



T33

内燃机车

下 册

人 民 铁 道 出 版 社

目 录

第三篇 TЭ3內燃機車电气設備

第七章 电路图	1
电力传动原理图.....	1
內燃機車的实用电路图.....	13
第八章 电机	28
主发电机.....	28
牵引电动机.....	41
双机组.....	54
转速发电机.....	60
第九章 电器	64
概论.....	64
司机控制器.....	64
接触器.....	66
换向器.....	71
电压调整器.....	73
继电器.....	78
电阻.....	85
硒整流器.....	87
TЭ3內燃機車电器的主要技术数据.....	88
第十章 蓄电池組	89
32TH-450 型 酸性蓄电池組.....	90
46ТПЖН-450型硷性蓄电池組.....	94
第十一章 TЭ3內燃機車电气设备的运用	95
电气设备运用前的整備.....	95
內燃機車的水电阻试验.....	95
电路图中可能发生的故障及其原因.....	102
电机的保养.....	104
主发电机的分解和組装.....	105
牵引电动机的分解和組装.....	107
双机组的分解和組装.....	108
电器的保养.....	109

第四篇 TЭ3內燃機車的走行部及車體

第十二章 內燃機車的車體和主車架	109
車體.....	109
主車架.....	111
撒砂系統.....	114
第十三章 轉向架和輪對	115
轉向架的總體構造.....	115
旁承和復原裝置.....	121
牽引電動機的吊掛裝置.....	124
輪對和軸箱.....	126
軸箱.....	129
彈簧吊掛裝置.....	132
制動裝置.....	135
第十四章 內燃機車走行部保養的基本規定	139

第三篇 T93內燃機車电气設備

第七章 电 路 图

电力传动原理图

有关电力传动的概念 內燃機車上的电气设备是为下述目的而设：

- 1) 将柴油机功率传递给动轮；
- 2) 驱动辅助装置：风扇、各泵、空气压缩机及其他不由柴油机曲轴直接传动的装置；
- 3) 向內燃機車照明、前照灯、信号灯（缓冲器的）、电炉、预热锅炉等回路供电，并保证柴油机电力起动及停车，以及在工作不正常时向起保护作用的装置（其中包括柴油机）供电等等。

在电力传动的內燃機車上，电气设备用于解决上述任务。在其他传动型式（液力传动的、机械传动的）的內燃機車上，电气设备仅起辅助作用。有时利用它使本身传动的操纵自动化。

用示意的图形来表示电机、电器、仪表以及它们之间的联接，通常称为电路图。“电路图”这一术语往往还与电气装置本身有关（其元件按一定方式联接）。因此经常称“联接线路”或“检查线路”是指电气装置本身的各种联接。

內燃機車的实用电路图包括电气设备的全部元件以及它们之间的电气联接，此外还包括联接导线用的中间接头。实用电路图供內燃機車电气装置组装及機車运行时检查和修理之用。

用原理图来研究电路图的作用原理是较为简便的。原理图上不一定标出所有的元件，而仅标出为理解电气装置的作用原理所必须之元件。为便于理解电路图，在原理图中一些元件及其联接的位置不一定与实际位置相符。例如，电机的激磁绕组或电器的触头可能标于图上的某一部分，而电机的电枢绕组或电器的引入线圈则标于图上的其他部分，或者甚至在电路图上根本没有标出。

与其他电力传动的內燃機車一样，在T93內燃機車上电气设备的主要作用是将柴油机的功率传递给动轮。

众所周知，从特性上讲柴油机与蒸汽机、电动机区别很大。如果蒸汽機車或电力機車牵引列车运行于某一区间，在运行到较困难的线路（如陡坡）时，则列车速度减低，而此时牵引力自动增大，機車继续以原功率工作（或者因为允许超载的缘故功率甚至有某些增长）。若柴油机亦象蒸汽機車上的蒸汽机、电力機車上的电动机一样，直接与动轮固定连接的话，那末內燃機車就不可能如上述那样工作。

当列车运行在较陡的坡道时，运行速度势必减低。于是，柴油机转速亦随之下降。

但牵引力并不增加。不仅如此，甚至需要减小牵引力。因为在现代柴油机中（其中包括2Д100柴油机），曲轴转速降低时，热应力增大。为了降低热应力，就必须减少供油。这样势必引起柴油机转矩和内燃机车牵引力减小。当然可以选择这样的柴油机，即它所发出的转矩足以在最大坡道上牵引列车。但是这样的柴油机将是非常庞大和沉重的，而且仅是在最大坡道上以最大速度运行时，才能发挥其全功率。

在所有其他情况下机车功率将不能充分利用，自然，这样是不合理的。

在电力传动内燃机车上，柴油机带动主发电机回转。主发电机供电给牵引电动机。牵引电动机轴经固定的齿轮传动装置与动轴相连。这样的传动体系能自动适应列车的运行条件。运行阻力增加及速度降低时，由电动机发出之牵引力就增大。相反，当速度增大时，牵引力就减小。电力传动的特点就在于牵引力的大小与柴油机转矩和功率无关，即在电力传动内燃机车上，可在柴油机功率和转矩较小时获得较大的牵引力，并在柴油机功率较大时获得较小的牵引力。牵引力的大小受电动机的发热而限制，但牵引电动机允许有短时间较大的超载，故列车起动及通过不长的陡坡时，常利用这一允许超载。而此时柴油机并不超载。

T33内燃机车电力传动电路图 本章叙述了1959~1960年出厂的T33内燃机车电路图。

简化之电力传动原理图如图181所示。牵引电动机1~6固定并联成三组，每组中的两个电动机串联。电路图中由于采用了牵引电动机激磁绕组的分路，使牵引电动机有两级磁场削弱。第一级磁场削弱系数约为0.53，第二级磁场削弱系数约为0.35。接触器III1~III6的接通与断开，由两个转换继电器自动控制，这两个继电器在图181上没有表示出来。

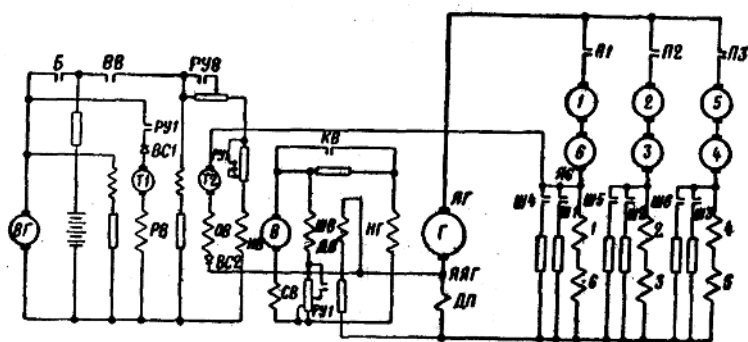


图181. T33内燃机车电力传动原理图。

Г—主发电机；НГ—主发电机他激绕组；1~6—牵引电动机；В、ВВ、КВ、II1~II3、III1~III6—接触器；В—激磁机；ДВ、НВ、ОВ、РВ、III В、СВ—激磁机的激磁绕组；Т1、Т2—辅发电机；PY1、PY2—操纵继电器；BC1、BC2—整流器；BT—辅助发电机。

主发电机Г由激磁机В获得他激磁电流。激磁机具有六个激磁绕组：他激绕组НВ，差激绕组ДВ，串激绕组ОВ，并激绕组III В，调节绕组РВ和限流绕组ОВ。

激磁机的结构及绕组НВ、ДВ、ОВ、III В联接线路是这样的，当负载电流在某些

范围内改变时，使激磁机和主发电机的电压能自动地改变，从而保证柴油-发电机组的功率不变。利用主发电机和激磁机本身的特性（不靠任何外部调节装置）来改变主发电机的电压，我们称之为发电机的自动调节。

绕组 PB 与转速发电机 $T1$ ，是用来更精确地保持柴油机的功率不变，今后我们称此回路为柴油机功率自动调节部分（APM）。

绕组 OB 与转速发电机 $T2$ ，是用于列车起动时保持主发电机的电流值几乎不变，我们称此回路为起动电流自动调节部分（APT）。

这样，内燃机车的自动操纵通过下述四个部分来实现：主发电机与激磁机自动调节，功率自动调节，起动电流自动调节和牵引电动机激磁电流的自动操纵部分。

在内燃机车上，为了根据司机的愿望来改变柴油机所发出的功率值，而设有操纵控制器（司机控制器），其主手柄有十六个挡位。在第十六挡位上，柴油机发出额定功率 2000 马力，此时曲轴转速为 850 转/分。控制器手柄在其余挡位时，柴油机曲轴转速也随之改变。此外，手柄在第二挡位时，激磁机的激磁电流也改变（借助继电器 $PY8$ ）。辅助发电机 $BГ$ 除向激磁机和转速发电机的绕组供电外，还向辅助电路、操纵电路及照明电路供电及蓄电池充电。辅助发电机与激磁机有共用的外壳和轴，从而构成双机组。

主发电机的自动调节 是利用有特殊结构的六极差复激磁机来实现的。其原理见图 182 所示。激磁机有六个磁极。四个具有微弱的磁饱和磁极 HH （非饱和磁极），其上有激磁绕组 HB 、 CB 、 PB 和 OB 。另外两个上部截面较小（磁桥）的磁极 H ，在某些情况下磁性能达到极其饱和程度（饱和磁极）。在这些饱和激磁机上有绕组 $III B$ 和 $IV B$ 。

他激绕组 HB 是激磁机的基本绕组。它与附加电阻串联在一起，接到辅助发电机 $BГ$ 的端电压处。用电压调整器使辅助发电机的电压保持不变。串激绕组 CB 与他激绕组的作用方向相同，用来补偿电枢反应时的去磁作用。

绕组 $III B$ 与附加电阻串联在一起，接到激磁机的端电压处。差激绕组 $IV B$ 与附加电阻串联，再与牵引发电机的附加磁极绕组并联。因此在绕组 $IV B$ 内通过的电流与负载电流成正比。绕组 $IV B$ 与绕组 $III B$ 的电流方向相反。

每个非饱和磁极的磁通取决于绕组 HB 、 CB 、 PB 和 OB 的磁化力的代数和。绕组的磁化力等于绕组的匝数乘以通过的电流。饱和磁极的磁通取决于绕组 $III B$ 和 $IV B$ 的磁化力之差。可以近似地认为，非饱和磁极的磁通与饱和磁极的磁通彼此无关，是两个独立的磁通体系。

激磁机电枢具有波形绕组。这就是说，绕组的每个并联支路依次在各个磁极下通

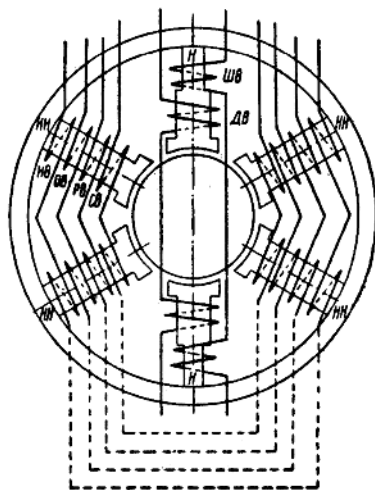


图182. 激磁机原理图。

H ——有磁桥的磁极（饱和磁极）；
 HH ——非饱和磁极； HB 、 CB 、 PB 、 OB 、 $III B$ 、 $IV B$ ——激磁绕组。

过。因而每个并联支路内产生的电动势等于各个磁极的磁通所感应产生的电动势之代数和。

激磁机作成如此的结构，其目的就在于使主发电机电压 U_s 与负载电流 I_s 成反比例地自动变化，即主发电机功率为

$$P_s = U_s I_s,$$

在全部工况下近似地等于常数。这样两个变量的乘积为常数的关系在图上以双曲线表示。因而，为了使主发电机的功率保持不变，它的外特性曲线（电压与电流之间的关系）就必须是双曲线。激磁机的特性也应与此相似，因为主发电机的激磁电流与激磁机的电压成正比，而主发电机的电压（在其磁路尚未饱和前）又与其激磁电流成正比。

我们来看一下电路图的工作情况。假设绕组 PB 的回路没有接通，而且绕组 OB 的回路中也没有电流。当主发电机电流很大时，非饱和磁极上的绕组 HB 与饱和磁极上的绕组 $III B$ 和 $IV B$ 同时作用，赋予激磁机具有近似于双曲线的特性曲线。绕组 $III B$ 的磁化力与激磁机电压成正比。绕组 $III B$ 是这样联接的，在绕组 OB 中没有电流时，使由饱和磁极磁通的感应而在激磁机电枢绕组中产生的电动势与非饱和磁极磁通感应而产生的电动势相加。此时激磁机电压值为最大。若主发电机的电流增大，则差激绕组中的电流也相应增大。由于差激绕组与并激绕组的作用方向相反，故饱和磁极的合成磁化力就减小。当磁极的磁桥饱和的时候，负载电流增大时，磁通变化很小，因而激磁机电压的变化也很小。

激磁机电压与主发电机电流的关系曲线（激磁机工作特性曲线）见图183。根据控制器手柄在第十六挡位时的特性曲线可以看出，当电流由0增大到1200安时，激磁机电压变化得比较缓慢。

当主发电机电流进一步增大时，磁极 H 的磁桥就进一步饱和了。磁极中的磁通值就急遽地下降。控制器手柄在第十六挡位时，当负载电流值约为1650安时，差激绕组（考虑了电枢反应、附加极及其他因素的影响）的作用与并激绕组的作用相抵消，从而使饱和磁极的磁通量等于零。此时，激磁机电压仅取决于非饱和磁极的磁通量。若主发电机电流继续增大，则差激绕组的磁化力增大，而并激绕组的磁化力减小；前者开始大于后者，饱和磁极的磁通值开始转换

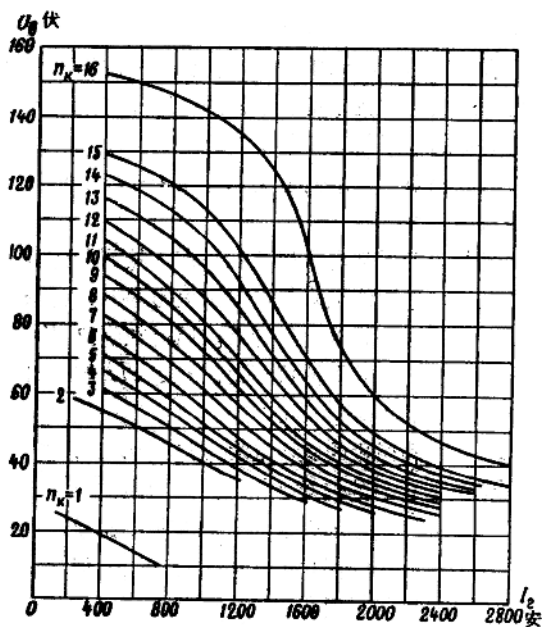


图183. 激磁机特性； $n_k=1\sim 16$ ——控制器手柄位置

方向。由它感应产生的电动势的方向则与非饱和磁极感应产生的电动势方向相反。因此激磁机电压继续下降，起初下降得较快，这是因为磁桥尚未饱和，继后随磁桥饱和程度增长而使电压下降较缓慢。

控制器手柄在其余位置时，由于柴油机曲轴转速降低以及激磁机并激绕组中的电流值减小的原因，激磁机的电压也相应降低。

上述特性曲线是在下述情况下获得的：绕组 HB 回路中继电器 $PY1$ 与 $PY8$ 的触头接通；绕组 PB 与 OB 没有通电；绕组 $III B$ 回路中继电器 $PY1$ 的触头断开。控制器手柄在第一挡位时，继电器 $PY8$ 的触头是断开的，这样就更加降低了激磁机的电压。

图184是 T33 内燃机车主发电机的外特性曲线及转换继电器动作特性曲线。图 183 与图 184 所示的特性曲线是全苏铁道运输科学研究院在试验 T33-154 内燃机车时取得的（该机车的主发电机没有补偿绕组）。

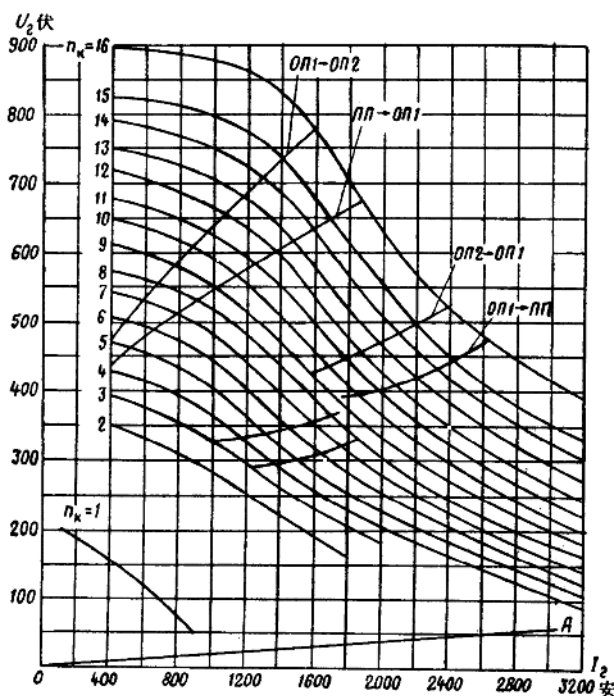


图184. 主发电机外特性曲线及转换继电器接通与断开的特性曲线。

$III \rightarrow 0П1$ ——由全磁场转换至第一级磁场削弱； $0П1 \rightarrow 0П2$ ——由第一级磁场削弱转换至第二级磁场削弱； $0П2 \rightarrow 0П1$ ——由第二级磁场削弱转换至第一级磁场削弱； $0П1 \rightarrow III$ ——由第一级磁场削弱转换至全磁场； $n_k = 1 \sim 16$ ——控制器手柄位置。

图 184 中直线 OA 表示牵引电动机电枢不转动时（即内燃机车停止时）牵引电动机回路中之电压降。

图 185 是主发电机发出之功率与负载电流之间的关系图。这一关系是根据图 184 中的特性曲线计算而得。控制器手柄在第十六挡位时，电流在 1600~3000 安范围内变化时，主发电机功率保持在 1340~1310 千瓦范围内。

当电流增大时，功率有某些下降，这是因为此时主发电机中的功率损失增大了。

电枢转速较低时，主发电机功率随电流改变而变化较大。激磁机与牵引电动机的特性调整将在第十一章中阐述。

柴油机功率自动调节 采用专门的激磁机还不能保证在各种工况下充分利用柴油机的额定功率。由于一系列的原因，柴油机可能超载或欠载。

主发电机激磁绕组温度变化是最主要的原因，其结果使绕组的电阻改变。当激磁机电压不变时，这将引起激磁电流的改变，因而，主发电机电压亦改变。因此，主发电机激磁绕组在不同温度时，虽电流相同，但主发电机的功率将不同。绕组温度发生变化是由于外界气温的改变或激磁电流的改变而引起的。

此外，主发电机电压与功率的变化，也是由于主发电机与激磁机磁路中的磁滞现象而引起的。众所周知，电机的磁化特性曲线（即磁通量、电压与激磁绕组磁化力之间的关系）当磁化力增大时要比磁化力减小时低。电机越小，磁滞影响越严重。因此激磁机中的磁滞影响要比主发电机中的来得大。

图186是 T93-002 内燃机车的主发电机特性曲线。曲线 1 是在激磁绕组温度在 $33 \sim 53^{\circ}\text{C}$ 时，先使负载电流增大到 3200 安，然后使其减小的情况下取得的。因为饱和磁极的磁化力在第一种情况下是减小的，而在第二种情况下是增大的。由于产生磁滞现象，故曲线 1 的第一分支高于第二分支。

当电流增大至 1600~2000 安时，主发电机使柴油机超载，曲轴转速下降；在电流减小的情况下，主发电机使柴油机欠载。类似的曲线关系在主发电机绕组温度为 $100 \sim 122^{\circ}\text{C}$ 时取得。由于磁滞现象，特性曲线的正向分支（负载电流的增大）位于反向分支之上，而主发电机功率因为绕组的电阻较大的缘故反而下降了。

主发电机从柴油机得到的功率还有若干波动，其原因是消耗在辅助装置（空气压缩机、冷却器风扇、辅助发电机）上的功率有变化。此外，柴油机所发出的功率的大小还与外界的气温和压力有关。因此，不管如何调整激磁机，在运行时总会遇到这样的情况：即柴油机发出的功率较主发电机能转换的功率来得大（此时柴油机功率没有充分利用），或者是主发电机使柴油机超载。柴油机调整系统中是用止挡来限止进入气缸的最

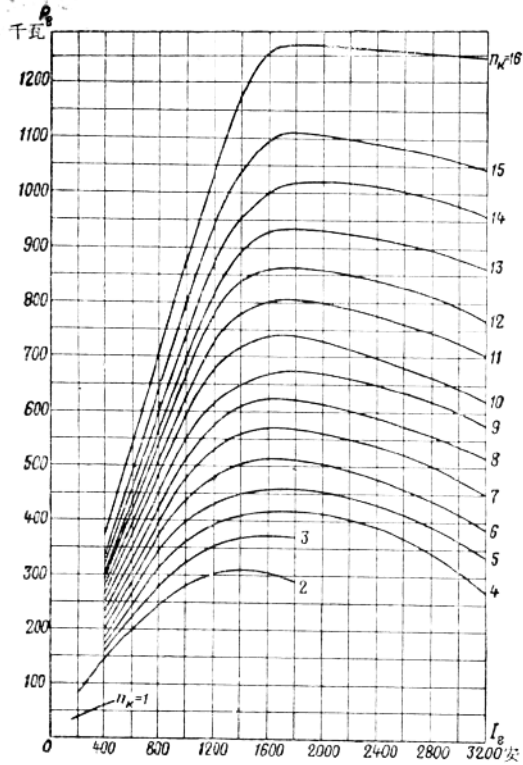


图185. 主发电机功率与负载电流间的关系曲线；
 $n_k = 1 \sim 16$ ——控制器手柄位置。

大供油量，因此柴油机超载将引起曲轴转速下降，也就导致柴油机的功率不能充分利用。除此以外，还会使柴油机气缸中的热力工作过程恶化。

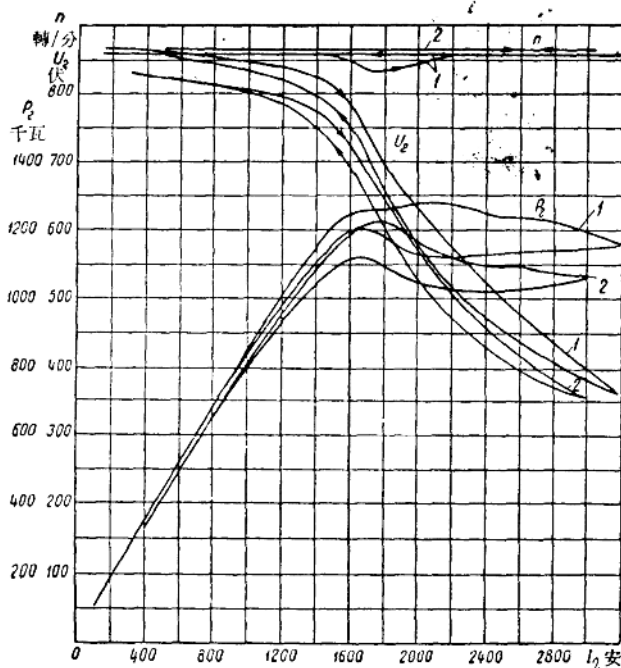


图186. 柴油机功率自动调节部分 (APM) 断开及激磁绕组在不同温度时的主发电机特性曲线。

1——33~53°C; 2——100~122°C; n ——电枢转速; U_2 、 I_2 、 P_2 ——主发电机电压、电流和功率。

为使柴油机不受上述因素的影响，并能充分利用功率，需要有这样一个调节机构来控制动力装置的工作情况。每当柴油机发生欠载或超载时，这一机构即应变更主发电机的激磁电流，从而能保证在该条件下，将柴油机的全部功率传递给主发电机。

在 T33 内燃机车上，这种机构就是柴油机功率自动调节部分 (APM)。它由转速发电机 $T1$ 、激磁机调节绕组 PB 、硒整流器 $BC1$ 组成 (参看图181)。转速发电机由柴油机曲轴驱动，因而转速发电机电压与柴油机曲轴转速成正比。继电器 $PY1$ 触头接通时，绕组 PB 接在转速发电机与辅助发电机的电压差上。用电压调整器来使辅助发电机的电压保持不变。若转速发电机电压低于辅助发电机电压，则硒整流器 $BC1$ 就“切断”回路，并使绕组 PB 不通电流 (硒整流器的反向电流忽略不计)。当转速发电机电压开始高于辅助发电机电压时，绕组 PB 中开始通电，此时，绕组 PB 的磁化力与他激绕组 HB 的磁化力相加。转速发电机的激磁线圈由辅助发电机供电。调整 APM 部分时，绕组 PB 回路中与绕组 HB 回路中的电阻应这样选择：即控制器手柄在第十六挡位，动力装置在全工况下，使绕组 PB 中总有电流通过，从而使转速发电机电压永远高于辅助发电机电压，这一电压差等于硒整流器 $BC1$ 和绕组 PB 中的电压降。由于绕组 PB 的电阻值较小，故此电压差很小。

继电器 $PY1$ 仅在控制器手柄位于第十六挡位时接通。此时，继电器 $PY1$ 在绕组 PB 和 $III B$ 回路中的接点接通，而在绕组 HB 回路中的接点断开。这样，APM 部分仅在第十六挡位时起作用。此时，由于绕组 HB 回路中串入电阻，故绕组 HB 中的电流值减小。当控制器手柄在其余位置时，依靠继电器 $PY1$ 的触头使这一电阻短路。减小绕组 $III B$ 回路中的电阻应补偿由于绕组 HB 中电流变化而引起的主发电机特性曲线的波动。

现在来看一下当柴油机燃料泵齿条因调节系统中的止挡限止而处于最大供油位置时，APM 部分的作用。

假设，主发电机获得柴油机的全部“自由”功率（即除去柴油机驱动辅助装置所需的功率）。

如果在某种情况下，柴油机的负载增加，例如空气压缩机的接通或主发电机激磁绕组的温度下降时，使柴油机超载而引起曲轴转速开始下降。此时，转速发电机的电压也将降低，而绕组 PB 中的电流也减小，使激磁机电压、主发电机激磁电流和主发电机电压随之下降，这意味着主发电机功率下降。这一过程将一直延长到出现新的平衡为止，即直到主发电机功率从新开始等于柴油机的“自由”功率为止。然后超载现象才消失。

相反，若柴油机的负载减少，例如冷却风扇转入冬季工况或由于其他的原因，则柴油机曲轴转速将开始增高。绕组 PB 中的电流亦将增大，从而使主发电机所需要的功率增大。柴油机重新满载。

动力装置在某些工况下柴油机不能达到满载。例如，当电流小于 $1400 \sim 1500$ 安时（参看图 185），因电压限止，主发电机不能获得柴油机的全功率。此时曲轴转速达到由柴油机调速器调定的值，调速器不允许转速进一步升高，并供应与主发电机所需功率相适应之燃料量来使转速稳定不变。此时绕组 PB 中电流达最大值，并保持不变。因此，当主发电机电流小于 $1400 \sim 1500$ 安时，柴油机调速器用改变供油量的办法，来使柴油机发出的功率与主发电机能转换的功率相适应。当主发电机电流较大时，APM 部分就改变主发电机的激磁电流，从而使主发电机功率与柴油机发出的功率相适应。

有时有这样的说法：即 APM 部分使柴油机超载，因此曲轴转速降低。这是不正确的。柴油机的超载或欠载是由外因（辅助装置、主发电机负载的改变以及其他原因）而引起的，与 APM 部分的工作情况无关。相反，APM 部分是改变主发电机的激磁电流，以消除柴油机的超载或欠载。因超载而引起的曲轴转速的降低，在超载消除后该转速不再复原，而是稍低一些。这是因为要减小绕组 PB 中的电流，就必须减低转速发电机的电压，而柴油机的曲轴转速稍有降低正好满足这一需要。上述回路正是与其他各种保证柴油机转速稳定的调节系统（如综合调速器）不同之点。

APM 部分工作时，当主发电机激磁绕组温度最高、辅助装置负载最小时，柴油机曲轴的转速最大。此时，绕组 PB 中的电流也接近最大值。当主发电机各绕组温度最低及辅助装置负载最大时，绕组 PB 中的电流及柴油机曲轴的转速达最低值。若 APM 部分已调整正确并能正常工作，则曲轴转速的降低应不超过 $25 \sim 30$ 转/分。

图 187 是 T93-002 内燃机车的主发电机特性曲线。这些特性曲线是在 APM 部分接通情况下，控制器手柄在第十六挡位时取得的。曲线 1 表示主发电机激磁绕组为低温、

冷却器风扇为夏季工况时的特性曲线。曲线2表示激磁绕组为高温、冷却器风扇为冬季工况时的特性曲线。

在第一种情况时,由于冷却器风扇所需的功率较大,故柴油机传递给主发电机的自由功率较在第二种情况时为少。第一种情况,由于绕组处于低温时主发电机的激磁电流较绕组处于高温时为大,故主发电机的负载较大(若 APM 部分的作用忽略不计)。但是,由于 APM 部分的作用,这二种情况下,主发电机均能转换柴油机的全部自由功率。不过,在第一种情况时,调节绕组中的电流 i_{ps} 较第二种情况时为小。因此,在第一种情况时,柴油机曲轴转速也较第二种情况时为低。由于磁滞以及主发电机特性与恒定功率曲线发生偏差的结果,使图186上的曲线呈回线状并具有不规则图形,这一影响由 APM 部分的作用来补偿。这一影响还体现在电流曲线 i_{ps} 也呈回线状并且比较曲折,但这几乎并不影响输出功率的大小。

由曲线1(见图187)看出,功率 P_s 降低约20千瓦,此值取决于冷却器风扇所需要的功率。曲线1和曲线2(曲线 P_s) 有一些弯曲可解释为 APM 部分不起作用,而是主发电机效率 η_s 改变的缘故。

运行中, APM 部分经常工作得不够理想和不能保持给定的功率。其原因之一可能是激磁机与 APM 部分的特性调整得不得法。第二个原因可能是在转速发电机中有剩磁。在 TЭ3-002 内燃机车上,转速发电机的机座及磁极铁芯均经退火热处理,故 APM 部分能稳定地工作。在以后生产的内燃机车上,它们未经退火热处理。转速发电机的磁通由于种种原因(特别是由于动力电缆中电流变化的结果,而转速发电机正好位于电缆上方)而发生变化,由于机体、铁芯中有显著的磁滞,在同一激磁电流下,磁通可能会不一样,其结果使转速发电机的电压、调节绕组中的电流发生变化,从而使主发电机的功率也发生变化。为了补偿主发电机功率的变化,需要改变柴油机曲轴的转速。这样, APM 部分的调整被破坏了。

为了消除上述缺点,设计了 TГ83/45—TГ83/100 型双转速发电机组。在这一双转速发电机组中,由于铁芯和机座用硅钢片制成而使磁滞影响大大减小。

修理内燃机车时,应以新型双转速发电机组更换 ПН-5 型及 Г-25 型转速发电机,或至少应将 ПН-5 型的转速发电机机座及磁极铁芯进行退火热处理。

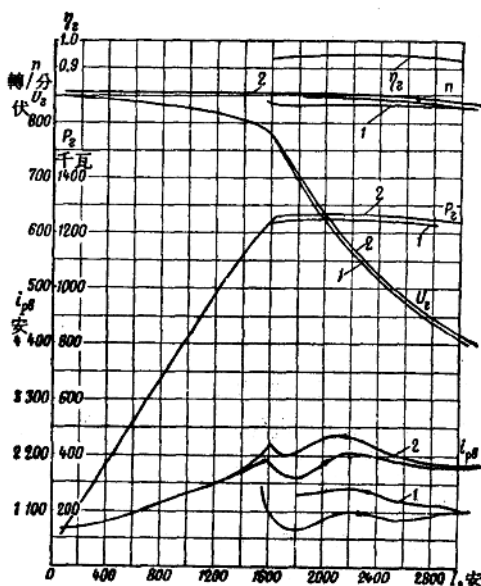


图187. APM部分接通时主发电机特性曲线:
1——冷却器风扇为夏季工况,激磁绕组温度为15~30°C; 2——冷却器风扇为冬季工况,激磁绕组温度为80~97°C;
 η_s ——主发电机效率; i_{ps} ——激磁机绕组PB中的电流(其余符号说明见图186)

起动电流的自动调节 起动电流自动调节部分 (APT) 由转速发电机 T_2 、激磁绕组 OB 及硒整流器 BC_2 组成 (见图 181)，其作用是改善内燃机车的起动特性和限制主发电机的电流。

移动控制器手柄使列车起动时，如何保证内燃机车的牵引力均匀平稳地增加，这一点极为重要。自 APT 部分不作用时的主发电机特性 (参看图 184) 可以看出，当列车起动时 (OA 线) 控制器手柄在第一挡位时，主发电机电流值不太大，而控制器手柄在第二挡位时，电流值已达到相当大了。

过快地移动控制器手柄至第三挡位及以后各挡位时，就可能引起轮对空转，以及主发电机整流子上出现火花。为此，要求司机在起动时需要特别注意，稍不留意，将手柄移至较高挡位时，就可能使牵引电动机和主发电机发生故障。

APT 部分就是用来克服这一缺点的。其作用原理如下：由整流器 BC_2 、转速发电机 T_2 和绕组 OB 组成之回路，其一端接至主发电机负极 HH 上，而另一端接至电动机 6 的电枢绕组负极 AB 上。

动力回路通电时，由于电动机 1 和 6 的激磁绕组和主发电机附加磁极绕组 HH 中的电压降，在 AB 与 HH 两点之间产生一个电位差，以 U_H 表之。这一电位差，将使 APT 部分的回路中，从点 AB 到点 HH 通过电流。转速发电机 T_2 的电压 U_2 与电压 U_H 反向，并产生反向电流。但整流器 BC_2 不允许反向电流通过。因此，当电压 U_2 大于电压 U_H 时，APT 部分的回路中没有电流。如果主发电机电流增大到以至使 U_H 开始大于 U_2 时，则在绕组 OB 中开始通过电流。绕组 OB 与他激绕组 HB 的作用方向相反，因此，当绕组 OB 通电时，激磁机的电压就下降，从而使激磁电流减小，使主发电机电压降低，负载电流就不再增大。

如果因某种原因，例如，由于内燃机车运行速度的降低，主发电机电流将再增大，则绕组 OB 中的电流将更增大，并使主发电机电压下降；此时，主发电机电流又将停止增长。就这样限制了负载电流。转速发电机的电压 U_2 愈高，就需要愈大的主发电机电流，才能使电压 U_H 大于 U_2 。电压 U_2 与柴油机曲轴转速成正比，因而，当控制器手柄自第一挡位移向以后挡位时，APT 部分开始起作用，主发电机电流上升。

图 188 表示在 APT 部分作用区域内，T93-002 内燃机车的主发电机特性曲线 (该机车上的控制器手柄具有八个挡位)。控制器在第一和第二挡位时，APT 部分不起作用。手柄在第七和第八挡位时，APT 部分的作用最为显著。在这些曲线上可以看出，电流急遽“截断”，而主发电机电压则在负载电流几乎不变情况下而改变。曲轴在较低转速范围内，APT 的作用效果减低。曲线有回线部分是因为转速发电机 T_2 的磁滞影响所造成的。如采用双转

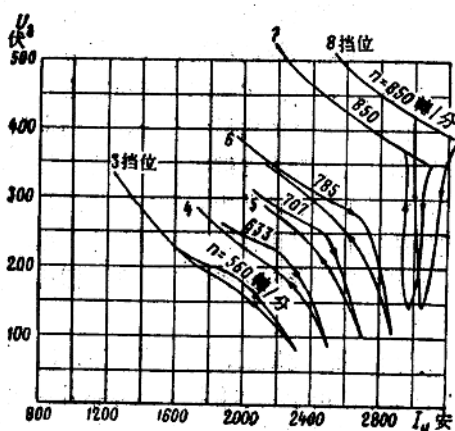


图188. APM与APT部分接通时的主发电机特性曲线

速发电机组时，这些回线将更窄一些。

若内燃机车上的控制器手柄有十六个挡位时，则得出曲线的形状亦如图所示，但更密一些。图 188 所示的特性曲线表明，主发电机的最大电流限制在 3100~3250 安范围内，但通过改变转速发电机 T_2 的激磁电流可调整 APT 部分至另一个限止电流（参看第十一章）。

这样，当内燃机车牵引列车运行时，APT 部分阻止负载电流过分增大，从而保护了主发电机。而移动控制器手柄使列车起动时，APT 部分使主发电机电流与牵引力逐渐增大，从而使轮对不至引起空转或使主发电机整流子上不至产生不允许的火花。

上述电路图的缺点就在于：当牵引电动机激磁绕组的温度发生变化时，起动电流不稳定。温度较低时，绕组的电阻较小，为使绕组中的电压降大于转速发电机的电压，就需要较大的电流。随绕组的逐渐发热，其电阻就增大，这样，主发电机电流较小时，APT 部分就开始起作用。

牵引电动机激磁的自动控制 牵引电动机的自动控制就在于用接入电阻使激磁线圈分路的办法来改变其激磁。电路图中，牵引电动机在全激磁 ($\Pi\Pi$) 条件下工作；当接触器 $\text{III}1\sim\text{III}3$ 接通时，牵引电动机在第一级磁场削弱 ($0\Pi1$) 条件下工作；当接触器 $\text{III}1\sim\text{III}6$ 接通时，牵引电动机在第二级磁场削弱 ($0\Pi2$) 条件下工作。由两个同样的继电器的作用，来自动完成这些转换：继电器 $P\Pi1$ 控制由 $\Pi\Pi$ 转换至 $0\Pi1$ 及反向转换；继电器 $P\Pi2$ 控制由 $0\Pi1$ 转换至 $0\Pi2$ 及反向转换。

每一个这样的继电器有两个线圈。这两个线圈是这样联接的：其中一个线圈（并联线圈）中的电流与主发电机电压成正比；而另一个线圈（串联线圈）中的电流与主发电机电流成正比。当主发电机的电压与电流达到一定比值时，继电器的触点就接通，并使磁场削弱接触器接通。继电器 $P\Pi1$ 与 $P\Pi2$ 接通与断开的特性曲线如图 184 所示。这些曲线与主发电机特性曲线的交点表示控制器手柄在每一挡位下的转换工况。例如，控制器在第十六挡位，主发电机电压为 670 伏和电流为 1860 安时，由 $\Pi\Pi$ 转换至 $0\Pi1$ ；主发电机电压为 775 伏电流为 1600 安时，由 $0\Pi1$ 转换至 $0\Pi2$ 。继电器 $P\Pi2$ 的动作电压要调整得比继电器 $P\Pi1$ 的高，以便在从 $\Pi\Pi$ 转换至 $0\Pi1$ 后，不立即由 $0\Pi1$ 转换至 $0\Pi2$ 。

当列车运行速度提高时，主发电机电压上升。如果控制器手柄处于第十六挡位时，则主发电机电流为 1860 安时，继电器 $P\Pi1$ 开始动作，接触器 $\text{III}1\sim\text{III}3$ 接通（参看图 181）。此时每一台电动机电枢的一部分电流分入到并联的电阻中。结果使激磁电流和电动机的电动势均减小。由于主电路中的电流取决于主发电机电压与牵引电动机电动势之差，故牵引电动机的电动势下降使主电路中的电流增大。此时，电动机的激磁电流又重新增大，但它仅增大到较转换前为小的值，而电枢电流则较转换前为大。转换时牵引力实际上是不变的，因为电动机中磁通的减小由电流的增加来补偿，而运行速度在转换时还来不及发生变化。

转换后，由于负载电流的增大，主发电机电压就根据其外特性降低。若列车速度继续提高，主发电机电压又重新上升；当电流达 1600 安时，继电器 $P\Pi2$ 就开始动作，其结果使接触器 $\text{III}4\sim\text{III}6$ 接通（参看图 181）。电动机的激磁电流又减小和主发电机的电流又增大，而转换到 $0\Pi2$ ，主发电机电压又重新下降。所有这些都是牵引力和列车

运行速度实际上不发生变化的情况下进行的。如果提高速度的条件具备的话（即在牵引力大于稳定运行速度所需之牵引力时），则速度将在主发电机电流减小和电压上升的情况下增大。

可见，电动机的两级磁场削弱可以三次（包括全磁场）使用主发电机的同一部分的特性曲线，但每一次是在主发电机电流相同时，通过减小电动机的激磁使运行速度越来越高。这就保证了在高速时能利用柴油机的全功率而毋须提高主发电机的最大电压。

在 $0\Pi2$ 时，磁场削弱至35%，全功率可以充分地一直利用到速度约为70公里/时为止。采用更深的磁场削弱有可能在速度高于70公里/时时充分利用全功率。特别是，交通部中央科学研究所作的实验表明，使磁场削弱系数达到0.25，可以保证充分利用柴油机的全功率直到内燃机车的最大运行速度为止。

图184上还绘制有继电器 $P\Pi1$ 与 $P\Pi2$ 断开的曲线。控制器手柄由第一至第八和由第九至第十六挡位的断开特性曲线是各不相同的。这是依靠继电器 $P\Pi4$ 来实现的（详细见后）。特性曲线作这样的改变（自1957年开始）是因为：在运行过程中，曾发现当控制器手柄在头几个挡位时，转换继电器有“电铃”工作现象。由于在高挡位时将断开曲线往下移会造成危险现象（主发电机可能超载），因此仅在控制器手柄头八个挡位时将其下移。

当运行速度降低和主发电机电流增大时，继电器 $P\Pi1$ 与 $P\Pi2$ 断开。例如，若内燃机车在控制器手柄位于第十六挡位，并在第二级磁场削弱时运行在坡道上，其速度就要降低，则主发电机电流增大，而电压就减小。当主发电机电压减至520伏，而电流为2400安时，继电器 $P\Pi2$ 就断开，接触器 $III4\sim III6$ 的触头也断开。牵引电动机激磁电流增大，结果使主发电机电流减小，而其电压在转换后则增大，此时牵引力与运行速度实际上保持不变。若速度继续降低，则主发电机电流增大，而当电压为475伏及电流为2640安时，继电器 $P\Pi1$ 就断开；牵引电动机转为全磁场下工作，同样地也使主发电机电流降低和电压升高。为使继电器 $P\Pi2$ 断开后，继电器 $P\Pi1$ 不立即断开，故继电器 $P\Pi1$ 的特性曲线较继电器 $P\Pi2$ 的特性曲线要下移一些（参看图184）。

新型主发电机自动调节系统 为了提高柴油机功率的利用程度和改善主发电机特性曲线，一些有关单位正在进行创制和使用新型自动调节系统的工作。

交通部中央科学研究院设计了触点强迫振荡功率调节器。这种调节器可安装在成批生产的T93内燃机车的柴油机上，并由改变高压燃料泵齿条位置的拉杆来带动。当负载增大时，拉杆处于相应于柴油机全功率位置上，调节器开始振荡，减小激磁机他激绕组中的电流。触点定期地接通与断开，是靠由柴油机凸轮轴传动的凸轮来实现的。通过对激磁机激磁的作用，调节器使柴油机功率保持不变。

全苏内燃机车科学研究院设计了一种综合调节器。它能使柴油机曲轴转速保持不变，除此以外，还能在主发电机全负载时，通过对激磁机激磁的作用，使柴油机功率保持不变。通过电阻器来改变激磁，这一电阻器接在激磁机的激磁回路中，并由改变高压燃料泵齿条位置的拉杆来操纵。全苏内燃机车科学研究院设计的调节器与中央科学研究院的调节器不同之处在于：前者在柴油机曲轴转速较低时，亦能保持柴油机功率不变。

莫斯科动力学院设计了有磁放大器和直流变压器的调节系统。这一调节系统能使

T33内燃机车的主发电机起动特性有显著的改善。

采用这一系统时，起动特性曲线与电机绕组的温度及电机磁路中的磁滞无关。

上述三种新型调节系统均经试验并证实了它们的优点。在T33内燃机车上同样可以采用由哈尔科夫运输机械制造厂为T310内燃机车设计的柴油机-主发电机组的联合调节器。

目前正在进行有关在内燃机车上采用电阻制动的工作。莫斯科动力学院与全苏内燃机车科学研究所共同设计了T33内燃机车电阻制动的电路图。全苏内燃机车科学研究所设计了带强制通风的尺寸较小的制动电阻的结构方案。在T33内燃机车上已采用这样的电阻制动线路，并由全苏内燃机车科学研究所作了试验，结果良好。

内燃机车的实用电路图

总论 在内燃机车实用电路图上，除了有微电流回路——无线通讯回路、信号回路及其他回路外，还标出了装在内燃机车上的全部电机、电器、仪表以及它们之间的联接电路。在实用电路图上的电气回路可分为三大类：1) 主电路，2) 辅助电路，3) 操纵电路。

主电路包括：动力回路（牵引电动机回路）、转换继电器回路、空转继电器回路、接地继电器回路、接入主回路中的各项测量仪表回路；主发电机激磁绕组回路和激磁机激磁绕组的回路。这些回路用于调节内燃机车的牵引力和列车运行速度，也用于在事故工况时保护主发电机和牵引电动机。

辅助电路包括：柴油机起动回路、蓄电池充电回路、辅助燃料泵和润滑油泵电动机的回路、风扇回路、预热锅炉回路、照明回路、信号灯回路、辅助发电机的激磁回路。

操纵电路包括用来操纵主电路与辅助电路的全部电器的线圈回路。

主电路与操纵电路如图189*所示，辅助电路的一部分见图189，其余部分见图190*所示。电器组装电路图如图191*所示。上述各类电路彼此并不绝然分开，它们之间均有电气联接。

电路图中标明的电机和电器，均注有字母和数字。若同一电器的各个元件分布于不同的回路中，则其符号重复。例如，接触器III2的动力触头标在主电路中，其线圈却在操纵电路中，而联锁触点又在转换继电器线圈回路中，但所有这些元件均注以III2。在接触器III2的装配电路图（见图191）中标出了上述全部元件，并在联接它们的导线上均注上号码。

电路图中联接任何两个点的每一根导线均注有号码。位于相近的电器，彼此直接用一根导线联接。距离较远时，彼此的联接经过中间接点。中间接点位于接线电盒中或在接点板上。联接接点与电器元件的导线有专用号码。电路图上接点板上的接点用分式表示，分子代表接点板号码，分母代表接点板上接点的号码。在接点板上和接线盒中接点分布情况及其注有号码的联接导线均见图190及191所示。图189所示电路图的元件与图190所示电路图的元件的联接导线在这两张电路图上均注以同样的号码，而其联接点规

* 图189、190、191在书末。

定为 $A/1$ 、 $A/2$ 等。在 T33 内燃机车的实际电路图中这些点并不存在，而是一根联接这两个电路图之元件的导线。

电路图中以箭头作收尾的导线，是接到机车联接插销处的。当单节内燃机车工作时，在这些导线中没有电流。双节机车联挂工作时，第一节的导线经联接插销与第二节有同样号码的导线相联（若干“交叉”导线除外，下详）。这样，自第一节的操纵台上操纵内燃机车时，在前后两个单节中相应的电器同时动作。

导线的符号及其截面列入表中（见图 189）。表中表示不同截面导线的罗马数字，也注在电路图中各联接线附近。有些联接线由两根导线组成，目的在于增加导线的截面（例如联接线 459×2 ）。

电路图中，全部电器均表示成正常位置。所谓正常位置是指电器不通电时的位置。手动操纵手柄在图上均表示于始位，所有锁键在图上均处于自由位置。两个位置均为工作位置的换向器，表示成“前进”位置。继电器、接触器和其他电器的触头，在电器为正常位置时是处于断开的，则称为正常断开（或正常开启）；若它们在正常位置时是处于接通的话，称为正常接通（或正常闭合）。

如前所述，T33 内燃机车的电路图中，多次作了各种改进。因此，不同时期制造的内燃机车，在电路图方面彼此是有所区别的。图 189、190、191 所示的联接电路图，包括了 1960 年 6 月 1 日前的各项改进部分。

动力回路 前面在分析电力传动原理示意图时，曾研究过动力回路，因此以下仅叙述以前没有涉及的两个问题。

装在控制台上的电流表 A_1 的分流器 104 由三根电缆 77、78、79 与主发电机负极接点相联（见图 189）。由两台牵引电动机组成的每一回路，由单独的电缆与主发电机正极接点（经接触器触头 II_1 、 II_2 、 II_3 ）及电流表的分流器相联。每组电动机的激磁绕组与换向器 II 的触指相联。电路图上表示的激磁绕组与电枢间的联接相应于单节机车操纵台按前进方向运行。此时，电动机 1、2、4 位于相应车轴的后面，其电枢按一个方向旋转（取为“前进”方向）。电动机 3、5、6 位于其车轴前面（以内燃机车运行方向为准），其电枢应按反方向旋转。电动机电枢绕组与激磁绕组就按此相应地联接。接触器 $II_1 \sim II_3$ 接通时，电流由主发电机的正极接点按如下方向流动：由电动机 1 的电枢绕组始点 $A1$ 通向其终点 $AA1$ ，再由电动机 6 的电枢绕组终点 $AA6$ 通向其始点 $A6$ ，然后经换向器触头，由电动机 1 的激磁绕组始点 $K1$ 通向其终点 $KK1$ ，再由电动机 6 的激磁绕组始点 $K6$ 通向其终点 $KK6$ 。这样，在电动机 1 的电枢绕组和激磁绕组中，电流方向一致（由始点至终点），电枢就按“前进”方向旋转；在电动机 6 的电枢绕组和激磁绕组中，电流方向相反，因此，电枢就按相反方向旋转。电动机 2 与 3 的电枢绕组和激磁绕组中的电流方向与上述类似，因此电动机 2 按“前进”方向旋转，而电动机 3 则按相反方向旋转。

电动机 5 与 4 的电枢绕组的接法和其他的电枢绕组相同，而激磁绕组的接法却不一样。因此电动机 5 的电枢绕组和激磁绕组中的电流方向相反（在电枢绕组中——由始点通向终点，激磁绕组中——由终点通向始点），电枢按“后退”方向旋转。电动机 4 的电枢绕组和激磁绕组中，电流由绕组的终点通向始点。在这两个绕组中，同时变换其电流方向，可使电枢旋转的方向不变。因此电枢 4 与电枢 1、2 的旋转方向相同，即“前