



QIZHONG JIXIE DIANQI
ANQUAN JISHU JIANYAN

起重机械电气 安全技术检验

辽宁省安全科学研究院 编



赵国 主编



大连理工大学出版社



起重机械电气安全技术检验

QIZHONG JIXIE DIANQI
ANQUAN JISHU JIANYAN

辽宁省安全科学研究院 编

赵 国 主编

ISBN 978-7-5611-4549-4



9 787561 145494 >

定价：98.00元

起重机械电气安全技术检验

辽宁省安全科学研究院 编

主 编 赵 国

副主编 史向东

主 审 赵鹏华 毛居双

大连理工大学出版社

DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

起重机械电气安全技术检验 / 赵国主编. —大连: 大连理工大学出版社, 2008. 12
ISBN 978-7-5611-4549-4

I. 起… II. 赵… III. 起重机械—电气设备—安全技术—
检验 IV. TH210.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 172638 号

大连理工大学出版社出版

地址: 大连市软件园路 80 号 邮政编码: 116023

发行: 0411-84708842 邮购: 0411-84703636 传真: 0411-84701466

E-mail: dutp@dutp.cn URL: <http://www.dutp.cn>

沈阳航空发动机研究所印刷厂印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸: 185mm×260mm 印张: 31 字数: 716 千字

2008 年 12 月第 1 版 2008 年 12 月第 1 次印刷

责任编辑: 泽 边 责任校对: 宋玉珠

封面设计: 波 朗

ISBN 978-7-5611-4549-4

定 价: 98.00 元

前 言

我国对起重机械实行检验检测已近二十余年,《特种设备安全监察条例》也将检验检测作为保证起重机械安全运行的重要环节之一。随着经济建设的迅猛发展,促进了起重机械机电一体化技术的迅速提高,同时也要求起重机械检验检测人员必须具有机械、电气等方面的综合性基础知识,方能胜任工作职责。

由于目前教育体制下电气专业人员稀少,特种设备检验单位的检验人员绝大多数是机械工程师。另外,虽然以往出版的有关起重机械的书籍较多,但系统涉及起重机械电气特别是电气检验方面的内容及专著较少,也促成了检验人员了解掌握电气知识相对贫乏。目前在起重机械检验检测人员中懂机械的多、懂电气的少,全面熟练掌握电气检验的人员更是缺乏。实际工作中检验“电气项目”,尤其检验审查如“起重机电气原理图”、“变频变压控制”等部分,并且作出正确判断,就有些勉为其难,检验检测工作中遗留潜在隐患不可避免。近几年发生的起重机械安全事故中,因“电气原因”致使承载物品坠落伤人也屡见不鲜。如2007年4月18日辽宁省某市的“钢水包”伤人事故,据查有关事故处理资料,其直接原因主要涉及生产制造管理、标准控制屏设计、控制线路设计、触头损坏等电气原因,还涉及检验检测和司机操作等原因。

为了提高起重机械检验检测人员素质,也为了满足广大起重机械从业人员对电气知识的需求,确保起重机械电气安全检验工作质量,辽宁省安全科学研究院本着对起重机械检验检测工作高度的热情 and 责任感,组织具有积二十余年一线检验检测工作经验,专业基础雄厚的技术骨干,经过近五年的调研考察,收集资料,科学编制剪辑,现场验证结论,几番审理核对,完成了本书的编写工作。

本书第一章到第三章是“电气控制”基础知识;第四章、第五章、第六章、第九章、第十章是“电气安全”基础知识;第七章、第八章是“电气检验”知识。

本书针对起重机械电气安全技术检验特点,采用图文并茂、由浅入深的方式,强调理论与实践的结合,不仅对检验检测人员具有实用性和指导作用,还对从事起重机电气设计、制造、使用、操作、安装、维修的人员有一定的参考作用,也可作为有关人员的培训教材。

本书策划辽宁省安全科学研究院院长王俊,主编赵国,副主编史向东,主审赵鹏华、毛居双。在本书编写过程中,国内同行李向东、原徐成先生均提出过许多宝贵意见,蔡建华先生提供了实验场所,并积极参与试验。另外还有许多国内同仁对本书的形成提供了帮助,由于篇幅所限,不一一提名,在此深表感谢!

本书编者由于水平所限,错误难免,恳请读者、相关工程技术人员和全国特检系统检验检测人员提出宝贵意见,以便不断完善。

编 者

2008年12月

内 容 提 要

本书是根据《锅炉压力容器压力管道及特种设备检验人员资格考核规则》及《起重机械检验师检验员考核大纲》电气部分的要求编写出来的。本书第一章为起重机用电动机的基础知识;第二章为电动机的电气制动;第三章为起重机常见的电气控制线路;第四章为起重机常用低压电器,包括漏电保护器;第五章为起重机的电气保护;第六章为起重机电击防护;第七章为起重机的电气检验;第八章为起重机的接地检验,包括接地故障回路阻抗 Z_s 计算和测量,接地回路的导电连续性的测量,不得采用接地线作载流零线的检验;接地电阻的测量;塔机、桥机、流动式、门座、施工升降机接地检验;还有高压供电时的接地检验。第九章为照明和信号;第十章为电气设备的安装;附录对“4·18”重大伤亡事故进行了分析,还介绍了国家质量监督检验检疫总局特种设备局发布的“375”号文的理解和执行方案。最后,列出了少量参考习题。本书对存在分歧的“接地”还是“接零”,“接地电阻”的大小,采用隔离变压器供电的隔离电源和采用普通变压器供电的非隔离电源,采用安全隔离变压器供电的 SELV 系统和采用普通变压器供电的非隔离电源供电的 FELV 系统,进行了详尽的分析。本书的可贵之处,是不回避“矛盾”。技术上有“矛盾”的地方,尽量展开,予以说明分析。不足之处,图比较多,主要是为了浅显易懂。

为了方便查找,本书的“图”、“公式”、“列表”的标号,全部采用三位数字表示方法。第一位数字表示所处的“章”的顺序数字,第二位数字表示所处的“节”的顺序数字,第三位数字为流水顺序号。

编著者

2008 年 12 月



第一章 起重机用电动机	1
第一节 电动机的工作制	2
第二节 接电持续率、接电次数和启动次数	3
第三节 异步电动机的主要参数	6
第四节 转差与转子电路总电阻和负载转矩的关系	8
第五节 异步电动机的机械特性曲线	12
第六节 起升机构电动机的工作状态	15
第七节 空载电流和三相不平衡电流、堵转电流	17
第八节 绕组的绝缘电阻和电动机的耐压试验电压	18
第九节 电动机的外壳防护等级	19
第二章 起重机的电气制动	21
第一节 再生发电制动	22
第二节 反接制动	27
第三节 能耗制动	31
第四节 单相制动	34
第三章 起重机常见的电气控制线路	37
第一节 起升机构主令控制器控制线路	37
第二节 起升机构凸轮控制器控制线路	45
第三节 小车运行机构的凸轮控制器的控制线路	51
第四节 起升机构制动器的电气控制	54
第五节 地面有线控制	70
第六节 电气控制线路的安全要求	74
第七节 总动力电源回路的断开装置和总动力电源接触器的电气控制	78
第四章 起重机用低压电器	81
第一节 凸轮控制器	81
第二节 主令控制器	85

第三节 超速开关	86
第四节 漏电保护器	87
第五章 起重机的电气保护	104
第一节 总动力电源回路的断开装置和主隔离开关的隔离保护	104
第二节 短路保护	108
第三节 总动力电源的失压保护	113
第四节 电动机的零位保护	116
第五节 电动机的过载保护	117
第六节 电动机的超速保护	126
第七节 紧急切断总动力电源的保护	128
第八节 起连锁保护作用的安全装置和措施	134
第九节 限制运动行程和工作位置的安全装置	136
第十节 起重机的防雷	143
第十一节 断相保护和错相保护	145
第十二节 绝缘保护	151
第十三节 接地保护、安全距离、导电裸滑线的安全防护及其他保护	154
第六章 起重机的电击防护	158
第一节 直接接触的电击防护	158
第二节 间接接触电击防护	165
第三节 TN 系统防止触电的安全措施	171
第四节 TT 系统防止触电的安全措施	181
第五节 IT 接地系统	183
第六节 总(主)等电位联结和辅助等电位联结	189
第七节 II 类设备或与之等效的绝缘防护	195
第八节 非导电场所的防护	195
第九节 电气隔离	198
第十节 不接地的局部等电位联结保护	216
第十一节 直接接触和间接接触兼有的防护——特低电压(ELV)的防护	218
第十二节 3~66 kV 高压接地系统	239
第十三节 零线的重复接地	244

第七章 起重机的电气检验	254
第一节 电气仪表的选择	256
第二节 《02 检规》桥架型起重机部分的电气检验	258
第三节 按 GB/T 3811《规范》规定进行补充电气检验	292
第四节 吊运熔融金属的冶金起重机的电气检验	298
第五节 塔式起重机的断错相保护和防雷的检验	309
第六节 防爆起重机的检验	310
第八章 起重机的接地检验	326
第一节 概述	326
第二节 塔式起重机的接地检验	330
第三节 桥门式起重机的接地检验	334
第四节 TN 接地系统的检验	346
第五节 TT 接地系统的检验	351
第六节 IT 系统的检验	352
第七节 流动式起重机接地的检验	353
第八节 “接地线不得用做载流零线”的检验	355
第九节 接地电阻的测量	361
第十节 接地故障回路阻抗计算和测量	367
第十一节 接地回路导电连续性的测量	371
第十二节 电动机的金属外壳带电测量	377
第十三节 门座起重机接地的检验	385
第十四节 施工升降机的接地检验	386
第九章 起重机照明和信号	389
第一节 起重机的固定照明	389
第二节 起重机可携式照明的设置	395
第三节 起重机的信号	398
第十章 起重机的电气设备安装	400
第一节 馈电装置的安装	400
第二节 低压电器的安装	402
第三节 接地安装	406

参考习题	408
附录	439
附录 A “4.18”钢水包倾覆特重大事故技术分析	439
附录 B 钢水包坠落事故技术分析报告	448
附录 C 国质检办特函〔2007〕375 号	
关于冶金起重机械整治工作有关意见的通知	454
附录 D 对“375 号文”部分条款的初步理解	456
附录 E 国质检特函〔2008〕82 号	
关于辽宁××市××特殊钢有限公司“4.18”钢水包倾覆特别重大事故	
处理情况的通报	471
附录 F 国质检特函〔2007〕901 号	
关于起重机械专项治理工作有关问题的通知	474
附录 G 质检特函〔2008〕11 号	
关于印发《2008 年特种设备安全监察工作要点》的通知	476
附录 H 国质检特〔2007〕377 号	
关于印发起重机械专项治理攻坚战实施方案的通知	479
参考文献	484

第一章

起重机用电动机

起重机应采用适合于起重冶金用的电动机,一般采用绕线转子异步电动机、笼型异步电动机、变频异步电动机、自制动异步电动机和直流电动机,也可采用符合起重机要求的其他类型电动机。

起重机目前使用的电动机基本系列有以下几种:YZR 系列起重及冶金用绕线转子三相异步电动机;YZ 系列起重及冶金用三相异步电动机;YZR2 系列起重及冶金用绕线转子三相异步电动机;YZ2 系列起重及冶金用三相异步电动机;JZR2 系列起重及冶金用绕线转子三相异步电动机;ZDI、ZDMI、ZDYI、ZDSI 系列电动葫芦用锥形转子电动机;YZD 系列起重用多速三相异步电动机;ZZJ-800 系列轧机用辅传动用直流电动机,ZZJ0、ZZJ2 起重及冶金用直流电动机。

除以上基本系列电动机外,还有在此基础上的派生系列。如:涡流制动器、涡流制动电动机、多速电动机、起重用防爆用双速电动机;起重用多速电磁制动电动机;强迫通风电动机等。

交流电动机结构简单、造价低,使用维修方便,因此,在起重机上得到广泛使用。

同系列电动机,由于采用的材料不同,性能也不同。电动葫芦都选用锥形转子电动机。桥式起重机起升机构,为了得到稳定低速,选用涡流制动器调速的电动机,有特殊要求的起重机还可选用起重机用的多速电动机和隔爆型的多速电动机。

起重用电动机具有较大的过载能力、较高的机械强度,特别适用于短时或断续周期工作的场所,适用于频繁启动、制动、有时过负荷及有显著震动与冲击的设备。

电动机应依据以下条件选择:类型和结构形式;供电形式;功率;工作制和接电持续率;额定转矩、堵转转矩、最大转矩;额定转速;调速方式;防护等级;环境温度和湿度;海拔。

第一节 电动机的工作制

1. 电动机工作制

电动机工作制分为 10 类。

(1) 连续工作制 — S1 工作制

在无规定期限的长时间内是恒定负载的工作制,在恒定负载下连续运行达到热稳定状态。

(2) 短时工作制—S2 工作制

在恒定负载下按指定的时间运行,在未达到热稳定前即停机和断能,其时间足以使电机或冷却器冷却到与最终冷却介质温度之差在 2K 以内。

(3) 断续周期工作制—S3 工作制

按一系列相同的工作周期运行,每一周期由一段恒定负载运行时间和一段停机并断能时间所组成。但每一周期内运行时间较短,不足以使电动机达到热稳定,且每一周期的启动电流对温升无明显的影响。

(4) 包括启动的断续周期工作制—S4 工作制

按一系列相同的工作周期运行,每一周期由一段启动时间、一段恒定负载运行时间和一段停机并断能时间所组成。但每一周期内启动时间和运行时间较短,不足以使电动机达到热稳定。

(5) 包括电制动的断续周期工作制—S5 工作制

按一系列相同的工作周期运行,每一周期由一段启动时间、一段恒定负载运行时间、一段快速电制动时间和一段停机并断能时间所组成。但每一周期内启动、运行和制动时间较短,不足以使电动机达到热稳定。

(6) 连续周期工作制—S6 工作制

按一系列相同的工作周期运行,每一周期由一段恒定运行负载时间和一段空载运行时间所组成。但每一周期内负载运行时间较短,不足以使电动机达到热稳定。

(7) 包括电制动的连续周期工作制—S7 工作制

按一系列相同的工作周期运行,每一周期由一段启动时间、一段恒定负载运行时间、一段电制动时间所组成。

(8) 包括负载—转速相应变化的连续周期工作制—S8 工作制

按一系列相同的工作周期运行,每一周期由一段按预定转速的恒定负载运行时间,接着按一个或几个不同转速的其他恒定负载运行时间所组成。例如多速感应电动机使用场合。

S8 工作制的特点是每个周期里有三个恒定负载,计算负载持续率要对三个负载分别计算。每个负载持续率的周期是一样的,包括加速时间、三个恒定负载时间和两个电制动时间,而负载时间计算则是:第一个负载持续率的负载时间包括加速时间和第一个恒定负载时间;第二个负载持续率的负载时间包括第一个制动时间和第二个恒定负载时间;第三

个负载持续率的负载时间包括第二个制动时间和第三个恒定负载时间。

(9) 包括负载和转速做周期性变化的工作制—S9 工作制

负载和转速在允许的范围内做非周期变化的工作制。这种工作制包括经常性过载,其值可远远超过满载。

(10) 离散恒定负载工作制—S10 工作制

包括不多于 4 种离散负载(或等效负载)的工作制,每一种负载的运行时间应足以达到热稳定。在一个周期内的最小负载可为零。

根据 GB755—2000《旋转电机定额和性能》的规定,每一周期的时间为 10 min。负载持续率应为:15%、25%、40%、60%。

2. 起重机及冶金用三相异步电动机的工作类型

起重机及冶金用三相异步电动机的工作类型为短时工作制和断续周期工作制。

(1) 短时工作制—S2

恒定负载持续工作;温升达最大限值后,再停止工作,电动机再冷却到环境温度,偏差不大于 2 K。短期持续工作有 10 min, 30 min, 60 min, 90 min。较大电机冷却时间需 30 min 以上。不考虑启动、电气制动对电动机发热影响。

(2) 重复短时工作制(断续周期工作制)—S3

由若干个相同的工作周期组成。恒定负载,每个周期工作时间温升可以达到最大限值后,再停止工作。间歇时间电动机又再冷却到环境温度。每个周期忽略启动电流对电动机温升的影响。

(3) 重复短时工作制(断续周期工作制)—S4

由若干个相同的工作周期组成。恒定负载,每个周期中启动时间对整个工作周期有明显影响;启动电流对电动机的温升有影响。常用的接电持续率有 15%、25%、40%、60%。

(4) 重复短时工作制(断续周期工作制)—S5

恒定负载,不仅考虑启动对电动机发热影响,还考虑电气制动对电动机发热影响,常用的接电持续率有 15%、25%、40%、60%。

电动机的工作制为 S2、S3、S4、S5 类型。基准工作制为 S3, 40%。每一工作周期为 10 min。

第二节 接电持续率、接电次数和启动次数

1. 接电持续率

起重机在一个工作周期中,电气设备有接电工作时间,也有断电停止时间。接电工作时间与周期时间的比值叫做接电持续率。通常用 $JC(\%)$ 来表示。

$$JC(\%) = \frac{T_1}{T_1 + T_2} \times 100\% = \frac{T_1}{T} \times 100\% \quad [1-2-1]$$

式中 T_1 ——接电工作时间(s);

T_2 ——断电停止时间(s);

T ——周期时间(s)。

其中,周期时间等于断电停止时间和接电工作时间之和,即 $T = T_2 + T_1$ 。

常用的接电持续率有 15%, 25%, 40%, 60%, 100%; 选择电动机和电器元件时,接电持续率是一个重要参数。当电动机和电器元件用在不同的接电持续率时,其输出功率和允许电流是不同的。接电持续率低,说明在一个周期中工作时间短。电动机可以有较大的输出功率,电器元件可以有较大的允许电流。电动机和电器元件在铭牌或说明书上已给出额定接电持续率下的允许输出功率和允许额定电流。接电持续率与对应的输出功率之间可按下式换算:

$$\frac{P^2}{P_N^2} = \frac{JC_N}{JC} \quad [1-2-2]$$

式中 JC_N ——额定接电持续率;

JC ——实际接电持续率;

P ——接电持续率为 JC 时的输出功率(kW);

P_N ——额定接电持续率为 JC_N 时的输出功率(kW)。

2. 接电次数

工作一次接电一次,接电次数表示工作繁忙程度。按规定,断续工作周期的时间不超过 10 min,每小时至少工作 6 次。起重机每小时工作远远超过 6 次。一般每小时工作 150~300 次。繁忙时每小时工作 300~600 次,个别的机构每小时工作可达 600 次以上。

3. 启动次数

启动是指电动机转速从零启动到额定转速,叫全启动;实际使用时并不是都启动到额定转速,一般启动到较低速就被制动,通常叫点车。点车的功率损耗小于全启动,不能算全启动一次。折算方法:点动一次相当于全启动 1/4 次;点动终了电动机的转速不大于额定转速的 1/4;电制动一次,相当于全启动 0.8 次;电动机的转速降到额定转速的 1/3。

电动机的启动等级,是指每小时最大可能的等效启动次数。启动等级分为 6 次/h、150 次/h、300 次/h、600 次/h。在点动式电制动状态下工作时,应将启动等级按发热折算成启动次数,然后确定电动机的定额。

电动机在启动和制动的过程中,电流较大,所损耗的功率比额定转速时大,发热量也大,同时由于转速较低,散热条件不好,温升较高。频繁的起、制动影响电动机的输出功率。

启动次数是检验电动机发热、确定输出功率的重要参数。启动次数增加后,启动损耗增大,冷却条件恶化,容许的输出功率降低。但启动次数与接电次数是不一样的。因接电一次不一定是全启动一次,有点车。因此,选择电动机和电器元件时,既要考虑断续工作的特点(比长期工作的功率小一些),也要考虑频繁操作的特点(适当增大功率)。

4. 起重机负载的特点

起重机一般有升降机构和运行机构,负载性质有所不同。

(1) 升降机构

升降机构的负载图如图 1-2-1 所示。

升和降的负载性质是不同的,有以下几种情况:

1) 上升时,负载是阻力负载。工作在第一象限,电动机是电动状态。

2) 下降时,负载很轻,如空钩,有以下两种情况:

① 其重量克服不了机构的摩擦阻力,不能自行下降,必须由电动机拖动下降。电动机是电动状态。工作在第三象限。此时,吊具的重量负载力矩小于电动机的空载机构静力矩,电动机必须下方向接电,电动机的电动驱动力矩和吊具重量产生的力矩之和等于电动机的空载机构静力矩时,电动机电动状态稳定运行。此时,电动机的速度略低于同步转速。它的速度决定于转子电路电阻和负载大小。转差 S 为正, $S = R_1^* M_f^*$ 。式中: R_1^* 为转子电路全部电阻,标么值; M_f^* 为电动机的空载机构静力矩与吊具重量产生的力矩之差,标么值;稳定运行速度为 $n = (1 - R_1^* M_f^*) n_0$ 。稳定运行速度略高于额定转速,低于同步转速 n_0 。此时,通常称为“强力下降”。

② 空钩时,吊具的重量负载力矩大于电动机的空载机构静力矩,电动机必须下方向接电,电动机再生发电制动状态稳定运行,工作在第四象限。此时,电动机的速度略大于同步转速,转差 S 为负, $|S| = R_1^* M_f^*$ 。式中: R_1^* 为转子电路全部电阻,标么值; M_f^* 为吊具重量产生的力矩与电动机的空载机构静力矩之差,标么值;稳定运行速度为 $n = (1 + R_1^* M_f^*) n_0$ 。

3) 下降时,负载较重,重物拖着机构向下运转。电动机处于电气制动状态。用电动机的制动力矩来平衡由重物产生的驱动力矩,使负载以稳定的速度下降。此时,升降机构的负载是位能负载,由重物驱动,把重物的位能变为重物的动能。

此时有以下两种情况:

① 上方向接电时,电动机稳定运行在第四象限,倒拉反接制动。电动机的速度 n 为负值, S 大于 1 小于 2 (也可能大于 2), 转差为 $S = R_1^* M_f^*$ 。式中: R_1^* 为转子电路全部电阻,标么值; M_f^* 为负载力矩,标么值;稳定运行速度 n 为负值, $n = (1 - R_1^* M_f^*) n_0$ 。

② 电动机下方向接电,电动机处于再生发电制动状态,电动机的稳定运行速度大于同步转速 n_0 , S 为负值。 $|S| = R_1^* M_f^*$ 。式中: R_1^* 为转子电路全部电阻,标么值; M_f^* 为负载力矩,标么值;电动机稳定运行在第四象限。稳定运行速度为正值, $n = (1 + R_1^* M_f^*) n_0$ 。

除倒拉反接制动(电动机上升方向接电)、再生发电制动状态(电动机下方向接电),电动机还可以处于第四象限的单相制动(单相接电)、能耗制动(由直流电源供电)。

(2) 运行机构

① 正反两个方向接电,均为阻力负载,电动机是电动状态,电动机发出驱动力矩来拖

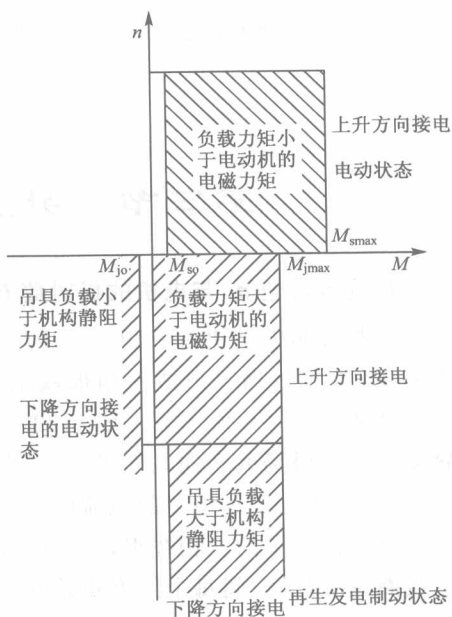


图 1-2-1 起升机构的负载图(稳定运行)

动机构运行,见图 1-2-2。阻力负载力矩的大小约为电动机额定转矩的 75%。

②运行机构正方向运行,突然反方向接电,电动机反接制动状态运行,在第二象限运行。

在第二象限不能稳定运行。当反方向接电的电动启动力矩大于负载力矩时,能够反向启动,稳定运行在第三象限;当反方向接电的启动力矩小于负载力矩时,不能够反向启动,稳定运行速度为零,稳定运行在横轴上,即停止运行。见图 1-2-3。

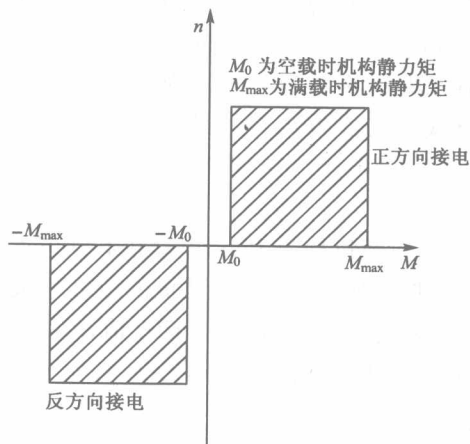


图 1-2-2 运行机构电动状态的负载图(稳定运行)

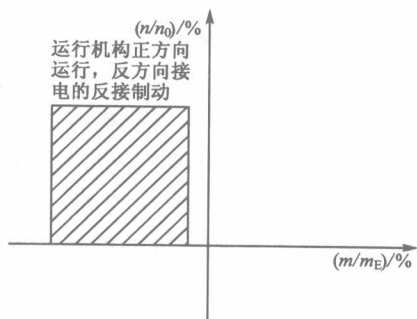


图 1-2-3 运行机构正方向运行反方向接电,反接制动状态的负载图(不稳定运行)

第三节 异步电动机的主要参数

1. 同步转速 n_0 与电机的极对数 P 、电源频率 f 的关系

三相异步电动机有三相定子绕组,每个绕组由一个线圈组成,三相绕组在空间上彼此相隔 120° ,可以做星形或三角形联结。三相绕组接在对称的三相交流电源上,设三相电源电动势为: $E_A = 220 \angle 0^\circ$, $E_B = 220 \angle -120^\circ$; $E_C = 220 \angle +120^\circ$ 。在定子空间产生旋转磁场。旋转磁场的转向与三相电流的相序 $A \rightarrow B \rightarrow C$ 是一致的。若改变旋转磁场的转向,只要把通入定子绕组的电流的相序改变,即交换任意两根电源进线即可。

电动机定子的三相绕组,两个磁极时,一相绕组两个线圈,一个磁极下一个线圈,共 6 个线圈,在定子空间每个线圈相差 60° 布置。如把线圈的数量增加一倍,每相绕组的 4 个线圈串联,一个磁极下一个线圈,就变成了 4 极。这 12 个线圈,在空间上相隔 30° ,每当交流电流变化一周,两极磁场在空间旋转 360° ,4 极磁场只转 180° 。如果是 P 对极,交流电流变化一周,磁场在空间旋转了 $(1/P) \times 360^\circ$,即磁场在空间旋转了 $1/P$ 转。

设定子绕组的电流频率为 f ,旋转磁场转速为 n_0 ,则有

$$n_0 = \frac{60f}{P} \quad [1-3-1]$$

式中 n_0 ——同步转速(r/min),为电动机定子外加电源在定、转子空间形成的旋转磁场

的转速;

f ——电源频率(Hz),我国的电源频率 $f=50$ Hz;

P ——极对数;

f/P ——每秒转数(r/s);

60——常数,来源于 60 s 等于 1 min。

如电动机的型号为 YZR180L-8,则 8 为极数,极对数为 4,同步转速为 750 r/min。

2. 转差率 S 和额定转差率 S_E

(1) 转差率

同步转速 n_0 与转子转速 n 之差,再与同步转速 n_0 之比,称为异步电动机的转差率,简称转差,用 S 表示,则有

$$S = \frac{n_0 - n}{n_0} \quad [1-3-2]$$

式中 n ——实际转速(r/min);

n_0 ——同步转速(r/min)。

(2) 额定转差率 S_E

额定转速 n_E 时的转差率为额定转差率,用下式表示:

$$S_E = \frac{n_0 - n_E}{n_0} \quad [1-3-3]$$

3. 转子内感应电动势 E_2 与转子开路电压 E_{20} 和转差率 S 的关系

$$E_2 = S \cdot E_{20} \quad [1-3-4]$$

式中 E_2 ——转子内感应电动势(V);

E_{20} ——转子开路电压(转子在启动的最初瞬间的感应电动势,电机铭牌上称转子开路电压,是线电压)(V);

S ——转差率。

4. 转子内感应电动势的频率 f_2 与电源频率 f_1 和转差率 S 的关系

$$f_2 = S \cdot f_1 \quad [1-3-5]$$

式中 f_2 ——转子内感应电动势的频率(Hz);

f_1 ——电源频率(Hz), $f_1=50$ Hz。

5. 额定电阻 R_E

电动机堵转(开始转动之前的瞬间或还未转动起来的最初瞬间),定子上加的是额定电压,当转子内的电流是额定电流时的转子电阻称为额定电阻。它的大小用下式表示:

$$R_E = \frac{E_{20}}{\sqrt{3}I_{2E}} \quad [1-3-6]$$

式中 R_E ——额定电阻(Ω);

E_{20} ——转子开路电压(V);

I_{2E} ——转子的额定电流(A)。