

冶金电力拖动文集

矿井提升电力拖动
及自动化专号



1

冶金工业出版社

冶金电力拖动文集

第 1 輯

矿井提升电力拖动及自动化专号

冶金工业出版社

本文集第一輯選譯自蘇聯某些雜誌及文集中有關礦山電力拖动及自動化方面的文章。書中以異步拖动提升設備的電力拖动及自動控制問題為主，同時也選譯了幾篇發電機-電動機系統拖动的文章。書中包括對於自動化方案的分析探討，對於某些環節的研究，以及對於某些參數的計算。

本書可作為礦山機電方面的工程技術人員的參考資料，也可供作礦山機電專業的教師及學生參考。

本書由東北工學院王懋信、區國雄、劉拓、修純厚、鄭克庚等同志翻譯。

冶金電力拖动文集 第1輯

礦井提升電力拖动及自動化專號

冶金工業出版社出版（北京市燈市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

冶金工業出版社印刷廠印 新華書店發行

— * —

1959年12月第一版

1959年12月北京第一次印刷

印數 2,012 冊

開本 850×1163·1/32·250,000字·印張 9 $\frac{28}{32}$ ·插頁 16

— * —

統一書號 15062·1937 定價 1.40元

目 录

1. 異步拖动的矿井提升机的自动化A. A. 依万諾夫... 1
2. 異步电动机提升设备的自动化A. A. 依万諾夫... 7
3. 異步拖动的提升自动化問題M. H. 華西列夫斯基... 16
4. 关于異步拖动的矿井貨載提升
 自动化問題A. E. 馬克西莫夫... 24
5. 关于底卸式箕斗矿井提升異步拖动
 的自动化問題Ф. H. 什克雅尔斯基... 30
6. 異步拖动的矿井貨載提升自动化
 (供大家討論)A. E. 馬克西莫夫... 34
7. 关于“異步拖动的矿井貨載提升自动化”
 問題討論的总结A. E. 馬克西莫夫... 47
8. 箕斗提升設備自动控制綫路基本环
 节的选择A. A. 依万諾夫... 51
9. 罐籠提升机自动化的展望E. C. 費里得曼... 61
10. 異步电动机連續調速綫路及其机械
 特性的計算方法M. H. 古巴諾夫... 74
11. 运行在有反饋的动力制动状态下的
 異步提升电动机的机械特性A. A. 依万諾夫... 87
12. 異步拖动提升机的动力制动系統反
 饋的应用B. K. 米頓諾夫... 97
13. 異步电动机动力制动的最大轉矩和
 临界滑差的計算B. H. 斯图利尼柯夫... 111
14. 異步电动机拖动的斜井提升用的动力制
 动发电机的計算和选择方法M. IO. 軒哈多維奇... 120
15. 根据厂家数据計算異步电动机动力
 制动时的主要参数B. K. 馬都諾夫... 133

16. 应用在轉子回路与电阻并联的电抗器起动的異步提升电动机……………В.Н. 耶夫多金 莫夫 Н.Г. 别列斯列京…146
17. 轉子迴路带电抗器的異步提升电动机的工作……………М.В. 馬尔迪諾夫…158
18. 带电抗器的交流自动化电力拖动的矿井提升设备在斜巷道上的应用……………В.П. 謝尔格耶夫…167
19. 矿井提升机的減速調节器……………Л.Г. 日沃夫…190
20. 小型提升机的速度检视及自动超速保护 Г.М. 杨邱克…207
21. 矿井提升所消耗的电能与效率的决定…А.Е. 特洛普…223
22. 斜巷鋼繩运输絞車的远距离自动控制……………И.С. 格尔夫科夫…228
23. 无极繩运输絞車的远距离控制…Б.У. 鲍哥波利斯基…241
24. 瓦斯矿有极繩运输絞車的两个远距离离控制綫路……………Б.У. 鲍哥波利斯基…265
25. 应用发电机-电动机組拖动装置的自动化提升设备及其在克里夫巴斯矿井中的运用經驗……………Л.И. 波尔塔瓦…280
26. 拖动矿井提升机的发电机-电动机系統調节电阻的計算……………Л.Г. 日沃夫…293

異步拖動的礦井提升機的自動化

技術科學副博士 A.A. 依萬諾夫

(頓涅茨煤炭科學研究院)

礦井提升自動化能否獲致實際的經濟效果和生產技術的效果，決定於整個提升過程的綜合自動化程度，而不是只決定於個別環節的自動化程度，綜合自動化包括提升容器的裝載和卸載自動化和自動控制提升機。

國立煤礦機械設計院的頓涅茨分院曾研究過箕斗裝卸載的自動化問題，然而到現在還沒有獲得圓滿的解決。在這方面還得繼續研究，而且主要地是作設計結構的工作。

在罐籠提升方面，進出礦車的自動化的研究工作由頓涅茨煤炭科學研究院和全蘇煤炭科學研究院進行。已經獲得了很好的結果，不過在實際的生產上還沒有被廣泛採用。

自動控制異步拖動的提升機的問題則已經解決了。

這方面的研究工作在蘇聯的好幾個機構和在国外都進行過，現在還繼續在研究，目前有幾個自動控制的方法在工業條件下試驗着。

現在有必要來對各種解決辦法加以批判性的審查，以便選出最合理的方法來。

用接觸器控制的自動起動，在哈爾科夫電機製造工廠的標準線路中是按電流控制並加以時間校正的。這系統在提升額定載重和比額定值小30%的載重時工作得很好。

對於載重更輕的情況，尤其是對於下放重物的情況，這種系統是不能用的。

按時間控制起動的系統在提升額定載重和提升空容器的情況下很好用。不過它也不能保證在下放重物時的起動。我們建議對

箕斗提升設備采用这系統。

罐籠提升設備是又要提升重物也要下放重物的，它的自动起動可以用頓聶茨煤炭科学研究院提出的按時間控制并加以电流和速度校正的系統。

外国公司生产的設備，起動的自动化有采用繼电器——接触器系統的，也有控制轉子回路中的液体电阻器的。

所有的在实际生产中被采用的自动控制系統都把停車的过程分成三个阶段：1) 主要減速阶段；2) 等低速运动；3) 到提升終点停車。对于每个阶段都有不同的控制方法。可以把这些控制方法組成各种不同的控制系統。

主要減速阶段。按照斯大林矿山設計院和頓聶茨煤炭科学研究院，电力拖动公司和国立煤矿机械設計院的系統，主要減速阶段采用自动調节的动力制动来完成。在这里还可以分成几个各有不同的系統，然而它們在原理上都一样，只是結構上有些区别。斯大林矿山設計院和頓聶茨煤炭科学研究院提出一种完成主要減速的行程調节器，是由普通的直流电机組成的。在这里作为測量机构的是一个測速发电机和一个規定速度发电机，它們的电压方向相反地接在一起。

这种方案的缺点是，在装配的时候必須把速度比較发电机的激磁繞組取下来另行繞制。在某些情况下这样作有一定的困难。此外，采用普通的发电机无法使用稳定变压器，因为接稳定变压器需要有附加的激磁繞組。而在放大系数相当大的条件下，为了緩和电流和減速度的冲击，采用稳定变压器是必要的。

电力拖动公司和国立煤矿机械設計院提出了另一个行程調节器，它的測量机构只有一个測速发电机，而在它的电枢电路中接上按規定变化的行程变阻器。从測量机构获得的比較信号被串联着的磁放大器和放大机放大。这种調节器的缺点是測量机构的电压放大系数很小（由百分之一到十分之几），这就使整个調节器的电压放大系数降低，从而降低了調节的精确度，古比雪夫矿的

十号井裝置着这种系統，精确度很低。

对箕斗提升設備主要減速阶段自动化最完善的行程調节器見图 1，是由斯大林矿山設計院和頓羅茨煤炭科学研究院提出来的。这里，測速发电机的电压正比于提升机的实际运行速度，这电压加在放大机的繞組 $\Theta MV-1$ 上。从規定电位計 3Π 引出来的电压正比于規定速度，加在繞組 $\Theta MV-II$ 上。这两个繞組产生的磁通的方向相反，而且合成磁通正比于实际速度和規定速度的偏差。因而，放大机 ΘMV 的电压，动力制动发电机 ΓDT 的电压以及产生的制动力都正比于这个偏差。稳定变压器的原級繞圈接在 ΘMV 的电枢上，次級繞圈接到控制繞組 $\Theta MV-II$ 上。

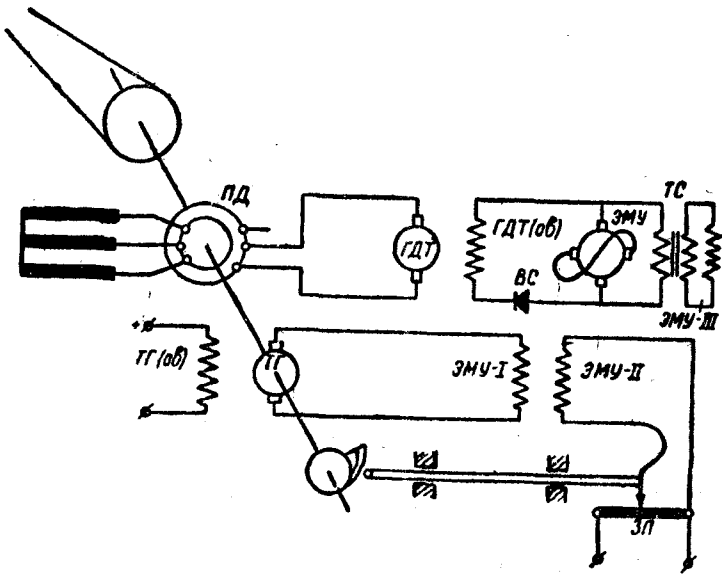


图 1 行程調节器綫路图

这种調节器的电压放大系数約为30—40，这对于箕斗提升来說已經很够了。它的另一个优点是实际速度电路和規定速度电路

是分开的，使得調節器接入总的控制綫路的工作大大简化。

罐籠提升設備的自动控制需要更高的放大系数，可能要用电的速度比較来代替上面的磁的速度比較。

莫斯科矿山設計院在莫斯科煤田的条件下完成了箕斗提升自动化的工作，主要減速阶段作自由惰行。

在沃古达煤管局实现了翻轉罐籠提升的自动化，在主要減速阶段也用自由惰行（只当提升重物时）。

提升机轉换为自由惰行状态的迟早，由載重量来决定。这轉换由一个特殊的感应式瓦特計型繼电器来控制进行（A.M. 基莫菲也夫提出的）。还可能作电动減速的情况，这时在提升电机的轉子回路中串入一定值的不变电阻。

在英达煤管局实现了箕斗提升的自动化。主要減速是自由惰行，而如果在行程的控制点上速度超过最大允許的值，就加上机械制动来使机器減速。

在国外的自动化设备里，主要減速阶段靠可調節的动力制动或可調節的反接制动来完成。

对于大型的提升设备采用可調節的动力制动要合理些，它有可能在載荷量变动很大的情况下自动控制提升机。

在莫斯科煤田的条件下，箕斗提升的最大速度在2.5米/秒左右，箕斗提升設備的主要減速可以利用自由惰行。

关于提升机在主要制动阶段的自动化控制还有一些建議也是大家都知道的，这些建議还没有在工业条件下进行試驗。如用一次脉冲的方法的自动化（A. E. 特罗普），按速度和減速度脉冲的方法（卡拉干达矿山設計院），借助制动发电机的自动化（A. E. 馬克西莫夫）。

其中头两个方法須制造特殊的設備。而使用制动发电机的方法在我們看来是不經濟的。

等低速运动阶段。在按照斯大林矿山設計院和頓聶茨煤炭科学研究院的系統建立起来的第一批自动化設備中，等低速运动的

保持是依靠向提升电动机混合供入交流和直流电流来完成的。以后这种系统被抛弃了，因为在载重量变动很大时，它不能把速度保持在规定的范围之内。

电力拖动公司和国立煤矿机械设计院使提升电动机作脉冲运转状态来保持提升机的低速运动（提升重物时）。这个方法比混合供电的方法要完善些。当负载为负值时，采用动力制动来维持低速。

在捷克斯洛伐克，为了在提升的末尾保持低速运行，另装了一个小的鼠笼电动机，它通过一个辅助的减速器和主减速器联结起来（微速拖动）在西德，为保持低速，向提升电动机供入 2.5 赫兹的交流电。

在沃古达煤管局为保持低速运行，使提升电动机和机械制动作复合工作，制动力随着行程而增加，在某一段内，又随着速度而改变。用专门的速度继电器来使机械制动器动作（A. M. 基莫菲也夫的建議）。

对于底卸箕斗的提升设备采用脉冲运转方式是合适的。对于翻罐容器的提升设备，大约采用机械制动比较好。

在生产新型的提升机时，应该采用微速拖动。

采用低频率的控制方法也应该受到注意。

提升终点的停車。提升终点的停車无论在什么情况下都使用机械闸。在大多数的提升设备里，不管最后的速度是多少，都在行程的同一点上开始抱闸。

有这么一种系统被提出来了，机械制动闸加上的迟早，由提升机的最终运动速度来决定（A. M. 基莫菲也夫提出的）这个方法就更完善了。

結 論

1. 箕斗提升机的自动起动的最好按时间控制。
2. 对于大型提升机，主要减速阶段的自动化最合理的方法

是用可調節的动力制动，对于小型的箕斗提升机用自由惰行。

3. 对現有的提升設備，保持低速运行可以这样作：提升重物时使电动机作脉冲运轉，下放重物时采用动力制动。使用机械制动器能不能获得更稳定的低速，还应该在試驗中加以考察。在制造新型的提升机时，要对用微速拖动来保持低速的方法进行試驗。

4. 提升終点应该用机械閘来停止机器。按照提升容器到达終点的速度来决定停車距离的方法，必須在試驗中加以校驗。

5. 苏联煤炭工业部須注意到这一点：沒有一个机构認真地去研究解决箕斗的裝載和卸載的自动化問題，而已經解決的問題实际上沒有在工业中获得采用。

譯自“Автоматизация в угольной промышленности”

1956年 Углетехиздат版

王懋倫 譯 刘拓 校

异步电动机提升设备的自动化

科学技术副博士 A. A. 依万诺夫

矿井提升设备通常是每班配备 6 ~ 7 人。其主要动作的自动化能提高生产率及提升工作的可靠性，并能缩减工作人数。

首先应该着眼的是箕斗提升的自动化，它的特点是动作单纯和负载恒定。待积累一定经验以后，则可转向于罐笼提升的自动化，它的负载是变化多端的。

在矿井提升综合自动化方面的最大困难是异步电动机的提升设备的操作自动化，它正是矿井提升中应用最广的拖动方式。

异步电动机提升设备的操作自动化提供了许多科学研究工作和设计工作，这些工作解决了提升机自动启动的问题，并暴露了提升容器以必要的精确度自动停车的困难。

解决自动停车的办法是多种多样的。可以研究一下从减速之初开始到停车时为止的一段连续的减速过程。在此情况下必须以非常高的相对准确度进行调节。例如，在采用摇台的情况下，罐笼必须以小于 ± 200 毫米的误差停车。当罐笼运动的最大速度为 8 米/秒并平均减速为 0.75 米/秒² 时，减速行程为 $\frac{8^2}{2 \times 0.75} = 42.5$ 米。

如此则最大相对误差(与减速行程之比)为 $\pm \frac{0.2 \times 100}{42.5} = 0.47\%$ 。

精密的电测仪表才以那样精确度来工作。

苏联学者所进行的研究(参考文献 1, 2, 3)业已指出，欲获得令人满意的结果，在此种情况下行程调节器必须以复杂的方式去建立，用以调节速度、加速度以及行程的偏差，此外，操作机构部件的摩擦及时滞之值必需很小。实际上，按前述原理的停车自动化是办不到的。

苏联的专家们还在十五年前就建议不应不注意于解决停车自动化问题的其他途径(1)。建议按一定规律来减低机械的运动速度，并在提升容器接近于终端位置的一段时间内把它减到不太大的数值(0.5—1米/秒)，以后便保持此一不大的速度，而当提升容器走到终端位置时则以机械闸停住。

停车阶段速度的示例图示于图 I 的实线。

十分令人满意的停车自动化，在相对准确度较小的情况下是可以作到的，因而在实际应用上也比较简便。提升容器达到爬行速度而对提升工作无明显不利的，在行程中的绝对误差可为±1公尺或者大些。在前例中所引用的条件下速度减到1米/秒时的行程为 $\frac{8^2 - 1^2}{2 \times 0.75} = 42$ 米，而相对误差为 $\pm \frac{1 \times 200}{42} = \pm 2.4\%$ 。

当提升容器接近端部位置时终端开关就接通机械制动并把电动机自网路中切除。为了在停车时保证所需的准确度，则需要充

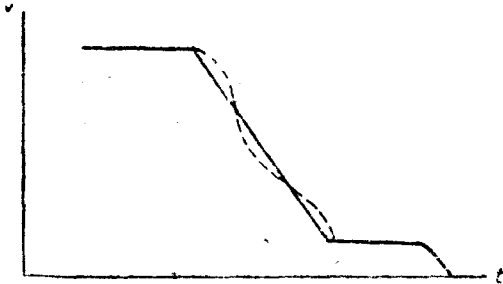


图 1 减速阶段提升机的示例速度图

分应用动力制动以尽可能的减低接近终端时提升容器的速度。当规定的提升容器的接近速度为0.7米/秒并平均的制动减速度为1米/秒²时，制动行程则为0.25米，而设备的最大绝对误差为±0.2米时的容许相对误差为 $\pm \frac{0.2 \times 100}{0.25} = \pm 80\%$ 。当绝对准确度不变时保证相对准确度为80%，在技术上则比达到0.4—0.5%的

准确度要简单得多。

这样一来，在速度图中于提升末了給以低的恒速段分就可消除提升自动化的基本困难——高的设备相对准确度及具体执行上的技术困难问题。

保持恒定爬行速度所需的段分的大小，可等于提升容器在卸载曲軌上所走的路程再加上行程中的最大误差，經此最大误差提升容器即可达到爬行速度。在用普通罐籠提升时，此段分的长度等于接近終端开关后制动的总行程再加上提升容器可以达到爬行速度所需的行程中的最大误差。实际上此值是 3 ~ 4 米。

由于在減速阶段应用前述的两段速度图，在現代实现了双罐籠提升设备的自动控制（謝格洛夫 1 号矿井及紅色近卫軍格利高列夫托拉斯的 12—13 号矿井、斯大林煤联）^①。

哈尔科夫电机厂的标准磁力站不能保証提升机启动的完全自动化——此一缺点是由于第一启动段的延时所引起的（通常是第 3 段及第 4 段接触器）当手动操作时，司机在該段上延緩手柄并仅当机械达到若干速度之后才把它推到端部。

为了能够做到完全自动化的启动，則需对第三段及第四段以 PЭ—180 型时间繼电器代替 PЭ—100 型时间繼电器，PЭ—180 型繼电器可保証更长的延时并使在該段不必延緩控制手柄。

在等速运行阶段，当短接提升电动机的轉子时則以最高速度轉动，这是不需特殊的自动裝置的。

为了在停車阶段建立必需的減速，則需对提升机給以制动。制动距的大小必需在保証速度降下按一定規則的条件下自动的进行調节。

在絕大多数以前所提出的行程調节器中，減速时期中的制动都是用机械制动进行的。但是提升机的机械制动，不管它是压气传动的也好液压传动的也好，在过去制造时它仅是手控的，因

① M.H. 华西列夫塔基（斯大林煤联設計院）、K.D. 保察洛夫及 A.A. 依万诺夫（頓尼茨煤联研究院）所研究出的自动控制电路。

此就自然地沒有考慮過自動控制所提出的要求。此種制動的時滯和摩擦的大小對手動控制而言是完全容許的，但對自動控制而言則成為不能應用的數值。曾經有人企圖創制一種時滯和摩擦很小的機構（參考文獻 1,4），但是，那樣的制動裝置至今在工業上還未能製出。

在前面提到的自動裝置中應用動力制動，它是近年在頓巴斯礦井的提升設備中應用最廣的（參考文獻 5—8）。在減速時期提升電動機 $\Pi\Delta$ 被自動從網路上切斷，並在其定子的兩相中以專用發電機 $\Gamma\Delta T$ 向它供給直流電，直流電可在定子中建立固定的磁場。在此磁場的作用下，轉動着的連有起動電阻的轉子繞組中便發生交變電流。在轉子電流和定子的固定磁場的相互作用下便發生制動轉距，定子中電流越大則轉距亦越大。電氣制動易于接在能在減速時期控制機械的調節電路中。

被提升機軸所帶動的測速發電機 $T\Gamma$ （圖 2）的電壓決定於提升機運動的實際速度。測速發電機 $T\Gamma$ 的激磁繞組由一不隨電壓值而變動的恒定電源供電。機械的給定速度決定於發電機 $\Gamma 3C$ 的電壓，此發電機是由恒速的異步電動機所帶動。發電機 $\Gamma 3C$ 的激磁繞組 $OB\Gamma 3C$ 的電壓，以及因而建立的發電機電樞的電壓，是受電位計 $3C$ 所調節的，而此測位計又是被裝設在深度指示器 $V\Gamma$ 的凸輪盤上的扇形凸輪所控制。

測速發電機 $T\Gamma$ 與給定速度發電機 $\Gamma 3C$ 相互對接；其電動勢之差值及由此差值而產生的電流之值，是與實際速度較給定速度之差成正比。在此二發電機的電樞電路中接入測差發電機 ΓCO 的激磁繞組 $OB\Gamma CO$ ，而測差發電機 ΓCO 則向動力制動發電機 $\Gamma\Delta T$ 的激磁繞組 $OB\Gamma\Delta T$ 供電。最後，向提升電動機 $\Pi\Delta$ 的定子繞組送出的電流是正比於實際速度較給定速度之差值。在制動作用之下縮減了機械的速度，並因而減少了速度之偏差。如若實際速度超出給定速度時，則前述的調節過程就可發生。

當實際速度低於給定值時，激磁繞組 $OB\Gamma CO$ 中的電流方向

改变，因而发电机ГСО也改变了它的极性。随着发电机ГДТ的极性改变，所引起的提升电动机定子的电流是正比于速度的偏差，但方向相反。可是，如所周知，异步电动机的动力制动对任何方向的直流而言都产生制动效果，因此，此时实际速度和给定速度的差值非但不减少，反而随着增长的强度而增加，因而实际速度就不能恢复到给定值。为了去掉在实际速度低于给定值时产生制动的可能，在ГСО的电枢中串接以整流器BC，它仅能使电流向提高实际速度的方向流通。

当提升正常负载时，减速过程中的调节则如图1中的虚线所示。开始，实际速度超出给定值，在增长的制动力作用之下速度就减少到给定值，或变成小于给定值。制动力减少到零，电机速度是以自由惰行减速，当其速度小于给定值或超过它时，则重新发生制动力。

异步电动机的机械特性如不用特种设备则不能保持较同步速度相差很大的稳定速度。当手动控制时，在必要的情况下司机可既把电动机接于网路同时又以机械闸进行制动，以得到近于恒定的低速。当在大型提升机中采用机械制动的自动控制时欲保持恒定速度，还不能消除机械制动的不良因素。在前面所研究的方案中，也就是为这一目的才在减速阶段应用动力制动。

提升电动机被接在交流的高压电网络上。同时以发电机ГДТ向定子的两相供给直流电，电流的大小按前述的调节电路自动调节。当转子电路中电阻不变并同时供给交流及直流时，提升电动机的示例机械特性如图3（曲线a、б、в、г）。该图表示电动机轴上的转矩与其转速之间的关系。特性上的每一点可由下述几项转矩之和求得之，即电动机运转状态下特性所决定的电动机转矩、轴上的阻力矩、以及由 oi_1 、 oi_2 、 oi_3 等部分中之任一特性所决定的动力制动转矩。特性бB部分的斜率决定于调节系统的放大系数。特性的BГ段与电动机特性相重合。转子电路中的电阻可以这样的选择，当电动机轴上的转矩变化于正常范围的情况

下，调节系统工作于特性的直线部分（БВ）。

在向提升电动机联合供电时，就发生把同时向提升电动机定子供电的高压交流与低压直流彼此分开的要求。欲使动力制动发电机ГДТ不受高压的作用是不可能的，但是可以限制流入发电机电枢的交变电流的大小。为此，在发电机ГДТ及高压电机之間接入分离电抗器 ДО（参照图 2）。电抗器具有一电力变压器的铁芯，在其芯柱两边或仅在其中部纏有绕组。电抗器是这样计算的，即当在最大的直流电流的磁化作用下其感抗是够大的；因

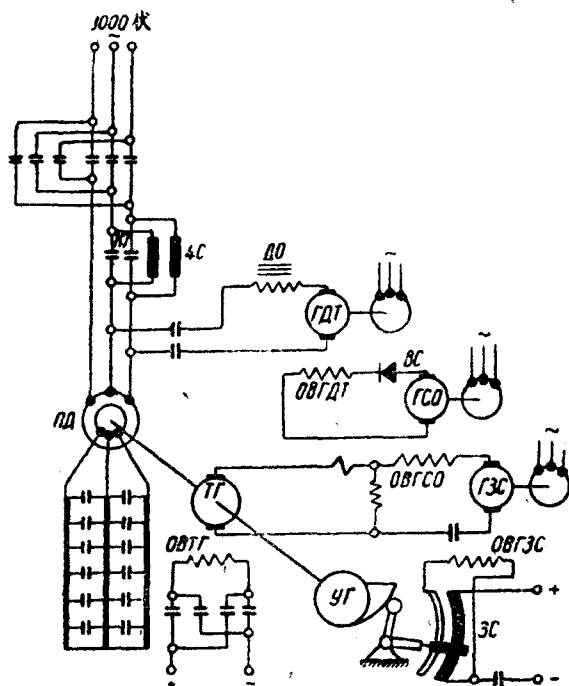


图 2 异步电动机拖动的自动化提升设备的原理图

此由交流所形成的动力制动发电机电枢上的电压降是处在不能损坏电枢线圈绝缘的范围之内。