

分相モートルの機器応用上の諸問題

Some Problems of Split Phase Induction Motors Encountered in Their Application on Machines

上 村 民 夫*

Tamio Uemura

内 容 梗 概

分相モートルは、古くから広汎な用途に使われ、最も信頼性のある機種の一つと考えられているが、これを合理的に使用するにはその性質をよく知っておく必要がある。本稿では分相モートルの特性と負荷の関係を説明し、これに基づいて分相モートルを機器に適用する上の諸問題を解説したものである。

1. 緒 言

分相モートル（分相起動式単相誘導電動機の略称）は、単相電源で使用するモートルのうちで、構造が比較的簡単で製作費が安いとため、古くから一般に普及されている。近年家庭電気品のみならず、手動機械の動力化が進み、単相モートルが広範囲な機種に応用され需要が急増するに及び、モートルの適切な利用方法の認識が需要家の間で要望されるようになった。本稿では需要家の立場からみて必要と思われるモートルの性質と、機器応用上の諸問題を記述する。

2. 分相モートル使用上注意すべき諸問題

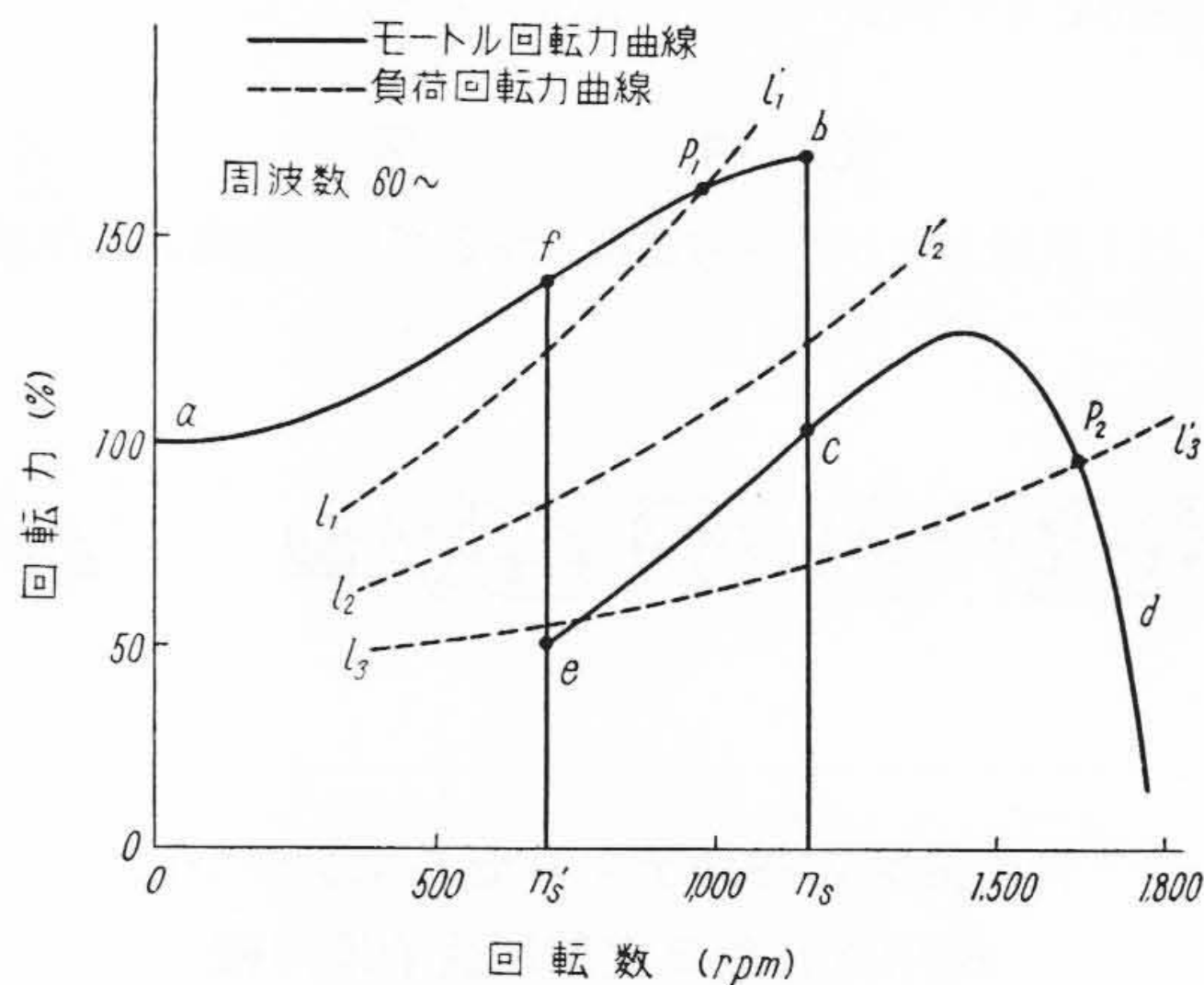
今日使用されている単相モートルの大半が分相モートルであることは、その信頼性を示すものであり、構造上本質的に故障が少なく、保守が容易であるという長所を有するが、一方ほかの単相モートル、すなわち反撓モートルやコンデンサモートルに比すれば、起動電流が大きく、また起動回転力が小さいという短所がある。したがって分相モートルの使用にあたっては、この点に注意し、その性能を十分発揮せしめることが望ましい。

以下章を追って分相モートルの諸性質を説明するとともに、実際にしばしば遭遇する使用上の諸問題を解説し、これに伴う注意事項を取りまとめて需要家各位の便に資す。

3. 分相モートルの起動特性と負荷の関係

3.1 分相モートルの速度回転力特性

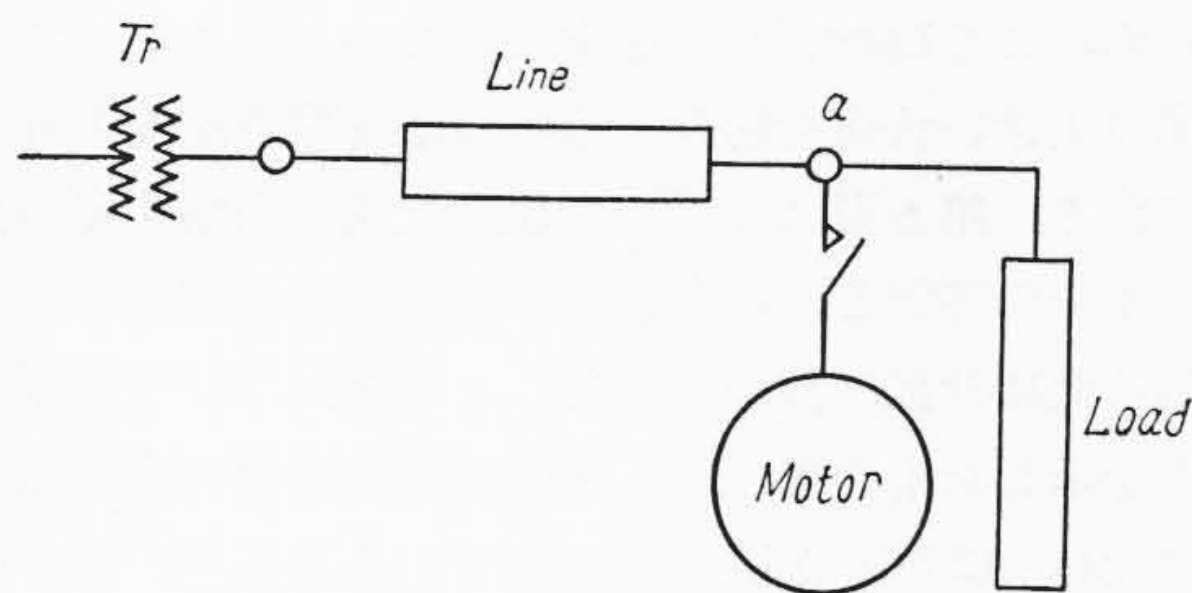
分相モートルは三相モートルと異なり、回転し始めてから全速に達する途中、遠心力開閉器の動作回転数の前後において、回転力が不連続に変化する。このためモートルに負荷をかけた場合、どのような状態で起動するかを説明する。第1図に200W分相モートルについて、



第1図 速度回転力曲線と負荷の関係

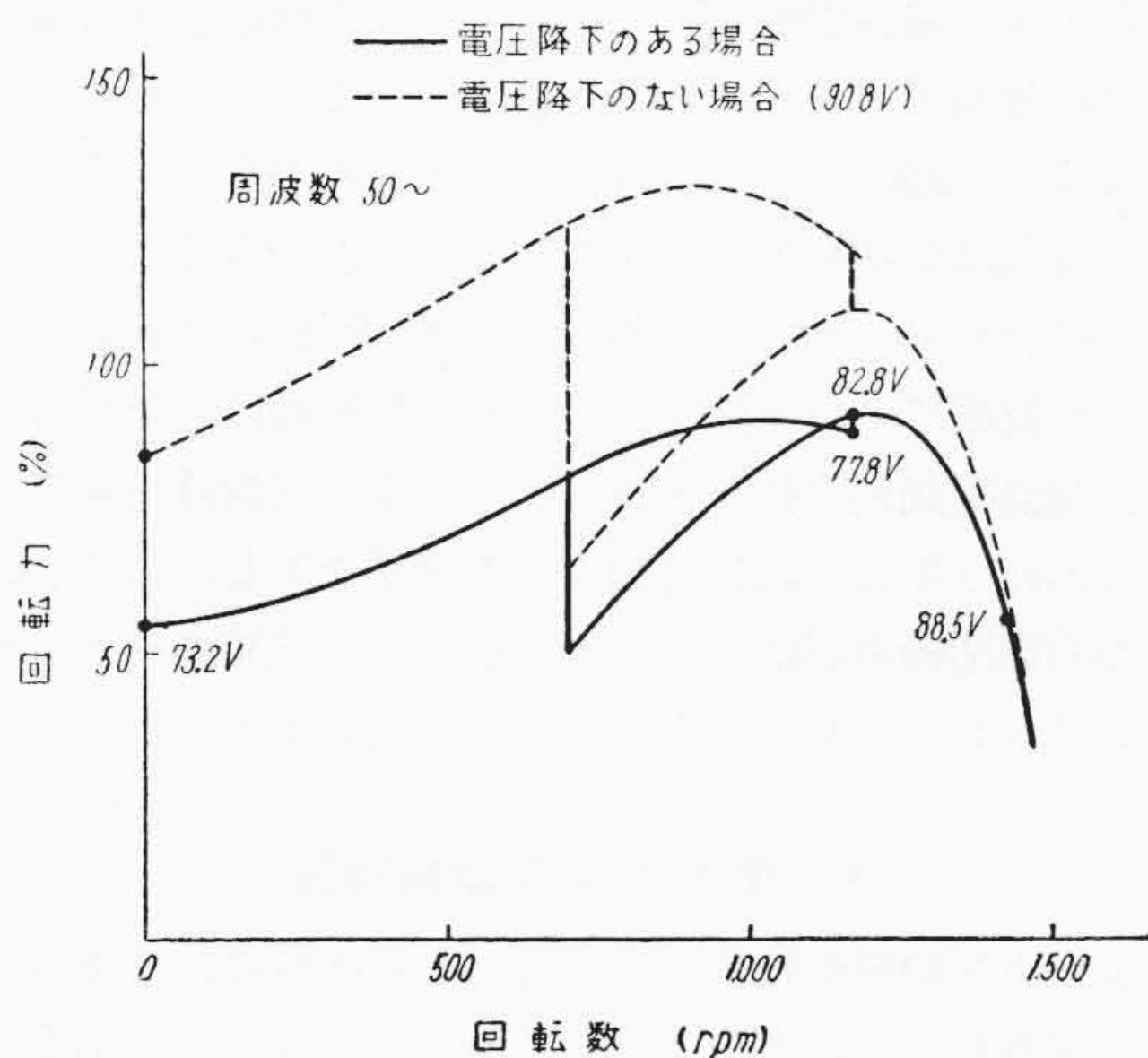
60~ 電源における速度回転力特性と負荷の関係を示した。モートルの回転力は最初分相回転曲線 $a-f-b$ に沿って変化し、回転数 n_s において遠心力開閉器が開いて単相回転力曲線 $c-d$ に移る。これに対し負荷回転力曲線がもし $l_1-l'_1$ であれば、起動しても遠心力開閉器は閉じたまま、分相回転力曲線と交わる P_1 で回転を続け、起動巻線に過大電流が流れてたちまち焼損するに至る。これは明らかに負荷過大の場合である。また負荷回転力が $l_2-l'_2$ のようであれば、分相回転力はこれより上回っても、単相回転力が下回るため n_s より速度上昇し得ず、モートルは遠心力開閉器の閉じる回転数 n'_s と n_s の間で、上昇、下降の動作をくり返し、このときも起動巻線を焼損したり、開閉器の接点を損つたりする。これらに対して負荷回転力が $l_3-l'_3$ のようであれば、分相回転力のみならず単相回転力が負荷より上回るから、単相運転として安定な P_2 において運転状態にはいる。なお図中の回転力は拘速時を100%として表わした。以上を実際の現象と対照すればモートルが起動しても遠心力開閉器が動作せず、低速でぶんぶんうなつて回転する場合 ($l-l'_1$ の負荷の例) や、あるいは開閉器が断続的に動作して速度の上らぬ場合 ($l_2-l'_2$ の負荷の例) は、おおむね過

* 日立製作所多賀工場



Tr 3KVA トランス 3/150/105V
 Line 5φ100m, 3.2φ100m 直列
 Load 抵抗負荷 (8.1Ω)
 Motor 200W 分相モートル

第2図 配電線路の一例

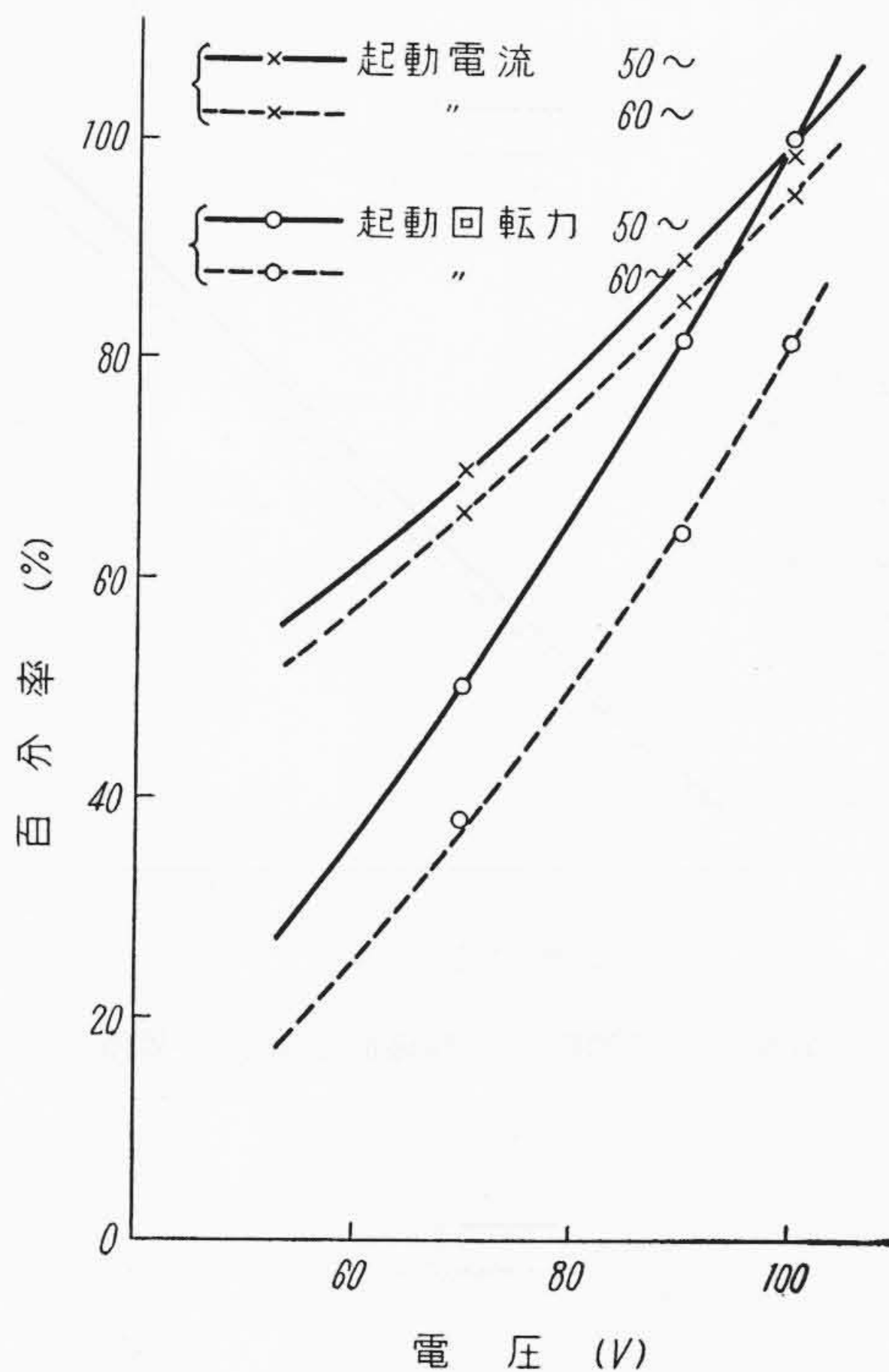


第3図 電圧降下と速度回転力曲線

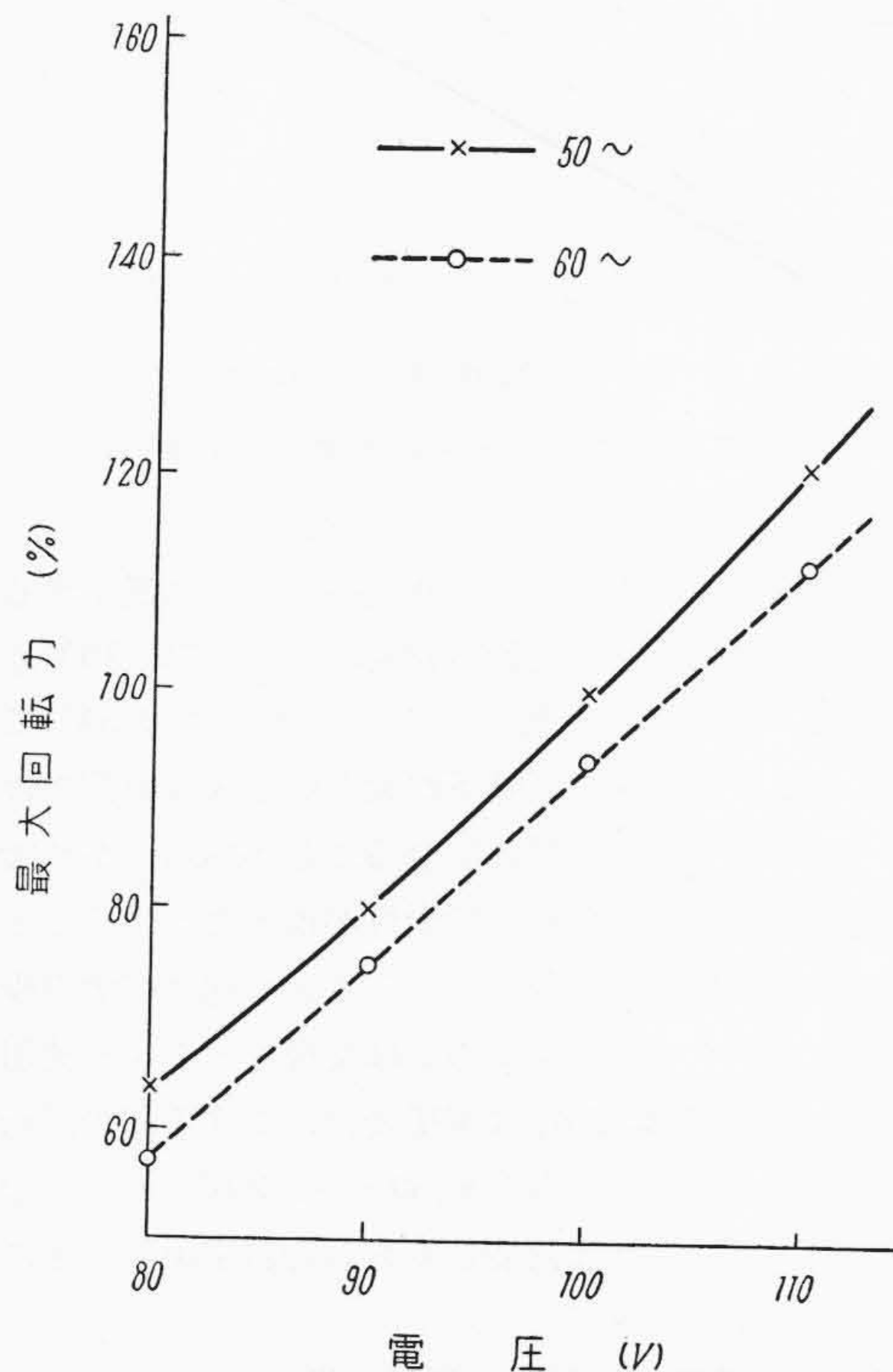
負荷あるいは後述の電圧降下による起動不良の現象とみてよい。ゆえにこのときにはモートルの大きさの選定の再検討あるいは配線状態の調査が必要である。これに対して正常な起動とは次章で述べる運転中のフリッカーが少なく、起動巻線の過熱を起さぬ範囲内の短時間でモートルが速度上昇し、遠心力開閉器動作後静粛な運転にはいる状態 (l_3-l_3' の負荷の例) をさす。

3.2 配電電圧降下による起動特性の変化

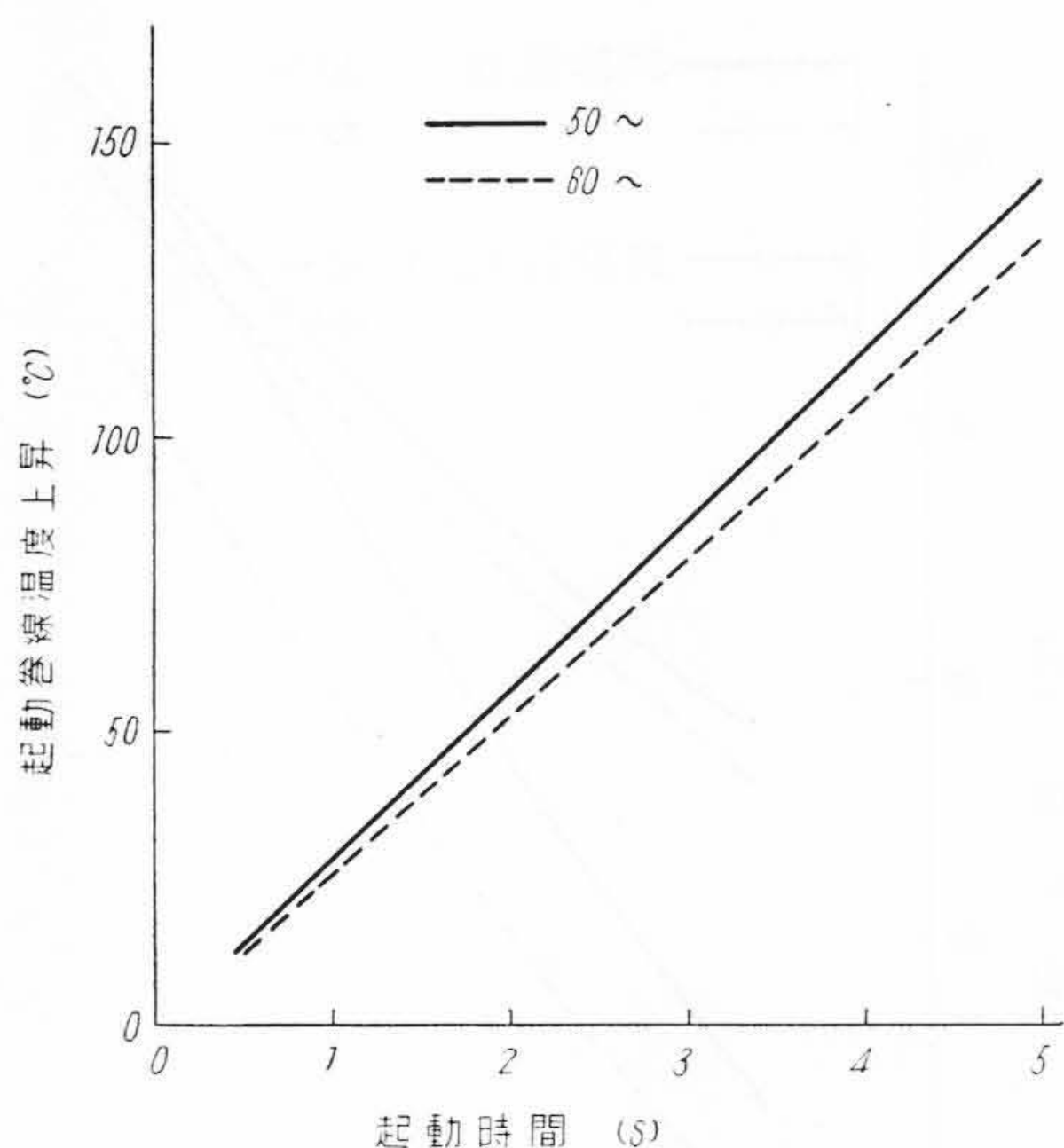
分相モートルはほかの単相モートルたとえばコンデンサモートル、反撓モートルに比べて起動電流が大であるため、配電線の電圧降下による起動回転力の低下や、フリッカー (電灯のちらつき) が問題になる。一例として第2図のような配電線に200W分相モートルを接続して起動した場合、電圧降下による回転力の変化を調べた結果は第3図のようになった。図における回転力は100V拘束時を100%として表わした。点線は無負荷電圧 (モートルを接続しない場合のa点の電圧90.8Vをさす) より電圧が降下しないと仮定した場合の回転力曲線を示



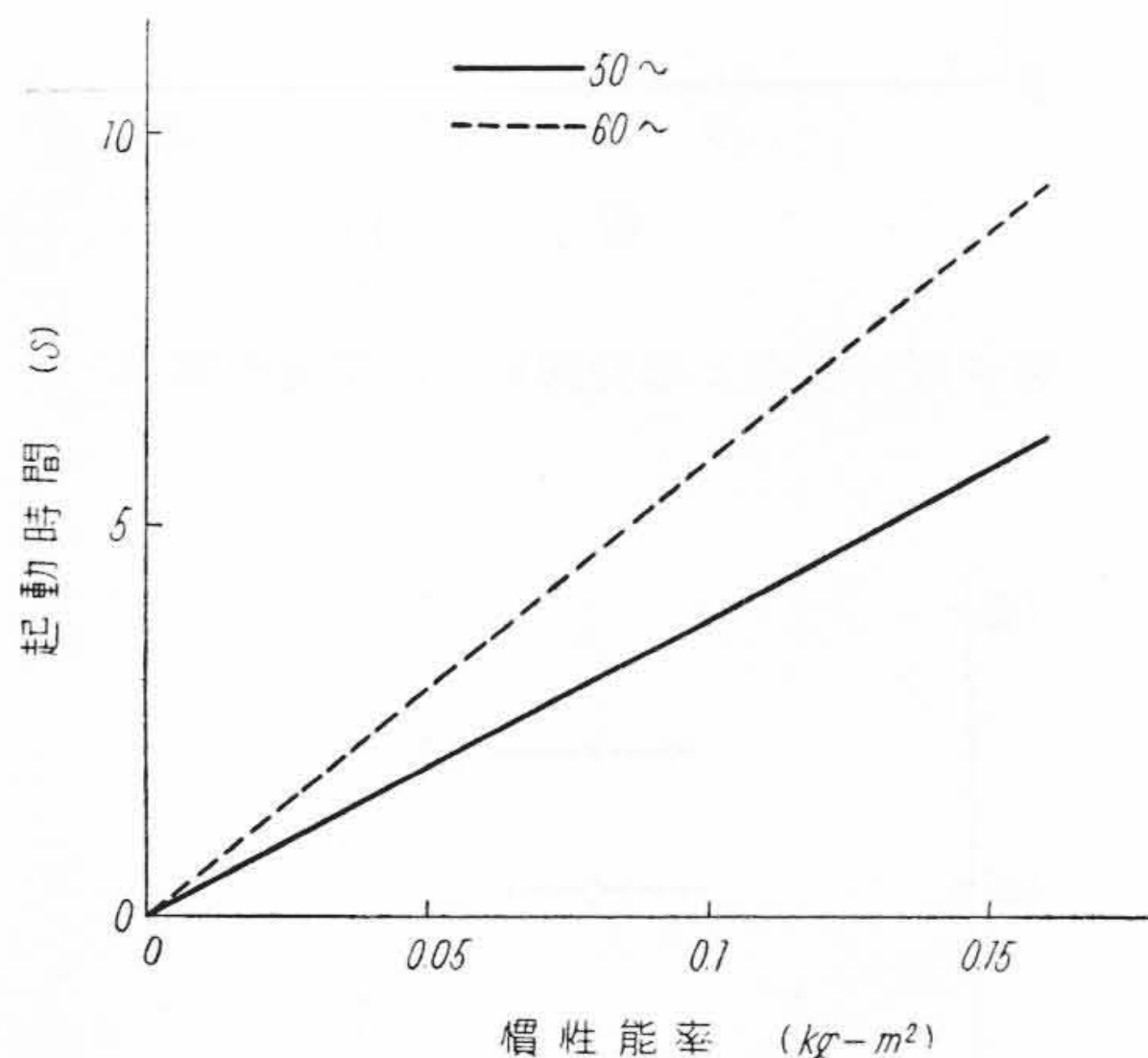
第4図 電圧と起動回転力、電流の関係



第5図 電圧と最大回転力の関係



第 6 図 起動時間と巻線温度上昇の関係



第 7 図 慣性能率と起動時間の関係

すが、実際には電圧降下により実線のように低下する。このときの電圧降下は起動の初期において約 18V もあるに反し、全負荷回転数に達したときには 2.5V である。このように配線電圧降下が大きいときは負荷の性質によつては、起動が困難になることがあるばかりでなく、電灯が暗くなつたり、蛍光灯が消えたりすることがあるから、この場合は分相モートルより起動電流の少ないコンデンサモートルあるいは反撓モートルを使用すべきである。第 4, 5 図は電圧変化に対する起動回転力と最大回転力の変化を 100V 50 $\sim$ を 100% として示すもので、これによれば両者ともおおむね電圧の二乗に比例して変化するとみてよい。

3.3 慣性負荷と起動時の温度上昇

分相モートルの起動巻線は一般に電流密度が非常に高

いため、ごく短時間しか通電できない。したがって慣性能率の大きい負荷を起動する場合は巻線の温度上昇が問題である。第 6 図はモートル起動後遠心力開閉器が動作するまでの時間と、起動巻線の温度上昇の関係を短時間であるため外部に熱の逸散なしと仮定して⁽¹⁾ 計算した結果を示したものである。A 種絶縁の場合の瞬間温度上昇は大体 125°C が限度とされているから⁽¹⁾、50, 60 $\sim$ を通じて起動時間は 4~5 秒が限界ということになる。さらに第 7 図に慣性能率に対する起動時間を計算し、その関係をのせた。一例をあげれば直径 15 cm, 厚み 2 cm の鉄製円板をプーリ掛けで、モートルの 3 倍の速度に増速する場合は、 $I \div 0.07 \text{ kg-m}^2$ であるから 60 $\sim$ の場合は 4 秒かかる計算である。このようなことから遠心分離機のように慣性能率の大きいものを高速回転させるものでは、分相モートルは焼損しやすいことから、その使用はなるべく避けてほかの適当なモートルを選ぶべきである。以上は 200W モートルを対象にした一例であつて、一般に分相モートルの起動時間の安全限界は容量、電圧、周波数によつて異なり、大体 4~8 秒以内である。また起動時間がそれほど長くなくても、起動停止をひんぱんに行う場合は同様起動巻線の過熱を生じ、あるいは遠心力開閉器の損焼を起しやすいから、三相モートルあるいはコンデンサモートルを使用した方がよい。

4. モートルの運転特性

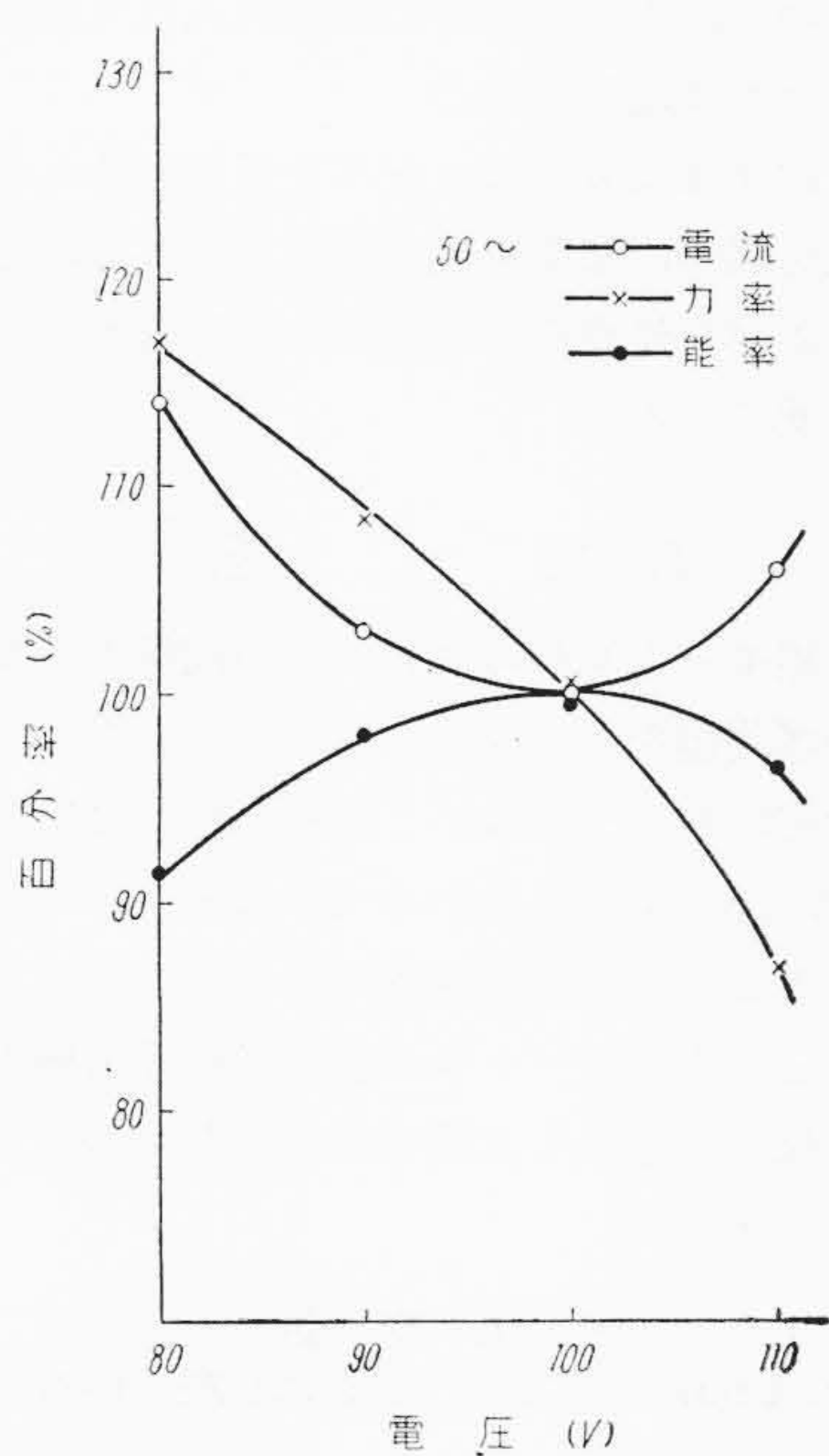
モートルの運転特性は需要者側からみれば、能率よく使用するためや、寿命の点からみて重要なことである。またモートルを多く扱う機器メーカーにとつては、モートルを基準として負荷の調整を行う場合があるので、電圧や周波数の変化に対する特性を知ることが必要となってくる。分相モートルはコンデンサ起動モートルや反撓モートルに比べて運転特性はほとんど異なるところがない。したがって次に記述する特性は分相モートルのみならず、各機種共通の問題と考えてよい。

4.1 電圧とモートルの特性の関係

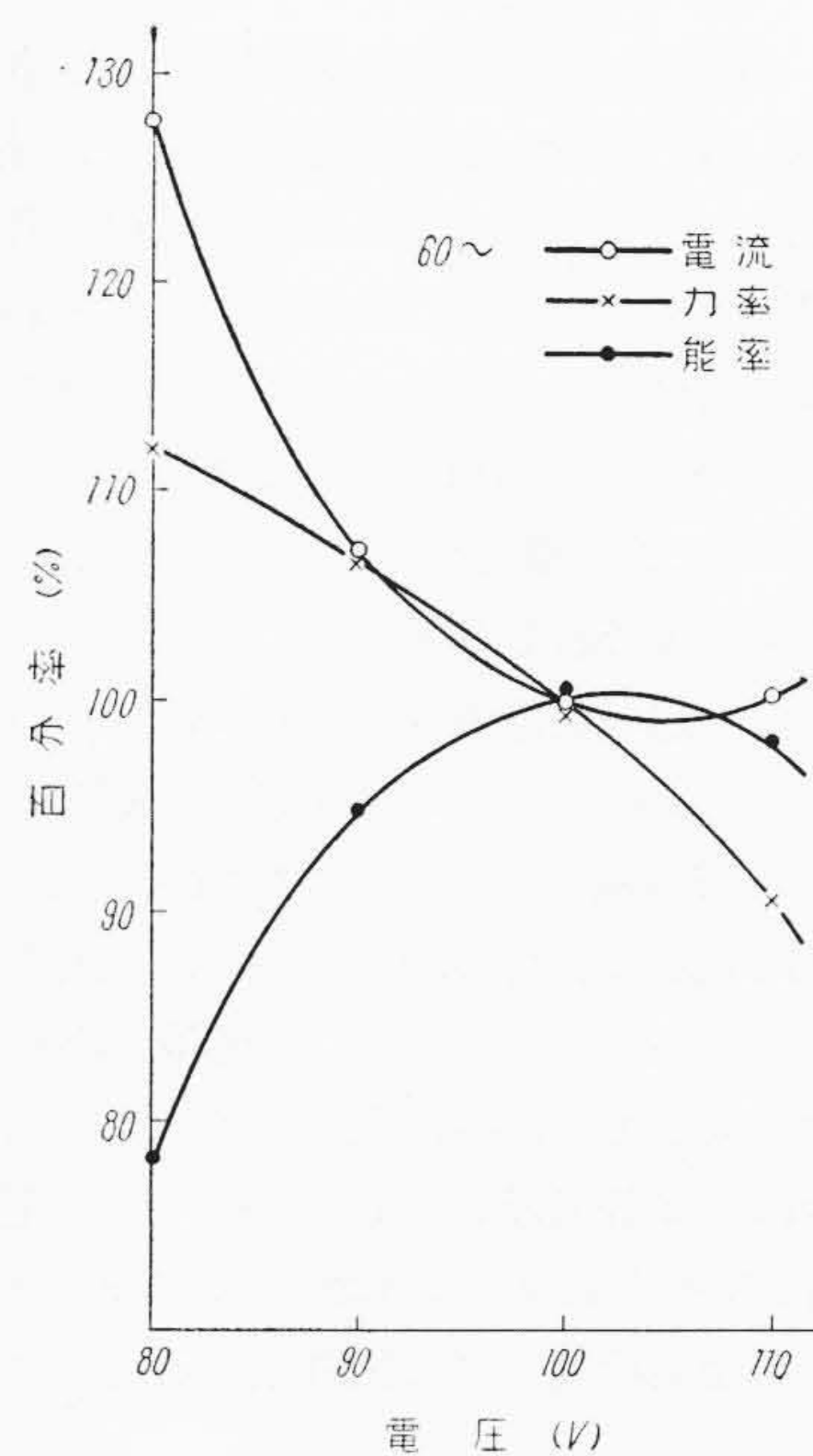
電圧変化に対するモートルの特性は、50 $\sim$ と 60 $\sim$ の場合傾向が多少異なるので、第 8 図と第 9 図にこれらを分けてのせた。いずれも電圧に対する負荷電流、能率、力率の関係で、電圧 100V を基準にしたパーセントで示してある。負荷電流についてみれば、いずれも 100V において最小を示しており、また能率も 100V において最大になるように設計されてある。力率は電圧降下とともに高くなる傾向を有する。ゆえに分相モートルは定格電圧、定格出力付近で使用するのが効率が最もよい。

4.2 周波数とモートルの特性の関係

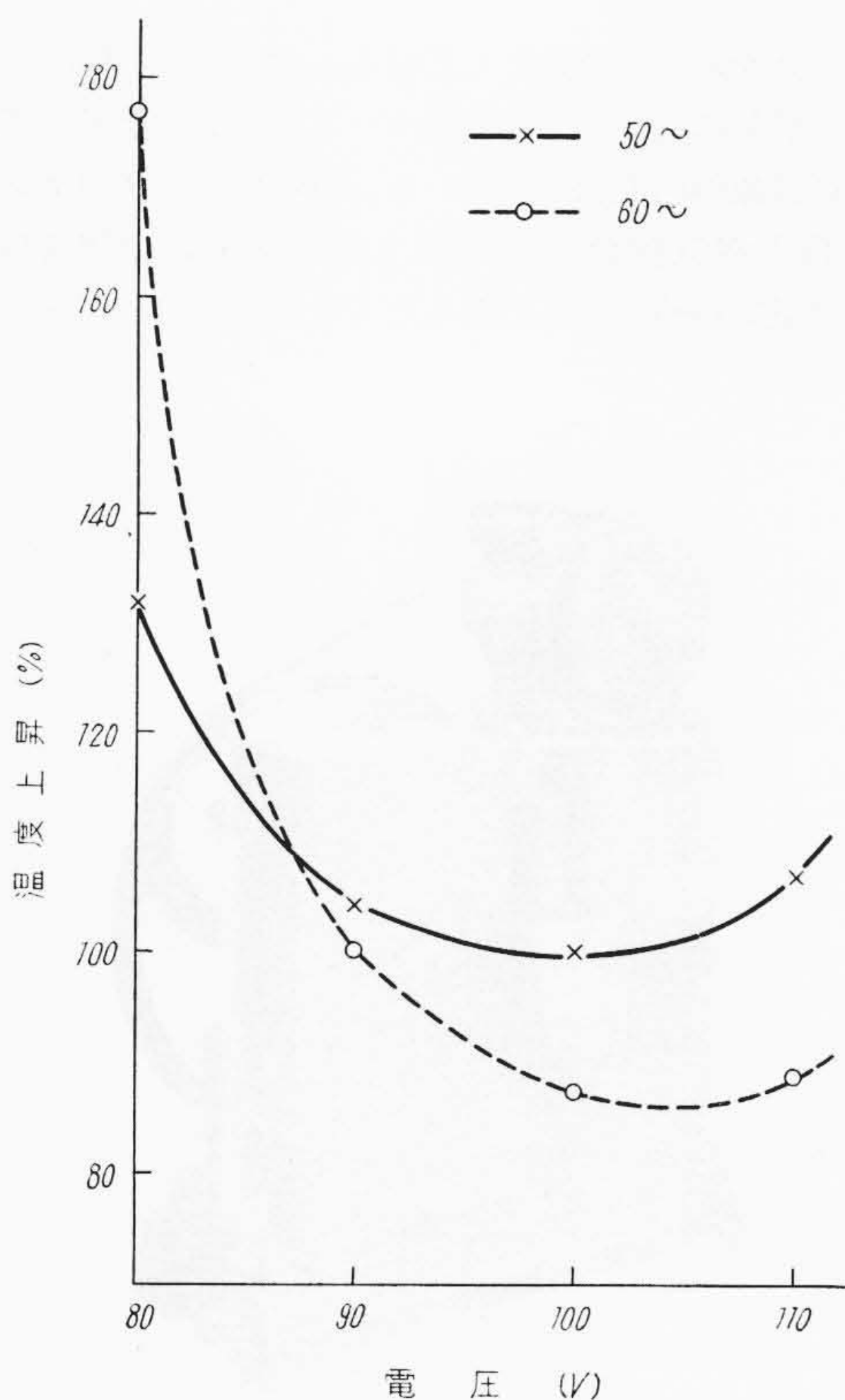
一般に電源電圧の変化に比較すれば、電源周波数の変化（主として降下）は顕著でないが、冬期には周波数の



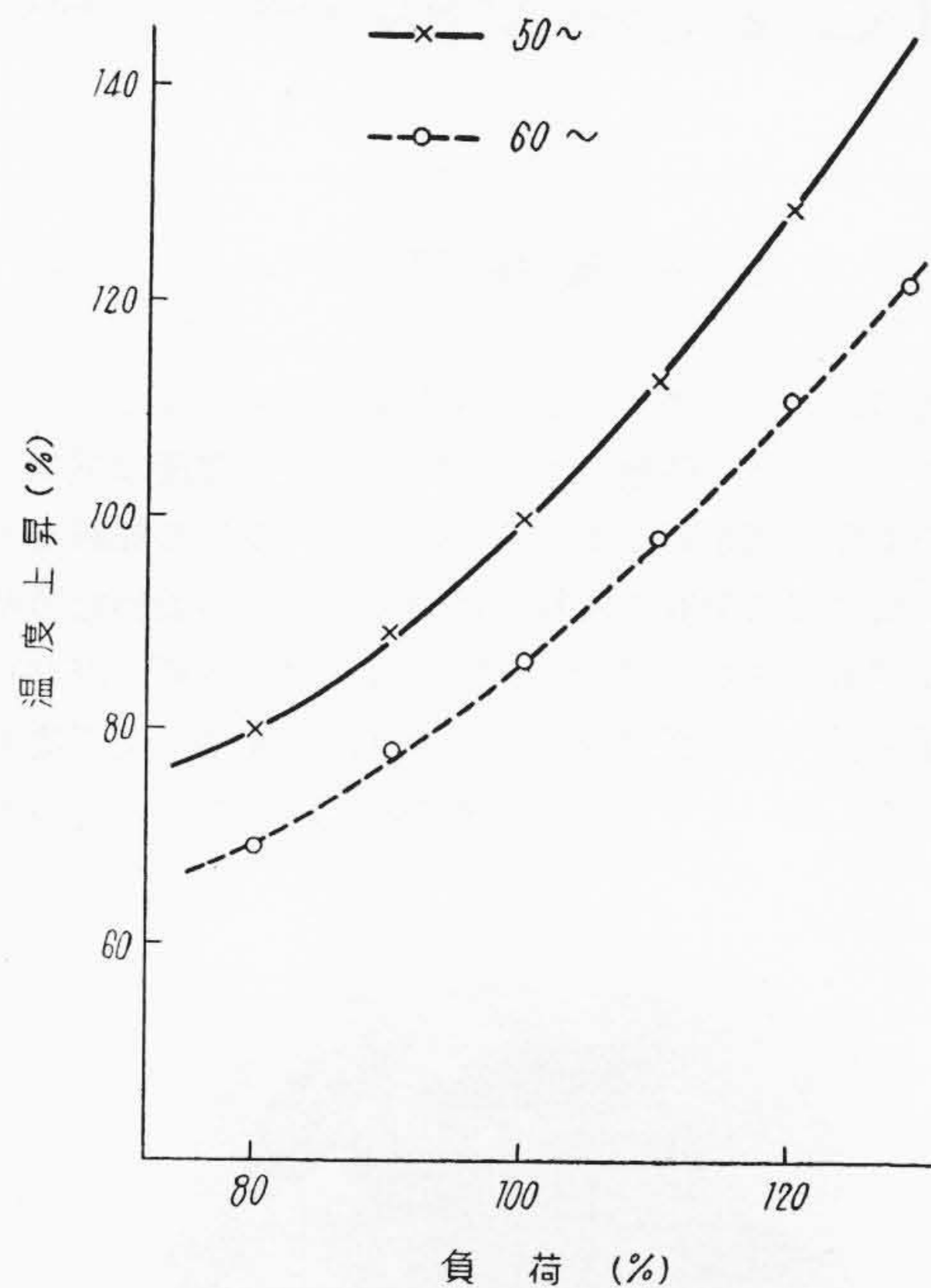
第8図 定格負荷における電圧と特性の関係(50~)



第9図 定格負荷における電圧と特性の関係(60~)



第10図 定格負荷における電圧と温度上昇の関係



第11図 定格電圧における負荷と温度上昇の関係

降下は現在の電力事情では免れない。実測の結果より定格負荷および電圧の付近では、能率、力率、および滑りは周波数に比例して変化し、起動回転力、起動電流、全負荷電流、最大回転力、および温度上昇値は周波数に逆比例して変化するものと考えてさしつかえない。

4.3 モータルの温度上昇

モータルの温度上昇は負荷の大きさおよび電源電圧により異なり、特に電圧の影響は顕著である。第10図は定格負荷において電圧を変えた場合の温度上昇を示すもので、100V 50 $\sim$ の温度を100%として表わした。これによれば電圧が降下しても上昇しても温度上昇は高くなるが、電圧降下の場合は急速に温度上昇が増加し、60 $\sim$ においてはこの傾向が著しい。ゆえに一般に電圧降下は何ボルトまで許しうるかという問題に対しては、起動は別にして運転状態のみ考えれば、定格負荷で50 $\sim$ において80V、60 $\sim$ において85Vが限度とみるべきで、これより軽負荷のときは多少低電圧まで使用できる。また第11図は負荷の増大とともに温度上昇がいかに変化するかを示したもので、負荷75 $\sim$ 125%の間では、負荷の増大とともに温度上昇値は増大するが、電圧降下の場合ほど顕著でない。したがって定格電圧において使用される場合に限り、125%以内ならば大体問題ない。実際の使用状態では電圧降下と負荷の増大とがあ

わせられるので、両者を同時に考慮に入れて温度上昇の程度を判断せねばならない。

以上を要約すれば分相モートルを使用するときは、よく電源状態を調べ、相手機械の性質を調べて、起動と運転の両特性に対し無理のない種類、容量のものを選定することが重要である。

5. 結 言

本稿は分相モートルの特性と負荷の関係を説明し、負荷選定上の諸問題をこの面から明らかにした。しかし実際の負荷選定にあたっては、これら原理的なもののほかに使用目的、使用条件にあわせて、モートルの適切な構造を考慮することも重要な要素であることはいうまでもない。これとともにモートルの据付、相手機械との連結法、および保守の方法も本稿では触れなかつたが、また重要な事項である。

参 考 文 献

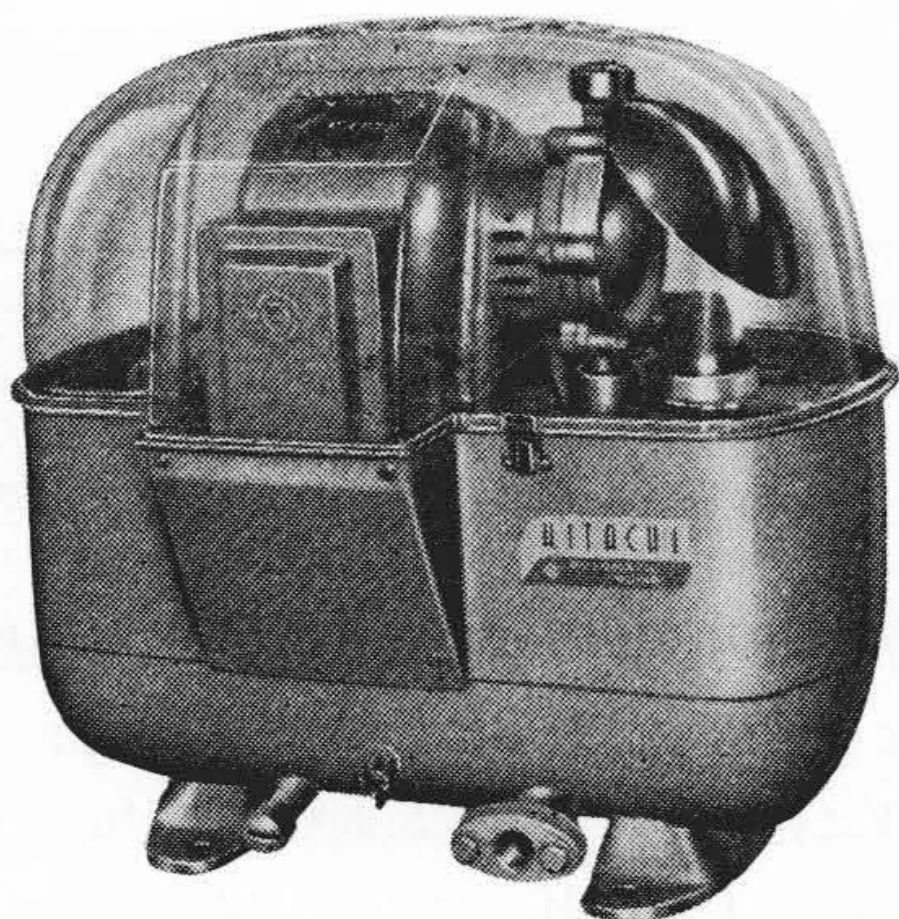
- (1) J. W. Cook: Elect. Manuf.; 72 (Feb. 1956)

製 品 紹 介

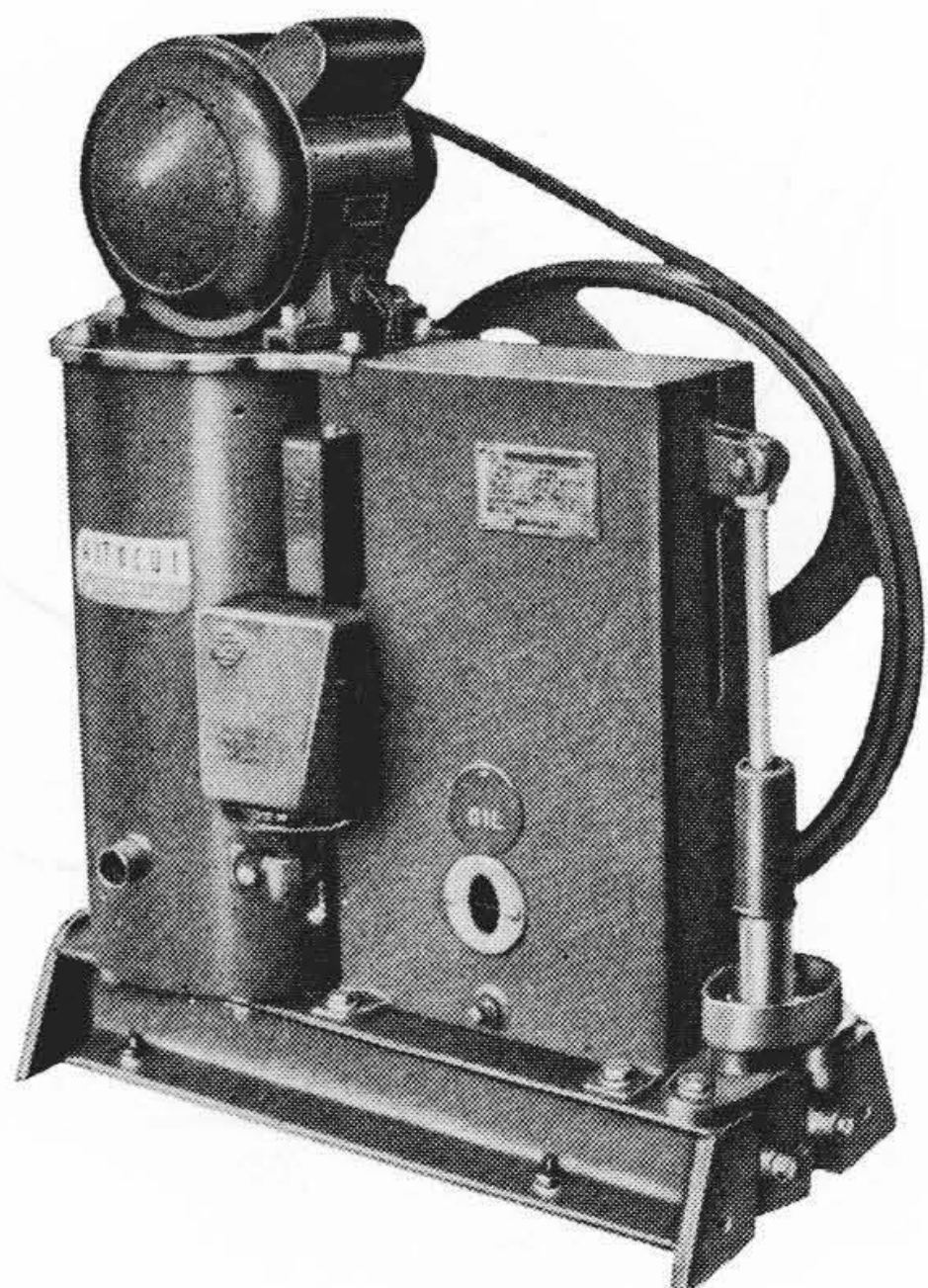
日立電気井戸ポンプ

家庭用電気ポンプの普及は数年来特にめざましく、都会に農村に需要は急激に増大した。日立製作所は電気ポンプの製作を開始してよりすでに40年、多年の経験を生かし最新の技術を取り入れ、透明カバー付の独特な防寒型浅井戸ポンプをはじめとして浅井戸用5種、深井戸用3種を製作して好評を博しており、生産量も業界第1位にある。使いやすく、高効率で、故障少なく、寿命の

長いことを最大の特長としている。大部分の機種は、ポンプの性能に適応させた専用モートルを製作使用して、さらに性能の向上を図っている。最新型の浅井戸ポンプには自動空気補給装置が取り付けられ、使用者が毎月1回空気補給をする必要もなくなり、非常に好評である。



第1図 1号D型浅井戸ポンプ



第2図 5号C型深井戸ポンプ