

# 回轉軸に働くトルクの測定及びトルク變化の 記録に逆ウイデマン効果を應用すること

(航空研究所報告第五十二號抄録)

所 員	理學博士	小	林	辰	男
助 手		島	村	金	松
同		古	山	辰	男

## 1. 序 説

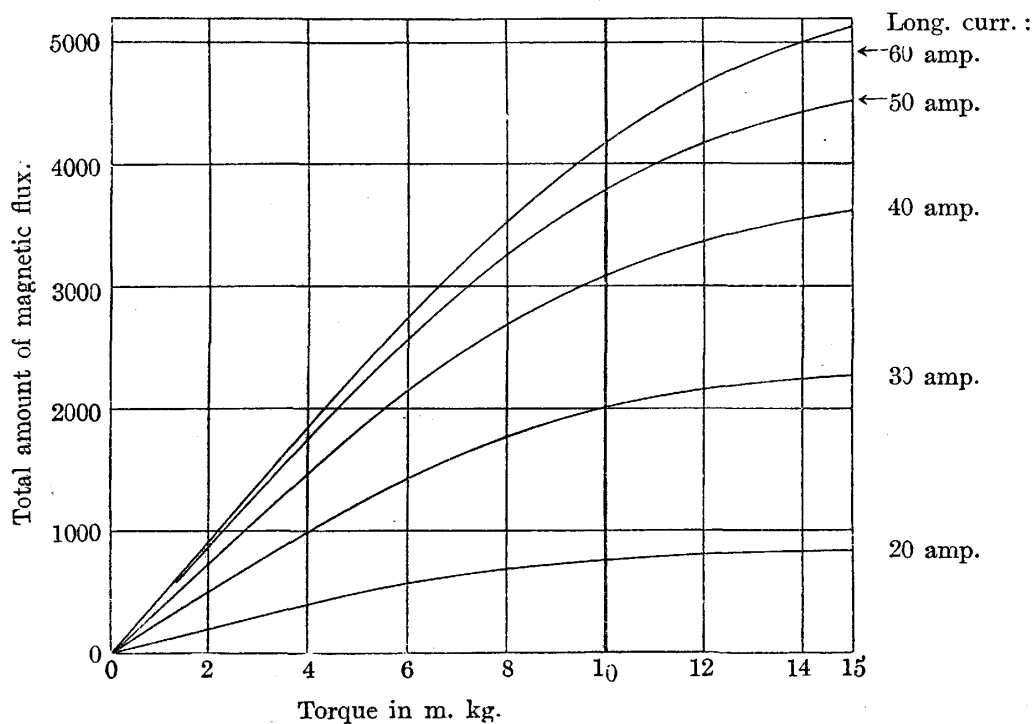
強磁性金屬の針金に電流を通じながら之を捻るこきは、針金は縦の向きに帶磁せられる。此の現象は逆ウイデマン効果と稱せられ、既に之に關する多數の研究が發表せられて居る。けれども、此等の測定は皆細い針金について行はれた爲め、帶磁が極めて弱く、従つて其測定結果は、此現象を數量的に論ずるには、精密さが十分であるとは云へない。そこで、著者は直徑 2—2.5 cm. の太い鐵棒について多數の測定を行ひ、其結果を報告第四十號に掲載した。併して同報告中に、此現象は回轉せる軸の平均トルクの測定及びトルク變化の記録に利用し得ることを附言して置いた。

説明の便宜の爲め、先づ同報告第 412 頁に記載したと同様な測定を、直徑 2 cm. の軟鋼棒について行つた結果を次に述べる。棒を軟鐵製のヨークに挿入し、棒の兩端に自由磁極が出来て消磁作用を及ぼすのを防ぐ。棒はヨークの長さより少し長くし、其兩端のヨークの外に出る部分に腕を取付けて之を振る。棒の兩端には太い針金を鑿附けし、之を通じて縦電流を送る。猶ほ棒とヨークの孔との間には薄い雲母片を挟んで縦電流のヨークに分流するのを防ぐ。又棒の中央部にコイルを巻き、之を彈動電流計につなぐ事は普通の磁氣測定と同様にする。斯くして棒に或るトルクをかけた後、或る強さの縦電流を通じ、其向きを數回切替えて帶磁の變化が一定のサイクルになるのを待ち、電流計回路を閉ぢ、縦電流の向きを急に切り替えて、其時の電流計の動きの半分をコイルの卷數から此場合のトルクと縦電流とに對する縦帶磁を算出する。此の様にして次の表が得られる。(報告四十號に記載した實驗では、棒を測定前に數時間赤熱し徐々に冷したが、今回の測定には棒は削り出した儘使用した。棒は一度熱すると同じ捻力同じ縦電流に對して強く帶磁せられる様になる。)

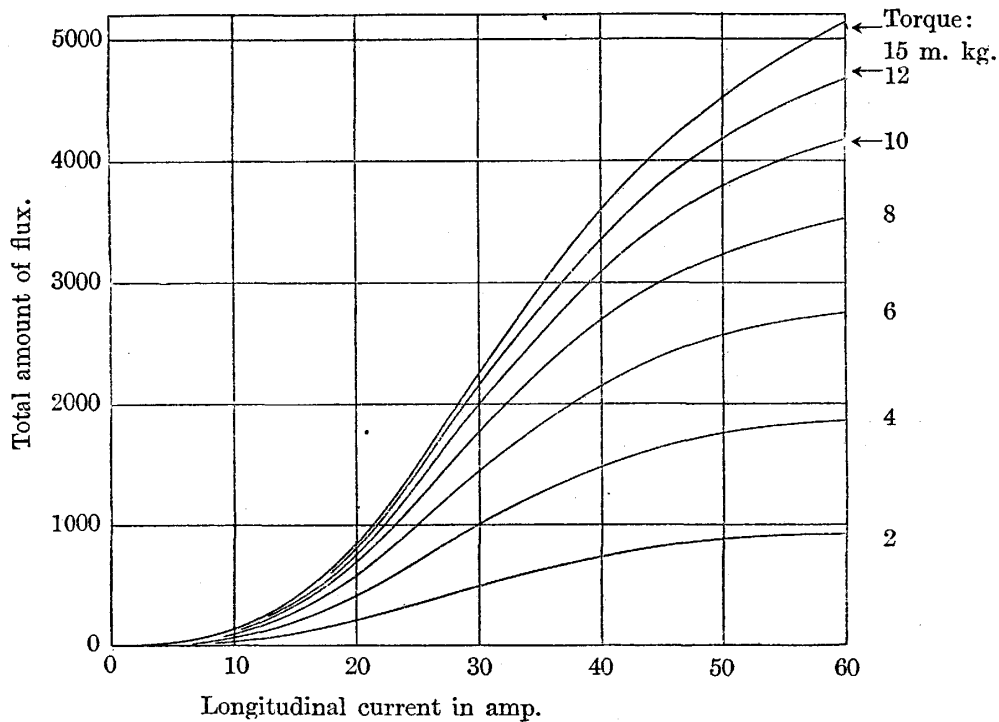
直徑 2 cm. の軟鋼棒の逆ウイデマン効果による縦帯磁 (磁力線總數)

縦 電 流 amp.		10	20	30	40	50	60
ト ル ク m. kg.	2	31	202	501	740	880	925
	4	64	410	1020	1480	1765	1825
	6	95	585	1450	2185	2575	2775
	8	117	695	1780	2735	3235	3605
	10	135	765	2005	3110	3790	4230
	12	147	805	2165	3370	4185	4715
	15	155	840	2270	3620	4525	5155

之を圖示すれば第一圖及び第二圖の様になる。



第一圖



第二圖

今動力を傳ふる回轉軸の二ヶ所に刷子を當て、之を電源の兩極につないで軸の一部に縦電流を通じ、軸の刷子間の部分の中央にゆるいボビンをはめてコイルを巻き、ボビンを軸と共に回轉しない様に支え、コイルをオツシログラフにつなぐ。然るときは軸の傳ふるトルクが一定であれば軸の帶磁は一定であるが、トルクに變化があれば軸の帶磁は變化し、従つてコイルに起電力が生ずる。故にトルクが變化しつゝあるときは、此の變化をオツシログラフによつて記録することが出来る。

第一圖によつて觀れば、縦電流 20 amp. のときは 4 m. kg. の邊まで、40 amp. の時は 6 m. kg. の邊まで、60 amp. の時は 7 m. kg. の邊までは、帶磁の變化は直線と見做すことが出来る。故にトルクの變化を記録するには此の部分を使用するのが便利である。勿論、豫め曲り方をカリブレイトして置いて、此の範圍以外まで使ふことも出来る。

報告第四十號 426 頁に述べた通り、同じ材料では、トルクが棒の直径の三乗に比例し、縦電流が直径に比例するとき、縦帶磁は直径の二乗に比例する。此の事實により、上記の結果から、任意の直径の軟鋼軸に、或る縦電流を通じてあるとき、縦帶磁が直線變化をなすトルクの範圍を見出すことが出来る。(著者は種々の材料で同様の測定を試みたが、一般に軟鋼と稱せらるゝ材料では、±10%位の相違で上記の表及び第一圖第二圖と同じ結果が得られた。)例へば、直径 3 cm. の軸では、30 amp. で 13.5 m. kg., 60 amp. で 20 m. kg., 90 amp. で 23.5 m. kg. 位である。又、直径 2 cm. の

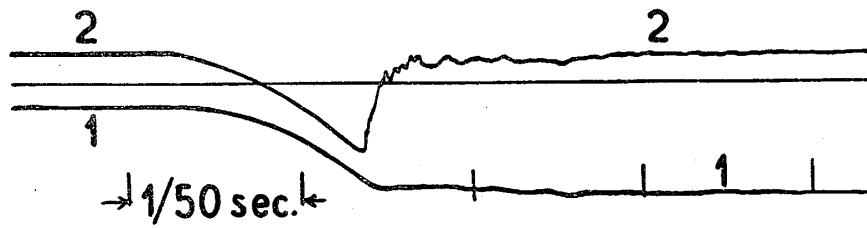
軸では“安全荷重”は約 10 m. kg. である。故に第一圖の 60 amp. の曲線が、3 cm. の軸では 90 amp. の曲線となり、第一圖のトルク 10 m. kg. の處は 3 cm. の軸に対しても“安全荷重”を表はし、トルクは安全荷重に対する割合で示される。帯磁の強さは、圖に示してある数字の 9/4 になる。

縦電流を通ずる電源の電壓は餘り低いと刷子の接觸抵抗の變動によつて電流の變はる恐れがある。(但し普通數ボルトで十分である。) 併し、第二圖(第四十號第七圖によれば更に明瞭である)によりて明なる如く、縦電流の小さい變化は、縦電流が十分強い時には縦帯磁に影響するこゝ極めて小さい。此の測定法を太い軸に應用せんとするこゝ、縦電流が甚だ大きくて不便な様であるけれども、測定の際極めて短時間通せばよいのであるから、自動車エンジン始動用電池の様な特殊の小さい電池を用ふればよい。

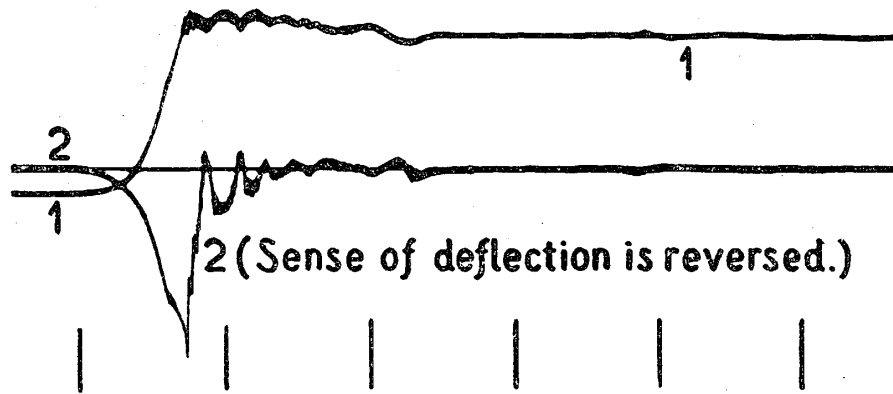
前に示した縦帯磁の値は、棒の自由端の影響の無い場合即ち無限長の場合のこゝである。棒が短かいときは兩端に生ずる自由磁極の消磁作用によつて、前記の値より小さくなるこゝ、棒をコイルに入れて帯磁する場合も同様である。其値の無限長の場合の値に対する比は帯磁の程度によつて異なるが、大體平均次に示す様な値になる。

長 さ / 直 徑	40	30	20	10
棒の中央部の帯磁の無限長の場合に対する比	.42	.27	.15	.06

磁場の變化によつて鐵の帯磁が變化するこゝには、變化が完了するまでに或る時間を要するけれども、ストレスの變化による帯磁の變化は一瞬時に完了するこゝは已知の事實である。逆ウイデマン効果に於ても勿論同様であるべきであるが、之を試験する爲め第三圖及第四圖に示す様なオツシログラムを取つて見た。直徑 2 cm. 長さ 70 cm. の軟鋼棒を二つの眞鍮製軸承上に横たへ、兩端に取附けた腕の一方を固定し、他方を吊上げて棒を 10 m. kg. まで振つて置く。此腕が放たれるこゝ床上に立てた柱の頂上まで來て支えられ、此時トルクが 3 m. kg. になる様に柱の高さを加減して置く。又棒には 40 アンペアの縦電流を通じ、棒の中央部に卷いたコイルをオツシログラフにつないで置く。そして腕を急に放した時のレコードが第三圖である。其二本の線の内、1 は腕に着けた金屬片を、電流の通つて居る抵抗線上を滑べらせて、腕の運動を記録させたもの、2 はコイルの生ずる電流即ち帯磁の變化を示す。第四圖の方は初め腕の目方丈けで 1 m. kg. 許りのトルクが掛つて居る所へ、1 m. ばかり上から重い物を腕の上に落さして急に荷をかけ、床上の柱で腕が支えられた時略 10 m. kg. になる様にした時の記録である。兩記録も、床や臺其他の振動で、トルクの記録が餘り精確でないが、トルクと帯磁との變化が同時に起こるこゝは明に分かる。それ故此の方



第三圖



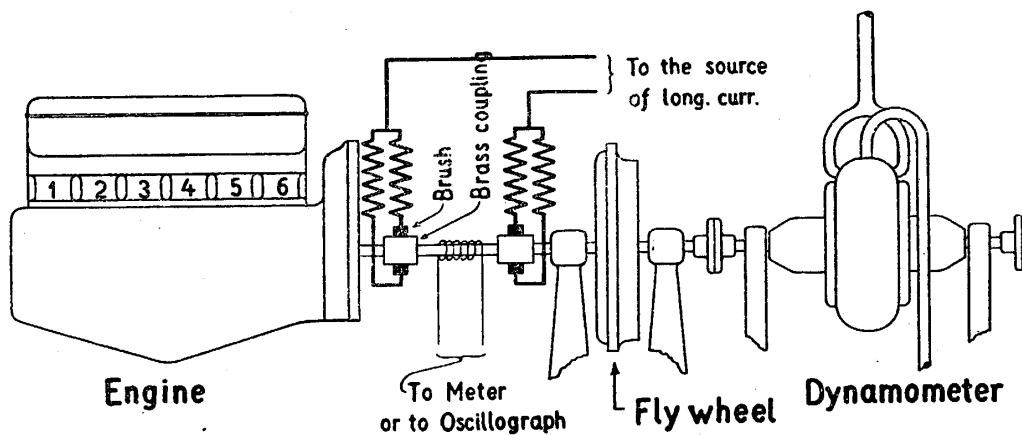
第四圖

法は極めて速いトルクの変化を記録し得るのである。

又、ストレスの変化による帯磁の変化には、ヒステレシスの小さいこも此の方法の有利な点である。

## 2. 自動車エンジンのトルク変化の記録

著者は六気筒自動車エンジンに Froude の水ダイナモメーターを連結し、其回轉中のトルク変化の記録を取つて見た。第五圖は其方法の大略を示す。



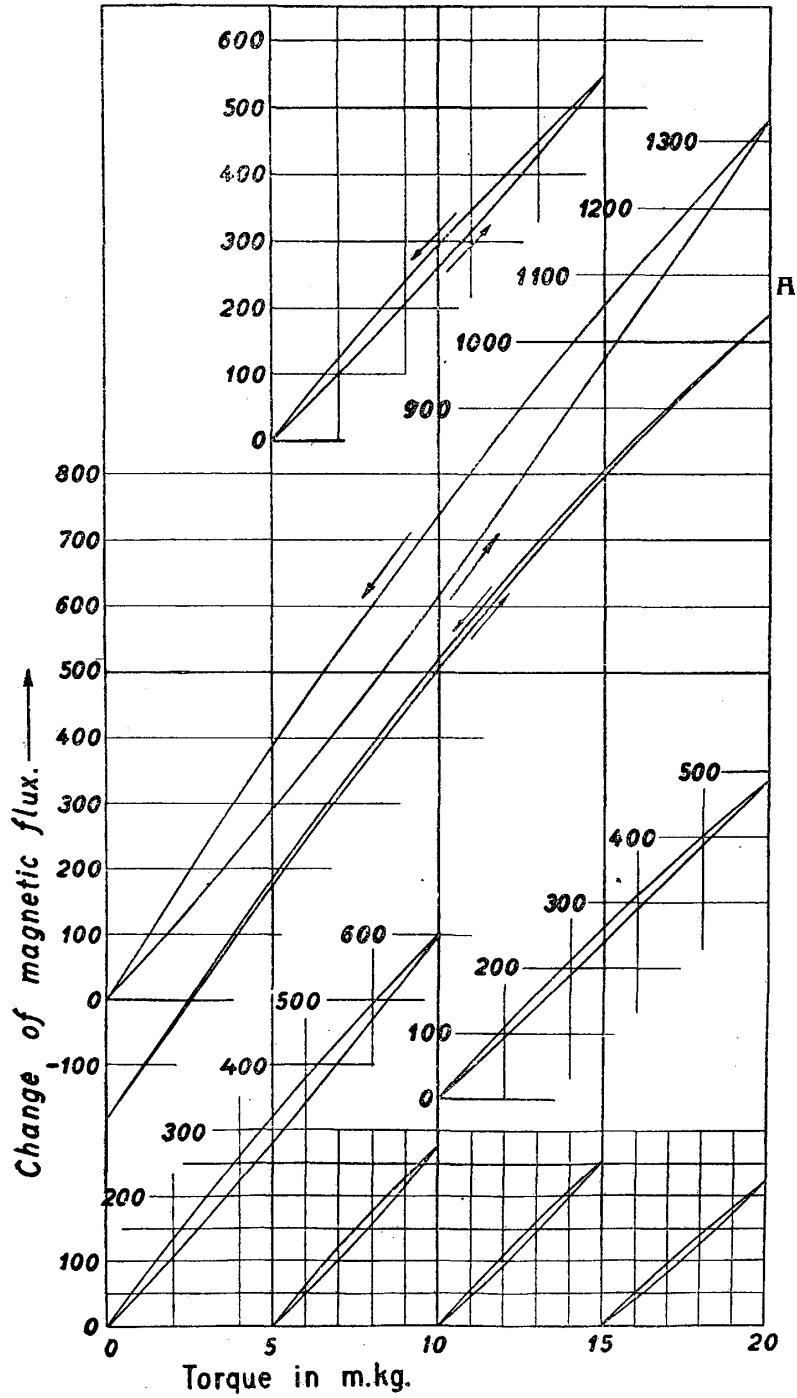
第五圖

測定に使用する部分の軸の長さは凡そ 30 cm. 直径は 3 cm. である。此部分は全體の軸から切り離し、丈夫な眞鍮のカップリングによつて兩側の軸に聯結した。而して軸と軸との間には 2 cm. ばかりの間隙を作つて磁氣回路を遮斷した。此の事は特に後章に説明せんとする平均トルクの測定の場合に有効である。但し軸のもつこ長い部分を縦電流が通る様にした場合には此必要はない。フライホイールはエンジンから取り外づしてダイナモメーター側に取り附けた。縦電流は 10 ボルトの蓄電池から取つて 50 アンペアを通した。それでトルクが約 20 m. kg. まであるから、此の状態を 2 cm. の軸に直せば、縦電流 33 アンペア、トルク 6 m. kg. までになつて、第一圖で見ると帯磁曲線は少し曲つて居る。直線の部分丈けを使ふ爲めには 60 アンペア以上通さなくてはならない。コイルは細い絹巻線で一萬巻のこ、少し太い線で五百巻のこを作つた。前者は起電力を數ボルトまで上げて眞空管につなぐ爲め、後者は直接電流を測る爲めである。

此の測定装置の、トルクと縦帯磁との關係をカリブレイトする爲め、エンジンの左端にダイナモメーターの右端即ち全回轉軸の兩端に腕を取り付け、一方を固定し他方に荷をかける様にした。荷を 0—20 m. kg. 間サイクリックにかける時の縦帯磁を、縦電流切替法によつて測ると第六圖に曲線 A で示す様な値を得られる。(トルク 0 で縦帯磁が 0 にならないのは、内部ストレス、カップリングの影響又は残留縦帯磁の存在による。第二十一圖の場合も同様である。) 又縦電流を通じて置いて、荷を少しづつかためて (例へば 2 m. kg. づつ) 急にかへ、其時の彈動電流計の動きから計算して 0—20 m. kg. 間サイクリックに荷をかけた時の帯磁曲線を引くと第六圖に示した A 曲線の上の曲線の様になる。(此等兩方法の中、前方法によるものより後方法による帯磁の變化の大きいのは當然のこころである。) 猶ほ第六圖には、後方法により、0—10, 5—15, 10—20, 5—10, 10—15 及び 15—20 m. kg. 間サイクリックに荷をかけた時の曲線が與へてある。縦電流が充分強くない爲め、トルクの大きい所では曲線の傾きが幾分減少して居る。

斯くして、コイルの適當の巻數をオツシログラフにつなぎ、エンジンを運轉しながら記録を取れば、第七圖の○印の曲線の様なのが得られる。但し同圖の記録は、次に説明せんとする積分曲線(×印)を同時に取る爲めに、三極眞空管によつて電壓を増幅して取つたのである。(普通の感度のオツシログラフでは、上記の様な状態に對し、20—500 巻のコイルを直接にオツシログラフにつないで十分の振幅が得られる。)

今オツシログラフの光點が、コイルの起電力 1 ボルトに對し  $f$  mm. 動くとする。(眞空管を使用するときは其働きをも含めて  $f$  を測ればよい。) 又軸のトルク  $\tau$  が 1 m. kg. 變れば磁力線が  $N$  本増減すると思へば、トルクが變化するとき磁力線の變化は  $N \frac{d\tau}{dt}$  である。従つて  $T$  巻のコイルの起電力は  $\frac{TN}{10^8} \frac{d\tau}{dt}$  ボルトである。故にオツシログラムの中心線よりの編よりは、毎 1 mm. につき  $\frac{10^8}{fTN}$  m. kg. per sec. のトルク變化を示す。



第六圖

第七圖の場合には、平均トルク 14.7 m. kg. で、 $N$  は 48,  $T$  は 4500,  $f$  は 6.35 であるから、偏倚 1 mm. は毎秒 73 m. kg. に相當する。

中心線の下側の規則正しい曲線( $\Delta$ 印)は、エンジンの點火感應コイルの一次巻線の電流を示す。同回路に小さい抵抗を入れ、其兩端を一つのバイブレイターに連結して取つたのである。其曲線の急に上方に突出して居る所は點火火花の通つた時を示す、而して各點火點の上方の數字は、點火せられた氣筒の番號(第五圖参照)である。又中心線から下に向いて居る長い突起  $D_6$  は第 6 氣筒の爆發衝程前のデッドセンターを示し、短かい突起  $D_6$  は同氣筒の吸込衝程前のデッドセンターを表はす。最下方の平行な短かい直線は 1/50 秒づゝのタイミングである。

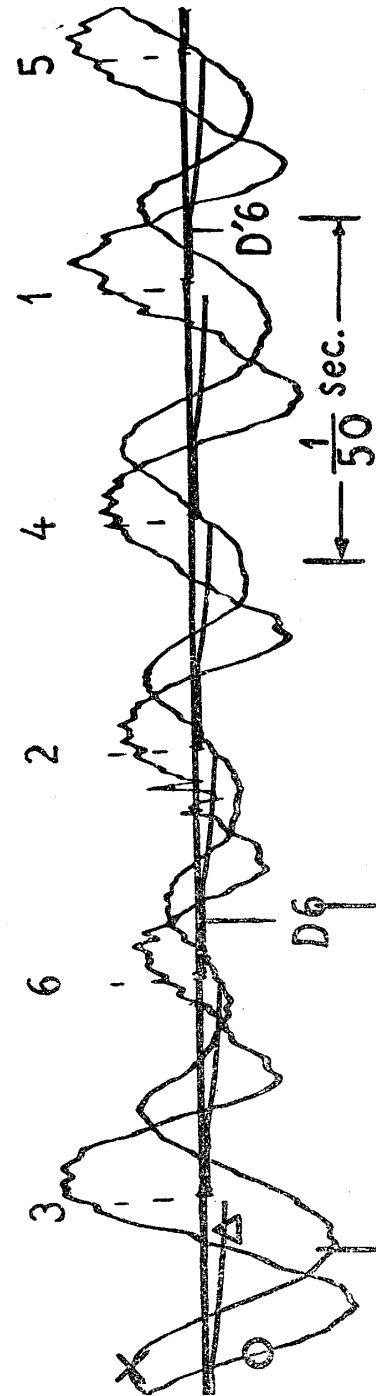
上に説明した  $\circ$  印曲線はトルクの変化を表はすものであるから、(極めて精密な結果を要すれば第六圖によつて補正を加へた後) 圖の上で積分すればトルクの曲線が得られる。

第七圖に示した、軸が二回轉する間の記録を、各點火點間即ち回轉  $120^\circ$  づゝに切つて、其六つの平均を求める(第八圖に細い線で示す曲線になる。之を圖上積分すれば太い線の曲線が得られる。此れがトルクの曲線で、平均トルクからの振動を示す。

トルクの曲線を求むるに、上記の如く圖上積分によらずコイルの起電力を抵抗と蓄電器とを用ひて積分し、直にオツシログラフにより記録するここが出来た。著者の用ひた接續法は第九圖に示す通りである。

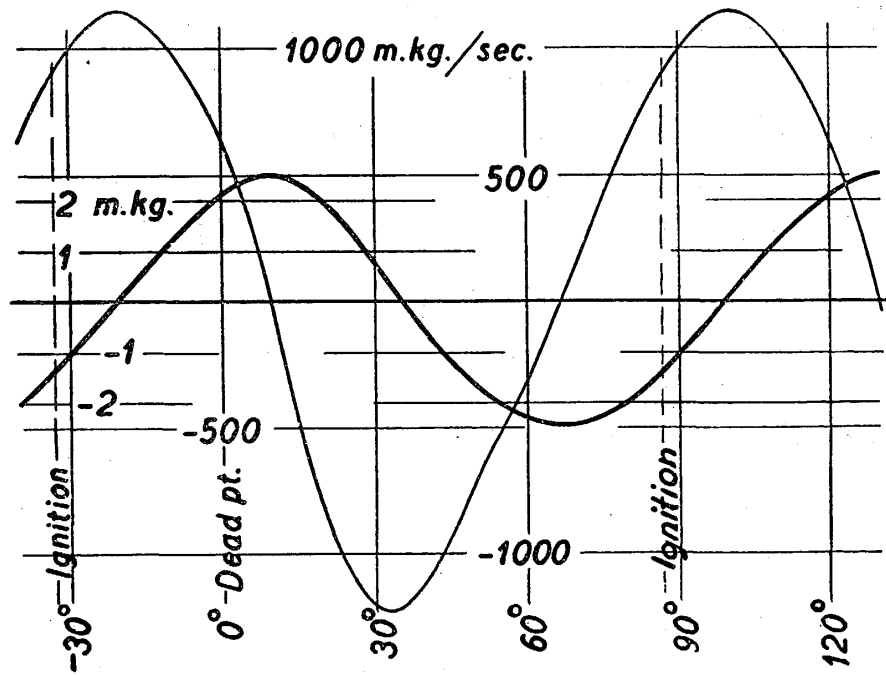
先づコイルの生ずる起電力を三極真空管  $V_1$  によつて増幅し、抵抗  $R_1$  を直列に置いてオツシログラフに連結する。其記録は  $\circ$  印曲線である。 $R_1$  は 1000—3000 オーム位の抵抗で、其兩端では電壓振動の幅が 30—100 ボルト位になる。 $C$  は容量 1—3 マイクロファラッドの雲母蓄電器で、100,000—250,000 オームの抵抗  $R_2$  を經て  $R_1$  の兩端に連結してある。猶ほ  $R_1$  の兩端の定常電壓を中和するため  $P$  なる電池が入れてある。而して  $C$  の兩極の電位差を象限電位計で見ながら、 $R_1$  又は  $P$  を加減して電位差を零に保つ。

$C$  の兩極の電壓振動を真空管  $V_2$  及び  $V_3$  で増幅して記録したものが積分曲線で、第七圖の

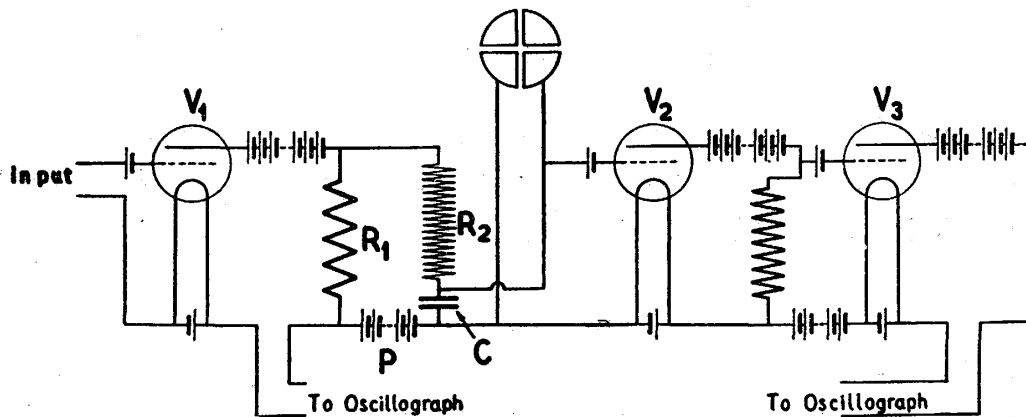


第七圖 Mean torque: 14.7 m. kg.  $\circ$  1 mm. = 73 m. kg./sec.  $\times$  1 mm. = .214 m. kg.





第八圖



第九圖

×印は是れである。

$R_1$  の両端の電圧の中から定常(平均)電圧を取り去つて、残りの振動せる電圧を  $V$  で表はし、蓄電器  $C$  の兩極の電位差を  $v$  とする。猶ほ蓄電器  $C$  の電氣容量を  $K$ ,  $R_2$  の抵抗を  $R$  とすれば、次の式が成り立つ。

$$\frac{dv}{dt} = \frac{V-v}{KR}$$

之を解けば、

$$ve^{\frac{t}{KR}} = \frac{1}{KR} \int e^{\frac{t}{KR}} V dt + \text{const.}$$

總べての波形は正弦波の集合をみるここが出来るから、其の一つを考へて、

$$V = \bar{V} \cos(2\pi nt)$$

を置く。但し  $n$  は振動數、 $\bar{V}$  は定數である。然るときは、解は

$$v = \frac{\bar{V}}{1 + 4\pi^2 n^2 K^2 R^2} \left\{ 2\pi nKR \sin(2\pi nt) + \cos(2\pi nt) \right\} + Ce^{\frac{-t}{KR}}$$

或は

$$v = \frac{\bar{V}}{\sqrt{1 + 4\pi^2 n^2 K^2 R^2}} \sin(2\pi nt + \varphi) + Ce^{\frac{-t}{KR}}$$

となる。但し  $C$  は任意定數で、 $\varphi$  は

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{1}{2\pi nKR}$$

である。

第七圖では主な波の  $n$  は 75 であるから、 $2\pi nKR$  の値は、 $K$  と  $R$  が夫々 3 マイクロファラッドと 250,000 オームとであるときは 350 で、 $K$  と  $R$  が最も小さい場合即ち 1 マイクロファラッドと 100,000 オームとのときは 47 である。此の値の二乗に對して 1 を無視すれば、上記の解は

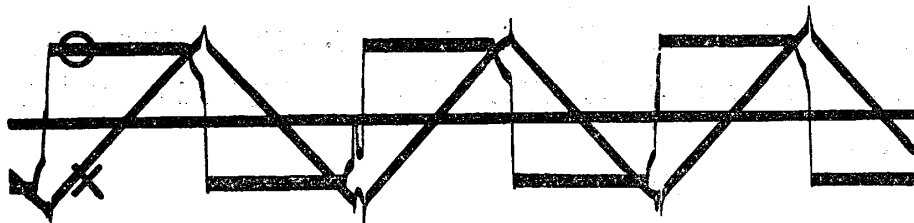
$$v = \frac{\bar{V}}{2\pi nKR} \sin(2\pi nt + \varphi)$$

となる。 $\varphi$  の値は、 $2\pi nKR$  が 350 のときは  $10'$ 、47 のときは  $1^\circ 15'$  (軸の回轉角で云へば  $3' 15''$  及び  $25'$ ) で、もつて波長の短いコンポーネントに對しては一層小さくなる。此の小さい位相の變化を無視すれば、**X**印曲線は**O**印曲線の積分曲線となり、

$$\frac{dv}{dt} = \frac{V}{KR}$$

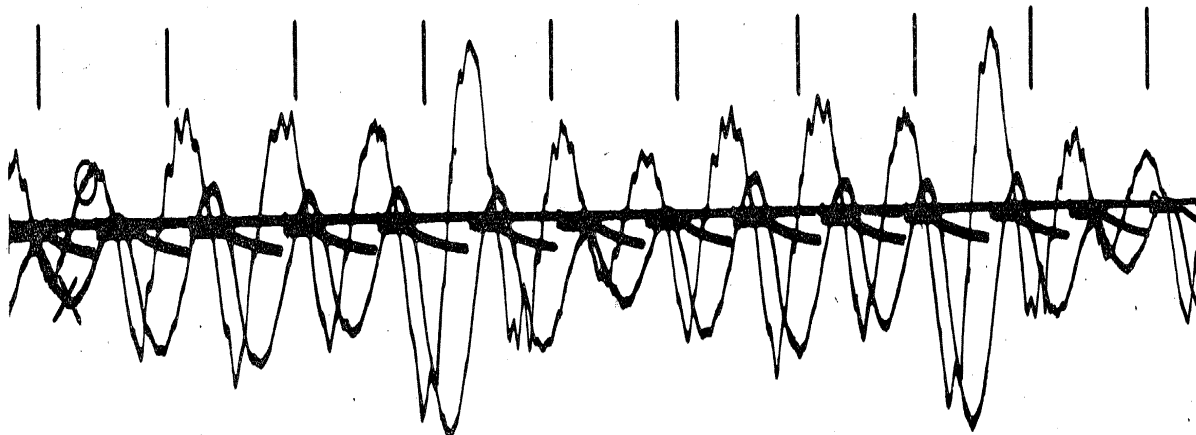
を置くここが出来る。

上記の事實は、 $C$  の働きが完全に兩極間に漏電の無いことに限るから、(漏電の恐れのある最も多いのは真空管  $V_2$  のグリッドとフィラメントとの間である。) 之を試験する爲め第十圖に示す様なオシ

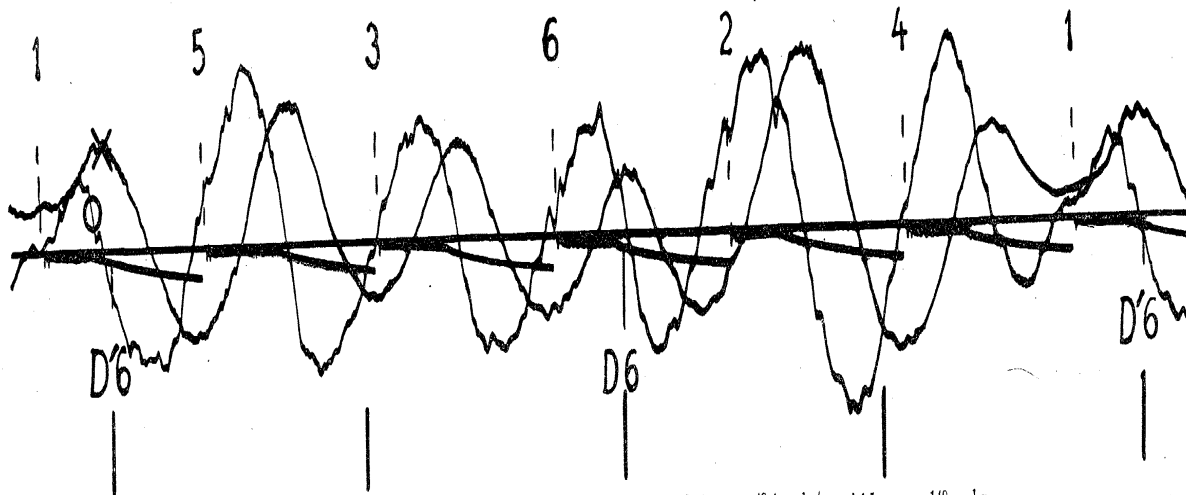


第十圖

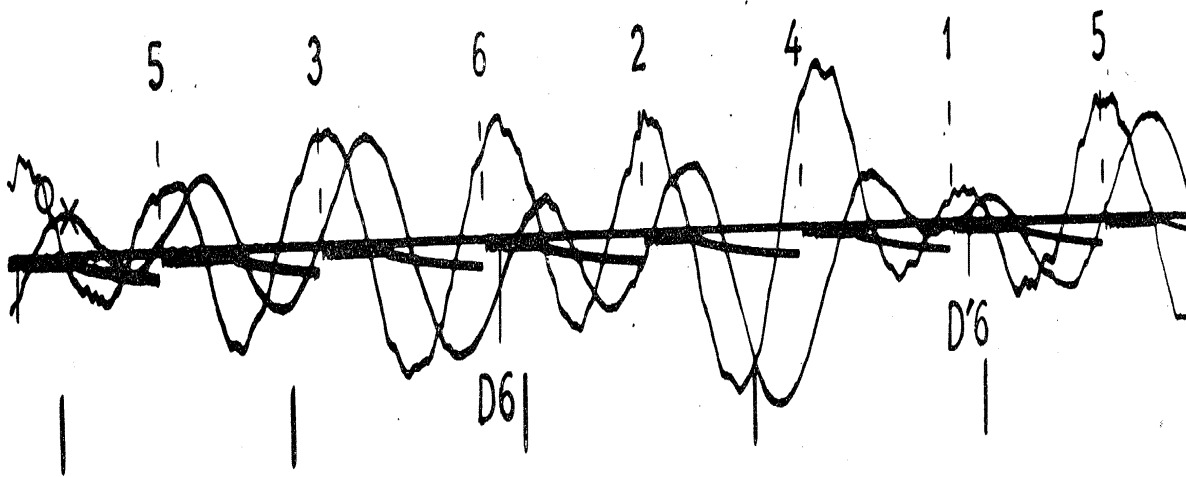
シログラムを取つて見た。是れは電池の電壓を  $1/100$  秒づつでコンミュータで切り替えてインプットに作用させたときの記録である。**X**印の線が直線で其傾きが計算に合ふときは此装置の完全で



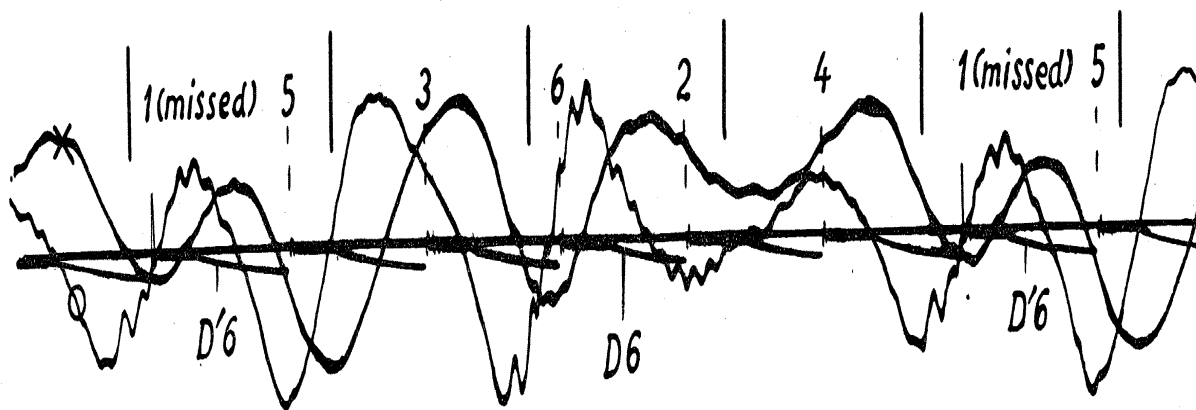
第十一圖 R. P. M.: 1400. Mean torque: 14.5 m. kg.



第十二圖 Ignition advanced. R. P. M.: 1495. Mean torque 14.9 m. kg.  $\bigcirc$  1 mm. = 49.4 m. kg/sec.  $\times$  1 mm. = .148 m. kg.

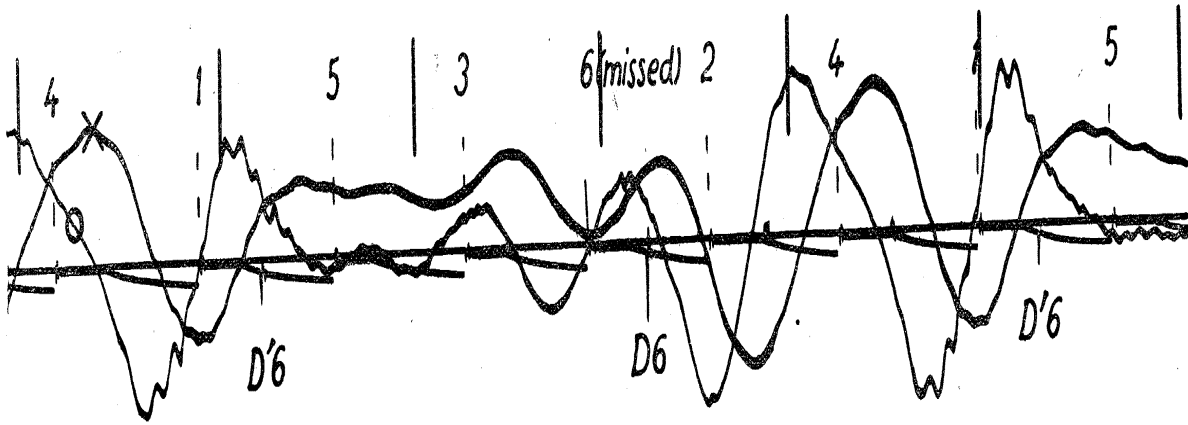


第十三圖 Ignition retarded. R. P. M.: 1470. Mean torque: 11.8 m. kg.  $\bigcirc$  1 mm. = 100.5 m. kg/sec.  $\times$  1 mm. = .297 m. kg.

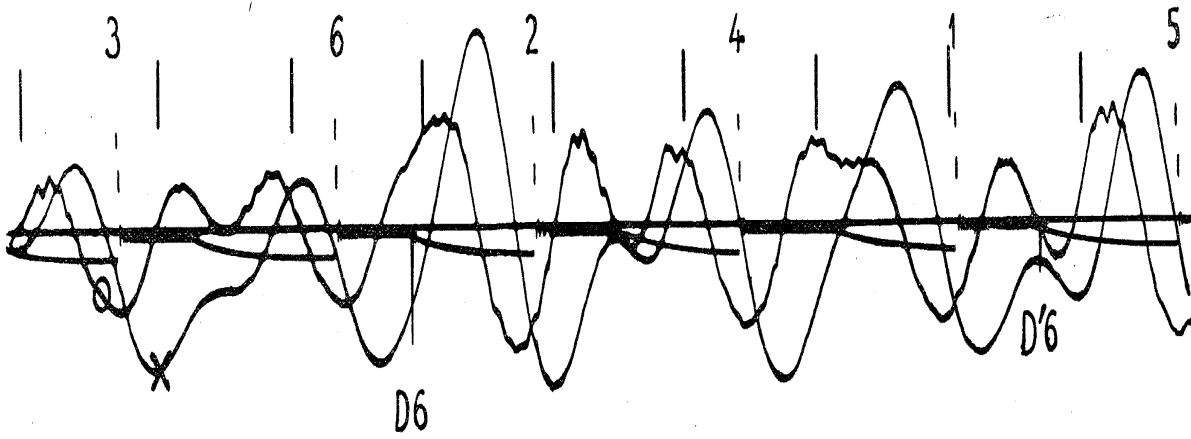


第十四圖 Cylinder No. 1 missing. R. P. M.: 1470. Mean torque: 9.6 m. kg.  $\bigcirc$  1 mm. = 236 m. kg/sec.  $\times$  1 mm. = .695 m. kg.

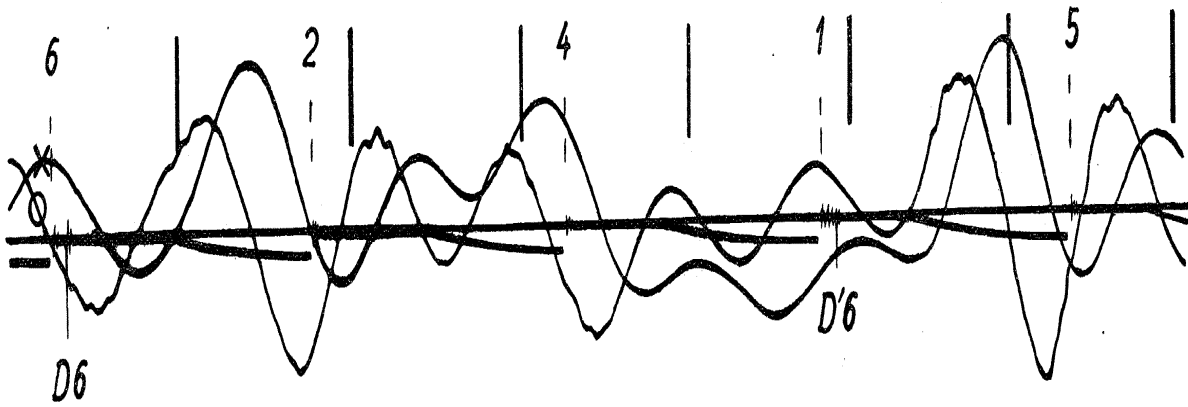
(回轉軸に働くトルクの測定及びトルク變化の記録に逆ワイデマン效果を應用すること. 附圖)



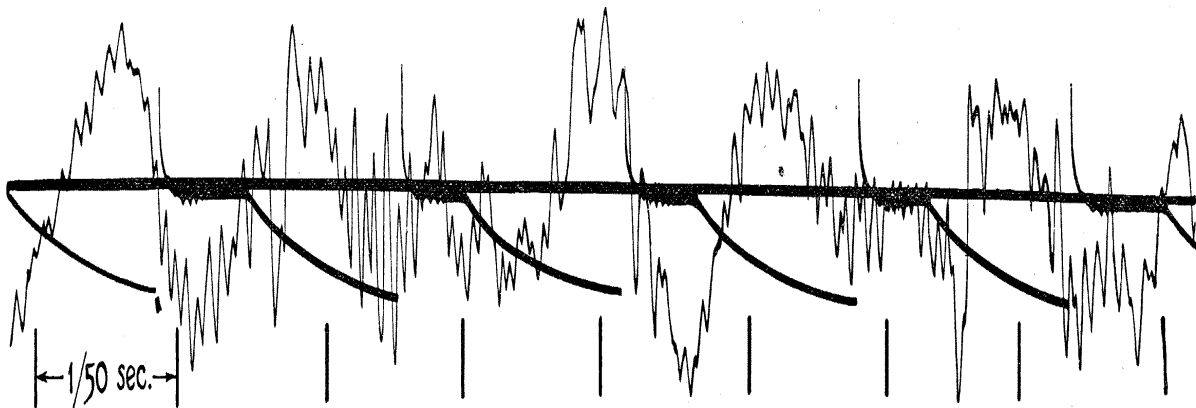
第十五圖 Cylinder No. 6 missing. R. P. M.: 1470. Mean torque: 9.0 m. kg. ○ 1 mm. = 236 m. kg./sec. × 1 mm. = .695 m. kg.



第十六圖 Ignition advanced. R. P. M.: 638. Mean torque: 9.3 m. kg. ○ 1 mm. = 91.1 m. kg./sec. × 1 mm. = .268 m. kg.



第十七圖 Ignition retarded. R. P. M.: 635. Mean torque: 13.0 m. kg. ○ 1 mm. = 178 kg./sec. × 1 mm. = .522 m. kg.



第十八圖 Flywheel detached.

〔回転軸に働くトルクの測定及びトルク変化の記録に逆ウイデマン効果を應用すること。附圖〕

あることを示す。

積分曲線とトルクとの関係をカリブレイトするには、已知電圧の交流をインプットにつないで、其時のオツシログラフ光點の振幅を測るのが便利である。交流(50サイクル)の電圧を $\tilde{V}$ ボルトとすれば、其電圧は $\tilde{V}\sqrt{2}\cos(100\pi t)$ で表はされる。抵抗 $R_1$ の兩端の電圧は是れに比例するから、

$$\frac{dv}{dt} = A\tilde{V}\sqrt{2}\cos(100\pi t)$$

と置くことが出来る。但し、 $v$ は蓄電器 $C$ の兩極の電位差は、 $A$ 或る定數である。故に、

$$v = \frac{A\tilde{V}\sqrt{2}}{100\pi}\sin(100\pi t)$$

又光點の偏倚 $h$ は $v$ に比例して居るから、

$$h = Bv = \frac{AB\tilde{V}\sqrt{2}}{100\pi}\sin(100\pi t)$$

と置くことが出来る。但し $B$ は或る定數。

故に、インプットにつないだ交流1ボルトにつき、光點の振幅が $w$  mm.の割合であるとするれば、

$$h_{\max.} = \frac{\tilde{V}w}{2} = \frac{AB\tilde{V}\sqrt{2}}{100\pi}$$

であるから、是れから $AB$ を求めることが出来る。

$$AB = 25\sqrt{2}\pi w$$

コイルの起電力は $\frac{TN}{10^8}\frac{d\tau}{dt}$ であるから

$$\frac{dv}{dt} = \frac{ANT}{10^8}\frac{d\tau}{dt}$$

積分して

$$v = \frac{ANT}{10^8}(\tau - \tau_0)$$

故に、

$$h = Bv = \frac{ABTN}{10^8}(\tau - \tau_0) = \frac{25\sqrt{2}\pi w TN}{10^8}(\tau - \tau_0)$$

第七圖の場合には、 $w$ は19.5mm.であるから、 $\times$ 印曲線の1mm.の偏倚は0.214 m. kg.のトルクに相當する。

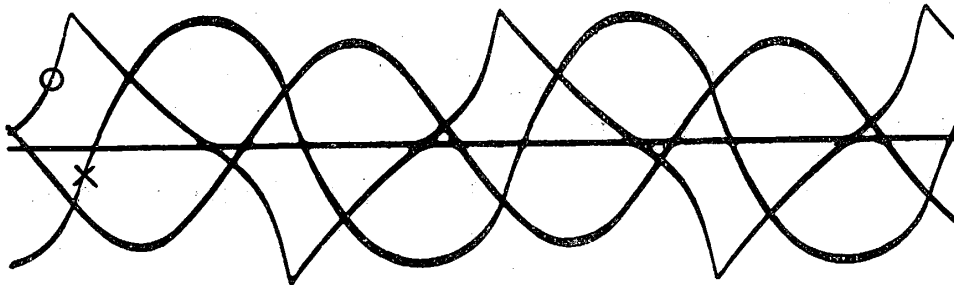
此曲線を、前に○曲線でやつた様に、軸の回轉 $120^\circ$ づゝで切つて、六つの平均を取れば、第八圖の太い曲線と殆んど同じ曲線が得られる。

第十一圖は第七圖と略同じ状態で、オツシログラフのフィルムを緩く廻はして取つたものである。第十二圖は點火の早いとき、第十三圖は點火の遅いとき、第十四、十五圖は各一つの氣筒が點

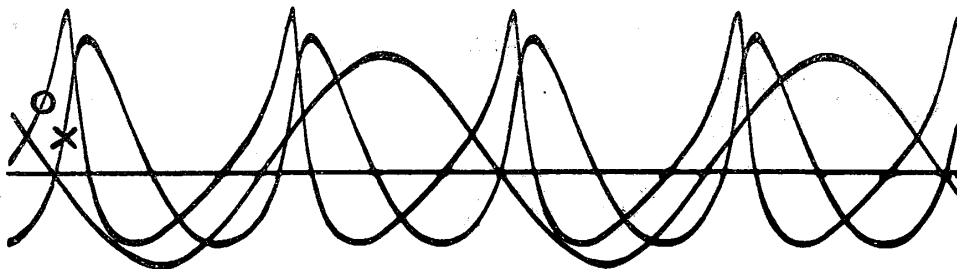
火せられないとき、第十六、十七圖はダイナモメターの開きを大きくして、廻轉を半分以下に落した時の記録である。第十八圖はフライホイールを取り去つた時の記録で、小週期の振動が非常に著しいのはダイナモメターの影響である。

### 3. 平均トルクの測定

鐵棒を振つて置いて之に縦に交流を通すこ、棒の縦帶磁は第十九圖の×印曲線の様な變化をして、棒に巻いたコイルに○印曲線の様な起電力が起こる。(同圖中の正弦曲線は縦電流の位相を示す) 又縦に帶磁した鐵棒に交流を通する時には第二十圖の様な記録が得られるこは已に報告第四十號に記載した所である。



第十九圖

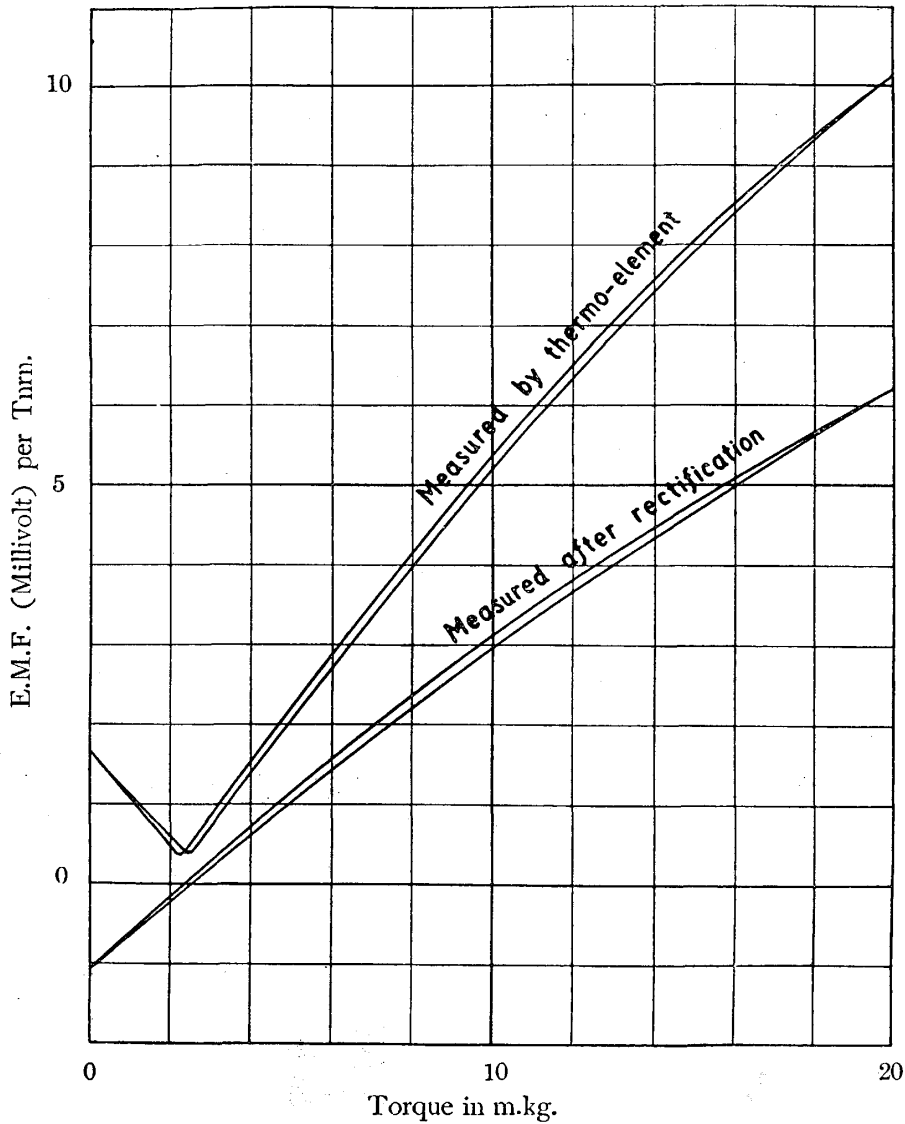


第二十圖

第十九圖の○印曲線は、トルクを増減すれば是れと共に増減するから、豫めカリブレイションをして置けば、この稲妻形電流の強さを測つてトルクの大さを知るこが出来る。而して此の場合にも、縦電流が十分強く、トルクが棒の太さに對して餘り大きくない時は、コイルの電流は直線的變化をするものである。

前章に説明せるエンジンの軸に交流を通じて行つた實驗の結果を下に記す。縦電流は1 K.W.の小さい變壓器で電壓を10 ボルトばかりに落し、42.5 アンペアを通じた。そしてカリブレイションは前と同様に軸の兩端に附けた腕の一つに荷をかけて行つた。軸に巻いたコイルの電流は“Vacuum-thermo-element”を用ひて測つた。(巻數100、被熱線コイルの抵抗合せて約45 オーム) 其結果を各一卷に對する起電力に換算して、それとトルクとの關係を示せば第二十一圖の上方の曲線の様

になる。或は又、同期電動機に適當なコンミュテーターを付け、これを縦電流と同じ電源から來る交流で廻轉し、是れによつてコイルの生ずる電流を整流して、直流のミリボルトメーターで測ることも出来る。(ブラツシの位置はボルトメーターの指針が最大を示す所にすればよい。) 此方法による測定結果は第二十一圖の下方の曲線である。此等二つの方法による結果は當然一致しない。前の



第二十一圖

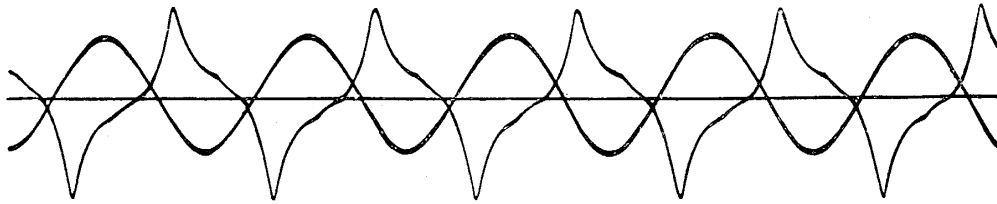
方法で得たものは電壓波の二乗平均値の平方根で、後の方法のは絶対値の平均であるから、正弦波ならば此の比が1.11になるが、我々の場合にはもつこ大きい。此等兩方法の中、前者は實驗室に於ては後者より精密なる値を與へるが船の中等では實行困難である。又トルク強く回轉軸も太く従つてコイルからもつこ大きいパワーを取り得るときは、直接交流のメーターで測定出来る。

若し回轉軸が縦に帶磁して居るとき、第二十圖に示した波が混じつて出る。特に長い軸の小部分

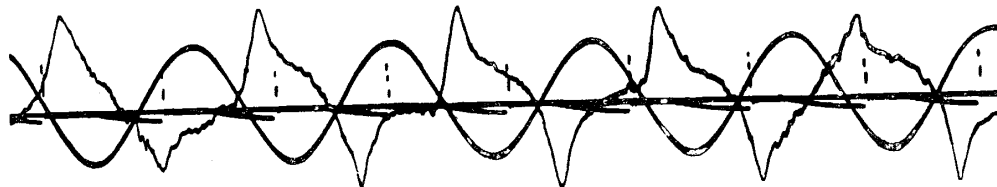
を其儘使用する場合には非常に邪魔になるから、之を除く工夫をしなくてはならない。此波はサイクルが縦電流の二倍になるから、同期電動機で整流して測れば其影響が殆んど消える。

本章の方法はトルクに変化がある時でも、其変化が平均トルクに比して小さい場合、及び変化の週期が長い場合には使用出来る。週期が十分長ければ、メーターの指針の動きにより其変化の様を知る事が出来る。

前記の如くエンジンの軸に取付けた腕によつて 10 m. kg. のトルクを掛け、第十九圖と同じ記録を取れば第二十二圖の様になる。腕を取り去りエンジンを約 1700 回轉の早さで回しながら、ダ



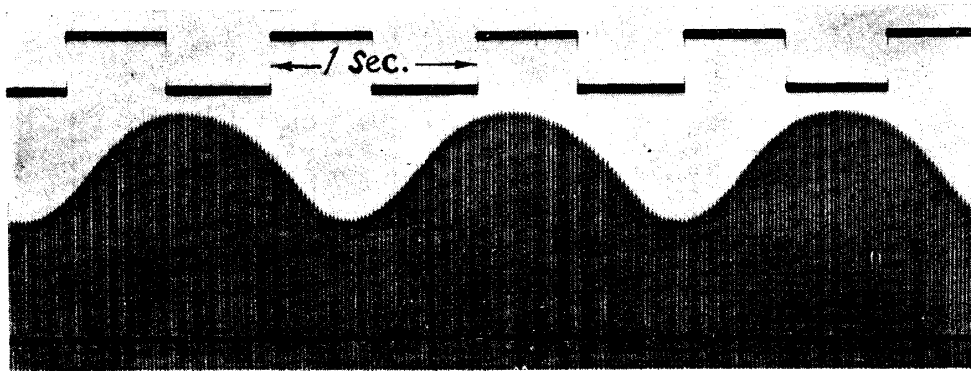
第二十二圖



第二十三圖

イナメーターを加減して丁度 10 m. kg. のトルクを出させ、同じ記録を取れば第二十三圖が得られる。此等二つの記録を比較して、兩稻妻形電流の平均値は殆んど同じであることを認められる。

トルクの変化が交流のサイクルに比し甚しく遅いときは、(変化が遅いときは第二章の方法は



第二十四圖

用ひられない。) オツシログラフのフィルムを緩く廻しながら、此稻妻形電流を記録すれば、其頂點の列がトルクの変化を示す。第二十四圖はトルクが 5-10 m. kg. の間を凡そ 1.6 秒の週期で變化して居る廻轉軸に 50 サイクルの交流を通じて取つた記録である。此種の記録法に就いては號を改めて記述する。