



學 照 電

譯 編 鑫 富 趙

行 印 社 版 出 書 圖 工 電

電 腦 學

成 本 低 價 廉

本 人 親 自 監 製 行

中等專業學校教學用書

礦 山 電 工 學

下 冊

В. Д. 契加諾夫 著

重工業部工業教育司 譯校

重工業出版社

本書係根據蘇聯國立黑色與有色冶金科技書籍出版社 (Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии) 出版的契卡諾夫(В. Д. Чеканов) 所著“礦山電工學”(Горная Электротехника) 1951年版第三版譯出。原書經蘇聯有色冶金工業部教育司審定為礦冶中等技術學校“礦山電工學”課程的教科書。

本書分二冊出版。上冊內容包括電力驅動原理、礦山電氣設備、地下金屬採礦機電設備的選擇、井下配電、礦山照明和架線電機車運輸；下冊內容包括排水的機電設備、地面的固定機電設備、井上主變電所和礦井供電、礦井信號和電話通訊、露天採礦的電氣設備和礦山電氣設備的使用。

本書由重工業部工業教育司譯校。

В. Д. ЧЕКАНОВ

ГОРНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА Металлург издат (Москва—1951)

* * *

礦山電工學 (下冊)

重工業部工業教育司 譯校

重工業出版社(北京西直門內大街三官廟11號)出版

北京市書刊出版證 營業許可證出字第〇一五號

* * *

重工業出版社印刷廠印

一九五四年十二月第一版

一九五四年十二月北京第一次印刷(1—3,630)

787×1092· $\frac{1}{16}$ ·220,000字·印張12 $\frac{1}{2}$ ·定價18,700元

* * *

發行者

新華書店

目 錄

第 七 章 排水用的機電設備	(1)
§ 33. 水泵的選擇和電動機容量的確定.....	(1)
§ 34. 排水裝置電氣設備的選擇及其供電方式.....	(4)
§ 35. 排水裝置的使用.....	(12)
第七章複習問題	(14)
第 八 章 地面固定裝置的機電設備	(15)
§ 36. 概論.....	(15)
§ 37. 空氣壓縮裝置的機電設備.....	(16)
第八章複習問題	(29)
§ 38. 礦井提升用的機電設備.....	(29)
第八章複習問題	(72)
§ 39. 地面運輸用的機電設備.....	(72)
§ 40. 礦井主通風機的機電設備.....	(74)
第八章複習問題	(80)
第 九 章 井上主變電所和礦井電力供應	(82)
§ 41. 變電所構造.....	(82)
§ 42. 短路電流計算.....	(97)
§ 43. 變電所主要元件的選擇.....	(109)
§ 44. 繼電保護, 過電壓.....	(127)
§ 45. 礦山高壓和低壓架空線路的構造和計算.....	(149)
第九章複習問題	(163)
第 十 章 礦井信號和電話通訊	(165)
§ 46. 生產信號.....	(165)
§ 47. 礦山電話通訊.....	(177)
第十章複習問題	(189)

第十一章 露天採礦的電氣設備	(190)
§ 48. 概論.....	(190)
§ 49. 鑽機的電氣設備.....	(194)
§ 50. 挖掘機的電氣設備.....	(200)
§ 51. 水泵、空氣壓縮機和提升裝置的電氣設備.....	(213)
§ 52. 電機車的電氣設備.....	(213)
§ 53. 露天採礦工作的照明.....	(219)
§ 54. 求露天礦用電設備的電力負載和變壓器容量的特點.....	(222)
§ 55. 露天採礦的供電線路.....	(233)
§ 56. 露天採礦的電能分配.....	(238)
§ 57. 裝設露天礦接地線路的特點.....	(245)
第十二章 礦山電氣設備的使用	(249)
§ 58. 礦用設備的功率因數及其改善的方法.....	(249)
§ 59. 電價.....	(264)
§ 60. 定期修理的組織.....	(269)
附錄 I	(276)
附錄 II	(277)
附錄 III	(293)
參考文獻	(299)

第七章 排水用的機電設備

§33. 水泵的選擇和電動機容量的確定

開採有用礦物時，水經常滲入並聚積在礦井的巷道內。爲了能够繼續進行開採工作，必須把地下水排走。通常首先是沿着平巷水溝把它導至總水倉中，然後再由這裏把它抽至地面。

水倉設在井底車場地區內，它是一個混凝土水池，其容積等於8到10小時湧水量的容積。

水倉中的水用特殊水泵沿着金屬水管抽至地面。

裝設水泵的硐室叫做水泵房；通常它設在採礦水平層井底車場地區靠近井筒的地點。

從水泵引出的金屬水管是沿着水管通道和礦井井筒敷設的。把水從礦井排出的整個裝置叫做排水裝置。圖168表示礦井排水裝置的概示圖。

排水裝置是由電動水泵、出水管、吸水管組成的。在出水管上備有止回閥和調節閘，前者的作用是在水泵停止時保持水柱。在吸水管上也備有止

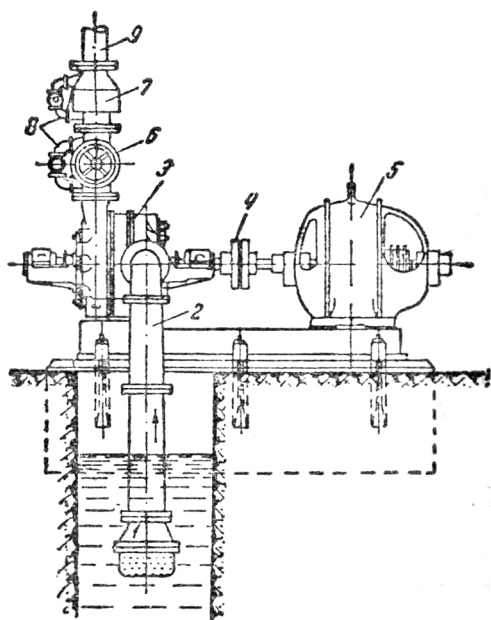


圖168 帶離心式水泵的排水裝置概示圖
1—入水閥；2—吸水管；3—離心式水泵；4—彈性結合器；5—電動機；6—調節閘；7—止回閥；8—水泵灌水用的支管；9—出水管

回閥和吸水閥，前者的作用是在水泵灌水時保持水柱。

水泵應該具有在開動和排出空氣之前灌水用的裝置，以及測量揚程和真空的裝置。

在水泵房中鋪有軌道，設有修理水泵和裝配水泵用的起重設備。水泵房是用混凝土作成的，有兩個出口。

水倉中的水首先流入主井，然後經過閘門流入水渠和每個水泵的吸水井。

礦井排水用得最廣的是離心式水泵。

礦井中也可應用直接動作的小型往復式水泵，其動力為壓縮空氣。這類水泵主要是在延深和開掘井筒等時供作抽水之用。

離心式水泵的特性除了用構造數據來說明外，主要還用排水量、揚程、轉數和效率來說明。每一水泵都有幾個運轉狀態。水泵最經濟的運轉狀態按一些標準特性來求，這些特性表出了排水量 Q 米³/小時、揚程 H_m （毫米水柱）和效率 η 之間的一定關係。

為了從礦井內抽走酸性礦坑水，現在製有用鎳鉻銅作成的 КСМ 型水泵，排水量為 30、50 和 70 米³/小時，揚程隨水泵房個數的不同而為 50 到 250 米，轉數每分鐘為 1450 轉；又製有用鎳鉻銅作成的 АЯП—75、АЯП—150 和 АЯП—300 型水泵，排水量分別為 75、150 和 300 米³/小時，揚程隨水泵房個數的不同而為 40 到 600 米，轉數每分鐘為 1450 轉；還製有用高錫青銅作成的 4 НСК 型水泵和用不銹鋼作成的 4 НСК 型水泵，排水量達 250 米³/小時，轉數每分鐘為 2950 轉等等。

除了這些抽取酸性礦坑水的特殊水泵外，製造廠還製有抽取礦井淡水的中型和大型鑄鐵水泵。

表 49 列出一些最常應用的中型水泵的技術數據。

水泵電動機的容量在直接接合時按下式來求：

$$P = k \frac{\gamma Q H_m}{3600 \times 102 \eta} \text{ 瓩,} \quad (161)$$

式中 Q ——水泵排水量，米³/小時；

H_m ——水泵揚程，米；

k ——安全係數，約等於 1.1；

η ——水泵效率（按出品目錄選取）；

γ ——水的密度，對於礦井水設為 1050 到 1080 千克/米³。

某些離心式水泵的技術數據

表 49

型 式	排水量米 ³ /小時	輪 數	揚 程 米	每分轉數	功 率 瓩	外形尺寸, 毫米	
						寬 度	長 度
АЯП—75	75	2—10	50—250	1450	20—100	—	—
АЯП—150	150	2—10	120—600	1450	85—440	825	525—1445
АЯП—300	300	3—10	150—600	1450	140—640	905	651—1731
КМС	70	2—10	50—250	1450	20—91	600	—
КМС	100	2—10	60—300	1450	30—150	—	—
КСМ	150	2—10	60—300	1450	40—457	—	—
4 НСК—2	130	2	170	2950	100	—	—
4 НСК—2	130	3	250	2950	150	—	—
4 НСК—4	130	4	340	2950	200	—	—
4 НВК—2	180	—	170	2950	130	945	2490

水泵排水量按一日湧水量來求：

$$Q = \frac{24 Q_c}{t} \text{ 米}^3/\text{小時}, \quad (162)$$

式中 Q_c ——流入水倉的平均小時湧水量，米³/小時；

t ——水泵抽乾一晝夜湧水量所需的時間（設為 20 小時）。

揚程 H_m 按下式來求已可獲得足夠精確的結果：

$$H_m = 1.1 H_{10} \text{ 米}, \quad (163)$$

式中 H_{10} ——舉水高度（從水倉水面到出水管的出水口），米。

水泵和電動機可以直接接合，或者經過傳動裝置接合。在礦井中用得最廣的是用彈性結合器直接加以接合。

根據保安規程，主要排水水泵房內應該裝設三個水泵，其中一個是工作水泵，第二個是換用水泵，第三個是在春季洪水到來時或上述一個工作水泵需要進行大修時供抽水之用。水泵排水量在 50 米³/小時以下時，通常裝設兩個水泵。

§34. 排水裝置電氣設備的選擇及其供電方式

礦井排水裝置是最重要的設備之一，因此對於排水用的電氣設備，特別要求具有高度的運轉可靠性。

用得最廣的水泵電力驅動裝置是交流感應電動機。根據情況的不同，可以採用高壓電動機，也可採用低壓電動機，可以採用鼠籠式的，也可採用滑環式的。高壓電動機用於大型設備上。

因為水泵幾乎是空載開動，而其運轉狀態又屬負載恆定的長期運轉狀態，所以水泵用電動機的選擇僅決定於設備經濟，接線方式簡單，供電的方式，運轉可靠和可能自動化等因素。

裝有高壓電動機的排水設備，在任何情況下都是最經濟的。滑環式電動機價錢較貴，需要裝設開動變阻器，且其構造應為保護式，看管和自動化線路也很複雜。

構造上和看管上較簡單，以及較經濟的是鼠籠式電動機。然而這些電動機除了有其優點之外，同時還有很嚴重的缺點——開動電流很大，在某些情況下，這個缺點便限制了它們的應用範圍。開動時引起的大開動電流使得線路工作部分的電壓大大降低。

根據[工業企業電氣設備的裝置規程]，電源配電母線以下的線路最大電壓損失 $\Delta U\%$ 在設計上許可達到下面數值：

- 1) 在正常運行時， $\Delta U \leq 5\%$;
- 2) 在事故條件下， $\Delta U \leq 12\%$;
- 3) 在不常開動時， $\Delta U \leq 15\%$ （這個數值可以增到 20%，或者更大，假若電動機能夠保證發出驅動所需的開動力矩而且還不致於破壞該供電系統中其他用電設備的運轉狀態的話）。

高壓鼠籠式電動機只有在下述情況下才可直接開動：假若它的容量不超過供電線路三相短路容量的 3%。

如果電動機直接由電力變壓器供電，那麼直接開動只有在下述情況下才可進行（在不常開動時）：假若電動機容量不超過變壓器容量的 30%。

爲了減小鼠籠式電動機的開動電流，可以應用電抗器或開動用自耦變壓器來降壓開動。用這種開動方法的接線圖已如圖 17 和 18 所示。這些線路相當龐雜，需要大量價錢高昂的開動箱，較之採用滑環式電動機幾乎沒有什麼優越之處。

如此看來，只有當供電系統的容量和電動機的構造允許進行直接開動時，才建議採用鼠籠式電動機作爲水系的電力驅動裝置。

假若在電動機開動時必須降低電壓以限制開動電流的話，那麼應該首先採用滑環式電動機，因爲要降低鼠籠式電動機的電壓就需採用昂貴而又笨重的自耦變壓器和附加油開關設備。

如果直接開動鼠籠式電動機，那麼供電電纜應根據開動功率計算。排水裝置的所有電氣設備應有高度的可靠性。電動機應有防潮絕緣，而在機械構造方面應能防止水濺和水滴的侵害。

小型和中型水泵設備之電力驅動裝置，可以採用新統一類的 AO 型和 АОП 型封閉式鼠籠感應電動機，容量從 10 到 100 瓩。假若根據開動條件，設備中不許採用鼠籠式電動機的話，則採用 МКМА, МАК 和 МАШ 型保護式滑環電動機。

大型水泵設備的電力驅動裝置，採用 ДБП、ДАМТ 和 ДАМ—6 型鼠籠式電動機（表 2）。

在某些情況下，如果根據開動條件不許採用鼠籠式電動機，則採用 АМ—6 型保護式滑環電動機。

對於轉數爲每分鐘 3000 轉的小型 and 中型水泵，電力驅動裝置可以採用每分鐘 3000 轉的 АД 型鼠籠式感應電動機，容量爲 16 到 96 瓩，型式爲防濺和防滴式，繞組有防潮絕緣；也可採用 МА—140 型電動機。

水泵設備之低壓鼠籠式電動機用的開動器，採用 А 型自動開關和 ПМ 型磁力開動器。

滑環式電動機藉油變阻器來開動。線路開關使用 А 型自動開關。

高壓鼠籠式感應電動機的開動箱，採用帶有油開關的 ЯЖУ—16 型配電箱（圖 87），或者採用克里沃伊羅格礦業學院設計的配電箱（圖 123）。

高壓滑環式電動機藉 PM 型變阻器來開動，並採取帶有油開關的 ЯЖУ-16 型配電箱或圖 123 所示的配電箱作為線路開關。

水泵電動機所需的電能，由 ЦПП 配電設備的高壓或低壓母線來供應。

如果排水房和 ЦПП 毗鄰，那就許可直接在 ЦПП 中裝設水泵電動機用的線路開動箱，因之鼠籠式電動機即可在 ЦПП 洞室中開動。

滑環式電動機的開動變阻器直接設在電動機的附近。

假如排水房不和 ЦПП 毗鄰，那麼不論高壓配電設備或者低壓配電設備均應直接設在排水房中。

假如在直接開動大型鼠籠式電動機時，ЦПП 和供電電纜容量不夠的話，那麼排水裝置最好直接由地面上供電，同時還用備用電纜把排水裝置的配電設備和 ЦПП 連接起來。

圖 125 和 169 表示帶高壓感應電動機的排水裝置之供電方式。

由圖（圖 169）可見，電動機所需的電能藉沿牆敷設的電纜從 ЦПП 引來並且經過開動箱 2—3。電動機藉變阻器 2 來開動，這個變阻器和電動機 1 並排裝設，並用電纜接到保護罩 4 中的滑環上。

排水裝置實際上不需要經常監督，工作人員的作用主要是開動和停止水泵；在這些條件下完全可能逐漸實現排水裝置的自動控制。

根據井內水位的高低來控制水泵的開動和停止，可藉指示水位狀態的浮子實現。

圖 170 表示自動排水裝置最簡單的接線圖。

當水位升高時，浮子抬高並且迫使平衡重物 5 降落，上卡子 6 也隨之降落；當達到一定水位時，上卡子 6 便把接觸子 7 閉合；此時中間繼電器的線圈 3 中流入電流。線圈 3 動作後又把開動器的接觸器線圈電路中的接觸子閉合，因之開動器的主接觸子閉合，把電壓加至鼠籠式電動機上，於是水泵開始運轉起來。

當水位降低時，浮子 4 下落，並以本身重量把平衡重物 5 提高，下卡子 6' 也隨之升起；達到一定水位時，後者便把中間繼電器 3 電路中的接觸子開啓；繼電器動作而把電磁線圈電路切斷，因之磁力開關的主接觸子開啓，於是電動機和水泵一道停止下來。

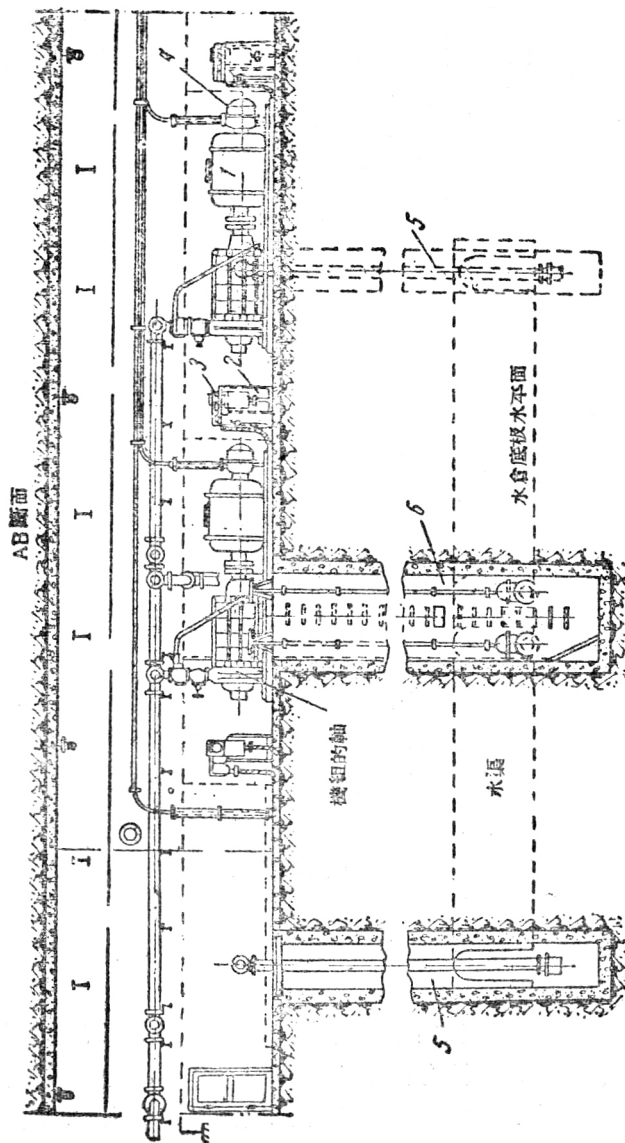


圖 169 水泵房內設備的佈置圖

1—電動機；2—變阻器；3—開動箱；4—保護罩；5—吸水井；6—受水井

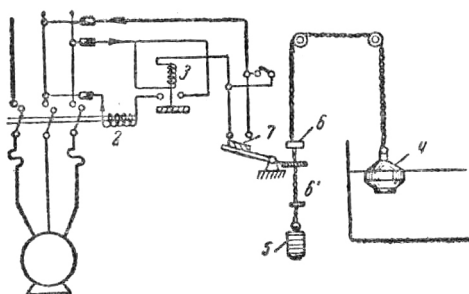


圖 170 排水裝置自動化最簡單的接線圖
1—水泵電動機；2—帶電磁接入線圈的磁力開動器；3—中間繼電器；4—浮子；5—平衡重物；6和6'—上卡子和下卡子，和平衡重物一道移動；7—閉路接觸子

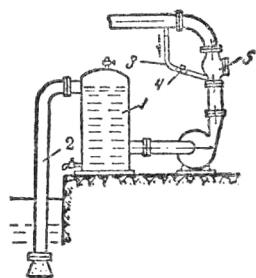


圖 171 水泵藉灌水箱灌水圖
1—蓄水箱；2—吸水管；3—支管；4—支管上的止回閥；5—出水管上的止回閥

這類最簡單的自動化，唯有在水泵裝設在水平面下和水泵自動灌水的條件下才有可能，並且電力驅動裝置採用的是根據直接開動設計的鼠籠式電動機。在所有其他情況下，如果水泵需要事先灌水，電動機需用變阻器開動，那麼排水工作的自動化唯有按更複雜的線路才能實現。

最近，在烏拉爾很多礦井中採用了有自動灌水箱的自動化排水水泵，自動灌水箱如圖 171 所示。具有一定真空程度的金屬箱，一端用吸水管與接至水倉並且滿裝有水的水渠連通，另外一端則和水泵相連。於是箱中水位高於泵中水位，這樣一來，水泵經常可以有水灌注。

自動化的原則接線圖如圖 172 所示。圖中電動機藉閘刀開關 P 和磁力開動器 MII 的接觸器接入線路。

自動控制用的輔助電路由 $OCIII$ 型變壓器 T_p 來供電。電壓是否加上由紅燈 KJI 來指示。

這接線圖的動作原理如下：當水渠盛水到 60% 時，浮子 II_1 ，即把中間繼電器 $1PII$ 電路閉合，於是繼電器動作並用自己的接觸子 $1PII$ 把接觸器線圈 KJI 電路接通。如果此時水泵是灌滿了水的而且機械水力繼電器的接觸子 BP 是閉合着的，那麼接觸器線圈 KJI 發生作用並把電動機接入線路中。

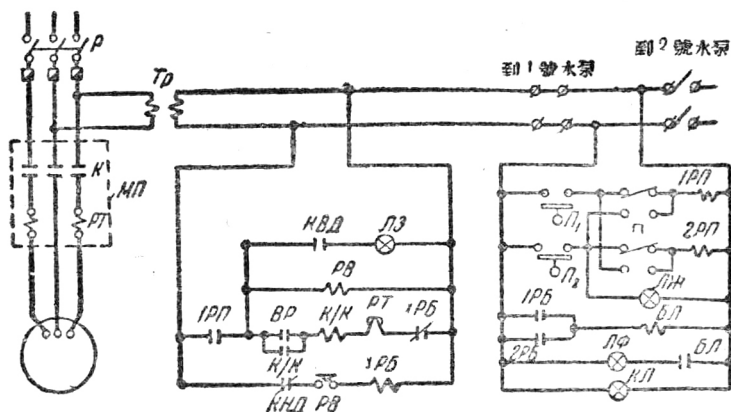


圖 172 排水裝置自動化的原則接線圖

TP—變壓器；K—接觸器的接觸子；МП—磁力開動器；KЛ—紅燈；П—切換開關；1—ПП，2—ПП—中間繼電器；κ/κ—接觸器線圈；BP—機械水力繼電器；КНД—低壓力機械繼電器的接觸子；КВД—高壓力機械繼電器的接觸子；ЛЗ—綠燈；PB—監視繼電器（時間繼電器）；БЛ—指示器；ЛФ—事故信號燈；ЛЖ—黃燈；1PB，2PB—第一和第二事故繼電器

在正常開動時，低壓力機械繼電器的接觸子 КНД 開啓，而高壓力機械繼電器的接觸子 КВД 閉合；此時綠燈 ЛЗ 發亮，通知調度員水泵正常開動。

假若規定的開動狀態因為某種緣故被破壞了，結果在規定時間內泵內壓力沒有達到自己的正常數值，那麼低壓力機械繼電器的接觸子 КНД 不開啓，而監視用的時間，繼電器 PB 經過一段規定時間即把事故繼電器 1PB 電路中的接觸子 PB 閉合，於是事故繼電器動作並用自己的接觸子 1PB 把磁力開動器的接觸器線圈 κ/κ 電路開啓，因之電動機從線路中切出。

事故繼電器 1PB 還把指示器 БЛ 電路中的接觸子閉合，指示器動作，使事故信號燈 ЛФ 發亮，通知調度員水泵發生事故。電動機重行接入是不會發生的，因為事故繼電器 1PB 電路在浮子 П₁ 保持自己的接觸子為閉合狀態的時候，一直是閉合的，而這個水泵的接觸

① 原書此處為“PB—事故繼電器”，但圖中並無 PB，而有 БЛ 未註明，故改為“БЛ—指示器”——譯者。

器線圈電路則是開啓的。

假若這個水泵不按時開動，那麼渠中升高的水位便藉第二個浮子 Π_2 把第二個中間繼電器 $2PI$ 電路接通，而第二個中間繼電器即把第二個水泵（換用水泵）磁力開動器的接觸器線圈 K/K 電路閉合，於是第二個水泵開動起來。此時表示換用水泵事故開動的黃燈 $ЛЖ$ 發亮。圖中接觸子 $2PB$ 代表換用水泵事故繼電器 $2PB$ 的接觸子； PT 代表磁力開動器 MI 的熱力繼電器接觸子。

兩水泵的工作順序可以用手拉動切換開關來調整。

Г. М. 圖皮津 (Тупицин) 副教授建議的一個較複雜的自動化線路圖如圖 173 所示。

這個線路圖的動作原理如下。隨着井內水位的上升，浮子 1 逐漸抬高，達到一定水位時，便藉卡子 σ 把開動器 K_3 的接觸器線圈 C 電

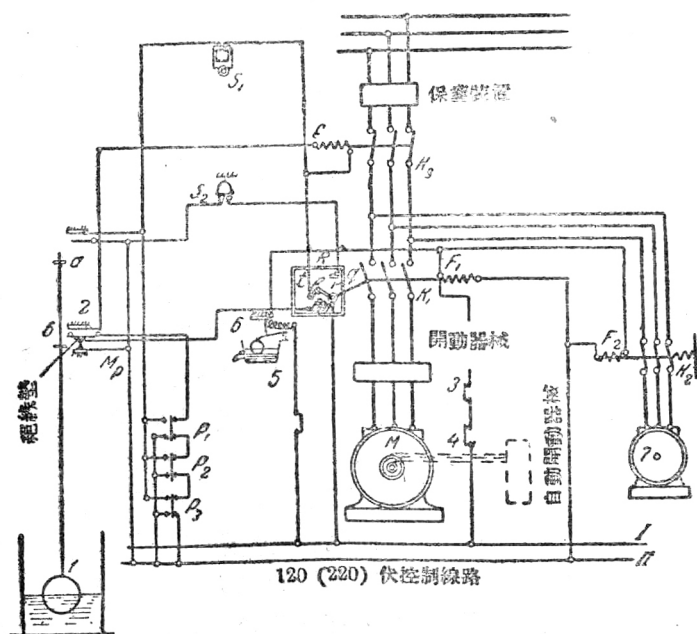


圖 173 自動化排水裝置接線圖

- 1—浮子；2—接觸器線圈電路中的接觸子；3和4—閉路接觸子；5—浮子室；6—接觸子；7—輔助水泵的電動機；8—主要水泵的電動機

路中的接觸子 2 閉合。隨之開動器動作，並把專供主要水泵灌水之用的輔助水泵電動機 7 接入線路。起初是吸水管灌滿了水，其次是水泵，最後浮子室 5 也灌滿了水。

當浮子室灌滿了水時，浮子升起，並把開動器 K_1 的接觸器線圈 F_1 電路中的接觸子 6 和開動器 K_2 的脫扣線圈 F_2 電路閉合。

此時，輔助水泵 7 切出，而主要水泵的電動機 8 接入並且開始運轉。浮子室 5 中的水開始減少，經過一段時間後接觸子 6 開啓，但是此時假如在水泵之中建立起了正常壓力，而且吸水管中建立起了正常真空，那麼接觸子 6 將爲閉路接觸子 3 和 4 所閉鎖，接觸器線圈 F_1 和 F_2 之中仍舊有一電流從母線 I 和 II 流入，於是主要水泵將正常運轉。

假如水泵不很正常，壓力或真空沒有達到其正常的數值，則主要水泵將因接觸子 6 開啓而自動切出，而輔助水泵將重新接入。然後進行再次開動。

爲了限制再次接入的次數，線路圖中設有機械限制器 R ，經過三次接入之後，到了第四次時限制器即把開動器 K_3 的接觸器線圈 C 電路開啓，所有的設備便從線路切出。此時自動閉合的機械開關接觸子 $r-q$ 將信號儀器 S_2 的電路接通，信號儀器就可告訴調度員水泵運轉中出了毛病。

例題：水泵房和 $\Pi\Pi\Pi$ 毗隣。假設每日平均小時湧水量 $Q_0 = 55$ 米³/小時，舉水高度 $H_{\text{вод}} = 150$ 米， $\gamma = 1050$ 千克/米³，試求水泵用的電動機容量和選擇水泵裝置的電氣設備。

1. 如用一個水泵在 20 小時內把一日湧水量抽乾，則水泵排水量可按公式 (162) 來求：

$$Q = \frac{24Q_0}{t} = \frac{24 \times 55}{20} = 66 \text{ 米}^3/\text{小時}.$$

2. 水泵揚程按公式 (163) 來求：

$$H_m = 1.1 H_{\text{вод}} = 1.1 \times 150 \cong 165 \text{ 米}.$$

3. 選用亞歷山大羅夫工廠出品的九級整體外殼式水泵，排水量爲 65 米³/小時，揚程爲 180 米， $n = 1450$ 轉/分；水泵平均效率設爲 $\eta = 0.6$ 。

4. 水泵用的電動機容量按公式 (161) 來求：