

蛍光灯雑音障害の防止

Noise Prevention for Fluorescent Lamps

野 崎 松 郎* 中 道 松 郎*

内 容 梗 概

一般に蛍光放電管はその放電の際の高周波振動に基因する雑音を発生する。最近一般に普及されるにつれてラジオ受信機における受信障害件数も多くなり、その防止が重要な問題となってきた。

その防止対策としては放電管、器具、受信機側と分けて考えられるが、本稿は器具側の実用的雑音防止を主眼としたものである。すなわち、まず蛍光灯雑音の主要特性について調査し、つぎに各種蛍光灯器具および回路状態における雑音防止について再検討を行った。結局蛍光灯雑音の防止に際しては、その回路および使用状態を考慮して適切な防止策を講ずることが大切で、一般的にいつて並列コンデンサを基体にしてさらに効果をあげる必要のあるときは、そのほかの防止対策を併用すべきである。

〔I〕 緒 言

近年蛍光灯の普及にともなつて各種電気機器のラジオ放送受信障害件数のうちかなりの部分を蛍光灯で占めるようになり、その防止が重要な問題となってきた。したがつてこの問題に対しては最近数年来、郵政省電波技術審議会、日本電球協会、各大学などにおいてそれぞれの立場から調査研究がすすめられてきている。

その結果、現在は防止方法として予熱型蛍光放電灯器具に対して、放電管に並列にコンデンサを挿入する方法が JIS 規格に採用されてひろく実施されている。

本稿は上記各研究、調査機関の成果を参照し、主として実用的な中波帯における防止方法の検討を目的としたものである。すなわち雑音の伝播回路に着目して各種蛍光放電灯器具および回路状態における雑音電圧を測定し、雑音防止に関する再検討を行ったので、その結果を述べる。

〔II〕 蛍光灯雑音に関する基礎的事項

(1) 蛍光灯雑音の発生およびその形態

(A) 雑音の発生および分類

一般に放電に伴つて多かれ少なかれ高周波振動すなわち雑音が発生することは避けえないことで、蛍光灯も例外ではありえない。このような放電にともなう雑音⁽¹⁾⁽²⁾の発生原因および理論⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾についてはそれぞれの立場から研究されているが、大ざつぱにいつてその原因は放電にともなう荷電粒子の運動にもとづくもので、蛍光灯の場合にはおもに陰極に発生するといわれている。

なお蛍光灯雑音は発生箇所、発生時、原因などによりつぎのように分類されている。たとえば Haward L. Steel J.R.⁽³⁾によると anode oscillation (陽極振動), breakdown oscillation (再点弧振動), extinction

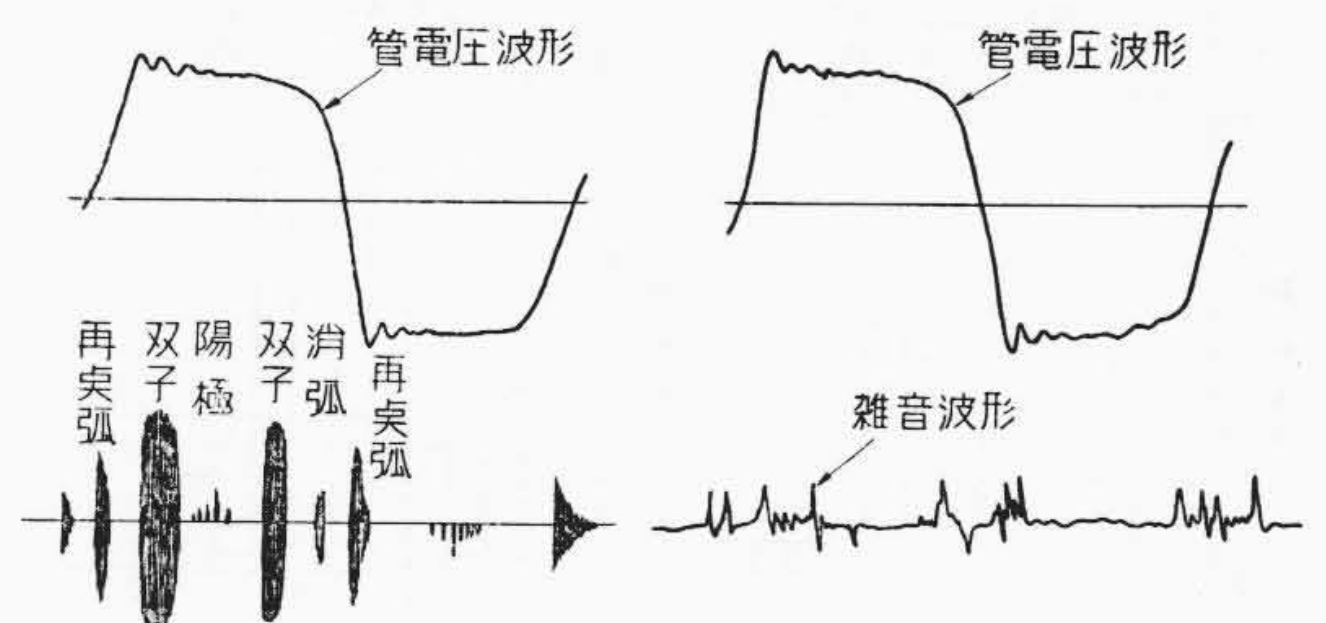
oscillation (消弧振動), twin noise (双子型雑音), そのほか (安定器, 配線, ソケットなどにおける接触不良, 絶縁不良にもとづくもの。) また J. Warren Culp⁽⁴⁾ によると reignition noise, hollow cathode noise, anode noise, starting noise となつている。最後の starting noise は放電管のみの雑音のほかに点灯回路のスタータなどの雑音もくわわるので、一般に定常状態における雑音より大きい。しかし点灯が頻繁に繰返す場合をのぞいて雑音を発生する時間はごく短いので今後は主として定常放電状態における雑音についてのべる。

(B) 雑音波形

蛍光灯雑音を完全に把握するためには、その波形をとらえる必要がある。しかしその波形は非常に複雑でそれを忠実にとることは困難であるが、雑音波形のみを強調してとると第1図〔A〕のようになつているといわれる。なお双子型振動⁽⁶⁾は現れない場合もある。なおラジオ受信機の音声出力部に現れる雑音波形は第1図〔B〕のようになる。

(C) 周波数特性

蛍光灯雑音の波形は非常に複雑であるため、雑音の周波数は非常に広範囲にわたり、その周波数特性^{(3)~(6)}は一般に周波数が高くなるにつれて、雑音電圧が低下する



(A) 雑音波形の一例 (B) 受信機音声出力部に現れる雑音波形

第1図 蛍光灯雑音波形
Fig. 1. Wave Forms of Fluorescent Lamp Noise

* 日立製作所亀戸工場

傾向にある。今問題にしている中波帯における変化は普通 20db 程度である。

(2) 蛍光灯雑音の定量的取扱い

以上述べたように蛍光灯雑音の波形は複雑で、その周波数も広範囲にわたるので蛍光灯雑音の全貌をつかむことは容易でなく、一般に測定法がことなるとことなつた測定値がえられる。したがつてそのような不便をのぞくため、現在は便宜上各国において測定法を統一⁽⁷⁾⁽⁸⁾している。わが国においては電波技術審議会答申案にもとづく方法が一般に採用されている。

(A) 測定器および測定回路

まず一番問題になるのは測定器であるが、これは現在妨害波測定器規格があつて、これに準ずるようになっていいる。本測定に用いた障害波強度測定器は NHK IV 型測定器に準じたものである。

測定回路⁽²⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾は電波技術審議会の答申にしたがつて第3図の低インピーダンス回路によつた。測定に際しては S を開いたときの端子 M_1, M_2 間の電圧（以下対称電圧または線間電圧と称し、 E_s であらわす。）と S を閉じた場合の M_1, M_2 と E 間の電圧（以下非対称電圧または線大地間電圧と称し、 E_A であらわす。）を測定した。なお電界強度の測定に垂直アンテナを用いた。また測定はできるだけ外部雑音を避けるため遮蔽室内で行い、電源よりの雑音に対してはフィルターを使用し、被

測定雑音に比較して外部雑音がほとんど無視できる状態で測定した。

(B) 雑音の単位および表現法

電界強度および端子電圧の単位は、それぞれ $1\mu\text{V}/\text{m}$ および $1\mu\text{V}$ を基準として db であらわす。

すなわち $\text{db} = 20 \log_{10} \frac{V}{V_0}$, ここで $V_0 = 1\mu\text{V}/\text{m}$ または $1\mu\text{V}$, V = 電界強度 ($\mu\text{V}/\text{m}$) または端子電圧 (μV), あるいは直接 $\mu\text{V}/\text{m}$ および μV などを単位として表わすこともある。

雑音の波形は不規則かつ複雑であるからその大きさを一義的に表わすことが困難で現在つぎのような各種表現法⁽²⁾がとられている。(i) 実効値, (ii) 平均値, (iii) 準尖頭値, (iv) 尖頭値, 以上の値はそれぞれ規定の検波回路および電圧計によつて測定した値である。本測定では平均値を求めた。通常は準尖頭値が多く使用されているが、平均値との差は 10~20db である。

〔III〕 蛍光灯雑音の大きさおよびそれに及ぼす要因

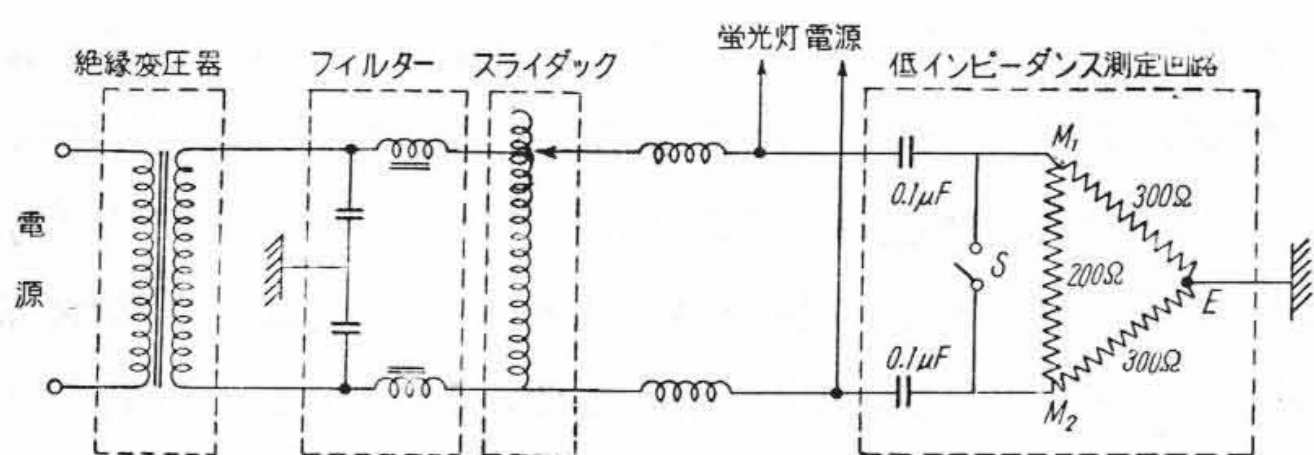
(1) 雑音の大きさ (雑音レベル)

蛍光灯の雑音は後述するように種々の因子に左右されるため同一種類の蛍光放電管でもそのバラツキが大きく、60 db 程度⁽¹⁰⁾あるといわれている。また同一放電管でも点灯時間、点灯回路そのほかの条件でほぼ同程度かわりうるといわれている。現在もつとも多く使用されている 20W, 40W 蛍光放電管について、グロースタータ式回路で点灯した時の雑音端子電圧の大きさをしらべた所、第3図のような結果がえられた。ラピッドスタートランプは上記よりもかなりすくない。また雑音電界強度は 10m の距離では供試測定器ではほとんど測定不可能 (30 db 以下) で 1 m 位の距離でようやく 30~40 db であつた。

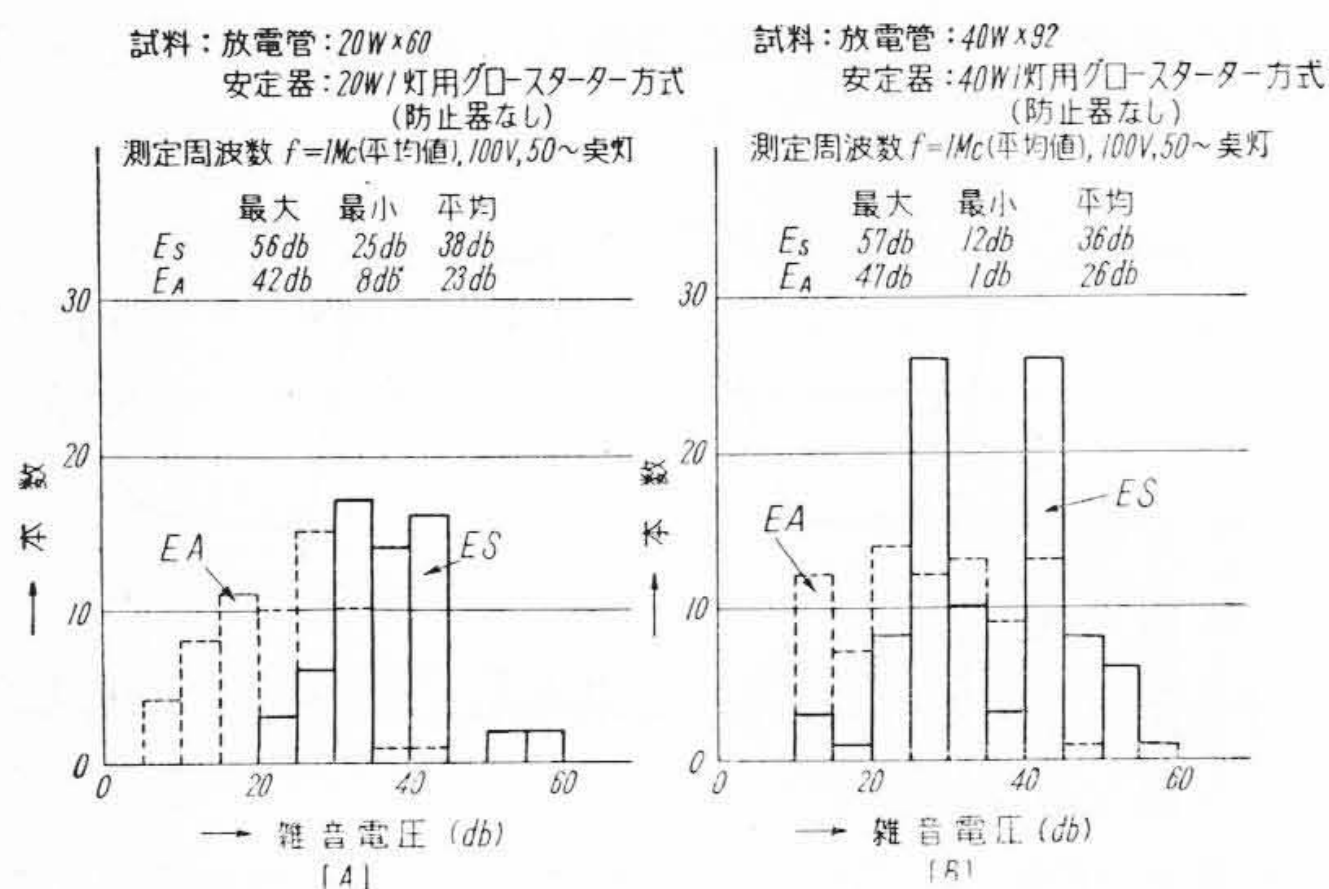
(2) 蛍光灯雑音に及ぼす要因

蛍光灯雑音の大きさは放電管の放電の様相によつて色々変化するわけで、その放電の状態にしたがつて雑音の大きさに及ぼす要因のうちおもなものをあげるとつぎのようになる。すなわちまず放電管自体の内部構造、材料などに関係するものでは管内気体の種類⁽³⁾および圧力⁽¹¹⁾, 電極の材料、構造などがある。放電管の種類、型、点灯時間、管球の挿入位置、放電電流などによつて雑音が変わるのはそれらの変化が一原因と考えられる。

つぎに放電管自体の内部条件のほかに外部的な条件によつても影響される。すなわち点灯回路方式、放電電流、放電管の挿入位置、器具回路状態、磁界⁽¹²⁾などがそのおもなものである。



第2図 測定回路
Fig. 2. Circuit for Measuring the Noise of Fluorescent Lamp



第3図 蛍光灯の雑音レベル
Fig. 3. Noise Levels of Fluorescent Lamps

〔IV〕 蛍光灯雑音の伝播

一般に蛍光放電管に発生した雑音が受信側に伝播する経路⁽¹⁰⁾はつぎの三つに分けてかんがえられる, すなわち直接放射 (放電管自体から直接電波として放射されるもの), 間接放射 (蛍光灯から配電線に漏出した電周波電流がその配電線から間接に放射されるもの), 妨害電流 (蛍光灯から配電線を通り受信機電源部から入力回路に入るもの) である。しかし実際の場合には以上三つの組合せによる複合伝播によるものと考えねばならない。以下考察の便宜のため直接放射と間接放射によるものをまとめて放射雑音と仮に名づけ, 妨害電流と二つに分けて考えてみる。

(1) 放射雑音の伝播

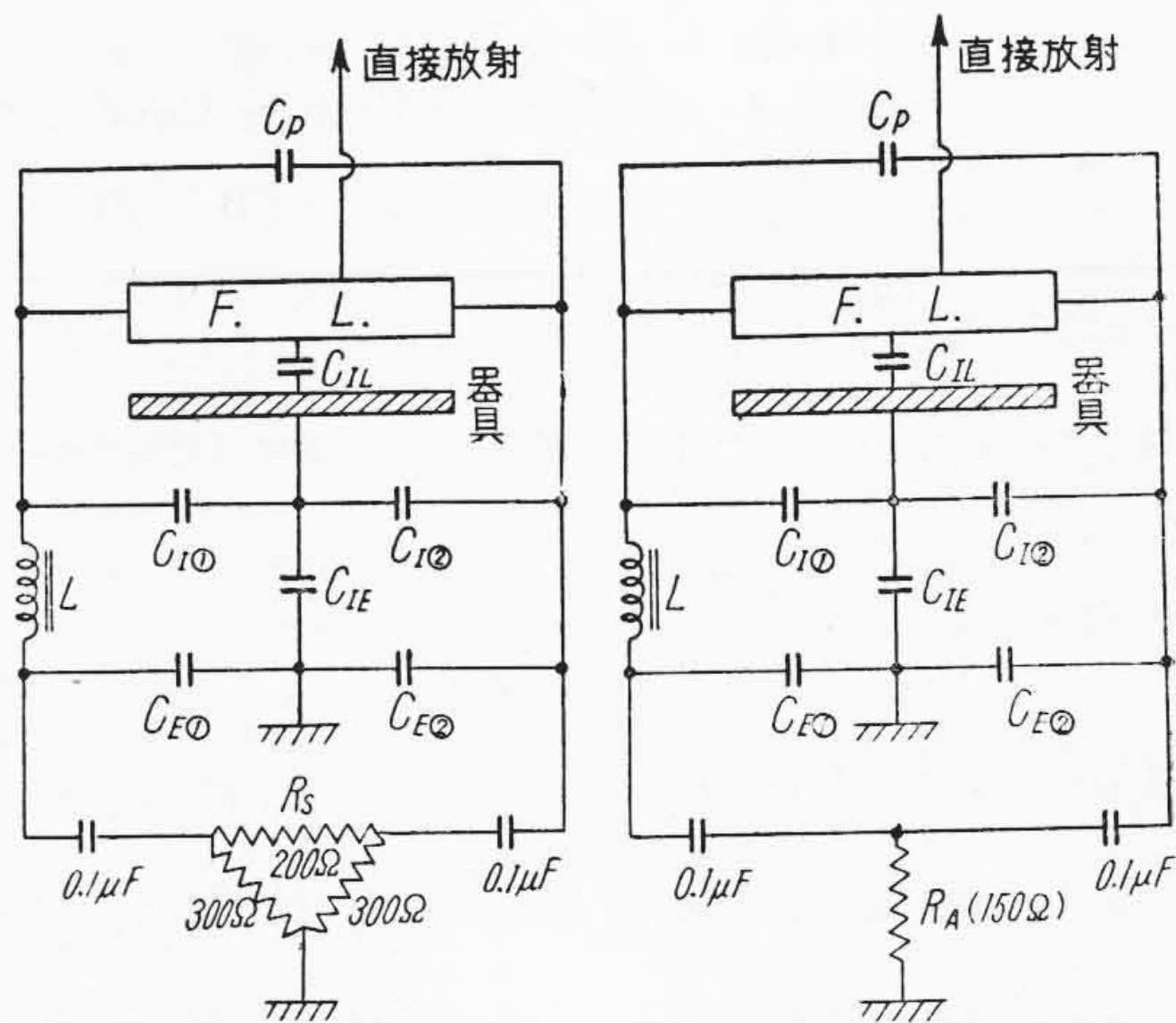
直接, 間接放射とも最後は空間を伝って伝播するのでこの時の減衰⁽¹⁴⁾の程度を試験した所, 蛍光灯の近傍では約 1 m で 20 db 程度の減衰が認められた。また放射の源である放電管自体および器具配線を遮蔽⁽¹³⁾することによつても放射雑音を低下させることができる。

(2) 妨害電流の伝播

妨害電流の伝播回路は測定回路を基準にして, 安定器, 器具などを考え合わせると 20W 1 灯用回路の場合にはほぼ第 4 図のようになる。実際は分布回路として考えねばならないが, これを雑音電流に関し等価の集中回路におきかえたわけである。蛍光灯電源を通して外部に流れる雑音電流の大きさは蛍光放電灯の内部インピーダンス⁽¹⁰⁾, 蛍光灯回路各素子のインピーダンスおよび電源インピーダンスなどに関係する。現在低インピーダンス測定回路では電源のインピーダンスを 150Ω としているわけである。第 4 図について考えると雑音妨害の程度は R_s および R_A に流れる電流値の大小で比較され, ここに流れる電流を小にすれば雑音を防止することができる。その方法としては蛍光灯電源に直列に高インピーダンス素子を挿入するか, または管に並列, あるいは器具と線間に低インピーダンス素子を挿入する方法などが考えられる。つまり蛍光灯回路および器具をふくめて一種の低域 (通過形) 濾波器を構成するようにすればよい。以下回路変化による雑音端子電圧の変化の数例を示す。

(A) 器具大地間容量による変化

まず対称電圧については第 4 図〔A〕の等価回路から考えて, それほどの変化は期待しえない。ただ電源の一方にのみチョークがあるため多少の変化は予想される。つぎに非対称電圧の方は第 4 図〔B〕より C_{IE} の増加により大きくなることは明白で, 測定結果も第 1 表〔A〕のように非対称電圧 E_A が大巾に増加している。このことは蛍光灯雑音の測定条件として注意せねばならない点であ



〔A〕 対称電圧等価伝播回路 〔B〕 非対称電圧等価伝播回路

第 4 図 蛍光灯雑音等価伝播回路
Fig. 4. Equivalent Propagation Circuits of Noise Current

る。また電源大地間容量によつても変化するが, この場合は対称電圧の変化はすくなく, 非対称電圧がかなり低下することは前と同様に理解できる。

(B) 器具線間容量による変化

測定結果の一例を第 1 表〔B〕に示す。接続箇所によつてことなるのはチョークの存在により C_{10} がほかと比較して大きいと考えられる。すなわち 20 W 1 灯用回路においては①に接続した場合は C_{10} を増加させるのみで変化はほとんどなく, ⑤に接続した場合にはチョークの存在によりかえつて対称電圧を増加させる結果となる。反面非対称電圧は幾分くいとめることができる。最後に②に接続した場合には C_{10} とともに放電管に並列にコンデンサが入つたと同様の結果となり, 対称, 非対称電圧とも減少する。40 W 用回路についてもほぼ同様に考えられる。現在点灯助成そのほかの目的で器具と電源または安定器回路の一線とをコンデンサなどをとおして接続する場合があるが, このような場合には上述の点に注意することにより, 幾分でも雑音を低下せうる。

(C) 並列コンデンサの効果⁽¹⁴⁾

並列コンデンサの場合には単に雑音電流の並列回路を形成する以外に積極的に発生雑音を抑えるなどの役割もはたしているのではないかと想像される。その理由としては単なる濾波回路形成による効果とすれば同一回路, 同一コンデンサ容量では大体同程度の減衰比であるべきはずであるのに放電管によつてその効果は第 2 表に示すように大巾にことなることなどがあげられる。また並列コンデンサによつて電圧波形がことなってくることも雑音電圧変化に関係してくるのではないかと思われ

第1表 器具状態の雑音電圧におよぼす影響
Table 1. Effect of Fixture Conditions on Noise Levels

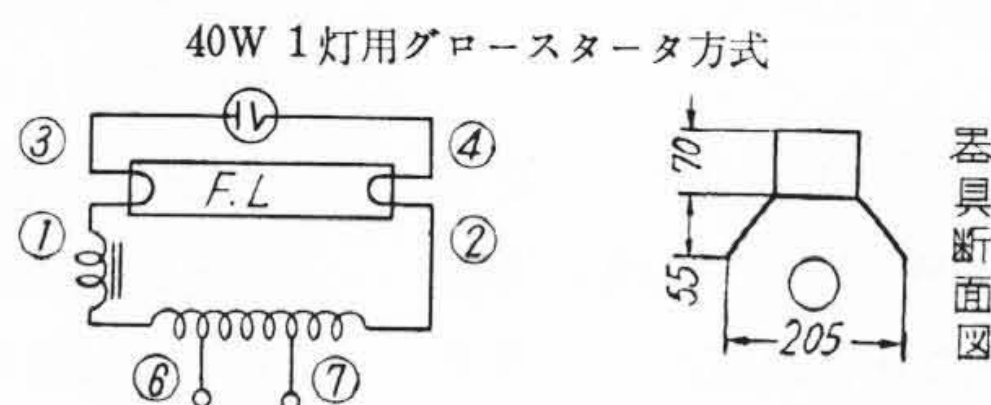
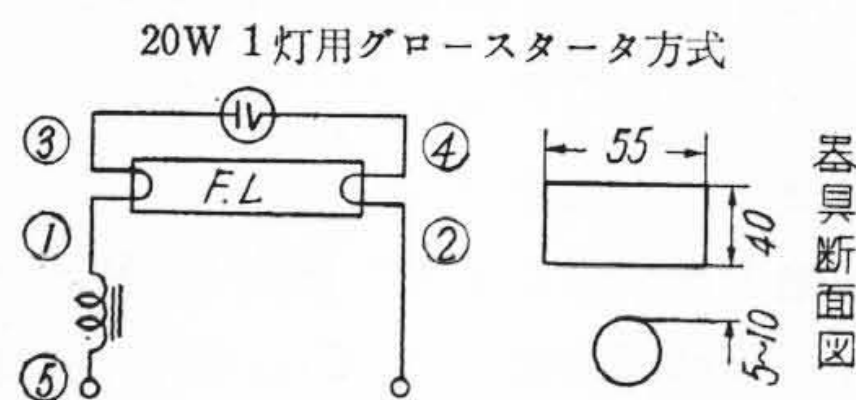
〔A〕 器具大地間容量による影響

雑音電圧	$f=1\text{ Mc}$ における平均値 (db)			
回路	20W 1灯用グロー	40W 1灯用グロー		
放電管	20W 放電管	40W 放電管		
器具大地間容量 (μF)	E_S	E_A	E_S	E_A
0	50	33	33	27
0.001	50	50	35	40
0.005	50	51	35	42
0.1	50	52	35	42
∞	50	52	35	42

〔B〕 器具線間容量による影響

雑音電圧	$f=1\text{ Mc}$ における平均値 (db)															
回路	20W 1灯用グロー								40W 1灯用グロー							
放電管	20W 放電管								40W 放電管							
接続箇所	⑤		②		①		⑦		⑥		②		①			
器具線間容量 (μF)	E_S	E_A	E_S	E_A	E_S	E_A	E_S	E_A	E_S	E_A	E_S	E_A	E_S	E_A	E_S	E_A
0	50 (50)	33 (50)	50 (50)	33 (50)	50 (50)	33 (50)	39 (39)	30 (44)	39 (39)	30 (44)	39 (39)	30 (44)	40 (39)	30 (44)		
0.001	53 (51)	25 (48)	46 (47)	22 (49)	51 (52)	34 (38)	33 (37)	21 (43)	43 (41)	21 (43)	33 (32)	18 (26)	39 (38)	31 (46)		
0.005	53 (52)	21 (23)	44 (42)	22 (28)	51 (52)	34 (38)	29 (27)	14 (28)	44 (42)	14 (27)	30 (29)	12 (32)	39 (38)	32 (44)		
0.1	54 (52)	20 (42)	44 (42)	20 (44)	51 (52)	34 (38)	29 (25)	20 (28)	44 (42)	9 (28)	30 (29)	14 (30)	39 (38)	32 (47)		
∞	54 (52)	20 (42)	44 (42)	20 (44)	51 (52)	34 (38)	29 (25)	20 (28)	44 (42)	9 (28)	30 (28)	14 (30)	39 (38)	33 (47)		

(註) () 内の数値は器具を接地したときの db を示す。なお接続箇所は下図参照のこと。



第2表 並列コンデンサの効果
Table 2. Effect of Shunting Capacitor

供 試 放 電 管	供試灯具	供 試 コンデンサ	減 衰 比 (db)				供試本数
			E_S		E_A		
			最小	最大	最小	最大	
20W	20W 1 灯用グロー	$0.005\mu F$	13	43	9	32	60
40W	40W 1 灯用グロー	① ～ ② に 接 続	13	50	4	39	92

る。コンデンサの挿入位置をいろいろ変えて試験した結果、管にちかに並列に入れた方がもつとも効果の大きいことが判明した。つぎにコンデンサ容量による変化は一般に容量が大きくなるにつれて効果も大になるが、 $0.005\mu\text{F}$ 以上ではたいした変化はなかえつて効果の減ずる場合もある。そのほかコンデンサの容量が大きくなるとグロースタータの熔着現象が起るようになるので、この点からいつても容量としては $0.005\mu\text{F}$ あたりが適当である。

〔V〕 蛍光灯雑音の防止

(1) 防止にあたつて考慮すべき事項

一般に蛍光灯による雑音を防止するためには受信側に

おける防止方法と雑音発生側（蛍光灯側）における防止方法および途中の配線における防止方法の三つが考えられるが、その場合どの程度の雑音まで許容されるかが問題になるのでこの点について考えてみる。

現在受信機の雑音妨害の程度は受信機音声出力の信号対雑音比 (S/N) で表示され S/N が 20 db 以下の場合に雑音が認められるようになり、40 db 以上の場合には殆んど雑音を感じないといわれている。したがって S/N を 40 db 以上になるように雑音を低下させると理想的になる。実際には上記の S および N は受信機設置場所の電界強度および雑音レベルのほか個々の受信機空中線の性能、状態、配電線の状態などに関係

し厳密にいうとその場合場合に応じて許容値がことなり、また対策もことなってくる。しかし現在のところわが国では妨害波許容限度として小容量 (500W 以下) の機器においては妨害波電界強度として M. F. で 35db, H. F. で 15db, V. H. F. で 20db, 妨害源端子電圧としては M. F. における対称電圧は 40db, 非対称電圧は 50 db と暫定的に定められている。

ところで防止に際してはまず第一に極力雑音の発生を抑えることが必要である。たとえば放電管のピンの接触不良、安定器の絶縁不良など蛍光放電管以外の雑音のある場合にはこれらの原因を除去する。しかし放電管自体の雑音の発生を完全に防ぐことはほとんど不可能であるので第二段として発生した雑音をなるべく受信側に伝えないようにする方策がとられねばならない。また受信側においては極力 S/N をあげるため、たとえばアンテナを長くするとか、電灯線アンテナを止め接地を完全にするとか受信機に防止器を附するなどの方策をとることが望ましい。つぎに本稿の主眼とする第二段の方策について述べる。

(2) 放射雑音の防止方法

放射電界は雑音発生源および配電線からの距離によつていちじるしく減衰する故、距離を充分離すことによつ

てその妨害を阻止しうる。
一般にその距離は 2~3 m
以上であればよいといわれ
ている。距離を離すことが
できない場合には器具を接
地するかまたは並列コンデ
ンサを挿入することによつ
てもある程度減衰させるこ
とができる。さらに不充分
の場合には器具を遮蔽する

かまたは放電管自体を遮蔽するなどの方法が考えられ
る。しかしこの場合には遮蔽物を接地する必要がある。

(3) 妨害電流の防止方法

つぎにもつとも重要なのは妨害電流の防止であるが、
雑音電圧は対称電圧と非対称電圧の二つがあり、それら
の伝播経路の相異により、いづれに主眼をおくかによつ
ても多少防止方法が異なってくる。

まず各種雑音源に共通な方法として電源に適当な濾波
器を挿入する方法がある。つぎに並列コンデンサを挿入
する方法が挙げられる。この方法によれば簡便でしかも対
称電圧のみならず非対称電圧をも大巾に減衰させうる。

つぎに非対称電圧を減衰させる方法としては上記並列
コンデンサ、濾波器のほかに器具と電源の一線をコンデ
ンサで接続する方法、電源の一線と大地とをコンデンサ
で接続する方法および安定器回路のチョークに並列にコ
ンデンサを挿入する方法などが考えられるが対称電圧に
対しては効果がすくないかあるいは逆効果を示すことさ
えある。しかし最後の二方法以外は補助的な役割は充分
はたしうる。結局対称、非対称とも減少させる方法とし
てはもつとも簡便で効果も大きい並列コンデンサが第一
にあげられる。しかしこの方法によつても不充分の場合
にはほかの適当な防止器を使用するかまたは前述の補助的
な方法を併用することが必要となる。

(4) 各種防止器の比較検討

また防止器としては種々のものが考えられるが、昭
和29年度の電波技術審議会答申の標準放送受信障害防止
器規格の中で第3表のような防止器が推奨されているの
で、これらについて比較検討したところ、つぎのような
結果がえられた。

(A) F型と CS-0.1 を併用した場合はいづれの回路
においても効果が大きく、CRD-0.1 および CRS-0.1 が
もつとも効果が劣る。また CS-0.1 および CS-0.05 は各
回路ともかなりの効果がある。

(B) 器具を接地した場合にはF型防止器が非常に効
果的で、それにつぐものとして CB-0.1, C特-B があげ
られる。

第3表 雑音防止器
Table 3. Noise Rejectors (Filters)

防止器の種類	C 型 防 止 器						F型防止器
記 号	CS-0.1	CS-0.05	CRD-0.1	CRS-0.1	CB-0.1	C特-B	
結 線 図							
挿入箇所	管に並列	管に並列	電 源	管に並列	電 源	電 源	電 源

〔VI〕 結 言

以上蛍光灯雑音の性質、雑音電圧におよぼす回路状態
の影響および雑音防止法に検討を加えてみたが、蛍光灯
雑音の器具側における防止方法としては、結局回路およ
び使用状態を考慮して適切な防止策を講ずる必要があり
、一般的にいつて 0.005μF 程度の並列コンデンサを
基体としてさらに効果をあげる必要のある場合にそのほ
かのC型またはF型防止器を併用することがのぞまし
い。

終りにのぞみ本研究にあたって測定器を配慮して下さ
った日立製作所中央研究所高田主任研究員、安藤氏、濾
波器についてお世話下さった戸塚工場菅田氏ならびに種
々御指導、御援助下さった亀戸工場森泉部長、松井課長
そのほかの諸氏に対し厚く御礼申上げる。

参 考 文 献

- (1) 赤尾, 山本: 電学誌 72 (昭 27-12)
- (2) 関: 雑音 (昭 30 岩波)
- (3) Haward L., Steel J.R.: Illum. Eng. 59 7 (July 1954)
- (4) J. W. Culp: Illum. Eng. 57 1 (Jan. 1954)
- (5) J. D. Cobine, C. J. Gallagher: J. F. I. 243 1 (Jan. 1947)
- (6) 大谷, 坂谷, 紫谷: 第気三学会連大予稿 (昭 31)
- (7) 蓑妻: 電学誌 74 787 (昭 29-4)
- (8) Günter Use, Darmstadt: E. T. Z.-A Bd 77 H.11 (Jan. 1956)
- (9) F. H. Wright, S. A. Zimmerman: E. E. 75 3 (March 1956)
- (10) G. Walters: Illum Eng. 59 7 (June 1954)
- (11) 石川: 電気三学会連大予稿 (昭 31)
- (12) 福田: 電気三学会連大予稿 (昭 29)
- (13) 津端, 樋口: 電気三学会連大予稿 (昭 30)
- (14) Shorey L. F., Gray. S. M.: Illum. Eng. 52 3 (March 1947)
- (15) 大谷, 坂口, 上村: 電気三学会連大予稿 (昭 30)