

基于500 kV主变压器直流偏磁的 在线监测方案研究

设计一套用于监视贵州天生桥变电站内的500 kV主变压器直流偏磁情况的在线监测装置,该监测装置由偏磁直流采集终端、温度、振动、噪声传感器、采集单元和后台处理单元共同组成,该监测装置通过采集接收各传感器的输出的(4~20 MA)的直流信号,以及偏磁直流采集终端输出的信号,构成主变压器直流偏磁数据的模拟量采集通道,进行实时监视。其与监视主变压器其他相关量(各侧的模拟量与开关量)的故障录波装置形成联动机制,在站内的主变压器故障录波装置起动录波时,该装置可起动高速采集,获取异常情况下的详细的直流电流、温度、振动和噪声信息。而且还可设置相应的起动参数定值,在主变压器的相应参数定值变化(如偏磁直流、温度、振动和噪声越限)时,亦可起动采集,采集单元在完成A-D转换后,进行后台数据存储管理,保存为标准的COMTRADE文件,用于直流偏磁数据的显示及分析。

周万竣 周红斌/中国南方电网调峰调频发电公司天生桥水力发电总厂
郭明宇 李 敏/武汉中元华电科技股份有限公司



周万竣/工程师

关键词/Keywords

直流偏磁·
噪声·
实时监测·
COMTRADE文件·

在电能传输不断发展的过程中,高压直流输电由于其输送容量大,损耗低以及电压稳定等特点,已成为现在长距离、大容量输电的第一选择^[1]。然而,在直流输电过程中,由于其系统结构的特殊性,不可避免会出现单极大地方式下运行的情况,在这种情况下大地可以被认为直流输电线路的另一根导线,流经大地的电流是直流输电工程的运行电流,此时将会有高达几百甚至几千安培的电流从直流接地极注入大地,引起地中电场的存在,从而在中性点直接接地的变压器中流过直流电流,产生直流偏磁,使其励磁电流和谐波急剧增加,铁心饱和温度升高、噪声和振动加剧,并产生高次谐波,严重危害变压器和电力

系统的安全稳定运行^[2-3]。

贵州天生桥水电站属于贵州电网的直流输电系统中重要的环节,随着直流输电能力的不断扩大,其变电站内的变压器发生直流偏磁的危险会明显增大。为了避免直流极附近的电力变压器发生直流偏磁,保证变压器的安全稳定运行,进而保证整个电力系统安全稳定运行,需要对流入变压器中性点直流电流、变压器的温度、振动和噪声等进行监测,从而准确地判断变压器直流偏磁水平,及时给出变压器直流偏磁告警,提醒相关运行人员采取措施抑制偏磁直流。同时,实现对变压器偏磁直流、温度、振动和噪声等进行在线监测,也为后期的直流偏磁分析提供了数据来源。

目前用于检测电力变压器偏磁直流的方案主要有两种:一种是装置采集直流电流信号现场就地显示;另外一种将装置采集的直流电流信号经光纤或电缆传送到变电站监控后台或者调度端显示^[4-6]。第一种方案由于是就地显示不方便运行人员在站内监控,并且只能单一地显示直流的信息,没有与整个直流系统其他的电气量监测装置之间形成关联关系,数据量比较单一,不利于后期的直流偏磁研究^[7-9]。第二种方案虽然可以将偏磁直流信息接入站内,方便运行人员监控,并且与其他数据可形成整合,但数据分散,数据量大,不利于专业技术人员实时分析数据,数据开放程度很有限。为了克服上述两种监测方式的缺点,本方案研制了一套贵州天生桥500 kV直流偏

磁在线监测装置,该装置除了能将天生桥500 kV变电站变压器(监测对象为500 kV 1#B、2#B、3#B、4#B主变压器)的偏磁直流、温度、振动和噪声等信号进行监测,还可以通过与监测变压器的故障录波装置形成联动机制,在主变压器的其他电气量起动录波时,采集终端以较高采样频率同步提取有无直流偏磁条件下变压器工作时的噪声、振动和温度信号数据,并可以通过组网的形式,将该偏磁数据传至调度端或者其他平台,实现数据的有效整合与共享。

直流偏磁对变压器的影响

据研究,变压器发生直流偏磁时,由于励磁电流在有直流分量流入时会出现明显的畸变,对变压器本身会有以下危害。

1) 变压器损耗增加,温升增加,引发局部过热。直流偏磁会引起变压器励磁电流大幅增加,饱和程度加深,使其绕组、铁心、油箱和夹件的涡流损耗增加,进而引起变压器顶层油温和绕组温度增加,导致局部过热。

2) 噪声增大。直流偏磁使变压器铁心磁通饱和,谐波分量增加,导致磁滞伸缩加剧,噪声增大。

3) 振动加剧。直流偏磁使变压器励磁电流畸变,引起漏磁通增加,导致绕组电动力增加,在一定程度上使变压器振动加剧。

4) 系统电压下降。直流偏磁引起变压器磁路饱和,励磁电流增加,无功消耗增大,造成无功补偿装置过载或系统电压下降。

5) 继电保护误动作。直流偏磁使变压器成为交流系统的谐波源,谐波流入系统后会引引起系统电压波形畸变,继电保护误动。

主变压器偏磁直流监测方案

主变压器偏磁直流监测的主要特点是通过连续监测该主变压器在一段时间内参数的变化趋势来判断主变压器的运行情况,可以捕捉到非瞬时故障的先兆信息。突出特点是运行时低采样率采集,故障时刻进行高采样率采集,对分析主变

器的偏磁直流有十分重要的意义。

主变压器的器身表面的振动与变压器绕组及铁心的压紧状况、位移及变形状态密切相关,因此可以通过测量变压器的器身振动来反映绕组和铁心的振动情况,通过在变压器表面进行瞬时声压测量实现对变压器运行状态的监测,其油温与噪声可采取安装在变压器表面的传感器进行监测,如图1所示。温度、振动和噪声的在线监测分为信号采集部分与后台处理部分,采集部分由温度、振噪声传感器组成,输出信号为4~20 mA的直流电流。

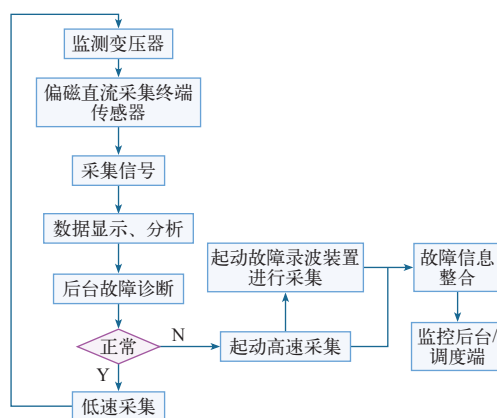


图1 主变压器偏磁监测

同时,该监测系统在正常状态下,重点在于监测,正常情况下,则采取低采样率进行观察,同时可以将各项参数设置为定值,如直流幅值,温度、振动和噪声值。起动条件可设置为越限、突变等,在满足定值情况下进行高采样率的采样,由于其与故障录波形成联动机制,在整个故障录波系统起动录波时,也可起动监测装置,进行对中性点直流电流、振动、噪声和温度等进行高采样率采集,如图2所示。

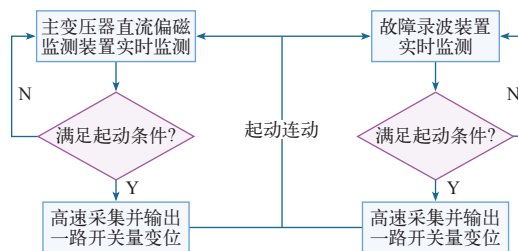


图2 主变压器偏磁监测与故障录波装置联动机制

由于其与整个电力系统一次设备侧不存在直接的电气连接,所以对整个电力系统的正常运行不会产生影响,安全而方便。采得的信号经数据采集和滤波,形成数字信号由后台处理单元进行显示、储存和分析。

监测装置设计

1. 监测装置概述

整个监测装置由直流偏磁监测终端、温度、振动、噪声传感器、主变压器采集单元和后台处理单元组成。系统架构如图3所示。

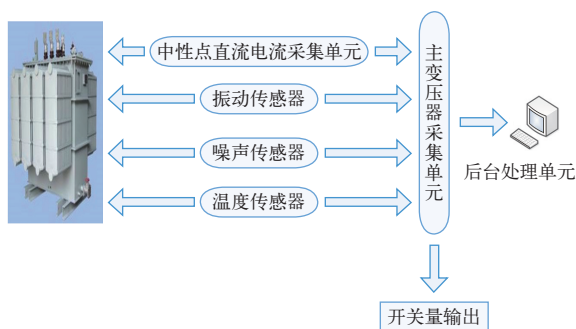


图3 变压器实时监测装置图

由图3可知,该监测装置系统的数据传输模式是主变压器采集单元将传感器采集到的偏磁电流、温度、振动和噪声等信号通过光纤或电缆直接传送到变电站内的主变压器的后台处理单元,同时,将与主变压器相关的故障录波装置形成联动机制,共同对与主变压器相关的所有电气量与非电气量实现实时监控。

2. 监测硬件设计

温度、振动和噪声传感器的原理是霍尔电流传感器,该传感器能将温度、振动和噪声等信号转换为4~20 MA的直流信号量。霍尔直流传感器只能测量直流电流,而几乎完全不受交流电流的影响,这就保证了其能在零序电流存在的情况下,准确地监测到偏磁直流。

为了防止变压器中性点过电压时击穿霍尔电流传感器,在传感器与变压器的接触点进行绝缘处理,使其应能承受短时过电压脉冲。变压器中性点直流电流测量装置通过测量变压器中性点接地引下线中的直流电流,监测变压器直流偏磁状

况。该装置含有多种保护设计,对于系统故障电流具有较好的耐受能力。

对于500 kV变电站,直流测量装置固定在变压器隔离防火墙下部,将测量装置的铜排串入变压器中性点接地引下线中,在串入测量装置位置之前,不允许出现分流现象。对于变压器有多股接地线的情况,每一股都必须串入一台直流测量装置,输出信号分别接入主变压器偏磁采集单元,在监测装置后台进行叠加处理。

3. 监测软件设计

整个监测装置采用嵌入式图形系统和VxWorks、DSP构成的纯嵌入式监测装置。其是国内在高可靠性实时操作系统VxWorks上,实现了基于嵌入式图形系统的图形界面的监测装置,可广泛适用于110~1 000 kV电压等级的变电站和换流站。

主变压器偏磁监测装置主要由嵌入式CPU系统、嵌入式DSP系统和信号变送部分三大部分构成。DSP系统负责A/D采样、判据计算以及GPS定时处理等,如图4所示。

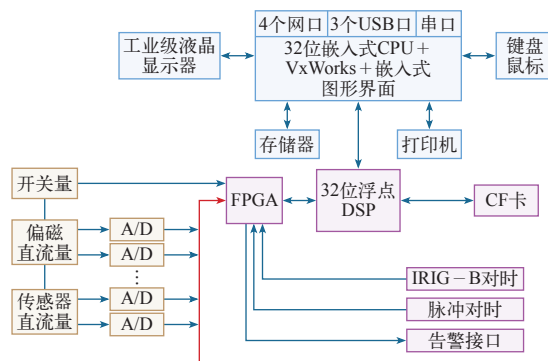


图4 系统结构图

1) 数据采集程序。实时向偏磁直流监测采集单元发出数据采集指令,从偏磁直流监测终端获得数据。

2) 数据存储和分析程序。将数据存入文件,对数据进行管理,按要求进行分析。

3) 数据分析显示程序。该部分用于查看直流偏磁的实时数据,以及选定监测点的历史趋势,并将其送到屏幕进行展示。

用户可以查看接入系统的所有监测点的实时数据,并且可查询某一段时间范围内的历史数据

记录。

数据采集的特点

1) 当启动判据后,该装置不会进行数据采集的任何中断,并且不会有滤波,采样率高达10 kHz,实时监测采样率为1 000 Hz。

2) 在启动判据上,该装置不仅记录故障过程还有记录故障前的波形和数据,所以在装置采集单元开辟一定容量的环行内存缓存区,不断地以采取最新数据刷新这个环行缓存区,一旦判明满足启动判据,就首先将缓存区中的内容(包括故障前和故障过程的数据)保存起来,直到设置的时间结束。

3) 该装置提供与监控系统、调度端的通信接口。还会配备相应的通信软件,以便将录制的数据和分析结果及时传送给监控系统或者其他调度端。

4) 该装置的开关量输出着眼于事故分析的需要。开出响应时间极短,可满足联锁起动的要求。

变压器运行状态分析

从振动与噪声变化程度来看,直流偏磁对于变压器的安全运行有着很大的威胁,需要密切注意这一过程中变压器的偏磁直流、温度、振动和噪声变化情况,以监测变压器本体是否出现问题。

提出一种根据实测的主变压器振动和噪声状态受直流偏磁数据分析直流偏磁对变压器的影响的试验方法。

1) 选定多测点,通过改变温度、振动、噪声传感器的监测地点,考虑负荷对于振动状态的影响,记录无直流偏磁时的振动幅值在不同负荷水平时振动程度。

2) 根据已记录的直流偏磁对于温度、振动和噪声影响程度的基础上,当再次出现直流偏磁时,考察各影响因素的变化情况是否存在一定的规律。

3) 考察直流偏磁前后在相同的负荷水平条件下,振动时域波形和频谱分析的结果是否一致。

结束语

变压器偏磁直流在线监测装置可以对受直流偏磁影响比较严重或者直流枢纽的变电站进行比较全面的实时监测,并能对偏磁数据进行实时存储和管理,极大地方便了变电站运行人员和相关技术人员对变压器偏磁状况进行监控和相关分析处理。该监测装置的研发,保证了变压器安全稳定运行,同时也为后期研究变压器偏磁抑制方案等研究奠定了基础。

参考文献

- [1] 钟连宏,陆培均.直流接地极电流对中性点直接接地变压器影响[J].高电压技术,2003,29(8):12-14.
- [2] 蒯狄正.直流偏磁对变压器影响的研究[J].江苏电机工程,2004(5):1-4.
- [3] 董志刚.变压器的噪声(2)[J].变压器,1995,32(11):27-31.
- [4] 王世山,汲胜昌,李彦明.利用振动法进行变压器在线监测的应用研究[J].变压器,2002,39(增刊):73-76.
- [5] 汲胜昌,刘味果,李彦明,等.振动法用于在线监测电力变压器绕组及铁心状况的可行性研究[J].高压电器,2001,37(5):4-7.
- [6] 徐志,李胜男,于辉,等.云南电网变压器偏磁直流监测系统[J].云南电力技术,2013,41(1):24-26,42.
- [7] 蒯狄正,万达,邹云.直流输电地中电流对电网设备的影响的分析与处理[J].电力系统自动化,2005,29(2):81-82.
- [8] 王明新,张强.直流输电系统接地极电流对交流电网的影响分析[J].电网技术,2005,29(3):9-13.
- [9] 钟连宏,陆培均,仇志成.直流接地极电流对中性点直接接地变压器影响[J].高电压技术,2003,29(8):12-16.

(收稿日期:2015-07-28) **EA**