

工業電力拖动自动控制

[苏联] A. Я. 列尔涅尔著

上海科学技术出版社

29

21

工業電力拖动自动控制

[苏联] A. Я. 列尔涅尔著

杜慶萱 王祖澤 譯

上海科学技术出版社

工業電力拖动自动控制

[苏联] А. Я. 列尔涅尔著

杜慶萱 王祖澤 譯

Автоматическое Управление Промышленными
Электродвигателями

原著者 [苏联] А. Я. 列尔涅尔

原出版者: Энергетиздат, 1947年版

譯者 杜慶萱 王祖澤

上海科学技术出版社出版

(上海南京西路2064号)

上海市书刊出版业营业登记证出字第093号

上海劳动印刷厂印刷, 新华书店上海发行所总经销

开本 787×1092 1/28, 印张 5.8/28 字数 109,000

(原机电科技版共印4,500册 1955年3月第1版)

1959年1月第1版 1959年11月第2次印刷

印数 2,001—5,000

统一书号: 15119.212

定价: (十二) 0.64元

譯 序

電力拖動自動控制(也稱電力驅動自動控制)這一名詞過去對大家來說都是比較陌生的。這是因為在解放以前我國的科學技術都是因襲資本主義國家的一套,而資本主義國家却沒有把它當做一個完整的科學體系來研究,所有有關的理論問題都是分散開來在研究到某一生產技術問題時順便地討論一下。所以過去學校中沒有這門課程,而在工礦動力方面工作的技術人員也沒有有一套系統的經驗知識。

解放以後,隨着祖國大規模經濟建設的展開,大家對“電力拖動自動控制”逐漸地熟悉起來。報章雜誌上有關新建廠礦的通訊報導中時常可以見到“自動控制”的名詞,敘述怎樣把按鈕一按,巨大的生產機械設備就自動工作並在發生故障時能自動停止等。爲了要掌握這些蘇聯援助的最先進的裝置,做到工業自動化,我們就需要在理論知識上不斷的提高。所以在高等學校院系調整以後多數的多科性工業院校都設置了工業企業電氣化專業,爲祖國培養這方面的人材。

因此,不論是對在現場工作的技術人員而說,或是對正在學習的同學來說都迫切地需要有關這方面的參考書。關於電力拖動原理方面現已有蘇聯莫羅佐夫及波波夫原著的譯本,而關於電力拖動自動控制方面至今還沒有比較完善的中文參考書籍。所以我們就試譯了這本書。雖然著者原序裏面說這本書主要是供給現場工作人員參考,但就內容來看,我們認爲可以兼作爲工業企業電氣化專業電力拖動的自動控制課程的教學參考書。

本書主要敘述各種交直流電動機的自動控制原理及線路、特殊電力拖動的自動控制以及自動控制線路的設計。本書還突出的敘述了電力拖動自動化裝置按裝與調整的程序與方法，這一部份完全是根據著者多年的經驗而寫成的，對實際工作的同志將有不少的幫助。

因限於俄文水平，雖經校譯，可能還存在些錯誤，希望讀者同志多提出寶貴的批評與意見。

譯者

原 序

著者寫這本書的目的，是希望系統地介紹給讀者，關於工業電力拖動自動控制的基本原理。這本書是特地為在工業電力拖動的運用與設計部門工作的工程師與技師而寫的。

本書的材料是從生產機構、製造廠（中央電氣按裝局及哈爾克夫斯大林電機廠等）所公佈的與未公佈的資料及外國公司資料中彙集起來的，再加上著者本人原來的作品。

由於本書容量的限制，使著者只能作扼要的敘述，而拖動線路圖的數目也適當的精簡，在這本書裏沒有研究電動機的保護、電力拖動的自動調節及電力拖動自動控制線路中電阻的計算等問題。

這裏沒有闡明電機自動學與電力拖動的電子控制問題，因為這些問題將在大學的其它讀物中說明。工程師 A. B. 謝伊孟提供了許多意見與材料，著者表示謝意。

著 者

目 錄

第一章 基本原理	1
1. 電力拖動自動控制裝置的用途	1
2. 電力拖動自動控制裝置的元件	2
3. 自動控制線路的圖示	3
第二章 電力拖動起動與制動的自動控制原理	8
1. 電流作用控制	9
2. 速度作用控制(電動機與頻率)	10
3. 時間作用控制	16
4. 加速度作用控制	18
第三章 電力拖動的典型控制線路	22
1. 鼠籠式感應電動機的控制	22
2. 繞線式感應電動機的控制	27
3. 直流電動機的控制	34
第四章 同步電動機的控制	47
1. 同步電動機控制線路的用途	47
2. 定子電路的控制	49
3. 電動機同步的控制	51
4. 同步電動機的再同步	62
5. 同步電動機控制的典型線路	72
第五章 電力拖動自動控制的特殊線路	78
1. 雙電動機拖動的控制	78
2. 用伺服拖動控制	84
3. 根據利翁那制制的電力拖動控制	88
第六章 電力拖動自動控制線路的設計	98

1. 選擇自動控制方法 98
2. 電力拖動各種自動控制方法的比較 106
3. 自動控制線路的設計原理 110
4. 在設計線路時錯誤的範例 119

第七章 電力拖動自動控制裝置的安裝與調整 124

1. 安裝工作的工作量及運行程序 124
2. 裝置的調整方法 128
3. 控制器械的調整 130
4. 裝置工作情況的調整 135

第一章

基本原理

1. 電力拖動自動控制裝置的用途

電力拖動技術的發展和工作機械與機器普遍地轉換成由電氣控制，就需要有電力拖動自動控制裝置。這種裝置所担任的工作是多種多樣的。但是，就電力拖動自動控制設備這一名詞狹義地來看，我們可以理解成是專指爲了在一定情況下，實現機械的起動、制動、反轉、變速、停止而在電力拖動電路內所進行的自動轉換操作。

像電動機的保護、自動調節、生產過程的自動化這些問題與電力拖動自動控制很有關係，但究竟還是獨立的，這些問題將在相當的個別課程裏來研究。

照例，是爲了下面這些目的，才使用電力拖動自動控制裝置的：

甲) 爲了常開與常停的拖動控制操作的方便與加快作用過程；

乙) 爲了電力拖動遠距離控制；

丙) 爲了保證電力拖動控制操作的正確次序性與準時性；

丁) 爲了控制聯鎖着的電力拖動系統。

合理的使用電力拖動自動控制裝置，不論在技術上與經濟上都可以獲得顯著的效果。當用自動控制時，操作人員的工作就非常方便，只需要撇撇按鈕或轉動主令控制器的手柄就成了。機組的生產量由於過渡歷程時間縮短而提高。因爲使用自動控制裝置消除了工作人員條件

不夠或疏忽而造成的錯誤操作，於是增加了電力拖動作用的安全性而減少事故。在某些情況下，電力拖動自動控制在成品質量上也顯得有利。譬如說，在紡織機上自動化保證紡織機起動平穩，這樣就避免拉斷粗紗與細紗；在冶煉車間的連續修理過程中，自動化保證產品完全相同。

自動控制的重要意義是由於集中控制而減少了機組服務人員的數目。這時在控制台前工作的一個操作人員（控制板上集中控制着許多機械）就能勝利地代替幾個工人工作，假使工人們每人只管理一台機械的話。

在許多情況下，電力拖動自動控制使工作機械的構造與生產操作法發生根本的改變。譬如說，目前的反轉與連續軋鋼機、巨型吊車、電動仿模鉋床與其它一些機械都是不可分割地與自動控制系統聯繫着，並且如果沒有自動控制系統就根本不堪設想。如果沒有相當的電力拖動自動控制系統，那麼，也就不可能創造出巨型鋼坯軋製機。

近年來，由於電力拖動自動控制技術不斷地發展，為流水作業法的完全自動化創造了先決條件，而在個別情況下整個工廠都完全自動化了。如所週知，例如生產汽車橋架的安全自動化工廠已經使用十年以上。當然，生產的完全自動化不僅要依靠電力拖動自動控制，而且也還要依靠大量採用自動調節與自動檢查尺寸的設備等等。這些設備都是整套自動化系統不可缺少的元件。

2. 電力拖動自動控制裝置的元件

電力拖動自動控制複雜而多樣的任務是用比較少的標準元件來解決的。這些元件可以劃分成下列各種：

甲) 控制機構：按鈕聯合在一起的按鈕室、主令控制器、萬用轉換開關及其他按操作人員意志來轉換控制電路的器械，都屬於這種機構。

乙) 操縱機構:控制電動機電路內的電流、線路各段的電壓、頻率、個別操作時間間隔的繼電器;控制工作機器位置的行程開關、限程開關與自同步電動機;其它依照控制參數數值而作用的線路機構都屬於這種機構。

丙) 執行機構:接通與斷開電路的接觸器,拖動控制器械的伺服電動機,油断路器以及其他在電力拖動線路內直接轉換電路的機構都屬於這種機構。

丁) 聯鎖機構:在各種控制線路的電路內完成衝流轉換與傳遞的中間繼電器,保證器械依一定次序工作並防止不正確操作的聯鎖觸點與機械聯鎖設備,聯接控制線路個別機構的導線與電纜,以及爲了上述目的而設置的其它控制線路輔助元件都屬於這種機構。

戊) 供電設備:供電設備包括變壓器、整流器、濾波器、蓄電池組以及其它操縱與控制供電設備用器械。

己) 結構元件:配電板、控制台及類似這種設備屬於結構元件,在這些設備上裝着自動控制器械。用來保護導線與電纜以避免受到機械損傷的導線套管與電纜套管也屬於這種元件。

自動控制系統是上列基本元件的綜合。在某些情況下,控制系統의各種機構綜合在一個器械內。譬如說,如果接觸器同時作爲電壓繼電器的話,那麼這接觸器除了具有執行機構的基本作用外,還担负着控制作用。在所謂“定時計”中就是把接觸器與時間繼電器綜合起來。雖然如此,但這種情形並不阻礙用上述分類來分析線路。

3. 自動控制線路的圖示

現代的電力拖動自動控制線路,包括整套的各種繼電器、接觸器與其他自動器械以及電機。每個器械的線路都由許多個別元件所組成,

例如：主觸點、輔助觸點、繞組、電阻等等。個別的器械再用導線連合成一定的電氣線路，所以電氣線路圖就應該按照最容易看懂的規定制度畫出。

自動控制線路的構成。在電動機和電磁鐵電路中，利用由輔助電流電路所控制的自動器械的轉換來改變電力拖動的工作情況。這樣線路圖就自然分成主電流電路（或主電路）與控制電流電路。在線路圖上主電流電路畫成粗線，而控制電路畫成細線。

如所週知，電動機、發電機、電磁鐵及附加電阻等的電路屬於主電流電路。在這些電路內就接着流過電動機與電磁鐵的電流的觸點與控制器械線圈。控制線路的所有其餘元件都屬於控制電路，例如：接觸器線圈與繼電器、接觸器的聯鎖觸點、繼電器觸點、控制器械觸點等等。在某些情況下，控制電路的個別元件可以接入在主電流電路內。

保護與信號電路及個別電力拖動間的聯鎖電路也屬於控制電路。

控制線路的展開圖。線路圖上器械元件的表示法原先是根據地位的原則畫出的，也就是按照它們實際的佈置情況畫出。這時屬於同一個器械的全部元件都聚集在一起。

由於自動控制線路的發展的複雜化，這種老式的線路表示法就發展成展開的形式。

展開線路圖的基本原則包括下面各點：

甲) 在線路圖上線路內全部器械與機器的所有元件都應當表示出來。

乙) 器械的各個元件並不按照它實在的佈置情況畫在線路圖上，而是按照看起來方便以及個別並聯電路看起來明顯的原則畫出。

丙) 因為同一器械的個別元件可能畫在線路圖上不同的地方，所以為了表示它們都屬於某一器械起見，採用了一定的表示制度，按照

這種制度，同一器械的全部元件都用相同的字母與數字來表示。

線路內的每個器械都給它一個字母記號，來表示這個器械的作用。譬如說，線路接觸器用字母 J 表示，控制加速度的接觸器用字母 Y 來表示等等。如果線路內某些器械都是同樣的作用，那麼每個器械就再加一個次序號碼（例如 1Y、2Y、3Y）。為了區別繼電器與接觸器的符號，在表示繼電器作用的字母前面再加個字母 P。譬如，控制電動機加速度的繼電器就可以用 1PY、2PY 等來表示。

丁) 線路圖內的全部觸點都畫成所謂“正常”位置。所謂觸點的正常位置就是在器械不激勵時觸點所佔據的位置；譬如，對接觸器或繼電器來說，就是當線路內沒有電流的時候，對按鈕來說就是當沒有壓力的時候，對於主令控制器來說就是當手柄在零位置的時候。

戊) 線路的每個元件都按照規定表示符號與註字來表示，用註字來說明元件是屬於哪一種器械的。

己) 線路的所有並聯分路用彼此平行的線段來表示，並且接到兩邊的饋電母線上。線段的排列應該儘可能與器械作用的次序相對應。

電力拖动自動控制線路元件的表示符號

號 數	符 號		線路元件名稱
	基本的	轉向的	
1			接觸器線圈
2			繼電器的並聯線圈
3			串聯線圈

4



繼電器的阻尼線圈

5



接觸器的主觸點；原斷

6



接觸器的主觸點；原通

7



繼電器的觸點或接觸器的聯鎖觸點；原斷

8



同上；原通

9



斷開時有時延的時間繼電器原斷觸點

10



接通時有時延的時間繼電器原斷觸點

11



接通時有時延的時間繼電器原通觸點

12



斷開時有時延的時間繼電器原通觸點

13



不自動復原的電流繼電器原斷觸點

14



不自動復原的電流繼電器原通觸點

15



熱繼電器的發熱元件

16



行程或復位開關的觸點；原斷

17			行程或限程開關的點點;原通
18			自動復原的原斷按鈕
19			自動復原的原通按鈕
20			主令控制器的原斷觸點
21			主令控制器的原通觸點
22			油斷路器的主觸點;原斷
23			分路調節器
24			歐姆電阻
25			電抗
26			線路上導線交叉點(但互相不連接)
27			導線連接的導線交叉點

第二章

電力拖動起動與制動的自動控制原理

電力拖動的起動、變速、反轉與制動等作用過程，需要在線路的主電路內完成一系列的轉換電路操作。

爲了避免不允許的過載並達到電力拖動最大的工作效果，所有這些操作都應該依一定次序並在需要的時間內完成。

當電力拖動用手控制時，操作的次序與時間由操作工人決定。這時是否遵守轉換電路操作中所必需的次序就要看工人的熟練程度與注意力怎樣，而操作執行的速度則受到工人體力的限制。

電力拖動自動控制系統應該按照預先規定的次序完成所有這些操作，而且每個操作執行的時刻都應該符合於電力拖動最適宜的條件。這種條件——在符合於電力拖動最適宜情況的瞬時完成每個操作——是最複雜的，並且可以用各種不同的方法來完成。

有下列各種電力拖動控制自動化的基本原則：

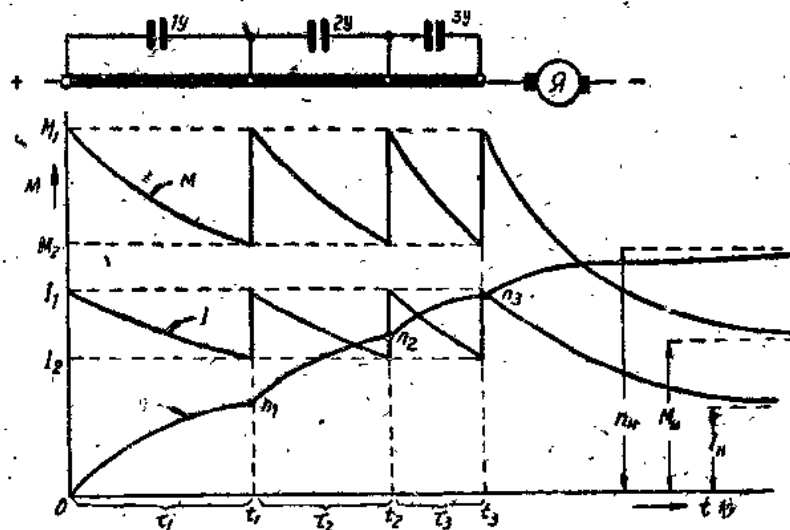
- 甲) 依靠沿電動機繞組流過的電流數值來控制，
- 乙) 依靠電力拖動速度來控制，
- 丙) 根據經過一定時間而進行先後連續操作的原則來控制，
- 丁) 依靠加速度的大小來控制。

這些控制原則中的每一種都受到修改。無論是線路的性質或是所採用器械的型式都決定着選擇控制方法。常常在一個線路內爲了個別的過程而採用不同的方法來控制。例如，在直流電動機控制線路內加

速度的控制是根據獨立的延時原則，而制動控制則利用電動機電動勢的作用（一種根據速度控制原則的變形）。這種直流電動機的控制線路應用很多。

1. 電流作用的控制

爲了限制直流電動機或滑環式交流電動機的起動電流，在電樞（或轉子）電路內加入起動電阻。隨着電動機起步的程度，電動機所需要的電流在減少，同時電動機所發出的轉矩也隨着降低（圖1）。當電流降低到規定值時（ I_2 ），部份的起動電阻就被短路，這樣就使電流與轉矩突然增加到 I_1 與 M_1 。電動機速度繼續增加又使電流降低，所以必需把起動電阻的下一級再引出去。這樣起動電阻就一部份一部份的引出去，而當起動電阻完全引出時，電動機就走到它自己的自然特性曲線上去。



〔圖1〕 在電動機起動時，轉矩 M 、電流 I 與轉速 n 對時間的變化。

上去了。從圖1可以看出，在起動時期中電動機電流在 I_1 到 I_2 的範