利用调度自动化系统动态管理 35kV 及以上输变电系统中的实时线损

张玉升,陈杨,张玉琪,马昭平

(河南省邓州市电业局,河南 邓州 474100)

摘要:在大量实践的基础上,论述了利用调度自动化系统实现输变电系统中线损的实时监测、动态管理和数据记录、整理的方法和过程,使线损能够快速、直观、准确地反馈给有关部门,及时采取相应措施,节能降损。

关键词:调度自动化; 线损; 输变电

中图分类号:TM773; TM726 **文献标识码**:B **文章编号**:1003-4897(2002)06-0056-02

电能作为最重要的一种能量形式,在其传输过程中由于各种因素,不可避免地存在着巨大的损失,这种损失有时超过 30 %。因而线损率成为电力部门的一项重要的技术经济指标,是衡量企业管理水平的重要指标。如何准确及时地计算、监测到线损,进而及时地采取相应措施,控制、减少这一损失,长期以来一直是电力部门的一个重要课题。

过去,采用电量法、最大负荷电流、最大负荷损耗时间法、最大负荷电流、损失因数法、平均电流、负荷曲线特征系数法等方法来计算线损,大多需人工长期采集许多节点的数据,利用繁杂的公式进行计算,不仅费工费时,准确度差,而且计算周期长(一月至一年计算一次),很难准确、及时地发现电网中存在的不利因素,常常是发现了问题,但已巨损在先。随着电子计算机系统为核心的调度自动化系统的出现,一种全新的动态计算线损的方法产生了。在保证遥测、遥信准确度的前提下,可以较准确地计算出实时的线损。

我市电网调度自动化系统于 1998 年初安装完毕,试运行期间,对各项功能进行不断地改进和完善,现已达到和超过了部颁县级调度自动实用化标准,为我市电网安全经济可靠的运行创造了良好的技术条件。过去,调度值班人员利用调度自动化系统,主要是拉闸限电、控制负荷、按计划供电等,如今,供电形势日趋好转,新技术、新产品在生产实践中不断地得到应用,如何更有效地利用这套现代化设备进行科学调度,多供少损,为用户提供优质电能成为摆在面前的一个新的目标和任务,尤其在利用调度自动化系统对 35kV 及以上输变电系统中的电能损失进行动态管理方面我们利用现有条件进行一些有益的尝试和探索,创造出一种全新的线损监测管理模式,处同行业领先地位,在电力系统中有极大的推广价值。

调度自动化系统提供了较完备的遥测、遥信、脉冲量、事件等实时数据库,可以有效地共享其数据库资源,并加入含有变量的计算公式和逻辑关系式,进而计算出实时线损数据。

1 输电线路的功率损耗

以一条简单的输电线路(如图 1)为例:

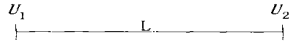

图 1 线图模型

用π型等值电路图表示为图 2:

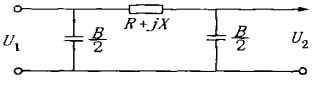

图 2 π型等值电路

则线路的功率损耗可分为导纳损失和阻抗损失。

导纳损失中忽略电导则:

$\Delta Q_B = - B \cdot U_1^2/2 - B \cdot U_2^2/2$

阻抗损失为

$\Delta P_R = 3 \cdot I^2 \cdot R$; $\Delta Q_X = 3 \cdot I^2 \cdot X$

其中,$R = R_g \cdot (228 + 40)/(228 + g)$

注 1:R 与导线温度有关,导线温度与导线所流过的电流及散热条件有关,因裸线在户外的散热条件较复杂,导线温度用现有条件难以准确测算,故暂取 40 ℃时导线的阻值为平均值。

则: $\Delta P = 3 \cdot I^2 \cdot R$ (1)

$\Delta Q = - B \cdot U_1^2/2 - B \cdot U_2^2/2 + 3 \cdot I^2 \cdot X$ (2)

上式中的 $3 \cdot I^2$ 也可用 $(P_2^2 + Q_2^2)/U_2^2$ 表示。

则: $\Delta P = (P_2^2 + Q_2^2) \cdot R/U_2^2$ (3)

$\Delta Q = - B \cdot U_1^2/2 - B \cdot U_2^2/2 + (P_2^2 + Q_2^2) \cdot X/U_2^2$ (4)

式中：P_2 ——线路末端的有功功率；Q_2 ——线路末端的无功功率；U_2 ——线路末端的电压；ΔQ_B ——电纳产生的无功损耗；ΔP_R ——电阻产生的有功损耗；ΔQ_X ——电抗产生的无功损耗；ΔP ——线路产生的总有功损耗；ΔQ ——线路产生的总无功损耗；I ——线路的相电流；R ——导线的直流电阻；X ——导线的电抗；R_g ——温度为 g 时导线的直流电阻；g ——导线参数的测量温度。

将公式(1)、(2)或(3)、(4)分别输入系统的公式表中，若计算线路的有功损耗，则将 I 作为公式(1)的第一变量从实时库中检索进去或者分别将 P_2、Q_2、U_2 作为公式(3)的第一、第二、第三变量从实时库中检索进去，其中 R 为常量。

2 变压器的功率损耗

电阻损耗：

$$\Delta P_{TR}=\Delta P_K\cdot S_2^2\cdot U_N^2/(S_N^2\cdot U_2^2)=\Delta P_K\cdot(P_2^2+Q_2^2)\cdot U_N^2/(S_N^2\cdot U_2^2)$$

电抗损耗：

$$\Delta Q_{TX}=U_K\%\cdot S_2^2\cdot U_N^2/(100\cdot S_N^2\cdot U_2^2)=U_K\%\cdot(P_2^2+Q_2^2)\cdot U_N^2/(100\cdot S_N^2\cdot U_2^2)$$

励磁电导损耗：

$$\Delta P_{TG}=P_0 U_1^2/U_N^2$$

励磁电纳损耗：

$$\Delta Q_{TB}=I_0\%\cdot S_N\cdot U_1^2/(100\cdot U_N^2)$$

则：

$$\Delta P'=\Delta P_{TR}+\Delta P_{TG}=\Delta P_K\cdot(P_2^2+Q_2^2)\cdot U_N^2/(S_N^2\cdot U_2^2)+P_0 U_1^2/U_N^2 \quad (5)$$

$$\Delta Q'=\Delta Q_{TX}+\Delta Q_{TB}=U_K\%\cdot(P_2^2+Q_2^2)\cdot U_N^2/(100\cdot S_N^2\cdot U_2^2)+I_0\%S_N\cdot U_1^2/(100\cdot U_N^2) \quad (6)$$

式中：ΔP_K ——短路损耗；P_2 ——输出有功功率；Q_2 ——输出无功功率；S_N ——变压器额定功率；S_2 ——变压器输出功率；$U_K\%$ ——短路电压百分值；P_0 ——空载损耗；$I_0\%$ ——空载电流百分值；U_1 ——高压侧电压；U_N ——高压侧额定电压；$\Delta P'$ ——变压器的总有功损耗；$\Delta Q'$ ——变压器的总无功损耗。

同样将公式(5)、(6)输入系统，其中 P_2、Q_2、U_1、U_2 为变量可以从实时库中检索，其他量均为常量。

注 2：因 U_1、U_2 均取自母线侧 TV，所以当母线上所带的 2 台以上变压器中有一台停运时，该变压器的 ΔP 仍有 $P_0 U_1^2/U_N^2$

故应加入遥信判据，即：

$$\Delta P'=\Delta P_K\cdot(P_2^2+Q_2^2)\cdot U_N^2/(S_N^2\cdot U_2^2)+P_0 U_1^2/U_N^2\cdot Y_1$$

$$\Delta Q'=U_K\%\cdot(P_2^2+Q_2^2)\cdot U_N^2/(100\cdot S_N^2\cdot U_2^2)+I_0\%S_N\cdot U_1^2/(100\cdot U_N^2)\cdot Y_1$$

Y_1 为变压器进线侧开关的遥信值(遥信合时值为 1，遥信分时值为 0)。

注 3：目前一些 35kV 变电站没有 35kV 侧 TV，这样，(5)、(6)中的 U_1 就不能直接从遥测信息中获得。此时，我们可以用 U_2 即 10kV 侧电压折算出 U_1。以 5 档位变压器，每档匝数为总匝数的2.5%为例：

在公式表中输入：

$$D=(35/10.5)/(\#1\times1.05+\#2\times1.025+\#3+\#4\times0.975+\#5\times0.95) \quad (7)$$

#1、#2、#3、#4、#5 分别为变压器 1、2、3、4、5 档的档位遥信值(遥信合时值为 1，遥信分时值为 0)。

一般情况 5 个遥信中只有一个为合位，所以：

$$(35/10.5)/1.05\geq D\geq(35/10.5)/0.95$$

为预防遥信节点粘连、拒动等情况引起遥信误报造成数据大幅失真，特加入以下判据：

if $D>(35/10.5)/1.05$ or $D<(35/10.5)/0.95$

then $D'=35/10.5$

else $D'=D$

则：$U_1=U_2\cdot D'$ (8)

这样，计算机就以 3s 一次的速度将 ΔP、ΔQ、$\Delta P'$、$\Delta Q'$ 计算出来，数据间隔若干分钟或整点，存入历史数据库中，还可以进一步用系统提供的积分工具将 ΔP、ΔQ、$\Delta P'$、$\Delta Q'$ 换成一定时间段内的电量，这些都可用数字或图表显示出来，以便查找、分析，使调度值班人员能够随时观察到电网的经济运行状况，进而更加合理、及时地投退电容、切换主变、改变运行方式科学调度。其他科室如营业、三电、生产及局长站等，均可通过网络终端共享这些数据，一改昔日对线损看不见、摸不着的被动局面，使各部门能及时发现问题、协同工作，使电网经常处于最佳运行状态。如果说过去线损的静态计算方法可以称得上亡羊补牢的话，那么利用调度自动化系统进行实时监测线损，则可按图索骥，随时对症下药。 (下转第 59 页)

在 6.3kV 系统中,各段母线管辖下的电缆的分布电容在 1.5μF 到7.9μF 之间(三相之和),如果考虑分布电容为每相 2.6μF,把分布电容集中到三相电源的端口,进行星形、三角形变换,整理计算得到 R_N 的数值为 $276e^{-j43^\circ}$,假如故障相的电容因故障而消失,即 R_N 为 $321e^{-j32^\circ}\Omega$,如果接地短路电阻为 2kΩ,在上述两种情况下,短路电流分别为1.72A 和1.67A,容性4.9°和4.3°,67 继电器上接收到的零序电流和零序电压的数值分别为12.9mA 和12.5mA,13V 和15.6V。这时继电器会"迟钝"到无法动作,因此,系统遇到接地电阻较大的故障时,零序方向元件是"能力有限"的。在表 1 中,过渡电阻为 1524Ω 时,流入零序方向继电器 67 中的零序电流为 15mA,开口三角输出的零序电压为 22V。若再计入分布电容的影响,零序电流一次值按上述两种假设应为2.19A 和2.11A,二次零序电压为17.6V和19.6V。零序方向继电器恰好在临界点摆动,零序电压继电器 64 则未能达到动作值,按继电保护整定配合原则,零序方向元件根本达不到应有的灵敏度的要求。

日本东芝的《维修手册》指出:IDG9D 型零序方向继电器,当零序电压在额定值的 30 %～120 %范围内变化时,零序电流始动值仅发生微小的变化,该系统的额定电压为 110V,零序电压从 33V 起向上变化时,使 67 继电器动作的零序电流数值变化不大,但是零序电压低于 33V 后,$3I_0$ 电流想推动继电器动作就不容易了,因此,东芝断定:在 10A 中性点接地系统中,有1/5的接地故障能被检测出来。67 零序方向继电器在过渡电阻较大的故障场合,难以达到灵敏地有选择地切除故障,要等待故障继续蔓延、扩大后才能响应,这时,变压器中性点的保护便抢先动作。因此,最好的方法还是挑选性能优良的灵敏度比较高的继电器更换现有的 67 继电器。

目前,把变压器的6.3kV侧中性点零序电流保护的整定值由原来的0.5A改为1.1A,相当于把一次整定值改为2.2A;零序电压继电器 64 整定值由 30V 改为 15V。经过这样调整后,在短路过渡电阻低于 1524Ω 的场合,6.3kV系统保护动作正确配合。

本文经过清华大学王维俭教授指导,在此表示深情的感谢!

收稿日期: 2001-11-27

作者简介: 莫妃炳(1947 -),男,本科,主要从事继电保护及单片机应用。

Analysis on operative action of the ground protection relay in 6.3kV electric system

MO Fei-Bing

(Guangdong Shajiao B Power Station, Dongguan 523937, China)

Abstract: In the 6.3kV power supply and distribution system, neutral point of transformer grounds through 38Ω to limit short circuit current not exceeding 10A. Protection relay system of shajiao B power station was designed by Toshiba JAPAN, except over current relay. Every power supply line has a directional ground relay with the sensitive angle of 0°. This paper discusses operative action of the directional ground relay, and analyzes the problems in the practical operations.

Keywords: ground protection relay; analysis of operative action

(上接第 57 页)

截止 2001 年 3 月,我们开发的实时线损监测系统已投入使用达 2 年,两年间因使用该项目使我局线损管理水平有了很大提高,与以往年度相比,线损率降低约0.4 %,每年可产生直接经济效益约 60 万元、社会效益一千多万元。

收稿日期: 2001-06-04; **改回日期**: 2001-11-02

作者简介: 张玉升(1968 -),男,大专,工程师,主要从事调度远动自动化; 陈杨(1974 -),女,大专,助工,主要从事电力设计工作; 张玉琪(1971 -),女,大专,助工,主要从事电力计量工作。

Using the dispatch automation system to dynamically manage the real-time line loss in the power transmission and transformation systems of 35kV and higher voltage level

ZHANG Yu-sheng, CHEN Yang, ZHANG Yu-qi, MA Zhao-ping

(Dengzhou Electric Power Bureau of Henan Province, Dengzhou 474100, China)

Abstract: Basing on a lot of practices, it is discussed that the method and process of using the dispatch automation system to realize the real-time monitoring, dynamic management and data recording of line-loss in power transmission and transformation system so as to quickly, directly and accurately feed back the line-loss to relative departments which can adopt in time the corresponding measures of saving energy and decreasing loss.

Keywords: dispatch automation; line loss; power transmission and transformation