

CDI装置の研究 〔その2，補助キャパシタの効果〕

織 田 勉・藤 田 和 彦・大 塚 新太郎

Studies on the CDI System 〔Part 2, the Effect of the Auxiliary Capacitor〕

by Tsutomu Oda, Kazuhiko Fujita, and Shintaro Otsuka

The spark duration of CDI system was prolonged by making the primary current prolonged with the current from a large capacity charged at low voltage. The total spark duration reached to 0.86ms which was very large comparing to 100 μ s level of the ordinary CDI system.

1. ま え が き

CDI方式 (Capacitor Discharge Ignition System) は、点火コイル二次側の電圧の立ち上がり^{*}が速やかであるため、点火栓の汚損に対して強いという特徴がある。一方その誘導火花継続時間が短いため、希薄混合気などの点火しにくい混合気に対する点火能力は良くないと考えられている。そのため排気ガス規制の関係上、自動車にはほとんど使用されていないが、バイクまたは草刈機のようにフライホイール・マグネトーを使用するエンジンの場合には、一次側の高圧電流が発電コイルから簡単に得られること、コイルを低インダクタンスにすることが可能であるため、安価であり、更に機械式ブレーカーポイントを電気式 (磁石発電子式) にすることによりメンテナンス・フリー化ができるというような事情のため、点火性の悪いことには目をつむって採用されることが多い。

一方、自動車に多く使われている一次電流遮断型の点火方式は、二次電圧の立ち上がりこそ遅いが、強力なスイッチング・トランジスタの開発によって、一次側の電流値を機械式ブレーカー・ポイントのものよりはるかに大きくすることができるようになったことで、火花エネルギーを格段に増加させることができるようになったため (火花エネルギーの増加により誘導火花継続時間も大きくなる)、点火栓の汚損の問題もほとんど気にならず、極めて有用な点火方式となっている。この研究はCDIの誘導火花継続時間の短いことを改良すれば、その二次電圧の立ち上がりの速やかさということと共に、CDIではエネルギーを貯えるのはキャパシタであり、従ってコイルは極めて小形にできるという特徴もあることから、一次電流遮断方式以上の高性能の点火装置が得られるであろうということを期待してはじめたものである。(一次電流遮断方式はコイルに磁束として貯えられたエネルギーを利用するので、高性能の点火装置を得るためにはコイルの大きさ

が大きくなる。)

CDIの一次電流はかなり大きな値となり、従ってこれを通電中に遮断すれば、立ち上がりは速やかで、しかも誘導火花継続時間は一次電流遮断方式なみに長くなるだろうという着想があり、この追試実験を行ってみたが、案に相違して、二次電流は一次電流の遮断と同時に消滅することがわかった。従って誘導火花継続時間はかえって短くなってしまった⁽¹⁾。

一般の(通常方式の)CDIの誘導火花継続は一次電流が0になるまで続き、0になるとストップするということは既に知られている^{(2)・(3)}ことであるが、一次電流を強制的に遮断することによっても同じ火花電流の消滅という結果を生ずることが明らかになった。以上のことから、誘導火花電流を長時間継続させるためには一次電流の遮断ではなくて、一次電流の長時間継続というものを考えるのが良いであろうという予想があらわれてくる。この研究はこれを最終目的とし、その他二、三のアイデアについて、あまり有効でないことが予想されるが、確認の意味で実験を行った。

図1-1はCDI装置の基本回路の主要部分である。 R_c は C_1 充電電流制限用の抵抗、 $L_1 \cdot L_2$ はコイルの一・二次側を示す。TRはトランジスタ、又はSCR(サイリスタ)であり、通常はSCRが用いられるが、今回の実験ではターン・オンだけでなく、ターン・オフも必要と考えられ、SCRはこれがしにくいので、トランジスタを用いた。 D_z はツェナー・ダイオードで、TRの高電圧による破損の防止と $C_1 L_1$ 系に発生する振動逆電流を通過させる役目をする。 C_1 の容量を増やすことは立ち上がり時間をほとんど変えずに火花継続時間をのばせる可能性を持っている(後述)。一方、 L_1 を大きくすることは火花継続時間を延ばせるが、立ち上がり時間をおそくする。 C_1 の充電電圧を上げることは二次の電流値を大きくし、また、立ち上がり時間は速くなるが火花継続時間は変化しない。

[以上文献(3)]

図1-2は上述の追試⁽¹⁾で行った電流遮断型CDIの原理回路で図1-1と同じであるがTRのON、OFFの信号電流が短時間の矩形パルスとなっている**。

この結果は、上述のように火花継続時間の延長はできず、失敗であった。

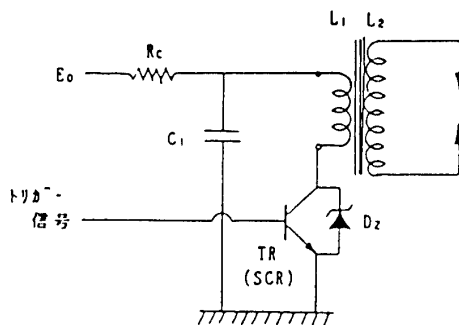


図1-1 通常型

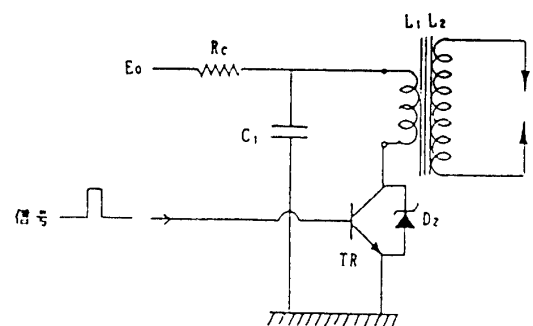


図1-2 短時間通電型

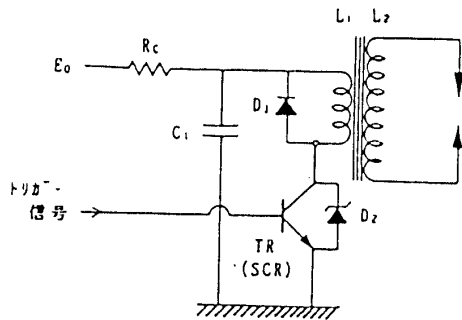


図 1-3 一次側に還流ダイオードつき

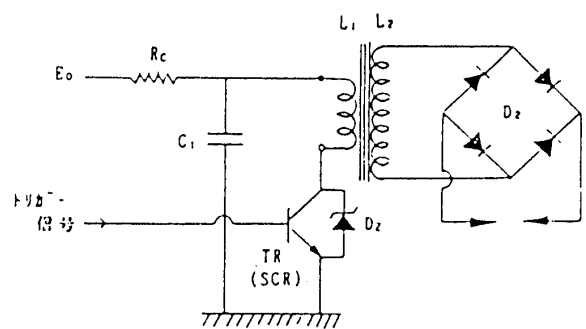


図 1-4 二次側に整流ダイオードつき

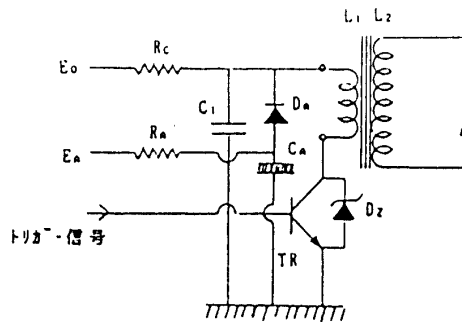


図 1-5 補助キャパシターつき

図 1-3 はコイル一次側に環流ダイオード D_1 をつけたもので、通常型の飛火方向が (+) 逆転をくりかえすのを防止できるが、継続時間の延長という面では大したことはない⁽²⁾。

図 1-4 はコイル二次側を、全波整流してみたもので飛火方向は (-) 方向のみとなるが、その電流が途切れるのは避けられない。継続時間はのびない。

図 1-5 は今回の主目的を達成できた回路で、図 1-1 の基本回路に補助キャパシター回路 RA, CA, DA を加えたもので、容量火花を高圧に充電された C_1 からの一次電流により飛ばし、誘導火花は低圧に充電された大容量の CA で長時間継続させようというものであり、ほぼ所期の成績が達成された。

これらの成果について以下に延べる。

2. 実験装置と実験経過

この実験には、 C_1 に充電しコイルの一次電流を供給する高電圧電源と、それをトリガーして一次側に瞬間的に流すトリガー回路と、ON, OFF 用パワートランジスタまたは SCR が必要である。図 2 は本研究に使用されたトランジスタとそれを駆動するトリガー回路を一体化した回路を示す。トリガーは低周波オシレーターからの矩形波の立ち上がりを用いた。前述のように SCR でなく

トランジスタを用いたので、矩形波の立ち上がりの部分で一次電流は強制的にOFFされる。これは前に簡単に述べ、後に詳しく説明する補助キャパシター回路の充電電流がかなり大きく、SCRではOFFが成立しにくいことを考えに入れたためである。なお、各アイデアのためには簡単な回路を作って、図2の回路のターミナルA、B、C、D等に接続したが、これは簡単なことなので特に図には示さない。

使用したコイルはCDI専用のもので、その特性仕様は表2の通りである。(コイルは日本電装製)

$$L1 = 0.53\text{mH}$$

$$L2 = 5.0H$$

$$R1 = 0.23 \Omega$$

$$R_2 = 5.2 \text{ k}\Omega$$

火花ギャップは三針型で 2ϕ のタングステン棒を 60° にとがらせたもの、ギャップ長は 6 mm に保った。

一次電圧，電流，二次電圧，電流値をデジタル・ストレージスコープに記録させ，X-Yレコーダーに書き出させた。

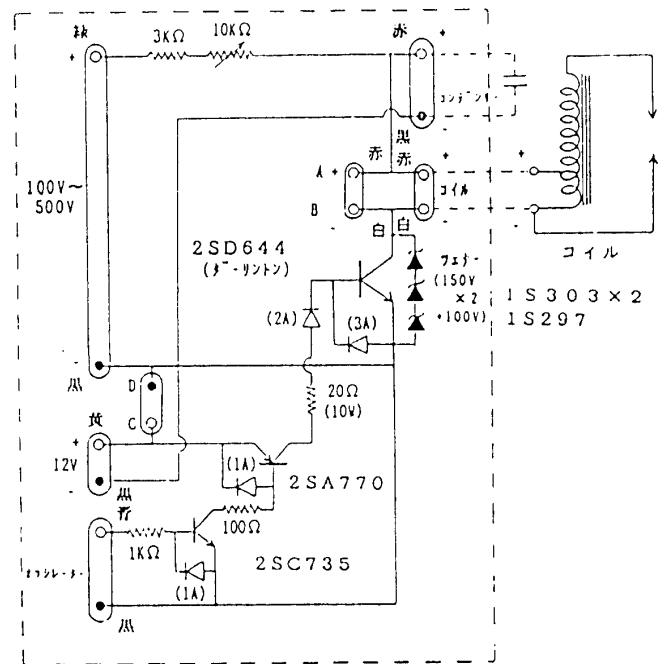


図2 CDI総合実験装置
(トランジスタ式)

使用した計測器は下記の通りである。

v1 : 50 : 1 電圧ブローブ, 岩通502B

v2: 1000: 1 電圧プローブ, 岩通HV-P30

i1: クランプオン電流計, テクトロニクス A6303

i2: クランプオン電流計, テクトロニクス A6302

低周波発振器 菊水 0RC11

直流定電圧電源 菊水 PAD35-20L

高圧電源 自製 (前報 その 1 参照)

デジタル・ストレージ・スコープ 岩通DS-6121A

X-Yレコーダー 横河北辰 1 M3022

3. 結果と考察

図3-1(a)~(h)は通常型CDIにおいて、 C_1 の値の影響を調べた結果である。トリガー時から容量火花時までの時間が立ち上がり時間であるが、これはどの場合も $6\mu\text{s}$ 程度でほとんど一定と考えてよい。即ち、 C_1 の増加は立ち上がり時間にほとんど影響を与えないと言ってよい。一方、火花継続時間は「電流方向が逆転して(+-)反転時に一時途切れるのを無視して」 C_1 の大きいほど大きくなっている。また C_1 の大きいほど火花電流 i_2 の第一波〔誘導火花電流の最初の(-)方向の波形〕は大きくなる。〔特に $C_1=8.0, 10.0\mu\text{F}$ の場合は i_1 が大きくなりすぎて計測に支障が

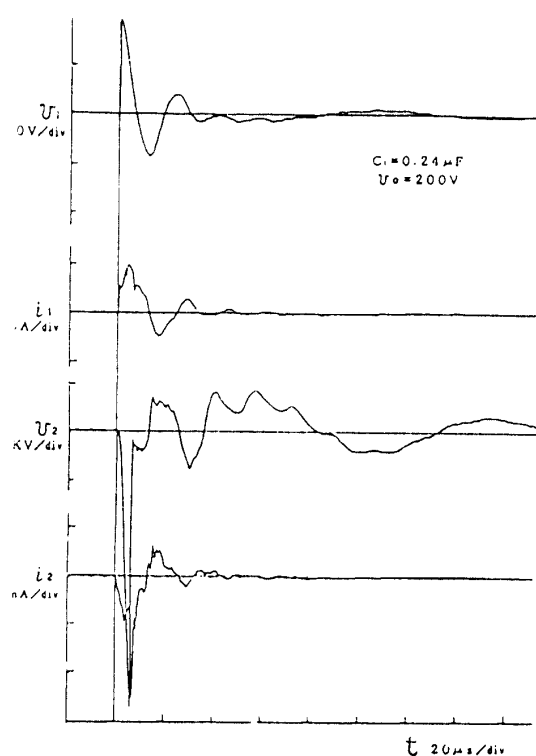


図3-1 (a)

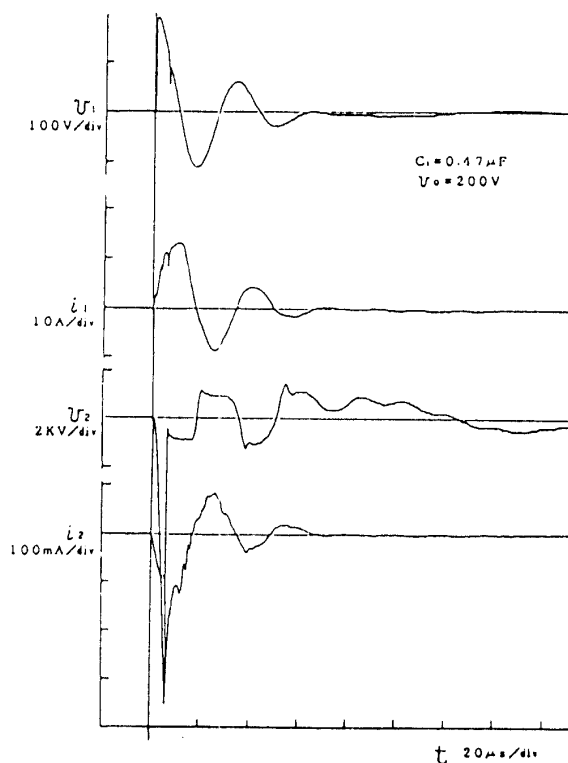


図3-1 (b)

出た(電流プローブの容量オーバー)ので v_1 の初期値 V_0 を150Vに下げた。こうしても火花継続時にはほとんど影響がない。前述、まえがき参照〕。また i_2 の第一波のみが大きくなり(+-)反転後の第二波以降はあまり大きくならないのが興味深い。

図3-2(a)は、図3-1(c)と同一条件であり、これを標準として、図3-2(b)は図1-3に示すようにコイル一次側に還流ダイオードをつけた結果である。 i_2 のカーブでわかるように、火花電流は反転せず、通常型の火花が反転によって途切れるために、点火性に問題があるのに対して改良にはなっているが、火花継続時間はやや小さくなっており、有効な手段かどうか疑問が残る。図3-2(c)は火花電流の反転をさけるために、二次側に全波整流ダイオードをつけてみたもので、 i_2 は一方にはなるが、途切れはさけることができないので、役には立たぬであろう。

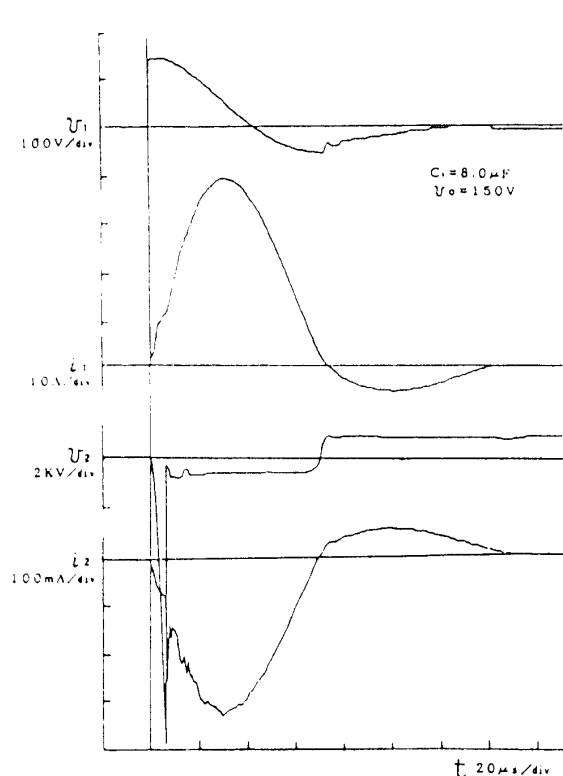


図3-1 (g)

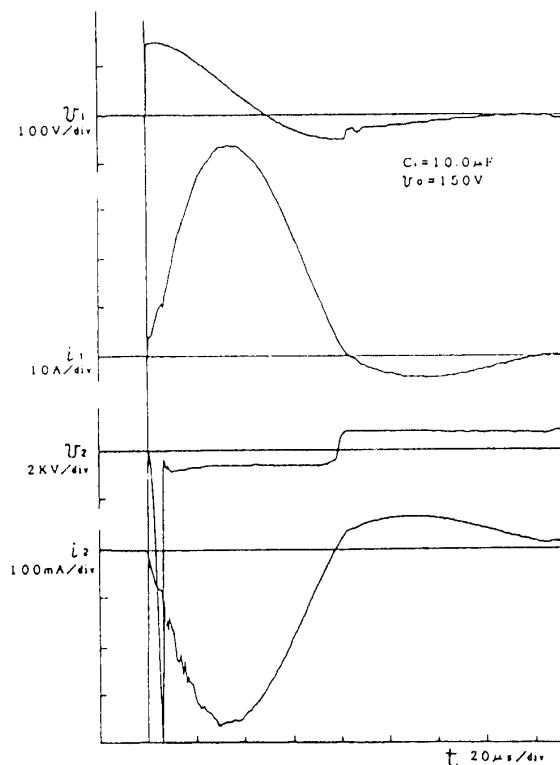


図3-1 (h)

図3-3 (a), (b) は図1-5に示す補助キャパシター CA 付きの回路の結果である。図3-3 (a) は, $CA=2000\mu F$ であるが, CA に充電をしない場合で, これは CA が極めて大きいので, 回路的に見ても, 還流ダイオード付きの場合 (図1-3) とほとんど同じであり, 結果のカーブもほとんど同一である。図3-3 (b) は, CA に低圧で充電をし, 初期 VA 値が, $VA_0=13.5V$ とした場合で図のように誘導火花電流継続時間は非常に伸び, $160\mu s$ に達している。

火花継続時間は, これでは充分とは言えないので CA と V_0 に変化を与えてしらべてみたのが図3-4 (a) ~ (f) である。この場合横軸の区切りは今までのカーブの10倍となっている。

図3-4 (a) ~ (e) は, $CA=1100\mu F$ で VA_0 を変えたもので, VA_0 の増加と共に火花継続時間が伸びているのがよくわかる。今回の実験で得られた最高値は, 図3-4 (f) に示すように $CA=2200\mu F$ で, $VA_0=28V$ の場合で $0.85ms$ であった。

この値は CA と VA_0 の選択でまだまだ伸ばせるであろうと思われるが, 考えるべきは CA 用の電源としては自動車のバッテリー電圧の12Vが直接使えることが望ましい。こうすれば CA に低耐圧のものが使えるであろうから容量を増すことはそう苦ではないであろう。ただ, この場合誘導火花を継続させるに十分な二次電圧が得られるためには, コイルのインダクタンスを考えなおす必要がある。このへんのことが将来の問題として残っている。

また, トリガー素子としては SCR の使えることが望ましい。この方が安価で高電圧に耐えやすい。しかしこの際, i_1 の OFF がうまく行くかどうかの問題が残る。これは CA の充電電流の関係で RA が小さいため, その電流が SCR を流れつづけてしまう恐れがあるからであり, その際にはこれをストップさせる工夫が必要となり, 不可能ではないが回路が複雑化する心配がある。

CDI装置の研究 [その2, 補助キャパシターの効果]

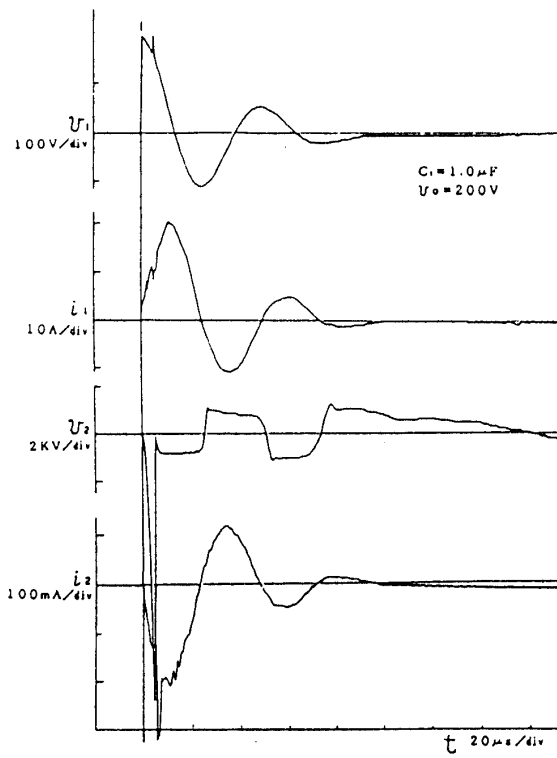


図3-2 (a)

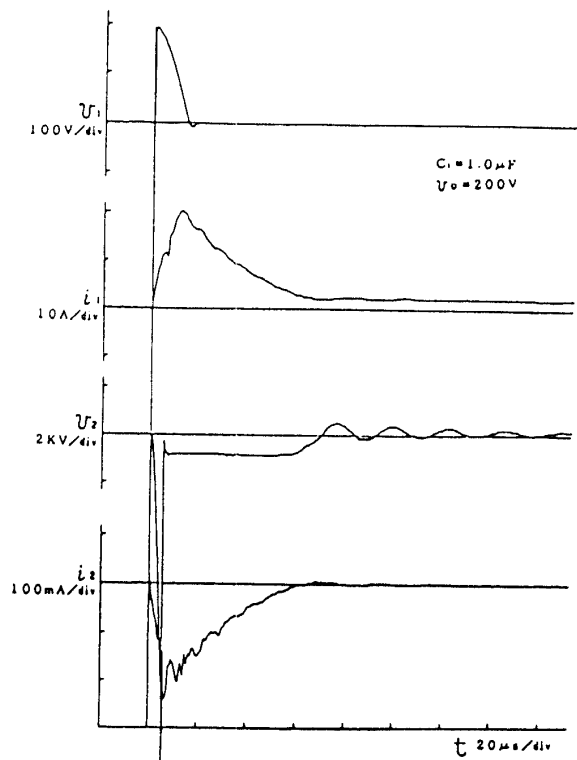


図3-2 (b)

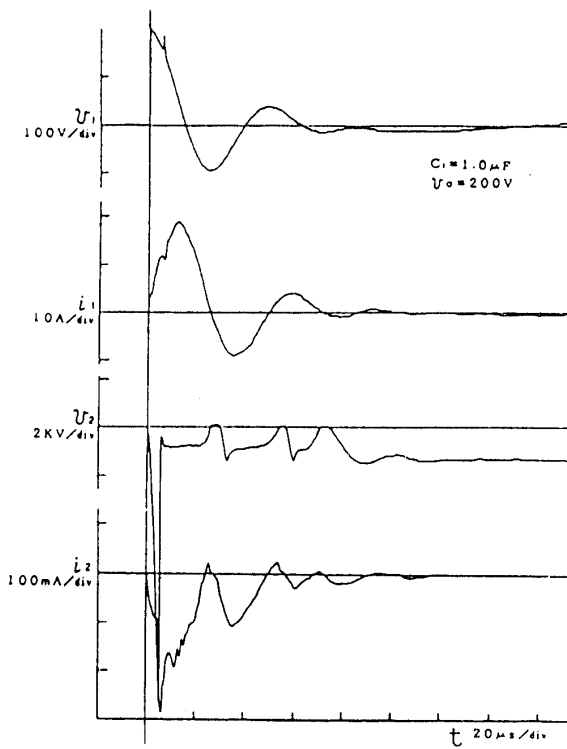


図3-2 (c)

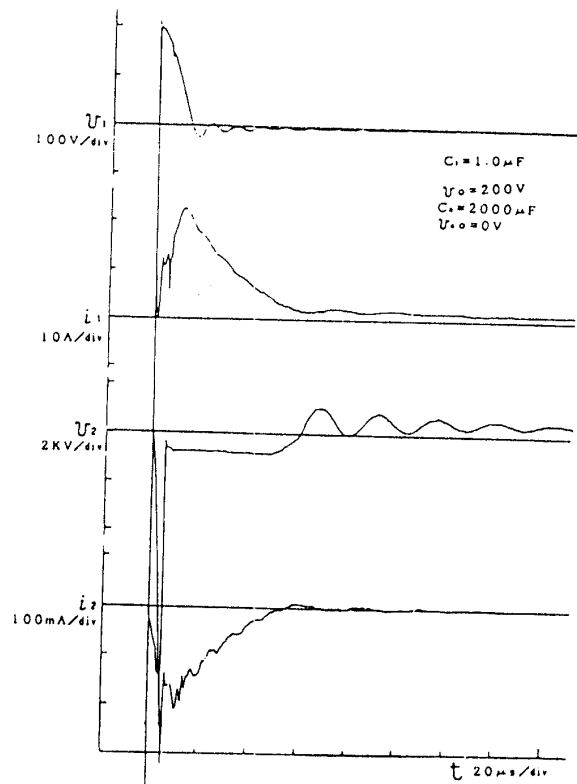


図3-3 (a)

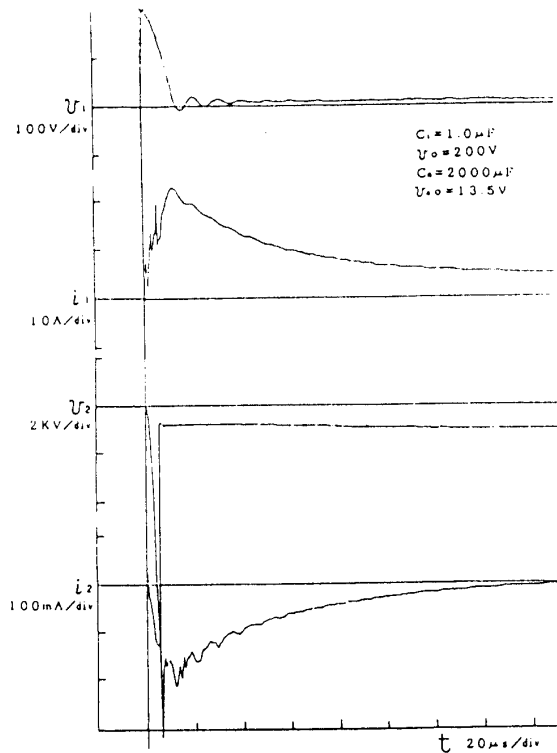


図 3-3 (b)

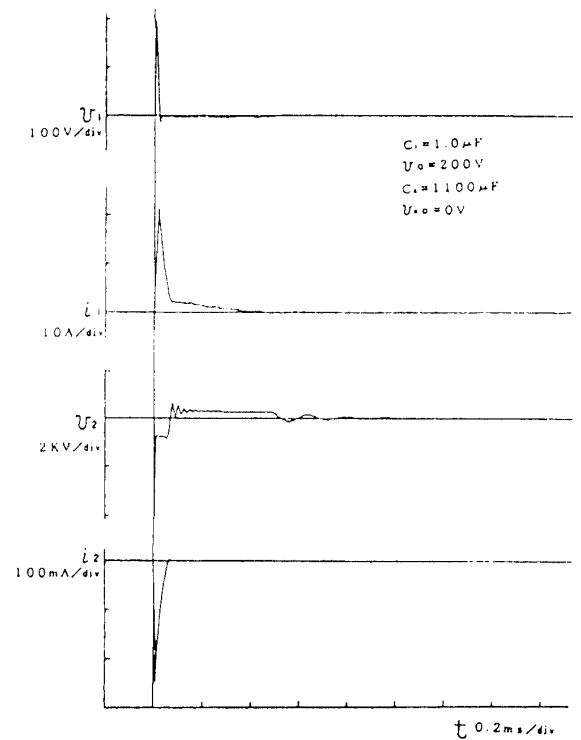


図 3-4 (a)

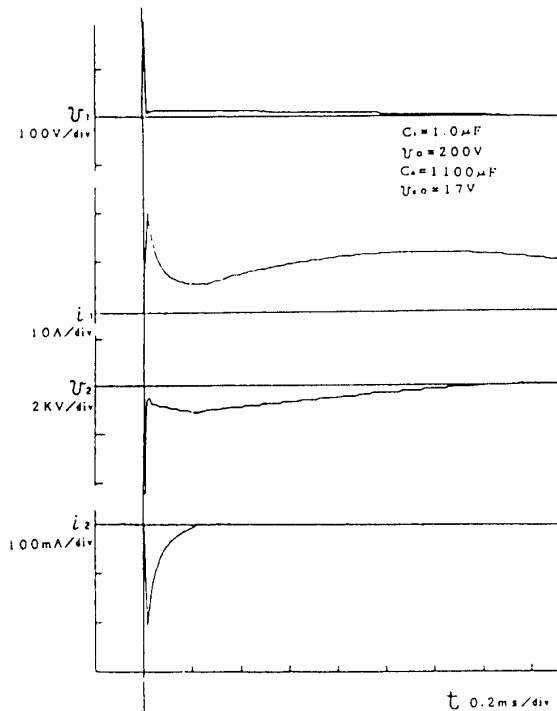


図 3-4 (b)

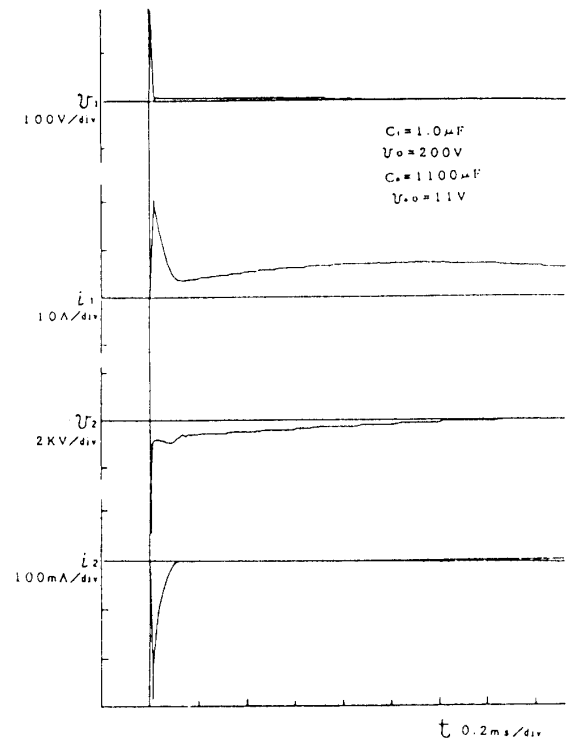


図 3-4 (c)

なお、基本回路の C_1 は、容量火花を飛ばすのに十分な大きさのものであればよいので、比較的小さくできるはずであり、従ってこれの充電回路も小さくできる可能性がある。

4. あ と が き

CDIの誘導火花電流継続時間を大幅に伸ばすことに成功した。これは基本回路に補助キャパシター一個とダイオード一個及びキャパシター充電電流制限用抵抗一個を加えることによって達成できたのであるが、多少問題点もあり、今後の研究がさらに必要である。

謝 辞

本研究を行うにあたり、日本電装㈱からのご援助を受けた。また、実験には昭和63年度の卒業研究として行われたものである。心からの謝意を表する。〔卒業研究の担当学生は以下の諸君である。宮島和夫、朝日泰史、丸谷周作、田村淳司〕

記 号

A	: アンペア	(コイル一次側立ち上がり最高電圧)
C	: キャパシター、容量	V _{AO} : 補助キャパシター最高電圧
D	: ダイオード	v : 電圧
Dz	: ツェナー・ダイオード	μ : マイクロ
E _o	: キャパシター充電電源電圧	τ : 立ち上がり時間
E _A	: 補助キャパシター充電電源電圧	Ω : オーム
F	: ファラッド	
G	: 火花ギャップ	添 字
H	: ヘンリー	0 : t=0, トリガーONのとき
i	: 電流	1 : コイルの一次側関係
K	: キロ	2 : コイルの二次側関係
L	: インダクタンス	A : 補助キャパシター回路関係
l	: 距離	
m	: ミリ	
R	: 抵抗	
R _c	: C1充電電流用抵抗	
s	: 秒	
t	: 時間	
V	: ボルト	
V _o	: キャパシター最高電圧	

5. 文 献

- (1) CDI装置の研究〔その1，一次電流遮断の効果〕：織田勉，藤田和彦，大塚新太郎，福井工大紀要 1号，1989
- (2) 内燃機関電気点火装置：国産電機㈱，儀満八郎編
- (3) 昭和61年度卒業論文：CDIシステムにおける火花特性の研究

脚 注

* 誘導火花という述語は，一次電流遮断型点火装置において，コイルの誘導成分として貯えられたエネルギーが放出されて生ずる火花を意味し，その電圧がほぼ一定であることに特徴があるが，CDIにおいても容量火花に続いて電圧値がほぼ一定の火花電流が流れる。このエネルギー源はコイルの誘導成分として貯えられたものとは言い難く，誘導火花という表現は適当ではないが，他にうまい言葉も見あたらないので，慣用的に用いることにする。

脚 注

* * 文献(1)で述べたように回路的には同じであるが，トランジスターの特性としては非常に速いスイッチング作用が必要で，銘柄はこの実験のものとは異なる。