



对式(6)进行求解即可得到配电网潮流,并可据此进行理论线损计算,具体过程参见文献[5]。

## 2 线损的DD自动化管理

管理线损大致可分为计量误差和无表用电(窃电)两部分。计量误差可以通过技术手段控制在一定范围之内,超过这一范围的管理线损基本上可以确定为无表用电。无表用电的电量隐藏在线损当中,利用常规的计量方法很难将其从正常的网损中提取出来。即便如此,无表用电量既然是存在的,其必将通过一定的方式有所表现。本文提出的线损DD自动化管理就是基于对线损电量进行微分(Differential coefficient)、积分(Integral)和差分(Difference)分析的基础上,给出无表用电嫌疑地区,为运行人员查找窃电行为提供帮助。

根据负荷的变化和理论线损的计算可知,正常的线损电量是有规律可循的,而无表用电脱离于正常的线损变化规律之外,导致统计线损出现异常。因此,线损DD自动化管理的关键在于异常线损的确定,即差分的过程。而这样的差分是发生在某一个时间断面上或某一时间段之内的,即与之对应的微分过程和积分过程。

设统计线损,即电能表计量统计出的供电量和售电量之差,为 $S_{\text{loss}}$ 。则:

$$S_{\text{loss}} = S_d + S_m + S_1 + S \quad (7)$$

其中: $S_d$ 为由配网线路、配变、电容器、电抗器等电器设备产生的线损; $S_m$ 为由电能表等仪表设备产生的线损; $S_1$ 为由无表用电产生的线损; $S$ 为线损计算误差。

如果配电系统中不存在无表用电,即 $S_1$ 为零,则 $S_{\text{loss}}$ 近似为 $S_d$ 与 $S_m$ 之和, $S$ 为一较小数值。 $S_d$ 与 $S_m$ 可根据配网潮流计算得出,此时统计线损可以很好地得到解释。如果 $S_{\text{loss}}$ 与 $S_d$ 、 $S_m$ 之和相差较大,而 $S$ 为一较小数值,无法用以解释此差值,则唯一解释为配电系统中存在无表用电,即 $S_1$ 不为零。这也就是线损DD自动化管理的基本思想。

线损DD自动化管理是建立在各关口电量可以实现微机自动实时抄表,供电区域量测信息足够充分的基础之上的。这样可以有效地避免人工抄表导致的错抄、漏抄以及抄表不同期等误差,DD分析结果才贴近实际、有效可信。

由线损的定义可知供电量为售电量与线损之和,表述成公式的形式为:

$$S_{\text{sup}}(t) = S_{\text{sell}}(t) + S_{\text{loss}}(t) \quad (8)$$

其中: $S_{\text{sup}}(t)$ 为某一配变的供电量; $S_{\text{sell}}(t)$ 为配变供电区售电量; $S_{\text{loss}}(t)$ 为线损。

在式(7)中,忽略线损计算误差 $S$ ,用 $S_z$ 代替 $S_d$ 与 $S_m$ 之和,称为理论线损。则式(7)可写为:

$$S_{\text{loss}}(t) = S_z(t) + S_1(t) \quad (9)$$

将式(9)代入式(8),设某时刻 $t_1$ 存在无表用电的情况,则式(8)可写为:

$$S_{\text{sup}}(t_1) = S_{\text{sell}}(t_1) + S_z(t_1) + S_1(t_1) \quad (10)$$

设某时刻 $t_2$ 不存在无表用电的情况,则式(8)可写为:

$$S_{\text{sup}}(t_2) = S_{\text{sell}}(t_2) + S_z(t_2) \quad (11)$$

将式(10)与式(11)做差可得:

$$S_{\text{sup}}(t_1) - S_{\text{sup}}(t_2) = S_{\text{sell}}(t_1) - S_{\text{sell}}(t_2) + S_z(t_1) - S_z(t_2) + S_1(t_1) \quad (12)$$

式(12)中 $S_{\text{sup}}(t)$ 与 $S_{\text{sell}}(t)$ 可以通过测量装置得到, $S_z(t)$ 可以通过配网潮流计算来得到。通常 $S_z(t)$ 是一个比较小的数,供电变化量与售电变化量理应大致相同,而无表用电的存在导致供电变化量远大于售电变化量,其差值即为 $S_1(t_1)$ 。

在 $S_1(t)$ 保持不变的情况下, $S_{\text{sell}}(t)$ 与 $S_{\text{sup}}(t)$ 在曲线形状上应该有很好的相似性。如果 $S_1(t)$ 发生了变化,其变化在 $S_{\text{sup}}(t)$ 上必将有反映,而在 $S_{\text{sell}}(t)$ 上不会有反映。因此,供电量相对于售电量的突变可以被用来作为出现无表用电现象的标志。

以上就是利用微分和差分的方法来对无表用电现象进行监控和发现,供电量的突变表现为差分的过程,而突变发生在时间断面上,因此称之为微分过程。

与微分过程相对应的是积分过程,也就是采集某一个时间段内的参数,并与历史纪录比较做差分来描述线损的变化情况,从中找出无表用电的疑点。

对式(10)在某一时间段内做积分,得:

$$\int_T S_{\text{sup}}(t) dt = \int_T (S_{\text{sell}}(t) + S_z(t)) dt + \int_T S_1(t) dt \quad (13)$$

积分时间段可以是几个小时,一天或一周,积分最小时间段取决于电能量测频率。积分量既可以用于时间段内的电量分析,也可以与历史信息做比较,找出差距,并进行分析。积分量可以利用每小时等效功率进行计算,也可以直接采用电能量测值。

与微分的过程相类似,如果供电区域没有无表用电情况,即 $S_1(t)$ 为零,则供电量的积分量应该基本上等于售电量的积分量与网损的积分量之和。在积分区间内,如果 $S_1(t)$ 发生了变化,则其变化量的积分在供电量的积分上必将有反映,而在售电量的积分上不

会有反映。因此,供电量积分量相对于售电量积分量的不正常增减可以被用来作为出现无表用电现象的标志。如果  $S_1(t)$  基本不变,其积分值必然导致供电量与售电量出现较大差值,造成实际线损率与理论线损率相差较大,从而引起运行人员的注意。

线损的积分量还可以用来与历史数据进行比较分析,考虑到负荷增长等因素对线损变化的影响之后,不正常的网损增加应当引起运行人员的注意。

对于一个确定的供电区域,在一定的时期内网络结构变化不大,其线损率应该大致相同。线损率的变化意味着供电量发生变化的同时售电量却几乎不变,这是不合常理的,供电量的变化极有可能是由无表用电导致的。微分、积分和差分的方法同样适用于针对线损率的分析。线损 DD 自动化管理的结构框图如图 1 所示。

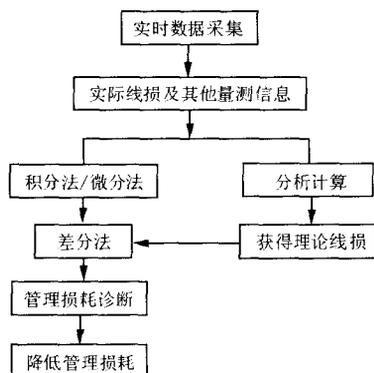


图 1 线损 DD 自动化管理的结构框图

Fig 1 Structure of loss automation management system based on DD analysis

### 3 算例分析

本文对锦州的一个实际的 10 kV 系统进行了理论线损计算,对 2 组测量数据分别进行了计算,并给出了算例结果。图 2 给出了拓扑连接图,表明拓扑

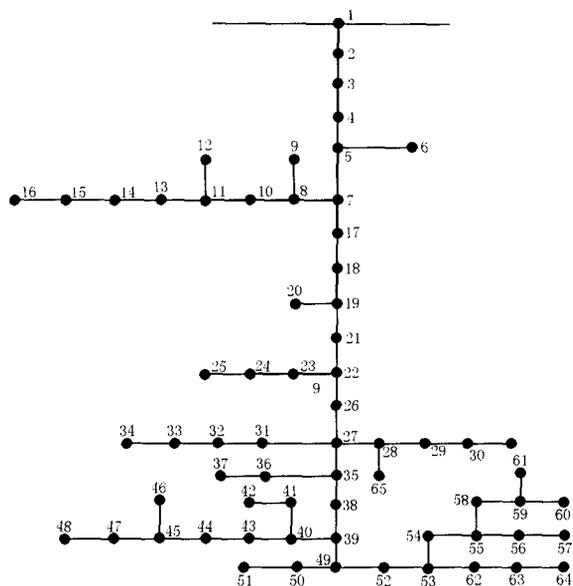


图 2 系统端点连接图

Fig 2 System terminal connection

连接关系。

计算结果如表 1 所示。其中包括了一天和一个月的系统实际测量数据,相当于对某一天和某一个月的电量进行积分过程。

对 2 组测量数据进行计算,其计算结果表明,由于线路电阻电抗很小,负荷较小,因此系统各节点电压(标么值)都在 0.99 以上,因此线路损耗很低,对于 2004 年 10 月的测量数据,线路损耗仅占整个损耗的 16%;而对于 2004 年 11 月 15 日的数据,线路损耗占整个损耗的 26%,也就是配变损耗占理论线损很大部分。对于 2004 年 10 月的测量数据,其计算的理论线损率为 2.75%,而对于 2004 年 11 月 15 日一天的测量数据,其计算的理论线损率为 2.5%。这个数值对 10 kV 配网来说还是很低的,也就是网络运行方式比较合理,技术降损的空间不是很大。

表 1 实际系统计算数据

Tab 1 Calculated result of a real system kW/h

| 计算时段       | 理论供电量    | 总售电量      | 理论线损     |          | 实际供电量    | 理论线损率 |
|------------|----------|-----------|----------|----------|----------|-------|
|            |          |           | 线路总损耗    | 配变有功损耗   |          |       |
| 2004/10    | 1 209.19 | 1 175.945 | 5.48     | 27.764 7 | 1 698.06 | 2.75  |
| 2004/11/15 | 1 809.78 | 1 764.53  | 11.887 1 | 33.36    | 2 560    | 2.5   |

对于 2004 年 10 月的测量数据,供电局总售电量为 1 175.945 kW,加上理论线损 33.227 kW,可得理论供电量为 1 209.19 kW,而供电局实际供电量为 1 698.06 kW,两者相差 490 kW。对于 2004 年 11 月 15 日的测量数据,供电局总售电量为 1 764.53 kW,

加上理论线损 45.247 1 kW,可得理论供电量为 1 809.78 kW,而供电局实际供电量为 2 560 kW,两者相差 751 kW。

显然理论供电量与实际供电量不符,而且相差甚大,其中必然有漏计、错计或无表用电情况。结合

两个月的情况进行分析,前两种情况可能性较小,无表用电可能性较大。

#### 4 结论

本文基于量测利用配电潮流进行理论线损计算,采用的数据是以配变测量数据为基础的,按照各个配变的实际测量来进行计算的,符合实际情况;可以得到关于配电网丰富的运行信息,从而为技术降损或管理降损提供明确的主攻方向。利用微分、积分和差分的方法进行管理线损的分析,指出无表用电主要表征为电量的差分过程,并分别针对时间断面和时间过程进行了微分和积分的分析。本文以实际系统的测量数据为基础,对该系统的理论线损进行了计算,并对线损进行了分析,算例结果表明本文方法具有很好的工程应用前景。

#### 参考文献:

- [1] 吴安官,倪保珊. 电力系统线损 [M]. 北京:中国电力出版社, 1996  
WU An-guan, NI Bao-shan Loss of Electric Power System [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1996
- [2] 陈竟成,张学松,于尔铿. 配电管理系统 (DMS) 及其应用功能 [J]. 电力系统自动化, 1999, 23 (18): 45-48  
CHEN Jing-cheng, ZHANG Xue-song, YU Er-keng Distribution Management System and Its Application Function [J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23 (18): 45-48
- [3] 王明俊,于尔铿,刘广一. 配电系统自动化及其发展 [M]. 北京:中国电力出版社, 2001.  
WANG Ming-jun, YU Er-keng, LIU Guang-yi Distribution System Automation and Its Development [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2001.
- [4] 翟世隆. 线损知识问答 [M]. 北京:中国电力出版社, 1997.  
ZHAI Shi-long Loss Knowledge Ask and Answer [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1997.
- [5] 蔡中勤,郭志忠. 基于逆流编号法的辐射型配电网牛顿法潮流 [J]. 中国电机工程学报, 2000, 20 (6): 13-16  
CAI Zhong-qin, GUO Zhi-zhong Newton Loadflow for Radial Distribution Network Based on Upstream Labeling Technique [J]. Proceedings of CSEE, 2000, 20 (6): 13-16

收稿日期: 2004-12-21; 修回日期: 2005-06-21

#### 作者简介:

于大勇 (1970 - ),男,硕士研究生,从事线损管理工作;

白雪峰 (1974 - ),男,博士,从事电力系统分析与控制方面的研究。E-mail: bx428@sohu.com

### DD loss automation management based on measurement

YU Da-yong<sup>1</sup>, BAI Xue-feng<sup>1</sup>, WANG Wei-dong<sup>2</sup>, CAI Zhong-qin<sup>1</sup>

(1. Department of Electrical Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China;

2. Guangdong Nenking Technology Development Co., Ltd, Foshan 528200, China)

**Abstract:** Loss management is very important to power supply company, and it is an important index to value the management level of the company. The components of the loss are analyzed in this paper. According to the differential coefficient, integral and difference analysis of the loss, and the energy that is not recorded by the meters can be found and provided to the manager. Based on the measurement information, the theoretical loss can be calculated by load flow method. The results are accurate and reliable. The method can be used in engineering application.

**Key words:** power system; loss management; distribution load flow

《继电器》杂志社网站留言板恢复使用,欢迎登录!