

# 煤礦用电動机的試驗

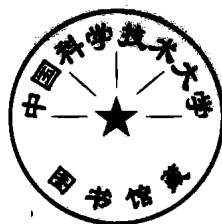
苏联 阿·德·伊馬斯著

煤炭工業出版社

# 煤礦用電動機的試驗

苏联 阿·德·伊馬斯著

謝之熙譯



煤炭工業出版社

## 內 容 提 要

書中敘述了如何選擇礦山机电廠、礦山修理廠及中心机电廠試驗站和試驗室的設備，並闡明了煤礦工業用交流和直流電動機的試驗以及確定其特性的方法。

本書可供煤礦工業的工程技術人員參考。

**А. Д. ИМАС**

ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

根據蘇聯國立煤礦技術書籍出版社 1954 年莫斯科版翻譯

書号 266

煤礦用電動機的試驗

謝 之 熙譯

\*

煤炭工業出版社出版(地址：北京東長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版業營業許可證出字第084号

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

\*

編輯：景建中 校對：郭益華 唐寶珊

850×1092 $\frac{1}{32}$  開本 \* 11 $\frac{1}{2}$  印張 \* 249 千字 \* 定價(9)二元五角四分

一九五六年二月北京第一版第一次印刷(1—~~4,000~~冊)

2,100

## 序 言

在苏联的煤礦工業中使用着最先進的技術装备。

在第五个五年計劃中規定了煤產量約增長 43%，規定了大量的新礦投入生產，規定了繼續發展全部生產过程的机械化及自動化。

使用於回採及掘進工作面和礦井地面的电机，不但在數目上日益增加，而且所採用的特种構造的电機類型亦有所增加。

由於實行了礦井綜合机械化，就必須使用大型的防 爆 电 動 机。礦用电動机的構造，其零件的加工工藝过程及工作方式与其他工業部門所使用的电动机是根本不同的。

礦用电动机，尤其是使用於工作面的电动机，是在具有礦塵及空气濕度達 97—100% 的环境中進行工作的。因为在空气中含有沼氣，以及可能有煤塵、礦塵及机油浸入繞組，故礦用电動机的運轉条件特別困难。

通常是容量为 100 及 180 千伏安的採煤區变电所对容量为 65—150 瓩 的电动机 (MB-60 型割煤机、〔頓巴斯〕联合採煤机的电动机)進行供电的。所以在这种电动机合閘的時候 会使採煤區綫路的电压發生巨大的变化，因此电动机的特性亦隨之变更。

採煤机械电动机負荷的波動範圍是很大的。联合採煤机及割煤机的电动机負荷的變動，決定於各种不同的因素，因此不可能預先準確地確定其特性。因为某些原因，主要是因为工作条件困难，致使礦用电气設備的使用年限短暫。因此，在煤礦工業中建有大量的对电气設備進行修理、恢復及製造新設備的机电車間和工廠。

因为進行大修及中修的电动机和器械之種類繁多，所以机修廠的試驗站应当对修復後的設備進行全面的檢查。礦井的工作人員時常要求更改進行修理的电动机之額定數據、重改电机的电压

及轉速等，所以對於某些電動機不但要進行檢查性的試驗，而且還要作標準試驗（所謂標準試驗是指在大批生產的新設備中抽出其中之一部進行試驗，以便檢查產品之質量——譯者）。

雖然已出版有大批的有關電機試驗及研究的技術文獻，但仍然有必要著作一部考慮到礦用電機特點的有關試驗工作的書籍。

〔煤礦用電動機的試驗〕一書，是根據蘇聯國家標準 ГОСТ 183—41 的規定作出的，雖然在大多數情況下根據其規定的方法進行試驗時所得的結果並不良好。

蘇聯國家標準 ГОСТ 183—41 中所列大多數的條例已遭到運行人員的批判，而且是必須予以修改的。因為適用於礦井電機的新蘇聯國家標準尚未頒發，所以除 ГОСТ 183—41 外，尚不得不參照個別類型電機的技術條件。

〔煤礦用電動機的試驗〕一書適用於機電廠、礦山修理廠及中心機電廠各試驗站的工作人員。本書可供試驗站的技術人員、電氣設備驗收人員及其他檢查礦用電動機的人員之用。

與電機試驗的教科書不同之處，是本書着重地敘述了有關檢查電機的特性及構造是否合乎技術和運行條件的問題。

雖然對所有用於採煤機械的電機均檢查過其防爆性能，但是製造新防爆設備及修理舊設備的工作人員必須知道，當在電氣設備中發生了某種事故後（例如使防爆外殼中發生高溫的電弧閃絡及電動機的短路後），是存在足以引起瓦斯爆炸的危險的。

因此，新製及修復的礦用電氣設備各元件的堅固性必須是可靠的。

在敘述確定電動機特性的方法時，列舉了必需的參考資料。

作者認為必須對魯得欽柯的赫魯曉夫機械製造廠的總工程師李索夫斯基及工程師阿扎爾赫表示深刻的感謝，因為李索夫斯基審校了作者的手稿並提出了寶貴的指示和意見，阿扎爾赫與作者共同作了許多本書所述的實驗工作，並在製圖工作中曾予以很大的幫助。

# 目 錄

## 序 言

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 第一章 有關电机試驗的一般問題          | 7  |
| 第1節 試驗站及試驗室              | 7  |
| 第2節 变流所                  | 12 |
| 第3節 感应電動机的起動             | 26 |
| 第4節 試驗站工作地點的佈置及設備        | 30 |
| 第5節 电机試驗室                | 35 |
| 第6節 礦山修理廠或者中心机电廠小型車間的試驗站 | 36 |
| 第7節 电压調整器                | 40 |
| 第二章 負荷电机的選擇              | 42 |
| 第1節 直流負荷电机               | 43 |
| 第2節 用同期电机作为負荷电机          | 46 |
| 第3節 工作穩定性的確定             | 46 |
| 第4節 帶負荷試驗時电机的結綫系統        | 49 |
| 第5節 動力制動器(平衡机)           | 51 |
| 第6節 直流电机的校準              | 53 |
| 第三章 电机試驗的分類              | 57 |
| 第1節 标准試驗及檢查性試驗的綱領        | 57 |
| 第2節 МАД-101/11 型電動机的試驗綱領 | 60 |
| 第3節 电动机修理後的試驗            | 62 |
| 第四章 电动机試驗前的準備工作          | 63 |
| 第1節 概論                   | 63 |
| 第2節 空气間隙                 | 64 |
| 第3節 直流电机中性點位置的檢查         | 65 |
| 第4節 电刷振動情况的檢查及其研磨及安裝     | 67 |
| 第5節 直流电机繞組出綫头的符号及繞組結綫的檢查 | 69 |

|      |                                     |     |
|------|-------------------------------------|-----|
| 第6節  | 感應電動機繞組出綫頭的符號及繞組結綫的檢查               | 76  |
| 第7節  | 軸的軸向移動。電動機的軸承，<br>給油情況及機械行程的檢查      | 78  |
| 第8節  | 電動機的振動                              | 84  |
| 第9節  | 鼠籠的檢查                               | 87  |
| 第10節 | 感應電機的轉子繞組及<br>直流電机电樞繞組之焊接處的檢查       | 97  |
| 第11節 | 電動機絕緣的乾燥                            | 99  |
| 第五章  | 電機繞組電阻的測量                           | 111 |
| 第1節  | 電阻的測量方法                             | 111 |
| 第2節  | 測量直流電机的電樞繞組的電阻                      | 114 |
| 第3節  | 交流電机的繞組電阻的測量                        | 116 |
| 第4節  | 在缺乏結綫法資料的情況下，繞組電阻的確定                | 118 |
| 第六章  | 電機絕緣的試驗                             | 119 |
| 第1節  | 蘇聯國家標準 ГОСТ 183—41 的規定              | 119 |
| 第2節  | 絕緣電阻的測量                             | 119 |
| 第3節  | 對外殼的及相間的絕緣強度的試驗                     | 121 |
| 第4節  | 綫匝絕緣的試驗                             | 123 |
| 第5節  | 電機修理後對其絕緣強度所進行的試驗                   | 124 |
| 第6節  | 綫匝絕緣強度及繞組結綫正確性的檢查                   | 124 |
| 第7節  | 利用 CM-1 型器具對三相電机的繞組進行試驗             | 125 |
| 第8節  | 利用 CM-1 型器具對直流電机的波形及<br>「蛙足形」繞組進行試驗 | 127 |
| 第9節  | 對於煤礦工業之電机的絕緣所提出的特別要求                | 129 |
| 第七章  | 電机的特性及其確定方法                         | 129 |
| 第1節  | 能量圖                                 | 130 |
| 第2節  | 電机的損失                               | 131 |
| 第3節  | 空轉特性                                | 136 |
| 第4節  | 短路特性                                | 143 |
| 第5節  | 帶負荷的試驗及負荷特性                         | 149 |

|            |                                 |            |
|------------|---------------------------------|------------|
| 第6節        | 感應電動機的旋轉力矩                      | 150        |
| 第7節        | 用實驗方法確定電動機轉矩與轉差率之間的關係曲線         | 153        |
| 第8節        | 根據點測製感應電動機轉矩曲線的方法               | 154        |
| 第9節        | 根據加速測定電動機轉矩的方法                  | 158        |
| 第10節       | 洩漏磁場的飽和對於轉矩曲線值及<br>轉矩曲線性質所發生的影响 | 165        |
| 第11節       | 用滑轉方法確定迴轉力矩                     | 169        |
| 第12節       | 阻速發電機                           | 171        |
| 第13節       | 熱特性                             | 172        |
| 第14節       | 進行電機試驗時，對溫度的測量                  | 174        |
| 第15節       | 電動機額定容量的確定                      | 184        |
| 第16節       | 轉差率及轉速的測量                       | 188        |
| 第17節       | 容量的測量                           | 196        |
| <b>第八章</b> | <b>感應電機的試驗</b>                  | <b>200</b> |
| 第1節        | 試驗採煤機械電動機的特點                    | 200        |
| 第2節        | 變電比的確定                          | 201        |
| 第3節        | 空轉試驗                            | 203        |
| 第4節        | 短路試驗                            | 207        |
| 第5節        | 負荷特性曲線                          | 213        |
| 第6節        | 用制動試驗電機的方法來測製決定於轉差率<br>的轉矩特性曲線  | 218        |
| 第7節        | 繞線型電動機的圓圖                       | 223        |
| 第8節        | 用於求得起動力矩值的，接入轉子回路中的起動電阻<br>之確定  | 224        |
| 第9節        | 用於帶負荷調整電動機轉速的電阻值之確定             | 230        |
| 第10節       | 感應電動機的熱性試驗                      | 230        |
| 第11節       | 手持及架式電鑽的電動機                     | 233        |
| 第12節       | 局部扇風機的電動機                       | 235        |
| 第13節       | 對極數可以變更的感應電動機                   | 236        |
| <b>第九章</b> | <b>直流電機的試驗</b>                  | <b>239</b> |



|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| 第1節 概論 .....                            | 239 |
| 第2節 在高轉速下進行試驗工作 .....                   | 246 |
| 第3節 轉速的確定 .....                         | 247 |
| 第4節 空轉特性曲綫 .....                        | 248 |
| 第5節 牽引電動机的轉速特性曲綫 .....                  | 261 |
| 第6節 確定效率的間接方法(即根据各种損失<br>確定效率的方法) ..... | 255 |
| 第7節 牽引電動机的工作特性曲綫 .....                  | 256 |
| 第8節 直流电机的整流 .....                       | 258 |
| 第十章 計量儀表 .....                          | 271 |
| 第1節 總則 .....                            | 271 |
| 第2節 控制-計量儀表的运行 .....                    | 272 |
| 第3節 用直流及交流电測定电气值量 .....                 | 273 |
| 第4節 示波器 .....                           | 287 |
| 附錄1.關於在电机中有可能產生單向磁吸引力的問題 .....          | 300 |
| 附錄2.电刷的技術特性(ГОСТ 2332—43) .....         | 305 |
| 附錄3.用於各种电机的电刷的牌号 .....                  | 306 |
| 附錄4.電動机報廢的標準 .....                      | 308 |
| 附錄5.試驗站的安全技術 .....                      | 309 |
| 附錄6.煤礦用防爆电气設備檢修規程 .....                 | 315 |
| 附錄7.保護塗料 .....                          | 324 |
| 附錄8.电机繞組絕緣的車間試驗 .....                   | 325 |
| 附錄9.电机 .....                            | 327 |

# 第一章 有關电机試驗的一般問題

## 第 1 節 試驗站及試驗室

根据苏联煤礦工業部 1951 年 3 月 26 号的第 221 号命令，所有电机的大修及中修工作均应在礦山修理廠進行。

只有当礦山修理廠距礦井甚远，而且中心机电廠的技術装备又能保証修理的質量時，才能在中心机电廠進行电气設備的修理。

如果將电气設備的修理工作集中於大型工廠，就可能有系統地發現造成事故的原因，並採取防止事故的措施。

礦山修理廠与中心机电廠的試驗站在修理能力上是有區別的。

在某些礦务局(如斯大林烏哥尔礦务局)已經建立了專門的电修廠。

第 221 号命令的主要目的是加强全部礦山設備的檢查及維護工作。加强檢查工作，以及有系統地進行小修，以便最大限度地延長設備的大修之間的時間期限，成为了修理組的主要任务，而礦井修理廠的任务也是進行小修工作。

因为电气設備的預防性檢查及小修並不需要進行特別的試驗，所以以下所述及的試驗站及試驗室的設備是指修理廠及中心机电廠之試驗站和試驗室的設備。

各电机製造廠的每一个生產車間均設有試驗站。在这些試驗站中所進行的是產品之檢查性的試驗。

標準試驗及研究工作是在專設的工廠及車間的試驗室中進行的。

試驗工作之所以要分開，是因为在車間的試驗站中難於創造

進行標準試驗的合適條件。

此外，又因為試驗室的設備是唯一的，而且有時又不能够將其裝設在試驗站的地區範圍以內。

礦山修理廠及中心机电廠的电修車間之試驗站的組織機構应当是比較簡單的，因為在這些廠裏只有一個出產成品的車間，然而其中必須設有用於進行技術檢查的個別試驗設備以及進行標準試驗和研究的試驗室。在專門修理电气設備的工廠裏有數個出產成品的車間（斯大林烏哥爾礦務局的電力工廠）。

為此，對於專門修理設備的工廠及大型礦山修理廠的电修車間，除了試驗站外，最好設有對修復後的电气設備進行試驗及研究的試驗室。

試驗站應設置在裝配車間的附近。試驗站室內的溫度不应当

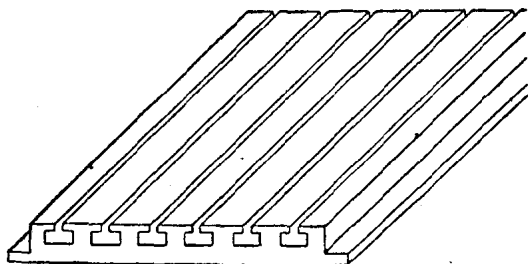


圖1 基座

有很大的變化及穿堂風。在澆鑄的或者用鐵軌或工字鐵焊接而成的基座上（圖1）來安裝即將試驗的中型及小型电机較為方便。底座應牢固地裝在混凝土的基礎上。基礎應高出地板0.5公尺。

為了調整電壓，裝有適當容量的機器及變流設備，如電壓調整器及電動發電機組。由低壓綫路或者單獨的降壓變壓器來對電壓調整器進行供電。

電動發電機組的優點，是不受供電綫路電壓波動的影響。利用電動發電機組還能獲得對稱的電壓。如果利用接入低壓綫路的電壓調整器來進行供電，則在起動及切斷大型電動機的時候，綫

路不免要受到負荷的衝擊，以及由於有電焊機、單相感應電爐等在進行工作而使電壓不對稱，以致於影響到試驗的電機，這是很不合適的。如果電壓調整器的用電是由單獨的降壓變壓器供給的，則供電的電壓尚比較穩定。

變流設備應該裝設在單獨房屋（變流所）內或者裝設在只有運行人員可以接近的地方。最方便的是用動力插銷式結綫裝置來對工作地點進行供電（圖 2）。

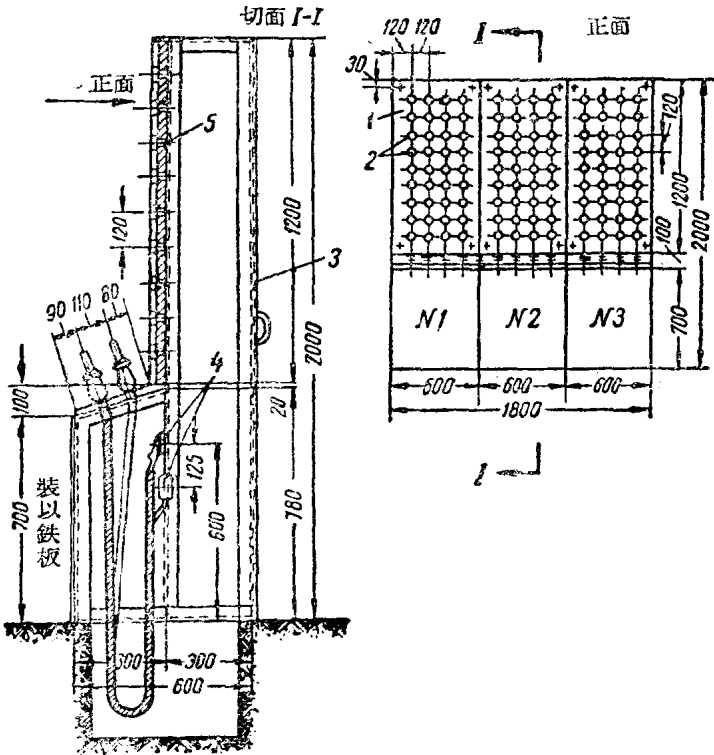


圖 2 三個盤的動力插銷式結綫裝置

1—石棉水泥板；2—插銷座；3—可卸的門；4—試驗電機或者試驗站的連接點；5—電源的連接點。

由插銷式結綫裝置出來的電纜應敷設在便於進行檢查的電纜

溝中。在工作地點應設有安裝儀表、起動及調節器械的板子，並應裝有按鈕以實行負荷的遠距離操縱，調整電壓及轉速。

用於標準及檢查性試驗的儀表，應當是試驗室用的不低於0.5級的儀表。最好不用裝於配電盤上的儀表來試驗電機。

對於試驗容量不大的裝在工作機器中的電動機，在試驗台上應裝有帶幾級速度的減速器，以便在工作機械的軸之各種不同轉速的情況下，亦能使負荷發電機的轉速保持不變。

圖3所示的是裝有減速器用於試驗手持及架式電鑽的設備。

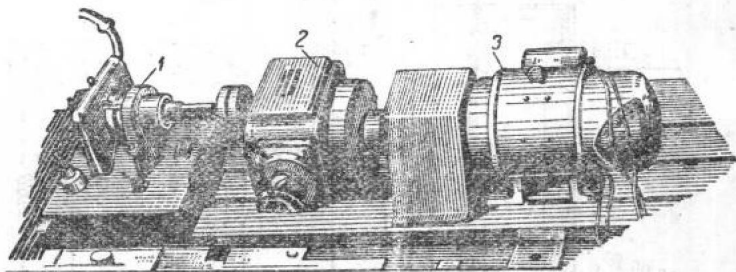


圖3 試驗手持電鑽及架式電鑽用的設備  
1—所試驗的電鑽；2—減速器；3—負荷發電機。

利用電壓為6伏及電流為1000安的低压電動發電機組對補極的繞組及串激勵磁繞組進行供電。

試驗電機用可移動的儀表將在本書的其他各章中予以敘述。

試驗站工作地點及人數的計算，以及其設備的選擇，是根據生產綱領、試驗的時間定額和產品目錄等進行的。

對於機械製造廠來說，這些必需的資料是根據生產綱領來確定的。確定修理廠的這些資料比較困難，因為需要修理的電機之類型太多，而數目又只能對大量使用的，如運輸機、割煤機、電機車、局部扇風機、水泵、絞車等的電動機，大致地加以確定。修理大型電動機（如提昇設備、主要扇風機等的電動機）的設計，由於有很多與工廠無關的原因，也難以編製。所以計算試驗站的

試驗能力時，是应当留有很大的潛在能力的。

工作地點的數目可按下式確定之：

$$p = \frac{N t k}{T'}$$

式中  $p$ ——工作地點的數目；

$N$ ——按照綱領，一年中應修理的電動機的數目；

$t$ ——試驗一台電動機所需要的時間(小時)；

$k$ ——不均衡及計算重新試驗電機的係數；所試驗的電機越複雜， $k$  值越大；

$T'$ ——在 8 小時工作日的情況下，工作地點的年度時間基數(小時)。

用於進行檢查性試驗的試驗站之設備由下列組成：

- 1) 用於進行檢查性試驗的操縱台及試驗台；
- 2) 用於試驗絕緣強度的操縱台；
- 3) 負荷電機及電阻；
- 4) 計量儀表、起動調節設備及保護裝置。

因為進行試驗的電機的類型繁多，所以必須安裝適用於直流及交流電機的萬用操縱台。高壓電機在專用的試驗台上進行試驗。

根據煤礦工業電修廠的組織經驗證明其修理能力應當是很大的(每月達 500—800 部設備)。

這時必須考慮到試驗各種不同而數目又多的電氣設備的複雜性。

變流所中如果裝有好的設備，是使我們能夠進行各種試驗及研究的主要條件之一。下面將簡略地敘述用於對修理能力達 500—800 部中型電機的大型電修廠試驗站之試驗台及試驗室進行供電的變流所。

## 第 2 節 變 流 所

變流所是用以對試驗站的試驗台及試驗室供給可以調整的各種電壓(直流電及交流電)以及使電動機的轉速得以調整的。

變流設備的數目是根據同時在試驗站及試驗室中進行試驗的電機數來確定的。

試驗站及試驗室的插銷盤是利用母綫使之與變流所連接的。有閉鎖裝置來保證使用插銷盤的安全，此閉鎖裝置能防止各種不同電源的插銷盤同時地接入同一的母綫。

6 千伏或者 3 千伏的高壓配電設備是用於對下列設備進行供電的：

1) 容量為 560 千伏安、電壓為 6/0.4—0.69 千伏 或者 3/0.4—0.69 千伏的變壓器；

2) 容量為 320 千伏安、電壓為 6/3 千伏的變壓器。

高壓電動機直接連接於 6/3 千伏的變壓器。

因為煤礦工業中新的技術保安規程容許在井下使用額定電壓為 700 伏的電動機，所以變壓器的二次綫圈可以輸出 0.4 及 0.69 千伏的兩種電壓。

除了不能調整電壓的電源外，在變流所中尚裝有電動發電機組，以便獲得直流及交流電的可變電壓，以及實行將電流送回綫路的試驗系統。

### 變 流 設 備

在變流所中裝有下列設備：

1) 由直接接入綫路的、容量為 220 瓩、電壓為 6 或者 3 千伏(決定於配電設備的電壓)的感應電動機，以及裝在電動機兩軸端的每部容量為 100 瓩、電壓為 220 伏的他勵磁直流發電機所組成的三電機機組 № 1 (圖 4)。直流發電機可以串聯(以便獲得 440 伏

至試驗室的結線裝置

~ 6kV

220В 220В

440В

可調整的电压

~ 380В

№1

№2

2) 兩部二電機的機組 №2 及 №3 (圖 4 及圖 8), 每一機組均由容量為 220 千伏安的直流同期發電機及容量為 220 瓩、電壓為 440 伏、每分鐘 1000 轉的直流電機所組成, 其中一部同期發電機的電壓為 400/230 伏, 另一部則為 690/400 伏;

13



由交流所進行供电時，試驗站及試驗室的运行

進行試驗工作時，如果不需要十分準確的电压、固定的电压值或者不需要調整电压時，可將所試驗的电动机直接接入綫路及插銷式結綫裝置的母綫。插銷式結綫裝置母綫的用电，是由容量为560千伏安、电压为6/0.4—0.69或者3/0.4—0.69千伏的变压器之二次繞組及直接由6千伏的綫路或者經過適合於所試驗电机的額定电压的容量为320千伏安、电压为6/3千伏之变压器供給的。

欲獲得可調整电压的交流电時，可接通三电机的机組№1。在三綫制及按照圖4所示的系統結綫時，机組№1的發电机就能造成电压为220及440伏的直流电綫路。將二电机的机組№2或者№3接入此直流綫路。

可以將所有二电机的机組№2、№3及№4同時接入直流綫路。这样便可以使三部試驗台同時進行工作，並使每部試驗台獲得可調整电压及頻率的交流电。

如果將机組№4接入直流綫路，所試驗的高压电机即可獲得可調整的高压电(圖5)。

試驗台的負荷發电机可以接入負荷电阻或者使之与直流綫路並联运行(机組№1)。

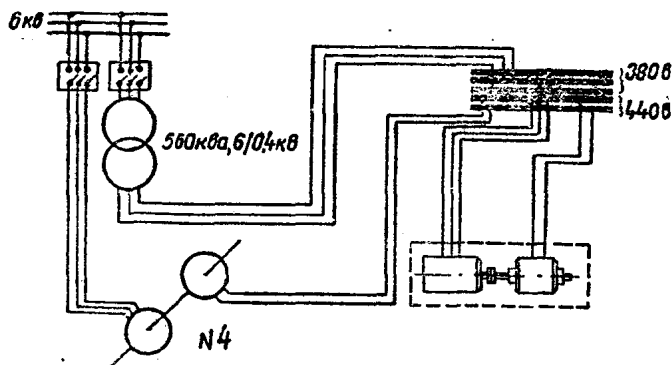


圖6 試驗低压交流电机時，將电力送回綫路的結綫系統