

资源联合企业和卡尔金诺露天采煤场坡度为40~60%的线路上、以及在别洛列钦茨克—迈科普区段上进行了试验，结果表明它具有高的制动效果。

近年来，里加铁路运输科学研究院《机车与机车业务》研究室与德聂伯罗彼得罗夫斯克电力机车制造工厂、全苏铁路运输科学研究院的工作人员共同对电磁轨道制动机进行了运用试验，作者也参加了。本书就是以试验中积累的资料为基本内容，此外，还列举了国内外现有的电磁制动机、电磁轨道制动机和涡流制动机的结构方面的数据。

作者对技术科学博士B.Г.依诺捷姆切夫和Д.Э.卡尔明斯基、里加铁路运输科学研究院的老教师M.Φ.古尔尼茨基和技术科学副博士O.B.别清娜娅、B.A.勃拉达西致谢，他们对本书内容提出了宝贵的建议。

作 者

内 容 简 介

电磁轨道制动是一种发展高速客车必不可少的新技术。本书以对电磁轨道制动机试验中积累的资料为主要依据，系统地介绍了电磁轨道制动机的构造、制动效果及维护等内容。

本书对原文所用的非法定计量单位未作变动。

电磁轨道制动机

〔苏〕Л.В.БАЛОН著

夏寅荪译

中国铁道出版社出版，发行

责任编辑 钟加栋 封面设计 安宏

北京东华印刷厂印

开本：787×1092毫米 $\frac{1}{4}$ 印张：3.375 字数：71千

1989年9月第1版 第1次印刷

印数：1—700册 定价：1.10元

ISBN7-113-00326-5/U·97

序

我国国民经济的远景规划决定了铁路货运量的增长速度，因此，提高列车运行速度和牵引定数对铁路运输业的发展是至关重要的。

在这样的情况下，保证列车运行安全具有十分重要的意义，它与制动装置的作用的完善性和可靠性密切相关。

闸瓦式制动机、盘型制动机和电制动机的作用效果受到轮轨粘着力的一定限制。为了在保持现有信号设备的情况下能使旅客列车运行速度增高至200~250km/h，以及保证在工矿运输中当货物列车在60‰坡道上的运行速度超过30~35km/h时仍能安全运行等，于是，在铁路机车车辆上附加地装设了一种制动装置——电磁轨道制动机，这种制动机的作用与轮轨粘着力无关。

电磁轨道制动机的作用是独立的，与闸瓦式制动机、盘型制动机和电制动机是分开的，因而可以采用它与上述任何一种制动机联合工作，这时，可使制动距离缩短40%。

在苏联，电磁轨道制动机应用于PT200和ЭР200型高速列车的车辆、ПЭ2、ПЭ2М、ОПЭ2、ОПЭ1А型工矿运输用的动车组，以及ТГМ6А型调车内燃机车和ЧМЭ2试验机车上，上述动车组是由操纵用的电力机车、两辆摩托翻斗车或一辆摩托翻斗车和一辆摩托柴油动车组成的。

电磁轨道制动机除了采用钢质磁导体的制动电磁铁以外，里加铁路运输科学研究所还与乌克兰科学院铸造研究所一起，为工矿运输用的动车组及PT200型高速列车的车辆制造了球墨铸铁制动电磁铁。这种制动电磁铁在列别丁采矿

目 录

I. 轨道制动机的构造

1. 轨道制动机分类..... 1
2. 电磁轨道制动机的构造..... 2
3. 电磁轨道制动机的、空气和电的控制系统及供电系统
..... 8
4. 具有永久磁铁的磁轨制动机.....18
5. 涡流制动机.....18

II. 电磁轨道制动机的制动效果

1. 概 述.....21
2. 电磁轨道制动机制动力的计算.....22
3. 列车制动距离的计算方法.....26
4. 提高电磁轨道制动机制动效果的途径.....38
5. 制动电磁铁磁路计算方法.....43
6. 磁化线圈计算.....56

III. 电磁轨道制动机的试验台试验及运行试验

1. 电磁轨道制动机主要参数的测定方法.....65
2. PT200和SP200型高速列车的运行试验.....70
3. 用于工矿运输的货物列车的运行试验.....76
4. 电磁轨道制动机的磁导体材料对制动效果的影响.....81
5. 电影摄影测定制动电磁铁横向位移.....85
6. 钢轨和制动电磁铁表面发热测定.....90

IV. 关于电磁轨道制动机维护、修理和试验的建议

1. 电磁轨道制动机的修理和维护组织.....96
 2. 电磁轨道制动机修理后的检查.....99
- 参考书目..... 101

I . 轨道制动机的构造

1. 轨道制动机分类

由于目前采用的机车车辆制动机大多数与车轮发生关系，因此，这样的制动方式的功率受轮轨粘着系数的限制，而这个粘着系数在目前的运行速度下，基本上是可以实现的。

根据国内外的制动系统设计和运用经验，苏联正在制订一系列新的制动机制造的远景规划（电阻制动、液力制动、电磁摩擦制动、电磁涡流制动、电及空气动力制动机），并已提出了随运行速度而变的分级采用各种制动机的建议。

近年来，轨道制动方式（图1）越来越广泛地被采用，这种制动方式不依赖于轮轨间的粘着系数。轨道制动机可以用来作为空气制动机或电空制动机的补充，它能使制动效率提高30~40%。在国内外高速客运和工矿货运的机车车辆上，使用最广泛的是摩擦作用的电磁轨道制动机。

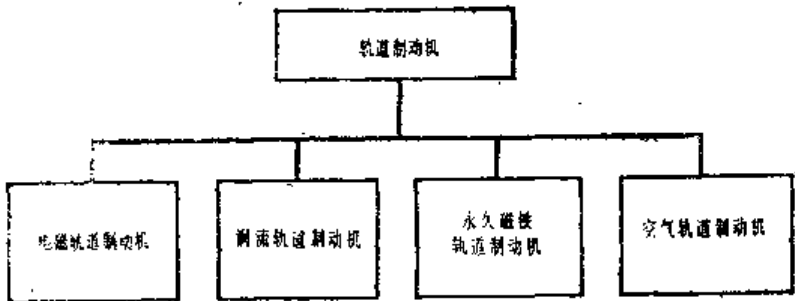


图1 轨道制动机分类

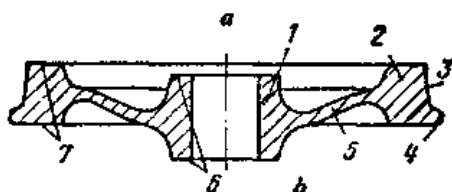


图 1 整轧火车车轮的各部位

a—外侧；b—内侧；1—轮毂；2—轮辋；3—踏面；4—轮缘；5—辐板；6—轮毂端面；7—轮辋侧面

据中可以看出，甚至同一用途的车轮尺寸也不尽相同。这说明车轮设计方案还没有完整的理论根据，而每个国家和各个公司都依靠各自的生产 and 操作经验进行设计。

近年来出现有减小车轮直径的趋势。苏联客车车厢已改用950mm的车轮来取代原先的1050mm的车轮。在英国曾进行过专题研究，其结果证明采用直径760mm以下的车轮是合理的。同时正在大大地减少车辆非簧下重量，由于增加了车厢内部的高度，已有可能实现大型集装箱运输^[3]。美国由于发展了汽车货物运输，同样需要高度较低的铁路运输平板车，为此采用了712mm车轮代替了838mm的车轮^[4]。减少车辆非簧下重量，可降低运营费用和提高铁路和车辆行走部分的完好性。因此，在很多国家，尤其是在美国，正在推广一种所谓的一次性车轮，即轮辋厚度很薄而无须重车的车轮。这些国家有时也使用二次性车轮即重车一次的车轮。苏联认为最经济合理的是采用可多次（5~6次）重车的车轮。

辐板的厚度是依据理论和试验数据及考虑其所需的强度而选定的。值得注意的是，增加辐板厚度不仅使车轮增重而且增加运输费用。增加有害的非簧下重量，对钢轨产生不良影响和减少车辆有效装载量，而且还引起了辐板刚度的增加。从动力学上来看，这些对车辆的运行都是有害的，因此辐板的厚度应尽可能的薄。轮毂与车轴的液压装配强度条件决定了轮毂的长度和毂壁的

制动电磁铁与钢轨相接触的面积比整体电磁铁大，尤其在非均匀磨损的钢轨上、在轨缝处、在线路的曲线区段上进行制动时，接触面积的相差更大。这是因为各节极靴相互之间可以不受牵制地自由移动，并都与钢轨触及，就好象贴在钢轨上滑动一样。此外，在高速运行时，制动电磁铁会剧烈地发热，若电磁铁很长时，就容易较大地变形，这会导致电磁铁与钢轨之间接触不良。因此，在同样的几何参数和电参数情况下，分节式制动电磁铁与钢轨的接触面积和制动力比整体式来得大。在同样的制动效果情况下，分节式制动电磁铁的结构比较紧凑，在转向架上也容易安装。

具有整体极靴的制动电磁铁与钢轨的吸力，比具有可拆下磨损板的制动电磁铁要大10~15%。

我国机车车辆上所使用的电磁轨道制动机的线圈通直流电。分节式制动电磁铁的技术特性列于表1中。

表 1

参 数 名 称	对于下列机车车辆的参数值			
	PT200、 ЭР200型 高速列车 的车辆	ΠЭ2、Π Э2М、О ΠЭ2、О ΠЭ1А动 车组	ТГМ6А 型内燃机 车	ЧМЭ2型 内燃机车
工作长度(mm)	1400	1150	970	950
制动电磁铁重量 (kgf)	250	218	194	154
与钢轨的计算吸力 (kgf)	10000 ⁺ ₋₂₀₀₀	8850 ⁺ ₋₉₀₀	6100 ± 300	7000 ⁺ ₋₇₀₀
节 数	11	3	3	7
磁动势	4500	5460	7106	4452
消耗电流(A)	25	21.5	18.6	24.6
额定电压(V)	50	50	75	50
线圈电阻(Ω) (在20°C时)	2	2.32	6	2.35

续上表

参 数 名 称	对于下列机车车辆的参数值			
	PT200、 ЭР200型 高速列车 的车辆	ПЭ2, П Э2М, О ПЭ2, О ПЭ1А动 车组	ТГМ6 А 型内燃机 车	ЧМЭ2型 内燃机车
线圈匝数	180	254	380	209
绕组空间(mm ²)	1400	2020	—	—
导线牌号	—	ПСД ГОСТ 7019-71)	ПСД ГОСТ 7019-71)	ПСЭК
导线截面积或直径 (mm)	1.25×3.53	2.26	1.68	2.5
电流密度(A/mm ²)	5.95	5.35	—	—
距钢轨头的悬挂高度 (mm)	140	50	50	50

电磁轨道制动机原先仅用于紧急制动工况。而现在，在工矿运输中，空气制动机在任何一种作用场合下都需要利用电磁轨道制动机。这不可避免地会导致制动电磁铁的磨耗加剧，使用寿命缩短。因此，若采用整体式极靴时，磨耗到限后必须将极靴换成新的，这在经济上是不合算的。而制动电磁铁中若具有可以拆卸的磨耗板时，则在磨耗板达到最大磨耗时，只需更换磨耗板就可以了，并且这样的更换只要在线路上停车时进行即可，劳动量比较小。因此，在设计用于调车机车和工矿机车车辆中的电磁轨道制动机时，采用具有可以拆卸的磨耗板的制动电磁铁是比较合理的。

对电磁轨道制动机的线圈供电有直流电和交流电两种形式。最广泛采用的是直流电供电方式的电磁轨道制动机，因为它们结构比较简单，运用也比较可靠。

国内外铁路运输的实践表明，制动电磁铁应安装在钢轨头平面上方50~150mm的距离处。

目前，制动电磁铁在转向架上的悬挂方式有下列几种：

靠圆弹簧和板弹簧的悬挂方式；靠橡胶阻尼器的悬挂方式（图3）；具有空气气缸的悬挂方式；具有扭杆弹簧的悬挂方式。

在具有空气气缸的悬挂结构中，制动电磁铁的提升通常是靠装在提升缸中的弹簧的作用力来实现的。根据计算，弹簧的作用力只要比制动机悬挂部分的重量大0.3倍，便可使制动电磁铁可靠地保持在上部位置。在某些结构中，制动电磁铁的提升是靠压缩空气来实现的。

制动电磁铁悬挂在两个气缸上是最常采用的悬挂方式（图4a）。在苏联生产的动车组中，制动电磁铁的提升采用连接套筒7及拉杆8（图4b）进行调节的单缸悬挂方式，这在世界上是首创的。在这种悬挂装置中，拉杆与气缸活塞杆3用杠杆6来连接，送入气缸中的压缩空气来自压力主管。当压缩空气送入气缸时，制动电磁铁降下，而弹簧力使得制动电磁铁提升。

经过运用试验表明：制动电磁铁的单缸悬挂系统的工作是稳定和可靠的。

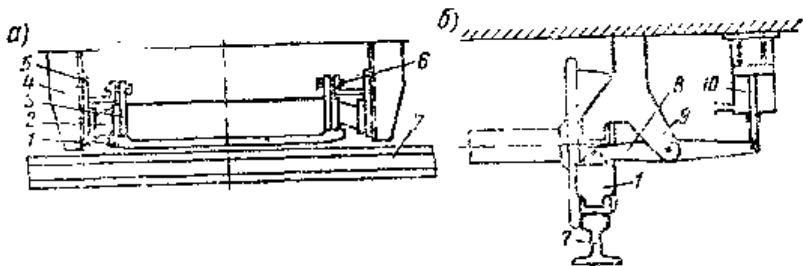


图3 电磁铁道制动机制动电磁铁的悬挂方式简图

- a—悬挂在橡胶阻尼器上；6—悬挂在弹簧上；1—制动电磁铁；
2—阻尼器；3—板；4—导框；5—可动车架；6—保险螺帽；
7—钢轨；8—水平杠杆；9—支臂；10—气缸。

下面介绍图5所示的一种新颖的悬挂装置。制动电磁铁的传动装置中有两个杠杆2和7，它们装在支架6上，相互间用拉杆1连接。制动电磁铁12用销子悬挂在撑杆9上，撑杆9

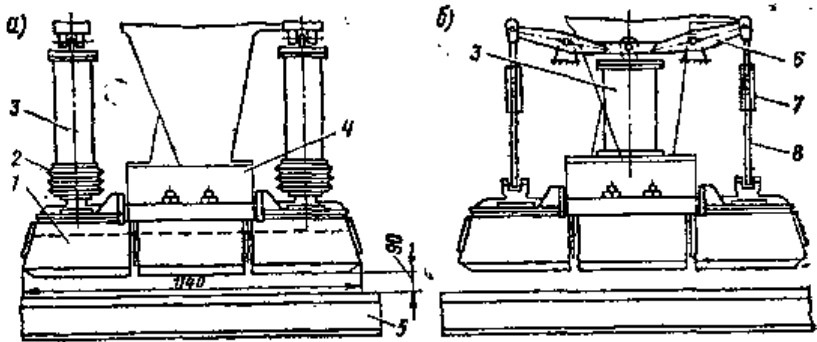


图4 装在ПЭ2.ПЭ2М.ОПЭ2.ОПЭ1А型动车组上的电磁轨道制动机的制动电磁铁的悬挂方式简图

a—悬挂在两个气缸上；6—悬挂在一个气缸上；1—制动电磁铁；2—套；3—气缸；4—支架；5—钢轨；6—杠杆；7—调节套筒；8—拉杆。

用销子3与杠杆铰接，制动电磁铁装在两导框8之间，其上面的支挡11用以传递制动时产生的作用力，支挡上装有吸收振动的橡胶垫10。当压缩空气送入气缸5后，活塞杆被推出，转动杠杆2和7，制动电磁铁落到钢轨13上。当压缩空气排入大气时，弹簧4使杠杆转回到原来的位置上，制动电磁铁上升，这时，杠杆端部连同撑杆9一起悬挂在支架上。

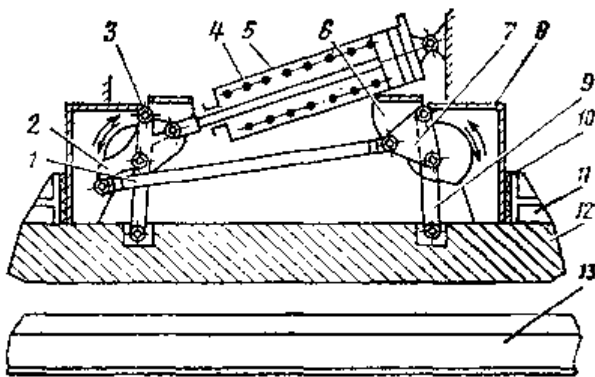


图5 电磁轨道制动机制动电磁铁的传动装置

图6示出了电磁轨道制动机和空气制动机联合作用的简

图。在紧急制动时，空气制动机的加速器发生作用。这时，副风缸3P（图6a）与附加空气分配阀7连通，压缩空气经分配阀进入室5空腔中。在压缩空气的压力作用下，室5内的活塞移动。活塞6起着定位器的作用，它使制动电磁铁在不工作时固定在上部位置。活塞4的运动保证制动电磁铁1降落到钢轨上。同时，靠活塞3来闭合触点2，使线圈供电电路接通。

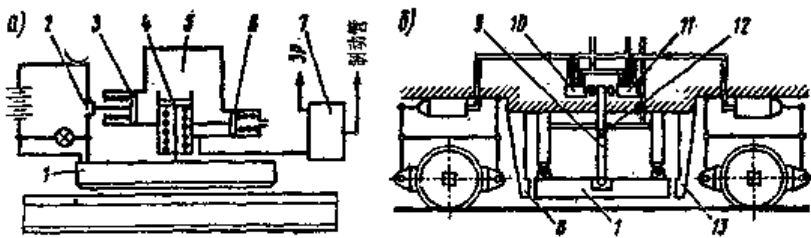


图6 电磁轨道制动机的作用简图

当闸瓦制动机与电磁轨道制动机联合作用时，减速度相当大，这会引引起机车车辆后轮（按运行方向）减载。因而，考虑到轮对减载在电磁轨道制动机的传动装置中，设有自动调节闸瓦压力的装置。在这种装置中，制动电磁铁1（图6b）与两导向支架8和13之间具有间隙，制动时，电磁铁通过具有铰链12的杠杆9对继电器10或11作用，由于杠杆的作用，继电器能保证使后轮对（按运行方向）制动缸中的压力降低。

在设计电磁轨道制动机时，应特别注意制动力从制动电磁铁传到转向架的传递方式。图7示出了几种传递方式。最常用的传递方式如图7a~c所示的简图。如图7d所示的方式要求精确调节牵条的拉紧程度。如图7e所示的方式则在制造及更换铰接头中磨损的钢轴承时具有一定的困难。

在大多数电磁轨道制动机的结构中，各制动电磁铁之间

均设有横向拉杆，用以保证它们在两根钢轨上的位置稳定，并且能更好地进入曲线。在国产工矿用的机车车辆中，制动力的传递采用如图7所示的方式，这时制动电磁铁相对于钢轨头的横向移动靠专门的缓冲装置来限制，因此，可以不装设横向拉杆。

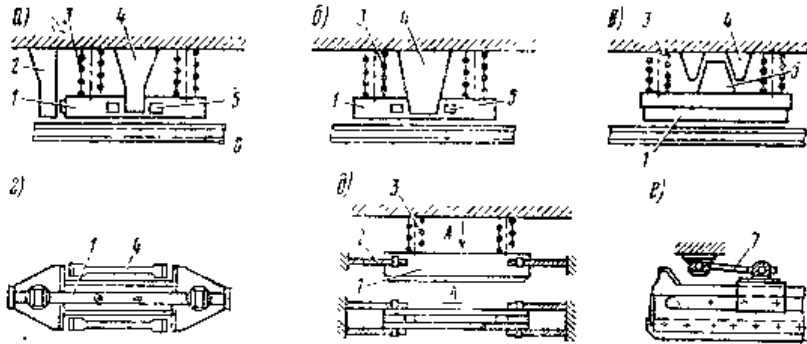


图7 制动力中制动电磁铁位置转向架的简图

a-t—通过支挡和支架； δ —用牵条；e—用具有铰接头的专门拉杆；1—制动电磁铁；2—侧向支架，转向架（或牵条）；3—弹簧悬挂；4—中央导向支架；5—制动电磁铁的底座；6—钢轨；7—具有铰接头的拉杆。

3. 电磁轨道制动机的、空气和电的控制系统及供电系统

在高速客运的机车车辆上，只要将列车驾驶台上的制动阀手柄扳到紧急制动位，电磁轨道制动机便开始工作，另外，当任何一辆车上的紧急制动阀（车长阀）拉开时，列车空气管路的连接软管便脱开或断开，电磁轨道制动机也开始工作。

PT200型高速列车车辆的每一台转向架上均装有两套制动机电磁铁。当副风缸需充气时（图8），压缩空气便由

压送管或制动管经三通塞门4和止回阀6送入。当制动阀手柄扳到紧急制动位或车长阀11拉开时，紧急制动加速器便开始动作，加速器的闭合触点使电磁轨道制动机的电路接通。压缩空气由副风缸7经励磁电磁阀8进入空气压力中继阀9，再由此进入电磁轨道制动机主管2，然后再进入气缸1。从转动制动阀手柄或拉动车长阀的瞬间开始，到制动电磁铁落下，只需要2秒钟时间，气缸内的压缩空气能一直保留到制动结束。缓解时，电磁阀8失电，气缸内的压缩空气被排入大气。制动电磁铁在钢轨上方被提起。

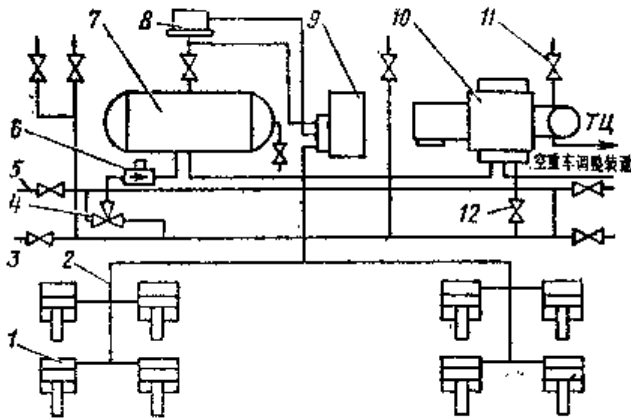


图8 PT200型列车车辆电磁轨道制动机的空气控制系统简图

1—气缸；2—电磁轨道制动机主管；3—制动管；4—三通塞门；
5—压送管；6—止回阀；7—副风缸；8—电磁阀；9—No.371压力中继阀；10—电空分配阀；11—车长阀；12—截断塞门。

在紧急制动过程中，副风缸中的压缩空气也通过电空分配阀10进入盘形制动机的制动缸TII和空重车调整装置。

当列车运行速度降低到10km/h以下时，电磁轨道制动机便会自动地停止工作，这不仅可以防止列车减速度过大，还可以防止因蓄电池组耗电过多而在停车时无法供电。

ПЭ2、ПЭ2М、ОПЭ1А型动车组上的控制系统，与上述

高速机车车辆的控制系统不同处在于：这些动车组在运行速度低于10km/h时，电磁轨道制动机的工作并不会停止。根据对工矿货运列车进行实车试验表明，列车减速度在停车的瞬间不超过 2m/s^2 。

电磁轨道制动机的气缸1（图9）通过电空阀3与供气管6接通，电空阀由制动阀的控制器或倒扳开关（装在电力机车的控制板上）来操纵。制动时，电空阀3的线圈励磁，压缩空气从供气管通过滤清器4和电空阀3进入气缸1，靠气缸来使制动电磁铁降落到钢轨上。当制动机发生故障或必须拆下修理时，可以通过板转装在每一台转向架上的截断塞门5，使制动电磁铁成对地与供气管断开。气缸和管路之间用软管2连接。

下面介绍各种型式的国产机车车辆上所装的电磁轨道制动机的供电和控制电路图。

全苏铁路运输科学研究所自动制动机研究室的科研人员，曾为高速客运的机车车辆拟定了几种方案的电磁轨道制动机的电路图〔12〕*，在这些电路图中：有每一台转向架上的制动电磁铁连或并联的和串联的；有根据运行速度或减速度的大小而自动停止制动机工作的；有用弹簧或用压缩空气来提升制动电磁铁的；有加速器具有脉冲闭合触头的等等。

下面将详细介绍PT200型列车车辆上所采用的电路。

制动电磁铁线圈 $TB1\sim TB4$ （图10）相互间以及与电磁阀 B 之间为并联。当电磁阀 B 励磁时，压缩空气进入气缸的通路开通，这样，制动电磁铁降落在钢轨上。

与此同时，制动电磁铁的线圈绕组与车辆蓄电池组连接，当运行速度不高或列车完全停车时，在转速发电机电路

*为列于书末的参考书目序号一译者注。

中的闭合继电器 PKC 的触头断开，因而使制动电磁铁的线圈断电。

按钮 KH 的用途是在停车时对电磁轨道制动机进行检查。当按钮接通时，电流送入继电器 $P\Pi 1$ 的线圈中，继电器的触头闭合，接通了接触器 K 。这时，所有的四个线圈绕组

$TБ1 \sim TБ4$ 、电磁阀 B 和信号灯 $Л$ 均得电。当列车运行时，在转速发电机 TF 的电流作用下，继电器 PKC 的线圈得电，

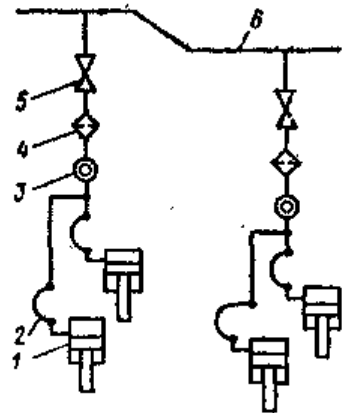


图9 ПЭ2、ПЭ2М、ОПЭ2、ОПЭ1А型动车组的电磁轨道制动机的空气系统简图

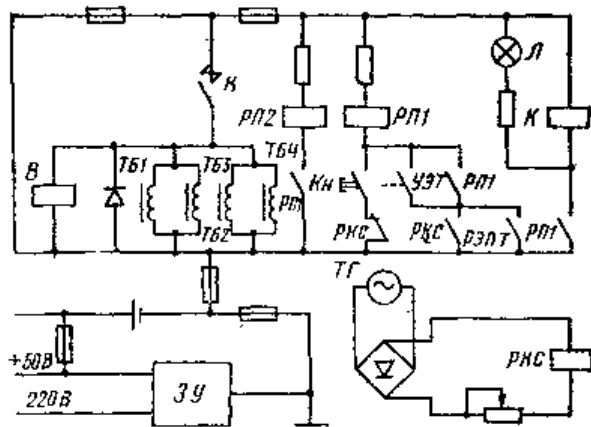


图10 PT200型列车车辆电磁轨道制动机的控制电路图

它的触头闭合，使按钮 KH 分接。如果列车在运行中，制动管内的压缩空气按紧急制动排风速度向外排出（通过制动阀、车长阀、自动停车器等），则紧急制动加速器 $УЭТ$ 便发生作用，它的触头闭合，因而继电器 $P\Pi 1$ 的线圈经接触器

$Y\partial T$ 的触头和继电器 PKC 得电。

必须指出，电磁轨道制动机只有在发电机 $TГ$ 的电压不足以使继电器 PKC 的铁芯保持于吸引的位置时，才能使列车在低速情况下自动缓解。

为了使运行中的车辆的电磁轨道制动机能由制动阀来操纵，在电路中设有继电器 $P\partial\Pi T$ 。当制动阀手柄在第六位以及机车上的电控制动机接通时，这个继电器的线圈得电，使得加速器 $Y\partial T$ 和 $P\partial\Pi T$ 的触头闭合，于是继电器 $P\Pi 1$ 线圈的供电电路便接通。这以后，电路的工作过程便与上述相同了。加速器室内的压缩空气在大约7秒钟的时间内通过节流孔漏尽，因而使其触头断开。这时，为了不使接触器断开，故将触头 $Y\partial T$ 与继电器 $P\Pi 1$ 的触头并联。在停止运行的车辆上，在继电器 PKC 的线圈不能从转速发电机 $TГ$ 处得电时，则当制动阀手柄扳到列车位时，电磁轨道制动机便呈缓解工况。这时，切断加在电空制动机的导线上的电压，继电器 $P\partial\Pi T$ 的触头使继电器 $P\Pi 1$ 的线圈电路断开，然后再断开接触器 K 的线圈。

接触器和电磁阀 B 的线圈连结被切断以后，气缸中的压缩空气被排入大气，制动电磁铁在气缸中的弹簧的作用下向上提升。当电磁轨道制动机接通时，继电器 $P\Pi 2$ 自动地使充电装置 $3V$ 断开。

在 $\partial P 200$ 型电动列车车辆的电磁轨道制动机的电路（图11）中，制动电磁铁的线圈 $TБ 1 \sim TБ 4$ 是串联的，在每台转向架上各有两个线圈，计算的工作电压为110V。在有这些线圈的电路中接入一个电流继电器 PK ，当制动机状况良好以及制动电磁铁绕组电路中的电流值足够大时，该继电器的常闭触头使信号灯 \mathcal{J} 和 $\mathcal{J}1$ 的供电电路闭合。

按钮 K_{H1} 和 K_{H2} 安装在车辆两侧的地板下面，与灯装在

同一块板上，供列车停车时检查制动机用。

当制动管以紧急制动的速度排气时，加速器 $Y\Theta T$ 动作，它的常闭触头供电给轨道制动机，其过程与PT200型车辆中的一样。

在 $\Theta P200$ 型列车中，电磁轨道制动机除了由控制器按钮和加速器 $Y\Theta T$ 操纵动作以外，当控制器扳转到第IV制动位时（由列车导线65供电）也发生动作。在这种情况下，所有车辆的电磁轨道制动机同时发生作用，并与盘形制动机一起产生制动作用，以保证良好的制动效果〔12〕。

在直流动车组中，电磁轨道制动机由控制电路的蓄电池组（容量为375A时）来供电。在电磁轨道制动机接通时，为了减小蓄电池组的放电电流，可使控制用的发电机与蓄电池组并联，在这种情况下，用蓄电池组重新分组的方法由再充电工况（四组蓄电池，每组为30个KH125型蓄电池）转接为放电工况（三组蓄电池，每组为40个蓄电池）。

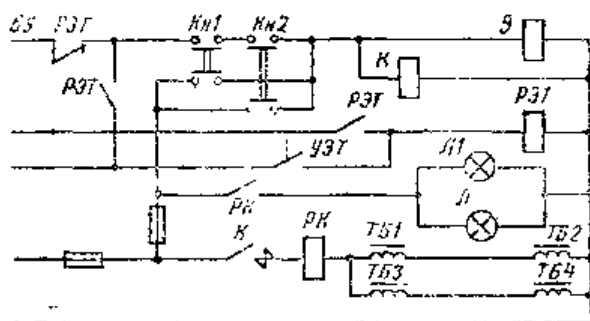


图11 $\Theta P200$ 型电动列车车辆的电磁轨道制动机控制电路图

在 $11\Theta 2M$ 型动车组中，当闸刀开关 $B45$ 闭合（图12）以及No.395制动阀手柄扳到紧急制动位时，常闭触头 $BK1$ （ $BK2$ ）接通在导线 $H944-H945$ 的电路中，接触器 KMT 的线圈得电，它在导线 $H008-H009$ 电路中的断开的触头使电压