

IEC61850 保护测控装置控制模型的应用研究

李新超¹, 杨宇², 樊陈², 高春雷²

(1.广东省电力调度中心, 广东 广州 510600; 2.国网电力科学研究院/南京南瑞集团公司, 江苏 南京 210003)

摘要: 对 IEC61850 标准中控制的类型进行了总结分析, 根据实际应用的需求对控制模型的数据结构进行了定义, 着重对控制服务的选择、操作和取消的功能进行了探讨, 并针对控制服务的否定响应进行了深入分析。将其应用于实际保护测控装置, 实现了 IEC61850 标准的控制服务功能, 并通过了一致性测试。

关键词: IEC61850; 控制模型; 服务器; 客户端; 信息报告

Research and application of control model of IEC61850 in protection and control devices

LI Xin-chao¹, YANG Yu², FAN Chen², GAO Chun-lei²

(1. Guangdong Power Dispatch Center, Guangzhou 510600, China;
2. State Grid Electric Power Research Institute, Nanjing 210003, China)

Abstract: The paper analyzes the control modes of IEC61850, describes the data structure of the control model according to the requirements of the implementation, and emphasizes the function of the service about the selection, operation and cancel. The negative response of the control service is discussed in detail. The control service of IEC61850 has been implemented in protection device successfully, and it has passed the conformance test.

Key words: IEC61850; control; server; client; information report

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)10-0096-05

0 引言

IEC61850 是国际标准组织发布的最新的变电站自动化系统标准, 该标准采用面向对象的建模技术和抽象通信服务接口 ACSI (Abstract Communication Service Interface), 为不同厂商的智能电子设备 IED (Intelligent Electronic Device) 实现互操作和系统无缝集成提供了途径^[1-2]。基于 IEC61850 的控制模型的应用则是保护测控装置开发中的重要内容之一, 它是实现远方操作的重要保证。控制功能在工程应用中具有较高的可靠性和安全性的要求, 所以在实际的执行过程中是通过客户端与装置(服务器)多次交互功能来实现的, 这与传统意义的遥控操作很类似。标准 7-3^[3]、7-4^[4]定义了控制的模型及数据结构, 7-2^[5]和 8-1^[6]定义了服务的具体实现方式, 本文针对控制模型进行了探讨, 并针对其在保护测控装置中的具体的应用进行了阐述, 相信对同类产品的开发有一定的借鉴作用。

1 控制的类型

标准 7-2 部分定义了四种控制状态类型, 分别

是带普通安全机制的直接操作 (Direct with Normal Security)、带普通安全机制的先选择后操作 (SBO with Normal Security)、带增强安全机制的选择后操作 (SBO with Enhanced Security)、带增强安全机制的直接操作 (Direct with Enhanced Security) 四种类型, 这四类根据是否带时间激活的特性又可以再次分类, 本文在此讨论的为不带时间激活特性的操作。

带普通安全机制的直接操作所包含的对象仅仅为 Operate 一个, 过于简单且安全性较低; 带增强安全机制的直接操作虽然包含了 Operate、Cancel 两个数据对象, 但是由于是直接操作, 安全性仍然不高; 带普通安全机制的先选择后操作包含 SBO、Operate、cancel 三个数据对象, 安全性较高, 同时也满足实际的需求; 带增强安全机制的选择后操作包含 SBOw、Operate、Cancel 三个数据对象, 和实际的遥控操作十分吻合, 同时安全性能也更加高, 与带普通安全机制的先选择后操作类型相比, 该类型在错误操作的情况下会予以否定回应, 不仅可以包含指示失败的访问结构的 MMS 写肯定响应, 同时还可包含额外的诊断原因, 这就使得它的总体性能更加可靠和安全, 为此, 本文选择带增强安全机制的选择后操作类

型作为研究对象,着重对此进行阐述。

2 控制的模型结构

传统的变电站控制就是“四遥(或者五遥)”之一的遥控,具体就是选择、返校,然后执行,这一操作多是通过后台或者调度来实现,由于变电站内的后台监控和调度系统都有锁定功能(开关在合位的时候只能选择分,开关在分位的时候只能选择合),所以这一功能在装置内部并没有加以实现。而返校从一定功能上将一方面可以防止误操作,同时也可以验证后台或者调度与装置之间的下行通道是否正常。

基于 IEC61850 的控制模型在功能上能够完全实现传统的遥控功能,同时还有更加严格的逻辑控制要求,这极大地提高了装置的可靠性和安全性,也使得整个控制的流程更加完善。控制模型提供服务对带功能约束 FC(CO 或 SP)的数据属性(DataAttribute)进行读写操作,在此主要讨论针对 CO 的数据属性的读写操作。针对装置的实际情况,在建立控制模型的时候选择了 CSWI 节点,并针对其 CO 属性的数据进行了建模分析。在标准中 CSWI 的 Pos(位置)数据属于 DPC(可控的双点),而其中功能约束为 CO 的只有 ctlVal、operTim、origin、ctlNum 四个数据,但在实际的应用中却远不止这些,考虑到实际的功能应用,并根据 MMS-LITE 库中定义,装置采用标准 8-1 的 MMS 应用服务模型,即设立有 ctlVal、SBO、SBOw、Operate、Cancel 四类^[6-10]。其中 SBO 为直接执行,而 SBOw 为带值选择,Operate 表示执行、Cancel 代表取消,其中 Operate、Cancel 分别代表传统控制中返校的确定和取消,而传统控制中的选择实际(选择分或者合)是带值选择。因此本文采用 SBOw、Operate、Cancel 来实现保护测控装置的控制功能。

针对 SBOw(带值选择)、Operate(操作)、Cancel(取消),具体的数据结构如图 1~3。

其中 ctlVal 为控制值,BOOLEAN(布尔)类型,只能为 on(合)、off(分)。

Origin 为原发者,具体又包含 orCat 和 origin 两个数据对象,其中 orCat 表示控制类型,如间隔层、站控层、远程控制等,表明操作者的身份。而 orIdent 表示原发者的地址,目前保留为空(NULL)。

ctlNum 为字符型整数,表示控制次数。

T 表示时间,为 UTC 类型;

Test 表示是否是测试,为 BOOLEAN(布尔)类型。

Check 表示检查种类,为 DPC 类型,(如 00,)

其中左边的第一位表示是否进行同期检查,类型为 BOOLEAN,右边的一位表示是否进行互锁检查,也是 BOOLEAN 类型。

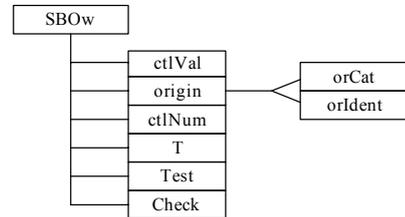


图 1 带值选择的数据结构
Fig.1 Data structure of SBOw

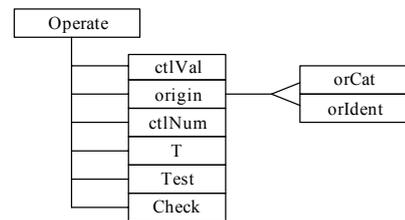


图 2 操作的数据结构
Fig.2 Data structure of operate

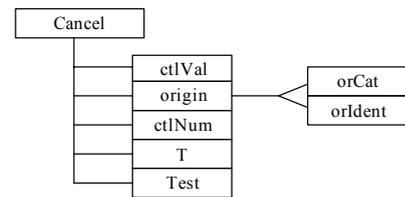


图 3 取消的数据结构
Fig.3 Data structure of cancel

上述都是控制模型中所直接涉及到的数据模型,还有一类间接涉及到的模型,开关的状态量信息,无论是遥控执行成功还是失败,也无论是选择分还是合,都需要判断开关的实际状态,因此 CSWI 节点下 ST(状态功能约束)的 Pos 的模型也是控制模型所不可缺少的一部分,其结构如图 4。

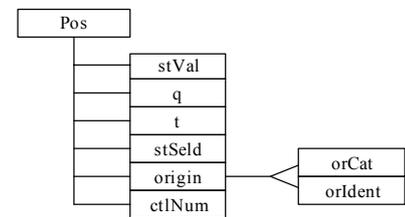


图 4 位置的数据结构
Fig.4 Data structure of Pos

在上述 Pos(位置)数据对象下, stVal(表示开关的状态)、q(品质)、t(时间)是属于强制性属性,是必须有的,而 stSeld(可控数据在“已选

择”状态)、origin (结构体变量,源发者)、ctlNum (控制次数)为可选量,在此一并都选上。而真正能够起到关系到遥控能否正确执行的就只是 stVal,它代表了开关的实际状态。由于它是 DPC (可控的双点)的数据类型,所以它可以有四个状态 (SPC (可控的单点)对应的 stVal 只有分合即 0、1 两个状态),分别是 00、01、10、11,其中 00 表示中间状态,即不分不合,可以用来表示断路器的开关状态未接入装置时的状态,01 表示开关在分位,10 表示开关在合位,11 表示开关状态异常。对于传统的隔离开关,通常只有分合两个状态,而对于断路器,由于开关的实际状态取决于跳闸线圈和合闸线圈两个量,所以 DPC 数据类型的四个状态量完全能够满足现有传统装置实际的需求,因而使得 IEC61850 标准在兼容现有系统的情况下也能够适应今后智能化开关的需求,这也正好体现了 IEC61850 标准的通用性和可扩展性的特点。

3 控制模型的应用

控制模型在保护测控装置中的具体服务是通过 MMS 的读写服务来实现的,因此,整个控制模型实现的关键就在于如何来进行相应的读写服务,这就涉及到了严格的读写逻辑 (类似于传统变电站遥控操作的顺控)。为顺利实现控制功能并通过 KEMA 的一致性测试,在保护测控装置的程序中就不得不考虑各种严格的逻辑,而这些逻辑的实现则是通过各个数据属性相应的读写函数来实现,在此针对装置中所采用的逻辑进行详细讨论,具体如下。

3.1 SBOw (带值选择)的实现

由上述 SBOw 的数据模型可以看出,实际的带值选择服务就是针对 SBOw 这一结构进行写操作。写数据也必须遵循相关逻辑,具体如下:

若没有选择 (保护装置里设置选择标志位这一全局变量)就执行,服务器 (保护测控装置)应该予以否定响应并报错。

SBOw 所写的值必须和开关原有状态的值得不同,即写给 SBOw\$CO\$Pos\$StVal 的值和 SBOw\$ST\$Pos\$StVal 读取的值必须不同,若相同则直接报错。简单地说也就是开关在合位的时候不能够合,开关在分位的时候不能够分。

当正确选择后,即 SBOw 被成功写值以后,该节点就处于已选择状态了,在规定的时间内 (可以使用传统变电站的返校等待时间 30 s)若没有执行操作,那么该 CSWI 节点应该回到未选择状态;如果在已选择状态再次进行选择 (即对 SBOw 进行写值操作),装置予以否定响应并报错。

3.2 Operate (执行操作)的实现

由上述数据结构可知,SBOw 和 Operate 的数据对象完全相同,而操作的实现映射到 MMS 也就是对结构体 Operate 进行写操作,同样,这一写操作也必须遵循相应的逻辑。

若服务器 (保护测控装置)未被选择,操作功能是无法执行的,此时对 Operate 进行写值时服务器予以否定响应并报错。

当控制节点被成功选择后,装置的该节点处于已选择状态,此时才能对 Operate 进行写操作,若写给 Operate\$CO\$Pos\$StVal 的值和先前写给 SBOw\$CO\$Pos\$StVal 不同,即选择的状态和执行的的状态不同,服务器应该予以否定响应并报错。同样,如果写给 Operate\$CO\$Pos\$Sorigin\$SorCat 的值和先前写给 SBOw\$CO\$Pos\$Sorigin\$SorCat 的值不同,即选择和执行并不是同一对象,如站控层进行了选择,而此时恰好调度方进行了执行操作,这种情况下服务器也应该予以否定响应并报错,由此可见采用 IEC61850 标准所体现出的高可靠性。当然,如果写给 Operate\$CO\$Pos\$Scheck 的值和先前写给 SBOw\$CO\$Pos\$Scheck 的值不同,即选择和执行时对同期和互锁的有不同的要求,该情况下服务器也应该予以否定响应并报错。

3.3 Cancel (取消)的实现

Cancel 的数据对象和 SBOw、Operate 基本相同,唯一的区别就是少了 Check 这一数据对象。同样的,Cancel 服务的实现映射到 MMS 也就是对结构体 Cancel 进行写操作,当然也必须遵循响应的逻辑。

若控制节点未被选择,那么 Cancel 功能是不让执行的,即对 Cancel 进行写值的时候服务器应该予以否定响应并报错。

当控制节点被成功选择后,装置的该节点处于已选择状态,此时方可进行取消操作,即可以对 Cancel 进行写值,所写的所有的值都必须与先前写给 SBOw 的相同,否则服务器应该予以否定响应并报错。

当取消操作被成功执行以后,即 Cancel 结构体写值成功以后,该控制节点恢复到未选择状态,等待下次选择操作的执行。

总之,无论是执行操作还是取消操作,完成了都会有一个 CmdTerminaiton 服务,以此来结束相应的服务。上述逻辑和功能使得实际的保护测控装置通过了控制功能的一致性测试。

4 否定响应

服务器控制模型的实现在很大程度上取决于否

定响应, 正常情况下正确选择 (SBOw)、正确执行 (Operate) 或者正确取消 (Cancel), 服务器要实现这些功能是很简单的, 但是作为一个具有极高可靠性和安全性的服务器, 必须具备在各种错误操作的情况下拒绝执行读写服务并且报出错误的原因的功能。限于篇幅, 在此仅对选择服务进行阐述。下表是标准中关于带值选择的相关服务。整个带值选择就是

一个写的服务, 成功的情况下会显示写值成功, 失败的情况下要予以相应的否定回应, 分别是信息报告 (变量列表) 和最后应用错误。具体如表 1。

4.1 最后应用错误 (LastApplError)

最后应用错误并不是标准中所具有的逻辑节点或者公共数据类, 它是一个相对独立的结构体, 具体结构如表 2 所示。

表 1 选择服务的映射情况

Tab.1 Mapping of the service of select

ASCI 服务		MMS 服务	变量规范	访问结果
带值的选择 (Select With Value)	请求 (Request)	写请求 (Write Request)	SBOw	
	肯定响应 (Response +)	写响应 (Write) Response		成功 (Success)
	否定响应 (Response -)	写响应 (Write Response)		失败 (Failure)
		信息报告 (变量列表) (InformationReport (ListOfVariable))	最后应用错误 (LastApplError)	

表 2 最后应用错误变量结构定义

Tab.2 Definition of LastApplError

组件名称	ACSI 类型描述	r/w	m/o	注释
控制对象 (CntrlObj)	可视串 (VISIBLESTRING)	r	m	
错误 (Error)	枚举 (ENUMERATED)	r	m	
命令发出者 (Origin)	命令发出者 (Originator)	r	m	见 61850-7-3
控制序号 (ctlNum)	无符号 8 位整数 (INT8U)	r	m	见 61850-7-3
额外原因 (AddCause)	枚举 (ENUMERATED)	r	m	

其中控制对象 (CntrlObj) 为具有可视串数据类型 (VisibleString) 的命名组件, 并且其最大不能超过 65 字节;

错误 (Error) 是用来存储错误类型的, 它是一个枚举数据类型的变量, 缺省值为 0, 具体如下:

```
Error ::= INTEGER {
(0) No Error
(1) Unkown
(2) Timeout Test Not OK
(3) Operator Test Not OK
}
```

命令发出者 (Origin) 用于标志控制动作是哪个客户发出的, 它的值源于 SBOw 中的 Origin;

控制序号 (ctlNum) 用来表示被客户发起服务所定义的控制顺序号, 值自动增加;

额外原因是一个 MMS 服务中所定义的枚举数据类型, 表 3 定义了分配的额外原因。

当务器的 CSWI 节点已经处于被选择状态的时候, 此时若要再次执行带值选择功能, 即给 SBOw 结构体写值, 那么服务器予以否定相应, 并回复相

表 3 ACSI 额外原因值的映射

Tab. 3 Reason of AddCause about ACSI

ACSI 值	MMS 值
未知 (Unknown)	0
不支持 (not-supported)	1
由开关闭锁 (Blocked-by-switching-hierarchy)	2
选择失败 (Select-failed)	3
不正确位置 (Invalid-position)	4
位置达到 (Position-reached)	5
执行中参数改变 (Parameter-change-in-execution)	6
步限制 (Step-limit)	7
被模型闭锁 (Blocked-by-Mode)	8
被过程闭锁 (Blocked-by-process)	9
由互锁闭锁 (Blocked-by-interlocking)	10
由检同期闭锁 (Blocked-by-synchrocheck)	11
命令已经在执行中 (Command-already-in-execution)	12
被健康状况所闭锁 (Blocked-by-health)	13
1 对 n 控制 (1-of-n-control)	14
由取消中止 (Abortion-by-cancel)	15
超过时间限制 (Time-limit-over)	16
由跳闸异常中止 (Abortion-by-trip)	17
对象未被选择 (Object-not-selected)	18

应的错误原因, 此时 Error =3 (该错误是 MMS 应用层服务错误, 3 只是应用层服务错误的枚举变量, 表示 Access-Denied), AddCause = 12; 若要写的状态量 (SBOw\$ctlVal) 的值和开关现有状态量相同, 那么此时否定响应的 Error =3, AddCause =5。除此以外, SBOw 结构体中任何一个变量没有被写成功的话 (如写的值和类型不相符等), 服务器都应该报一个写值失败的回复, 如 Data-Access-denied 等。

4.2 信息报告 (Information Report)

信息报告和服务器中带缓冲的报告控制模块 (BRCB)、不带缓冲的报告控制模块 (URCB) 的类型是相同的, 只是报告的内容不同。实际上控制错误回应所发送的变量列表的信息报告和事件报告都属于信息报告的范畴, 这一点在用 Ethereal 抓包的时候可以看出, 两者报文的标示都是 Information Report, 只是否定回应所包含的数据是个独立的结构体变量 LastApplError, 它不是任何逻辑节点, 也不包含于任何逻辑节点之中; 而 BRCB、URCB 所包含的数据来自于已定义的各个逻辑节点, 是各个逻辑节点所包含的数据的集合, 即数据集 (Dataset)。这也是为何上述表格旁边注释是 list of Variable, 而数据集的注释是 NamedVariableList 的原因。

由此可以看出, 当带值选择功能不错误地执行时, 服务器应该予以一个否定的相应, 即两个错误的回应, 分别是包含 LastApplError 的信息报告回应, 另外一个就是写服务本身的一个写值错误回复。这就体现了 IEC61850 控制服务模型高度的安全性和可靠性。能够有效地防止误操作的发生。

5 结语

控制模型是 IEC61850 标准中极其重要而又复杂的模型之一, 深入理解这一模型并将与其相关的控制服务功能应用于保护测控装置, 将有助于开发出符合 IEC61850 标准的间隔层 IED, 推动数字化变电站的发展。上述模型已成功应用了综合测控装置和线路保护测控装置, 并都通过了一致性测试。

参考文献

- [1] 常弘, 茹锋, 薛钧义. IEC61850 语义信息模型的实现[J]. 电网技术, 2005, 29 (12): 39-42.
CHANG Hong, RU Feng, XUE Jun-yi. Implementation of semantic information module in IEC61850[J]. Power System Technology, 2005, 29 (12): 39-42.
- [2] 吴在军, 窦晓波, 胡敏强. 基于 IEC61850 标准的数字保护装置建模[J]. 电网技术, 2005, 29 (12): 81-84.
WU Zai-jun, DOU Xiao-bo, HU Min-qiang. Modeling of digital protective device according to IEC61850[J]. Power System Technology, 2005, 29 (12): 81-84.
- [3] Communication networks and systems in substations-Part 7-3: basic communication structure for substation and feeder equipment-Common data classes[S].
- [4] Communication networks and systems in substations-Part 7-4: basic communication structure for substation and feeder equipment-compatible logical node classes[S].
- [5] Communication networks and systems in substations-part 7-2: basic communication structure for substation and feeder equipment-abstract communication service interface (ACSI)[S].
- [6] Communication networks and system in substations-part 8-1: specific communication service mapping (SCSM)—Mapping to MMS[S].
- [7] 刘栋, 金惠华. IEC61850 控制模型研究[J]. 电气应用, 2008, 27 (12): 64-70.
LIU Dong, JIN Hui-hua. The research of control model about IEC61850[J]. Electrotechnical Application, 2008, 27 (12): 64-70.
- [8] 何卫, 缪文贵, 朱颂怡, 等. IEC 61850 模型与 MMS 映射的矛盾及其解决建议[J]. 电力系统自动化, 2006, 30 (23): 97-100.
HE Wei, MIAO Wen-gui, ZHU Song-yi. Contradiction in the mapping of IEC 61850 model and MMS and its solutions[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30 (23): 97-100.
- [9] 廖泽友, 孙莉, 贺岑, 等. IED 遵循 IEC61850 标准的数据建模[J]. 继电器, 2006, 34 (20): 40-43.
LIAO Ze-you, SUN Li, HE Ling, et al. IEDs data modeling based on IEC61850 standards[J]. Relay, 2006, 34 (20): 40-43.
- [10] 何卫, 唐成虹, 张祥文, 等. 基于 IEC 61850 的 IED 数据结构设计[J]. 电力系统自动化, 2007, 31 (1): 57-60.
HE Wei, TANG Cheng-hong, ZHANG Xiang-wen, et al. Design of data structure for IED based on IEC 61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31 (1): 57-60.

收稿日期: 2009-06-30; 修回日期: 2009-08-28

作者简介:

李新超 (1978-), 男, 工程师, 主要从事电力系统运行管理工作;

杨宇 (1980-), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为继电保护和变电站自动化;

樊陈 (1982-), 男, 硕士, 主要从事继电保护和数字化变电站相关的研究开发工作; E-mail: fanchen@sgepri.sgcc.com.cn