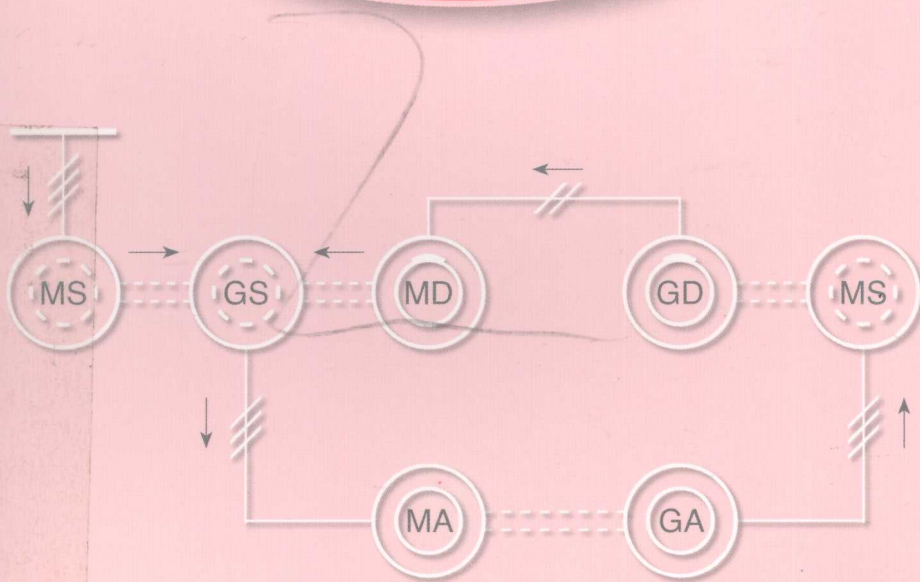




异步电机质量控制

江钟衍 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



TM343/17

2008

异步电机质量控制

江钟衍 编著

机械工业出版社

本书从全面质量管理的系统观点,综合探讨异步电机的产品质量控制;分析设计、工艺、材质和成本对产品质量及其波动的影响;介绍质量特性的测试和控制;切磋经济合理地提高质量的途径。

第一章对异步电机质量特性和质量控制作一广角扫描。第二章从物理概念出发,运用设计、工艺和使用的知识及经验,对整机质量波动作全面深入地定性分析。第三、四章论述整机及其零部件特性的定量测试,质量波动的诊断与监控。第五章对减小测试误差和自动测试作一评述。发现、分析、解决、预防质量波动,兼顾制造和使用成本,稳定、持续地提高产品质量是各章的核心。

本书是电机测试和质量控制的专业文献,也是异步电机工程技术全貌的科普读物,可供电机制造、选用和维修人员参考。试验和管理人员参阅,能拓展视野,把质量控制的重心从事后把关提升到事前优化。设计和工艺人员浏览对协同提高产品市场竞争力,会有所帮助。使用维修人员了解电机性能及制造,对合理选用品种、诊断故障、提高检修质量,会有所借鉴。本书分析解决工程实际问题的思路和经验,对大专学生提高从业适应能力也会有所启发。

图书在版编目(CIP)数据

异步电机质量控制/江钟衍编著. —北京:机械工业出版社, 2008.5

ISBN 978-7-111-23936-9

I. 异… II. 江… III. 异步电机—质量控制
IV. TM343

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 051756 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:牛新国 责任编辑:李振标 版式设计:张世琴
责任校对:陈延翔 封面设计:姚毅 责任印制:李妍
北京中兴印刷有限公司印刷

2008 年 7 月第 2 版第 1 次印刷

140mm×203mm • 12.5 印张 • 331 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-23936-9

定价: 30.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379178

封面无防伪标均为盗版

前 言

异步电机可将电网传送来的电能，高效、方便、无污染地转换成机械能，驱动各行各业的生产机械和千家万户的用电设备。我国异步电机用电约占全年用电量的 25%，量大面广。为满足用户与市场的需求，有效保证并持续改进产品质量，须对电机制造进行质量控制。

电机质量是在现代科技、材料和装备的基础上，由设计、工艺和测试三大技术来保证。质量控制从设计开始，贯穿于加工制造和测试验收的全过程。本书试图跨越专业分工，以全面质量管理的系统观点，综合探讨异步电机产品的质量控制：分析设计、工艺、材质和成本对产品质量及其波动的影响；介绍质量特性的测试和监控；切磋经济合理地提高质量的途径。

电机零部件之间，存在电、磁、机、热的相互作用，各项技术经济指标间的矛盾错综复杂，生产工艺涉及线圈制造、机械加工、冲压和装配多个领域。产品质量控制这一多学科集成的边缘性工程题材，归纳表述效果颇费周折，本书力求有条不紊、深入浅出、辩证求实，将实践经验描述性知识与科学推理启发性知识融合。

本书第一章对异步电机质量特性和质量控制，作一广角扫描。第二章从物理概念出发，运用设计、工艺和使用维修经验，对整机质量波动作全面深入地定性分析。第三、四章论述整机及其零部件质量特性的测试及质量波动的诊断，重点介绍原理、设备和技巧。第五章围绕减小测试误差和自动测试，对应用信息技术改造提升测试技术，作一科普性评述。发现、分析、解决、预防质量波动，兼顾制造和使用成本，均衡优化产品质量是各章的核心。

本书对试验和管理人员能拓展视野,把质量控制的重心从事后把关提升到事前优化。对设计和工艺人员协同提高产品市场竞争力,会有所帮助。对使用维修人员了解电机性能、合理选用、诊断故障、提高检修质量,会有所借鉴。本书分析解决工程实际问题的思路和经验,对大专学生提高从业适应能力也会有所启发。本书以异步电机为案例,剖析了我国两个制造厂的部分历史经验和诀窍,值得小厂、新厂参考。

《异步电机试验及其质量分析》,1977年初版,1985年修订再版,现再次充实更新,调整主题和书名,敬献读者。

本书素材主要来自湘潭电机厂和兰州电机厂的工程实践和笔者感悟。湘潭电机厂原总设计师高庆荣,曾对初版热情指导。昆明电机厂顾衣楚总经济师和设计师,对全书布局和第二章内容提出了宝贵意见。兰州电机厂张华国工程师、娄尔修和张广垣总工程师,对本书曾给予帮助。在此表示衷心感谢!

对此抛砖引玉之作,恳请读者同仁鼓励耕耘,宽容失误,批评指教!

作者

目 录

前言

第一章 质量特性和质量控制	1
1-1 异步电机质量特性	1
一、力能特性	2
二、运行特性	3
三、温升	6
四、安装尺寸	7
五、安全和可靠性	7
六、噪声和振动	11
1-2 产品质量控制和测试	12
一、半成品试验	13
二、检查试验	14
三、型式试验	16
四、试验方法标准	18
五、产品技术条件	18
第二章 异步电机质量分析	20
2-1 功率因数	21
一、理论分析	21
二、工程分析	27
三、减小功率因数波动的途径	29
2-2 效率	30
一、损耗分布和波动	30
二、定子铜损耗	31
三、转子铜损耗	32
四、铁损耗	34
五、风摩损耗	35
六、杂散损耗	36

七、控制损耗波动的途径	37
2-3 运行特性	41
一、顺利起动的条件	41
二、起动热应力	42
三、转矩特性类别	44
四、运行特性与电机参数的关系	46
五、最大转矩	49
六、起动转矩	49
七、起动电流	52
八、最小转矩	53
2-4 温升	56
一、传热和热负荷	56
二、绕组温升	59
三、电刷和集电环过热及磨损	66
2-5 机械故障	67
一、定、转子相擦	67
二、轴承过热或磨损	72
三、轴承漏油	76
四、零部件松脱	78
五、转轴弯曲和断裂	80
六、转子轴向窜动	81
七、表观质量	82
八、安装尺寸超差	83
2-6 电气故障	83
一、绕组烧毁故障诊断	84
二、低压电机匝间短路	85
三、高压电机匝间短路	89
四、对地击穿及相间短路	90
五、绝缘电阻低	93
六、绕组断路脱焊	94
七、笼型转子断条开焊	95
2-7 噪声和振动	97

一、通风噪声	97
二、机械噪声	98
三、电磁噪声	100
四、噪声鉴别	103
五、振动过大	103
六、振动的抑制	105
七、异常噪声和振动	107
2-8 质量特性均衡优化	107
一、质量与经济	108
二、质量与科学规律	111
三、提高技术经济指标的基础	113
四、计算机辅助设计	118
五、高效率电机	122
六、异步电机的调速	124
第三章 零部件质量控制	130
3-1 三相电流平衡试验	131
一、试验方法	132
二、故障判别	133
三、线圈匝数和电阻测定	134
四、引线冷压端头检查	134
3-2 半成品耐压试验	135
一、试验电压	135
二、试验设备	137
三、试验方法	139
四、故障判别	141
五、高压线圈耐压试验	142
六、集电环耐压试验	142
3-3 高压线圈绝缘性能试验	142
一、绝缘老化机理	142
二、介质损耗角测定	144
三、击穿电压及电压耐久性试验	146
四、对地耐冲击电压试验	147

五、电晕起始电压测定	147
3-4 匝间耐冲击电压试验	148
一、过电压及匝间分布	148
二、低压电机匝间耐冲击电压试验	150
三、高压线圈匝间耐冲击电压试验	155
3-5 铁心检测	158
一、铁心质量控制	158
二、冲片绝缘电阻测定	160
三、铁损耗试验	161
3-6 铸铝转子检测	164
一、概述	164
二、外观检查	165
三、断条检查	165
3-7 总装检查	168
一、一般检查	168
二、气隙检查	170
三、轴伸和集电环偏摆检查	173
四、安装尺寸检查	173
五、轴瓦间隙测量	178
六、外壳防护等级试验	180
3-8 空转检查	182
一、概述	182
二、异步电机起动方式	183
三、滚动轴承检查	184
四、滑动轴承检查和轴电压测量	186
五、集电环装配检查	186
六、音响检查	188
第四章 成品质量特性测试及控制	189
4-1 绝缘电阻测定	190
一、概述	190
二、试验方法	190
三、冷态绝缘电阻	192

4-2 绕组直流电阻测定	192
一、试验方法	193
二、数据处理	195
三、电阻容许偏差	197
四、故障判别	197
4-3 转子开路电压测定	198
一、试验目的	198
二、试验方法	199
三、故障判别	199
4-4 空载试验	200
一、试验目的	200
二、试验电源	200
三、试验方法	202
四、数据处理	204
五、故障判别	207
4-5 短路试验	209
一、试验电源	210
二、短路转矩测量	211
三、试验方法	212
四、起动电流	215
五、起动转矩	217
六、故障判别	218
4-6 超速试验	220
一、概述	220
二、超速方法	221
三、风扇超速试验	221
4-7 短时升高电压试验	222
一、试验方法	222
二、试验有效性	223
4-8 耐压试验	223
4-9 温升试验	224
一、试验过程	224

二、测温方法	226
三、绕组温升修正	232
四、温升试验负载	233
4-10 负载试验	240
一、试验方法	240
二、效率直接测定法	241
三、效率间接测定法	243
四、工作特性	244
五、基准工作温度	245
六、杂散损耗取值	246
七、铭牌数据	246
八、试验数据校核	247
4-11 短时过转矩试验	248
4-12 最大转矩和最小转矩测定	249
一、测试原理	249
二、直流电机负载法	250
三、测功机法	255
四、转矩-转速测定仪法	259
五、反转制动法测最小转矩	263
六、圆图法求最大转矩	264
4-13 杂散损耗测定	267
一、概述	267
二、反转法	268
三、异步反转法	271
四、回馈法	272
五、测功机法	273
六、短路损耗法	273
七、减小测试误差	274
4-14 起重冶金用异步电机试验	275
一、工作制	275
二、温升试验	276
三、超速试验	278

四、转动惯量测定	278
五、可靠性试验	282
4-15 大型电机试验	283
一、试验电源和负载	283
二、间接温升试验原理	286
三、叠频法温升试验	287
四、降压负载法温升试验	290
五、降压负载法测效率	291
4-16 湿热试验	294
一、概述	294
二、试验前准备	294
三、湿热试验方法	295
四、湿热试验结果考核	298
五、湿热试验室	299
4-17 检修试验	302
一、检测项目	302
二、绝缘电阻和吸收比	303
三、直流耐压和泄漏试验	304
四、交流耐压试验	305
五、试验结果判别	305
六、引线标记检查	307
4-18 振动测定	308
一、振动的物理度量	308
二、电机测试状态	309
三、电机安装方式	309
四、测点配置	312
五、测量仪器	313
六、临界转速测定	315
4-19 噪声测定	315
一、噪声危害	315
二、噪声的物理度量	316
三、测量仪器	319

四、测试环境	323
五、电机测试状态	326
六、半自由声场中噪声测试	326
七、混响场中噪声测试	330
4-20 检查试验参数容许波动范围	331
一、原始数据	332
二、空载电流容许值	332
三、 P_0 - I_0 、 R_d 容许区	334
四、 I_d - P_d 容许区	337
五、使用事宜	338
第五章 测量技术	342
5-1 仪表和测量方法的选用	342
一、对测量误差的要求	342
二、模拟式仪表	343
三、数字式仪表	346
5-2 异步电机试验测量控制电路	349
一、电压测量	349
二、电流测量	350
三、三相功率测量	352
四、功率因数测量	356
五、控制电路	356
5-3 小型电机自动测试	360
一、测试项目和方式	360
二、系统设备组成	361
三、测试方法特点	364
5-4 带电测量定子绕组电阻	366
一、原理	366
二、使用	368
5-5 转差率测量	369
一、感应线圈法	369
二、磁电式仪表法	370
三、钳形电流表法	370

四、闪光测频法	370
五、数字式测速仪法	372
5-6 风量测量	373
一、风速计法	374
二、动压管法	375
5-7 转矩测量	378
一、传感器原理及安装	379
二、传感器法测效率	380
三、传感器法测转矩特性	381
参考文献	383

第一章 质量特性和质量控制

1-1 异步电机质量特性

人类时刻在利用大自然蕴藏的能量，来延伸体能和智能，将物质、能量和信息转变为适应社会需要的产品，创造价值积累财富。电能最便于传送、使用和控制，可与机械能、热能、光能高效转换。从 19 世纪末期以来，电能的开发利用改变了人类的生产和生活方式。大量的石化生物燃料、核燃料、水力、风力和地热资源，借助各种原动机和发电机转换成电能，通过电网传送到各行各业、千家万户，发展生产，改善生活。发电、送电和用电同步完成。

电动机可将电能高效、方便、无污染地转换成机械能，驱动众多的生产机械或设备，为机械化、自动化提供强大、廉价的动力。与直流电机或同步电机相比，异步电机的电源直接取自交流电网，转子不需要与外回路连接，结构简单，运行可靠，制造、使用和维护方便，成本低，效率较高，工作特性好，能满足大多数电力传动的需要。据统计，我国工业用电设备总容量中，异步电机约占 60%。1994 年，美国电力传动的耗电，约占全年用电的 23%，工业用电的 63%，其中异步电机约占 90%。

异步电机在电网电压和频率下，以用户所需的转速和容量提供动力时，还应具备一系列的质量特性，才能适应使用要求。电机的用途、容量、转速、性能、结构、使用环境和电源电压各不相同，品种规格繁多。国家标准“GB755—2000 旋转电机定额和性能”和有关行业标准，对一般用途三相异步电动机的质量特性，提出了许多共性要求。质量特性是用户需求可度量的简洁描述，产品质量是满足用户需要的能力总和。

一、力能特性

有限资源高效使用, 社会才可持续发展。为减少异步电机的用电费用, 节约能源消耗, 电机在额定工况下的效率和功率因数, 应达到该类产品技术条件对相应规格规定的保证值, 或在其容差范围内。容差是指性能指标实测值与技术条件保证值之间的容许偏差, 用来补偿许可范围内的原材料性能差异、加工偏差及测试误差。

异步电动机力能指标的容差如下:

1. 效率 (η) 容差

1) 间接测定法 额定功率为 50kW 及以下: $-0.15(1-\eta_e)$;
额定功率在 50kW 以上: $-0.10(1-\eta_e)$ 。

2) 直接测定法 $-0.15(1-\eta_e)$ 。

2. 功率因数 ($\cos\varphi$) 容差

$-\frac{1}{6}(1-\cos\varphi_e)$, 最小减 0.02, 最多减 0.07。

η_e 与 $\cos\varphi_e$ 为效率和功率因数的保证值。容差计算到小数点后三位数为止。

异步电机的效率和功率因数, 一般随功率和转速的增大而提高。“GB18613—2002 中小型三相异步电动机能效限定值及节能评价价值”, 对低压单速笼型封闭式正常转矩特性电机额定工况下的效率作了规定。能效限定值 (表 1-1) 适用于一般用途电机, 节能评价价值适用于高效率电机。异步电机的额定功率因数, 由产品技术条件规定, 大多为 0.75~0.9。

表 1-1 异步电机效率 (%) 标准

效率 η 功率/kW	极数	2		4		6	
		限定值	评价价值	限定值	评价价值	限定值	评价价值
0.55		—	—	71.0	80.7	65.0	75.4
0.75		75.0	77.5	73.0	82.3	69.0	77.7
1.1		76.2	82.8	76.2	83.8	72.0	79.9

(续)

效率 η 功率/kW	极数	2		4		6	
		限定值	评价值	限定值	评价值	限定值	评价值
1.5		78.5	84.1	78.5	85.0	76.0	81.5
2.2		81.0	85.6	81.0	86.4	79.0	83.4
3		82.6	86.7	82.6	87.4	81.0	84.9
4		84.2	87.6	84.2	88.3	82.0	86.1
5.5		85.7	88.6	85.7	89.2	84.0	87.4
7.5		87.0	89.5	87.0	90.1	86.0	89.0
11		88.4	90.5	88.4	91.0	87.5	90.0
15		89.4	91.3	89.4	91.8	89.0	91.0
18.5		89.4	91.8	89.4	92.2	89.0	91.5
22		90.5	92.2	90.0	92.6	90.0	92.0
30		91.4	92.9	91.4	93.2	91.5	92.5
37		92.0	93.3	92.0	93.6	92.0	93.0
45		92.5	93.7	92.5	93.9	92.5	93.5
55		93	94.0	93.0	94.2	92.8	93.8
75		93.6	94.6	93.6	94.7	93.5	94.2
90		93.9	95.0	93.9	95.0	93.8	94.5
110		94.0	95.0	94.5	95.4	94.0	95.0
132		94.5	95.4	94.8	95.4	94.2	95.0
160		94.6	95.4	94.9	95.4	94.5	95.0
200		94.8	95.4	94.9	95.4	94.5	95.0
250		95.2	95.8	95.2	95.8	94.5	95.0
315		95.4	95.8	95.2	95.8	—	—

二、运行特性

异步电机必须具有与拖动机械相匹配的运行特性,才能顺利