

<http://www.phei.com.cn>

自动控制技术应用丛书

变频器

故障诊断与维修

张选正 史步海 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

TN773/26

2008

自动控制技术应用丛书

变频器故障诊断与维修

张选正 史步海 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书较为详细地介绍了变频器故障诊断与维修方面的经验,主要内容为:变频器的质量及可靠性,变频器的故障诊断(主回路),功率模块 IGBT 的驱动电路,变频调速系统的功能模块,微机控制的变频调速系统,矢量控制的变频调速系统,变频器测量及保护电路,变频器的安装、接线、调试与维护,变频器使用的注意事项,变频器的维护与故障诊断,变频器的典型故障案例分析,变频器的应用及节电率计算。本书具有全面性、系统性,实用性、操作性较强,有众多从定性到定量的分析,是一本广大变频器专业维修人员、安装调试人员及相关电气技术人员值得阅读的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

变频器故障诊断与维修/张选正,史步海编著. —北京:电子工业出版社,2008.4

(自动控制技术应用丛书)

ISBN 978-7-121-06267-4

I. 变… II. ①张… ②史… III. ①变频器—故障诊断 ②变频器—维修 IV. TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 040106 号

责任编辑:刘海艳 苏颖杰(suyj@phei.com.cn)

印 刷:北京市天竺颖华印刷厂

装 订:三河市金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×980 1/16 印张:17.25 字数:357千字

印 次:2008年4月第1次印刷

印 数:5000册 定价:33.00元

凡所购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

应用变频器的目的,一是调速,二是节能,随着时代的进步,其应用面和数量不断增加,但相应故障亦增多了。广大从业人员早有要求,希望能有一本书来讲解变频器发生故障时如何尽快诊断,即实现“有病就医,医后就好”的愿望。为此,我们编著了本书,以供读者参考,起到提供方便和实用资料的作用。

在编写过程中,本人参阅了大量文章,经过删选,选用了参考文献所列各位专家的优秀文章内容,对本书的系统性、全面性方面提供了不少帮助,在此表示万分谢意,并致以真挚的敬意,亦可说是集体合作的成果吧!由于工作忙、时间短,书中难免有错误之处,敬请读者指正。我们只是起到抛砖引玉的作用,望大家来指导补充,并感谢上海大学胡慎敏教授为本书作主审工作。

编 者

目 录

第 1 章 变频器的质量及可靠性	1
1.1 变频器的构成、散热与通风	1
1.1.1 变频器的构成	2
1.1.2 变频器的散热与通风	6
1.2 变频器的质量	7
1.2.1 变频器质量概述	8
1.2.2 变频器质量性能要求	9
1.2.3 变频器质量的性能指标	10
1.3 变频器的可靠性	15
1.3.1 可靠性指标	16
1.3.2 高压变频器的可靠性模型	17
1.3.3 提高可靠性的措施	19
1.3.4 变频器可靠性指标的分配	21
第 2 章 变频器的故障诊断(主回路)	24
2.1 变频器的测量	24
2.1.1 电流和电压的测量	24
2.1.2 三相功率的测量	24
2.1.3 绝缘电阻的测量	25
2.2 主回路故障诊断	25
2.2.1 整流模块的诊断方法	25
2.2.2 逆变模块的诊断方法	26
2.2.3 驱动模块的诊断方法	28
第 3 章 功率模块 IGBT 的驱动电路	29
3.1 IGBT 驱动电路概况	29
3.2 EXB 系列电路	30
3.3 M579 系列芯片电路	32

3.4	SKHI 系列电路	34
3.5	SCALE 系列	38
第 4 章	变频调速系统的功能模块	43
4.1	基极驱动电路	43
4.1.1	分立元件驱动电路	43
4.1.2	集成模块化驱动电路	44
4.2	给定积分器	45
4.3	绝对值运算器	46
4.4	电压/频率转换器	47
4.5	环形分配器	47
4.6	SPWM 脉冲输出级	48
4.7	函数发生器	49
4.8	极性鉴别器	50
4.9	HEF4752 的 SPWM 信号发生器及其应用	51
4.10	SLE4520 的 SPWM 信号发生器及其应用	56
第 5 章	微机控制的变频调速系统	62
5.1	87C196MC 单片机介绍	62
5.2	单片机控制的变频调速系统的特点	64
5.3	87C196MC 的片内波形发生器	65
5.4	调速系统软件设计	68
第 6 章	矢量控制的变频调速系统	72
6.1	矢量控制的选择与设定	72
6.2	带转矩内环的转速、磁链闭环矢量控制系统的构成	73
6.3	以 DSP 为控制核心的矢量控制系统的硬件组成	75
6.4	软件设计	77
6.4.1	坐标变换常用程序	77
6.4.2	数字调节器设计	79
6.5	转差型异步电动机矢量控制系统	81
第 7 章	变频器测量及保护电路	84
7.1	电流实际值检测	87
7.2	直流电压 U_d 检测环节	87
7.3	变频器过热检测	87
7.4	外部接点信号输入检测	88

7.5	过电压保护电路	88
7.6	过电流保护电路	89
7.7	过温保护电路	89
7.8	电子热过载断电器	90
7.9	变频器的保护功能及故障诊断	90
7.9.1	保护功能	90
7.9.2	保护功能动作时故障诊断	92
7.10	开关电源简介	93
7.10.1	开关电源的作用	93
7.10.2	适用于变频器的开关电源	94
第8章	变频器的安装、接线、调试与维护	95
8.1	变频器原理框图及接线	95
8.1.1	主要规格和参数	95
8.1.2	原理框图和接线图	95
8.2	变频器的安装	99
8.2.1	安装的环境要求	99
8.2.2	安装方法	100
8.2.3	变频器的长期存放	100
8.2.4	安装空间	101
8.2.5	温度控制	102
8.2.6	湿度控制	102
8.3	变频器的调试	102
8.3.1	通电前的检查	103
8.3.2	系统功能的设定	103
8.3.3	特殊功能的设定	105
8.3.4	变频器空载试运行	106
8.3.5	外部控制方式下的运行	106
8.4	变频器的维护	106
8.4.1	日常维护和检查	106
8.4.2	日常检查项目	107
8.4.3	定期检查项目	107
8.4.4	零部件的更换	109
8.5	变频器的保护功能与故障处理	109

8.6	使用变频器时的其他注意事项	110
8.6.1	接线与防止噪声时的注意事项	110
8.6.2	关于输入与输出的注意事项	111
8.6.3	变频器用于特殊电动机时的注意事项	113
8.7	中(高)压变频器的安装维修与故障诊断	114
8.7.1	变频器安装环境	114
8.7.2	变频器的安装与接线	115
8.7.3	触摸屏的操作及功能说明	118
第9章	变频器使用的注意事项	120
9.1	常规注意事项	120
9.1.1	物理环境注意事项	120
9.1.2	电气环境注意事项	120
9.1.3	参数设置中的注意事项	120
9.1.4	接线过程中的注意事项	121
9.1.5	变频器的接地	121
9.1.6	变频器的防雷	121
9.1.7	变频器运行中的注意事项	121
9.1.8	变频器的使用寿命、功率因数及谐波干扰	121
9.1.9	变频器与负载的配置	123
9.2	恶劣环境中的对策	127
9.2.1	高温环境下的对策	127
9.2.2	气体腐蚀环境下的对策	128
9.2.3	灰尘与潮气环境下的对策	128
9.2.4	严重恶劣环境下的对策	129
9.2.5	外来干扰的对策	129
9.2.6	变频器漏电及其对策	130
第10章	变频器的维护与故障诊断	133
10.1	变频器的运行检查常识	133
10.2	变频器的定期检查	135
10.2.1	定期检查项目	135
10.2.2	检查方法	137
10.3	变频器故障诊断	142
10.3.1	故障内容	142

10.3.2	故障诊断	143
10.4	维护与检修	150
10.4.1	变频器的定期保养	150
10.4.2	变频器零部件更换要领	150
10.5	故障修理	154
10.6	惠丰变频器故障诊断与维修	157
10.6.1	F1500-P 系列水泵风机专用变频器常见故障的处理	157
10.6.2	W500 系列多泵供水专用变频器常见故障的处理	160
10.7	时代变频器故障诊断与维修	165
10.7.1	TVF2000 系列变频器常见故障的处理	165
10.7.2	TVF1000 系列变频器常见故障的处理	168
10.7.3	TVF5000 系列变频器常见故障的处理	168
10.8	风光变频器故障诊断与维修	173
10.8.1	低压变频器常见故障及排除(见表 10-20)	173
10.8.2	高压变频器的故障分类	174
10.8.3	高压变频器常见问题的处理	175
10.8.4	风光变频器 LED 显示屏显示的故障代码	176
10.9	春日变频器故障诊断与维修	177
10.9.1	KVFC 系列变频器故障显示(见表 10-22)	177
10.9.2	KVFC 系列故障保护动作(见表 10-23)	178
10.9.3	KVFC 系列变频器故障诊断	179
10.9.4	KVFC 系列变频器的检查与部件更换	186
10.10	日立变频器的故障诊断与维修	188
10.10.1	液晶显示器	189
10.10.2	开关电源	189
10.10.3	E9 报警	189
10.10.4	故障	189
10.10.5	E30 IGBT 故障	189
第 11 章	变频器的典型故障案例分析	191
11.1	变频器的常见故障判断及处理	191
11.1.1	常用变频器参数设置类故障	192
11.1.2	变频器主要电路故障分析和处理	192
11.1.3	过电压类故障	194

11.1.4	过电流故障	194
11.1.5	过载故障	194
11.1.6	安川变频器常见故障分析	196
11.2	变频器的主要故障及处理方法	197
11.2.1	通用型变频器主电路	197
11.2.2	康沃变频器常见故障及处理方法	198
11.3	变频器的日常维修与故障处理	201
11.3.1	变频器的日常维护和检查	201
11.3.2	变频器常见故障、检查、判断及处理	202
11.4	变频器驱动电路常见问题及解决方案	212
11.5	变频器容量的确定及注意事项	214
11.5.1	根据电动机电流选择变频器容量	214
11.5.2	选择变频器时应该注意的问题	216
11.6	中国台湾产变频器的常见故障及维修对策	217
11.6.1	中国台湾变频器概况	217
11.6.2	常见故障及维修	218
11.7	LENZE 变频器的常见故障及维修对策	219
11.7.1	概况	219
11.7.2	常见故障及处理方法	220
11.8	变频器运行中的报警及排除故障的方法	221
11.8.1	过电流(OC)	221
11.8.2	过电压(OU)	222
11.8.3	欠电压(Uu)	222
11.8.4	过热(OH)	223
11.8.5	输出不平衡	223
11.8.6	过载	223
11.8.7	开关电源损坏	223
11.8.8	限流运行	224
11.9	变频器在系统中的使用	224
11.9.1	变频器在系统中的作用	224
11.9.2	变频器在火力发电厂的节能应用案例剖析	225
11.9.3	变频器在油田注水采油中的节能应用案例剖析	226

11.10 变频器的不平衡输出	228
11.10.1 变频器的逆变器基本工作原理	228
11.10.2 变频器输出不平衡及对策	229
11.11 616P5变频器“变频率设定不可调”故障	229
11.11.1 故障现象	229
11.11.2 故障分析与检测	229
11.12 变频器的故障排除及维修	231
11.12.1 短路保护	231
11.12.2 过电流保护	232
11.12.3 过、欠电压保护	233
11.12.4 温升过高保护	234
11.12.5 电磁干扰太强	234
11.12.6 变频器的其他故障	235
11.13 变频器的谐波干扰及防止对策	237
11.13.1 谐波产生的机理	238
11.13.2 输出谐波对外产生干扰的方式	238
11.13.3 谐波干扰的途径	239
11.13.4 谐波干扰的危害	239
11.13.5 防止谐波干扰的对策	240
11.14 变频器干扰问题探讨	241
11.14.1 干扰形成的原因、途径	241
11.14.2 解决干扰的办法	242
第 12 章 变频器的应用及节电率计算	245
12.1 变频器的参数设定	245
12.2 现场调试时常见的几个问题处理	246
12.3 几种典型负载上的应用	249
12.3.1 恒转矩负载上的应用	249
12.3.2 二次方转矩负载上的应用	250
12.3.3 波动功率负载上的应用	251
12.3.4 恒功率负载上的应用	252
12.3.5 惯性负载上的应用	253
12.4 空压机的节电率计算	253
12.4.1 空压机工作原理与变频节能实施可行性	253
12.4.2 变频节能解决方案	254

12.4.3 节电率计算	256
12.5 锅炉鼓风机与引风机的节电率计算	256
12.5.1 锅炉简介	256
12.5.2 引风机入口阀门控制时节电率计算	258
12.6 阀门开度与流量的关系	259
12.6.1 目前使用情况	259
12.6.2 水泵及风机流量 Q 与压力 H 的关系	259
12.6.3 阀门开度与流量的正确关系	260
12.6.4 闸板阀与转角阀	261
参考文献	262

第 1 章

变频器的质量及可靠性

1.1 变频器的构成、散热与通风

图 1-1 为变频调速电路框图。通常由变频器主电路（IGBT、GTR 或 GTO 作为逆变器件）给异步电动机提供调压、调频电源。此电源输出电压或输出电流及频率，由控制电路的控制指令进行控制。而控制指令则根据外部的运转指令进行运算获得。对于需要更精密速度控制或快速响应的场合，运算还应包含由变频器主电路和传动系统检测出来的信号。保护电路的作用，除应防止因变频器主电路的过电压、过电流引起的损坏外，还应保护异步电动机及传动系统等。

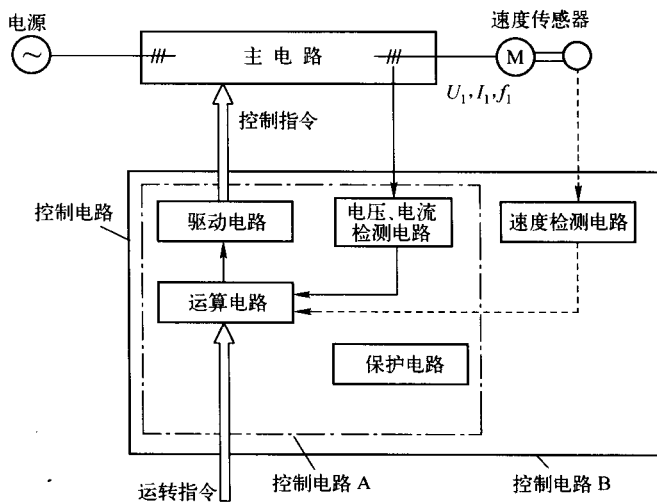


图 1-1 变频器调速电路框图

1.1.1 变频器的构成

1. 主电路

给异步电动机提供调压调频电源的电力变换部分，称为主电路。典型的变频器主电路如图 1-2 所示。主电路由 3 部分构成：将工频电源变换为直流功率的整流器，吸收整流器和逆变器产生的电压脉动的滤波电路，以及将直流功率变换为交流功率的逆变器。另外，异步电动机需要制动时，有时要附加制动电路（图 1-2 中虚线部分）。

(1) 整流器

最近大量使用的是图 1-2 所采用的二极管的整流器，它把工频电源变换为直流功率。也可用两组 IGBT 整流器构成可逆整流器，由于其功率方向可逆，可以进行再生运转。

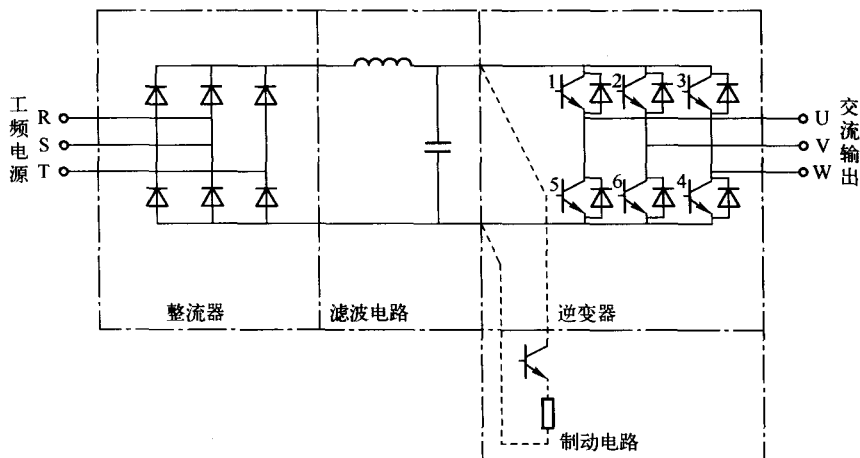


图 1-2 典型的变频器主电路

(2) 滤波电路

在整流器整流后的直流电压中，含有电源 6 倍频率的脉动电压，此外逆变器产生的脉动电流也使直流电压波动。为了抑制电压波动，采用直流电抗器和电容吸收脉动电压（电流）。装置容量小时，如果电源和主电路构成器件有裕量，可以省去直流电抗器采用简单的滤波电路。

(3) 逆变器同整流器相反，逆变器是将直流功率变换为所要求频率的交流功率，以所确定的时间使 6 个开关器件导通、关断就可以得到三相交流输出。图 1-3 以电压型逆变器为例示出了开关时间和电压波形。

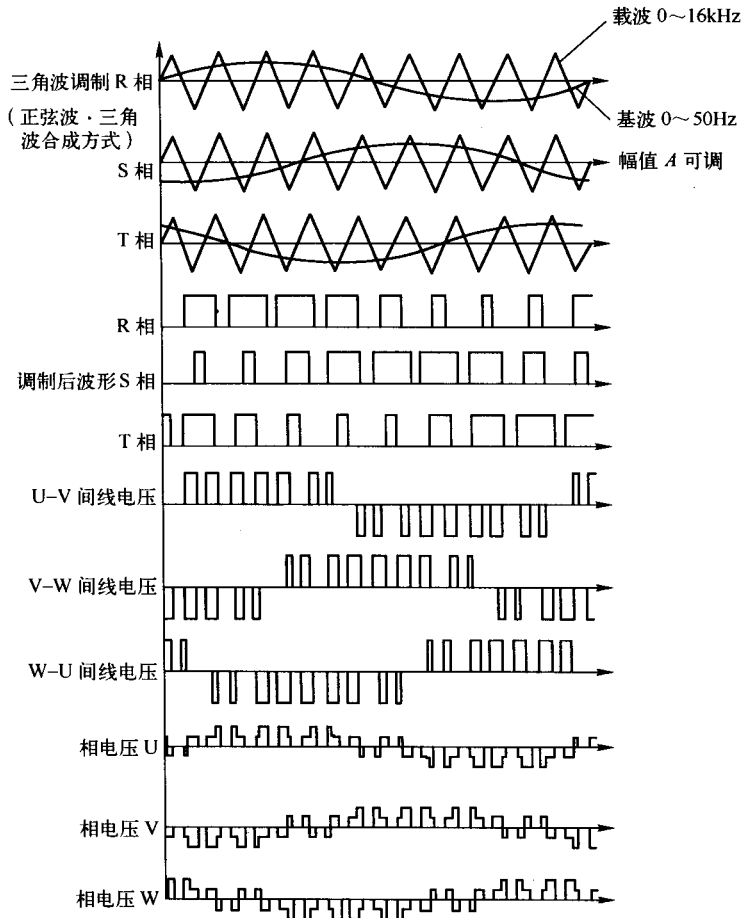


图 1-3 电压型逆变器的输出电压

(4) 制动电路

异步电动机在再生制动区域使用时（转差率为负），再生能量储存于滤波电路的电容器中，使直流电压升高（称泵升电压）。一般来说，由机械系统（含电动机）转动惯量积蓄的能量比电容器储存的能量大，需要快速制动时，可以用可逆变流器向电源反馈电能或通过设置制动电路（由开关和电阻组成）把再生功率消耗掉，以免直流电路电压过高损坏开关器件。

(5) 异步电动机的四象限运转

根据负载种类，所需要的异步电动机旋转方向和转矩方向是不同的，必须根据负载构成适当的主回路。

图 1-4 所示为采用电压型逆变器传动的四象限运转与主回路构成的关系。在 I、III 象限异步电动机的转矩方向与旋转方向一致，为电动状态。I 象限是正转的电动运转，III 象限是反转的电动运转。在 II、IV 象限其转矩方向与旋转方向相反，为再生制动状态。II 象限为正转的再生运转，IV 象限为反转的再生运转。图 1-4 (a) 的电动运转时，则只需由电源向异步电动机供给功率，可使用不可逆变频器。像图 1-4 (b) 那样，对于减速时需要制动力的负载，功率就必须从异步电动机向逆变器流传，可附加制动回路以便能在 II、IV 象限使用。另外，对于需要急加减速并且加减速频繁的场所（如电梯），或者对于制动为主要目的的场所，可以采用可逆变频器，如图 1-4 (c) 所示，实现 I ~ IV 的四象限运转。此时，功率向电源反馈而节能。

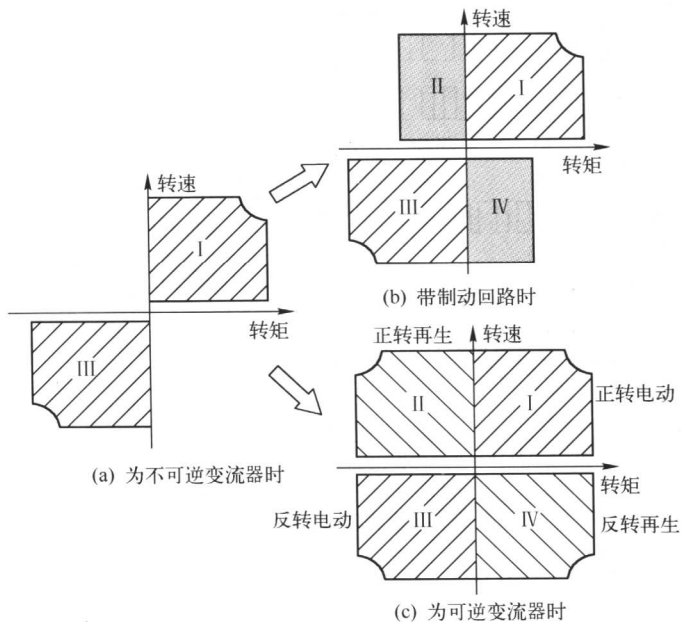


图 1-4 采用电压型逆变器传动的四象限运转与主回路构成的关系

2. 控制电路

向给异步电动机供电（电压、频率可调）的主电路提供控制信号的电路，称为控制电路。如图 1-1 所示，控制电路由以下电路组成：频率、电压的运算电路，主电路的电压、电流检测电路，电动机的速度检测电路，将运算电路的控制信号进行放大的驱动电路，以及逆变器和电动机的保护电路。

在图 1-1 点画线框内，仅以控制电路 A 部分构成控制电路时，无速度检测电路，为开

环控制。在控制电路B部分增加了速度检测电路，因此，对于转速指令，可以进行使异步电动机的转速控制更精确的闭环控制。

(1) 运算电路

将外部的速度、转矩等指令同检测电路的电流、电压信号进行比较运算，决定逆变器的输出电压、频率。

(2) 电压、电流检测电路

与主电路电位隔离，检测电压、电流等。

(3) 驱动电路

为驱动主电路开关器件的电路。它与控制电路隔离，使主电路开关器件导通、关断。驱动电路的举例（可参考第3章）。

(4) 速度检测电路

以装在异步电动机轴上的速度传感器的信号为速度信号，送入运算电路，根据指令和运算可使电动机按指令转速运转。

(5) 保护电路

检测主电路的电压、电流等，当发生过载或过电压等异常时，为了防止变频器和异步电动机损坏，使变频器停止工作或抑制电压、电流值。

变频器控制电路中的保护电路，可分为变频器保护和异步电动机保护两种。保护功能一览表见表1-1。

表 1-1 保护功能一览表

保护对象	保护功能
变频器保护	瞬时过电流保护 过载保护 再生过电压保护 瞬时停电保护 接地过电流保护 冷却风机异常保护
异步电动机保护	过载保护 超频（超速）保护
其他保护	防止失速过电流 防止失速再生过电压

(1) 变频器保护

① 瞬时过电流保护：由于变频器负载侧短路等，流过变频器元器件的电流达到异常值（超过容许值）时，瞬时停止变频器运转，切断电流。整流器的输出电流达到异常值，也同样停止变频器运转。

② 过载保护：变频器输出电流超过额定值，且持续流通达规定的时间以上，为了防止变频器元器件、电线等损坏要停止运转。恰当的保护需要反时限特性，采用热继电器