

男性のみでなく、女性の場合にも普及して来ている現在、万人に愛用される車と言え、結局それは車自身の取り扱ひが容易でなければならない。とりわけ engine 起動の操作が容易であると言うことが先決問題となつて来ている。そこで自動三輪車に限らず、自動二輪車にも

始動電動機採用の要望が高まりつゝあり、これに適用する小型始動電動機は構造上からも、材料面からも真面目に研究されつゝあるが、一部は既に実用に供せられている。

点 火 コ イ ル に つ い て

大阪府立工業奨励館 柴田 晃 福慶 泰一
大阪大学工学部 山口 次郎 西村 正太郎

1. 緒 言

点火コイルは自動車の電気点火装置の中で最も重要な働きをする部品であり、この特性が悪いとエンジンの回転が落ちたり或は止つてしまう。電気点火系回路は蓄電池、スイッチ、点火コイル、配電器及び点火栓からできている(第1図参照)。電源としての蓄電池の電圧は普通6ボルトであるが、エンジンを作動させるためにはシリンダーの中の燃料と空気の混合体を着火するために最大約15,000ボルトの電圧が必要である。6ボルトからこの高電圧をうる変圧器の役目をするのが点火コイルである。高電圧は配電器によつて各シリンダーの点火栓に分配され、シリンダー内に挿入された点火栓の間隙で放電し燃料を着火する。点火コイルは一種の誘導線輪であつて、蓄電池からの直流は断続器(配線器と一体になつている)の断続接点によつて鋸歯状波断続電流に変換されて点火コイルに印加され、誘導作用によつて高電圧を誘起する。断続器の軸はクランクシャフトに連結されているのでシリンダー内の放電はエンジンの回転速度如何にかゝらず同期的に行われる。これらの他に断続持点間に消弧の目的でコンデンサが並列に接続されており、また点火コイルの高圧端子に直列に妨害電波防止用の抵抗体が装着される。

点火コイルは少々太いエナメル線(0.8mmφ程度)を少数(300~400回)巻いた一次線輪と、極めて細い(0.09mmφ程度)エナメル線を多数(約18,000回)巻いた二次線輪とを後者を内側に同心円的に組合せ、二次線輪の一端は一次線輪の端子に接続されている。鉄心には若干の軟鉄板を用いている。これらを円筒型の鉄製ケースに挿入しコンパウンドを充填している。一次及び二次の端子は頭部のパークライト製のキャップに取付られている。(第2図参照)

点火コイルについては大阪府総合科学技術委員会の中の自動車電装品専門委員会において各方面から研究されている。筆者等は当委員会の御好意により研究資料の御提供をいただいたので、研究の成果の一端を本誌をかりてここに御紹介する。

2. 点火コイルの電氣的定数

点火コイルの電氣的定数、特に二次コイルの抵抗、インダクタンス及び静電容量の値はコイルの性能上非常に重要であつて、点火火花電圧(二次電圧)の大きさに影響する。二、三の観点からこれらの定数について検討を加えてみた。

(1) 二次電圧に対する並列抵抗の影響及び最適巻数比の理論的考察

第3図に示すような並列抵抗Rを考慮した点火コイルの回路について一次電流が電弧の発生なく遮断されたときの方程式を立てると次のようになる。但し結合係数Mを1とした。

$$\left. \begin{aligned} L_1 \frac{di_1}{dt} + R_1 i_1 + \frac{1}{C_1} \int i_1 dt + M \frac{di_2}{dt} &= 0 \\ L_2 \frac{di_2}{dt} + R_2 i_2 + R i_2 + M \frac{di_1}{dt} &= 0 \end{aligned} \right\}$$

上式から最大二次電圧 e_{2max} を求めると

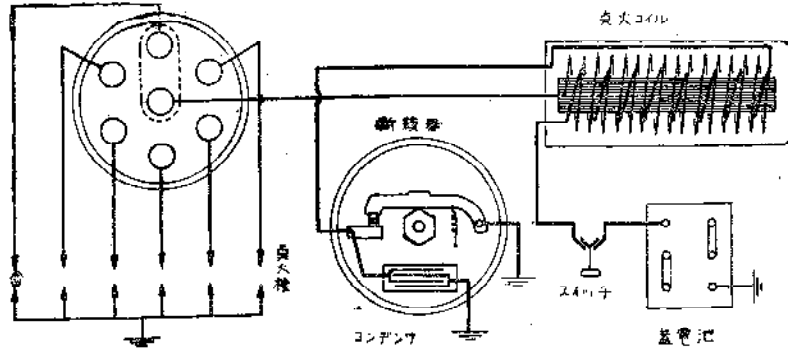
$$e_{2max} \approx \frac{MI_1}{(L_1 C_1 + L_2 C_2)^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{\pi L_2}{4R(L_2 C_2 + L_1 C_1)^{\frac{1}{2}}}} \dots \dots \dots (1)$$

これが二次電圧に対する並列抵抗Rの影響を与える式である。

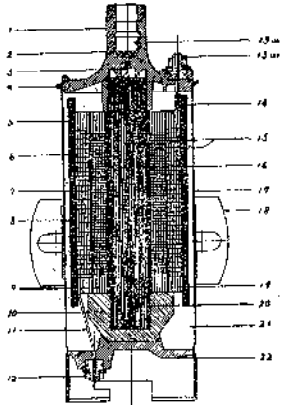
(註) 式(1)は次の諸条件を入れて導いた。

- (i) $i_2 + i_4 = i_3$, $i_4 R = \int -\frac{i_2}{C_2} dt$ (ii) $t=0$ において $i_1 = I_1, i_2 = 0, e_1 = 0, e_2 = 0$ (iii) コイルの抵抗 R_1, R_2 は非常に小さく $R_1 \approx 0, R_2 \approx 0, R \approx \infty$
- これに $L_1 = kn_1^2, L_2 = kn_2^2, M = kn_1 n_2, a = n_2/n_1$

第 1 圖

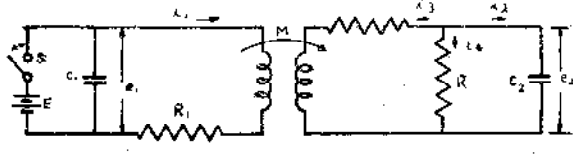


第 2 圖

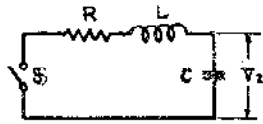


- | | |
|----------------|---------------------|
| 1. ベークライト・キヤツプ | 12. 一次端子 |
| 2. 高圧導線接続箇所 | 13. (1)二次端子 (2)一次端子 |
| 3. 二次側導線 | 14. 一次と二次の接続部 |
| 4. パツキング | 15. 一次と二次の絶縁物 |
| 5. コイルと鉄心間の絶縁物 | 16. 鉄心 |
| 6. 一次コイル | 17. ケース |
| 7. 二次コイル | 18. コイル取付金具 |
| 8. ヨーク鉄心 | 19. 一次コイルの層間絶縁紙 |
| 9. 二次コイルの層間絶縁物 | 20. コイル巻線用テューブ |
| 10. 鉄心の磁器絶縁物 | 21. ソフトコンパウンド |
| 11. 一次コイルの導線 | 22. 底部ベークライト |

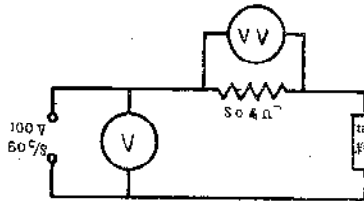
第 3 圖



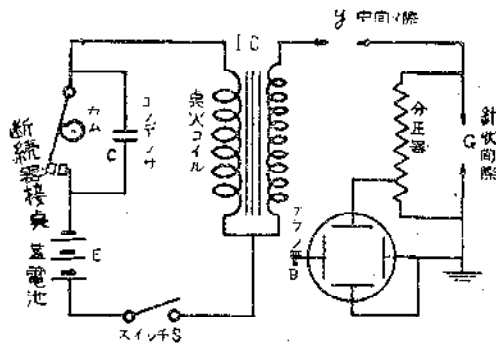
第 5 圖



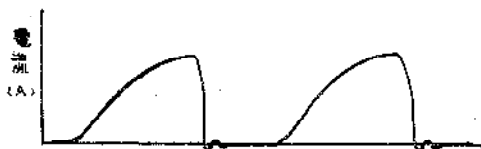
第 6 圖



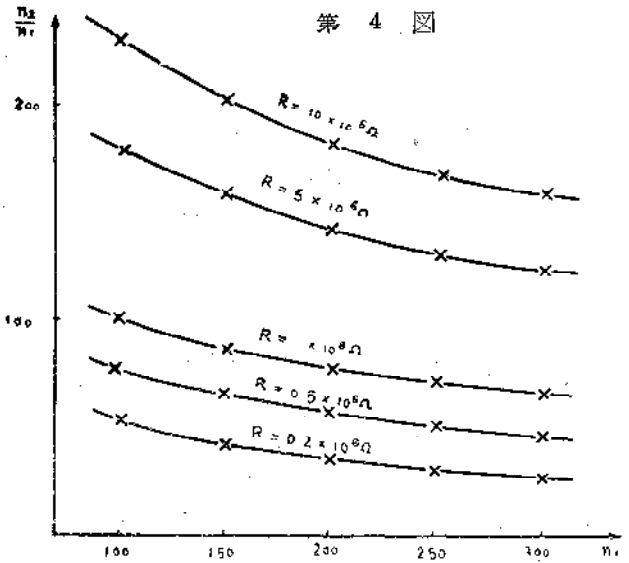
第 7 圖



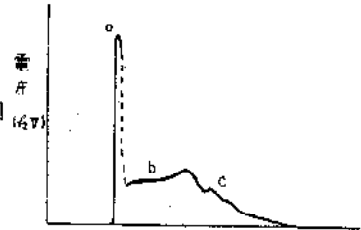
第 10 圖



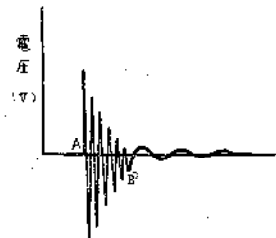
第 4 圖



第 8 圖



第 9 圖



なる値を代入すると

$$e_{2max} = \frac{k^{\frac{1}{2}} n_1 I_{1a}}{(C_1 + a^2 C_2)^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{\pi n_1 k^{\frac{1}{2}} a^2}{4R(C_1 + a^2 C_2)^{\frac{1}{2}}}} \quad (2)$$

これより最大二次電圧 e_{2max} を最高にする巻数比を与える式を求めると次のようになる。

$$a = \frac{n_2}{n_1} = \sqrt[3]{\frac{C_1^2}{K_2^2 C_2} - \frac{C_1}{C_2}} \quad (3)$$

但し $K_2 = \frac{\pi n_1 k^{\frac{1}{2}}}{4R}$

(註) 式(3)を導くとき、 K_2 を非常に小さいとみなして計算において適当な省略を行った。

第4図は式(3)を用いて計算した最適巻数比の特性曲線である。但し次の条件のもとに計算した。

$$K_2 = \frac{\pi \times 1.14 \times 10^{-4}}{4R} \times n_1 \quad (\because k = \frac{4\pi}{R} \times 10^{-9} = 4\pi \times 10^{-9}, \text{ 磁気抵抗 } R = 1)$$

$$C_1 = 0.12 \mu F, \quad C_2 = 100 \mu F$$

次に e_{2max} を最高にする C_1, C_2 の関係を与える式を求めると次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} C_1 &= a^2 (K_2^2 a^2 - C_2) \\ C_2 &= K_2^2 a^2 - C_1 / a^2 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

(2) 電氣的定数の測定

点火コイルの定数はコイルの二次側から1000c/s 附近の周波数で交流ブリッジで測定されるが、この場合試験電流が実際点火コイルが動作しているときの電流より少いので動作時における定数を与えるとはいえない。そこで次のようになるべく実際に近い条件で点火コイルの定数を測定して交流ブリッジによる測定結果と比較検討した。点火コイルの無負荷二次電圧の波形をブラウン管オシロスコープで観察すれば振動周波数約1,000c/sの割合単純な減衰振動波形になる(第8図参照)。これは第5図のようなR-L-C回路の直流電圧Eによる自由振動としてえられる。この場合 R_1, L_1, C_1 は、一次及び二次の抵抗、インダクタンス及び静電容量をそれぞれ $R_1, R_2; L_1, L_2; C_1, C_2$, 巻数比を a とすれば次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} R &= a^2 R_1 + R_2 \\ L &= a^2 L_1 + L_2 \\ C &= \frac{1}{a^2} C_1 + C_2 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

C_2 の端子電圧 V_2 , 減衰振動の時定数 τ , 振動周波数 f はそれぞれ次のようになる。

$$V_2 = - \frac{E'}{1 - \frac{CR^2}{4L}} e^{-\frac{R}{2L}t} \times \sin \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2} t \quad (6)$$

$$\tau = \frac{2L}{R}, \quad f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2} \quad (7)$$

点火コイルの一次及び二次側に並列に既知のコンデンサを接続すれば二次電圧波形が変化するため、外部から加えたコンデンサの静電容量の値と、そのいくつかの組合せによる二次電圧波形からコイルの定数を算出することができる。この測定の電源には安定な遮断電流が必要であるから矩形波電流発振装置を用いた。

(註) 一次及び二次側に挿入されたコンデンサの値をそれぞれ C_1', C_2' とすれば式(5)のCは次のようになる。

$$C = 1/a^2 (C_1 + C_1') + (C_2 + C_2') \\ \Rightarrow \frac{1}{a^2} C_1' + (C_2 + C_2')$$

第 1 表

資料番号	R (K Ω)	L (H)	C (pF)	摘要
No. 1	45 \pm 7	36.8 \pm 3.2	167 \pm 28	6 V用
No. 2	68 \pm 1.0	66.4 \pm 3.6	328 \pm 22	12 V用

但し No1, No2, 共に同種製品5ヶの平均値である
土はバラツキの最大値

第 2 表

資料番号	R (K Ω)	L (H)	C (pF)	摘要
No. 1	20.2	47.7	--	6 V用
No. 2	43.0	76.0	182.0	12V用
No. 3	23.0	48.5	94.0	6 V用
No. 4	20.0	47.0	92.0	"
No. 5	15.0	43.5	96.0	"

この方法を用いて各種の点火コイルの定数を測定した結果を第1表に示す。次に交流ブリッジにより1000c/sで測定して求めた点火コイルの定数は第2表の通りである。両表を比較すると同一コイルでも交流ブリッジによる測定値は矩形波電流法による測定値に比べて各々相当差がある。これは前にも述べたように後者は前者の約10倍の電流を二次コイルに流して測定したため、後者の方が実際の使用状態に近い条件の測定値である。

(3) 定数測定による二次コイルの断線箇所推定

点火コイルの製造工程の途中でコイルの巻線仕上りのときに部品検査をして品質管理を行い、またコイルの巻線が断線しているときは、断線箇所の推定ができればその場所如何によつては巻直しをすることにより不良率を少なくすることができる。

一次及び二次のコイルの巻線仕上りの部品について交流ブリッジによつて二次コイルの定数を測定し、全く同一条件において巻かれた多数のコイルについて定数のバラツキを求め、それらのコイルを用いてできるだけ同じ条件で完成した製品について火花特性を測定すれば定数

第 3 表

No	Q		H		PF	$\frac{\Delta R_{2-1}}{R_{2-1m}}\%$	$\frac{\Delta L_{2-1}}{L_{2-1m}}\%$	$\frac{\Delta R_{2-3}}{R_{2-3m}}\%$	$\frac{\Delta L_{2-3}}{L_{2-3m}}\%$	$\frac{\Delta C_{2s}}{C_{2sm}}\%$	備 考
	R_{2-1}	L_{2-1}	R_{2-3}	L_{2-3}							
1	4030	3.52	4350	3.78	63	1.66	0	1.18	-0.52	-8.4	密 巻
2	4020	3.79	4380	4.1	65	1.41	7.7	1.88	7.9	-5.5	"
3	4040	3.69	4380	3.97	68	1.92	4.8	1.88	4.5	-1.16	"
4	4030	3.52	4400	3.82	75	1.66	0	2.35	0.52	9.0	"
5	3990	3.53	4380	3.85	80	0.65	0.28	1.88	1.32	16.3	" 以上パラピン上げ
6	3901	3.52	4250	3.8	77	-1.59	0	-1.14	0	11.9	"
7	3890	3.53	4200	3.78	63	-1.87	0.28	-2.3	-0.53	-8.4	"
8	3790	3.09	4000	3.25	55	-4.4	-12.2	-7.0	-14.5	-2.0	"
9	3970	3.54	4320	3.82	70	0.15	0.57	0.49	0.52	1.74	"
10	3983	3.51	4330	3.79	72	0.48	-0.28	0.72	-0.26	4.64	" 以上ニス上げ
(平均)	3964	3.52	4299	3.8	68.8						

(註) 1. 二次巻数 n_2 : 17500t 一次巻数 n_1 : 240t 巻巾 37mm 巻数/層: 350t/層

2. R_{2-1} , L_{2-1} は 1kc/s, R_{2-3} , L_{2-3} は 3kc/s におけるそれぞれの抵抗、インダクタンスの値を示す。

測定によるコイルの管理図を作成することが出来品質管理を行うことができる。

10個のコイルについてアンダーソンプリッジを用いて二次コイルの定数を測定した結果を第3表に示す。但し鉄心を入れない方が日の上有利であるので測定は空心の状態で行った。

二次コイルの断線箇所が推定できることは前述のようにコイルの巻直しが可能か否かを決定するのに役立つ。

二次コイルが途中で断線している場合、コイルはその点を境にして二つのコイルに分離されたことになる。この場合全体のインダクタンスは断線箇所の位置如何によつては変わらないが、二分された内外のコイルの間に静電容量 C_x が生ずる。 C_x は内外のコイルの相対向する面積に比例するから断線を生じた層の半径に比例することになる。したがつて C_x の値を求めることにより断線箇所(半径の大きさ)を推定することが出来る。 C_x の測定には共振周波数から求める方法がよいが、 C_x の値は通常 500~3000F であるので次のような工場現場向の簡易法を用いても上記共振法と大差のないことが実験で確かめられた。

即ち 60c/s の電力周波数においては $1/\omega C_x$ に比し ωL 及び R の値は殆んど無視できるのでコイルのインピーダンスは殆んど C_x のみとみて第6図のようにして 60c/s の電圧を端子間に加えた場合の電圧、電流値から容量リアクタンスを算出して C_x を求めることもできる。尚実験

の結果断線箇所の端子で測定しても、コイルの両端で測定しても C_x の値は変わらないことが認められた。

実験の結果は断線箇所が巻線層の外部に向うにしたがつて C_x の値が大きくなることが認められるが、断線箇所の半径の大きさと C_x の値とは必ずしも完全な比例関係をなしていない。これはコイルの各層が均等な密巻きになつていないためで今の所充分正確に断線箇所を推定するためには不完全であるが、巻線法が均一化されたときはテスターを用いて抵抗を測る程の簡易さで本方法を実施することができる。

3. 火花特性に及ぼす諸因子

点火栓の火花特性に影響を及ぼすものに点火コイルを含む点火系回路の抵抗、インダクタンス、静電容量がある。ブラウン管オシロスコープを用いて点火系回路の各点の電圧或は電流波形を検討すれば、上記諸定数と火花特性との関係が判る。実験に使用した回路は第7図に示すように実際の点火装置に極めて類似のものを用いた。ただ点火栓は針状間隙で代用し、火花電圧は抵抗分圧器 R で分圧してブラウン管 B に入れた。

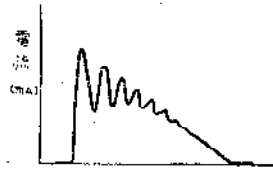
(1) 火花電圧波形及びその他の波形

(a) 火花電圧波形 上記の実験回路において針状間隙 G に発生する火花電圧の波形は通常第8図のようになり、次の三つの部分に分けられる。即ち (i) 容量放電(図の a の部分): Toepler の火花法則に従う放電で、放

電持続時間は非常に短く(普通 10^{-6} 秒程度)、火花電圧は大で最高20KVに達す。(ii)誘導放電(図のbの部分): Toeplerの火花法則は適用されないが容量放電に比し

火花電圧は低く、放電持続時間は相当長い(10^{-8} 秒程度)、(iii)放電終了後の電圧波形(図のcの部分):この部分は針状間隙の前に中間々隙があるときにのみ生ず

第11図

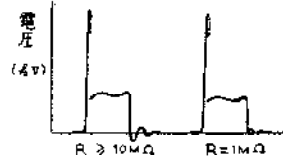


第12図a

中間々隙Gの有無と火花電圧波形

第12図

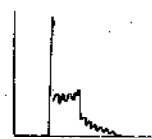
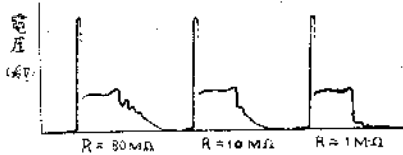
b放電間隙Gの大小と電圧波形



第12図cの1

(a) $g=0$ のときの絶縁抵抗Rの影響

第12図Cの2



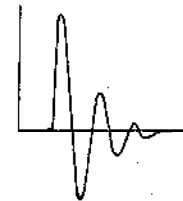
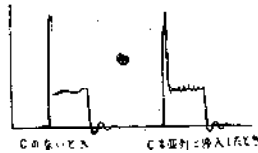
第12図d

点火コイルに直列にLを入れたときの波形

(b) $g=0$ のときの絶縁抵抗Rの影響

第12図e

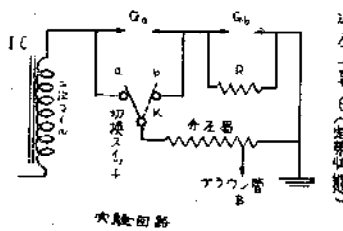
静電容量Cの影響



第12図f

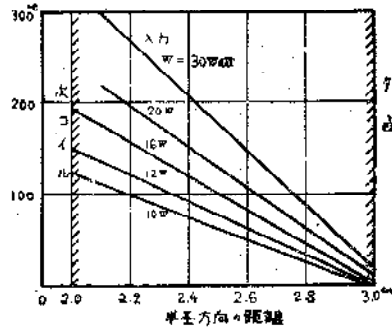
無放電電圧波形

第13図の1



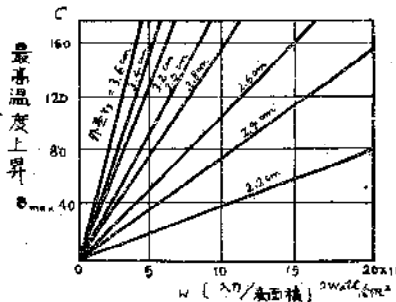
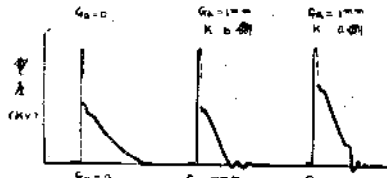
温度上昇(θ)の測定法

第14図



第13図の2

漏洩抵抗Rのために失火した時の波形



第15図

る。

(b) 一次電圧波形 点火コイルの一次側の電圧の波形は第9図のようになる。図のA点において一次回路が開かれる。A—B間は火花放電が持続している期間に相当し最高数百ボルトの電圧を生ずる。

(c) 一次及び二次電流波形 第10図及び第11図

(2) 回路特性と火花電圧波形

点火系回路の特性の変化が火花電圧或は一次電圧の波形に与える変化の状態を検討することは逆に電圧波形から回路特性或は回路の異常状態などを推察しうる。下記のような種々の回路状態の変化による火花電圧波形の変化の状態を第12図に示す。

(i) 中間々隙 g (点火コイルと放電間隙との間に存在する間隙) の有無による変化: 図 a. (ii) 放電間隙長を変えたとき: 図 b. (iii) 回路の漏洩抵抗の大小及びその位置による変化: 図 c. (iv) インダクタンスが変化した場合: 図 d. (V) 静電容量の影響: 図 e. (Vi) 無放電 (放電間隙を非常に大きくしたときのとき) の電圧波形: 図 f

(3) 高圧回路における中間々隙の影響

点火系回路には通常配電器の部分に中間々隙が存在する。また点火栓が漏洩抵抗のため失火するときは中間々隙を設けて失火を防ぐことができる。中間々隙が火花電圧に及ぼす影響について電圧波形から検討して次のような結論をえた。但し放電間隙も中間々隙も単なる直列間隙と考える。

(a) 各間隙における放電持続時間は何れも等しい。即ち放電は各間隙に同時に生じ、同時に終る。

(b) 放電持続時間は直列に存在する間隙の総和の長さと逆比例的である。

(c) 各間隙における誘導放電電圧降下は各々の間隙長によつてきまり前後の間隙の大きさには余り影響されない。したがつて点火コイルに近づくに従つて誘導放電電圧の絶対値が大となる。

上記3項は次のように別の観点からも述べられる。

(i) 放電間隙に中間々隙を入れても主放電間隙における誘導放電電圧の大きさには大した影響を与えない。

(ii) 但し中間々隙を入れることにより点火コイルの二次電圧はその間隙における電圧降下に相当するだけ高くなる。

(iii) 放電間隙における放電持続時間は中間々隙の大きさに反して短くなる。

(4) 放電間隙における漏洩抵抗と中間々隙

放電間隙に漏洩抵抗があれば放電は弱められ或抵抗値を超えると全く放電が阻止される。同一放電間隙においては抵抗値の小なる程放電しにくくなり、また同一抵抗

の場合は放電間隙の大きい程放電しにくくなることは自明の理である。漏洩抵抗のため放電が阻止されたときの電圧波形は第13図のようになる。漏洩抵抗のため点火栓で失火する場合、中間々隙を設けることによつて或る程度放電間隙に放電を誘起する。この場合漏洩の大なる程また放電間隙の大なる程大きな中間々隙が必要である。

以上種々述べたことから判るようにブラウン管上の波形を充分観察すれば波形から点火系回路の特性或は不良状態や故障の原因を推定できる。

4. 点火コイルの温度上昇

点火コイルの故障の最も多いものの一つは甚しい温度上昇による焼損である。点火コイルは冬期でも40—50°Cの高温部に取り付けられ、しかもコイル自体の電氣的損失のための温度上昇があり相当高温になる。したがつて点火コイルの温度上昇に対しては充分検討を要す。

(1) 温度上昇の試験方法の検討

点火コイルの温度上昇に対するJESの検査規格では「6V或は12Vの定格電圧を一次コイルに加圧し連続通電したときの外箱の温度上昇は50°C以下であることを必要とする。」となつている。この試験方法を検討すると、第一に定格電圧を一次コイルに加圧し連続通電するときの直流は実際運転中に一次コイルに流れる断続電流(第10図参照)よりも可成り大きいのでこの方法は苛酷であり無意味である。(注: 点火コイルに発生する熱量は殆んど一次コイルの抵抗と一次電流によつて生ずる。)次に寒暖計法で外箱の温度を50°C以下に抑えているが、点火コイルの熱源は内部の一次コイルであり、外箱の温度上昇が50°Cの場合一次コイルの温度上昇は抵抗法で測定して150°C近くに達する。このような高温では点火コイルに用いてあるA種絶縁物を焼損する危険がある。したがつて点火コイルの温度上昇試験方法を次のような主旨の方法に改める必要がある。

(a) 最高温度上昇の測定は一次及び二次コイルの温度を抵抗法で測定すること。

(b) 温度上昇限度を点火コイルの取付場所の周囲温度を考慮してA種絶縁物の許容温度上昇の範囲内に抑えること。

(c) 試験電圧及び電流は運転中の最大負荷状態に等価な値に規定すること。

(2) 温度上昇の計算

円筒形の点火コイルの温度上昇は一次コイルの中央部が最も高い。コイルを相当長いとしてその上下両端の影響を省略すれば、コイルを熱源と考えたときのコイルの半径方向の熱伝導による温度上昇の分布を与える式及び一次入力と最高温度上昇(一次コイルに接した部分)と

の関係を与える式は次のようになる。

$$\theta = \frac{W_1}{2\pi l JK} \left\{ \log \frac{r_2}{r} + \frac{1}{r_2 h} \right\} \quad (8)$$

$$\theta_{max} = \frac{W_1}{2\pi l JK} \left\{ \log \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{r_2 h} \right\} - \frac{W_1}{2\pi K} \left\{ r_2 \log \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{h} \right\} \quad (9)$$

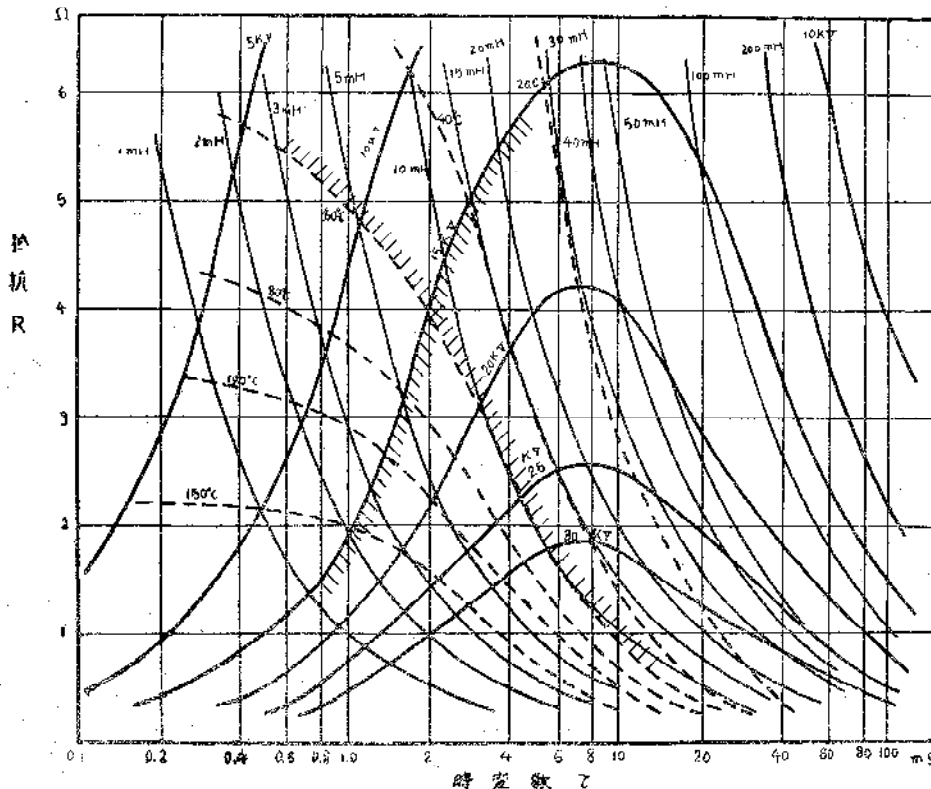
ここに θ : 温度、 θ_{max} : 最大温度、 W_1 : 一次入力、 w_1 : 単位表面積当りの入力、 l : コイルの等価長、 J : 熱の仕事当量、 K : コンパウンド又は絶縁油の熱伝導率、 r : 半径方向の中心よりの距離、 r_1, r_2 : 一次コイル及び外箱の半径、 $h = \alpha / ka$: 外箱から空気への熱伝達係数

【例】 $K = 0.167 \times 10^{-3}$ cal/cm.sec. $^{\circ}C$ $\alpha = 2.78 \times 10^{-3}$ cal/cm 2 .sec. $^{\circ}C$ $l = 8$ cm, $r_1 = 2$ cm, $r_2 = 3$ cm としてコンパウンドの部分の半径方向の温度上昇の分布を求めると第14図のようになり、単位面積当りの入力と最高温度上昇との関係は第15図のようになる。但し r_2 は 2.2~3.6cm の範囲に変えて充填物の厚さの影響をみている。

次に回路定数と温度上昇との関係について検討する。点火コイルの最高温度上昇は一次入力に比例すると考えられる。一次入力 W は一次電流の実効値を I とすれば

$$W = I^2 R_1 = \frac{E_1^2}{R_1} \left\{ \frac{t}{T} - \frac{2\tau}{T} \left(1 - e^{-\frac{t_1}{\tau}} \right) + \frac{\tau}{2T} \left(1 - e^{-\frac{2t_1}{\tau}} \right) \right\} \quad (10)$$

第16図 $E = 7V$ $N = 700$ r.p.m. — e_{2max} — θ_{max} — インダクタンス



となる。ここに T は断続器の周期で $T = \frac{60}{N \cdot n}$ 秒、但し N は断続器の回転数/分、 n は 1 回転中に断続する数である。尚接点の閉じる期間を 1 周期の $\gamma\%$ とすると $t_1 = \frac{\gamma}{100} T$ 秒となる。 τ は一次回路の時定数で L/R_1 に等しい。最高温度上昇 θ_{max} は式(9)と式(10)より求められる。一例として円筒型 6V 用点火コイルの一次回路の抵抗 R_1 、時定数 τ を変化して二次誘起電圧の最大値 e_{2max} と最高温度上昇 θ_{max} との関係を求めると第16図のようになる。但し無負荷二次誘起電圧の計算にはそれぞれ $E_1 = 6V$, $N = 1,800RPM$, $n = 6$, $\gamma = 60\%$, $C_1 = 0.25\mu F$, 巻線比 $a = 70$, 結合係数 $k = 0.7$ とした。この図から次のことが判る。

- (a) 一次回路の時定数 τ を一定にして抵抗 R_1 を増すと e_{2max} , θ_{max} は共に次第に減少する。
- (b) 抵抗 R_1 を一定として時定数 τ を増してゆけば e_{2max} は τ の或る値までは増加するがそれ以上では却つて低下する。 θ_{max} は τ と共に低下する。
- (c) インダクタンス L_1 を一定として抵抗 R_1 を増せば、 e_{2max} は減少し θ_{max} は L_1 の値によつて増減は一定しないが L_1 がある程度大きいと R_1 と共に多少増加し、 L_1 が小さいと却つて R_1 と共に減少する。

今点火コイルとして $e_{2max} \leq 15KV$, $\theta_{max} \leq 60^{\circ}C$ の値をとると R_1 や L_1 は斜線を施した範囲内になければならないこれを実用範囲と呼ぶことにする。

点火コイルの温度上昇を検査する場合、実際の使用状態を考慮して最大入力に相当するような直流を連続通電しても差支えないと思われる。

式(10)から

$$I^2 R_1 / \frac{E_1^2}{R_1} = \frac{t_1}{T} - \frac{2\tau}{T} \left(1 - e^{-\frac{t_1}{\tau}} \right) + \frac{\tau}{2T} \left(1 - e^{-\frac{2t_1}{\tau}} \right)$$

上式において τ を実用範囲として求めた値 $\tau > (1 \sim 2) \times 10^{-3}$ 秒とすれば

$$I^2 R < 0.2 (E^2 / R) = (0.448E)^2 / R$$

となり、直流連続通電による温度上昇試験には定格電圧の 0.448 倍の電圧を、即ち 6V 用コイルには 3V を一次側に印加して試験して温度上昇が

規定以内であれば実負荷において安全であるといえることができる。

多数のコイルについて温度上昇の試験をした結果次のような結論がえられている。定格電圧を一次側に印加して直流連続通電したときは普通の運転状態に対し非常に温度上昇が大となりA種絶縁物の許容温度上昇を遙かに超過しているが、定格電圧の半の電圧で直流連続通電した場合は普通の運転状態のときに近い温度上昇をしている。以上から、点火コイルの温度上昇試験を行う最適の方法としては、一次コイルに定格電圧の半の電圧を印加して直流連続通電し、一次コイルの温度上昇を抵抗法によつて測定し、上昇温度の限度をA種絶縁物の許容温度100°C（温度上昇を60°C）に抑えることである。

5. 点火コイルの絶縁材料

点火コイルに使用される絶縁物の種類、規格及び使用箇所は第4表の通りである。これ等の絶縁物はコイルの二次誘起電圧に耐えることを要するばかりでなく、湿気の浸入及び機械的振動にも耐え、熱的にも安定でなければならない。二三の主な絶縁物についてその特性を明らかにするため色々実験が行われたが、その結果は次のように纏められる。

第 4 表

種 類	規 格	使 用 箇 所
合成樹脂 ベークライト	日本ベーク No. 20, 41, 50等	外筒頭部、底部
紙	コンデンサペーパー クラフト紙	コイル層間鉄心 コイル間
磁 器	普通磁器	外 筒 頭 部 鉄 心 底 部
コンパウンド	コイル含浸用コンパウンド JISC 2380	外筒コイル間充 填用
エナメル	エナメル銅線用 ワニス JIS 2101	エナメル線

(a) ベークライトの絶縁特性としては先づ衝撃電圧による漏洩損失の温度及び湿度による影響を実験的に求められた結果、温度の低い時は表面漏洩電流が多いが高湿になると内部漏洩電流が急激に増加すること、湿度に対しては逆に高湿になると内部よりも表面漏洩電流が大きくなることが確かめられた。又直流による漏洩抵抗から、その体積固有抵抗は $10^9 \sim 10^{12} \Omega \text{cm}$ 、表面漏洩の固有漏洩抵抗は $10^8 \sim 10^{12} \Omega \text{cm}$ の範囲にあること及びその抵

抗の温度係数が0.04~0.099であることが明かにされた。

(b) 絶縁コンパウンドについては、コンパウンド注入による二次コイルの電気的定数の変化及びコイルの漏洩抵抗の温度並びに湿度特性について検討が加えられた。コンパウンド注入による二次コイルの定数の変化は電気抵抗及びインダクタンスには見られなかつたが、分布静電容量はコンパウンドの種類によつて相当変化し、誘電率の大きいコンパウンド程大きい影響を与えることが見出された。又漏洩抵抗は硬質のコンパウンド程高いが一般に温度の上昇と共に著しく低下し、湿度に対しては硬質のものの方が軟質のものよりも大きい影響をうけることが明かにされた。

(c) エナメル線のエナメル被覆は主としてピンホール試験によつてその良否を検討したところ、コンパウンド注入前ピンホールのないものは、注入後もピンホールの数は殆んど増加しないが、始からピンホールのあるものはコンパウンド注入によつてその数が更に増加することがある。

(d) 点火コイル全体としての絶縁特性を直流並びに衝撃電圧で試験した結果は、頭部ベークライトに比べてそれを除いた本体部分特に充填用コンパウンドで漏洩電流が大きく、場合によつては後者が全損失の約80%を占めていることが明かにされた。

以上のようなことから点火コイルの絶縁に関しては現在の材料構造では高温、高湿の下で漏洩を増すことに注意し特に湿気の内部浸入は極力防ぐことを要する。

6. 結 言

本稿で自動車の点火装置の生命である点火コイルについて極めて概念的に説明した。即ち、設計及び性能上に重要な電気的定数の説明、製作工程途上におけるコイルの断線の推定法、点火コイル及び点火回路において火花特性に影響を及ぼす諸因子、その諸因子をブラウン管による電圧電流波形で推定する法、点火コイルの温度上昇を最も合理的に試験する方法及び点火コイルに用いる主な絶縁材料について概略を述べた。点火コイルの不良品は一時多かつたが最近非常に少なくなつた。しかし尚点火コイルの小型化、製作工程の合理化、小型車用の小型点火コイルの設計製作等の問題が残っている。本稿の詳細は緒言で述べた自動車電装品専門委員会の研究報告書に報告されている。上記諸問題に参考になる点も多いと思われる。最後に貴重な試料の提供をいただいた該委員会の諸賢に厚く謝意を表す。