

国际化高压保护装置性能差异分析及建议

肖丽¹, 吴震达², 摄小雪¹, 宋彬彬¹

1. 东南大学成贤学院, 江苏 南京 210088

2. 南瑞集团有限公司国际业务中心, 江苏 南京 210088

DOI:10.61369/IED.2025060017

摘要： 随着全球电力投资市场的快速增长，中国作为电力装备产业链最完整、最具竞争力的国家，电力设备出海具有显著优势。本文针对高压保护装置，选取泰国、菲律宾、巴西、沙特等国家作为研究对象，系统对比分析了国内外高压保护装置在硬件、软件、软硬件灵活性及辅助性能等方面的差异，提出了针对海外市场的高压保护装置研发建议，以助力中国电力设备顺利进入海外市场。

关键词： 国际化；高压保护；性能差异；集成度

Analysis of Performance Differences and Suggestions for International High-Voltage Protection Devices

Xiao Li¹, Wu Zhenda², She Xiaoxue¹, Song Binbin¹

1. Chengxian College, Southeast University, Nanjing, Jiangsu 210088

2. International Business Center, NARI Group Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 210088

Abstract： With the rapid growth of the global power investment market, China, as a country with the most complete and competitive power equipment industry chain, has significant advantages in exporting power equipment. This paper selects Thailand, the Philippines, Brazil, Saudi Arabia and other countries as research objects for high-voltage protection relays, systematically compares and analyzes the differences in hardware, software, flexibility, and auxiliary performance between Chinese and foreign high-voltage protection devices, and provides research and development suggestions for high-voltage protection relays for overseas markets to help Chinese power equipment access overseas markets smoothly.

Keywords： internationalization; high-voltage protection; performance difference; integration level

引言

国际能源署（IEA）2025年发布的《全球能源评估》中指出，2024年全球电力消耗增长近1100太瓦时，同比增长4.3%，这相当于过去10年平均年增长率的2倍。面对全球电力需求的加速增长，当前大多海外国家在运变电站设备老化问题突出，后续改造和升级的需求较为强烈^[1]，海外国家的电网建设迫在眉睫。而我国作为电力装备产业链最完整、最具竞争力的国家，电力一、二次装备及服务出海有着突出的综合优势和广阔的市场前景。

鉴于此，本文针对电网安全运行的关键产品——高压保护装置，选取泰国、菲律宾、巴西、泰国、沙特等国家作为调研对象，系统梳理海外目标市场执行标准，开展高压保护的功能特性对比分析，推动海外适用的国际化高压保护装置研制，助力中国电力设备出海。

一、高压保护装置性能差异对比

依据海外不同国家地区的技术规范、招标文件、工程设计图纸等技术材料学习，开展中国和海外目标市场的高压保护功能特性研究，同时借鉴分析海外市场传统主流厂家（以下简称“海外厂家”）的二次设备功能，本文将从装置硬件、装置软件及其配置等方面分析对比。

（一）装置硬件

1. 供电电源及交流采样

国内高压保护装置直流供电电源一般跟随整站电源，通常为DC220V/110V。海外目标市场供电电源标准则更多样性，例如菲律宾、巴西、泰国等国家二次设备直流电源电压涵盖110V、115V、125V、220V、230V等，开入插件则同时支持上述额定电压及24V、36V、48V。

课题：中国教育发展战略学会产教融合专业委员会2024年度立项课题《基于产教融合服务中国企业“出海”的研究与实践》（课题编号：CJRHZWH2024-35）；东南大学成贤学院2024年院级教育教学改革与研究面上项目《基于产教融合的《继电保护调试实习》实践教学改革》（项目编号：2024YJG07）

为保证可靠性,满足交流量暂态特性要求,国内高压保护装置交流采样输入后显示的二次额定电流明确为1A或5A^[2]、线电压为100V,通过选配不同的交流插件(AC板)适应采样需求,不能在现场进行随意更改。海外如菲律宾、泰国等则明确要求,交流插件(AC板)需同时支持1A和5A二次额定电流,由客户根据现场需要通过软件配置自主调整修改。

2. 面板设置及人机接口

国内高压保护装置的面板和人机接口严格按照相关标准执行^[3],例如国网公司智能变电站继电保护的“九统一”^[4]要求不同厂家各装置的LED指示灯、按键功能及丝印等均遵循统一规范。而海外目标市场除了固定的运行灯、告警灯、方向键、确认键、取消键之外,根据不同国家、不同地区的使用习惯,均要求人机交互界面、液晶面板功能按键组合、液晶面板LED灯等满足灵活组态配置,可根据客户个性化需求在现场自主设置;同时要求LED灯增加自检功能,配备可编程功能按键、配套插袋及标签,以实现客户自定义快捷键的操作。

人机界面的语言方面,海外用户的需求除了英语外,还涉及葡萄牙语、西班牙语、阿拉伯语等小语种。

3. 装置安装及防护等级

国内高压保护装置一般安装于变电站控制室屏柜内,多采用机架式安装,且装置尺寸较为固定,一般为4U标准尺寸。海外目标市场的装置安装方式多样,以ABB为例主要包括机架安装、嵌入式安装(如图1-a、b、c)、壁挂式安装(如图1-d)三种常用安装方式;且机箱结构尺寸无统一规范,海外厂家在设计时多考虑针对工业控制领域全系列产品,如西门子第五代保护产品,装置尺寸可扩展,插件可扩展,因此不依赖于特定机箱实现插件扩展,突出了硬件的灵活配置。

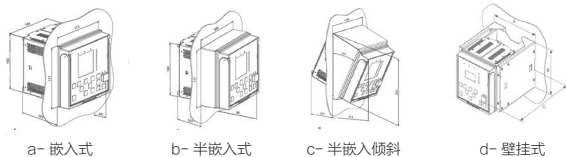


图1 安装方式

关于防护等级,国内保护测控装置所处的运行环境较为稳定,装置防护等级要求低,一般装置前面板防护等级为IP40。海外工程装置因客户要求的多样化,环境温湿度、海拔高度等适应参数范围跨度较大,故其技术规范中对装置前面板防护等级要求更高(如表1),海外厂家相关产品的前面板防护等级基本达IP54及以上。

表1

国内防护等级	国外防护等级
装置前面板防护等级 IP40	沙特保护技术规范: 前面 \geq IP5X, 后侧面 \geq IP2X
	泰国 PEA 电力公司技术规范: 室内设备 \geq IP50, 室外设备 \geq IP65
	菲律宾 NGCP 和 MERALCO 技术规范: \geq IP52

(二) 装置软件

由于海外目标市场的各个国家、地区电网发展水平不同,其

保护原理、实现方式不仅与国内要求差异性较大,甚至同一国家的不同地区电力公司在保护功能需求上也有区别。

1. 保护原理及配置

以高压线路保护装置的距离保护功能实现为例,海外目标市场与国内要求差异较大。国内距离保护^[5]一般要求依据比相式的圆特性阻抗继电器(图2)实现,海外用户则倾向于使用比幅式的四边形特性阻抗继电器(图3)来判断,部分国家、地区甚至要求同时提供“四边形”、“四边形+圆”两种不同动作特性组合的判据,由客户根据实际使用进行自由选择。

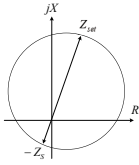


图2 圆特性阻抗继电器

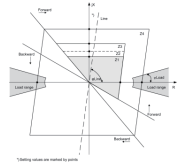


图3 四边形特性阻抗继电器

除此之外,目标市场的线路保护要求可集成欠电流保护、断路器失灵保护、短引线保护、功率保护、负序过流保护、低电压保护、频率保护等,这些功能的配置与国内线路保护均有较大差异性。

同样,变压器、母线、断路器等保护装置的保护原理也都有较大区别。如海外用户要求母线保护同时具备集中式^[6]和分布式^[7]两种形态,其中集中式较国内增加了间隔死区保护和间隔过流保护;断路器保护上,为避免重合闸多次重合于永久性故障而对系统造成冲击,我国的电力系统多采用的是一次重合闸,超高压输电系统一般采用单相重合闸,即单相故障单跳单重,多相故障三跳不重^[8],而海外则要求产品均支持多次重合闸。

2. 软件配置集成度

国内高压保护装置通常依据国网和南网规范进行开发,采用功能定制化、分子型号、分版本来实现管理,装置的功能配置、参数设置等禁止随意修改。而海外目标市场的产品功能配置方面要求更高的集成度和灵活性,依据海外目标市场高压保护需求调研结果,以及海外厂家如ABB、西门子相关产品分析,在满足客户需求的基础上为减少装置类型、降低管理成本,海外市场传统高压保护均要求按被保护对象将所有保护功能集成于单台装置中,客户使用时根据自身需求可在现场更改配置,实现自主匹配调用。

二、高压保护装置性能差异分析

装置硬件方面,我国二次设备生产厂家严格执行国网公司和南方电网的相关标准和规定^[9-10],供电电源、交流采样、硬件外观及设备安装等均有统一规范。而海外目标市场无统一标准,但在整体硬件特性上都倾向于宽范围、可适应和自定义配置,在防护等级也要求更高。

装置软件方面,我国高压保护的实现原理及功能配置较为固定,装置则依据国网和南网相关规范分型号管理;海外目标市场的保护原理及功能更丰富,普遍要求高集成度、高适应性,以满足保护功能的灵活组态和工程现场的个性需求。

综上所述,我国电力系统的管理主体集中,规定细致,规则统一;海外目标市场乃至整体国际市场,其运营维护主体分散,同时具体国情、管理主体、运营模式、使用习惯等方面的差异性直接导致各目标市场在高压保护的技术规范、功能需求上更为个性化、多样化,尤其是在集成度、灵活性、适应性上要求较高,对比两者高压保护装置性能特征,其相似度有限,故国内市场高压保护装置无法通过简单的语言本地化直接进入海外市场。

三、建议

根据对海外目标市场需求的对比和分析,我国高压保护装置要顺利出海,首先要满足其在关键技术和功能实现上的客户自主操作、个性配置和灵活组态要求。

硬件及其灵活性方面,要搭建高可靠弹性架构的装置平台,

用于研究多核数据交互、分布系统控制等关键技术;同时设计可适应多种电气规格的硬件电路,实现宽范围装置电源,以及自适应交流采集技术与自适应开关量输入技术。

软件及其灵活性方面,针对国内外高压保护原理的差异性,开展关键技术分析和攻关。例如距离保护中圆特性和四边形特性阻抗继电器的组合,可以从动作边界、适应多边形特性的距离选相元件、防负荷入侵技术等方面实现突破;针对海外用户自主调配保护功能实现的需求,建议设计并开发适用于不同保护装置的保护通用模块,通过搭建逻辑组件、设计组态软件来实现保护功能的灵活配置。

另外,满足海外市场需求的国际化高压保护功能配置集成度高,必然带来存储空间要求更大、计算能力要求更强、功能逻辑要求更复杂等问题,建议通过多处理器冗余功能部署及芯片间数据交互技术来进行解决。

参考文献

- [1] 樊陈,倪益民,申洪,刘有为,徐明,杨威. 中欧智能变电站发展的对比分析 [J]. 电力系统自动化, 2015, 39(16): 1-7, 15.
- [2] 沈阳变压器研究院股份有限公司、国网电力科学研究院、大连第一互感器有限责任公司、特变电工康嘉(沈阳)互感器有限责任公司、大连北方互感器集团有限公司. 互感器 第2部分: 电流互感器的补充技术要求 [S]. GB/T 20840.2-2014, 2014.
- [3] 郭云鹏, 崔建业. 智能变电站“九统一”继电保护装置及其检修技术(通用规则及线路保护部分) [M]. 中国水利水电出版社, 2020.
- [4] 裴愉涛, 胡雪平, 凌光, 罗清, 赵一仲. 国网公司智能变电站继电保护标准体系研究 [J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(20): 7-13.
- [5] 贺家李, 李永丽, 董新洲, 等. 电力系统继电保护原理 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [6] 王玉玲, 刘宇, 樊占峰, 等. 有限集中式就地化母线保护方案 [J]. 电力系统自动化, 2017, 41(16): 35-40.
- [7] 刘伟, 倪传坤, 杨恢宏, 等. 智能变电站分布式母线保护实现方案 [J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(16): 139-142.
- [8] 沈军, 舒治淮, 陈军, 陆金凤, 赵青春, 朱晓彤. 自适应重合闸在电力系统中的应用实践 [J]. 电力系统自动化, 2018, 42(06): 152-156.
- [9] 国家电网公司. 智能变电站继电保护通用技术条件: Q/GDW 1808—2012 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2013.
- [10] 朱海兵, 宋亮亮, 高磊, 等. 智能变电站继电保护及自动化系统综合标准化研究与建设 [J]. 2017, 5(09): 860-866.