

334987

成都工学院图书馆

基本馆藏

冶金企业的 电机自动控制

〔苏联〕 A.T. 布拉日金 著

馬成业等 译



中国工业出版社

冶金企业的 电机自动控制

〔苏联〕A.T.布 拉 日 金 著

东北工学院 电力系 电力拖动
自动控制 教研室

李世卿 李正修 刘宗富 馬成业 杨自厚 译

馬成业 校

中国工业出版社

本书阐述电力拖动装置所用的电机自动控制系统的若干理论基础；介绍一些电机和电器，并介绍下列的电机自动控制系统：开坯机、型钢轧机和冷轧机的主传动装置，轧钢机械的拖动装置和挖掘机的拖动装置，以及电弧炉的自动调节等。

书中加入某些拖动装置的计算、元件的选择方法和一些关于调整电机自动控制系统的知识。

本书供冶金工业的科学工作者和工程技术人员之用，对于研究电力拖动的高等工业学校的学生也有所裨益。

А.Т.БЛАЖКИН; ЭЛЕКТРОМАШИНОЕ АВТОМАТИЧЕСКОЕ
УПРАВЛЕНИЕ ПРИВОДАМИ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ
ПРЕДПРИЯТИЯХ МЕТАЛЛУРГИЗДАТ
(Свердловск—1954—Москва)

* * *

冶金企业的电机自动控制
馬成业等译

(根据冶金工业出版社影印)

*

冶金工业部科学技术情报产品标准研究所书刊编辑室编辑
(北京灯市口71号)

中国工业出版社出版(北京德胜门内大街10号)

北京市书刊出版业营业登记证出字第110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/8}$ ·印张 $11^{5/16}$ ·字数300,000

1957年6月北京第一版

1963年12月北京新一版·1965年10月北京第二次印刷

印数651—1,910·定价(科五)1.60元

*

统一书号：15165·2977(冶金-493)

目 录

序.....	8
緒論.....	10
第 一 章 电机控制的基本知識.....	14
§ 1 电机控制的电力拖动裝置的概念.....	14
§ 2 电压反饋和电流反饋.....	18
不帶截止的反饋.....	18
帶有截止的反饋.....	20
§ 3 电机放大机的基本性能.....	23
§ 4 电力拖动工作穩定性的一般概念.....	25
§ 5 激磁电流变化的加快.....	27
§ 6 控制变压器.....	31
控制加速度和減速度的变压器.....	32
控制比較电压的变压器.....	33
按电流导数調节的变压器.....	35
按各量导数調节的变压器的应用.....	35
§ 7 电压調节和电流調节.....	36
电压調节.....	36
电流調节.....	27
§ 8 自消磁.....	37
§ 9 拖动系統的保护.....	38
§ 10 帶有三繞組发电机的拖动裝置.....	39
第 二 章 电机自动控制系統的电机和电器.....	41
§ 1 电机放大机.....	41
並联自激放大机.....	42
串联自激放大机.....	45
交磁放大机.....	46
补偿放大机.....	52
多級放大机.....	53

塊狀導磁體內渦流的影响	54
§ 2 控制變壓器	54
§ 3 固體整流器	60
第三章 研究電機自動控制系統中各種過程的方法	61
§ 1 關於列微分方程式方法的一般概念	61
§ 2 自動控制系統或自動調節系統工作穩定性的校驗	67
Ю. И. 聶馬克的 D-域劃分法	69
A. И. 米哈依洛夫準則	70
鑄斯—胡維茨準則	72
校驗穩定性的例子	73
§ 3 綫性微分方程式的求解	74
古典法	75
運算子法	76
求特性多項式的根	79
頻率特性（幅相特性）法	80
用運算子法解方程式的例子	82
§ 4 根據結構圖列微分方程式的方法	84
§ 5 靜特性曲綫	94
第四章 計算和選擇控制系統元件的知識	102
§ 1 選擇控制系統和控制綫路的一般方向	102
§ 2 電機和電器	105
發電機和電動機	105
激磁機	106
放大機	109
穩定變壓器和控制變壓器	110
固體整流器	112
§ 3 回路電阻的計算	113
主回路電阻	113
給定控制繞組回路的電阻	114
電流繞組回路的電阻	114
電壓繞組回路的電阻	116

分压器和比較电压的电阻	117
自激繞組回路电阻的	118
穩定回路的电阻	119
制動和停止時控制繞組回路的电阻	119
第五章 軋鋼機輔助機械的拖動裝置	122
§ 1 电机控制綫路的構成原理	122
§ 2 电力拖動裝置的控制綫路	124
电压截止綫路	124
电流截止綫路	125
电力拖動托拉斯的綫路	133
§ 3 静态机械特性曲綫	137
§ 4 拖動裝置元件的計算例	142
电气設備的主要数据	142
拖動裝置元件的驗算	149
过渡过程的計算	153
計算数据与實驗数据的比較	164
第六章 开坯軋机和型钢軋机的主傳動	166
§ 1 控制綫路的構成原理	166
§ 2 电力拖動裝置的控制綫路	170
§ 3 电力拖動裝置的計算例	178
拖動系统中的电机和变压器的数据	177
电阻計算	182
發電機激磁回路的电阻	182
过渡过程的計算	199
§ 4 拖動裝置的某些靜特性曲綫	217
§ 5 过渡过程的示波照像圖数据	220
第七章 冷軋机的拖動裝置	222
§ 1 基本知識	222
§ 2 拖動裝置和調节綫路的說明	226
§ 3 綫路电阻的計算例	236

第八章 軋鋼機機械的拖动裝置.....	241
§ 1 液体滑率調節器.....	241
§ 2 同步电动机激磁电流的控制.....	245
§ 3 滑座式热鋸.....	251
§ 4 廻轉剪 (飞剪)	254
§ 5 压力式热剪.....	258
第九章 挖掘机的拖动裝置.....	260
§ 1 烏拉尔重型机器制造厂的步行式挖掘机.....	260
曳引機構的拖动裝置.....	261
旋轉機構的拖动裝置.....	265
§ 2 挖掘机旋轉拖动裝置控制系统元件的計算例.....	268
綫路元件的計算.....	276
特性方程式和稳定的計算.....	278
电力拖动裝置的起動过程.....	284
第十章 电爐爐的自动調節.....	289
第十一章 电机控制的电力拖动系統的調整.....	296
§ 1 是否符合設計的审查和电力装备情况的檢查.....	296
§ 2 电力装备元件的檢查和整定.....	299
特性曲綫的測取和电机及电器参数的确定.....	299
自动开关、接触器及繼电器的檢查和整定.....	305
綫路中必需的电阻的校驗和整定.....	307
§ 3 綫路的檢查和拖动裝置的起動准备.....	311
檢查綫路.....	311
保护电器及功用电器的檢查和整定.....	312
系統元件联接得是否正确的檢查.....	312
§ 4 电力拖动裝置运轉的檢查.....	317
参考文献.....	319

附录 1	321
附录 2	324
附录 3 參考資料 (譯自矿山机电論文集)	324
电机放大机	326
I 基本概念	326
1. 放大系数	326
2. 時間常数和迅速度	327
3. 塊狀導磁体内磁通的变化	331
4. 磁滯的影响	332
5. 放大机的簡單、可靠性和价格	332
II 电机放大机的主要型式	332
1. 放大系数和時間常数的普遍表达式	332
2. 並联自激放大机	334
3. 串联自激放大机	337
4. 交磁放大机	340
5. 多級放大机	349
6. 各种放大机的評比	352
III 合理的电机放大机	353
附录 1—5	356
参考文献	361

序

各种机組拖动裝置的电机自动控制，在近年来获得了广泛的發展，但是关于电机控制系統的理論基础和計算方法，在文献中还闡述得不夠。

为了提高自动化設備的生产率，广大工程技术界的工作者們必須掌握自动調节和自动控制的理論基础。

为此，本書对冶金工厂現有的电力拖动裝置的电机自动控制系統加以闡述，說明了这些系統的計算方法以及作者所提出的若干理論問題，这些理論問題用於控制系統工作情况的研究中很有成效。

在給讀者們写这本书时，作者認為以前出版的那本書^①所闡述的电机控制理論基础，在应用於冶金工業的电力拖动时有必要加以發展。对包含控制变压器的环节的計算問題以及其它許多問題，要特別加以討論。

苏联的技术不断地發展和臻於完善，湧現出許多磁放大器控制，磁放大器及电机放大机控制等等新的控制系統。

虽然如此，但是在目前，大多数連續控制的拖动系統还都是由电机控制構成的，本書也正是要研究这种控制系統。

本書的第一章到第四章闡述电机控制的基本知識。第五章到第八章研究軋鋼車間的电力拖动裝置。在研究軋鋼車間裝備的第八章里也研究同步电动机激磁电流的調节。

在已出版的那本書里，作者曾經足够詳尽地研究了矿山电力拖动裝置的电机自动控制，因此第九章只給出一种挖掘機綫路的說明和旋轉機構电力拖动裝置的計算。在第十章里介紹了一些关于电弧爐電極的电机調节的知識。

第十一章闡述調整帶有电机控制的拖动裝置的基本問題。

作者希望本書能够幫助冶金工業的工作者們更充分地利用自

① A. T. 布拉日金，矿山电力傳动中的电机自动裝置，苏联煤炭工業出版社 1958 版。（中譯本已出版）

动化电力装备。

作者認為應該向技术科学副博士 М.В. 別利亞也夫 (М.В. Беляев) 表示感謝，因為他在原稿准备付印时，提出了寶貴的意見和忠告。

作者請求將有关本書的一切批評和建議寄至：斯維尔德洛夫斯克城以 В.В. 瓦赫魯謝夫命名的斯維尔德洛夫矿业学院 (Г. Свердловск, Свердловский горный институт им В.В. Вахрушев)

作 者

緒 論

苏联共产党和苏联政府非常注重生产过程的机械化和自动化。根据恢复和发展国民经济的五年计划，要在战后的年代里，实现由电气化机械所构成的许多生产过程的自动化。

在具有历史意义的苏联共产党第十九次代表大会关于1951—1955年苏联发展第五个五年计划的指示中，规定大大地增加冶金生产，在第五个五年计划期间，使生铁的生产能力比第四个五年计划期间大约增加百分之三十二，钢的生产能力大约增加百分之四十二，钢材的生产能力至少增加一倍。

冶金设备及沉重劳动的自动化和机械化，对于进一步提高生铁、钢和钢材的生产来说具有重大意义。

必须大力加强生产过程自动化的工作，增加自动控制系统的生产和更加深入地研究自动控制系统的工作情况。

在自动机械中，生产过程的顺序和生产过程的协调、给定性能的获得、一定操作循环的实现都由机械本身来保证，不需人来干预或者只需有限的干预。

各种机械和机器的近代自动化电力拖动装置，多半是依靠电气控制系统元件的作用来完成给定的工作循环，很少是依靠机械元件和电气元件的联合作用，至于仅仅依靠机械元件作用的那就更少了。因此在研究自动控制系统时，首先应该注意到电气自动控制系统和遥控系统。

断续自动调节和断续自动控制的继电器-接触器系统出现最早。拖动装置的继电器-接触器系统的缺点是：笨重，线路复杂，可靠性较小，不能完成某些个别职能，并且有时能量损耗很大。这些缺点就促使了应用放大器的连续自动调节和自动控制系统的出现。

许多自动调节或自动控制系统都有放大器，用以放大作用在系统上的脉冲。这种放大环节通常是系统的主要控制环节。自动

化系統中的放大器可以是電子放大器、离子放大器、电机放大机和磁放大器。根据自动調節或自动控制系統採用哪一種放大器，而把它們区分为電子或离子自动控制系統，电机自动控制系統等等。

採用这些放大器中的每一種放大器，都將賦与控制系統或調節系統以該放大器本身特有的性質。

电机放大机由於它本身的簡單和可靠而得到很大的推广。电机放大机的重要优点就是它的容量能够制成很大。帶电机放大机的綫路也比較簡單。

所有这些优点都促使电机自动調節或自动控制系統获得广泛的推广，这些系統中經常也还包含其它的放大器。但是电机放大机畢竟还是这样系統中的主要环节。

电机自动調節系統或自动控制系統乃是帶有电机放大机的連續作用的系統，它保証下列各点：調節某一参数或某些参数；滿足参数間給定的关系或实现給定的机械特性；使生产作業協調；机器或机械的快速控制等等。

近代电机放大机的前身是麦他金（Металля）和交叉磁場發電机，麦他金是 К. И. 孙菲尔（Шенфер）院士在 1929 年提出的。

在本世紀的廿年代里，М. П. 柯士秦柯（Костенко）院士就已經研究了电力随动系統。1937 年 Ф. И. 布塔叶夫（Бутаев）和 М. В. 馬尔梯諾夫（Мартынов）已經提出了帶有数个控制繞組的直流發電机的控制系統。

斯大林獎金获得者科学院士 М. П. 柯士秦柯，阿尔明尼亞蘇維埃社会主义共和国科学院院士 А. Г. 約西菲揚（Иосифьян），Т. Г. 索洛克尔（Солокер），Я. С. 愛普斯契因（Эпштейн）和 Н. А. 雅福林斯基（Явленский）以及科学院士 В. П. 尼克勤（Никитин），Ф. А. 罗曼諾夫（Романов）Н. А. 毛諾斯孙（Монозон）和 Н. П. 庫尼茨基（Куницкий）等人的論著奠定了电机放大机理論的基礎。

由於电机自动控制本身具有無可置疑的优点，所以它在冶金工業中便获得了广泛地应用。在1943年到1944年間出現了电机控制的电力拖动裝置。目前在我們最新的冶金工厂中的方坯初軋机，軋鋼車間的各种机械，高爐的自动装料系統和电弧爐等都拥有电机自动控制的拖动裝置。

最早的电机自动控制的拖动裝置出現在烏拉尔，第一个电机控制的方坯初軋机也是在烏拉尔实现的。

苏联在冶金生产自动化的事業上起着主导的作用。1937年工程师 Н.А. 齐申柯 (Тищенко), В.С. 阿列克山德罗夫 (Александров) 和 В.А. 馬林秦柯 (Марицченко) 最先在瑪开夫斯基 (Макевский) 冶金工厂进行了方坯初軋机压下裝置綜合自动化的工作。現在苏联大多数冶金工厂都已經实现了生产过程的全部自动化或局部自动化。

在苏联的科学研究机关、實驗室和設計部門中，都遵照党和政府的指示，进行更完备的生产过程自动化的工作，正在研究和实现冶金工厂的綜合自动化。

由於創建自动化电力拖动裝置的工作，电力拖动托拉斯、黑色冶金工業部和重型机器制造工業部的許多工作人員荣获斯大林獎金获得者的崇高称号，这些人是：А.И. 采利柯夫 (Целиков), В.С. 杜林 (Тулин), Н.А. 齐申柯, Н.М. 費林 (Филин), А.Б. 切留斯金 (Челюстин) 等。

我們祖國的學者們在自动控制理論的發展上起了先驅的作用。И.А. 維什聶格拉茨基 (Вышнеградский) 教授远在1876年就最早提出並解决了關於調節系統工作穩定性的問題。

苏联学者 Н. И. 茹柯夫斯基 (Жуковский) 教授、科学院士 В. С. 庫列巴金 (Кулебакин)、科学院士 А. А. 安德罗諾夫 (Андронов), 苏联科学院通訊院士 И. Н. 沃茲聶申斯基 (Вознесенский), 阿尔明尼亞蘇維埃社会主义共和国科学院院士 А. Г. 約西菲場, В. К. 波波夫 (Попов) 教授, Ю. И. 聶馬克 (Неймак), А. В. 米哈依洛夫 (Михайлов) 等人的著作奠定

了自动調節理論的基础。

冶金工業是社会主义国民經济的主要部門之一，因此提高冶金工厂自动化設備的生产率是極其重要的任务。

在冶金企業中电机自动控制广泛地应用於各工厂軋鋼車間的拖动裝置上。在冶金工厂的其它車間和矿山里，採用电机控制的較少。在軋鋼車間里，巨型同步电动机激磁电流的电机控制和在煉鋼車間里电弧爐电極的电机控制都获得了極广泛的推广。在矿山上巨型提升机械和挖掘機（ЭС—3, ЭШ—14/65, ЭШ—10/75, ЭГЛ—15）都拥有电机控制；高爐裝料系統的拖动裝置以及煉鋼車間的一些拖动裝置也可以採用电机控制。

所有这些情况便决定了本書的内容。

第一章

电机控制的基本知識

§ 1 电机控制的电力拖动裝置的概念

对电机控制作一般性的熟悉，应该从分析一个拖动裝置的电机控制綫路开始。研究这样的綫路，能够闡明控制系統的工作原理和各个环节的作用。

讓我們研究一下在圖 1 上所列出的比較簡單而帶有电机控制的、軋鋼机工作軌道电力拖动裝置的綫路。

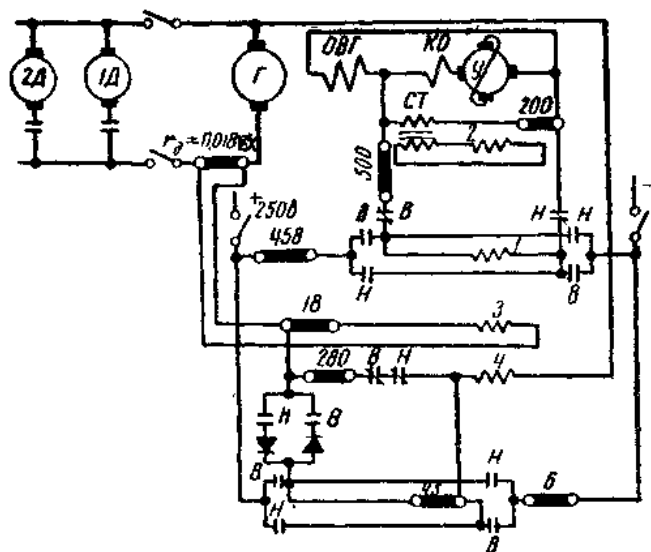


圖 1 工作軌道电力拖动裝置原理圖

發电机 Γ 供电給許多並联的电动机 1Д , 2Д 等等。發电机的激磁繞組 $OB\Gamma$ 由交磁放大机 Y 供电。各直流电动机的激磁繞組接到独立的电源上。交磁放大机由單独的感应电动机拖动。

电机放大机是一个具有横轴磁场的直流发电机，它有很大的放大能力，并且对控制脉冲能够迅速地反应。

在圖 2 上示出交磁放大机的线路图。在磁极上沿纵轴方向缠绕数个控制绕组 OY ，一般是在四个以下。这些绕组有时叫作讯号绕组。

各绕组磁势相加的结果，沿纵轴方向产生一个数值不大的磁通。当电枢在这个比较弱的磁场内转动时，在电枢里便感生了电势，这个电势作用在电枢的横轴电刷间。

把串联绕组 ΠO （也可以没有这个绕组）接成与电枢绕组同向，流经横轴回路和这个串联绕组的电流沿着横轴的方向产生很大的磁势和很大的磁通。当电枢在这个很大的磁通内旋转时，在电枢绕组内便感生一个电势，它作用于纵轴方向的 A 及 B 两端点之间。 A 及 B 两个端点中间的电枢回路是工作回路，也就是供电给接到这两个端点上的电机激励绕组或者电动机。

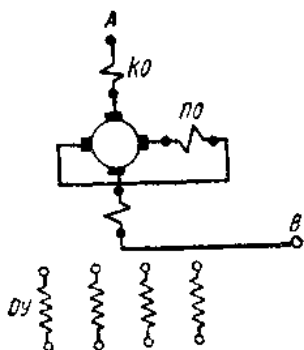


圖 2 交磁电机放大机

为了减少电压降，必须补偿电枢电流沿纵轴方向的磁势，因而沿纵轴方向联接一个补偿绕组 KO ，它的磁势与电枢沿纵轴的磁势相反，并且补偿的准确程度通常达到 2—3 %。

在圖 1 上的电机放大机有四个控制绕组。

控制绕组 1 是给定绕组，利用接触器 B 和 H 的接点把它接成这个或那个方向，就确定了放大机和发电机的极性，接触器的控制回路没有标明在圖上。

电流绕组 3 以去磁的方向接到主回路的电阻 r_0 上。这个绕组的作用乃是限制起动、制动和反转时的主回路电流。很明显，当绕组 3 的磁势几乎全部抵消放大机的磁势时，便延缓了发电机电压的变化，并急骤地减小了主回路的电流。

繞組 4 接到發電机电压与分压器部分电阻的电压的电压差上，並且接成去磁的方向，而分压器則接在独立的电源上。

只有当發電机电压超过这段电阻上的电压时，在繞組 4 里才开始有去磁电流流通，因为在發電机电压比較小的情况下，电流的通路將被相应的固体整流器封閉起来。

当軋道电动机反轉时，也就是改变發電机的極性时，需要改变这段电压的極性和接入相应的固体整流器，这就决定了要把电阻 45 联接到反向回路里，並且引入与固体整流器串联的接点 B 和 H。

繞組 4 限制發電机的电压。如果这个繞組的去磁磁势与繞組 1 的激磁磁势差不多完全相等时，則建立一个一定的發電机电压，这个去磁磁势与發電机电压和 45 段上电压的电压差成正比。

稳定繞組 2 接到稳定变压器 CT 的付級回路里，稳定变压器的原級繞組经过电阻接到放大机的电压上。这个繞組接成这样，即在放大机电压增加时，繞組的电流給放大机去磁。繞組 2 減緩了放大机电压的变化，从而保證了拖动裝置的稳定運轉。这个繞組的作用和测量仪器里的減小可动部份运动速度的緩冲器相类似。

这样的控制系统保證了拖动裝置获得挖掘机特性曲綫（圖 3 的特性曲綫 acb ），在負載轉矩超过一定的給定值时，在这种特性曲綫下的电动机速度便开始急驟地下降。

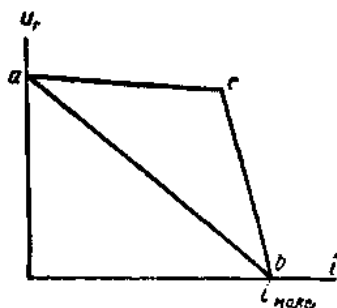


圖 3 發電机的特性曲綫

事实上，在負載轉矩增加和發電机电压有某些下降的情形下，与电流繞組 3 的去磁作用增長的同时，繞組 4 的去磁作用也減小，因而發電机电压減少得很少。在發電机电压繼續減少的情况下，当它的电压等於 45 段上的电压时，繞組 4 的去磁电流將等於零，於是繞