

机载多功能调压器的设计和实现

陈奎, 邓道杰

(中航工业西安航空计算技术研究所, 西安 710068)

摘要: 根据国内机载调压器的调压速度快、具备故障保护功能以及可配置的调压时机等需求特点, 提出了机载多功能调压器设计和实现; 首先介绍了快速调压功能的原理; 其次, 在快速调压功能的基础上, 详细阐述机载多功能调压器中高相限制、过流保护、数字保护扩展接口和禁止调压等新增功能的设计; 本机载多功能调压器已成功运用于飞机交流发电机的控制中; 实践证明, 本方案运行可靠, 成本低廉, 具有良好的经济效益。

关键词: 机载多功能调压器; 高相限制; 过流保护; 数字保护扩展接口; 禁止调压

Design and Implementation of Multi-function Voltage Adjustment Module

Chen Kui, Deng Daojie

(Xi'an Aeronautics Computing Technique Research Institute, AVIC, Xi'an 710068, China)

Abstract: According to the demand of voltage adjustment module, a design and implementation of multi-function voltage adjustment module is presented. In this paper, at first, the principle of rapid voltage regulating function and realization is introduced. Then several other functions such as high phase limitation/over current protection/extend interface for digital protection/voltage adjustment prohibition are presented. The design and implementation of multi-function voltage adjustment module has been successfully used in the control of industry/airborne AC generator. Practice has proved that the design has high operation reliability, low cost and good economic benefit.

Keywords: multi-function voltage adjustment module; high phase limitation; over current protection; extend interface for digital protection; voltage adjustment prohibition

0 引言

随着多电飞机和全电飞机的迅猛发展, 对飞机电源品质和发电系统的控制保护能力提出了更高的要求。作为飞机电源系统的核心部件, 发电机控制器的好坏将直接影响整个电源系统的性能。

在航空产品中, 交流发电机的传统调压方式是模拟调压。模拟调压实现简单、体积小、重量轻, 但是功能单一, 保护功能欠缺; 数字调压是近几年新兴的一种调压方式, 保护功能多, 然而可靠性差, 调压速度慢、易受干扰。一种能同时满足调压速度和保护功能的要求, 兼备数字调压和模拟调压的优点的交流发电机调压器研制成为迫切需要。本机载多功能调压器集调压、高相限制、过流保护、数字保护接口和禁止调压功能为一身, 能实现模拟调压, 具有保护功能, 且留有数字保护扩展接口, 满足交流发电机控制系统需求, 硬件成本低, 有重大的实用价值和应用前景。

1 系统设计

1.1 系统功能设计

作为电源系统的重要功能部件, 该多功能调压器集成了调压、高相限制、过流保护、数字保护接口和禁止调压等多个功能。

1) 快速调压功能:

采用经典的模拟调压电路, 实现简单、调压速度快、可靠性高。

2) 高相限制功能:

当电路中有一路或两路故障(短路或断路)时, 将电压限制在预设范围内, 保护用电设备免受过电压的冲击伤害。

3) 过流保护功能:

当发电机输出电路中出现过流(短路)时, 及时切断励磁回路, 使发电机不再对外输出, 从而保护电源系统。

4) 数字保护扩展接口:

预留的数字保护接口和数字处理模块连接, 当数据处理模块检测到故障时, 通过励磁电路前端继电器及时断开能量来源, 保护本产品乃至整个系统免受能量冲击伤害。通过数字保护扩展接口实现模拟调压和数字调压的隔离, 避免了相互干扰, 解决电磁兼容问题, 实现模拟调压和数字调压的完美结合。

5) 禁止调压功能:

特有的禁止调压接口使本调压器能准确的控制调压的时机, 在发动机起动和停车过程中不调压。加入禁止调压功能将减小起动机在起动过程中的负载量、减少发电机在系统起动过程中电品参数不合格现象、减缓系统起动过程中因电品不稳对电网系统的冲击。

1.2 系统方案设计

1.2.1 快速调压方案

快速调压结构引入电压负反馈电路, 交流发电机输出三相电压经整流后与基准电压比较, 产生 PWM 信号控制励磁回路, 形成闭环控制, 如图 1 所示。

该方案采用经典的闭环模拟调压设计, 具备反应速度快、调压精准等特点。

1.2.2 高相限制调压方案

交流发电机闭环反馈电压由三相输出电压经整流得到, 当

收稿日期: 2016-01-05; 修回日期: 2016-02-24。

作者简介: 陈奎(1985-), 男, 安徽阜阳人, 工程师, 主要从事于发电机控制器的研究方向的研究。

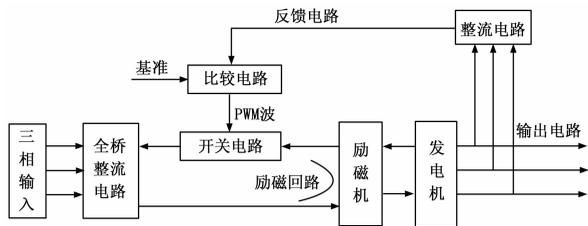


图 1 单闭环调压电路原理图

其中某一相或两相发生断路或短路故障时，反馈电压将低于基准电压值，闭环调压电路将导致输出电压进一步增大，对用电设备造成过压冲击，严重时甚至可能会导致整个系统的崩溃。因此有必要在单闭环调压电路的基础上提出具有高相限制功能的闭环调压方式。高相限制功能通过在单闭环反馈电路的基础上增加反馈回路 2 实现，其中反馈电路 2 的整流前级串入 100K 电阻，电路原理如图 2 所示。

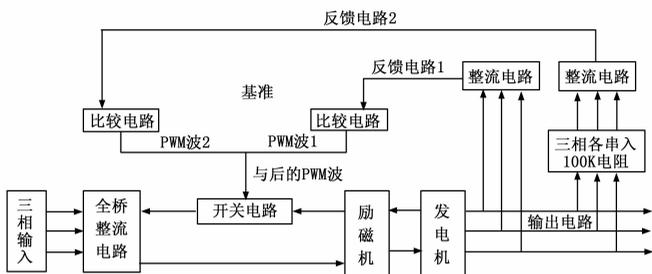


图 2 增加高相限制电路原理图

反馈电路 2 对单相电压的敏感度迟钝于反馈电路 1，当某一相故障时，反馈电路 1 输出占空比大的 PWM1 波形增加励磁电流来使发电机输出更高的电压，此时，反馈电路 2 会因采集到高电压而输出占空比小的 PWM2 波形，PWM1 波形和 PWM2 波形相互综合后，产生 PWM3 波形，由于 PWM2 波形占空比的限制，使得励磁电流稳定在限定值以内，进而使发电机的输出电压稳定在限定值，控制单项或两相故障（短路或断路）后引起的超调现象。

通过增加高相限制功能解决输出电压单相超调现象，保护整个电源系统中的用电设备。

1.2.3 过流保护方案

当飞机电线出现短路时，线路电流急剧增大，发电机控制器应能及时地切断电源，使损失降到最小。

过流保护功能是在高相限制的基础上，增加互感器反馈电路，实现方式如图 3 所示。整流电路 2 整流后的电压（分压后）和互感线路通过整流电路 3 整流后的电压（分压后）进行比较，输出信号和反馈电路 2 电压做负比较，输出 PWM2 波形，参与励磁电路控制逻辑。

当发电机输出电路中电流过大（短路）时，互感器反馈电路输出高电平，使比较电路 2 输出翻转为低，拉低 PWM 波 3 输出电平，切断发电机励磁回路，从而保护系统的安全。

1.2.4 数字保护接口和禁止调压的方案

本方案特别增加了数字保护接口及禁止调压功能。具备高相限制、过流保护、数字保护和禁止调压功能的调压方案如图 4 所示。

在图 3 的基础上进一步增加数字保护和禁止调压功能。在

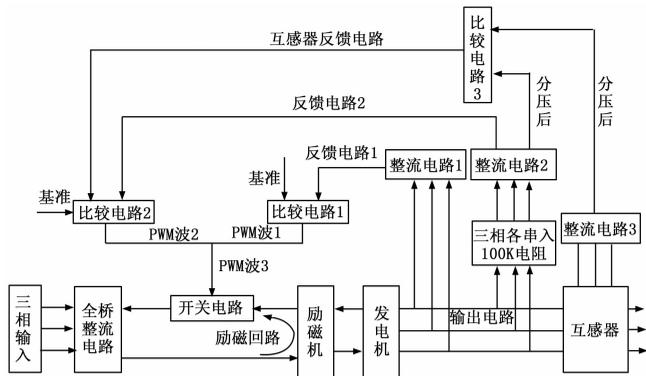


图 3 增加高相限制、过流保护的电路原理图

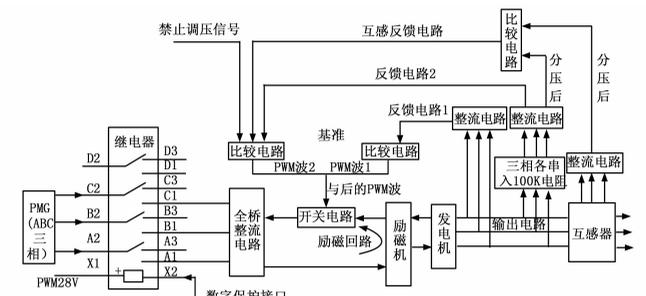


图 4 增加高相限制、过流保护、数字保护和禁止调压的电路原理图

提供励磁的三相交流电路中引入继电器，该继电器是扩展数字保护的接口。当数字处理部分要关闭调压器时，可以通过对继电器的控制来切断励磁，实现关闭调压器，进而使发电机不再输出，实现数字保护功能。

在比较电路 2 中引入‘禁止调压’接口信号，只要‘禁止调压’信号为高，则比较电路 2 就一直输出为低，开关电路处于关闭状态，发电机就一直无励磁电流，进而实现禁止调压功能。

数字保护扩展接口从整体上提高了发电机控制器的功能和性能指标，为模拟、数字综合调压器的实现奠定了坚实的基础。禁止调压接口通过掌握调压时间，减轻发动机启动过程的负荷，减少发电机启动过程对电网的扰动。

2 实验结果

对于此多功能调压器性能进行试验验证，试验平台由航空交流发电机及多功能调压器组成。根据系统功能要求，分别对电机启动过程、负载不平衡过程、过流过程等进行试验以验证调压器功能。

2.1 快速调压功能验证

经过试验验证：在系统工作和电动机启动期间，瞬态电压（包括 80 kVA 的突加/突卸负载所引起的电压瞬变）满足在图 5 规定的极限范围，符合设计需求。

2.2 高相限制调压功能验证

系统实验验证：在不平衡负载、故障的情况下，稳态高相电压在超过 124 V（有效值）时，高相限制调压功能启动，满足设计要求。

2.3 过流保护功能验证

系统实验验证：发电机最大输出电流超过额定负载的 450%（下转第 236 页）

文中使用基于 FPFH 描述子的点云粗匹配, 提高匹配精度, 取得了良好的拼接效果, 从而实现了三维重建。实验结果证明本文的方法可以有效地实现三维重建, 具有一定的实际应用价值。

参考文献:

[1] Arafa Majdi, Mohamed Chafik Bakkay and Ezzeddine Zagrouba. 3D Modeling of Indoor Environments Using kinect sensor [A]. 2013 IEEE Second International Conference on Image Information Processing (ICIIP) [C]. Shimla, IEEE, 2013, 67-72.

[2] 艾 达, 乔明明. 三维激光扫描技术在犯罪现场重建中的应用 [D]. 西安: 西安邮电大学学报, 2013.

[3] Besl PJ, McKay H D. A Method for Registration of 3D Shape [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1992, 14 (2): 239-256.

[4] 王 君. 基于 kinect 的三维场景重建研究 [D]. 长沙: 中南大学, 2013.

[5] Richard A Newcombe, Shahram Izadi, Otmar Hilliges, David Molyneaux, David Kim. KinectFusion: Real-Time Dense Surface Mapping and Tracking [A]. 2011 10th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR) [C]. Basel, 2011, 127-136.

[6] Nguyen C V, Izadi S, Lovell D. Modeling Kinect sensor noise for Improved 3D Reconstruction and Tracking [A]. Proceedings of the 2012 Second International Conference on 3D Imaging, Modeling, Processing, Visualization & Transmission, 2012 [C]. IEEE Computer Society.

[7] Wan Y, Wang J, Hu J W. A Study in 3D-Reconstruction Using

Kinect Sensor 3D-Reconstruction [A]. 2012 8th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM) [C]. Shanghai, China, 2012, 1-7.

[8] 叶日藏. 基于 Kinect 深度传感器的三维重建技术应用研究 [D]. 广东: 华南理工大学, 2013.

[9] 何文峰. 大型场景三维重建中的深度图像配准 [D]. 北京: 北京大学, 2004.

[10] Radu Bogdan Rusu, Nico Blodow, Michael Beetz. Fast Point Feature Histograms (FPFH) for 3D Registration [A]. 2009 IEEE International Conference on Robotics and Automation [C]. Japan, 2009, 3212-3217.

[11] 高珊珊. 基于三维激光扫描仪的点云配准 [D]. 南京: 南京理工大学, 2008.

[12] 张旭东, 吴国松等. 基于 TOF 三维相机相邻散乱点云配准技术研究 [J]. 机械工程学报, 2013, 49 (12): 8-22.

[13] 陈聪梅. 基于 Kinect 的三维点云数据处理 [D]. 苏州: 苏州大学, 2013.

[14] Szymon Rusinkiewicz Marc Levoy. Efficient Variants of the ICP Algorithm [A]. Proceedings. Third International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling [C]. 2001: 145-152.

[15] Radu Bogdan Rusu and Steve Cousins Willow Garage. 3D is here: Point Cloud Library (PCL) [A]. International Conference on Robotics and Automation (ICRA) [C]. 2011 IEEE. Shanghai: 2011, 1-4.

[16] 胡修祥, 张 良. 结合 NARF 特征的改进型 3D-NDT 多 viewpoints 云配准 [J]. 信号处理, 2015, 31 (12): 1674-1679.

(上接第 231 页)

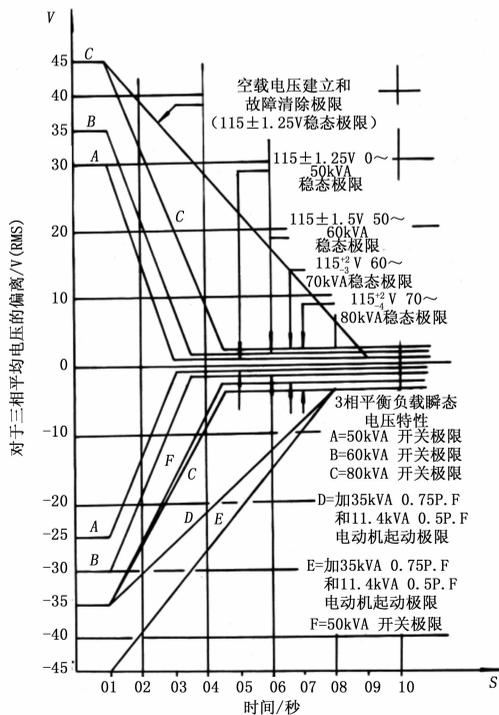


图 5 电压瞬态极限特性

时, 硬件过流保护功能启动, 实现快速切断发电机励磁电路, 满足设计要求。

2.4 数字保护接口和禁止调压功能验证

在机载传动装置的启动过程中, 需要禁止发电机的调压功

能, 进而减轻传动装置启动过程中的负担, 该功能在系统联试中得到验证。

目前该多功能调压器已经应用到多个机载交流发电机上, 在系统联试和机载环境中都能满足电源系统的需求。

3 结论

在现代航空电源系统中, 发电机负载缺相和负载短路等故障会给电源系统带来很大的危害, 因此快速、准确地进行故障定位和隔离保护就变得尤为重要。本文中提出的机载多功能调压器集成了快速调压、高相限制、过流保护等功能为一体的产品, 并预留数字保护接口和禁止调压接口。这样不仅能很好的实现保护功能, 而且很容易进一步扩展更多的数字保护; 还能在启动及停车时实现禁止调压, 减轻发动机的启动负载和缩短发动机的启动时间, 使整个电源系统在启动和停车的过程中更加平稳、安全。

参考文献:

[1] 杨善水, 张卓然, 杨春源, 等. 基于多环调压控制的混合励磁航空变频交流发电系统 [J]. 电工技术学报, 2012, 27 (3): 176-180.

[2] 王 莉, 曹小庆, 张卓然, 等. 电励磁双凸极无刷直流发电机非线性 PI 调压技术的研究 [J]. 中国电机工程学报, 2006, 26 (5): 153-158.

[3] Olaiya M, Buchan N. High power variable frequency generator for large civil aircraft [A]. IEE Colloquium (Digest) [C]. 1999: 13-16.

[4] Liu C, Zhou B, Yan Y G. Implementation and study of a novel doubly salient structure starter/ generator system [J]. Chinese Journal of Aeronautics, 2002, 15 (3): 151-155.

[5] 陈志辉, 严仰光, 陈鸿茂. 双凸极发电机电压调节的 DSP 控制实现 [J]. 南京航空航天大学学报, 2000, 32 (3): 251-255.