

直流電動機の改良型動力測定装置

The improved measuring method of the out put power of D. C motors

沢井善三郎・稲葉博

1. まえがき

直流電動機を主操作機とする圧延機、抄紙機、伸線機等の巻取装置において、電動機の動力を制御することにより間接的に張力制御を行なう方法がある。このような場合には電動機の動力を直接測定することが望ましく、その方法として電動機のトルクと回転速度の積を検出する電子管式動力測定装置につき先に報告を行なった¹⁾。

この装置でも工業用測定器としての技術的要求には、ほぼ応じられるものと考えられるが、この方法では回転速度の低い範囲で検出電圧の脈動が大きく、したがってこれを自動制御系の検出器として使用した場合、制御範囲が制限されるという欠点があった。これに対し、回転速度零から最高速度までの広い範囲にわたって円滑な制御を行なう目的で、今回新しく交流速度計発電機を換算素子とする改良型動力測定装置の研究試作を行なったので、ここに報告する次第である。

2. 原理

巻取り系において巻取りについやされる動力を P とし張力を F 、線速度を V とすれば、

$$P = F \cdot V = F \cdot r \cdot \omega \dots\dots\dots (1)$$

ただし r : 巻取りポビン半径

ω : 角速度

一方、直流電動機の界磁電流を一定とした場合、電動機トルクは電機子電流 I_a に比例し、角速度 ω は回転速度 n に比例するから、電動機の動力 P_m は

$$P_m = k_1 \cdot I_a \cdot n \dots\dots\dots (2)$$

したがって巻取りについやされる動力 P は

$$P = P_m - L = k_1 \cdot I_a \cdot n - L \dots\dots\dots (3)$$

ここで L は巻取り機構の機械的損失であるが、近似的に

$$P = (k_1 \cdot I_a - k_2) n \dots\dots\dots (4)$$

で表わすことができる。

すなわち、巻取りについやされる動力 P は電機子電流 I_a と回転速度 n の積から機械的損失 L を差引くことにより求めることができ、この動力を制御することにより間接的に張力を一定に保つことが可能となる。

第 1 図に交流速度計発電機を使用した動力測定装置の系統図を示し、その動作原理を説明しよう。電機子電流 I_a は電機子回路に直列に接続された低抵抗 R_s により、電圧降下 $I_a R_s$ としてとりだし、(4) 式の k_2 に比例した一定電圧を差し引いた後、直流—交流変換回路によって交流電圧に変換し、次の電力増幅器を通して速度計発電機の励磁コイル F に加える、したがって励磁コイル F には、(4) 式のかっこ内の値に比例した交流電流が流れることになる。

交流速度計発電機の回転子は直流電動機 M によって駆動されているから、出力端子には励磁コイル F の電流と回転速度 n との積、すなわち(4)式の P に比例した交流電圧が発生し、これが次の整流器および平滑回路を経て直流電圧に変換されている。さて、(4)式の k_2 に比例した差引き用電圧は一定電圧で、電機子電流 I_a に比例した電圧降下 $I_a R_s$ がこの電圧より低い範囲では、速度計発電機の励磁コイル F には逆位相の交流が流れることになる。このような場合には実際の巻取り動力は当然零となるはずであるから、巻取りについやされる動力のみの検出を行なうには、逆位相の交流を励磁コイルの手前で阻止する必要がある。図の位相弁別回路は、この目的のために付加されたものである。

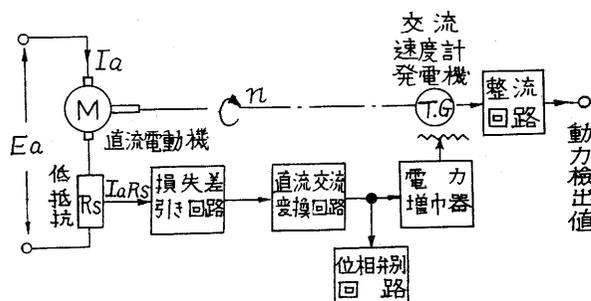
3. 各回路の説明

(1) 直流—交流変換回路および位相弁別回路

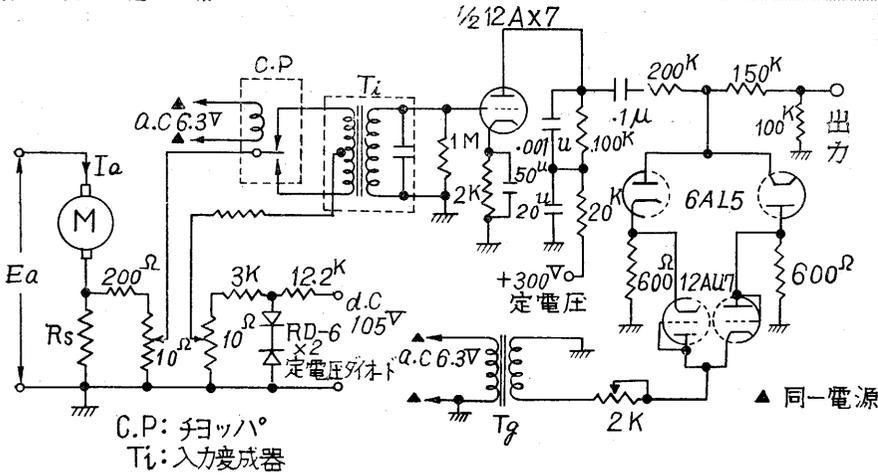
(4) 式の k_2 に比例した直流電圧の電源としては、後段に利得の大きい交流増幅器があるので、精度の高い安定化電源を必要とする。本装置では第 2 図に示すように、2 個のシリコンダイオードによる定電圧装置を使用している。安定化された電圧は約 6 V で、これから差引きに必要な電圧として、最大 10 mV をポテンショメータにより得ている。第 3 図はその特性で長時間の使用に際しても良い結果を得ている。

次の直流—交流変換回路は、50 サイクル共振型チョップパ回路である。チョップパによって交流に変換された信号電圧は入力変成器を経て前置増幅器に接続される。チョップパ回路の入力電圧の最大値は約 12 mV で直線性は主として入力変成器の特性によって左右される。

前に述べた通り、(4) 式の k_2 に比例した一定電圧と、



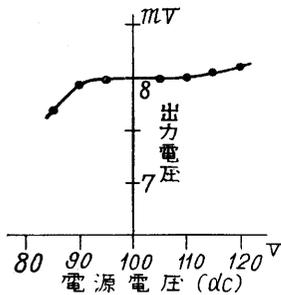
第 1 図 改良型動力測定装置系統図



第2図 直流-交流変換回路および位相弁別回路

の半サイクルの場合では、 V_1 が短絡状態となるから、 V_2 は無限大に近い状態にあっても信号電圧は V_1 を通してアースされる。したがって逆位相の信号電圧に対しては、図に示すゲート電圧を加えることにより、 V_1 または V_2 のいずれか一方が短絡に近い状態となって信号電圧を阻止する。

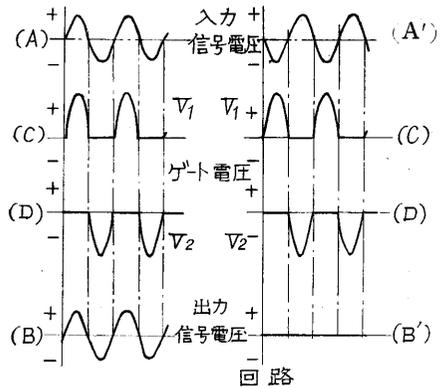
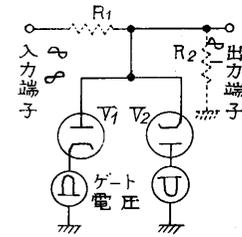
実際の回路において



第3図 定電圧ダイオード特性

電機子電流 I_a に比例した電圧降下 $I_a R_s$ の大きさにより信号電圧の位相を異にするので、前置増幅器の出力端子に位相弁別回路を設け、動力の測定に必要な信号電圧のみを選び次の増幅器に加える。第4図は位相弁別回路の動作を説明するためのもので、位相弁別管

V_1, V_2 のカソード・アース間およびプレート・アース間に、それぞれ図の(C), (D)に示す正, 負の半波整流電圧を供給する。このゲート電圧は信号電圧の最大値より十分大きくかつ同期されたものである。いま同図(A)に示す位相の信号電圧を入力端子に加えた場合、正の半サイクルにおいては、 V_1 のカソードはゲート電圧によって十分大きい正の電位に保たれているから内部抵抗は無無限大に近い状態にある。また V_2 のプレートはゲート電圧が零であるから、アース電位にあり、 V_1 と同様に内部抵抗は無無限大に近い状態である。したがって信号電圧は、 V_1, V_2 の影響をほとんど与えることなく出力端子に通過する。信号電圧が次の負の半サイクルの場合も V_1 のゲート電圧は零、 V_2 のゲート電圧は信号電圧より十分大きい負の電圧であるから、 V_1, V_2 の内部抵抗はいずれも無無限大に近い状態にあり、信号電圧は V_1, V_2 の影響をほとんど与えることはない。したがって入力端子に加えられた信号電圧は出力端子にほとんどそのまま通過する。次に図の(A')に示す逆位相の信号電圧の場合、 V_1, V_2 のゲート電圧は前と同様であるから、信号電圧が負の半サイクルのときには、 V_1 は無無限大に近い内部抵抗であるが、 V_2 は短絡に近い状態となり、信号電圧は V_2 を通してアースに流れこむ。また信号電圧が正



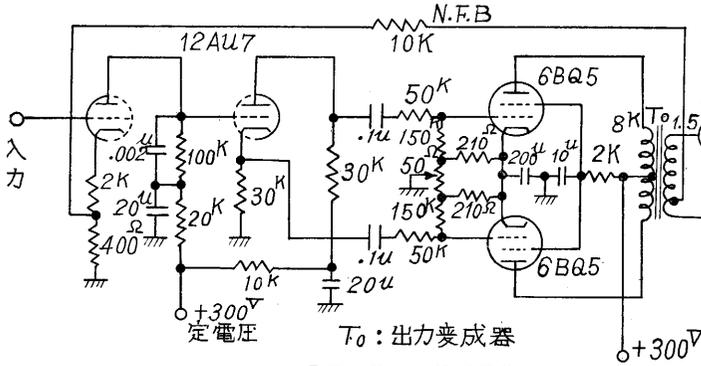
第4図 位相弁別回路動作原理図

は、第4図の点線で示す R_1, R_2 があるので、これによる信号電圧の減衰がある。さらに位相弁別管として熱電子管を使用しているので、信号電圧が零であっても出力端子 R_2 の両端に初速度電流による電圧が発生する。この雑音電圧は測定装置の精度に影響を与えるから、極力低くすることが望ましい。本装置においては、前置増幅器によって入力信号電圧を十分増幅し、雑音電圧を相対的に低くする方法をとっている。また V_1, V_2 のヒラメント電圧を規定電圧より下げることにより、直接雑音電圧を小さくすることができるが、内部抵抗を増加させる結果となるから、余り良い方法とはいえない。実測の結果、 V_1, V_2 に双2極管 6AL5 を使用した場合、規定

電圧の 85% で比較的良好な結果が得られた²⁾。

(2) 交流電力増幅回路

位相弁別された信号電圧は速度計発電機の励磁コイル F に十分な電流を流すため電力増幅器に加えられる。第 5 図に電力増幅器の回路図を示す。回路方式は、ごく一般的なものを使用したが、直線性および歪の改善のため出力変成器二次側タップより約 -25db の電圧饋還を行

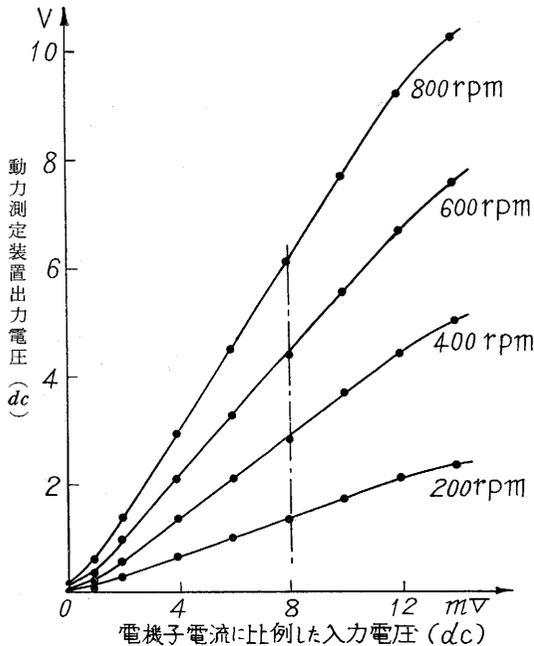


第 5 図 電力増幅器回路

なっている。出力変成器二次側の速度計発電機励磁コイル F のインピーダンスは約 $1.5\text{k}\Omega$ で、とり出しうる最大電流は約 60mA 、その間の直線性は $\pm 1.5\%$ 以内である。なお電源に対する安定度を確保するため、初段の電圧増幅管および位相反転管のプレート電圧は定電圧放電管による安定化電源より供給される。

(3) 交流速度計発電機および整流回路

掛算回路として使用した交流速度計発電機は近年、広く用いられているドラッグ・カップ (drag-cup) 形式のも



第 6 図 改良型動力測定装置総合特性 (rpm: 電動機回転速度)

ので、従来のものと比較して波形歪が少なく、直線性も良好である。また残留電圧は位相弁別回路による雑音電圧に比較して問題にならない値である。さて電動機の動力 P に比例した 50 サイクルの交流電圧は次の全波整流回路を経て平滑回路で平均化される。第 6 図は位相弁別回路を動作させた状態における本装置の総合特性である。入力および出力の零付近における非直線性は主として位相弁別回路によって生ずるものである。

4. 考察

第 7 図は電動機にプロニーブレーキを荷とした場合の負荷トルク T と回転速度 n の積、すなわち動力に対する測定装置出力電圧の関係を示し、かなり広い範囲にわたり良好な結果を得ている。なお本装置の総合時定数は、 0.04sec 程度で、これは主としてチョップ回路および速度計発電機出力回路によるものである。

本装置は前の電子管式動力測定装置と比較した場合、その方式から明らかな通り、動力に比例した直流電圧の脈動を非常に低くすることができ、その上、電子管回路が比較的簡単であるため、保守が容易で長時間の使用に対しても較正が狂うということも少なく、より信頼性のあるものと考えられる。

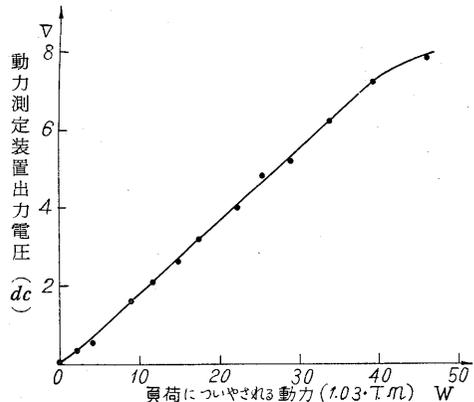
5. むすび

以上、チョップならびに交流速度計発電機を利用した直流電動機の動力測定装置についてのべた。筆者は直流電動機を主操作機とした巻取り装置に、本測定装置を組み合わせた張力制御を行ない、良好な結果を得ているが、その詳細については近く別に発表する予定である。

なお、本研究は昭和 33 年度科学試験研究費によったことを付記する。(1959. 7. 21)

参考文献

- 1) 沢井・稲葉・鈴木: 直流電動機の機械的出力測定 (生産研究, 昭和 33 年 9 月)
- 2) Waveforms: MIT Radiation Laboratory Series 19 p. 58~p. 72



第 7 図 直流電動機動力と測定装置出力電圧の関係