

FL形ミゼットリレー

(高性能通信用小形継電器)

High Reliable Miniature Relay for Communication Use

森山寛美*
Hiromi Moriyama

内容梗概

移動無線端局装置などの移動セット、キータレホンなどの卓上セットをはじめ、一般制御用に使用できるFL形ミゼットリレーを開発、実用化した。FL形ミゼットリレーは、フープ材から連続生産できる双子接点バネを採用した量産性に富むリレーで、小形、速動性など多くの特長をもっているが、特にチャッタが少なく、電子回路との接続が有利と思われる。総じて、大形リレーなみの特性をもつリレーである。

1. 緒言

信頼度を犠牲にすることなく機器を小形化することは、機器設計者に与えられた大きな課題の一つである。この線に沿ったFL形ミゼットリレーを今回開発実用化した。FL形ミゼットリレーの開発に当たっては、できるだけ量産に適し、調整部分の少ないものにするを念頭におき、水平形リレーのようなパイルアップ式の接点バネをやめ、接点バネを平面状に並べ、かつ短いバネにするの容易な板バネとし、これをフープ材から連続生産できる形式のものとした。さらにバネは接点圧力を確保し、双子化し、かつステイフネスの小さいものとしたので、接点の信頼度は十分確保することができた。そのほか小形化のために各部に工夫をこらしたが、総合して大形リレーなみの特性をもつリレーを作ることができた。特にチャッタは著しく小さく、このリレーを特長づける点となっている。以下にその概要について述べる。

2. 特長

FL形ミゼットリレーの特長を要約すると次のとおりである。

- (1) フープ材から連続生産することができ、バラツキの少ない可動バネをもっている。
- (2) 小形、軽量で取付け容積が小さい。
- (3) 双子接点を有し、十分な接点圧力をとってあるので信頼性が高い。
- (4) 速動性である。
- (5) チャッタがきわめて少ない。
- (6) 防塵(ぼうじん)カバー、駆動カードが透明なので点検が容易である。

3. 構造

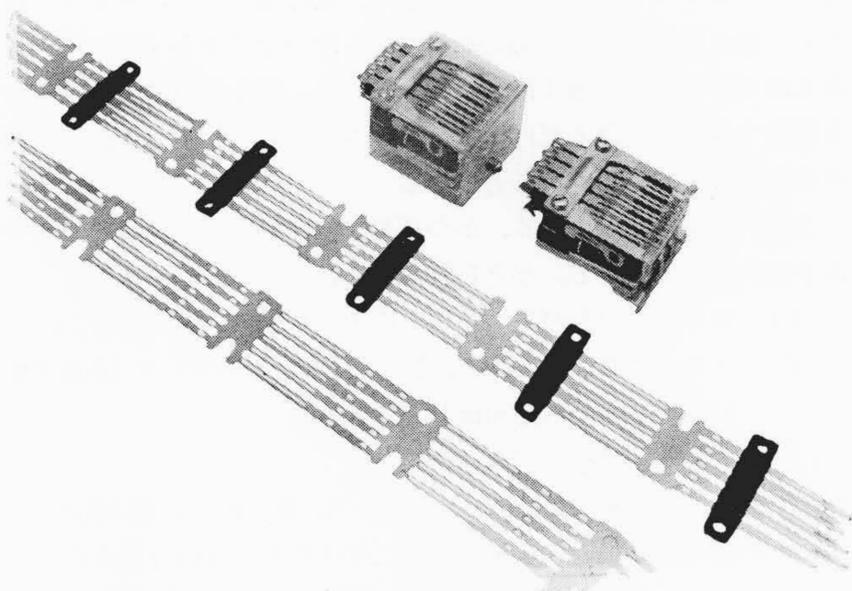
第1図はミゼットリレーの外観とフープ材から連続生産する可動接点バネのプレス後のもの、モールド後のものを示している。これに接点を溶接し、切断、予備曲げをすれば可動接点バネが完成する。

第2図に組み上がったリレーの各部詳細を示してある。

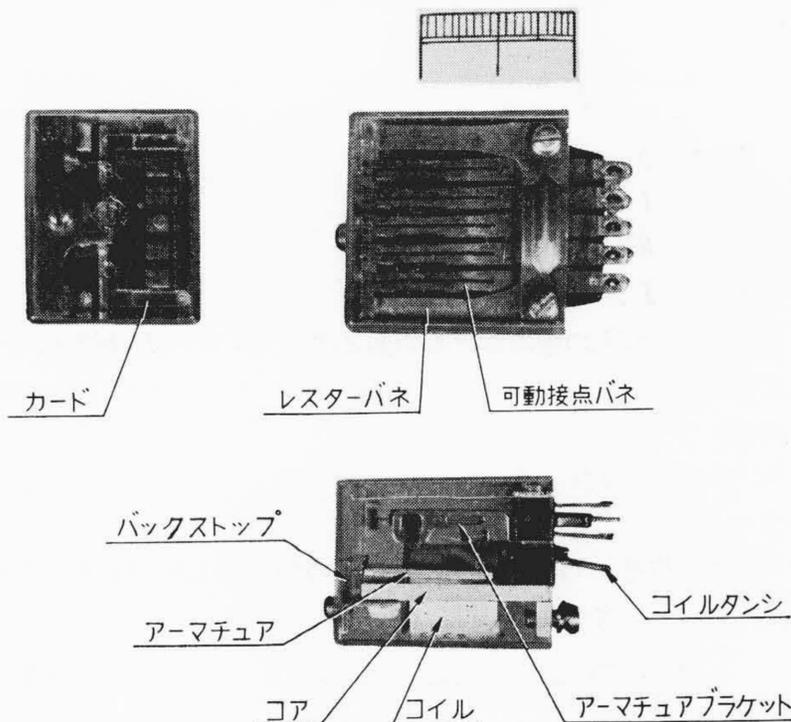
可動接点バネは予備変位の大きい板バネを用い、リフトオフ形式のカード駆動とした。磁気回路はE字形のコア、コ字形のアーマチュアからなっている。これらはコアをベースにして、コイル端子ブロック、アーマチュアブラケット、接点バネ組立、レスターバネを押え板を介して締めつけ組み立てられている。バックストップは、アーマチュアのバックストップ、カードの位置ぎめ、カバーの取付けベースを兼ねているのでスペースは大きく節約された。

絶縁材料にはポリカーボネートの成形品を各所に採用した。すな

* 日立製作所戸塚工場



第1図 FL形ミゼットリレーの外観とフープ材から作られる可動接点バネ



第2図 FL形ミゼットリレーの各部詳細

わち接点バネ駆動用カード、コイルボビン、カバーである。これらは、ポリカーボネートの耐熱性があること、透明度がよいこと、機械的強度が大きいこと、耐摩耗性があることなどの特性を利用したものである。接点バネ組立、コイル端子ブラケットは配線を端子に直接はんだ付けするときのことを考慮してフェノール樹脂の成形品とした。

接点にはワイヤスプリングリレーと同一断面形状のものを使い、経費の節減を図っている。

なお、外形寸法は28.7×23.8×29.0(端子長さ9を含まず)、重量

は約 33 g である。

以下に各部につき詳細な検討を加える。

4. 負 荷 系

4.1 可動接点バネ

FL 形リレーの可動接点バネの特長は、

- (1) フープ材から連続生産でき、しかも無調整である。
- (2) 独立性のよい双子バネとなっている。
- (3) 双子の各接点は 6.5 g の接点圧力を有している。
- (4) 十分にスティフネスを小さくしてある。

ことなどである。

リレーが小形になると、バネの調整が困難となるので、調整が不要な製法および構造が必要となる。バネをバラバラに作らず第 1 図のようにフープ材からまとめて作り、支持部をモールドして一体とし、接点を溶接したのち切断すれば、均一なバネとすることができるので無調整化の第 1 段階は達せられる。第 2 段階はチャッタとも関連するが、できるだけスティフネスを小さくしておき、予備曲げの量を大きくしておくことである。

さて、できるだけ小さく、かつ必要な特性を満たすバネを設計する手順について考える。与えられる条件は、

- (1) 双子のおのおのにつき接点圧力が 6.5 ± 1.5 g とれること。
- (2) スティフネスは、すくなくとも双子のおのおのが 1.5 g/mm 以下（一組で 3 g/mm 以下）であること。
- (3) できるだけ小形であること。

などである。バネ材には洋白、ステンレス、燐青銅など種々あるが、メッキ不要で取り扱いも容易、はんだ付けのきく洋白を選んだ。

設計に当たっては、表皮応力の式とスティフネスの式で検討する。

(1) 表皮応力

片持りの根元における最大表皮応力 σ_{max} は次のとおりである。

$$\sigma_{max} = \frac{plh}{2I} \dots \dots \dots (1)$$

ここで p : バネの先端荷重

l : バネの長さ

h : バネの板厚

I : 断面 2 次モーメント

これに、幅 b の板における断面 2 次モーメント $I = bh^3/12$ を代入し、かつ表皮応力の限界を 40 kg/mm^2 とすると (2) 式が得られる。

$$\sigma_{max} = \frac{6pl}{bh^2} < 4 \times 10^4 (\text{g/mm}^2) \dots \dots \dots (2)$$

ここで荷重 $p = 18 \text{ g}$ (双子のおのおのが $6.5 + 1.5 + 1 \text{ g}$ として) を代入すると、次の関係が得られる。

$$\frac{l}{bh^2} < 370 \dots \dots \dots (3)$$

(2) スティフネス

均一長方形断面の片持り形板バネのスティフネス s は

$$s = \frac{3EI}{l^3} = \frac{Ebh^3}{4l^3} \dots \dots \dots (4)$$

ここで E : ヤング率

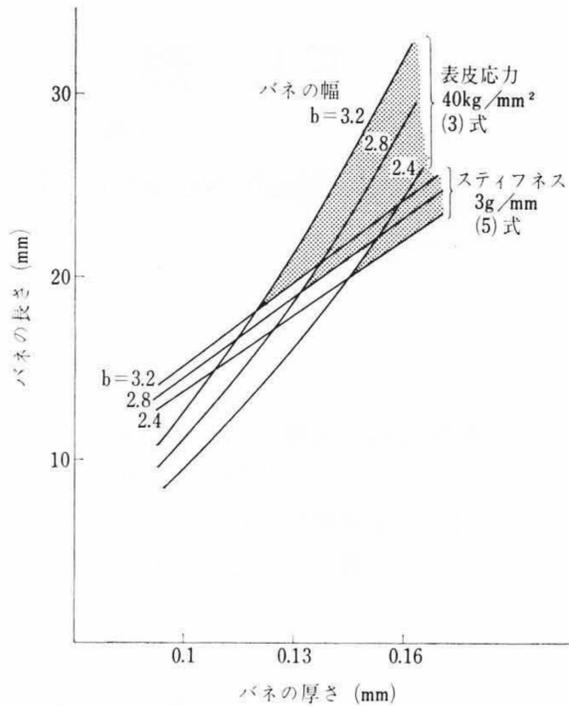
洋白のヤング率 $13 \times 10^6 \text{ g/mm}^2$ を入れかつ $s < 3 \text{ g/m}$ とすると

$$\frac{bh^3}{l^3} \times 3.25 \times 10^6 < 3 \dots \dots \dots (5)$$

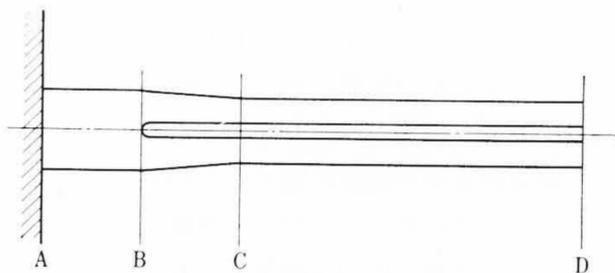
となる。

(3) バネの寸法

バネの厚さと長さとの関係を幅 b をパラメータとして、(3)、



第 3 図 バネの寸法と表皮応力スティフネスとの関係



第 4 図 可動接点バネの平面形状

(5) 式から算出した結果を第 3 図に示す。ハッチングをほどにした部分が設計可能な範囲である。バネは可能な限り大きいほうが作りやすい。また、双子 5 トランスファを駆動できる磁気回路もそれほど小さくできない。バネは同一平面上に並べるためあまり幅を広くとることはできない。要求されたスペースに 5 トランスファを入れるためには、バネの幅 2.8 mm、バネとバネとの間隔 0.8 mm がほぼ限界と思われたので、第 3 図から幅 $b = 2.8 \text{ mm}$ でもっとも小さいバネ、すなわち、厚さ 0.13 mm、長さ 19 mm を選んだ。

これは、幅を一定と仮定した場合であるが、平等強さのほりの原理により表皮応力の条件は変更せずに、さらにスティフネスの小さいものとしてすることができる。よく知られているように平等強さのほりは表皮応力を、ほりの各断面について等しくとったもので、(2) 式の

$$\sigma_{max} = \frac{6pl}{bh^2} \equiv \text{const}$$

において、厚さ h を一定とすれば

$$l/b \equiv \text{const} \dots \dots \dots (6)$$

となり、バネの先端からの距離と、その部分の幅が比例する形状すなわち三角形のバネである。

FL 形リレーでは、この原理に従って第 4 図に示すように B ~ D 間にみぞを入れ、B ~ C 間の幅をテーパ状にし、結局 A, B ~ C において (6) 式を満足させた。C ~ D 間は接点の幅、プレス加工を考慮して 0.9 mm 幅とした。B ~ C 間の外側にテーパをとったのは、接点部をできるだけ狭くして、静止接点幅の節約を考えたためである。

以上のようにすることにより、スティフネスのもっとも小さい十分の独立性をもった双子バネを最小のスペースに収めることができる。スティフネスはこのようにすることにより双子のおのおのにつき約 1.2 g/mm となった。これはワイヤスプリングリレーの約 2 倍

であるが、長さが約 $\frac{1}{4}$ なので予備曲げの角度の公差は2倍とることができ、無調整化が達成できる。

4.2 静止接点バネ

静止接点バネに要求される特性は

- (1) できるだけスティフネスが大きいこと。
- (2) 接点の高さがそろっていること。
- (3) 接点の高さをそろえたままゲージング調整、すなわちギャング調整ができること。

などである。これらを満たすため、第2図に示すように先端部分をモールドで一体化して、バネの先端、すなわち接点の高さがばらばらにならないようにし、かつモールドの両端をアーマチュアブラケットと一体となったアームで支持するようにした。アームは第2図のように構成することにより非常にスティフネスを大きくとることができる。さらにアームに設けられたスリットにドライバの先端を入れることにより容易にギャング調整をすることができるので、調整工数は著しく短縮された。

4.3 接 点

接点には可動接点、静止接点とも、ワイヤスプリングリレーと同じ断面形状のものをを用い、経費の節減を図った。この種ミゼットリレーは低電圧低電流で使われるチャンスが多いので、可動接点には金張りパラジウムを使用している。静止接点はパラジウムのバイメタルである。

4.4 負 荷 特 性

F L形ミゼットリレーの負荷特性の一例を第5図に示す。

5. 駆 動 系

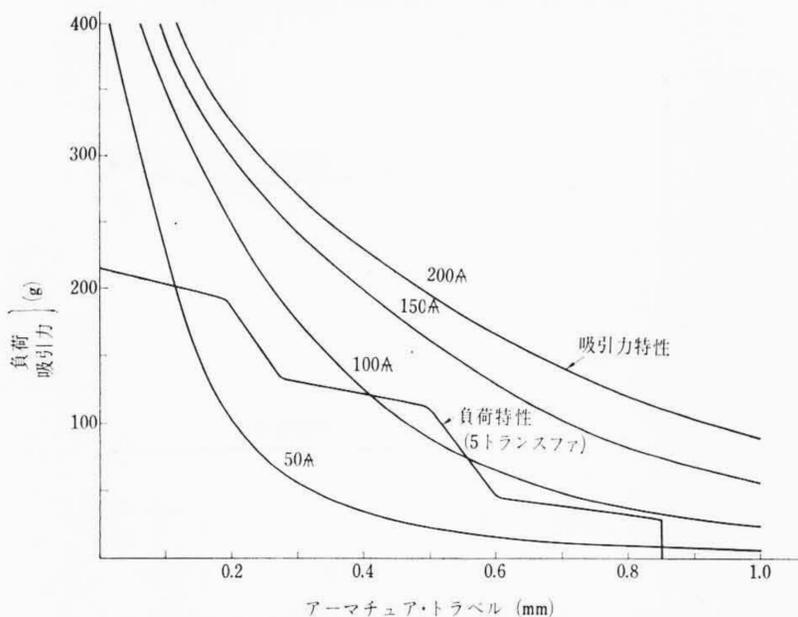
5.1 磁 気 回 路

磁気回路はE字形のコア、コ字形のアーマチュアの組み合わせとしてである。磁気回路の寸法は実験的に求めた最適寸法に構造上の制約を加味して決定した。たとえば負荷系と駆動系のマッチングは、アーマチュアのレバー比と、極面積とを適当に選ぶことにより得られるが、実験の結果、この効果はブロードだったのでアーマチュア支持につごうのよい寸法に設定した。

吸引力特性の一例を負荷特性とともに第5図に示す。

5.2 アーマチュアの支持

アーマチュアの支持はアーマチュアの支点部に切欠きを設け、アーマチュアブラケットにこの切欠きに適合する部分を設け、これらをかみ合わせるだけの非常に単純な構造となっている。このように構成することにより、組立は非常に容易であり、アーマチュアは正規の回転方向以外には、ほとんど動くことができない。



第5図 負荷特性と吸引力特性の代表例

5.3 カ ー ド

カードは透明でかつ強度も大きく、寸法精度の出しやすいポリカーボネートを使用した。ポリカーボネートは透明度よく、接点の点検は容易である。

ポリカーボネートの耐摩耗性は相当大であり、1,000万回程度の動作では測定できるほどの摩耗はなく、5,000万回動作で約0.03mm程度であった。

カードの寸法を変えることにより、トランスファ接点、コンティニュアス接点、メイクブレイク接点を容易に作るができる。

現在、5トランスファ、3トランスファ・2コンティニュアス、2トランスファ・3コンティニュアス、5メイクブレイクの4種を実用化している。

5.4 コ イ ル

リレーを小形にするとコイルの寸法が小さくなり、電磁変換能率を表わすコイルコンダクタンス G_c が小さくなる。そのため小さい電力での駆動ができなくなるうえ、コイルが小さいため発熱が集中化して温度上昇が大きくなる。したがってコイルポビンには耐熱性の高いものが必要である。また、コイルコンダクタンス G_c をかせぐためには、フィールド巻きより、できるだけ薄肉のポビンにガラ巻きするほうがすぐれている。これらを考慮して耐熱性高く、強度も十分あって薄くできるポリカーボネートを使用した。

コイルは2巻線までとれるようになっている。第2巻線は自己保持が必要なきに用いられるが、保持電力を大幅に低減することが可能である。この際、自分のコンティニュアス接点を使い、1次、2次巻線を直列にして保持すれば、保持電力の非常に小さい4トランスファ・リレーとして使える。

6. 特 性

6.1 電 流 値

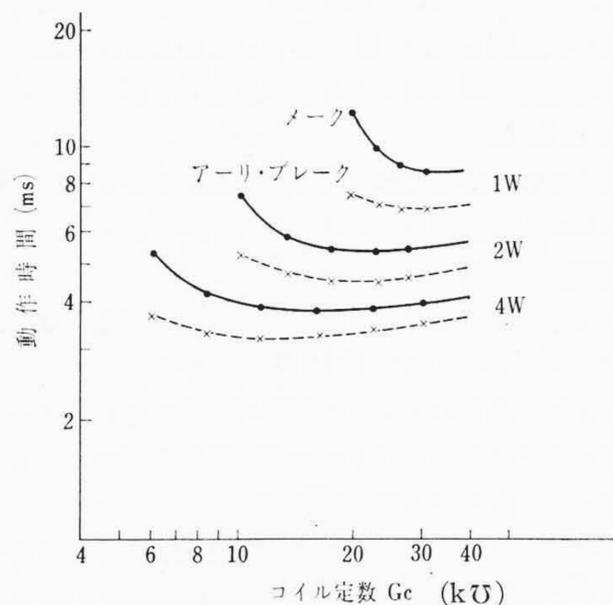
標準の5トランスファの感動アンペアターンは約125Aである。ワイヤスプリングリレーのWK形(5トランスファ)のそれが約150Aであるから能率はかなりよいものと思われる。開放アンペアターンは約20Aである。

12V用に設計したFL形ミゼットリレーの保証感動電力は約0.5Wである。同リレーの標準入力力は約1.2Wとしてある。

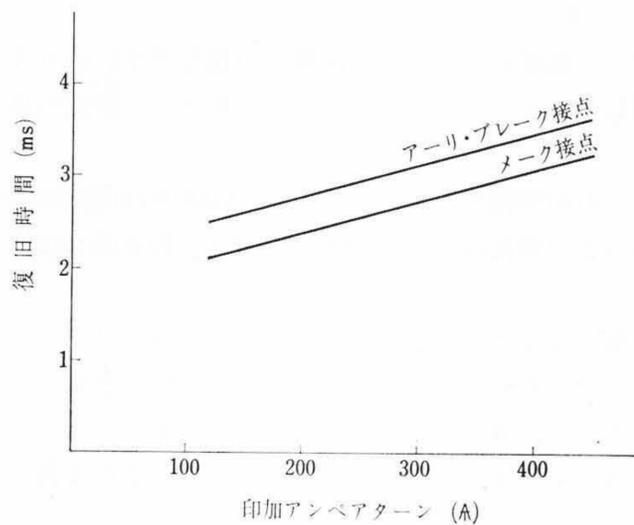
6.2 時 間 値

入力と G_c を変えたときの動作時間を第6図に示す。

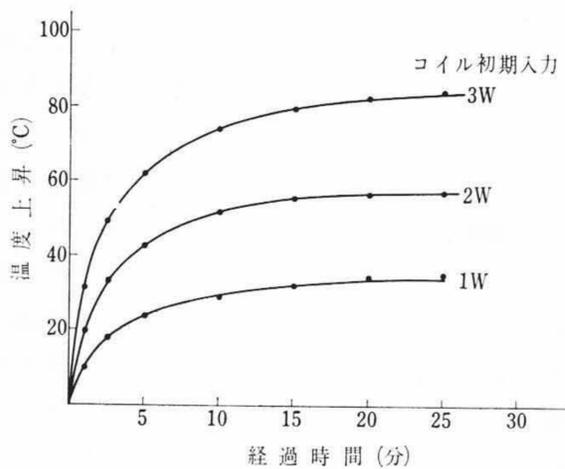
これによると、最適動作時間(入力一定とし、 G_c を変えたときの最小動作時間)は、1Wで8.5ms、4Wで3.8msであり、ワイヤスプリングリレーの同負荷の1W 18ms、4W 8msに比べかなり



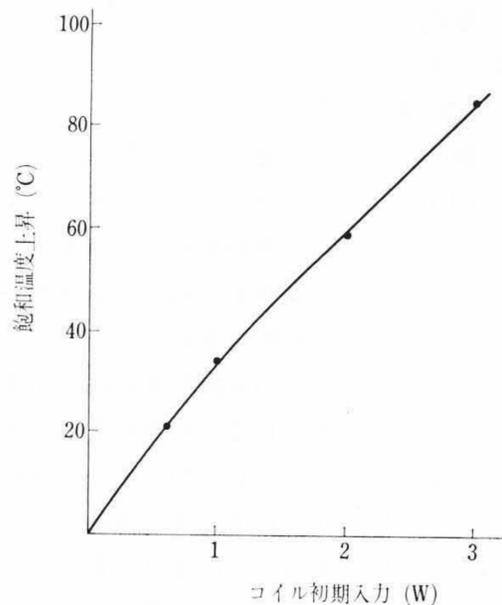
第6図 入力をパラメータとした場合のコイル定数と動作時間との関係(代表値)



第 7 図 印加アンペアターンと復旧時間との関係



第 8 図 コイルの温度上昇特性



第 9 図 コイルの温度上昇限界と初期入力との関係

速動である。これは駆動系の質量が小さいこと、したがってバックテンションを低くとり得ることなどによるものである。

印加アンペアターンと復旧時間との関係の一例を第 7 図に示す。

6.3 コイルの温度上昇

入力をパラメータにしたときの経過時間と温度上昇との関係を第 8 図に示す。これをもとにした入力と温度上昇限界との関係を第 9 図に示す。温度の限界を 110°C とし周囲温度 40°C の場合、許容入力約 2.5 W となる。

6.4 チャ ッ タ

接点バネは、スティフネス、質量ともに小さく、駆動が理想的なリフトオフ形式なのでチャッタは著しく少ない。

チャッタに関係ある \sqrt{sm} (s : スティフネス, m : 等価質量) につき、チャッタの少ないといわれるワイヤスプリングリレーと比較検討してみる。第 1 表に示すように、FL 形ミゼットリレーはワイヤスプリングリレーに比しスティフネスは約 2 倍であるが、等価質量が約 1/5 で \sqrt{sm} にして 62.7% と小さくなっている。また、表に同時に示してあるように、共振周波数を表わす $\sqrt{s/m}$ が約 3 倍で、先端支持の基本共振周波数がワイヤスプリングリレーの 360 c/s に対し、1,050 c/s と非常に高く、チャッタが起こるとして、ワイヤスプリングリレーが 3 ms のところに出るのに対し 1 ms のところに出ることになる。実際には軽微な初期チャッタのみで、基本振動にみるチャッタは見られない。双子であることもチャッタの軽減に大いに役だっていることと思われる。接点閉成時の波形の一例を第 10 図に示す。

6.5 保証試験

(1) 温度サイクル試験

-20°C, +80°C 各 2.5 時間を 1 サイクルとする温度サイクル試験の結果の代表例を第 11 図に示す。このような過酷な条件によっても感動電流、開放電流の変動はごくわずかである。

(2) 振動試験

全振幅 3 mm, 1,000 cpm の条件で 2 方向 各 3 時間の振動試験を行なったが、特性値の変動はごくわずかであった。

(3) 連続動作試験

50 c/s で連続動作させたときの接点圧力の変化を第 12 図に、バックテンションの変化を第 13 図に示す。

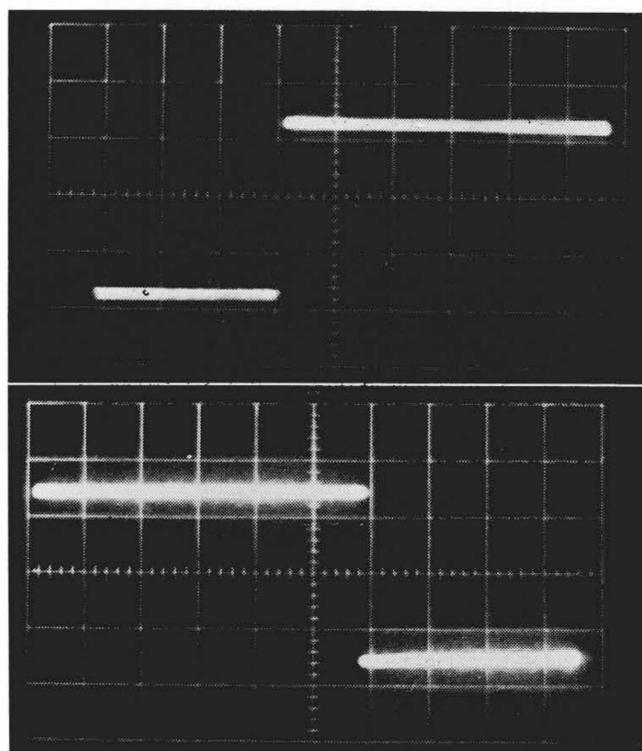
経験によれば通常の 10 c/s の程度の駆動に比し、50 c/s 駆動は動作回数が 5 倍になった以上の非常に過酷な条件であるが、4,000 万回動作で、これらバネ系の変動は僅少であった。

ポリカーボネート製のカードの摩耗は、1,000 万回程度では測定にかかってこない。5,000 万回動作で約 0.03 mm の摩耗が見られた。

その他、このリレーで、ゲージングに影響を与える摩耗箇所は

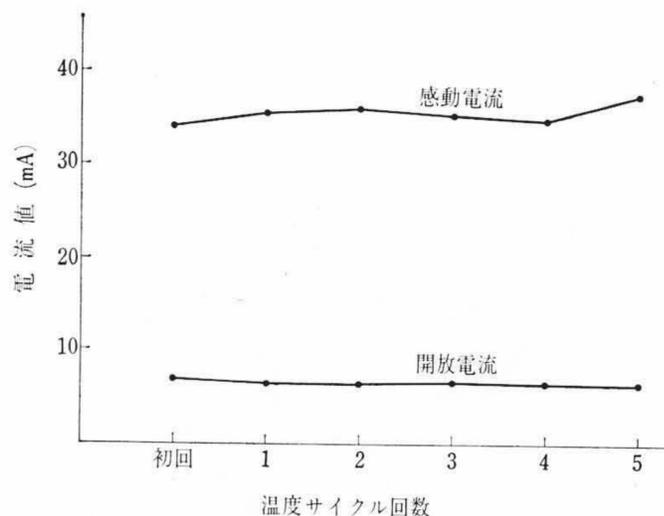
第 1 表 可動接点ばねの \sqrt{sm} と $\sqrt{s/m}$

	スティフネス (g/mm)	等価質量 (g)	\sqrt{sm}	$\sqrt{s/m}$	先端支持共振周波数 (c/s)
WA リレー (A)	0.66	0.0343	0.15	4.38	360
FL リレー (B)	1.2	0.0074	0.094	12.73	1,050
B/A	1.82	0.216	0.627	2.91	



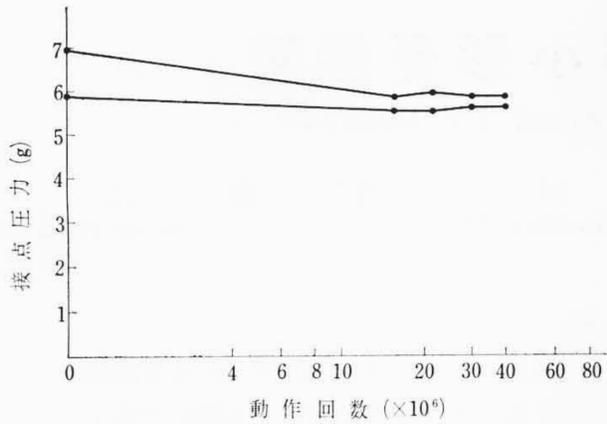
上: メーク接点 下: ブレイク接点 1 cm 目盛が 0.1 ms

第 10 図 接点閉成時の波形の一例

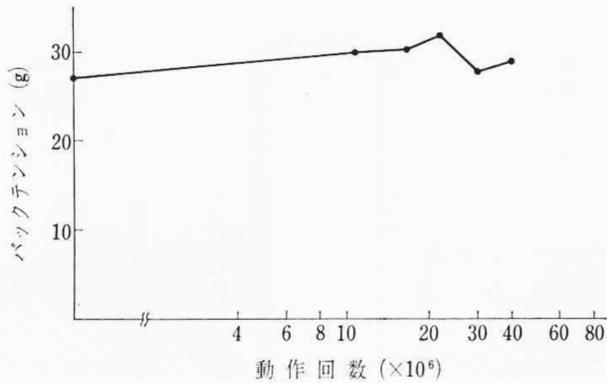


(-20°C, +80°C を 1 回とする)

第 11 図 温度サイクルによる電流値の変化の代表例



第12図 連続動作試験 (50 c/s) における接点圧力の変化の例



第13図 連続動作試験 (50 c/s) におけるバックテンションの変化の例

バックストップである。これは硬質クロムメッキをすることにより、数千万回動作でも問題にならない程度に押えられた。

(4) 接 点

ミゼットリレーは一般に防塵用のカバーが設けられており、かつ密閉に近い環境で使われることが多い。

このように空気の流通が悪い状態では、接点に発生するアークにより空中の窒素が酸素と化合してできるNO₂がバネを腐食させる現象が起こる⁽²⁾⁽³⁾。事実、誘導性負荷(12~48V, 100~200mA)で火花消去器をつけない回路では、数100万回で接点付近でバネの折損が見られた。しかし、火花消去器をつけた回路では折損は全く見られなかった。

したがって、この種ミゼットリレーは使用ひん度の多い接点には火花消去器をつける必要がある。このようにして正常に使用された場合、FL形ミゼットリレーのライフとして5,000万~1億回以上が期待できる。

7. FL形ミゼットリレーの仕様

第2表にFL形ミゼットリレーのコーディングの一部を示す。また第14図に取付用穴明寸法、第15図に端子番号配列図、第16図にコイル接続図を示す。

8. 結 言

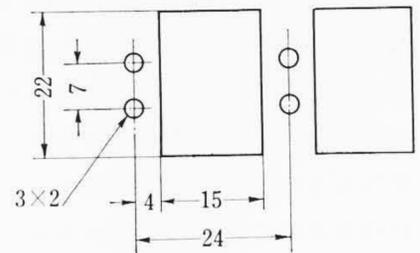
以上説明したように、フープ材から連続生産できる双子接点バネをもつFL形ミゼットリレーを開発、実用化した。比較的高性能のものである。特にチャッタの少ないことは電子回路に接続された場合、非常に有利である。

FL形ミゼットリレーは、5トランスファを搭載しており、ワイ

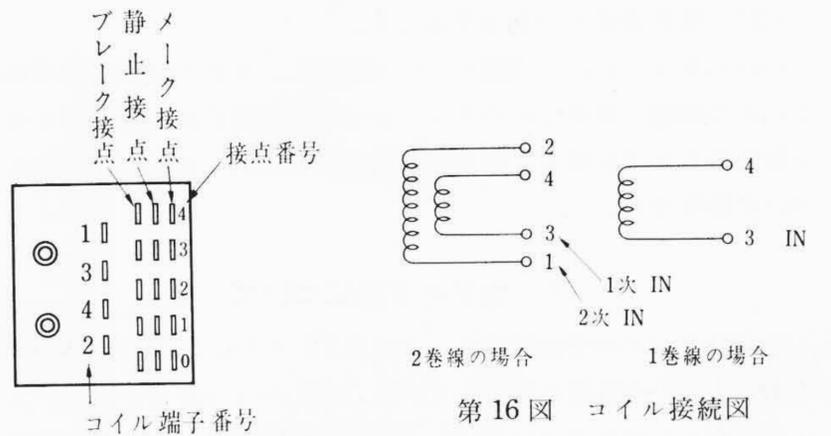
第2表 FL形ミゼットリレー、コーディングの数例

品名	コイル		電流値(mA)		接点配列					摘要
	端子	抵抗(Ω)	感動	開放	0	1	2	3	4	
FL-11	3-4	120±12	65	3.6	EBM	EBM	EBM	EBM	EBM	12V用
FL-12	3-4	460±46	36	2	EBM	EBM	EBM	EBM	EBM	24V用
FL-13	3-4	1,500±150	20	1.1	EBM	EBM	EBM	EBM	EBM	48V用
FL-21	3-4	120±12	65	3.6	EBM	EBM	EBM	EMB	EMB	12V用
FL-22	3-4	460±46	36	2	EBM	EMB	EBM	EMB	EMB	24V用
FL-23	3-4	1,500±150	20	1.1	EBM	EMB	EBM	EMB	EMB	48V用
FL-31	3-4	120±12	65	3.6	EBM	EMB	EMB	EMB	EBM	12V用
FL-32	3-4	460±46	36	2	EBM	EBM	EMB	EMB	EBM	24V用
FL-33	3-4	1,500±150	20	1.1	EBM	EBM	EMB	EMB	EBM	48V用
FL-121	3-4	80±8	88		EBM	EBM	EBM	EMB	EMB	12V用 *は保持巻線
	*1-2	300±30		5.7						
FL-122	3-4	290±29	50		EBM	EBM	EBM	EMB	EMB	24V用 *は保持巻線
	*1-2	1,300±130		1.5						

注：1. EBM：アーリブレークメーク (トランスファ)
EMB：アーリメークブレーク (コンティニューアス)
2. 2巻線リレーで、自己保持を行なう場合1次、2次巻線を直列にすれば保持電力はさらに下がる。



第14図 取付穴明寸法図



(布線側より見た図)
第15図 端子番号配列図

第16図 コイル接続図

ヤスプリングリレーのWK形(5トランスファ2組)が使用される分野にも使用可能と思われる。すでに、移動無線端局装置のような移動セット、キーテレホンのような卓上装置などをはじめ、一般制御用に使用されており、今後の応用分野の拡大が期待される。

終わりに臨み、御協力いただいた戸塚工場関係者にお礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 篠原：通研研究実用化報告，第8巻 第1号 p.12 (1959)
- (2) 坪井：鉄道技術研究報告 No.256 (Oct. 1961)
- (3) M. Tsuboi & S. Mitani：ICER, A-15, Part 1 (1963)