時始動を達成できる。

図 8 スタータなし予熱始動回路

図 8 に予熱始動回路の例を示す。電流制御用のチョークにつながっている変圧器の低電圧巻線で電極を加熱するようになっている。ランプ表面に付設した金属片が、ランプ近くの器具の金属によって、高圧側の電極とアース金属との間に強い電界が生起され、ランプ始動が助勢されるようになっている。ランプが始動すると変圧器の電圧はほぼ電源電圧からランプ電圧へと低下する。このため点灯中の電極加熱電流は予熱電流の約 **50%** となる。アメリカや日本のように、電源電圧の低い国では、蛍光ランプは多くの場合、大きな内部磁気漏洩をもったステップアップ変圧器で点灯される。さらにこの変圧器には、直列にコンデンサが接続され、全体として容量的インピーダンスとなっているので、電源電圧変動に対して、ランプ電流の変動が少なく

なるように工夫されている。始動は2灯の中の一つが小さなコンデンサでシャントされ、回路電圧の大部分が他方のランプに印加され、最初に始動し、その後他のランプが始動するようになっている。アメリカでは低抵抗陰極が用いられているので、始動時と点灯時とで同じ予熱電流となっている。

図 9

ヨーロッパでは、図 9 に示すように前述のような原理の回路に電子スタータを組み合わせ、実用化されはじめています。また最近、特に英国で特殊な形のスタータレス回路が用いられるようになってきた。これは、図 10 のような半共振形点灯回路で、ランプ始動前は回路は直列で、陰極は一定の電流で予熱され、点灯後は図 11 のような等価回路となるようになっている。電源の電圧と電流の位相はほとんど一致しており、力率は通常0.85程度であるのに対して、同等の容量のコンデンサを用いて、ほぼ1にすることができる。

図 10 半共振形点灯回路

図 11 半共振形点灯回路の等価回路

次に HID ランプ用回路に目を向けてみよう。多くの場合、HID 用回路は、リアクタ 安定器、力率改善 コンデンサとからなり、始動はランプ内の始動器または外部の電子スタータにより行なわれる。ランプ始動の方法には多くの方法があるが、これらについてはシュミット博士がすでに

論じているので詳しい説明は省略する。

低圧ナトリウムランプは、放電ランプの中で長い歴史をもつもので、当初は電極予熱形であったが、1930年代の中ごろから冷陰極が採用されるようになり、ランプ始動に高電圧が必要になった。典型的な低圧ナトリウムランプ用磁気漏れタイプ変圧器形安定器の回路を図 12 に示す。

図 12
SOX ランプ用磁気漏れトランス形点灯回路

点灯原理は、蛍光ランプのシリーズシーケンスの始動方式と類似のもので、力率改善コンデンサは、容量が少なく済むように高圧側巻線のタップに接続されている。

図 13 SOX ランプ用ハイブリッド点灯回路

最近、低圧ナトリウムランプの点灯回路について、多くの研究が行なわれてきている。たとえば、ランプ電流波形をランプ電圧波形と同じ形、同じ位相とすれば、ランプ力率および、それに伴ってランプ効率が改善されることから、これを実現する方法として図 13 のような回路が開発された。L1 コイルと L2 コイルは互いに独立したものであるが、同じ磁気回路中にあり、ある程度重なって巻かれている。ランプは十分飽和した L2 の一部とコンデンサ C の直列回路で点灯され、ランプ始動はランプに並列の電子スタータによって行なわれるようになっている。

図 14 は、通常の磁気漏れ変圧器タイプの安定器と、新しいいわゆるハイブリッド回路で点灯したときのランプ電圧、ランプ電流の波形を示したものである。ハイブリッド

図 14 ハイブリッド回路による SOX ランプの電圧-電流波形

回路では、ランプ電流波形はコイル L_2 の磁気飽和により大きく変形し、ランプ電圧波形と類似した形となっている。ランプ電流波形が矩形に近づくと、半サイクル間の電流反転が速くなるので、各半サイクルの再点弧電圧が低くなり、したがって回路電圧を低くできる。

今までは 50 Hz か 60 Hz の点灯回路について考察してきたが、ここで高周波点灯について触れてみたい。高周波点灯の場合、ランプ電圧波形は矩形波に近い形から正弦波に近い形になり、各半サイクル間の気体原子と電子の再結合が少なくなり、ランプ効率の向上がもたらされる。さらに回路損失が35%も低減されると同時に、回路重量も約半分にすることができる。

図 15 水銀ランプのランプ電圧の周波数依存性

図 15 は、高圧水銀ランプにおけるランプ電圧波形の周波数依存性を示したものである。この傾向は蛍光ランプにおいても同様である。25 年前われわれは、12 V または 24 V の直流電源用の、蛍光ランプ用トランジスタ安定器をはじめて開発した。当初のものは 400 Hz であったが、その後のものは、15 kHz から 24 kHz の間で動作するようになっている。これらの開発研究は、最近の交流電源用高周波安定器の開発の基礎となっている。

図 16 高周波安定器のブロック図

この安定器は、原理的には図 16 に示すように、電源の高調波成分を低減する入力フィルタ交流電源から直流に変換する整流平滑回路、およびトランジスタ安定器から構成されている。この方式の利点を最大限発揮させるべく、新しい一連の高周波用ランプが設計されている。約 30 kHz で点灯することにより、ランプ効率の向上ばかりか安定器損失も 50 Hz に比べかなりの程度低減できる。

このタイプの安定器では、調光機能をもたせることができ、照明の集中プログラム制御が可能となる。典型的な例として図 17 に示したような、IFS (統合機能システム) 装置が挙げられる。このシステムは、基本的にはバスラインを経て、サブステーションを接続した一連の論理ユニットから構成されており、サブステーションと論理ユニットとは、2 芯ケーブルのバスラインで相互に交信できるようになっている。照明のオン・オフの指示はすべて、ステーションのマイコンにたくわえられており、論理ユニットは

図 17 IFS のブロック図

この指示に従って照明器具の制御を実行する。さらにこのシステムでは、センサと組み合わせて照明制御することもできるし、必要に応じて火災、盗難警報やその他のエネルギー管理設備の処理もさせることができる。

IEC においては、すべてのタイプの安定器について安全と特性の両面から、規格が制定または審議されている。時間の関係上、安定器の IEC 規格のすべてについて論ずることはできないが、一、二の重要な点につき述べてみたい。さきに陰極の予熱と、始動に必要な回路電圧について触れたが、IEC では蛍光ランプ用スタータなし安定器に関しては各種パラメータの許容限界と、その試験のためのダミー抵抗が規格化されている。HID ランプについては、光束の安定に数分を要することから、ある一定時間内に光束またはランプ電圧が、安定時の値のある割合に到達するといった形で、立ち上がり試験が規格化されている。

ランプ入力、電流および光出力についても規格化されているが、さらにランプ電流波形についても厳密な限界が決められている。さきに述べたように、波形のひずみはランプの寿命に重大な影響をもっている。このため電流波形はピークファクタの値で規格化されている。

図 18 に、各種のピークファクタに対する蛍光ランプの電流波形を示す。一般に、ピークファクタは、1.7~1.8 以下にする必要があるが、低圧ナトリウムランプでは 1.5 以下としなければならない。図 19 は蛍光ランプにおける、ピークファクタのランプ寿命への影響を示したものである。

図 18 ピークファクタと波形

図 19 ピークファクタとランブ寿命

電源電流の変形についても、高調波成分の量によって規定されており、高次の高調波成分の限度に関し国際的に論議されている。その他、安定器の巻線部の磁気漏れ特性、可聴周波インピーダンス、ラジオ雑音の抑制、回路力率などについても規格化されている。図 20 は高調波成分比に対する到達可能な最高力率の関係を示したものである。

図 20 高調波含有率と最高力率の関係

安定器巻線部の最も重要な特性は、その耐熱特性である。巻線の温度上昇の測定法については、良く知られているところであるが、冷却に伴う抵抗値の変化から計算で求める方法が採られている。数10年前、普通の巻線では温度上昇10°Cで、寿命が半分になるという関係が確立された。これにより、いわゆる熱耐久性試験と呼ばれる安定器の試験法の開発が可能となり、安定器を高温で動作させ、既知の温度-寿命特性の関係をを用い、短期間で安定器寿命を知る方法が確立した。安定器には、定格の電圧、周波数で平均10年の寿命となる温度と、 t_w マークを表示することになっている。1950年代に精力的に行なわれた実験の結果から、短期間テストの温度を決める式として、以下のような式が定められている。

$$\log L = \log L_0 + 4520 \left(\frac{1}{t} - \frac{1}{t_w} \right)$$

L : 目標試験寿命 (日)

L_0 : 3652日 (10年)

t : 試験温度 (K)

t_w : 最高許容動作温度 (K)

図 21 は、各種の t_w 値について、試験期間と熱耐久性試験温度との関係を示したものである。試験は7個の安定器について通常30日間行なう。この後ランプの点灯試験、絶縁抵抗測定および高電圧試験を行ない、7個中6個は規格値を満足していなければならない。もし2個以上不合格となったら、さらに7個試験しすべてが合格しなければならない。新しいタイプの絶縁材料を使用しようとする場合

図 21 t_w 曲線

は、4500以外の定数を選定しても良いことになっているが、試験機関に対し、その妥当性を証明する必要がある、その方法も標準化されている。本件については、日本からの意見も含め多くの議論がなされており、近い将来規格が改訂されることも考えられる。

安定器の IEC 規格は、安全規格と特性規格に大別される。ここで、最近国際的に討議されている三つのポイントについて述べることにする。

数年前アメリカから、IEC Publication 82が熱保護機能付きのクラス P の安定器もカバーすべきであるとの提案がなされ、いくらかの議論の後、第二のタイプ、すなわち器具の▽マーク規格によって保護機能をもたせた fail-safe 安定器だけ、IEC Publication 82に含ませるということで合意が成立した。サーマルプロテクタを内蔵させた安定器には、▽と▽の2種類があり、それぞれ以下のように定義されている。

▽ : いかなる使用条件でも、過熱が防止されるような熱保護装置を内蔵した安定器で、器具への取付け表面の過剰温度上昇を防止するもの。

▽ : 熱保護装置を内蔵した安定器で、異常状態または安定器の長期使用から起こる、器具への取付け表面の過剰温度上昇を防止するもの。

熱保護機能の試験の前に、保護装置を短絡した状態で、通常の熱耐久性試験を行なわなければならない。また無負荷状態で、保護装置の動作温度より 5°C 低い温度で12時間加熱し、定格電流の約3%で予備選別試験を行なう。ケースの最高温度により判定するが、もしこれがあるリミットを越えていれば、リミットを越えてから最高温度に達するまでの時間によって判定する。▽安定器ではケースの最高温度は 90°C、定格最高巻線温度は 105°C、コンデンサ最高温度は 70°C と規定されている。

SON ランプ (高圧ナトリウムランプ) と、その安定器に話を移すと、シュミット博士がさきに述べたように、バイメタルスイッチまたは、点灯管のような始動器を内蔵させたランプがあるが、前者はバイメタルのスナップアクションにより単発のパルスが発生する。このようなパルスの測定法については、これまで国際的に相当論議されてきたが、最近、蛍光ランプ用点灯管の測定に決まっている IEC Publication 155の方法が適当であるとの結論に到達した。ただし、スナップアクションのある始動器については、多少校正係数を必要とするかも知れない。さらにパルス測定の規格化には、一定のインピーダンスと共振周波数特性を

もった標準安定器の設定が必要である。400 W SON ランプの標準安定器の特性は次のとおりである。

定格電圧：220 V 共振周波数試験電圧：20 V r. m. s.

定格周波数：50 Hz 共振周波数：35 kHz $\pm$ 10%

電圧／電流比：39 ohm 共振周波数における

インピーダンス：20 kohm $\pm$ 10%

標準電流：4.6 Amp

電圧／電流比などは、通常の試験用安定器と同じであるが、その他に、共振周波数とその周波数でのインピーダンスが規定されている。この標準安定器は IEC Publication 60 の15 kV インパルステストに合格するとともに、実際に使用するときには、巻線とケースの間の容量が正しく測定に折り込まれるように、ケースと電源端子とを接続する必要がある。高圧ナトリウムランプ用安定器では、使用時に印加される高圧パルスに耐えることを保証することが重要で、タイプテスト用サンプル 7 個について、図 22 に示す回路を用いて、耐パルステストを行なう。熱耐久性試験の後、168時間耐温テスト、定格の110%電圧で2分間の短絡試験と上記のパルステストを行ない、これらのテスト前後での絶縁抵抗、インピーダンス、電力損失の変化で合否を判定する。

図 22 始動器内蔵形高圧ナトリウムランプ用安定器のパルス試験回路

コンデンサについては、ここ40年間で大きく変化してきている。1940年代と1950年代は、アルミ箔と紙を巻いたものを円筒状または長方形の容器に収容し、オイルジェリーを満したタイプであったが、形が大きい、充てん物の漏出防止困難などの問題があった。その後、充てん物として、塩化ディフェニールが用いられるようになり、小型化が可能となったが、有毒であることがわかり、現在ではほとんどの国で使用禁止となっている。近年、アルミ箔は、紙やポリプロピレンの膜上に金属を蒸着したものに置き換わってきている。このタイプでは、膜の欠かきが少なく、したがってより薄い材料が使えるので、一定の容積でより大きな容量を得ることができる。紙タイプのコンデンサでは鉱物油が充てん物として用いられる傾向にあるが、ポリプロピレン膜タイプでは充てん物は必要としない。両方のタイプとも絶縁破壊が起こった場合、欠かん部分の微量の蒸着金属が蒸発し、欠かん部が取り除かれた状態になるような自己治癒機能をもつようになってきている。

しかし、これらの欠かん部が増えると、少しずつではあるが、容量が少なくなってくることを注意しておく必要がある。これらの最近のコンデンサでは、大きな短絡が起こると容器内にガスが発生することがある。このため容器の

一部が膨張できるようにしたり、さらに容器の膨張に伴って、端子とコンデンサ巻線との接続が開放されるような構造が採られている。

英国においては、ポリプロピレンコンデンサは、力率改善用として問題なく使用されてきたが、直列接続用としては、当初、巻線内での局部的イオン化の問題があった。この問題は、現在ではエポキシ含浸技術でほとんど解決されている。点灯回路用コンデンサについては、IEC Publication 566 に規格化されているが、1982年にその第2版が発行された。現在も耐久性試験と破壊試験に関して、活発な論議が行なわれており、自己治癒形以外のものにも適用できるように規格を改訂することが、COMEX の特別パネルで検討されている。

放電ランプの点灯回路に用いられる主要な電気部品について論じてきた。これらのほとんどは、IEC 規格となっており、多くの国々で国家規格として取り入れられている。さらに IEC では、点灯管以外の始動器、交流電源用高周波安定器、トランジスタ安定器、蛍光ランプ用一般安定器などについて、新設、改訂の検討が行なわれている。

この講演のはじめに、所望の照明効果を得るには多くの場合、ランプからの光を空間的に制御することが重要であることを述べた。この目的を果たすのがいうまでもなく照明器具である。IEC Publication 598 で器具は次のように定義されている。

“一つまたはそれ以上のランプから放射された光を分配、透過または変換する装置で、ランプを支持し、固定し、保護するのに必要なすべての部品を含み、必要に応じ回路とそれらを電源に接続する手段を含む。”

この基本定義につづいて、一般器具、調整可能器具、複合器具、固定器具、可動器具、埋め込み器具なども定義されている。IEC Publication 598 は非常に広範囲にわたっており、機械的、電気的、熱的観点から、すべての照明器具についてその安全性を規格化している。

ここで、照明器具全般について詳述する時間はないので、一、二の点に絞って話を進めることにする。屋内照明には従来タイプの batten 器具がまだ数多く用いられているが、近年、省エネのため、プリズムやミラーを利用した精巧な配光特性をもった蛍光ランプ器具が出現した。この器具では、配光特性の改良によって器具配列間隔が大きく取れるとともに、高い器具効率と低い輝度が得られている。かつては照明設計において、水平面照度だけが重要視される傾向があったが、実際には鉛直面照度が非常に重要である。工場照明用の高圧ナトリウムランプ器具で、適用場所に応じ、ランプと反射鏡の相対位置を種々に変えて、鉛直面照度と、水平面照度を適当に変えられる器具が開発されている。

屋外照明の分野では、道路照明器具はより精巧なものになってきている。路面輝度については多くの国で、CIE の基準が採用されてきているが、英国では路幅、ポール間隔、器具取付け高さについての表を用いた簡単なシステム

が採用されてきた。この方法では、均斉度などについては十分ではないが、他の項目では **CIE** 基準とほとんど同等であることが最近の研究でわかってきた。

英国では、世界で最も多く低圧ナトリウムランプを道路照明に用いている。**CIE** 基準と英国規格の相方を満足するセミカットオフ、カットオフに調整可能な安定器内蔵形の器具が開発されている。投光照明器具についても、以前に比べ、遙かに正確に光学制御ができるようになってきている。

最近の進歩の中で最も重要なものは、鉛直面に非対称配光をもった光学システムの設計技術である。道路照明における歩道部分の照明も重要で、最近の実験では人の顔の認識の点から、準円筒照度 (Semi-cylindrical illuminance) が非常に重要であることがわかってきている。この点に関して将来の **CIE** において、より大きく扱われることになるであろう。

照明設計の方法についてここで論ずることはできないが、ますますコンピュータが活用されていくということができる。特にカラー放送が行なわれるようなフットボール競技場の照明設計など、複雑な照明設計にはコンピュータは不可欠である。しかし照明設計すべてに大型コンピュータが必要というわけではない。最近われわれのところでは、経済計算と照明設計とができるポケットコンピュータを照明デザイナーに持たせるようにした。

短い時間ではあったが、ランプ以外の照明技術分野のハードウェアの開発動向について、受講者のかたがたにある程度の知見を与えられたのであれば幸いである。

《討 論》

質 問 (パネラー 小山 敦夫) : ヨーロッパで開発されている高周波点灯専用蛍光ランプは、従来のランプとの互換性はどうか。また高周波点灯に最適なランプ仕様はどうか。

回 答 : 高周波点灯専用ランプは管径が 26 mm で、その電気特性は、たとえばランプ電力 16 W のものでランプ電圧 63 V、ランプ電流 255 mA である。従来ランプとの互換性はない。

質 問 (パネラー 小山 敦夫) : 高周波点灯装置の将来性についてご意見を伺いたい。

回 答 : 信頼性の確保が問題である。経済性を考えれば用途としては一般家庭用ではなく、業務用に普及すると考えている。

質 問 (パネラー 浦山 隆) : transformer を使用しない rapid start のバラストは、single reactor type のものか、あるいは L-C series type のものか。また電源電圧変動に対するランプ電流変動率はどのくらいか。

回 答 : 2 灯 sequential type の場合、どちらでも利用可能である。ランプ電流変動率は 10% の電源電圧変動に対して 13% 程度と思う。

質 問 (パネラー 浦山 隆) : 安定器を小型化するとランプ電流変動率が増大し、安定器の温度上昇の原因となると思うがいかがですか。

回 答 : 質の良い積層鉄心を用いたり、角形や円筒形に巻線を作れば安定器は小型化できるが、電流変動率は必ずしも増大しない。

質 問 (児玉 浄) : 電子バラストの問題に価格が高いことがあるが、将来どの程度価格が低下し普及するとお考えか。

回 答 : いろいろな検討が続けられており、将来は安くなり普及すると思う。とくに IFS (Integrated Function System) の採用とともに、半導体回路の需要は増していくと思われる。

質 問 (パネラー 小山 敦夫) : HID ランプを高周波点灯すると音響的共鳴現象が問題となるが、ヨーロッパではどのように対処しているか。

回 答 : HID ランプの高周波点灯の研究は、音響的共鳴の問題のためヨーロッパではあまり行なわれていない。

質 問 (パネラー 小山 敦夫) : 照明コントロールシステムについて、制御信号の伝送は電灯線搬送方式が一つの有力な手段と考えるが、この方式についてのご意見をお聞きたい。

回 答 : 一般家庭用としては、既設配線を利用する点で電灯線搬送方式が考えられるが、今日ヨーロッパで採用されている照明コントロールシステムは、たとえば街路照明の制御などであり、これには専用信号線方式が利用されている。

(受付 1984 年 2 月 7 日)