

基于云平台的多电网调峰调度自动控制系统设计

郭文鑫, 赵瑞锋, 王海柱

(广东电网有限责任公司 电力调度控制中心, 广州 510600)

摘要: 传统电网控制系统存在调度运行模式稳定性较差、调峰控制数据循环时间过长等弊端; 为解决上述问题, 设计基于云平台新型多电网调峰调度自动控制系统; 在云平台控制框架结构中, 协调多电网自动调度模块、调峰执行单元间的平衡关系, 完成新型系统的硬件运行环境搭建; 在此基础上, 通过组态端结构分解的方式, 完善 PLC 调峰指令的存在形式, 并根据多电网控制指令的流通周期, 完善数据的循环运行流程, 完成系统的软件运行环境搭建, 实现基于云平台多电网调峰调度自动控制系统的顺利运行; 模拟对比实验结果显示, 与传统电网控制系统相比, 应用新型系统后, 调度运行模式稳定性差、调峰控制数据循环时间长的现象得到明显缓解。

关键词: 云平台; 调峰调度; 自动控制; 执行单元; 组态端; PLC 指令

Design of Automatic Dispatching Control System for Multi Power Network Based on Cloud Platform

Guo Wenxin, Zhao Ruifeng, Wang Haizhu

(Electric Power Dispatching Control Center, Guangdong Power Grid limited Liability Company, Guangzhou 510600, China)

Abstract: Traditional power grid control system has disadvantages such as poor stability of dispatching and operation mode, and long cycle time of peak load control. To solve the above problems, a new multi peak load dispatching automatic control system based on cloud platform is designed. In the framework of the cloud platform control framework, the balance relationship between the multi grid automatic dispatching module and the peak regulation execution unit is coordinated, and the hardware running environment of the new system is built. On this basis, through the configuration end structure decomposition method, the existing form of PLC peak regulation instruction is perfected, and according to the circulation cycle of the multi grid control instruction, the circulation process of the data is perfected, the software running environment of the system is built, and the smooth operation of the multi grid dispatching automatic control system based on the cloud platform is realized. The simulation results show that, compared with the traditional grid control system, after the application of the new system, the former disadvantages, such as poor stability of dispatching mode and long time of peak control data cycle, are greatly improved.

Keywords: cloud platform; peak shaving scheduling; automatic control; execution unit; configuration terminal; PLC instruction

0 引言

云平台由云服务器、云电脑及多种网络组件共同组成。其中, 云服务器中包含了所有服务器端的运行软件, 可在保持独立工作状态的情况下, 向客户端服务器传输信息数据。云电脑中包含了所有客户端的运行软件, 可以通过提升老旧配件综合处理性能的方式, 使云平台的综合执行效力达到预期水平。基于云平台的电网调峰调度策略是保持均匀用电负荷的重要手段^[1]。

在用电高峰时期, 电网的实际负荷总量总是超过预期上限数值, 在保持供电设备正常运转的情况下, 需要投放一个或多个发电机组, 来确保系统中的供电设备不会长时间保持超限度运行状态, 这些被投放的发电机组即为调峰

调度机组。简单来说, 随着调峰调度机组的应用, 电网同步调整运行执行水平得到有效保障。

为保证电网设备始终具备较高的执行效力, 传统技术手段通过安装 PC+可编程控制器的方法, 确定系统中相关调峰数据总量, 再引入 PLC 调节框架对这些调峰数据进行控制调配。这种方法虽然对调峰调度原理进行了深度的解析应用, 但在调节过程中, 不能保持调度运行模式具备较强的稳定性, 且调峰控制数据的循环时间也总是随着电网数据总量的增加而延长。为避免上述情况的发生, 引入云平台搭建理论, 设计一种新型的多电网调峰调度自动控制系统, 并通过设计对比实验的方式, 突出新型系统的应用可行性。

1 多电网调峰调度自动控制系统硬件设计

新型自动控制系统的硬件运行环境包含多电网自动调度模块、调峰执行单元等组成环节, 其具体搭建方法可按如下步骤进行。

收稿日期:2018-07-31; 修回日期:2018-08-26。

基金项目:广东电网有限责任公司科技项目(036000KK52160030)。

通讯作者:郭文鑫(1985-),男,硕士,工程师,主要从事电网调度自动化、配电网自动化、电力大数据技术方向的研究。

1.1 云平台控制框架搭建

云平台控制框架是新型系统硬件运行环境的核心组成环节,主要包含自动控制机、多级调度模块、分层执行单元等多项组成部分,详细结构如图1所示。

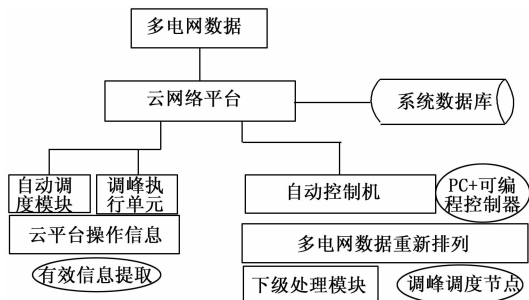


图1 云平台控制框架结构图

分析图1可知,当多电网数据进入云网络平台后,会自动分为两部分。其中一部分进入系统自动控制机,在PC+可编程控制器的促进下,这些多电网数据改变原有排列顺序,并按照符合云平台抓取规则的方式进行定义重排。在数据节点保持稳定的情况下,完成重排后的多电网数据能够在短时间内进入系统数据库进行暂时存储,当客户端云服务器对多电网数据提出调用申请后,这些数据会根据既定拆分规则,进入下级处理模块,并在其中与调峰调度节点进行融合,使数据的完整度得到大幅提升。另一部分多电网数据分别进入自动调度模块、调峰执行单元中。这些数据自身携带大量的云平台操作信息,当客户端云服务器发出数据调用申请后,云平台会对申请指令中的成分进行分析,并提取其中的有效信息,将这些信息传输至自动调度模块、调峰执行单元。对于直接进入上述两个操作模块的多电网数据来说,与数据相关调峰调度节点的调节功能得到弱化,数据自身的重要性与系统执行周期产生直接联系,更能体现多电网数据对于调峰调度自动控制系统的重要性。

1.2 多电网自动调度模块设计

多电网自动调度模块是云平台控制框架的重要组成部分。当云网络平台中的多电网数据达到固有限定额度时,一部分调峰调度节点通过系统输入设备进入自动调度模块中,并与该模块中的PID控制设备结合,以环形调节的形式,对后续进入模块的多电网数据的排列状态进行基础调整^[2]。多电网自动调度模块以电子控制器作为核心搭建设备,且在其周围均匀分布大量的PID控制结构,为保证多电网数据的传输流畅性,核心设备、辅助控制结构间应保持平行连接的存在状态。多电网数据在进入自动调度模块时大都保持电信号的存在状态,而当数据总量超过模块承载上限时,模块的调度功能会受到一定影响^[3]。为避免上述情况的发生,新型系统在多电网自动调度模块中增设一个具备舒缓功能的压力传感器,且该设备作为模块运行的辅助设备,既能在承接由系统供电设备提供的直流电压的情况下,适当吸收多电网数据,也能在模块保持脱机

工作的情况下,利用自身的储存电压对多电网数据进行疏导、传输,使自动调度模块始终处于稳定的调节运行状态。整合上述搭建原理,可将多电网自动调度模块结构表示为图2。

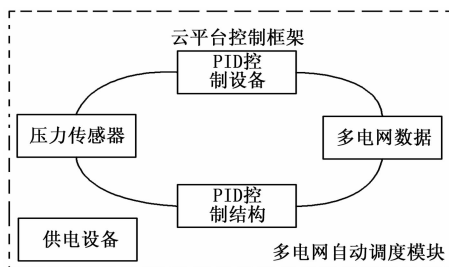


图2 多电网自动调度模块结构图

1.3 调峰执行单元设计

新型系统的调峰执行单元包含一个多电网数据收集装置和一个调制解调设备。其中,多电网数据收集装置以模拟信号作为核心处理对象。当系统数据库存储了一定数量的多电网数据后,调峰组件的执行效率会发生一定程度的下降。传统控制系统不具备专门的调峰执行单元,只能依靠PLC框架与调度指令相结合的方式,逐渐提升多电网数据的门限存储值。这种方法虽然能在一定时间内使数据膨胀现象得到缓解^[4-5],但随着系统运行时间的不断增加,这种传统方式的调节速度远远小于数据的累积周期。为解决上述问题,新型系统增设调峰执行单元,并在连通继电器的控制下,调节该模块单元的连通或断开。连通继电器具备一定的调度判断能力,当系统数据库中的多电网数据接近承载上限时,连通继电器由闭合状态转换至连通状态,并以此方式释放空白的调峰执行单元结构,使系统数据库的存储压力得到缓解。当这些数据全部被核心处理器消耗后,连通继电器由连通状态转换至闭合状态,令已释放的调峰执行单元结构继续保持空白状态,并以此达到调节系统运行模式稳定性的目的。具体调峰执行单元的设计原理如图3所示。

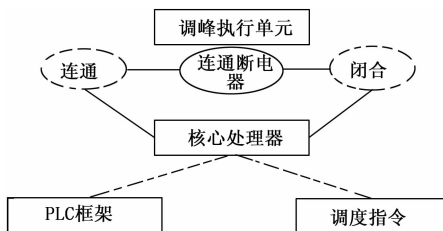


图3 调峰执行单元设计原理图

2 多电网调峰调度自动控制系统软件设计

在系统硬件运行环境的基础上,通过电网组态端设计、PLC调峰调度指令完善、控制数据循环流程设计三个主要环节,实现新型系统的软件运行环境搭建。

2.1 云平台多电网组态端设计

云平台多电网组态端通过建立控制安全列表的方式,实

现对调峰软件程序的调度。当客户端对系统核心处理器发出多电网数据的调峰调度申请时,云服务器中的管理员程序会根据申请指令中可行性信息所占比重,确定控制界面初始登录密码位数,且这些加密数据会通过定义新权限的形式,传输至客户端云计算中。这种新型的组态端搭建形式,在沿用传统 MCGS 平台端口的基础上,针对 FC51 节点、OB 主程序等待调用成分进行关联分析^[6]。当云平台中的多电网数据顺次通过 MCGS 平台端口时,调峰读取传感器会根据这些数据中所包含的电网地址信息,重新配置控制系统客户端的量程地址,并根据标定模块对地质信息的解析程度,判断多电网数据的原始存在状态,再利用调度解析传感器标注适合这些数据的测量值,并将这些处理信息以设定变量的形式传输至系统的自动控制模块^[7]。通过这种组态端建立手段,多电网数据的运行极值得到有效控制,更有利于缩短调峰控制循环周期时间。具体云平台多电网组态端的组成成分如表 1 所示。

表 1 云平台多电网组态端成分组成表

组成成分	传统系统云平台多电网组态端	新型系统云平台多电网组态端
安全列表	直接调用	间接调用
MCGS 平台端口	顺向排列	顺向排列
FC51 节点	首位依次连接	首位依次连接
OB 主程序	对多电网调峰调度数据进行关联分析	对多电网调峰调度数据进行关联分析
电网地址信息	客户端量程地址	量程地址数据的测量值
解析传感器	标注多电网数据的运行极值	标注多电网数据的运行极值

2.2 PLC 调峰调度指令完善

PLC 调峰调度指令可对多电网数据传输模块进行独立编程处理。当云平台 OB 模块中生成自动控制主程序后,系统中多电网数据进入组织传输运行状态,且相邻数据始终保持着基本的相应调用关系。随着调峰调度输出结果的不断运行,在每个指令后都会生成一个特有的控制标志,客户端服务器通过截取控制标志的方式,控制 PLC 调峰调度指令的生成速度,进而达到影响调峰控制数据循环时间的目的^[8-9]。新型 PLC 调峰调度指令在编写过程中,可以组织自动化控制程序的加速运行,再利用控制传感器的解算传感器信号值,使通过该模块多电网数据的安全性得到大幅提升,实现对调度运行模式的改善处理。具体 PLC 调峰调度指令的编码完善过程如下:

```

PROGRAM_CYCLIC;
MBMaster_xx.enable:=1;
(* Insert code here *);
MBMcmd_xx.data:=ADR(LocalPV1);
IF iSpeedActual < iMinPowerSpeed THEN;
IF iSpeedActual > iMaxStartBackupGenSpeed THEN;
nSystemWarnWord4.1 := TRUE;
END_IF;
    
```

END_ACTION;

2.3 电网数据控制循环流程设计

电网数据控制循环流程以云平台控制框架搭建作为起始环节。当多电网数据经过云网络环境进入系统核心处理器后,控制框架中的自动控制机会将这些数据完整传输至自动调度模块和调峰执行单元,并在完成硬件运行环境搭建的基础上,将这些数据按照符合自动化控制系统抓取规则的方式进行排列^[10]。当多电网组态端感知到数据成分的变化时,PLC 调峰调度指令会根据数据库中现存数据的排列状态,改变编程代码对变量的定义方式,再由控制判定模块对多电网数据的完整性进行分析,实现一次完整的数据循环控制。根据上述原理完成基于云平台多电网调峰调度自动控制系统的搭建,详细数据循环流程如图 4 所示。

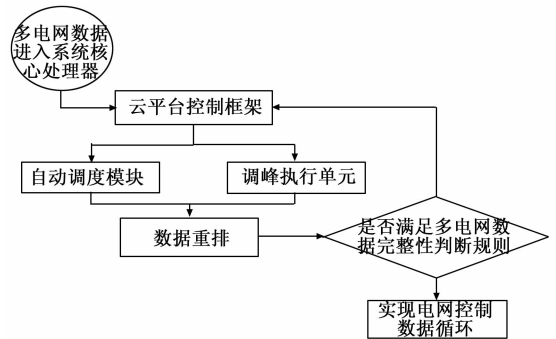


图 4 电网数据控制循环流程图

3 实验结果与分析

为探究基于云平台多电网调峰调度自动控制系统的可行性,参照如下步骤进行对比实验。在保持云网络环境稳定的前提下,选取两台配置 PC+可编程控制器的计算机作为实验对象,其中搭载新型控制系统的计算机作为实验组,搭载传统控制系统的计算机作为对照组。在保持其它实验因素不变的情况下,分别记录应用实验组、对照组系统后,调度运行模式稳定性、调峰控制数据循环时间的变化情况。

3.1 实验参数设置

为在实验过程中获得较为可信的运行数据,可按照表 2 对相关实验参数进行设置。

表 2 实验参数设置表

参数名称	实验组	对照组
ETT/min	25	25
SOP	0.89(顺向)	0.89(顺向)
	1.05(逆向)	1.05(逆向)
LOS/%	79.42(顺向)	79.42(顺向)
	75.46(逆向)	75.46(逆向)
CCP	0.47(顺向)	0.47(顺向)
	0.58(逆向)	0.58(逆向)
MGT/T	10.0×109	10.0×109
TCT/s	32.62(顺向)	32.62(顺向)
	36.74(逆向)	36.74(逆向)

表 2 中 ETT 参数代表实验时间、SOP 参数代表调度运行参数、LOS 参数代表调度运行稳定性上限、CCP 参数代表控制循环参数、MGT 参数代表多电网数据总量、TCT 参数代表目的数据循环时间, 为保证实验结果的公平性, 实验组、对照组实验参数始终保持一致。

3.2 调度运行模式稳定性对比

为避免突发性事件对实验结果真实性的影响, 本次实验分为两部分进行。在系统处于顺向运行状态、调度运行参数为 0.89 的条件下, 以 25 min 作为实验时间, 分别验证在该段时间内, 应用实验组、对照组系统后, 调度运行模式稳定性的变化情况; 在系统处于逆向运行状态、调度运行参数为 1.05 的条件下, 以 25 min 作为实验时间, 分别验证在该段时间内, 应用实验组、对照组系统后, 调度运行模式稳定性的变化情况。具体实验对比情况如图 5、图 6 所示。

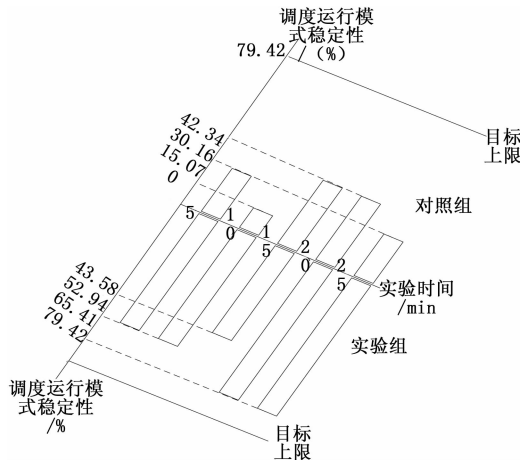


图 5 调度运行模式稳定性对比图 (顺向)

分析图 5 可知, 在系统处于顺向运行状态、调度运行参数为 0.89 的条件下, 随着实验时间的增加, 应用实验组系统后, 调度运行模式稳定性呈现稳定、下降、上升、稳定的变化趋势, 实验时间处于 20~25 min 之间时, 调度运行模式稳定性达到最大值 65.41%, 低于目标上限 79.42%; 应用对照组系统后, 调度运行模式稳定性呈现下降、上升、稳定、下降的变化趋势, 实验时间处于 15~20 min 之间时, 调度运行模式稳定性达到最大值 42.34%, 远低于实验组。综上可知, 在顺向运行情况下, 应用基于云平台的多电网调峰调度自动控制系统后, 调度运行模式稳定性能够提升 23.07%。

分析图 6 可知, 在系统处于逆向运行状态、调度运行参数为 1.05 的条件下, 随着实验时间的增加, 应用实验组系统后, 调度运行模式稳定性呈现逐渐上升的变化趋势, 实验时间为 25 min 时, 调度运行模式稳定性达到最大值 80.93%, 超过目标上限 79.42%; 应用对照组系统后, 调度运行模式稳定性呈现先上升、再下降的变化趋势, 实验时间为 15 min 时, 调度运行模式稳定性达到最大值 41.05%, 远低于实验组。综上可知, 在逆向运行情况下, 应用基于云平台的多电网调峰调度自动控制系统后, 调度

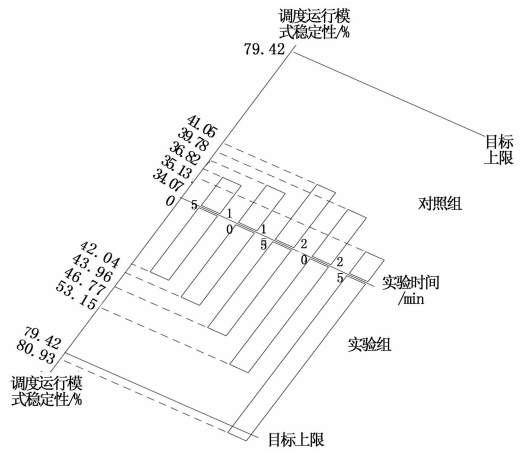


图 6 调度运行模式稳定性对比图 (逆向)

运行模式稳定性能够提升 39.88%。

3.3 调峰控制数据循环时间对比

为避免突发性事件对实验结果真实性的影响, 本次实验分为两部分进行。在系统处于顺向运行状态、控制循环参数为 0.47 的情况下, 以 10.0×10^9 T 作为多电网数据总量, 分别记录在达到该数据上限前, 循环时间的变化情况; 在系统处于逆向运行状态、控制循环参数为 0.58 的情况下, 以 10.0×10^9 T 作为多电网数据总量, 分别记录在达到该数据上限前, 循环时间的变化情况。具体实验对比情况如表 3、表 4 所示。

表 3 调峰控制数据循环时间对比表(顺向)

实验组调峰控制数据循环时间/s	多电网数据总量/ ($\times 10^9$ T)	对照组调峰控制数据循环时间/s
7.82	1.0	20.45
8.44	2.0	21.36
9.76	3.0	22.87
9.76	4.0	22.90
9.76	5.0	33.14
10.28	6.0	34.49
11.73	7.0	35.77
12.89	8.0	23.61
13.14	9.0	23.18
12.02	10.0	22.60

对比表 2、表 3 可知, 在系统处于顺向运行状态、控制循环参数为 0.47 的情况下, 随时电网数据总量的增加, 应用实验组系统后, 调峰控制数据循环时间呈现上升、稳定、上升、下降的变化趋势, 电网数据总量为 8.0×10^9 T 时, 调峰控制数据循环时间达到最大值 12.89 s, 远低于目标上限 32.62 s; 应用对照组系统后, 调峰控制数据循环时间呈现先上升、再下降的变化趋势, 电网数据总量为 7.0×10^9 T 时, 调峰控制数据循环时间达到最大值 35.77 s, 高于实验组。综上可知, 在顺向运行情况下, 应用基于云平台的多电网调峰调度自动控制系统后, 可以节约 22.88 s 的调峰控制数据循环时间。

表 4 调峰控制数据循环时间对比表(逆向)

实验组调峰控制数据循环时间/s	多电网数据总量/ ($\times 10^9$ T)	对照组调峰控制数据循环时间/s
10.43	1.0	25.12
11.66	2.0	25.12
11.89	3.0	25.12
12.40	4.0	25.12
12.37	5.0	29.28
12.21	6.0	29.28
13.85	7.0	29.28
14.69	8.0	37.34
15.98	9.0	37.34
14.30	10.0	37.34

对比表 2、表 4 可知,在系统处于逆向运行状态、控制循环参数为 0.58 的情况下,随时电网数据总量的增加,应用实验组系统后,调峰控制数据循环时间呈现上升、下降交替出现的变化趋势,电网数据总量为 9.0×10^9 T 时,调峰控制数据循环时间达到最大值 15.98 s,远低于目标上限 36.74 s;应用对照组系统后,调峰控制数据循环时间呈现阶梯状上升的变化趋势,电网数据总量处于 $8.0 \times 10^9 \sim 10.0 \times 10^9$ T 之间时,调峰控制数据循环时间达到最大值 37.34 s,高于实验组。综上可知,在逆向运行情况下,应用基于云平台的多电网调峰调度自动控制系统后,可以节约 21.36 s 的调峰控制数据循环时间。

4 结束语

从设计理论角度来看,基于云平台的多电网调峰调度自动控制系统针对数据循环流程、平台组态端等环节进行改进设计,并通过更新硬件运行环境的手段,使多电网数据能够缩短在系统数据库中的存储时间,增强数据的循环使用效率。对于相关研究单位来说,将以这种新型的自动化控制系

统作为起点,加强对电网调峰调度策略的更新力度。

参考文献:

[1] 杨改红,应晨林,赵冬,等.基于云平台的远程体育教学平台的研究与设计[J].电子设计工程,2018,26(10):21-25.

[2] 钱江峰,刘庆程,喻乐,等.面向多级电网调度运行的多业务培训仿真系统(二)基于数据、信号、控制的通信策略设计[J].电力系统自动化,2017,41(14):159-163.

[3] 潘鹏飞,武毅,纪翔,等.基于省地县一体化调度运行管理系统的配电网抢修信息管理[J].电力系统及其自动化学报,2016,22(1):119-124.

[4] 向红吉,戴朝华,明杰,等.考虑低谷时刻负调峰能力及风电预测区间的多目标机组组合优化研究[J].电网技术,2017,41(6):1912-1918.

[5] 申建建,陆建宇,吴慧军,等.区域电网水火电系统短期协调控制方法及应用实践[J].电力自动化设备,2016,36(10):141-147.

[6] 刘书君,杨虎,安学利.基于一类新的预估-校正策略的电力系统暂态稳定快速仿真算法[J].电力系统保护与控制,2017,45(14):32-37.

[7] 张倩文,王秀丽,杨廷天,等.大用户直购电模式下含大规模风光的电力系统优化调度[J].电力建设,2017,38(10):24-32.

[8] 代春兰,汤文华,汤宏.基于云平台的湖北省小型水库水雨情自动测报系统设计与实践[J].中国农村水利水电,2017(5):110-113.

[9] 曾雪婷,刘天琪,李茜,等.高水电比重系统电力电量平衡混合整数二次规划模型及算法研究[J].中国电机工程学报,2017,37(4):1114-1124.

[10] 匡洪海,张曙云,曾丽琼,等.基于GPRS和GPS的农村智能配电网远程监控系统设计[J].电工电能新技术,2017,36(4):83-88.

(上接第 83 页)

的稳态误差约为初始偏差的 3.33%。三个轴角速度的量级为 10^{-2} ,且在 300 s 后还有衰减中的角速度变化。

本发明提出的模糊 PID 控制下,无超调量,控制时间也约为 250 s,稳态误差趋近于零,三个轴角速度的量级为 10^{-4} ,且 300 s 后角速度趋近于零,相应的飞轮所需的控制力矩也小于传统 PID 控制,且在 300 s 后可以不需要控制力矩。可以得出结论,该模糊 PID 容错控制器的控制精度、能源节约都有明显提升。

5 结束语

本文的基本思路是先建立低轨遥感卫星动量轮故障模型,应用卡尔曼滤波算法进行噪声滤除,然后根据卡尔曼滤波的结果,设计模糊 PID 容错控制器。通过与传统 PID 容错控制器进行的仿真对比实验,验证了该方法在闭环姿态控制系统的容错控制领域的应用优势,较好地解决了低轨遥感卫星动量轮故障频发的问题。

参考文献:

[1] 张华,沈嵘康,宗益燕.遥感卫星在轨故障统计与分析[J].航天器环境工程,2015,32(3):324-329.

[2] 刘远帆.三轴稳定零动量轮卫星姿态控制技术[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2016.

[3] 程乾坤.零动量轮三轴稳定卫星姿态控制系统设计及优化[D].长沙:国防科学技术大学,2012.

[4] Lim H C, Bang H. Adaptive control for satellite formation flying under thrust misalignment. *Acts Astronautics* 2009, 65 (1-2): 112-122.

[5] Zou A M, Kumar K D. Adaptive attitude control of spacecraft without velocity measurements using Chebyshev neural network [J]. *Acts Astronautics*, 2010, 66 (5/6): 769-779.

[6] 耿云海,金荣玉,陈雪芹,等.执行机构故障的航天器姿态容错控制[J].宇航学报,2017,38(11):1186-1194.

[7] 闫鑫.基于滑模的航天器执行机构故障诊断与容错控制研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2012.