

13 kW磁力耦合器试验台直流电动机供电单元的设计

为研究小功率磁力耦合器的传动特性,设计了磁力耦合器试验台的13 kW直流驱动电动机的电枢供电回路和励磁供电回路,电枢供电回路采用三相桥式半控整流电路,励磁供电回路采用三相桥式不可控整流电路,试验验证了设计方案的有效性。为小功率磁力耦合器传动特性的研究奠定了试验基础。

林 平 关德林 王静怡/大连海事大学轮机工程学院

0 引言

机械联轴器找正的工作量大^[1],受海况和船舶自身的影响,船舶时刻处于变形当中,致使电动机和泵轴之间的对中准确度下降,从而导致机械联轴器处于轴线不对中(“憋劲”)传动状态,加剧了设备的振动,缩短了电动机和泵轴承的寿命,增加了轴承的维护工作量。

磁力耦合器是一种非接触传动装置,具有减振的功能,能减小振动50%~85%,是解决该问题的有效途径。它通过铜盘与钕铁硼永磁体盘之间的气隙来实现由电动机到负载的转矩传递^[2]。

随着国内磁力耦合器的商业化和批量生产,针对磁力耦合器性能进行测试的试验台以及对测试结果进行评估的参数尚无统一标准。本文对磁力耦合器试验台驱动电动机的供电电路进行设计,并通过试验证明所设计的电路是可行的。

1 直流电动机供电回路总体设计

本磁力耦合器试验台采用的驱动电动机是直流电动机,具体参数如下:①直

流电动机型号为Z2-52;②电动机功率为13 kW;③电动机额定转速为3 000 r/min;④电动机额定电流为68.7 A,额定电压为220 V,额定励磁电压为220 V,额定励磁电流为1.9 A。

三相桥式全控整流电路在各方面的性能均较优越,但是电路中使用较多的晶闸管,而且要配上同等数量的触发单元。故电路的成本较高,此外调试和维修的技术难度也大。对于磁力耦合器试验台,只要求整流电路能够保证直流电动机顺利运行,晶闸管三相桥式半控整流电路能够在交流电源电压不变的情况下,通过调节晶闸管的触发电路来改变晶闸管的控制角,进而实现对整流电路输出电压的控制,因此完全可以采用比三相桥式全控整流电路简单的三相桥式半控整流电路。

驱动电动机供电回路整体设计如图1所示,试验室现有电网供电电压为交流380 V。三相桥式半控整流电路中的三相整流变压器的联结方法采用Dy11接法。

驱动电动机采用变电枢电压进行调速的方式,直流电动机的电枢供电回路采用三相桥式半控整流电路,并且该种电路适用于大功率变流装置^[3]。采用三相桥式晶闸管半控整流节省3只晶闸管和3只晶闸管的触发器,简化了控制电路,而且可以达到三相桥式晶闸管全控整流电路的同样效果^[4],故宜选用三相桥式晶闸管半控整流电路。

驱动电动机的励磁回路供电电路采



林 平/硕士研究生

关键词/Keywords

磁力耦合器试验台·
供电·
设计·
调试·

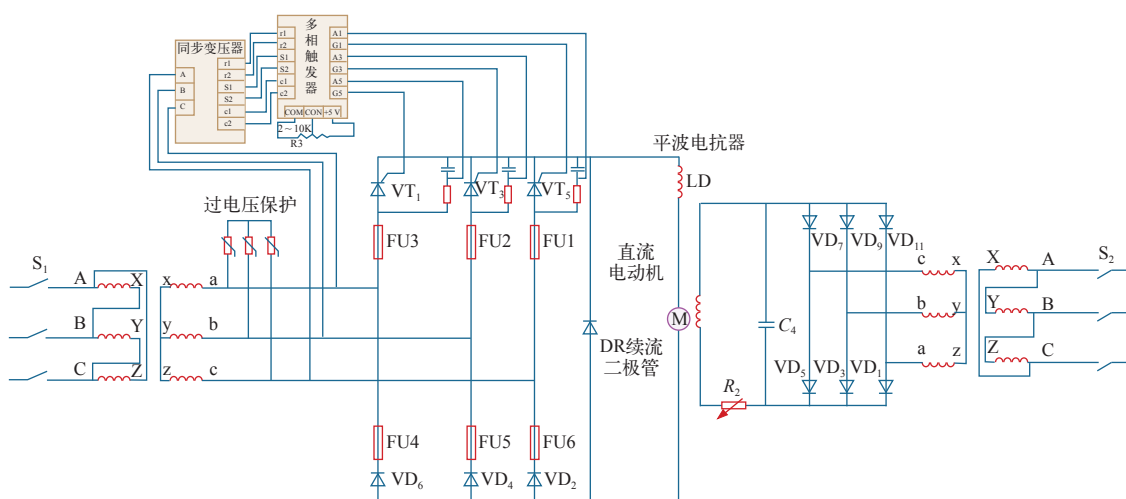


图1 驱动电动机供电回路整体电路

用三相桥式不可控整流，通过滑动变阻器对励磁电压和电流进行调节。

2 驱动电动机供电回路的设计

驱动电动机供电回路的设计包括电枢供电回路的设计和励磁供电回路的设计。电枢供电回路的设计如图2所示，励磁供电回路的设计如图3所示。

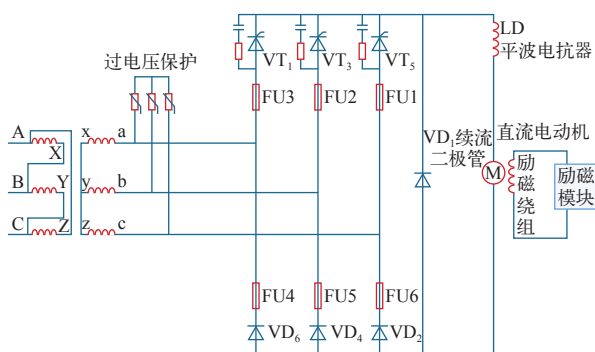


图2 电枢供电回路原理

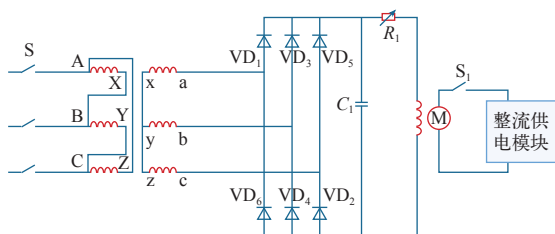


图3 电动机励磁供电回路原理

2.1 驱动电动机电枢供电回路设计

电动机电枢供电回路采用三相桥式半控整流

电路，三相桥式整流与单相整流相比，因为每个周期内自然换相6次，故电压的脉动率小。整流电流脉动率的大小受电压的脉动率影响，因为整流电压的脉动率小，所以电流的脉动率也小。当三相桥式半控整流电路接入到感性负载时，在直流输出端要并联接入一个续流二极管，这样使电感中的能量完全释放到负载的驱动电动机上，并能防止失控的现象。只有当控制角大于 60° 时，续流二极管中才有电流通过^[5]。

三相桥式半控整流电路的触发电路要求低，只需要给晶闸管 120° 的触发信号就能满足要求。

三相桥式半控整流电路输出电压的脉动频率为300 Hz，需要滤波电感，故需在电路中串联一个电感，即平波电抗器。

晶闸管可控整流装置输出的是脉动的直流电压，在半控整流桥中尤为明显。由于本试验台采用的驱动电动机为直流电动机，过大的电流波动会使直流电动机的换向恶化，并会因为铁损加大而引起驱动电动机温度升高。直流电流的不连续会造成Z2-52直流电动机的机械特性变软。为了使电动机的负载电流在最小时仍能保持连续，同时还必须减小负载电流的交变分量，必须在直流电动机的负载电路中接入平波电抗器^[6]。

交流供电回路干扰或者大气干扰、交流侧合闸冲击、交流电源断开、直流回路断开以及感性负载和晶闸管换流等会产生过电压现象；电网电

压波动、晶闸管被击穿短路、直流侧短路和晶闸管两端电压上升率过大会引起过电流现象。

对过电流现象采用快速熔断器保护,在过电流时快速熔断器比一般熔断器反应快,是一种专门针对整流电路过电流保护的装置。

过电压保护有以下措施:在晶闸管两端并联一个阻容电路,这样不但可以抑制晶闸管换流产生的过电压,而且还可以抑制直流侧的过电压;交流侧过电压通过在变压器二次侧的输出线上连接3个压敏电阻来抑制,当交流侧电压超过压敏电阻的额定电压值时,压敏电阻导通在回路中产生电流,电流会熔化掉带辅助触点的快速熔断器,常闭的辅助触点断开,从而断开驱动电动机的电源。

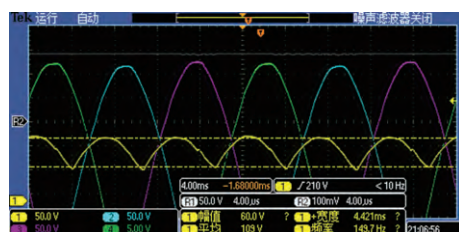
2.2 驱动电动机励磁供电回路设计

驱动电动机励磁供电回路通过三相整流变压器降压并进行电气隔离,再采用三相桥式不可控整流通过电容滤波和磁盘电阻调压,保证励磁回路的电流为1.9 A,额定电压保持为220 V。

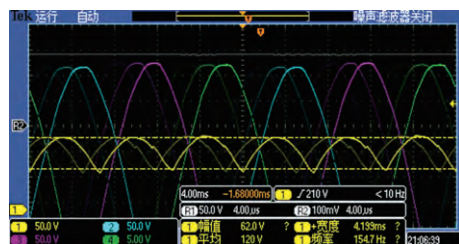
3 试验调试

对电枢回路供电电路进行试验调试,并对部分调试结果进行分析,驱动电动机电枢回路未接入供电电源,三相半控桥式电路交流侧电压波形(绿蓝紫表示)与直流侧平均电压波形(黄色表示)如图4所示。直流侧平均电压为109 V时(见图4a),直流侧平均电压的波动幅值为60 V,电压波形平滑,谐波分量小;直流侧平均电压为120 V时(见图4b),直流侧平均电压的波动幅值为62 V,电压波形平滑,谐波分量小;直流侧平均电压为128 V时(见图4c),直流侧平均电压的波动幅值为64 V,电压波形平滑,谐波分量小;直流侧平均电压为140 V时(见图4d),直流侧平均电压的波动幅值为66 V,电压波形平滑,谐波分量小。

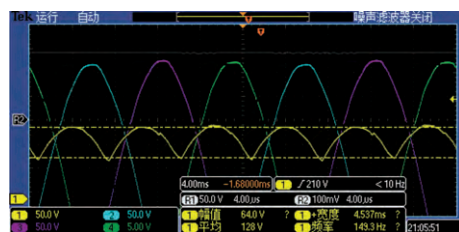
随着直流侧平均电压的升高,直流侧电压波动的幅值增大,直流侧平均电压每增加10 V,直流侧电压波动的幅值增加2 V,同时直流侧平均电压波动幅度随着直流侧平均电压的增大而增大,但



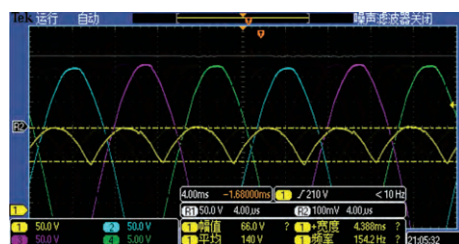
(a) $v = 109$ V



(b) $v = 120$ V



(c) $v = 128$ V



(d) $v = 140$ V

图4 不接入驱动电动机电枢回路时不同直流侧平均电压

直流侧平均电压波动幅度与直流侧平均电压的比值随着直流侧平均电压的升高而降低。

由于加入整流变压器进行电气隔离,故交流侧电压波形失真度小,能保证整流电路稳定地工作。

由图4可知,由于驱动电动机电枢回路未接入供电回路,故直流电压波形波动幅值比较大,并且波动幅值随着直流侧平均电压的增大而增大,同时交流侧交流电压波形的波动也随着直流侧平均电压的升高而增大。因此需要将驱动电动机电枢回路接入供电电源进行调试。

驱动电动机电枢回路接入供电电源时,三相半控桥式电路交流侧电压波形(绿蓝紫表示)与直流侧平均电压波形(黄色表示)如图5所示。驱

动电动机电枢平均电压为110 V时(见图5a),直流侧平均电压的波动幅值为4 V,电压波形平滑,谐波分量小;驱动电动机电枢平均电压为121 V时(见图5b),直流侧平均电压的波动幅值为4 V,电压波形平滑,谐波分量小;驱动电动机电枢平均电压为130 V时(见图5c),直流侧平均电压的波动幅值为4 V,电压波形平滑,谐波分量小;驱动电动机电枢平均电压为140 V时(见图5d),直流侧平均电压的波动幅值为4 V,电压波形平滑,谐波分量小。

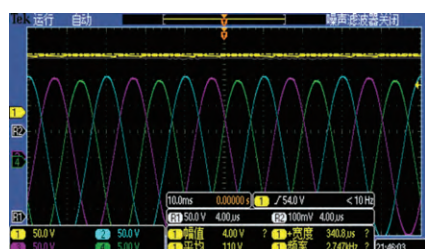
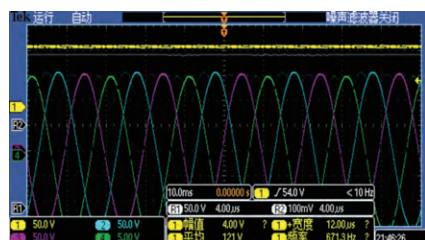
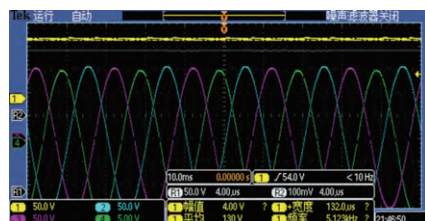
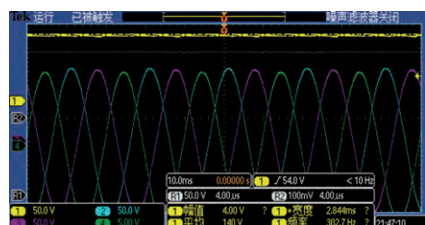
(a) $v = 110$ V(b) $v = 121$ V(c) $v = 130$ V(d) $v = 140$ V

图5 接入驱动电动机电枢回路时不同直流侧平均电压

随着直流侧平均电压的升高,直流侧电压波动的幅值保持不变,同时直流侧平均电压波动幅

度随着直流侧平均电压的增大保持不变,故直流侧平均电压波动幅度与直流侧平均电压的比值随着直流侧平均电压的升高而降低。

由于加入整流变压器进行电气隔离,故交流侧电压波形失真度小,能保证整流电路稳定地工作。

由图5可知,由于驱动电动机电枢回路接入供电回路,平波电抗器和续流二极管共同作用,使直流电压波形波动幅值很小,并且波动幅值随着直流侧平均电压的增大而保持不变,波动幅值均在4 V左右。同时交流侧交流电压的波形不随着直流侧平均电压的升高而波动。

通过图4、图5的电压波形的对比分析可以得出,当整流电路未接入驱动电动机电枢回路时,直流电压波形是“馒头波”,每周期脉动6次,脉动幅值在60 V以上,随着直流电压的升高,脉动幅值呈现增大的趋势;接入驱动电动机电枢回路之后,直流电压波形的脉动幅度明显减小,脉动幅值在4 V左右,并不随着直流侧电压的升高而变化。由于驱动电动机电枢回路是感应负载,另外驱动电动机电枢供电回路接入平波电抗器是使直流电压脉动幅值减小的重要原因,因此随着直流电压的升高,脉动幅值稳定在4 V左右。

图6为驱动电动机励磁回路励磁电压波形,额定状况下励磁电压平均值为221 V,最大峰值为222 V,最小峰值为220 V,波动值为2 V,电压波动率为1%。因此,励磁回路励磁电压符合驱动电动机的工作要求。

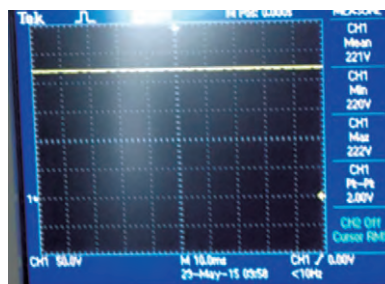


图6 驱动电动机励磁电压波形

4 结束语

- 1) 为研究小功率磁力耦合器的传动特性,本

(下转第93页)

究了该方案的适应性。定义了发电机临界系统联系电抗 X_{lj} ，与电网联系较为薄弱的机组或在系统发生网架被严重削弱的故障导致机组与系统的联系大幅减弱时，发电机的系统联系电抗可能会大于临界系统联系电抗，这种情况下发电机发生失磁故障后，机端测量阻抗进入异步圆后容易不断进出异步圆，其在异步圆内的停留时间达不到阻抗判据动作的最小延时要求，导致失磁保护动作滞后。

参考文献

- [1] 印永华, 郭剑波, 赵建军, 等. 美加“8·14”大停电事故初步分析以及应吸取的教训 [J]. 电网技术, 2003, 27(10): 8-11.
- [2] 张旭东. 不同原理的发电机失磁保护误动分析与改进 [J]. 电力系统自动化, 2001, 25(6): 63-65.
- [3] 殷建刚, 彭丰, 杨平, 等. 发电机失磁保护中系统低电压判据的探讨 [J]. 电力自动化设备, 2003, 23(12): 28-31.
- [4] 刘伟良, 陈宏, 刘宇, 等. 由一起发电机失磁事

故谈失磁和逆功率保护的设置 [J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(23): 164-166.

- [5] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用 [M]. 2版. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [6] 魏燕, 高有权. 发电机失磁保护及其出口方式研究 [J]. 继电器, 2003, 31(2): 54-56.
- [7] 隋佳音, 毕天姝, 薛安成, 等. 新型发电机失磁保护加速判据研究 [J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(20): 69-73.
- [8] 高春如. 大型发电机组继电保护整定计算与运行技术 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
- [9] 汤涌. 电力系统全过程动态 (机电暂态与中长期动态过程) 仿真技术与软件研究 [D]. 北京: 中国电力科学研究院, 2002.
- [10] 姚晴林. 同步发电机失磁及其保护 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1981.
- [11] 王维俭, 侯炳蕴. 大型机组继电保护理论基础 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1989.

(收稿日期: 2015-07-31) **EA**

(上接第87页)

文设计了磁力耦合器试验台的13 kW直流驱动电动机的电枢供电回路和励磁供电回路, 电枢供电回路采用三相桥式半控整流电路, 励磁供电回路采用三相桥式不可控整流电路。

2) 通过对驱动电动机电枢供电回路的试验调试, 对比分析了驱动电动机电枢回路未接入电源和接入电源的电压波形, 验证了驱动电动机电枢供电回路设计的可行性, 所设计的电路工作性能良好, 能满足要求。

3) 对驱动电动机励磁回路额定励磁电压波形进行了简要的分析, 验证了驱动电动机励磁供电回路设计的可行性。

4) 证明该驱动电动机供电单元切实好用, 能满足磁力耦合器试验台驱动电动机的供电要求, 为小功率磁力耦合器试验台的设计与实现奠定了基础, 同时也为下一步小功率磁力耦合器的传动特性的研究奠定了试验基础。

参考文献

- [1] 于红梅. 旋转机械联轴器的安装找正研究 [J]. 辽宁科技学院学报, 2007(4): 10-11.
- [2] Wallace A, Wohlgemuth C, Lamb K. A high efficiency alignment and vibration tolerant, coupler using high energy product permanent magnets [C]. IEEE Seventh Electric Motors and Drives Conference, 1995, 73(2): 299-305.
- [3] 耿庆鲁. 整流电路的分类 [J]. 氯碱工业, 2007(4): 7-10.
- [4] 曲学基, 曲敬凯, 于明扬, 等. 电力电子整流技术及应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2008: 99-100.
- [5] 季本山. 谈船舶电气设备中的续流二极管 [J]. 航海技术, 2011(3): 56-58.
- [6] 顾绳谷. 电机及拖动基础 (下册) [M]. 4版. 北京: 机械工业出版社, 2007: 77.

(收稿日期: 2015-10-27) **EA**