脈動光束の光電交照測光について

名誉会員 尾 本 義 一* 正会員 山口 昌一郎*

On the Photoelectric Flicker Photometry of Fluctuating Lights

by Yoshikazu Omoto (Honorary Member) and Shyoichiro Yamaguchi (Member)
(Tokyo Institute of Technology)

ABSTRACT

Hardy's and Perkin-Elmer's automatic recording spectrophotometers seem to be excellent with respect to photometric system and automatic recording mechanism. They adopt the so-called double beam type of optical system and the automatic recorder of comparison-and-balancing method.

Generally, for an automatic recorder of a measuring instrument, the balancing type is better than the deflection type in their abilities.

Recently, several types of automatic recording spectro-radiometer have been developed to meet the increasing demand, but most of them are of the deflection type, and we are aware of no one which adopts the flickering-and-balancing method. The task of a spectro-radiometer is not the same as that of a spectro-photometer, so we cannot use the above method without some proper modifications. In spectro-radiometry for the measurement of spectral energy distributions of lights from a. c. operated fluorescent lamps, we have to deal with fluctuating lights. In this case, it is very important to select the frequency of flickering device, because the accuracy of measurements and the recording speed depend directly upon this choice: there are cases in which it is impossible to detect the signal expected in the resultant out-put voltage, or it is very difficult to design the electric circuits so as to have the apparatus operate satisfactorily.

In the first part of this paper, the time-varying functions of both fluctuating lights and the flickering process are introduced, and then the signal contained in the above waves is analyzed.

Next, the conditions to match the photometric and electric balance are discussed.

Finally, the procedure of selecting an optimum flicker frequency, necessary to attain the measurement accurately for an estimated fluctuating light, is proposed, and furthermore the necessary condition of electrical characteristics of the detection circuit is noticed.

1. 緒 言

近年照明工学、色彩管理等において分光測光の必要性が増大し、それに伴って各種の分光測光装置¹⁾²⁾の開発も進み、既に種々の優れたものも製作されている。最近の傾向としてはこれら分光測光器を工業計測器として使用する関係上自動記録化する趨勢にあり、ここにおいて測光方式、自動制御方式、記録方式等に関し幾多の問題が生じてくる。複光束型による自記分光光度計としては Hardy や Perkin-Elmer 等のものが代表として挙げられるが、これらはその目的上、一つの光源から出た光束を 2 光束に分け、標準側と試料側の光路を通して同一の受光器に入射せしめる。この受光器で標準物と試料の光学的性質の差（例えば分光反射率、分光透過率）を電気的に検出し、この差の信号を上記の光路中に設けられた調光機構に帰還して両光束の差を零にするように制御するものである。このような比較平衡法は理想的な標準物

利用できるとすれば、装置全体の直線性、選択性、安定性、および精度等の点で最も優れた方式であることは明かである。この長所を同様に分光放射計にも採用できれば望ましいことと思われる。

けい光放電灯の演色性や Color flicker 現象³⁾等の研究において、その分光エネルギー分布の測定が行われ、それに対する分光放射計の試作報告²⁾⁴⁾も発表されているが、その多くは所謂偏位法に基づく方式のものであって、比較平衡型によるものは見当らぬ現状である。分光放射計に比較平衡法を採用する場合、技術的に困難な点や特に考慮すべき問題は多数あり、これらに対する検討が必要である。けい光放電灯の分光測光は照明工学において重要な問題であるが、交流点灯時のその光束は脈動的になり、しかもこの脈動波形が波長によって可成り変化することが知られている。このように脈動する光束に対して光電交照測光法を適用するときは、交照機の交照周波数および検出器の電気的特性等について特に考慮を払わねばならない。本文ではこのような光源を試料光源

* 東京工業大学

とし、これと標準光源との交照測光によりその分光エネルギー分布を測定せんとするような場合に、特に考慮すべき事項について解析を行い、さらに本方式の装置の合理的設計に際して選定すべき交照機の交照周波数および同調増幅器の選択性の決定法を求めたものである。

2. 交照測光

ギルドの交照光度計等により視感による交照測光法は比較的古くから採用されているが、ここでは視感法ではなくて光電管等による物理測光法を取扱うことにする。2光束の交照が理想的に行われたときの断続波形は第1図に示すようになる。この場合は2光束の切替時に休止区間もなく、また立上りおよび下降は垂直であって、2光束に差異ある場合には第2図に示すように交照周波数を基本波とする矩形波状の信号を取り出すことができる。

第1図 理想的交照作用による2光束の断続光束波形。

第2図 第1図波形中の交流分

従ってこのようなA, B両光束の平衡をとるためには第2図に示した矩形波を零にすれば完全であるが、実際にはこの矩形波中に含まれる基本波だけを取扱ってこれを零にするだけで充分平衡が得られるわけである。事実この考え方はこの種の装置の自動制御回路に有効であって実際に採用されているものも少なくない。ここで特に注意せねばならぬことは、この考え方には次の二つの重要な理想化された仮定が含まれていることである。

- (i) A, B両光束はそれぞれ少くとも交照周期Tに比較して充分長い期間、その大きさが変化しないこと。
- (ii) 交照機構によって両光束の断続が第1図に示すように全く理想的に行われること。

本文ではこの二条件を便宜上理想的交照条件と呼ぶことにする。この理想的交照条件を少し厳密に吟味してみると、先ず条件(i)は光束A, Bを発生する二つの光源を例えば直流点灯した場合には満足されるが、一般には光源は交流で点灯される場合が多く、またその場合に脈動光束波形が分光的に興味ある変化をすることについての

詳しい報告³⁾もなされている。概略的には交流点灯時の光束波形は、ある大きさの直流分に電源周波数の2倍の周波数を基本波とする交流分が重なったものと見なし得る。このような光束を交照機構によって断続する場合に得られる光電管出力波形は、脈動光束自身の時間函数的性格と交照機構の演ずる時間函数的作用の組合わされたものとなって、第2図のような簡単な表示は最早不可能になる。さらに自動記録化する場合には、波長送りによって厳密には検出量が時々刻々変化するので、これによる第三番目の時間函数を導入せねばならない。以上のことを纏めるために、ある脈動光束を交照機構によって断続し、これを波長送りがかかっている単色光器に入射せしめた場合を考えると、次のように表現することができる。

$$\text{脈動光束波形, } F(t) = F(\omega t, \lambda) \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{単色光波長, } \lambda = \lambda(t) \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{交照機の断続作用, } G(t) \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$\begin{aligned} \text{光電管出力波形, } E(t) &= k \cdot F(t) \cdot G(t) \cdot R(\lambda) \\ &= k \cdot F(\omega t, \lambda(t)) \cdot G(t) \cdot R(\lambda(t)) \quad \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

上式において $F(\omega t, \lambda)$ は角周波数 ω なる交流電源によって点灯された光源から出る脈動光束を分光したとき、時間 t 、波長 λ における光束の瞬時値を示すものである。単色光器を通過する単色光波長は、波長送り速度によって決定される時間函数 $\lambda(t)$ で表わされる。また交照機の断続作用も後述のように一種の時間函数 $G(t)$ で表わすことができる。従ってこのような状況の下で光電管に発生する電氣的出力 $E(t)$ は(4)式のように $F(t)$ と $G(t)$ の積に或る係数 k および装置全体の総合分光特性 $R(\lambda)$ を乗じたもので表わされる。(4)式の $E(t)$ は複雑な形であるが、測光において真に目的とする量は(1)式の $F(t)$ の時間平均値 $F_m(t)$ であって数式的には次のようになる。

$$F_m(t) = \frac{1}{T} \int_0^T F(\omega t, \lambda) dt \quad \dots\dots\dots(5)$$

(5)式の被積分函数 $F(\omega t, \lambda)$ に含まれる変数 λ は厳密には前述のように $\lambda(t)$ であるので、波長送りすなわち波長変化の速度を余り大にすると、 $F(\omega t, \lambda)$ の値に及ぼす $\lambda(t)$ の影響は無視できなくなる。波長送り速度の決定は重要なことであるが、一般には ω に比較して充分低くとられるのが普通である。従ってこのような場合には、周期 $T \left(= \frac{2\pi}{\omega} \right)$ に相当するような短い期間については近似的に $\lambda(t)$ は一定と見做し得るので、 $F(\omega t, \lambda)$ の λ は媒介変数として考えればよいことになる。

以上は説明の便宜上、一つの光束について論じたものであるが、冒頭にのべたような2光束の比較平衡を求め

るときも、平衡の対象となる量は飽くまでも両者の光束の時間平均値である。この条件は視感交照測光の場合には、その測光平衡に自ら含まれるものであるが、物理交照測光においては、測光の方法如何によっては誤った量を求める可能性をも生じるので慎重に考慮する必要がある。

3. 測光平衡と電気平衡

前節では特に脈動光束の物理交照測光について検討したのであるが、本節では交照機によって断続された光束波形の数学的解析を行って測光平衡と電気平衡との関係を詳細に述べることにする。

今脈動光束を第3図に示すように、大き A なる直流分と、角周波数 ω_0 、振幅 B なる交流分とが重なったものと仮定する。この脈動光束を、交照角周波数 ω_s (交照周波数、 $f_s = \frac{\omega_s}{2\pi}$) で前節の理想的交照条件を満足するように断続したとすると、その結果は第4図のような光束波形が得られる。

第3図 脈動光束波形 (脈動周期 $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$)

第4図 第3図の脈動光束を断続した波形
(交照周期 $T_s = \frac{2\pi}{\omega_s}$)

第4図は現象を図式的に求めたもので、この図形から解析することも不可能ではないが、次のような考え方をすれば数学的解析は一層明快になり、関連事項の検討も比較的容易になると思われる。交照機の理想的断続作用は、数学的には第5図のように高さが1で周期 T_s なる矩形波状の時間函数 $G(t)$ を脈動光束を表わす時間函数 $F(t)$ に掛けたものと等価であると考えられる。

第5図 断続作用の時間函数表示

第5図の函数 $G(t)$ はフーリエ級数展開によって次のように書くことができる。

$$G(t) = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} (\sin \omega_s t + \frac{1}{3} \sin 3\omega_s t + \frac{1}{5} \sin 5\omega_s t + \dots) \\ = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\sin(2n+1)\omega_s t}{(2n+1)} \quad \dots\dots\dots (6)$$

一方第3図の脈動光束を表わす函数 $F(t)$ は、次式で与えられる。

$$F(t) = A + B \sin \omega_0 t \quad \dots\dots\dots (7)$$

故に第4図の断続された波形を $\psi(t)$ とすると

$$\psi(t) = F(t) \cdot G(t) \\ = (A + B \sin \omega_0 t) \times \left\{ \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\sin(2n+1)\omega_s t}{(2n+1)} \right\} \quad \dots\dots\dots (8)$$

となる。第3図の脈動光束の時間平均値 $F_m(t)$ は

$$F_m(t) = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} F(t) \cdot dt \\ = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} (A + B \sin \omega_0 t) dt = A \quad \dots\dots\dots (9)$$

となる。これは第3図をみてもすぐわかることで、時間平均値はすなわち直流分の大きさである。そこで(8)式を展開して、次のように書き直す。

$$\psi(t) = \frac{1}{2} A + \frac{1}{2} B \sin \omega_0 t \\ + \frac{2}{\pi} \cdot A \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\sin(2n+1)\omega_s t}{(2n+1)} \\ + \frac{2}{\pi} \cdot B \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)} (\sin \omega_0 t) \cdot \sin(2n+1)\omega_s t \quad \dots\dots\dots (10)$$

ここで、 ξ を次のように定義する。

$$\xi = \frac{B}{A} \quad \dots\dots\dots (11)$$

ξ を用いて(10)式を整理すると

$$\psi(t) = \frac{1}{2} \cdot A + \frac{1}{2} \cdot \xi \cdot A \cdot \sin \omega_0 t \\ + \frac{2}{\pi} \cdot A \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)} \cdot (1 + \xi \cdot \sin \omega_0 t) \cdot \sin(2n+1)\omega_s t \quad \dots\dots\dots (12)$$

を得る。このものの物理的意義を考えてみると、それは第3図の脈動波形における交流分振幅 B と直流分の大きさ A との比であるから、その値は一種の脈動率を示すものと云える。

(12)式は $\psi(t)$ 中に平均値 A が如何なる状態で含まれるかを明白に示している。

以上は脈動光束波形を第3図のように仮定した近似的な場合を取扱ったものである。しかし光源によっては、その脈動光束中にさらに高次の高調波成分を含むことがある。この場合は(7)式の函数 $F(t)$ を次のように記せばよい。

$$\begin{aligned} F(t) &= A + \sum_{\nu=1}^m B_{\nu} \cdot \sin(\nu \omega_0 t + \theta_{\nu}) \\ &= A + A \sum_{\nu=1}^m \xi_{\nu} \cdot \sin(\nu \omega_0 t + \theta_{\nu}) \quad \dots\dots\dots (13) \end{aligned}$$

但し、 ν は高調波の次数を示し、 B_{ν} および θ_{ν} はそれぞれ第 ν 次高調波成分の振幅と位相角を表わし、 ξ_{ν} は B_{ν} と A との比を示すものとする。また m は $F(t)$ 中に含まれる最高次の高調波の次数を指すものとする。

(13)式の $F(t)$ を断続したときの波形函数 $\psi(t)$ も(12)式の場合と同様にして、次のように表わされる。

$$\begin{aligned} \psi(t) &= F(t) \cdot G(t) \\ &= \left\{ A + A \sum_{\nu=1}^m \xi_{\nu} \sin(\nu \omega_0 t + \theta_{\nu}) \right\} \cdot \\ &\quad \left\{ \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\sin(2n+1)\omega_s t}{(2n+1)} \right\} \\ &= \frac{1}{2} \cdot A + \frac{A}{2} \cdot \sum_{\nu=1}^m \xi_{\nu} \cdot \sin(\nu \omega_0 t + \theta_{\nu}) \\ &\quad + \frac{2A}{\pi} \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{\nu=1}^m \frac{\{1 + \xi_{\nu} \cdot \sin(\nu \omega_0 t + \theta_{\nu})\}}{(2n+1)} \cdot \\ &\quad \cdot \frac{\sin(2n+1)\omega_s t}{(2n+1)} \quad \dots\dots\dots (14) \end{aligned}$$

普通一般の場合には(12)式程度の近似で充分と思われるが、厳密を期するために以後(14)式を用いて検討する。

(14)式右辺の第1項と第2項は、それぞれに係数 $1/2$ が掛かつただけで、その他は(13)式の $F(t)$ と全く同形である。また第3項は ν と n についての総和を求めるものであるが、総和記号の中の函数は、 $\frac{1}{(2n+1)} \cdot \sin(2n+1)\omega_s$ を搬送波、 $\sin(\nu \omega_0 t + \theta_{\nu})$ を信号波、さらに ξ_{ν} を変調度と見做せば一種の振幅変調波を表わすものと云える。

(14)式は、一つの光束 $F(t)$ を断続したときの光束波形函数であるが、主題である二つの光束を交照する場合を次に説明する。両光束を区別するためにそれぞれの量に添字1,2を附すことにする。即ち第1の光束は $F_1(t)$ 、第2の光束は $F_2(t)$ で表わし、断続函数もそれぞれ $G_1(t)$ 、 $G_2(t)$ とする。 $G_1(t)$ を表わすのに(6)式を再び流用すると、 $G_2(t)$ は $G_1(t)$ から位相角が π だけ遅れたも

のと考えればよいので次式のようになる。

$$\begin{aligned} G_2(t) &= G_1(t + \pi) \\ &= \frac{1}{2} - \frac{2}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\sin(2n+1)\omega_s t}{(2n+1)} \quad \dots\dots\dots (15) \end{aligned}$$

$G_1(t)$ と $G_2(t)$ を図示すると第6図のようになる。

第6図 $G_1(t)$ と $G_2(t)$ との関係

(6)式の $G_1(t)$ と(15)式の $G_2(t)$ を比較してみると、右辺第1項は同一で、第2項の符号が正負反対になるだけ異っている。従って両光束 $F_1(t)$ 、 $F_2(t)$ が交照機を通過したときの断続光束波形 $\psi_0(t)$ は、各光束についての断続波形 $\psi_1(t)$ と $\psi_2(t)$ を加算したものとして、次のように表わされる。

$$\begin{aligned} \psi_0(t) &= \psi_1(t) + \psi_2(t) \\ &= F_1(t) \cdot G_1(t) + F_2(t) \cdot G_2(t) \\ &= \frac{1}{2} \{ F_1(t) + F_2(t) \} \\ &\quad + \{ F_1(t) - F_2(t) \} \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \cdot \\ &\quad \cdot \frac{\sin(2n+1)\omega_s t}{(2n+1)} \quad \dots\dots\dots (16) \end{aligned}$$

ここで(16)式中の $F_1(t)$ 、 $F_2(t)$ は(13)式のように次の式で表わされると仮定する。

$$F_1(t) = A_1 + A_1 \sum_{\nu=1}^{m_1} \xi_{1\nu} \sin(\nu \omega_0 t + \theta_{1\nu}) \quad \dots\dots\dots (17)$$

$$F_2(t) = A_2 + A_2 \sum_{\nu=1}^{m_2} \xi_{2\nu} \sin(\nu \omega_0 t + \theta_{2\nu}) \quad \dots\dots\dots (18)$$

但し、 A_1 、 A_2 はそれぞれの光束の平均値であり、 m_1 、 m_2 はそれぞれ $F_1(t)$ 、 $F_2(t)$ 中に含まれる最高次の高調波次数とする。これらの $F_1(t)$ 、 $F_2(t)$ を(16)式に代入すると

$$\begin{aligned}
 \psi_0(t) = & \frac{1}{2}(A_1 + A_2) \\
 & + \frac{A_1}{2} \cdot \sum_{\nu=1}^{m_1} \xi_{1\nu} \cdot \sin(\nu\omega_0 t + \theta_{1\nu}) \\
 & + \frac{A_2}{2} \cdot \sum_{\nu=1}^{m_2} \xi_{2\nu} \cdot \sin(\nu\omega_0 t + \theta_{2\nu}) \\
 & + \frac{2}{\pi} \cdot A_1 \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{\nu=1}^{m_1} \frac{1}{(2n+1)} \cdot \{1 + \xi_{1\nu} \\
 & \cdot \sin(\nu\omega_0 t + \theta_{1\nu})\} \cdot \sin(2n+1)\omega_s t \\
 & - \frac{2}{\pi} \cdot A_2 \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{\nu=1}^{m_2} \frac{1}{(2n+1)} \cdot \{1 + \xi_{2\nu} \\
 & \cdot \sin(\nu\omega_0 t + \theta_{2\nu})\} \cdot \sin(2n+1)\omega_s t \quad \dots\dots\dots 19
 \end{aligned}$$

19式は光束を交照測光するときの断続光束波形を表わす一般式であるとする。交照測光において2光束のそれぞれの平均値 A_1 と A_2 の比較を行って、両者を等しくするいわゆる測光平衡を得たとき、検出電気回路においてもそれに対応する信号の電気平衡が得られることが必要である。

そこで19式中のどの項を検出の対象に選ぶかについての条件を挙げてみる。

- (i) 測光平衡がとれたとき、同時に電気平衡が成立つためには、平均値 A_1 、 A_2 を含んで互に符号の異なる二項を選ばねばならない。
- (ii) 光源の光束の脈動状況によって平衡条件に影響を及ぼすもの、すなわち ξ 、 θ を含む項は避けるべきである。従つてもを含めぬ二項を選ぶこと。
- (iii) 検出の都合上、成るべく振幅の大きい項を選ぶこと。

以上の条件をすべて満足させるためには、19式中正、負の二重総和函数中よりそれぞれ一項づつを選ぶ必要があつて、特に $n=0$ とし、また振幅にも等を含まない ω_s を角周波数とする量が良いと云える。これらの項を抜き出して書くと、

$$\begin{aligned}
 & \frac{2}{\pi} \cdot A_1 \cdot \sin \omega_s t - \frac{2}{\pi} \cdot A_2 \cdot \sin \omega_s t \\
 & = \frac{2}{\pi} (A_1 - A_2) \cdot \sin \omega_s t \quad \dots\dots\dots 20
 \end{aligned}$$

となり、 $A_1 = A_2$ すなわち測光平衡が得られたときは、これに対応する電気信号も零になり電気平衡が得られることになる。

以上を総合すると、脈動する2光束の物理交照測光を行う場合測光平衡と電気平衡を同時に成立せしめるためには、交照周波数成分だけの信号に着目して他の成分は除外して取扱えば充分であると云える。このことは第2図でのべた脈動せぬ2光束の交照測光で、比較平衡を求める場合と原理的には同一であるが、脈動光束の場合は19式に示すように遙かに複雑な波形中より ω_s 成分をと

り出す必要上、検出器の選択性と交照周波数の選定法が問題になる。

4. 交照周波数と同調増幅器の選定法

19式に示すような波形の光束が光電管に入射すると、そこに発生する電気出力 $E(t)$ は $\psi_0(t)$ にある係数を乗じたものであるから、 $E(t)$ は $\psi_0(t)$ と同形である。そこで式の繁雑をさけるために、 $E(t)$ の説明に $\psi_0(t)$ を代用することにする。先ず $\psi_0(t)$ 中より ω_s 成分だけを選択検出するために参考として $\psi_0(t)$ 中に含まれる各周波数成分の振幅の大きさを調べてみる。このためには19式の $\psi_0(t)$ の周波数スペクトルを求めればよいのであるが、 $\psi_0(t)$ は2光束についての式で項数が多くて非常に繁雑である。そこで説明を容易にするために、一つの光束についての断続波形14式を利用することにする。それは2光束の場合も一つの光束の場合と同様に取扱えばよいからである。

14式の $\psi(t)$ の周波数スペクトルを求めると第7図のようになる。勿論各成分振幅は光束の脈動状況即ち A および ξ によって変化するので、その大きさは任意にとつたものであるが大体的様相はこのようになると云える。また横軸の周波数目盛も表示を明快にするために均等目盛ではなくて任意の間隔にとつたものである。

この図を見れば周波数 f_s なる波の振幅は、 A および ξ の値の如何にかかわらず、他のすべての成分振幅よりも大きいことが明にわかる。周波数 f_s は断続周波数を表わしたものであるが、同時に振幅変調波群の中の最低次の搬送波周波数を示すことになる。

周波数スペクトルの分布状態を調べると、同図では $f=0$ すなわち直流分から始まり、周波数の増大につれて脈動光束の交流成分が並び、その次に多数の振幅変調波群が続いている。この図では f_s の値を f_0 に比して相当大きくとつた場合を示している。

これらの多くの波の中から f_s 成分だけを選択的に検出するためには、 f_s を同調周波数とする同調増幅器を通して f_s 以外の周波数成分を遮断すればよいわけである。しかし同調増幅器の選択性にも限度があり、もし f_s の近傍に有力なる他の周波数成分が存在するときはその遮断効果を充分発揮できぬことになる。

第7図では f_s の高周波側には、 f_s の奇数次の高調波を搬送波とする振幅変調波群が存在するが、それらの振幅は周波数とともに減少し、また f_s との周波数間隔も比較的大きい。これに対して f_s の低周波側には比較的振幅の大きい脈動光束の交流分が存在し、 f_s の値如何によってはこれらとの周波数間隔が接近することになる。従つて f_s の値を f_0 およびその高調波の値に対して如何

 第7図 断続光束波形 $\psi(t)$ の周波数スペクトル

に決定するかが問題になる。 f_s と f_0 との周波数間隔を充分大きくとれば、選択特性の比較的ゆるやかな同調回路に間に合うことになるが f_s の値を余り高くすることは交差機の構造等から難点を生ずる。それ故、両者の関係を協調的に利用するように f_s の値を決定するのが最も合理的であると思われる。このような見地から f_s の選定に対して次の基準が得られる。

$$mf_0 < f_s - mf_0 \quad \dots\dots\dots (21)$$

$$\therefore f_s > 2mf_0 \quad \dots\dots\dots (22)$$

(21)式は、脈動光束波形中で最高次の高調波周波数 mf_0 と、 f_0 の搬送波の下側帯波中で最低次の周波数 $(f_s - mf_0)$ との関係を規定するものである。その結果(22)式は交差周波数 f_s を脈動光束中の最高次の高調波周波数 mf_0 の2倍以上に選ぶべきことを与えている。(22)式の決定法は必ずしも必須条件ではないが、 f_s を決定するための条件として充分価値があるものと云える。

被測光源の光束の脈動状況より mf_0 を推定して、(22)式の基準に従って f_s を決定すると、次に同調増幅器の選択性をどのようにきめるべきかが問題になる。

第7図において、同調周波数を f_s とした充分選択性の良い同調増幅器を用うれば、 f_s より遠いところにある周波数成分は充分遮断されるとしても、 f_s の比較的近傍にある成分は選択度如何によつてはなお残存することになる。これはとくに2光束の測光平衡を得ときの誤差となるので充分に除去せねばならない。それ故選択性の決定に当っては、測定許容誤差を満足させるように、 f_s に最も接近した同波数 $(f_s \pm f_0)$ における振幅減衰度をきめればよい。同調増幅器の選択性に関しては次の式が

与えられる。⁵⁾

$$\frac{K'(\text{同調点から離れた点の増幅度})}{K_0(\text{同調点の増幅度})} = \frac{1}{Q(\gamma - \frac{1}{\gamma})} \quad \dots\dots\dots (23)$$

$$\text{但し} \quad \begin{cases} \gamma = \frac{\text{同調点から離れた点の周波数}}{\text{同調周波数}} \\ Q = \text{回路の実効Q} \end{cases}$$

第7図から f_s の振幅は $\frac{2}{\pi} \cdot A$ 、また $f_s \pm f_0$ の振幅は $\frac{1}{\pi} \epsilon_1 \cdot A$ であるから、測定許容誤差を δ とすれば次の関係式が得られる。

$$\delta = \frac{K'}{K_0} \times \frac{\frac{1}{\pi} \epsilon_1 A}{\frac{2}{\pi} A} = \frac{\epsilon_1}{2} \cdot \frac{K'}{K_0} = \frac{\epsilon_1}{2Q(\gamma - \frac{1}{\gamma})} \quad \dots\dots\dots (24)$$

ここでは $\gamma = \frac{f_s \pm f_0}{f_s}$ であり、近似的には

$\gamma - \frac{1}{\gamma} \approx 2(\gamma - 1)$ となるから、(24)式は次のようになる。

$$|\delta| \approx \left| \frac{\epsilon_1}{2Q \times 2(\gamma - 1)} \right| = \left| \frac{\epsilon_1}{4Q \left(\frac{f_s \pm f_0}{f_s} - 1 \right)} \right| = \frac{\epsilon_1}{4Q \left(\frac{f_0}{f_s} \right)} \quad \dots\dots\dots (25)$$

$$\therefore Q = \frac{\epsilon_1}{4|\delta| \left(\frac{f_0}{f_s} \right)} \quad \dots\dots\dots (26)$$

(26)式は同調増幅器の選択度を与えるもので、交差周波数 f_s 、脈動光束の基本波周波数 f_0 およびその脈動率 ϵ_1 、

並びに許容誤差 δ をきめれば Q の値が求められる。例として、 $\delta = \frac{1}{100}$, $f_s = 1,000(c/s)$, $f_0 = 100(c/s)$, $\xi_1 = \frac{2}{3}$ なる場合を仮定すると、この場合に必要とする同調増幅器の選択度 Q は

$$Q = \frac{\frac{2}{3} \times 1,000}{4 \times \frac{1}{100} \times 1,000} = 167$$

となる。

5. 結 言

物理交照測光法は種々な目的に対して、今後も益々利用されると思われる。その場合個々の目的に対して要求される測定精度や測定速度等測定装置の諸特性を厳密に検討して合理的な設計を行うことは重要な問題である。本文では若干の理想的仮定を用いたが出来るだけ一般性を持たせて、これらの基礎となる解析法と設計基準を求めた。交照機の断続作用の時間函数表示では理想的矩形波函数と仮定したが、実際には交照機の構造と通過光束

の形状によって三角波、あるいはその他の形状になる場合が多い。しかしその個々の場合に応じて本文で与えた $G(t)$ 函数の形を修正すれば、その他の取扱いは全く同様にできるものである。脈動光束を交照機によって断続した時の周波数スペクトルは第 7 図に示すように興味深い分布をすることがわかり、これを参考として交照周波数と同調増幅器の選択性を決定する方法は充分応用できるものと信ずる。

最後に引用文献の著者に対して深く謝意を表する次第である。
(昭30-8-30受付)

文 献

- 1) 吉永 弘：電学誌. **72**, 8 (昭27) 387.
- 2) 野中 守：電試調査報告, 144 (昭29)
- 3) 野中 守：照学誌. **38**, 3 (昭29) 143.
- 4) 山田, 三橋, 赤木：照学誌. **38**, 9 (昭29) 367
- 5) 溝上銑貳：F.E. TERMAN 著. ラジオ工学 第2号 430.

(12頁よりつづく)

格電圧で行う。ただしあらかじめ試験電圧と寿命との関係を協定した場合には定格電圧値以上の電圧で行ってもよい。

備考 1. 試験電圧の変動は $\pm 1\%$ 以内とする。なおその電圧は精密な記録電圧計で記録しなければならない。

2. 寿命試験はとくに指定のないかぎり口金を上方にする位置で振動しない状態のもので行う

5.4 口金の寸法検査 口金の寸法検査は限界ゲージで行う。

5.5 口金の接着強サ試験 口金の接着強サ試験は E 26 口金について行い、口金とガラス球との間にネジリモーメントを徐々に加え、30kg cm に達してもこれに耐えるかどうかを試験する。この試験は持込のすぐあとで行う

6. 試験個数および合格条件

5 の検査および試験は同一形式の電球について行い、

試験個数および合格条件は受渡当事者間の協定によるものとする。

7. 表 示

電球にはつぎの事項をガラス球または口金に表示しなければならない。

- (1) 形 式
- (2) 製造者名またはその略号

8. 製品の呼び方

製品の呼び方は名称、形式による。

例：小丸電球 100V 2C

主務大臣：通商産業大臣

制定：昭和30.7.22

官報公示：昭和30年

原案協力者：日本電球協会

審議部会と専門委員会：電気部会（部会長 山内二郎）

小丸電球専門委員会（委員長 望月静夫）

この規格についての意見または質問は工業技術院標準部（東京都中央区銀座東 7-5）へ連絡して下さい。

表 紙 説 明

梅田ビル事務室（大阪）

大阪駅前に竣工なった梅田ビルディングは地下にビヤホール、クラブ、小料理店といわば飲食街。1階は銀行と証券会社、2階以上が一般貸事務所となっている。写真はこの貸事務所の一角である。このビル独特の鋭角三角形的平面図形のこの一角は、照明器具の配置も角の二等分線に対称的な配列を行っているが、その他の特異点として FL-40, 2 灯用器具の構造であろう。つまり写真より分る通り照明器具として見えるのは特殊な形状のソケット部分のみで、最もシンプルな感じにまとめ上げてい

る。しかしこの表面の単純さを天井裏でささえている機構、つまり安定器や配線を収める所、ソケット間隔を規定するもの等は必ずしも簡単な工合には行かず、天井裏に設けたチャンネルを主体に組立てられているもので、照明器具として特殊のものである。

(東芝商事株式会社照明課)