

高等学校教学用书

电力铁道机车车辆

第三卷 上册

Б. Н. 齐赫梅聶夫
Л. М. 特拉賀特曼 合著

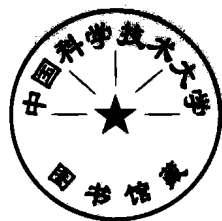
人民铁道出版社

高等学校教学用书

电力铁道机车车辆

第三卷 上册

Б·Н·齐赫梅聶夫 合著
Л·М·特拉賀特曼
唐山铁道学院杜慶萱等譯



人民铁道出版社

一九五六年·北京

本冊系根据苏联國家铁路運輸出版社一九五一年出版之
B·H·齊赫梅義夫及Л·М·特拉賀特曼所著之「電力
鐵道機車車輛」第三卷第一編譯出，其他各卷譯本將陸續分
冊出版。原書共分三卷，並經苏联高等教育部批准為高等學
校之教材參考書。

本冊系直流電力鐵道機車車輛部分，內容敘述直流牽引
電動機的開動與速度調節，電氣制動，器械，主綫路，控制
電路及輔助電路的理論、電路及設備構造。

本冊可供高等學校電氣運輸系之教材，電氣化鐵道工程
師、技術員及從事礦山電力鐵道的技術人員之業務參考。

本冊系由唐山鐵道學院電氣運輸系杜慶萱、劉潤田等合
譯。

電力鐵道機車車輛

第三卷 上冊

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ

ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Б·Н·ТИХМЕНЕВ

苏联

合著

Л·М·ТРАХТМАН

苏联國家铁路運輸出版社（1951年莫斯科俄文版）

ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ

Москва 1951

唐山鐵道學院杜慶萱等譯

責任編輯 周士鍾

人民鐵道出版社出版（北京市霞公府七七號）

北京市書刊出版營業許可証出字第零壹零號

新華書店發行

人民鐵道出版社印刷廠印（北京市建國門外七聖廟）

一九五六年十月初版第一次印刷平裝印1—1,885冊

書號：207 開本：787×1092_{1/16} 印張20₈插圖1頁 千字160 定價（10）3.40元

序 言

本書是「電力鐵道機車車輛」教程的第三部份。在這本書里面闡述了由接觸網供電的電力機車車輛電氣設備問題。

本書的內容與敘述的次序是符合於鐵道學院電氣運輸專業的教學大綱的。

與一九三九年所出版的教本「電力鐵道機車車輛——電氣部份」相比較，全書所有各章都已完全重新編寫，在「牽引電動機的開動與速度調節」，「電氣制動」及「器械」這幾章內已刪去了陳舊過時的材料並在理論部份予以補充。

電氣設備線路構成的原理是用蘇聯本國電力機車車輛的實際例子來說明的。

因為另有專業書籍從事蘇聯本國電力機車與摩托車輛的敘述，所以本書就刪除了這方面參考性質的材料。

本書的第一編研究蘇聯電力鐵道上專用的直流電力機車與摩托車輛的電器設備。

本書的第二編談到交流電力機車與摩托車輛的電器設備。

蘇聯設計者在電力機車車輛先進的結構與電器設備線路方面的成就及蘇聯科學家在現代電力牽引理論的研究創造上的成就也在本書內得到充分的反映。

在寫這本書的時候，作者假定讀者業已熟悉電力牽引理論基礎及牽引電動機。

作者寫此書時，不僅考慮到此書有用作教材的可能而且也考慮到作為設計時參考之可能。

最後作者對於列寧格勒鐵路運輸學院電力牽引教研組全體人員以及蘇聯交通部鐵路運輸科學研究院的 H. H. 西特洛夫副教授與研究員 Г. A. 彼得洛夫在本書編寫過程中所提供的寶貴意見致以深刻的謝意。

作 者

目 錄

第一編 直流电力鉄道の機車車輛

第一章 牽引電動机的開動与速度調節

I. 牽引電動機控制概論	1
§1. 速度調節的方法	1
§2. 控制系統	3
II. 經濟速度級	8
§3. 牽引電動機的組合	8
§4. 牽引電動機的磁場削弱	12
III. 變阻開動	19
§5. 開動時電阻的調節	19
§6. 開動電阻內的損失	20
§7. 變阻開動系統	23
IV. 開動變阻級的計算	25
§8. 階級式變阻開動	25
§9. 一種牽引電動機組合時變阻級的計算与開動圖	27
§10. 具有電動機組合轉換的變阻開動之變阻級計算及開動圖	30
V. 牽引特性曲綫及其对黏着重量利用的影响	33
§11. 牽引特性曲綫的动力硬度系数	33
§12. 各輪軸牽引特性曲綫的偏差对黏着重量利用系数的影响	35
§13. 当考慮到輪軸空轉現象时牽引電動機組合对黏着重量利用的影响	38

第二章 電 氣 制 動

I. 概論	45
§1. 制動特性曲綫	47
§2. 在電氣制動的情況下电机的電穩定性的条件	49
II. 變阻制動（電阻制動）	56
§3. 變阻制動的特性曲綫	56
§4. 電動機串激磁時的變阻制動	59
§5. 他激磁的變阻制動	67
§6. 變阻制動級的計算	69
III. 电机由電網激磁時的再生制動	71

§7. 再生制动的特性曲綫	71
§8. 並激電動機的再生制動	75
§9. 復激電動機的再生制動	78
IV. 他激電動機的再生制動	84
§10. 他激再生制動系統一般的特性曲綫	84
§11. 具有穩定電阻的綫路圖	85
§12. 具有穩定電阻的綫路圖的再生制動特性曲綫分析	92
§13. 具有穩定電阻的綫路圖的電穩定性	97
§14. 具有由電力機車或摩托車輛輪軸傳動的激磁機的再生制動	99
§15. 激磁機差激磁的綫路圖	101
V. 具有電壓經濟調節的系統	108
§16. 交磁轉換機	109
VI. 電氣制動時的滑行現象	114
§17. 變阻制動時的滑行(14)	116
§18. 再生制動時的滑行	120

第三章 器 械

I. 結構元件	123
§1. 接觸	123
§2. 電弧的熄滅	128
§3. 傳動裝置	131
II. 受流器	145
§4. 受電弓架(伸縮集電器)	146
§5. 軌道式受流器	152
§6. 接地裝置	153
III. 電阻與感應分路	154
§7. 電阻元件	154
§8. 電阻箱與電阻屏板	158
§9. 感應分路	160
IV. 高壓控制器械	161
§10. 斷路器	161
§11. 電-空氣接觸器	164
§12. 組合接觸器(控制器)	170
§13. 主綫路轉換開關	177
§14. 電磁接觸器	179
§15. 輔助電動機的開動裝置	182
V. 保護器械	184
§16. 保安熔斷器	184
§17. 過載繼電器	188

§18. 电压繼电器	190
§19. 快作用开关 (高速度开关)	191
§20. 避雷器	197
Ⅴ. 低压控制器械	200
§21. 控制器	200
§22. 加速度繼电器与中間繼电器	205
§23. 控制电路的断路器	206
§24. 电气制动与空气制动的联鎖器械	207
Ⅶ. 輔助器械	207
§25. 电压調節器	207
§26. 反流繼电器 (逆流繼电器)	212
§27. 压力調節器	213
§28. 受电弓架閣	214
§29. 控制开关	215
§30. 按钮开关 (手柄开关)	216
§31. 車輛間的联結器	218

第四章 主 綫 路

Ⅰ. 概論	219
Ⅱ. 从一种电动机联接到另一种联接的轉換綫路	220
§1. 两种电动机联接下的短路轉換	220
§2. 三种电动机联接下的短路轉換	227
§3. 电动机的分路轉換	230
§4. 桥路轉換	232
Ⅲ. 开动电阻綫路圖	237
§5. 电动机短路轉換和分路轉換时的开动电阻綫路圖	237
§6. 三种电动机联接的开动电阻綫路圖	244
§7. 桥路轉換时的开动电阻綫路圖	247
Ⅳ. 开动-制动电阻的热計算	248
§8. 摩托車輛电阻的热計算	248
§9. 电力機車电阻的热計算	250
Ⅴ. 主綫路的保护	254
§10. 过载保护	254
§11. 短路保护	256
§12. 欠压和零压保护	256
§13. 空轉保护	257
§14. 变阻制动时的主綫路保护	258
§15. 再生制动时主綫路的保护	259
Ⅵ. 主綫路的实例	260

§16. C^P 型摩托車輛組聯的主線路圖	260
§17. 具有變阻制動的 Π 型摩托車輛主線路圖	267
§18. 具有他激磁變阻制動的摩托車輛組聯 (電氣分組) 的主線路圖	270
§19. 具有再生制動的 $BJ22^M$ 型電力機車主線路圖(12)	272

第五章 控制 電 路

I. 總論	281
§1. 一般要求	281
§2. 習用符號	282
§3. 聯鎖方法	284
II. 非自動的控制綫路	295
§4. 用個別接觸器的控制綫路	296
§5. 組合轉換開關的控制綫路	299
§6. $BJ22^M$ 型電力機車的控制綫路	302
III. 自動控制綫路	307
§7. 個別接觸器的控制	308
§8. 具有電空氣式傳動的組合控制器 (ПКГ-162A) 的控制	310
§9. 具有油-空氣式傳動的組合控制器的控制	314
§10. 具有 Л.Н. 雷歇托夫式傳動的組合控制器的控制	316
§11. C^P 型摩托車輛的控制綫路	319
§12. 莫斯科地下鐵道 Π 型摩托車輛的控制綫路	322

第六章 輔 助 電 路

I. 輔助機器	326
§1. 電動壓縮機	326
§2. 電動通風機	327
§3. 電動-發電機	331
§4. 分壓機	334
§5. 控制發電機	386
§6. 輔助電路的主綫路	336
II. 控制, 照明與信號電路的供電綫路	342
§7. 電網電壓在 750 伏以下的供電綫路	342
§8. 電網電壓高於 750 伏時的供電綫路	345
III. 輔助的控制電路	347
§9. 電動壓縮機的控制綫路	348
§10. 電動通風機的控制綫路	350
§11. 電動-發電機的控制綫路	351
§12. 電爐的控制綫路	352
§13. 照明控制	352
§14. 受電弓架的控制	352

第一編 直流電力鉄道の機車車輛

第一章 牽引電動機的開動與速度調節

I · 牽引電動機控制概論

§1. 速度調節的方法

當牽引電動機在固定電壓 U 下工作時，其旋轉速度等於：

$$n = \frac{U - IR}{c_1 \phi} \text{ 轉/分} \quad (1)$$

式中 I ——電動機的電流；

ϕ ——激磁通量；

R ——電動機繞組的電阻；

c_1 ——由電動機參數決定的常數。

電力機車（摩托車輛）的速度等於

$$v = \frac{U - IR}{c \phi} \text{ 公里/小時}, \quad (1')$$

$$\text{式中} \quad c = c_1 \frac{60\mu}{3.6\pi D}, \quad (2)$$

此處 D ——主動輪滾動圓周之直徑，公尺；

μ ——齒輪傳動（齒輪聯動裝置）之傳動比。

牽引電動機在電力機車或摩托車輛車輪圓周上所產生的牽引力等於

$$\begin{aligned} F &= \frac{2\mu\eta_3}{D} M = \eta_3 \left[KI\phi - \frac{0.367 P_m}{v} \right] = \\ &= 0.367\eta_3 \left[\frac{EI}{v} - \frac{P_m}{v} \right] \text{ 公斤}, \end{aligned} \quad (3)$$

式中 M ——電動機在軸上的轉矩，公斤公尺；

P_m ——電動機的機械損失及鉄損失，瓦；

η_3 ——齒輪傳動效率。

如已知激磁通量与电流的关系 $\phi = f(I)$ ，則利用公式 (1') 及 (3)，可求出电动机的速度特性曲线 $v = f(I)$ 及牵引力特性曲线 $F = f(I)$ 。 $\phi = f(I)$ 关系式之性质，由电动机所采用的激磁方法(串激、並激或复激)决定。串激、並激与复激电动机的速度特性曲线 $v = f(I)$ 和牵引力特性曲线 $F = f(I)$ ，表示在圖1—3中 [1]。

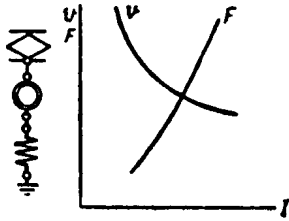


圖 1

在电力機車車輛中串激电动机应用最廣，因此如果在以后的叙述中未特別規定电动机的型式时，即指串激电动机而言。

在开动时与区間行駛时，調節速度与牵引力所遵循的规律 $v = f(I')$ ，和牵引电动机在 $U = \text{常数}$ 下运转时的规律不同。

由式 (1') 可见；此时之調速工作，可以用調節通量 ϕ 或电动机上的电压 U 進行。

以上两种調節速度的方法，都被廣泛採用。

但第一种方法的調速范围，一方面受到安全整流条件的限制，另一方面又受机器磁路饱和的限制。

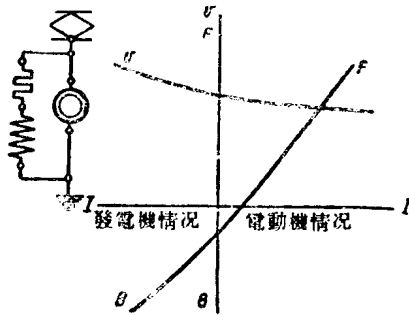


圖 2

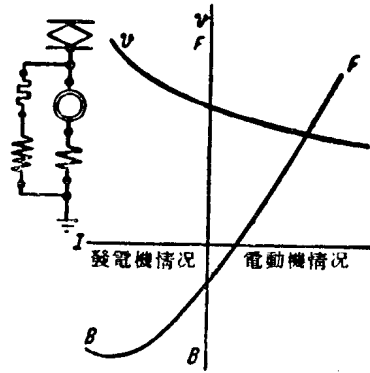


圖 3

採用特別設計在廣闊的磁場調節范围工作的电动机，可使調速范围擴大。这种电动机在相等的容量下，其重量与尺寸必然較一般应用在电力機車車輛上的电动机为大，故其应用之有利性，应由技術經濟的条件而考慮决定之。

用改变电动机电压的速度調節，沒有上述的限制，且可按三种方法进行：

- (1) 在电动机电路内加入可調節的欧姆电阻；
- (2) 將不同数目的电动机或电动机組合串联接於电網电压；
- (3) 用特殊的机器或器械变换电網电压，使二次电压可予調整。

用电阻調節速度將造成电能损失，因此只可用於开动的时候。列車長期行駛时速度的調節，顯然不能採用这种方法。

第二种方法不致產生开动电阻中的损失，但当綫路中电动机数目不多时，用此方法只可得到少数速度級，这對於开动的情况來說是不够的。

第三种方法大都使用在这种情况下，即机組除調節电压外，尚須兼任其他工作，例如：將接触導綫（接触電綫）上的交流变成直流（單相電力機車——用電動發電机的和用水銀整流器的）。这种控制牽引電動机的办法，由於輔助机組的重量与成本过大，在直流電力機車与摩托車輛中很少应用。

現代的直流電力機車車輛的速度調節，系採用前面兩種电压調節方法，而且大都兩法同时应用，一般在電動机上並另加改变激磁通量的調速办法。

列車長期行駛時所用的調節特性曲綫，系由採用不同的電動机組合（联結）及磁場削弱而得，故称为經濟或自动特性曲綫，以区别於牽引電動机电路內加入調節电阻而得的特性曲綫。

开动通常是在電動机組合串联联結，开动电阻全部接入及滿磁場時开始。按照速度增加的程度，开动电阻逐漸由电路中截出。

当全部电阻被截出后，電動机便重新組合到較高的經濟速度級，但此时在电路內应預先重新接入开动电阻。此后再逐漸將电阻截出，以繼續進行开动。

在相當於最高經濟速度級的電動机最后組合上，当开动完結后，速度的繼續提高，系用電動机激磁磁場之削弱進行。

在个别情況下，磁場削弱还应用在开动的起始階段，以減弱牽引力的起始震動，並且还应用在電動机中間联結時，以獲得額外的經濟級。

制动过程是速度調節的一种形式。

在電力機車車輛上，除机械制动外，还可以採用將牽引電動机轉变为發電机的电气制动。

电气制动不但可用作下坡時調節速度的方法，也可在列車停止过程中作为降低速度的方法。在电气制动時，还可以採取用在开动時的同样調速方法：即調節当作發電机工作的電動机磁場；或用上述三種方法之一調節电压。

§2. 控 制 系 統

牽引電動机与开动的、調速的、电气制动的、換向逆轉牽引電動机的、保护的，以及接受电流的器械，在电气方面互相联結，組成一个綫路。此綫路称为主綫路或主电路，以区别於電力機車或摩托車輛的其他輔助电路。

主电路器械應該保證下列与控制牽引電動机有关的主要工作：

- (1) 將電動机由一种联結轉換到另一种联結；
- (2) 开动电阻級的轉換；
- (3) 改变電動机激磁繞阻匝数，或接入分路以削弱磁場；
- (4) 將電動机反轉改变行車方向；
- (5) 由牽引状态到电气制动状态的轉換。

電力機車或摩托車輛的控制，就是作上述各種的轉換。这些轉換，是借控制器械進行的。

控制器械，系用手（直接控制）或各种不同机械使其动作。用机械时，系借特殊的所谓控制电路，由司机作遙距控制（間接控制）。

直接控制系统。在这种系统中，控制牵引电动机的全部动作，由一个称为主控制器的器械操縱。

在控制器內，所有必要的轉換，是用帶接触扇的鼓与接触指或帶凸輪接触器的軸來進行的。接触按照規定的次序閉合。

接触指或接触器和电动机、开动电阻以及主电路其他元件相联。当鼓和凸輪軸轉动时，电路中即進行轉換。电路中必要的轉換次序，由接触指与接触扇或凸輪軸的凸出部份成一定的相对位置來獲得。所以控制，就是將控制器的手柄，按一定方向移动。

手柄不宜作均匀移动，而应作躍進式的移动，在每一新的位置停留一定時間，以便留出必要的間隙，讓列車速度作相应的变化。

圖 4 表示用鼓型控制器直接控制一部电机的最簡單的線路圖。

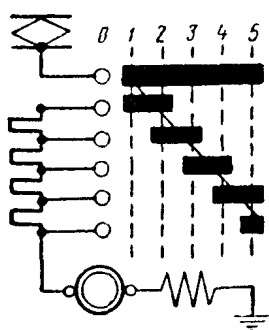


圖 4

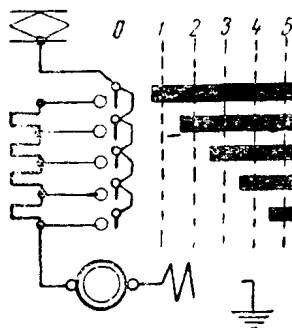


圖 5

成垂直排列的諸点，表示控制器的接触指，指的右边，是鼓的展开圖。鼓的轉动，在圖中相当於它在展开圖上自右向左移动。垂直的虛綫，表示鼓的工作位置，或控制器的位置。在控制器第一个位置上，即鼓轉至展开圖的第一条虛綫与接触指軸綫相合时，最上的接触指便与第二指联通，結果电动机与全部开动电阻分段串联联接在电網电压上。随后的位置，系將电阻各分段逐漸截出，直到最后第五个位置，开动电阻被完全截出为止。

圖 5 表示类似的具有凸輪接触器的控制器線路。

为了电动机改变轉向，控制器中另設有反向鼓，它与主控制鼓裝在同一架上，但額外用一个手柄。圖 6 所表示的，就是这种反向鼓的展开圖。

將电路轉換到电气制动状态的手續，普通是利用控制器的主鼓或凸輪軸來完成的。当机車上有电气制动时，主鼓或凸輪

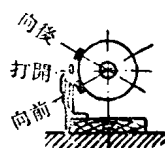
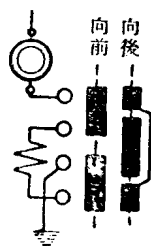


圖 6

軸在手柄反轉方向上設有特殊的制動位置和轉換電路所必需的一些額外的指和扇或凸輪接觸器。

間接（遙距）控制系統。在鐵路幹綫上的電氣列車中，當採用現代的巨型電力機車或摩托車輛及當電網電壓高於 750 伏時，幾乎無例外地採用間接（遙距）控制系統。

在這種系統中，控制器械是借傳動推動的，傳動的动作，由司機用低壓控制電路，作遙距控制。控制電路的採用，簡化了現代電力機車和摩托車輛中複雜的主電路的控制手續。因為這種機車車輛中，裝置着巨型的高壓電動機，而且在牽引與電氣制動狀態下，速度級的數目很多。同時，間接系統可使司機在行車時，不致和高壓器械接觸。在機車有限的地位內控制器械的佈置問題也簡單得多。

在採用間接控制系統時，很容易實行自動化開動，而且在雙機牽引或多機牽引時，很容易在任何崗位上控制幾部電力機車，或列車包括幾部摩托車輛時，控制所有摩托車輛。在一個地方控制兩部或幾部電力機車或幾部摩托車輛的辦法，叫做『多元制控制』。

按照控制器械的構造，間接控制系統可有三種不同形式：

- （1）用個別接觸器的系統；
- （2）用組合接觸器的系統；
- （3）複合系統。

在第一種情況下，控制器械由構造上完全獨立的一套開關組成，這種開關稱為個別接觸器，其中備有電磁滅弧裝置。每一個接觸器進行一個最簡單的动作，即將電路任何兩點連通或開斷。每個接觸器有自己的閉合機械和傳動。按傳動形式，接觸器分為電磁式和電氣式。這兩種形式的簡單構造，見圖 7a 與 b。

電磁式接觸器中，採用動樞式電磁鐵或動心式螺管作為傳動。當傳動綫圈電路閉合時，動樞或活動鐵心受磁通量的作用而移動，通過槓桿系統，將接觸器的接觸閉合。

電氣式接觸器中，用氣缸和皮圈鎖墊緊的活塞作為傳動。氣缸通入壓縮空氣，使活塞受空氣壓力移動，通過槓桿，將動

作傳遞於接觸器的動接觸。當空氣自氣缸放出時，活塞受到它上面彈簧的壓力而回復到原來的位置，使接觸分離。

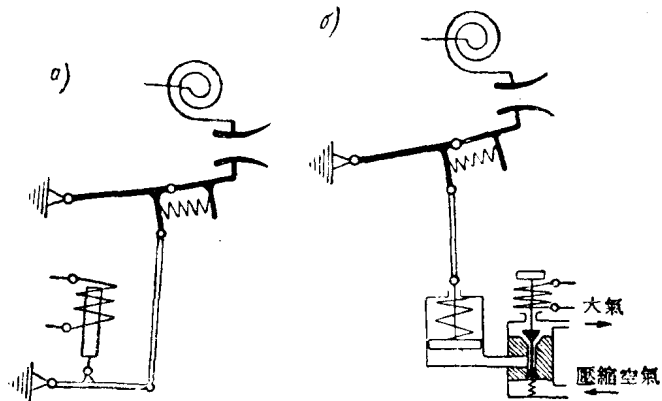


圖 7

接触器的传动，系用电磁阀控制。

电磁阀线圈内通过电流时，压缩空气便进入气缸，使接触器闭合；电磁阀线圈断路时，压缩空气自气缸放出，使接触器断开。

电磁式接触器的线圈，或空气式接触器的电磁阀，系由 50~100 伏的低压电源供给。电源可以是蓄电池组，特备的发电机，或通过电位计的高压电网。

传动线圈的供电线路的开与闭，操纵着接触器的分开与闭合，因此也操纵着主电路中的一切转换。

电力机车或摩托車輛的控制，就在于将控制电路加以转换。这是借司机控制器进行的，这种控制器在原理上，和直接控制系统的主控制器相似，但由于控制线路电压低、电流小，所以构造较小较轻。

在採用个别接触器的間接系統中，最簡單的电动机（圖 4）变阻开动线路如图 8 所示。

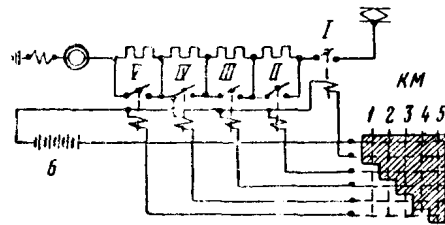


圖 8

个别接触器的线圈 I—V，由低压电源 B 供给。线圈电路由控制器 KM 联通。控制器在第一个位置上时，仅将接触器 I 的线圈接通。故只有接触器 I 闭合，因此电动机系与全部开动电阻串联而接于电网电压。

在随后的位置上，接触器 II，III 等的线圈电路被依次联通，使相应的接触器闭合，将开动电阻各分段短路。

电力机车与摩托車輛线路中，主要採用电空气式接触器。这是由于：为了迅速熄滅在开断大电流与高电压时所产生的电弧。接触器必须以最高速度分离，而这种高速分离就要用强力的回复弹簧，在闭合接触器时，此弹簧的弹力又必须为传动所克服。此外，传动应该在接触面产生足够大的压力，这是使用电磁式接触器时做不到的，除非将它的尺寸与重量大大增加。因此，在电力机车与摩托車輛中，电磁式接触器仅用于各种辅助电路。辅助电路电流不大，且工作主要要求在沒有压缩空气的情况下将某些电路的接触器闭合。

电磁式接触器还用来控制电车与無軌电车的牵引电动机。此等車輛中广泛应用着間接控制系統，因为这种控制既方便，而且容易自动化。

在採用个别接触器的控制系統中，單憑控制器適當的展开圖，並不能永远保証接触器按嚴格規定的次序动作。故接触器之間，应採用电联鎖，电联鎖由接触器中的輔助接触和其他接触器的閉合线圈串联組成。圖 9 表示一个联鎖线路的范例，其中接触器 A 必須在接触器 B 开断时才能閉合，如接触器 B 閉合时 A 即自动跳开。圖 10 所示的联鎖线路，动作恰好与上相反。

电联鎖不但用于接触器之間，而且也用于其他器械之間，以保証控制系統的最大伸縮性，和运用时动作的可靠性。可是联鎖数目过多时，它們本身有时將成为系

統工作不良的原因，例如，它們的接觸部份被氧化與污損時。因此，當線路轉換要求很多接觸器按規定次序動作時，常採用組合控制系統。

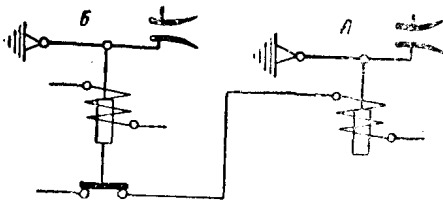


圖 9

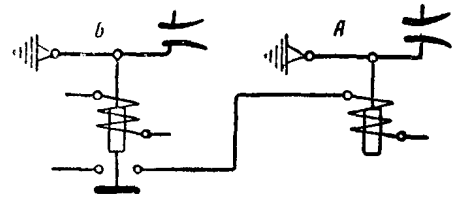


圖 10

組合系統的接觸器是一些接觸器式的開關，在構造上聯合成一個器械，並由一共同的凸輪軸控制。其動作原理，示於圖11中。當軸轉動時，如裝置在接觸器可動部份上的滾子滾過凸輪凸出部分，則相應的接觸器即閉合；如離開凸輪凸出部分，則相應的接觸器即斷開。

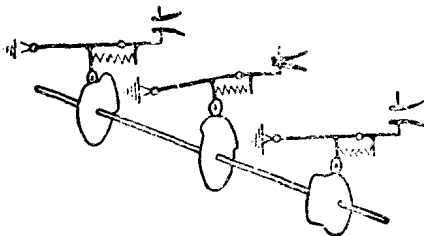


圖 11

組合接觸器設有傳動裝置，用以旋轉凸輪軸。這種傳動與個別接觸器所用的不同，後者只有兩個位置（相當於接觸器閉合與斷開的位置），而

組合接觸器的傳動，按照線路中閉合級的數目，應該有許多位置。

圖12是一個最簡單的电空气式傳動圖。傳動由兩只气缸組成，其活塞用齒桿联接。與齒桿嚙合的齒輪固定在組合接觸器的軸上。當壓縮空氣進入一只气缸時，齒桿移動，使凸輪軸旋轉。如將此气缸與大氣相通，而令壓縮空氣進入另一气缸，則凸輪作反向轉動。當兩气缸同時與大氣相通，或同時通入壓縮空氣時，軸即停止動作。軸上設有定位棘齒輪與滾子。滾子陷入棘齒輪的凹陷內時，軸即固定在所需的位置上。空氣通入與自气缸放出的動作，由电磁閥控制。

圖12所示的傳動，在簡單的組合系統中，曾得到廣泛應用。

現代裝有自動開動的摩托車輛的控制系統，採用較為完善的电空气式（例如

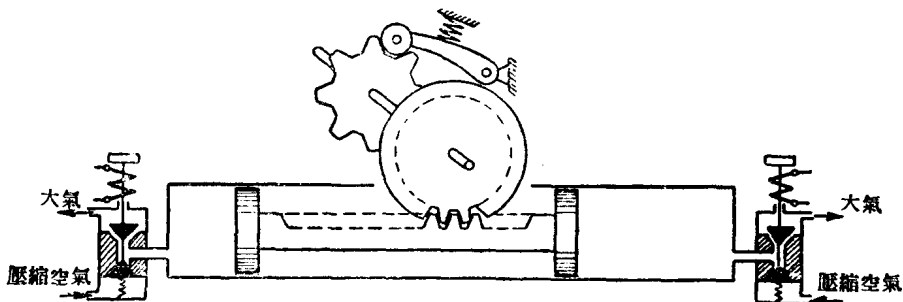


圖 12

П. Н. 雷歇托夫教授的系統) 与电动机式傳动。

与个别系統不同的是, 在組合系統中, 接触器必要的动作次序, 系有利地取決於適當的凸輪外形和凸輪間在軸上的相对角位置, 因此在各接触器間不需要电联鎖。且在此系統中, 自动控制很容易、又簡單, 只需將組合傳动加以自动控制即得。

在簡單可靠方面, 自动的組合系統較个别系統优越, 因此在控制自动开动的摩托車輛时, 几乎無例外地採用組合控制系統。苏联的 C_A 与 C^P 型的摩托車輛, 和 Г、В、Д 型的地下鐵道車輛都是採用組合控制系統。

在复雜的电力機車綫路中, 当接触器数量很多, 开动級数目很多, 特別在还設有电气制动时, 由於不便將許多接触器裝成一个器械, 採用組合系統是不適宜的。組合接触器軸的位置, 应与綫路中所有开动与制动的級数相当; 級的数目, 在电力機車备有电气制动时, 可达70以上; 在此情况下, 傳动与凸輪軸將過於复雜。

在現代的幹綫直流电力機車中, 个别与組合的复合控制系統应用最廣。其中开动电阻的轉換, 採用个别接触器; 电动机联結的轉換, 採用組合接触器。后者如採用个别接触器, 則接触器間的相互联鎖將变得十分复雜。复合系統保存了个别系統的伸縮性, 同时控制电路中又不需要过多的联鎖。苏联的幹綫电力機車, 除 ПБ 型电力機車系設置个别控制系統外, 一律採用复合控制系統。

II. 經濟速度級

§3. 牽引電動機的組合

电力機車或摩托車輛的电动机, 可以接成 p 条並联电路, 每条电路由 m 部电动机串联, 此时 $n = mp$, 其中 n —— 电动机的总数。

將 n 部电动机組合的可能办法的数目, 受加到整流子上的正常电压 U_K 所限制, 表 1 列举綫路中电动机为 4, 6, 8 部以及整流子电压为

$$U_K = U_c \text{ 和 } U_K = \frac{U_c}{2}$$

时的可能組合, 其中 U_c —— 电網电压。

表中並列出电动机每級的速度与最后級速度的比值。

圖 13a、б、в、г 表示綫路中电动机为 2, 4, 6, 8 部时, 可能組合成兩種或三种联結的办法。

表 1 指出, 可能的組合数目 (因之也是經濟速度的数目) 在 $U_K = U_c$ 时为最大, 而且这个数目, 隨綫路中电机数目的增多而上增。

因此, 在电机总数一定时, 如欲獲得更多的經濟速度級, 必須設法增加电动机的並联数目。並联电路較多时, 在一定条件下, 並可改善粘着重量的利用 (參閱第

39頁)。

然而，若將電力機車（摩托車輛）的所有電動機並聯，綫路聯結與電機構造將因之複雜化，所以也不是永遠適宜的。例如，整流子電壓等於電網電壓（3000伏）的機車電動機，比整流子電壓為1500伏的電動機要複雜與昂貴得多，而且單位重量的功率較小，運用的可靠性較差。

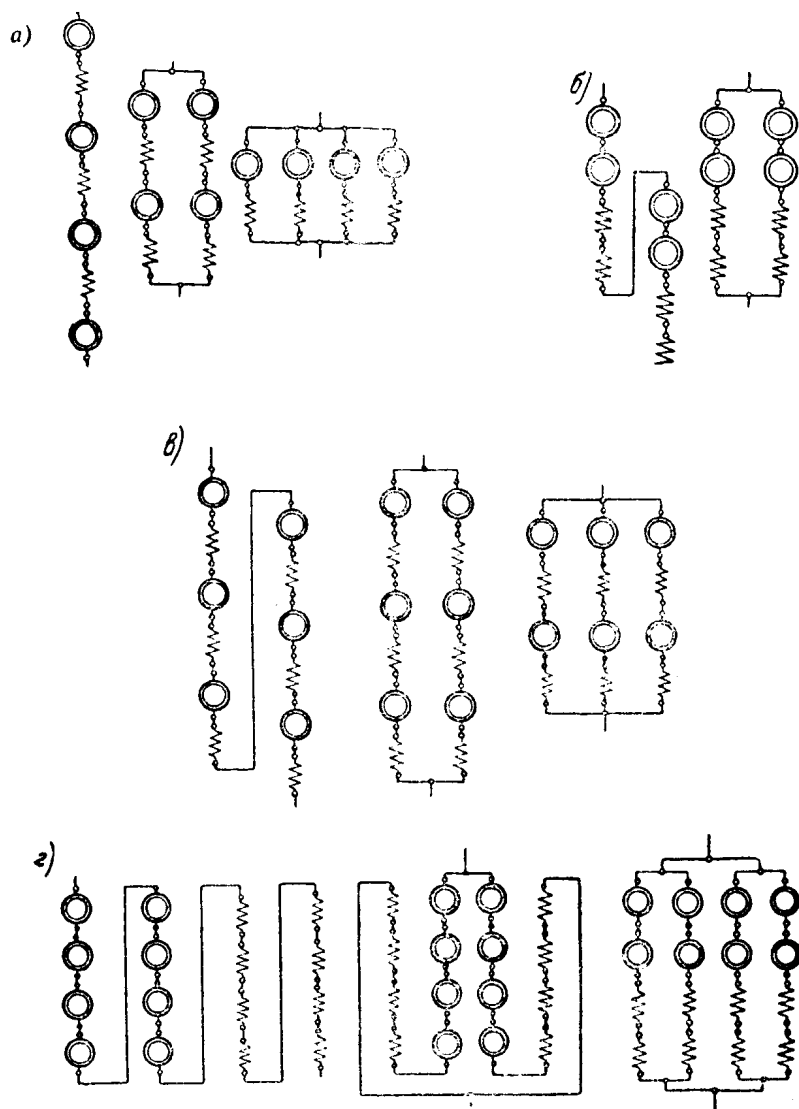


圖 13

因此，整流子電壓為3000伏的電動機雖然在技術上是可能的，但實際上並不適宜，故在電網電壓等於3000伏時，現代電力機車中，系將兩部電動機串聯成組。在大部份額定接觸網（接觸電綫網）電壓為1500伏的直流電力機車中，所有電動機是