

多线合用牵引变电所-安科瑞电能质量实测分析

产品名称	多线合用牵引变电所-安科瑞电能质量实测分析
公司名称	安科瑞电气股份有限公司
价格	.00/件
规格参数	品牌:安科瑞 型号:电能质量监测 产地:江苏江阴
公司地址	上海市嘉定区育绿路253号
联系电话	19821750213 19821750213

产品详情

摘要：多线合用牵引变电所运行条件复杂,实测数据更能反映牵引变电所真实的运行状况。首先分析了牵引变电所功率因数、三相电压不平衡、谐波等电能质量问题,然后基于实测数据对合蚌客专3座牵引变电所电能质量进行了分析。通过分析得出,牵引变电所电能质量符合国家标准要求,但是个别变电所存在高次谐波谐振问题。

关键词：电气化铁路;电能质量;实测数据

0、引言

电气化铁路电能质量问题一直以来备受关注,牵引变电所电能质量评估是新建铁路开通前的重要内容,但是电能质量评估中采取的各类数据是理论计算值,并不能真实反映电气化铁路实际运行情况。特别是当铁路开通后,有其他线路接入,牵引变电所的运行条件发生了重大改变,这时需要对牵引变电所实际运行数据进行测量,利用实测数据对牵引变电所电能质量进行分析和评估。

1、概况

合肥至蚌埠客运专线(以下简称合蚌客专)由京沪高铁蚌埠南站引出,终于合肥枢纽合肥站,与水蚌线、淮南线、商合杭高铁、合福铁路等多条铁路或交叉或并行,牵引供电系统采用AT供电方式,新建刘府、水家湖、邵岗3座牵引变电所。为了实现资源共享,节省工程投资,根据线位特点,3座牵引变电所同时为多条铁路供电:刘府牵引变电所为合蚌客专、水蚌线供电;水家湖牵引变电所为合蚌客专、水蚌线、淮南线、商合杭高铁供电;邵岗牵引变电所为合蚌客专、淮南线、商合杭高铁、合福铁路供电。合蚌客专线路及牵引变电所分布示意图如图1所示。

图1线路及牵引变电所分布示意图

合蚌客专线路情况复杂,电力机车类型多,AT供电方式和直接供电方式并存,给理论分析带来困难,因此本文

对合蚌客专牵引变电所220kV侧三相电压、电流和27.5kV母线电压和电流以及馈线电流等实时运行数据进行了采集,并基于实测数据对牵引变电所功率因数、三相电压不平衡和谐波等电能质量问题进行了分析。

功率因数

2.1功率因数影响因素

牵引变电所功率因数主要受三个方面影响。

(1)交直型电力机车。交直型电力机车(如SS系列)功率因数在0.8左右,交直交型电力机车(如和谐号、复兴号、HXD等)功率因数在0.97以上。目前,交直型电力机车仅在部分普速电气化铁路中运行,交直交型电力机车所占比例越来越高,相关的文献分析结果表明,在两种电力机车混跑的线路中,交直型电力机车所占比例达到22.9%时,牵引变电所的功率因数降到0.9。

(2)分布式容性电流。接触网为长距离输电线路,会产生分布式容性电流。以一个双线电气化铁路牵引变电所为例,若变电所有4回AT馈线,供电臂长度为25km,架空接触网单位电容电流参照35kV线路为0.18A/km,则变电所27.5kV侧电容电流为 $0.18 \times 25 \times 4 = 18A$,折算到220kV侧为4.5A,产生的无功功率为1714kvar。

虽然架空线路产生的无功功率相对于机车功率小,但是当线路上开行的列车对数少,线路空载率过高时,牵引变电所全天功率因数会降低。

(3)无功功率计量方式。牵引变电所全天功率因数可分为“返送反计”“返送不计”“返送正计”三种计量方式。

“返送反计”计量方式的计算公式为:

$$\cos \phi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q_L^2 - Q_C^2}}$$

“返送不计”计量方式的计算公式为:

$$\cos \phi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q_L^2}}$$

“返送正计”计量方式的计算公式为:

$$\cos \phi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q_L^2 + Q_C^2}}$$

式中,P为有功功率;Q_L为感性无功功率;Q_C为容性无功功率。

(1)

(2)

(3)

Q_C为容性无

由式(1)~(3)可以看出,3种牵引变电所功率因数计算方式差异较大,“返送正计”方式功率因数*低。2.2实测数据分析

合蚌客专3座牵引变电所功率因数的实测值如图2~4所示。由于牵引变电所供电线路的机车均为交直交型

电力机车,牵引变电所功率因数保持在较高的水平,实测值也可以反映这一点,其功率因数为负值对应的时刻是机车在运行过程中的再生制动工况。

图2刘府牵引变电所功率因数实测值

图3水家湖牵引变电所功率因数实测值

图4邵岗牵引变电所功率因数实测值

3座牵引变电所全天功率因数统计见表1,在“返送反计”“返送不计”方式下,3座牵引变电所功率因数都达

由图2~4可以看出,刘府牵引变电所存在较长时间的线路空载情况,而水家湖和邵岗牵引变电所几乎不存在空载情况,这是由于水蚌线还未开通,刘府牵引变电所目前只为合蚌客专一条铁路供电,而水家湖和邵岗牵引变电所则同时为3条铁路供电。从表1可知,受空载线路分布式容性电流影响,刘府牵引变电所功率因数小于其他2座变电所。

表1牵引变电所全天功率因数

计量方式

刘府牵引变电所

水家湖牵引变电所

邵岗牵引变电所

返送反计

0.9914

0.9965

0.9927

返送不计

0.9141

0.9721

0.9746

返送正计

0.7002

0.8699

三相电压不平衡

3.1牵引变电所负序影响分析

牵引变电所采用V/X牵引变压器,其原理如图5所示,高压侧接入电力系统220kV三相电源,二次侧设2台单相变压器,分别为变电所 和 两侧供电臂供电,其中每个单相变压器设有T和F绕组,二次侧T 、 T 之间,F 、 F 之间电压相位相差60°。

图5VX接线变压器原理图

通过分析一次侧电流与二次侧负载电流关系,并采用对称分量法对一次侧三相电流进行分解,可得负序电流为：

(4)式中,k为变压器一次侧和二次侧绕组匝数比,对于220/2 × 27 . 5kV变压器,k = 8。

根据GB/T15543 - 2008,电压不平衡度为:3。 I₂。 U_L U₂ = S_k × 100%(5)由式(5)可知,牵引变电所电压不平衡度受负序电流I₂和接入点的系统短路容量S_k影响。根据式(4),负序电流I₂与变电所两侧负荷电流有关。系统短路容量S_k则由电力系统决定。

3.2实测数据分析

通过测量变电所220kV侧三相电压的幅值和相位,用对称分量法分别求出正序分量、负序分量,然后计算出负序电压不平衡度,将获得的24h数据绘制成电压不平衡度曲线,如图6~8所示,其95%概率较大值和较大值见表2。根据GB/T15543 - 2008电能质量三相电压不平衡规定,接于公共连接点的每个用户引起的该点负序电压不平衡度允许值一般为1 . 3%,短时不超过2 . 6%。因此牵引变电所三相电压不平衡度满足规范要求。

图6刘府牵引变电所220kV侧电压不平衡度

图7水家湖牵引变电所220kV侧电压不平衡度

图8邵岗牵引变电所220kV侧电压不平衡度

表2牵引变电所220kV侧电压不平衡度

三相电压不平衡/%

刘府牵引变电所

水家湖牵引变电所

邵岗牵引变电所

95% 概率大值

0.5059

0.8562

0.5703

较大值

0.9991

1.6574

1.1995

4、谐波

4.1电力机车谐波特性

牵引供电系统中的主要谐波源是电力机车。由于交直型机车采用不可控二极管变流,因此机车牵引电流含有丰富的奇次谐波,但基本上集中在3、5、7次等低次范围。交直交型机车由于采用PWM技术,大大降低了谐波含量,但谐波频谱较宽,含有低次和高次谐波。其中,低次谐波主要由牵引电路的拓扑结构和控制算法引起,主要分布在3、5、7、9次;高次谐波主要由PWM算法引起,与开关频率有关,由于不同车型的开关频率不同,高次谐波特性也不尽相同,如CRH2、CRH380A、HXD3等车型的高次谐波主要分布在50、100次附近,CRH3、CHR380B、HXD1等车型的高次谐波主要分布在35、70次附近。不同型号的列车在线路上同时运行,会给系统带来含量丰富且频带分布多样的谐波,也会较大谐波谐振概率。

4.2谐波电压总畸变率

合蚌客专3座牵引变电所各相谐波电压总畸变率实测值见表3。根据GB/T14549 - 1993,220kV公用电网谐波电压限值为2%,谐波测量的数据取测量时段内各相实测值的95%概率值中*大的一相值作为判断谐波是否超过允许值的依据。

表3牵引变电所220kV侧谐波电压总畸变率

谐波电压总畸变率/%

刘府牵引变电所水家湖牵引变电所

邵岗牵引变电所

A相

B相

C相

A相

B相

C相

A相

B相

C相

95% 概率

大值

较大值

0 . 8632

0 . 9361

0 . 8809

0 . 8797

0 . 9254

0 . 6810

1 . 0504

0 . 9150

1 . 059

1 . 0190

1 . 0756

1 . 0216

1 . 6787

2 . 1958

2 . 3183

1 . 7602

1 . 4000

1 . 3149

由表3可知,合蚌客专3座牵引变电所谐波电压总畸变率满足国家标准要求,水家湖变电所B相和C相谐波电

压畸变率较大值超过2%,存在谐振的可能。

4.3谐波频谱特性

由表3可以看出,刘府牵引变电所B相、水家湖牵引变电所B相、邵岗牵引变电所A相谐波电压总畸变率95%概率值是各相中*大的,谐波畸变率实测曲线如图9、图10、图11所示,谐波电压总畸变率95%概率大值附近9个点对应的频谱如图12、图13、图14所示。

图9刘府牵引变电所B相电压总谐波畸变率

图10水家湖牵引变电所B相电压总谐波畸变率

图11邵岗牵引变电所A相电压总谐波畸变率

图12刘府牵引变电所B相电压谐波频谱

图13水家湖牵引变电所B相电压谐波频谱

图14邵岗牵引变电所A相电压谐波频谱

由谐波频谱可以看出,刘府和邵岗牵引变电所电压谐波主要集中在5、7、13次低次谐波;水家湖牵引变电所谐波主要是3、5、7、13次低次谐波和40至50之间高次谐波,还有两个点出现了21至35次谐波。

4.4谐振

水家湖牵引变电所C相电压总谐波畸变率实测曲线如图15所示,可以看出水家湖牵引变电所发生了密集的谐振,尤其在16时左右和21时左右发生了严重的谐振,谐波含量超过了2%;其频谱如图16所示,25次谐波发生谐振。

图15水家湖牵引变电所C相电压总谐波畸变率

图16水家湖牵引变电所谐振谐波频谱

5、安科瑞AcrelCloud-1000变电所运维云平台

5.1概述

基于互联网+、大数据、移动通讯等技术开发的云端管理平台,满足用户或运维公司监测众多变电所回路运行状态和参数、室内环境温湿度、电缆及母线运行温度、现场设备或环境视频场景等需求,实现数据一个中心,集中存储、统一管理,方便使用,支持具有权限的用户通过电脑、手机、PAD等各类终端链接访问、接收警报,并完成有关设备日常和定期巡检和派单等管理工作。

5.2应用场所

适用于电信、金融、交通、能源、医用卫生、文体、教育科研、农林水利、商业服务、公用事业等行业变配电运行维护系统的新建、扩建和改建。

5.3系统结构

系统可分为四层：即感知层、传输层、应用层和展示层。

感知层：包含变电所安装的多功能仪表、温湿度监测装置、摄影头、开关量采集装置等。除摄影头外，其它设备通过RS485总线接入现场智能网关RS485端口。

传输层：包含现场智能网关和交换机等设备。智能网关主动采集现场设备层设备的数据，并可进行规约转换，数据存储，并通过交换机把数据上传至服务器端口，网络故障时数据可存储在本地，待网络恢复时从中断的位置继续上传数据，保证服务器端数据不丢失。

应用层：包含应用服务器和数据库服务器，若变电所数量小于30个则应用服务器和数据库服务器可以合一配置。服务器需要具备固定IP地址，以接收各智能网关主动传送过来的数据。

展示层：用户通过手机、平板、电脑等多终端的方式访问平台信息。

5.4系统功能

5.4.1用能月报

用能月报支持用户按总用电量、变电站名称、变电站编号等查询所管理站所的用电量，查询跨度可设置为月。

5.4.2站点监测

站点监测包括概况、运行状态、当日事件记录、当日逐时用电曲线、用电概况。

5.4.3变压器状态

变压器状态支持用户查询所有或某个站所的变压器功率、负荷率、等运行状态数据，支持按负荷率、功率等升、降序排名。

5.4.4运维

运维展示当前用户管理的有关变电所在地图上位置及总量信息。

5.4.5配电图

配电图展示被选中的变电所的配电信息，配电图显示各回路的开关状态、电流等运行状态及信息，支持电压、电流、功率等详细运行参数查询。

5.4.6视频监控

视频监控展示了当前实时画面（视频直播），选中某一个变配电站，即可查看该变配电站内视频信息。

5.4.7 电力运行报表

电力运行报表显示选定站所选定设备各回路采集间隔运行参数和电能抄表的实时值及平均值行统计。

5.4.8 警报信息

对平台所有警报信息进行分析。

5.4.9 任务管理

任务管理页面可以发布巡检或消缺任务，查看巡检或消缺任务的状态和完成情况，可以点击查看任务查看具体的巡检信息。

5.4.10 用户报告

用户报告页面主要用于对选定的变配电站自动汇总一个月的运行数据，对变压器负荷、配电回路用电量、功率因数、警报事件等进行统计分析，并列在该周期内巡检时发现的各类缺失及处理情况。

5.4.11 APP 监测

电力运维手机支持“监控系统”、“设备档案”、“待办事项”、“巡检记录”、“缺失记录”、“文档管理”和“用户报告”七大模块，支持一次图、需量、用电量、视频、曲线、温湿度、同比、环比、电能质量、各种事件警报查询，设备档案查询、待办事件处理、巡检记录查询、用户报告、文档管理等。

由合蚌客专3座牵引变电所电能质量实测数据的分析可知,采用交直交电力机车后,牵引变电所功率因数得到了显著提高,谐波含量也大为降低,同时牵引变电所外部电源采用220kV后,系统容量的提升使牵引变电所负序问题得到了解决,在电力部门和铁路部门的不断努力下,电气化铁路电能质量问题已经得到了较大的改善由于牵引网分布容性电流,对于一些列车对数不多的电气化铁路,如新建线路在初期运行时,有可能存在功率因数过低的情况。另外,对于多条铁路共用牵引变电所,尤其是枢纽牵引变电所,由于车型多,注入的谐波电流频带宽,发生谐振的概率较大,应注意谐振引起的谐波超标问题,严重时应采取治理措施。

参考文献

- [1]刘华,冯金博. 牵引网分布电容对牵引变电所功率因数的影响[J]. 建筑工程技术与设计,2014(2):581G582.
- [2]陈飞. 新建时速200km客货共线铁路综合功率因数计算[J]. 铁道工程学报,2007(4):65G68.
- [3]方策,吴命利. 京沪高铁周立营牵引变电所电能质量治理测试分析[J]. 电气技术,2017(12):71G75.
- [4]黄建平. 合蚌客专牵引变压器选型[J]. 山西电力,2017(1):68G72.

- [5]宁玉琳,陈国庆,闫红宇. 城际铁路牵引变电所无功功率补偿研究与应用[J]. 电气化铁道,2016(4):40G42 .
- [6]赵晓琳. 不同接线牵引变压器负序特性及补偿方案研究[D]. 北京:北京交通大学,2014 .
- [7]余新才,彭昌勇,施通勤,等. CRH2型电力机车建模与谐波电流分析[J]. 武汉大学学报(工学版),2012,45(1):107G110 .
- [8]李欣. CRH380A型高速动车组谐波特性分析与建模[D]. 成都:西南交通大学,2016 .
- [9]邵洋. 枢纽牵引供电系统谐振与谐波特性分析及治理研究[D].
- [10]黄建平.多线合用牵引变电所电能质量实测分析
- [11]安科瑞企业微电网设计与应用设计,2019,11版。