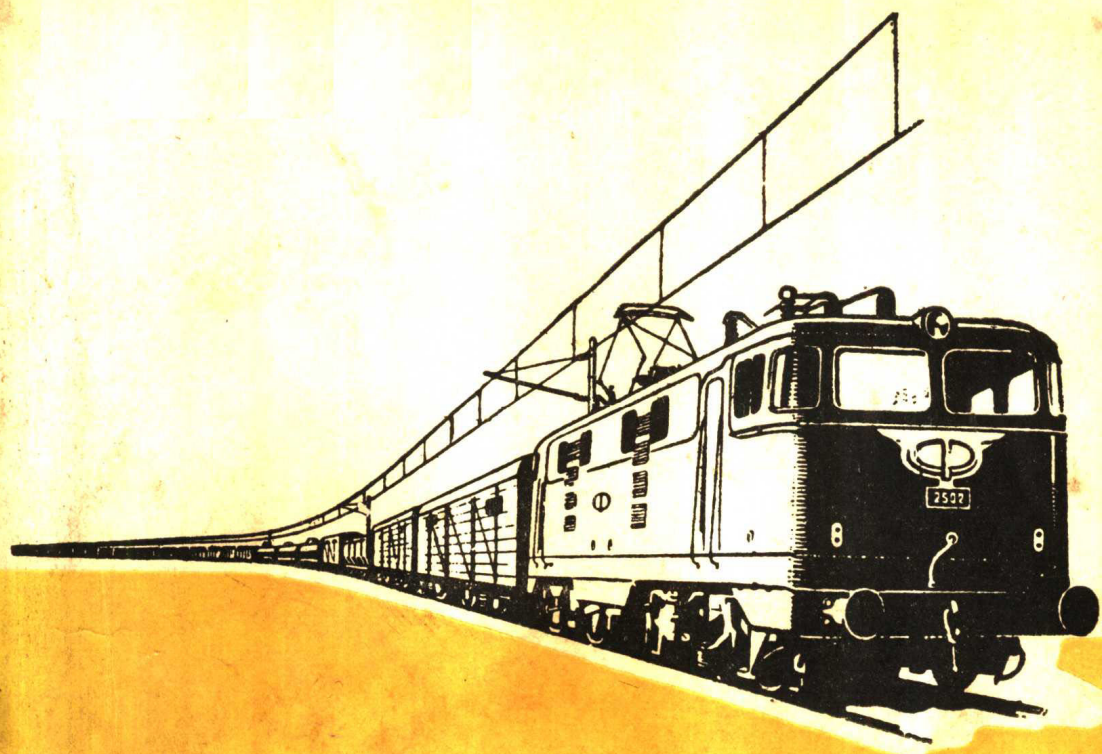




电力机车

(下册)

B. A. 拉 柯 夫 著
П. К. 波 諾 馬 林 柯

人 民 鉄 道 出 版 社

电 力 机 車

(下 冊)

В. А. 拉 柯 夫 著
П. К. 波 諾 馬 林 柯

上海交通大学电气機車教研組譯

人 民 鐵 道 出 版 社

一九五九年 • 北京

本書叙述交、直流电力機車的电气綫路图、制动机、給砂装置、空气系統，以及电力機車的控制和修理。本書譯本分上、下冊出版，上册包括原書的第一～七章，已經出版，下冊包括原書的第八～十五章。

本書可供电力機車司机及付司机閱讀，并可做为中等专业学校的教学用書，以及从事电气化鐵道、矿山电力鐵道工作的技術人員的业务参考。

电 力 机 車 (下 冊)

ЭЛЕКТРОВОЗ

苏联 В. А. РАКОВ 著
П. К. ПОНОМАРЕНКО

苏联国家鐵路運輸出版社 (1956年莫斯科俄文版)

ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ Москва (1956)

上海交通大学电气機車教研組譯

人民鐵道出版社出版

(北京市霞公府17号)

北京市書刊出版业營業許可証出字第 010 号

新 華 書 店 发 行

人民鐵道出版社印刷厂印

書号1565 开本 $787 \times 1092 \frac{1}{8}$ 印張14 $\frac{1}{8}$ 插頁8 字数341千

1959年12月第1版

1959年12月第1版第1次印刷

印数0,001—1,500册 定价(7)1.30元

目 录

第八章 直流电力机车的电气线路图

1. 一般概念.....	1
2. 不用电气制动的六轴电力机车线路图.....	7
3. 具有再生制动的六轴电力机车的线路图.....	28
4. 八轴电力机车线路图.....	57
5. 具有变阻器制动的电力机车线路图.....	68
6. 双电压的 BJ19 系列电力机车线路图.....	85

第九章 单相电力机车的电器设备及线路图

1. 概 論.....	90
2. 变压器.....	91
3. 整流管式整流器.....	93
4. 交流电路的接触器.....	97
5. 异步电动机.....	98
6. 主线路图.....	100
7. 牵引电动机的控制线路图.....	104
8. 辅助电路的线路图.....	110
9. 辅助设备的控制电路.....	112
10. 整流管（引燃管）控制设备及线路图.....	115

第十章 制 动 机

1. 制动机的一般概念.....	116
2. 电力机车制动装置连接的原理图.....	118
3. 滤尘器.....	126
4. 主风缸.....	127
5. 蛇形管.....	128
6. 调压器.....	128
7. 止回阀.....	131
8. 安全阀.....	132
9. 空气滤净器（集尘器）.....	133
10. 司机阀.....	133

11. 滑动式給气閥	138
12. 双机牵引閥和組合閥	139
13. 輔助制动机閥	141
14. 折角塞門和軟管	142
15. 轉換閥	144
16. 空气分配閥	144
17. 电气制动电磁閥	157
18. 自动控制开关	158
19. 排气閥	159
20. 压力表	160
21. 最大压力閥	161
22. 制动缸	162
23. 杠杆傳动装置	163

第十一章 控制及給砂裝置的空气系統

1. 控制空气系統的用途	167
2. 接触濾尘器和閥	171
3. 手动泵	172
4. 信号气笛和风喇叭	173
5. 門和梯子的联鎖装置	175
6. 給砂装置	177
7. 給砂装置的控制	180

第十二章 电力機車的运行

1. 电力機車的机务段	181
2. 电力機車乘务組的值班	183
3. 电力機車的修理	183
4. 电力機車的牵引特性和列車重量的決定	186
5. 电力機車牵引时的工作指标	192

第十三章 电力機車的保养

1. 机械部分的保养	196
2. 牵引电动机的保养	197
3. 輔助机器的維護	201
4. 电器的維護	202
5. 鉛蓄電池組的維護	209
6. 制动和压縮空气装备的保养	212

第十四章 电力机车的控制

1. 电力机车的接班	213
2. 电力机车在工作前的准备	215
3. 在电动方式下驾驶电力机车	217
4. 再生制动	222
5. 变阻器制动	224
6. 空气制动机的控制	225
7. 双机牵引运行	227
8. 补机推送运行	228
9. 在綫路上检查电力机车	229
10. 調換司机室	229
11. 交班	230
12. 在非工作状态下电力机车挂运时的注意事項	230
13. 用低压电开动电力机车	231

第十五章 故障的消除

1. 总的指示	231
2. 低压熔断器熔断	231
3. 輔助电机电路中的故障	232
4. 受电弓的故障	233
5. 电空式电器和控制器的故障	234
6. 起动电阻的损坏和发热	234
7. 电流表沒有讀数或讀数不稳定	235
8. 高速断路器的打开	235
9. 有些电动机开断时电力机车的工作情况	237
10. 蓄电池的故障	238
11. 机械部分的故障	239

附录:

20. 电力机车的公差和磨損的标准	240
21. 电机电刷的数据	258
22. 电力机车零件用潤滑油一覽表	259
23. 貯放在电力机车上的工具、用品和材料一覽表	261

第八章 直流电力机车的电气线路图

1. 一般概念

用繪在紙上的图形来表示电机和电器間电气方面相互連接的方式叫做电气线路图。

电力机车的电气线路图按照牵引电动机所采取的控制系統、牵引电动机的数量、电气制动的种类以及个别电器及电机结构的特点不同而有所不同。

控制系統。电动机有两种控制系統——直接控制和間接控制。

在直接控制时电动机的起动、調速以及断电都由直接接在牵引电动机主电路中的控制器来实现。

在图458, I上表示牵引电动机最简单的直接控制的展开线路图。垂直的虛线1、2、3和4表示控制器的位置,它們对应于接入起动电阻 P_1-P_4 中的某一段电阻。

在线路图中所表示的控制器位置上,受电弓是与牵引电动机断开的。

的,电动机也就不产生牵引力了。当控制器的手柄放到第一位置上时,导线1通过控制器轉鼓的触片和导线2相連,而电流則从受电弓出来经过导线1、控制器的触片、导线2、起动电阻元件 P_1-P_2 、 P_2-P_3 、 P_3-P_4 , 以及牵引电动机的繞組而接地。假如电力机车还没有能开动起来,或者由于产生了反电动势亦使电动机电路内电流减少了,則将控制器手柄移到第二个位置上。在第二个位置时控制器的触片不仅把导线1和导线2相連,而且使导线3也和导线1相連,此时,电流由受电弓出来经过控制器的触片,越过元件 P_1-P_2 , 而流过元件 P_2-P_3 、 P_3-P_4 、和牵引电动机的繞組。再进一步移动控制器的轉鼓,就可以从电路中切除掉元件 P_2-P_3 (在第三位置上) 和 P_3-P_4 (在第四位置上),并且使牵引电动机越过起动电阻直接接到接触線上。

直接控制系統的应用受到功率和接触线电压的限制,因为当电动机功率大时,即使电压低,在电流断开时在控制器触片和触指間也会产生过燒現象。当接触線上

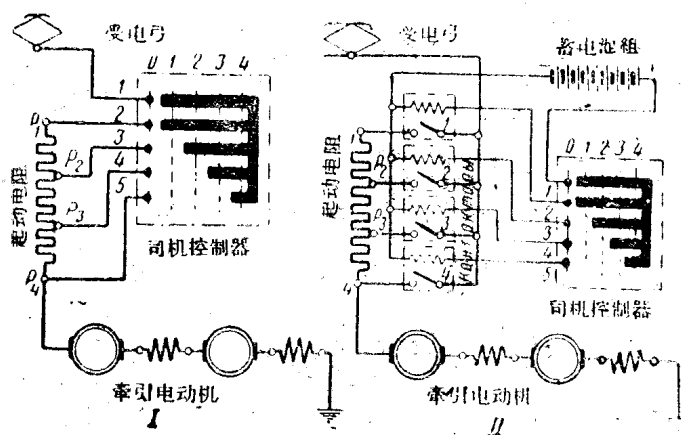


图458 电力机车牵引电动机的直接控制(I)和間接控制(II)的原理线路图

电压为800伏或大于800伏时，电动机直接控制系统对于司机来说是危险的；此外，控制器还具有较大的尺寸。因此，直接控制系统只用在电车以及运行在专用线上的小功率电力机车上。铁道干线电力机车所具有的电压和功率都不允许采用直接控制；所以在干线电力机车上都采用间接远距控制，在用这种控制系统时，是从司机室用控制器控制接触器和其他电器来换接主电路。牵引电动机主电路中的电器大多数是电气传动的（参看第六章），它们的线圈接在与司机控制器相连的低压控制电路中。当控制器手柄转动时低压电路就进行换接，因而闭合或开断接触器的高压部分，或者把电器放置到需要的位置上。

图458, II表示最简单的牵引电动机间接远距控制的线路图，它具有由蓄电池供电的控制线路。在图458, II所表示的控制器位置上，接触器1、2、3和4都打开着，因而牵引电动机电路也是断开的。当控制器手柄移到第一位置时，它的转鼓就用触片将导线1和2接通，这样就形成了由蓄电池正极而来的电路：导线1，控制器触片，导线2，接触器1的线圈，蓄电池的负极。接触器1接通并把牵引电动机和起动电阻元件 P_1-P_2 、 P_2-P_3 、 P_3-P_4 串联到电网上。移动控制器手柄到第二位置时，在导线3中的接触器2线圈的电路接通。接触器2接通并把起动电阻元件 P_1-P_2 从电动机电路中切除掉。控制器手柄移到第三位置上，接通接触器3并从电路中切除出元件 P_2-P_3 。在手柄的第四位置上，接触器4接通，则牵引电动机越过电阻而和接触线直接相连。

接触器接通的次序一般用表格的形式给出，对于上述例子则有如左的形式：

控制器位置	接 触 器			
	1	2	3	4
第 一	1	—	—	—
第 二	1	2	—	—
第 三	1	2	3	—
第 四	1	2	3	4

利用接触器接通表，可以不必沿低压电路找电流的通路就能确定出在所给定的控制器位置上哪一个接触器是接通的。在接触器接通表和通称为控制电路的低压电路的动作之间有着密切的联系。接触器不遵守一定接通次序，表示在电力机车的控制线路中有了故障。

间接远距控制还可以从一个地方用高压电力接触器及仪表同时控制两台或更多台的电力机车。为此，只要把所有电力机车控制线路的导线相互并联就够了。这种系统称为多元制连接的控制系統。

把两台电力机车（每台具有两个控制器）联成多元制（图459）就可以用四个控制器中的任一个来进行控制。假如司机在第一台电力机车上利用控制器№1来控制，则供给两台电力机车控制线路的电源是第一台电力机车的蓄电池。当控制器手柄放到第一位置时，蓄电池电路即经过导线1、控制器的触片、导线2、两台电力机车的接触器1的线圈以及导线6而造成通路。在两台电力机车上的接触器1都闭合并接通牵引电动机的电路。在控制器手柄的第二位置上，两个接触器2同时闭合，在第三位置上两个接触器3同时闭合，在第四位置上则是两个接触器4同时闭合，而两台电力机车的牵引电动机都将不接起动电阻而直接和接触线相连。

将控制器手柄从第四位置移动到第三位置，从第三位置到第二位置，又从第二

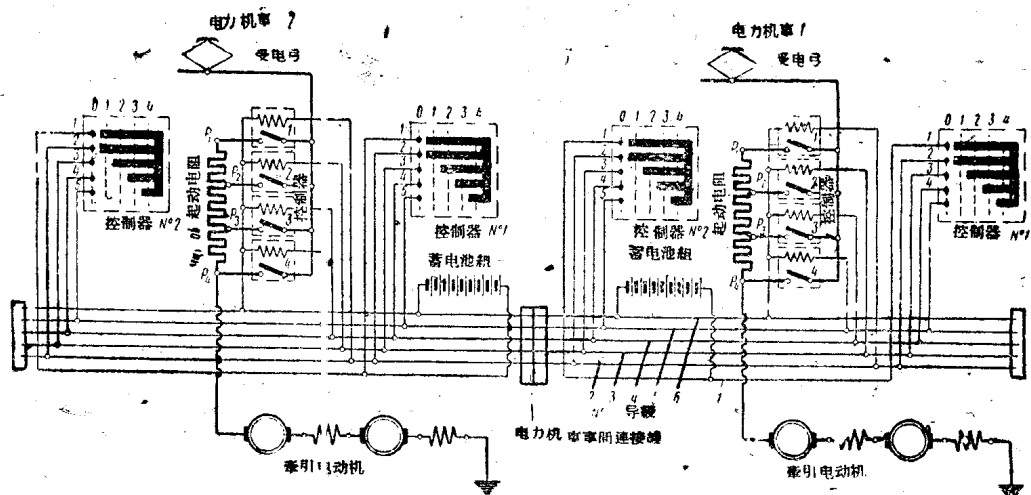


图 459 两台电力机车按多元制的连接线路图

位置到第一位置就将接触器开断并在电动机电路中引入了起动电阻。当控制器的手柄转到零位置时，接触器 1 打开，则两台电力机车上的牵引电动机都从接触网上开断。

两台电力机车的导线用机车间连接线连接起来，并且一台机车的某一导线要与另一台机车编号相同的那一根导线相连。两台电力机车的蓄电池组彼此不并联，因为这样一种连接法将引起均衡电流而使电池过早损坏。

电路的分类。电力机车的电路分为：（1）牵引电动机的主电路；（2）辅助电机和取暖电炉的主电路；（3）控制电路；（4）信号和照明电路等几种。

在牵引电动机的主电路中除了电动机本身以外，还有为了调节起动电流和速度所需的各种电器、为了改变电动机的旋转方向、使电机由电动状态换接到制动状态以及作为保护用的电器。在辅助电机和取暖电炉的主电路中，除了电机和取暖电炉以外，还有控制这些电机和电炉的各种电器、仪表及保护设备。

电力机车主电路是由高压直流的接触线供电。

在控制电路中接有电磁阀、接触器及其他电器的线圈、电器的联锁触头、保护电器的低压触头、司机控制器、励磁机激磁电路的电阻、电压调节器、逆流继电器、辅助电机和取暖电炉、电路中电磁接触器的低压线圈、受电弓气阀的线圈、熔断保护器、一部份按钮开关以及和以上列举各电器相连的导线。

在信号和照明电路中，接有信号和照明灯，熔断保护器以及属于这些电路的按钮开关。

控制、信号以及照明电路都是由低压50伏的蓄电池组或控制发电机来供电。

电气联锁。联锁是用来防止电器误动作的可能性，以保证电路中的各个电器和某些自动换接过程能按照一定的顺序动作。

所有的电气联锁都是在低压下进行的，所以都集中在控制电路中。

在用简接控制系统时，电气联锁是利用附加触头来实现，这些附加触头是接在

控制某些电器动作的电磁线圈或者电磁线圈的电路中，并且，这些附加触头的闭合或者打开是和该电器工作机构的位置机械地相联系着。例如，当电空接触器接通时带有触片的托块的位置就改变，而使联锁触指闭合或开断。

假如，接触器 *A* 的联锁触头接在接触器 *B* 的电磁线圈电路中，则称为接触器 *A* 联锁着接触器 *B*，而接触器 *B* 被接触器 *A* 所联锁。

关于电气联锁动作的方法还可使用继电器：如过载继电器 *PΠ*、过压继电器 *PMH* 和欠压继电器 *PΠH*、自动控制开关 *ABY*。

线路的图例。在绘线路图的时候，利用了一系列的表示符号。导线是用线条来表示的，并且，所有沿电力机车敷设、并称为机车连接线的那些控制电路的导线都用号数来标明（1、2、3、……35、36等）；只在电力机车内部和仪表及电器相连，而并不与机车连接线直接相连的那些控制电路的导线，则用相应的机车连接线路号数并附加注字母来表示，这根相应的连接线路号就是该控制电路的导线经过一些电器的触头或线圈与机车连接线相连的那根机车连接线（例如1*A*、1*B*、2*A*、2*B*……35*A*、36*A*、36*B*等）。由配电盘出来的那些控制电路的导线，一般用字母 *H* 及对应的号数如 *H*₁、*H*₂、*H*₃ 等来表示。

在线路图中写在括弧里面的导线及电器的号数，是电力机车第二控制台处同名导线及电器的号数，例如：*H*1 (*H*2)、*H*8 (*H*38)、67 (68)、80 (81) 等。

在 *H*8 系列电力机车的控制线路中，导线是用附加有数字的字母来表示（31、32、33等）。

在表示电力机车的电气线路时，采用了一系列的字母和符号。下面给出一些最常用的字母符号：

- ABY*——自动控制开关；
- BB*——高速断路器；
- BY*——控制电路开关；
- ВЭТ*——电气制动阀；
- Вкл*——闭式阀；
- Выкл*——开式阀；
- ИШ*——感应分路器；
- КСЦ*——组合转换开关；
- КУ*——按钮控制板；
- ОМ*——电动机断路器；
- ПВ*——通风机电动机的转换开关；
- ПП*——满磁场；
- PMH*——过压继电器；
- PΠ*——过载继电器；
- PΠH*——欠压继电器；
- TK*——制动转换开关（控制器）；
- G*——接地；
- Л1, Л2, Л3*——牵引电动机1、2、3刷握的引出线；
- ЛЛ1, ЛЛ2, ЛЛ3*——牵引电动机1、2、3附加极的引出线；
- К1, К2, К3, КК1, КК2, КК3*——牵引电动机1、2、3主磁极绕组的引出线；
- О1, О2, О3*——电动机断路器的端子；
- P1, P2, P3*——电阻元件的端子或引出线；

在图460上给出了电力机车线路图中所采用的主要绘图表示符号：

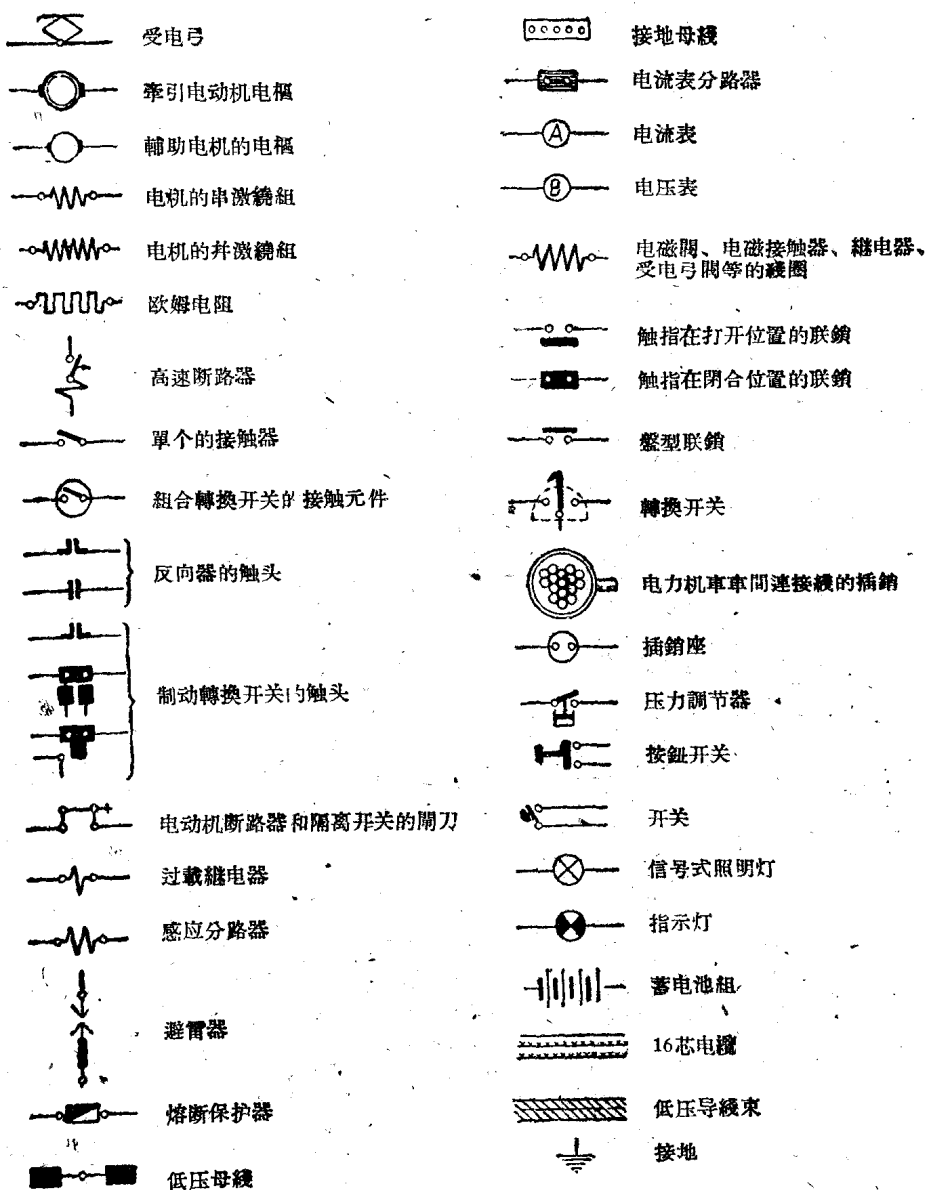


图460 线路图中所采用的表示符号

图461*及462*等图上的线路图中联锁触头旁都标明着装置这个联锁触头的那一电器设备的字母符号或数字。例如，具有符号OM的联锁触头(联锁)就是属于也具有符号OM的电动机断路器的。同样，在联锁触头旁的数字1，表示这个联锁触头是和接触器1相连(参看图462)。联锁触头在线路图上绘成矩形，如果它和导线相对地分开，则表示这个联锁触头所属的那个接触器在接通位置时，它是接通的；相反地，该接触器打开时则它也打开。

在KCH之后的字母C、CH、和H表示当组合转换开关在串联、串-并联、或

图461、462、463、477~486、489和490附于书末。

并联位置时这个联鎖触头是接通的。符号 $KC\Pi-C-C\Pi$ 表示当組合轉換开关在串联和串-并联位置时这个联鎖触头是接通的；而 $KC\Pi-C\Pi-\Pi$ 表示在串-并联和并联时是接通的。

在联鎖触头上的符号 $TK-M$ 和 $TK-T$ ，表示对应于制动轉換开关在制动和牵引位置时这个触头是接通的。

符号 $\Pi B-B$ 和 $\Pi B-H$ 表示当电动通风机的轉換开关在高速 B 和低速 H 位置时，这个联鎖触头是接通的。

电力機車綫路图的特点。直流电力機車牵引电动机主电路的特点是由所采用的电气制动系統、起动电阻元件的布置、电动机電樞繞組和主磁极繞組的连接次序，以及組合轉換开关所起的作用来决定。能在两种电压下运行的电力機車的主电路具有很大的特点。

輔助电机和取暖电炉的连接綫路决定于所采用的电机及电炉的型号。例如，电压为1500伏的电动压縮机以及电动通风机，在正常工作时就有必要成对地串联到电力機車的受电弓上，而在它們間有一台发生故障时，为了能繼續工作，要把第二台改接到电动发电机的中点上。假如，在电力機車上装有按端电压为3000伏而設計的电动通风机，如果要想使通风机低速旋轉，則把两台电动机串联起来。

控制电路的特点則根据电力機車主綫路的不同而有所不同，而由个别的电器及附加的仪表設備所組成。

照明綫路的特点是决定于照明点的灯泡和插头的数量及其布置状况。

部分 $БЛ22^M$ 、 $БЛ19$ 系列的电力機車以及 $БЛ19^M$ 系列和 C_0 、 C 、 C_k (C_0^M 和 C^M)系列等改进过的电力機車，具有不采用电气制动的綫路。

在这些电力機車上，牵引电动机的組合轉換开关用来将起动变阻器的一些支路，从一种连接方式轉換到另一种连接方式。在这些电力機車上还經常接有均压綫，并且采用电动机電樞和激磁繞組交錯连接的方法。当一組电动机拉开时，也可以开断一条起动变阻器的支路来实现起动。 $БЛ22$ 、 $H8$ 、 CK^y 、 C_0 、 C 和 C^M 等系列的电力機車，以及部分 $БЛ22^M$ 系列和第一批出产的 $БЛ23$ 系列的电力機車，都具有能进行再生制动的牵引电动机的主电路。这些电力機車都具有轉換电阻，当由一种连接方式轉換到另一种连接方式时，牵引电动机就短接到这些电阻上；而在沒有再生制动的电力機車上，是沒有这种轉換电阻的。

在 H 和 $БЛ23$ 系列电力機車的綫路图中可以进行这样的換接：当一台牵引电动机损坏时，其余电机仍可串联起来。

大部份 $БЛ19$ 系列的电力機車具有能进行变阻器制动的綫路。而一部分 $БЛ19$ 系列电力機車具有既可以在3000伏电压的接触綫下运行，也可以在1500伏下运行的綫路。

$БЛ19-41$ 号电力機車只按1500伏的接触綫电压而設計，它的牵引电动机整流子上的工作电压为750伏。这台电力機車的綫路能进行变阻制动。

除了 C_0 、 C 和 $БЛ19$ 等系列的电力機車只是运行在接触綫电压为1500伏的区段

而外，其他各系列电力机车的工作电压都为3000伏。

2. 不用电气制动的六轴电力机车线路图

不用电气制动的 ВЛ22^М，ВЛ19，ВЛ19^М 和 СК 系列的六轴电力机车具有六台牵引电动机。这些电动机可以连接成串联、串-并联和并联（见图227）。在每一种连接方式上都能得到满磁场和两级削弱磁场。

下面叙述不用电气制动的 ВЛ22^М 系列电力机车线路的工作情况。在本节之末，概括介绍了几批生产的不用电气制动的 ВЛ22^М 电力机车以及 ВЛ19^М 和 ВЛ19 系列电力机车线路图的特点。

ВЛ22^М 系列电力机车牵引电动机的主电路。在电力机车准备开行后，升起受电弓、起动辅助电机、接通控制电路的开关和高速断路器，把司机控制器的反向手柄放到“向前”或“向后”的位置上，而主手柄扳到第一级位置上。在这一位置上单个的电空接触器1、2、4、6和依次放着的组合转换开关的接触器28、32、35、37、和39接通（见第8页，不用再生制动的 ВЛ22^М 电力机车接触器接通次序表）。

主电路电流从受电弓下来，经过主隔离开关53（见图461）、高速断路器BB、接触器1和2，而依次流过变阻器和电动机电路，这条通路是电阻P11—P12、P12—P13、P13—P14、P14—P15、P15—P16、接触器37和6、电阻P21—P22、P22—P23、P23—P24、接触器39和4、电阻P31—P32、P32—P33、P33—P34、P34—P35、电动机断路器OM1-2的闸刀、过载继电器PΠ1-2的线圈、电动机1和2的电枢、反向器的触头、电动机1和2的激磁绕组、反向器的触头、电动机断路器OM1-2的闸刀、接触器28、电动机断路器OM3的闸刀、过载继电器PΠ3的线圈、电动机3的电枢、反向器的触头、电动机3的激磁绕组、反向器的触头、电动机断路器OM3的闸刀、接触器32、电动机断路器OM4的闸刀、过载继电器PΠ4的线圈、电动机4的电枢、反向器的触头、电动机4的激磁绕组、反向器的触头、电流表的分路器、电动机断路器OM4的闸刀、接触器35、电动机断路器OM5-6的闸刀、过载继电器PΠ5-6的线圈、电动机5和6的电枢、反向器的触头、电动机5和6的激磁绕组、反向器的触头、电动机断路器OM5-6的闸刀、电度表的电流线圈150，而最后接地（钢轨）。

把司机控制器主手柄向后一直移到第16位置上，各接触器接通而把起动电阻元件彼此并联和短路起来以保证电力机车起动；而电动机本身的电路在这些位置上并不改变。利用图461的线路图和接触器接通次序表，这点是可以看出的。

图463a-2表示在司机控制器主手柄的第1—16位置上电流沿起动变阻器的通路，并简短地叙述了控制电路的接通情况（见下面）。

在司机控制器主手柄的第16位置上，接触器3闭合并准备改接起动电阻的各支路。当控制器主手柄从第16转换到第17位置时，在第16位置上短接起动电阻元件的一些接触器7、8、9、10、11、13、14、15、16、17和18打开。

在这些短接起动电阻元件的接触器打开以后，出现了和六台电动机串联着的第

不用再生制动的 B722^M 电力

电动机 连接法	位置	个 别 接																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
串 <																					

機車接觸器接通次序表

觸 器						組 合 接 觸 器														各位置的 電 阻 值 (歐)
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
—	—	—	—	—	—	—	28	—	—	—	32	—	—	35	—	37	—	39	—	27.18
—	—	—	—	—	—	—	28	—	—	—	32	—	—	35	—	37	—	39	—	18.9
—	—	—	—	—	—	—	28	—	—	—	32	—	—	35	—	37	—	39	—	13.9
—	—	—	—	—	—	—	28	—	—	—	32	—	—	35	—	37	—	39	—	11.2
—	—	—	—	—	—	—	28	—	—	—	32	—	—	35	—	37	—	39	—	9.67
—	—	—	—	—	—	—	28	—	—	—	32	—	—	35	—	37	—	39	—	8.2
—	—	—	—	—	—	—	28	—	—	—	32	—	—	35	—	37	—	39	—	6.8
—	—	—	—	—	—	—	28	—	—	—	32	—	—	35	—	37	—	39	—	5.8
—	—	—	—	—	—	—	28	—	—	—	32	—	—	35	—	37	—	39	—	4.845
—	—	—	—	—	—	—	28	—	—	—	32	—	—	35	—	37	—	39	—	3.9
—	—	—	—	—	—	—	28	—	—	—	32	—	—	35	—	37	—	39	—	2.894
—	—	—	—	—	—	—	28	—	—	—	32	—	—	35	—	37	—	39	—	1.979
—	—	—	—	—	—	—	28	—	—	—	32	—	—	35	—	37	—	39	—	1.409
—	—	—	—	—	—	—	28	—	—	—	32	—	—	35	—	37	—	39	—	0.828
—	—	—	—	—	—	—	28	—	—	—	32	—	—	35	—	37	—	39	—	0.394
—	—	—	—	—	—	—	28	—	—	—	32	—	—	35	—	37	—	39	—	0.00
21	22	—	—	—	—	—	28	—	—	—	32	—	—	35	—	37	—	39	—	0.00
21	22	23	24	25	26	—	28	—	—	—	32	—	—	35	—	37	—	39	—	0.00
—	—	—	—	—	—	—	28	—	—	—	32	—	—	35	—	37	—	39	—	—
—	—	—	—	—	—	—	28	—	—	—	32	33	—	35	—	37	—	39	—	—
—	—	—	—	—	—	—	28	—	—	—	—	33	—	35	—	37	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	28	—	30	31	—	33	—	35	—	37	—	—	40	3.76
—	—	—	—	—	—	—	28	—	30	31	—	33	—	35	—	37	—	—	40	2.72
—	—	—	—	—	—	—	28	—	30	31	—	33	—	35	—	37	—	—	40	2.44
—	—	—	—	—	—	—	28	—	30	31	—	33	—	35	—	37	—	—	40	2.02
—	—	—	—	—	—	—	28	—	30	31	—	33	—	35	—	37	—	—	40	1.68
—	—	—	—	—	—	—	28	—	30	31	—	33	—	35	—	37	—	—	40	1.32
—	—	—	—	—	—	—	28	—	30	31	—	33	—	35	—	37	—	—	40	1.01
—	—	—	—	—	—	—	28	—	30	31	—	33	—	35	—	37	—	—	40	0.744
—	—	—	—	—	—	—	28	—	30	31	—	33	—	35	—	37	—	—	40	0.41
—	—	—	—	—	—	—	28	—	30	31	—	33	—	35	—	37	—	—	40	0.217
—	—	—	—	—	—	—	28	—	30	31	—	33	—	35	—	37	—	—	40	0.00
21	22	—	—	—	—	—	28	—	30	31	—	33	—	35	—	37	—	—	40	0.00
21	22	23	24	25	26	—	28	—	30	31	—	33	—	35	—	37	—	—	40	0.00
—	—	—	—	—	—	—	28	—	30	31	—	33	—	35	—	37	—	—	40	—
—	—	—	—	—	—	—	27	28	—	30	31	—	33	—	35	36	37	—	40	—
—	—	—	—	—	—	—	27	—	—	30	31	—	—	—	—	36	37	—	40	—
—	—	—	—	—	—	—	27	—	29	—	—	32	—	34	—	36	—	38	—	1.65
—	—	—	—	—	—	—	27	—	29	—	—	32	—	34	—	36	—	38	—	1.19
—	—	—	—	—	—	—	27	—	29	—	—	32	—	34	—	36	—	38	—	0.86
—	—	—	—	—	—	—	27	—	29	—	—	32	—	34	—	36	—	38	—	0.70
—	—	—	—	—	—	—	27	—	29	—	—	32	—	34	—	36	—	38	—	0.508
—	—	—	—	—	—	—	27	—	29	—	—	32	—	34	—	36	—	38	—	0.43
—	—	—	—	—	—	—	27	—	29	—	—	32	—	34	—	36	—	38	—	0.259
—	—	—	—	—	—	—	27	—	29	—	—	32	—	34	—	36	—	38	—	0.143
—	—	—	—	—	—	—	27	—	29	—	—	32	—	34	—	36	—	38	—	0.00
21	22	—	—	—	—	—	27	—	29	—	—	32	—	34	—	36	—	38	—	0.00
21	22	23	24	25	26	—	27	—	29	—	—	32	—	34	—	36	—	38	—	0.00

三条电阻支路 $P31-P35$ ；这时前两条支路被接触器 3 所短接着。这就保证了必要的转换电阻并得出第 I 转换位置（见接触器接通表）。

在第 17 位置上，组合转换开关的轴从串联位置旋转到串-并联位置。在组合转换开关旋转过程中，电动机电路按照下面的次序进行换接。首先打开接触器（接触元件）39，它开断了短接着的第一第二两起动电阻的串联电路，又接通短接电动机 4、5 和 6 的接触元件 33（第 II 转换位置）。然后把连接电动机 4、5 和 6 电路与电动机 1、2 和 3 电路的接触元件 32 打开（第 III 转换位置）。将电阻电路中的接触元件 40，和电动机电路中的接触元件 30、31 接通就完成了线路的转换过程。接触元件 40 接到均压线上，使第一和第二条电阻支路串联起来并和第三条电阻支路并联。同时，电动机组 1、2、3 和 4、5 和 6 并联着而经接触元件 30 及 31 接到均压线上。

这样就完成了转换到串-并联连接的第一位置（即第 17 位置）。

当控制器主手柄在第 17 位置上时，主电路的电流从受电弓下来，经过主隔离开关 53 及高速断路器 BB 分为两个并联电路流经起动电阻（见图 461）：

第一条电路：接触器 1、2，电阻 $P11-P12$ ， $P12-P13$ ， $P13-P14$ ， $P14-P15$ ，接触器 12，37，6，电阻 $P21-P22$ ， $P22-P23$ ， $P23-P24$ ，接触器 40；

第二条电路：接触器 3、4，电阻 $P31-P32$ ， $P32-P33$ ， $P34-P34$ 和 $P34-P35$ 。

均压线给这些起动电阻电路造成了一个公共连接点。然后电流又分为两个并联电路；

第一条电路：接触器 30-31，电动机断路器 OM 4 的闸刀、过载继电器 $P\Pi 4$ 的线圈 1、牵引电动机 4 的电枢、反向器的触头、牵引电动机 4 的激磁绕组、反向器的触头、电流表的分路器、电动机断路器 OM 4 的闸刀、接触器 35，电动机断路器 OM 5-6 的闸刀、过载继电器 $P\Pi 5-6$ 的线圈、电动机 5 和 6 的电枢、反向器的触头、牵引电动机 5 和 6 的激磁绕组、反向器的触头、牵引电动机断路器 OM 5-6 的闸刀、电度表而接地；

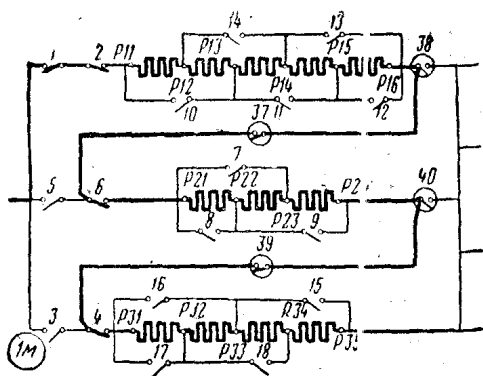
第二条电路：电动机断路器 OM 1-2 的闸刀、过载继电器 $P\Pi 1-2$ 的线圈、牵引电动机 1 和 2 的电枢、反向器的触头、牵引电动机 1 和 2 的激磁绕组、反向器的触头、电动机断路器 OM 1-2 的闸刀、接触器 28、电动机断路器 OM 3 的闸刀、过载继电器 $P\Pi 3$ 的线圈、牵引电动机 3 的电枢、反向器的触头、牵引电动机 3 的激磁绕组、反向器的触头、电动机断路器 OM 3 的闸刀、接触器 33、电度表而接地。

在控制器主手柄其余的串-并联位置上（从第 18 到第 27 位置），牵引电动机本身的电路并不改变，而是把起动电阻元件加以短路并且互相并联起来。

图 464a~B 表示控制器主手柄在第 17~27 位置上电流沿起动电阻的通路。

线路接触器 5 在第 27 位置上的接通好像接触器 3 在第 17 位置上接通那样，为起动电阻支路的改接做好准备。

当控制器的主手柄从第 27 转换到第 28 位置时，接触器 7、8、9、10、11、12、14、15、16 和 18 等打开。在这些接触器打开以后，两支并联的起动电阻 $P21-P24$ ，和

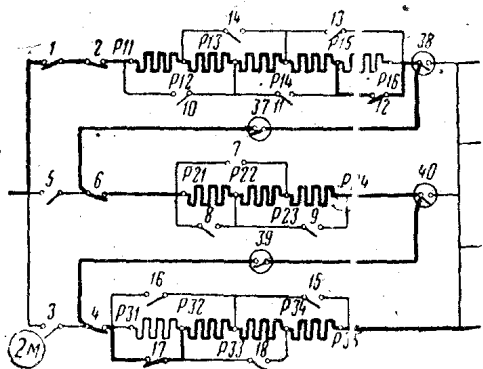


第 1 位置

分析如下 (見第17和第18頁)。

接觸器1, 2, 37, 6, 39和4接通。

主電路中起動變阻器元件全部串聯。



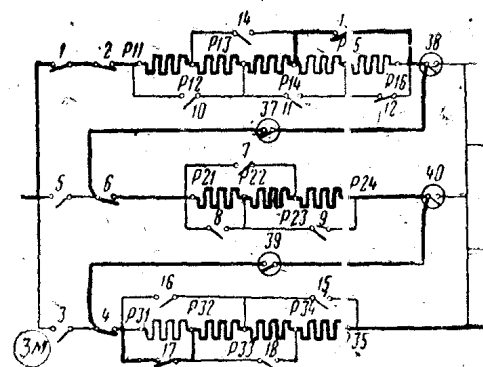
第 2 位置

接通電路：導綫9，接觸器17的繞圈，地；導綫10，接觸器12的繞圈，地。

接通接觸器12和17。

已經接通的接觸器：1, 2, 12, 37, 6, 39, 4和17。

起動變阻器元件 P15-P16 和 P31-P32 加以短路。



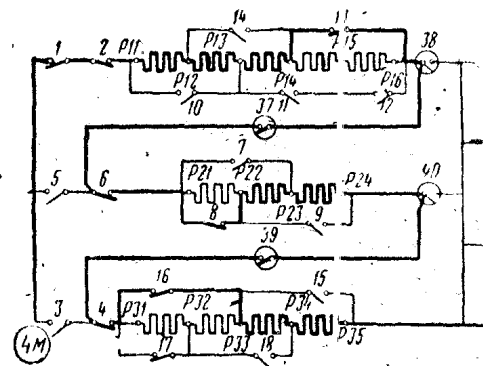
第 3 位置

接通電路：導綫11、接觸器13的繞圈、地。

接通接觸器13。

已經接通的接觸器：1, 2, 13, 12, 37, 6, 39, 4和17。

起動變阻器元件 P14-P15 加以短路。



第 4 位置

接通電路：導綫12，接觸器8的繞圈，地，導綫14、接觸器16的繞圈、地。

接通接觸器8和16。

打開接觸器12。

已經接通的接觸器：1, 2, 13, 37, 6, 8, 39, 4、16和17。

起動變阻器元件 P21-P22 和 P32-P33 加以短路。

圖463, a 控制器主手柄在第1~4位置時電流沿起動電阻的通路