

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.12.026

电力能效测评系统中电压闪变检测的研究*

马立新, 蔡文斐

(上海理工大学 电气工程系, 上海 200093)

摘要: 针对电力能效测评系统中闪变数据的检测和传输方法实时性差的问题,设计了一种无线通信的闪变监测系统。基于国际电工委员会(IEC)推荐的平方检测法,WJZ-VI型电能监测仪实现监测点数据实时采集处理。根据现场要求,采用GPRS技术进行实时数据无线传输。搭建了Simulink仿真模型,仿真得到 $S(t)$ 值达到了IEC相关标准。研究表明,该闪变监测系统能够有效的并入电力能效测评系统中,实时采集、处理以及无线传输闪变数据,从而为后期的闪变控制及故障检测提供技术保障,有较大的推广应用价值。

关键词: 电能质量; 电压闪变; GPRS; 电力能效测评系统

中图分类号: TM71 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-4551(2014)12-1640-04

Study on the detection of voltage flicker in energy efficiency evaluation system

MA Li-xin, CAI Wen-fei

(Department of Electrical Engineering, University of Shanghai for Science and Technology,
Shanghai 200093, China)

Abstract: Aiming at the bad real-time function of flicker data's detection and transmission in the energy efficiency evaluation system, a radio communication system of flicker monitoring was designed. According to the method recommended by international electric commission (IEC), WJZ-VI power monitor can collect and process real-time data. In accordance with requirements of working sites, GPRS was used to complete the data's radio transmission. The simulation model was established using the Matlab/Simulink software, which was up to the IEC standard according to the result of simulation. The results indicate that the monitor system can be effectively incorporated into the energy efficiency evaluation system, which can collect, process and transmit real-time data. And this system can provide technical support for the control of flicker, which has great application value.

Key words: electric power efficiency; flicker; GPRS; energy efficiency evaluation system

0 引 言

随着社会的进步和发展,电能质量问题已经成为当今电力学科领域内的重大课题。电力能效测评系统,是在国家大力提倡“节能减排”的大背景下提出的为智能电网服务的高效节能系统。电能质量监测是指计算机技术、数据库技术、网络通信技术为依托,

结合电网中各个监测点构建成一个完整的电能质量监测网络,能够对电网中电压、谐波以及三相不平衡进行实时、连续监测并有报警功能,是电力能效测评系统不可或缺的一部分。

其中,电压波动和闪变已成为威胁许多重要用户供电可靠性的主要原因之一,必须对其进行有效的监视与抑制^[1]。国内电能质量分析仪多以工控机为主要结构,体积大、重量大、不便于携带使用^[2]。

收稿日期: 2014-07-17

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61205076); 国家科技部政府间科技合作资助项目(2009014)

作者简介: 马立新(1960-),男,陕西安康人,工学博士,教授,主要从事电力系统稳定性与优化运行、群体智能与智能电网、电气设备状态监测与诊断方法、电力能效测评系统方面的研究。E-mail: malx_aili@sina.com

本研究提出一种采用GPRS无线传输的闪变监测系统,将该系统接入实时的电力能效测评系统。

1 闪变监测系统的整体构成

闪变监测系统主要由下位机、上位机以及传输系统组成。其中TMS320LF2407A芯片进行闪变参数的实时计算,经过GPRS无线传输系统,由PC负责数据的显示、统计、存储和通讯等,具有较好的人机界面和较强的计算能力,而且可以实现电能质量的实时测量^[3]。

1.1 下位机系统的构成

(1) 数据采集。包括数据的采样和计算。

(2) 数据处理。将采集的数据变换格式并计算处理电压波动与闪变。

(3) 数据传输。包括下位机内部数据与上位机之间的通信传输(主要是通过无线通信)。

1.2 上位机系统的构成

(1) 数据传输。与下位机间的数据通信与传输。

(2) 数据分析。对采集的数据进行统计,形成文件、报表及曲线、图形等。

(3) 数据文件管理。系统管理监测的数据文件。

整个能效监测系统的构成如图1所示。

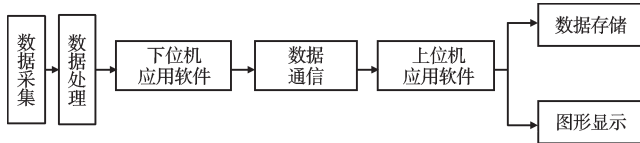


图1 能效监测系统结构图

2 闪变测量方法

闪变是电网电压的波动所引起的灯光闪烁对人眼视觉产生的刺激,其以灯光闪烁对人眼视感的影响来反映供电电压的波动程度,是根据人眼视感度曲线对电压波动信号进行相应处理后获得的^[4]。闪变可以分为短时间闪变 P_{st} 和长时间闪变值 P_{lt} 。

目前常用的电压波动的检测方法有平方检测法、有效值检测法、整流检测法、小波分解和同步检波法等^[5]。

其中,平方检测法具有简单,便于数字化实现等优点,也是IEC推荐的方法。该系统采用该方法。

为了直观了解电压的波形变化,常抽象地将恒定不变的工频电压看作载波,将波动电压看作调幅波,即:

$$u(t) = [U_m + v(\omega_f t)] \cos \omega_N t \quad (1)$$

若调幅波为单一频率的正弦波,则 $v(\omega_f t) = V_m \cos \omega_f t$ 。按照平方检测法,将 $u(t)$ 平方:

$$u(t) = \frac{U_m^2}{2} \left(1 + \frac{m^2}{2}\right) + U_m^2 m \cos \omega_f t + \frac{U_m^2}{2} \left(1 + \frac{m^2}{2}\right) \cos 2\omega_N t - \frac{U_m^2 m^2}{4} \cos 2\omega_f t + \frac{U_m^2 m^2}{8} \cos 2(\omega_f + \omega_N)t + \frac{U_m^2 m}{2} \cos(2\omega_N - \omega_f)t \quad (2)$$

项中除了有直流分量外,还含有其他频率分量,滤波后便可实现解调,得到调幅波频率分量:

$$v'(t) \approx m U_m^2 \cos \omega_f t \quad (3)$$

闪变测量环节总体上可分为3部分:第一部分为电压输入适配调整;第二部分模拟视觉系统模型,即灯一眼一脑环节的频率响应特性;;第三部分对测量到的瞬时闪变视感度进行统计分析。闪变测量各环节如图2所示。

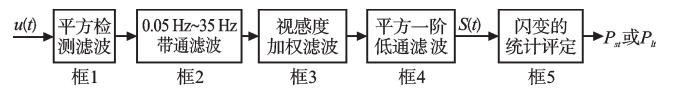


图2 闪变测量环节示意图

框1,模拟灯的作用和特性:通过平方解调器对电压波动分量进行解调,获得与电压变动成线性关系的电压。

框2和框3,由带通滤波器和加权滤波器构成。带通滤波器解调出反应电压波动的调幅波:具体设计时,带通滤波器采用截止频率为0.05 Hz的1阶高通滤波器和截止频率为35 Hz的6阶巴特沃斯低通滤波器来实现。该设计选择6阶巴特沃斯低通滤波器(截止频率为35 Hz),其传递函数为:

$$BW(s) = \left[1 + \sum_{i=1}^6 b_i (s/\omega)^i \right]^{-1} \quad (4)$$

其中: $\omega = 2\pi \times 35$, $b_1 = 3.864$, $b_2 = 7.464$, $b_3 = 9.141$, $b_4 = 7.464$, $b_5 = 3.864$, $b_6 = 1.0$ 。

高通滤波器(截止频率为0.05 Hz)的传递函数为:

$$HP(s) = \frac{s/\omega}{1 + s/\omega} \quad (5)$$

其中: $\omega = 2\pi \times 0.05$ 。

加权滤波器反映了人对60 W、230 V钨丝灯在不同频率的电压波动下照度变化的敏感程度。视感度加权滤波器的传递函数用灯一眼一脑环节的传递函数来表示:

$$K(s) = \frac{K\omega_1 s}{s^2 + 2\lambda s + \omega_1^2} \times \frac{1 + s/\omega_2}{(1 + s/\omega_3)(1 + s/\omega_4)} \quad (6)$$

其中: $K = 1.748\,02$, $\lambda = 2\pi \times 4.059\,81$, $\omega_1 = 2\pi \times 9.154\,94$, $\omega_2 = 2\pi \times 2.279\,79$, $\omega_3 = 2\pi \times 1.225\,35$, $\omega_4 = 2\pi \times 21.9$ 。

框4,平方器和一阶滤波器模拟人脑神经对视觉反映和记忆效应。一阶低通滤波器用来实现平滑滤波,其传递函数为:

$$HP(s) = \frac{1}{1 + s\tau}, \tau = 300 \text{ ms} \quad (7)$$

其输出 $S(t)$ 反映了人的视觉对电压波动的瞬时閃变感觉水平;

框5,用来进行閃变的统计分析,在10min观察期内,对上述信号进行统计计算,最终得出瞬时閃变值。

输出的 $S(t)$ 等间隔采样(采样频率要求不小于70 Hz,要远高于閃变的停閃频率35 Hz),对其分级统计作统计评定,求出累积概率函数CPF,最后给出短时閃变值 P_{st} 和长时閃变值 P_{lt} 尺^[6]。

3 閃变检测 Simulink 仿真

3.1 仿真方法

本研究使用 Matlab/Simulink 软件建立的 IEC 平方检测法仿真模型如图3所示。

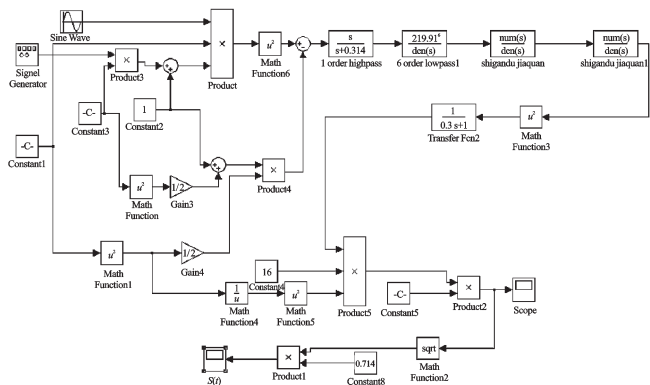


图3 IEC平方检测法仿真模型

3.2 实验结果及分析

本研究用8.8 Hz,波动量为0.25%的调幅波对工频电压进行调制后的波动电压为例进行仿真。经视感度加权滤波器后所检测出来的调幅波与原始条幅波基本一致。

平滑滤波后,经过系数处理,即得到 $s(t)$ 的曲线,仿真的瞬时閃变视感度曲线 $s(t)$ 曲线及其局部放大图如图4、图5所示。可以看出 s 达到规定值1。

对模型中调幅波取不同的频率和波动量,可得到不同幅值及频率下的 P_{st} ,结果如表1所示。

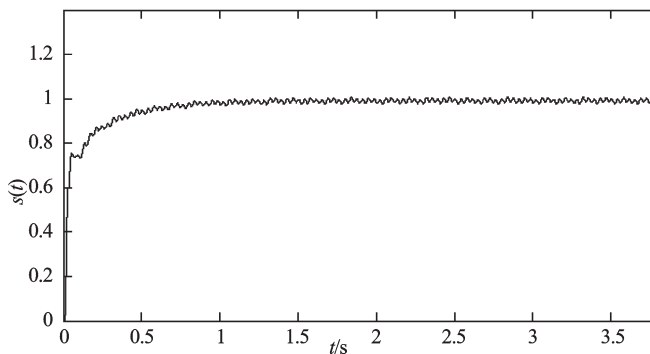


图4 瞬时閃变视感度曲线

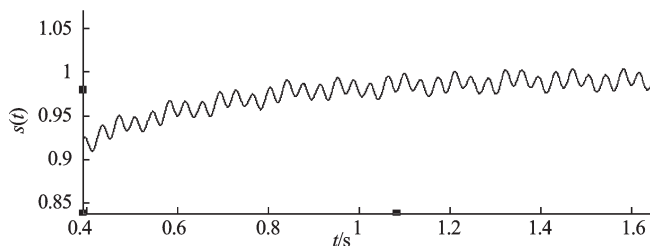


图5 局部放大图

表1 各幅值及频率下的 P_{st} 值

频率 f /Hz	正弦电压波动 d /(%)	$S(t)$ 仿真值	P_{st} 仿真值	P_{st} 理论值	P_{st} 相对误差 /(%)
2	0.882	0.920 1	0.684 9	0.714	4.08
4	0.5	0.982 1	0.707 6	0.714	0.89
8.8	0.25	1.003 4	0.715 2	0.714	0.17
10	0.26	1.108 2	0.720 5	0.714	0.91
13	0.348	0.990 3	0.710 5	0.714	0.49
18	0.584	1.002 4	0.714 9	0.714	0.12
20	0.7	0.996 9	0.712 9	0.714	0.15

$S(t)$ 的理论值为1, P_{st} 的理论值为0.714。由仿真结果可见,閃变测量误差在 ± 0.05 的范围内。测量误差在 $\pm 5\%$ 以内满足 IEC 标准规定的精度要求^[7]。在低频段,所测量出的 P_{st} 失真较大,这主要是因为视感度加权滤波器在低频段幅频特性不佳的缘故^[8]。

4 GPRS 无线传输实现

本研究在各用电点安装 WJZ-VI 型电能监测仪,由内置电信号采集装置进行采集,经 TMS320LF2407A 芯片进行采样平法滤波计算得到短时閃变值数据。TMS320 LF2407A 芯片设有一个异步串行外设通信口(SCI)和一个同步串行外设通讯口(SPI),监测仪通过 SCI 串口连接 GPRS 无线通信模块,该模块为 EGSM900/GSM1800 双频,最大发射功率为 EGSM900 Class4(2 W)或 DCS1800 Class1(1 W),接收灵敏度-106 dBm。采集点将閃变数据(部分采集点距离较近,先采用 RS485 线互连,将数据汇集,通过无线模块统一打包)打包发送至移动通信骨干网,再通过 VPN 专网与主站通信^[9]。

计算机主站配置固定的 IP 地址,移动通信商提供 VPN 专网通道路由接受 GPRS 数据包,将其剥离还原为原始数据存入 Oracle 数据库。整个 GPRS 无线传输流程如图6所示。

5 系统实施方案

电力能效测评系统旨在建立一种能综合监视电网、用电设备的方法,能够详细记录、分析用电异常或

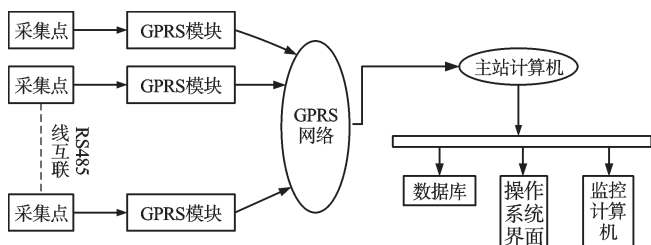


图6 GPRS无线传输流程图

电能质量问题是由哪一个或哪几个点引起的,准确地判断故障的来源,并协助确定正确的解决方案^[10]。该方案同时能够分析系统电能趋势和事件,预测系统趋向,执行有预测性的维修,提供改进的电能质量和用电情况。

本研究对于接入电力能效测评系统的用电单位进行监测,例如,在藏书楼设置数据采集点,整个电力能效测评系统简图如图7所示。

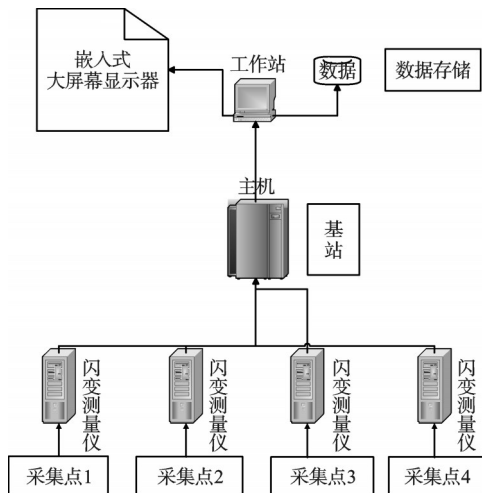


图7 电力能效测评系统简图

校园用电信息就可在能效测评系统的远程操作界面中获取,操作界面如图8所示。

6 结束语

本研究设计的闪变监测装置选定DSP+PC的方式作为整个监测装置的载体,利用DSP强大的计算能力和计算机丰富的资源,给出了整个装置软硬件设计框图,并仿真了IEC给出的电压闪变的平方检测法,验证其接入电力能效测评系统进行实时在线监测的可行性。



图8 电力能效测评系统界面

在能效测评系统中,用户通过无线网络可以很方便地从远端获取电能质量信息,通过使用远程控制技术,准确评测电力能效,实现电压波动的实时获取以及生成定制的报表,从而为后期的闪变抑制及故障检测提供技术保障,有较大的推广应用价值。

参考文献(References):

- [1] 肖湘宁. 电能质量分析与控制[M]. 北京:中国电力出版社,2004.
- [2] 丁屹峰,程浩忠,占勇,等. 电能质量监测技术现状及发展[J]. 中国电力,2004,37(7):16-19.
- [3] 范寿康,尹磊,曲丽荣,等. DSP技术与DSP芯片[M]. 北京:电子工业出版社,2007.
- [4] 中国电力科学研究院. GB/T 12326-2008, 电能质量电压波动和闪变[S]. 中国电力科学研究院,2009.
- [5] 高彦静. 电压波动的检测方法和闪变计算研究[D]. 天津:天津大学电气工程及自动化工程学院,2010.
- [6] 郭上华,黄纯,王磊,等. 电压波动和闪变的检测与控制方法[J]. 电力系统控制与保护,2004,2(1):45-48.
- [7] 吴炜,陈劲操. 基于Matlab的数字式IEC闪变仪分析研究[J]. 电测与仪表,2009,520(46):50-52.
- [8] 张子林,李群湛,刘航,等. 基于Matlab/Simulink和Labview的闪变测量研究[J]. 大功率电流技术,2010(3):51-54.
- [9] 陈基伟,陈小菊. 基于GPRS的无线远距离数据采集传输装置[J]. 机电工程,2011,28(10):1246-1249.
- [10] 林家隽. 电力谐波智能检测与电流突变抑制系统的研究[D]. 上海:上海理工大学光电信息与计算机工程学院,2012.

[编辑:洪炜娜]

本文引用格式:

马立新,蔡文斐. 电力能效测评系统中电压闪变检测的研究[J]. 机电工程,2014,31(12):1640-1463.

MA Li-xin, CAI Wen-fei. Study on the detection of voltage flicker in energy efficiency evaluation system[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014, 31(12): 1640-1463.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.12.027

重载变电站备自投装置改进研究

鲍有理, 张 宇

(江苏无锡供电公司, 江苏 无锡 214061)

摘要: 针对重载变电站的备用自投装置动作后可能给运行主变带来过载甚至损坏的问题,开展了重载变电站备自投装置传统动作过程分析,提出备自投过负荷判别算法以及智能联切负荷算法,并在此理论方法的基础上完成了重载变电站备自投方案改进,实现了备自投装置依据负荷大小自动闭锁或联切负荷的功能,大大降低了备自投装置动作后造成供电电源过载的风险,保证了重要用户的供电可靠性。研究表明,该方法能有效闭锁重载变电站备自投装置或切除部分不重要负荷,保证重载状态时主变的运行安全。

关键词: 重载变电站; 备自投; 联切负荷

中图分类号: TM41 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-4551(2014)12-1644-04

Improvement study of automatic bus transfer device in overloaded substation

BAO You-Li, ZHANG Yu

(Wuxi Power Supply Company, Wuxi 214061, China)

Abstract: Aiming at the problems of overload or damage to the main transformers after the automatic bus transfer device's actions of the overloaded substation, the traditional treatment measure was investigated. After the analysis, the overload discrimination algorithm and load intertripping algorithm were established. An optimized scheme of automatic bus transfer device was presented. The function of the automatic bus transfer device to act according to the power load was designed in this scheme. The risk of overload can be reduced if the automatic bus transfer device operates and the supply reliability of important user can be ensured. The experimental results indicate that the methods can lock the bus transfer device or trip the unimportant load of overload substation, and it can ensure the working safety of main transformer.

Key words: overloaded substation; automatic bus transfer device; load intertripping

0 引 言

为提高供电可靠性,备用电源自投装置已在变电站现场得到广泛应用。若变电站主供电源失电,备自投装置可以自动跳开工作电源,投入备用电源,达到对变电站负荷的连续供电的目的。

随着社会经济的发展,电网负荷快速增长,在迎峰度夏期间,对于很多双主变供电变电站,其总负载超过该站较大容量主变的1.2倍,该类变电站可称为重载变电站。这类重载变电站随着电网规模的扩大

愈来愈多。如果一台主变失电,低压侧的备用自投装置动作投入另一台主变保证电网的正常供电,极易造成运行的主变过载^[1](如运行主变为容量较大主变,则该主变实际负载大于额定容量1.2倍;如运行主变为容量较小主变,则过负荷倍数更高),严重影响主变的安全稳定运行。

目前的应对方法是人工远程监视变电站的负荷状况以及备自投装置的运行状态,再通过远方监控或现场操作投退备自投装置^[2]。该方法既浪费人力物力,又增加操作和调度的风险,也无法真正做到对备自投装置运行状态的连续不间断监视。

收稿日期: 2014-06-20

作者简介: 鲍有理(1966-),男,安徽安庆人,高级工程师,高级技师,主要从事电力系统继电保护专业技术管理方面的研究。E-mail: bao_youli@

针对传统应对方法的不足,本研究采用改进备自投装置逻辑设计的方法,通过增加备自投过负荷判别算法与备自投联切负荷算法^[3],解决备自投装置动作后的过负荷问题。

1 基于过负荷判别与联切算法的备自投实现方案

1.1 传统备自投过负荷分析

110 kV 及 35 kV 变电站通常采用分段备自投方式,其一次接线图如图1所示。

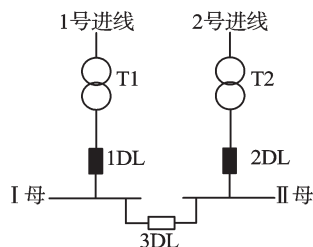


图1 分段备自投方式一次示意图

若1号进线失电,备自投装置将跳开1号主变开关1DL,合上分段开关3DL,这时2号主变将承担站内所有负荷^[4]。若备自投动作前变电站总负荷超过2号主变额定容量1.2倍,动作后将造成2号主变过载运行。

若2号进线失电,备自投装置将跳开2号主变开关2DL,合上分段开关3DL,这时1号主变将承担站内所有负荷。若备自投动作前变电站总负荷超过1号主变额定容量1.2倍,动作后将造成1号主变过载运行。

1.2 基于过负荷判别与联切算法的备自投流程方案

基于过负荷判别与联切算法的备自投实现方案流程如图2所示^[5]。其中,复合联切功能可以根据装置控制字整定是否投入。在备自投装置启动后,需根据过负荷判别算法判别装置动作后是否会发生供电电源过负荷。如果供电电源不会发生过负荷,则开放备用自投装置,备用自投装置继续执行以下程序:跳开主变低压侧断路器、合上分段断路器。并且上送信号给自动化主站提示监控人员“备用自投装置动作”。如果会造成过负荷,若备自投装置不启用负荷联切功能,则闭锁备用自投装置,保证备用自投装置不再进行后续的程序,并且上送信号给自动化主站提示监控人员“备用自投装置闭锁”;若备自投装置启用负荷联切功能,则备自投首先切除工作电源(跳开失压进线开关),切除成功后进入备自投联切负荷算法,如算法计算结果表明联切负荷可以成功,则切除相应负荷,完成后合上备用电源开关(合上分段开关);如算法计算结果表明联切负荷无法成功,则应闭锁备自投,并且上送信号给自动化主站提示监控人员“备用

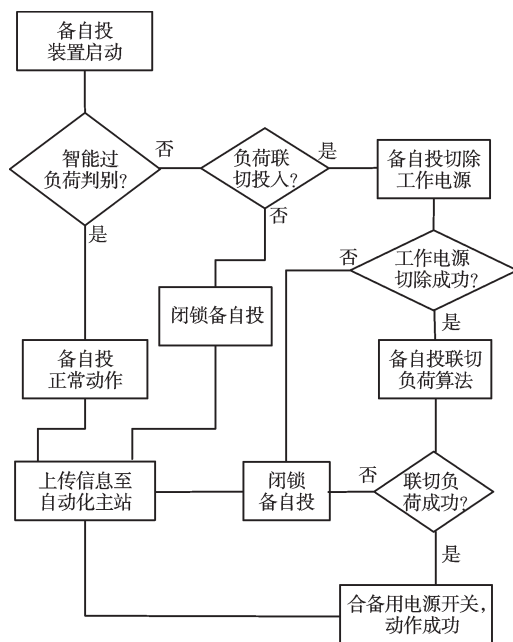


图2 基于过负荷判别与联切算法的备自投实现方案流程图
自投装置联切负荷失败”。

如供电电源过负荷采用实时判断,则一旦过载即闭锁备自投并上送“主变重载闭锁备自投”信号给调度主站,这势必给监控人员带来视觉上的干扰,因此此处采用备自投装置启动后再进行过负荷判断,备自投非重载下开放备用自投功能。

1.3 过负荷判别算法

上述方案中需使用备自投过负荷判别算法,考虑到变电站两台主变低压侧变比差异,此处定义电流变比系数为:

$$K = Nct1/Nct2 \quad (1)$$

式中: $Nct1$ —1号进线CT变比, $Nct2$ —2号进线CT变比。

当I母无电压,1DL开关无流,II母有电压则经延时后跳开1DL,确认跳开后经延时合上3DL。此处可增加如下判据^[6]:

$$K \cdot I_1 + I_2 > 1.2 \cdot I_{e2} \quad (2)$$

当II母无电压,2DL开关无流,I母有电压则经延时后跳开2DL,确认跳开后经延时合上3DL。此处可增加如下判据:

$$I_1 + I_2/K > 1.2 \cdot I_{e1} \quad (3)$$

式(2,3)构成了备自投过负荷判别算法,其中: I_1 —1号主变低压侧电流之和, I_2 —2号主变低压侧电流之和, I_{e1} —1号主变低压侧额定电流, I_{e2} —2号主变低压侧额定电流, K —电流变比系数。

1.4 过负荷联切算法

为满足主变重载运行情况下重要线路的可靠供

电,需引入备自投联切算法,在备自投动作跳开工作电源后应先切除一部分负荷,确认余下负荷不会威胁备用电源安全的情况下投入备用负荷。

在保证重要线路优先供电的基础上,最大限度地减少停电范围,用户应事先将负荷按重要程度分类。确保备自投装置动作后先切除非重要负荷,在非重要负荷仍不能满足时,再切除重要负荷。

当变电站Ⅰ母失压时,定义系统功率缺额为:

$$I_{qk} = K \cdot I_1 + I_2 - K_s \cdot I_{e1} \quad (4)$$

当变电站Ⅱ母失压时,定义系统功率缺额为:

$$I_{qk} = I_1 + I_2/K - K_s \cdot I_{e1} \quad (5)$$

式中: K_s —变压器长期允许的过负荷倍数,应结合规程要求与现场设备运行状态综合选择取值。

1.4.1 寻找最接近缺口值的最优解算法

该方法按照切除负荷最优化的策略(最接近功率缺口)的排列组合方法进行优选,执行流程如下^[7]:

(1) 将所有负荷分为非重要和重要2个数组。

(2) 对非重要数组中的线路负荷分别进行累加,获得非重要负荷累加负荷数组 NoImp[], 计算方法如下式所示:

$$\begin{cases} \text{NoImp}[i(j-1)+i] = \sum_{j=1}^{N_{ni}} \sum_{i=1}^j I_{nli} \\ \text{NoImp}[0.5N_{ni}^2 + (i-1)(j-2) + i - 1] = \sum_{j=2}^{N_{ni}} \sum_{i=2}^j I_{nli} \\ \dots \\ \text{NoImp}[0.5N_{ni}^2 + 0.5(N_{ni}-1)^2 + \dots + 1] = \sum_{j=N_{ni}}^{N_{ni}} \sum_{i=N_{ni}}^j I_{nli} \end{cases} \quad (6)$$

式中: N_{ni} —所有非重要负荷线路总条数; I_{nli} —第 i 条非重要负荷线路的负荷值。

完成计算后在 NoImp[] 数组中搜索与缺额 I_{qk} 最接近的解。

(3) 如果上述不能满足缺额条件,则定义重要负荷缺额 I_{kq2} 为:

$$I_{kq2} = I_{qk} - \sum_{i=1}^{N_{ni}} I_{nli} \quad (7)$$

继续对重要数组中的线路负荷分别进行累加,获得非重要负荷累加负荷数组 Imp[], 计算方法如下式所示:

$$\begin{cases} \text{Imp}[i(j-1)+i] = \sum_{j=1}^{N_i} \sum_{i=1}^j I_{li} \\ \text{Imp}[0.5N_i^2 + (i-1)(j-2) + i - 1] = \sum_{j=2}^{N_i} \sum_{i=2}^j I_{li} \\ \dots \\ \text{Imp}[0.5N_i^2 + 0.5(N_i-1)^2 + \dots + 1] = \sum_{j=N_i}^{N_i} \sum_{i=N_i}^j I_{li} \end{cases} \quad (8)$$

式中: N_i —所有重要负荷线路总条数, I_{li} —第 i 条重

要负荷线路的负荷值。

完成计算后在 Imp[] 数组中搜索与缺额 I_{kq2} 最接近的解。

(4) 如果不能满足则备投失败。

该方法搜索了所有的可能解后再优选一条最接近值,可以实现切除负荷与系统功率缺额匹配最优化,但切除线路数量可以较多,无法达到最优。

1.4.2 寻找最少出线数量的最优解算法

该方法按照切除负荷数量最优化的策略的方法进行优选,执行流程如下:

(1) 将所有负荷分为非重要和重要2个数组。

(2) 对不重要数组按负荷从大到小进行排序,得到数组 Imax[n]; 对重要数组按负荷从小到大进行排序,得到数组 Imin[n]。

(3) 首先从不重要数组 Imax[n] 挑出一条最大的负荷,然后看是否满足条件,若满足则继续搜索第2大负荷,直到不满足条件,则选择上一次满足条件的负荷。若一条负荷搜索完毕都不能满足,则当前最大的必然被选中,再重新匹配剩余功率缺额与剩余数组数据,以此类推。而重要数组相反,首先挑最小的,至全部切除。若仍旧不能满足缺额,则备投失败。

该方法逻辑明确,动作条件确定,无需穷举,可以实现切除线路数量最优,但无法达到切除负荷与系统功率缺额匹配最优化。

2 工程应用与方案优化

2.1 重载电流的记忆时间

电力系统在故障或者异常运行中都会引起备自投的启动。典型的 110 kV 变电站如图 3 所示。本研究分析各点故障时低压备自投启动的可能性^[8]。

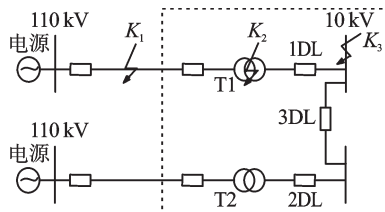


图3 典型 110 kV 变电站故障模拟图

故障点 K_1 。在 110 kV 线路上, K_1 发生永久性故障。如果单相故障,三相跳闸,延时 1 s 重合于故障加速跳闸。在 10 kV 母线电压在开关重合闸过程中,有失压、恢复、再失压的过程。结果备自投装置动作跳开 1DL、合上 3DL。

故障点 K_2 。在主变本体上, K_2 故障主变保护动作跳开高低压侧开关。备自投装置启动,结果跳开

1DL、合上3DL。

故障点 K_3 。在低压侧母线或10 kV线路上, K_3 发生三相短路时,备自投装置因穿越性的故障电流可靠闭锁,不会启动。主变低后备保护动作跳开主变低压侧开关、闭锁备自投装置。

故障点 K_2 、 K_3 均不会影响备自投的正常运行。 K_1 点在110 kV线路重合闸过程中,备自投装置必然存在主变电流失去又恢复的过程。要让备自投装置在动作时正确判断主变是否过载,必须考虑主变电流的保持记忆时间问题。记忆时间设置太短,过电流信息没有保持住则失去过载闭锁备自投的要求,结果误投运行主变而造成主变过载,最终损坏主变。

K_1 故障、距离保护II段动作至出口时间计600 ms,开关跳闸时间计50 ms,110 kV线路重合闸时间计1 s,开关合闸时间计100 ms。重合于故障,后加速保护动作(200 ms)跳开关(50 ms),其过程大约2 s。希望备自投装置保持2 s以前的主变低压侧电流,这个电流是真实的主变过载电流。安全起见,笔者要求厂家在逻辑中设置3 s的记忆时间,确保主变过载信息的正确。

2.2 主变低压侧多分支CT接入

变电站内某台主变低压侧有两台开关。通常一台开关运行,另一台开关热备用。本研究考虑到改造采用软件升级,尽量避免碰及二次回路,减小改造的工作量,降低改造的风险。如原有备自投进线电流采用将甲、乙开关的CT电流并联后接入备自投装置中,此处应予以保留,并检查电流回路接地点,确保整个CT回路仅有一点接地^[9],主变低压侧分支开关CT并连接线图如图4所示。

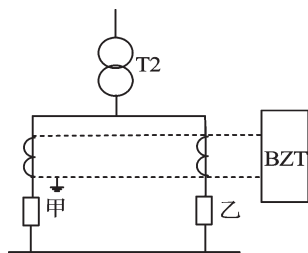


图4 主变低压侧分支开关CT并连接线图

如原有备自投进线电流采用将甲乙开关的CT电流分别接入备自投装置中,此处应予以保留,并检查电流回路接地点,确保两个CT回路各自有一点接地,主变低压侧分支开关CT接线图如图5所示。

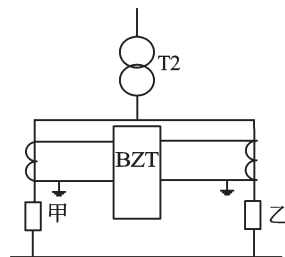


图5 主变低压侧分支开关CT接线图

3 结束语

本研究通过对重载变电站传统备自投动作特性分析,提出了基于备自投过负荷判别与联切算法的备自投实现方案,给出了过负荷判别算法与联切算法;讨论了“寻找最接近缺口值的线路、寻找跳最少出线数量”两种智能联切负荷线路的策略在备用自投装置中的应用。根据该方案的特点,本研究还对重载电流的记忆时间以及主变低压侧多分支CT接入两个具体问题进行了探讨分析。

通过该方案,可以大大降低备自投装置动作后造成供电电源过载的风险,保证重要用户的供电可靠性,同时也保证运行主变的稳定运行。

参考文献(References):

- [1] 邱建,蔡泽祥,李爱民,等. 基于N-1准则的备用自投装置投退控制策略[J]. 电网技术,2009,33(8):66-71.
- [2] 许琦,曹建权. 防止因备自投动作引起变压器过载跳闸的分析及对策[J]. 江苏电机工程,2012,31(4):30-33.
- [3] 范寿忠. 备自投过负荷联切功能的实现[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(5):139-140.
- [4] 国家电力调度通信中心. 国家电网公司继电保护培训教材[M]. 北京:中国电力出版社,2009.
- [5] 赵家庆,霍雪松,钱科军,等. 基于功率负荷自适应的备自投实现方法[J]. 江苏电机工程,2013(5):50-53.
- [6] 冯玲. 防止备用自投装置装置动作过负荷方案的实践[J]. 华北电力技术,2006(8):19-20.
- [7] 李红,彭方. 穷举搜索算法及其应用[J]. 福建电脑,2007(5):34-36.
- [8] 潘书燕,吕良君,周洪涛,等. 一种适用于安全稳定控制系统的备用电源自投装置[J]. 电力自动化设备,2007,27(2):114-117.
- [9] 吴永华. 保护装置二次回路接入正确性的方法探讨[J]. 贵州电力技术,2007,91(1):73-75.

[编辑:洪炜娜]

本文引用格式:

鲍有理,张宇. 重载变电站备自投装置改进研究[J]. 机电工程,2014,31(12):1644-1647.

BAO You-Li, ZHANG Yu. Improvement study of automatic bus transfer device in overloaded substation[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014, 31(12):1644-1647.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>