

DOI: 10.7667/PSPC161794

面向应用的在线定制式就地化保护选配功能设计

黄继东¹, 樊占峰¹, 李宝伟¹, 刘孝刚², 邓茂军¹, 侯元文³, 张宇迪¹, 黄新月¹

(1. 国家电网许继集团有限公司, 河南 许昌 461000; 2. 国网江苏省电力公司检修分公司, 江苏 南京 210000;
3. 河南济源供电公司, 河南 济源 459001)

摘要: 介绍了国家电网推出高压电网继电保护装置标准化设计规范的初衷, 分析了因标准化设计而衍生的选配功能。介绍了目前广泛采用的基于离线文件管理的选配功能方案设计, 提出了该方案在应用于就地化保护时所带来的工程应用和管理方面的新问题。给出了基于远程定值整定模式的在线定制式选配功能实现方案, 并结合保护装置的具体设计分别从人机交互模块定制、保护功能模块定制、通信建模定制、数据与量值的定制、在线重构过程中的特殊处理等几个方面对在线定制系统的功能设计进行了详细论述。最后论述了在线定制式选配系统相对于离线式配置文件在测试和管理方面的优势, 并给出了该定制系统具体的测试方案。

关键词: 继电保护; 选配功能; 在线定制; 离线文件; 复位重构

Design of matching function of application-oriented and online customized local protection

HUANG Jidong¹, FAN Zhanfeng¹, LI Baowei¹, LIU Xiaogang², DENG Maojun¹, HOU Yuanwen³,
ZHANG Yudi¹, HUANG Xinyue¹

(1. State Grid XJ Group Corporation, Xuchang 461000, China; 2. State Grid Jiangsu Electric Power Company Maintenance Branch Company, Nanjing 210000, China; 3. Jiyuan Power Supply Company of Henan, Jiyuan 459001, China)

Abstract: This paper gives the original intention of the standardization design specification of high voltage power network relay protection proposed by State Grid Corporation of China, and analyzes the derived matching function due to standardized design. It introduces the designs of the current widely used matching function scheme based on off-line file management, and puts forward new problems in engineering application and management when these schemes are applied to local protection. This paper presents realization scheme of online customized matching function based on remote setting, and combining the specific design of the device, states in detail the function design of on-line customization system in terms of the customization of man-machine interaction module, protection function module, signal communication module, communication model and value customization module, as well as the handling of special problems in the process of online reconstruction. Finally, compared to the scheme using off-line configuration file, online customization matching system shows its advantages in the test and management, and the specific customization system is given.

Key words: relay protection; matching function; on-line customization; off-line file; reset reconstruction

0 引言

为便于调度及运维人员掌握不同厂家和原理的继电保护的差异^[1-4]、规范和简化电力系统二次回路设计^[5-9], 2008 年国家电网公司相继推出了适用于高压继电保护装置的《线路保护及辅助装置标准化设计规范》和《变压器、高压并联电抗器和母线保

护及辅助装置标准化设计规范》两个规范(简称六统一规范), 六统一规范从功能设计、回路设计、接口标准、屏柜压板、保护定值、报告格式 6 个方面规范了继电保护产品和二次回路的设计。

为满足某些地区的个性化需求, 在 2012 年的六统一规范修订过程中提出了将非共性需求的功能设计为选配功能, 由用户根据需要灵活选用。其中母线保护 3 个选配功能: M(母联充电过流保护)、P(母联非全相保护)、X(解除失灵电压闭锁), 变压器保护 5 个选配功能: D(高中压侧阻抗保护)、J(低压侧

小电阻接地零序过流保护)、E(低压侧限流电抗器后备保护)、G(公共绕组后备保护)、A 双绕组变压器; 线路保护 6 个选配功能: R(零序反时限过流保护)、P(三相不一致保护)、L(过流过负荷功能)、D(电铁、钢厂等冲击性负荷)、Y(过电压及远方跳闸保护)、K(二分之三接线)。

在工程应用中保护装置会出现各种选配功能的组合, 配置文件的数量是各选配功能的枚举, 例如母线保护可能的组合有 MPX、MP、MX、PX、M、P、X、NULL(均不配置) 共 8 种选配组合, 变压器保护有 32 种组合, 线路保护有 64 种组合。

在国家电网公司的产品入网检测中发现, 各继电保护厂家选配功能的实现方式均为基于离线文件的管理方式: 所有可能出现的选配功能组合设计好配置文件库, 工程上根据需要从选配文件库中调取所用功能的配置文件。为防止用错配置文件, 对配置文件计算了配置文件校验码并在装置液晶上显示, 通过液晶显示的校验码与目标校验码一致性判定是否选用或下载正确的选配功能配置文件。

就地化保护装置安装在条件恶劣的一次设备开关场, 按照苛刻的防震、防水、防盐、防高温运行条件设计^[10-13], 因此保护装置没有人机显示, 且没有人机显示就无法进行核对选配文件校验码, 所以选配功能的工程应用将会进入模糊区域。

本论文针对就地化保护的选配功能的实现方案进行了研究, 提出了基于在线定制原理的面向工程应用的选配功能设计、使用及管理方案。

1 在线定制的基本原理

在线定制的思路是保护根据外界选配需求的输入自动生成工程所需要的选配功能配置文件。下面以母线保护的选配功能 M、P、X 为例进行介绍。

在保护装置上分别对 3 个选配功能设置 3 个自定义定值, 名称分别为选配 M 控制字、选配 P 控制字、选配 X 控制字, 该控制字用于外部通知保护装置是否配置了某项选配功能。为了能够在远方读取并修改三个选配功能的选配控制字, 对 3 个选配自定义定值分别设置满足 IEC 61850 规约的参引: EnableM、EnableP、EnableX。

母线保护装置的基本功能包括差动保护功能、断路器失灵保护功能、母联失灵保护功能、通讯功能、人机管理功能、打印功能等等, 在其功能压板投入的情况下, 保护功能固定投入, 选配功能 M、选配功能 P、选配功能 X 仅在其选配控制字投入时才投入对应的选配功能。选配功能与必配功能的关系如图 1。



图 1 母线保护功能模块示意图

Fig. 1 Basic function of bus protection

当在远方投入选配功能控制字时, 保护装置检测出选配功能控制字变化后, 认为保护功能配置情况发生变化, 保护装置自动对其逻辑构造、通讯模型、数据结构进行在线重构, 母线保护装置发出复位装置的命令, 图 2 为选配控制字变化判别逻辑。

在保护装置复位的过程中, 保护装置会根据选配控制字的投入或者退出情况决定是否对其对应的选配功能进行使能。例如母联充电过流保护的选配 M 控制字在投入状态, 则将母联充电过流保护的功能使能, 保护复位过程完成后, 母联充电过流保护相关的虚端子、遥信告警、动作 SOE、报告量值、遥测值等则完成重构过程, 保护相关的信息均处于开放状态, 与固定配置的差动保护和断路器失灵保护没有区别; 若母联非全相保护的选配控制字在退出状态, 在复位重构的过程中将其对应的虚端子、遥信告警、动作 SOE、报告量值、遥测值等数据对应的量值置为屏蔽状态。

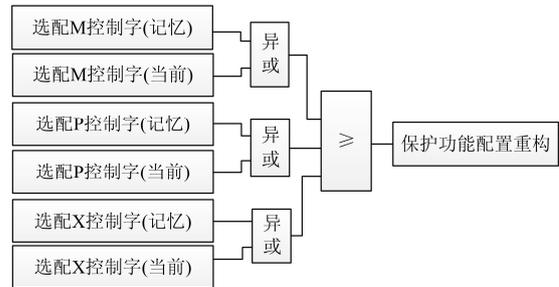


图 2 选配功能配置重构判别逻辑

Fig. 2 Discriminant logic of matching function configuration

2 在线选配功能的定制与重构

在选配功能控制字发生变化后保护装置复位的过程中, 保护装置依次对人机交互模块、保护功能模块调度、通信建模、数据显示、数据量值进行使能, 下面依次介绍每个模块的使能办法和过程。

2.1 人机交互模块

人机交互模块是通过远方与保护装置进行交互的接口, 它包含定值列表、模入设置、开入设置和开出设置, 该模块在装置复位过程中通过选配控制字的状态自动开放或者退出保护装置与外界交互的

各个项目, 这里以定值为例进行说明。

为了实现选配保护功能定值能够根据选配控制字的整定情况自动定制, 对每个定值项定义了一个属性, 叫做“选配状态”。为了将该状态实现在线自动定制, 该定值的“选配状态”属性关联选配控制字, 由整定的选配控制字等值生成, 选配控制字整定为 1 时, 选配状态为真, 选配控制字整定为 0 时, 选配控制字为假。

选配状态为真时, 认为选配功能所涉及的定值同正常的保护定值, 保护将该定值的属性置为开放状态: 正常显示、正常上送、支持修改、支持切区。

当选配状态为假时, 认为保护装置未配置该定值对应的保护功能, 则将该定值的属性置为退出, 保护装置将该定值项相关的定值名称、单位、量纲以及最大值和最小值冻结并屏蔽显示。

2.2 保护功能模块定制

为了实现选配保护功能的定制, 所有的选配功能模块均封装成独立单位的功能模块, 根据选配控制字的状态进行调度; 为了提升保护装置的性能, 还需要对选配功能的功能模块程序加载进行了调度。在选配控制字的值发生变化保护装置复位重构的过程中, 若某一个选配功能模块未选配, 则该工作区在复位过程中自动忽略, 不进入可执行程序中。

例如当选配 M 控制字变化后, 装置在复位过程中若检测到 EnableM=0, 则保护在复位过程的模块引导程序时通过下述命令加载母联充电过流的功能模块代码段。

```

if (EnableM==0)
    { unload the selected M-protection code
    }
else
    { load the selected M-protection code
    }
    
```

母线保护装置中代码段加载的逻辑示意如图 3, 箭头方向指示了加载的顺序。在完成必配模块的加载后, 顺序执行选配功能 M、选配功能 P、选配

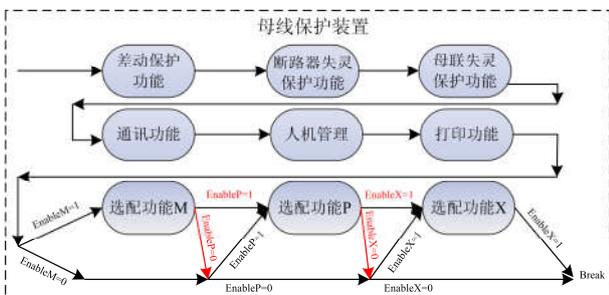


图 3 保护功能模块加载进程图

Fig. 3 Loading process of the protection function module

功能 X 的加载, 在加载每一个选配功能时, 加载的模块引导程序会自动判别选配控制字的值, 当选配控制字的值为 1 时才加载该选配控制字对应的选配功能模块, 被加载的选配功能模块才进入可执行代码段, 但是保护是否动作取决于电流量、电压量、开关量是否满足选配功能代码段中设计的逻辑。

为防止选配功能控制字从“1”整定为“0”时保护装置自复位失败或加载进程中因选配控制字的定值异常, 造成在选配控制字退出的情况下, 选配功能模块进入可执行代码段甚至在动作条件满足的情况下保护误动, 保护装置对选配功能的投入设计进行了冗余逻辑设计, 见图 4。

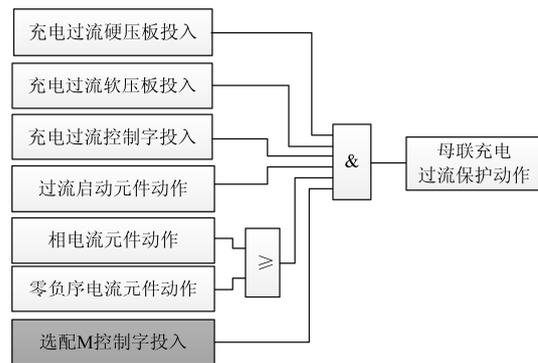


图 4 母联充电过流保护逻辑示意图

Fig. 4 Diagram of bus-tie overflow protection

在图 4 的母联充电过流保护的逻辑中增加了选配 M 控制字的把关(图 4 中灰色背影部分)。在装置自复位失败或加载进程中因选配控制字的定值异常的情况下, 母联充电过流保护也因为选配 M 控制字投入不满足而闭锁, 不至于造成本来期望退出的选配保护功能误动。

2.3 通信建模定制

选配功能不使用时, 隶属于选配功能的虚端子、遥信告警、动作 SOE 应对外无任何表现。目前的智能变电站保护产品, 已经全部采用 IEC 61850 规约的形式, 每个选配功能模块均有一个 LN, 在线定制系统在复位重构过程中通过操作 LN 下的每个 DO 成员实现对选配功能的定制。

为实现能够自动操作选配功能 LN 下的 DO 成员, 在底层协议中对每一个通信模型都定义了一个自定义的使能属性(DOavailable), 在选配控制字变化装置复位过程中, 加载进程执行到选配功能模块时, 若其选配控制字整定为 0 则自动将该选配功能的虚端子、遥信告警、动作 SOE 对应的 LN 的使能属性置为 0。

保护装置复位完成后, 通过调试软件读取装置

的 ICD 文件, 调试软件在读取 ICD 文件时, 装置依次读取遥信告警模块、动作报告模块、虚回路模块, 对于每一个模块下的每一个 LN, 调试软件在读取 ICD 时自动获取该 DO 对应的 DOavailable, 若 DOavailable 为 1, 则认为该 DO 有效, 则将其放入对应的数据集中, 作为对外输出的数据集成员之一; 若获取到的 DOavailable 为 0, 则认为该 DO 未被使用, 外界可能未配置其对应的保护功能则将该 DO 做遗弃处理, 不添加到数据集中, 逻辑代码简要示意如下。

```

if DOavailable = 1 then
begin
  for i := 0 to Setting.M.FCDAs.Count - 1 do
    AddDataToDatSet('dsSetting', Setting.M.FCDAs[i]);
  for i := 0 to SOE.M.FCDAs.Count - 1 do
    AddDataToDatSet('dsTripInfo', SOE.M.FCDAs[i]);
  for i := 0 to Warning.M.FCDAs.Count - 1 do
    AddDataToDatSet('dsWarning', Warning.M.FCDAs[i]);
  for i := 0 to DatSets.Count-1 do
begin
  FCDANode.SetAttribute('IdInst',DatSets[i].IdInst);
  FCDANode.SetAttribute('prefix',DatSets[i].prefix);
  FCDANode.SetAttribute('lnClass',DatSets[i].lnClass);
  FCDANode.SetAttribute('doName',DatSets[i].doName);
  FCDANode.SetAttribute('fc',DatSets[i].fc);
end;
end;

```

2.4 数据与量值的定制

数据与量值主要包括电气模拟量显示、动作报告量值和遥测值, 这些值的显示、上送和打印也由选配控制字在线定制。为了显示和上送需要, 在底层协议上对每个需要对外输出的数据和量值均设置组号和序号设置了组号 (Groupnum) 和序号 (Serialnum), 当某个选配功能未选按时, 则将该选配功能对应的数据和量值的组号、序号均强制置为 0, 在保护装置的显示和上送环节增加过滤策略, 在组号和序号均为 0 的情况下, 该数据不显示、不上送, 下面依然以母线保护为例进行说明。

母线保护选配功能 M 和选配功能 P 的数据对象 (模拟量显示和动作报告量值、遥测值) 都是母联电流, 所以对母联电流的处理需要综合考虑这种两个选配功能耦合一个数据对象的情况, 在任何一个选配功能投入的情况下, 则不能将该数据对应的组号和序号置为 0, 所以需要对该数据或量值的行为进行统一决策。

保护装置复位重构的最后一个阶段是应用层初

始化阶段, 在应用层初始化阶段为选配功能的数据和量值设计了数据和量值的定制逻辑。保护装置根据所有选配控制字的整定情况形成数据和量值的选配综合控制状态, 通过选配综合控制状态操作电气模拟量显示、动作报告量值和遥测值的组号和序号。在图 5(a~c) 中, 选配功能 M 和选配功能 P 的选配控制字 EnableM 和 EnableP 任何一个控制字为 1, 就表示有母联相关的选配功能在选用状态, 选配综合控制状态为真, 则在应用层初始化的过程中维持母联电流数据的组号和序号的初始设置不变。图 5(d) 中, 两个选配控制字均为 0, 表示两个母联选配功能均未选用, 初始化过程中母联电流数据的组号和序号均强制置 0, 屏蔽对外输出和内部应用。

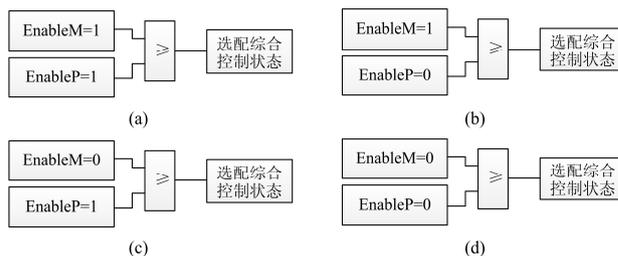


图 5 选配功能综合控制状态

Fig. 5 Comprehensive control of matching protection

2.5 复位重构的特殊处理

在保护装置的操作规程中, 一般不允许保护功能在投入运行状态下重启保护装置, 由于本方案所述的在线定制系统需要复位重启装置, 对保护装置的建模模型进行重构, 所以为防止在重启装置时保护装置误出口, 需要考虑复位重构过程中的防误动措施。

在任一保护功能模块投入的状态下不能修改运行定值, 即在保护装置上整定选配功能控制字经保护功能压板投入状态闭锁, 在就地或者远方下发修改运行定值命令时提示退出保护功能压板后才允许整定选配功能控制字。

3 选配功能测试及管理

对于目前普遍采用的离线式配置文件管理, 针对各种不同选配的组号, 其每一种方式都需要进行针对性配置, 包括开入、模入、开出、数据、动作报告、遥信告警等等。

完成保护装置产品设计之后, 需要对每一个配置文件进行测试, 测试的评价依据是装置上必须体现选配的功能, 不能体现出来未选配的功能。

面向应用的在线定制就地化保护选配功能设计, 在具体的工程应用上只需要整定一个控制字,

便可轻松省去繁琐的配置过程, 避免了配置过程带来的失误, 大大提升了二次设备运维的便捷性和可靠性^[14-15]。

此外, 这种在线定制式的选配功能设计大大减轻了保护装置产品测试的压力。例如线路保护选配功能 RPLDYK 的配置测试只需要测试单独配置一个选配功能时的唯一性即可, 相比而言, 原有的离线文件的方式需要设计 64 种配置, 并进行 64 个配置文件的测试。由于程序加载模块对选配功能进行了灵活调度, 程序运行的效率也得到了一定程度的提升。

对于保护装置版本的工程管理而言, 由于配置文件由保护程序内置, 完全脱离了配置文件的筛选、提取、下载过程。因为没有下载配置的过程, 所以也自然省去了通过配置校验码检查配置文件下载正确性的过程了。

4 结论

面向应用的在线定制式就地化保护选配功能设计对保护装置的软件设计和装置操作系统的设计提出了很高的要求, 要求保护装置实时检测选配功能配置情况, 当检测出选配功能变化时, 保护装置对自身配置情况进行自动重构。虽然增加了软件设计的难度, 但是大大简化了保护装置产品研发阶段的测试工作量, 解放了工程配置人员的配置工作量, 并将产品应用阶段配置过程中可能产生的错误降至最低, 为选配功能的实施提供了技术保障。

参考文献

- [1] 薄志谦, 张保会, 董新洲, 等. 保护智能化的发展与智能继电器网络[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(2): 1-12.
BO Zhiqian, ZHANG Baohui, DONG Xinzhou, et al. Intelligent relay network for the development of protection[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(2): 1-12.
- [2] 操丰梅, 宋小舟, 秦应力. 基于数字化变电站过程层的分布式母线保护的研制[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(4): 69-72.
CAO Fengmei, SONG Xiaozhou, QIN Yingli. Research on distributed busbar protection based on digital substation process level[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(4): 69-72.
- [3] 吕航, 王风光, 鲍凯鹏, 等. PCS-915 母线保护装置[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(16): 118-123.
LÜ Hang, WANG Fengguang, BAO Kaipeng, et al. PCS-915 series busbar protection devices[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(16): 118-123.
- [4] 黄继东, 周晓龙, 马和科, 等. 基于 VLD 开发的超高压母线保护[J]. 电力自动化设备, 2008, 28(7): 97-101.
HUANG Jidong, ZHOU Xiaolong, MA Heke, et al. VLD-based EHV busbar protection[J]. Electric Power Automation Equipment, 2008, 28(7): 97-101.
- [5] 刘宏君, 裘愉涛, 徐成斌, 等. 一种新的智能变电站继电保护架构[J]. 电网与清洁能源, 2015, 31(3): 49-51, 61.
LIU Hongjun, QIU Yutao, XU Chengbin, et al. A new architecture of relay protection in smart substation[J]. Power System and Clean Energy, 2015, 31(3): 49-51, 61.
- [6] 杨志宏, 周斌, 张海滨, 等. 智能变电站自动化系统新方案的探讨[J]. 电力系统自动化, 2016, 40(14): 1-7.
YANG Zhihong, ZHOU Bin, ZHANG Haibin, et al. Discussion on novel scheme of smart substation automation system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2016, 40(14): 1-7.
- [7] 刘颖. 提高智能变电站采样可靠性的研究与应用[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(19): 150-156.
LIU Ying. Research on improvement of sampling reliability in smart substation and application[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(19): 150-156.
- [8] 王攀峰, 张克元, 文明浩, 等. 应用于数字化变电站的分布式母线保护的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(13): 68-71.
WANG Panfeng, ZHANG Keyuan, WEN Minghao, et al. The research of distributed busbar protection applied in digital substation[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(13): 68-71.
- [9] 牛强, 钟加勇, 陶永健, 等. 智能变电站二次设备就地化防护技术[J]. 电力建设, 2014, 35(9): 76-81.
NIU Qiang, ZHONG Jiayong, TAO Yongjian, et al. In-site secondary equipment protection of smart substation[J]. Electric Power Construction, 2014, 35(9): 76-81.
- [10] 裘愉涛, 王德林, 胡晨, 等. 无防护安装就地化保护应用与实践[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(20): 1-5.
QIU Yutao, WANG Delin, HU Chen, et al. Application and practice of unprotected outdoor installation protection[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(20): 1-5.
- [11] 刘颖. 智能变电站全寿命周期“即插即用”技术体系的研究与应用[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(22): 23-28.

- LIU Ying. Research and application on the technology system of plug & play in the smart substation's life cycle[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(22): 23-28.
- [12] 李岩军, 艾淑云, 王兴国, 等. 继电保护就地化及测试研究[J]. 智能电网, 2014, 2(3): 16-21.
- LI Yanjun, AI Shuyun, WANG Xingguo, et al. Locally installed mode and test research of relay protection[J]. Smart Grid, 2014, 2(3): 16-21.
- [13] 周小波, 汪思满, 吴正学, 等. 环网分布式母线保护装置就地化实现探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(6): 104-108.
- ZHOU Xiaobo, WANG Siman, WU Zhengxue, et al. Local placing implementation research of distributed HSR busbar protection[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(6): 104-108.
- [14] 王同文, 谢民, 孙月琴, 等. 智能变电站继电保护系统可靠性分析[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(6): 58-66.
- WANG Tongwen, XIE Min, SUN Yueqin, et al. Analysis of reliability for relay protection systems in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(6): 58-66.
- [15] 秦红霞, 武芳瑛, 彭世宽, 等. 智能电网二次设备运维新技术研讨[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(22): 35-40.
- QIN Hongxia, WU Fangying, PENG Shikuan, et al. New technology research on secondary equipment operation maintenance for smart grid[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(22): 35-40.

收稿日期: 2016-10-27; 修回日期: 2017-01-17

作者简介:

黄继东(1980-), 男, 硕士, 高级工程师, 研究方向为电力系统继电保护; E-mail: jidongh@sohu.com

樊占峰(1974-), 男, 博士, 高级工程师, 研究方向为电力系统继电保护;

李宝伟(1984-), 男, 博士, 工程师, 研究方向为电力系统继电保护。

(编辑 周金梅)