

Research and Development of an Analysis System of Frequency Modulation Performance of Anhui Power Grid Unit

Xiao Liang¹, Yunhai Liu², Duanchao Li¹, Shaoxiong Huang¹, Weiheng Gao¹, Zhuang Shi³

¹Anhui Power Dispatch Control Center, Hefei Anhui

²Hefei University of Technology, Hefei Anhui

³Power Science Research Institute of Anhui Electric Power Company, Hefei Anhui

Email: qwertylevel3@126.com

Received: Feb. 3rd, 2018; accepted: Feb. 17th, 2018; published: Feb. 24th, 2018

Abstract

In this paper, an automatic analysis and evaluation system for frequency modulation performance is established. The system is based on the evaluation criteria of the new frequency modulation evaluation, and can automatically analyze and generate reports on the primary frequency regulation performance of Anhui power grid. At the same time, this paper briefly introduces the structure of the system and relevant key technologies.

Keywords

Primary Frequency Regulation, Automatic Analysis, Report Generation

安徽电网机组一次调频性能分析系统的研究与开发

梁肖¹, 刘云海², 李端超¹, 黄少雄¹, 高卫恒¹, 施壮³

¹安徽电力调度控制中心, 安徽 合肥

²合肥工业大学, 安徽 合肥

³国网安徽省电力公司电力科学研究院, 安徽 合肥

Email: qwertylevel3@126.com

收稿日期: 2018年2月3日; 录用日期: 2018年2月17日; 发布日期: 2018年2月24日

摘要

针对安徽电网一次调频性能评价自动化分析的问题,本文介绍了建立一次调频性能自动化分析评价系统。该系统以新一次调频评价考核标准为基础,可以对安徽电网机组一次调频性能进行自动化分析并生成报告。同时本文简单介绍了该系统的结构以及相关关键技术。

关键词

一次调频, 自动化分析, 报告生成

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

发电机组供电频率对电力系统的稳定性至关重要[1]。在电厂发电过程中,供电频率的波动会对电力系统的运行产生重大影响。电力系统的稳定运行的评价标准是其有功功率和电网频率必须处于动态平衡状态,系统中各处频率自动调整稳定在 50 Hz [2]。一次调频是指当电网频率发生一定程度的扰动时,发电机组通过控制系统自动增、减发电机有功功率以维持电网频率稳定的功能[3]。机组一次调频功能对保证电网稳定性有重要作用。

要提高机组一次调频功能,首先需要合理的对机组一次调频性能进行合理并客观的评价。通常每次机组发生一次调频都要及时对其进行评价分析,以对未来调整机组提供帮助。目前,基于一调频考核的分析系统的功能主要集中于系统频率实时监测,历史数据管理和一次调频评价上[4] [5] [6]。传统每次对机组一次调频进行评价分析都要首先调取安徽电网各个机组在此次一次调频中的出力情况,然后对其进行分析计算统计,并根据统计计算结果分析机组状态,最终撰写报告。但是人工分析计算结果容易出错,很难做到全面客观的评价各个机组的一次调频出力情况,并且每次撰写报告过程重复且繁琐,所以本文研究并开发了一套机组一次调频评价分析系统,可以对安徽电网各个机组或事故的一次调频情况进行评价分析,并可以自动生成分析报告,具有很好的实用性。

2. 机组一次调频性能分析系统结构

2.1. 系统结构

系统主要包括数据提取模块、数据分析模块和报告生成模块,系统结构如图 1 所示。

2.2. 数据提取模块

数据提取模块包括文件读入模块,数据库维护模块和数据库导入模块。文件读入模块用于打开已有数据库。数据库维护模块用于维护和修改已打开数据库。数据库导入模块用于导入格式化的 csv 文件,并保存到数据库中。

2.3. 数据分析模块

数据分析模块用于分析已经导入到数据库中的安徽电网一次调频数据。它包括一次调频事故分析和

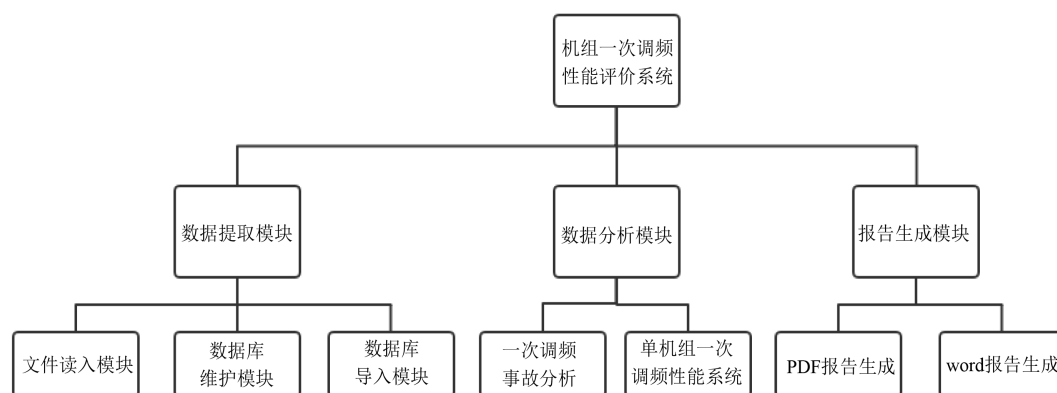


Figure 1. System structure diagram

图 1. 系统结构图

单机组一次调频性能分析两个主要部分。一次调频事故分析可以对安徽电网某次一次调频中所有相关机组进行一次调频评价计算，并对其进行统计分析，最终结果通过报告生成模块进行输出。单机组一次调频性能分析可以对安徽电网中任意一台机组在数次事故中的一次调频状况进行对比计算分析，并将结果通过报告生成模块进行输出。在此之上，还可以根据新老两种一次调频评价方式对一次调频事故在不同评价方式下的对比分析以及对单机组在不同评价方式下的对比分析。

2.4. 报告生成模块

报告生成模块用于自动生成数据分析模块产生的分析结果，其中包括但机组一次调频性能分析报告自动生成，一次调频事故报告自动生成，新旧考核标准下一次调频性能评价对比报告自动生成。

3. 机组一次调频性能分析系统实现

3.1. 数据提取模块

机组一次调频实验或事故中会不断产生检测数据，可导出为 csv 格式文件。csv 经过格式化以后，机组一次调频分析系统可以导入这些检测数据，并永久保存至维护的数据库中。在保存过程中，同时记录数据的机组信息以及每台机组对应的一次调频过程中详细出力情况，便于下一步对机组 60 s 内出力情况进行详细分析和统计。

数据提取模块采用轻量级的 SQLite 数据库来保存。和其他常见的客户-服务器模式数据库相比，SQLite 引擎不是个程序与之通信的独立进程，而是连接到程序中成为它的一个主要部分。所以主要的通信协议是在编程语言内的直接 API 调用。这在消耗总量、延迟时间和整体简单性上有积极的作用。整个数据库(定义、表、索引和数据本身)都在宿主主机上存储在一个单一的文件中[7]。

程序主体部分采用 Qt 搭建。Qt 是面向对象的框架，使用特殊的代码生成扩展以及一些宏，Qt 很容易扩展，并且允许真正地组件编程[8]。

3.2. 数据分析模块

3.2.1. 一次调频评价标准

根据《华东区域发电厂并网运行管理实施细则》，原有机组一次调频评价方法如公式(1)所示：

$$Q_{\text{一次调频}}^1 = 0.1 \sum_{i=1}^n (|60\% \Delta Q_j Y_i| - |\Delta Q_s Y_i|) \alpha_{\text{一次调频}} \quad (1)$$

式中 $\Delta Q_s Y$ 为一次调频实际部分的积分电量, $\Delta Q_j Y$ 为相应时间一次调频理论积分电量。这里对安徽电网机组一次调频性能评价的计算是以 1 min 内的电量贡献指数作为判定机组一次调频性能是否合格的依据。当其大于等于 60% 时, 机组一次调频性能合格, 否则不合格。

为了使得一次调频性能评价更加客观准确, 《华东区域发电厂并网运行管理实施细则》对一次调频性能评价进行了修改, 现有新一次调频评价方法如公式(2)所示:

$$\begin{aligned}
 Q_{2\text{一次调频}} = & k1 \left(\left| 60\% \Delta Q_j Y_{i,0-15s} \right| - \left| \Delta Q_s Y_{i,0-15s} \right| \right) \\
 & + k2 \left(\left| 60\% \Delta Q_j Y_{i,15-30s} \right| - \left| \Delta Q_s Y_{i,15-30s} \right| \right) \\
 & + k3 \left(\left| 60\% \Delta Q_j Y_{i,30-45s} \right| - \left| \Delta Q_s Y_{i,30-45s} \right| \right) \\
 & + k4 \left(\left| 60\% \Delta Q_j Y_{i,45-60s} \right| - \left| \Delta Q_s Y_{i,45-60s} \right| \right)
 \end{aligned} \quad (2)$$

$\Delta Q_j Y_{i,0-15s}$, $\Delta Q_j Y_{i,15-30s}$, $\Delta Q_j Y_{i,30-45s}$, $\Delta Q_j Y_{i,45-60s}$ 分别为事故发生后 0~15 s, 15 s~30 s, 30~45 s, 45~60 s 内一次调频理论积分电量, $\Delta Q_s Y_{i,0-15s}$, $\Delta Q_s Y_{i,15-30s}$, $\Delta Q_s Y_{i,30-45s}$, $\Delta Q_s Y_{i,45-60s}$ 为事故发生后 0~15 s, 15~30 s, 30~45 s, 45~60 s 内一次调频实际积分电量, $k1$, $k2$, $k3$, $k4$ 分别取 1.5, 1.2, 0.8, 0.5。

新的一次调频评价方法并不直接计算 1 min 内机组积分电量, 而是将其划分为 4 个区间分别计算积分电量, 并乘以不同系数, 越早的时间区间其系数越大。这样一次调频响应快速的机组其一次调频评价指数将比较高。新方法不仅考虑事故发生后 60 秒内机组的总出力, 同时更加注重事故发生后机组的响应速度。

在一次调频分析系统中, 可以同时依据新老两种评价方法对机组的一次调频进行性能评价分析, 并且可以对新老两种评价的结果进行对比分析。

3.2.2. 数据分析流程

该模块首先根据用户需要调取指定的事故或机组的一次调频信息数据, 然后对其进行分析统计, 最后生成报告。单机组一次调频分析中可以针对某一台机组在数次一次调频事故中的情况进行综合分析统计。同时, 还可以对比新旧考核标准下一次调频中各次事故或者各个机组的一次调频性能评价情况, 并分析考核标准的修改对机组一次调频性能评价的影响。

系统数据流程如图 2 所示。

在软件设计实现中, 机组信息抽象为结构体, 用来维护软件运行时通过读取数据库获取的机组信息, 其中包括机组名称, 机组实际和理论贡献电量, 在事故中的 60 s 内详细出力情况等信息。具体对该信息的读取和使用由各个软件子模块负责。而对机组的新老评价方法分别抽象为两个工具方法, 方便在各个子模块中复用。

另外, 新评价方法中的 $k1$, $k2$, $k3$, $k4$ 系数可以在软件运行时自由选取特定值, 方便工作人员在不同一次调频评价标准下进行分析和统计。通常当 $k1$ 取 1.5, $k2$ 取 1.2, $k3$ 取 0.8, $k4$ 取 0.5 时即按照新一次调频评价公式进行计算。如果需要提高某个区间在一次调频评价计算中的比重, 将其对应的 k 值提高即可。如图 3 所示。

3.3. 报告生成模块

软件可以将当前对机组或事故的一次调频事故分析输出为 pdf 或 word 格式的报表。报表中可以对机组在事故中的详细出力情况绘制为折线图, 方便工作人员对其出力情况进行分析。同时报表还可以自动生成对该次事故, 机组, 或者新旧情况下不同事故或机组的一次调频性能分析统计信息, 并根据这些统计信息自动生成一次调频性能分析概要。

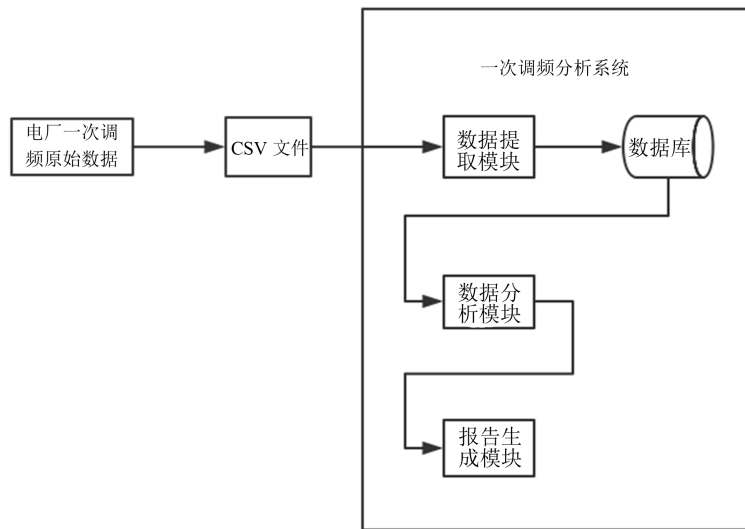


Figure 2. System data flow chart
图 2. 系统数据流程图

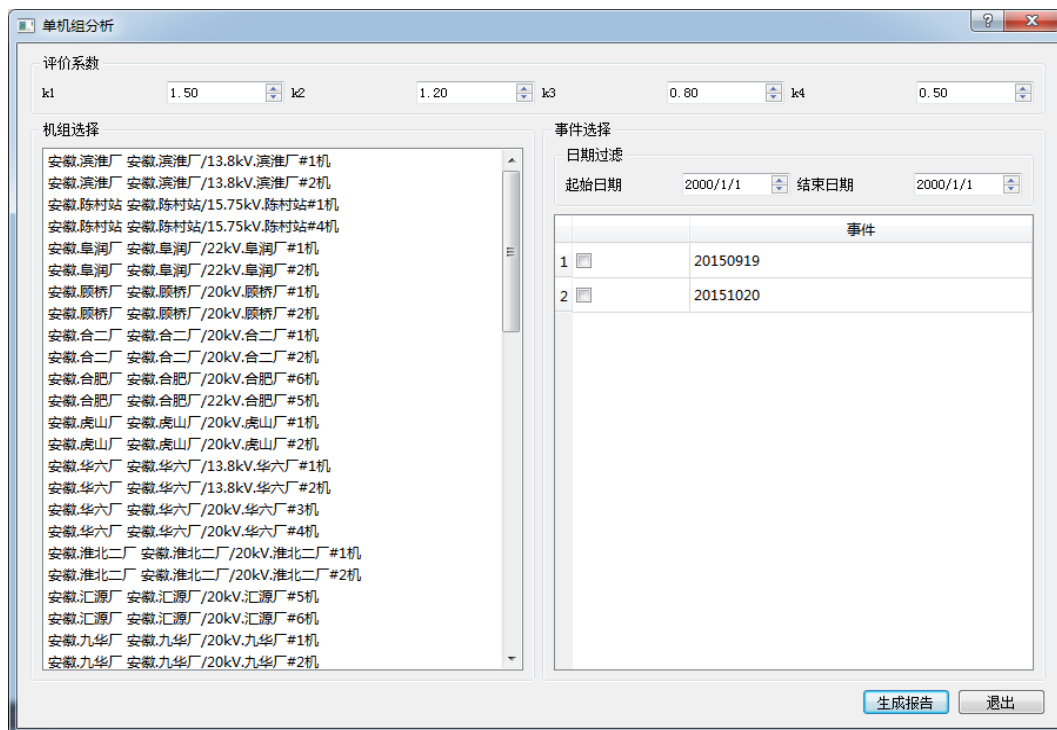


Figure 3. Software interface screenshot
图 3. 软件界面截图

4. 应用实例

以 2015 年 9 月 19 日安徽电网一次调频为例，软件调取当日一次调频数据后，可以自动计算出此次一次调频性能合格机组共 7 台，占比 10.45%。合格机组信息如表 1 所示。

另外，如果用原一次调频评价标准进行评价，会发现一次调频性能合格机组一共有 10 台，其中在原评价标准下合格但是在新评价标准下不合格机组如表 2 所示。

Table 1. Detailed information table of qualified unit
表 1. 合格机组详细信息表

机组名称	初始出力	出力极值	实际最大调整	理论最大调整	实际贡献电量	理论贡献电量	综合指数	合格情况
安徽.合二厂#1	214.4	234.9	20.6	21	286.99	344.1	90.7	合格
安徽.华六厂#2	464.7	497.8	33.1	39.6	504.99	648.9	80.7	合格
安徽天门山厂#1	420.6	457.4	36.8	39.6	504.44	648.9	85.3	合格
安徽天门山厂#2	450.2	485.9	35.7	39.6	526.91	648.91	85.7	合格
华东安庆厂#2	197.1	220.4	23.3	19.2	290.45	314.64	106.9	合格
华东洛河厂#1	199.9	221.2	21.2	19.2	308.06	314.62	104.2	合格
华东新桥厂#1	362.4	397.5	35.2	39.6	540.65	648.89	86.1	合格

Table 2. Detailed information table of unqualified unit
表 2. 不合格机组详细信息表

机组名称	初始出力	出力极值	实际最大调整	理论最大调整	实际贡献电量	理论贡献电量	旧评价值	新评价值
安徽.阜润厂#2	318.9	348.7	29.8	38.4	378.32	629.24	0.60	0.56
安徽.九华厂#1	173	193.6	20.5	19.2	213.15	314.62	0.68	0.58
安徽九华厂#2	232	250.1	18.1	19.2	215.01	314.62	0.68	0.59

由此也可见,新一次调频评价标准相对于旧一次调频评价标准更加严格,促进机组进行一次调频性能改善。

5. 结束语

本文针对机组一次调频评价方法的分析过程开发了机组一次调频评价分析软件,该软件可以自动对安徽电网事故或机组进行一次调频评价分析,并生成报告。该软件一方面解决了一次调频报告编写繁琐易出错等问题,另一方面可以方便工作人员分析安徽电网各个机组一次调频性能情况,使得对安徽电网的一次调频分析和统计工作更加快捷准确。

基金项目

国家电网公司科技项目(521200160026):特高压能源互联下安徽电网一次调频优化控制技术研究。

参考文献 (References)

- [1] 张辉,廖大鹏.火电机组一次调频性能在线评价与考核[J].山东电力技术,2015,42(11):16-19.
- [2] 王莅滨.电厂一次调频考核系统的设计与实现[D]:[硕士学位论文].郑州:郑州大学信息工程学院,2014.
- [3] 马鸿杰,苏凡.发电机组一次调频性能在线测试功能的开发与实施[J].华东电力,2012(8):1420-1423.

- [4] 王景钢, 孙建华. 一次调频在线智能监测及评价系统在河南电网的应用[J]. 华中电力, 2012, 25(2): 95-99.
- [5] 任欢, 杨晓辉. 一次调频实时监测分析系统的开发及应用[J]. 智能电网, 2016, 4(1): 101-106.
- [6] 杨建华. 华中电网一次调频考核系统的研究与开发[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(9): 96-99.
- [7] Wikipedia (2017) SQLite. <https://en.wikipedia.org/wiki/SQLite>
- [8] Blanchette, J. and Summerfield, M. (2006) C++ GUI Programming with Qt 4. Prentice Hall, Upper Saddle River.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2161-8801, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: csa@hanspub.org