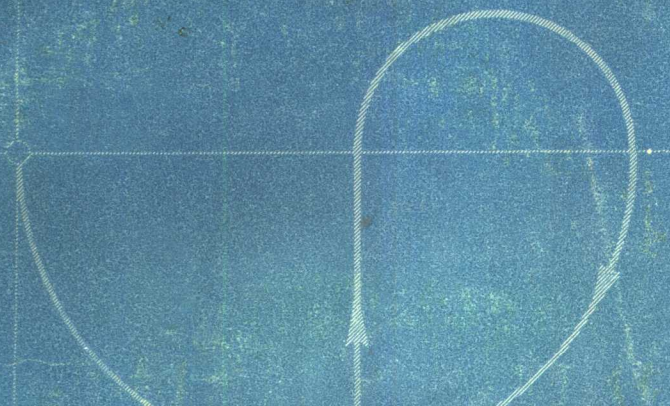


自动化丛书



可逆轧钢机电力拖动 无触点控制线路

〔苏联〕B. И. 阿尔甘盖勒斯基著 王自琦译

上海科学技术出版社

33.11

-3

可逆轧钢机电力拖动 无触点控制线路

〔苏联〕B. H. 阿尔甘盖斯基 著

王自琦 译 吴培根 校

上海科学技术出版社

2268/14

內 容 提 要

本书是“自动化丛书”之一。从书内容包括自动学及远动学的理論,自动装置、元件和仪器的結構及应用等。丛书选题主要取自苏联及其他国家的有关資料,也包括国内編写的专题論著。本丛书由“自动化丛书編輯委员会”主編。

本书叙述和分析可逆軋鋼机电力拖动系統的无触点控制綫路,介紹构成电力拖动系統合理結構的方法,列举选择无触点綫路参数的例子,并簡要地叙述构成无触点綫路所采用的元件。本书供軋鋼机电力拖动系統的工程技术人員作参考,亦可供工业企业电气化专业的师生閱讀。

БЕСКОНТАКТНЫЕ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ РЕВЕРСИВНЫХ ПРОКАТНЫХ СТАНОВ

В. И. Архангельский

Госэнергоиздат • 1960

自动化丛书(34)

可逆軋鋼机电力拖动无触点控制綫路

王自琦 譯 吳培根 校

自动化丛书編輯委员会主編

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业登记证出 093 号

上海市印刷六厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 787×1092 1/32 印张 3 24/32 排版字数 81,000

1964年6月第1版 1964年6月第1次印刷 印数 1—5,200

統一书号 15119·111 定价(十二) 0.44 元

前 言

可逆軋鋼机装备有复杂的可調电力拖动装置，它的自动控制是以电力拖动控制系统和自动系统两者的相互作用为基础的，后者的作用是形成和发出控制命令。有时，在大功率随动系统中，自动系统和电力拖动控制系统组合成一个统一的整体。随着自动控制的发展和日趋完善，更会促成自动系统和拖动控制系统合并为一体。

可逆軋鋼机的自动化是否順利，取决于电力拖动装置、拖动控制綫路以及自动系统的完善程度^[1]。电力拖动系统的完善程度是指：在执行电动机起动、反向和制动时，保证电力拖动系统合理的过渡过程能力；对电力装备的过载和事故可靠的保护；电力拖动系统的控制和維護簡單；能很方便地将命令从自动系统引入电力拖动系统中，且这些命令所需的功率很小。

无触点电力拖动控制綫路能最全面地滿足这些要求。在无触点綫路中，主要的作用环节不用继电-接触电器。构成无触点綫路的基本元件是磁放大器、半导体二极管，在个别的情况下，还包括半导体三极管和小型无触点自整角机。

在苏联已成批生产工頻 50 赫的小功率磁放大器系列。按其功率和其他特性，它們可以用来作为引入控制訊号的总加元件，以及在电力拖动系统的功率部件輸入端上組成不同的反饋。

无触点自整角机在电力拖动系统中可作为主令开关和行程开关。

近年来在苏联和其他国家中，在軋鋼机自动电力拖动系

統中愈來愈多地应用磁放大器,不仅用作总加和調节元件,还用作放大器和变换器。

美国、英国和西德的很多企业同样都在探討无触点电力拖动控制系統的設計。

目 录

前 言

第1章	电力拖动无触点控制线路的元件	1
1.	磁放大器	1
2.	无触点主令控制器	15
第2章	用磁放大器和电机放大机的辅机电力拖动控制线路	25
3.	控制线路概述	25
4.	电力拖动系统的工作过程	32
5.	电力拖动系统动态过程的分析	42
6.	辅机电力拖动控制线路参数的确定	52
第3章	用磁放大器和电机放大机的可逆轧钢机主机电力拖动的 控制线路	59
7.	主机电力拖动控制系统的技术要求	59
8.	主机电力拖动控制线路概述	74
9.	主机电力拖动控制线路参数的确定	94
第4章	无触点控制线路在离子拖动系统中的应用	102
10.	辅机离子拖动控制线路	102
11.	发电机和电动机都由可控汞弧整流器激磁的主机电力拖 动控制线路	109
参考文献		113

第 1 章

电力拖动无触点控制 线路的元件

1. 磁 放 大 器

最简单的磁放大器的基本元件，就是两只相同的由具有非线性磁化特性的铁磁材料制成的闭合铁心式变压器(图1a)。串接的变压器初级绕组接在由交流电源供电的负载 R_H

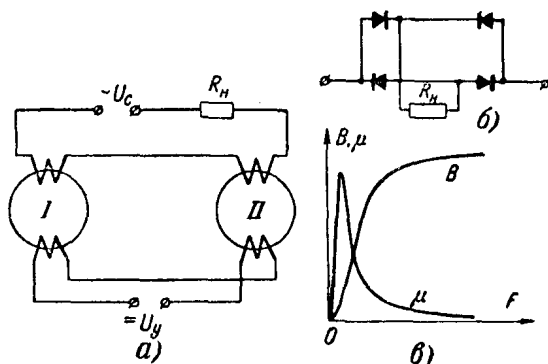


图 1 最简单的磁放大器

a—交流输出的磁放大器线路；b—直流输出的磁放大器线路；c—铁磁材料的特性；B—磁化特性； μ —导磁率；F—磁势； R_H —负载电阻； U_c —交流主回路电压； U_y —直流控制回路电压

回路里。次級繞組反向串接，并由直流供电。当初級繞組內通过交流电流时，在每一次級繞組中感生电势，它們的数值相等而符号相反，故并没有什么作用。

接在負載回路中的交流繞組是工作繞組，直流繞組是控制繞組。在直流繞組上加上待放大的輸入控制訊号。如負載 R_n 需用直流供电，那么，在主回路內应加装固体整流器（图 16）。

負載回路电流有效值

$$I = \frac{U}{\sqrt{(R_n + R)^2 + (\omega L)^2}} \quad (1)$$

式中 U ——交流电源电压有效值；

R, L ——磁放大器工作繞組的电阻和电感；

R_n ——負載电阻；

ω ——交流电源角頻率。

从式(1)中可以看出，当交流电源頻率不变和 R_n, R 为恒值时，改变磁放大器工作繞組的电感可以調节电流 I 的数值。图 16 是磁放大器綫路（图 1a）中所用变压器鉄心的磁化特性。这一特性的表达式为

$$B = \mu \times 0.4\pi F \quad (2)$$

式中 B ——鉄心中磁感应或磁通 Φ 的密度；

F ——繞組磁势；

μ ——鉄心材料的磁导率。

工作繞組的电感用下式表示

$$L = 2 \times \frac{0.4\pi w_1^2}{10^8} \cdot \frac{S}{l} \mu \quad (3)$$

式中 w_1 ——每一工作繞組的匝数；

S, l ——每一鉄心的截面积和磁路平均长度。

根据图 1a, 鉄心的鉄磁材料随着磁势 F 的增大而趋于饱和。因此, 磁导率 μ 急剧减小, 正如式(3)所指出的, 交流繞組的电感值亦急剧减小。

如选择供电給磁放大器的交流电源电压使交流繞組所产生的磁势不能使磁系統饱和, 那么当控制繞組中没有电流时电感值 L 为最大。这时負載电流为最小。我們現在在控制繞組中通以直流附加激磁电流, 使鉄心的饱和程度逐渐增加, 亦即是使 μ 和 L 减小。結果負載电流开始增加, 并且很小的直流控制电流的变化将引起大上好几倍的負載回路电流的变化。磁放大器的放大系数和鉄磁材料的性能有很大关系^[2]。

鉄鎳合金往往用于小功率磁放大器。这类合金有較高的磁导率和接近于矩形的磁化特性。因此, 根据負載电流的方程式[式(1)]可知

(1) 沒有附加激磁, 鉄心不飽和: $\omega L \gg R_n + R$, 用好的材料时 $L \rightarrow \infty$, 电流 $I \rightarrow 0$;

(2) 附加激磁磁势使磁系統完全飽和

$$\omega L \ll R_n + R$$

同时

$$L \rightarrow 0, \text{ 而电流 } I \rightarrow \frac{U}{R_n + R}$$

图 2 是图 1 中綫路的磁放大器負載电流和控制电流的关系(曲綫 1)。这一种曲綫通常称为磁放大器的負載特性。負載电流增量和控制电流增量之比

$$k = \frac{\Delta I_n}{\Delta i_y} \text{ ①}$$

是磁放大器的电流放大系数。

① 原文为 $k = \frac{\Delta I}{\Delta i_y}$ 。——校注

利用正反饋可以大大增加磁放大器的放大系数和减小其体积。可以采用外反饋(图 3a)或“內反饋”(自飽和磁放大器)(图 3b),或是同时兼用两种反饋。反饋磁势和控制繞組的磁势是一致的。按照图

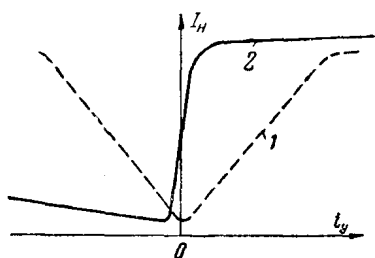


图 2 磁放大器的特性

1—图 1 中所示綫路的放大器的特性;

2—图 3 中所示綫路的放大器的特性;

I_H —負載电流; i_y —控制电流

的磁势是一致的。按照图 3b 的綫路,每一工作繞組只通过半波电流。这一脉动电流可分成交变和直流分量。建立磁放大器正反饋磁势的負載电流的直流分量等于交变負載电流的平均值。因此內反饋系数很大,接近于 1。若通过外反饋来建立这样大的正反饋磁势,则需要用很

大的截面、很多銅料的控制繞組。

图 2 中的曲綫 2 是內反饋磁放大器的負載特性。

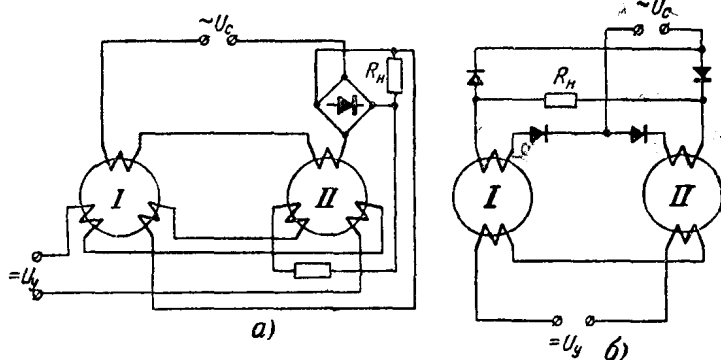


图 3 正反饋磁放大器

a—外反饋綫路; b—正內反饋綫路

① 原文为 I_y 。——校注

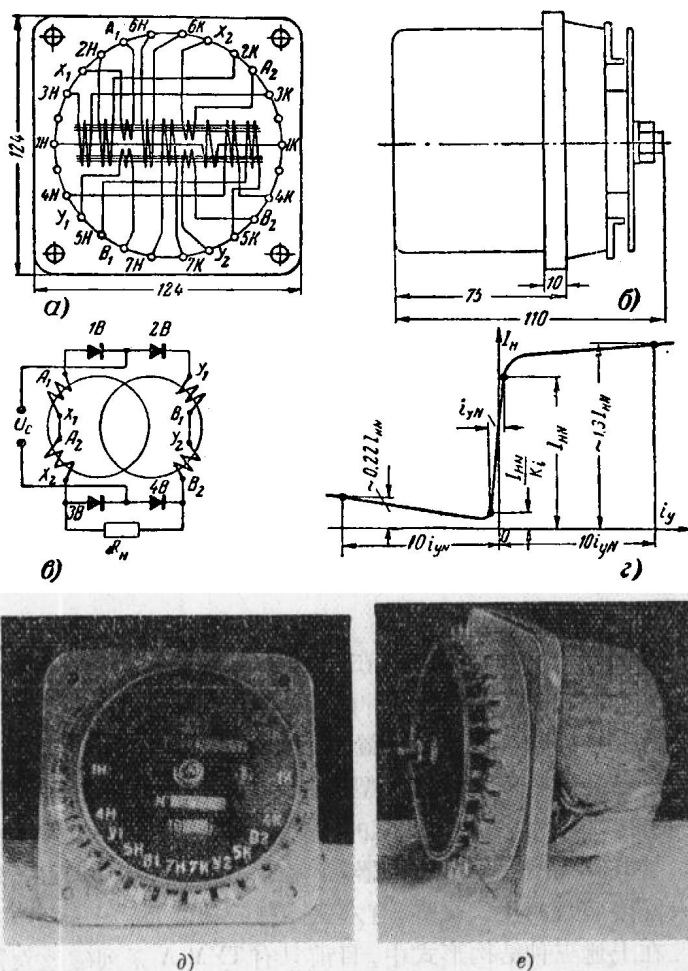


图4 TYM系列磁放大器

α —磁放大器出绕端的标号和排列位置； H 、 K —控制绕组相应的始端和末端； A 、 X 、 B 、 Y —磁放大器工作绕组相应的始端和末端； δ —磁放大器的外形图； ϵ —磁放大器负载回路的接线图； $1B$ 、 $2B$ 、 $3B$ 、 $4B$ —半导体二极管； ι —TYM系列磁放大器的典型特性； δ 、 ϵ —磁放大器的外形

图 4 是莫斯科电机制造厂所生产的 TYM 系列磁放大器。TYM 系列磁放大器是由冷轧变压器钢片的带材绕成的环形铁心构成。系列中包括五种磁放大器,容量范围为 2.5~50 瓦。它们由 50 赫交流电源供电。TYM 系列的磁放大器有四组工作绕组(图 4a)和七组控制绕组(图 4b)。图 4a 和 b 是磁放大器系列中最大的一种外形尺寸。磁放大器的技术数据列于表 1。

磁放大器控制绕组的绝缘等级是不同的:四组绕组(№4~7)的耐压为 750 伏,三组为 250 伏。

目前试制的 TYM 系列磁放大器有三种结构形式^[3]:

- (1) TYM-A—绕组固定在塑料接线板上,并在其上出线;
- (2) TYM-B—磁放大器浸耐热绝缘漆,绝缘漆同时作为磁放大器的外壳和接线板;
- (3) TYM-B—绕组装在塑料板上,控制绕组较少,在中間有一个通过大电流导线用的孔,孔的直径为 18~24 毫米。

为了使小功率磁放大器在各种控制和调节系统中应用起来更为方便,同时还生产一种由磁放大器、变压器、整流器和其他辅助元件组成的成套装置,所有元件都装在一个装置里。这种成套装置有以下两种类型: (1) БО 型单拍磁放大器组——输出功率为 80~150 瓦的三相磁放大器,有六组控制绕组; (2) БД 型双拍磁放大器组,输出功率为 11~20 瓦,磁放大器接成双拍桥式线路,有六组控制绕组。

在上述三种结构形式中,目前只有 TYM-A 系列磁放大器投入成批生产。

当将 TYM 系列磁放大器用来构成各种带电机放大机、磁放大器和离子放大器的控制和调节系统时,它们的功率是完全足够的。由于磁放大器中有很多组控制绕组,故以这些磁

表 1 TVM 系列磁放大器的数据

技术数据	磁放大器等级				
	I	II	III	IV	V

A. 磁放大器的输出参数

额定电源电压, 50 赫, 伏	36	36	36	127	127
额定负载电流 I_H , 安	0.15	0.3	0.6	0.3	0.55
额定负载电阻 R_H , 欧	105	65	33	275	150
输出功率 $I_H^2 R_H$, 瓦	3.3	5.9	11.9	24.8	45.4

B. 控制绕组数据

匝数					
绕组 1	70	50	30	65	50
绕组 2	500	450	400	470	430
绕组 3	1500	1350	1400	1100	1000
绕组 4~5	1300	900	1100	1100	700
绕组 6~7	1300	900	1100	1100	700
额定控制电流, 安:					
绕组 1	0.093	0.162	0.330	0.169	0.280
绕组 2	0.013	0.018	0.025	0.0234	0.0325
绕组 3	0.0044	0.006	0.007	0.010	0.014
绕组 4~5	0.005	0.009	0.009	0.010	0.020
绕组 6~7	0.005	0.009	0.009	0.010	0.020
长期允许电流, 安:					
绕组 1	0.0165	0.330	0.660	0.330	0.605
绕组 2	0.063	0.058	0.055	0.052	0.072
绕组 3	0.063	0.058	0.055	0.074	0.072
绕组 4~5	0.063	0.058	0.055	0.052	0.072
绕组 6~7	0.063	0.100	0.090	0.100	0.160
20°C 时的电阻值(欧)不大于:					
绕组 1	4.0	1.0	0.39	1.75	0.93
绕组 2	57	59	60	82	64
绕组 3	166	175	204	134	151
绕组 4~5	156	122	168	200	108
绕组 6~7	169	79	125	103	46
时间常数 T , 秒:					
绕组 3	0.22	0.20	0.26	0.307	0.27
绕组 4~5	0.176	0.124	0.198	0.207	0.186
绕组 6~7	0.162	0.192	0.265	0.403	0.44

放大器为基础来构成无触点电力拖动线路很方便。为了构成可逆拖动控制线路，磁放大器应接成双拍差式线路或双拍桥式线路。构成双拍差式线路的方法有两种(图 5)。在图 5a 的线路中，两只单拍磁放大器的输出端接限流电阻。这两限流电阻上的电压降差值用来供给负载 R_n 。在双拍磁放大器中，每个磁放大器的控制绕组可以是串接的或并接的，但都必须反接的。当控制电流为零时， IMY 和 $IIMY$ 的限流电阻上的电压降值相等而方向相反，两相等电压的差值加在负载电阻上，因此负载电阻中电流为零。当控制电流增加时，两磁放大器中有一只将闭塞(其输出电流减小)，相反，另一只磁放大器将开放，于是负载中开始有电流，这电流的方向决定于控制电流的方向。

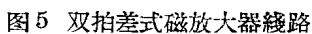
在图 5b 的线路中，两单拍磁放大器的输出端分别和电机放大机或任何其他磁放大器的两组相同的控制绕组(参据绕组 $I30$ 和 $II30$) 相接。这两组绕组磁势作用的方向相反，如 IMY 和 $IIMY$ 的控制磁势相同，则绕组 $I30$ 和 $II30$ 的合成磁势为零。这种线路的优点是较图 5a 线路的效率为高。此外，当采用图 5b 的线路时，磁放大器 IMY 和 $IIMY$ 可用同一个交流电源供电，第一种线路则需通过隔离变压器来供电。图 5a 和 5b 线路的特性是相同的。

图 6 是 IMY 和 $IIMY$ 的特性，它们是绕组 $I30$ 和 $II30$ 磁势和磁放大器控制磁势 F_n 间的关系，图中并绘有特性 III ，它是两磁势之差

$$F_{III} = F_I - F_{II}$$

在后面的章节中， F_{III} 的数值就代表磁放大器的输出(图 5b)。

在每一单拍磁放大器中(图 5)，第一组控制绕组是串接



- 9 -

用的，它可以用来在該磁放大器中建立反饋磁勢（正的或負的）。为此，可将这組繞組和磁放大器輸出回路中的負載串接。当这組串接的繞組按去磁方向連接时，将使放大系数稍减小。如按正反饋連接，則磁放大器將轉入继电工作状态。

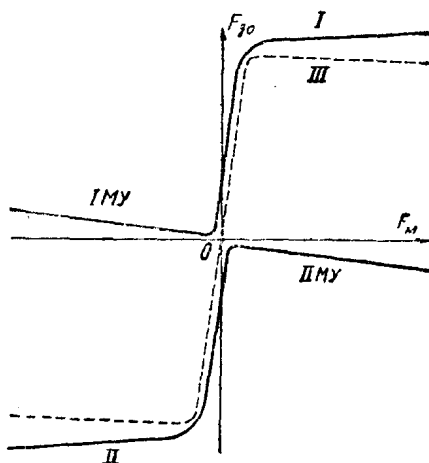


图6 双拍磁放大器的特性

I、*II*—两只单拍磁放大器的特性；*III*—双拍磁放大器的合成輸出特性

可以利用和繞組 *I30*、*II30* 串接的控制繞組 *1H*—*1K* 来建立外反饋，外反饋对負載特性的影响示于图7和8。曲綫1（图7）为有負的外反饋时的負載特性，曲綫2为沒有外反饋时的特性。图8中的曲綫是有正外反饋时的特性。这些特性說明了采用磁放大器可以在很大範圍內調整电力拖动系統的放大系数。

在无触点电力拖动控制綫路中，在某些过渡过程中，在磁放大器輸入端上可能出现很大的控制訊号。因此，必須研究在很大輸入訊号时的磁放大器的特性。图9是相应不同交流

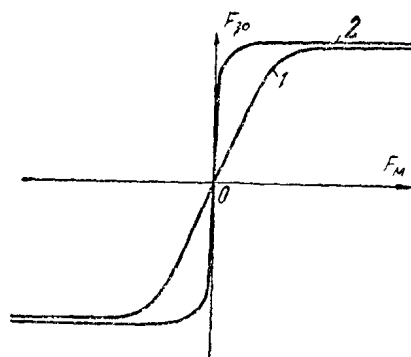


图7 有不同反馈时的双拍磁放大器特性
1—引入正的外反馈；2—没有正的外反馈

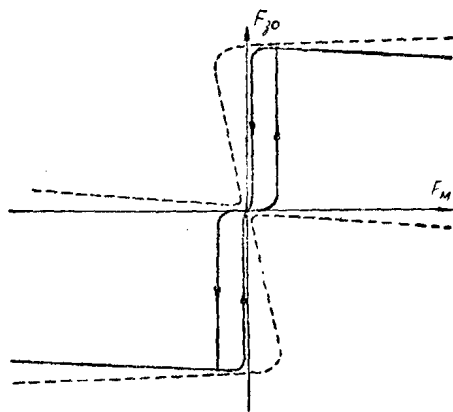


图8 有正的内反馈和外反馈时的双拍磁放大器特性

电源电压以及输入讯号倍数超过 40 时的 TYM-A5 型单拍磁放大器的特性。

图 10 是输入讯号很大时的双拍磁放大器特性。从这些特性中可以看出，当双拍磁放大器的输入讯号很大时，其负