

基于实时系统数据的电网综合 线损分析方法及其应用

李 晨¹, 丁晓群¹, 刘小波¹, 周志辉²

(1. 河海大学 电气工程学院, 江苏 南京 210098;

2. 抚州电业局, 江西 抚州 344000)

摘要: 为了解决传统线损计算缺少及时性和准确性的问题, 提出利用调度自动化系统和管理信息系统的实时系统数据, 在线分别生成基于潮流计算的理论线损值、基于状态估计的理论线损值和基于电能计量系统的统计线损值。对计算得到的三种线损数据进行对比分析, 提出了综合分析法, 并应用于泉州电网。结果表明, 综合分析法在提高线损计算的及时性和降损措施的实效性的同时得到更接近于实际线损率的综合线损率。

关键词: 综合分析法; 在线潮流; 状态估计; 理论线损率; 统计线损率

中图分类号: TM 734

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2005)03-0047-04

随着电力市场化进程的加快, 作为能够综合反映和体现电力系统规划设计、生产运行和经营管理水平的线损率越来越引起电网经营企业的重视。本文提出了基于实时系统数据的综合线损计算分析方法, 旨在通过理论线损与统计线损的对比分析鉴定网络的结构和运行的合理性, 并通过综合计算分析得到更接近电网实际线损率的综合线损率^[1-9]。

1 采用实时系统数据的线损计算分析

1.1 理论计算的可能性与必要性

供电部门把用电能表读数计算出的线损率称作统计线损率。能量管理系统 EMS(Energy Manage-

ment System)中通过监控与数据采集 SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)系统的遥信、遥测, 收集的电网实时数据形成的网络结构数据和运行数据反映了电网的实际运行状态, 为实时理论线损计算提供了条件。基于实时数据的理论线损计算考虑了电网的实时变化, 从而使理论线损的计算结果与实际线损可以基本上保持一致。

1.2 实时理论线损计算模型

1.2.1 基于潮流的实时理论计算

以输电网的数据和管理信息系统 MIS(Management Information System)的设备网络参数为基础, 通过拓扑分析和潮流计算, 得到基于潮流的理论线损值。

a. 由 SCADA 系统实时数据, 经潮流计算, 按月、

收稿日期: 2004-09-09

日、小时存储下列数据:各元件为 $\int i dt, \int i^2 dt, \int P dt,$
 $\int Q dt, \cos[\arctan(\int P dt / \int Q dt)]$; 各母线为 $\sum_{\text{输入}} P dt,$
 $\Delta \sum \int P dt = \sum_{\text{输入}} P dt - \sum_{\text{输出}} P dt, \Delta \sum \int P dt / \sum_{\text{输入}} P dt。$

b. 调用 MIS 系统的电网设备(变压器、线路等), 计算线路和变压器损耗。线路的损耗为 $(\int i^2 dt) R_L$; 变压器的计算为铜损+铁损, 即 $(\int i^2 dt) R_T + P_0 t。$

c. 汇总系统总供电量、线损电量、线损率和分级后各电压等级总的供电量、线损电量、线损率。

1.2.2 基于状态估计的理论线损计算

考虑到基于潮流计算的理论线损计算存在的不足, 提出了基于状态估计数据的理论线损计算。

作为 EMS 中的高级应用软件的状态估计, 能够根据 SCADA 系统的实时数据对不良的数据进行辨识和排除, 从而减小了量测量和物理量之间的误差, 提高了理论线损计算的精度。另外, 由于某些计算需要的测点数据, 遥测系统不一定能够直接提供, 这就需要经过状态估计数据来提供。

通常, 将系统中独立测量量的数目 m 和状态量数目 n 之比, 称为冗余度。 $m > n$ 时, 它能够提高数据精度和辨识不良数据。量测的冗余度越高, 相应的状态估计能力越高。

基于状态估计的理论线损计算的模型跟基于潮流计算的理论线损计算的模型基本一致, 而计算理论线损的数据源和数学方法不同。

1.2.3 基于电能计量系统的统计线损计算

利用远程抄表系统的数据在线统计计算得到实时的系统统计线损值。

- 按月、日、小时存储各元件及母线的的数据。
- 统计计算系统总供电量、线损电量、线损率和分级后各电压等级总供电量、线损电量、线损率。

2 线损分析的“三值”对比综合法

由潮流和状态估计得到的线损理论值与统计值对下列量进行对比分析:

- 线路、变压器的供电量、损耗电量;
- 分电压等级的供电量、损耗电量、损耗率;
- 总的供电量、损耗电量、损耗率;
- 各变电站母线电能量的不平衡率。

2.1 三类线损率的不足

2.1.1 基于潮流计算的理论线损计算的不足

潮流计算都是以 SCADA 系统中的实测数据为基础的, 而由于测量设备、转换器件、传送通道等各环节以及量测非同时性、三相不同同时性等因素, 实际测量量和物理量之间存在测量误差。这种误差具有

随机特性, 正常情况下可认为是均值为 0 的正态分布。然而, 当系统出现故障时, 对测量的干扰就很大, 从而引起较大误差, 直接影响了潮流计算的精度。

2.1.2 基于潮流计算和状态估计的理论线损计算的互补关系

由于潮流计算和状态估计使用的数学方法不同, 基于状态估计和基于潮流的理论线损计算数据, 可以进行对比分析, 两者起到了很好的互补作用。在状态估计准确率不是很高的情况下可以用潮流计算的数据进行校核; 而在潮流不收敛或是数据出入偏大的情况下, 又可以参考状态估计的数据。

2.1.3 基于电能计量的统计线损计算的不足

由于统计线损依赖于测量仪表的精度, 仪表误差可能使得实际线损率被放大或缩小, 线损的统计过程是个误差积累的过程, 而且在电网中, 由于布点广, 管理起来复杂, 即使不包括偷、漏电量, 其统计线损率误差还是很大。

2.2 综合线损率的提出

三种线损率计算方法的提出给线损率的计算带来了更大的选择性, 但由于各自的缺陷与不足, 从而产生了到底哪个线损率更接近实际线损率、到底该相信哪个线损率的疑惑。而且计算网络线损是一个求积分的过程, 如果其中一个点的数据有问题就会直接影响到以后的积分值。因此, 本文考虑到线损变化的连续性, 即当日的线损和昨天的线损差值不应该相差太大, 提出了基于最优化方法的“三值”综合法。通过综合法求出一种综合线损率, 使其更接近于实际的线损率。

2.3 综合线损率计算

设“三值”综合线损率为

$$X = w_1 X_1 + w_2 X_2 + w_3 X_3$$

式中 X_1 为基于潮流的理论线损率; X_2 为基于状态估计的理论线损率; X_3 为统计线损率; w_1, w_2, w_3 分别为三个线损率的权重。

考虑目标函数

$$\begin{aligned} \min \quad & a^2 w_1^2 + b^2 w_2^2 + c^2 w_3^2 \\ \text{s.t.} \quad & w_1 + w_2 + w_3 = 1 \\ & w_1, w_2, w_3 \geq 0 \end{aligned}$$

其中, a, b, c 分别为相应类型线损的昨天和今天的差值, 从而求得三个线损率的权重 w_1, w_2, w_3 。

3 应用实例

泉州电网的 SCADA/EMS 系统已经投入运行, 远程抄表系统 TMR 也处于最后调试阶段, EMS 中状态估计的合格率也达到了较高的水平, 这些都为本系统的实现提供了良好的基础。

3.1 系统结构

泉州电网实时线损综合分析管理系统的结构如图 1 所示。

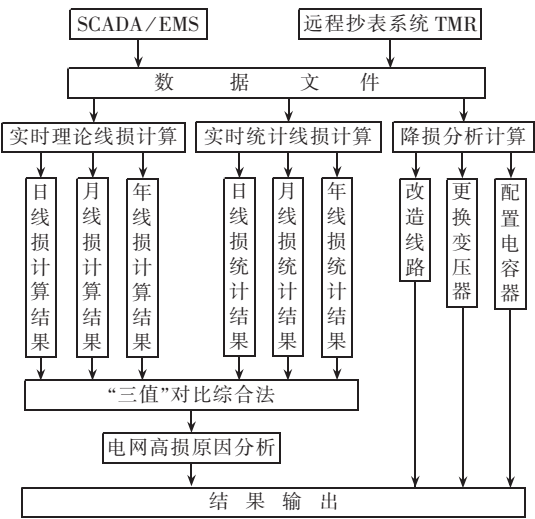


图 1 电网实时线损综合分析管理系统结构图
Fig.1 The comprehensive analysis and management system of power system real-time line loss

3.2 系统各模块及功能

3.2.1 数据接口模块

本系统是基于 EMS 系统和远程抄表系统的高级应用软件。系统数据接口通过读取 EMS 系统实时形成的数据文件和访问远程抄表数据库,获得相应的原始数据。

3.2.2 在线实时线损计算模块

利用 EMS 系统的状态估计产生的实时数据文件和远程抄表系统采集到的实时电量数据,进行网

损计算并将计算结果按月、日、小时存入数据库。主要计算下列值:

- a. 全网供电量、售电量、损耗电量和网损率;
- b. 考核范围内各元件的损耗电量、损耗率;
- c. 考核范围内各电压等级的损耗电量、损耗率;
- d. 考核范围内各站高压母线的输入电量、不平衡电量、不平衡率。

3.2.3 系统查询和统计模块

对数据库中保存的实时网损计算结果提供良好的人机界面进行查询和统计。对全网、各个电压等级和各元件的情况,提供按天、月、年的灵活查询和统计,并且结果可以打印。

3.2.4 降损分析计算模块

电网进行降损技术分析,可以对高损线进行线路改造、配置电容器和更换高损变压器等技术措施进行计算分析和效益预算。

3.2.5 实时曲线显示模块

应用直观图形显示电网网损值和网损率。

3.2.6 网络发布模块

对实时数据进行网络发布,各部门可通过网络查看线损数据。实现线损指标数据自动流传和降损措施的辅助编制。

3.3 实时线损“三值”综合法数据分析

表 1 是泉州电网 2003 年 11 月 10~12 日和 12 月 5~7 日三种类型网损值的对比表。

表 1 网损值对比表
Tab.1 Comparison of line loss values

日期	潮流总 理论线 损率/%	潮流总理 论供电量 /MW·h	潮流总理 论线损电 量/MW·h	估计总 理论线 损率/%	估计总理 论供电量 /MW·h	估计总理 论线损电 量/MW·h	统计 线损 率/%	统计供 电量 /MW·h	统计线 损电量 /MW·h	“三值”综 合线损 率/%	w_1	w_2	w_3
2003-11-10	1.09	33 644	367	1.07	33 502	357	1.21	33 963	411	1.16	0.52	0.13	0.35
2003-11-11	1.14	33 422	382	1.03	33 397	345	1.19	33 868	404	1.15	0.16	0.21	0.63
2003-11-12	1.09	33 136	362	1.04	33 091	334	1.18	33 435	393	1.10	0.14	0.46	0.40
2003-12-05	1.07	34 549	368	1.01	33 341	337	1.24	34 802	432	1.16	0.52	0.13	0.35
2003-12-06	1.13	32 034	361	0.89	32 084	284	1.24	33 534	415	1.14	0.85	0.01	0.14
2003-12-07	1.20	33 407	401	0.91	33 387	305	1.27	33 904	431	1.14	0.09	0.35	0.56

由表 1 可以看出 2003 年 11 月 11 日与 10 日潮流计算的线损电量明显相差偏大,波动较大,网络率偏高,而状态估计和统计得到的网损率都相对变化较小,可信度较高,通过计算得到的权值可以很好的把潮流计算的数据滤掉,同时很好的平衡了统计和状态估计得出的线损率,得到较接近实际的线损率。2003 年 12 月 6 日与 5 日的状态估计的线损电量明显相差很大,网络率偏低,而潮流和统计得到的网损率都相对变化较小,可信度较高,通过计算得到的权值可以很好的把状态估计的数据滤掉,得到较接近实际的线损率。

3.4 降损措施效果分析

系统可对电网进行降损技术分析,对高损线可进行线路改造、升压或增加并列导线进行试算;对于高损变可进行更换变压器、投备用变压器、退空载变压器等方案进行试算;电容器的优化配置也是降损增效的有利措施。以上三种降损措施可以单独进行也可组合实施,并给出了效益预算,供用户决策分析。

4 结语

本文提出的“三值”综合分析法,一方面拓宽了线损分析的途径,变单一为多元,使线损分析能够从

多角度、多方位分析和解决问题,提高了分析的全面性。另一方面,提出了基于三类线损率的综合线损率,化多元为单一,使工作人员能够从繁琐的数据中跳出来,更快更准地得到接近于实际的线损率。所有线损数据都由计算机建模生成,并通过网络实时发布,提高了分析的时效性和管理的智能化。

参考文献:

- [1] 虞忠年,陈星莺. 电力网电能损耗[M]. 北京:中国电力出版社,2000.
- [2] 李占昌,赵福生. 利用实时监控系統计算实际线损的研究与实践[J]. 电网技术,2000,24(7):37-40.
LI Zhan-chang,ZHAO Fu-sheng. Calculation of net loss in power system by SCADA[J]. **Power System Technology**,2000,24(7):37-40.
- [3] 许汉平,侯进峰,施流忠,等. 基于状态估计数据的电网线损理论计算方法[J]. 电网技术,2003,27(3):59-62.
XU Han-ping,HOU Jin-feng,SHI Liu-zhong,*et al.* Calculation method of power system line losses based on data of state estimation[J]. **Power System Technology**,2003,27(3):59-62.
- [4] 陈传波,李成东,董 昕. 一种综合线损分析系統[J]. 江苏电机工程,2002,21(3):19-22.
CHEN Chuan-bo,LI Cheng-dong,DONG Xin. A synthesis line loss analysis system[J]. **Jiangsu Electrical Engineering**,2002,21(3):19-22.
- [5] 罗毅芳,刘 巍,施流忠,等. 电网线损理论计算与分析系統的研制[J]. 中国电力,1997,30(9):37-39.
LUO Yi-fang,LIU Wei,SHI Liu-zhong,*et al.* Development of theoretical calculation and analysis system for line losses of power network[J]. **Electric Power**,1997,30(9):37-39.
- [6] 陈允平,常 青. 以 GPS 为基础的电力系统实时网损计算研究[J]. 电网技术,1999,23(12):24-27.
CHEN Yun-ping,CHANG Qing. Studies on real-time calculation of power system losses [J]. **Power System Technology**,1999,23(12):24-27.
- [7] 苗培青,陆 超. “双值”比对法在线损自动生成与分析系統中的应用[J]. 电网技术,2001,25(12):60-63.
MIAO Pei-qing,LU Chao. Development of line loss automatic analyzing system based on comparison of its theoretical value with practical value[J]. **Power System Technology**,2001,25(12):60-63.
- [8] 吕 冬,刘学国,李林川,等. 以 SCADA,GPS 为基础的电力系统实时网损计算[J]. 电力系统及其自动化学报,2002,14(5):7-10,19.
LÜ Dong,LIU Xue-guo,LI Lin-chuan,*et al.* Real-time calculation of power system losses base on SCADA,GPS [J]. **Proceedings of the EPSA**,2002,14(5):7-10,19.
- [9] 袁慧梅,郭喜庆,于海波. 中压配电网线损计算新方法[J]. 电力系统自动化,2002,26(11):50-53.
YUAN Hui-mei,GUO Xi-qing,YU Hai-bo. New method for calculating energy losses in medium-voltage distribution systems [J]. **Automation of Electric Power Systems**,2002,26(11):50-53.

(责任编辑:戴绪云)

作者简介:

李 晨(1980-),男,江苏溧阳人,硕士研究生,研究方向为电力系统运行与控制(E-mail:lichen21@163.com);

丁晓群(1956-),男,江苏丹阳人,教授,主要从事人工智能在电力系统中的应用、电气设备故障诊断以及配电自动化领域的教学和科研工作;

刘小波(1978-),男,江苏南通人,硕士研究生,研究方向为电力系统运行与控制。

Line loss comprehensive analytical method based on real-time system data and its application

LI Chen¹, DING Xiao-qun¹, LIU Xiao-bo¹, ZHOU Zhi-hui²

(1.Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Fuzhou Power Supply Bureau, Fuzhou 344000, China)

Abstract: Line loss comprehensive analytical method based on real-time data of dispatch automation system and management information system is put forward to overcome the main disadvantages of traditional line loss calculation in in-time performance and accuracy. It obtains three kinds of online line loss, i.e. the theoretical value based on power flow, the theoretical value based on state estimation and the statistic value based on power measuring system, and compares them. It is applied in Quanzhou power system, and results show that the comprehensive line loss rate is closer to the actual one while the in-time performance of line loss calculation is improved and the effectiveness of loss reducing is enhanced.

Key words: comprehensive analytical method; online power flow; state estimation; theoretical line loss rate; statistic line loss rate