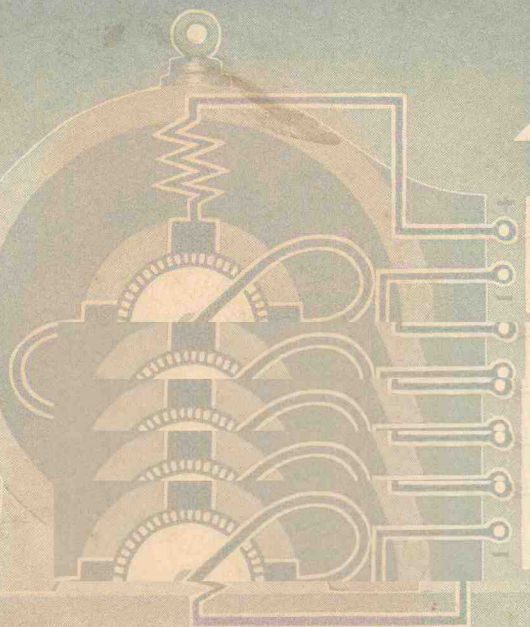


TG-33-107C<sub>2</sub>

# 轧钢车间的电机扩大器

В.И. 費 金 著

杜 江 淮 譯



冶金工業出版社

В. И. ФЕЙГИН  
ЭЛЕКТРОМАШИННЫЕ УСИЛИТЕЛИ  
В ПРОКАТНЫХ ЦЕХАХ

Металлургиздат (Москва—1954)

軋鋼車間的电机擴大器

杜江淮 譯

楊競衡 校

冶金工業出版社 (北京市灯市口甲 45 号) 出版

北京市書刊出版業營業許可証出字第 093 号

冶金工業出版社印刷厂印

一九五六年九月第一版

一九五六年九月北京第一次印刷 (1—2,543)

$787 \times 1092 \cdot \frac{1}{32} \cdot 59,000$  字 • 印張  $2 \frac{22}{32}$  • 定价 (10) 0.44 元

書号 0502

發行者 新華書店

# 軋鋼車間的电机擴大器

В. И. 費 金 著

杜 江 淮 譯

楊 競 衡 校

冶金工業出版社

本書說明正交磁場电机擴大器的作用原理，研討最簡單的帶电机擴大器的電力傳動自動控制線路，並研究較複雜的軋鋼机机械电气傳動的电机控制系統，介紹這些系統的調整。

本書原是为苏联从事軋鋼机电气設備運轉的工長、組長和熟練电工寫的，也可作为軋鋼車間电工集体學習之用。但在我國情況下，对在軋鋼厂、有色金屬加工厂工作的工程技術人員和設計、制造軋鋼机械的工程技術人員也是有幫助的。

# 目 錄

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| 主要符号表                                  | 5  |
| 第一章 电机擴大器                              | 8  |
| 1. 甚么是电机擴大器                            | 8  |
| 2. 怎样構成正交磁場电机擴大器                       | 11 |
| 3. 电器工業所生產的电机擴大器的技術数据                  | 16 |
| 第二章 最簡單的帶电机擴大器的線路                      | 20 |
| 1. 閉环控制系統的概念                           | 20 |
| 2. 發電机电压的自动調整                          | 23 |
| 3. 电动机速度的自动調整                          | 23 |
| 4. 电动机負載的自动調整                          | 30 |
| 5. 电动机發动及制动的加速                         | 34 |
| 6. 过渡歷程的穩定                             | 37 |
| 第三章 电机擴大器在軋鋼机电力傳动中的应用                  | 40 |
| 1. 採用帶截止的电路能得到什么結果                     | 40 |
| 2. 用帶有电压截止的电路<br>來控制輔助机械的可逆电力傳动裝置      | 43 |
| 3. 用帶有按电动机的电流截止的电路<br>來控制輔助机械的可逆电力傳动裝置 | 50 |
| 4. 用帶有复合控制繞組的电路<br>來控制輔助机械的可逆电力傳动裝置    | 53 |
| 5. 可逆軋鋼机主傳动裝置的控制                       | 56 |
| 6. 冷軋机上帶材張力的自动調整                       | 64 |
| 第四章 帶电机擴大器的电力傳动裝置之調整                   | 69 |

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 1. 电路元件極性的确定 .....             | 69 |
| 2. 电机擴大器的調准 .....              | 70 |
| 3. 电路的接入及整定 .....              | 76 |
| 4. 軋鋼机主傳动發电机励磁控制电路的接入及調整 ..... | 78 |
| 参考文献 .....                     | 85 |

|           |       |
|-----------|-------|
| 8. ....   | ..... |
| 11. ....  | ..... |
| 31. ....  | ..... |
| 32. ....  | ..... |
| 33. ....  | ..... |
| 34. ....  | ..... |
| 35. ....  | ..... |
| 36. ....  | ..... |
| 37. ....  | ..... |
| 38. ....  | ..... |
| 39. ....  | ..... |
| 40. ....  | ..... |
| 41. ....  | ..... |
| 42. ....  | ..... |
| 43. ....  | ..... |
| 44. ....  | ..... |
| 45. ....  | ..... |
| 46. ....  | ..... |
| 47. ....  | ..... |
| 48. ....  | ..... |
| 49. ....  | ..... |
| 50. ....  | ..... |
| 51. ....  | ..... |
| 52. ....  | ..... |
| 53. ....  | ..... |
| 54. ....  | ..... |
| 55. ....  | ..... |
| 56. ....  | ..... |
| 57. ....  | ..... |
| 58. ....  | ..... |
| 59. ....  | ..... |
| 60. ....  | ..... |
| 61. ....  | ..... |
| 62. ....  | ..... |
| 63. ....  | ..... |
| 64. ....  | ..... |
| 65. ....  | ..... |
| 66. ....  | ..... |
| 67. ....  | ..... |
| 68. ....  | ..... |
| 69. ....  | ..... |
| 70. ....  | ..... |
| 71. ....  | ..... |
| 72. ....  | ..... |
| 73. ....  | ..... |
| 74. ....  | ..... |
| 75. ....  | ..... |
| 76. ....  | ..... |
| 77. ....  | ..... |
| 78. ....  | ..... |
| 79. ....  | ..... |
| 80. ....  | ..... |
| 81. ....  | ..... |
| 82. ....  | ..... |
| 83. ....  | ..... |
| 84. ....  | ..... |
| 85. ....  | ..... |
| 86. ....  | ..... |
| 87. ....  | ..... |
| 88. ....  | ..... |
| 89. ....  | ..... |
| 90. ....  | ..... |
| 91. ....  | ..... |
| 92. ....  | ..... |
| 93. ....  | ..... |
| 94. ....  | ..... |
| 95. ....  | ..... |
| 96. ....  | ..... |
| 97. ....  | ..... |
| 98. ....  | ..... |
| 99. ....  | ..... |
| 100. .... | ..... |

# 主要符号表

| 符 号 | 俄 文 名 称                                          | 中 文 名 称           |
|-----|--------------------------------------------------|-------------------|
| A   | амперметр                                        | 电流表               |
| АД  | асинхронный двигатель                            | 感应电动机             |
| В   | Возбудитель; В<br>реверсивный контактор «вперед» | 励磁机<br>[向前] 可逆接触器 |
| В   | Выпрямитель                                      | 整流器               |
| ВГ  | Возбудитель генератора                           | 发电机的励磁机           |
| ВД  | Возбудитель двигателя                            | 电动机的励磁机           |
| Г   | Генератор                                        | 发电机               |
| Д   | Двигатель                                        | 电动机               |
| ДЕ  | Динамическая емкость                             | 电容机               |
| ДН  | Делитель напряжения                              | 分压器               |
| ЗО  | задающая обмотка                                 | 给定绕组              |
| К   | рубильник                                        | 刀开关               |
| КВ  | Конечный Выключатель                             | 终点开关              |
| КЗ  | Контактор защиты                                 | 保护接触器             |
| КК  | Командо-контроллер                               | 主令控制器             |
| ККВ | Контакты командо-контроллера<br>«вперед»         | 主令控制器的[向前]触头      |
| ККН | Контакты командо-контроллера<br>«назад»          | 主令控制器的[向后]触头      |
| КО  | Компенсационная обмотка                          | 补偿绕组              |
| Л   | Линейный контактор                               | 线路接触器             |
| МВ  | Масляный Выключатель                             | 油断路器              |
| Н   | реверсивный контактор «назад»                    | [向后] 可逆接触器        |
| НО  | Обмотка напряжения                               | 电压绕组              |
| ОВ  | обмотка Возбуждения                              | 励磁绕组              |

| 符 号  | 俄 文 名 称                                            | 中 文 名 称    |
|------|----------------------------------------------------|------------|
| ОВВ  | обмотка Возбуждения возбудителя                    | 励磁机的励磁繞組   |
| ОВГ  | Обмотка возбуждения генератора                     | 发电机的励磁繞組   |
| ОВД  | Обмотка возбуждения двигателя                      | 电动机的励磁繞組   |
| ОВДЕ | Обмотка возбуждения динамической емкости           | 电容机的励磁繞組   |
| ОВТГ | Обмотка Возбуждения тахогенератора                 | 测速发电机的励磁繞組 |
| ОДК  | Обмотка динамической компенсации                   | 动态补偿繞組     |
| ОДП  | Обмотка дополнительных полюсов                     | 間極繞組       |
| ОКД  | Обмотка компенсационная двигателя                  | 电动机的补偿繞組   |
| П    | Ползун                                             | 动臂         |
| ПР   | Пусковой реостат                                   | 启动变阻器      |
| Р    | Реостат                                            | 变阻器        |
| РР   | Регулировочный реостат                             | 調整变阻器      |
| РКВ  | Реле конечного выключателя                         | 終点开关的繼电器   |
| РМ   | Реле максимальное                                  | 过电流繼电器     |
| РН   | Реле напряжения                                    | 电压繼电器      |
| РНТ  | Реле наличия тока                                  | 檢流繼电器      |
| РПН  | Реле понижения напряжения                          | 低电压繼电器     |
| РТВ  | Реле торможения «вперед»                           | 〔向前〕制動繼电器  |
| РТН  | Реле торможения «назад»                            | 〔向后〕制動繼电器  |
| С    | Сопротивление                                      | 电阻         |
| СК   | Сопротивление, шунтирующее компенсационную обмотку | 补偿繞組的分路电阻  |
| СО   | Стабилизирующая обмотка                            | 穩定繞組       |
| СТ   | Стабилизирующий трансформатор                      | 穩定变压器      |

## 續表

| 符 号        | 俄 文 名 称                                               | 中 文 名 称     |
|------------|-------------------------------------------------------|-------------|
| СТВ        | Стабилизирующий трансформатор возбудителя             | 励磁机的穩定变压器   |
| СТУ        | Стабилизирующий трансформатор усилителя               | 擴大机的穩定变压器   |
| СТУГ       | Стабилизирующий трансформатор управляющего генератора | 控制發電机的穩定变压器 |
| Т          | трансформатор                                         | 变压器         |
| ТГ         | Тахогенератор                                         | 測速發電机       |
| ТО         | Токовая Обмотка                                       | 电流繞組        |
| ТТ         | Трансформатор тока                                    | 变流器         |
| У          | Усилитель                                             | 擴大机         |
| У1, У1, У3 | Контакты ускорения                                    | 加速接触器       |
| УГ         | Усилитель генератора                                  | 發電机的擴大机     |
| УГГ        | управляющий генератор главного генератора             | 主發電机的控制發電机  |
| УГН        | Управляющий генераторрегулятора нагрузки              | 負載調整器的控制發電机 |
| УД         | Усилитель двигателя                                   | 电动机的擴大机     |
| УО         | Управляющая Обмотка                                   | 控制繞組        |
| V          | Вольтметр                                             | 电压表         |

# 第一章

## 电机擴大器

### 1. 甚公是电机擴大器

电机擴大器是一种特殊的直流發电机，它和普通直流發电机的差別在於它的励磁繞組所需要的功率很小。

由某种原动机帶动的普通的他激直流發电机是电机擴大器一个最簡單的例子。如果加直流电压於發电机  $\Gamma$  的励磁繞組  $OB$  (圖 1) 上，那么在發电机的电刷上就有电压出現，因而在負載  $H$  的迴路上也就有电流通过。此时励磁繞組所需的功率，通常約为發电机發出到負載迴路內的功率的  $\frac{1}{30} - \frac{1}{40}$ 。

如果用变阻器  $P$  以減少或增加电流，亦即減少或增加励磁繞組的功率，那么發动机所發出的功率亦随之相应地減少或增加。

如果以直流电动机作为負載  $H$  連

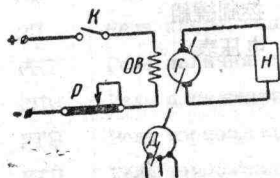


圖 1 直流發电机的接線圖

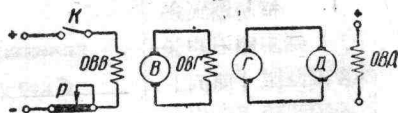


圖 2 發电机的兩級励磁線路圖

接到發电机上，那末借助於發电机励磁迴路所需的不大的电功率（約一仟瓦），可以控制容量很大的电动机（約几十仟瓦）的

5.93-18867

工作。按照大家所熟悉的發電機—電動機系統（簡稱Γ—Д系統）工作的所有的電力傳動都是那樣控制的。

所以，通常的直流發電機可以用改變加於勵磁繞組上的功率的辦法，來控制大於發電機電樞所發出的功率三四十倍的功率。

表示電機擴大器輸出電功率大於其勵磁繞組所需電功率多少倍的數字，稱為擴大系數。

要控制數百以至數千千瓦容量較大的電動機，就希望有擴大系數較高的電機擴大器。在這種情況下常常應用示於圖 2 的兩級線路。根據這個線路電動機 Д 的控制已經不是在發電機的勵磁迴路內進行，而是在供電給發電機勵磁繞組的勵磁機 В 的勵磁迴路中進行。

假設控制迴路中的功率，亦即勵磁機勵磁迴路中的功率和以前一樣仍為一千瓦。此時勵磁機所輸出的功率將在 30 千瓦左右並且全部消耗於發電機的勵磁上。如果令發電機 Γ 的擴大系數等於 40，那麼發電機的輸出功率將大於發電機勵磁繞組所需功率 40 倍並等於：

$$30 \times 40 = 1200 \text{ 千瓦}$$

這樣一來，當採用兩級線路時，借助於 1 千瓦的電功率可以控制容量為 1200 千瓦的電動機的工作。

這種系統的擴大系數將為 1200，亦即等於勵磁機擴大系數與發電機擴大系數的乘積。

為了獲得更大的擴大系數，可以應用帶有發電機、勵磁機、副勵磁機等的三級線路。

電氣傳動（甚至是小容量的）的自動調整系統，為了要獲得高的工作準確度，通常要求擴大機有較大的擴大系數。因此工

工程師們花了許多年的功夫來研究創造一種具有大的擴大系数的电机，这种电机可以在各种自动控制及自动調整系統中保持很高的准确度而又不需要採用多級線路。

保持励磁繞組原有的匝数而增加其導線的截面，可以提高發電机的擴大系数。这样励磁繞組的电阻減少了，因而發電机励磁所需的功率也減少了。但是励磁繞組導線截面的增加引起了整个电机体積的增加，而电机体積的增加却又要求励磁功率增加，因此用这种方法來提高擴大系数时，效果是不顯著的。

採用同时放置他激繞組与輔助自激繞組（此繞組連接於發電机的电刷上）於磁極的方法，如圖 3 所示，也可以提高电机的擴大系数。这时輸入到他激繞組 10B 去的功率，由於自激繞組 20B 所消耗的功率，可以減少为若干分之一。可是这样的电机擴大器只能在那样的条件下，即当刀开关 K 断开时电机擴大器不致產生自激时，才能够在自动控制及自动調整的線路中应用。因此自激繞組的迴路应当有相当大的电阻，以保証在他激繞組断开时不致發生自激。可以理解到，这个条件也就限制了提高擴大系数的可能。这样一來，想將普通的直流發電机改裝一下來獲得較大的擴大系数的企圖也就沒有得到令人滿意的結果<sup>①</sup>。

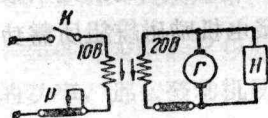


圖 3 帶有双励磁繞組  
的發電机的線路圖  
10B—他激繞組  
20B—自激繞組

於是学者和工程師們就用在一個电机中同时放置两个擴大級的方法，來制造擴大系数大的特殊电机。帶有正交磁場的現代化电

① 只是在特殊結構的电机中藉助於自激繞組才成功地獲得了大的擴大系数。这种电机称为帶縱軸磁場的电机擴大器，不过这种电机在苏联極少应用於軋鋼机的电气傳動上。

机擴大器（簡称为 ЭМУ）<sup>①</sup> 就是那样的电机。这些电机擴大器廣泛地採用在工業電力傳動中，特別是在軋鋼机机械的电气傳動中。

## 2. 怎样構成正交磁場电机擴大器

在創造电机擴大器的工作方面的优先地位是屬於苏联学者和工程师們的。苏联工程师 Л. Г. 蘭什科夫斯基 (Л. Г. Рашковский) 拟制了第一个正交磁場电机擴大器，科学院院士 К. И. 申費尔 (К. И. Шенфер) 和 М. П. 柯斯欽柯 (М. П. Костенко) 早在 20 年代就已經在進行進一步的研究工作了。

在苏联最通用的正交磁場电机擴大器是在 1940 年由 А. Г. 約西菲揚 (А. Г. Иосифьян) 創制出來的。科学院院士 В. С. 庫列巴金 (В. С. Кулебакин) В. К. 尼基琴 (В. К. Никитин)、工程师 Я. С. 愛普什欽 (Я. С. Эпштейн) 等人在拟定結構和研究电机擴大器的工作方面進行了極其重要的工作。

为了了解电机擴大器的工作原理，首先我們研究一下示於圖 4a 中的帶有一对磁極及他激励磁繞組 YO 的直流發电机。

假使在励磁繞組中有电流  $i$  通过，此电流產生磁通  $\Phi_1$ ，而电机的电樞按照箭头所示的方向旋轉，那么在电樞的導線中感生电动势，其方向以  $\perp$  点  $\perp$  和  $\perp$  十字  $\perp$  示於圖中（十字表示由我們流向圖面去的电动势或电流的方向，而点則表示由圖面向我們流出的电动势或电流）。这样在电刷 1 上的电压为正（+），而在电刷 2 上为負（-）。

現在用連接線把电刷 1 及 2 接成短路。那么短路电流  $I$ ，就流經連接線及电樞的導體，並且它在电樞導體中流动的方向將与

① 以下我們常簡称为擴大机——譯者註

电动势方向吻合。因为电枢的短路迴路的电阻很小，所以要使电枢短路迴路有額定电流流通只需要很少的励磁磁通  $\Phi_1$  便够了，因而励磁电流  $i$  也就很小。

这样，通过电枢导体的电流  $I_1$ ，產生方向与励磁磁通  $\Phi_1$  成直角的磁通  $\Phi_2$ ，这个磁通  $\Phi_2$ ，通常称为电枢反应磁通，它的方向在电枢旋轉时也不会改变，这是因为在旋轉电枢导体中的电流  $I_1$  的方向經常保持像圖 4a 所示那样的緣故。磁通  $\Phi_2$  的数值是不大的，因为它必需克服电枢与定子之間頗大的气隙。

如果在电机定子橫向方面再放一对磁極，如圖 4b 所示，那么电枢反应的磁通  $\Phi_2$  將大大增加。这时正交磁通  $\Phi_2$  只需克服在电枢与橫軸磁極間的不大气隙就行了。因此电流  $I_1$  流过电枢繞組而產生的磁化力是足以產生大的等於發电机总的（額定的）励磁磁通的正交磁通  $\Phi_2$ 。

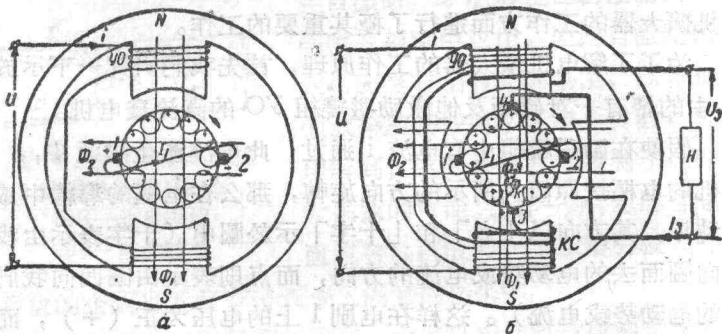


圖 4 帶正交磁場的电机擴大器原理圖

a—第一級放大；b—第二級放大

現在我們看一下，当有大的正交磁通  $\Phi_2$  存在时在旋轉电枢的导体中發生什么情况。顯然地，当电枢的導體割切磁通  $\Phi_2$  的磁力

線時，在導體中感生電動勢，其方向如圖 4 6 的粗「十字」及粗「點」所示。如果在電機的整流子上沿着垂直軸再放兩個電刷 3 和 4，那麼，電刷 3 顯然是正電刷，而電刷 4 則是負電刷。在電刷 3 與 4 間的電壓  $U_s$  將正比於正交磁通  $\Phi_s$  的數值。當在電刷 3 及 4 上接上某種負載  $H$  時，則在外部迴路及在電樞繞組中將有電流  $I_s$  通過，此電流在電樞導體中的方向將和粗「十字」和粗「點」相符合。

這樣，示於圖 4 6 的電機就好像是由兩個串級連接的單獨發電機組成似的（見圖 2），並且其擴大係數等於兩個發電機擴大係數的乘積。

「第一個」發電機由帶有勵磁繞組  $YO$  的縱軸（垂直向）磁極、電樞及電刷 1 和 2 組成。代替外部負載的只是短接電刷的連接線，因而，「第一個」發電機是在短路的情形下工作的。

「第二個」發電機由橫軸（水平的）磁極，電樞及電刷 3 和 4 組成。「第二個」發電機的勵磁繞組是「第一個」發電機短路電流在其中流動的電樞繞組。電刷 3 和 4 是第「第二個」發電機及整個擴大機的工作的輸出電刷；在輸出電刷上接擴大機的外部負載。

如圖 4 6 所示，在電樞某些導體中「第一個」和「第二個」發電機的電流通過方向是一樣的，亦即是相加的。在圖 4 6 上有兩個十字的左上角的導體和有兩個點的右下角的導體就是這種導體。在電樞其他的導體上第一級與第二級電流作用方向相反，亦即相減。

在研究了正交磁場電機擴大器作用的基本原理以後，我們再來說一說它在結構上的若干特點。

如上所述，縱軸磁通  $\Phi_s$  應當是相當小的，因而，勵磁電流

也应当是不大的。这就可以使励磁绕组  $YO$  有很大的备用截面并保持小的体积。通常扩大机的励磁绕组在电流密度方面有 5—8 倍的备用能力。在扩大机的磁极上可以同时放置 3—4 个这种通常称为控制绕组的他激绕组。应用在导线截面方面有大的备用能力的励磁绕组，如上所述，可以使第一个发电机的扩大系数，或一般称为扩大机的第一级的扩大系数提高好几倍。

除了控制绕组以外，在电机的磁极上还必需放置补偿绕组，以补偿由负载电流产生的电枢反应。这是由于按粗点和粗十字表示的方向（圖 46）通过电枢绕组的电流  $I_a$  产生一方向与励磁磁通  $\Phi_f$  相反的磁通  $\Phi_a$ 。

因为磁通  $\Phi_a$  很小，所以磁通  $\Phi_a$  的退磁作用剧烈地影响到扩大机的工作，使扩大机的电压降低。为了消除磁通  $\Phi_a$  的退磁作用，可在扩大机的纵轴磁极上放置补偿绕组  $KO$ ：这个绕组与负载串联并产生方向与磁通  $\Phi_a$  相反的磁通  $\Phi_K$ ，亦即，作用与励磁磁通  $\Phi_f$  相同。

如果补偿绕组所产生的磁通  $\Phi_K$ ，准确地等于电枢反应的纵轴磁通  $\Phi_a$ ，那末在负载电流发生变化时扩大机端电压  $U_a$  的变化是很小的，只是当电枢绕组电阻上的电压降发生变化才有一些变化。这种补偿称为全补偿。

如果磁通  $\Phi_K$  小于磁通  $\Phi_a$ ，那末随着负载电流  $I_a$  的增加，扩大机的电压  $U_a$  由于纵轴电枢反应的退磁作用而有显著的减少，这种现象称为欠补偿。

如果磁通  $\Phi_K$  大于磁通  $\Phi_a$ ，那末随着负载电流的增加，扩大机的电压增高，亦即发生过补偿。但是过补偿是完全不允许的，因为电压  $U_a$  的增长引起电流  $I_a$  的增加，电流  $I_a$  的增加也就再引起  $U_a$  的增加，如此循环，一直到扩大机完全饱和为止，亦即发

生擴大機的自激。

圖 5 以圖形表示在上述三種補償情形下，擴大機電壓  $U_s$  在負載電流  $I_s$  增加時的變化。外部電壓  $U_s$  對負載電流  $I_s$  的關係曲線稱為擴大機的外部特性曲線。

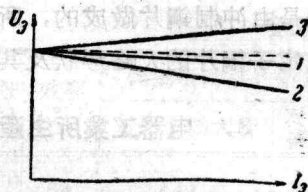


圖 5 擴大機的外部特性曲線：

1—全補償；2—欠補償；3—過補償

縱軸電樞反應的補償對擴大機的工作有着嚴重的影響，因而應當精密地加以調整。為了能有調整補償繞組的作用，補償繞組常用電阻來分流以減少通過繞組的電流值。電阻的選擇常使磁通  $\Phi_R$  略小於磁通  $\Phi_s$ ，亦即有點欠補償（關於補償的調整的更詳細的敘述可參閱第四章）。

擴大機定子實際的結構形式是和圖 40 所示的原理圖不一樣的。

首先，沒有裝橫軸磁極，因為由於有了橫軸磁極的存在就只好減少縱軸主磁極  $N$  和  $S$  的寬度，這就會使得電樞繞組無法完全利用。代替這種做法的是把縱軸磁極  $N$  和  $S$  做得很寬，使每個磁極幾乎佔了定子圓周的一半。由於這樣正交磁通  $\Phi_z$  的磁阻仍然是很小的，因為正交磁通通過縱軸磁極的旁側部份而成為迴路。

其次，為了最好地補償縱軸電樞反應，把補償繞組配置於全部磁極的弧線上並且嵌在磁極體上切開的特殊槽中。

第三，也是最後的一點，擴大機的磁極放置在中心線上，而在磁極兩半之間斷開的地方放置着為改善縱軸電刷 3—4 整流所需的間極（圖 46）。

所有這些變化就使得擴大機的定子完全不像通常直流機的定子，而從外形看來倒更近似於感應機的定子。而且由於擴大機的