

智能变电站即插即用方案设计与实现

陈志光¹, 赵 谦², 张 弛¹, 胡再超²

(1.广东省电力调度中心, 广东 广州 510600; 2.南京国电南自电网自动化有限公司, 江苏 南京 210000)

摘 要: 智能变电站的基本要求是全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化。传统变电站内电缆承载的信息被数字信息取代。智能变电站的建设、运行、维护过程中, 作者结合智能变电站的工程实践, 介绍一种智能变电站继电保护设备即插即用方案, 解决设备从出厂状态到站内运行的过程中, 继电保护设备需要经过复杂配置才能投入使用的问题。作者还提出标准化的过程层虚端子表, 用来规范过程层采样和 GOOSE 的内容; 并介绍了智能变电站 61850 自动化的配置方法, 用来实现智能变电站继电保护设备的即插即用。

关键词: 智能变电站; 即插即用; 标准化虚端子

0 引言

智能变电站已经进入大规模建设阶段。设备间的通讯网络化是智能变电站时代的重要标志。通讯网络化带来了信息共享便利, 但也带来了设备间通讯配置的繁复。特别是在变电站建设过程中, 调试人员大量的精力都投入在整站通讯配置。某一个设备的 ICD 模型文件修改之后, 必须提交给集成商重新制作 SCD 文件并分发给所有的设备厂家。当智能变电站进入了运行维护阶段, 某一台设备出现了故障时, 其备用设备配置过程也相对比较复杂, 需要将故障装置原有的配置导出并重新下装。不论在变电站建设或是运维过程中, 装置的通讯配置都很复杂, 这就需要我们为智能变电站通讯配置探索一条新路。

1 标准化虚端子

从通讯的角度上来看, 传统保护已经基本实现了即插即用。只需要将装置的端子固定并连接好, 设备即可实现即插即用。数字化继电保护装置的外部端子变成了虚端子, 回路变成了虚回路。

针对某种电压等级、某种接线方式下的变电站, 其保护设备配置确定后, 继电保护设备之间的通讯也确定下来。若能实现变电站内的网络上交互标准化的信息, 则智能变电站 IED 设备即插即用将成为可能。具体的方法是, 通过将合并单元的 SV 采样通道虚端子及其他 IED 设备的 GOOSE 虚端子的定义固定, 就如同传统方式下保护装置的采样通道与

装置开入开出的位置固定。对于订阅端来说, 发布端的虚端子表是透明并已知的。

从系统配置层面来看, 当备用设备需要即插即用, 虚端子关联的步骤可以省略。从装置层面来看, 可以取消间隔层设备获取相应通道时的映射关系, 不再需要相关配置文件。这种理想的通讯方式要求我们标准化合并单元发布的 SV 的各个通道的定义、以及过程层 GOOSE 虚端子的通道位定义。

因为 IED 设备发布和订阅的信息与其网络连接方式无关, 采用标准化虚端子方式的 IED 设备即插即用方法, 既可以适用于点对点方式, 也可以适用于组网方式。任意 IED 设备发布出去的信息包含了所有订阅者需要的所有信息。这些信息的内容已标准化并以合理的方式告知订阅端。订阅方获取到网络上的信息, 按照已经约定好的通道顺序抽取出自己订阅的数据。

下面举例说明如何利用标准化虚端子实现继电保护设备即插即用。

我们针对 110kV 智能变电站应用较多的单母分段主接线方式, 做典型的虚端子分析。高压侧母线分两段, 每段母线分别接入一台主变压器和若干条出线。其中二次设备包括线路间隔的保护、智能终端、合并单元; 分段开关间隔的保护、智能终端、合并单元; 主变压器的保护、智能终端、合并单元; 母线电压合并单元、母线电压智能终端; 另配备母线保护、备投等设备。在智能变电站二次设备分层组态体系内, 合并单元、智能终端是过程层设备, 其他保护设备是站控层设备。

我们给出了高压侧主接线方式和配备二次设备示意图，以及各二次设备之间的 IEC61850 信息流向，如图 1、图 2、图 3。图中箭头只是信息流向，不代表实际物理传输方式，具体方式可以使点对点或者组网。

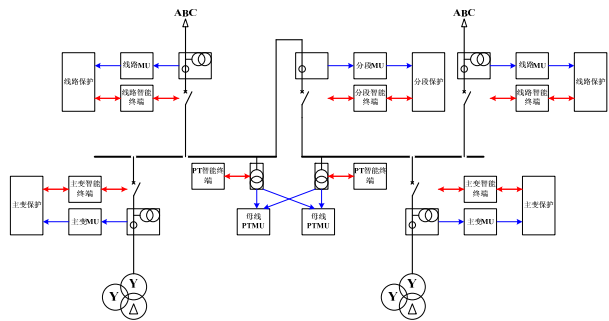


图 1 单母分段智能变电站继电保护设备配置与信息流向

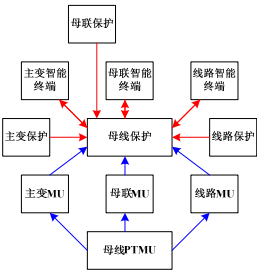


图 2 单母分段智能变电站继电保护设备配置与信息流向 2

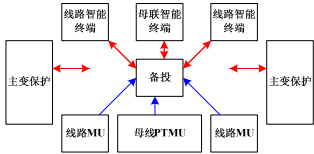


图 3 单母分段智能变电站继电保护设备配置与信息流向 3

有了设备配置和信息流向，可以根据智能变电站的主接线图、继电保护设备、信息流向，确立设备之间的 GOOSE 通讯关系表，如表 1 和表 2。

表 1 保护装置和智能终端之间的 GOOSE 关系表

名称	线路智能终端	主变智能终端	分段智能终端
线路保护	✓		
主变保护		✓	✓
母线保护	✓	✓	✓
分段保护		✓	✓
备投	✓	✓	✓

表 2 保护装置之间的 GOOSE 关系表

	线路保护	主变保护	母线保护	母联保护	备投
线路保护			✓		
主变保护			✓		✓
母线保护	✓	✓		✓	
母联保护			✓		

确立了通讯关系表之后，举例说明一组相互通讯设备的虚端子表。表 3 是线路保护发布的 GOOSE 虚端子表。表 4 是线路智能终端从线路保护发布的虚端子表中获取的端子信息。表 5 是线路智能终端发布的 GOOSE 虚端子表。表 6 是线路保护从线路智能终端发布的虚端子表中获取的端子信息。

表 3 线路保护发布的 GOOSE 虚端子表

序号	虚端子名称	路径
1	跳断路器	TripPTRC1\$ST\$Op\$general
2	三相跳闸	TripPTRC1\$ST\$BkRecST\$stVal
3	重合闸	ReclosingRREC1\$ST\$Op\$general
4	启动断路器失灵	TripPTRC1\$ST\$StrBF\$general
5	过负荷	GOSigGGIO1\$ST\$SPCSO1\$stVa
6	远传命令输出	GOSigGGIO1\$ST\$SPCSO2\$stVa
7	保护启动	TripPTRC1\$ST\$Str\$general

表 4 线路智能终端从线路保护发布的 GOOSE 虚端子中获取的信号

序号	信号名称
1	跳断路器
2	三相跳闸(永跳)
3	重合闸

表 5 线路智能终端发布的 GOOSE 虚端子表

序号	虚端子名称	虚端子
1	双点断路器总位置	Q0XCBR1\$Pos\$stVal
2	压力低闭锁重合闸	GOUTGGIO1\$Ind6\$stVal
3	KKJH(KK 合后)	GOUTGGIO1\$Ind9\$stVal
4	STJ(手跳)	GOUTGGIO1\$Ind10\$stVal
5	SHJ(手合)	GOUTGGIO1\$Ind11\$stVal

表 6 线路保护从线路智能终端发布的 GOOSE 虚端子中获取信号

序号	虚端子
1	双点断路器总位置
2	压力低闭锁重合闸
4	STJ(手跳)
5	SHJ(手合)

SV 的通讯关系表和 GOOSE 类似，首先建立站内各个设备之间的通讯关系。如表 7。针对 SV 信号，合并单元是 SV 信号的发布端，保护装置是 SV 信号的订阅端。表 8 为举例说明线路合并单元发布的 SV 虚端子信息。

表 7 保护装置和合并单元的通讯关系表

名称	线路合并单元	主变合并单元	母联合并单元	母线合并单元
线路保护	✓			
主变保护		✓	✓	
母线保护	✓	✓	✓	✓
母联保护			✓	

表 8 线路合并单元发布的 SV 虚端子表

序号	信号名称	引用路径
1	合并器额定延时	MU/LLN0\$DelayTRtg
2	保护电流 A 相 1	MU/PATCTR1\$Amp1
3	保护电流 A 相 2	MU/PATCTR1\$Amp2
4	保护电流 B 相 1	MU/PBTCTR1\$Amp1
5	保护电流 B 相 2	MU/PBTCTR1\$Amp2
6	保护电流 C 相 1	MU/PCTCTR1\$Amp1
7	保护电流 C 相 2	MU/PCTCTR1\$Amp2
8	测量电流 A 相 1	MU/MATCTR1\$Amp1
9	测量电流 B 相 1	MU/MBTCTR1\$Amp1
10	测量电流 C 相 1	MU/MCTCTR1\$Amp1
11	电压 A 相 1	MU/UATVTR1\$Vol1
12	电压 A 相 2	MU/UATVTR1\$Vol2
13	电压 B 相 1	MU/UBTVTR1\$Vol1
14	电压 B 相 2	MU/UBTVTR1\$Vol2
15	电压 C 相 1	MU/UCTVTR1\$Vol1
16	电压 C 相 2	MU/UCTVTR1\$Vol2
17	测量电压 A 相 1	MU/MUATVTR1\$Vol1
18	测量电压 B 相 1	MU/MUBTVTR1\$Vol1
19	测量电压 C 相 1	MU/MUCTVTR1\$Vol1
20	同期电压 1	MU/UxTVTR1\$Vol1
21	同期电压 2	MU/UxTVTR1\$Vol2

确定了变电站内所有设备的 GOOSE 和 SV 通讯关系表和虚端子表，将实例化的虚端子表形成数据库，并存放于继电保护设备内。所有 IED 设备按照标准化的虚端子顺序接收和发送数据。结合 IEC61850 自动化配置方案，任意一个 IED 出现故障时，替换设备可以完全即插即用代替原有设备、与其他设备建立通讯、并完成原有功能。

2 IEC61850 自动化配置方案

标准化虚端子在过程层通讯层面上，为智能变电站 IED 设备即插即用提供了可能。在站内配置层面上，我们提出自动化配置方案。

目前国内各个厂家的基于 IEC61850 的数字化继电保护设备，主要采用管理 CPU 与保护 CPU 分离的模式。管理 CPU 负责与站控层设备通讯的 61850 规约，保护 CPU 负责与过程层设备通讯的 61850 规约。国内二次设备厂家在获取到 CID 文件之后，都采用了映射文件和模型文件分离的模式。映射文件承载了模型中的数据集合信息与装置实际硬件资源的映射关系。这些映射关系不体现在设备的 ICD 模型文件中，只体现于装置内部的映射文件中。

智能变电站建设过程中，IED 设备并不能拿到 CID 文件后直接使用。还需要进行一些工程配置。例如：SV 的端口信息、GOOSE 端口信息、对方方

式、网络运行相关参数、其他装置运行参数等信息。这些信息都需要在装置就绪后进行配置。

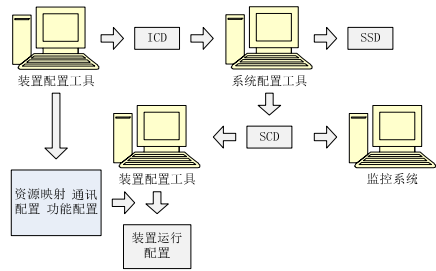


图 4 智能变电站配置流程

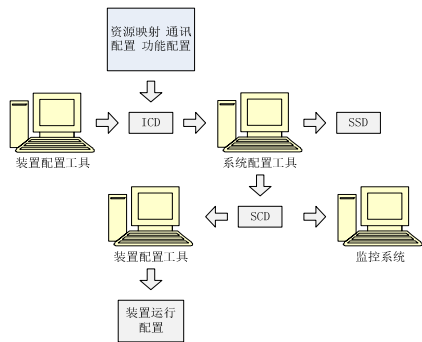


图 5 智能变电站自动配置流程

基于以上几点，目前的智能变电站过程层配置流程，无法实现由集成商提供 SCD 文件直接完成对继电保护设备的所有通讯和功能配置。我们针对现状，提出自动化配置流程，让 SCD 直接可以生成装置可运行的配置文件，减少了中间文件和旧配置的备份工作。图 4 为原有的配置流程，图 5 为自动配置流程。

(1) 继电保护的站控层接口支持多种网络协议，如文件传输协议等。自动化配置流程中，装置配置工具生成的 CID 文件宜直接装载到管理 CPU 内部。

(2) ICD 文件内部加载装置自动化配置所需的所有信息，包括资源映射、通讯配置、功能配置等信息，以合理方式加载于 ICD 模型文件的私有字段中。这部分信息在 SCD 到 CID 文件的过程中得以保留，并利用装置配置工具形成装置运行配置。

(3) 当运行设备出现故障时，同型号备用设备，只需要利用 SCD 形成 CID 文件，即可将所有运行配置还原到装置中。对于变电站配置文件的管理来说，只需要备份 SCD 文件即可。

3 结论

智能变电站的建设到了目前阶段,最需要解决的问题在于如何从小规模试点建设方案转到大规模推广方案。我们结合工程实际现状,在两个层面上提出智能变电站继电保护即插即用方法。在过程层通讯层面上,采用标准化过程层 SV 和 GOOSE 虚端子的方式,设备之间的通讯关系和内容可以通过标准化虚端子确定。在整站配置和装置运行配置层面,我们提出了改进方案,将 IED 设备的资源映射关系、通讯配置、功能配置信息以合理的方式藏于 ICD 模型文件中的私有字段内。其中一部分信息如端口配置等,也可以标准化,以便于集成厂家自动完成设计图纸。通过我们提出的方案,可以使装置实现自动配置,在最终装置运行配置的阶段,不再需要初始的配置文件。基于标准化虚端子方案的 IED 设备和 IEC61850 自动化配置方案已在河北东工业变、新疆乌苏变等智能变电站内验证并使用。

参考文献:

- [1] 贾彦萍.基于 XML 技术的变电站 IED 设备“即插即用”监控系统研究[D]. 成都:西南交通大学,2007.
- [2] 顾建伟,赵翠然,张铁峰. 基于 IEC61850 的配电终端即插即用实现技术研究[J]. 电力系统通讯,2012(4).
- [3] 卞鹏,潘贞存,高湛军,等. 变电站中智能设备(IED)的自动识别和远程配置[A]. 全国高等学校电力系统及其自动化专业第十九届学术年会论文集[C].
- [4] 顾建伟,张铁峰,韩书娟. 基于 IEC61850 国际标准的配电自动化系统应用研究[J]. 电力科学与工程,2012,28(1).
- [5] 刘益青,高厚磊,魏欣,等.智能变电站中过程层和间隔层功能一体化 IED 的设计[J]. 电力系统自动化,2011,35(21).
- [6] 贾彦萍,李建兵,钱程. 关于变电站中 IED 设备“即插即用”监控系统的研究[A]. 中国高等学校电力系统及其自动化专业第二十二届学术年会[C].2006
- [7] 高亚栋,朱炳铨,李慧,等. 数字化变电站的“虚端子”设计方法应用研究[J]. 电力系统保护与控制,2011,39(5).

作者简介:

陈志光 (1965—), 男, 广东梅州人, 高级工程师, 从事继电保护专业工作;

赵 谦 (1985—), 男, 江苏南京人, 工程师, 从事电力自动化专业工作, E-mail: qian-zhao@sac-china.com;

张 弛 (1978—), 男, 四川成都人, 工程师, 从事继电保护专业工作;

胡再超 (1977—), 男, 湖北枣阳人, 工程师, 从事继电保护专业工作。