

新型一体化五防系统在变电站的应用

江东林,刘青丽,王峥皓,伊永亮,覃天军
(国网四德阳供电公司,四川德阳 618000)

摘要:在德阳地区各变电站现有五防系统基础上,根据地区电网调度自动化、通信及变电站自动化系统实际情况,提出一种新型的一体化五防系统构架。其以德阳电网监控中心防误数据服务器生成的多层次防误架构为基础,利用变电站现有防误资源,实现防误数据集中统一、站间联络线闭锁、集中/就地开票等功能,完善现有五防系统,提升其可靠性,为地区电网调度控制及变电站安全稳定运行提供可靠保障。

关键词:一体化五防系统;防误闭锁;变电站

中图分类号:TM76 文献标志码:B 文章编号:1003-6954(2018)06-0080-05

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2018.06.018

Application of New Five - prevention Integrated System to Substation

Jiang Donglin, Liu Qingli, Wang Zhenghao, Yi Yongliang, Qin Tianjun
(State Grid Deyang Electric Power Supply Company, Deyang 618000, Sichuan, China)

Abstract: In order to solve the application defects of the existing anti - misoperation locking system, a new five - prevention integrated system is proposed, which takes the realities of grid dispatching automation system, communication system and substation automation system into account. The five - prevention integrated system has multi - level frame based on anti - misoperation data server which is deployed in dispatching and control center, and then the available anti - misoperation resources in substation are utilized, which can realize the functions such as data processing and storage centralization, anti - misoperation locking of tie - lines, producing operation order in substation or centralized control station. It can improve the existing anti - misoperation locking system, enhance its reliability, and provide a reliable guarantee for the safe and stable operation of regional power grid and substation.

Key words: five - prevention integrated system; anti - misoperation locking; substation

0 引言

变电站在电力系统中承担电能汇集分配、电压等级转换、负荷投切等重要任务,其可靠运行是电网安全稳定运行的基础。由于变电站接线方式复杂、设备类型众多,且电网企业为减员增效普遍在各电压等级变电站采用集控站运维管理模式,使得运维人员进行操作时发生电气误操作的风险增加。当发生电气误操作时,可能造成人身伤亡、设备损坏、大面积电网停电。因此,为防止误操作,长期以来,各电压等级变电站均配有防误操作系统。

为防止运行电气设备发生电气误操作事件,原能源部于1990年对电气设备提出明确的“五防”要求^[1],即:1)防止带负荷误拉、误合隔离开关;2)防

止误拉、误合断路器;3)防止带地线或接地开关合闸;4)防止带电挂接地线或合接地开关;5)防止误入带电间隔。国家电力公司于2000年再次明确提出^[2]:采用计算机监控系统时,远方、就地操作,均应具备防误闭锁功能。随着技术的不断发展,五防系统得到不断的发展和完善。文献[3]根据五防系统的技术特点,深入分析了智能变电站中应用五防系统的可行性和必要性,同时给出了一体化五防的应用和网络化间隔五防功能在智能站GOOSE机制中的实现方法。文献[4]提出一种新型在线式五防系统的具体实现方式,包括监控后台、智能操作箱及锁具的实现,对该系统在运行中可能出现的异常提出处理建议。文献[5]以现有防误操作系统五防控制规则为基础,通过采用正向规则,开发可自动生成五防控制规则的专家系统,可避免人工配置五防规

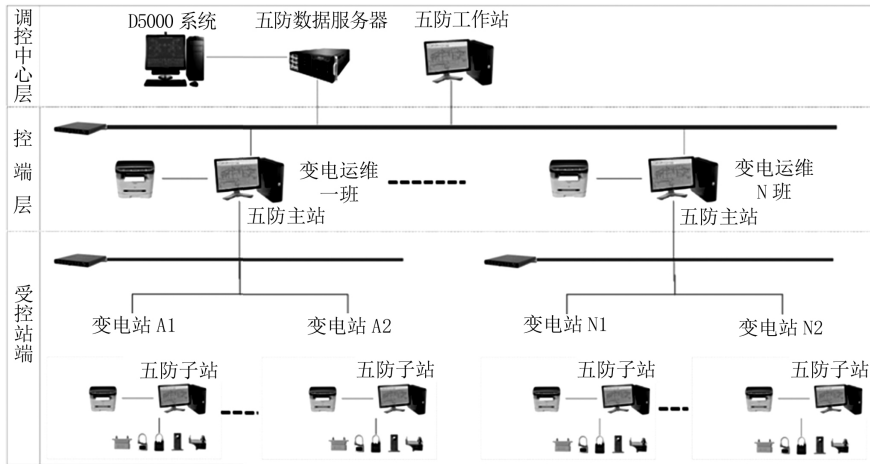


图 1 一体化五防系统结构

则时的正确性降低。文献 [6] 总结了现有防误操作系统在使用过程中的问题,并对走空程、验电及接地设置等问题提出进一步解决方法。

以德阳电网监控中心防误数据服务器生成的多层次防误架构为基础,利用变电站现有防误资源,实现防误数据集中统一、站间联络线闭锁、集中/就地开票等功能,完善现有五防系统,提升其可靠性,为电网调度控制及变电站安全稳定运行提供可靠保障。

1 一体化网络五防系统设计方案

为解决目前德阳地区变电站已配置离线式五防系统在使用便利性、无法实时获取设备状态等方面的问题,结合调度自动化、通信及变电站自动化系统实际情况,提出在变电站、运维班、调控中心配置新的一体化网络五防系统。

1.1 整体构架

新型一体化五防系统综合离线式及在线式网络五防的优点,整体构架分为调控中心层、控端层和受控站层,结构如图 1 所示。

在调控中心层设置五防系统服务器,对所有数据进行统计、查询管理,可进行操作票出票、倒闸操作预演、操作权管理、遥控操作闭锁等功能;控端层配置有五防主站、电脑钥匙及附件,完成新增变电站的图形编制、数据编制、维护调试等工作;在各受控站配置相对独立的五防规则、虚拟遥信等可根据规则实时自动更新的基础数据。可在各级五防工作站配置系统的维护权,完成权限允许的服务器维护工作。随着受控站数量的

增加或减少,新入网的工作站可通过权限调整设置,实现各层级合理的管理权限。

整个系统软件架构包含 B/S 及 C/S 两种模式,其中 C/S 以 .net 框架为基础,采用 C# 开发;B/S 部分采用 asp.net 开发,数据库为关系型数据库。

系统的整体交互信息包括: D5000 发送一次设备实时状态、遥信变位、遥信全数据、遥控执行申请信息等至五防服务器;五防主站具有五防子站的全部功能,五防子站发送所在变电站的断路器、隔离开关、接地线、接地开关、网门等设备状态信息、当前开出的操作票信息至五防主站,五防主站将上述信息发送至五防服务器,整个五防系统的逻辑判断及数据处理主要在五防数据服务器进行。

五防服务器与调控 D5000 系统采用专用接口程序以 TCP/IP 方式进行信息交互,五防系统服务器与五防主站、五防主站与五防子站间采用已开放的标准规约,利用其自带网口,做 IP 配置就能实现主子站间的防误通信,信息交互如图 2 所示。

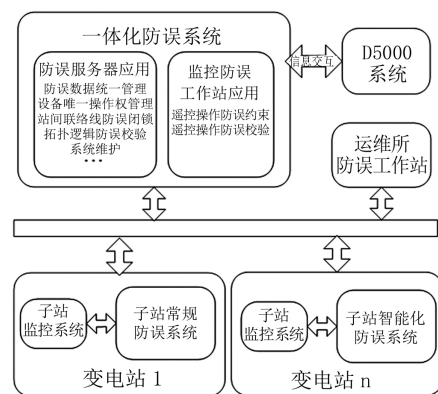


图 2 一体化五防系统信息交互方式

1.2 技术手段

采用现有成熟技术:采用面向对象的软件开发技术和UML统一建模语言的思想实现系统的功能要求。

采用数据库结构的技术:支持多种数据库平台的数据交换,保证数据交换的稳定性和准确性。

采用软件集成技术:利用软件的接口技术,实现系统之间的无缝连接和数据交换。

通过图形网络拓扑分析,智能识别线路运行方式,调用联络线对侧设备状态进行防误逻辑判断。

通信技术:利用现有的主子站通信网络,实现主子站防误系统的互联,不需重新添加或更换通信设备。网络通信采用基于现有的TCP/IP网络协议。防误系统采用变位信息发送技术,平常没有操作的情况,主子站的通信容量为0.05 KB/s,有操作的情况下,通信容量与操作内容的项数有关,最多不超过1 KB/s。

主子站通信协议:服务器系统支持不同五防厂家变电站的接入,通信协议采用部颁标准规约。

1.3 系统特点

1) 实用性:五防服务器属系统核心设备,管理所有受控端站五防数据,并提供五防服务功能。即便受控站与五防服务器通信中断,其也具备独立运行的功能。

2) 安全性:五防服务器本身融合操作权限管理等设备防误闭锁方面的所有功能,可完整独立地实现设备防误功能。

3) 可维护性:系统可灵活配置,鉴于系统规划为多层级结构,涉及调试、维护及系统升级方面较方便。

4) 兼容性:系统通过优特开放式通讯规约,实现与国内主流微机防误厂家系统的连接,不仅能够实现遥信共享,更能实现操作票的网络传输,方便实现主站开票、子站操作及子站直接向主站申请开票操作的运行操作方式。

5) 数据全面共享:系统遵循IEC 61850标准,可与其他系统交互数据及状态,也可为其他系统提供所需要的数据和状态,提供实时防误闭锁服务,并能够与其他系统互联,实现数据及状态信息的全面共享。

6) 异构数据的兼容性:针对不同综自厂家和防误系统,可以针对不同的系统进行抽象建模,模型可以包容全部的重要信息和内部逻辑关系,保证信息的无遗漏传输。

1.4 五防控制规则

五防系统控制规则按原理可分为基于正向控制

式和基于闭锁式两类。但在实施过程中涉及综自系统时,如果采用闭锁规则,无论利用脚本或标准规则库,语句实现的复杂度都大于正向控制规则;此外,正向控制规则更便于五防、综自系统技术人员进行核查;因此,一体化五防系统采用目前各主流综合自动化厂家和五防厂家采用的正向控制规则。

如图3,以典型220 kV线路间隔为例,基于正向控制的五防控制规则如下:

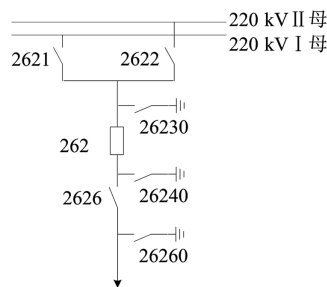


图3 典型220 kV线路间隔接线

1) 断路器262控制规则,分闸/合闸条件:无。

2) 2621(2622)隔离开关控制规则,分闸条件:

①262断路器分闸、2622(2621)隔离开关分闸;②2622(2621)隔离开关合闸、母联断路器及其两侧隔离开关合闸。合闸条件:①2622(2621)隔离开关分闸、262断路器分闸、26230及26240接地开关分闸;②2622(2621)隔离开关合闸,母联断路器及其两侧隔离开关合闸。

3) 2626隔离开关控制规则,分闸条件:262断路器分闸。合闸条件:262断路器分闸、26230接地开关分闸、26240接地开关分闸、26260接地开关分闸。

4) 26230(26240)接地开关控制规则,分闸条件:无。合闸条件:2621隔离开关分闸、2622隔离开关分闸、2626隔离开关分闸。

5) 26260接地开关控制规则,分闸条件:无。合闸条件:2626隔离开关分闸,出线线路无电压。

在此基础上,分类对断路器、隔离开关、接地开关、主变压器及各侧断路器等设备的典型五防控制规则进行分析,并由此建立典型五防控制规则库。再根据一次设备主接线图建立的节点支路模型,结合图论知识以及确定的原则自动生成一体化五防系统的详细五防控制规则。

1.5 系统功能

1) 调控中心防误功能:将调控D5000系统对变电设备的遥控操作纳入防误管理范畴,远方操作时,需由D5000系统首先向网络五防服务器发送操作

请求指令,五防服务器根据请求指令,结合已抽取的设备运行方式判断五防操作正确性,当五防校验不会发生误操作时,网络五防系统给监控系统发送允许操作指令,监控系统接到指令后操作实际设备,为运维班模式下各变电站提供进一步防误安全保障。

2) 跨站防误闭锁: 实现变电站与变电站之间的闭锁功能,杜绝多变电站同时操作时,线路带电情况下合出线侧接地刀闸的安全隐患。

3) 倒闸操作票网络传输和远程审核: 运维人员可在五防主站进行模拟预演,上传至五防服务器通过审核后,开出操作票并通过网络发送至任一五防子站,在子站接收后进行操作;也可在任一五防子站进行模拟预演,通过远程审核后,开出操作票,接收操作任务进行操作。

4) 操作灵活性: 五防系统可实现在五防主站及子站开具操作票,进行操作;同样可在五防主站或任意五防子站回传操作记录,遇有临时操作任务时,可通过远程开操作票、网络传输操作票,进行操作任务的追加,具有更好灵活性。

5) 远程维护: 当需要对变电站防误数据进行维护时,无需在变电站进行维护,调控中心工作站可实现对五防系统内任一变电站防误数据远程维护工作,避免维护滞后性,降低数据更新备份工作量。

6) 设备状态对位功能: 五防主/子站显示的一次设备状态采用与调控 D5000 系统接口通讯实时对位(如电动操作设备),其他非电动操作设备、人工装设接地线等监控系统未采集遥信状态的设备,则通过记忆设备最近的准确运行状态来实现。

7) 系统具备唯一操作权功能: 保证同一时间断面对某设备只有一个点位防误系统可进行倒闸操作。当 D5000 系统进行操作时,自动闭锁五防主/子站的操作权限;当主/子站防误主机操作时,自动闭锁 D5000 系统操作权限。

8) 多任务并行、分组操作: 解决多组并行操作任务的相互闭锁问题。当前模拟预演操作只要不与当前的操作设备交叉重叠,即可操作。

2 一体化五防系统实现方式

现有变电站均通过调度数据专网接入调控中心 D5000 系统服务器。通过调度专用数据网(光端机)分出一个站间带宽不小于 2 Mb/s(每秒下载速度不少于

300 KB/s)的局域网通道接口给网络五防系统使用,使网络五防服务器与控端五防主站、所辖各变电站五防子站组成局域网,网络结构图如图 4 所示。

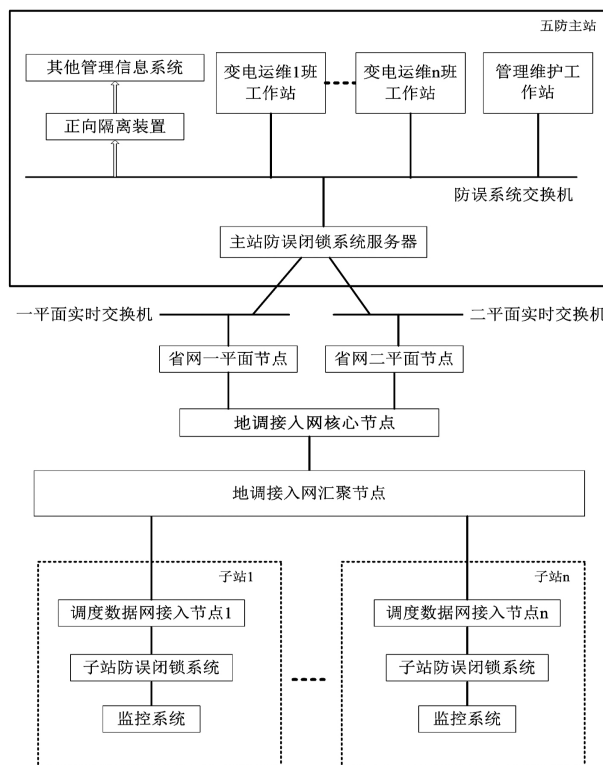


图 4 网络结构

2.1 防误系统互联功能实现

凡满足通信规约标准的防误主/子站均可接入本五防系统。当五防主/子站与五防服务器接口时,选用以太网通道连接,接口及过程中,仅需在网络五防主站系统完成新增变电站的图形编制、数据编制及调试等工作,将控端的防误系统进行主子站通讯调试,即可完成五防主/子站的接入工作。

2.2 D5000 通讯方式及未采集设备状态对位实现

1) 组网模式

D5000 系统通过 RTU 与防误主站通讯,系统通过 RTU 向防误系统发送设备状态,并从 RTU 获取防误系统的解锁与闭锁信息,详见图 5。

2) 与 D5000 通讯方式

通讯规约: 上下行均基于 IEC104 规约,分别负责五防系统至 D5000 发送遥控许可信息, D5000 至五防系统发送实时位置遥信。

传输方式: 以 D5000 作为传输始端, D5000 接收原始报文后,经规约转换,将遥信变位及全数据发至五防系统,五防系统将遥控许可信息通过上行通道发至 D5000。

五防系统接收的遥信点号、发送的遥控许可点号可单独配置,要求发送的遥控许可点号在整个集控站中唯一。接收遥信按厂站的方式接收,发送的遥控许可点号按照整包全数据的方式。增加检查项,在一个厂站接收的遥信,遥信点号不能重复,发送的遥控许可点号在整个集控站中不能重复。

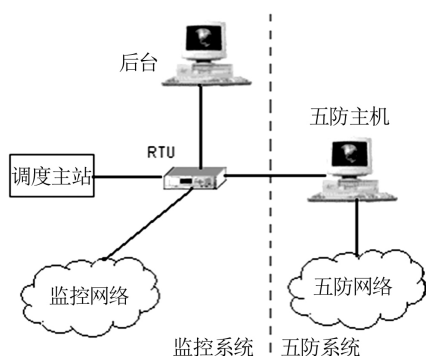


图 5 D5000 与一体化五防组网模式

3) D5000 未采集设备状态对位实现

倒闸操作完毕后电脑钥匙插回传送座,五防子站根据电脑钥匙回传信息通过记忆方式将 D5000 系统未采集的设备(如手动操作设备、临时接地线等)状态反馈给五防主站,五防主站将上述信息回传五防服务器,五防服务器将设备状态更新,运维人员也可持电脑钥匙直接回到控端五防主站进行信息回传。

2.3 网络安全

1) 安全认证:前置模块向厂站系统下发的控制类报文在安全网关机或者纵向加密装置建立的安全隧道中传送,确保控制报文在调度数据网中传送的安全性、可靠性。

2) 数据加密:系统除具备纵向加密装置采用的 RSA 加密算法外,还在应用层数据交互中采用 CRC 循环冗余校验机制。

3) 系统认证:终端设备与系统通信前先进行设备 ID 及 IP 地址双向认证,认证通过才能进行数据通信。

4) 安全加固:对系统主机的账户口令、网络服务、数据访问控制、数据库系统等采取安全加固措施。

2.4 系统其他关键功能

一体化五防系统还具有一些辅助功能,给人员培训及系统维护带来便利性。

1) 模拟操作及仿真培训功能

控端五防主站及受控站层五防子站均具有专门

的培训模块:可选择自己管辖范围内相应站图形,进行带五防逻辑判断的图形模拟预演操作;检验倒闸操作票,同时对形成的操作票保存,满足分层管理。

2) 工作站系统维护功能

通过配置在调控中心的五防工作站,维护人员可利用系统自带的辅助工具软件对所有数据进行维护。包括与设备新增及设备异动相关的图形绘制、基础数据录入、批量修改、防误规则写入、锁码采集及测试等功能,增加维护便利性,同时降低数据更新备份工作量。

3) 黑匣子功能

整个一体化五防系统内所有五防主/子站、电脑钥匙均具备黑匣子功能,即:系统对全时段所有倒闸操作情况进行记录,包括各操作任务的已/未执行项及时间、异常操作等详细信息;并可按操作类型、电压等级、操作时间等任意定制关键字对记录数据进行查寻、调阅;记录在电脑钥匙中的信息可调阅但无法删除;最大记录项数 2000 项,掉电记忆达 5 年。系统提供将所需数据根据可调模板制作电子数据并打印。

3 一体化五防系统在德阳电网的应用

目前,根据德阳地区变电站软硬件配置实际情况,在国网德阳供电公司所辖城区、广汉两个片区,共计 27 座变电站(含 6 座 220 kV 变电站,21 座 110 kV 变电站)建成一体化五防系统,实现了防误数据集中统一、集中/就地开票等功能,有效提高倒闸操作和事故、异常处理的效率,防止误操作事故的发生,为变电站安全运维提供技术保障。下一步,计划在调控端建设完善 D5000 系统中的五防功能,并实现站间联络线闭锁功能,有效防止防误调度事故发生。

4 结语

未来,随着变电站通信、综合自动化以及智能变电站相关技术的不断成熟,综合了离线式及在线式五防系统优点的一体化网络五防系统必定是防误系统的发展方向,它将作为变电站专业防止误操作事故、调控专业防止误调度事故发生的有效技防措施。

(下转第 88 页)

转子尽快静止。经不断摸索优化,机组最终加至满负荷,且各轴承振动值均在 70 μm 以下,具体参数见表 1。

表 1 启动次数及振动打闸值

启动次数	转速或负荷	最大轴振	轴振值 /μm	惰走时最高振动值 /μm	惰走时间 /min
第 1 次	1000 r/min	3X	139	180	11
第 2 次	800 r/min	3Y	135	175	10
第 3 次	900 r/min	3X	79	147	13
第 4 次	20 MW	3X	180	241	57
第 5 次	45 MW	2X	125	237	60
第 6 次	190 MW	2X	240	347	51
满负荷	300 MW	4X	49		

4 改造前后节能效果分析

国电科学技术研究院有限公司成都分公司根据 ASME PTC - 2004 《汽轮机热力性能验收试验规程》对 31 号机组进行改造前后的性能验收试验,在额定工况下汽机热耗率降低了约 130 kJ/kWh,供电煤耗降低了约 5.0 g/kWh,同时机组的高、中、低压缸效率均有一定程度的提高,取得了非常明显的节能效果,详见表 2。

表 2 改造前后汽轮机缸效率

名称	设计值	改造前	改造后	提高
高压缸效率 /%	84.91	82.95	83.15	0.201
中压缸效率 /%	92.28	89.81	91.91	2.09
低压缸效率 (UEEP) /%	90.63	85.355	86.65	1.296

(上接第 84 页)

参考文献

[1] 能源部. 防止电气误操作装置管理规定 [L]. 能源安保护 (1990) 1110 号, 1991.

[2] 国家电力公司. 防止电力生产重大事故的二十五项重点要求 [L]. 国电发(2000) 589 号, 2000.

[3] 智全中, 秦广召, 姜伟, 等. 五防系统在智能化变电站中应用分析 [J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(23): 108 - 111.

[4] 胡巨, 陈宏辉. 一种新型的变电站在线式五防系统给的实

5 结 语

通过采用新型汽封以及安装过程中对汽封间隙的严格控制,降低了汽缸内漏汽损失,有效地提高了机组安全性和经济性,节能效果显著。同时通过对冲转参数的调整、汽轮机背压控制、升速率控制、轴封供汽温度调整、有计划闷缸暖机等措施,保证了汽封改造及间隙优化后启动顺畅,达到预期目的。通过本次启动,得出以下实践经验:

1) 充分暖机,保证各部加热均匀。用常规启动方式适当延长暖机时间达不到暖机效果,背压宜在 20 kPa 以上,以增大进汽量。启动时,发生了提升转速及负荷稍快、凝汽器真空控制过高暖机流量不足等原因引起的打闸。

2) 合理控制轴封供汽温度。投入低温汽源时间越早越好,避免轴颈及汽封过度加热膨胀发生碰磨。

3) 提升转速及负荷需缓慢,使各部汽封充分磨合。

参考文献

[1] 中华人民共和国发展和改革委员会. 煤电节能减排升级与改造行动计划(2014—2020 年) [C]. 2014.

[2] 宁哲, 赵毅, 王生鹏. 采用先进汽封技术提高汽轮机效率 [J]. 热力透平, 2009(1): 15 - 17.

[3] 王学栋, 吴丽曼, 郝玉振. 汽轮机汽封改造对经济指标和振动影响的测试分析 [J]. 山东电力技术, 2014, 41(3): 64 - 68.

作者简介:

晏红兵(1971), 助理工程师, 长期从事火力发电厂集控运行技术管理工作;

刘勇军(1979), 助理工程师, 长期从事火力发电厂汽机运行技术管理工作。 (收稿日期: 2018 - 08 - 24)

现 [J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(19): 118 - 121.

[5] 余南华, 黄曙, 李先波, 等. 变电站五防控制规则自动生成技术思路 [J]. 电力系统自动化, 2010, 34(17): 97 - 99.

[6] 梁若文, 胡国新, 周炎. 微机五防装置使用中应注意的问题与不足 [J]. 高电压技术, 2005, 31(8): 79 - 80.

作者简介:

江东林(1986), 工程师, 研究方向为电力系统分析计算与稳定控制;

刘青丽(1977), 高级工程师, 研究方向为电力系统运行;

王峥皓(1989), 工程师, 研究方向为电力系统运行。

(收稿日期: 2018 - 08 - 24)