

[继电保护]

一种适用于海上石油平台的继电保护定值在线校核方法及其实践

文/中海油能源发展装备技术有限公司 郭 骏

基于海上石油平台配电网特点，制定继电保护装置定值在线校核流程，利用现有配电网管理系统实现配电网运行状态和保护定值的通信，最终在渤海地区某平台成功示范应用，取得良好效果。

海上石油平台长期采用设计整定计算加离线定值校核方式进行定值管理，为了确保继电保护定值能够满足所在电网各种运行方式下保护要求，在进行继电保护整定计算时，需要对配电网的可能存在的各种工况进行推演，以系统最大运行方式及最小运行方式作为基础进行各种运行方式组合，并根据保护四性要求选取最为保守的一组定值出具定值通知单，作为系统运行定值，这组定值将长期运行，对应纷繁复杂的系统正常运行工况及故障工况，并定期现场抄录继电保护装置定值进行人工核算。但这种方式在配电网中因设备检修、新平台投运、故障等情况出现而运行在某种非计划性的、特殊的运行工况时，基于正常运行工况计算得出的保护定值很可能无法满足保护要求，此时人工核算方式也因校核周期过长无法及时发现潜在隐患。因此，有必要研究一种适用于海上石油平台配电网现状的继电保护定值在线校核方法，实现电网运行工况变化后的保护定值实时计算。

继电保护定值在线校核功能需求分析与结构设计

1. 功能需求分析

继电保护定值在线校核系统从功能实现角度可以分为两大部分，即在线数据处理模块和继电保护

定值校核模块。

在线数据处理模块重点实现“在线”，该功能模块应能够完成继电保护校核所需的所有实时数据，如配电网的实时运行状态、现场继电保护实际定值等。

继电保护定值校核模块重点实现“校核”，该功能模块通过系统已建立的配电网一次模型及继电保护定值校核规则进行继电保护装置的定值校核。

在线校核系统各项功能的实现均依托于上述两部分有机配合。

2. 硬件结构设计

根据中海油网络安全管理相关要求，本系统将在企业内部局域网中布置，因此硬件结构应满足多客户端访问数据服务器的功能性及安全性需求。同时，由于现场DMS不支持第三方便访问器数据库，也不提供对外数据通信接口，因此须额外建立中转服务器，以实现多系统间的数据交互。

继电保护定值在线校核系统硬件结构是基于总线式架构，由在线校核系统操作主站、数据服务器和FTP服务器等构成，系统硬件组成如图1所示。

1) DMS。现场DMS为第三方系统，利用DMS传输电网实时运行状态数据、继电保护定值数据。

2) 在线校核系统操作主站。在线校核系统操作

主站安装校核系统，是系统的核心设备。

3) 数据服务器。数据服务器用于存储在线校核系统运行数据。

4) FTP服务器。提供DMS与定值校核系统间的数据传输的中转服务。

5) 网络防火墙。由于在线校核系统可通过外网进行访问，作为内网和外网的一个联通媒介，需要配置网络防火墙，对进出数据进行安全性检查，避免系统遭受外部网络攻击。

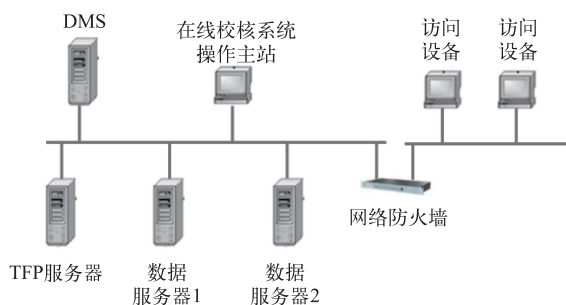


图1 系统硬件结构

3. 系统结构设计

系统使用者为电力调度及电气主管人员，因此，综合考虑网络环境特点、系统业务流程复杂程度及网络安全性要求等因素，采用C/S架构进行开发更为适宜。为实现系统的可扩展性和灵活性，使用面向对象的程序设计方法，将系统软件分为应用层、服务层和数据层，系统软件结构如图2所示。

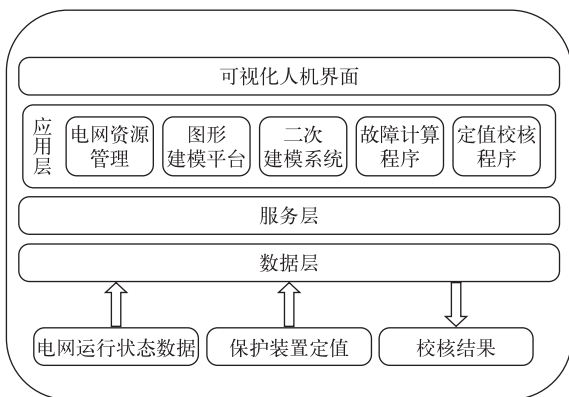


图2 系统软件结构

1) 应用层。应用层由配电网资源管理层、图形建模层、二次建模系统、故障计算程序和定值校核程序五部分组成。

2) 服务层。服务层由与其他系统建立数据通信的服务组成，包括协议转换服务、CIM-E格式文件

读取和写入服务及保护设备定值读取服务等。

3) 数据层。数据层采用Oracle 10.2数据库平台搭建，其占用资源少，可以有效提高系统运行速率，并且支持按角色定义权限，满足系统安全性要求。

在线校核流程设计

海上石油平台大型电力组网配置了DMS和保信系统，为实现配电网运行状态和保护定值通信提供了基础，以DMS配电网相关数据为基础设计在线校核流程，如图3所示。

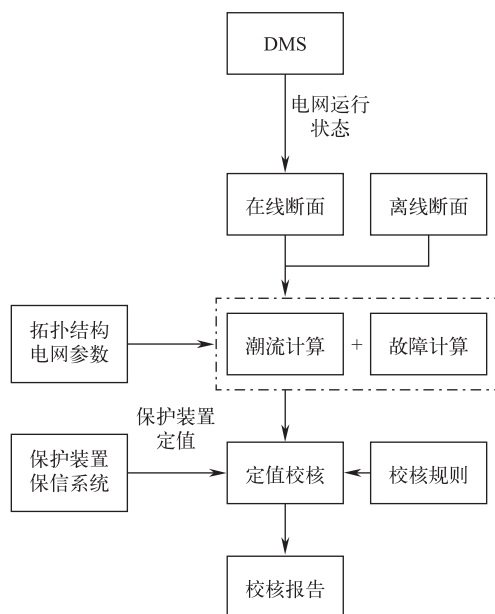


图3 继电保护定值在线校核流程

1) DMS。DMS负责向在线校核系统提供电网运行状态信息。

2) 保护装置和保信系统。现场继电保护定值有三种来源形式，按来源其优先级从高到低分别为保信系统→保护装置→人工录入。

3) 潮流计算+故障计算。潮流计算用于确定系统潮流方向，作为后续判断保护方向正反的依据；故障计算模块主要功能是根据整定项校核逻辑及设定的校核范围，对各种简单、复杂的短路故障进行故障计算。

4) 定值校核。定值校核可根据保护校核规则调用所需故障计算结果，按校核方式可分为快速保护校核和基于故障点集校核。

5) 校核报告。保护定值校核完成后，自动将校

核结果导入校核报告，可以根据需要选择导出所有保护校核报告或仅校核不合格项。

配电网运行状态与保护定值通信

1. 总体设计

继电保护在线校核系统需与现场DMS系统及继电保护装置信息化管理系统进行数据交互，数据交互内容包括配电网实时运行状态、继电保护定值和在线校核告警信息。

由于海上平台配电网DMS不支持也不允许第三方系统从其中直接读取数据，因此需搭建FTP服务器作为交互信息的中转媒介，在线校核系统数据服务器流程如图4所示。

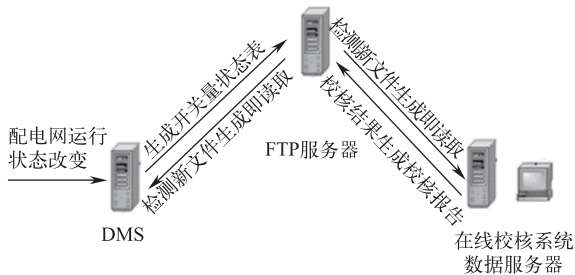


图4 数据通信流程

在配电网运行方式发生改变后，DMS生成CIM-E格式文件的开关量状态表，以年+月+日+时+分+调度员选择性校验/调度员灵敏性校验名称对新生成的文件进行命名，在线校核系统则实施扫描FTP服务器是否有新文件生成，一旦检测到有新文件生成，则自动读取，待下一轮校核时间到达时启动定值校核。定值校核结果以同样命名规则存储在FTP服务器，DMS检测到有新校核报告生成后自动读取并在系统中显示提示信息。

2. 配电网实时运行状态通信设计

继电保护在线校核系统必须保证短路计算模型与电网实时运行状态保持一致，因此需要对配电网实时运行状态进行跟踪，根据海上石油平台现场情况，实现这一目标的最佳方式为通过DMS读取配电网主要开关运行状态信息，并与短路计算模型对应开关进行关联。在组网平台中，有可能存在多台保护装置位号、型号相同情况，为保证每台保护装置有唯一的身份信息，在通信表中需加平台名称予以区分，依据校核需求制定实时运行数据的CIM-E格式通信表见表1。

表1 实时运行数据通讯表

开关状态传输						
@序号	Station ID	Station Name	Device ID	Device Name	Device Statue	Measure Statue
# 1	2	JZ9-3 CEPD	1	VCB1	0	1

3. 保护定值数据通信设计

继电保护在线校核系统定值来源分为三类：对于现场存在保信系统的平台，直接从保信系统读取保护定值，根据设定时间系统自动定时传输全数据，如每天、每周等传输一次全数据，当定值发生变化时及时传输变化整定项帧一次；对于没有保信系统的平台，如装置具备通过通信手段远程读取定值，则采取直接从保护装置读取定值方式；对于部分没有通信功能或现场不具备通信线路敷设施工条件的保护装置，采取人工方式进行定值录入。

为保证各定值项的唯一性，需对其添加平台号、设备序号、保护装置序号及整定项序号，并采用数值类型编码确定定值项是否参与校核，保护定值数据CIM-E格式通信表见表2。

表2 保护定值数据通信表

数据项中文名	数据项英文名	字段类型	字段宽度	数据是否交换	备注
平台号	StationID	I			平台编号
平台名称	StationName	C			平台名称
设备序号	DeviceID	I			被保护设备编号
设备名称	DeviceName	C			被保护设备名称
保护装置序号	BHZZXH	I			保护装置编号
装置名称	BHZZMC	C			保护装置名称
整定项序号	ZDZXH	I			保护项编号
整定项名称	ZDZMC	C			保护项名称
数值类型编码	SZLXBM	I			0—数值型 1—控制字 2—多态字
标么整定值	Bvalue	F			
标么值有效标志	B_Tag	I			0—无效，1—有效
一次有名值	YCVvalue	F			
一次值有效标志	YC_Tag	I			0—无效，1—有效
二次有名值	ECVvalue	F			
二次值有效标志	EC_Tag	I			0—无效，1—有效
定值是否变化	Changed	I			和上一帧是否有变化 0—未变化 1—变化

第一次传输帧Changed定位1，全部定义为变化。再次传输帧只传变化的整定值，并标识Changed为1，或者再次传输帧中传输全部数据，变化的整定项标识为1，未变化的整定项标识为0。

现场实践

1. 油田概况

在某油田I期组网中对继电保护在线校核系统进行现场实践，该油田由5个平台组成，其中A平台和C平台为2个电站平台，其余3个为井口平台，共6台发电机组，总装机容量47.25 MW，建立电力一次系统模型如图5所示。

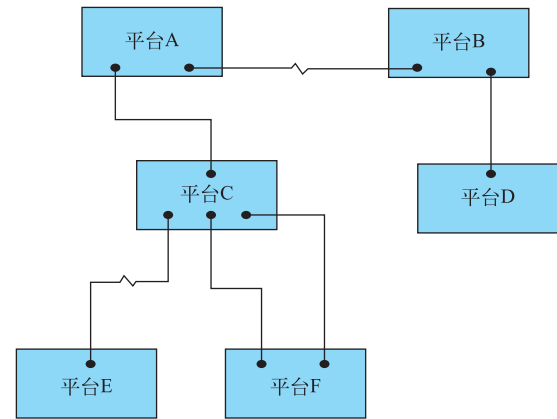


图5 油田电力一次系统模型

2. 规则制定

海上石油平台经常进行发电机、电动机的起停操作以便进行设备检修，其中绝大部分正常设备起停不会对配电网结构、保护配合关系造成影响。如果不加以区分将现场所有开关量信息列入开关量信息交互表，则会导致在线校核系统频繁启动校核，带来不必要的系统负担和报告维护工作量。

因此，在对配电网结构进行分析的基础上，以动作后对配电网影响的重要程度对开关进行优先级分类，见表4。

表4 开关分级表

级别	类型
一	电站平台间组网联络开关
二	电站-负荷平台间联络开关
三	发电机出线开关、母联开关
四	平台主变压器两侧开关
五	中压负荷开关
六	其他开关

考虑到四级及以下开关动作对整个网络运行方式影响较小，因此，传输一~三级开关状态信息即可满足现场对保护装置的在线校核需求。

3. 校核结果

(1) 灵敏性校核

陆地系统调试时发现A平台存在一处保护灵敏度不满足要求的情况，母联开关VCB104近后备过电流保护灵敏度仅为1.06，不满足1.3的灵敏性要求，但在现场运行时，校核系统读取现场电网的实际运行方式，通过调取VCB104校核结果，可见在当前运行方式下其过电流保护灵敏度达到2.676，满足灵敏度要求，校核系统输出如图6所示。

校验结果
保护装置名称: 海缆CEPD-WHFC (JZ9-3CEPD)VAMP259 装置型号: VAMP259 设备名称: CEPD-WHFC
JZ9-3CEPDVCB1041 (VCB104)VAMP255 (线路) 装置型号: VAMP255 (VCB104)
海缆SLPW-WHFA (JZ9-3SLPW)P121 装置型号: P121 SLPW-WHFA
JZ9-3WHPEVCB E11 (JZ9-3WHPE)F-MPC60 (线路) 装置型号: F-MPC60 (VCB E11)
JZ9-3SLPWVCB S41 (JZ9-3SLPW)F-MPC60 (线路) 装置型号: F-MPC60 (VCB S41)
反向测量幅值 反方向保护灵敏度值 反方向保护灵敏度校验结果 远后备故障点
1、整定项名称: Pickup current I> 保护原理: 阶段式相电流保护 保护时序: 相间电压/电流 保护性质: 全设备范围后备保护 当前定值: 0.3365 近后备要求值: 1.3 近后备校验故障点: BUS-MA 近后备计算值: 1.06364346896734

(a) 陆地调试校核结果

校验结果
保护装置名称: 海缆SLPW-WHFA (JZ9-3SLPW)P121 装置型号: P121 SLPW-WHFA
JZ9-3WHPEVCB E11 (JZ9-3WHPE)F-MPC60 (线路) 装置型号: F-MPC60 (VCB E11)
JZ9-3SLPWVCB S41 (JZ9-3SLPW)F-MPC60 (线路) 装置型号: F-MPC60 (VCB S41)
JZ9-3SLPWVCBMD041 (VCB MD04)CSC-211 装置型号: CSC-211 VCBMD041
序号 助解符 定值名称 时序类型 保护性质 标么值定值 一次有名值 二次有名值
2 I> Pickup current I> 相间电压/ 全设备范 0.3365 1850 0.74
1、整定项名称: Pickup current I> 保护原理: 阶段式相电流保护 保护时序: 相间电压/电流 保护性质: 全设备范围后备保护 当前定值: 0.3365 近后备要求值: 1.3 近后备校验故障点: BUS-MA 近后备计算值: 2.67608860095224 近后备灵敏度校验合格

(b) 现场运行校核结果

图6 VCB104过电流保护灵敏度校核

由于VCB104在B平台仅开一台发电机的最小工况下，如使其满足灵敏性要求，则在其他工况下选择性无法保证，考虑最小工况是极少出现的，为了满足绝大多数工况选择性要求而牺牲极少数工况灵敏性要求是合理的，但该问题在实际出现单机运行工

况时务必加以关注,及时调整保护定值,避免短路时发生保护拒动情况。

(2) 选择性校核

现场在线校核过程中,发现C平台中压母联开关VCB S4过电流保护和C平台至A平台联络开关VCB MD04过电流保护存在级差配合不当问题。

经现场排查,发现设计提供的定值单中VCB MD04设置带方向的过电流保护见表5。

表5 VCB MD04定值单

VCB MD04的保护定值清单(四方CSc-211)CT:1250/1					
菜单子项	菜单中文说明	定值范围	定值设置	原定值	动作逻辑
DPHLPDOC?	方向过电流保护1段投入?	—	投入		
	过电流1段电流定值	$0.05 \sim 5 I_n$	$3.8 I_n$	3.8	跳闸
t	过电流1段动作时间	40~20 0000 ms	2.7 s	1.5	
Direction mode	方向模式	1=无方向 2=正向 3=反向			
Angle	灵敏角				
Delay Type	动作曲线类型	定时限 反时限	定时限		

但现场VCB MD04继电保护装置为四方CSC-211,该装置不支持方向过电流保护功能,灌值人员只录入了电流定值,未设置方向,并且没有在定值单上标注并反馈,从而导致其与母联开关保护无法形成级差配合关系。

该线路为油田平台间的一级联络线路,一旦发生越级动作,将造成配电网解列的严重事故。

结束语

继电保护装置是保障海上油田电网安全运行最重要的也是最后的防线,通过对平台继电保护专业现状分析和电网现有管理系统分析研究基础上,提出了通过CIM-E格式文件与现场第三方系统通信获得校核所需实时数据的继电保护定值在线校核方法,该方法广泛适用于当前海上石油平台。并最终在某油田成功进行了示范应用,发现现场存在安全隐患,取得了预期效果。EA

(收稿日期:2021-12-06)

参考文献

- [1] 曾耿晖,李银红,段献忠.电力系统继电保护定值的在线校核[J].继电器,2002,30(1):22-24.
- [2] 杨慧敏,王宁,刘一民,等.继电保护定值在线校核及预警应用在华北电网的应用[J].自动化应用,2019(5):82-84.
- [3] 陈永稳.用于在线暂态稳定分析的电网实时运行状态获取方法研究[J].电工技术,2011,19(3):19-20.
- [4] 吕颖,吴文传,张伯明,等.电网保护定值在线整定系统的开发与实践[J].电网技术,2008,32(8):15-17.
- [5] PHADKE A G, THORP J S. Expose hidden failures to prevent cascading outages in power systDMS[J]. IEEE Computer Application in Power, 1996, 9(3): 20-23.
- [6] VENTRA, SS. et al. C.A.E software for transmission protection systDMS: Puget power experience[J]. IEEE Transactions on Power Delivery. 1987, 2(3): 691-698.
- [7] 肖金星,王法,熊芬芳,等.基于比例强度模型的继电保护系统风险成本优化评估方法[J].电气应用,2020,39(2):47-52.
- [8] 冯晓伟,王本涛,董金星,等.继电保护测试功率源实用化热设计与实践[J].电气应用,2020,39(8):53-59.
- [9] 丁晓兵,杨军,余江,等.基于微服务架构的继电保护信息主站数据服务方案[J].电气应用,2020,40(10):87-93.
- [10] 陈婷.基于FTU检测方法在含DG配电网故障区段定位的应用综述[J].电气应用,2020,39(4):30-37.
- [11] 程杰,尚智婕,胡威,等.智能电网信息系统安全隐患及应对策略[J].电气应用,2020,39(4):99-102.
- [12] 陈后全,张思东,喻恒凝,等.考虑缺电损失评价的主动配电网网架规划研究[J].电气应用,2020,39(7):24-30.
- [13] 温东翰,徐敏.基于改进型蚁狮算法的主动配电网优化重构[J].电气应用,2020,39(7):31-35.