

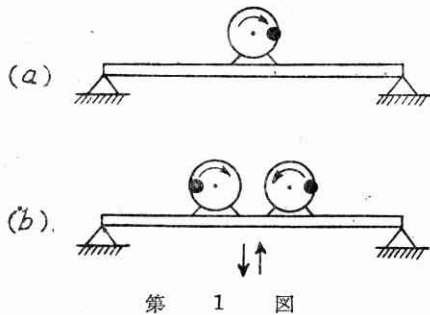
試作 200 W 起振器

1. 起振器の種類

起振器には次の3種類がよく使われる。

- (a) 不平衡質量を回転させる型
(Mass unbalance or inertia vibrator)
 - (b) スプリングを用いる型 (spring vibrator)
 - (c) 動電型 (electrodynamic vibrator)
- この外に小型のものあるいは特殊な場合に
- (d) 電磁型 (electromagnetic vibrator)
 - (e) 空気を吹付ける方法 (air jet blow)

等を使うことがある。



第 1 図

起振器の話

森 大吉郎

富田 文治

建築物・橋梁・自動車・車輛等の振動特性を調べるためにそれらを起振するには、振動台と起振器がよく使われる。振動台は小型のもの或いは模型の試験に適し、起振器は小型のものに限らずやや大型の実物の試験にも用いられる。ここでは後者の起振器について一般的解説を試み、特に問題となる二三の点を説明し、次にサイラロンを用いた大小二つの試作品を紹介する。

上記のおのおのについて以下簡単に説明すると

(a) 不平衡質量を使う型は、アーム(長さ r)の先端に錘(W)をつけて回転させ、その遠心力 F で試験体を振動させるもので(第1図)、(b)のように2個を組合せると上下方向だけの力にすることができる。遠心力 $F=r\omega^2 W/g$ (ω : 回転角速度)は(回転数)²に比例して増加する。アームを回転させるには可変速度電動機を使うが、小は数ワットから大は10馬力位迄いろいろある。大型の一例は建築研究所の起振機で、電動機は10馬力、 $W=300\text{ kg}$ 、半径は1 mもある。(「生産研究」26年7月号6頁参照)。

(b) スプリングを使う型は、地面に固定した電動機にカムをつけ、その先端と試験体とをスプリングで結ん

第5巻

生産研究3月号目次

第3号

表紙 ヒューズの爆発的切断の瞬間写真(22ページ
連報参照)

研究解説

- 起振器の話…………… { 森 大吉郎… 1
富田 文治
- 塑性変形に起る不均一性…………… 神 前 潔… 5
- 試作した分類記録装置の構造及び性能…………… 平 尾 収… 9
- 振動容量電位計の直読化…………… { 中田 一郎… 11
小川 岩雄

研究速報

- 銅中の銀の蒸発について…………… { 谷 安 正… 16
志村 一輝
- 金属薄板の成型性に関する研究…………… 山田 嘉昭… 17
- 空洞共振器の周波数校正について… { 齋藤 成文… 18
黒川 兼行

全方向微風速計の試作…………… { 勝田 高司… 19
楊 藤 雄
江口 雅彦
後 藤 滋

Alexander 型油拡散真空ポンプの試作…………… { 道家 忠義… 21
小川 岩雄

工業界における高速度カメラの応用例…………… 植村 恒義… 22

論文抄録

短絡端結合並行線回路の諸特性…………… { 森崎 義雄… 23
猪 瀬 博

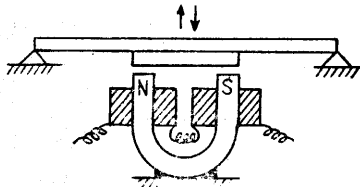
生研ニュース

- 日本化学会千葉地区講演会…………… 23
- 電力線搬送用分布結合装置の実用化について…………… 23
- 新しい衝撃波管の設置…………… 23

だもので、スプリングを介して力が伝達される。起振力は回転数には無関係である。

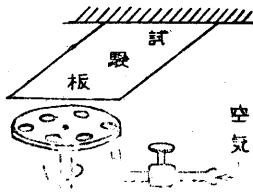
(c) 動電型はダイナミック・スピーカーと同じ構造で、ただコーン紙を取去り、可動線輪を試験体に直結すればよい。可動線輪に供給する可変周波数の交流の電源としては電動発電機もしくは真空管発振器を用いる。

(d) 電磁型は第2図のように試験体に鉄片を固定し、僅かの間隙をあけて外から交流電磁石で力を与える方式で、その起振力は磁場の強さ・交流電流の大きさ・捲線回数に比例し、間隙の大きさに反比例する。ごく小さいものを振動させるには受話器のマグネットがよく流用される。



第2図 電磁型起振器

(e) Air jet blow は第3図のように空気の流れを孔の開いた回転円板で断続させて起振する方法で、孔の数・円板の回転数を変えて起振振動数を変える。この方法は最近板や模型翼の実験に用いられている。



第3図 空気を吹き付けて起振する方法

2. 起振器についての2・3の問題

さてこれから起振機について、常に問題となる事項を二・三述べて見よう。

(1) 可変速度電動機 直流では分捲電動機、交流では整流子又は超分捲電動機が多く使われる。

直流分捲型では速度(回転数)制御は励磁電流もしくは電機子電流を加減して行いが、これで起振すると試験体の共振点の付近で回転が不安定になることがしばしばある。この現象は兼重教授の論文⁽¹⁾を参照して次のように解釈するのの一法と思う。

分捲電動機の回転数及びトルクは下の式で表わされる。

$$T = \frac{k_2 \Phi}{r_a + R} (V_a - k_1 n \Phi) \quad \dots\dots\dots (1)$$

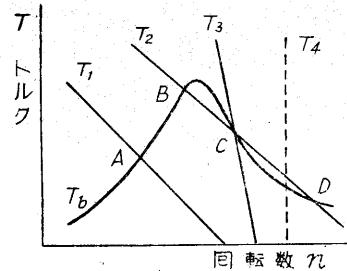
$$n = \frac{V_a}{k \Phi} \left\{ 1 - \frac{i_a}{V_a} (r_a + R) \right\} \quad \dots\dots\dots (2)$$

但しここで T : トルク, n : 回転数, i_a : 電機子電流, Φ : 磁束(励磁電流の函数), R : 速度加減用抵抗, k_1, k_2 : 電動機固有の常数, V_a : 電源電圧

(1) より

$$\frac{dT}{dn} = -\frac{k_1 k_2 \Phi^2}{r_a + R} < 0. \quad \dots\dots\dots (3)$$

(1) より $T-n$ 曲線を画くと第4図のようになる。



第4図 $T-n$ 曲線

$T_1 \dots T_4$: 電動機のトルク

T_b : 機械振動系の制御トルク

一方、減衰性をもった試験体を正弦的に変化するある大きさの力 F で起振したときの制動トルク T_b の曲線がやはり第4図の T_b 曲線であるとする。(力 F の大きさは(b)のスプリングの型では一定であるが、(a)では(回転数)²に比例して増すとして考えねばならぬ。)

さてこの電動機で T_b の機械振動系を起振すると電動機の回転は

$$\frac{dT}{dn} < \frac{dT_b}{dn} \quad \text{なら安定}$$

$$\frac{dT}{dn} > \frac{dT_b}{dn} \quad \text{なら不安定}$$

である。第4図で A, B, D は安定であるが、 T_2 の電動機では C 点是不安定である。回転を安定にするためには T_3 のように $\frac{dT}{dn}$ の大きな電動機を用いなくてはならぬが、(3)式でわかるように結局大型の電動機を使えということになる。以上が回転不安定の一つの解釈である。この結論は以前からいわれもし、実行もされていたことではあるが、電動機が大型であると何といつてもその装置や直流電源が大げさになり、操作も面倒で又、試験体の重量分布に悪影響を及ぼすこともあるので、常に実行可能な好い方法であるとはいえない。又(2)式でわかるように電源電圧 V_a の変動はすぐに回転数に響く。

整流子又は超分捲電動機でもこの回転不安定の悩みは共通で、回転が不安定であると共振曲線を正確に求めることもできず、又共振時の各点の振幅・位相を充分測定することもできないのであつて、起振器の最大難点の一つである。

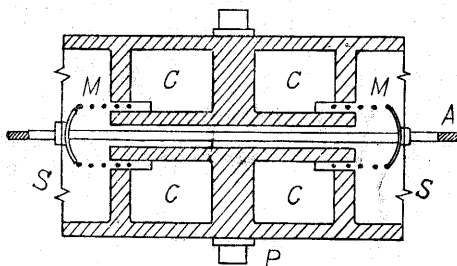
近來米国では直流電動機を速度を電子管を用いて制御する方法が発達した。これは電動機の回転数がある規定の回転数から何等かの擾乱のため変動すると、それを電子管装置が検出・増幅して最後に電動機への電流を加減してもとの定回転にもどすという方式⁽²⁾で、電子管装置の最終段には受信管よりも出力の大きい送信管を使う

のが普通である。最近の試作では低圧ですむサイラトロンを使つた例がある。

(2) 動電型起振器で電源に真空管発振器を使うと、起振振動数は発振周波数と同一であるから制禦は誠によくできるが、たゞ 30 サイクル位以下になると真空管の内部抵抗が高く又出力変成器の整合が困難になるために出力が激減するので、通常の増幅器を使つたものでは小さな模型すら満足には実験できない。

米国での近年の傾向は起振器の交流電源として出力が 100 ワット以上の真空管発振器を用いる例が多く、(この電源で動電型起振器ばかりでなく、時には小型電動機も駆動する)、低いサイクル (10 サイクル附近) での出力減を防ぐため出力変成器には多数のタップを出して、順次切換えるようにしてあり、出力管は陽極電圧が 1500 ~ 3000 V の送信管を使っている。

(3) 装置を試験体へ取付ける点では、(a) が割合に簡単で (ただし取付け重量が重い)、(b) は取付けは容易であるが、電動機・カムの地面への固定が面倒である。(固定方法が悪いと余分な共振点が出て測定がうまくゆかぬ)。(c) では可動線輪が軽い点では好都合であるが、何しろ狭い間隙 (0.5~2 mm) を一方向だけにしか動けないので、取付けが難しく又振幅が大きくなるとすれ合う恐れが多分にある。発振器の出力が近年増大して来たのに伴つて、第 5 図のように大型で可動線輪を両面に配置した丈夫なものが使われているようである。



第5図 動電型起振器

C: 励磁コイル, M: 可動線輪,
S: 磷銅スプリング, 90° X, A: 軸,
P: ピボット

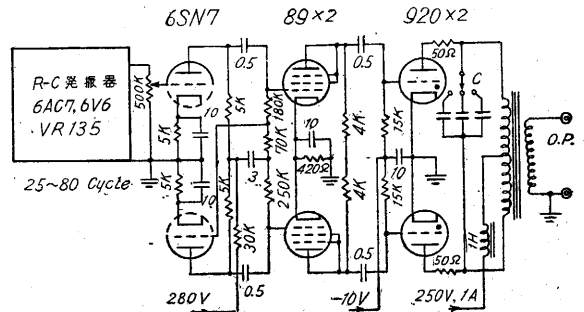
3. 試作した起振器

(A) 200 W 起振器 筆者等は自動車・車輦等の試験の目的で起振器を試作した。(a) の不平衡質量を回転させる方法が便利である。電動機としては直流超分捲又は交流超分捲電動機を使うのが普通であるが、これでは相当な大型のものを使つても回転安定が悪く、信頼できる共振曲線を求めることや、車体各部の振幅・位相を測つて車体の振動形態を掴むこと等がなかなか困難である。直流電動機の制禦を良くする方法は前述のように米国での例がいろいろあるが、送信管とか高圧の回路とかはわれ

われ素人の手には負えない。又起振振動数はなるべく起振器の変速装置のダイヤルで直読みしたい。このようなことをいろいろ考慮の末、試作の根本方針としては速度制禦の優秀さを主眼とし、具体的には

(1) 小型同期電動機を使い

(2) これを駆動する交流電源の周波数を变化させるという方式を採つた。それで一番問題となる可変周波数を出す発振器としては第 6 図の回路を製作した。



第6図 200 Watt 起振器

この回路は出力部にサイラトロンの並列インバータを配したのが特徴⁽³⁾で、真空管式と較べて内部抵抗が低いから低い周波数でも出力が落ちず、出力変成器との整合も容易である。インバータの転流の周期 (即ち出力の交流の周期) は RC 発振器で規定する。出力 (200 ワット) を正規 1500 r.p.m. の小型同期電動機に入れると発振器の周波数の正確に 1/2 で電動機が回転する。歯車で二段切換えて結局 4~33 サイクルの間で回転を変えることができる。

結局前節 (1) の電動機の回安不安定の問題は同期電動機の使用で解決せんとし、又前節 (2) の発振器の出力不足の問題はサイラトロン・インバータの使用で切抜けようと試みたものである。

この方式の特徴は

(1) 起振振動数は発振器のダイヤルで微妙に調節でき、負荷よりの悪影響を受けない (第 4 図で T_4 が同期電動機の曲線と考えられる)。

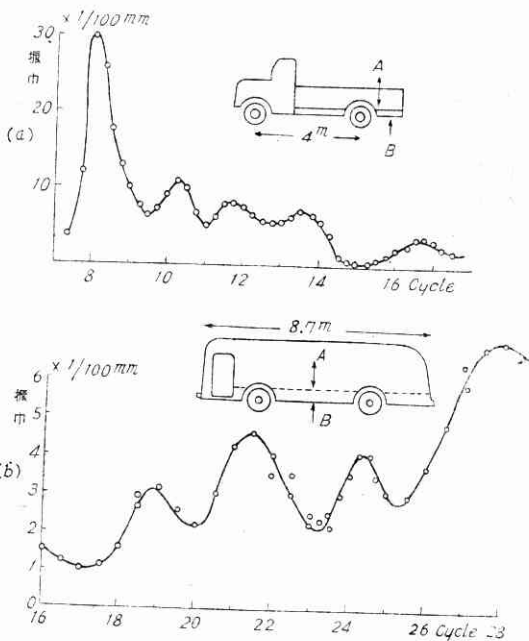
(2) 装置は低い周波数でも能率よく作動し (50 サイクルで 70%)、出力があまり落ちない。

次に運用のとき注意としては

(1) サイラトロンを転流さすには周波数に応じて並列容量 C を適当に切換えてやる必要がある。

(2) 同期電動機の (正規 1500 r.p.m.) の速度変動範囲は 16~33 サイクルで、直流電動機と比べてやや狭いから、広い範囲をカバーするためには歯車切換装置が必要になる。

この超振器でトラック及び大型バス車体を試験した例を第 7 図に示した。このような小型の電動機で常に間に合うとはいえないが、制禦さえできれば相当大きな試験

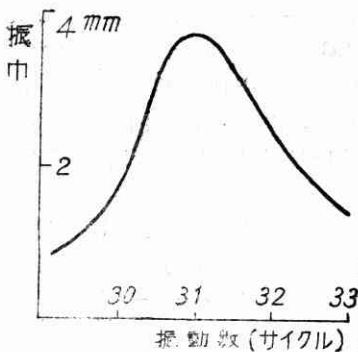
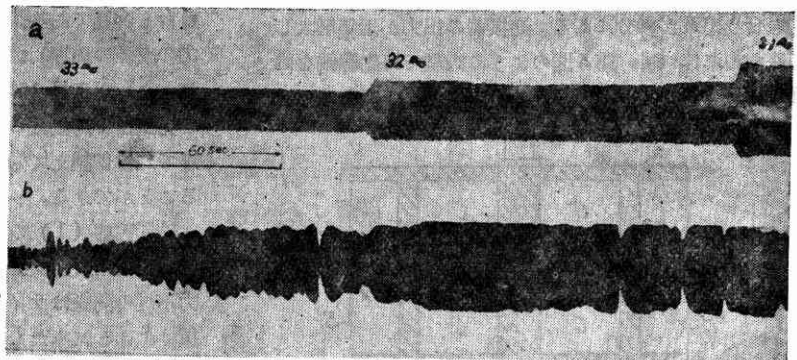
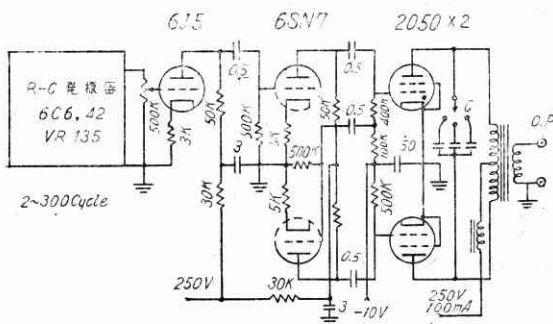


第7図 自動車の振動試験例

(a) トラック

(b) フレームレス・バス

A: 起振点, B: 測定点

第8図 梁の共振曲線
3.5 寸の杉角材, スパン 3 m,
中央に電動機をのせて起振した第9図 起振器のダイヤルを定置したときの梁の振巾の時間的変化
(a) 試作起振器による
(b) 直流電動機による最初の調整回転数は 30 マイクル(左端)
振巾測定は容量型歪計, 記録は生研式インクリイター

第10図 10 Watt 起振器

体でも充分起振し得ることが認められた。

次に起振の安定性を試した実験の一例を示す。第1図

(a) の梁で第8図のような共振特性を持っているのを試作起振器(同期電動機出力 70 W) で実験したのが第9図(a)で, 起振振動数が安定であるので梁の振動振幅は時間が経過しても変化しないし, 又ダイヤルを廻して振動数を変えると直ちにそれに応じた振幅に落着き, 誠に振動が安定である。これに反し同図(b)は手許のありあはせの直流分巻電動機(100 W)で最初 30 サイクルに調整してから放置運転して起振した例で, 回転数が常に変るので振幅も不安定であつて, (a)にくらべて悪い。

(B) 小型起振器 模型や小型試験体を起振するには動電型が便利であり, その電源としては発振器が普通使われるが, 前述のように 30 サイクル以下では満足な出力がなかなか得られないので, 上記の起振器を小型化して第10図の回路を製作した。300 サイクルから2サイクル迄簡単な操作で起振できて, 出力も 10 ワット(12 サイクルで)前後であつて実験室内で使つて便利である。サイラトロンは4極放電管 20, 50 がもつとも性能が良いようである。

以上2つの試作品は池田健教授の熱心な御指導の下に, 荏司敦君の協力を得て製作したものである。又3第部の沢井善三郎教授にも種々御教示を仰いだ。

4. むすび

以上起振器の概略と試作品の紹介を行つたが, 起振器という一題目を調べて見ても, 機械振動測定分野での電子管工学の最近の発達の影響がうかがわれる。測定技術を今後進歩させるためには, 電気技術者との協力がますます必要になつて来るものと思われる。

(1953. 1. 15)

文 献

- (1) 兼重・河野・末: 「動力計用制振装置の速度特性」 機械と電気 昭和 13 年 623 頁
- (2) 例えば E.F. Kebler; Electronics, Mar. 1952
- (3) 沢井教授は共振型材料疲労試験機にサイラトロン・インバーターを使用して居られる。生産研究: 昭和 26 年 7 月 16 頁