

有線通信機器におけるMPコンデンサ

MP Capacitors for Wire Telephone Equipment

平 岩 久 夫* 市 川 清 司*
Hisao Hiraiwa Kiyoshi Ichikawa

内 容 梗 概

小型化，自癒性，廉価の特長をもつMPコンデンサが従来の紙コンデンサに代る高信頼度を認められて，電々公社においても，昭和32年より電話機に正式御採用いただき実用化の第一歩を印した。この機会に日立製作所において，回路設計者と部品設計者とが緊密な協力のもとに開発した各種の電話機，交換機（手動，ストロジャ，およびクロスバー）など有線通信機器用MPコンデンサについて概観し，その問題点を記述した。すなわち，コンデンサに与えられる負荷状態，これに対しコンデンサのはたす機能，従来の紙コンデンサとMPコンデンサとの比較優劣など，過去数年間にわたる実用化実績に基づき，実用例とともに言及されている。

〔I〕 緒 言

近年各種機器の小型化，高信頼度化が強く要求されてきた。このためには装置全体の設計はもとより，使用される部品自体についても，その要求が満足されねばならぬことは言をまたない。MPコンデンサがこの要求に合致するものであることは，国内においてもすでに多くの報告⁽¹⁾⁽²⁾がなされ，広く知られるとともに従来の紙コンデンサを次第に駆逐しつつある現状である。その利点とするところは，

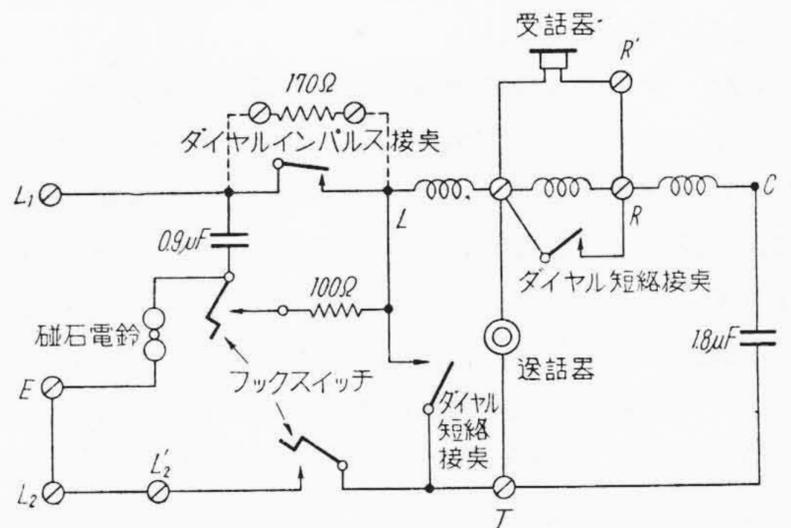
- (1) 小型であること。使用電圧にもよるが従来の紙コンデンサの $1/3 \sim 1/5$ 以下にすることができる。
 - (2) 自癒性があること。万一絶縁破壊しても瞬時に回復してその後は異状なく使用できる。
 - (3) 大容量のものでは紙コンデンサより経済的であること。使用電圧が低いものは特に有利である。
- などである。

ここでは主として有線機器に用いられるMPコンデンサについてその問題点を述べ，日立製作所における実用例をあげて，今後御使用になる大方の御参考に供する次第である。

有線通信関係の機器に使用されるMPコンデンサは，用途別に大略，つぎのように分類することができる。

- (i) 電話機器
 - (a) ベル回路直流阻止用
 - (b) ダイヤル接点火花消去用
 - (c) 防側音回路用
- (ii) 交換機器（自動，手動，クロスバー）
 - (a) 通話回路直流阻止用
 - (b) 火花消去回路用
 - (c) リングバックトン回路用
 - (d) タイミング回路用
 - (e) 電源回路用

* 日立製作所戸塚工場



第1図 4号A自動式卓上電話機回路図

(iii) 搬送装置

- (a) 電源回路用
- (b) カップリング回路用
- (c) デカップリング回路用
- (d) 濾波器用
- (e) その他

であるが，(iii)については，ここではふれずに(i)(ii)について述べてゆくことにする。

〔II〕 電話機用MPコンデンサ

共電式または自動式電話機には，一般に，1または2素子のコンデンサが用いられる。使用例として第1図に4号A自動式卓上電話機の回路を示す。これを中心にして，電話機用コンデンサの問題点を考察してみよう。

コンデンサの使用目的は三つあり，それぞれ下記に示す通りである。4号電話機では(1)(2)〔(2)は自動式のみ〕に $0.9 \mu\text{F}$ の素子を，(3)のために $1.8 \mu\text{F}$ 素子を用いている。3号電話機では(1)(2)(3)に，すべて $1 \mu\text{F}$ (1-Aコンデンサ)を共用せしめている。

(1) ベル回路直流阻止用コンデンサ

送受器がかかっている状態では，線路には電鈴回路の

みが接続され、通話回路はフックスイッチにより切断されている。共同電池式の交換方式ではこのとき電鈴回路に直流を流すと、局のリレーが動作して、あたかも電話機が通話状態となつたり、電池の無用の消耗があるため、電鈴には直列にコンデンサを接続して直流を阻止している。

このコンデンサの静電容量は大なる程、電鈴の鳴音を良くすることができるが、一方、大きすぎると、ブランチに接続された電話機のダイヤルインパルス波形が崩れるため、ブランチにつなぐ電話機の数(厳密に言えば電鈴の数)によりおのずから容量値に制限を生ずる。4号電話機では、電話機が3台までブランチになるものとして $0.9\mu\text{F}$ を採用されており、これは側音平衡用素子 $1.8\mu\text{F}$ の $1/2$ であつて、コンデンサとしての素子製作の便も考慮されている。

(2) ダイヤル断続接点火花消去用コンデンサ

ダイヤルのインパルス接点が、直流を断続して局のリレーを動作させ交換を行うとき、インパルス接点間には、回路によつては数百ボルトにも及ぶピーク電圧が発生することがある。この過渡電圧は接点間に火花を誘発し、接点障害を招き、他部品の絶縁を破り、あるいはブランチに接続した他電話機の電鈴の共鳴りを起す。これを防ぐために $0.9\mu\text{F}$ のコンデンサと 100Ω の抵抗を直列にした火花消去回路を設けて、送受器をあげたとき回路が形成されるようになつている。このコンデンサはベル回路直流阻止用の $0.9\mu\text{F}$ を共用している。このような使用目的にはMPコンデンサは自癒性があるため、もつとも適している。

(3) 防側音回路用コンデンサ

送話者の音声そのまま自分の受話器に饋還しないように、コンデンサと誘導線輪を利用して受話器に入る側音を減衰させている。すなわち、コンデンサの容量値は誘導線輪の定数と共に電話器の送話減衰量、受話減衰量、側音減衰量を決定する要素をなしている。

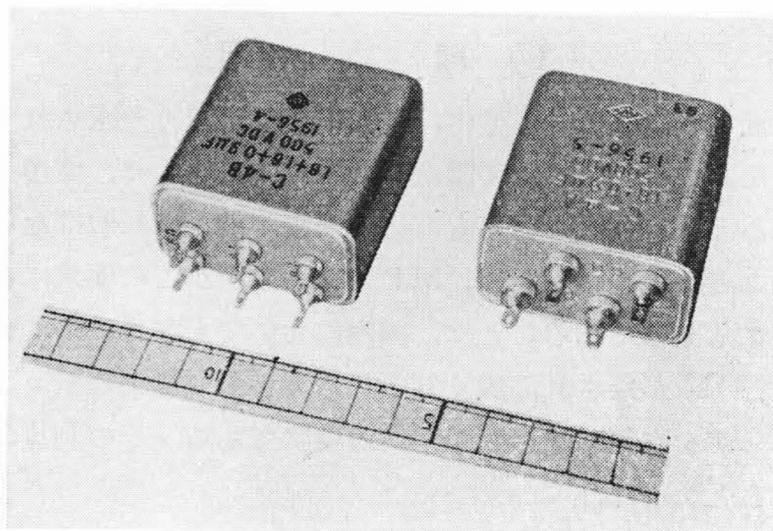
このコンデンサの容量値は送話減衰量、受話減衰量を小ならしめるために、大きいことが望まれるが電話機としての経済性の点で制限があり、側音減衰量については線輪が決まると容量値は大きくても小さくてもいけない一定値に決る。側音は人の耳が感じやすい $1,000\text{ c/s}$ 附近において最少となるよう、回路設計されるのが普通であり、現在は $1.8\mu\text{F}$ に決定している。コンデンサに対する電氣的負荷は、火花消去用 $0.9\mu\text{F}$ に比して、正常状態では非常に小さい。

以上は電話機に使用されているコンデンサの使命を述べたものであるが、ひるがえつてコンデンサ自身の特性は第1表に示すようにW.V. 350V, DCのMPコンデンサで過去数年の日立製作所の実績よりまったく問題な

第1表 C-5型MPコンデンサ主要特性

| | 規 格 | 平 均 | 標準偏差 |
|--------------|---|---|--|
| 静電容量 | $1.8\mu\text{F}^{+20\%}$ + $0.9\mu\text{F}^{+20\%}$ - -10% | $1.96\mu\text{F}$ + $0.98\mu\text{F}$ | $0.05\mu\text{F}$ $0.03\mu\text{F}$ |
| 絶縁耐力 | 525V以上 | 700V以上 | — |
| 絶縁抵抗(20°C) | $1,500\text{M}\Omega\text{-}\mu\text{F}$ 以上 | 約 $4,000\text{M}\Omega\text{-}\mu\text{F}$ | — |
| $\tan\delta$ | 1%以下 | 0.43 | 0.02 |

| | C-4A | C-4B | C-5A, B, C | C-5N |
|-----------------------|-----------|-------------------------|------------|-----------|
| 区 分 | 紙 | M.P. | M.P. | M.P. |
| 静電容量(μF) | $1.8+0.9$ | $1.8+1.8$ + 0.9 | $1.8+0.9$ | $1.8+0.9$ |
| 体積比(%) | 100 | 100 | 49 | 53 |



第2図 紙コンデンサ C-4A (右) と MPコンデンサ C-4B (左)

く、紙コンデンサにまさつて、その使命をまつとうしている。

実施例の別の一例として、紙コンデンサと同一スペースにさらに大容量のMPコンデンサを入れて、電話機の機能をそのまま、高度化した場合を示すと、第2図において左はMPコンデンサC-4B($1.8+1.8+0.9\mu\text{F}$)、右は紙コンデンサC-4A($1.8+0.9\mu\text{F}$)である。取付はまったく同一であるから、4号電話機などでC-4AをC-4Bにかえて簡単な配線変えをすれば、容易に、2共同電話機に改造することができる。

【III】 交換機器用MPコンデンサ

A型交換機には従来50号型、1号型紙コンデンサが用いられていた。

その用途別に交換機器にMPコンデンサを用いた場合の問題点を検討する。

(1) 通話用コンデンサ

線路に直列に入る直流分阻止用のコンデンサであつて、一般に電氣的負荷は火花消去回路のように大きくはない。ほか回線への漏話を防止するため、2素子間の静電容量が平衡していることを要求され端子相互間不平衡

容量は1.5%以内とされている。

紙コンデンサでは従来 $2\mu\text{F}$ が用いられているが伝送最低周波数 0.3kc にて動作減衰量が約 4.5db (使用回路により異なる) ある。動作減衰量をこれより低くする必要ある場合にはさらに大容量が望まれる。MPコンデンサにすれば同一ケースで最大 $6\mu\text{F}$ 収容可能である。

2号Eリレーグループに $5\mu\text{F} \times 2$ の通話用コンデンサが用いられた例があるが、MPコンデンサを用いれば、紙コン $2\mu\text{F} \times 2$ のスペースに、そのまま容れることができる。

また1号Fレピータの例を示すと、いままでの通話直流阻止回路は第3図(a)であつたが、ダイヤルインパルスが入るとEリレーが誤動作することがあり種々障害を起していた。それを第3図(b)のようにすれば、ダイヤルインパルスはバリスタに吸収され誤動作を完全に防止することができるが、当然コンデンサは合計4倍必要となり、スペースの点からは非常に不利である。これをMPコンデンサに代えれば第4図のようにいままでの容積に全素子が収容され、構造的にも取付の点からもまったく変更を要しない。したがって旧回路を新回路に変更工事する場合など、その便利さは絶対的なものがある。勿論電気的性能は紙コンデンサと同等以上である。

(2) 火花消去回路用コンデンサ

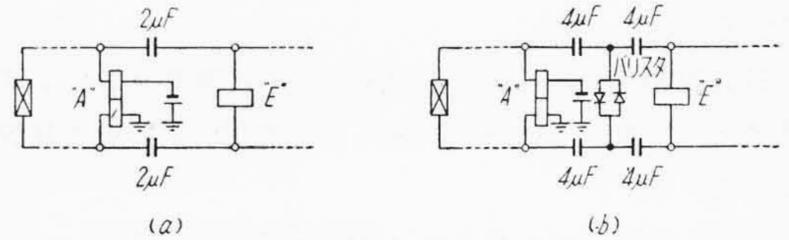
リレー巻線などの誘導負荷を開閉する接点間には、開閉時、電源電圧の数~数十倍の瞬時誘起電圧を発生し接点を損耗することが多い⁽³⁾。火花消去器はこの際の瞬時電圧を吸収し接点損耗を保護するを目的とするものであつて、バリスタなどが用いられることもあるが、復旧時間の点でコンデンサと抵抗の直列回路がすぐれているとされている⁽⁴⁾。

火花消去器にMPコンデンサを用いると、

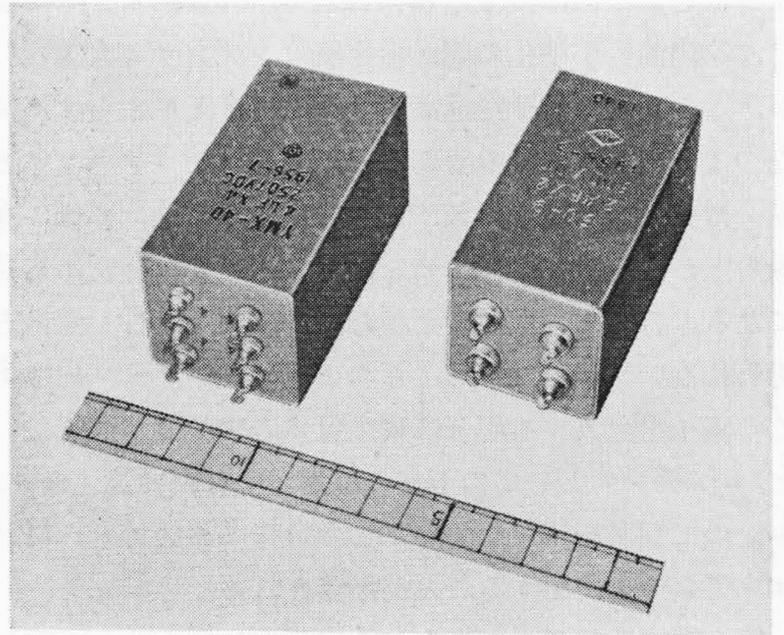
(A) 小型にできる。当然のことであるがこのため従来の死空間を利用可能にすることができる。また直列の抵抗をコンデンサケース内に封入すれば、スペース、布線などの点から非常にスッキリした機器になり、しかも形状取付は従来のコンデンサと変わらないで、きわめて有利である。

(B) コンデンサの保護回路が不要になる。MPコンデンサは、その性質から高電圧(有線機器に起り得る)印加のための永久短絡は皆無と考えられるから、いままで紙コンデンサ短絡の保護監視用として用いていた(50号ラインスイッチユニットなど)リレーが不要となるし、紙コンデンサ短絡の場合のフェーズ代りにしていた外付巻線抵抗も、ダンピング用としてコンデンサケース内に封入し、さらに安価な抵抗器に変えることも可能となる。

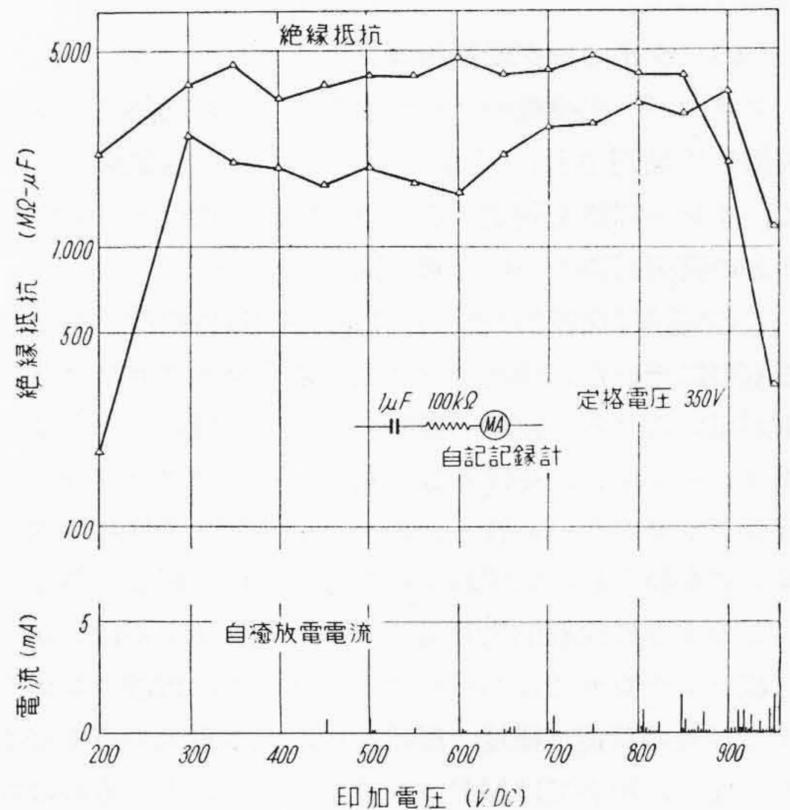
ここで、一応高電圧が瞬時的に加わるために、MPコンデンサの自癒作用について、いまだに疑問をもたれる向もあるが、直流高電圧印加による自癒回数と絶縁抵抗



第3図 一般通話回路(a)と1号Fレピータ通話回路(b)



第4図 1-Fレピータ用MPコンデンサ YMX-4Dと紙コンデンサ50-G



第5図 自癒回数と絶縁抵抗

変化の一例を示せば第5図の通りであつて、通常考えられる範囲内で実用上差支える程に、絶縁抵抗が低下することがないことは十分理解されるであろう。またその内部放電は数マイクロ秒で終了し、外部に現れる影響は、回路定数にもよるが2~3ミリ秒であつて、自癒作用が動作電圧ではほとんど起らないことを考え合わせると、それによる障害はほとんど考慮する必要がないことも十分理解

できると思う。

日立製作所では、かかる用途のためにMPコンデンサ素子と抵抗を同一ケースに封入した火花消去器を多数製作している。

(3) リングバックトーン回路用コンデンサ

被呼者のベルが鳴っていることを示すための回路で0.04 μF程度が用いられている。これ自体をMPコンデンサにしたために生ずる利点は自癒性を除けば特になく、原価的、小型化の面からも紙コンデンサと大差ないが、このコンデンサは通話用コンデンサとかならず対になつて使用されるものであるため、通話用コンデンサと同一スペースに同時封入することにより構造、原価、布線の上からMPコンデンサを使用することは非常に有利になる。将来は順次このような方向に向つて行くものと思われる。しかしながら、このように同一ケース内に多くの素子を封入する場合は素子自体の信頼度が低く、コンデンサとしての不良の確率がそれだけ高くなり、かえつて不利を招きやすい。この意味においても、MPコンデンサを使用することが推奨される。

第6図はリングバックトーン回路用コンデンサと通話用コンデンサとを同一ケースに収容したものと従来のものとの比較写真を示したもので、その便利さが了解されよう。

(4) タイミング回路用コンデンサ

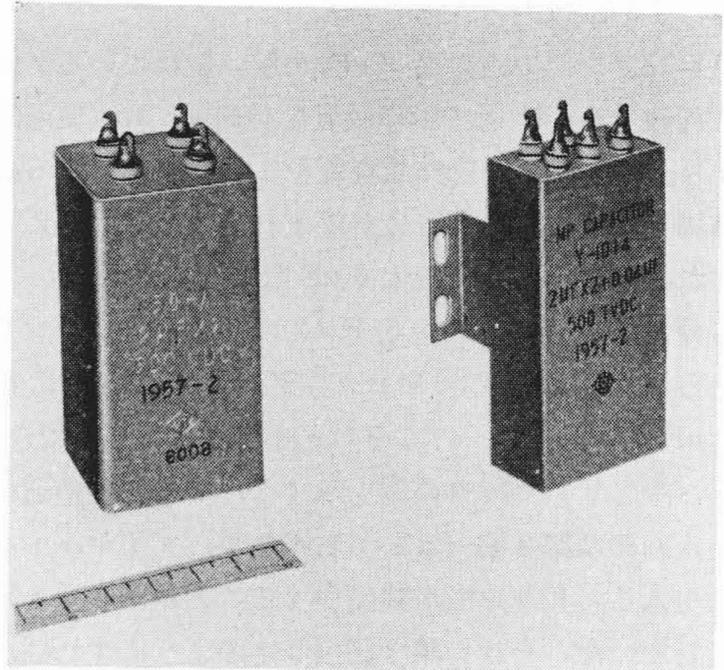
クロスバー交換機のマーカのタイミング回路に抵抗と併用して使用され、それにより定まる時定数を利用して、リレー回路を開閉するものである。抵抗とコンデンサとの直列回路の一例を第7図に示す。

この回路は比較的長時間(数秒~十数秒程度)を要するものに用いられ静電容量は数~数十マイクロファラッドが用いられる。比較的短時間(数十ミリ秒)の場合は有極リレーを用い、やはり数~数十マイクロファラッドのコンデンサが用いられる。1 μF 当り約10ミリ秒のタイミングが得られ、いずれも動作電圧150V程度である。

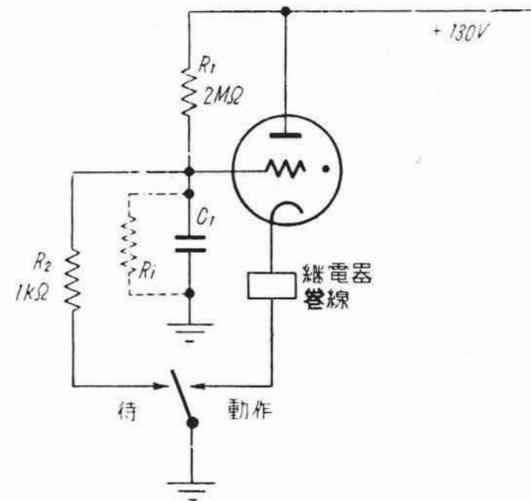
このように比較的大容量でしかも動作電圧が低い場合は紙コンデンサではスペースをとりすぎ、電解コンデンサも容量の精度、確度、経時変化、漏洩電流の点で好ましくなく、現在ではMPコンデンサの右に出るものはない。

タイミング回路用MPコンデンサで考慮すべき点を記してみよう。MPコンデンサを従来の紙コンデンサと比較した場合、絶縁抵抗の絶対値はその構造(自癒性があるため紙厚を薄くできる)からいつて、紙コンデンサより一般に低く、また印加電圧による変化も紙コンデンサより大きい。第8図にその一例を示す。

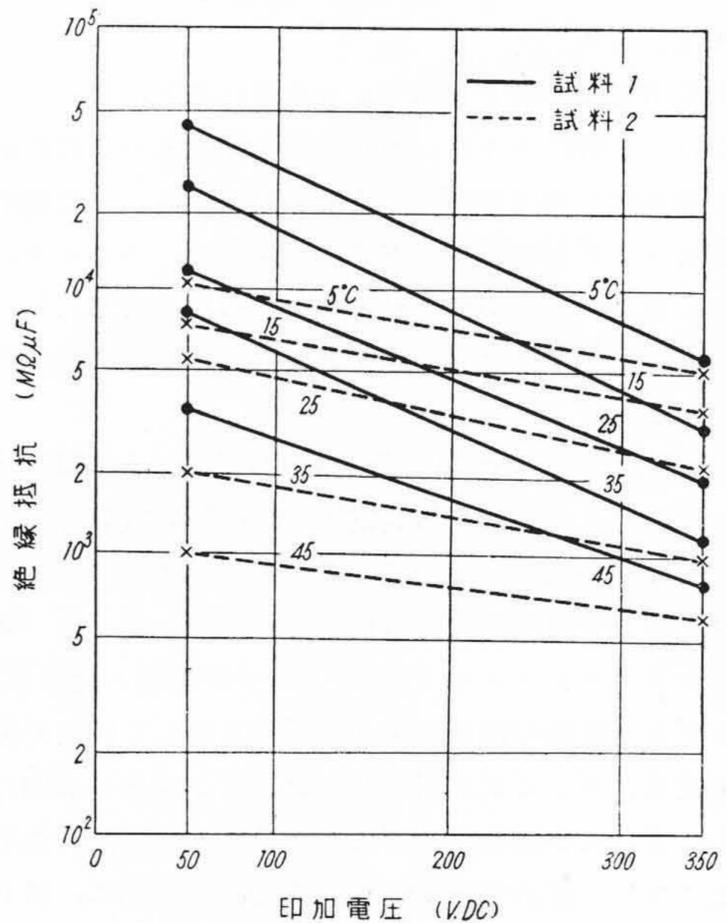
この絶縁抵抗がタイミングに及ぼす影響について考えてみる。第7図において R_i はコンデンサ C_1 の絶縁抵



第6図 通話回路用コンデンサの比較 紙コンデンサ(左) MPコンデンサ(リングバックトーン用を内蔵)(右)



第7図 タイミング回路



第8図 MPコンデンサの絶縁抵抗と電圧、温度との関係

抗である。 R_1C_1 回路の時定数 τ を求めると、(電圧による絶縁抵抗の変化は考えない)

$$\tau = \frac{C_1 R_1 R_i}{R_1 + R_i}$$

また $R_i = \infty$ のときの時定数 τ_{∞} は、

$$\tau_{\infty} = C_1 R_1$$

ゆえに

$$\frac{\tau_{\infty}}{\tau} = \frac{R_1 + R_i}{R_i} = 1 + \frac{C_1 R_1}{C_1 R_i}$$

ここに $C_1 R_i$ = 静電容量と絶縁抵抗との積

($M\Omega - \mu F$)

= コンデンサ C_1 と絶縁抵抗で定まる時定数 (秒)

すなわち、 R_i が温度そのほかにより変動する場合はコンデンサ自体の時定数 $C_1 R_i$ が目的の時定数 $C_1 R_1$ に比し十分大きくないと要求する時定数に変動を与えることになる。逆にいつて、コンデンサ自体の時定数は目的とする時定数に比し十分大きくないと温度などによる変動を受けることになる。高電圧になる程この影響は大きい。有線関係では、MPコンデンサで不十分な程大きいコンデンサ自体の時定数は必要としないようである。MPコンデンサの場合 $C_1 R_i$ は常温で約 1,000 秒位である。

つぎに自癒放電のタイミングへの影響を考えてみる。十分エージングされたコンデンサは短時間電圧を印加した場合に自癒放電を起す可能性はきわめて少く、万一起った場合でも、その放電による電荷の消費、それに伴う端子電圧の降下は思ったより少く、これによる時定数の増大はほとんどなく實際上問題になることはないと考えられる。

〔IV〕 日立製作所における実施例

MPコンデンサを有線機器に用いた場合、上記のごとく種々の利点を得ることができるが、日立製作所においても、MPコンデンサの性質を十分考慮して、各種機器に広く実用している。そのうち有線通信関係の主なるものを下記する。

(1) 輸出用電話機 (HA-5, HC-5, HAW-5, HCW-5)

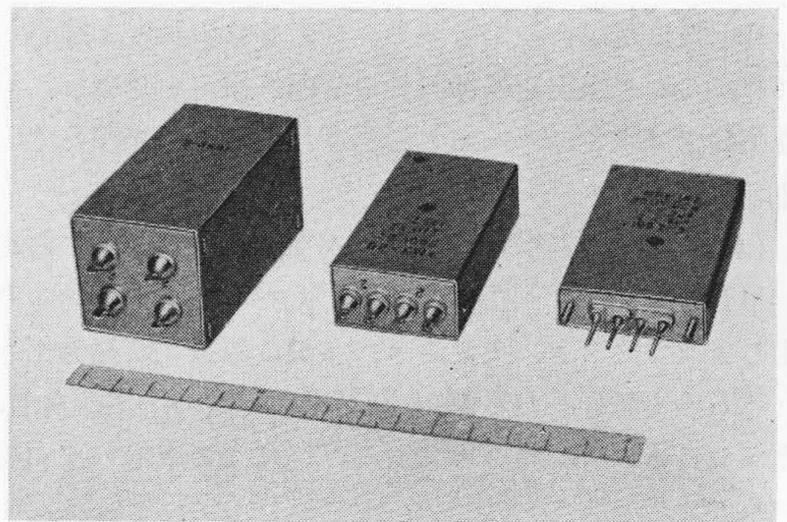
世界一軽い電話機として、各国に広く輸出されている本電話機には $1\mu F$ のMPコンデンサもその一任を果している。

(2) JPA 納野外電話機 (EE-8B)

予備品を含めて1万台を超える電話機に、CA-355なる名称で米軍規格 JAN に準ずる仕様で、 $2+0.5+0.3\mu F$ のMPコンデンサが使用され厳格な米軍検査に合格した。

第2表 交換機用MPコンデンサの一例

| 品名 | 容量 (μF) | WV/V _{acc} | ケース寸法 | 端子 | 備考 |
|---------|-------------------|---------------------|-------|----|-----------------------|
| YMX-1D | $1\mu F \times 4$ | 350 / 500 | | | |
| YMX-2B | $2\mu F \times 2$ | 350 / 500 | | | 端子相互間不平衡容量 15% 以内 |
| YMX-3B | $3\mu F \times 2$ | 350 / 500 | | | |
| YMX-5A | $5\mu F$ | 350 / 500 | | | |
| YMX-5B | $5\mu F \times 2$ | 350 / 500 | | | 端子相互間不平衡容量 15% 以内 |
| YMX-6BA | $6\mu F \times 2$ | 350 / 500 | | | |
| YMX-4D | $4\mu F \times 4$ | 150 / 250 | | | ①-② ③-④ 間不平衡容量 15% 以内 |



第9図 通話用コンデンサ
紙コンデンサ (左) A型交換機用MP
コンデンサ (中) クロスバ交換機用
MPコンデンサ (右)

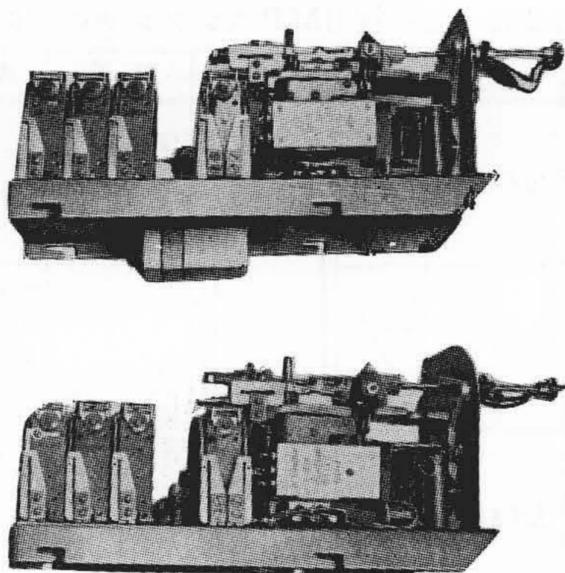
(3) 試験送受器 (通称、バツテンスキー)

軽量小型が生命であるこのセットに小型MPコンデンサを採用し高度の小型化が実施された。

(4) 4号壁掛電話機

すでに本誌にも紹介されている通り⁽⁵⁾、小型、経済性を考慮に入れたC-5Aコンデンサが採用され、これを端緒に各種電話機用コンデンサがMP化された。

(5) 社内交換機、電話機



第10図 MPコンデンサによるコンネクタの改良 (上)原形 (下)試作改良品

数年にわたり日立製作所各工場構内交換機、電話機に実用され⁽²⁾この実用試験により十分その優秀性が認められた。第2表、第9図にその代表的なものをあげておく。

(6) 各種 PBX 交換機および電話機

社内試験で確認後昭和29年頃より多くの PBX 交換機および電話機に実用され好評のうちに用いられている。

(7) 日本電信電話公社納

第2種クロスバー交換機 (香良州無人局)

第3種クロスバー交換機 (わらび無人局)

5号市外台手動交換機

日本電信電話公社でもMPコンデンサの利点を確認されるにつれて上記交換機器への全面的採用を認められ香良州局ではすでにサービスに供され、地力を発揮している。

(8) ストロージャ式コンネクタ、セレクトタへの応用

MPコンデンサが小型であることをもつとも有効に利用してコンネクタ、セレクトタの布線、取扱いが簡易化されるものを試作した。第10図がその外観で上が改良前、下が改良後のコンネクタである。いままで取扱い、布線

に面倒だった裏面塔載のコンデンサがなくなり部品の節約と共に目に見えざる利益は大なるものがあると思われる。取付の互換性にも十分留意されているのはいうまでもない。

[V] 結 言

以上MPコンデンサを有線機器に使用する場合の問題点を述べ、日立製作所における実用例を簡単に記した。

MPコンデンサが日立製作所そのほか国内で研究されるようになって十数年、いまだ未解決、不分明な点も少くない。すなわち、インパルス電圧と定格電圧の関係、自癒作用が障害件数と関連を有するかなどで、定格電圧を低くとり、さらに小型化しようとする方向にある現在、これらはコンデンサ関係者としても、回路設計者としても十分検討して行かなければならない問題である。日立製作所では両者が緊密なる連絡をとり、その特長を十分生かしたトラブルフリーのコンデンサを低廉に供給すべく日夜努力を続けており、使用者各位からも御批判御叱正を強く願うものである。

最後にMPコンデンサの実用化に際し種々貴重なる御指導御助言を賜った日本電信電話公社の御関係各位また終始御指導、御鞭撻を下さる日立製作所本社橋本事業部長、戸塚工場滝田副工場長を始め、関係上司、日々御協力をいただいている有線部各位、MPコンデンサ関係者各位に深甚なる謝意を表するものである。

参 考 文 献

- (1) たとえば 工藤：通研研究実用化報告 Vol. 5, No. 1 (1956)
- (2) 山辺：日立評論 34, 511 (1952-4)
- (3) 北村：日立評論 35, 1073 (1953-7)
- (4) R. H. Gumley: B. L. R. 34, No. 9, 350 (1956-9)
- (5) 山田, 清宮：日立評論 38, 707 (1956-5)

Vol. 19

日 立

No. 6

目 次

- ◎ 碁うちの心理……………高川 格
- ◎ 夜の太陽
- ◎ わが家の調理室
- ◎ 走るサロンへ
- ◎ ショールーム
- ◎ 夏の風

- ◎ 私のデザインノート
- ◎ 電気器具の上手な使い方 (座談会)
- ◎ 電話のある農村
- ◎ 日立だより
- ◎ 新しい照明施設

誌代 1冊 ¥60 (〒12)

発行所

日立評論社
東京都千代田区丸ノ内1丁目4番地
振替口座東京71824番

取次店

株式会社オーム社書店
東京都千代田区神田錦町3の1
振替口座東京20018番