

Research on On-Line Monitoring System of Current Sharing for Neutral-Bus Arrester

Dianlang Wang¹, Guogen Li¹, Long Jiang¹, Xiaowei Yang¹, Tianman Pi¹, Zhongkang Huang¹, Dong Li¹, Jie Zhang², Xiangyu Yao², Lihui Zhang³, Rongyu Su³

¹CSG EHV Power Transmission Company, Qujing Yunnan

²Wuhan Nari Limited Liability Company of State Grid Electric Power Research Institute, Wuhan Hubei

³School of Electrical and Electronic Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan Hubei
Email: wangdianlang@163.com

Received: Jan. 15th, 2018; accepted: Jan. 30th, 2018; published: Feb. 8th, 2018

Abstract

The converter station is the hub of high voltage DC (HVDC) transmission project, which plays a key role in the whole transmission system. The AC and DC equipment in the converter station are expensive, and the over-voltage protection of these equipments cannot be separated from the arresters. The design of online monitoring device of current sharing for neutral bus arrest is carried out in this paper, in order to ensure the safe and stable operation of neutral-bus arrester.

Keywords

DC Transmission Project, Neutral-Bus Arrester, Current Sharing, On-Line Monitoring

中性母线避雷器均流分布在线监测系统研究

王典浪¹, 李国良¹, 蒋龙¹, 杨晓维¹, 皮天满¹, 黄忠康¹, 李东¹, 张杰², 姚翔宇², 张立晖³, 苏荣宇³

¹中国南方电网超高压输电公司曲靖局, 云南 曲靖

²国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司, 湖北 武汉

³华中科技大学电气与电子工程学院, 湖北 武汉

Email: wangdianlang@163.com

收稿日期: 2018年1月15日; 录用日期: 2018年1月30日; 发布日期: 2018年2月8日

摘要

换流站是高压直流输电工程的枢纽, 对整个直流输电工程起关键作用, 站内交、直流设备价格昂贵, 对主设备的过电压保护离不开避雷器。为确保中性母线避雷器的安全稳定运行, 本文综述了一种中性母线

文章引用: 王典浪, 李国良, 蒋龙, 杨晓维, 皮天满, 黄忠康, 李东, 张杰, 姚翔宇, 张立晖, 苏荣宇. 中性母线避雷器均流分布在线监测系统研究[J]. 电力与能源进展, 2018, 6(1): 10-16. DOI: 10.12677/aepe.2018.61002

避雷器均流分布在线检测系统的设计。

关键词

高压直流输电工程, 中性线母线避雷器, 均流分布, 在线监测

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着我国电力系统“西电东送、南北互供、全国联网”战略的稳步推进, 高压直流输电系统在电网中应用越来越多。相比于高压交流输电, 高压直流输电具有输送容量大、距离远、损耗小等优点, 且不存在同步运行的稳定问题, 因而广泛应用于大容量长距离输电, 以及连接两个非同步运行的电网。而换流站作为高压直流输电工程的枢纽, 其对整个直流输电工程起关键作用, 站内交、直流设备价格昂贵, 对主设备的过电压保护离不开避雷器, 换流站中过电压保护所用的避雷器种类比交流系统多, 主要包括换流阀避雷器、直流母线避雷器、中性母线避雷器、直流滤波器避雷器、交流滤波器避雷器及平波电抗器避雷器等, 其中运行工况最为复杂的是整流侧中性母线避雷器。

文献[1]在分析金属氧化物避雷器运行特性和故障特性的基础上, 介绍了常用的四种信号处理方法, 即传统信号处理方法、神经网络方法、小波分析和分形理论。文献[2]提出了一种串补电容器用避雷器在线监测装置, 该装置通过对动作放电电流、持续电流的在线监测, 有效地检测避雷器的内部故障, 及时发现故障, 从而降低事故发生率。文献[3]提出了一种综合阻性电流检测与红外热成像的避雷器故障诊断技术, 并通过试验验证了该方案的有效性。而在目前已投运直流工程中, 对于中性母线避雷器的在线监测主要是测量避雷器在持续运行电压下的泄漏电流及冲击动作次数, 但中性母线避雷器可视为无显著持续运行电压避雷器, 其正常运行时承受电压极低, 避雷器泄漏电流为微安级, 无法有效监测避雷器状态。

本文对避雷器动态均流性能及能量耐受等特征量的在线监测技术和评估方法开展研究, 以期进一步规范多柱并联避雷器的运维和现场试验数据分析策略。进而改善直流输电系统的运行可靠性并有效降低系统因中性母线避雷器故障导致的闭锁和强迫停运次数, 提高直流系统运行的安全稳定性。

2. 在线监测评估系统总体设计规范及基本功能概述

中性母线避雷器性能在线监测评估系统原理框图如图 1 所示。该系统由电流信号采集录波系统、中性母线电压光信号采集处理单元和后台监控系统组成。其中电流信号采集录波系统位于中性母线避雷器布置现场, 用于采集多柱并联中性母线避雷器各单柱避雷器暂态电流并录波, 母线电压信号采集单元和后台监控系统位于控制室内, 从直流测量光纤配线架柜处通过中性母线分压器备用信号光纤获取两极中性母线电压信号, 母线电压信号采集处理单元装在直流测量接口柜处, 与直流电压测量装置远端模块匹配。电流信号采集录波系统和中性母线电压信号采集单元的录波数据均存储在本地数据库中供后台监控系统读取。后台监控系统提供直观易识别的图形化人机界面, 对该柱避雷器动作次数、能量耐受情况及暂态电流波形进行查看分析, 也可对实际监测避雷器组的各柱避雷器暂态电流、电压波形进行整组比较查看分析。

该系统涵盖下述几项功能:

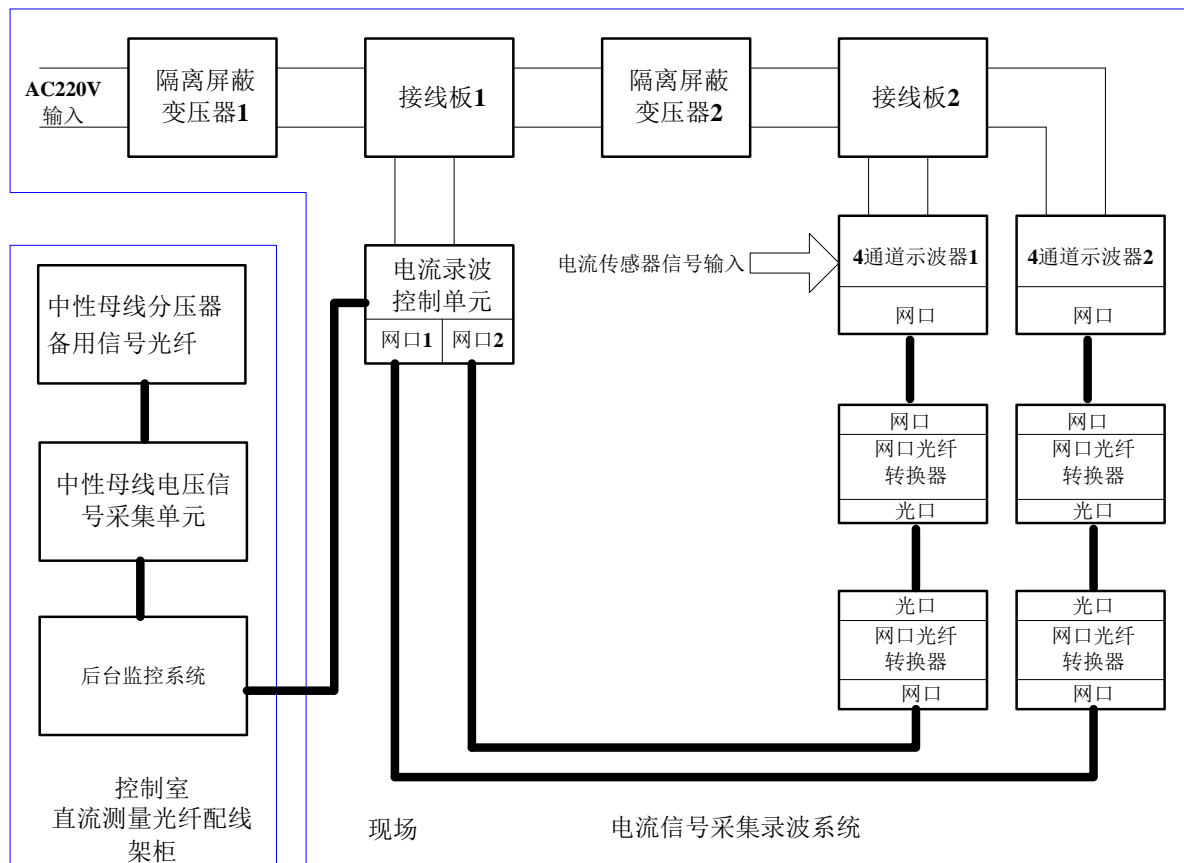


Figure 1. Structure diagram of the on-line monitoring and evaluation system for neutral-bus arresters

图 1. 中性母线避雷器性能在线监测评估系统原理框图

- 1) 具备实时高精度同步采集牛从直流单回各柱中性母线避雷器暂态电流、中性母线暂态电压并在避雷器动作时自动启动各通道同步录波功能；
- 2) 依据直流输电系统实际运行方式或手动选择有效接入避雷器，以对实际运行避雷器组的暂态数据进行自动分析，生成报表和波形；
- 3) 依据采集的各柱避雷器暂态电流、暂态电压及实际运行避雷器组自动完成各柱中性母线避雷器的动作次数自动统计、过电压耐受、能量耐受、均流特性计算分析，并依据监测判据对中性母线避雷器的性能做出评估；
- 4) 后台人机界面应采用直观易识别的图形化界面，例如依据实际运行方式自动显示最近一次实际运行的各柱避雷器，若某柱避雷器均流性能或能量耐受异常则应用颜色突出并提示告警。通过点击各柱避雷器图形模块可对该柱避雷器动作次数、能量耐受情况及暂态电流波形进行查看分析，也可对实际监测避雷器组的各柱避雷器暂态电流、电压波形进行整组比较查看分析；
- 5) 系统后台可导出所监测的避雷器组各柱历史动作次数、能量耐受水平、过电压耐受峰值、过电压持续时间、暂态电流峰值及均流系数等报表，同时可导出历史监测避雷器组暂态电流、电压波形数据文件。

3. 在线监测评估系统硬件平台及选型

3.1. 电流传感器选型

中性母线避雷器性能在线监测评估系统需测量中性母线避雷器动作过程中的暂态电流，要求传感器

具有较好暂态电流测量响应特性。罗果夫斯基线圈是测量暂态电流的一种常用工具(简称罗氏线圈),应用该线圈作为电流传感器具有许多优点:

- 1) 由于不含铁心,罗氏线圈在测量幅值较大的短路电流时,不会像带铁心的CT一样产生磁饱和,从而使输出波形畸变,因此线圈可以测量幅值极高的电流;
- 2) 柔性罗氏线圈线性度良好的优点还为标定带来了方便,采用较小的电流(几百安或更小进行标定)而在大电流(千安级甚至数兆安)下使用安全可靠;
- 3) 利用罗氏线圈测量暂态电流时,线圈和被测回路之间没有直接的电的联系,对被测回路的影响较小,也不会消耗被测回路的能量;
- 4) 由于罗氏线圈具有良好的电磁屏蔽特性,其与高压回路有良好的绝缘,同时还具有频带较宽,结构简单,无易燃易爆等危险,低压侧无开路、过电压危险,体积小,造价低,频率范围宽,安装方便,易于使用,易于加工等优点,因此罗氏线圈不仅被广泛应用于暂态电流的测量,而且越来越多地用于电力系统中电流测量,供计量和保护之用。

3.2. 电流传感器试验验证

在确定了电流传感器型号后,需要对其进行试验验证,以确保该传感器能满足在线检测评估系统的要求。利用 Thermo Keytek 公司的 EMCPro (电磁兼容测试系统)对电流传感器进行性能测试,测试涵盖灵敏度、线性度和波形的真实度三个方面。其中灵敏度计算公式为

$$S = I/1000U \quad (1)$$

式中: S 为灵敏度, I 为测试电流, U 为线圈的输出电压。经过一组测试,罗氏线圈的平均灵敏度为4 kA/V,误差小于1%,满足系统要求。

受限于试验条件(EMCPro仅可以产生2500 A的最大电流,远远小于暂态电流的实际值),考虑采用等安匝法,即通过增加线圈圈数增大电流值。分析线性度测试结果(如图2所示)可知,选择的电流传感器具有较好的线性度,满足系统要求。

3种标准冲击电流波形下电流测量系统与传感器测试结果的对比如图3所示。8/20 us,4/20 us和5~100 Hz振铃测试结果表明,该电流传感器具有很高的精确度和良好的频率响应特性,完全能够满足直流中性母线避雷器暂态电流的测量要求,可以应用到工程实践中。

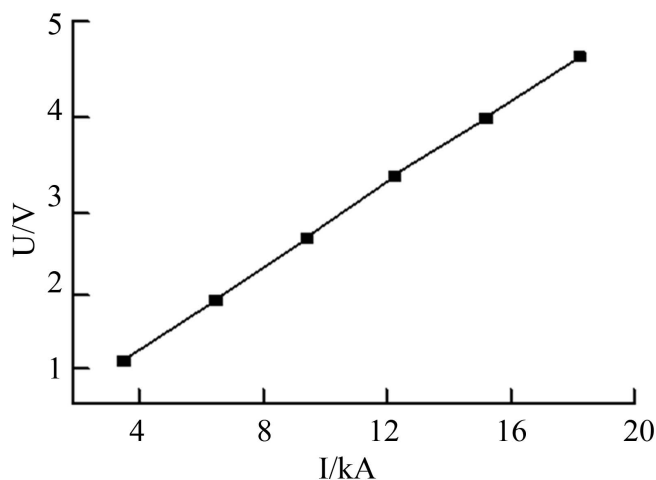
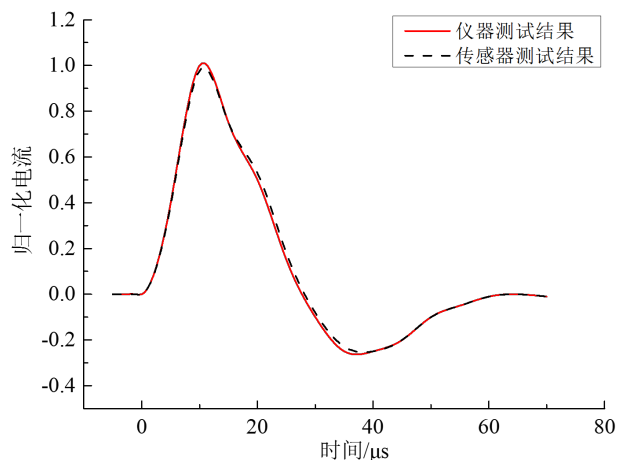
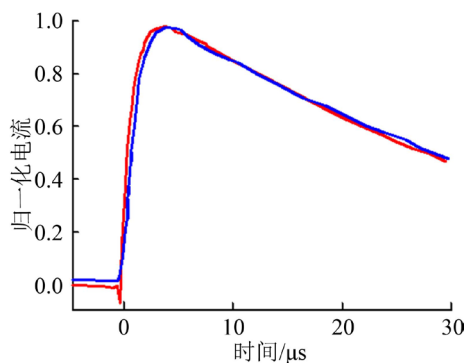


Figure 2. Linearity test curve of current probe

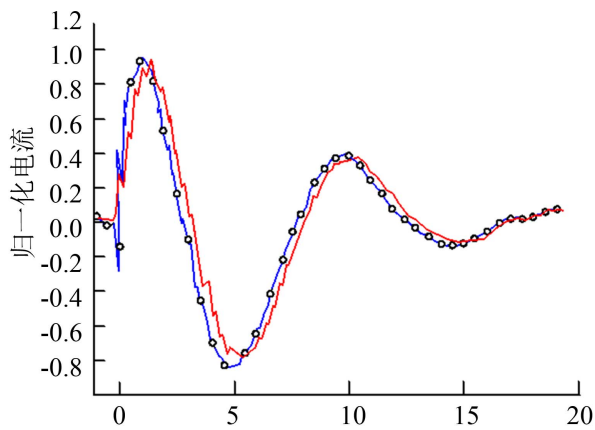
图2. 电流探头线性度测试曲线



(a) 8/20 us 电流测量结果



(b) 4/20 us 电流测量结果



(c) 0.5~100 kHz 振铃波测试结果

Figure 3. Comparison diagram of current measurement system and sensor test results

图 3. 电流测量系统与传感器测试结果对比图

3.3. 直流分压器选型及录波实现方案

牛从直流中性母线电压测量装置采用南瑞继保公司生产的 PCS-9250-EAVD_50 型直流分压器，设备参数如表 1、表 2 所示。

在线监测评估系统需分析计算避雷器组各柱中性母线避雷器的暂态过电压耐受、暂态均流特性、能

量耐受(通过暂态电压及电流计算),因此要求该系统后台所采集到的各通道电压、电流信号必须进行同步定时处理。具电压备突变量自动启动各通道信号录波功能。

录波装置只能实现毫秒级的录波,高性能的示波器可以达到 100 MHz 的带宽,可实现多通道的高速采集录波,单通道实时采样率可以达到 1.25 GS/s,并可达到 9 位垂直分辨率,很适合用于多柱并联的中性母线避雷器暂态电流采集录波。同时可选择配置有以太网端口的示波器,通过通信远程控制实现对录波器采集录波参数设置,并将录波数据导入到本地数据库中存储,供上位机调用。样机的多通道暂态电流录波采集原理图如图 4 所示,各柱避雷器上都采用两个电流探头对暂态电流进行采样,一个电流探

Table 1. System resulting data of standard experiment

表 1. 标准试验系统结果数据

遵循标准	GB/T 26217-2010
测量范围	$0.1U_{pr} \sim 1.5U_{pr}$
测量准确度	10%~110% $U_{pr}: \pm 0.2\%$ 110%~150% $U_{pr}: \pm 0.5\%$
阶跃响应	最大过冲量: 20% 最大上升时间(至阶跃的 90%): 125 us
截止频率	4 kHz

Table 2. System resulting data of standard experiment

表 2. 标准试验系统结果数据

采样率	10 kHz	
传输介质	玻璃光纤	
接口类型	ST	
光缆类型	多模, 62.5/125 μm	
合并单元输出数据类型	数字量	模拟量
额定二次输出	3A98H (15000)	5 V
传输规约	TDM, IEC60044-8 可选	—

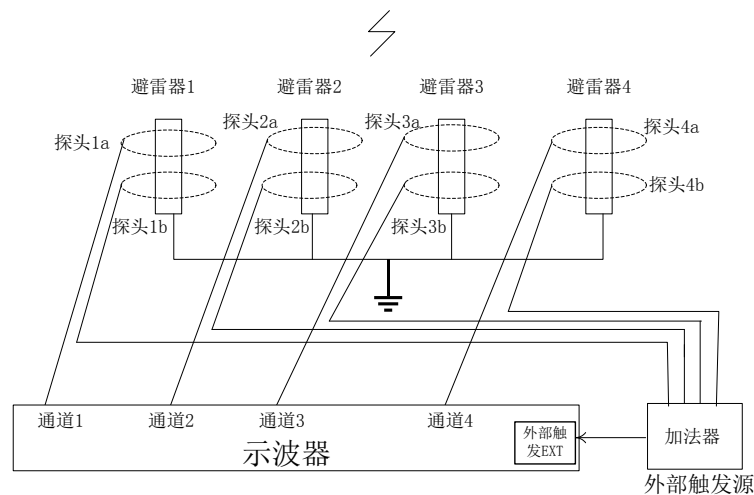


Figure 4. Schematic diagram of multichannel transient current acquisition system

图 4. 多通道暂态电流录波采集原理图

头用于电流数据的采集录波，4路电流采集信号分别接入示波器的通道1、通道2、通道3和通道4。另一个电流探头采集用于提供示波器的外部触发信号，外部触发信号由4路暂态电流采集信号通过加法器相加得到，即当任意一路电流超过设定阈值时，都会触发录波。

经过现场调研和合并单元的研究，确定站内为FT3标准协议，极1和极2的中性线电压信号均汇集在同一合并单元内。电压光信号处理单元内的协议库模块把合并单元中的数字信号从FT3数据格式转化为IEC61850格式，再按照标准IEC61850格式数据进行还原，提取关键状态量、录波、及计算。项目将故障时的电压信号及正常工作时的电压信号均作了处理。录波的数据包括稳态和暂态电压数据。稳态电压数据有效值(含纹波)、纹波、平均值，暂态数据包含秒级的高速采样数据的历史数据。

4. 结论

高压直流系统中性母线避雷器在运行以及调试过程中时有故障情况发生，严重影响直流系统运行安全可靠。因此，制定故障的预防措施，监测中性母线避雷器的运行状态，按照国家标准的要求进行系统调试和预防性试验，以保证中性母线避雷器可靠运行。本文所研发的中性母线避雷器均流分布在线监测系统研究，可实现对多柱并联避雷器组各柱历史动作次数、能量耐受水平、过电压耐受峰值、过电压持续时间、暂态电流峰值及均流系数等进行监测分析，进而解决现场无法开展中性母线避雷器均流特性等关键参数测试的难题。

参考文献 (References)

- [1] 周龙, 陈继东, 文远芳, 等. 金属氧化物避雷器检测与诊断技术中的信号处理方法分析[J]. 电瓷避雷器, 1994(4): 29-32.
- [2] 崔涛, 曾宏, 刘吕娜, 等. 串补电容器用避雷器在线监测装置的设计[J]. 电瓷避雷器, 2013(4): 64-67.
- [3] 刘海龙, 李海兵, 曹泽曦, 等. 基于阻性电流检测与红外热成像技术的避雷器故障诊断[J]. 电瓷避雷器, 2016(3): 75-78.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2328-0514, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: aepe@hanspub.org