

冶金电力拖动文集

初軋机自动控制专号

2

冶金工业出版社

冶金电力拖动文集

第2輯

初軋机自动控制专号

冶金工业出版社

冶金电力拖动文集 第2輯
初軋机自动控制专号

1960年5月第一版

1960年5月北京第一次印刷4,625册

开本 350×1163•1/32•字数 140,000•印张 $5\frac{22}{32}$ •定价 0.73 元

统一书号 15062·2183

冶金工业出版社印刷厂印

新华书店发行

冶金工业出版社出版 (地址:北京市灯市口甲45号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 093 号

本文集第二輯主要選譯自蘇聯“電”雜誌中有关初軋機自動控制系統的文章。書中介紹初軋機自動控制系統的改進，並有系統的計算和分析。這些文章都是冶金電力拖動工作者所需的良好參考資料，曾先後在東北工學院的“自動電力拖動譯述”上刊登，現特收成專輯，以供讀者參考。

本書可作為電力拖動工程技術人員的參考資料，也可供高等學校和中等專業學校工業企業電氣化專業的師生參考。

目 录

1. 具有放大机控制的可逆轧钢机的电力拖动装置
M. B. 梅也罗夫, E. I. 爱琴盖尔 5
2. 用静特性分析初轧机的控制系统
O. B. 斯列然诺夫斯基 24
3. 可逆轧钢机控制系统的分析
O. B. 斯列然诺夫斯基 41
4. 初轧机电动机磁场控制的新线路
B. H. 阿尔汉盖尔斯基 61
5. 初轧机电力拖动负荷调节的新线路
B. H. 阿尔汉盖尔斯基 79
6. 减弱电动机磁通的三级电机控制系统参数的确定
H. II. 库尼茨基 99
7. 轧钢机轧辊的单独电力拖动装置
Φ. A. 高里扬诺夫 114
8. 具有单辊拖动的轧机的控制
O. B. 斯列然诺夫斯基 133
9. 初轧机电动机磁场控制线路参数的确定
B. H. 阿尔汉盖尔斯基 151
10. 放大机控制的电力拖动在增磁时电动机的最佳电流曲线
H. II. 库尼茨基 165

具有放大机控制的 可逆軋鋼机的电力拖动装置

全苏电工研究院 技术科学副博士 *M.B.* 梅也罗夫
技术科学副博士 *E.И.* 爱琴盖尔

在可逆軋鋼机的主拖动装置中应用放大机可以保证軋鋼机的高度生产率，提高运转的可靠性，降低能量损耗，能够大大地简化线路，缩减所应用的电器的数量，并减小其尺寸。

因为有这些优点，放大机成功地代替了存在二十多年的继电器接触控制电路。

在本文中叙述通用电气公司的带放大机控制的可逆軋鋼机的主拖动原理接线图。

对于可逆軋鋼机的主拖动线路提出下列要求：

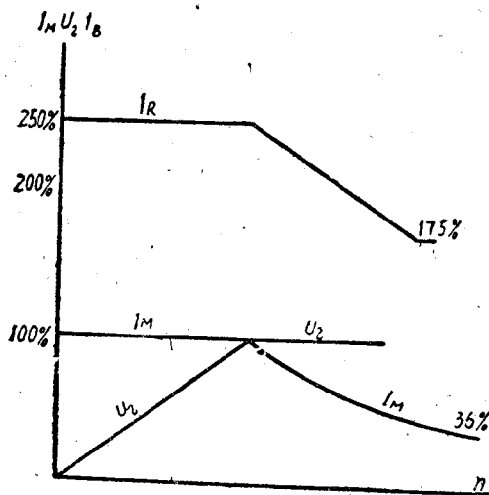


图 1

1. 由零到基速的速度調節是用四段調節電動機的電樞端電壓來實現的。

2. 由基速到最高速度的調速是用兩段減弱電動機磁場來實現的。

3. 用主令控制器來控制，並且操作工人只給定電動機的最終速度；電動機的加速或減速不應當依靠操作工人，而是自動完成的。

4. 在起動和制動時綫路應當保證最大地充滿電動機的極限負載圖，也就是給出電動機按整流條件所允許的最大電流與電動機轉速間關係的負載圖。

典型的電動機極限負載圖示於圖 1 上，圖中也示出希望的發電機電壓變化曲綫和電動機激磁電流的變化曲綫。

在由零到基速的範圍內電流的最大值是額定電流的 2.5 倍。

在由基速到最大速度的範圍內電動機的允許負載電流值按直綫規律降到額定電流的 1.75 倍。

5. 過載保護應當防止不允許的意外的過載，並且僅僅在事故情況下才切斷設備。

6. 當電動機運轉在給定級段的速度上時，它應當始終不變。

7. 綫路圖的工作應當穩定，沒有振盪和超調。

8. 把主令控制器置於零位時，軋鋼電動機應當停住。

為了能更容易地研究極其複雜的綫路的所有元件的作用起見，按許多階段對這一綫路進行分析，但是這些階段都純系假定的。

一、沒有強迫激磁和強迫調節加速和減速的用放大機激磁的 瓦爾得—列奧那得機組主軋鋼電動機的加速、減速和反轉

綫路圖中（圖 2）包括下列元件：

1. 軋鋼電動機 ΠI 。

2. 列奥那得发电机 Γ 。
3. 列奥那得发电机的激磁机 $B\Gamma$ 。
4. 发电机的放大机副激磁机 $A\Gamma$ 。

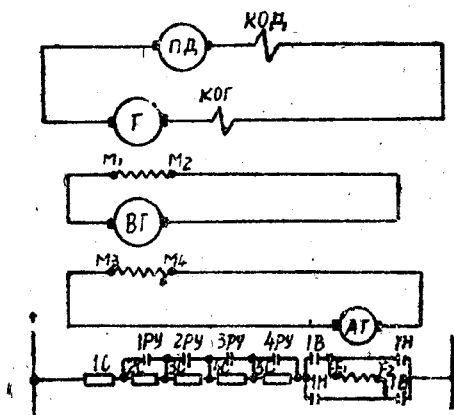


图 2

5. 调节电阻 $1C \sim 5C$ 。
6. 反向换接开关 $1B \sim 1H$ 。
7. 控制继电器 $1PY \sim 4PY$ 。

軋鋼电动机的控制是用改变放大机控制繞組 F_1, F_2 內的电流来实现的。控制繞組內电流的方向由反向换接开关給定，而电流值则由短接控制繞組电路內的电阻 $2C \sim 5C$ 的继电器 $1PY \sim 4PY$ 的关合或开启来决定。

利用主令控制器来接通和切断继电器 PY 的綫圈（在綫路图中未示出），放置主控器于某一固定位置（1、2、3、4）就給定了电动机的稳定速度值。电动机的加速主要是由其机电時間常数和发电机与激磁机的电磁時間常数所决定的。

提出的这一最簡單的結綫不能保証电动机足够的加速和減速。电流图的充滿不大。稳定速度值的速度調节不能保証。

二、发电机的强迫激磁与自动调节电压

a) 引用放大机的第二个激磁绕组 F_3F_4 (图3), 由接于发电机电压上的分压器 6C—8C 来供电。第二个绕组安匝的方向与第一个控制绕组的安匝相反。于是放大机电压, 以及发电机的电压和电动机的速度由放大机两个控制绕组的安匝差来决定。

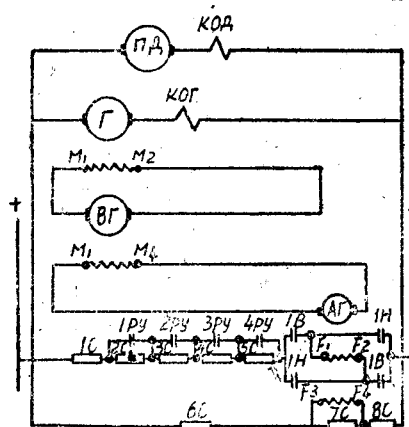


图 3

在起动电动机的最初一瞬间电压等于零。放大机第一个控制绕组的安匝大大地超过了在稳定速度下的合成安匝, 因此放大机的电压增长至远远超过在稳定速度时的数值, 于是建立了列奥那得发电机和激磁机的强迫激磁。随着发电机电压的增长, 这一强迫作用减少到零。在电动机减速时也同样地保证了发电机磁场的强迫减弱。主令控制器在给定位置下发电机的电压保持恒定。发电机电压对给定值的偏差促使放大机控制绕组的安匝平衡破坏, 并且促使发电机电压恢复在系统运转准确度的范围内。

所叙述的发电机强迫激磁的方法是有缺点的, 因为强迫作用随着发电机电势的增长而减弱。

6) 为了克服上述的缺点采用下列新的线路元件 (图 4) :

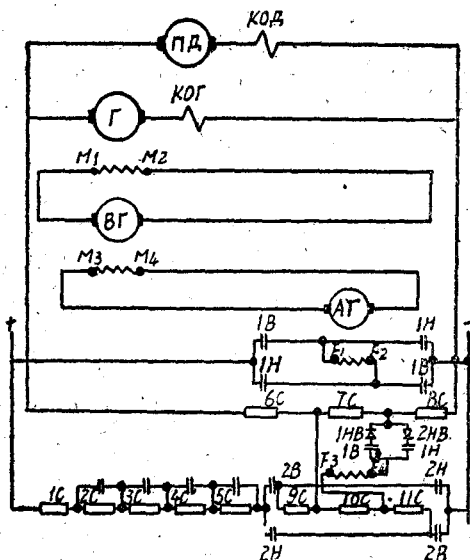


图 4

1. 固体整流器 $1KB, 2KB$ 。
2. 主令控制器的联锁接点 $1B, 1H$ 。
3. 由直流辅助电路供电的分压器 $9C \sim 11C$ 。
4. 反向换接开关的联锁接点 $2B \sim 2H$ 。调节电阻和继电器 $1PY \sim 4PY$ 的接点移到放大机第二个控制绕组的电路内。

由于在放大机第二个控制绕组内接入了整流器和分压器, 所以只有在发电机端电压大于由分压器 $6C \sim 8C$ 和 $9C \sim 11C$ 之位置所决定的数值时, 才在绕组内出现电流。于是就在发电机电压增加到接近于稳定值的某一数值以前的全部时间内都保证了强迫作用。

线路的缺点是:

1. 发电机-电动机电路与厂内操作电路间有电气联系。
2. 在把主控器置于零位时反向换接开关切断, 放大机的控

制繞組斷開，但是由於剩磁的緣故，發電機的電壓並不降到零，而電動機仍保持某一剩餘速度。

6) 为了克服第一个缺点, 引用了辅助控制发电机(图5)。反向换接开关的联锁接点、控制电阻和控制继电器的接点都移到控制发电机的激磁电路内。

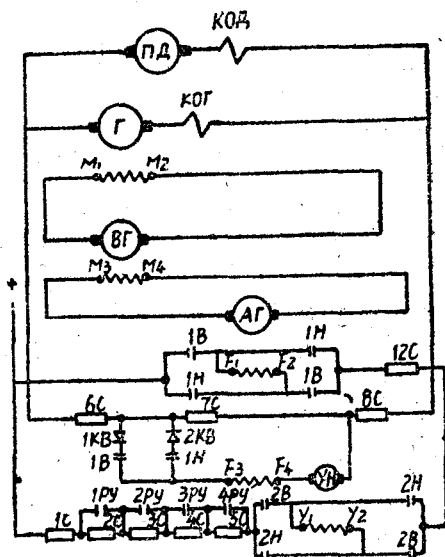


图 5

2) 引用了放大机和发电机激磁机的磁场自消磁(图6)。为了放大机的磁场自消磁,应用了反向换接开关的常合接点,在反向换接开关开断时,也就是置主控制器于零位时,它把放大机的电枢接于其第一个激磁绕组 $F_1 F_2$ 上。

为了自消激磁机的磁场，引用了激磁机的辅助激磁绕组 $M_1 - M_2$ ，经过很大的电阻 130 把它接于主发电机的电压上，这一绕组安匝的方向与基本绕组的安匝相反。

在开断反向换接开关时，其常闭接点就短路了激磁机上述激

磁繞組电路內的电阻。于是发电机的电压就用来消除激磁机的磁場。由于发电机剩磁的緣故，激磁机仍得到某些反磁以促使发电机的磁場消除。在設備运轉时与激磁机的第二个激磁繞組串联接入电阻 13C；因此这一繞組的去磁作用大大降低，因而激磁机時間常数有某些减少。

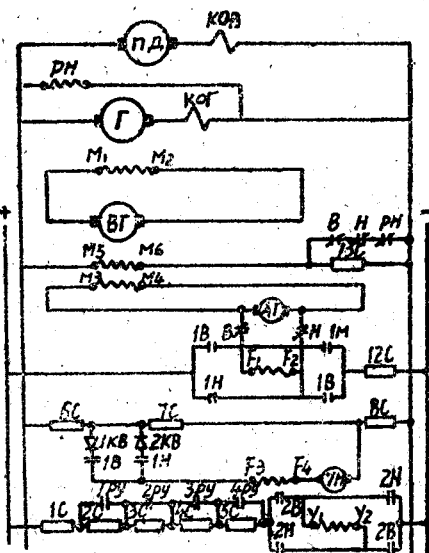


图 6

与分路电阻 13C 的接点 B 和 H 串联接入低电压继电器 PH 的常閉接点。

这一继电器的线圈由主发电机的电压供电，因此激磁机的磁場消除只是当发电机电压已經降低时才可以开始。

在这个給定阶段里綫路的工作情况

电动机由零到基速的启动

轉动激磁机 BT、放大机 AT 和控制发电机 YH，主控器从

零位扳到“向前”方向的某一段上，例如是第一段，反向换接开关“向前”接通。

继电器 $1PY$ 接通了分路电阻 $2C$ 的接点，放大机 $4A'$ 的第一个绕组（方向绕组）和控制发电机的激磁绕组接于操作电路的电压上，并在其中产生电流。

控制发电机被激励，但是整流器 $1KB$ 阻碍电流流过放大机的第二个控制绕组。放大机被绕组 F_1F_2 的安匝激励，并且因为其激磁大大地超过稳定值，所以激磁机激磁绕组的端电压迅速地增长到大于额定值的数值。这就引起激磁机和主发电机的强迫激磁。

随着主发电机端电压的增高，分压器 $6C \sim 8C$ 上的电压也增大。当分压器上的电压大于控制发电机上的电压时，则在放大机的第二个控制绕组内产生电流。放大机第二个控制绕组安匝的方向与第一个绕组相反，故放大机电压迅速下降。

在发电机电压与主控器的位置给定的数值相等时，则建立了平衡。当发电机电压波动时，放大机第二个控制绕组内的电流也同样地变化，以使得重新恢复给定的电压。

在把主控器从第一级扳到第二级时，继电器 $2PY$ 被激磁，而其接点短接了电阻 $3C$ ，控制发电机激磁绕组内的电流增大，控制发电机的电压也变得大于分压器上的电压，其结果又重复了如上所述的激磁机和发电机的强迫激磁。

在把主控器一下子扳过数段时，进行的过程也类似。

轧钢电动机的减速和制动可能有三种情况：

1. 主控器从高速级扳到低速级。
2. 主控器放到零位。
3. 主控器扳到反转的位置。

第一种情况：把主控器从第二段扳到第一段做为例子。

继电器 $2PY$ 失去激磁，故其接点开启，而在控制发电机激磁绕组电路内接入电阻 $3C$ ，控制发电机的电压按指数曲线减少，分压

器6C~8C的电压与控制发电机的电压差增大，放大机第二个控制繞組內的电流乃迅速增长，放大机的电压降到零，并在改变符号之后又增长到与第二个繞組同第一个繞組之安匝差相适应的值。其結果就发生了激磁机和主发电机磁場的加速减弱。

主发电机的电压降低，也就相应地降低了分压器 6C~8C 上的电压。

放大机第二个控制繞組內的电流乃减少，放大机的电压又重新改变符号，在过了某些时间以后，当发电机电压相应于主控制器第一級时，又达到了平衡。

在从任意高速級过渡到任何低速級时，进行的过程与前述相似，但是强迫作用的程度則依赖于主控制器所扳过的級数^①。

第二种情况：在主控制器置于零位时，反向换接开关切断，而控制发电机的激磁繞組也失去激磁。同时放大机的第一个控制繞組也由电网切断而接到放大机电枢端上，同时也閉合了跨接于电阻13C的反向换接开关之常閉接点，但是繼电器PH仍然还是开启的。在放大机消磁以后，就引起了主发电机激磁机电压的降低。当主发电机的电压降到PH的整定值时，則PH放开而关合其常閉接点，激磁机第二个激磁繞組（差激）电路內的电阻被短路了，其結果乃出现了发电机和激磁机的完全消磁。当主发电机电压降到零时則过程完結。

繼电器PH防止了在軋鋼电动机速度很大的情况下发电机磁場过分迅速地消磁。因为这样地消磁，将因制动电流而使发电机和电动机严重地过载。

第三种情况：在很快地把主控制器从“向前”的位置扳到“向后”方向各級中的任一級上时，发电机电压降低的过程尙来不及結束，而反向换接开关已經反接；放大机第一个控制繞組和控制发电机激磁繞組內的电流就已改变了其方向。放大机的两个控制繞組的作用相一致而引起激磁机和发电机磁場方向的迅速改变，以

① 在电动机起动时，这一依赖关系不大，因为是放大机的第一个控制繞組起作用。

后的过程与电动机起动过程类似地进行。

对結綫图工作的分析指出在这种接綫方式下，它不能滿足 1、3、6 和 8 各项要求。

关于电动机在起动和减速时最大充滿极限电流图的第四点要求的实现上，已較在第一段时为佳，但是还是完全不够滿意的，在靠近发电机电压的稳定值时，則发电机激磁的强迫作用就要降低了，因为不如此就可能超調和发生振盪。改善发电机充滿极限負載图和防止超調与振盪的任务，在結綫图发展的第三阶段里加以解决。

三、放大机的强迫加电压，反超調与反振盪装置

引用下列新的綫路元件（图 7）：

1. 跨接固体整流器 $1KB$ 和 $2KB$ 电路中接点 $1B$ 和 $1H$ 的电阻 $14C$ 和 $15C$ 。
2. 放大机的第三个控制繞組。
3. 控制发电机的第二个激磁繞組。
4. 稳定变压器 $1T$ 。
5. 稳定变压器 $2T$ 。
6. 反超調变压器 $3T$ 。

引用电阻 $14C$ 和 $15C$ 能够增大主发电机激磁的强迫作用并且保証綫路具有很大柔軟性，在按示于图 6 上的綫路起动电动机时，在发电机电压达到規定值以前，放大机的第二个控制繞組 F_3, F_4 不流过电流。

电阻 $14C$ 和 $15C$ 保証了在最初时期利用繞組 F_3, F_4 来加强繞組 F_1, F_2 的作用。

固体整流器 $1KB, 2KB$ 与联鎖接点 $1B, 1H$ 和电阻 $14C, 15C$ 的結合，在綫路中造成了具有易于改变特性的非綫性元件。

变压器 $1T, 2T$ 和 $3T$ 的基本作用原理在于其二次繞組的端电压正比于磁通变化的速度，也就是磁通或者是一次繞組电压（如

果变压器二次繞組的負載很小的話) 对時間的導数。除了引用上列的新元件之外, 并改变第二阶段中元件的参数, 其中有分压器 $6C \sim 8C$ 的电阻。这些改变的目的是为了保証激磁机强迫激磁在数值上和時間上的最大, 而把对超調和振盪的斗争委托給变压器 $3T$, $2T$ 和 $1T$ 。

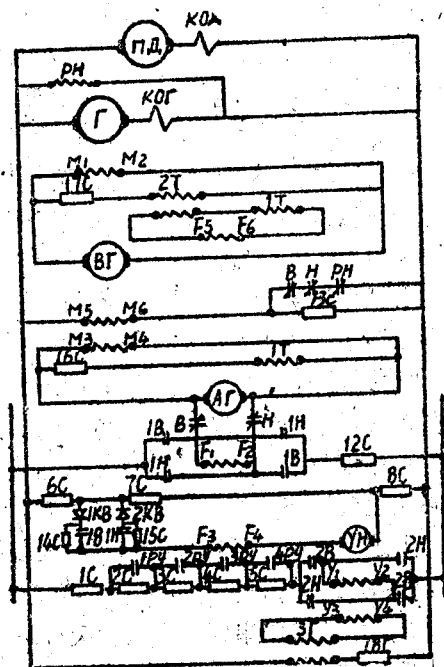


图 7

线路新元件的工作

通用电气公司称前述的变压器 $3T$ 为反超調变压器, 这一变压器的一次繞組接于主发电机的电压上, 二次繞組供給控制发电机 YB 的第二个激磁繞組 Y_2, Y_4 。具有保証在发电机电压达到某一定值而截止强迫激磁的带固体整流器 $1KB$ 和 $2KB$ 的线路不依

賴于发电机电压变化的速度而独立地作用，因而在强迫作用很大时不可避免地要引起超調。

在图 8 上示出放大机、激磁机和主发电机电压变化的典型曲綫。在 4 点发电机电压达到分压器 $60 \sim 80$ 整定的給定值。

由于放大机激磁机和发电机激磁繞組的慣性的緣故，发电机的电压繼續增大，并且超过了必需的穩定值。电压的增高值依賴于发电机电压增加的速度。为了克服上述現象，必須在发电机电压增长过程之末，引入正比于发电机电压变化速度的反作用力。用变压器 $3T$ 来实现这一点，带变压器 $3T$ 之綫路的工作由示于图 9 上的曲綫来闡明。当控制发电机电压大約达到穩定值的 $80 \sim 90\%$ 时，由于中間环节慣性的緣故，主发电机的电压开始迅速地增长。变压器 $3T$ 开始作用并且剧烈地降低了控制发电机的电压。其結果是当主发电机电压接近于穩定值时增长速度便減低，并且在适当地选择参数时还得以避免电压过分地增高。

发电机电压变化过程的数学分析和实验的研究指出为了获得希望的电压增长曲綫，一个变压器 $3T$ 是不够的。为了获得接近于直綫的平滑的电压增长曲綫，在放大机和激磁机电压有很大的强迫作用时，必須控制这些电机电压的变化速度。用穩定变压器 $1T$ 和 $2T$ 来实现这一点。变压器 $1T$ 的一次繞組接于放大机 AI 的电压上，变压器 $2T$ 的一次繞組接于激磁机 BI 的电压上，变压器 $1T$ 和 $2T$ 的二次繞組串联再供給放大机的第三个繞組 F_3F_4 ，在相应地选择变压器的参数时得以在沒有振盪和超調而发电机电压增长几乎是直綫性特性的情况下得到很大的增长速度。

于是第三阶段的特征在于主发电机电压变化过程的强迫作用的加强。并引用系統各个环节(放大机、激磁机、发电机)之电压变化速度的控制，以防止振盪和超調并获得希望的主发电机电压增长曲綫。在第三阶段上沒有直接的电流控制，其結果在保証起動电动机到基本速度时有最大的充滿电流图的系統中，在制动电动机时电流就要超过允許值。电动机由基本速度減速到零时，限