

# 新一代继电保护及故障信息管理主站的设计与实现

祁忠, 笃竣, 张海宁, 李枫, 冯佳男, 刘焕志  
(南京南瑞继保电气有限公司, 江苏南京 211102)

**摘要:**分析了当前继电保护及故障信息管理(以下简称保信)主站系统存在的问题,提出了新一代保信主站的设计原则,着重阐述了新一代保信主站的软件结构设计、硬件结构设计、数据库设计和应用功能设计。新一代保信主站基于统一的应用支撑平台,以 IEC 61970 标准为基础并进行扩展,实现了对电网一次、二次设备及其关联关系的全景建模,实现了电网故障的智能分析功能。该系统既能作为独立的保信主站系统运行,也可与 EMS 系统集成在统一的平台上一体化运行,能够满足用户对保信主站系统不同的建设要求。文中所研制的系统已经在多个电网得到成功应用。

**关键词:**继电保护;管理主站;故障录波;电网故障分析

**中图分类号:**TM734

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2014)04-0008-05

近年来,为了实现对继电保护装置和故障录波装置的实时监视、远程控制,实现对电网故障的实时分析,各级电力调度中心相继建设了继电保护及故障信息管理(以下简称保信)系统,该系统对提高电网运行管理水平、提高事故的处理速度发挥了重要作用,已经成为继电保护运行管理、辅助分析和决策不可或缺的技术支持系统<sup>[1-5]</sup>。随着电网二次系统建设的不断发展,应用水平的不断提高,对保信主站提出了更高的要求。现有的保信主站普遍存在以下几个问题:

(1) 功能设计简单,仅仅实现了对保护装置和故障录波装置的数据采集、监视、故障信息归档等基本功能,缺乏对数据的深入分析,对电网故障分析的智能化程度低。

(2) 大部分保信主站独立设计,没有遵循统一的建模规范,缺少标准的数据交换接口,与能量管理(EMS)系统间信息交互困难,容易形成信息孤岛,不能充分发挥保信系统的作用。

(3) 在调度集控一体化的情况下,需要将 EMS 系统与保信系统进行有效的整合,实现 EMS/保信系统的横向融合和一体化运行<sup>[6,7]</sup>。

由于传统保信主站没有构建在统一的支撑平台之上,没有考虑与 EMS 系统的一体化设计,无法适应 EMS/保信一体化建设的需求。

## 1 保信主站的设计要求

现代电网日益趋于复杂,一个区域的保信主站通常要面对几百座不同电压等级变电站的接入,需要采集和处理几千台二次设备的信息,对二次设备的信息要进行综合分析,还要与 EMS 系统进行数据交互,获取电网模型和电网实时运行状态。保信系统具有数据和信息结构复杂、功能复杂、跨系统、可靠性和安全性要求高等特点,因此新一代保信主站在设计时,至少

遵循以下的设计原则:

(1) 保信主站应支持不同的硬件平台和不同的操作系统,能够跨平台混合运行;采用分布式系统设计,满足大规模子站接入的需要;采用模块化设计,方便系统功能的扩展。

(2) 保信主站应采用平台化结构,在基础平台上构建保信主站应用,从应用功能、图模库维护、人机界面展示等方面考虑与其他应用系统的一体化设计,实现应用系统之间的相互融合和信息集成,逐步实现更多的综合智能应用功能;

(3) 保信主站应基于 IEC 61970 标准构建保信应用模型,实现电网一二次设备模型及参数的全景建模,满足保信系统高级应用的需要。作为独立保信系统,应提供标准的服务接口,支持以 CIM/XML 文件进行电网模型的交互,支持以 SVG 格式文件进行电网图形的交互,支持以 E 格式文件进行电网实时断面的交换,实现保信系统与外部系统(如 EMS 系统)之间模型与数据的共享。

(4) 保信主站应支持信息的充分获取和共享,具有智能化的信息处理、展示及分析决策手段,能够实现基于电网运行信息的智能故障诊断等功能。

## 2 主站架构设计

### 2.1 主站软件结构

保信主站采用如图 1 所示的软件体系架构,由统一应用支撑平台和基于该平台一体化设计的保信应用组成。保信主站支持现今流行的各种硬件平台和操作系统。通用中间件屏蔽操作系统的差异,使得保信主站能够运行在多种操作系统和硬件平台上,具有很好的可移植性。统一应用支撑平台层构筑在通用中间件层之上,包括面向对象数据库管理平台、网络通信管理平台、图形开发平台等,为各类电力系统应用软件的开发提供网络通信、数据库、图形等方面的支持。保信应用软件在

统一支撑平台层之上,实现前置通信、模型管理、告警及事件记录、定值管理、在线监视、Web发布、智能故障分析等功能。

智能故障分析					保信高级应用
在线监视	统计报表	波形数据管理	故障信息归档	Web发布	
保信基本应用					统一应用支撑平台
前置通信	模型管理	告警及事件记录	定值管理	保护控制	
跨平台图形开发平台					中间件
面向对象数据库管理平台					
分布式网络通信管理平台					操作系统
通用中间件					
Windows	Linux	Solaris	AIX	HP_UX	硬件
IBM	HP	浪潮	曙光		

图1 保信主站软件结构

### 2.2 主站硬件结构

保信主站有2种运行模式:独立保信主站系统,EMS/保信一体化系统。

独立保信主站典型硬件结构如图2所示。它由主备前置服务器、主备数据服务器、维护工作站、继保工作站、Web服务器等硬件组成。通信服务器、数据服务器采用双机热备用方式运行,当值班机故障时,系统自动进行切换,由备机升为值班机运行,保证系统功能正常使用。主站设置专门的通信前置机与子站进行通信,实现了主站系统网络与调度数据网的隔离。主站通信网络采用双网冗余结构,双网采用均衡流量管理,有效地保证了网络传输的实时性和可靠性。按照“电力二次系统安全防护规定”,主站数据服务器与Web服务器之间通过单向隔离装置建立连接,将数据单向提供给Web服务器,保证数据信息的单向流通,保证保信系统的安全性。通过防火墙,与EMS系统进行数据交互。

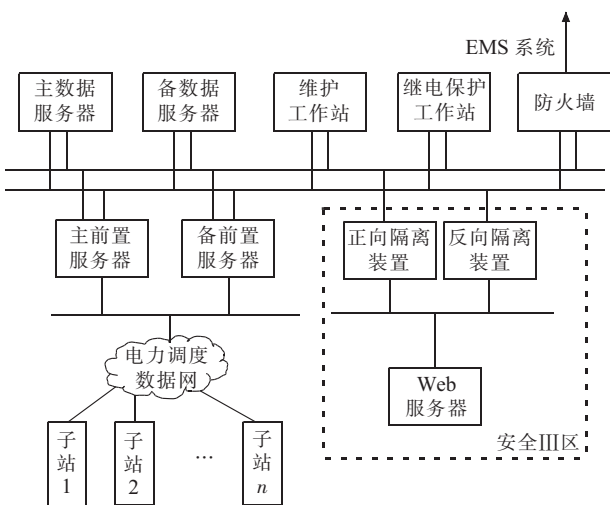


图2 独立保信主站硬件结构

EMS/保信一体化系统典型硬件结构如图3所示。由于保信主站需要处理波形文件、定值等较大的数据,为了不影响EMS系统的实时性,保信应用通常单独配置前置服务器、数据服务器,但与EMS系统共用历史

服务器、Web服务器、维护工作站等硬件。一体化系统利用应用分布式技术部署运动采集和保信采集任务在EMS前置服务器和保信前置服务器上,配置不同规约插件和数据模型插件,分布式采集运动数据和保信数据,保证了采集的实时性、可靠性和安全性。对于电网规模较小、子站数量有限的一体化系统,可以把保信主站的前置采集任务部署在EMS前置服务器上,保信主站的数据处理任务部署在EMS的数据服务器上,这样无需为保信应用单独配置服务器,可以简化系统结构,节省硬件投资。

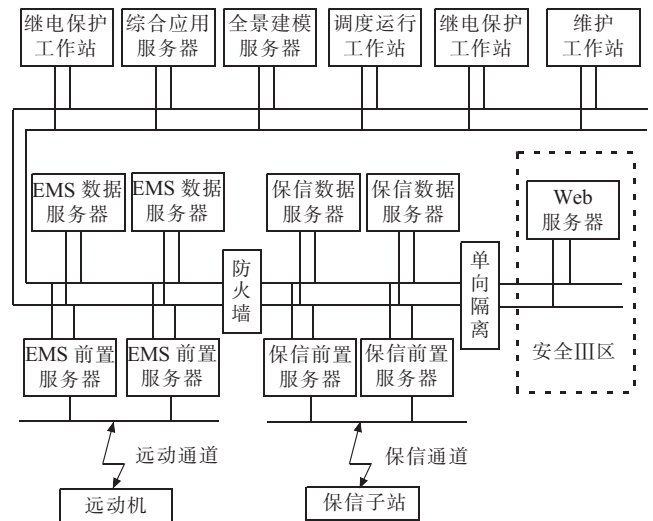


图3 EMS/保信一体化系统硬件结构

### 3 数据库设计

保信系统建模涉及到一次设备模型、二次设备模型。IEC 61970是电力一次系统的建模国际标准,完整定义了一次设备参数和电网拓扑结构,是EMS系统数据库的设计基础,但IEC 61970标准中关于二次设备的建模比较简单<sup>[8]</sup>,不能够满足保信主站的应用需求。因此保信主站数据库在设计时,以IEC 61970标准为基础并进行扩展,实现对电网一次、二次设备及其关联关系的全景建模。保信主站数据库结构如图4所示,采用这种结构,既便于独立保信系统从EMS系统导入电网模型,又便于一体化系统的统一建模,能够满足保信高级应用对电网模型的需求。

### 4 应用功能设计

#### 4.1 模型管理

##### 4.1.1 模型建立

保信系统的模型通常在子站端维护,主站通过103规约通用分类服务的方式向子站召唤配置信息,获取保信模型。子站建立的模型包括一次设备模型、二次设备模型以及一次、二次设备的关联关系,但一次设备模型并不完整,只包含了最基本的一次系统配置信

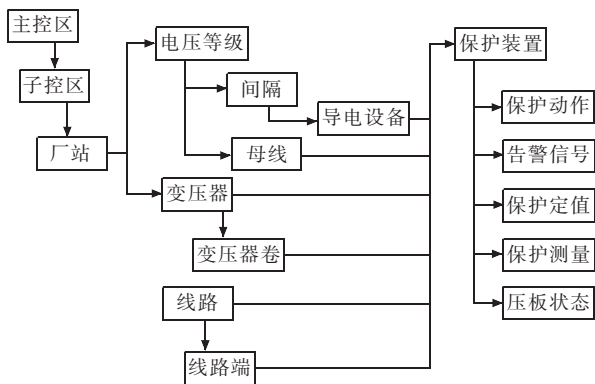


图4 保信主站数据库结构

息,缺少一次设备参数和电网拓扑结构,在进行智能故障分析时,这些信息并不可用的。所以保信主站不仅要从小站获取一次、二次设备模型,又要从EMS系统获取完整的电网一次模型,并对保信子站模型与EMS模型进行整合。新一代保信主站采用如下的建模步骤:

(1) 如果是独立保信主站,从EMS系统获取CIM/XML电网模型文件,并导入到数据库中,生成一次设备模型;如果是一体化系统,EMS系统的图模一体化绘图工具在填库时,会将电网一次设备模型和参数填入到保信应用的数据库中,这样保信主站的电网一次设备模型与EMS系统是一致的。

(2) 从保信子站召唤模型,先召唤站级配置,再召唤装置的配置,召唤成功后,生成子站的模型文件。

(3) 导入子站模型。导入时先处理子站的一次设备模型,通过一次设备名称或编码,在主站数据库中查找是否有相同的一次设备存在,如果存在则记下对应的主站一次设备对象,如果不存在则通过手工匹配方式,将子站的一次设备与主站的一次设备对象建立关联;再处理子站的二次设备模型,将装置、定值、软压板、状态量、模拟量等信息导入数据库中;最后处理一次、二次设备的关联关系,二次设备的属性结构中包括有子站一次设备编号,通过该编号可找到对应的子站一次设备,也就能找到对应的主站数据库中一次设备对象,从而在数据库建立一次、二次设备的关联关系。

如果是独立保信系统,并且不能从EMS系统获得电网模型,在这种情况下,子站的一次设备模型全部导入到主站数据库中,主站利用子站的一次设备模型,实现基本的信息展示功能。

#### 4.1.2 模型查看和对比

由于保信子站的模型经常发生改变,主站需要重新召唤并重导模型。为了便于模型的维护,保信主站开发了模型查看、对比功能。模型查看按照“厂站→装置→信息组→信息点”的层次关系显示二次模型,并能查看每个对象的详细属性,便于检查子站模型的正确性。模型对比是将保信子站的二次设备模型与主站数

据库中的二次设备模型进行对比,对比分层进行,先对比装置配置,再对比装置的定值、软压板、状态量、模拟量等信息配置,如有变化,给出提示。这样在重导子站模型时,可以挑选部分模型有变化的装置导入,不用重导整个子站模型,提高导入的效率。

#### 4.2 前置通信

前置系统采用实时、多任务、并行的通讯方式,与不同厂家不同型号的子站系统进行通信,实时采集子站上送的各类信息,并能下发各种查询和控制命令。前置系统采用分布式应用设计,将前置采集任务按通道部署在多个节点上,不仅能够满足大规模子站接入的要求,而且提高了采集的实时性和可靠性。前置系统支持实时通道、非实时通道的通讯方式,非实时通道专用于传输录音文件,实时通道传输除波形文件以外的所有信息,在主站操作界面上进行波形文件召唤或定值召唤时,无需选择哪个通道,由前置系统根据不同的命令类型,自动选择不同的通道下发给子站。

#### 4.3 可视化运行监视

利用统一支撑平台的图形系统,实现保护信息的可视化监视。保信主站所需的地理接线图、厂站主接线图等都可从EMS系统获取。独立保信主站从EMS系统导入SVG格式图形文件,生成保信主站的图形。一体化系统保信主站与EMS系统共享厂站主接线图等画面文件,通过切换画面应用,来分别显示保护信息和EMS信息。

EMS系统的厂站主接线图上只有一次设备的运行状态,缺少二次设备的运行状态,而对保信应用来说,这是必不可少的。利用数据库中一次、二次设备的关联关系,保信主站在厂站主接线图上一次设备图元附近自动生成相关二次设备的状态图元。该图元通过不同的形状和颜色表示二次设备的不同运行状态,分别为“正常”、“告警”、“动作”、“通讯中断”、“检修”。由于一个一次设备可能关联有多个二次设备,这里的状态是多个相关二次设备合成状态。点击该状态图元,利用画面模板技术,自动生成二次设备的运行状态监视图,显示详细的保护运行状态信息。在厂站主接线图上,还可通过一次设备在线查询相关二次设备信息,包括保护定值、定值区号、压板状态、模拟量、状态量、告警事件、波形文件等内容,实现EMS/保信一体化监视。

#### 4.4 定值管理

定值是继电保护装置的一个重要内容,是继电保护正确动作的依据。针对继保专业管理人员的实际需求,设计开发了以下定值管理功能:(1) 定值召唤功能。能够在线召唤保护装置的当前运行定值,可分CPU号召唤定值,也可分区号召唤定值。(2) 基准定值设定功能。能够将召唤上来的保护装置的当前运行

定值,经过人工核对无误后,设置为基准定值,基准定值带有时标。(3) 定值巡检功能。可设定定值巡检周期和巡检范围,定期召唤保护装置的当前运行定值,与数据库中的基准定值进行对比,当出现不一致时,给出告警提示。(4) 历史定值单功能。可将已经执行过的保护装置定值单保存为历史定值单,每个历史定值单带有时标、定值单编号等信息,提供历史定值单的检索和查询功能,可将保护装置的当前运行定值与历史定值单进行对比。

#### 4.5 保护远方控制

保护远方控制功能包括远方修改保护定值、远方切换运行区号、远方投退软压板,开展继电保护装置的远方控制,可以减少停电次数,提高供电可靠性,减轻运行维护的工作量。保护远方控制的安全性、可靠性、稳定性是设计该功能时首要考虑的问题。为此,保信主站采用顺序化流程的远方控制技术,操作过程互相锁定,必须严格按照“召唤→操作人验证→操作对象验证→修改→审核人验证→下发修改→返校确认→执行修改→再次召唤→结果校核”的流程进行,并形成完整的操作记录,操作记录的内容包括操作人、定值单号、修改原因、审核人、修改前后定值、操作是否成功等信息,可供日后查询。用户权限分为责任区权限和功能权限,每个用户既要设置“区域”、“厂站”、“电压等级”等责任区权限,又要设置“召唤”、“修改”、“校核”、“浏览”等功能权限,只有同时具备责任区权限和功能权限,才能对保护装置进行远方控制。

#### 4.6 智能故障分析

在电网发生故障时,大量的故障信息涌入保信主站,以往保信主站只是对告警事件和故障录波文件进行简单的展示和归档,由于缺少电网一次系统的完整模型,缺少故障发生时的开关动作情况、电网实时运行状态等信息,无法进行深入的故障分析,无法及时准确的诊断出电网故障元件。新一代保信主站智能故障分析模块综合利用保信系统的暂态数据、EMS系统的稳态数据,在故障发生时,迅速进行电网故障诊断,确定故障位置,分析故障性质,给出处理方案<sup>[9-11]</sup>。智能故障分析逻辑如图5所示。

(1) 快速故障诊断。在事故发生后,根据实时所获得的保护动作事件、开关变位事件、事故前后电网运行方式等信息,利用通用保护模型知识库,基于保护动作链的方法进行快速故障分析,按照设备故障—保护动作—开关变位的因果逻辑分析,分析保护动作与开关变位信息的因果关系,判断出不合理的保护动作信息和不明原因的开关变位信息,形成快速电网故障诊断报告,包括跳闸时间、故障元件、可疑故障元件集、保护动作顺序事件信息、开关变位顺序事件信息、保护动作

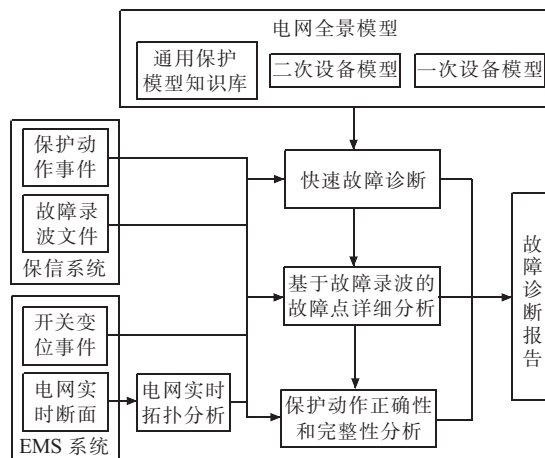


图5 智能故障分析逻辑图

和开关变位是否合理等。

(2) 故障点详细分析。根据快速故障诊断结果,召唤相应录波装置或保护装置的故障录波文件进行故障分析。对于确定的故障设备,分析出故障类型,故障相别、故障电流、故障电压等信息。对于可疑的故障设备,通过波形分析,检验是否确实发生故障。对区外故障引起的开关越级动作或误动事件,通过波形分析并结合相关的保护动作信息,明确事故的具体原因。

(3) 保护动作正确性和完整性分析。对双重化配置情况下两套保护装置的動作行为进行互校,在行为不一致情况下区分正确动作和不正确动作。基于故障录波文件的分析,对保护动作的完整性进行判断,对可疑的动作元件和可疑的遗漏元件进行提示。

(4) 具有友好的可视化界面,全方位展示故障信息数据。

## 5 结束语

本文研制的新一代保信主站系统已经成功应用于青海电网、云南电网、香港 CLP 电力公司、东莞电网等多个省地调的保信系统中。青海省调为独立保信主站系统,共接入了 50 多座变电站,覆盖了网内 750 kV, 330 kV, 110 kV 3 个电压等级,共接入保护装置及故障录波器装置超过 3000 余套,保护信息点超过 60 万点。青海保信主站运行稳定可靠,实现了对继电保护装置、故障录波装置的实时监视和远程管理,多次正确获取保护动作信息、故障录波文件、电网故障报告,实现了远程实时分析事故,提高了电力系统事故分析的效率。东莞地调为 EMS/保信一体化系统,基于一体化电网智能综合运行平台,实现了 EMS/保信系统的一体化建设和信息集成,实现了一体化采集、一体化建模、一体化监视、一体化存储等功能,为电网综合智能告警、电网故障的在线诊断等高级应用功能提供了数据和模型服务。

## 参考文献:

- [1] 燕京,陈政. 电网继电保护及故障信息管理系统设计[J]. 电力自动化设备, 2006, 26(12): 85-89.
- [2] 刘清瑞. 继电保护与故障信息管理系统的结构、功能和实现[J]. 电力自动化设备, 2004, 24(4): 93-95.
- [3] 倪益民,丁杰,赵金荣,等. 电网继电保护及故障信息管理系统的实现[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(17): 86-88.
- [4] 张颈,章坚明,朱炳铨,等. 220 kV 继电保护故障信息处理系统的设计[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(11): 61-64.
- [5] 刘志超,黄俊,承文新. 电网继电保护及故障信息管理系统的实现[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(1): 72-75.
- [6] 刘敏,苏忠阳,熊文. 广州电网 EMS/ 继电保护管理信息一体化系统应用分析[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(2): 79-82.
- [7] 苏忠阳,赵有铨,刘之尧. 能量管理系统和继电保护信息系统集成平台研究[J]. 南方电网技术, 2008, 02(6): 71-74.
- [8] 中国南方电网有限责任公司. 中国南方电网继电保护故障信息系统主站—子站通信与接口规范[S]. 北京: 中国电力出版社, 2008.
- [9] 王家林,夏立,吴正国,等. 电力系统故障诊断研究现状与展望[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(18): 210-216.
- [10] 高振兴,郭创新,俞斌,等. 基于多源信息融合的电网故障诊断方法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(6): 17-23.
- [11] 蒋宇,李明,张勇,等. 一种集中监控模式下电网故障诊断算法[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(1): 56-58.

## 作者简介:

- 祁忠(1977),男,江苏张家港人,高级工程师,从事保护信息管理系统研究和开发工作;
- 笃竣(1975),男,江苏南京人,高级工程师,从事变电站监控系统研究和开发工作;
- 张海宁(1977),男,湖北荆门人,高级工程师,从事保护信息管理系统研究和开发工作;
- 李枫(1981),男,江苏南京人,工程师,从事保护信息管理系统研究和开发工作;
- 冯佳男(1985),男,江苏盐城人,工程师,从事保护信息管理系统研究和开发工作;
- 刘焕志(1977),女,黑龙江双鸭山人,工程师,从事保护信息管理系统研究和开发工作。

## Design and Implementation of the New Generation of Relay Protection and Fault Information Management Station

QI Zhong, DU Jun, ZHANG Haining, LI Feng, FENG Jianan, LIU Huanzhi  
(NARI-Relays Electric Co.Ltd., Nanjing 211102, China)

**Abstract:** The problems existed in current relay protection and fault information management station (PFIMS) are analyzed. Based the analysis, the principles for designing the new generation of PFIMS are presented. The architectures for software, hardware, database design, and application function of the new generation of PFIMS are designed, and the new generation of PFIMS is based on a uniform application platform. The panoramic models of the grid primary equipment, secondary equipment and its affiliated are realized based on IEC 61970, and the grid failure intelligent analysis is implemented. The designed system can be run independently and interactively with EMS on the uniform platform. Successful application of the designed system has been achieved in several power grids.

**Key words:** relay protection; management station; fault recorder; grid fault analysis

(上接第 7 页)

- [6] Q/GDW 370—2009, 城市配电网技术导则[S].
- [7] 林韩,吴文宣,吴涵,等. 基于 SLCC 的中压配电网供电模型最优分段研究[J]. 华东电力, 2013(5): 919-923.
- 王峰(1984),男,浙江丽水人,工程师,研究方向为配电网规划;
- 李颖(1963),男,江苏南京人,高级工程师,从事供电企业情报管理及研究工作;
- 王春宁(1966),男,江苏南京人,高级工程师,从事供电企业科技开发及管理工作。

作者简介:

## Research on Optimal Sectionalizing Number of Distribution Lines

WANG Feng, LI Ying, WANG Chuning  
(Nanjing Power Supply Company, Nanjing 210019, China)

**Abstract:** The optimal sectionalizing number of transmission line with the consideration of reliability for various typical connection modes with different load density and substation capacity is studied. The optimization uses an economy and reliability combined objective function, and the construction and operation costs of substations and lines are considered. With the optimization, the optimal sectionalizing number of lines for a multi-phase load density and a universal substation scenario is obtained. The simulation results validate the proposed approach.

**Key words:** distribution network; optimal sections; reliability; economy; average yearly value