

文章编号: 1671-7449(2022)03-0236-08

# 一种使用 Python 实现 IEC61850 规约的全自动检测技术

王诗清<sup>1</sup>, 王建伟<sup>2</sup>, 杨 斌<sup>2</sup>, 袁广宝<sup>2</sup>

(1. 国网辽宁省电力有限公司 电力科学研究院, 辽宁 沈阳 110018;  
2. 北京四方继保工程技术有限公司, 北京 100085)

**摘要:** IEC61850 一致性测试涉及到的内容非常庞杂, 一般完成 IEC61850 规约一致性的检测需要不同的工具软件及各类测试仪设备, 且规约一致性检测的整个过程都需要有很强专业知识的人员参与, 需要关注每个细节, 同时对每个检测过程的报文进行分析判断, 整个测试非常复杂和繁琐. 本文结合过往 IEC61850 规约一致性整个测试过程中遇到的问题及检测经验, 针对目前智能变电站 IEC61850 一致性测试操作繁琐、缺乏自动闭环测试的问题, 提出使用 Python 编程语言, 通过 IEC61850 的取代服务来实现一致性检测中最为复杂的报告服务全自动测试技术的实现方式, 提出了系统的实现方法, 该方法通过程序自动判别测试用例和实时报文信息, 测试中无需人工干预, 提高了一致性测试的执行效率并加强了测试的可靠度和严谨性. 相较于以往需要外部施加信号触发生成报告的检测方式提供了新的思路和参考.

**关键词:** IEC61850; 协议一致性测试; 互联互通操作; Python; 智能变电站

中图分类号: TM764 文献标识码: A doi: 10.3969/j.issn.1671-7449.2022.03.010

## A Study on Implementation of Fully Automatic Testing Technology of IEC61850 Protocol Using Python

WANG Shiqing<sup>1</sup>, WANG Jianwei<sup>2</sup>, YANG Bin<sup>2</sup>, YUAN Guangbao<sup>2</sup>

(1. State Grid Liaoning Electric Power Supply Co., Ltd Electric Power Research Institute, Shenyang 110018, China;  
2. Beijing Sifang Automation Co., Ltd, Beijing 100085, China)

**Abstract:** The content involved in the IEC61850 conformance test is very complicated. Generally, different tools and software and various tester equipment are required to complete the conformance test of the IEC61850 protocol, and the entire process of the conformance test of the protocol requires the participation of personnel with strong professional knowledge. It is necessary to pay attention to every detail and analyze and judge the messages of each detection process at the same time. The whole test is very complicated and tedious. This article combines the problems encountered in the entire testing process of IEC61850 protocol conformance and testing experience. Aiming at the cumbersome operation of IEC 61850 conformance testing of smart substations and the lack of automatic closed-loop testing, this paper proposes to use the popular Python programming language and pass the IEC61850 Instead of services to realize the most complex report service in the consistency check, the technical realization method of fully automatic test of the report service is proposed, and a system realization method is proposed. The method automatically distinguishes test cases and real-time message information through the program, without manual intervention during the test. It improves the execution efficiency of the conformance test and strengthens the reliability and rigor of the test. Compared with the previous detection methods that re-

收稿日期: 2021-05-20

作者简介: 王诗清(1988-), 男, 工程师, 主要从事智能配电网技术研究. E-mail:16375617@qq.com.

quire externally applied signals to trigger report generation, it provides new ideas and references.

**Key words:** IEC61850; protocol conformance test; interoperability; Python; smart substation

### 0 引言

规约的一致性测试是 IED 投入使用前的必要过程<sup>[1]</sup>. IEC61850-10 部分规定的一致性测试是用于验证 IED 通信接口与 IEC61850 标准要求的一致性. 该部分规定了实现 IEC61850 规约一致性测试的标准技术及提出性能参数时要使用的特定测量技术. 使用这些技术将提高系统集成商集成 IED、正确操作 IED 及支持预期应用的能力. IEC61850 规约的一致性测试是保证 IED 设备实现互联互通互操作性的基础, 如果不能实现互联互通互操作, 规约的制定就没有了意义. IEC61850 规约一致性的测试能够在最大程度上保证 IED 设备间通信接口与 IEC61850 标准协议相一致, 进而确保设备能够实现互联互通互操作. 但是, 由于 IEC61850 规约一致性测试内容多、涉及细节关注点多、对专业性要求高、设置配置复杂等原因, 使得完成这类测试需要具备极高的 IEC61850 规约专业知识的专业技术人员, 并借助不同的工具软件和测试设备才能够完成, 从而导致 IEC61850 规约一致性的检测效率低、人工检测易造成细节点的遗漏缺失、无法遍历全覆盖测试等问题. 因此, 快速、高效、准确、可遍历全覆盖的 IEC61850 规约一致性自动化测试变的更加必要.

目前, 众多的检测方法和工具被应用于 IEC61850 服务器规约一致性测试当中. 但不论使用哪种工具, 都需要对 IEC61850 规范标准非常了解, 且同时需要对 server 端的设备(被测试设备)进行一些人工操作, 如在进行报告服务测试时, 需要人工操作被测试设备来触发生成变位报告, 同时, 需要抓包对该报告报文进行分析, 判断其是否符合预期. 若对 IEC61850 规范标准理解不全面不正确, 经常会导致测试结果出现问题 and 偏差.

针对目前 IEC61850 服务器规约一致性测试工作中的诸多问题, 鉴于目前开源库资源的日趋丰富及完善, 本文提出了一种基于开源库, 使用 Python 对 IEC61850 服务器规约一致性进行全覆盖遍历的全自动化测试方法. 因 IEC61850 服务器规约一致性测试包括的内容较多, 本文将主要针对报告服务的自动化测试技术的实现提出解决方

法. 首先提出 IEC61850 服务器规约一致性测试的基本过程方法. 针对较难实现自动测试的报告服务提出了通过取代服务模拟置数产生报告的方式, 杜绝人工干预, 从而实现自动触发生成报告, 进而对 IEC61850 报告服务进行自动测试的方法, 加强一致性测试的可信度和严谨性.

### 1 IEC61850 服务器端规约一致性测试的一般过程

国际上将 IEC61850 作为变电站通信网络和系统的统一标准, 用于统一变电站内功能和装置等各个方面, 使变电站内装置间的通信变得更加统一便捷. 在这一标准下建立起统一各厂商的通用配置, 支持不同智能电子设备间的信息共享和互操作. 其主要优势和作用在于为同网络上工作的不同设备建立信息比对和命令执行共享途径, 实现通信的统一性, 避免因通讯协议的不同造成设备间繁琐的规约转换. 规约一致性的测试是对 IED 设备间进行互联互通互操作的基本保障. IEC61850 服务器规约一致性检测的基本过程<sup>[2]</sup>如图 1 所示.

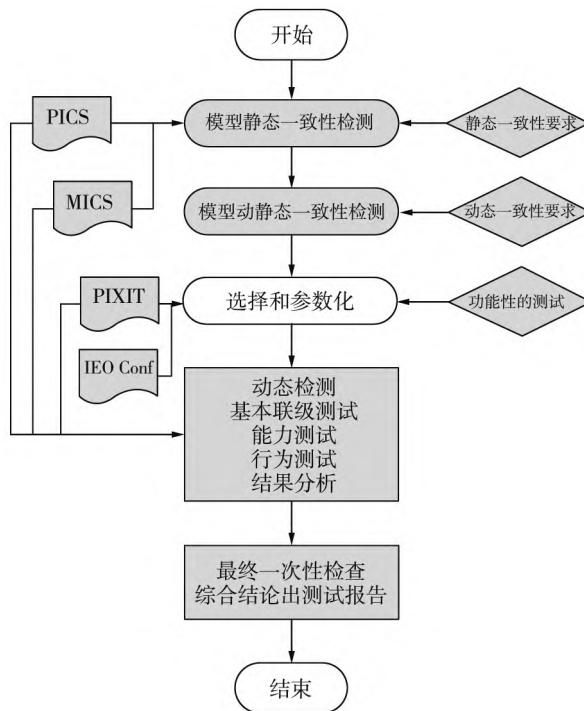


图 1 IEC61850 规约一致性测试过程

Fig. 1 IEC61850 protocol conformance test process

由图 1 所示的 IEC61850 规约一致性服务器端的一般测试过程可以看出, 首先, 我们需要对服务器端提供的 PICS, MICS, PIXIT 文档及 IED 设备的能力描述文件 ICD 进行静态的检查<sup>[3]</sup>, 确保文档完备且文档对 IEC61850-10 中所需要声明的服务内容及服务响应行为都进行了相应说明; 然后, 根据所提供的 PICS, PIXIT 文档中所提及的服务及服务响应情况, 使用各类工具软件或测试设备, 按照 IEC61850-10 中的测试用例逐一进行检测验证<sup>[4]</sup>; 最后, 根据检测情况出具对应的试验报告和过程报文。以上便是一个完整的一般性的 IEC61850 规约一致性服务器端的检测过程。

## 2 IEC61850 一致性测试系统

IEC61850 一致性测试主要是验证 IED 通信接口与 IEC61850 标准要求的一致性, 其包括肯定测试用例和否定测试用例, 常见的 IEC61850 规约一致性测试系统结构如图 2 所示。

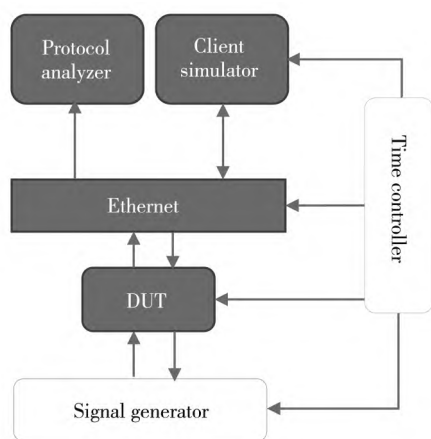


图 2 常见 IEC61850 一致性测试系统结构

Fig. 2 IEC61850 protocol conformance test system structure

图 2 中, 被测试设备(DUT)一般为保护或智能控制设备, 其一致性测试过程如下:

通常用一个通信仿真器(Client Simulator)作为一个 IEC61850 客户端, 通过以太网向被测试设备(DUT)发送服务请求并记录和处理结果信息。通信仿真器通常采用 UniCASim simulator<sup>[5]</sup>。

被测试设备的信号触发等辅助试验可由试验测试仪(Signal Generator)提供, 包括电压电流等模拟量和开关量的输出, 进行环境仿真, 并与通信仿真器(Client Simulator)相互通信。

通常使用一个网络协议报文分析仪(Protocol Analyzer)来监控测试过程中出现的错误, 网络协

议分析仪将对整个过程的报文进行记录 and 解析, 并分析所得检测结果。

最后, 应配置一个时钟同步装置用来对被测试设备、试验测试仪、通信仿真器等一致性测试中各个设备的时间进行同步。以上设备便构成了 IEC61850 的一致性服务端测试的基本框架。

## 3 一致性报告服务自动测试的实现

### 3.1 总体设计

传统的 IEC61850 服务端报告服务的测试, 需要连接试验测试仪手动进行模拟量或开关量的触发, 被测试设备和测试软件系统之间没有形成有效的闭环, 因需要人工干预触发信息, 不能自动判断结果, 影响测试的全面性。

IEC61850 规范明确了需要对取代服务的支持<sup>[6]</sup>, 且目前绝大部分的 IED 设备也都提供了取代服务。这样就使得 IEC61850 规约一致性报告服务的自动检测在不借助外部设备或外部手动置数等手段的情况下可以实现。

基于开源库, 使用 Python 来实现的 IEC61850 服务器规约一致性的自动测试<sup>[7]</sup>, 将会使得整个测试验证过程变得“简单、高效、集成和智能”, 尤其是对于整个一致性规约测试中最难进行测试的报告服务。

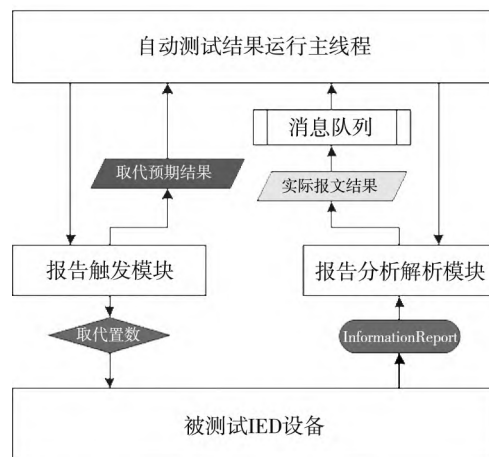


图 3 报告服务自动测试实现过程

Fig. 3 Report service automatic test realization process

将规约一致性报告服务的测试划分成 3 个模块:

1) 报告触发模块: 使用取代功能模拟置数触发有预期结果的报告;

2) 报告分析解析模块: 对触发生成的报告进行解析分析, 并将解析的结果存入到 Python 的字典中放入消息队列;

3) 结果判定运行模块: 从消息队列中获取字典信息, 并通过字典信息的关键字获取对应值和实际预期结果进行比对判断。

整个报告服务自动测试实现过程如图 3 所示。

### 3.2 实现过程

使用 Python 对规约一致性报告服务的全自动测试技术实现过程如下:

#### 1) 数据信息的准备

自动测试结果运行主线程启动后, 调用初始化功能函数在线获取被测试设备 (IED) 的数据模型信息, 将其存入到 Python 的字典中, 通过 return 返回给主线程。

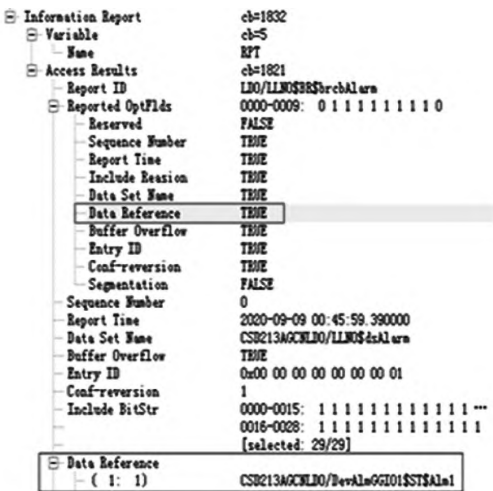


图 4 触发生成总召报告报文信息图

Fig. 4 GI report message information graph

获取到数据模型的字典信息后, 通过数据模型字典信息中的关键字 key(如: dev\_content\_dict ['Brcb\_List']) 获取到被测试设备的报告控制块信息。

然后, 再通过 Python 的 for 循环, 对所有报告控制进行初始设置, 设置报告控制的 OptFlds 和 TrgOps, 使报告控制的 OptFlds 支持 Data Reference; TrgOps 支持 dchg 和 GI 的触发选项。

对报告控制块的初始设置准备完成后, 再次通过 Python 的 for 循环, 开始对每个设置完毕的报告控制块列表进行遍历操作, 依次进行 RptEna 写 False, 清除报告控制块缓存报告, 使能 RptEna, 写总召 GI, 从共享消息队列中获取报告信息并解析返回结果, 得到满足测试要求的报告控制块后退出循环。实际生成的具有 Data Reference 的 GI 总召报告信息如图 4 所示。

最后, 根据以上步骤获取到满足要求的待测试报告控制块的信息及该报告控制块关联的数据集里成员的 Data Reference 信息, 并将其保存在 DataRefNameList 列表中。通过 Python 的字符串替换功能 str.replace() 将对应的取代数据信息存放在新建立的列表中(如: BRCB\_BeLinked\_sub\_List)。具体 Python 实现过程如图 5 所示。

```
for RPref in Brcb_List:
    brcbRef = str(RPref).replace('.BR.', '.')
    DA = 'RptEna'
    _iec61850.IedConnection_writeBooleanValue(con, brcbRef + '.' + DA, BRCB_FC, False)
    DA = 'PurgeBuf'
    _iec61850.IedConnection_writeBooleanValue(con, brcbRef + '.' + DA, BRCB_FC, True)
    DA = 'RptEna'
    _iec61850.IedConnection_writeBooleanValue(con, brcbRef + '.' + DA, BRCB_FC, True)
    DA = 'GI'
    _iec61850.IedConnection_writeBooleanValue(con, brcbRef + '.' + DA, BRCB_FC, True)
    time.sleep(0.1)
    value = self.sharedQueue.get()
    DataRefNameList = value['DataRefName']
    DA = 'RptEna'
    _iec61850.IedConnection_writeBooleanValue(con, brcbRef + '.' + DA, BRCB_FC, False)
    DA = 'PurgeBuf'
    _iec61850.IedConnection_writeBooleanValue(con, brcbRef + '.' + DA, BRCB_FC, True)
    print('DataRefNameList', DataRefNameList)
    if len(DataRefNameList) >= 6:
        rcbEnaReference = brcbRef
        rcbReference_BR = RPref
        [brcbrcb, err] = _iec61850.IedConnection_getRCBValues(con, RPref, None)
        break
    else:
        pass
```

图 5 Python 获取待测试报告控制块过程

Fig. 5 Python obtains the control block process of the report to be tested

#### 2) 变位报告的触发

通过第一步“数据信息的准备”操作后, 已经获取到了满足要求的待测试报告控制块信息、报告控制块关联数据集里成员信息列表以及报告控制块关联数据集对应的取代信息列表。然后, 通过 Python 的 for 循环调用取代函数, 对取代信息列表进行写使能和初始值的设置操作。写完初始值后再清除该报告控制块的缓存区和共享消息队列。

经过以上操作, 对待测试的报告控制块里的成员数据进行了初始值设置, 并清除了缓存区报告和共享消息队列里的信息, 就可以保证使用 write 函数对 subVal 值进行修改时产生的 dchg 变位报告为预期报告。整个过程如图 6 所示。



图 6 触发预期结果报告过程

Fig. 6 Trigger the expected result reporting process

### 3) 变位报告报文的解析及结果判定

在完成以上操作后，产生了 dchg 的变位报文，该变位报文里的预期结果为通过取代功能写入的 subVal 值。因取代触发的变位报文在取代值发生变化时就会立刻产生，需要使用多线程技术对报告报文进行实时的捕获和解析。多线程将报告分析解析模块设置为守护线程。报告分析解析模块使用 Python 的 pcap 功能模块，该功能模块可驱动以太网并根据关键字或关键信息进行过滤，从而能够有效、实时地捕获到有用的报告报文。

考虑 MMS 是按照 TLV 进行编码<sup>[8]</sup>，需要按照有效偏移位逐个对捕获到的报告报文进行解析，如图 7 所示，将有效 Tag 位对应的 length 和 value 进行解析分析，并将解析分析后的 value 值存放在字典中，最终通过 put 将字典信息发送到共享队列中。

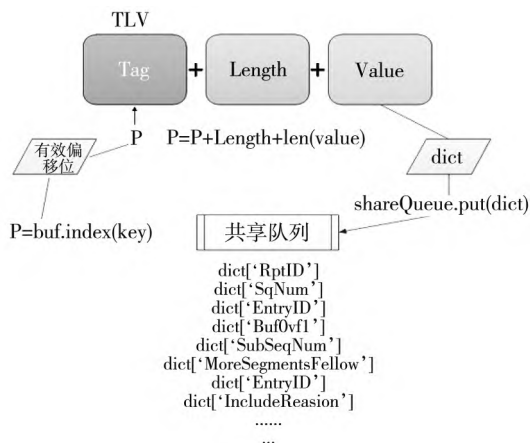


图 7 报告报文解析过程

Fig. 7 Report message parsing process

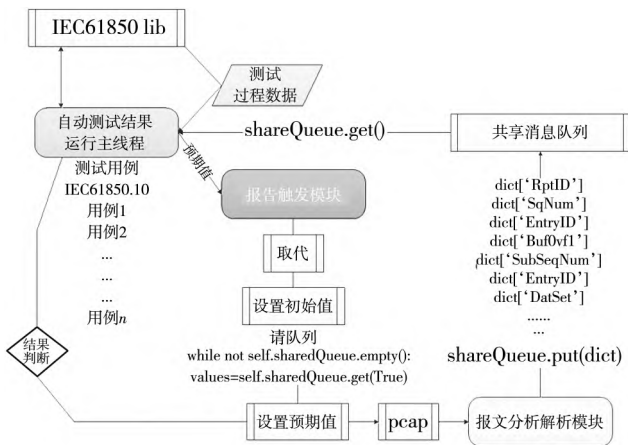


图 8 规约一致性报告服务闭环自动测试

Fig. 8 Protocol conformance report service closed loop automatic test

自动测试结果运行主线程为整个报告服务自动测试的主程序，包含 IEC61850-10 中所有报告

服务的测试用例<sup>[9]</sup>。主程序的主要作用是按照测试用例要求，实现测试过程并将预期结果发送给报告触发模块，使其产生有预期结果的报告报文，然后，再从消息队列中获取报告分析解析模块解析出来的实际报告的结果信息，将预期结果和实际结果进行比较，从而得出测试结果。若和预期一致则测试通过，若不一致则测试不通过，从而实现了报告服务不依赖外部模拟设备全自动的闭环测试。整个闭环自动测试过程如图 8 所示。

### 3.3 技术难点分析及解决

#### 1) 可变模拟量的处理

因报告控制块 RCB 所关联的数据集 DataSet 里的成员较多，有部分成员的值是模拟量值<sup>[10]</sup>，例如，反应 IED 设备的温度量、电压值等，这些模拟量值都会伴随环境温度、时间的变化而改变，在变化的过程中就会触发一些和测试不相关的报告报文，这样就容易对测试结果产生不确定的影响。为了保证测试结果的确定性，自动测试主线程需要通过取代对该 RCB 关联的数据集里的所有成员进行取代遍历，将数据集里的所有成员的初始值设置成固定不变的值，这样就可以避免因环境温度、时间等变化而引起的数据集里成员值发生变化的情况，避免对测试结果不确定的影响，从而保证了测试结果的准确性。

#### 2) 报告控制块的筛选

对于被测试 IED 设备来说，一般都会有多个 RCB 报告控制块，而每个报告控制块 RCB 所关联的数据集 DataSet 是不同的，每个数据集 DataSet 中的成员数也都不同。为了获取到合适的 RCB，设置完 RCB 的属性后，先对 RCB 进行写总召 GI 操作，触发 RCB 生成总召报告，通过报告分析解析模块可以获取到该 RCB 关联数据集的成员数量及成员信息。

#### 3) 分帧报文的处理

因 MMS 的报告报文有超过 1 518 B 的情况，单帧报文无法上传整个报文信息，对分帧报文的解析分析需要进行特殊处理。考虑到 TCP 报文的帧头部分内容是固定的，对分帧标记的偏移位进行判断，若分帧标记表示报文有分帧，则将该报文的固定帧头取出存入到列表 headerbuf 中，除去固定报文帧头以外的内容存入到 segmentbuf 列表中，当发现分帧报文的尾帧后，for 循环遍历重组的 segmentbuf 列表并进行重新组帧，具体实现逻辑如图 9 所示。

```

if buf[59 * 2:(59 + 3) * 2] == '02f000':
    headerbuf.append(buf[2:124])
    segmentbuf.append(buf[124:-1])
    continue
elif buf[59 * 2:(59 + 3) * 2] == '02f080':
    headerbuf.append(buf[2:124])
    segmentbuf.append(buf[124:-1])
    for line in segmentbuf:
        newbuf = newbuf + line
    buf = headerbuf[0] + newbuf
    segmentbuf = []
    headerbuf = []
    newbuf = ''

```

图 9 报告报文分帧处理逻辑

Fig. 9 Report message framing processing logic

### 4 一致性测试报告控制块属性要求

根据 IEC61850-10 标准要求,对报告服务及其他服务都有明确要求,在测试过程的分析和测试结果的判定时都需要参照标准要求.报告服务的自动测试同样适用该标准.按照 IEC61850 标准要求,报告控制块包含的 DA 在 RptEna=True 和 RptEna=False 情况下具有可写和不可写属性,如表 1 所示.

表 1 报告控制块属性表

Tab. 1 Report control block attribute table

序号	DA	属性	说明
1	RptID	RptEna=False 时可写	写空“”后上送报告带完整路径
2	RptEna	可写	使能报告控制块
3	DatSet	RptEna=False 时可写	写 DataSet 成功后 ConfRev+1
4	ConfRev	只读	
5	OptFlds	RptEna=False 时可写	
6	BufTm	RptEna=False 时可写	缓存时间,单位 ms
7	SqNum	只读	
8	TrgOps	RptEna=False 时可写	报告触发条件
9	IntgPd	RptEna=False 时可写	周期上送报告时间,单位 ms
10	GI	RptEna=True 时可写	总召,写 T 成功后自动复位 F
11	PurgeBuf	RptEna=False 时可写	写 T 后消除缓存区报告
12	EntryID	RptEna=False 时可写	可写全 0 或者存在的 EntryID 号

由于篇幅所限,本文仅针对较为复杂较难实现自动化测试的报告服务提出了实现自动化检测的详细的分析、建议及解决方法.旨在对 IEC61850 服务器规约一致性测试自动化的实现提供一定的参考.

### 5 检测实例分析

利用基于开源库使用 Python 实现 IEC61850 服务器规约一致性自动测试的方法对工程中常见的北京四方继保自动化股份有限公司 CSC-122 数字式母联保护装置的报告服务进行检测.

缓存报告分段测试,测试用例描述如表 2 所示.

表 2 报告分段测试用例说明

Tab. 2 Report segmentation test case description

用例 ID	用例描述
sBr5	报告分段: 检验报告太长不能在一个报文中传送时是否可分成几个子报告.用 sequence-number 和 report-time-stamp 选项域,检查下述各项的有效性(DL/T 860.72 的 17.2.3.2.2.5): ——SeqNum(不改变); ——SubSequNum(第 1 个报告为 0,递增,超过最大数归零); ——MoreSeqmentsFollow; ——TimeOfEntry(SeqNum 不变时不改变)(DL/T 860.72 的 17.2.3.2.2.9).

使用 Python 进行报告分段自动测试的整个过程如下:

- 1) 自动选取报告控制块,自动选取条件为该报告控制块关联的数据集里的成员个数 ≥ 6 个;
- 2) 选取成功后,通过写 GI 生成总召报告并解析获取到该报告控制块关联数据集里各个成员的 reference 信息,如表 3 所示;

表 3 测试报告控制块数据集成员信息

Tab. 3 Test report control block data set member information

触发	数据集成员 reference 信息
GI	• VSTRING: PL110MPROT/LLNO\$ST\$FuncEna1
	• VSTRING: PL110MPROT/LLNO\$ST\$RemGoEna
	• VSTRING: PL110MPROT/LLNO\$ST\$RemGrpEna
	• VSTRING: PL110MPROT/LLNO\$ST\$RemSetEna
	• VSTRING: PL110MPROT/goPTRC1\$ST\$TrStrp
	• VSTRING: PL110MPROT/goPTRC2\$ST\$StrBFStrp

- 3) 重新设置连接关联初始值 PDUSize,将初始的 PDUSize 值由 65 000 设置为 600,如表 4

所示：

表 4 PUD Size 设置

Tab.4 PDU Size setting

PDU Size 初始值	PDU Size 设置值
• ISO/IEC 9506 MMS Initiate Request (8)	• ISO/IEC 9506 MMS Initiate Request (8)
Proposed MMS PDU Size: 65 000	Proposed MMS PDU Size: 600

4)清除队列，重新写总召，产生总召报告，报告解析模块实时获取到总召报告并将解析结果存入到字典中发送到共享队列中，如表 5 所示；

表 5 分段报告共享队列及实际报文

Tab.5 Segment report shared queue and actual message

共享队列	实际报告
SegmentReport	MMS 133 Conf Request: Write (InvokeID:6)
	MMS 400 Unconfirmed
QueueMsgNum=2	MMS 291 Unconfirmed
	MMS 83 Conf Response: Write (Invoke ID:6)

5)实时总召 GI 报告信息，并根据测试用例要求判断实际结果是否通过，如表 6 所示；

表 6 分段总召报告内容解析

Tab.6 Analysis of the content of the sub-general call report

报告	实时报告内容
No. 1	‘RptID’: ‘BrcbSegmentTest’, ‘SeqNum’: ‘00’, ‘BufOvfl’: ‘01’, ‘SubSeqNum’: ‘00’, ‘MoreSegmentsFellow’: ‘01’, ‘EntryID’: ‘0000000000000001’, ‘TimeOfEntry’: ‘01778c7c355c’, ‘IncludeReason’: [‘000001’, ‘000001’, ‘000001’], ‘ConfRev’: ‘0d’ ‘RptID’: ‘BrcbSegmentTest’, ‘SeqNum’: ‘00’, ‘BufOvfl’: ‘01’, ‘SubSeqNum’: ‘01’, ‘MoreSegmentsFellow’: ‘00’, ‘EntryID’: ‘0000000000000001’, ‘TimeOfEntry’: ‘01778c7c355c’, ‘IncludeReason’: [‘000001’, ‘000001’], ‘ConfRev’: ‘0d’
No. 2	‘RptID’: ‘BrcbSegmentTest’, ‘SeqNum’: ‘00’, ‘BufOvfl’: ‘01’, ‘SubSeqNum’: ‘01’, ‘MoreSegmentsFellow’: ‘00’, ‘EntryID’: ‘0000000000000001’, ‘TimeOfEntry’: ‘01778c7c355c’, ‘IncludeReason’: [‘000001’, ‘000001’], ‘ConfRev’: ‘0d’

由表 6 对 No. 1 和 No. 2 的报告内容进行比对分析，两个报告中的 SeqNum 都为 0，SubSeqNum 从 0 开始递增，MoreSeqmentsFollow 最后一个报告该属性值置 00，所有分段报告的 TimeOfEntry 值相同，都为 ‘01778c7c355c’，3 个判断条件同时满足预期，符合测试用例要求，测试通过，如图 10 所示。

```

*****
Test Pass
报告控制块Ref:PL110MPROT/LLN0.brcbRelayEna01
执行测试用例sBr5
装置应支持报告的分段，发生分段的报告应包含相同的SeqNum值、report time stamp值和EntryID值。
SubSeqNum应从0开始并递增，除了最后一个发送的分段报告中MoreSegmentsFollow=FALSE外，
之前发送的分段报告中MoreSegmentsFollow=TRUE测试通过
实际值：judge_condition_Num:3
期望值：judge_condition_Num:3
*****

```

图 10 报告分段测试结果图

Fig.10 Report segment test result graph

### 6 结束语

基于开源库，使用 Python 实现 IEC61850 服务器规约一致性自动测试能够满足一般服务器端 IED 设备的一致性通信需求，可以通过 Python 语言灵活调用开源库的各种接口，实现 IEC61850 服务器规约一致性所有服务的测试，同时由于 Python 语言的灵活性、易于维护编写性，可以实现对取代服务、读写操作等进行全覆盖的遍历测试，能够大大提升 IEC61850 服务器规约一致性测试的覆盖率，更有利于触发和发现问题。由于实现了自动化测试，很好地解决了 IEC61850 服务器规约一致性测试对技术和专业知识要求高的问题。进而对智能化变电站里 IED 设备间的互联互通互操作<sup>[11-15]</sup>起到积极重要的作用。

### 参考文献：

[ 1 ] 任雁铭，操丰梅，张军. IEC61850 Ed 2.0 技术分析[J]. 电力系统自动化，2013，37(3)：1-5，53.  
REN Yanming, CAO Fengmei, ZHANG Jun. Technical analysis of IEC61850Ed 2.0[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(3): 1-5, 53. (in Chinese)

[ 2 ] 徐天，尹项根，游大海，等. 兼容 IEC61850 标准的智能电子设备测试[J]. 电力自动化设备，2009，29(3)：132-137.  
XU Tian, YIN Xianggen, YOU Dahai, et al. IED test compatible with IEC61850 standard[J]. Electric Power Automation Equipment, 2009, 29(3)：132-137. (in Chinese)

[ 3 ] Q/GDW1396—2012. IEC61850 继电保护工程应用模型[S]. 北京：国家电网公司，2012.

[ 4 ] 叶振风，王计林，许高阳，等. 频率电压紧急控制装置 IEC61850 一致性测试问题分析[J]. 智能电网，2016，4(8)：776-780.  
YE Zhenfeng, WANG Jilin, XU Gaoyang, et al. Analysis on IEC61850 level-a conformance test for frequency and voltage emergency control device [J]. Smart Grid, 2016, 4(8)：776-780. (in Chinese)

- [5] 张晓莉, 刘慧海, 李俊庆, 等. 智能变电站继电保护自动测试平台[J]. 电力系统自动化, 2015(18): 91-96.  
ZHANG Xiaoli, LIU Huihai, LI Junqing, et al. Automatic test platform in smart substation for relay protection[J]. Automation of Electric Power Systems, 2015(18): 91-96. (in Chinese)
- [6] IEC61850-10 Ed2.0 Commutation networks and systems for power utility automation-Part 10 [S]. Ed2.0, 2012.
- [7] 郑永康, 魏博渊, 舒鹏, 等. 面向 IEC61850 服务器一致性闭环测试系统的设计和实现(一)测试平台和 Ed1.0 测试用例[J]. 电力系统自动化, 2016(40): 157-162.  
ZHENG Yongkang, WEI Boyuan, SHU Peng, et al. Design and Implementation of close-loop conformane testing system for IEC61850 server part one testing platform and Ed1.0 test cases[J]. Automation of Electric Power Systems, 2016(40): 157-162. (in Chinese)
- [8] 董磊超, 刘昊宇, 浮明君, 等. 智能变电站间隔层设备自动测试系统研制[J]. 电力系统自动化, 2015, 39(5): 147-151.  
DONG Leichao, LIU Haoyu, FU Mingjun, et al. Development of automatic test system for bay level equipment of smart substations[J]. Automation of Electric Power Systems, 2015, 39(5): 147-151. (in Chinese)
- [9] 彭志强, 徐春雷, 张琦兵, 等. 电力系统通用服务协议一致性测试技术[J]. 电力系统保护与控制, 2020, 48(3): 84-91.  
PENG Zhiqiang, XU Chunlei, ZHANG Qibing, et al. Conformance testing technology of general service protocol for electric power system[J]. Power System Protection and Control, 2020, 48(3): 84-91. (in Chinese)
- [10] 李保恩. 智能变电站继电保护装置自动测试平台的研究和应用[J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(7): 131-135.  
LI Baoen. Research and application of automatic test platform for intelligent substation relay protection device [J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(7): 131-135. (in Chinese)
- [11] 姬希娜, 徐云松, 周水斌, 等. 一种高重用性的 IEC61850 服务器一致性自动测试系统的设计与实现[J]. 南方电网技术, 2020, 14(8): 83-92.  
JI Xina, XU Yunsong, ZHOU Shuibin, et al. Design and implementation of highly reusable automatic test system for IEC61850 server conformance test [J]. Southern Power System Technology, 2020, 14(8): 83-92. (in Chinese)
- [12] 秦昌嵩, 董鹏. IEC61850 Ed2.0 服务器一致性测试软件的设计与实现[J]. 电工技术, 2020, 127(17): 126-127.  
QIN Changsong, DONG Peng. Design and implementation of IEC61850 Ed2.0 server conformance test software[J]. Electric Engineering, 2020, 127(17): 126-127. (in Chinese)
- [13] Q/GDW616—2011 基于 DL/T860 标准的变电设备在线监测装置应用规范[S]. 北京: 国家电网公司, 2011.
- [14] Q/GDW692—2011 智能高压设备通信技术规范[S]. 北京: 国家电网公司, 2012.
- [15] 丁国兴, 王宏彦, 邱建斌, 等. 继电保护装置 IEC61850 通信模型规范化测试软件开发[J]. 电力系统保护与控制, 2014(17): 96-101.  
DING Guoxing, WANG Hongyan, QIU Jianbin, et al. Development of checking software of protection devices based on IEC-61850 communication model [J]. Power System Protection and Control, 2014(17): 96-101. (in Chinese)