

12935



牽引變電所電氣設備

上 冊

С. Г. БЛАНТЕР 著
潘 啟 敬 譯



高等教育出版社

牽引變電所電氣設備

上 冊

C. Г. 布蘭捷爾 著
潘 啟 敬 譯

高等教育出版社

牽引变电所电气設備

下 冊

C. Г. 布蘭捷尔 著
潘 啟 敬 譯

高等教育出版社

本書是根據蘇聯俄羅斯蘇維埃聯邦社會主義共和國公用事業部出版社 (Издательство министерства коммунального хозяйства РСФСР) 出版的布蘭捷爾副教授 (доцент С. Г. Блантер) 所著“牽引變電所電氣設備” (Электрическое оборудование тяговых подстанций) 1948 年版譯出的。

本書中提出了電車及無軌電車牽引變電所電氣設備的理論基礎，並敘述了這種設備的裝置與運行；列舉了選擇設備的計算方法及技術使用方面的知識；分析了變電所各部分的電氣接線圖及結構方式；研究了自動變電所及其所用的器械。

本書是為城市電力運輸業的供電工程技術人員編寫的，也可作為高等學校電力運輸專業學生的教學參考書。

牽 引 變 電 所 電 氣 設 備

上 冊

書號187(技2)

布 蘭 捷 爾 著
潘 啟 敬 譯

高 等 教 育 出 版 社 出 版

北 京 瑞 瑞 廠 一 七 〇 號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

新 華 書 店 總 經 售

京 華 印 書 局 印 刷

北 京 南 新 華 街 甲 三 七 號

開本850×1168—1/32 印張7 1/2 字數 188,000

一九五四年十二月北京第一版 印數 1—1,000

一九五四年十二月北京第一次印刷 定價 14,000

本書是根据苏联俄罗斯苏维埃联邦社会主义共和国公用事業部出版社 (Издательство министерства коммунального хозяйства РСФСР) 出版的布蘭捷尔副教授 (Донал С. Г. Блантер) 所著“牵引变电所电气设备” (Электрическое оборудование тяговых подстанций) 1948 年版譯出的。

本書中提出了電車及無軌電車牵引变电所电气设备的理論基礎，並敘述了这种设备的裝置与运行；列举了選擇设备的計算方法及技術使用方面的知識；分析了变电所各部分的中性接線圖及結構方式；研究了自動变电所及其所用的器械。

本書是为城市电力运输業的供电工程技術人員編寫的，也可作为高等学校电力运输專業学生的教学參考書。

牽引变电所电气設備

下册

С. Г. 布蘭捷尔著 潘敬敏譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇九四號)

京華印書局印刷 新華書店經售

書號432(技6) 開本850×1165 1/32 印張77/32 插圖3 字數187,000

一九五五年十二月北京第一版

一九五五年十二月北京第一次印刷

印數1—2,000 定價(8) 1.42

序 言

黨和政府對於提高蘇聯勞動人民生活福利這一問題的關心，在斯大林五年計劃中有兩城市建設的各項重大工作上十分明確地表現出來了。在這方面，城市交通佔着一個主要的地位。

1917 年以前俄國共有 35 處電車企業，而現在（指 1948 年時——譯者）則有 80 處以上。在許多城市中，無軌電車在市內交通方面佔着相當重要的地位。

從 1935 年起，以拉·莫·卡崗諾維奇（Л. М. Каганович）為名的莫斯科地下鐵道開始通車，這是世界上最好的電氣化鐵道。新的地下鐵道幹線的興建在莫斯科與列寧格勒進行着。

恢復與發展蘇聯國民經濟的五年計劃（1946—1950 年），確定要恢復被德寇侵佔過的各城市的城市交通，並在八個城市內新建電車道，在二十個城市內新建無軌電車路線。

這些新建的、改建的和擴建現有的城市交通，有蘇聯強大的工業基礎為保證，將以最先進的動力技術建造起來，應用最新式的裝備，應用自動檢查及自動控制的器械。

城市電力運輸供電系統中最主要的一部分，就是牽引變電所。

在本書中，作者想盡可能把有關電車及無軌電車牽引變電所電氣部分最主要的問題，加以全面闡述。

因此，在本書中特別着重電氣設備的理論基礎、電器選擇的計算方法，和對變電所供電線路、連接線路及各部分結構的分析，並對牽引變電所的特殊問題作了仔細的探討。

短路過程、交流高壓電器及載流部分，在本書中只闡述到選擇變電所設備、確定電氣接線圖和決定變電所各部分結構所需要的程度。

關於變電所各種設備在使用及維護方面的指示，在各產品說明書中均有說明，用不着再去重覆。故在有關技術使用的一章裏，只談到變電所特殊設備的維護及安全技術方面的一些基本要點，並列表說明預防、檢修和修理的時期及其性質。作者認為，提出運行時所要進行的一些重要試驗的接線圖並作簡短的說明，是非常重要的，因這些材料在一般書籍中很少見到。

現在有些變電所中還應用着舊型設備，所以本書對它們仍給予必要的重視。

在本書各節中着重於新型器械和構造的闡述，並指出近代先進技術的趨向。

作者認為，不僅需要闡述目前已經運用的一些技術成就，而且應涉及到不久就會在牽引變電所應用的許多東西。因此，在本書各章節中附帶指出牽引變電所發展的遠景。

上 册 目 錄

序言	(i-ii)
第一章 緒論	1
§ 1 牽引變電所的用途及其在供電系統中的地位	1
§ 2 電力牽引供電電源發展的幾個主要階段	3
§ 3 電力牽引負荷的性質、牽引變電所的容量	5
§ 4 牽引變電所的設計	10
§ 5 牽引變電所的主要部分	13
§ 6 牽引變電所的分類	16
第二章 旋轉換流機	17
§ 7 單電樞換流機的作用原理、電氣參數的主要關係	17
§ 8 單電樞旋轉換流機的激磁、調壓及並聯運用	22
§ 9 單電樞旋轉換流機的起動	25
§ 10 常用的換流機及其變壓器的一些數據	28
第三章 水銀整流器	30
§ 11 一般定義	30
§ 12 水銀整流器的作用原理	30
§ 13 整流器的電弧中的物理現象	30
§ 14 逆電流及逆電壓	39
§ 15 整流了的電壓及電流	40
§ 16 水銀整流器的分類	49
§ 17 能拆卸的鐵殼式整流器的真空保持裝置	50
§ 18 多陽極鐵殼式水銀整流器	59
§ 19 經常保持着輔助電弧的單陽極整流器	67
§ 20 引燃式整流器	73
§ 21 鐵殼式水銀整流器的水冷却	82
§ 22 “烏拉爾電器”工廠所出品之鐵殼式水銀整流器的技術特征	87

§ 23	玻璃泡式多陽極整流器	90
§ 24	整流器的逆弧	92
第四章	水銀整流器的供電線路與器械	95
§ 25	整流器的主變壓器的特點	95
§ 26	星形—二重曲折形的接線圖	102
§ 27	星形—用平衡電抗器連接的兩個倒置星形的接線圖	103
§ 28	推挽式供電線路圖	111
§ 29	整流器組專用變壓器的特性	116
§ 30	整流器組的並聯運用	119
第五章	水銀整流器的柵極控制, 逆流作用, 電能吸收裝置	122
§ 31	控制柵極作用的條件	122
§ 32	柵控整流器的電壓、電流及功率因數	126
§ 33	柵控線路圖	129
§ 34	用柵控水銀換流管作反向換流	133
§ 35	變電所中吸收剩餘再生電能的裝置	143
第六章	高壓交流電路所用的電器與載流部分	147
§ 36	短路、過渡歷程	147
§ 37	短路電流的計算	153
§ 38	限制短路電流的辦法	164
§ 39	遮斷交流電路時的電弧	166
§ 40	高壓開關、選擇條件	169
§ 41	油開關	173
§ 42	帶氣體發生物質(固體)的開關	179
§ 43	空氣吹弧開關	182
§ 44	高壓開關的操作機構	183
§ 45	分段開關	191
§ 46	高壓熔斷器	197
§ 47	儀用互感器	200
§ 48	高壓匯流排和電纜	210
附錄		(1-7)
參考書目		(8-10)

下 册 目 錄

第七章	牵引变电所各部分的繼电器保護	221
§ 49	对保護的要求·繼电器	221
§ 50	过电流保護	222
§ 51	方向保護	235
§ 52	牵引变电所高压進線上的保護	244
§ 53	水銀整流器机組的保護	246
第八章	水銀整流器特殊形式的保護、直流饋电線的保護、 600 伏配电裝置的电器	252
§ 54	直流的遮断	252
§ 55	直流高速度自動開關	257
§ 56	非高速動作的直流自動開關	263
§ 57	水銀整流器防止逆弧的特殊形式的保護	267
§ 58	直流饋电線的保護	274
§ 59	直流配电裝置的配电电器及載流部分	278
第九章	自用裝置的供电、二次配电回路及控制盤	280
§ 60	自用裝置的用电、它的电源	280
§ 61	独立的直流电源	284
§ 62	蓄電池組的充电机組	294
§ 63	二次配电回路、控制盤	299
第十章	保護接地裝置·过电压保護	303
§ 64	保護接地裝置的功用和基本定义	303
§ 65	变电所交流設備接地裝置計算及構成的基礎	306
§ 66	600 伏直流制的接地	313
§ 67	牵引变电所中的过电压保護	315

第十一章 牽引變電所電氣接線圖	322
§ 68 接線圖的構成	322
§ 69 高壓交流饋電線及匯流母線	323
§ 70 水銀整流器機組	328
§ 71 直流匯流母線及饋電線	335
§ 72 自用裝置	340
第十二章 牽引變電所電氣設備的佈置	342
§ 73 對牽引變電所房屋元件與設備佈置的要求	342
§ 74 交流配電裝置	344
§ 75 水銀整流器及其變壓器的安置	350
§ 76 直流配電裝置	353
§ 77 自用电供電裝置、控制盤、電纜的敷設	331
第十三章 牽引變電所電氣設備的技術管理	365
§ 78 維護人員的職能	365
§ 79 逆轉交流機的管理	365
§ 80 水冷可拆卸式金屬水銀整流器的管理	367
§ 81 動力變壓器的管理	381
§ 82 交流及直流配電裝置的管理	383
§ 83 蓄電池組與充電機組的管理	386
§ 84 繼電器保護、控制盤與接地裝置的管理	388
§ 85 變壓器油、油務	392
§ 86 牽引變電所管理中的安全措施	396
§ 87 技術文件及管理中的技術報告須知	400
第十四章 自動化牽引變電所	401
§ 88 自動化變電所的一般特性	401
§ 89 變電所的自動化元件・自動裝置的万能器械	403
§ 90 水銀整流器機組自動裝置的線路圖及特殊器械	411
§ 91 直流饋電線	428
§ 92 自用裝置的供電・改為手動控制的轉換	431
§ 93 遙遠裝置	432
§ 94 牽引網分散式供電所用的小容量自動化變電所	447
參考書目	449

第七章 牽引变电所各部分的繼电器保護

§ 49. 对保護的要求·繼电器

繼电器保護是一种自動工作系統，由繼电器及其輔助电器組成。在設備中發生故障或正常工作狀態破坏時，繼电器或其輔助电器即作用於設備元件的跳閘裝置或訊号裝置。

繼电器保護在变电所的作用是重大的。保護之正確的与可靠的動作是保證正常運轉的主要条件之一。

繼电器保護应当：

1) 選擇地動作，即只切斷事故段，而讓位於該保護範圍之外的系統的良好部分仍保持工作；

2) 足够的灵敏度，即不僅在正常狀態完全破坏時動作，而且在与正常狀態有偏差、超过規定範圍時，也有反应；

3) 最迅速地（在根据選擇性和其他条件为它所規定的範圍中）切斷事故段，以減小事故段破坏的程度，且消除其中的故障对系統良好部分的有害作用；

4) 具有簡單的与可靠的接線圖，以及保證可靠無誤工作的电器。

繼电器一般是指这样一种自動儀器，当它所应反映的因素出現時，它的接觸子將一些电路閉合或打開。有時把一些机械地作用於開關的自動儀器也叫做繼电器（直接作用的繼电器）。

繼电器的承受機構是繼电器承受其所应反应狀態的变化（例如，电流的增長超过規定值）的部分。

执行機構完成該繼电器所担负的工作（例如，閉合開關的跳閘回路）。

一次繼電器的承受機構直接接在被保護的電路中。這種繼電器一般直接附設在跳閘電器上。

它們的線捲龐大，應具有準備在被保護電路的電壓下工作的絕緣。因此一次繼電器不能保證準確的工作，設置得很少。

在二次繼電器中，承受機構經儀用互感器而接入。在近代設備中，保護最大部分是靠應用這種繼電器來構成的。

按執行機構作用於開關的方式，分為直接作用繼電器及簡接作用繼電器，在前一種繼電器中，執行機構直接作用於跳閘機械，在後一種繼電器中，執行機構閉合或斷開供電給跳閘線圈的電源回路。

按機械作用的原理，繼電器可以有不同的式制：電磁式、感應式、電動式、熱式等等。

繼電器按用途的分類，是根據它們應該對哪一種類物理量起反應而決定的。

牽引變電所所應用的繼電器按用途可分為：電流繼電器、電壓繼電器、功率繼電器、輔助（時間、中間、訊號）繼電器。此外，在牽引變電所設有反應非電氣因素的繼電器：瓦斯繼電器、水繼電器及其他。

為了供電給保護線路中的輔助繼電器和開關的跳閘線圈，應用操作電流：由獨立電源供電的直流或由電流互感器或電壓互感器而得的交流。

在牽引變電所中最常應用直流操作電流。

§ 50. 過電流保護

過電流保護反應於被保護電路中的電流值，藉過電流繼電器及輔助繼電器之助來實現。

在應用簡接動作二次繼電器的情況下，保護可構成為極靈敏和準確的。

所用的繼電器 過電流繼電器連接在電流互感器的副繞組中。在

被保护电路的正常状态下,流经继电器线圈的电流值不足以使继电器动作。

当被保护电路中的电流增大到超过规定范围时,继电器动作。继电器动作的最小电流,叫做起动电流。

动作了的继电器返回原位时的最大电流,叫做返回电流。

返回电流与起动电流的比为继电器的返回系数。

按照时限特性(图139)过电流继电器有三种形式:

1) 空时限继电器,在这种继电器中,当线圈中电流大于起动电流的任何值时,动作时间保持不变(曲线 I)。

属于这种形式的为瞬时继电器,其动作时间决定于机械的固有暂滞;没有时限;

2) 反时限继电器,时限随继电器线圈中电流的增大而减小(曲线 II);

3) 有限反时限继电器,在电流不大时时限随电流的增大而减小,而在大电流下则与电流无关(曲线 III)。

在牵引变电所中主要是应用瞬时动作的过电流继电器及有限反时限的过电流继电器。

瞬时过电流继电器 DT-510(图140)具有一个由铁心 2 组成的磁系统,在铁心的磁极 1 之间有一个钢制的 Z 形转枢 3。

转枢的轴 4 支持在轴承上,与它相连着的有油阻尼器 6 的活塞导杆 5、螺旋弹簧 7 及带有接触子的小桥 8。弹簧 7 在另一端与刻度整定

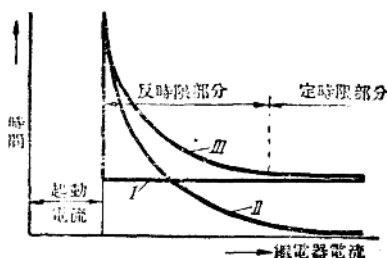


图 139 过电流继电器的特性。

手柄 10 的牽連線 9 相連。

繼電器按電磁原理工作。轉樞 3 在流經繼電器繞組的電流所生的磁場的作用下，傾向垂直位置，但受彈簧 7 的阻止。當電流等於或大於

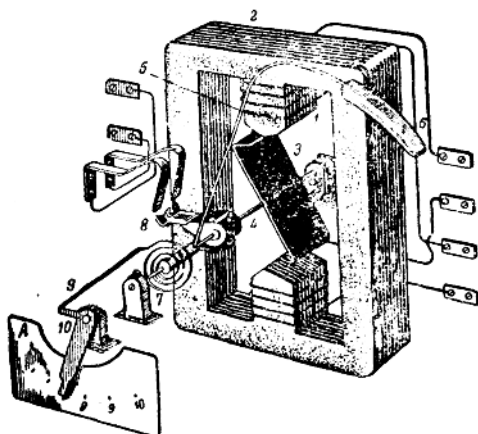


圖 140 3T-510 型瞬時過電流繼電器。

起動電流時，磁場所生的應力克服了摩擦及彈簧的應力，轉樞旋轉，作用於接觸子。繼電器裝在一鐵殼中，前面裝着玻璃。轉動手柄 10 可以調整起動電流。繼電器有兩組線圈，它們可以並聯或串聯，因而起動電流的整定範圍可以變為兩倍。

所應用之繼電器有帶正常開路（即在線圈不受電時為開着的）接觸子的—3T-511 型，及帶正常閉合接觸子的—3T-512 型。返回係數等於 0.85。在 220 伏下繼電器的接觸子允許約 5 安的閉合電流。在直流下遮斷功率約為 50 瓦。最靈敏的 3T 型繼電器的最小起動電流為 0.05 安。

帶有限反時限的過電流繼電器按感應原理工作，具有作為輔助元件的電磁裝置。這種繼電器 (HT-80) 的作用從圖 141 中可以看出。主磁系統 1 具有關閉為兩部分的磁極 2。在每一磁極的一個部分上設有一做成環狀的短路線匝 3。在磁極 2 間設有鋁盤 4，盤所在軸的兩端固定於架 5 上。

關閉磁極 2 的兩部分的磁通量在空間和相位上相互有位移，因此

形成了行動磁場，帶動鋁盤，正像異步電動機的轉子被旋轉磁場帶着轉動一樣。

當繞組中的電流為起動電流的 25—35% 時，鋁盤已開始沿順時針方向旋轉，但繼電器仍未動作，因為蝸桿 6 及齒扇 7 沒有結合。沒有結合是因為架 5 具有一固定的轉軸，因而被彈簧 8 拉向邊上的位置。

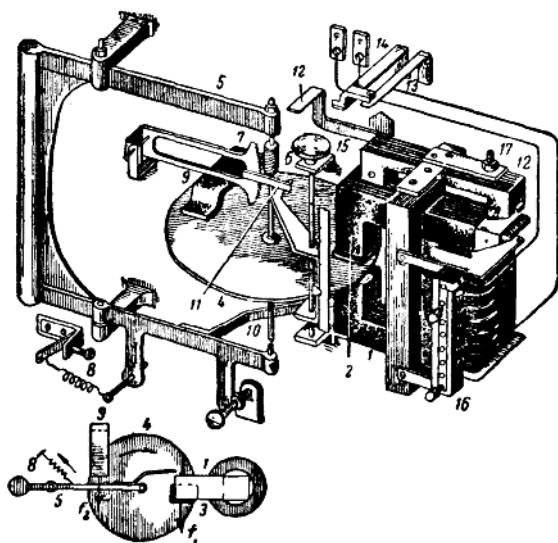


圖 141 HT-80 型帶有限反時限的過電流繼電器。

在圓盤 4 上作用着主磁系統所生的力 f_1 及由永久磁鐵 9 所決定的制動圓盤旋轉的力 f_2 。隨着繼電器繞組中電流的增大，圓盤旋轉的速度及力 f_1 便增大。由於圓盤速度的增大，力 f_2 也增大。當電流接近於起動電流時， f_1 與 f_2 兩力的等效作用將彈簧 8 伸長，並轉動架 5，因而將蝸桿 6 與齒扇 7 結合，後者遂開始上升。

盤 4 的轉速開始減小，因為它進行着上舉齒扇的工作。為了此時

架 5 不至於返回原位，其上設有一柄 10，它被吸向主磁系統 1 的磁導體。

經過一定時間，上舉的扇 7 用固定在其上的小板 11 開始將槓桿 12 的左部舉起，此槓桿與磁導體系統 1 之間在對面的空氣隙開始變小，槓桿 12 的右端被吸向磁導體，並將接觸子 13—14 閉合。利用螺絲 15 可以移動扇 7 的起始位置，從而調整繼電器的時限。

當繼電器中經過大倍數的電流時，繼電器可以無時限地動作，因為在這種情況下槓桿 12 被吸向磁導體 1，與扇 7 的作用無關。

因此，槓桿 12 與磁導體 1 的系統是一個瞬時動作的電磁式繼電器。

當感應系統工作時繼電器具有反時限特性，而當電磁式繼電器工作時則具有定時限特性。

感應系統起動電流的調整藉用插头接觸子 16 變更繼電器繞組的匝數來進行，調整時電流互感器副繞組的電路不斷開。

電磁式繼電器的起動電流藉用螺絲 17 變更槓桿 12 右端與磁導體 1 之間的空氣隙來調整。這一電流也與繼電器繞組的匝數有關。

繼電器在定時限特性部分的時限在 ИТ-81 型繼電器中可以在 0.5—3.5 秒的範圍內調整，在 ИТ-82 型繼電器中調整範圍可達 14 秒。

ИТ-81 型及 ИТ-82 型繼電器的感應系統的起動電流分別規定在 2—5 安及 4—10 安的範圍內。

瞬時電磁式繼電器的起動電流的調整範圍在感應式繼電器起動電流值的 2 倍至 15 倍之間。繼電器的返回係數約為 0.85。

時間繼電器是在應用瞬時動作的主繼電器時用來產生保護動作的必要時限。

ЗВ-180 型時間繼電器(圖 142)具有一由直流作用的線圈 1，且按電磁原理工作。當電流通過線圈時，鐵心 2 被吸進其內部，後者藉齒輪 3 使垂直軸 4 旋轉。軸 4 經過柄 5 及彈簧 6 作用於可動系統軸 7，繼電