

电动机的控制与 变频调速原理

主 编 杨德印

副主编 王道川 樊胜民 畅孟喜



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



电动机的控制与变频调速原理

主 编	杨德印					
副主编	王道川	樊胜民	畅孟喜			
参 编	杨电功	杨盼红	令狐丽荣	刘建仁	荆 博	
	郭晓胜	崔 靖	张红兵	赵朝阳	夏 华	
	吴 鹏	张 岩	王东升	尉晓东	杨建设	
	赵晨昱	杨 鲁				



机械工业出版社

本书较系统地介绍了高压和低压三相异步电动机的起动控制与变频调速原理, 提供了相关电路原理图。同时, 书中使用了较大的篇幅介绍变频器、软起动器以及采用数字电路、单片机等电子技术研发生产的新型控制用器件、部件。本书将电动机的控制电路原理以及采用新型控制器件和部件的应用资料汇集整理成一册, 方便相关技术人员查阅与参考。

本书可供工矿企业及农村机电运行维护人员阅读, 也可供相关专业的大中专院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电动机的控制与变频调速原理/杨德印主编. —北京: 机械工业出版社, 2011. 11

ISBN 978-7-111-35866-4

I. ①电… II. ①杨… III. ①电动机-控制②变频调速-原理
IV. ①TM301.2②TM921.51

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 188019 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 吕 潇 责任编辑: 吕 潇 版式设计: 霍永明

责任校对: 陈延翔 封面设计: 路恩中 责任印制: 乔 宇

北京瑞德印刷有限公司印刷 (三河市胜利装订厂装订)

2012 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·17 印张·418 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-35866-4

定价: 48.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

本书较系统地介绍了高压(6kV、10kV)和低压(380V、660V、1140V)三相异步电动机的起动控制与变频调速原理,提供了相关电路原理图。同时也对高压同步电动机的励磁装置、起动控制电路进行了较为详尽的描述。书中用了较大的篇幅,介绍变频器、软起动器以及采用数字电路、单片机等电子技术研发生产的新型控制用器件、部件。这些新型器件、部件近年来已经大量应用于电动机的起动、控制、测量、保护与变频调速装置中,为提高电动机的控制与保护水平,以及电动机的节能运行发挥了巨大作用。技术和产品的发展日新月异,而相关的技术信息却分别存在于各自产品的说明书或专著中,本书将电动机的控制电路原理以及采用新型控制器件、部件的应用资料汇集整理成一册,方便相关技术人员查阅与参考。

将传统理论技术及新型器件、部件的原理应用知识一并介绍给读者是本书的一大亮点。

本书分六章,另有内容丰富实用的若干附录。

第一章介绍电动机起动控制常用电器的基本知识,包括低压电器的分类、型号命名;各种低压电器的名称、结构、主要参数、适用范围以及故障排除等;高压电器部分,对真空断路器、隔离开关和真空接触器等产品的结构原理、主要规格及技术参数进行了介绍。这些都是电动机起动与控制电路的基础知识。

第二章介绍采用电子技术研发生产的新型控制保护用器件及部件,包括JD-6型、XJ11型电动机保护器,这些保护器的性能优于热继电器,而价格与热继电器却相差无几。微机综合保护器和多回路巡回检测显示报警仪通常用于较贵重或较重要的电动机的实时监测与保护,它们保护功能完善,性能可靠,可显示、远传监测数据,实现电动机的遥控、遥测、遥调和遥信。本章内容有利于上述新技术、新产品的推广应用,提高行业的整体技术水平。

第三章介绍低压电动机的各种起动控制电路,包括软起动和变频起动电路,以及电动机的调速、制动原理与电路。

第四章介绍高压电动机的各种起动控制电路,包含一次电路和二次电路。文中对高压电动机的直接起动和减压起动都有详尽的描述,尤其是对二次电路的分合闸、测量、保护与信号电路进行了精辟准确的原理分析。

第五章介绍变频器的基本原理,包括变频器的内部主电路结构,外部主电路接线,外部控制端子的功能及接线。变频器的功能参数、变频器的电磁兼容性、变频器的制动方式、变频器的PID控制、变频器的多段速运行以及变频器故障的显示、诊断与维护等知识内容,是本书的重点章节。

第六章从变频器的应用实践出发,对实现变频器功能的各种单元电路的结构、工作

原理、参数设置等知识和操作技能进行剖析及介绍，并通过实例给出应用电路、参数设置表和使用注意事项等，帮助读者详尽地了解相关知识，并能帮助解决应用实践中遇到的技术难题。

附录 A 变频器应用答疑是本书的一个特色栏目，它分六个主题用 41 个问答题的形式对变频器在操作、应用等实践活动中经常遇见的问题予以解答，对变频器中大量与频率相关的概念、与时间相关的概念都给出了通俗易懂的解释。非常具有针对性地解决读者的一些疑难问题。

附录 B 是很具实用性的资料信息。

附录 C 是电路简图常用图形符号与文字符号，其中图形符号摘自最新版本的国家标准 GB/T 4728—2005 ~ 2008 《电气简图用图形符号》，以及国家标准 GB/T 5465—2007 ~ 2009 《电气设备用图形符号》；文字符号摘自新版单字母代号国家标准 GB/T 5094—2003 ~ 2005 《工业系统、装置与设备以及工业产品 结构原则与参照代号》，以及双字母代号国家标准 GB/T 20939—2007 《技术产品及技术产品文件结构原则字母代码按项目用途和任务划分的主类和子类》。上述字母代号标准不但适用于电气行业，也适用于结构、工艺、发电、配电、加工机械、造船工业、海洋工程等。可使读者对这些标准有一个较全面的了解，以便学习与使用。本书中尽可能地使用了这些国家标准，但由于本书的技术信息来源广泛，原产品的图样资料使用了不同的图形符号和文字符号，对于一些过于陈旧古老的符号，本书基本上用最新或较新的标准符号予以替换，同时考虑到读者维修某些设备时对照参考，所以保留了部分原有符号。

附录 D 二次回路接线图简介的意义在于，一些初学者，掌握了一些简单的电路原理，也能画出或借鉴、读懂某资料中的电路图，但是如何将这些电路图转变成一个可以实际运行的产品往往较难。如果根据附录 D 介绍的知识，把原理图先转换成盘后接线图，可能将电路图转变成一个可以实际运行产品的工作就简单多了。附录 D 实际上是给初学者递上一根拐杖，使之向前迈出了一大步。

本书由太原科技大学运城工学院杨德印主编。

副主编王道川、樊胜民和畅孟喜为本书的编写付出了辛勤工作和巨大努力。

参加本书编写的还有杨电功、杨盼红、令狐丽荣、刘建仁、荆博、郭晓胜、崔靖、张红兵、赵朝阳、夏华、吴鹏、张岩、王东升、尉晓东、杨建设、赵晨昱、杨鲁等。

徐振迁在协调、推动本书的编写过程中功不可没。

张文生、杨永江等为本书的编写发挥了重要建设性作用。

本书可供工矿企业及农村机电运行维护人员阅读，也可供相关专业的大中专院校师生参考。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

2011 年 8 月

目 录

前言

第一章 电动机起动控制常用电器 1

第一节 低压电器的分类及全型号组成 1

一、低压电器的分类 1

二、低压电器产品型号表示法及其意义 1

第二节 低压断路器 4

一、万能式断路器 4

二、塑料外壳式断路器 10

第三节 交流接触器 15

一、CJ12 系列交流接触器 15

二、CJ12B 系列交流接触器 16

三、CJ20 系列交流接触器 16

四、CJX2 系列交流接触器 18

五、CJT1 系列交流接触器 19

六、CJ19 系列切换电容器接触器 20

第四节 刀开关 22

一、HD、HS 系列开启式刀开关及刀型 转换开关 22

二、熔断器式刀开关 24

第五节 电磁式继电器 26

一、电磁式继电器的主要参数 26

二、电磁式电压继电器与电流继电器 26

三、常用电磁式中间继电器 27

第六节 时间继电器 28

一、空气阻尼式时间继电器 28

二、晶体管时间继电器 29

第七节 热继电器 31

一、热继电器的结构与工作原理 31

二、具有断相保护的热继电器 32

三、JR28 系列热继电器简介 32

第八节 行程开关与速度继电器 34

一、行程开关 34

二、速度继电器 34

第九节 熔断器 35

一、熔断器的主要技术参数 35

二、RT0 系列有填料封闭管式刀型触头 熔断器 36

三、RT14 系列圆筒帽形熔断器 36

四、RL1 系列螺旋式熔断器 37

第十节 户内高压真空断路器 38

一、ZN28A-12 系列户内高压真空 断路器 38

二、ZN139-12 型户内高压真空断路器 40

第十一节 高压真空接触器 44

一、CKG3、CKG4 系列交流高压真空 接触器 44

二、JCZ5-7.2/12 型高压真空接触器 44

第十二节 高压隔离开关 48

一、GN30 型户内高压隔离开关 49

二、GN19 系列户内高压隔离开关 50

第十三节 真空断路器的操动机构 51

一、电磁操动机构 51

二、弹簧储能操动机构 52

三、永磁操动机构 55

习题与思考 56

第二章 应用电子技术的功能器件 57

第一节 JD-6 型电动机综合保护器的原理 与维修 57

一、工作原理分析 57

二、维修实例 59

第二节 XJ11 型电动机保护器的原理与 使用 59

一、工作原理分析 59

二、应用电路 61

第三节 接触器与继电器的节电运行 61

一、交流接触器的节电运行方案 61

二、继电器的节电运行方案 62

第四节 电流互感器二次过电压保护器 62

一、原理概述及特点 62

二、使用范围 63

三、安装、使用及维护 63

第五节 电动机用软起动器 63

一、CMC-S 系列软起动器的特性 64

二、使用及安装 64

三、接线方法	65	第八节 电动机的变频起动	111
四、参数设置	66	第九节 电动机的制动	113
五、故障检测与排除	69	一、机械制动	113
六、规格型号及附件选用	69	二、电气制动	114
七、不同应用的基本设置	70	第十节 三相异步电动机的调速	121
第六节 高压电动机微机综合保护装置	70	一、变转差率调速	121
一、装置简介	70	二、变频调速	122
二、装置主要特点	71	三、变极调速	122
三、技术指标	72	第十一节 电磁调速电动机的原理与 控制	124
四、装置硬件	72	一、电磁调速电动机简介	124
五、装置的功能与原理	73	二、电磁调速电动机控制器电路原理	124
六、定值清单及动作信息说明	76	三、电磁调速电动机的运行控制	128
七、装置接线	78	四、维修技巧	128
八、调试及异常处理说明	80	五、维修实例	128
第七节 LU-905M 系列数字式多回路显示 报警仪	81	第十二节 低压电动机的无功补偿	129
一、性能特点	81	一、就地无功补偿	129
二、技术指标	82	二、集中自动无功补偿	131
三、仪表参数设置	82	习题与思考	134
四、接线方法	86	第四章 高压电动机的起动运行与 控制	135
五、仪表选型方法	86	第一节 高压电动机起动的一次电路	135
六、仪表报警设置	87	一、直接起动	135
七、仪表常见故障处理	88	二、减压起动	136
第八节 低压电动机微机监控保护器	90	第二节 高压电动机直接起动的二次 电路	138
一、装置简介	90	一、测量与检修照明电路	138
二、主要技术指标	90	二、高压电动机的起动与停止	139
三、型号规格	90	三、保护与信号电路	140
四、操作使用方法	91	第三节 高压电动机串联电抗器减压起动 的二次电路	141
习题与思考	95	一、测量与检修照明电路	141
第三章 低压电动机的起动控制与 无功补偿	97	二、高压电动机串电抗器时的起动与 停止	142
第一节 电动机的直接起动	97	三、保护与信号电路	144
第二节 电动机的星-三角起动	98	第四节 采用综保装置的高压电动机起动 的二次电路	145
第三节 电动机的自耦减压起动	100	一、二次电路的控制电源	145
第四节 三速电动机的起动	103	二、电动机的分合闸控制	146
第五节 绕线转子异步电动机的起动	104	三、测量、保护与信号电路	146
第六节 电动机的延边三角形减压起动 控制	106	第五节 同步电动机的起动控制	147
第七节 电动机的软起动	107	一、同步电动机简介及常用起动方法	147
一、设置参数的方法	107	二、同步电动机的控制系统	148
二、软起动电路的起动控制模式	108		
三、软起动电路的停止控制模式	109		
四、软起动装置的运行控制	110		

习题与思考	152	第十节 变频器应用实例	173
第五章 变频器的基本知识	153	一、变频器的广泛应用	173
第一节 变频器的分类	153	二、具体应用案例	173
一、按工作电源的电压等级分类	153	第十一节 变频器故障的显示、诊断与	
二、按直流电源的性质分类	154	维护	178
三、按电压的调制方式分类	154	一、变频器故障的显示	178
四、按电能变换的方式分类	154	二、变频器故障的逻辑图诊断	178
第二节 变频器的内部主电路	154	三、变频器主电路故障诊断	178
一、内部主电路结构	154	四、变频器的维护	181
二、均压电阻和限流电阻	155	习题与思考	183
三、主电路的对外连接端子	155	第六章 变频器应用实践电路	184
四、变频系统的共用直流母线	155	第一节 变频器中闭环控制功能的应用	184
第三节 变频器的外接主电路	157	一、PID 控制的效能	184
一、外接主电路结构	157	二、PID 控制的实现	184
二、相关元件的选择	157	三、PID 应用实例	187
三、变频器与电动机之间的允许距离	158	第二节 变频器的制动电阻与制动单元	189
第四节 变频器的功能参数	159	一、制动电路工作原理	189
一、功能参数设置的意义	159	二、制动电阻的阻值和功率	190
二、功能参数设置的方法	161	三、制动电路异常的处理	190
第五节 变频器对异步电动机的控制		第三节 变频器功率因数的改善	191
方式	163	一、变频器的无功功率与功率因数	191
一、V/F 恒定控制	163	二、提高功率因数的措施	191
二、转差频率控制	163	三、电抗器的选用	192
三、矢量控制	163	四、交流电抗器的相关应用	192
四、转矩控制	164	第四节 变频器的多挡频率运行实例	192
五、直接转速控制	164	一、如何实现多挡频率控制	192
第六节 变频器的电磁兼容性	164	二、多挡频率运行的实例	193
一、变频器的谐波和电磁干扰	164	第五节 变频器的频率检测	196
二、变频系统中的抗干扰措施	165	一、频率检测功能简介	196
第七节 变频器的制动方式	165	二、频率检测的功能参数	197
一、变频器的再生制动	165	三、频率检测的应用实例	198
二、变频器的直流制动	166	第六节 变频器的跳跃频率	199
三、变频器电容反馈制动	166	一、跳跃频率	199
第八节 变频器的 PID 控制	167	二、跳跃频率幅度	200
一、如何使 PID 控制功能有效	167	三、应用举例	201
二、目标信号与反馈信号	168	第七节 变频器的 V/F 控制	201
三、目标信号的输入通道与数值大小	168	一、变频器的 U/f 曲线	201
四、PID 的反馈逻辑	169	二、V/F 控制的参数表	203
五、反馈信号输入通道	169	三、通过功能参数选用 U/f 曲线	204
六、参数值的预置与调整	170	第八节 变频器的显示功能	205
第九节 变频器的多段速运行	170	一、博世力士乐 CVF-G3 系列变频器	205
一、端子控制的多段速运行	170	二、富士 G11S 系列变频器	206
二、程序控制的多段速运行	172	三、森兰 SB61 系列变频器	207

第九节 变频器的故障查询	208	六、综合应用知识	228
第十节 变频器的过载保护	210	附录 B 国际单位制词头表	235
一、过载保护的特点	210	附录 C 电路简图用图形符号与文字 符号	236
二、过载保护的参数设置	211	一、电气简图用图形符号	237
习题与思考	212	二、电气简图用文字符号	252
附录	213	附录 D 二次回路接线图简介	256
附录 A 变频器应用答疑	213	一、原理接线图	256
一、变频器基本知识	213	二、展开接线图	257
二、变频器的键盘与功能预置	215	三、安装接线图	258
三、变频器应用知识	216	参考文献	262
四、变频器的特殊功能应用	220		
五、变频器在恒压供水中的应用	224		

第一章 电动机起动控制常用电器

电动机起动控制常用电器有高压电器和低压电器两大类，分别适用于 6kV 或 10kV 的高压电动机以及 380V、660V 或 1140V 的低压电动机。也有一些电器元件如按钮、主令开关、转换开关等电器既可用于高压电动机的起动控制，也可用于低压电动机的起动控制。

第一节 低压电器的分类及全型号组成

额定交流电压在 1200V 及以下、直流电压 1500V 及以下的电路中使用的电器称作低压电器。低压电器在电路中起通断、控制、保护以及检测或调节作用。在低压电气传动系统和低压配电系统中，大量使用各种类型的低压电器。它广泛应用于发电站、变电所、工矿企业、交通运输、农业以及国防工业等电力输配与电气传动自动控制设备中。

一、低压电器的分类

低压电器可有多种分类方法，例如可以按应用场合分类，有一般工业用电器、航空用电器、船舶用电器、建筑用电器、化工用电器，矿用电器，农用电器等；按用途分类，有主令电器、控制电器、保护电器和配电电器；按操作方式分类，有手动电器和自动电器；按功能分类，可分为有触头电器和无触头电器等。这里按用途分类对低压电器予以介绍。

1. 主令电器

用于发送控制指令的电器，如主令开关、按钮、行程开关、转换开关等，这类电器要求其能够承受较高的操作频率，有较长的机械和电气寿命。

2. 控制电器

控制电器用于各种控制系统和控制电路，例如接触器，电磁继电器，时间继电器，各种功能、类型的控制器等。这类电器应有一定的电流通断能力和较长的机械与电气寿命，允许较高的操作频率。

3. 保护电器

对输配电线路及用电设备具有保护功能的电器，如熔断器、热继电器、过（欠）电压继电器、过电流继电器，还有采用了电子技术的电动机保护器、电流互感器二次开路保护器等。对于保护类低压电器，要求其可靠性高、寿命长、动作反应灵敏、重复动作的一致性好。

4. 配电电器

在供电、配电系统中，用来进行电能输送与分配的电器称作配电电器例如低压断路器、刀开关等。这类电器应有较强的分断能力，运行中其动稳定及热稳定性性能好。

二、低压电器产品型号表示法及其意义

低压电器产品有各种各样的结构与用途，为了便于使用、制造和管理，对低压电器产品规定了型号，每一个型号代表一种类型的产品。

1. 低压电器产品全型号组成形式

全型号的组成形式及含义如下：

1 2 3—4 5/6 7

其中 “1” 是类组代号，使用两位或三位汉语拼音字母，第一位为类别代号，第二、三位为组别代号，代表产品名称，具体产品名称由表 1-1 确定。

表 1-1 低压电器产品型号类组代号表

类别代号及名称		第一位组别代号及名称																				第二位组别代号及名称													
		A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q	R	S	T	U	W	X	Y	Z	D	G	J	L	R	S	T	X	Z	H	
H	空气式开关、隔离器、隔离开关及熔断器组合电器				隔离器			熔断器式隔离器	开关熔断器组(负荷开关)			隔离开关				熔断器式开关	转换隔离器					旋转式开关	其他	组合开关											
R	熔断器							汇流排式				螺旋式	密闭管式				有填料封闭管式	半导体元件保护(快速)				熔断信号器	其他	自复						半导体元件保护(快速)					
D	断路器										真空	灭磁					快速				万能式	其他	塑料外壳式			漏电			可通信	限流					
K	控制器		控制与保护开关电器					鼓形								平面		凸轮				其他		交流				可通信		直流					
C	接触器					固态		高压		交流	真空	灭磁			中频			时间				其他	直流	高压	交流									混合式(无弧)	
Q	起动器	按钮式		电磁式						减压							软	手动		油浸		无触点	星三角	其他	综合										
J	控制继电器			可编程	漏电						电流				频率		热	时间	通用		温度		其他	中间											
L	主令电器	按钮								接近开关	主令控制器							主令开关	足踏开关	旋钮		万能转换开关	行程开关	超速开关											
Z	电阻器变阻器			旋臂式							励磁					频敏	起动	非线性电力				液体起动	电阻器												

(续)

类别代号及名称		第一位组别代号及名称																				第二位组别代号及名称												
		A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q	R	S	T	U	W	X	Y	Z	D	G	J	L	R	S	T	X	Z	H
T	自动转换开关 电器								接触器式						一体式						万能断路器式		塑壳断路器式									可通信		智能型
B	总线电器																		接口															
M	电磁铁														牵引						起动		液压 制动			交流					推动器		直流	
P	组合电器																						终端											
A	其他		保护器	插座	信号灯		电涌保护器（过电压保护器）	接线盒	交流接触器节电器		电铃								插头		电子消弧器	模数化电压表	多功能电子式		交流	漏电	热			可通信		直流		
F	辅助电器						导线分流器		接线端子排																									

注：1. 本表系按目前已有的低压电器产品编制的，随着新产品的开发，表内所列汉语拼音大写字母将相应增加。

2. 表中第二位组别代号一般不使用，仅在第一位组别代号不能充分表达时才使用。

“2”是设计序号，用阿拉伯数字表示，位数不限，其中设计编号为2位及2位以上时，首位“9”表示船用；“8”表示防爆用；“7”表示纺织用；“6”表示农业用；“5”表示化工用。

“3”是系列派生代号，用1位或2位汉语拼音字母表示全系列产品变化的特征，由型号颁发单位根据表1-2统一确定。

“4”是额定等级（规格），用阿拉伯数字表示，位数不限，根据各产品的主要参数确定，一般用电流、电压或容量参数表示。

“5”是品种派生代号，用1位或2位汉语拼音字母表示系列内个别品种的变化特征，由型号颁发单位根据表1-2统一确定。

“6”是其他代号，用阿拉伯数字或汉语拼音字母表示，位数不限，表示除品种以外的需进一步说明的产品特征，如极数、脱扣方式、用途等。

“7”是特殊环境产品代号，表示产品的环境适应性特征，由型号颁发单位根据表1-3确定。

表 1-2 派生代号表

派生代号	代 表 意 义
C	插入式、抽屉式
E	电子式
J	交流、防溅式、节电型
Z	直流、防震、正向、重任务、自动复位、组合式、中性接线柱式、智能型
W	失电压、无极性、外销用、无灭弧装置、零飞弧
N	可逆、逆向
S	三相、双线圈、防水式、手动复位、三个电源、有锁住机构、塑料熔管式、保持式、外置式通信接口
P	单相、电压的、防滴式、电磁复位、两个电源、电动机操作
K	开启式
H	保护式、带缓冲装置
M	灭磁、母线式、密封式、明装式
Q	防尘式、手车式、柜式
L	电流的、摺板式、剩余电流动作保护、单独安装式
F	高返回、带分励脱扣、多纵缝灭弧结构式、防护盖式
X	限流
T	可通信、内置式通信接口

表 1-3 特殊环境产品代号表

代 号	代 号 意 义	代 号	代 号 意 义
TH	湿热带产品	G	高原型
TA	干热带产品		

2. 型号中汉语拼音字母的选用原则

- (1) 优先采用所代表对象名称的汉语拼音第一个音节第一个字母。
- (2) 其次采用所代表对象名称的汉语拼音非第一个音节第一个字母。
- (3) 确有困难时，可选用与发音不相关的字母。

第二节 低压断路器

低压断路器俗称自动空气开关，是低压配电系统中的主要电器之一。低压断路器的种类很多，按用途分有保护电动机用低压断路器、保护配电线路用低压断路器和保护照明线路用低压断路器；按极数分有单极、双极、三极和四极断路器；按结构型式分有万能式和塑料外壳式两种断路器。

一、万能式断路器

常用的万能式断路器有 DW15 系列万能式断路器（以下简称断路器）、DWX15 系列万能式限流断路器（以下简称限流断路器）、DW16 系列万能式断路器和 DW17 系列万能式断路器等几个系列。

断路器（限流断路器）除固定式结构外，还具有抽屉式结构，在正常条件下可作为线路的不频繁转换和电动机的不频繁起动之用。由于断路器具有两段或三段保护特性，可以对电网作选择性保护。抽屉式断路器（抽屉式限流断路器）在主电路和二次电路中均采用了插入式结构，省略了固定式断路器所必需的隔离器件（例如刀开关等）做到一机两用，提高了使用的经济性，同时给操作维护带来很大的方便，增加了安全性、可靠性。抽屉式断路器的主电路触刀座，与 NT3 型熔断器触刀座通用，这样在应急状态下可直接插入熔断器供电。

万能式断路器的型号及其含义如图 1-1 所示。

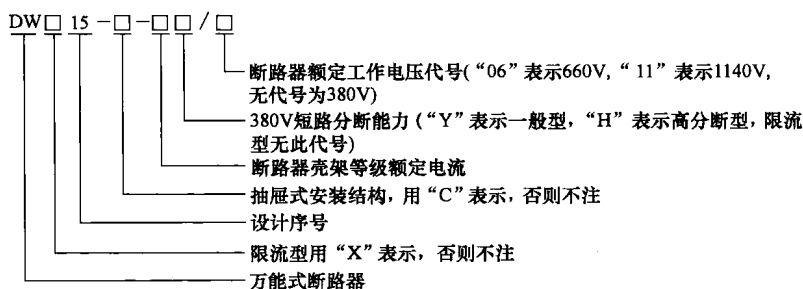


图 1-1 万能式断路器的型号及其含义

1. 万能式断路器的分类

(1) 按使用类别分，有选择性和非选择性两类，其中前者具有过电流三段保护特性，后者具有过电流两段保护特性。

(2) 按用途分，有保护电动机和配电用两类。

(3) 按安装方式分，有固定式和抽屉式。

(4) 按传动方式分，有手柄直接传动、电磁铁传动和电动机传动等几种方式。

(5) 按脱扣器种类分，有如下几种组合：具有过电流脱扣器和分励脱扣器；具有过电流脱扣器和欠电压（瞬时或延时）脱扣器；具有过电流脱扣器、欠电压（瞬时或延时）脱扣器和分励脱扣器。

(6) 按过电流保护种类分，有短路瞬时动作（电磁式），过载长延时及短路瞬时动作（热-电磁式或电子式），过载长延时、短路短延时及特大短路瞬时动作（电子式）。

(7) 按欠电压保护种类分，有欠电压瞬时动作和欠电压延时动作两种。

(8) 按过电流脱扣器形式分，有电磁式脱扣器，热-电磁式脱扣器和电子式脱扣器。

(9) 按主电路进出线方式分，有板前进出线（垂直进出线），板后进出线（水平进出线），板前进线、板后出线（垂直进线、水平出线），板后进线、板前出线（水平进线、垂直出线）等。而抽屉式只有前两种进出线方式。

2. 万能式断路器的脱扣器

脱扣器是断路器的感受元件，当电路出现故障时，脱扣器感测到故障信号后，经自由脱扣机构使断路器主触头分断，从而起到保护作用。按接收到的故障信号的不同，有如下几种脱扣器。

(1) 分励脱扣器。用于远距离断开电路的脱扣器，实质上是一个电磁铁，由控制电源供电，可以按照操作人员指令或继电保护信号使电磁铁线圈通电，衔铁动作，从而切断电

路。一旦断路器断开电路，分励脱扣器电磁线圈也就跟着断电，所以分励脱扣器是短时工作的。

(2) 欠电压、失电压脱扣器。这是一种具有电压线圈的电磁机构，其线圈并接在主电路中。当主回路电压消失或降低至一定数值以下时，电磁吸力不足以继续吸持衔铁，在弹簧的反作用力下，衔铁释放，衔铁顶板推动自由脱扣机构，将断路器主触头断开，实现欠电压与失电压保护。

(3) 过电流脱扣器。实质上是一种具有电流线圈的电磁机构。电磁线圈串接在主电路中，流过负载电流。当正常电流通过时，产生的电磁吸力不足以克服反作用力，衔铁不被吸合；当电路出现瞬时过电流或短路电流时，吸力大于反力，衔铁吸合并带动自由脱扣机构使断路器主触头断开，实现过电流与短路电流保护。

(4) 热脱扣器。该脱扣器由热元件（双金属片）组成，将热元件串接在主电路中，其工作原理与双金属片式热继电器相同。当过载到一定值时，由于温度升高，双金属片受热弯曲并带动自由脱扣机构，使断路器主触头断开，实现过载保护。

3. 万能式断路器的自由脱扣机构和操作机构

自由脱扣机构是用来联系操作机构和主触头的机构，当操作机构处于闭合位置时，可操作分励脱扣器进行脱扣，将主触头断开。

操作机构是实现断路器闭合、断开的机构，通常电气传动控制系统中的断路器采用手动操作机构，低压配电系统中的断路器有电磁铁操作机构和电动机操作机构两种。

4. 万能式断路器的额定电流

DW15（DW15C 抽屉式）-200、400、630 万能式断路器（以下简称断路器）、DWX15 限流式断路器及 DWX15C 抽屉式限流断路器的额定电流为 100 ~ 630A，额定交流电压为 380 ~ 1140V（限流断路器至 660V），在交流 50Hz 的配电网中用来分配电能，防止线路及电源设备的过载、欠电压和短路，也能在交流 50Hz、380V 电网中用来保护电动机的过载、欠电压和短路危害。在正常情况下，断路器可作为线路不频繁转换及电动机的不频繁起动之用。限流断路器由于具有限流特性，特别适用于可能出现大短路电流的网络。断路器的额定电流见表 1-4。

表 1-4 DW15、DW15C、DWX15、DWX15C-630 型断路器的额定电流值

壳架等级额定电流 I_{nm}/A	额定电流 I_n 最大值/A		断路器额定电流 I_n/A
630	200	热-电磁式	100、160、200
	400	热-电磁式	250、315、400
	630	热-电磁式	315、400、630

注：1. 约定发热电流为 I_n ，即过电流脱扣器额定电流值。

2. I_n 最大值是指进出母线尺寸一定时，所能装的过电流脱扣器额定电流最大值。

DW15 系列断路器的额定电流值见表 1-5。该系列万能式断路器的额定电流为 630 ~ 4000A，额定工作电压为交流 50Hz、380V。该断路器主要在配电网中用来分配电能及防止线路和电源设备的过载、欠电压以及短路。

DW16 系列万能式断路器主要用于交流 50Hz、额定电流 100 ~ 4000A、额定工作电压为 400V 或 690V 的配电网中，用来分配电能，保护线路和电源设备的过载、欠电压、短路。在正常条件下，可作为线路不频繁转换。1250A 以下的断路器在交流 50Hz、电压 380V 网络

表 1-5 DW15 系列断路器的额定电流值

壳架等级额定电流 I_{nm}/A	额定电流 I_n 最大值/A	额定电流 I_n/A
1600	1000	630、800、1000
	1600	1600
2500	2500	1600、2000、2500
4000	4000	2500、3000、4000

中可用来作电动机的过载、短路保护。同时在正常条件下，也可作为电动机的不频繁起动之用。DW16 系列断路器的额定电流值见表 1-6。

表 1-6 DW16 系列断路器的额定电流值

壳架等级额定电流 I_{nm}/A	额定电流 I_n 最大值/A	额定电流 I_n/A
630	630	100、160、200、250、315、400、630
2000	2000	800、1000、1600、2000
4000	4000	2500、3200、4000

DW17 系列断路器的型号规格见表 1-7。它适用于额定工作电压为交流 380V 及 660V、频率为 50Hz 的电路中，作电能分配和线路不频繁转换之用，对线路及电气设备的过载、欠电压和短路进行保护，能直接起动电动机，并保护电动机、发电机和整流装置等免受过载、短路和欠电压等不正常情况的危害。

表 1-7 DW17 系列断路器的型号规格

壳架额定电流等级/A	断路器型号规格	额定电流 I_n/A
1900	DW17-630	630
	DW17-800	800
	DW17-1000	1000
	DW17-1250	1250
	DW17-1600	1600
	DW17-1900	1900
2900	DW17-2000	2000
	DW17-2500	2500
	DW17-2900	2900
3900	DW17-3200	3200
	DW17-3900	3900

5. 万能式低压断路器的选用

应根据电气装置的技术要求选择低压断路器的类型，即万能式、塑料外壳式或限流式。万能式断路器和塑料外壳式断路器各有特点，须按给定的用途进行比较，以选用最合适的类型。表 1-8 是两种断路器的技术经济性能比较，供读者选用时参考。

表 1-8 万能式和塑料外壳式断路器技术经济性能比较

结构型式 对比项目	万能式断路器	塑料外壳式断路器
选择性	有短延时,甚至可调,能满足选择性保护要求	大都无短延时,不能满足选择性保护要求
脱扣器设置情况	可装设各种脱扣器以适应不同的保护要求	多数只有过电流脱扣器,由于体积限制,失电压及分励脱扣器只选择其一
短路分断能力	较高	较低,在 660V 以下
额定电流	一般为 100 ~ 4000A,尚有 5000 ~ 12500A 产品	多为 600A 以下,现已逐步发展 800 ~ 3000A 产品
应用范围	宜作主开关	宜作支路开关
操作方式	变化多,有手柄操作、杠杆操作、非储能式操作、储能式操作、电动机操作、电磁铁操作等形式	变化少,多为手柄操作,也有带电动机传动机构的
价格	较高	较低
适修性	较方便	不方便,多数不考虑维修
接触防护	差	好
安装方式	宜在开关柜内安装,有抽屉式结构	可单独安装,也可装于开关柜内
外形尺寸	较大	较小
飞弧距离	较大	较小
短时耐受电流	较大	较小
隔离性能	较好	较差

6. 万能式断路器的分合闸电路

万能式断路器的合闸方式很多,有手动合闸、电磁铁合闸和电动机合闸等。分闸则可通过分励脱扣器、过电流脱扣器或欠电压脱扣器实现。图 1-2 所示为一种较典型的电磁铁合闸和分励线圈分闸的二次控制电路。断路器选用的是 DW15-630 型万能式,图中点划线框内是断路器自身元件,点划线框边线上带小圆圈的数字是断路器接线端子的编号,各生产厂家生

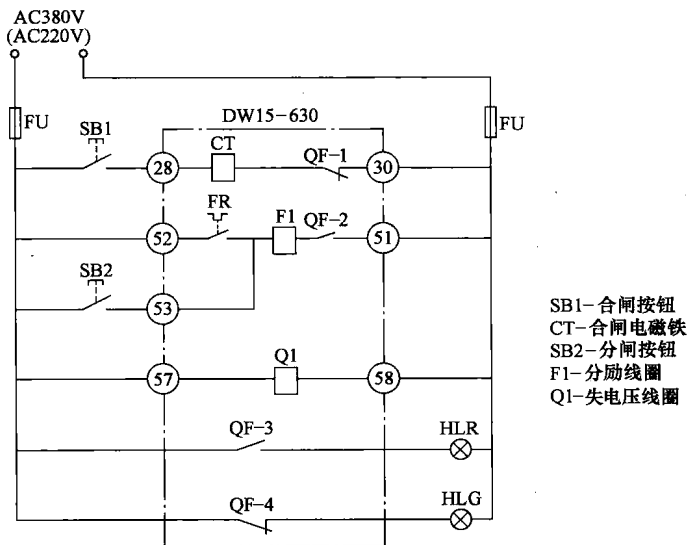


图 1-2 万能式断路器的分合闸电路