

低压大功率变频调速鼠笼式三相异步电动机设计心得

肖红 范作智

抚顺煤矿电机制造有限责任公司(113008)

Design Experience about Low Voltage High-power Variable-frequency Adjustable-speed Three Phase Asynchronous Motor

Xiao Hong Fan Zuozhi

Fushun Coal Mining Motor Manufacturing Ltd.

摘要: 在传统的感应电机电磁计算程序中增加变频调速电机的方案计算,结合工作阐述了该电磁方案设计及机械结构方面的一些心得。

关键词: 变频调速 电机 电磁计算 结构设计

Abstract: The calculation program of the frequency-control speed-regulation motor was added into the traditional electromagnetic calculation of the induction motor. The experience and what they have learned from work in the fields of electromagnetic and mechanical design were described either.

Keywords: Variable-frequency Motor Electromagnetic Compute machinery

近年来随着变频技术的日益成熟,变频器供电的三相笼型感应电动机在各行各业开始了广泛的应用。现将我们按用户要求设计的低压大功率变频调速电机的设计方法进行全面阐述。该变频电机是用于风力发电机组齿轮箱试验的。

1 电机参数

1.1 规格

所设计的变频调速电动机的两种规格如下:

额定功率: 1500 kW	1850 kW
额定电流: 872 A	1780 A
额定电压: 1140 V	690 V
额定转速: 1487 r/min	1786 r/min

接线方式: Y	Y
额定频率: 50 Hz	60 Hz
改频范围: 0~50~75 Hz	0~60~70 Hz
工作制: S1	S1
冷却方式: 水冷	水冷

1.2 技术要求

电机能在海拔不超过1000m,温度不超过40℃的环境下连续额定运行。当功率、电压及频率为额定值时,电动机效率为95.7%,功率因数为0.89,起动转矩对额定转矩之比的保证值为1.5倍。

在满足电机要求的水冷条件且满足电机要求的频率、电压下,允许电机在冷态从零转速以1.5倍起动转矩堵转起动,堵转时间不大于3min。允许电机在冷态、额定工况下,在不超过3min时间内,以1.8倍过载而不发生颠覆。电动机采用H级绝缘,定子绕组温升值(电阻法)应不超过100K,轴承的允许温度(温度计法),应不超过95℃。

2 电磁计算

2.1 程序改进

采用电磁设计核算程序是根据输入的原始数据如额定电压、额定功率、额定电流、频率和槽形尺寸等,经过迭代计算完成。但对于变频电

机而言,需要考虑个频率点的性能参数,因此参照文献^[1]的方法对原计算程序进行了改编,完成了对变频电机的核算任务。如表1所示,方案完全满足用户对电机性能的要求。

表1 1500kW变频电机主要参数一览表

频率 Hz	电压 U_1 线/V	电压 U_1 相/V	感应电势 E_1 /V	转矩 T/Nm	电机功率 P_2 /kW
5	127.65	73.70	63.08	16701.13	221.49
10	243.21	140.42	126.16	15914.31	465.21
20	472.49	272.80	252.33	14339.48	873.54
30	698.67	403.39	378.49	12766.38	1181.61
40	922.03	532.35	504.66	11189.12	1389.50
50	1140.00	660.00	630.82	9627.04	1500.00
60	1140.00	660.00	625.28	8023.64	1500.00
70	1140.00	660.00	618.85	6878.77	1500.00

频率 Hz	转速 $N/rmin^{-1}$	定子 电流 I_1/A	最大转矩倍数 T_m/T (倍)	效率 η	功率 因数 $\cos\Phi$	转差率 %
5	126.65	1613.57	1.522	69.3	0.896	15.5659
10	279.17	1459.37	1.625	84.3	0.897	6.9450
20	581.77	1288.31	1.803	91.8	0.902	3.0385
30	863.92	1143.41	2.006	94.2	0.907	1.7871
40	1185.95	1005.08	2.264	95.2	0.909	1.1710
50	1487.89	871.70	2.604	95.6	0.909	0.8075
60	1785.22	869.46	2.176	95.8	0.910	0.8212
70	2082.34	873.72	1.870	95.8	0.905	0.8410

频率 Hz	定子电感 mH	转子电感 mH	激磁电感 mH	定子电阻 m Ω	转子电阻 m Ω
5	0.2332	0.2828	11.7170	3.7589	6.3836
10	0.2332	0.2828	11.1227	3.7589	6.3836
20	0.2332	0.2828	10.8181	3.7589	6.3836
30	0.2332	0.2828	10.6836	3.7589	6.3836
40	0.2332	0.2828	10.5818	3.7589	6.3836
50	0.2333	0.2829	10.5974	3.7589	6.3836
60	0.2336	0.2830	10.8576	3.7589	6.3836
70	0.2336	0.2831	11.1435	3.7589	6.3836

2.2 方案设计

2.2.1 经过反复的电磁计算调试,确定了设计参数

由于电机轴长2.4m,加工过程中如机座与轴承台的同轴度偏差较大时,易造成定、转子相擦,因此选气隙 $g=2.5$,铁芯四圆直径 $D_1/D_{i1}/D_{i2}/$

$D_2=990/650/350/240$;本电机为室内试验用,为尽量减少振动和噪声,优选槽配合 $Q_1/Q_2=60/72$;定子绕组线规:1500kW电机采用4-3.75 \times 6.7耐电晕薄膜绕包烧结绕组线,1800kW电机采用8-3.55 \times 6.3聚酰亚胺薄膜绕包线,绕组对地绝缘均采用粉云母半迭包 $\delta=2$,以避免变频器调速时谐波电流对绕组的损伤;每槽导体数:8(1500kW)、4(1850kW);定子开口槽,槽宽/槽深=17/74;转子矩形导条35 \times 6.5;转子架空通风;定转子铁心长750mm。

2.2.2 计算电磁负荷(以1500kW为例):

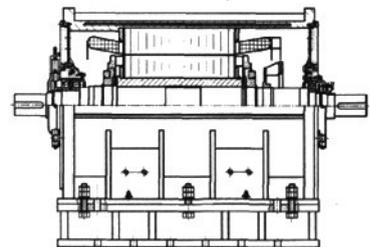
磁密: $B_\delta=0.6102T$ 、 $B_{T1}=1.1013T$ 、 $B_{C1}=1.1532T$ 、 $B_{T2}=0.9932T$ 、 $B_{C2}=1.0462T$;

电密: 定子 $J_1=2.5A/mm^2$ 、转子 $J_2=4.5A/mm^2$ 、端环 $J_B=2.5A/mm^2$;

热负荷: $AJ_1=1130A^2/cm.mm^2$ 。

3 结构设计

电机总装简图如下,具体设计上作了以下考虑。



本电机轴伸端轴承采用NU238Ec和6238Ec,测试端采用NU236Ec;为防止轴电流损坏轴承,在电机外侧安装HZ12A-32 \times 16 \times 40/V1型金属石墨电刷。

本电机的冷却方法为IC3W7水冷式,机座采用折流式水道,以利于定子绕组散热。轴承支撑也采用了水冷却结构,大大降低了轴承的温度。

转子安装轴流式风扇,转子支架上设4-50 \times 160通风道,利于转子通风。变频电机起动较慢,为防止电机低速时轴承两侧漏油,增设了多重保护,在轴承外侧加装甩油环的同时,增加毛毡和

低压大功率变频调速鼠笼式三相异步电动机设计心得

作者: [肖红, 范作智, Xiao Hong, Fan Zuozhi](#)
 作者单位: [抚顺煤矿电机制造有限责任公司, 113008](#)
 刊名: [电机技术](#)
 英文刊名: [ELECTRICAL MACHINERY TECHNOLOGY](#)
 年, 卷(期): 2010, (1)
 被引用次数: 0次

参考文献(4条)

1. 高剑, 黄守道 在 $E1/f1=const$ 条件下变频电机电磁核算程序的探讨[期刊论文]-[防爆电机](#) 2004(1)
2. 孙振宇 变频调速三相异步电动机恒转矩及恒功率特性的控制[期刊论文]-[防爆电机](#) 2002(3)
3. 李国华, 黄守道, 段改林 变频电源供电异步电动机噪声和振动的分析[期刊论文]-[防爆电机](#) 2006(2)
4. 陈世坤 [电机设计](#) 2005

相似文献(10条)

1. 期刊论文 [刘淑萍, Liu Shuping](#) 异步电机的变频调速与变频调速专用电机的特性 -[煤矿现代化](#)2008(4)
 实现变频调速最直接的原因就是普通异步电动机简单的结构、低廉的成本和方便的调速,变频调速专用电机的设计初衷是专为交流调速而用的,如果变频调速必须要配用变频专用电机,它就与变频调速固有的简单、坚固、耐用性产生矛盾,本文讨论的问题是变频调速及变频调速专用电机的特性等问题。
2. 会议论文 [刘莹](#) 对于变频调速电机低频及超高频电气参数的测量 1996
3. 学位论文 [蒋炜](#) 变频调速屏蔽电机分析及其控制系统的设计 2006
 屏蔽电机属于特种电机,用于输送易燃、易爆、腐蚀和有毒的各类介质。近年来,它被广泛应用且迅速发展。屏蔽电机同普通异步电机的不同在于屏蔽电机的定子绕组和转子绕组带有金属屏蔽套。当电机运行时,旋转磁场切割屏蔽套,在屏蔽套中感应涡流,产生涡流损耗。较大的屏蔽套涡流损耗对电机性能产生影响。
 在异步电机调速系统中,变频调速效率最高,同时性能也最好。但是当屏蔽电机采用变频器供电时,变频器输出的大量谐波必定会在屏蔽套内产生谐波涡流损耗,进一步影响电机性能。本文以此为课题,对变频调速屏蔽电机的屏蔽套涡流损耗以及屏蔽电机的变频调速控制系统进行了一些理论分析和实验研究。
 本文首先以电路的观点,在普通异步电动机等效电路的基础上,得出了屏蔽电机的稳态等效电路。重点分析了屏蔽电机在由变频器供电时,谐波对屏蔽套涡流损耗的影响。利用叠加原理,把电源中谐波分量看成一系列独立电源,根据屏蔽电机谐波等效电路,依次计算k次谐波的涡流损耗。文中对一台实验样机的涡流损耗进行了计算,将计算结果与实验数据对比。并且通过叠片笼型和实心笼型两种转子的异步电动机分别在工频电源和变频器供电下的空载实验,对空载损耗进行了计算和对比分析,来验证理论分析的正确性。
 然后在以转子磁链矢量定向的MT轴旋转坐标系下,建立了屏蔽电机的数学模型,并且提出屏蔽电机的矢量控制策略,改善了屏蔽电机的启动和调速性能。以仿真软件Matlab / Simulink为平台,建立了屏蔽电机矢量控制系统仿真模型,对该种控制方案进行了仿真研究。
 最后在理论分析与仿真研究的基础上,以数字信号处理芯片和功率智能模块为硬件平台,设计了一套屏蔽电机变频调速控制系统。并进行了实验研究,完成了部分控制程序的调试工作。
4. 会议论文 [黄育麟](#) 特吕茨施勒尔清梳联合机给棉电机改为变频调速 2002
 特吕茨施勒尔清梳联合机CVT3型锯齿清棉机给棉直流电机寿命只有一年多,直流电机碳刷磨损迅速,碳刷架易打火烧坏,引起电机烧坏,电机转子的换向器(铜转子)经过多次修整后,换向器的铜片越来越薄,最后会导致打火击穿,同样引起电机烧毁。为此本厂对该传动系统进行了改造,采用交流电机变频调速取代了原直流电机。改造完成后, CVT3型清棉机的给棉帘子运转平稳,交流电机和变速箱负荷正常,棉层厚度和给棉量控制自如,调速性能和原直流电机一样。
5. 会议论文 [姜新生, 周文祥, 高永军](#) 变频调速电机测试系统研究 2006
 牵引电机是现代轨道动力车辆的关键部件,测试技术是保证其质量的基础。本文对变频调速电机测试系统的设计进行了分析,并研究了一种变频电信号的频谱分析方法。最后,对变频调速电机的实际低频与中频电压、电流信号进行了分析,得出了正确结果,验证了该方法的有效性。
6. 学位论文 [李松辽](#) 无刷双馈变频调速电机的原理分析及稳态计算 1995
 随着功率电子逆变器的的发展,使人们重新对双馈的极联电机发生了兴趣。这些采用笼型转子的更经济的无刷双馈电机有望能够取代调速驱动装置领域中的常规感应电机。该文将着重研究无刷双馈变频调速电机的运行原理,定子绕组的影响,以定子线圈,转子短路绕组为基础建立的数学模型和稳态性能的计算。
7. 会议论文 [方险峰](#) 引风机电机改变变频调速的分析 2004
 我公司引风机电机的调速问题,已经提了多年,一直未能得到解决。2000年9月#1机组检修期间曾经作过很多工作,目的是恢复随机安装的变速开关运行,实现引风机电机的高/低速切换,但未能成功。主要原因有两个,一是变速开关设备的可靠性不能保证;另一是此种开关操作方式对其他设备的影响。从现在的情况看,即使开关设备能够恢复正常操作,运行中高/低速切换,对锅炉稳定运行来说也有一定风险,所以变速开关恢复正常运行的问题最终放弃。引风机电机改变变频调速,前几年也曾进行过技术咨询,主要是变频技术满足不了我公司电压高、功率大的要求,而且改造费用非常高。但近几年大容量、高压变频器发展很快,目前国内300MW及以下发电机组进行风机变频改造的电厂已不少于5家(如山东德州电厂、河南三门峡电厂、辽宁清河电厂等)。虽然600MW发电机组风机改变变频目前国内尚无一例,但进行此类变频改造,技术上已有一定的可行性。本文将有关引风机电机的调速方式及改变变频调速的利弊作简要分析。
8. 期刊论文 [曹玉泉, 尹丽春, 姚建红, 刘继承, 姚建生](#) 变频调速输油电机功率因数和频率、负载率的关系 -[天然气与石油](#)2003, 21(4)
 功率因数是各种电气设备十分重要的电气参数之一,变频调速输油系统中应用的电机,功率一般均比较大;因此研究该系统中功率因数的问题具有一定的意义。文章以变频调速输油系统实测数据为基础,用数理统计的方法,得出了电机功率因数与变频器频率和电机负载率的相关关系。
9. 学位论文 [汤杰](#) 双电机硬轴传动变频调速及其功率平衡控制 2009
 随着工业的快速发展,人们对各种机械性能和产品质量的要求逐渐提高。目前针对一台电机的控制在某些负载重且负载跨距大的场合已经不能满足

现代化工业发展的要求,需要人们控制多台电机同步传动,使其更好地协调运行。硬轴联接电动机在大中型起重设备中应用非常广泛,常见的龙门吊车、卷扬式启闭机、水闸等都是采用这种形式。出于机械设计方面的原因,这类负载不宜采用单台电机驱动,往往采用双电机在负载两侧独立驱动,为保证运行过程中转速同步,工程上通常用一根刚性轴将两侧电动机联接起来。但是受材料、制造工艺和制造精度等因素的影响,两台异步电机的参数不可能完全相等,运行过程中容易因负载分配不平衡导致烧坏电机。因此,研究硬轴联接双电机同步传动的理论和方法,对保证这类机械安全、可靠地同步运转,具有十分重要的现实意义。

本文以水电站平板闸门的传动装置为背景,针对其两台电机刚性联接的特点,对两台异步电机硬轴传动过程中的负载分配和功率平衡问题进行了研究。论文从水电站闸门需要运行可靠、启停平稳、开度控制准确入手,调研了双电机的研究现状。详细介绍了变频调速的发展过程,分析了无速度传感器矢量控制、直接转矩控制的原理,对矢量控制和直接转矩控制的转速转矩特性进行了分析。结合矢量控制调速范围广、稳态误差小和直接转矩控制动态响应快的特点,将矢量控制和直接转矩控制算法引入双电机同步传动中,提出了一种新的主从控制方法:主电机采用矢量控制,转速和转矩双闭环,跟踪给定指令速度;从电机速度开环,跟踪主电机转矩指令。由于传统的直接转矩控制方法存在逆变器开关频率不固定,电流和转矩脉动大,低速性能不好等缺点,论文中从电机采用了基于PI的空间矢量调制(SVM-DTC)方法,解决开关表中电压矢量有限的问题,同时解决传统直接转矩控制固有的逆变器开关频率变化问题,使得电流和转矩脉动变小,提高低速运行时的效果。通过仿真结果表明系统具有较好的动态性能,验证了本设计的合理性。

10. 期刊论文 [洪长功. 汤宁平. 蔡建颖. 两相电机的合成电压矢量变频调速 - 电机电器技术 2002\(6\)](#)

从理论上论述了两相电机通过控制合成电压矢量实现变频调速的可行性. 对运用该方法的控制系统和电机运行特征进行了仿真. 仿真结果表明该方法具有良好的调速效果. 在调速范围内, 两相电机可实现对称运行.

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_djjs201001005.aspx

授权使用: 北京交通大学(北京交通大学), 授权号: b7006f39-e337-41d3-bc06-9ea100aa9aca

下载时间: 2011年3月9日