

GB/T 12668.1-2002|调速电气传动系统 第1部分

一般要求 低压直流调速电气传动系统 额定值的规定

《GB/T 12668.1-2002|调速电气传动系统 第1部分 一般要求 低压直流调速电气传动系统 额定值的规定》适用于一般用途的直流调速传动系统，该系统包括电力变流器、控制设备和一台或数台电动机。不适用于牵引传动和电动车辆传动。本部分适用于连接交流电源电压 1kV 及以下，50HZ 或 60HZ 的电气传动系统（PDS）。

《GB/T 12668.1-2002|调速电气传动系统 第1部分 一般要求 低压直流调速电气传动系统 额定值的规定》给出了变流器的特性及其与整个直流传动系统的关系。同时说明了关于变流器额定值、正常使用条件、过载情况、浪涌承受能力、稳定性、保护、交流电源接地和试验等性能的要求。此外，本标准还论述了诸如控制方案、诊断和拓扑的应用指南。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国微电机标准化技术委员会(SAC/TC2)归口。



DH2000 便携式变频电量分析仪

以便携为目的，经过化整为零、重新组合而成的一种虚拟仪器



WP4000 变频功率分析仪

WP4000 变频功率分析仪_全局精度功率分析仪



DP800 数字功率计

5~400Hz 范围内实现 0.2% 的全局精度的低成本宽频高精度功率计



中国变频电量测量与计量的领军企业
国家变频电量测量仪器计量站创建单位
国家变频电量计量标准器的研制单位

咨询电话：400-673-1028 / 0731-88392611
产品网站：www.vfe.cc
E-mail：AnyWay@vfe.cc



中华人民共和国国家标准

GB/T 12668.1—2002/IEC 61800-1:1997

调速电气传动系统 第1部分：一般要求 低压直流 调速电气传动系统额定值的规定

Adjustable speed electrical power drive systems—
Part 1: General requirements—
Rating specifications for low voltage adjustable speed d. c
power drive systems

(IEC 61800-1:1997, IDT)

2002-11-25 发布

2003-06-01 实施

中华人民共和国
国家质量监督检验检疫总局 发布

前 言

本部分是 GB 12668《调速电气传动系统》的第一部分。目前 GB 12668《调速电气传动系统》总标题下包括如下几个部分：

- 第 1 部分：一般要求 低压直流调速电气传动系统额定值的规定；
- 第 2 部分：一般要求 低压交流变频电气传动系统额定值的规定；
- 第 3 部分：产品的电磁兼容性标准及其特定的试验方法；
- 第 4 部分：高压交流调速电气传动系统额定值的规定；
- 第 5 部分：与电气、热量及其他功能相关的安全要求。

本部分等同采用 IEC 61800-1:1997《调速电气传动系统 第 1 部分：一般要求 低压直流调速电气传动系统额定值的规定》(英文版)。

本部分等同翻译 IEC 61800-1:1997, 在技术内容和编写格式是与 IEC 61800-1:1997《调速电气传动系统 第 1 部分：一般要求 低压直流调速电气传动系统额定值的规定》一致。

本部分的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F 和附录 G 是资料性附录。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国电力电子学标准化技术委员会调速电气传动系统半导体电力变流器标准化分技术委员会归口。

本部分由天津电气传动设计研究所、西门子电气传动有限公司、ABB 中国有限公司、齐齐哈尔大华电气有限公司负责起草。

本部分主要起草人：赵相宾、刘国林、师新利、林广悦、董桂敏、郭保良、谷美燕、温湘宁、马利炜。

调速电气传动系统

第 1 部分：一般要求 低压直流

调速电气传动系统额定值的规定

1 概要

1.1 范围和目的

GB/T 12668 的本部分适用于一般用途的直流调速传动系统,该系统包括电力变流器、控制设备和一台或数台电动机。不适用于牵引传动和电动车辆传动。

本部分适用于连接交流电源电压 1 kV 及以下,50 Hz 或 60 Hz 的电气传动系统(PDS)。

IEC 61800-3 中包括了电磁兼容性(EMC)特性。

本部分给出了变流器的特性及其与整个直流传动系统的关系。同时说明了关于变流器额定值、正常使用条件、过载情况、浪涌承受能力、稳定性、保护、交流电源接地和试验等性能的要求。此外,本标准还论述了诸如控制方案、诊断和拓扑的应用指南。

本部分的意图是通过直流 PDS 的性能,而不是依据各个子系统功能单元来定义整个直流 PDS。

1.2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 12668 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 2900.18—1992 电工术语 低压电器(eqv IEC 60050-441:1984)

GB/T 3859.1—1993 半导体变流器 基本要求的规定(eqv IEC 60146-1-1:1991)

GB/T 3859.2—1993 半导体变流器 应用导则(eqv IEC 60146-1-2:1991)

GB/T 3859.3—1993 半导体变流器 变压器和电抗器(eqv IEC 60146-1-3:1991)

GB 4208—1993 外壳防护等级(IP 代码)(eqv IEC 60529:1989)

GB/T 5226.1—1996 工业机械电气设备 第 1 部分:通用技术条件(eqv IEC 60204:1992)

GB/T 16935.1—1997 低压系统内设备的绝缘配合 第 1 部分:原理,要求和试验(idt IEC 60664-1:1992)

IEC 60034-1:1994 旋转电机 第 1 部分 额定值和性能

IEC 60034-2:1972 旋转电机 第 2 部分 旋转电机损耗和效率试验方法(不包括牵引车辆用电机)

IEC 60034-9:1990 旋转电机 第 9 部分 噪声限值

IEC 60038:1983 IEC 标准电压

IEC 60050-111:1996 国际电工词汇 第 111 章 物理化学

IEC 60050-151:1978 国际电工词汇 第 151 章 电和磁的器件

IEC 60050-551:1998 国际电工词汇 第 551 章 电力电子学

IEC 60050-601:1985 国际电工词汇 第 601 章 发电、输电和配电 总则

IEC 60076 电力变压器

IEC 60364-4-41:1992 建筑物电气装置 电击防护
 IEC 60721-3-1:1987 环境条件分类 第3部分 环境参数组及其严酷程度的分类分级 贮存
 IEC 60721-3-2:1997 环境条件分类 第3部分 环境参数组及其严酷程度的分类分级 运输
 IEC 60721-3-3:1994 环境条件分类 第3部分 环境参数组及其严酷性的分类分级 在有气候防护场所固定使用

IEC 61000-2-4:1994 电磁兼容性(EMC) 第2部分:环境 第4章 工业装置中对低频传导性干扰的兼容性等级

IEC 61000-4-7:1991 电磁兼容性(EMC) 第4部分:试验和测量技术 第7章 谐波和谐间波的测量和测量仪器通用指南 用于供电系统和与其连接的设备

IEC 61136-1:1992 半导体电力变流器 用于调速电气传动系统的一般要求 第1部分:关于直流电动机传动额定值的规定

IEC 61800-3:1996 调速电气传动系统 第3部分:产品的电磁兼容性标准及其特定的试验方法

IEC 导则 106:1989 规定设备性能额定值的环境条件指南

1.3 符号

表1列出了本部分中定义和/或采用的符号。

表2列出了电动机参数所用的符号和单位

表1 符号

| 参 数 | 符 号 | 单 位 | 定 义 |
|-------------------|-----------------|-------|--------|
| 系统额定电压 | U_{LN} | V | 2.4.1 |
| 系统额定频率 | f_{LN} | Hz | 2.4.2 |
| 变流器输入交流电压额定值 | U_{VN} | V | 2.4.3 |
| CDM/BDM 网侧交流电流额定值 | I_{LN} | A | 2.4.4 |
| 变流器输入电流额定值 | I_{VN} | A | 2.4.5 |
| 网侧谐波含量 | H_L | V 或 A | 2.4.6 |
| 网侧总的谐波畸变 | THD | % | 2.4.8 |
| 变流器输入位移因数 | $\cos\phi_{v1}$ | | 2.4.9 |
| 网侧位移因数 | $\cos\phi_{L1}$ | | 2.4.10 |
| 总输入功率因数 | λ_L | | 2.4.11 |
| 交流系统对称短路电流最大值 | I_{SCM} | A | 2.4.12 |
| 短路比 | R_{SC} | | 2.4.12 |
| 直流电流 | I_d | A | 2.5.1 |
| 连续输出电流额定值 | I_{dN} | A | 2.5.2 |
| 过载输出电流(过载能力) | I_{dM} | A | 2.5.3 |
| 输出电压额定值 | U_{dN} | V | 2.5.5 |
| 电压纹波含量 | U_{pp} | V | 2.5.6 |
| 电流纹波含量 | I_{pp} | A | 2.5.6 |
| 传动系统的效率 | η_D | % | 2.5.8 |
| CDM 的效率 | η_C | % | 2.5.8 |
| 基本转速 | N_0 | r/min | 2.7.3 |

表 1(续)

| 参 数 | 符 号 | 单 位 | 定 义 |
|-----------|------------|------------------|-------|
| 最大运行转速 | N_M | r/min | |
| 最小运行转速 | N_{min} | r/min | |
| 电动机最大安全转速 | N_{smax} | r/min | 2.7.4 |
| 转矩 | M | Nm | |
| 惯量 | J | kgm ² | |

表 2 电动机参数所用符号

| 参 数 | 符 号 | 单 位 |
|--------------------------|-----------|------------------|
| 输出功率额定值 | P_N | kW |
| 电枢电压额定值 | U_{AN} | V |
| 电枢电流额定值 | I_{AN} | A |
| 负载电流峰值 | I_P | A |
| 允许的电枢电流变化率 | dI_A/dt | As ⁻¹ |
| 允许的电枢电流纹波 | I_{ppM} | A |
| 电枢电感 | L_A | H |
| 电枢电阻 | R_A | Ω |
| 热态励磁电压额定值 | U_{FN} | V |
| 励磁电流额定值 | I_{FN} | A |
| 最大转速时励磁电流 | I_{FNm} | A |
| 励磁电感 | L_F | H |
| 励磁电阻 | R_F | Ω |
| 基本转速 | N_0 | r/min(注 1) |
| 最大转速 | N_M | r/min |
| 电动机最大安全转速 | N_{max} | r/min |
| 转矩(注 2) | M | Nm |
| 惯量 | J | kgm ² |
| 注 1: 实际上,转速也可以用 rpm 来表示。 | | |
| 注 2: 转矩/转速特性,见 A5.1。 | | |

2 定义

下列定义以及 IEC 60050-111、IEC 60050-151、GB/T 2900.18、IEC 60050-551、IEC 60050-601、GB/T 3859.1、GB/T 3859.2、GB/T 3859.3 和 IEC 61136-1 中给出的定义都适用于本部分。

2.1

系统 system

2.1.1

直流电气传动系统(PDS)(见图 1) d. c. power drive system

由电力设备(包括变流器部分、直流电动机和其他设备,但不限于馈电部分或励磁电源)和控制设备(包括开关控制一如通/断控制、转速控制、电流控制、触发系统、励磁控制、保护、状态监控、通讯、测试、诊断、过程接口/端口等)组成的系统。

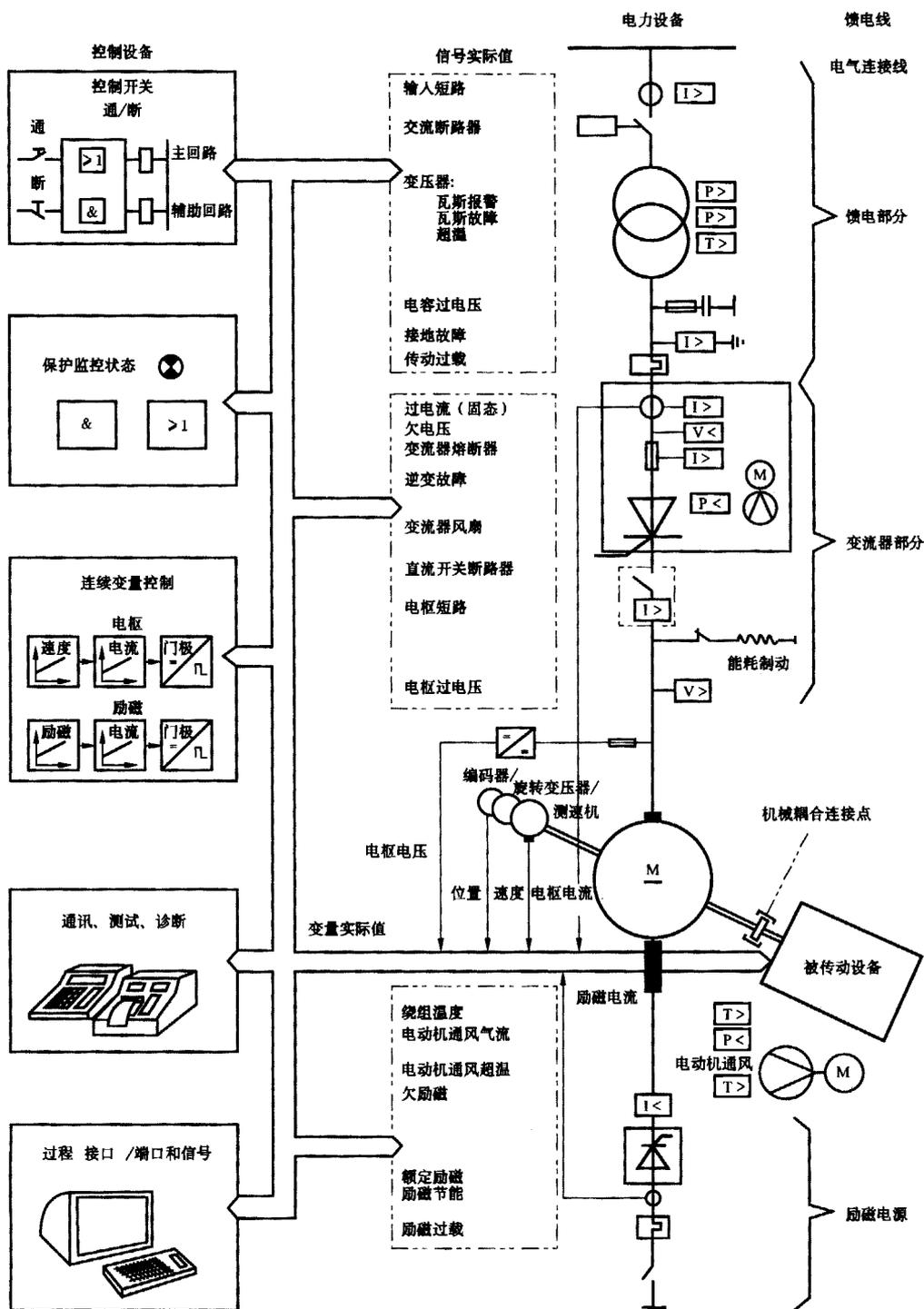


图 1 直流传动系统功能框图

注：图 1 示出了直流传动系统的主要功能单元，其中包括了许多传动系统中可任选的设备，目的是想将各种可能的直流传动系统的配置都包括进去。由于目前在变流器部分所用的拓扑和开关器件的种类繁多，所以图中没有示出或暗指某一特定的拓扑和开关器件。见附录 F。

2. 1. 2

直流电气传动系统-硬件配置 d. c. power drive system-hardware configuration

PDS 是由成套的传动系统模块(CDM)和一台或多台电动机及以机械方式耦合到电动机轴上的传感器组成的电气传动系统(被传动设备不包括在内)。关于电气传动系统硬件的划分见图 2。

注：图 2 说明了设备的各个部分，可按定义及图中所提供的各部件并进行划分。

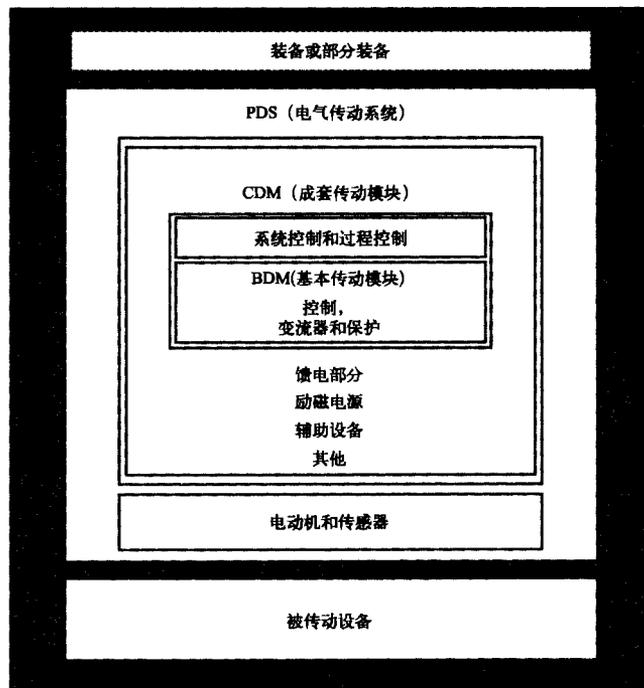


图 2 装备内 PDS 的硬件配置

2. 1. 2. 1

基本传动模块(BDM) basic drive module

由变流器部分,转速、转矩、电流或电压的控制设备以及电力半导体门极控制系统等组成的传动模块。

2. 1. 2. 2

成套传动模块(CDM) complete drive module

由(但不限于)BDM 和诸如馈电部分、励磁电源和辅助设备组成的传动系统,不包括电动机和以机械方式耦合于其轴上的传感器。

2. 1. 2. 3

装备 installation

至少包括 PDS 和被传动设备两者的一台或数台设备。

2. 2

变流器 converters

2. 2. 1

一般用途变流器 converter, general purpose

由一个或多个电子开关器件和相关的元器件、与变压器、滤波器、换相辅助器件、控制器、保护和辅助部件(若有)组成的,用于改变一个或多个电气特性的电力变换用的工作单元。

2.2.2

整流 rectifying-rectification

起交流变换成直流作用的变流器称为整流器,可以是不可控的或可控的(IEC 60050-551-11-06 修订本)。

注:在本标准中,网侧变流器通常用作整流器。

2.2.3

逆变 inverting-inversion

逆变器起直流变换成交流的作用(IEC 60050-551-11-07 修订本)。

注:在本标准中,网侧变流器有时也用作逆变器。

2.2.4

直流环节变流器 converter, d. c. linked

即由整流器、斩波器及中间直流环节组成的变流器。

2.2.5

电网换相变流器 converter, line-side commutated

换相电压由交流输入端提供的变流器。

2.2.6

斩波器 chopper

借助于电子器件,利用强迫换相实现直流变换(直流到直流)的变流器。其输出端输出的是可调的直流电压(IEC 60050-551-12-28 修订本)。

注:在本标准中,强迫换相意指半导体器件在零电流可能换相(自然换相)之前就提前熄灭。

2.2.7

电压源型变流器 converter, voltage source

基本上不受负载值的影响且输出电压可调的变流器。

注:IEC 60050-551 的第 2 版中采用了“current stiff converters”这一术语,其物理含义是相同的。

2.3

传动系统运行特性 drive system operating characteristics

2.3.1

双象限运行 two quadrant operation

电动机在其旋转的一个方向上作为电动机,而在相反的旋转方向上作为发电机的变流器运行方式,其运行象限包括转矩/转速图中的 I 象限和 II 象限(见图 3)。

2.3.2

四象限运行 four quadrant operation

电动机在其旋转的任一方向上或作为电动机或作为发电机的变流器运行方式,如图 3 所示,其运行象限包括转矩/转速图中的 I、II、III 和 IV 象限。

注:关于电流流向和电压方向的组合见 IEC 61136-1 的图 1、图 2 和图 3。在这些图中,电压和电流的轴被变换(电流对应于转矩,电压对应于转速)。

2.3.3

能耗制动 dynamic braking

将电枢及其连接的惯性负载的旋转能量变换成电能并消耗于电阻中的过程。

2.3.4

再生(制动) regeneration

将系统的机械能转变为电能,再送回到输入电源的过程。这时,电动机作为发电机工作,电动机的额定值可能有所不同。

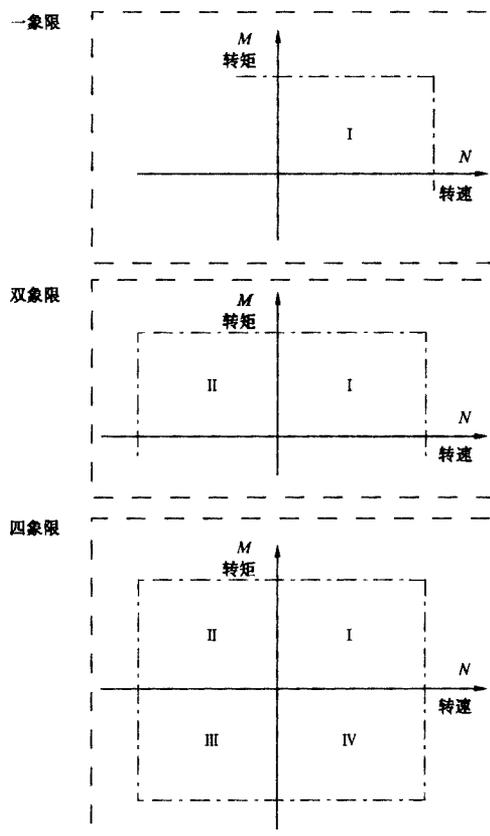


图 3 运行象限

2.4

CDM、BDM 和变流器的输入参数 CDM, BDM and converter input parameters

2.4 中定义的符号列于表 1 中。

2.4.1

系统额定电压 rated system voltage

U_{LN}

与 PDS 相连的、用户设施的电源端子处输入线电压有效值。

2.4.2

系统额定频率 rated system frequency

f_{LN}

电力输入系统交流电压的频率(Hz)。

2.4.3

输入交流电压额定值 rated a. c. input voltage

U_{VN}

变流器阀侧交流端子处额定输入线电压的有效值,该值指定为变流器额定值的基础。

注:由于采用变压器及阻抗的影响,该电压可能不同于系统的额定电压 U_{LN} 。在某些传动系统中,可能采用初级电

压达 1 000 V 以上的输入变压器。在此情况下,变压器和保护器件必须满足本标准和其他相关标准的要求。从初级绕组到次级绕组的容性耦合高压必须旁路到地(见附录 B)。

2.4.4

网侧交流电流额定值 line-side rated a. c. current

I_{LN}

额定条件下 CDM/BDM 网侧最大电流的额定值,其中考虑了额定负载以及在规定的范围内所有其他条件的最不利的组合,如电网电压和电网频率的偏差。

注:该电流包括了向 CDM/BDM 的辅助电路所提供的电流,并且考虑了直流电流纹波和环流电流(若有)的影响。

2.4.5

输入电流额定值 rated input current

I_{VN}

额定条件下变流器阀侧最大电流的有效值,其中考虑了额定负载以及在规定的范围内所有其他条件的最不利的组合,如电网电压和电网频率的偏差。

2.4.6

网侧谐波含量 line-side harmonic content

从交流量中减去其基波分量所得的量(IEC 60050-551-07-04,适用于系统网侧)。

注:例如,就电压来说(根据实用的方法和忽略谐间波的情况下),谐波含量的有效值为:

$$U_{Hn} = \left(\sum_{k=2}^{h=\infty} U_k^2 \right)^{0.5}$$

2.4.7

特征电流谐波 characteristic current harmonics

变流器设备在正常运行过程中产生的电流谐波的次数,例如,在六脉波变流器中,其特征电流谐波为非 3 倍数的奇次谐波: $h=6k \pm 1$ (k 为任一整数)。

注:除了电源系统的频率谐波外,可能还有由于与变流器负载的相互作用而产生的其他谐波,这些谐波称为谐间波。

2.4.8

谐波畸变 harmonic distortion

根据通常的做法,总谐波畸变系数与所考虑量的基波分量相关。谐波因数与所关心量的有效值有关(IEC 60050-551-17-05 和 IEC 60050-551-17-06,修订稿)。

总谐波畸变系数(THD)和总谐波因数(THF)定义为:

$$THD = \frac{\sqrt{Q^2 - Q_1^2}}{Q_1} \text{ 和 } THF = \frac{\sqrt{Q^2 - Q_1^2}}{Q}$$

式中:

Q_1 ——基波有效值;

Q ——总有效值,可代表电流或电压。

就本部分来说,为了清楚起见,限值只涉及额定工况。

THD 和 THF 的限值定义为:

$$THD = \frac{\sqrt{Q^2 - Q_1^2}}{Q_{IN}} \text{ 和 } THF = \frac{\sqrt{Q^2 - Q_1^2}}{Q_N}$$

注 1:这些定义与 IEC 60050-551 的第 2 版和通常的做法是一致的,和流入的电流相比,电网电压波形的畸变要小得多。所以,将总谐波畸变系数(THD)或总谐波因数(THF)这两个定义应用到电压上时产生的结果相同,而当考虑到电流时,则差别相当大。

注 2:特别要注意的是:这些定义中包含有谐间波。当谐间波存在时,波形不再是周期性的,谐间波所产生的影响可能要比谐波产生的影响更复杂些。假若谐间波忽略不计,则上述公式可简化为:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h=40} Q_h^2}}{Q_{1N}} \text{ 和 } THF = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h=40} Q_h^2}}{Q_N}$$

式中:

Q_{1N} ——基波额定有效值;

Q_N ——总额定有效值;

h ——谐波次数;

Q_h —— h 次谐波分量的有效值。

根据 IEC 通常的作法,求和延伸到 40 次(包括 40 次)。

注 3: 对于特殊的应用, THD 的高频率含量(次数 h 从 14 次到 40 次, 包括 40 次)称为局部谐波畸变系数(PHD), 偶次含量(序次 h 仅为偶数)称为偶次谐波畸变系数(EHD)。应用于电流, 则

$$PHD = \frac{\sqrt{\sum_{h=14}^{h=40} I_h^2}}{I_{1N}} \text{ 和 } EHD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2, \text{偶数}}^{h=40} I_h^2}}{I_{1N}}$$

2. 4. 9

变流器输入位移因数 converter input displacement factor

$\cos\phi_1$

输入电力变流器的交流输入侧相电压和电流的基波之间位移角的余弦。

2. 4. 10

网侧位移因数 line-side displacement factor

$\cos\phi_{L1}$

CDM 的交流输入侧相电压和电流的基波之间位移角的余弦。

2. 4. 11

总输入功率因数 input total power factor

λ_L

在 CDM 和电源的连接处所确定的总输入功率与表观功率之比。

例如: 在电压被认为是正弦波的三相系统中,

$$\begin{aligned} \lambda_L &= (U_L I_{L1} \sqrt{3} \cos\phi_{L1}) / (U_L I_L \sqrt{3}) \\ &= (I_{L1} / I_L) \times \cos\phi_{L1} \end{aligned}$$

注 1: 功率因数包括了位移 $\cos\phi_1$ 和谐波二者的影响, 用谐波畸变因数 $\nu = \lambda / \cos\phi$ 表示。

注 2: 该定义适用于变流器输入(下标 v)或 CDM 网侧输入(下标 L)。

2. 4. 12

交流系统允许的对称短路电流最大值 maximum allowable a. c. system, symmetrical short-circuit current

I_{SCM}

按照铭牌规定, 通过短路比(R_{SC})可建立允许的对称短路电流最大值(I_{SCM})与网侧额定交流电流基波分量(I_{LN1})的关系。

R_{SC} 为电源短路容量与变流器网侧基波表观功率的比率(见 GB/T 3859. 1)。

$$R_{SC} = S_{SC} / S_{LN1} = I_{SC} / I_{LN1}$$

允许的对称短路电流最大值(I_{SCM})对确定变流器的保护很重要。在公共耦合点上(PCC), 应考虑相关的短路容量(见 GB/T 3859. 1 的 3. 1. 3. 35)。下面的 R_{SCM} 限制了该 R_{SC} :

$$R_{SCM} = I_{SCM} / I_{LN1}$$

式中, I_{LN1} 等于 I_{LN} 的基波含量。

2. 5

CDM、BDM 和变流器的输出参数 CDM, BDM and converter output parameters

2.5 中所定义的符号列于表 1 中。

2.5.1

直流电流 d. c. current

I_d

是输入电源系统一个频率周期内直流环节中电流的平均值。

注：在采用斩波器的间接变流器情况下，直流电流 I_d 也可表示中间直流环节的电流。一般， I_A 用来表示输出电流，也是电动机的电流。

2.5.2

连续输出电流额定值 rated continuous output current

I_{dN}

在规定的工作条件下，能够连续供给而不会超过规定限值的输出电流。

注：IEC 61136-1 给出了一些复杂的负载状态下不同类型的额定电流。

2.5.3

过载能力 overload capability

I_{dM}

在规定的工作条件下，能够在规定的时段内供给而不会超过规定限值的最大输出电流。

2.5.4

连续输出额定值 continuous output rating

P_{dN}

变流器能够连续供给一个负载而不会超过规定限值的有功功率。

2.5.5

输出电压额定值 rated output voltage

U_{dN}

在额定直流电流下 CDM/BDM 的两个直流端子间直流电压的规定值。如第 4 条规定，该值是常用条件下可利用的直流电压平均值。

2.5.6

纹波 ripple

U_{pp}, I_{pp}

是叠加在稳态直流电压/电流上周期性的交流电压/电流，通常以峰-峰值表示。若电流的纹波含量以峰-峰值给出(单位为 A)，且是在电动机的额定电压下测量或计算的，这时符号为 I_{ppN} 。

注：电流纹波也可用比率 $r = I_{pp} / I_d$ 表示，式中 I_d 为输出电流平均值(见 B. 4. 3. 2)，但 $r/2$ 常用于定义电动机参数。重要的是要说明采用的是哪个比率。

2.5.7

负载侧谐波含量 load-side harmonic content

是从变流器的输出侧的非正弦周期函数中减去直流分量所得的函数，例如，电流谐波含量的有效值为：

$$I_{dHn} = \left(\sum_{h=2}^{h=n} I_h^2 \right)^{0.5}$$

实际上， n 限制到 40。

2.5.8

电力变流变换的效率 efficiency of power conversion

η_D, η_C

传动系统的效率 η_D 为电动机轴所送出的功率与从输入电源(见图 1 中的馈电线)吸取的总功率之比，通常用百分比表示。CDM(成套传动模块)的效率 η_C 为 CDM 传送给电枢、励磁和辅助部件(电动机

通风扇等)的总输出功率与从输入电源(见图 1 中的馈电线)吸取的总功率之比,通常用百分比表示。

2.5.9

励磁电源最大电流 maximum field supply current

I_{FM}

励磁变流器能够提供给电动机励磁负载的最大连续平均电流。

注:若采用不可控励磁变流器,变流器须按电动机处于冷态时最大励磁电流来确定。

2.5.10

励磁电源电压额定值 rated field supply voltage

U_{FN}

连接到励磁变流器的电动机励磁负载的平均电压额定值。

2.6

变流器电路和电路元件 converter circuitry and circuit elements

2.6.1

换相电容器 commutating capacitor

在自换相斩波器中,为自换相晶闸管提供换相能量的电容器。

2.6.2

换相电感器 commutating inductor

用来改善或耦合换相期间产生的瞬态电流,且有一个或多个绕组的电感器。

2.6.3

交流滤波网络 a. c. filter network

为减少谐波电流流入相关的电力系统而设计的网络。

2.6.4

功率因数校正网络 power factor correction network

为改善相关电力系统的功率因数而设计的网络,该网络也常常会减少谐波电流的流量。

2.6.5

直流滤波电容器 d. c. filter capacitor

变流器内并接于整流器输出端,用于减小电压纹波的电容器。

2.7

电动机参数 motors parameters

2.7.1

直流电动机的类型 d. c. motor types

直流电动机一般配备他励磁(见图 1),这种类型的电动机可以是补偿式或非补偿式。补偿目的是减小电枢反应和提高电动机的换相能力。

注:还有另外一些类型的电动机:永磁电动机、串励磁电动机和复励式(串励和并励)电机。

2.7.2

热态励磁电压额定值 rated hot field voltage

工作温度下励磁电压额定值。

2.7.3

基本转速 base speed

N_0

在额定电枢电压下、额定电枢电流和额定励磁电流下获得的转速。通常为恒转矩和恒功率运行之转折点的转速。

2.7.4

电动机最大安全转速 maximum safe motor speed

不会引起永久性异常的机械性变形或缺陷的电动机最大设计转速(见 IEC 60034-1 中第 21 章)。

注:被传动设备的最大安全转速可能更受限制。

2.7.5

转矩脉动 torque pulsation

测得的电动机稳态转矩周期性波动的峰-峰变化。

2.8

控制系统 control systems

2.8.1

受控变量 controlled variable

直流调速传动反馈控制中的系统变量。例如受控变量有转速、电枢电压、电枢电流和励磁电流等。

2.8.2

使用变量 service variable

通常与环境条件(如温度)相关的规定变量。需校正反馈控制系统,以维持受控变量为期望值。

2.8.3

运行变量 operating variable

除由于使用条件和漂移而引起的那些变量之外的规定变量(如调速传动的负载转矩),需校正反馈控制系统,以维持受控变量为期望值。

2.8.4

反馈控制系统变量 feedback control system variables

反馈系统通过受控变量进行校正包括总偏差在内的使用变量和运行变量的范围。控制精度被定义为允许偏差带,反馈系统将在此偏差带内调节受控变量。

3 功能特性

3.1 运行特性

CDM 应具备一些所规定特性,其中包括(但不限于)下列其中一项或多项特性:

- 定时加速;
- 定时减速;
- 点动;
- 可调电流限幅;
- 能耗制动;
- 反向;
- 再生(制动);
- 电网滤波;
- 输入/输出数据处理(模拟/数字);
- 自动再启动。

3.2 故障监控

CDM 应配备规定的故障指示,可由干式继电器或固态继电器提供的公共报警和/或跳闸信号两部分组成。故障指示通常因一个或多个 CDM 故障而动作,故障可以包括(但不限于)下列诸项:

- 外部故障;
- 熔断器熔断;
- 瞬时过电流;

- 过热(变流器);
- 无冷却空气;
- 电动机过载;
- 辅助电源故障;
- 电源过压/欠压;
- 电源缺相;
- 电动机过压;
- 超速和/或测速机消失保护;
- 失磁保护;
- 内部控制系统故障;
- 调节器/功率电路诊断。

3.3 最低的状态指示要求

CDM 应具有“传动投入”的状态指示信号(无论是旋转还是停止);CDM 还可具有“传动就绪”的状态指示信号。

3.4 I/O 器件

制造厂应说明 I/O 的数目和特性。任何修改都应由制造厂和用户来商定。

注:变量和参数都需要输入和输出。通过模拟或数字输入/输出,用电压和电流提供变量和参数。他们按照各种通讯标准,通过串行或并行链路传递。模拟变量和数字变量可采用控制面板人工设置,并可在显示器上读出。变量和参数的处理方法是相同的。

4 使用条件

4.1 安装和运行

除非另有修正,属于本标准范畴的设备应能够在 IEC 60146-1-1 的 2.2 和 2.3 中及 IEC 指南 106 中所列的条件下工作。

4.1.1 电气使用条件

除非另有说明,CDM 或 BDM 应设计得能在下列规定的使用条件下工作。规定值包含已被考虑的传动系统的影响。

电气传动系统对 EMC 的要求见 IEC 61800-3。

注:4.1.1.1 到 4.1.1.5 中规定的限值将 GB/T 3859.1 的 5.2.2.1、5.2.2.2 和 5.2.2.3 中给出的半导体变流器 EMC 标准和目前的实际结合起来,通常对应的是 B 级。

4.1.1.1 频率变化

根据 IEC 61000-2-4 中定义的 3 级,频率为 $f_{LN} \pm 2\%$ (对于独立的供电电网,为 $\pm 4\%$)。

频率变化率: $\leq 2\% f_{LN}/s$ (也见 IEC 61800-3 的 5.2.3.2)。

4.1.1.2 电压变化

不间断运行时电压限值

根据 IEC 61000-2-4 中定义的 2 级(也见 IEC 61800-3 的 5.2.2.1 和 5.2.2.2),PDS 额定输入电压的变化限值为 $\pm 10\%$ (在耦合点处)。

注 1:短时间内电压的变化超过规定值可能引起工作中断或跳闸。若需要连续地工作,则用户和供应商/制造厂要进行协商。

额定性能下电压的限值

在 BDM 端子处所测得交流电网供电电压的稳态基波分量,当等于或大于额定值的 100% 并等于或小于 110% 时,应维持变流器的额定性能。若要在低于 100% 额定电压下正常运行时,用户和供应商/制造厂应达成协议。

注 2:也可查看 5.2.1。

4.1.1.3 电压不平衡

PDS在电源电压不平衡度(在耦合点处)不超过基波额定输入电压(U_{LN1})3%的情况下应能够运行。至于定义和计算,查看IEC 61800-3的5.2.3.1和附录B.3。

4.1.1.4 电源阻抗

为了满足额定性能,在PDS公共耦合点(PCC)测量的最小 R_{sc} 比值应为20。

注1:较大的电源阻抗可使吸收电路阻尼比变差,产生可能的故障条件和过大的缺口。

注2:要确定设计的最大 R_{sc} 比值,请查看制造厂的资料。

4.1.1.5 谐波和换相缺口

a) 谐波

除非另有协议,根据IEC 61000-2-4中规定的3级(也见IEC 61800-3的5.2.1),属于本标准范畴的设备设计为在稳态条件下(在耦合点处)电压的总谐波畸变(THD)为10%,瞬态期间(小于15s)总谐波畸变(THD)为15%的条件下也能工作。

注:IEC 61000-2-4的表3、表4和表5中给出了各个谐波电压的兼容性等级。

附录B.5中列出了谐波畸变的一个理论例子——一种评估发射性与抗扰性之间关系的实用方法,其中考虑了传动本身的影响如4.1条所述。

b) 换相缺口

在下列给出的CDM/BDM网侧端子处的换相缺口限值(见IEC 60146-1-1的2.5.4.1,抗扰等级B)情况下,设备应满足额定性能。

——换相缺口深度 $40\%U_{LWM}$;

——换相缺口面积 $250\% \times \text{度}$ 。

4.1.1.6 重复性和非重复性瞬变

图4示出了典型的含有重复性和非重复性瞬变的交流电压波形。

瞬变是由于变流器换相,在电网上的开关和电力系统上的扰动引起的。

BDM应设计为能在电源变压器的通断引起非重复性瞬变的环境下运行,但电源变压器的容量不大于所考虑传动的表观功率的5倍。若变压器的容量更大一些,则BDM外部应附加瞬变能量吸收能力。

由于变压器的通断而引起的非重复性瞬变的能量 E (焦耳)直接与为BDM馈电的变压器的磁化能量相关,其计算公式如下:

$$E = 400 \times S_N$$

其中, S_N 用MVA来表示, S_N 等于

$$S_N = \sqrt{3} \times U_{LN} \times I_{LN} \times 10^{-6}$$

式中:

U_{LN} ——系统额定电压;

I_{LN} ——网侧交流电流额定值;

假定:

——磁化电流为5%;

——通断发生于最大能量释放点。

注:若变压器特性已知,则可进行特定的计算。

4.1.1.7 异常条件

若已知或规定一些特殊的条件,如异常工作负载,交流系统不平衡的阻抗、异常强的磁场、异常高的射频干扰(如来自通讯发射机)和在验收试验之后加到CDM或BDM外部的附加阻抗,则应告知或说明。

4.1.2 环境使用条件

4.1.2.1 气候条件

CDM 应在 IEC 60721-3-3 中 3K3 等级规定的和 IEC 60146-1-1 的第 2 节中对水冷或油冷规定的环境条件下工作：

a) 冷却媒质温度：

空气 +0℃~+40℃

水 +5℃~+30℃

油 -5℃~+30℃

b) 环境温度：

+5℃~+40℃

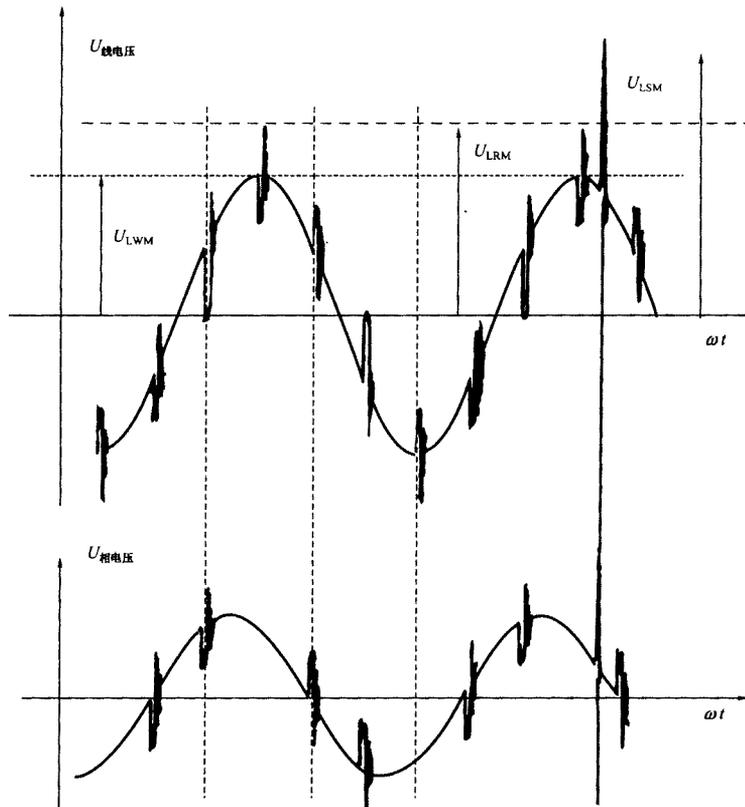
c) 相对湿度：

5%~85%，无凝露；

d) 灰尘和固体颗粒含量

标准设备设计用于清洁空气中，查看 GB/T 16935.1 的 2.5.1 污染等级 2。任何其他条件都认为是“异常的使用条件”，要求用户给出说明，见 GB 4208 的外壳防护等级；

e) 即使环境温度在上面所规定的范围内，也应规定长时间停机时间。



注：给出标么值的典型范围以供参考。图中假定 PDS 端子和变流器之间无阻抗。

重复瞬变(U_{LRM}/U_{LWM}): 1.25~1.50, 根据与 di/dt 和 IRR 有关的吸收电路的设计而定；

非重复瞬变(U_{LSM}/U_{LWM}): 1.80~2.50, 根据附加的保护器件而定。

图 4 六脉波变流器端子处典型的交流电压波形

4.1.2.2 机械安装条件

CDM/BDM 应安装于室内坚固的基座上,在其安装区域内或附加的机壳内对通风或冷却系统不会造成严重的影响。可以配置空调设备以增强 CDM/BDM 的可靠性。

其他的安装环境要求专门的考虑,并要求制造厂给出技术说明和咨询意见。

对于固定的设备,振动应维持在 IEC 60721-3-3 等级 3M1 的极限内。

表 3 安装的振动极限

| 频率/ Hz | 振幅/ mm | 加速度/ m/s ² |
|------------------|-----------|--------------------------|
| $2 \leq f < 9$ | 0.3 | — |
| $9 \leq f < 200$ | — | 1 |

超出这些极限的振动或用于非固定的设备上都认为异常的机械条件。

4.1.3 异常的环境使用条件

电力变流器设备、相关的传动控制和传动设备,用于偏离 IEC 60146-1-1 所列正常使用条件时应认为是异常的。这些异常的使用条件由买方来确定。

下面所列类型的异常使用条件可能要求专门选定的结构或保护部件。若下面的条件已知或确定,则应告知:

- a) 暴露在有害气体中;
- b) 暴露在过分潮湿环境中(相对湿度>85%);
- c) 暴露在过量尘埃中;
- d) 暴露在磨蚀性的尘埃中;
- e) 暴露在水蒸气或凝露中;
- f) 暴露在油气中;
- g) 暴露在爆炸性尘埃或气体混合物中;
- h) 暴露在含盐的空气中;
- i) 受到异常的振动、冲击或倾斜;
- j) 暴露在露天或滴水环境中;
- k) 异常运输或储存条件;
- l) 温度过高/过低或突然变化;
- m) 异常空间限制;
- n) 冷却水中含有引起过量的水垢、沉积、电解或腐蚀的酸性物质或杂质;
- o) 异常强度的核辐射;
- p) 海拔>1 000 m;
- q) 长时间停机;
- r) 户外设备。

4.1.4 安装、调试和运行

安装、调试和运行要在相同的正常和异常使用条件下进行。

4.2 设备存放

如果外包装不适用于户外或无保护存放,收到设备后,应立即放置在能满足储存要求的场所。

4.2.1 气候条件

设备应能够存放于 IEC 60721-3-1 所规定的环境条件,如下:

- a) 环境温度等级 1K4: -25℃~55℃
- b) 相对湿度等级 1K3: 5%~95%

模块和控制面板应防止凝露。如果设备的某些部件不立即安装,则应将其储存在一个清洁、干燥的地方,并且避免温度变化、高湿度及尘埃。如果可能,应避免温度和湿度的突然变化。如果储存房间的温度变化程度达到使设备的表面出现凝露或结冰情况,则应通过一个安全、可靠的加热系统来保护设备,以使设备温度保持在稍高于贮存房间的温度。如果设备暴露在低温下的时间较长,那么在温度达到房间温度之前,不应打开包装箱,否则将出现凝露。在某些内部部件上出现水分时,则可能产生电气故障。

4.2.2 特定的存放危险

对下面几点应给予特别的注意:

- a) 水——除了专为户外安装而设计的设备外,所有设备均应避免雨、雪、冻雨等;
- b) 海拔——设备不应存放在高于海平面 3 000 m 以上的场所;
- c) 腐蚀性材料——设备应防止盐雾、危险性气体、腐蚀性液体等的侵蚀;
- d) 时间——上述技术条件适用于发货和存放总时间不超过 6 个月的情况。若存放时间较长,则应作专门的考虑(即降低环境温度的范围,如采用 1K3 等级);
- e) 啮齿动物和霉菌——当存放的设备可能受到啮齿动物或霉菌侵蚀时,在设备的技术条件中应包括保护措施;
 - 啮齿动物——应对设备外部材料及冷却孔和连接孔的尺寸加以规定,以防止啮齿动物侵入;
 - 霉菌——应规定出适合于存放和工作环境的材料耐霉度。

4.3 运输

4.3.1 气候条件

设备应能够用供货者的标准包装箱进行运输,环境条件如 IEC 60721-3-2 的等级 2K3 中所规定,如下:

- a) 环境温度 $-25^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$
注:温度限值指设备周围的环境温度(如集装箱内)。
- b) 相对湿度: $+40^{\circ}\text{C}$ 时 95%
注:某种温度与湿度的组合可能引起凝露。

4.3.2 异常气候条件

在预计运输温度低于 -25°C 的场合,应采用加热运输方式或将选用的对低温敏感的器件卸下来。

4.3.3 机械条件

设备应能用供货者的标准包装箱进行运输,且不超过 IEC 60721-3-2 的等级 2M1 中所规定的极限。这其中包括振动和冲击(见表 4 和表 5)。

表 4 运输振动极限

| 频率/ Hz | 振幅/ mm | 加速度/ m/s^2 |
|--------------------|-----------|------------------------|
| $2 \leq f < 9$ | 3.5 | — |
| $9 \leq f < 200$ | — | 10 |
| $200 \leq f < 500$ | — | 15 |

表 5 运输冲击极限

| 质量/ kg | 自由降落高度/ m |
|-------------------|--------------|
| $M < 20$ | 0.25 |
| $20 \leq M < 100$ | 0.25 |
| $100 \leq M$ | 0.10 |

注 1: 若预计冲击和振动环境会超过这些极限, 则要求特殊的包装或运输;

注 2: 若已知运输环境不严峻, 则经过制造厂/供货者、用户和承运者的同意, 可以降低包装要求。

5 额定值

5.1 BDM 输入额定值

5.1.1 输入电压

制造厂应说明 BDM 的输入额定值, 优选值是:

- a) 100, 110, 200, 220, 230*, 240, 380, 400*, 415, 440, 500, 660, 690* V, 用于 50 Hz;
- b) 100, 115, 120, 200, 208, 220, 230, 240, 400, 440, 460, 480, 575, 600 V, 用于 60 Hz.

5.1.2 输入电流

有两个输入电流:

——只是变流器的: I_{VN} ;

制造厂应说明在交流电网最小阻抗下的这个值;

——CDM 或 BDM 的: I_{LN} ;

该值包括辅助部件所需要的电流 I_{XN} 。

5.2 BDM 输出额定值

5.2.1 连续输出额定值

连续输出额定值应由制造厂说明, 并且应以电压(U_{dN})和电流(I_{dN})来表示。

也可给出额定输出功率, 作为帮助用户选择适当电动机的指南。

注 1: 以 U_{dN} 和 I_{dN} 表示的额定值允许采用直接测量技术, 并且据此可适当选择导体的电流容量。

注 2: 当 CDM 和电动机不是由同一个制造厂/供货者提供时, 应相互交换信息, 以给 CDM 和电动机规定适当的性能和兼容性。

5.2.2 过载能力

PDS 应按下列方式中一种来标定过载能力, 除非另有要求。过载能力适用于额定的转速范围(也见注 3)。

- a) 在额定输出电流下连续运行后, 在 150% 的额定输出电流(I_{dN})下运行 45 s。随后, 有一段时间负载电流小于额定电流, 在此期间, 整个工作循环输出电流有效值不超过额定输出电流(I_{dN})。

举例: 若工作循环要求每 5 min 内有 30 s 处于 150% 额定电流下, 则其余的 4.5 min 必须在约 92% 的额定电流或更小电流下才能维持有效值 $\leq 100\%$ 。若要求 30 min 中有 30 s 处于 150% 额定电流下, 则其余的 29.5 min 必须处于约 98% 的额定电流或更小电流下。

注 1: 过载是与电动机的偶尔过电流相一致, 见 IEC 60034-1 中 18.3:

——电动机的输出额定值 ≤ 1 kW(每 1 r/min)45 s;

——电动机的输出额定值 > 1 kW(每 1 r/min)30 s。

常用的另外一种标定的方法是: 在额定输出电流下连续运行后, 在 150% 的额定输出电流(I_{dN})下运行 1 min。随后, 有一段时间负载电流小于额定电流, 在此期间, 整个工作循环输出电流有效值不超过额定输出电流(I_{dN})。

举例: 若工作循环要求每 10 min 内有 1 min 处于 150% 额定电流下, 则其余的 9 min 必须在约 92% 的额定电流或更小电流下才能维持有效值 $\leq 100\%$ 。若要求 60 min 中有 1 min 处于 150% 额定电流下, 则其余的 59 min 必须处于约 98% 的额定电流或更小电流下。

- b) 在额定输出电流下连续运行后, 在 125% 的额定输出电流(I_{dN})下运行 1 min。随后, 有段时间负载电流小于额定电流, 在此期间, 整个工作循环输出电流有效值不超过额定输出电流

* IEC 60038 规定的标准电压。

(I_{dN})。

举例:若工作循环要求每 10 min 内有 1 min 处于 125% 额定电流下,则其余的 9 min 必须在约 96% 的额定电流或更小电流下才能维持有效值 $\leq 100\%$ 。若要求 60 min 中有 1 min 处于 125% 额定电流下,则其余的 59 min 必须处于约 99% 的额定电流或更小电流下。

c) 在额定输出电流下连续运行后,在 110% 的额定输出电流(I_{dN})下运行 1 min。随后,有一段时间负载电流小于额定电流,在此期间,整个工作循环输出电流有效值不超过额定输出电流(I_{dN})。

举例:若工作循环要求每 10 min 内有 1 min 处于 110% 额定电流下,则其余的 9 min 必须在约 98% 的额定电流或更小电流下才能维持有效值 $\leq 100\%$ 。若要求 60 min 有 1 min 处于 110% 额定电流下,则其余的 59 min 必须处于约 99% 的额定电流或更小电流下。

注 2:上面没有包括规定的过载电流和电动机所产生的转矩间的关系。

注 3:特殊的过载条件可由用户和供货者/制造厂来规定,如过载的幅值和持续时间可能是这些技术说明的主要内容。负载类型的举例见 GB/T 3859.1 的表 8,也可见 5.2.2.2,这里要注意的是:IEC 61136-1 可能包含一些复杂的情况。

5.2.3 转速范围

采用电枢电压控制调速的范围应不低于 8:1。

采用电动机弱磁法,可将这一转速范围拓宽到最大转速,根据电动机的额定值而定(见图 A.1)。

注:在基本转速以下运行:

传动系统可以在额定转速范围内任一转速下运行。当传动系统连续以额定转矩运行在低于额定基本转速时,电动机的温升可能超过额定满载值。

对于给定的应用,为了满足规定的工作循环和负载对转矩的要求,传动系统的设计应确保低速时具有足够的转矩能力及安全的电动机温升。

5.2.4 实际的直流电压额定值

逆变运行可能要求降低电枢电压。

三相电网换相变流器由于过高的 d. c. /a. c. 比值而不能以逆变方式运行。该比值过高可能是由于交流电网电压降低或电动机端电压升高的原因。

电力系统上大型电动机启动引起的电压下降或者另一变流器的换相缺口,可能会引起交流电网电压降低。

大的电动机反电动势 EMF 或者高的电动机电流下降率,可能会产生电动机端电压过高(电枢电流变化率乘以电动机电感致使电动机端电压增加)。

典型工业条件下常用的 d. c. /a. c. 比值约为 1.01 或 1.02[该 d. c. /a. c. 比值为电动机反电动势($EMF + L_A di/dt$)除以交流标称线电压]。

5.3 效率和损耗

确定总效率所包括的设备应给予说明。

制造厂应给出额定负载和基本转速下 PDS 或 CDM/BDM 的损耗或效率(见 2.5.8)。

注:强迫通风电动机的通风损耗如自通风电动机的损耗一样,包括在 PDS 的损耗中,而不包括在 CDM 的损耗中。

图 5 给出了效率和损耗随转速变化的例子。

5.4 纹波

变流器的纹波含量根据下述变流器的类型而定(见图 F.1)。

A 型 直流发电机

——蓄电池;

——多相整流器,每个周期不少于 12 个脉波,最大相位控制为 15%;

——能提供足够的串联电感以获得 6% 或小于 6% 的峰-峰电枢电流纹波的任何电源。

B 型 三相全波电源,每个周期 12 个可控脉波、不带续流二极管、电动机电枢电路中不另加串联

电感。

C型 三相全波电源,每个周期6个可控脉波、不带续流二极管、电动机电枢电路中不另加串联电感。

D型 三相半桥式电源,每个周期3个可控脉波、带续流二极管、电动机电枢电路中不另加串联电感。

E型 三相单拍电源,每个周期3个可控脉波、不带续流二极管、电动机电枢电路中不另加串联电感。

K型 单相全波电源,每个周期有2个全脉波或2个可控脉波、带续流二极管、电动机电枢电路中不另加串联电感。

L型 单相全波电源,每个周期有2个可控脉波、不带续流二极管、电动机电枢电路中不另加串联电感。

注1:纹波的幅值随字母表顺序而增加,所以,指定用于某种类型控制器的电动机都可用于较低次序字母表示的任何类型的控制器。

注2:2.5.6中给出了纹波含量(I_{pp})一般的定义。

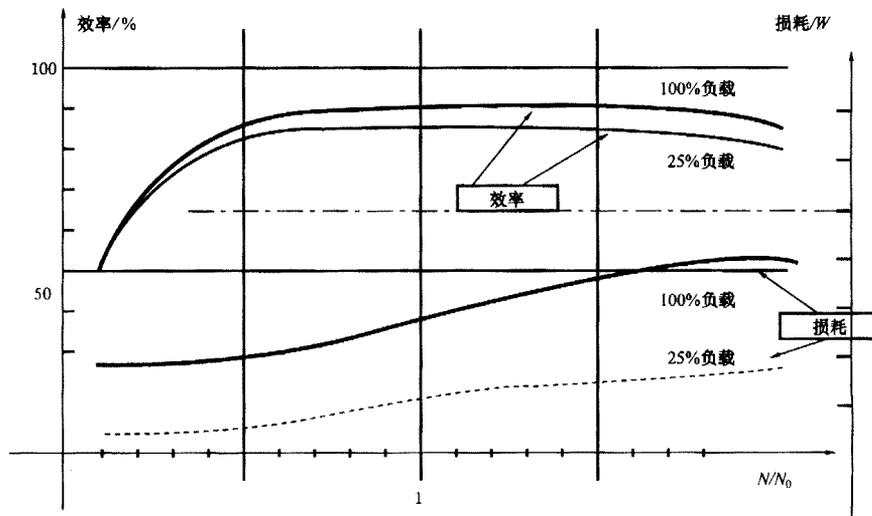


图5 PDS效率和损耗的典型曲线

5.5 变压器和电抗器

变压器和电抗器应遵循 IEC 60146-1-3。

补充的资料见附录 C。

6 性能要求

6.1 稳态性能

应根据 6.1.1~6.1.4 来规定传动变量,如输出转速、转矩等的稳态性能(见附录 D)。

6.1.1 偏差带(见图6)

偏差带是指由于使用条件或工作条件在其规定范围内变化,直接受控变量(除非规定另一个变量)在稳态条件时的总偏移。偏差带可用下列两种方式表示:

- a) 用直接受控(或规定的其他)变量对理想最大值的百分比表示,见 6.1.2 中举例;
- b) 对于不易确定基值的系统,如位置控制或空气温度控制系统,则用绝对数值表示。

6.1.2 偏差带的选择(稳态)

应从表 6 中选取两个数字来说明反馈控制系统的稳态性能(通过协商也可规定出其他值)。

应规定工作和使用偏差带适用的变量范围(见图 6)。

第一个数字代表工作偏差带,应与因工作变量而引起的最大偏差带相对应;第二个数字代表使用偏差带,应与因使用条件而引起的最大偏差带相对应。

虽然总的偏差可能等于上述偏差之和,但事实上不大可能达到这种极限情况。

表 6 最大偏差带/%

| | | | | | | | | | | |
|-----|-----|----|----|----|------|------|------|-------|-------|-------|
| ±20 | ±10 | ±5 | ±2 | ±1 | ±0.5 | ±0.2 | ±0.1 | ±0.05 | ±0.02 | ±0.01 |
|-----|-----|----|----|----|------|------|------|-------|-------|-------|

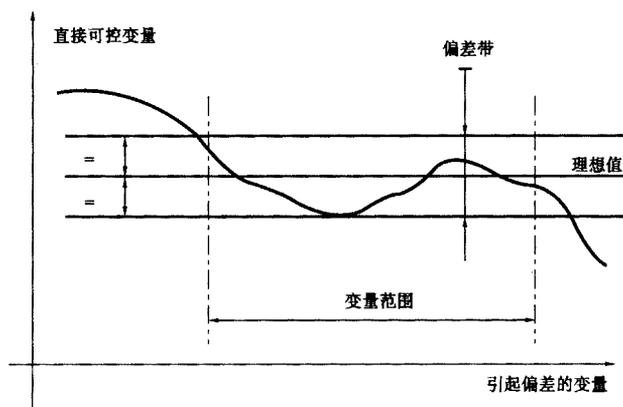


图 6 偏差带

例 1: “工作偏差带为 0.1%,使用偏差带为 0.2%”表示该系统由于工作变量而引起的最大偏差带为±0.1%,由于使用条件而引起的最大偏差带为±0.2%。

例 2: 偏差带是相对于最大理想值以±%来度量。对于 6:1 的弱磁系统(见图 A.1)和 1%测速反馈系统,其计算结果如下:

| | | |
|-------|-------|-----------|
| 1 800 | r/min | 最大理想值 |
| ±18 | r/min | 偏差 |
| 180 | r/min | 最大值的 1/10 |
| ±18 | r/min | 偏差 |
| 300 | r/min | 基本转速 |
| ±18 | r/min | 偏差 |

注:在电动机枢电压反馈的情况下,转速控制偏差通常在±20%~±2%的范围内。

6.1.3 使用偏差带——极限

在检测期间,运行变量维持不变的情况下,在任何一组合的使用条件下,在加热时间之后的任何 1 小时时间内,不应超过制造厂规定的使用偏差带(从表 6 中选取)。

6.1.4 工作偏差带——极限

在检测期间,使用条件保持不变的情况下,在指定的运行变量范围内,不应超过直接受控变量的工作偏差带(从表 6 中选取)。

注:当应用要求时,性能信息中也应包括直接受控变量与给定值的稳态关系。这方面的性能不包括在上述关于工作偏差带或使用偏差带的讨论中。

6.1.5 分辨率

分辨率表示可获得的受控变量的最小变化,它用绝对值或最大值的百分比来表示。

6.2 动态性能

若动态性能很重要,则应规定出所要求的对特定扰动的动态响应(见附录 D)。

这种扰动可能包括对给定值、电源和受控变量的扰动。

6.3 能耗制动和能耗减速

能耗制动指的是通过附加耗能元件(电阻器)以允许机械作快速电气制动。

这里所说的能耗制动仅适用于在直流电流输出端跨接一电阻器。

能耗制动和能耗减速是两个操作功能,其特性应由用户和制造厂/供货者来商定。下面一些条款经协商可以修订。

6.3.1 能耗制动

当配有能耗制动(停止)时:

- a) 根据变流器的额定值,变流器应能以 110%、125%或 150%额定电流制动一个负载;
- b) 能耗制动电阻应能吸收 2 倍于电动机最大转速时储存的旋转能量(电阻器开始时处于环境温度);
- c) 在被传动的设备具有大的可变惯量时(如卷取机),传动系统应能制动所储存的最大能量,能耗制动电阻器开始处于环境温度下,能量额定值应足以使传动系统从任何工作转速停止一次;在最高转速时,最大的能耗制动电枢电流为 150%;在这种情况下,被传动设备的惯量应由用户提供。

注:150%电流是典型值,根据其他的过载条件(如风扇就选择 110%),可作不同的选择。

6.3.2 能耗减速

用于单象限变流器。

当配有能耗制动(减速)时,处于环境温度的电阻器应能吸收电枢和被传动设备从最大转速到最小转速的 2 次连续的制动过程中所储存的全部旋转能量。

注:被传动设备的最大总惯量被认为是直流电动机的 1 倍。

6.4 其他性能要求

其他性能要求由买方或由买方与制造厂家一起根据如下所列项目来确定。

6.4.1 传动用于下列应用中

- 音频噪声;
- 工作象限(见图 3):常用的组合是 I 象限, I 象限和 II 象限,或所有象限;
- 转矩是转速的函数(见图 A.1);
- 特殊的机械条件(见 D.4.3)。

6.4.2 传动与其所连接的电源

- 接地(见 B.2);
- 额定条件下的位移因数(见 2.4.9);
- 网侧谐波含量(见 4.1.1.5 和 B.3);
- 最大对称故障电流,短路。

6.4.3 额定值

- 连续输出电流额定值(见 2.5.2 和 5.2.1);
- 输出电压额定值(见 2.5.5 和 5.2.1)。

6.4.4 保护器件

6.4.4.1 过电流保护器件

过电流保护器件的电流设定值不应超过 BDM 使用极限的输出额定电流。

6.4.4.2 加速度控制

传动设备应有电流限值或定时加速。

6.4.4.3 直流电动机的励磁控制

当电动机的励磁控制有可能在电枢电路中产生有害的电压和/或电流时,应采取方法自动防止这种

可能性的发生。

6.4.4.4 失磁保护

若失磁保护没有被其他的办法包括在内,则应提供本保护。

6.4.4.5 超速和转速反馈丢失保护

若采用了转速反馈,且有可能超过最大安全转速,则应设置本保护。

6.4.4.6 风扇故障保护

装有风扇的传动系统应有风扇故障保护。

7 试验

7.1 试验类型

7.1.1 型式试验

对按照某一设计制造的一个或数个部件进行的试验,用于说明该设计满足特定的技术要求(IEC 60050-151-04-15)。

7.1.2 出厂试验

在制造期间或制造之后对各个部件进行的试验,用于确定其是否符合某一准则(IEC 60050-151-04-16)。

7.1.3 抽样试验

在一批产品中随机抽取的一些部件上进行的试验(IEC 60050-151-04-17)。

7.1.4 专门试验

除型式试验和出厂试验之外,按照制造厂之意,或经过制造厂和用户或其代理人协商而进行的试验。

7.1.5 车间试验

为了验证设计,在制造厂或制造者的实验室里对部件或设备进行的试验。

7.1.6 验收试验

合同上规定的、用以向用户证明该部件满足其技术规格中某些条件的试验(IEC 60050-151-04-20)。

7.1.7 现场调试试验

在现场对部件或设备进行的试验,用于验证安装和运行的正确性(IEC 60050-151-04-21)。

7.1.8 目击试验

在客户、用户或其代理人在场的情况下进行的上述任何一种试验。

7.2 试验实施

7.2.1 一般条件

合理限制那些昂贵的试验是必要的。

所以本标准推荐,这类试验通常仅限于在制造厂里根据 7.3 的规定对个别部件进行,只有在合同有所规定时才进行专门试验,见 7.4。

当用户或其代理人希望目睹工厂试验时,在订单中应予说明。

订货前如商定,供货者应提供型式试验和出厂试验合格证书。

除非另有协议,试验应在装运之前由制造厂进行。

7.2.2 接地条件

制造厂应说明 CDM/BDM 可采用的接地系统。应进行型式试验来验证 CDM/BDM 的整体性能是否符合可采用的接地系统。其中可能包括:

- 中线直接对地;
- 相线对地;
- 中线经高阻抗对地;

——绝缘(不接地)。

未通过验收的系统应标出:

——禁止使用,或者;

——改善性能后,应通过型式试验来确定其是否合格。

7.3 单个部件试验项目

7.3.1 PDS 的标准试验

表 7 单个试验

| 单个部件 | IEC 标准 |
|---|--------------------------|
| 变压器 | IEC 60146-1-3 中第 5 条 |
| 电动机 | IEC 60034-1, IEC 60034-2 |
| BDM | 表 8 |
| CDM | 表 8 |
| 注 1: 若与上述条款中规定的试验不相矛盾的话, IEC 60076 中规定的电力变压器的所有试验也应适用于 CDM 的变压器。IEC 60146-1-3 的第 5 条中规定的试验可认为适用于 CDM 变压器的专门试验。 注 2: 根据 IEC 60034, 电动机的试验不保证传动系统的性能。由变流器传送的纹波和谐波含量也应给予考虑。 | |

7.3.2 CDM/BDM 的标准试验

表 8 CDM/BDM 的标准试验

| 试 验 | 型式试验 | 出厂试验 | 专门试验 | 试验方法 |
|---|------|------|------|------------------------|
| 绝缘(见注) | × | × | | GB/T 3859.1 中 6.4.1 |
| 轻载和功能 | × | × | | GB/T 3859.1 中 6.4.2 |
| 额定电流 | × | | | GB/T 3859.1 中 6.4.3 |
| 过电流能力 | | | × | GB/T 3859.1 中 6.4.10 |
| 纹波电压和电流的测量 | | | × | IEC 60146-1-1 中 4.2.15 |
| 功率损耗的确定 | × | | | GB/T 3859.1 中 6.4.5 |
| 温升 | × | | | GB/T 3859.1 中 6.4.6 |
| 功率因数的测定 | | | × | GB/T 3859.1 中 6.4.7 |
| 固有电压调整率的测定 | | | × | GB/T 3859.1 中 6.4.8 |
| 检验辅助部件 | × | × | | GB/T 3859.1 中 6.4.11 |
| 检验控制设备的性能 | × | × | | 7.3.3 |
| 检验保护器件 | × | × | | IEC 60146-1-1 中 4.2.10 |
| 电磁抗扰性 | × | | | IEC 61800-3 中第 5 条 |
| 电磁发射 | × | | | IEC 61800-3 中第 6 条 |
| 音频噪声 | | | × | GB/T 3859.1 中 6.4.16 |
| 附加试验 | | | × | GB/T 3859.1 中 6.4.21 |
| 注: 假若为了 PDS/CDM 正确运行而要求某些部件接地的话, 在绝缘试验期间, 这些部件需断开(与其他标准的协调正在考虑中)。 | | | | |

7.3.3 CDM/BDM 控制设备的性能检验

检验控制设备在用户使用中,不可能遇到所有负载条件下的性能。然而,最好采用类似额定功率的电动机对设备进行检验。若这在车间试验时做不到(见 7.1.5),则可采用较低功率的电动机在反馈量适当换算的情况下来进行。

若制造厂有规定,也可通过采用多种稳态转速条件,即在最低转速和最高转速下检验空载电动机来完成检验控制设备的出厂试验。应在由一个转速向另一个转速的转换期间进行动态性能的检验。加惯性负载到电动机上可能是有用的,这样,CDM/BDM 在加速期间会运行于电流限值下(若提供)。减速的检验应与设备的设计相适应。

也应在设计的电源电压整个范围内检验设备是否正常运行,其前提是这项检验在另外的试验(即保护器件的检验)中还没有进行。出厂试验时,CDM/BDM 连接到额定输入电压,若有多个额定电压的话,则分别连接到这些额定电压上。型式试验时,也应按照每个输入电压范围的最大值和最小值进行设备功能试验。

7.4 电气传动系统试验项目

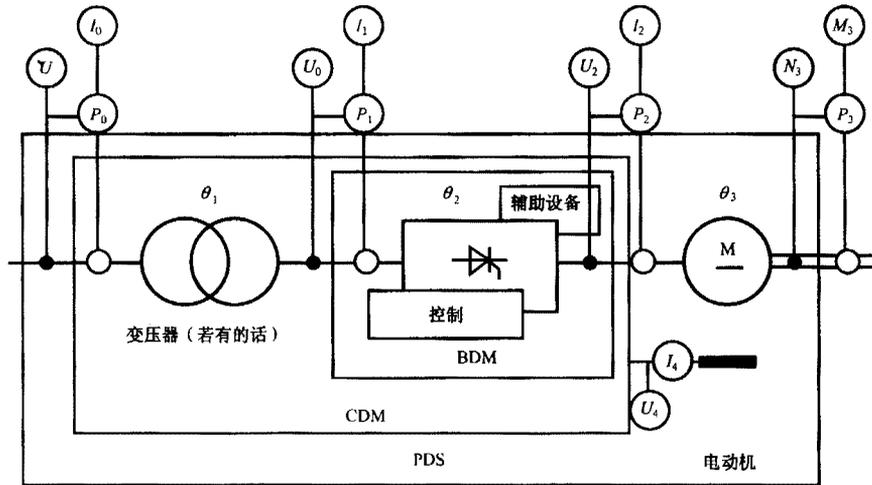
PDS 的试验项目示于表 9,这是一些专门试验(见 7.1.4)。

表 9 PDS 专门试验的分类

| 额 定 值 试 验 | 条 款 |
|---------------------|----------|
| 轻载 | 7.4.2.1 |
| 负载 | 7.4.2.2 |
| 负载工作制 | 7.4.2.3 |
| 允许的 FLC(满载电流)与转速的关系 | 7.4.2.4 |
| 温升 | 7.4.2.5 |
| 效率 | 7.4.2.6 |
| 网侧电流谐波含量 | 7.4.2.7 |
| 功率因数 | 7.4.2.8 |
| 均流 | 7.4.2.9 |
| 均压 | 7.4.2.10 |
| 辅助部件的检验 | 7.4.2.11 |
| 保护部件协调性的检验 | 7.4.2.12 |
| 异常使用条件下性能的检验 | 7.4.2.13 |
| 轴电流/轴承的绝缘 | 7.4.2.14 |
| 音频噪声 | 7.4.2.15 |
| 电动机振动 | 7.4.2.16 |
| EMC(电磁兼容性)试验 | 7.4.2.17 |
| CDM 输出电流的谐波含量 | 7.4.2.18 |
| 动 态 试 验 | |
| 电流限值和电流环 | 7.4.3.1 |
| 转速环 | 7.4.3.2 |
| 转矩脉动 | 7.4.3.3 |
| 自动再启动 | 7.4.3.4 |
| 磁通环 | 7.4.3.5 |

7.4.1 试验方案

关于测试电路,见图 7。在该图中,直接测量各物理量,或由间接测量计算。



U——电压；
 I——电流；
 N——转速；
 M——转矩；
 θ ——温度；
 P——有功功率。

图 7 PDS 的测试电路

7.4.2 额定值试验的定义

7.4.2.1 轻载

电动机的轴与负载(见注)相耦合,该负载要能够为被试的传动提供条件,使之能够证明控制系统的功能是正常的。如制造厂和用户达成协议,则可采用空载试验。为了证明 CDM/BDM 功能是正常的,应要求选用适当电流的电动机。

注:负载为被传动设备,或为了试验负载可以是被传动设备的仿真器。

7.4.2.2 负载

电动机的轴与负载(见注)相耦合,该负载经适当的设计,可提供所必须的电压、电流的有效值,并且使传动系统运行于规定的稳态条件下。

若这个试验是在车间试验或现场调试试验中进行,则须经制造厂和用户同意。

注:负载为被传动设备,或为了试验负载可以是被传动设备的仿真器。

7.4.2.3 负载工作制

电动机的轴与负载(见注)相耦合,该负载在长期运行的过程中要能够提供商定的负载工作制,以验证设备中温升是否能在额定值内达到稳定状态。

若这个试验要在车间试验或现场调试试验中进行,则须经制造厂和用户双方同意。

注:负载为被传动设备,或为了试验负载可以是被传动设备的仿真器。

7.4.2.4 允许的 FLC(满载电流)与转速的关系

在变流器输出额定满载电流且不超过任何设备的热额定值的情况下,在稳定的温度下对每个所相关的转速进行适当的温度测量,来确定传动系统能够连续运行的转速范围。

电动机的轴与负载相耦合,该负载要能提供满载或适当的过载。

注:该试验一般为车间试验,但在某些情况下,经制造厂和用户同意,也可在现场调试试验期间完成。若为车间试验,则电动机的轴与负载相耦合,调节该负载,使之在转速范围内某些合适的点提供满载电流或规定的过载。

若在现场调试试验期间完成,则负载由该生产过程来提供,并应规定其条件。

7.4.2.4.1 电动机换向与转速的关系

电动机换向与转速的关系试验,其要点在于评估下列条件下电动机的换向。这是一种车间试验或现场调试试验。在基本转速下,按传动额定值确定的过载条件作正转和反转(若有必要),或在最大转速下,按传动额定值确定的过载条件作正转和反转(若有必要)试验。

经过协商,该方法允许使用空载(电动机轴空闲)测试的动态条件的换向评估来替代。动态条件是在最大(限值)电流(相应于 FLC 过载)下由加速度确定(双向转动,正向和必要时反转):

- 首先,从零速到基本转速;
- 其次,从基本转速到最大转速;
- 最后,从最大转速到零速。

应在加速结束时进行换向分级。

根据下表 10,通过目测进行换向分级。

表 10 通过目测进行换向分级

| 火花等级 | | 火花尺寸 | | | 火花性质 | | | | | | 结果 |
|-------|--------|------|---|---|------|---|---|----|---|---|-----|
| | | | | | 发光点 | | | 熔点 | | | |
| 等级 | 长度/% | 小 | 中 | 大 | 小 | 中 | 大 | 小 | 中 | 大 | |
| 1 | | | | | | | | | | | 优 |
| 1-1/4 | <20 | | | | | | | | | | 良 |
| | 20~<50 | | | | | | | | | | |
| | 50~100 | | | | | | | | | | |
| 1-1/2 | <20 | | | | | | | | | | 较好 |
| | 20~<50 | | | | | | | | | | |
| | 50~100 | | | | | | | | | | |
| 1-3/4 | <20 | | | | | | | | | | 差 |
| | 20~<50 | | | | | | | | | | |
| | 50~100 | | | | | | | | | | |
| 2 | <20 | | | | | | | | | | 比较坏 |
| | 20~<50 | | | | | | | | | | |
| | 50~100 | | | | | | | | | | |
| 2-1/2 | <20 | | | | | | | | | | 坏 |
| | 20~<50 | | | | | | | | | | |
| | 50~100 | | | | | | | | | | |

7.4.2.4.2 电动机温升与转速的关系

若电动机采用独立的冷却源,则不需要温升试验。

轴上装有风扇的电动机以低速和高转矩持久运行时,电动机制造厂应提供有关持久运行允许的满载电流与转速的曲线。

注:轴上装有风扇的电动机以低速运行时,其励磁回路即使在空载的条件下也可能过热。

经传动设备的用户和制造厂商定,温升试验可采用标准的温度测量法来进行(见 IEC 60034-1 中第 15 章和第 16 章)。在这种情况下,根据被传动设备的特性,转速可选择在基本转速的 3%、10% 或 30%。这时,用与允许的满载电流曲线相对应的负载进行试验。

7.4.2.5 温升试验

在要求的最大负载下,以最低转速、基本转速和最大转速进行温升试验。温升试验进行直到所有温度都稳定为止。

7.4.2.6 效率

根据 IEC 60034-2 中 9.2,通过制动试验、测功计试验或能量回馈试验以及热值测定试验来测出机械功率(P_3)。这时,系统的总效率= $(P_3/P_0) \times 100\%$ 。若不能够精确测量 PDS 的输出,则可通过计算,再结合系统试验近似求得。

7.4.2.7 网侧电流谐波含量

在额定工作条件下,根据 IEC 61000-4-7 所规定的仪器和技术进行该项测量。

7.4.2.8 功率因数

功率因数的测量应在额定运行条件下进行(见 2.4.10 和 2.4.11)。该测量可在进行负载试验的同时进行,见 7.4.2.2。

7.4.2.9 均流

若电气传动系统中采用并联连接的功率部件,则应检查均流的情况。该试验应在额定输出电流下进行。

并联连接的举例如下:

- 由一个以上的变流桥组成的变流器结构;
- 每个臂由一个以上的半导体阀组成的变流器结构;
- 绕组并联的电动机结构。

均流值应足以保证在最恶劣情况的条件下,任何一个器件上承受的负载不超过设计值。

7.4.2.10 均压

若两个或多个 BDM 和/或电动机是串联的,则应检查均压情况,应无过压加到 BDM 和/或电动机上。均压应能确保在最恶劣的状况下,无任何器件承受的电压超过设计值。

7.4.2.11 辅助部件的检查

在 CDM/BDM 或电动机的试验中没有全面地进行过试验的所有辅助部件的功能都要进行检查。这些辅助部件的例子有:电动机的风扇、由 CDM 供电的润滑油泵、外部电路断路器和直流断路器。

若方便的话,这种检查可在轻载试验的同时进行,见 7.4.2.1。

7.4.2.12 检查保护部件的协调性

在不使设备的元器件承受的应力超过其额定值的情况下,应尽可能地对保护部件进行检查。

应对紧急停机功能(若有)进行检查。对在 CDM/BDM 或电动机的试验中没有全面地进行过试验的所有保护部件,应检验其工作是否正常。

由于保护部件及其组合是多种多样的,要为这些部件确定出一个通用性的检验准则是不可能的。

在电气传动系统试验期间要进行检查保护的部件例子有:电动机超速、过压、过载、转速反馈丢失、电网欠压、接地故障等等。

应在系统的元器件不受损的情况下检验保护功能,检验时,建议将设定值降低。

当变流器具有接地故障保护时,应在电动机端子处进行这项试验,以检验接地故障保护是否能如规定的那样工作。

7.4.2.13 检查异常使用条件下的性能

异常的气候条件可能要求在电子组件和/或机壳上有一特殊的涂层。在极端的温度条件下可能要配置空调或加热器。异常的条件应由买方来确定,并且由设备的制造者和买方之间商定出正确的措施和试验方法。

7.4.2.14 轴电流——轴承绝缘

在变流器运行期间,叠加在直流分量上的电压纹波和电流纹波可能产生轴电流。虽然轴电流的幅

值小,却可能损坏耐磨轴承或套筒轴承。测出这些电流是否存在的方法由设备的制造厂和买方商定。

7.4.2.15 音频噪声

可能要求对电气传动系统进行音频噪声试验。应在整个转速范围和负载范围内进行该试验(见注)。可接受的音频噪声电平应由制造厂和用户来商定,也见 IEC 60034-9。

注:负载为被传动设备,或为了试验负载可以是被传动设备的仿真器。

7.4.2.16 电动机振动

该试验在各种转速和负载下进行,以确定变频器对电动机振动的影响。

7.4.2.17 EMC 试验

EMC(电磁兼容性)试验的有关规定见 IEC 61800-3。

7.4.2.18 CDM 输出的谐波含量

谐波含量用电流来表示。纹波应以峰-峰值(安培)来测量。

测量条件应由用户和制造厂商定:

- 电动机电压,对应于所选定的转速;
- 有效负载(50%FLC~100%FLC 之间)。

7.4.3 动态试验定义

7.4.3.1 电流限值和电流环

这些试验用来表征 CDM 或 PDS 的动态性能,与被传动设备无关。

可以试验如下三项:

a) 电流限值

增大负载,就要使 CDM 的电流限值点达到其预设的点。(另一种方法是:增大转速阶跃量至足够大的转动惯量,产生一个瞬态负载,使 CDM 达到设定的电流限值点)。这时就可对电流上升时间、超调量和持续时间以及阻尼特性进行分析。

b) 电流环带宽

通过对电流设定和电流测量(反馈)之间响应的谐波分析,可以确定电流环的带宽。必须检查幅值和相移。该测试应在线性或准线性区域内进行。

c) 对电流设定的阶跃响应

该项测试可包括非线性区域。

这些测试应在接近 0.50%基本转速、100%基本转速和弱磁最大转速(N_M)下进行。

注:在试验时,通常需要采用一个与被测试的传动设备的轴相连接的机械来调节转速(在试验中通过电流跟随给定而自动调节转矩)。

7.4.3.2 转速环

提供并正确选择转速给定的阶跃以适应下列测试。该测试可在空载或轻载条件下进行。

——达到电流限值并进行检查;

——在未达到任何限值情况下,测量传动输出转速响应(通常在 50%基本转速、100%基本转速和弱磁最大转速 N_M 下进行)。附录 D 示出了随转速设定阶跃的时间响应。

提供负载阶跃,可以测量随之发生的转速响应。这可在进行额定值测试(见 7.4.2.2,负载试验)的同时进行,负载阶跃按不达到任何限值进行选择。

应按照附录 D 中的介绍进行测量。

7.4.3.3 转矩脉动

若轴上耦合有相当灵敏的转速测量器件,通过在空载条件下转速的变化,可测量出气隙转矩脉动的相关等级。理想情况下,在负载惯量已知、适当的负载/PDS 间机械连接,轴上装有转矩探测设备,来测量在特定的 PDS 中产生的气隙转矩脉动。

注:对于恒定励磁系统,转矩脉动可用电枢电流波形估计。

7.4.3.4 自动再启动

若设有自动再启动功能,则应在规定的断电期间对其进行检验。这种功能应与紧急停车相协调,若需要可停止。

7.4.3.5 磁通环

直流电压控制:该测试仅用于可控励磁的传动设备,该测试对于通过弱磁而拓宽转速范围的传动特别重要。

应从最低工作转速缓慢增加到最高工作转速的范围内,采用适当的记录仪器检查电动机的端电压或反电势(EMF)。也应在电动机以允许的最快转速变化率增速和减速时进行动态测试。应验证所记录的值是否在规定的范围内。

8 产品信息

8.1 标志

在 CDM 或 BDM 的铭牌上应标出下列各项:

- a) 制造厂名称
- b) 装置的标志(型号、系列号、制造年份)
- c) 输入额定值:
 - 电压;
 - 网侧额定电流 I_{LN} ,或变流器额定输入电流 I_{VN} ,以及辅助部件输入电流 I_{XN} (根据 CDM 或 BDM 结构而定)。在确定电源输入电流时要用到这些值_h
 - 频率;
 - 相数;
 - 最小电源阻抗(或最大预期短路电流)和最大电源阻抗。
- d) 输出额定值:
 - 最大额定输出电压;
 - 额定连续电流;
 - 过载能力(见 5.2.2);
 - 额定功率(选项)。
- e) 励磁输出额定值:
 - 额定输出电压;
 - 额定连续电流。

注:由于铭牌尺寸的限制,有些项目可在使用说明书中给出。

8.2 PDS 或 CDM/BDM 要提供的项目

8.2.1 随设备应提供如下信息

- 规定由用户调整的校准元件、器件和部件所需的信息;
- 适当选择输入和输出保护和接地所需的信息;
- 使用说明书,包括操作设备所需要的所有信息;
- IEC 61800-3 所规定的 EMC 信息;
- 安全性警告;
- 输入相序和输出极性。

8.2.2 应提供或使用户有可能得到如下信息

- 维护和使用说明书,包括故障元器件或电子组件查找和更换的信息;语言应使用原产国的语言,或使用由供货者/制造厂和客户商定的语言;
- 能耗制动减速和能耗制动停车电路的能量吸收额定值。

8.2.3 应提供有关电气传动系统的转速信息,包括

- 基本转速;
- 最大转速;
- 最大安全转速;
- 基本转速和最大转速下的励磁电流。

9 安全和警告标志

9.1 警告标志

制造厂应提供安全和警告标志。根据规范和标准以及 GB/T 5226.1 要求将其置于设备使用的场所(若已知),标志应使用与应用地区相应的语言,或使用由供货者/制造厂和客户商定的语言。

若未知用户地区,应根据原产国流行的规范和标准以及 GB/T 5226.1 提供的安全警告标志。所用语言应为原产国的语言。

安全和警告标志的全部内容应在说明手册中应加以复述。

注:要考虑的一些主要问题是:

- 若主电源处于“OFF”位置时但并不是使所有暴露的带电部件全部断电的话,则警告标志应置于邻近主电源切断开关操作手柄处;
- 由于尺寸或位置的原因,在控制电路断电装置可能与功率电路断电装置相混淆的地方,警告标志应置于邻近控制电路断电装置操作手柄处,并要说明该设备并非全部断电;
- 当储存电荷泄放到 50 V 以下所需的时间超过 1 min 时,应有警告标志;
- 若设备的一部分带 50 V 以上的电压,并且被移至封闭的机壳之外空间或者移入通道时,应对 50 V 以上的电路加上防护装置,除非该电压下的短路电流小于 5 mA;
- 当用户有可能布线到由制造厂提供的断电装置不能断电的箱体时,则应设置警告标志;
- 若设备的一部分是 FELV 电路(依据 IEC 60364-4-41 由于功能上的原因超低电压),该信息应在警告标志上标明。

9.2 PDS 的安全性和特点

与 PDS 相耦合的被传动设备须遵循安全性标准和规定。由用户确定被传动设备的所有保护系统包括电动机的轴,用户应向 PDS 制造厂提供影响设备安全的所有必需的条件,这些条件必须包含在 PDS 的控制中(见附录 E)。

PDS 主体是电气设备,其主要安全风险是电气风险。对于 CDM/BDM,其主要安全风险也是电气风险。

为此,PDS 应符合 GB/T 5226.1。

符合该标准本身并不能确保符合所有安全性要求。详细要求由其他的标准确定(见附录 E)。

附录 A
(资料性附录)
需考虑的电动机问题

A.1 概要

本部分所包括的 CDM/BDM 均与直流电动机(一台或多台)连用。

本附录的目的是帮助用户为其应用选取合适的电动机。让用户了解电动机与变流器一起连用时对电动机性能可能引起的影响。本附录旨在提供实质性忠告或指导。

电动机机壳包括所有公认的类型(开启防滴式、完全封闭式、防爆式等等)。

直流电动机所用标准见 IEC 60034。

A.2 冷却

通常,电动机有三种典型的冷却方法。其规范见 GB/T 1993,其识别标志是 IC 码。IC 码由五个字符组成,前两个字符是 IC 代码,其余的符号符合下列要求:

——冷却回路的配置(0~9):

| | |
|----------------|-------------|
| 自然循环 | 0 |
| 通道循环 | 1,2,3 |
| 利用热交换(包括电动机机座) | 4,5,6,7,8,9 |

——一次冷却剂,最常用的是空气(A)和水(W);

——一次冷却剂的输送方式:

| | |
|------------|---|
| 自由对流 | 0 |
| 自循环 | 1 |
| 电动机安装的独立部件 | 6 |

——二次冷却剂的规范与一次冷却剂的相同;

——二次冷却剂的输送方式与一次冷却剂的输送方式规范相同。

下面叙述电动机的三种典型的冷却方法及其规范编码:

a) 轴装风扇

在这种情况下,冷却是电动机转速的函数,也称之为“带内部风扇的自通风”。这种方法编码为: IC0A1

b) 分立式冷却源(通常配有过滤器)

——由直接安装于电动机的风机提供空气 IC0A6

——由独立的通风道提供空气 IC1A7

可能存在的问题是:低速时,由于内部空气循环的效率降低,电动机的轴装风扇可能不足以维持正常的温升。

对于在低于 0.5 p. u. 转速时要求接近于 1 p. u. 转矩的负载,这一点应给予特别的注意,对于在低于这个转速时要求低转矩的负载,则几乎不成问题(例如离心式风扇和泵)。

绕组绝缘和电动机机座(防爆型)所允许的最高温度通常限制了变速传动的转速范围。

温升取决于:

——要求的转速范围;

——负载转矩与转速的关系曲线;

——电动机负载的类型(静态/动态);

- 电动机机壳的类型；
- 所选取的电动机机座的尺寸；
- 电动机的冷却系统。

上述各项都将决定电动机风扇冷却是否合适。

A.3 波形谐波的考虑

施加于电动机的电压/电流波形的谐波含量产生有害的热量和电动机转矩(制动、堵转和摆动)、轴向力以及附加的音频噪音。

这些影响是综合性的,并且取决于:

- 最低运行转速;
- 所产生的谐波幅值及谐波次数;
- 连接的被传动设备;
- 电动机的参数。

通常,这些都属于相对高的频率现象,对直流电动机来说,这些都不重要。

A.3.1 变流器的拓扑

本部分适用的所有变流器(见附录 F)在其输出电流和电压的波形中均含有谐波。谐波的分布和幅值取决于变流器的类型和电动机的参数。电动机的铭牌中要求包括允许的变流器类型。

为了避免电动机故障,电动机应与合适类型的变流器一起使用(见图 F.1)。

A.3.2 对地电位

输出电压谐波和对地电压的偏移也在如下几个方面影响电动机的绝缘系统:

- 端子间峰值电压;
- 电压变化率(dv/dt);
- 从端子到机座/地的电压。

A.4 扭振问题

设计用于恒定转速下的电动机在非设计转速下可能会有机械共振。

整个运行转速范围内应对电动机的振荡进行检查,以确保在调速范围内无故障运行(见 D5.3.1, D5.3.2 及图 D.9 和图 D.10)。

A.4.1 扭振分析

若需要,通过综合扭振分析,可以确定上述状况是否存在。

A.4.2 扭振(直传动则少见)的排除

扭振分析的目的是确定机械部件中的应力水平,确保振荡应力不超过疲劳极限和平均应力不超过屈服极限。

若分析表明机械系统承受过应力,则在系统设计中可采用几种补救措施。

补救措施包括:

- 改变轴的材料和尺寸,使谐振频率移出工作频率范围;
- 采用能量吸收型联轴器;
- 采用相数倍增变流器以减小转矩脉动;
- 选择电子阻尼。

A.4.3 转矩脉动

了解电动机电压和/或电流的相对谐波含量对于确定由谐波所引起的重复性脉动转矩也很重要。

显而易见,这些转矩脉动发生于相对高的频率下(电源频率的谐波),它们由机构本身很好地滤波。单相变流器可能会产生这种影响。

A. 5 工作方式

传动系统可设计为按下列给出的一种或多种工作方式运行：

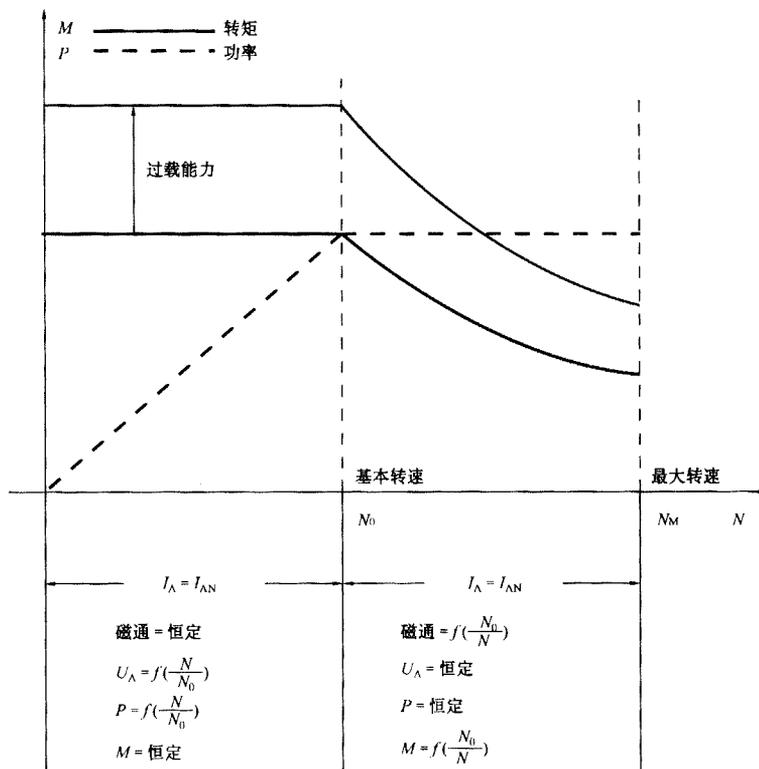
- a) 转矩随转速变化,如在泵、风扇和压缩机应用中,转矩随转速的平方而变化;
- b) 在规定的转速范围内转矩恒定不变;
- c) 在规定的转速范围内功率保持不变,转矩随转速的增加而减小;
- d) 再生运行,这时,传动系统将来自电动机轴的机械转矩转变为电能反馈到发电系统;再生可运行在上面规定的三种中任何一种方式——可变转矩、恒转矩或恒功率;
- e) 能耗制动,这时,传动系统将来自电动机轴的转矩转变为电能反馈送给电阻器或类似的器件,作为热能消耗掉。

传动系统规定的工作方式应与按照工作时的转矩和转速范围而定的电动机的能力相适应(见图 A. 1)。

A. 5. 1 转矩/转速特性

对于传动系统,可以确定出其转矩/转速特性,其例见图 A. 1。

对于由 CDM/BDM 供电的自通风电动机,通风量随转速的降低而减小,从而会减小可传送的转矩。



- 注 1: 当转速范围高于基本转速时,可能需要减小过载能力。
- 注 2: 基本转速以下运行时,可能需要采用鼓风机实现电动机的恰当冷却。
- 注 3: 该图可延伸到四象限运行。
- 注 4: 在高于基本转速运行时,可能需要降低负载的能力。

图 A. 1 直流电动机的转矩和功率输出

A. 5. 2 传动系统再生

本标准所涉及到的某些调速传动可以连续地以再生方式运行。在这种方式下,电动机将来自被传动设备的机械能转变为电能,再由 CDM/BDM 将电能返回到交流输入电源。

电动机的机械输出可用转矩和角速度(转速)来表示。通常,这些变量可能有两个极性。所以,就有四种可能的运行方式(见 2.3)。功率为转矩和角速度之积。

从变流器到电动机的功率流称为“电动”;而从电动机到变流器的功率流称为“再生”。

一般,在电动机的铭牌上标有“电动”运行期间的额定电压。在“再生”期间,为了防止逆变失败,可能需要降低这个值。

A.6 音频噪音

靠整流的电源运行的直流电动机产生一种特征噪声,这种噪声最好称为“嗡嗡声”,其根源是这种电源中固有的交流纹波电压。

这些交流纹波电压在电动机电枢电路中产生相应的交流纹波电流。这种周期性的电流与电动机励磁的磁通量相作用,产生周期性的力,可能使电动机的各个零部件产生振动。

这些纹波电流更恰当的称呼是谐波电流,其幅值和次数取决于若干因素,如电源的类型、电枢电路的电感和晶闸管的导通角。

由这些电流谐波产生的噪声可能不会超过合法的或规定的极限,但由于其高纯的音质含量;特别是在直流扼流圈与斩波器连用时,这种现象会令人厌烦。

A.7 电动机绝缘系统的使用寿命

电动机的绝缘系统在由变流器供电时比由纯正的直流电压源和电流源供电时要承受更高的介电应力。

若采用电流源型斩波器,换相期间在电动机中产生高的电压变化率,使主绝缘承受应力。

在由脉宽调制斩波器供电的情况下,电压变化率 dv/dt 非常重要,它将应力加到匝间的绝缘上,特别是电枢的绝缘上。

通过实践经验,已了解上述 2 个绝缘系统使用寿命因素的定量影响,但还缺乏足够证据。然而,公众已广泛认可:若遵守如下的极限值,则斩波运行不会大大缩短使用寿命:

$$V_{\text{peak}} \leq 2 \times \text{额定电压};$$

$$dv/dt \leq 500 \text{ V}/\mu\text{s}$$

A.8 轴电压

轴电压可能由变流器供电的电动机运行而产生。

经验表明,轴电压高于约 500 mV(峰值)时,可能需要对耐摩轴承进行绝缘。

实际上,电动机从来不装轴承绝缘,可行的方法是在变流器运行期间测量轴电压。校正的方法包括采用轴上安装接地刷旁路来自轴承的电流或使用绝缘轴承。

A.9 新的传动系统

要求制造厂对新传动系统的性能进行可行性研究。

要求用户提供如下数据:

- 电动机轴的机械特性(转矩与转速的关系、惯量、弹性、齿间隙);
- 要求的转速范围;
- 电源电压和偏差(电压/频率);
- 可利用的连续功率和短路容量;
- 工作条件(连续的、瞬态的和周期性的);

- 安装场地的特殊性;
- 交流电源谐波、换相缺口的电压过冲。

注:更详细资料查看 D.3。

A.10 参考文献

- GB/T 1993—1993 旋转电机冷却方法(eqv IEC 60034-6:1991)
IEC 60034 旋转电机
IEC 60034-5:1991 旋转电机 第5部分 旋转电机外壳防护等级(IP)代号
IEC 60034-7:1992 旋转电机 第7部分 旋转电机结构和安装型式的分类
IEC 60079 爆炸性气体环境用电气设备

附录 B

(资料性附录)

需考虑的网侧问题

B.1 引言

将 CDM/BDM 连接到电源(网侧)上会对连接点产生影响,这种影响会进一步反映到供电电网。当然,其它负载也会对公共耦合点(PCC)产生相同的影响。此外,变流器构成一非线性类型的负载,例如网侧电压和电流的波形不相同。

所以,变流器的连接使网侧电压波形产生畸变。此外,在变流器接上之前,由于公共设施和其他负载连接到电网上,公共耦合点(PCC)的波形已发生畸变。

变流器的非线性特性意味着除了有用的基波(正弦波)电流外,还有谐波电流流入变流器。由于这些谐波电流对电力的输送无任何帮助,且会增加配电系统的负担,所以希望尽可能地减小这些电网谐波电流的幅值。IEEE 519 详细地讨论了谐波电流的影响,并且就谐波电流的影响,确定了一些可接受的限值。用户应规定出所需要的谐波控制程度。

变流器也可能在输入交流电源上产生电压瞬变,这种电压瞬变称为电源缺口。IEEE 597 对电源缺口瞬变作了介绍。IEEE 519 和 GB/T 3859.1 给出了可接受的缺口限值及减少缺口面积的方法。由于电源缺口瞬变的严重程度也取决于输入电力变流器的结构,所以用户在使用变流器时应注意这一点。可向变流器制造厂磋商,确定出所用输入电力变流器的类型,并推荐减少电源缺口瞬变的方法。

最后,变流器输入端半导体器件的开关速度极快(μs),这就将高频瞬变加到了网侧,于是就可能引起电磁兼容性(EMC)问题。

IEC 61800-3 的附录 B 和 C 主要介绍了传动系统和装置在 PCC 处对电力系统的影响。

B.2 交流电源接地

交流电力系统接地是个主要的问题。在三相交流电力系统中,可能有五种接地方式:绝缘的、中线直接接地、相线接地、中线经低阻抗接地和中线经高阻抗接地。对于以连续运行为主的生产过程中所用的传动系统,优选的方式是中线经高阻抗接地,例如,相线接地或中心抽头三角形接地可能引起传动系统工作不良,其主要原因来自调节器公共点对地电压。要想得到有关允许的交流电力系统接地结构的指南,可查询制造厂的说明书。IEEE 597 的第 12 章详细地讨论了接地的方法。IEEE 597 第 12 章的表 6 对三种主要的系统接地类型(直接、高阻抗和绝缘)的特性作了概括。

注:电源网络接地方式和设备外壳接地方式的有关说明和规范查看 IEC 60364-3。

B.3 谐波和谐间波的介绍

在电力变流器及其应用的理论研究中,将变流器模型化为一个谐波电流源。

注1:可以将某些新型的变流器看作为谐波电压源,所以要通过一个阻抗连接到PC上,这样变流器就变成了谐波电流源。

注2: PCC:公共网络上的公共耦合点;

IPC:专用电网上厂内的耦合点;

PC:耦合点(上述任何一种情况)。

安装者和公用事业单位可确定出系统在耦合点(PC)的谐波阻抗。

这个值可用来精确确定电气传动系统(PDS)的谐波模型。

设备的谐波公害起源于谐波电压的影响。

$$U_h = Z_h \times I_h$$

所以,问题是如何评估谐波(或次数 h 不为整数时的谐间波)的危害性。

连接到交流电网上的变流器有两种基本类型:

——第一种类型:直流负载中含有大电感的晶闸管变流器,这里,电流的谐波取决于直流输出电流的纹波(见图 B.4)、变流器的脉波数和触发角(R_{sc} 比值)。电压谐波主要是由于 R_{sc} 比值和变流器的脉波数引起的,见表 B.1;

——第二种类型:直流负载中含有小电感(或几乎无电感)和大电容的二极管变流器,这里,电流谐波是网侧电感的函数(见图 B.5)。

评估谐波危害性(谐波电压)的例子见 GB/T 3859.2 的 6.6.3。

这个例子仅限于没有电容器组或长导线(电缆)连接到网络的第一种类型的变流器。表 B.1 示出了对于某一给定的电压谐波畸变,不同脉波数下所要求的最小 R_{sc} 、缺口面积和第一谐波次数的幅值。

表 B.1 低压系统对最小 R_{sc} 的要求

| THD | $p=6$ | | | $p=12$ | | | $p=18$ | | | $p=24$ | | |
|-------|-------|----------|---------|----------------|----------|---------|-------------------|----------|---------|-------------------|----------|---------|
| | p. u. | R_{sc} | A_E | U_5 p. u. | R_{sc} | A_E | U_{11} p. u. | R_{sc} | A_E | U_{17} p. u. | R_{sc} | A_E |
| 0.01 | 231 | 0.25 | 0.004 1 | 150 | 0.19 | 0.004 3 | 106 | 0.18 | 0.005 5 | 99 | 0.14 | 0.005 4 |
| 0.015 | 154 | 0.40 | 0.006 2 | 100 | 0.29 | 0.006 5 | 71 | 0.27 | 0.008 1 | 66 | 0.22 | 0.008 1 |
| 0.03 | 77 | 0.74 | 0.012 3 | 50 | 0.57 | 0.013 0 | 35 | 0.55 | 0.016 5 | 33 | 0.43 | 0.016 3 |
| 0.05 | 46 | 1.24 | 0.020 6 | 30 | 0.93 | 0.021 7 | 21 | 0.91 | 0.027 5 | 20 | 0.72 | 0.026 8 |
| 0.08 | 29 | 1.98 | 0.032 7 | 19 | 1.51 | 0.034 2 | 13 | 1.47 | 0.044 4 | 12 | 1.19 | 0.044 7 |
| 0.1 | 23 | 2.48 | 0.040 9 | 15 | 1.89 | 0.042 8 | 10 | 1.84 | 0.055 5 | 9 | 1.49 | 0.055 9 |

THD:总的谐波畸变 A_E :缺口面积(p. u. ×度)

注1:对于中压系统,采用 $R_{scmin} = 3 \times R_{sc}$ 作为最低要求(谐波容限)。

注2:对于高压系统,采用 $R_{scmin} = 2 \times R_{sc}$ 作为最低要求(谐波容限)。

注3:不适用于带直接连接电容器组或滤波器的系统。

注4:内推法:对于给定的 p , $THD \times R_{sc} = \text{常数}$ 。

注5:给出总谐波畸变,作为变流器对现有畸变的影响。

注6:给出的缺口面积是对一个缺口而言,没有多次换相。

注7:用 $S_{11,N}$ 表示与额定表现功率相对应的畸变。

注意如下事项:

- 在一组 PDS 上,谐波组合的可能性极小,于是需采用算术求和的方法计算谐波;
- 另一方面,对于具有可控输入变流器的非同步 PDS,通常可采用平方和法求出谐波;
- 若 PDS 采用不可控的输入整流器,则采用算术求和的方法来计算谐波。

变流器产生的谐波电流与变流器电源电压的相位关系由换相开始时的相位角和谐波的次数而定。由连接在馈电电路相同区段的、属于不同用户的变流器所产生的谐波电流矢量相加。从理论上讲,谐波的相加很简单,但是,由于所产生的谐波电流统计上的特点和需要大量的详细资料,要对谐波精确求和几乎是不可能的,也是无意义的。

对于采用二极管输入整流器的电压源型变流器,建议采用如下简单的、保守的近似求和法,即:对电路的每个谐波源分别求解,确定出由谐波源产生的支路电流和节点电压,然后算术求和。可采用变流器负载的重合因数(若这些数据很容易得到)使求和更为精确。更详细的资料见 IEC 61800-3 的附录 B.2。

用户应定期在疑有高电平谐波畸变的选定点测量谐波,以确定系统的性能并证实:

- 公共配电的电容器、滤波器、电缆和变压器没有因过量的谐波而受到过大应力;
- 没有发生有害的串、并联谐振;
- 所选定的节点谐波的电平在限值之内。

应基于变流器负载的综合因数对谐波进行分析,以证实响应测量的结果,并可对这些(响应)结果进行推断,评估出对所推荐的或计划的新型变流器设施的影响。仅依靠对谐波的广泛分析的求和是不行的。

B.4 典型变流器(相控)的结果

电力变流器可认为是厂矿电力系统中谐波电流的发生源。谐波的次数是变流器脉波数的函数,对大多数变流器来说,为 6 脉波或 12 脉波。谐波的次数为 $(kp \pm 1)$, 这里 k 为整数, p 为变流器的脉波数。表 B.2 示出了当直流电流经过良好地滤波后(无纹波)6 脉波变流器谐波次数的理想情况。

表 B.2 谐波电流—6 脉波变流

| 谐波次数 | 谐波电流 (占基波的百分比) (FLA) | | | |
|---------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | $X_c=0\%$ | $X_c=8\%$ $\alpha=10^\circ$ | $X_c=8\%$ $\alpha=30^\circ$ | $X_c=8\%$ $\alpha=90^\circ$ |
| 5(注 2) | 20 | 18.7 | 19.6 | 19.8 |
| 7(注 2) | 14.3 | 12.4 | 13.7 | 14.1 |
| 11 | 9.1 | 6.4 | 8.2 | 8.7 |
| 13 | 7.7 | 4.6 | 6.6 | 7.3 |
| 17(注 2) | 5.9 | 2.3 | 4.5 | 5.3 |
| 19(注 2) | 5.3 | 1.5 | 3.8 | 4.6 |
| 23 | 4.3 | 0.6 | 2.7 | 3.6 |
| 25 | 4.0 | 0.5 | 2.2 | 3.2 |
| 29(注 2) | 3.4 | 0.6 | 1.5 | 2.5 |
| 31(注 2) | 3.2 | 0.7 | 1.2 | 2.3 |
| 35 | 2.9 | 0.6 | 0.7 | 2.3 |
| 37 | 2.7 | 0.5 | 0.5 | 1.6 |
| 41(注 2) | 2.4 | 0.4 | 0.2 | 1.3 |

表 B. 2(续)

| 谐波次数 | 谐波电流 (占基波的百分比) (FLA) | | | |
|---------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | $X_c=0\%$ | $X_c=8\%$ $\alpha=10^\circ$ | $X_c=8\%$ $\alpha=30^\circ$ | $X_c=8\%$ $\alpha=90^\circ$ |
| 43(注 2) | 2.3 | 0.3 | 0.1 | 1.1 |
| 47 | 2.1 | 0.1 | 0.1 | 0.9 |
| 49 | 2.0 | 0.1 | 0.2 | 0.7 |

注 1: X_c 为换相(电网)电抗(%);
 α 为变流器滞后角。
注 2: 在 12 脉波变流器中, 这些谐波电流的幅值通常被认为是 6 脉波值的 10%。

谐波电流的幅值是基波电流幅值、换相电抗 X_c 和变流器滞后角的函数。

在由基波电流幅值、变流器滞后角和换相电抗所确定的任何给定工作条件下, 可计算出谐波电流的准确幅值。通常, 谐波的幅值随 d. c. /a. c. 的比值(滞后角近似为 90°)和换相电抗的减小而增加。

对于基本的三相桥式变流器(见图 B. 1), 已经给出了谐波电流计算用的几种不同的近似法。

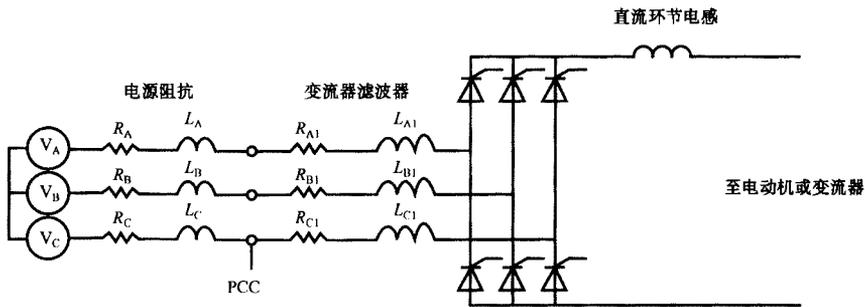


图 B. 1 具有大直流电感的晶闸管变流器

B. 4. 1 方波线电流

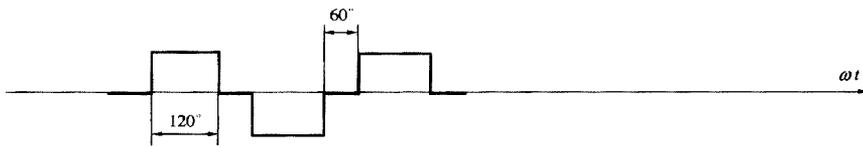


图 B. 2 方波线电流

B. 4. 2 梯形波线电流

参考文献: GB/T 3859. 2, IEC 61000-2-1。

a) 第一种近似法(见 GB/T 3859. 2 的 6. 6. 2. 1)

对于配电网的典型阻抗(结果与 R_{sc} 无关)

$$\frac{I_h}{I_1} = \frac{1}{\left(h - \frac{5}{h}\right)^{1.2}}$$

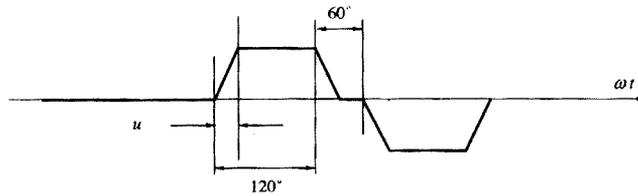


图 B.3 梯形波线电流

b) 另一种近似法(结果与触发角无关,而与 R_{SC} 有关)

$$\frac{I_h}{I_1} = \frac{3}{k} \cdot \frac{\left| \sin\left(\frac{hu}{2}\right) \right|}{\left(\frac{hu}{2}\right)} \cdot \frac{1}{h}$$

式中,换相角 u 由下式给出:

$$\cos\alpha - \cos(u + \alpha) = 2dx = \frac{2X_c I_d}{\sqrt{2}U_{vo}}$$

$$\text{这里: } x_c = \frac{X_c}{Z_n} \text{ 和 } R_{SC} = \frac{1}{kx_c}$$

$$k = \frac{I_{dm}}{I_{dN}}$$

(最大电流和额定电流之比)。

c) 最后一种近似法(见 GB/T 3859. 2 的 6. 6. 4)给出了用图形表示的数学公式。结果与触发角 α 和换相角 u 相关。

表 B. 2 就基于这种近似法。

B. 4. 3 带直流电流纹波的电流谐波

上述的三种近似法假定直流电流无纹波。这未必确切,特别是当网侧为二极管整流器而无电抗器的传动系统更是如此。

B. 4. 3. 1 带理想直流纹波的方波电源电流

理想化的直流电流纹波是由正弦波的一部分构成。

$$r = \frac{I_{pv}}{I_d}$$

$$I_1 = I_d \left(\frac{3}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} + 0.014 r \right)$$

谐波次数 $h = 6k \pm 1 = 6k + e$

$$\frac{I_h}{I_1} = (-1)^e \left(\frac{1}{h} + \frac{6.46 r}{h-1} - \frac{7.13r}{h} \right)$$

结果如图 B. 4 所示,一般,它给出了一种通常实用的近似法,特别适于直流电路中含有大电感的传动系统。

注:高纹波,7次和13次谐波电流都有位移,在图 B. 4 中以负值显示。

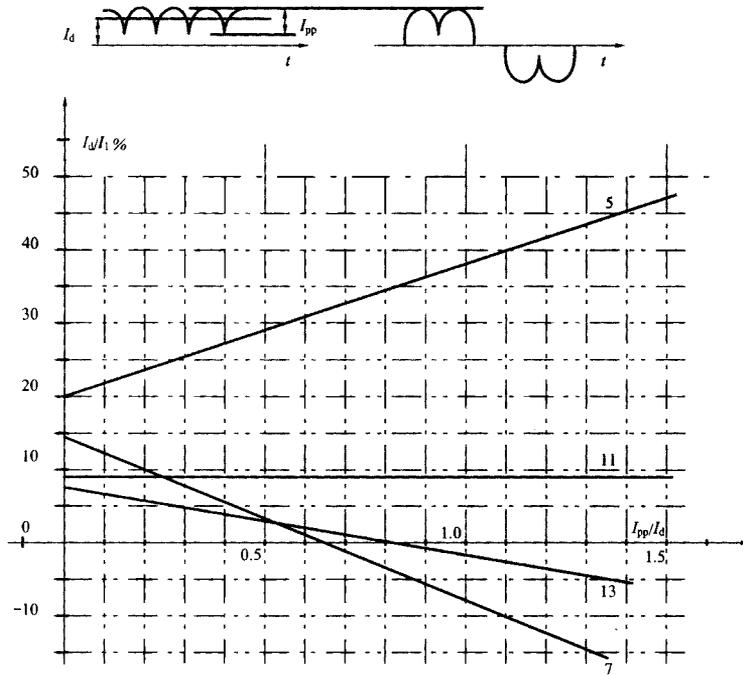


图 B.4 电源电流的主要谐波分量,假定方波线电流具有理想的直流电流纹波

B.4.3.2 带理想直流电流纹波的梯形波电源电流

将上述情况加以延伸,也考虑到换相角的情况,得出了更复杂的表达式(IEEE Transactions on Industry Applications No. 1, Jan/Feb. 83)。

B.4.4 二极管整流器

另一种结构就是将二极管整流器作为 PDS 的网侧变流器。在三相桥最常见的情况下,所产生的电流谐波含量与二极管的导通时间关系极大,即与总的等效电抗 X_L 相关。

网侧为二极管整流器的电力变流器示于图 B.5,同时还示出三相电网阻抗、变流器的滤波器(阻抗)和直流环节阻抗。变流器阻抗可定义为 2 倍变流器滤波器的阻抗加直流环节阻抗,这是由于任何给出的导电电路的阻抗是串联的。电源阻抗为 2% 和变流器阻抗为 6% 的情况下,上述变流器结构的输入电压波形、输入电流波形示于图 B.6。

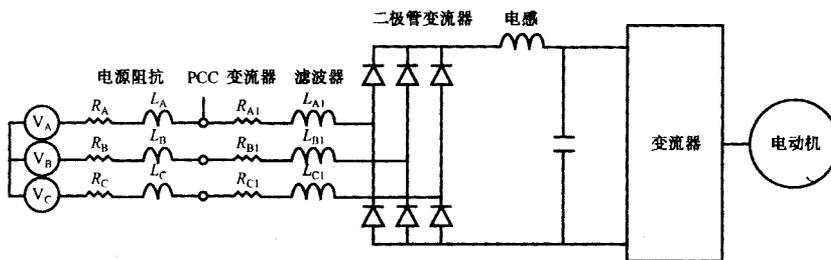
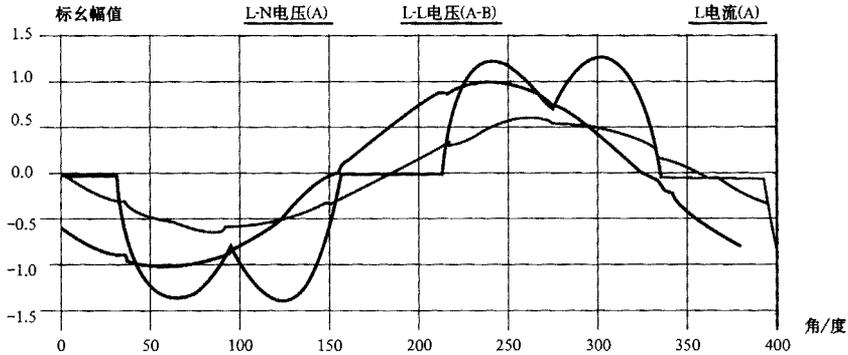


图 B.5 采用二极管整流器(网侧)和 PWM 逆变器或直流斩波器的电力变流器



注：电源阻抗=2%；变流器阻抗=6%。

图 B.6 采用二级管整流器(网侧)和 PWM 逆变器或直流斩波器的电力变流器

网侧电压畸变因数随变流器阻抗的增加而改善,随电源阻抗的增加而恶化。图 B.7 分别示出了网侧电压畸变因数和电流畸变因数随阻抗和变流器总阻抗的变化。

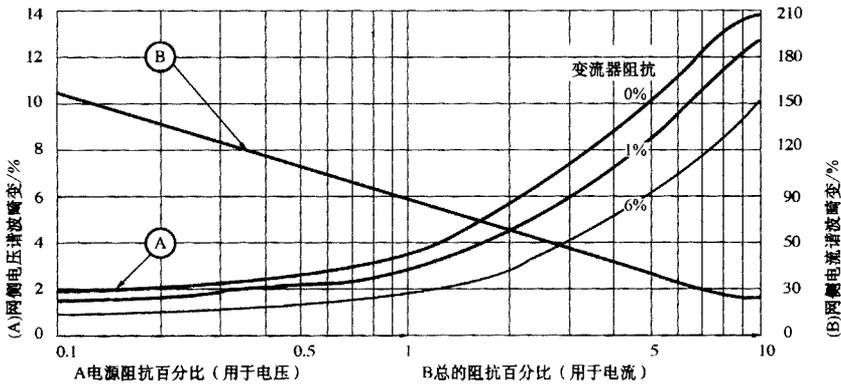


图 B.7 具有网侧整流器的电力变流器

B. 4.5 无直流环节电感的二极管整流器

直流环节中无电感的变流器(低功率 BDM)会出现如下特殊情况。

网侧电流畸变与总的(输入)阻抗(变流器阻抗与电源阻抗之和)成反比(见图 B.8)。

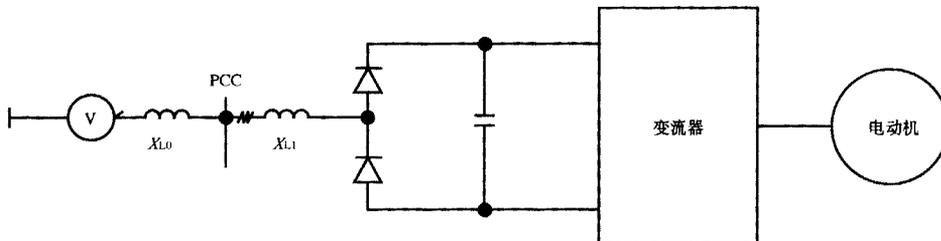


图 B.8 无直流环节电感的二极管整流器

x_{L1} 的标幺值(p. u.)为:

$$x_L = \frac{X_L I_d}{\frac{U_{vo}}{\sqrt{3}}}$$

式中, I_d 为实际值, 而不是额定值。

$$x_c = \frac{X_L I_{VN}}{\frac{U_{vo}}{\sqrt{3}}} \quad X_L = \frac{X_c \cdot I_d}{I_{VN}}$$

注: 这个定义与 x_c (p. u.) 是不同的。

在下列两图中按电流畸变给出结果。各个谐波电流见图 B. 9, 电流的畸变因数见图 B. 10。

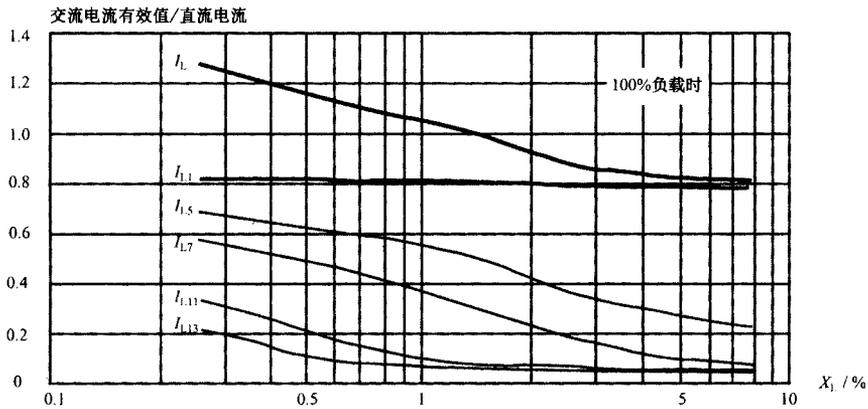


图 B. 9 输入谐波电流

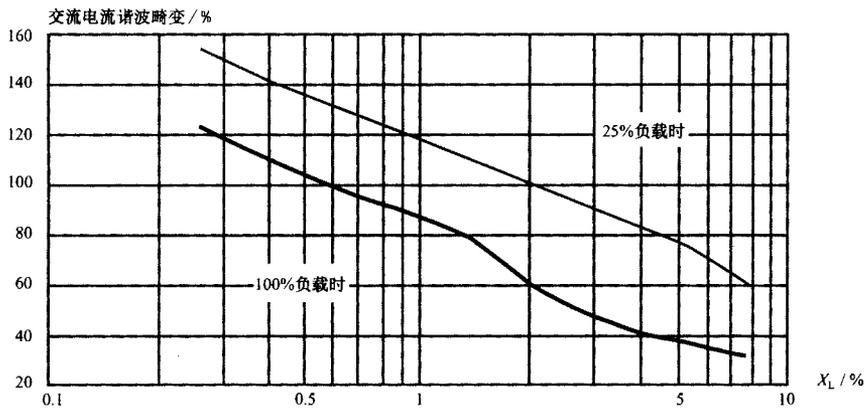


图 B. 10 输入电流畸变

B. 4. 6 概要

所有这些近似法都提供了有关规则次数谐波的信息。它们都假设设备是理想的, 无任何工艺上的偏差。由于理想的设备是不存在的, 这就使功率元件的触发或关断角的理想值和实际值之间存在差别, 所以就有可能产生出非规则次数的谐波, 如偶次谐波或 3 倍频谐波。

B. 5 PDS 谐波影响的评估举例

通过谐波畸变(为了简单起见, 限制到 25 次以下)的一个理论例子来说明评估干扰性和抗扰性之间

关系的一种实用方法。其中考虑了 4.1 中提到的传动本身的影响。

一套电气传动系统中包含的一个 6 脉波晶闸管变流器,通过其内部的 0.3 mH 的电感、从 PDS 到 IPC 的 0.1 mH 电网电感和代表厂内电网(从 IPC 到 PCC)的 0.04 mH 电感连接到一配电系统(PCC)。

PCC 处配电网络的固有电感为 0.06 mH,额定线电压为 415 V,50 Hz(相电压为 240 V)。为了简单起见,直流电流无任何纹波, $I_d=100$ A。所产生的 $I_{L,N1}=78$ A。这对应于 PCC 处的 $R_{SC}=163$ 。谐波电流用 GB/T 3859.2 的图 8 来评估,假定触发角 $\alpha=20^\circ$ ($d_x=2.55\%$,换相角 $u=7.3^\circ$)。

表 B.3 示出了变流器对谐波相电压的分配(V)。

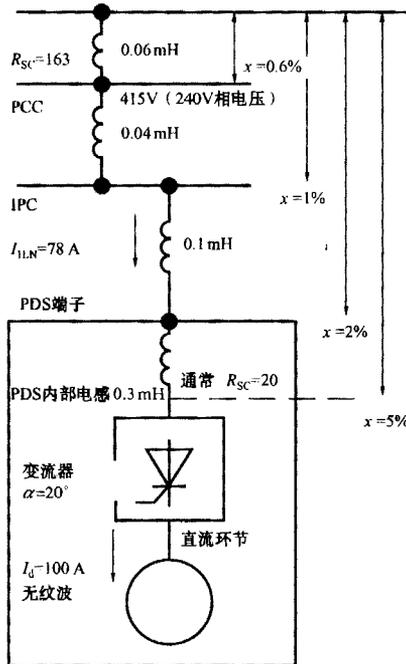


图 B.11 简单结构举例

表 B.3 传动系统引起的谐波

| h | 5 | 7 | 11 | 13 | 17 | 19 | 23 | 25 | THD% |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| I_h (A) | 15.4 | 10.8 | 6.4 | 5.3 | 3.7 | 3.2 | 2.3 | 1.9 | 27% |
| U_h (V) PCC 处相电压 | 1.44 | 1.42 | 1.33 | 1.31 | 1.2 | 1.13 | 1.00 | 0.90 | 1.5% |
| U_h (V) IPC 处相电压 | 2.41 | 2.37 | 2.22 | 2.18 | 2.00 | 1.89 | 1.66 | 1.50 | 2.4% |
| U_h (V) PDS 端子处相电压 | 4.8 | 4.8 | 4.5 | 4.4 | 4.0 | 3.8 | 3.4 | 3.0 | 4.8% |
| U_h (V) 变流器端子处相电压 | 12.1 | 11.9 | 11.1 | 10.9 | 10.0 | 9.5 | 8.3 | 7.5 | 12.1% |

在 IPC 或 PCC 处先前就存在电压畸变的情况下,对上述各个影响求和是相当复杂的,然而,IEC 61800-3 的 B.2.3.3 给出了简化的近似方法,可用来粗略估计产生的畸变。

B.6 谐波的衰减

功率因数补偿和谐波衰减是两个紧密相关的问题。

此外,局部性和多重性的补偿大大增加了系统共振的危险性。因此,最好采用对整个系统进行全局补偿的方案。

通常,安装数个滤波器,将滤波器的谐振频率调到最具有破坏性的谐波次数。这是解决这个问题常用的方法。

加上移相变压器(改变变流器的脉波数)就可减少传动系统谐波。电源取自次级为 Δ 和Y联结的变压器,于是在变压器的初级产生 $12k \pm 1$ 特征电流谐波。较典型的是,5次和7次电流谐波减少到6脉波值的10%。对于第一类型的变流器,要求变流器滞后角相等。适用于12脉波运行的图B.4和图B.6需加以修改。在图B.6中,需重新计算总的有效值。

对于由移相变压器供电的第一种或第二种复式传动,总的谐波电流含量将有所减少。

B.7 换相缺口

作为变流器谐波发射一部分的换相缺口,可采用特殊的时域分析法对其进行分析(见 IEC 60146-1-2 的 3.5)。换相缺口是由于电网换相变流器每次换相时馈电线上相间瞬时短路引起的。

常用的三相桥式变流器由6只半导体开关如图B.12所示的排列组成。电流由一个开关转移到同一个排上的另一个开关(上排3个或下排3个)称为换相。在换相期间,同一排上的2个(或3个)半导体同时导通,使相间瞬间短路。在桥的输入端子处线电压减到零,线电压出现缺口(见图B.13)。

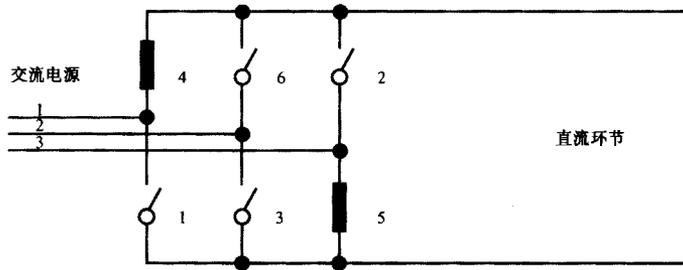


图 B.12 3相6脉波桥式变流器

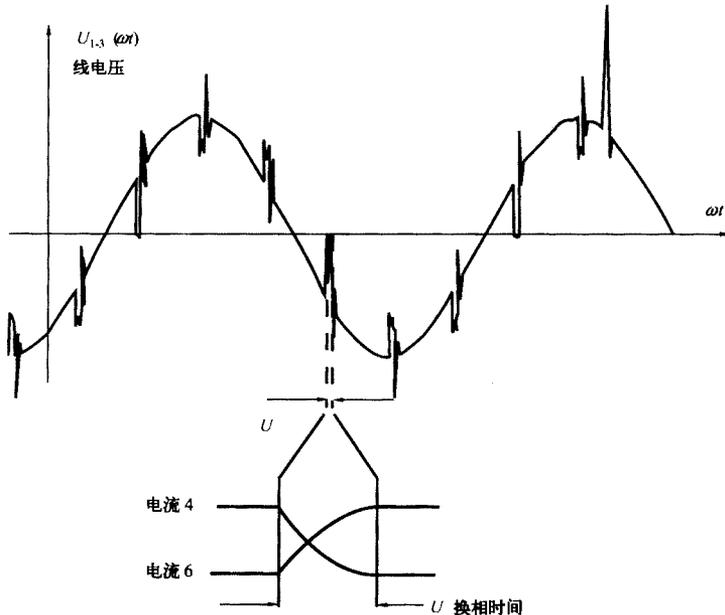


图 B.13 3相6脉波桥式变流器的换相缺口

由另外的变流器在电源线上造成的换相缺口会使晶闸管RC吸收电路和交流电源线RC电路放电。在自生的换相缺口以外吸收电容器的额外放电,可使与电容器串联的电阻过热而损坏。换相缺口也通过电源变压器与变流器的调节器容性耦合,导致调节器故障或传动系统不稳定。

在电流限值工作时换相缺口最大。

若变流器不用去耦元件连接到电网上,则与缺口相关的短路可能是彻底的短路(例如缺口可能达到100%深度)。当变流器通过电抗连接到 PCC 上(见图 B.14),则短路也可能受到限制(例如有个阻抗)。这时缺口的深度与去耦阻抗的关系如下:

$$d \leq 100 \times \frac{Z_{cc}}{Z_{cc} + Z_d}$$

式中, d 为缺口深度(%)。

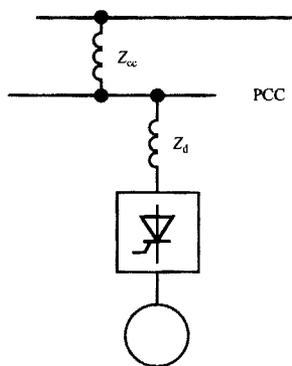


图 B.14 用于评估减小换相缺口的等效电路

其含义是通过降低 Z_{cc} 和增加 Z_d , 以减小缺口深度。

通过设置隔离变压器或电抗器可增加 Z_d 。当设置隔离变压器或电抗器时,隔离变压器或电抗器应尽可能地靠近变流桥安装,这样可以避免换相瞬变对通讯电路和控制电路的干扰。

通过重新布线和将 PC 点靠近电源,可减小缺口深度。这可有效地减小公共阻抗 Z_{cc} ,同时保持($Z_{cc} + Z_d$)不变(由于电缆的长度变化, Z_d 随着 Z_{cc} 的减小而增加)。

然而,PC 处缺口的面积与去耦电抗的值无关。其他保持不变,仅增加去耦电抗,使缺口深度减小,而缺口宽度增加,其积保持不变。

B.8 电源电压瞬时跌落和短时断电的保护

属于本标准范畴的设备可能对电源电压的瞬时跌落及短时断电极其敏感。在这种扰动期间,电动机输出转矩大大降低,电动机会趋于停车。在电源恢复期间,被传动设备一般继续运行。由于变流器与电动机不再同步,随机再启动可能导致不允许的过电流(设备有损坏的危险),造成保护电路跳闸和系统停机。为了避免这种现象,许多传动系统在检测到断电时就停止运行。对于要求连续工作的应用,用户和供货商/制造厂之间要制定严格的规范说明。

可能有若干种解决方法。

不间断电源(UPS)

采用这种方法可做到无干扰运行。传动系统的额定功率和所受扰动的最长持续时间决定 UPS 的容量。

电压瞬时跌落的补偿

如允许降低转速,则用本方法可使传动设备在三相电压较大幅度瞬时跌落期间继续运行。在正确确定电压瞬时跌落的补偿容量时必须考虑三相电压瞬时跌落的最大幅值、扰动最长持续时间、生产过程中被传动设备允许的转速降低的程度和负载特性。

短时断电后转速跟踪再启动

在三相电压瞬时跌落和供电短时中断期间,在长时间持续扰动下,没有传动系统的支持和备用电源,要想继续运行是不可能的。转速的减慢与负载转矩、被传动设备和电动机的惯量、负载以及扰动的持续时间相关。电动机甚至有可能完全停转。然而,当被传动设备仍在运转时,常可能在电源恢复之后

转速跟踪再启动。这种方法通常需有速度传感器。设计参数包括要承受的最长扰动持续时间、电源恢复到电动机返回到原有转速的时间。没有转速跟踪再启动,通常必需停止传动设备和/或生产过程。

B.9 参考文献

- IEC 60364-3:1993 建筑物的电气装置 第3部分 一般特性的评定
 IEC 61000-2-1:1990 电磁兼容性(EMC) 第2部分 环境 第1章 环境介绍——公用电源系统中低频传导性干扰和信号传输的电磁环境
 IEEE 519:1992 电气系统中对谐波控制的推荐作法和要求
 IEEE 597:1983 通用的晶闸管直流传动的习惯性作法和要求
 IEE Transactions on Industry—Applications No. 1 Jan. /Feb. 83

附录 C (资料性附录) 辅助设备

C.1 概要

经仔细识别,用于调速传动系统(PDS)的各种电气设备可能会置于一些异常条件中。例如,变压器和电抗器可能工作于各种谐波电流和绕组脉冲负载下。本附录的目的是帮助人们识别用于这一类辅助设备的这种应用条件。

C.2 变压器

在BDM的输入端可以使用变压器(隔离变压器和自耦变压器)。

通常这些变压器对变流器运行并非必需,但它们需满足如下一项或多项要求:

- 确定电压等级;
- 符合规范和规程;
- 提供隔离(电的);
- 确定接地的要求;
- 提供瞬变抑制;
- 降低短路电流等级;
- 增加脉波数;
- 减少谐波含量。

变流器中吸收电路、 dv/dt 、 di/dt 或电抗器网络的设计是基于有电源阻抗的假设。变压器可用于调节该阻抗。

注:变压器会承受有谐波含量的波形。

C.2.1 电压

当电网电压不同于变流器的额定输入电压时,在变流器的输入端可采用升压或降压变压器或自耦变压器。可采用为混合负载供电的馈电变压器来完成所要求的电压变换。在较大型变流器的情况下,对于单个变流器或变流器组可配备独立的专用变压器。

C.2.2 规范

地方或厂内的规范可对电气隔离有所规定,可以采用隔离变压器。

C.2.3 为易受接地故障影响的设施提供持续工作的功能

对于某些工程应用,可规定在CDM/BDM和电动机上用不接地的或阻抗接地的支路。在连续生产

过程的工业界,如纸浆造纸、食品加工、化学、水泥搅拌、采矿或金属工业中常有这种用法。

在这些工业中,由于湿度或环境条件对支路和电动机绝缘系统的影响,支路导线接地故障时常发生。为了在接地故障的环境中持续运行,要采用隔离变压器使 CDM/BDM 支路与整个配电系统电隔离。采用这种方法,在单一的接地故障情况下,CDM/BDM 支路仍可持续运行。为了保证持续运行,用户应尽早清除接地故障。

采用变压器保证在接地故障的条件下连续运行,不应与变流器接地故障保护相混淆。变流器接地故障保护在制造厂规定的接地故障条件下保护变流器,但不能保证所要求的持续运行。

C. 2. 4 电网电压不平衡

进线相间电压的不平衡大于 3% 时,可能导致从交流电网吸取的电流大于额定线电流。带抽头的隔离变压器可用来补偿所有额定负载条件下电压的不平衡。

C. 2. 5 减小变流器输入谐波电流

CDM/BDM 的输入电流常常是非正弦波的。这些非正弦电流是工频正弦波电流分量(称为基波电流)和工频之外其他频率的附加正弦波电流分量(称为谐波电流)组合而成的。

由于谐波电流不利于电力的传输,而且可能增加配电系统的容量负载,所以希望减小这些谐波电流。

对于某种 CDM/BDM,在变流器输入端和配电系统之间接入阻抗,可能使输入线电流谐波含量发生变化。变压器是改善馈线阻抗特性的适用的部件。

关于改善馈线阻抗和减小线电压缺口的更详细的资料见附录 B。

C. 2. 6 减小变流器输入端预期短路电流

当变流器耦合点(PC)的预期短路电流大于制造厂规定的变流器最大短路能力时,为了减小预期短路电流,可在配电系统和变流器间接入变压器。

C. 2. 7 脉波数 p

在某些情况下,采用变压器或自耦变压器来增加脉波数,以减小电压谐波畸变。

C. 3 电抗器

也可采用线路电抗器取代变压器补偿电网电压的不平衡,改善馈线阻抗,减小电网缺口及预期的短路电流。

在 PDS 变流器电路结构中,电抗器(铁心或空心)也可用作滤波器、换相元件、串联平波元件、均流元件等等。

电抗器的设计是专用的,并且与所用的具体变流器的电路结构有关。

C. 4 开关装置

在 PDS 的输入端,可使用开关装置(隔离开关、断路器、组合起动器、接触器等等)。

这些开关装置并非专用于变流器的运行,但应满足如下一项或几项要求:

- 符合地方规范;
- 有效电隔离(安全性);
- 保护。

C. 5 参考文献

GB/T 10229—1988 电抗器(eqv IEC 60289:1988)

IEC 60364-4-46:1981 建筑物电气装置 第 4 部分 安全防护-过电压保护装置 第 46 章 隔离和开合

IEC 60364-5-537:1981 建筑物电气装置 第 5 部分 电气设备的选择和安装 第 537 章 隔离

和开关设备

UL 508 工业控制器

UL 508C 电力变换设备

NEMA ICS 1.1 固态控制的应用、安装和维护的安全性指南

NEMA ICS 1-11A 浪涌试验

NEMA ICS 7 工业控制和系统、调速传动

NEMA ICS 7.1 结构的安全性标准及调速传动系统的选择、安全和操作指南

prEN 50178 用于电力设施的电子设备

IEEE 519:1992 电源系统中谐波控制的推荐作法和要求

IEEE 597:1983 通用的晶闸管直流传动的实用作法和要求

IEEE P936:1987 自换相变流器指南

IEEE P995:1987 推荐一种确定交流调速传动系统效率的作法

附录 D

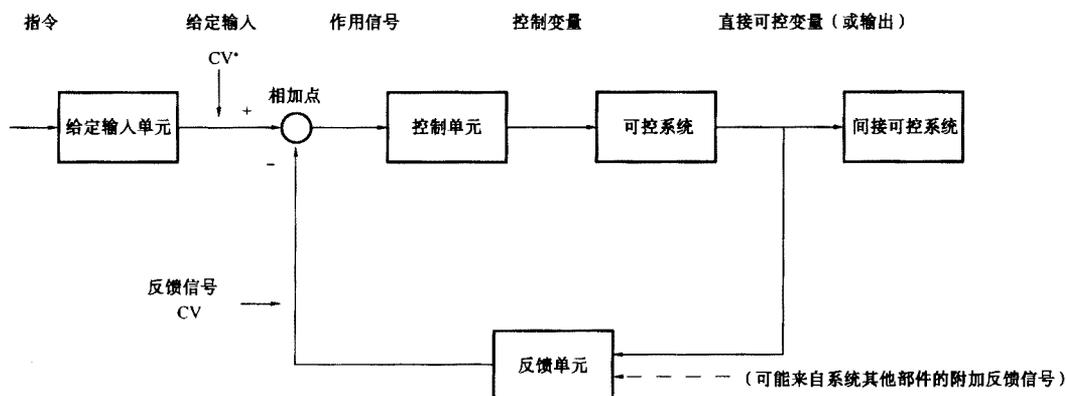
(资料性附录)

控制方案

为了实现某些性能的最佳兼顾,如所有转速下均有良好的性能、良好的转速和转矩响应、高效率、低谐波含量、高输入功率因数等等,可采用多种的控制方案。

D.1 控制系统的结构

直流调速传动系统的最终目标是控制某一生产过程的某个变量(见图 D.1),这个变量可能是线速度、位置、张力或某些其他物理量。



注: CV 为受控变量,图中用来表示:

—— 给定,符号为 CV^* ;

—— 测量的实际值,符号为 CV。

图 D.1 包括所有基本单元的反馈控制系统方框图

在整个反馈控制系统中,一般可分为主控制器和直流电动机控制系统。

主控制器将过程变量的实际值与给定值相比较后输出,作为直流电动机控制系统的指令信号。直流电动机控制系统的功能是将直流电动机的某一规定参数值调节到主控制器所要求的值。

主控制器的结构和性能不属于本标准的范围。

本附录涉及直流电动机控制系统的结构。

D.1.1 基本结构

电动机控制系统的基本结构根据应用的要求而定。最主要的内容如下：

- a) 检测电动机的参数,获得原始的反馈信号,电动机的参数可以是转速(采用转速反馈信号进行转速控制)、直流电压(采用直流电压反馈信号进行转速控制)或转矩生成电流(电枢电流和励磁电流控制);
- b) 有无弱磁运行;
- c) 有无电枢电流反向或励磁电流反向运行;
- d) 是否存在有环流或无环流的电枢电流反向。

表 D.1 示出在考虑到这些变化及其可能的相关组合之后,直流电动机控制系统可分为 9 种基本结构(A 到 I)。

表 D.1 中所列的配置常备有电流控制器,所以未将电流控制作为一个特殊的变量来考虑。

表 D.1 典型的控制配置

| | | 控制配置 | | | | | | | | |
|---|--------------|--------------|---|---|--------------|---|---|--------------|---|---|
| | | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
| 变 量 | 反馈器件 | 测速机 | | | | | | 直流电压传感器 | | |
| | 有/无弱磁 | 无 | | | 有 | | | 无* | | |
| | 有/无电枢电流反向 | 无 | 有 | | 无 | 有 | | 无 | 有 | |
| | 有/无环流的电枢电流反向 | | 无 | 有 | | 无 | 有 | | 无 | 有 |
| | 有/无励磁电流反向 | A1 无 A2 有 | | | D1 无 D2 有 | | | G1 无 G2 有 | | |
| * 当直流电压传感器作为反馈时,通过一个函数发生器(给出恒定直流电枢电压下励磁电流和转速的适当关系)将“转速”给定送到励磁电流控制器,也可实现弱磁运行。这是个老办法。 | | | | | | | | | | |

配置 A 和 G 是最简单的。它们分别表示以测速机或直流电压传感器作为反馈器件的不弱磁和电枢电流不反向的运行情况。所以其他的配置都可通过加上附加的特定方块来得到。

图 D.2 示出包含大多数控制系统配置的方框图。参照这个图,在表 D.2 中将每个控制配置分解为几个基本的方块。

在某些传动系统的控制系统中,采用并联的转速和电流控制环代替传统的串联调节器配置。

D.1.2 任选的装置

除了基本结构外,直流电动机控制系统还有一些任选的装置。最相关的选择列于表 D.2。图 D.2 方框图也示出了这些装置。

D. 1.3 数字和模拟控制

可采用数字或模拟控制技术实现传动控制。

采用数字技术时,时钟为系统提供一个或数个采样时间。

采样时间是这样一段时间,在该时间内,供计算用的测量值是恒定不变的、在该时间内进行计算,计算得出的控制器输出也是恒定不变的。

采样时间的选取与受控生产过程的时间常数及生产过程所要求的响应时间有关。

对于信息在不同数字系统间的传输所需要的传输时间,亦作同样的考虑。

表 D. 2 典型控制配置的组成

| | | 控制配置 | | | | | | | | |
|--|---------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
| 基本 方块 | 测速机 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ≠ | ≠ | ≠ |
| | 直流电枢电压 | ≠ | ≠ | ≠ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | 转速控制器 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | 电流限制器 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | 电流控制器 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | 门极控制单元 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | 接通逻辑 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | 电动机励磁控制 | ≠ | ≠ | ≠ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ≠ | ≠ | ≠ |
| “反向”逻辑 | ≠ | ⊕ | ≠ | ≠ | ⊕ | ≠ | ≠ | ⊕ | ≠ | |
| 任 选 | 内部给定 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 给定选择逻辑 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 斜坡函数发生器 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 与转速相关的电流限值 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | IR 补偿 | ≠ | ≠ | ≠ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 外部辅助电流给定 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 自适应电流控制器 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 环流调节器 | ≠ | ≠ | ⊕ | ≠ | ≠ | ⊕ | ≠ | ≠ | ⊕ |
| | 弱磁时转速控制器增益的校正 | ≠ | ≠ | ≠ | ○ | ○ | ○ | ≠ | ≠ | ≠ |
| 最小和最大励磁限值 | ≠ | ≠ | ≠ | ○ | ○ | ○ | ≠ | ≠ | ≠ | |
| ⊕ 在结构中,这个方块总是存在; ≠ 在结构中,这个方块永不存在; ○ 在结构中,这个方块是任选的。 | | | | | | | | | | |

D.2 控制方式

D.2.1 运行方式

下面列举了两种运行方式,说明用户的需要与设备性能之间的关系:

- a) 转矩控制方式;
- b) 转速控制方式。

提及转矩,重要的是要区分:

- 电动机产生的电磁转矩;
- 轴上的机械转矩。

由于负载的影响,轴上的机械转矩涉及到整个机械系统。除非另有规定,通常不考虑负载的影响和损耗,假定“转矩”为电磁转矩。

D.2.2 环路控制

在未首先确定出环路控制的情况下,任何比较都是毫无意义的,所以对三种反馈环路作了考虑:

- a) 开环控制,无反馈;
- b) 闭环控制,间接(计算的)反馈;根据变流器的电压、磁通、电流和触发脉冲等一些电气变量进行计算;制造厂应说明反馈是如何计算的,如使用上述变量(直流变量、交流变量)等;
- c) 闭环控制,直接(传感器)反馈;制造厂须规定出传感器的性能要求:精度、带宽等。

D.2.3 精度和性能

表 D.3 给出了所推荐的常用控制方法,其目的是帮助用户分析传动的控制方法,从而估计出预期的性能。

该表要求制造厂将稳态条件和动态响应两种控制性能区分开来。制造厂需说明在下列各转速下每种运行方式稳态条件下正常的保证精度:

- 低速;
- 中速(基本转速的 50%);
- 基本转速;
- 最大转速。

表 D.3 传动系统控制方案

| 运行方式 | 反馈类型 | 静态性能(精度/偏差带) | | | | 动态性能(对阶跃给定的调节时间) |
|--------|-----------|--------------|----|------|------|------------------|
| | | 低速 | 中速 | 基本转速 | 最大转速 | |
| 转矩控制方式 | 无反馈 | | | | | |
| | 间接反馈(计算) | | | | | |
| | 直接反馈(传感器) | | | | | |
| 转速控制方式 | 无反馈 | | | | | |
| | 间接反馈(计算) | | | | | |
| | 直接反馈(传感器) | | | | | |

注 1: 使用偏差带和工作偏差带与最大额定值有关(6.1)。
 注 2: 在基本转速和最大转速之间,CDM 给电动机提供的励磁小于额定磁通。在此条件下,电动机工作在欠励磁方式下,传动装置提供恒定的功率。

D.3 稳态和瞬态性能

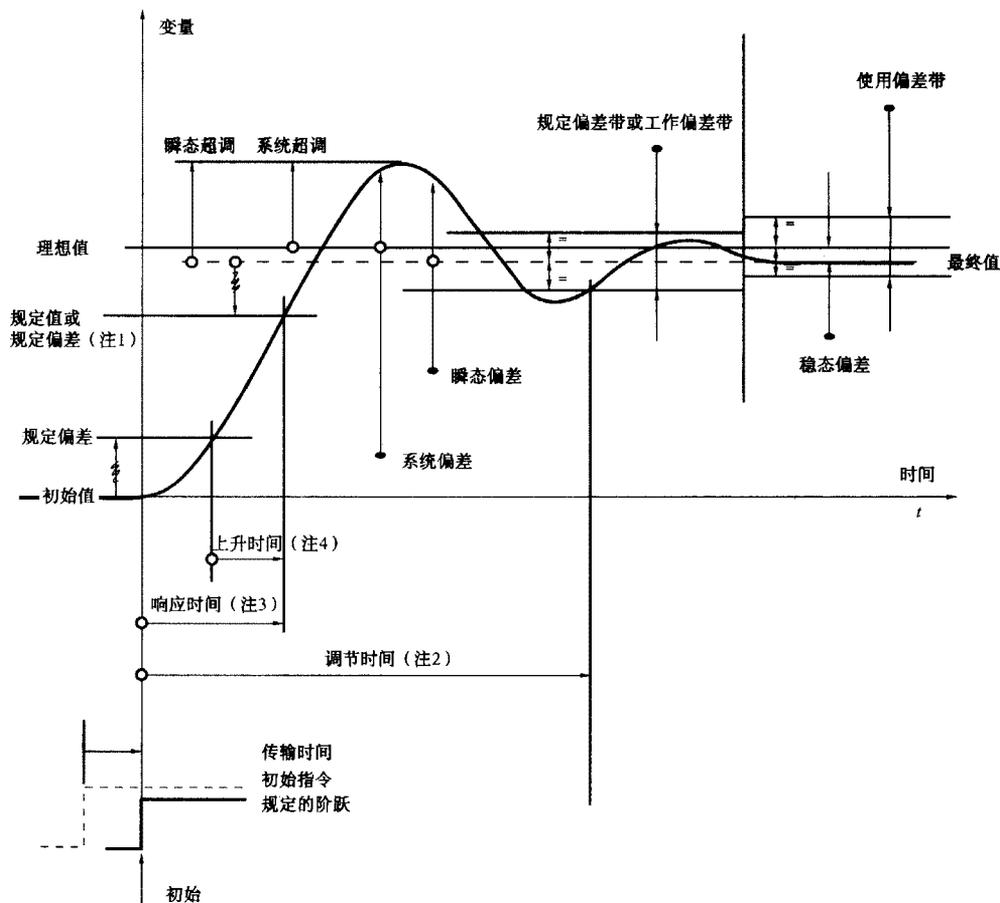
D.3.1 时间响应

在规定的运行条件下,时间响应是加上规定的输入所产生的输出与时间的关系曲线。给定输入单元是指响应于指令信号、产生出适合的给定输入信号并将其传输到相加点的那些单元(见图 D.1)。参看图 D.1,当反馈信号等于给定输入时达到理想值。

D.3.1.1 响应时间

响应时间是指规定的阶跃加到系统上后,输出沿着需要校正的动作方向首次达到规定值所需的时间(见图 D.3、图 D.4 和图 D.5)。

注:规定值常常被看作为相对于理想值的误差值(%)。



注1:规定值常常被看作为相对于最终值的误差值。

注2:调节时间:若偏差带没有规定,则应假定是工作偏差带,但中心是在最终值。

注3:响应时间:若偏差带没有规定,则可假定是工作偏差带的正值。

注4:上升时间:若偏差带没有规定,则可假定是工作偏差带的正值(一般地说,上升时间定义为从稳态值的10%上升到90%的时间)。

图 D.3 随给定输入阶跃变化的时间响应—负载不变

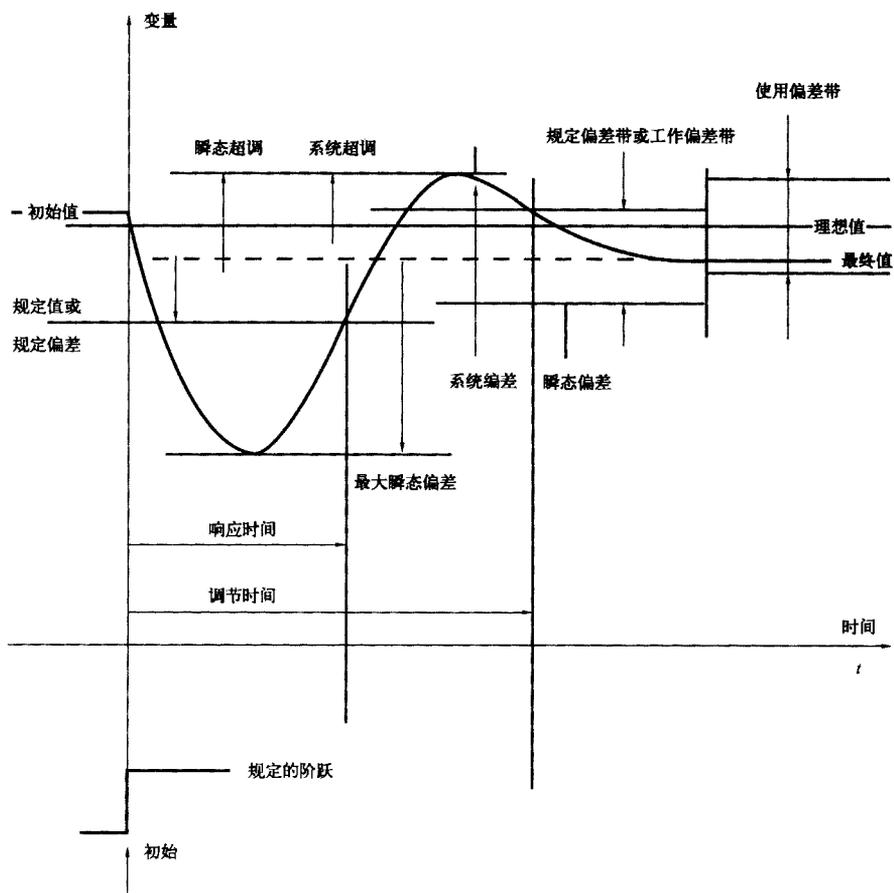


图 D. 4 随负载阶跃增加的时间响应—给定不变

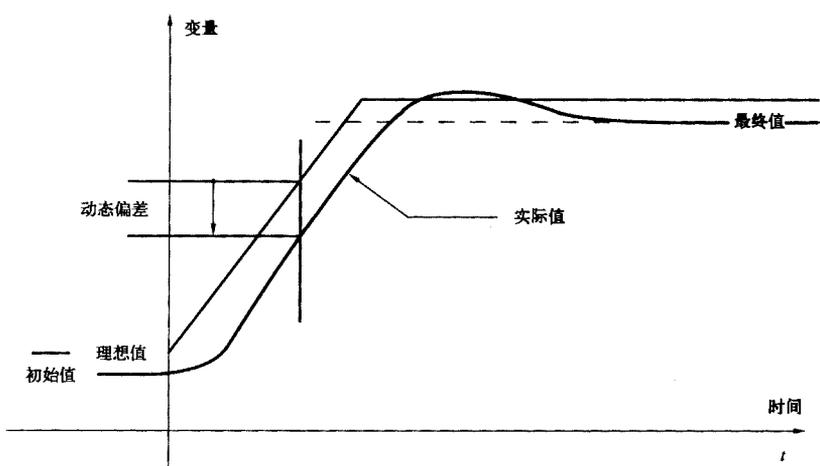


图 D. 5 随给定以规定的速率变化的时间响应

D. 3. 1. 2 上升时间

上升时间指反馈系统的输出(非第一指令)从接近初始值的规定值稳态递增到接近理想值的规定值所需的时间。规定值常常为超调前(若有)的 5%~10% 和 95%~90%(见图 D. 3)。

若“上升时间”这个术语不受限制,则上升时间可理解为对阶跃变化的响应。否则,就应规定出阶跃的图形和幅值。

D. 3. 1. 3 调节时间

调节时间是指规定的初始阶跃加到系统上,到规定的变量进入和停留在规定的偏差带(中心位于其最终值)内所需的时间(见图 D. 3 和图 D. 4)。

注:若偏差带没有规定,则假定其为工作偏差带。

D. 3. 2 特殊功能的性能

可能要求有关特殊功能的其他信息。

D. 3. 2. 1 速率控制

速率控制就是使两个传动系统以一个预定的速率运行的一种控制。当如图 D. 6 所示的两传动间存在正比关系时,速率控制的调节范围通常表示为相对于主传动转速的正负百分比。

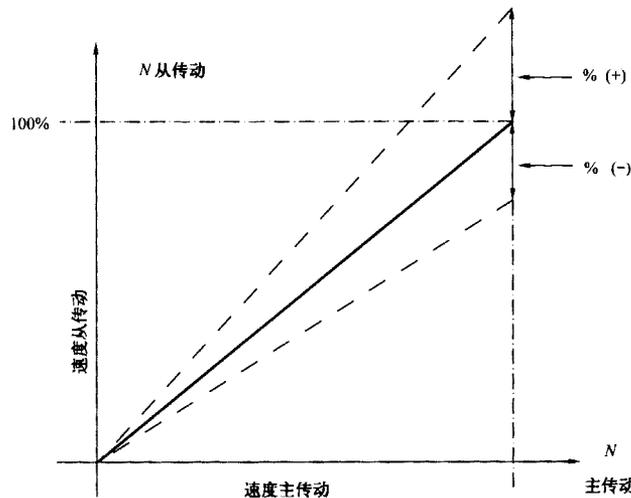


图 D. 6 主/从传动系统

D. 3. 2. 2 转速斜坡函数发生器

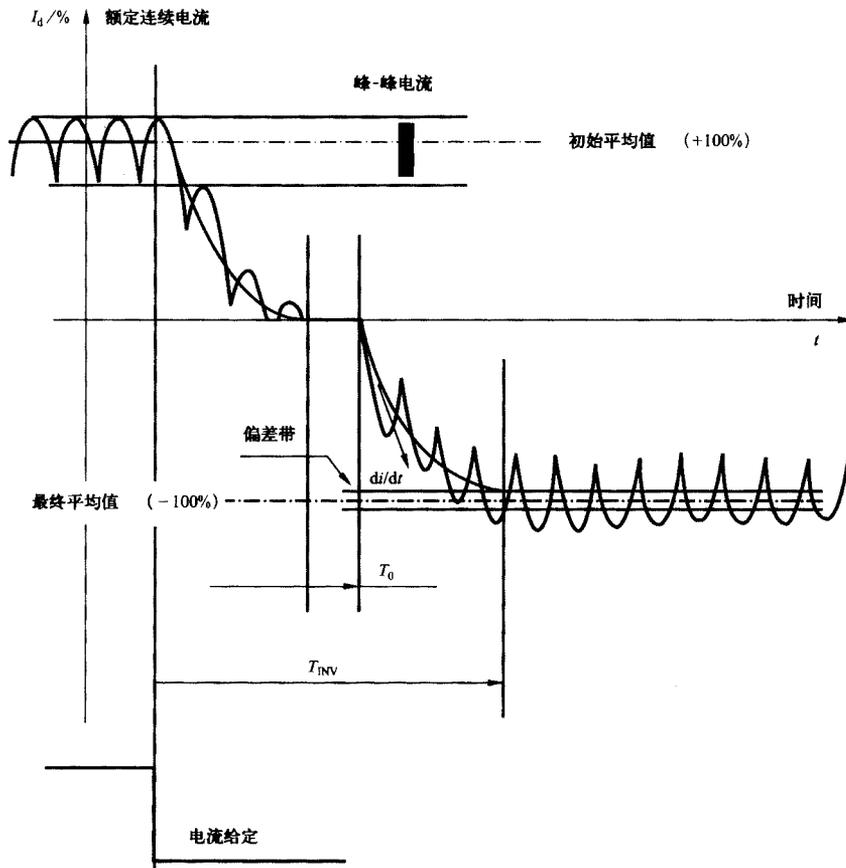
转速斜坡函数发生器(若有)的性能取决于可设定的加速度或减速度范围。另外,应考虑快速减速在应急停车时的应用。

D. 3. 2. 3 电流限幅器—转矩限幅器

电流/转矩限幅器的特性取决于可设定的电流限值范围。

D. 3. 2. 4 电枢电流反向时间

对于无环流的带电枢电流反向的传动系统,在电流反向期间有一个区间电流为零。图 D. 7 表明了反向时间的测量方法。试验条件是:转速为零,无励磁,电动机轴锁定,加上阶跃额定电流,并要求电流反向。进行测量并记录。



T_0 零电流反向时间；

T_{INV} 反向时间：从初始阶跃信号开始，一直延续到电流的平均值维持在其工作偏差带内。当然，电流的变化率也影响反向时间。

图 D.7 零电流反向时间

D.4 有关控制参数一览表

D.4.1 CDM/BDM 控制参数

根据图 D.2, CDM/BDM 的基本参数有：

- 正向转速给定下的加速时间；
- 正向转速给定下的减速时间；
- 反向转速给定下的加速时间；
- 反向转速给定下的减速时间；
- 转速控制器(若有)的增益；
- 转速控制器(若有)的时间常数；
- 正向电流给定的限值；
- 反向电流给定的限值；
- di/dt 的限值；
- 电流控制器的增益；
- 电流控制器的时间常数；
- 触发角的限值(整流和再生)；

- 直流电压的限值；
- 磁通控制器的增益；
- 磁通控制器的时间常数，等等。

D.4.2 电动机参数

电动机参数包括：

- 电枢电阻；
- 电枢电感；
- 励磁电路的电阻；
- 励磁电路的电感。

D.4.3 机械参数

机械参数包括：

- 惯量(包括电动机转子部分)；
- 弹性；
- 齿轮间隙；
- 其他。

D.4.4 电源参数

电源参数包括：

- R_{sc} 短路比；
- 谐波阻抗；
- 线路阻抗(基波的)或连续的电流容量。

D.5 结构

D.5.1 功能结构

与传动相关的变量是转速和转矩。

查阅图 D.8。

电动机是个能量转换器(将电能转换为机械能)。从电磁的角度来说,电动机是一种可用电子手段控制的转矩生成器。

变流器是需要触发系统(变流器的控制和门极控制接口)的电力电子设备。变流器和变流器控制系统相结合组成了可控变流器。

控制执行机构获得转矩生成指令信号,通过可控变流器控制电动机的电磁性能。

电动机、可控变流器和控制执行机构相结合构成执行机构。系统控制将给定、指令信号和系统顺序传达给执行机构。

系统控制、执行机构和被传动设备相结合构成装备或装备的一部分。

D.5.2 硬件结构

硬件结构,特别是传动系统的不同部件的限值,与功能结构的定义并不是对应的。

这是由于技术原因造成的,不同的供应商由于各有所长,可能负责不同的单元,例如传动系统中不包括被传动设备。

定义成套传动模块(CDM)是有用的。CDM 就是不带电动机(及其辅助传感器)的传动系统。从第2章、图2和图D.8可以看出,CDM可分成基本传动模块(BDM)和附加部件两部分。BDM可包括或不包括转速控制器。

独立的产品有基本传动模块(CDM)或成套传动模块(BDM),当连接到电动机时,就成了传动系统(PDS)。

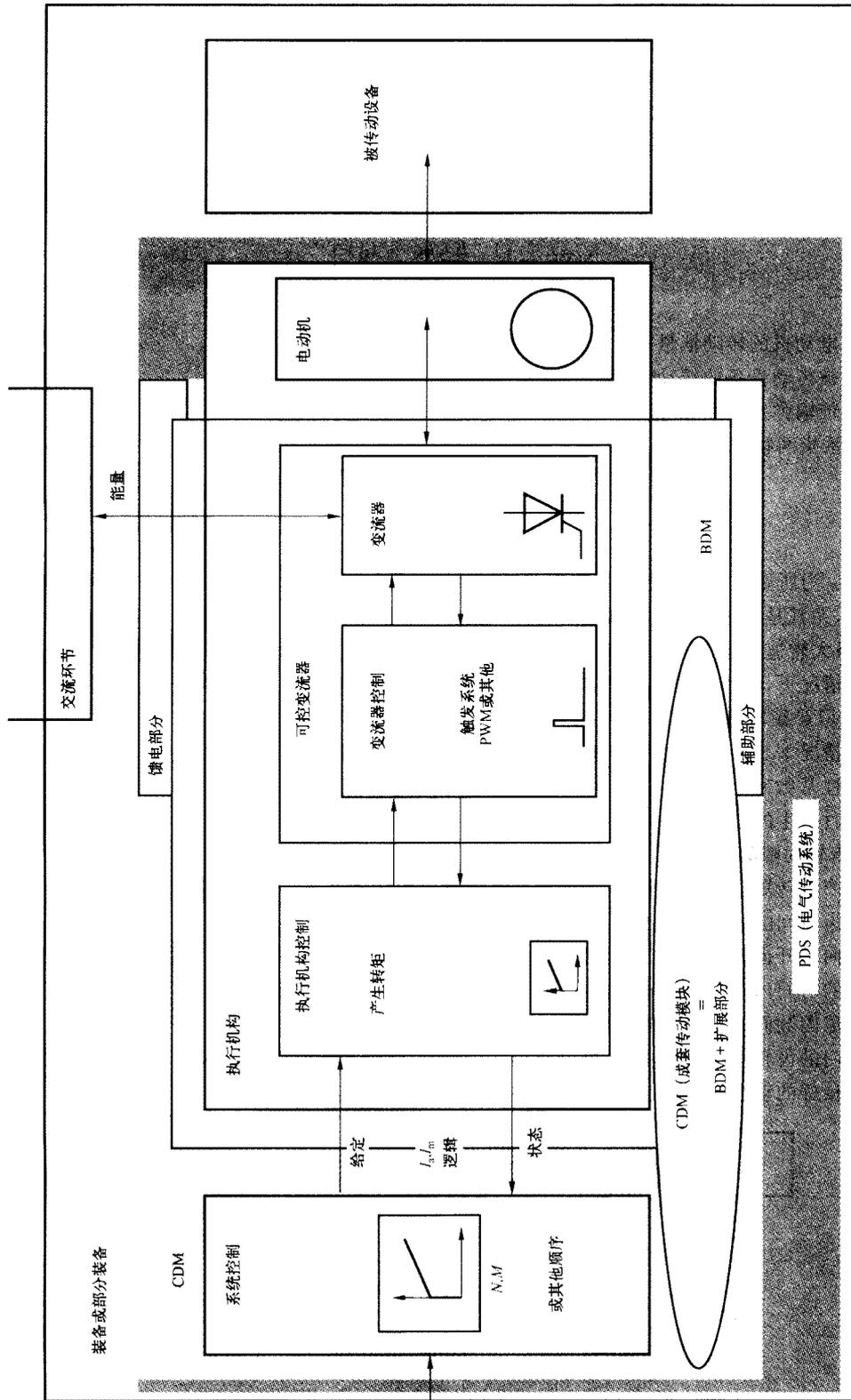


图 D.8 传动系统的结构

D.5.3 传动性能有关的重要问题

CDM/BDM 特有的性能只与生成电动机电流的转矩有关。

转速性能取决于 CDM/BDM、电动机和被传动设备,但不仅仅取决于 CDM/BDM。事实上,某些机械特性,如抗扭弹性和齿轮间隙限制了转速控制器的响应时间,进而可能限制传动系统的性能。

D.5.3.1 抗扭弹性变形的影响

通过轴和/或齿轮将电动机连接到被传动设备上,产生(固有扭振频率)NTF,与物体转动惯量和传输弹性的关系如下:

$$NTF = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{K(J_M + J_D)}{J_D \cdot J_D} \right]^{1/2}$$

式中:

J_M ——电动机的转动惯量;

J_D ——被传动设备的转动惯量;

K ——传输弹性常数($1/K$ =弹性变形)。

该方程系指两物体系统(三个或多个物体的系统存在两个或多个 NTF)。在许多情况下,NTF 频率极高。

若:

$$NTF \gg 10/T_R$$

式中, T_R 为所要求的转速控制器响应的的时间,转速时间响应与传动的电气参数和机械参数无关,与控制特性,尤其是传感器的机械和电气特性以及转速控制器的超前时间常数¹⁾和阻尼系数关系较大。

同时,最大转速瞬态偏差取决于传动系统的转动惯量和/或所施加的阶跃负载的阶跃幅值。

在某些情况下,特别是当传动轴有低弹性常数值(例如,长传动轴),以及被传动设备的转动惯量大时,传动的 NTF 频率可能小于 $10/T_R$ 。

在这种情况下,为了避免运行期间振荡,转速控制器的响应时间要根据机械参数值(即物体转动惯量和传输弹性常数)调整到相对于 NTF 较高的值。因此,在相同的转动惯量和相同的控制特性下,负载阶跃变化时产生的最大转速瞬时偏差比固有 $NTF > 10/T_R$ 的系统要高些。

D.5.3.2 齿轮间隙的影响

当可能产生转矩反向时(例如由四象限变流器供电的传动系统中,速度给定阶跃下降,令传动系统减速),传动齿轮间隙可能引起传动系统的非线性(见图 3)。

转矩反向打开齿轮间隙,使电动机和被传动设备极短时间断开,造成系统惯量减小。所以,转速控制器在极短的时间内消除齿间轮隙。在这一点上,系统可能因冲击而进入扭振,经过几个周期之后(根据系统的阻尼因数而定),振荡被阻尼掉。

采用专门的齿轮间隙补偿功能,可以减小,但不会消除这种临时性的振荡。

在要求良好的动态传动性能的生产过程中,有必要减小传动齿轮间隙。

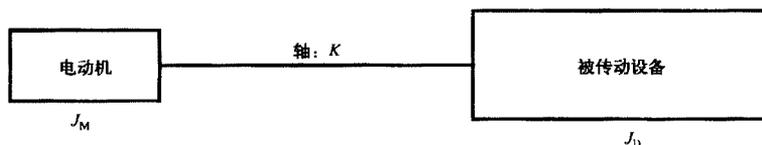


图 D.9 机械方块图

1) “超前时间常数”的英文为“lead time constant”。

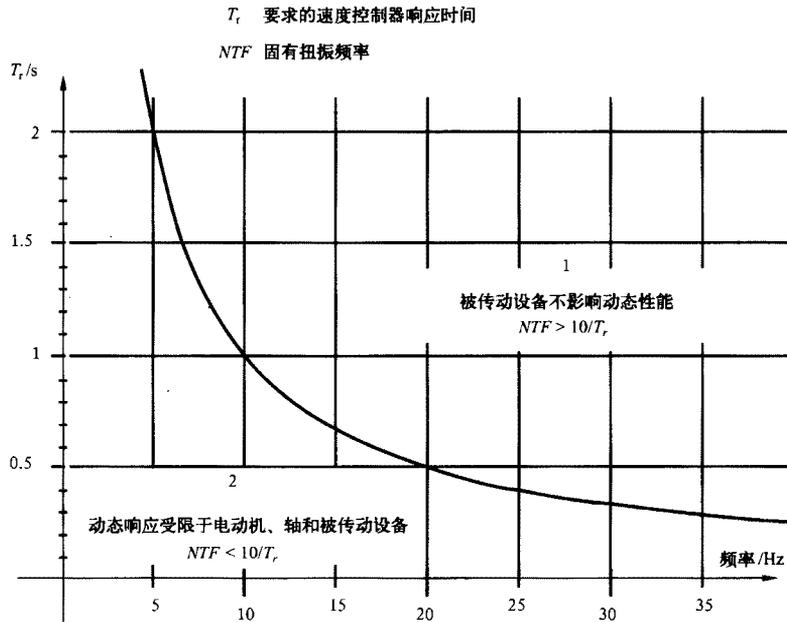


图 D.10 简单的稳定性准则

附录 E
(资料性附录)
保护

E.1 引言

本附录有助于用户了解如何正确地保护 PDS/CDM/BDM。保护技术用法不同,但根据物理现象有一个通用的分类方法。保护技术的应用也与装置本身有关。本附录仅对设备的可用性作一概述。

E.2 设备的可用性

设备的可用性指设备的连续性能。这些保护电路主要对影响传动系统的外部因素起作用。

E.2.1 设备的保护电路

这些保护电路应能防止设备故障以及设备或元器件的损坏。超过限值可能会引起这些保护电路进入工作状态。确定限值应低于元器件的破坏阈值。

E.2.2 设备报警和故障的分类

根据故障的危险程度和所要求的保护动作的快慢,将报警和故障分为四类。其例见图 E.1,这些可根据应用来选用。当选用时,确定原则如下:将设备停下来消除故障,因此而引起整个生产过程中断开被传动设备的时间尽可能短。这种保护方案需用户和制造厂同意。所指示的报警和故障应能分别显示在设备的监视系统或者送到控制室的监视器。

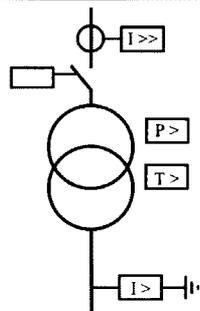
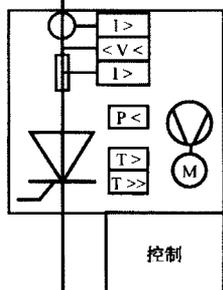
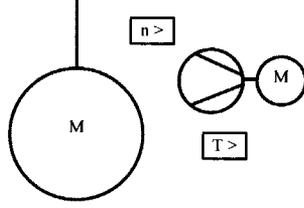
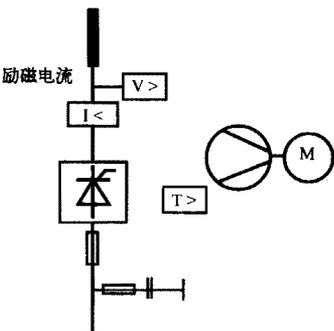
| 信息 | 类别 | | | | |
|--|----|------|------|-----|-----------|
| | 报警 | 轻故障1 | 轻故障2 | 重故障 | |
|  <p>短路</p> <p>瓦斯继电器</p> <p>过热</p> <p>接地故障 (单/双)</p> | | | | ■ | COM电路 |
|  <p>过电流</p> <p>欠压/过压 (交流/直流)</p> <p>熔断器熔断</p> <p>缺相</p> <p>无通风</p> <p>半导体超温级别1</p> <p>半导体超温级别2</p> <p>超速</p> <p>速度反馈丢失</p> <p>控制</p> | | | ■ | ■ | |
|  <p>电机过载</p> <p>超速</p> <p>无通风</p> <p>绕组过热</p> | | | ■ | ■ | 电动机 |
|  <p>励磁过电压</p> <p>无励磁电流</p> <p>无通风</p> <p>晶闸管过热</p> <p>熔断器熔断</p> <p>过电压保护</p> <p>励磁电流</p> | | | ■ | ■ | 励磁电路 (若有) |

图 E. 1 保护的分类

可用如下一些类型的信息来指出设备的异常情况：

a) 报警

指出异常条件但不要求立即动作的信息(例如接地故障)。这个信息只有在异常情况消除后才复位和消失。

b) 轻故障 1

一般与温升相关的具有长时间常数的故障。生产过程经适当的时间后可停产。这须经用户和制造厂根据生产情况而定,例如,停产不会使生产材料受损。

c) 轻故障 2

根据生产过程,经用户和制造厂的同意,生产可延续相对短的时间。加工材料在设备跳闸之前可存储起来。

d) 重故障

设备立即跳闸,生产立即停止,被传动设备和/或生产过程中的材料可能报废。

E. 2.3 报警和故障举例

所需的信息和设定值由制造厂提出,并应经用户和制造厂同意。举例见图 E. 1,其中例举了在使用高性能传动装置配置的传动系统中采用 CDM 的结构图。简单的传动应用可能只有报警和跳闸功能。

E. 3 系统保护(特点和器件)

本条款的目的是帮助用户考虑保护技术和选择适当保护系统所必需的器件。这样的系统包括但不限于：

- a) 馈电线；
- b) 电网隔离变压器；
- c) 电动机；
- d) 功率因数校正电容器组；
- e) 系统控制电路。

通过电流断路器件、电路阻抗、浪涌抑制器、继电器和报警器件这些辅助部件的协同动作来实现保护。这些保护器件可防止危险的过电压、过电流和过热。

当需要检测超速、过大振荡、润滑作用丧失、无通风和其他非正常运行条件时,也应给电动机、变压器和其他的设备装上机械传感器。这些传感器在机械性破坏发生之前发出使系统停机的信号。

E. 4 传动系统保护

E. 4.1 包括 CDM/BDM 中的保护

对传动系统保护的确切要求(见图 E. 1)按设备的任务和结构而定。为了保护设备免遭因其他的偶然事故而造成的损坏,建议根据图 E. 1 来进行保护。

一个设计优良的系统也提供防止系统内外部偶然事故的保护。其中包括：

- a) 电源的不规则性：
 - 电压瞬变；
 - 欠压/过压；
 - 缺相、反相；
 - 各相不平衡；
 - 停电；

- b) 过电流状态:
 - 故障电流;
 - 接地电流;
 - 内部故障;
 - 过载;
- c) 无通风;
- d) 设备过热;
- e) 充液电抗器和变压器中压力突然变化;
- f) 电动机超速;
- g) 电动机大幅振荡;
- h) 电动机润滑不良。

注: 由于负载/系统的接地电容引起瞬时接地电流应予以考虑。

E.4.2 电动机特有的保护

采用能使变流器断开的继电装置可有效地保护电动机和电动机支路。对于 300 kW 以上的电动机,除了过电流和过载保护以外,特别推荐采用绕组过热保护。

E.4.3 变压器特有的保护

一般用继电器来保护隔离变压器。在初级电路中要求过流保护。对于大型的变压器,通常备有接地故障保护和差动电流保护。在为这一应用选择继电器时应小心,并将谐波考虑进去。

在隔离变压器的初级侧一般备有浪涌保护。若配置得当,则能保护整个传动系统免遭雷电和开关装置瞬变引起的电网电压的浪涌。

E.5 其他的参考文献

GB/T 5226.1 工业机械电气设备 第1部分:通用技术条件(eqv IEC 60204:1992)

附 录 F (资料性附录) 拓 扑

F.1 变流器拓扑

F.1.1 引言

图 F.1 和图 F.2 推荐了适用于直流传动系统供电的电力变流器拓扑分类。

F.1.2 变流器拓扑

图 F.1 示出了电网换相变流器的主要结构。

图 F.2 示出了自换相变流器(斩波器)的结构。

图 F.3 说明了电网换相变流器所用的符号。

图 F.4 说明了斩波器所用的符号。

| 变压器 结构样例 | 变流器 | 电动机 | 纹波 | |
|-------------|-----|-----|-----|--------|
| | | | 脉波数 | NEMA符号 |
| | | | — | A |
| D doyl1(样例) | | | 12 | B |
| D doyl1(样例) | | | 12 | B |
| Dy11(样例) | | | 6 | C |
| Dy11(样例) | | | 3 | D |
| Dyn11(样例) | | | 3 | E |
| | | | 2 | K |
| | | | 2 | L |

注：如果需要另加电枢电抗器，应由制造厂说明。

图 F. 1 电网换相变流器的主要结构

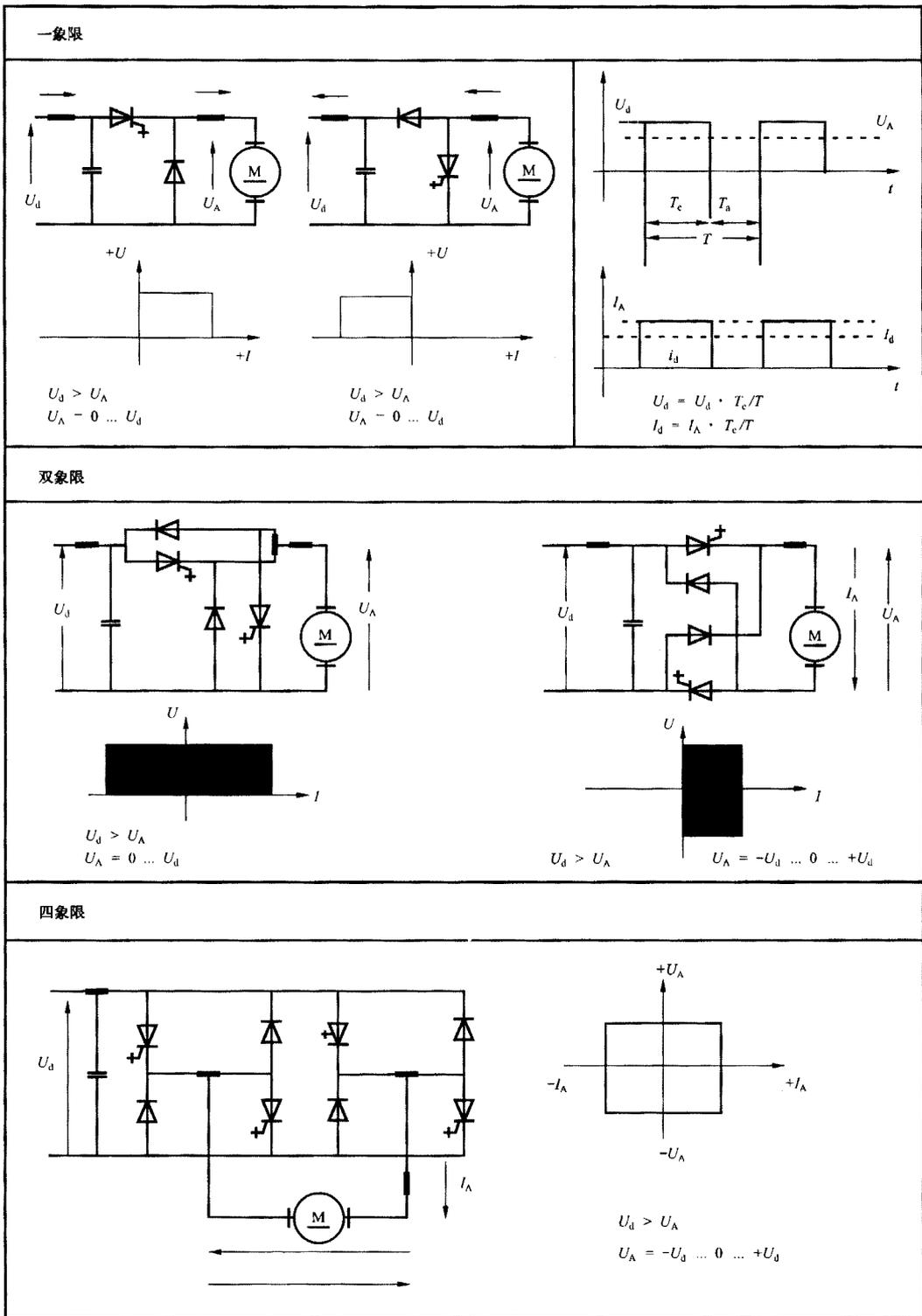
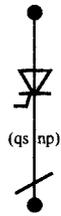


图 F.2 自换相变流器(斩波器)



注：这里用单线图绘出多相变流器，其中多相环节用其等效的单线来表示。

图 F. 3a q 个晶闸管串联(=支路)、
 p 个支路并联(=带所有必需保护器件的阀)阀的图形

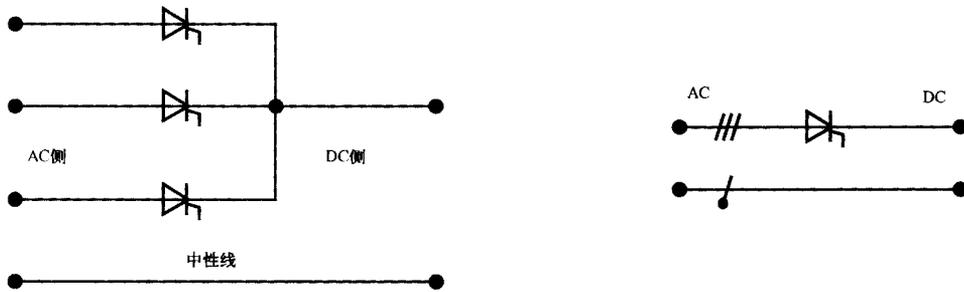


图 F. 3b 三相变流器举例

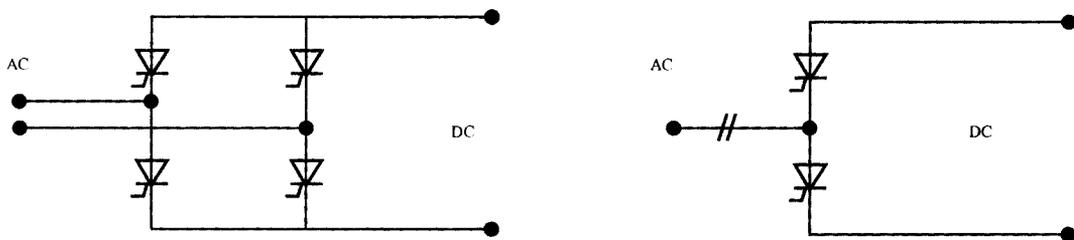


图 F. 3c 单相整流(Graetz)桥举例

图 F. 3 变流器符号

| | 二极管 | 晶闸管 | 晶闸管(自换相) | 晶体管 | 门极可关断晶闸管 |
|------|-----|-----|----------|-----|----------|
| 开关符号 | | | | | |
| 阀符号 | | | | | |

注：自换相晶闸管、晶体管或门极可关断晶闸管所用符号可能变化但功能不变。

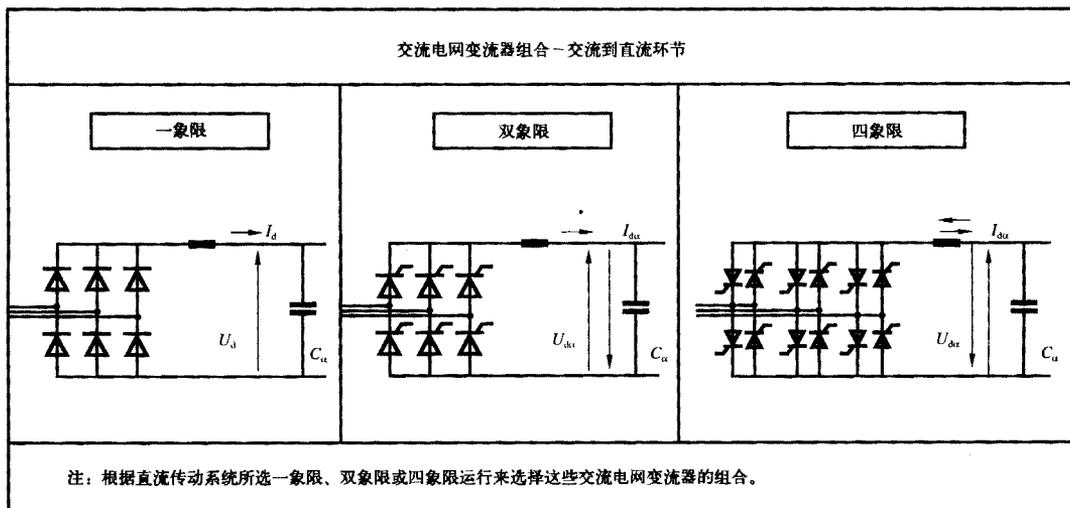


图 F. 4 斩波器符号

F. 2 结论

如 5. 4 所述,根据变流器的拓扑,有一直流纹波电流馈给电动机。纹波电流对电动机的换向质量有直接的影响。7. 4. 2. 4 中介绍了对传动规定的变流器要进行的试验。

在变流器的纹波为 A 级的情况下,电动机的试验可在电动机制造厂的厂房中进行。这些试验不能反映出电动机的最终换向性能。在这种情况下,实践表明,在 1. 5 倍的额定电流下,无火花的换向是可取的(根据表 10 等级 1)。这样的结果常常在变流器的纹波为 C 级的情况下可实现正常的运行。

直流电动机的换向取决于许多参数,其中包括空气湿度。在初始运行期间,电动机必须产生适当的氧化膜。要成功地在整流子上产生和维持这种“氧化膜”,下列几个因数很重要:

- 整流子表面突出度;
- 铜表面粗糙度;
- 云母加工;
- 电刷光洁度;
- 电刷刷架位置;

——电刷硬度和压力。

实践表明适当的值为：

——对于轴中心高度 ≤ 250 mm的电动机，整流子表面突出 $< 20 \mu\text{m}$ ；

——对于较大型的电动机，整流子表面突出 $< 30 \mu\text{m}$ ；

——对于工业电动机(几 kW 到数百 kW)，粗糙度为 $0.9 \mu\text{m} < R_a < 1.8 \mu\text{m}$ ；

——对于小型的电动机(< 1 kW)，粗糙度为 $0.5 \mu\text{m} < R_a < 1.0 \mu\text{m}$ ，具有足够的峰值密集度。

R_a 为粗糙度平均值；在评估的长度(l)上，粗糙度分布的所有值(y)的算术平均值：

$$R_a = \frac{\sum_0^l |y| \cdot \Delta x}{l} \quad \text{当} \quad \frac{\sum_0^l y \cdot \Delta x}{l} = 0$$

附录 G

(资料性附录)

监控特性

G.1 概况

整个传动系统的监控分为两部分：

——CDM 状态监控；

——电动机状态监控；

另外，对两种监控的方法，可有两种不同的方案：

——独立传动系统的监控；

——传动系统监控，集成在总体自动化系统中。

CDM 的监控系统常常通过 LED，或者在 LED 或 LCD 或终端上(手持编程器，个人计算机)显示的字母数字编码，在本机控制面板上给出有关故障和状态的更详细的信息。

G.2 技术

基于模拟电路设计的系统常常采用不太复杂的监控系统，采用 LED 显示状态和故障可有如下一些(但不限于)显示(本地和/或远程)：

——最大安全转速；

——最大转速；

——电流限值；

——实际负载电流；

——实际转速；

——其他限制条件；

——故障。

基于微处理器设计的系统一般通过数码或简明的语言提供大量的信息(状态，警告，故障)。这些系统可由一简单的键盘和显示器来控制其工作。显示可以提供(但不限于)：

——参数修改(如控制器的增益，加速度，减速度等等)；

——控制变量监控(如转速、电压、电流的实际值或给定值)；

——变量的历史纪录等等。

这些系统通过点对点连线或多站母线中的串、并联环节可使复杂的通讯成为可能。