

基于 SCADA 数据的实时监测电网低频振荡算法

梁寿愚, 李矛, 李鹏, 陈刚

(中国南方电网电力调度通信中心, 广东 广州 510623)

Algorithm of Real-Time Detection Low-Frequency Oscillation in Power System Base on the SCADA Data

LIANG Shou-yu, LI Mao, LI Peng, CHEN Gang

(CSG Power Dispatching and Communication Center, Guangzhou, Guangdong 510623, China)

Abstract: The concept of real-time detection of low-frequency oscillation in power systems is put forward, and its algorithm is designed based on the SCADA (supervisory control and data acquisition) data of EMS (energy manager system). With the SCADA, RTU (remote terminal unit) and the communication net, the issue of real-time detection of low-frequency oscillation in power systems is solved quite well, and the algorithm is proved feasible by the actual operation of China Southern Power Grid.

Kew words: low frequency oscillation; SCADA (supervisory control and data acquisition); real-time detection

摘要: 提出基于 SCADA(supervisory control and data acquisition)数据实时检测电网低频振荡的算法和实现方法, 使用现有的 SCADA、RTU (remote terminal unit)、通信等资源, 实时检测电网低频振荡的问题得到了较好的解决, 南方电网的生产运行实践证明该方法是可行的。

关键词: 低频振荡; SCADA 数据; 实时检测

随着全国联网和大容量、长距离送电, 电网的低频振荡问题越来越凸现。2001年5月16日华东电网的福双线和安徽肥洛平小三角地区曾发生低频振荡^[1]; 2005年10月29日, 华中电网发生较大范

围、较大幅度的功率振荡, 虽然没有损失用电负荷, 但对电网安全稳定运行造成一定威胁^[2]; 南方电网也曾经发生过低频振荡。如何有效地实时检测电网的低频振荡是电力工作者面临的一个新挑战。

利用广域测量技术实现电力系统在线动态安全分析对低频振荡进行监视是当前主要研究重点, 也就是使用 PMU (phasor measurement unit, 相量测量单元) 数据监测电网的低频振荡^[3]。但使用 PMU 数据监测电网的低频振荡技术, 技术复杂、投入较大, 难以在工程上成功应用。

目前能量管理系统 (EMS, energy manager system) 基于 SCADA (supervisory control and data acquisition, 信息采集与监控系统) 数据, 来源于前置服务器采集的 RTU (remote terminal unit, 位于厂站端的远程终端单元) 数据。如果能够使用现有的 SCADA、RTU、通信等资源实现电网低频振荡的实时监测, 现有 EMS 系统不需要进行任何硬件改造。

1 使用 SCADA 数据在线监视低频振荡

以往, 研究人员一般认为 SCADA 数据不能表现低频振荡时的电网特征。我们发现, 虽然 SCADA 数据不满足采样定理, 发生低频振荡的线路功率曲线与正常状态时有明显差别, 但如图 1 所示, 由电网发生低频振荡时间段主要联络线有功数据的历史曲线 (横坐标为时间, 采集间隔 2 s; 纵坐标为有功值, 单位 MW), 表明一些联络线功率值在一段时间内有规律地发生了多次较大幅度的摆动。通过设置合理条件的刷选, 从 2 s 间隔采集的历史数据中

搜索出类似摆动的时间段与电网发生低频振荡的时间进行比较, 结果表明, 采集密度足够大时, 选择合适的点, SCADA 数据是能够反映电网有功功率异常摆动的。

我们设定, 某条线路状态集为:

$$E_x = \{x | P0(x) \cup P1(x) \cup P2(x)\}$$

曲线形态集为:

$$E_y = \{y | Q0(y) \cup Q1(y) \cup Q2(y) \cup Q3(y)\}$$

其中: x 是线路, y 是 RTU 所采集 x 线路相关时间段的 SCADA 数据, $P0(x)$ 为线路功率平稳状态, $P1(x)$ 为线路功率有大幅度调整, $P2(x)$ 为线路发生低频振荡, $Q0(y)$ 为线路功率值平稳, $Q1(y)$ 为线路功率值较大幅度增长或下降, $Q2(y)$ 为线路功率值大幅度来回摆动, $Q3(y)$ 为线路功率值跳变。

假设, $Q3(y) = \phi$, 则

$$E_y = \{y | Q0(y) \cup Q1(y) \cup Q2(y)\}$$

存在命题:

$$R(z, m) \rightarrow M(E_x, E_y)$$

其中:

$$R(z, m) = \begin{cases} T, z < m \cup m < z < 2T_s / K \text{ 且 } z \neq nm, n \text{ 为整数} \\ F \end{cases}$$

其中: z 为 SCADA 数据采集周期, m 为低频振荡周期, K 为定性低频振荡的振荡极点数, $R(z, m)$ 为 SCADA 数据的采集密度足够大, $M(E_x, E_y)$ 为线路的 3 种状态, 分别对应 3 个曲线形态, 曲线特征与线路状态是一一对应的映射。

当 $R(z, m) = \text{True}$ 时,

$$E_x = \{P0(x), P1(x), P2(x)\}$$

$$E_y = \{Q0(y), Q1(y), Q2(y)\}$$

并且可以建立关系:

$$S0: Q0 \Leftrightarrow P0$$

$$S1: Q1 \Leftrightarrow P1$$

$$S2: Q2 \Leftrightarrow P2$$

因此得出以下推导:

$$C_2(k(g(y))) \Leftrightarrow Q2(y) \Leftrightarrow P2(x)$$

其中:

—— $C_2(k(g(y)))$ 为低频振荡时 SCADA 数据曲线的特征函数, 且

$$C_2(k(g(y))) = k \geq K$$

—— $g(y)$ 为振荡极值点函数, K 为定性低频振荡的振荡极点数;

$$k(g(y)) = \begin{cases} g_H \geq H \\ g_T \leq T \end{cases}$$

式中: g 为 SCADA 数据曲线的极值点, g_H 为极值点的幅值, g_T 为极值点的周期。

由此可得电网发生低频振荡的条件是:

$$\exists y C_2(k(g(y))) \rightarrow \exists x P2(x) \quad (1)$$

3 在线监视电网低频振荡的实现

在线监视电网低频振荡的实现原理如图 2 所示。图中所画曲线为某条线路有功值的实时曲线, 通过程序在 EMS 系统中使用较短的时间间隔对实时库该数据点的数值进行扫描可以生成该曲线。对多条线路生成实时曲线, 可以提高检测电网低频振荡的成功率。

作者提出非振荡极值点和振荡极值点的概念判断实时曲线是否符合低频振荡发生时的曲线特征, 使用式(1)可以实现在线监视电网低频振荡。

可以这样获得非振荡极值点和振荡极值点:

——获得曲线的极值点: 虽然曲线是不规则的, 但可以实时扫描曲线的趋势获得该曲线的极值点;

——判断曲线的极值点是否为振荡极值点: 根据当前极值点的振幅和周期判断是否属于振荡极值点。

判断电网低频振荡开始和结束的方法是:

——判断电网低频振荡是否开始: 当振荡次数满足要求, 即振荡极值点连续出现个数达到要求时, 则认为电网低频振荡已经开始, 把第一个振荡极值点作为开始时间记录入库并发出语音告警。振荡次数没有达到要求遇到非振荡极值点则认为只是功率的偶尔波动, 这样可以尽可能排除误报警;

——判断电网低频振荡结束: 低频振荡开始后遇到非振荡极值点, 则认为振荡结束, 将结束时间、最大振幅写入数据库并发出告警解除语音。

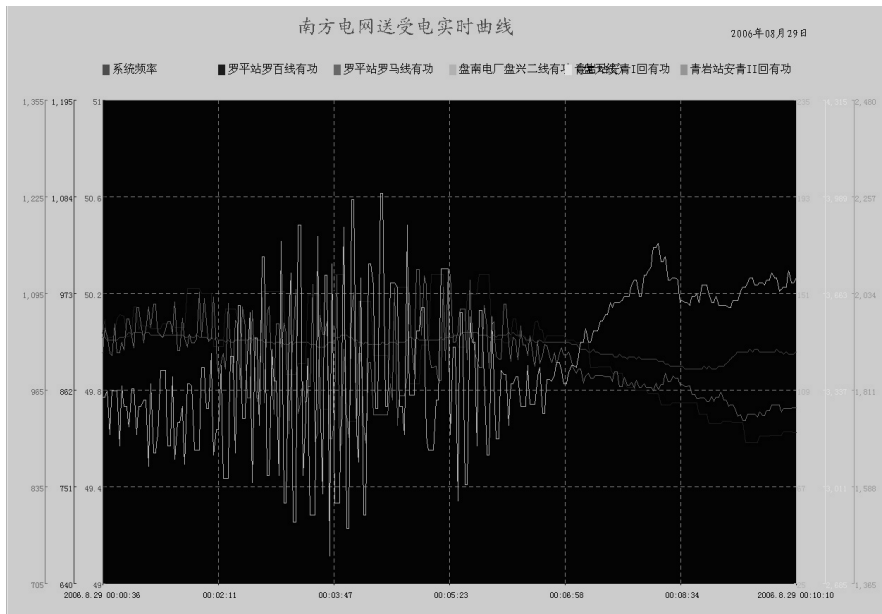


图1 电网发生低频振荡时主要联络线功率的历史曲线

Fig.1 Power Record of the Central Lines during Low-Frequency Oscillation

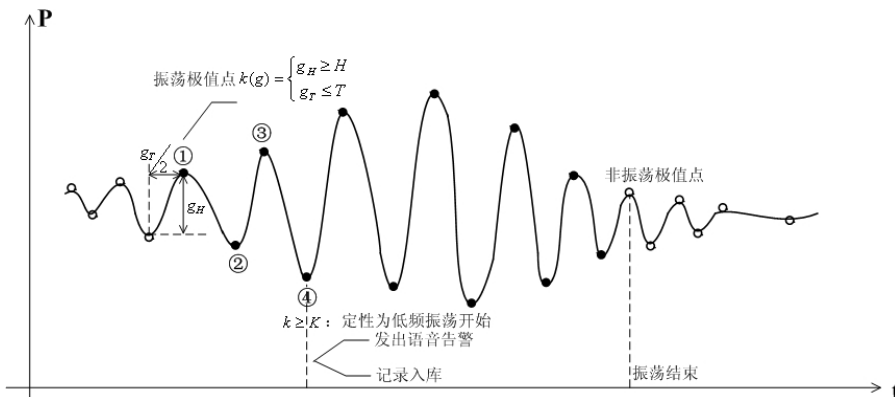


图2 使用 SCADA 数据在线监视低频振荡的原理图

Fig.2 Principle Illustration of the Real-Time Detection of Low-Frequency Oscillation with SCADA Data

4 结束语

使用现有 SCADA、RTU 和通信等资源能满足调度员监控电网低频振荡的要求。电网低频振荡实时检测功能已经在南方电网电力调度通信中心的 EMS 系统中实现,投入运行后于 2006 年 8 月 29 日实时检测并正确记录了电网的低频振荡、2007 年 2 月 26 日实时检测并正确记录了电网的低频振荡并同时向调度员发出声音告警。

参考文献:

- [1] 王正风,刘盛林.安徽 500 kV 电网低频振荡分析[J].继电器,2002(10):41-43.
WANG Zheng-feng, LIU Shen-lin. Analysis for low frequency oscillation of Anhui 500 kV network[J]. Relay, 2002(10):41-43.

- [2] 浙江省电力试验研究院.浙江省 2006 年电力安全生产信息[J].电力安全生产信息汇编,2006(1):20-21.
Zhejiang Electric Power Test And Research Institute. The 2006th Zhejiang Province Power Industrial Safety Information[J]. Power Industrial Safety Information Collection, 2006(1):20-21.
- [3] 洪宪平.建设电网动态监控系统之关键[J].电网技术,2005(4):41-44.
HONG Xian-ping. East China Electric Consulting Co., Ltd.[J]. Power System Technology, 2005(4):41-44.

收稿日期:2007-03-13

作者简介:

梁寿愚(1975-)男.工程师,硕士,从事电网调度自动化工作。
李矛(1963-)男.高级工程师,硕士,从事电网调度自动化工作。
李鹏(1973-)男.高级工程师,博士,从事电网调度自动化工作。

(本文责任编辑 张亚拉)