

# 基于大数据积分电量建模一次调频性能提升

徐明军<sup>1</sup> 陈 湘<sup>2</sup> 王少军<sup>2</sup> 雷文涛<sup>2</sup>

1. 华能威海发电有限责任公司 山东 威海 264200
2. 山东纳鑫电力科技有限公司 山东 济南 250101

**摘 要:** 一次调频理论积分电量按照实际积分电量减去理论积分电量关系曲线实际积分电量小于理论积分电量, 造成火电机组一次调频合格率较低。借助大数据分析及数据建模软件所提供的模型, 模拟火电机组一次调频理论积分电量变化过程, 按照模拟实际积分电量减去理论积分电量关系曲线与实际一次调频动态响应过程和实际积分电量进行对比分析, 验证了此算法更合理, 与实际动态过程更相符, 可有效提高一次调频小扰动合格率。

**关键词:** 积分电量算法; 火电机组; 一次调频; 建模仿真

## Improve the performance of primary frequency modulation based on big data integrated electricity modeling

Xu Mingjun, Chen Xiang, Wang Shaojun, Lei Wentao

1. Huaneng Weihai Power Generation Co., Ltd., Weihai 264200
2. ShanDong NaXin Electric Power Technology Co., Ltd., Jinan 250101, China

**Abstract:** The theoretical integral electric quantity of primary frequency regulation is less than the theoretical integral electric quantity according to the relationship curve of the actual integral electric quantity minus the theoretical integral electric quantity, resulting in the low qualification rate of primary frequency regulation of thermal power units. With the help of the model provided by the big data analysis and data modeling software, simulate the change process of the theoretical integrated electricity quantity of the primary frequency regulation of thermal power units, and conduct comparative analysis according to the relationship curve of the simulated actual integrated electricity quantity minus the theoretical integrated electricity quantity with the actual dynamic response process of primary frequency regulation and the actual integrated electricity quantity, which verifies that this algorithm is more reasonable, more consistent with the actual dynamic process, and can effectively improve the qualification rate of small disturbances of primary frequency regulation.

**Key words:** integral electric quantity algorithm; Thermal power unit; Primary frequency modulation; Modeling and simulation

### 1 引言

频率为电网稳定重要指标, 各地为了使电网频率保持在安全范围内, 推出各种一次调频考核规则。

其中山东电网推出了《并网发电厂辅助服务管理实施细则》与《发电厂并网运行管理实施细则》加强了对一次调频小扰动的考核。近年来, 因山东电网新能源电源占比不断增加, 波动较为频繁, 且考核次数减少面临较大的一次调频考核压力, 提升一次调频合格率迫在眉睫。现在山东电网小扰动的考核规则为考核期间实际机组功率动作方向与考核一致且积分电量未正值记为合格。为了满足山东电网小扰动考核规则设计出一套基于大数据计算实际积分电量与理论积分电量对应关系的数学模型。数学模型作用于一次调频智能控制系统, 使机组能更好的满足山东电网小扰动的考核。

### 2 系统介绍

一次调频智能控制系统可有效提升火电机组一次调频性能, 通过大数据建模手段还原了实际积分电量与理论积分电量的对应关系, 并建立了不同形式下的考核条件通过考核规则比对智能算法在线计算可诊断出一次调频性能劣化原因及考核原因。根据装置计算结果判断不合格原因并优化一次调频参数改善一次调频整体性能。系统由一次调频数据采集装置、一次调频智能分析装置、一次调频优化装置三部分组成。数据采集由一次调频采集装置完成该装置采用高精度频率变送器实现对电网频率信号采集及监测。主要控制系统由一次调频智能控制装置完成通过单片机进行控制。一次调频智能装置可以模拟电网考核过程和判断机组的一次调频能力在线分析。优化参数来提升一次调频整体性能。

### 2.1 一次调频采样装置

一次调频采样装置是基于高性能 32 位处理器平台与二次系统频率回路、发电机出口电压、发电机出口电流连接, 实时采集机组频率与机组功率。采样装置具备对发电机出口电压与电流的故障判断。分析采样装置同时具备采集 4~20mA 的能力, 用来采集机组的负荷指令、汽机主控、实际负荷等测点用大数据分析实际积分电量与理论积分电量之间的对应关系。

### 2.2 一次调频智能分析装置

一次调频智能分析装置主要作用数据处理、数据分析、建模返回参数到一次调频优化装置。一次调频智能分析装置内安装数据库软件与建模软件。数据库软件用于存储于分析数据, 并将分析结果存储在数据库中。建模软件用于将两个细则的考核标准, 实际积分电量与理论积分电量模型结合起来分析出更适合机组的一次调频参数。

### 2.3 一次调频优化装置

一次调频优化装置用于运行一次调频优化逻辑, 将建模数据结合优化逻辑计算出适合机组的最优参数。一次调频优化装置为单片机, 单片的扫描周期为 20ms, 满足了一次调频的快速性要求。

## 3 根据大数据分析积分电量建模

### 3.1 一次调频实际积分电量、理论积分电量计算方法

#### 1) 实际积分电量计算公式

发生有效扰动后, 计算频率偏差超过死区时至一次调频计算结束点之间的有功功率变化量。有功功率变化量的积分值大于 0, 则认为一次调频正确动作, 否则认为一次调频不正确动作。计算公式如下:

$$H_i = \begin{cases} \int_{t_0}^{t_i} (P_i - P_0) dt & f_{i0} = 49.967\text{HZ} \\ -\int_{t_0}^{t_i} (P_i - P_0) dt & f_{i0} = 50.033\text{HZ} \end{cases}$$

式中:

$H_i$ : 机  $i$  的一次调频实际贡献电量;

$t_0$ : 频率超过一次调频动作死区的时刻;

$f_{i0}$ :  $t_0$  时刻对应的频率值;

$t_i$ : 一次调频计算结束时刻;

$P_i$ :  $i$  时刻机组  $i$  实际发电有功出力;

$P_0$ : 机组频率超出死区前 2 秒内有功出力的平均值;

理论积分电量计算公式

$$\Delta P_E = -\frac{\Delta f_{\max} \times P_N}{f_N \times \delta} \text{ 且 } |\Delta P_E| \leq (K_p \times P_N)$$

上述公式中:

$\Delta P_E$ : 机组一次调频动作时段内, 机组理论出力最大调整量;

$P_N$ : 机组额定有功出力;

$\Delta f_{\max}$ : 一次调频动作时段内, 考虑到调频死区的实际最大频率偏差 即对于火电机组:

$\Delta f_{\max} = \text{实际最大频率偏差} - 0.033$ , 当实际最大频率偏差  $\geq 0.033 \text{ Hz}$  时

$\Delta f_{\max} = \text{实际最大频率偏差} + 0.033$ , 当实际最大频率偏差  $\leq -0.033 \text{ Hz}$  时;

$f_N$ : 机组额定频率 (50Hz);

$\delta$ : 转速不等率理论整定值; 火电机组一般取 5%;

KP: 机组最大出力限幅。

### 3.2 一次调频实际积分电量、理论积分电量计算结果及分析

计算结果由一次调频智能分析装置, 数据由采集装置采集到 MySQL 数据库中, 一次调频智能分析装置安装有智能分析软件。智能分析软件按照实际积分电量与理论积分电量计算公式计算出大量数据。智能分析软件计算完结果后, 按照预先设定的分析方法开始分析实际积分电量与理论积分电量之间的对应关系。智能分析软件完成实际积分电量与理论积分电量之间的对应关系后自动开始建模。模型建立后具备以下功能:

1) 模型具备每次小扰动实际积分电量与理论积分电量之间的差值, 并计算出提前动作量。

2) 模型具备具体分类每次小扰动的类型, 并根据不同的类型输出不同的参数来调整小扰动动作量。

3) 模型具备自动识别出实际小扰动与实际大扰动。并输出不同的参数到一次调频优化装置。

4) 模型会根据大数据建立专家库, 分析出小扰动不合格集中在什么类型。

### 3.3 数据模型与一次调频优化装置的连接

数据模型建立成功后, 会根据不同的小扰动类型, 输出不同的参数到 MySQL 数据库中。一次调频优化装置连接到 MySQL 数据库中来读取模型所输出的参数。模型每个月计算一次参数, 最新的参数和旧参数对比。根据新旧参数差值大小来确定是否启用新参数。模型计算出的参数类型及参数作用具体如下:

1) 小扰动考核时间较短类型, 模型根据积分电量输出参数加大前馈, 来增加机组延时造成的实际积分电量的缺失。

2) 小扰动考核时间较长类型, 模型根据积分电量输出参数加大输出调频量, 来增加实际积分电量与理论积分电量。

3) 小扰动增负荷类型, 模型根据增负荷时机组延长时间, 来增加因延时造成的积分电量缺失。

4) 小扰动减负荷类型, 模型根据减负荷时机组延长时间, 来增加因延时造成的积分电量缺失。

### 3.4 数据模型验证

分析完成后做验证试验, 验证分析结果。

验证试验结果如下图:

计算出实际积分电量与理论积分电量对比如下图

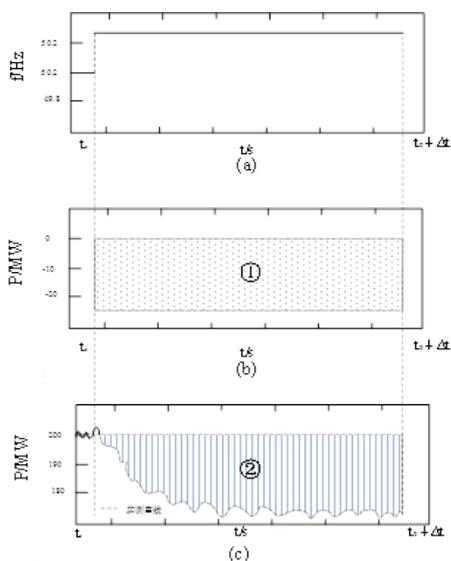


图1

建模后实际积分电量，与模型计算出积分电量对比如下图。

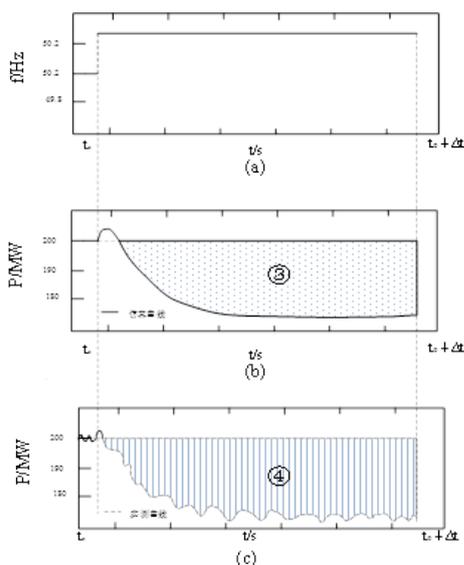


图2

从图1中功率与时间关系曲线可以看出理论积分电量，比图2中计算的理论积分电量更接近实际积分电量，因此可以看出次模型计算出的理论积分电量更贴近实际，更合理。

#### 4 结论

文章设计的一次调频智控系统，可对电网推出的两个细则进行更精确的处理，对一次调频不合格的原因给出更合理的解决方案。还可以实现对一次调频考核指标实现闭环跟踪。提升了电厂的经济效益和安全效益。

#### 参考文献

- [1]唐堂, 邸帅. 基于数据驱动的一次调频能力建模与优化决策[J]. 安徽电气工程职业技术学院学报, 2021.[1]王春. 水电机组一次调频理论积分电量计算方法[J]. 水电能源科学. 2021,39(10):186~189
- [2]曹旭胡佳赵大伟. 315MW机组一次调频动作准确率低的原因分析及功能优化[J]. 电力设备管理. 2021,(03): 104~105+201
- [3]郑熙. 火电机组一次调频控制策略优化及应用[J]. 电站系统工程. 2020,36(03):7~10+201
- [4]梁肖1施壮2黄少雄1孙仪1高卫恒1朱文静3. 安徽电网火电机组一次调频性能评价方法研究[J]. 自动化与仪器仪表. 2018,(03):55~58+62
- [5]李文涛 汪子佳. 西北电网一次调频积分电量计算方法的讨论[J]. 宁夏电力. 2012,(S1):15~18+28