

智能变电站继电保护网络动态性能
试验规范

Test specification for network dynamic performance of protective relay in
smart substation

(征求意见稿)

XXXX - XX-XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 总则	2
6 检测条件	2
6.1 正常试验大气条件	2
6.2 基准试验大气条件	3
7 试验系统及组网方式	3
7.1 动态模拟试验系统	3
7.2 二次设备试验系统	3
7.3 通信网络组网方式	4
8 动态模拟试验项目及检测要求	5
8.1 动态模拟试验整体要求	5
8.2 双断路器接线系统的动态模拟试验	5
8.3 单断路器接线系统的动态模拟试验	6
9 通信性能试验项目	7
9.1 继电保护设备试验	7
9.2 智能终端试验	11
9.3 交换机试验	13
10 连续运行试验	15
10.1 系统拷机试验	15
10.2 装置重启试验	16
附录 A (资料性) 一次系统模型	17
附录 B (资料性) 二次网络组网方式图	18
附录 C (规范性) 继电保护设备通信性能试验项目	20

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国量度继电器和保护设备标准化技术委员会(SAC/TC154)归口。

本标准起草单位：

本标准主要起草人：

智能变电站继电保护网络动态性能试验规范

1 范围

本文件规定了交流110 kV及以上电压等级智能变电站继电保护动态模拟试验的建模方式及组网要求、试验项目、试验方法和试验结果的判定方法。

本文件适用于110 kV及以上电压等级采用模拟量采样、数字量采样等方式，经GOOSE跳闸的智能变电站继电保护设备、合并单元、智能终端、过程层交换机等构成的保护系统的网络性能的动态模拟试验，110 kV以下电压等级智能变电站继电保护及相关设备的网络动态性能试验可参照执行，继电保护网络系统试验可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，凡注日期的引用，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 15145 输电线路保护装置通用技术条件
GB/T 20840.7—2007 互感器 第7部分：电子式电压互感器
GB/T 20840.8—2007 互感器 第8部分：电子式电流互感器
GB/T 26864—2011 电力系统继电保护产品动模试验
GB/T 32890—2016 继电保护 IEC 61850 工程应用模型
GB/T 32901—2016 智能变电站继电保护通用技术条件
GB/T 34132—2017 智能变电站智能终端装置通用技术条件
GB/T 34871—2017 智能变电站继电保护检验测试规范
DL/T 670 母线保护装置通用技术条件
DL/T 770 变压器保护装置通用技术条件
DL/T 860（所有部分） 变电站通信网络和系统
DL/T 1912—2018 智能变电站以太网交换机技术规范

3 术语和定义

GB/T 20840.7—2007、GB/T 20840.8—2007、GB/T 26864—2011、GB/T 32890—2016、GB/T 32901—2016、GB/T 34132—2017、GB/T 34871—2017、DL/T 1912—2018及DL/T 860界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

网络动态性能试验 network dynamic performance test

适用于智能变电站的继电保护设备，与存在SV、GOOSE订阅关系的设备和交换机组成通信网络，在动态模拟试验系统中进行的性能试验。

3.2

采集执行单元 acquisition execution unit

与一次设备采用电缆或光纤连接，对来自一次设备的模拟信号及状态信号进行采集处理，并通过SV及GOOSE方式上送，响应对一次设备的控制命令并通过硬接点方式出口，执行对一次设备（如：互感器、断路器、刀闸、主变压器等）的测量、控制等功能的物理单元。

4 缩略语

CSD: 交换机配置描述 (Configured Switch Description)

GOOSE: 面向通用对象的变电站事件 (Generic object oriented substation events)

SV: 采样值 (Sampled value)

VLAN: 虚拟局域网 (Virtual Local Area Network)

5 总则

5.1 经 GOOSE 跳闸构成智能变电站继电保护系统的保护装置、合并单元、智能终端、过程层交换机等设备的动态模拟试验，应在按 SV、GOOSE 订阅关系组建的网络中进行，以验证设备互操作性能。

5.2 应按被检测设备适用的电压等级或一次接线方式建立过程层网络。可建立站控层网络。

5.3 过程层网络的组网原则如下：

- a) 与 GOOSE 相关的试验，过程层交换机宜设置为全通模式，系统基础流量大于 60 M 的情况下应适当划分 VLAN；
- b) 任两台设备之间的数据传输路由不超过 4 个交换机。

5.4 设备间的互操作原则如下：

- a) 保护设备宜至少与三个不同厂商的保护设备或智能终端进行互操作；
- b) 智能终端宜至少与三个不同厂商的保护设备进行互操作；
- c) 保护设备、智能终端宜至少与三个不同厂商的过程层交换机进行数据交互；
- d) 过程层网络宜至少由四个不同厂商的过程层交换机组成；
- e) 过程层中心交换机宜至少与三个不同厂商的过程层交换机通过级联方式进行数据交互；
- f) 过程层交换机宜至少与三个不同厂商的保护设备、智能终端进行数据交互。

6 检测条件

6.1 正常试验大气条件

正常试验大气条件要求如下：

- a) 环境温度：15 °C～35 °C；
- b) 相对湿度：45%～75%；
- c) 大气压力：86 kPa～106 kPa。

6.2 基准试验大气条件

基准试验大气条件要求如下：

- a) 环境温度：20 °C±5 °C；

- b) 相对湿度：45%~75%；
- c) 大气压力：86 kPa~106 kPa。

7 试验系统及组网方式

7.1 动态模拟试验系统

根据各电压等级智能变电站的通信网络组网方式、相应电压等级的一次接线和GB/T 26864—2011的要求，建立被检测设备适用电压等级的网络动态性能模拟试验模型（见附录A）。宜按7.3的要求建立通信网络。

7.2 二次设备试验系统

与被检测设备的开入、开出等存在订阅关系的设备，均应作为检测设备，与被检测设备一起接入动态模拟系统，共同组建过程层二次设备试验系统。

7.2.1 双断路器接线系统的检测设备和被检测设备

适用于3/2接线、角接线等双断路器接线系统的线路保护、变压器保护、母线保护、电抗器保护、T区保护、短引线保护、断路器保护等保护设备和智能终端，任一类设备或多类设备作为被检测设备时，宜将与之存在订阅关系的设备，一起构建过程层网络。相关设备的互操作关系可如表1所示。

表1 双断路器接线系统相关设备互操作关系示意表

序号	被检测设备	检测设备 1	检测设备 2	检测设备 3	检测设备 4
1	线路保护	断路器保护	电抗器保护	变压器保护	智能终端
2	变压器保护	断路器保护	线路保护	中压侧母线保护	智能终端
3	母线保护	断路器保护	线路保护	变压器器保护	智能终端
4	电抗器保护	断路器保护	断路器保护	线路保护	智能终端
5	T区保护	断路器保护	断路器保护	线路保护	智能终端
6	短引线保护	断路器保护	断路器保护	线路保护	智能终端
7	断路器保护	母线保护	线路保护	变压器保护	智能终端
8	智能终端	线路保护	变压器保护	母线保护	断路器保护

7.2.2 单断路器接线系统的检测设备和被检测设备

适用于单母线、双母线、双母分段等单断路器接线方式的线路保护、变压器保护、母线保护、智能终端等，其相关设备的互操作关系可如表2所示。

表2 单断路器接线系统相关设备互操作关系示意表

序号	被检测设备	检测设备 1	检测设备 2	检测设备 3	检测设备 4
1	线路保护	/	变压器保护	母线保护	智能终端
2	变压器保护	线路保护	/	母线保护	智能终端
3	母线保护	线路保护	变压器保护	母联分段保护	智能终端
4	智能终端	线路保护	变压器保护	母线保护	/

7.2.3 过程层交换机的检测设备

过程层交换机组网的互操作关系可如表3所示。

表3 交换机互操作关系示意表

序号	被检测设备	检测设备 1	检测设备 2	检测设备 3
1	间隔交换机	中心交换机	间隔交换机 1	间隔交换机 2
2	中心交换机	间隔交换机 1	间隔交换机 2	间隔交换机 3

7.3 通信网络组网方式

通信网络组网方式如下：

a) SV 采样 GOOSE 跳闸设备（方式 1）：

1) 站控层网络：

站控层通信，双网；

2) 过程层网络：

SV 采样，点对点，单网；

GOOSE 位置信息及跳合闸命令信息，点对点，单网；

GOOSE 联闭锁信息，组网，单网。

过程层组网图见附录 B. 1。

b) SV 采样 GOOSE 跳闸设备（方式 2）：

1) 站控层与联闭锁 GOOSE 共网：

站控层通信，双网；

联闭锁 GOOSE，双网；

2) SV 采样与 GOOSE 信息共口：

SV 采样与 GOOSE 位置信息及跳合闸命令信息，点对点，单网。

过程层组网图见附录 B. 2。

c) 模拟量采样 GOOSE 跳闸设备（方式 1）：

1) 站控层网络：

站控层通信，双网；

2) 过程层网络：

GOOSE 位置信息及跳合闸命令信息，点对点，单网；

GOOSE 联闭锁信息，组网，单网。

过程层组网图见附录 B. 3。

d) 模拟量采样 GOOSE 跳闸设备（方式 2）：

1) 站控层网络：

站控层通信，双网；

2) 过程层网络：

GOOSE 位置信息、跳合闸命令信息及 GOOSE 联闭锁信息，组网，双网。

过程层组网图见附录 B. 4。

e) 就地化保护设备：

1) 专网网络：

SV、GOOSE 和站控层通信共口，双网；

- 2) 环网网络：
 元件保护子机间，双向环网。
 过程层组网图见附录B.5。

8 动态模拟试验项目及检测要求

8.1 动态模拟试验整体要求

动态模拟试验整体要求如下：

- a) 动态模拟试验项目应包含 GB/T 26864—2011 所要求的对应被保护设备的全部动态模拟试验内容。
- b) 继电保护的动态模拟试验结果按 GB/T 15145、DL/T 670 和 DL/T 770 等的相关要求判定。

8.2 双断路器接线系统的动态模拟试验

8.2.1 保护性能试验

8.2.1.1 检验方法

根据GB/T 26864—2011的要求，模拟线路保护、变压器保护、母线保护、电抗器保护、T区保护、短引线保护区内外各种故障，检查各类保护动作情况及智能终端出口情况。

8.2.1.2 检验要求

检验要求如下：

- a) 智能终端应能可靠接收并正确处理保护的 GOOSE 信号，同时应能正确将位置等信号发送给保护设备；
- b) 当发生线路区内故障，断路器保护收到线路保护分相启动失灵信号，满足判据条件，应跟跳分相断路器；
- c) 当发生母线、变压器、电抗器、T区及短引线保护区内故障，断路器保护收到启动失灵信号后，满足判据条件，应进行三相跟跳；
- d) 当电抗器保护、短引线保护、T区保护因区内故障跳相关断路器时，应同时向相关线路保护发启动远跳或远传信号，线路保护应能正确将远跳或远传信号传递到对侧线路保护，并跳开对侧断路器；
- e) 设置被保护范围内的故障持续时间大于后备保护延时，后备保护应正确动作。

8.2.2 断路器失灵试验

8.2.2.1 检验方法

根据GB/T 26864—2011的要求，模拟线路保护、变压器保护、母线保护、电抗器保护、T区保护、短引线保护区内各种故障，模拟断路器失灵。

8.2.2.2 检验要求

检验要求如下：

- a) 当母线边断路器失灵时，母线保护在收到断路器保护的失灵跳闸信号后应联跳其他支路断路器；

- b) 当变压器高压侧断路器失灵时,变压器保护在收到断路器保护的失灵跳闸信号后应联跳其他侧断路器;
- c) 当变压器中压侧断路器失灵时,变压器保护在收到母线保护或断路器保护失灵联跳信号后应联跳其他侧断路器;
- d) 当线路发生故障时,断路器保护收到线路保护分相启动失灵信号,满足判据条件,应先跟跳断路器,断路器失灵时,跳相邻断路器,并向相关线路保护发启动远跳或远传信号,线路保护应能正确将远跳或远传信号传递到对侧线路保护,并跳开对侧断路器。

8.2.3 断路器三相不一致试验

8.2.3.1 检验方法

当保护装置配置三相不一致保护功能时,模拟该侧一相断路器偷跳。

8.2.3.2 检验要求

检验要求如下:

- a) 一相断路器偷跳后,智能终端应能正确发出三相不一致信号;
- b) 保护装置收到智能终端三相不一致信号后,应启动三相不一致保护,经设定的延时发出跳闸信号;

8.3 单断路器接线系统的动态模拟试验

8.3.1 保护性能试验

8.3.1.1 检验方法

根据GB/T 26864—2011的要求,模拟线路保护、变压器保护、母线保护保护区内外各种故障,检查各保护动作情况及智能终端出口情况。

8.3.1.2 检验要求

检验要求如下:

- a) 智能终端应能可靠接收并正确处理保护的GOOSE信号,同时应能正确将位置等信号发送给保护设备;
- b) 当发生线路保护、变压器保护、母线保护区内故障,相应线路保护、变压器保护、母联分段保护、母线保护应正确发出启动失灵信号;
- c) 当发生母线区内故障,母线保护跳线路支路时,母线保护应正确将该支路跳闸信号发送给线路保护,线路保护收到信号后,应正确启动远跳或远传及闭锁重合闸;
- d) 设置被保护范围内的故障持续时间大于后备保护延时,后备保护应正确动作。

8.3.2 断路器失灵试验

8.3.2.1 检验方法

根据GB/T 26864—2011的要求,模拟线路保护、变压器保护、母线保护区内各种故障,故障后断路器失灵。

8.3.2.2 检验要求

检验要求如下:

- a) 当线路保护、变压器保护、母线保护区内故障后断路器失灵时，母线保护在收到其他保护发来的启动失灵信号后应正确跳开相邻断路器；
- b) 当母线区内故障变压器高压侧断路器失灵时，变压器保护在收到母线保护的失灵联跳信号后应联跳其他侧断路器。

8.3.3 断路器三相不一致试验

8.3.3.1 检验方法

当保护装置配置三相不一致保护功能时，模拟该侧一相断路器偷跳。

8.3.3.2 检验要求

检验要求如下：

- a) 一相断路器偷跳后，智能终端应能正确发出三相不一致信号；
- b) 保护装置收到智能终端三相不一致信号后，应启动三相不一致保护，经设定的延时发出跳闸信号。

9 通信性能试验项目

9.1 继电保护设备试验

9.1.1 SV 异常试验

9.1.1.1 检验方法

检验方法如下：

- a) 检查继电保护装置是否能正确接收并处理订阅合并单元发送的 SV 报文；
- b) 检修一致性检验：
 - 1) 投入继电保护装置检修压板，退出合并单元检修压板，检查继电保护装置是否告警，是否闭锁保护功能；
 - 2) 退出继电保护装置检修压板，投入合并单元检修压板，检查继电保护装置是否告警，是否闭锁保护功能；
 - 3) 投入继电保护装置检修压板，投入合并单元检修压板，检查继电保护装置是否告警，保护功能是否正常；
 - 4) 退出继电保护装置检修压板，退出合并单元检修压板，检查继电保护装置是否告警，保护功能是否正常；
- c) 断开合并单元电源，检查保护装置是否告警，是否闭锁与该合并单元相关的保护；重启合并单元，检查保护装置 SV 断链告警是否恢复，保护功能是否恢复正常；
- d) 模拟单个合并单元失步，按照附录 C 对不同继电保护装置进行通信性能试验，检查保护功能是否受合并单元失步影响；
- e) 模拟保护装置订阅的多个合并单元间失步，按照附录 C 对不同继电保护装置进行通信性能试验，检查保护功能是否受合并单元失步影响。

9.1.1.2 检验要求

检验要求如下：

- a) 继电保护装置应能正确接收并处理订阅合并单元发送的 SV 报文；

- b) SV 报文对应的品质中的 test 变化，接收方能判断是否为检修状态下的采样数据，只有两者一致时才将该信号用于保护逻辑，否则应按相关通道采样异常进行处理；
- c) SV 通信中断后，保护装置应可靠闭锁与中断 SV 相关的保护并发出告警信号，SV 通信恢复后，保护装置告警信号应自动返回，保护功能应恢复正常；
- d) 保护装置性能应不受合并单元同步状态的影响。

9.1.2 GOOSE 异常试验

9.1.2.1 检验方法

检验方法如下：

- a) 检查继电保护装置是否能正确接收并处理订阅智能终端发送的 GOOSE 报文；
- b) 检修一致性检验：
 - 1) 投入继电保护装置的检修压板，退出智能终端或其他订阅保护装置的检修压板，检查继电保护装置是否告警，是否闭锁与该智能终端或其他订阅保护装置相关的保护功能；
 - 2) 退出继电保护装置的检修压板，投入智能终端或其他订阅保护装置的检修压板，检查继电保护装置是否告警，是否闭锁与该智能终端或其他订阅保护装置相关的保护功能；
 - 3) 投入继电保护装置的检修压板，投入智能终端或其他订阅保护装置的检修压板，检查继电保护装置是否告警，保护功能是否正常；
 - 4) 退出继电保护装置的检修压板，退出智能终端或其他订阅保护装置的检修压板，检查继电保护装置是否告警，保护功能是否正常；
- c) 断开智能终端或其他订阅保护装置电源，检查继电保护装置是否告警，订阅 GOOSE 状态处理机制是否满足要求。

9.1.2.2 检验要求

检验要求如下：

- a) 继电保护装置应能正确接收并处理订阅智能终端发送的 GOOSE 报文；
- b) 保护装置应将接收的 GOOSE 报文中的 test 位与装置自身的检修压板状态进行比较，只有两者一致时才将信号作为有效进行处理或动作。
- c) GOOSE 通信中断时，保护装置接收的失灵开入应清零（无效）处理，位置信息应保持中断前状态，保护装置给出相应告警。

9.1.3 站控层网络压力试验

9.1.3.1 检验方法

检验方法如下：

- a) 站控层为单网时，进行如下试验：

去除站控层交换机广播风暴抑制功能，在原有网络数据流量的基础上，使用网络测试仪在交换机端口注入重复广播报文（ARP、UDP、TCP）、超长帧报文、超短帧报文，注入流量为1M~（100M-实测基础流量），网络压力持续时间不小于2min；压力持续过程中，按照附录C对不同继电保护装置进行通信性能试验；压力持续过程中，通过主站进行远方复归、远方修改定值、远方切换定值区、远方投退软压板等试验，检查远方操作是否成功；

- b) 站控层为双网时，应在双网运行工况下进行单网网络压力试验和双网运行工况下进行双网网络压力试验，试验方法参照 9.1.3.1 a)。

9.1.3.2 检验要求

检验要求如下：

- a) 保护装置不应受站控层广播重复报文影响,装置运行正常,不误动、不误发报文,不应出现死机、重启等异常现象;装置面板不应有异常告警;
- b) 网络压力持续过程中,模拟区内外故障及与各订阅 GOOSE 控制块报文相关的故障,发生区内故障时,保护装置应能可靠动作,发生区外故障时,保护装置不应误动;
- c) 保护装置应能正确接收订阅 GOOSE 控制块报文的的状态变位或联闭锁信号并正确动作。

9.1.4 非订阅报文过程层网络压力试验

9.1.4.1 检验方法

检验方法如下：

- a) 过程层为单网时,进行如下试验:

过程层交换机设置为全通模式,去除过程层交换机风暴抑制功能,使用网络测试仪在交换机端口注入非订阅重复GOOSE、SV、ARP等类型的报文,注入流量(100M-实测基础流量),网络压力持续时间不小于2 min;压力持续过程中,按照附录C对不同继电保护装置进行通信性能试验。注入报文类型及流量见表4:

表4 非订阅报文类型及流量

报文类型	MAC	APPID	注入报文流量
GOOSE	订阅	非订阅	100M-实测基础流量
GOOSE	非订阅	订阅	100M-实测基础流量
SV	订阅	非订阅	100M-实测基础流量
SV	非订阅	订阅	100M-实测基础流量
ARP广播报文	/	/	100M-实测基础流量

- b) 过程层为双网时,应在双网运行工况下进行单网网络压力试验和双网运行工况下进行双网网络压力试验,试验方法参照 9.1.4.1 a)。

9.1.4.2 检验要求

检验要求如下：

- a) 保护装置不应受非订阅重复报文影响,装置运行正常,不误动、不误发报文,不应出现死机、重启等异常现象;
- b) 网络压力持续过程中,模拟区内外故障及与各订阅 GOOSE 控制块报文相关的故障,发生区内故障时,保护装置应能可靠动作,发生区外故障时,保护装置不应误动;
- c) 保护装置应能正确接收订阅 GOOSE 控制块报文的的状态变位或联闭锁信号并正确动作。

9.1.5 订阅 GOOSE 报文过程层网络压力试验

9.1.5.1 检验方法

检验方法如下：

- a) 过程层为单网时,进行如下试验:

过程层交换机设置为全通模式，去除过程层交换机风暴抑制功能，使用网络测试仪在交换机端口注入订阅GOOSE报文，网络压力持续时间不小于2 min；压力持续过程中，按照附录C对不同继电保护装置进行通信性能试验；注入报文类型及流量见表5：

表5 订阅 GOOSE 报文类型及流量

报文类型	报文内容	注入报文流量
重复报文	StNum不变, SqNum不变, 通道状态不变	1M~(100M-实测基础流量)
单个心跳报文	StNum不变, SqNum递增, 通道状态不变	每0.833ms发送1帧
单个变化报文	StNum递增, SqNum=0, 通道状态每帧变化	每0.833ms发送1帧
多个变化报文	StNum递增, SqNum=0, 通道状态每帧变化	每1s发送1帧（每控制块）

- b) 过程层为双网时，应在双网运行工况下进行单网网络压力试验和双网运行工况下进行双网网络压力试验，试验方法参照 9.1.5.1 a)。双网运行工况下的双网网络压力试验应在双网交换机端口同时注入订阅 GOOSE 报文。

9.1.5.2 检验要求

检验要求如下：

- 保护装置不应受订阅重复报文影响，装置运行正常，不误动、不误发报文，不应出现死机、重启等异常现象，装置面板不应有异常告警；
- 网络压力持续过程中，发生区内故障时，保护装置应能可靠动作，发生区外故障时，保护装置不应误动；
- 过程层为单网时：保护装置应能正确接收其他订阅 GOOSE 控制块报文的的状态变位或联闭锁信号并正确动作；
- 过程层为双网且发生单网网络压力时：保护装置应能正确接收订阅 GOOSE 控制块报文的的状态变位或联闭锁信号并正确动作；
- 过程层为双网且发生双网网络压力时：保护装置应能正确接收其他订阅 GOOSE 控制块报文的的状态变位或联闭锁信号并正确动作。

9.1.6 订阅报文过程层网络极限压力试验

9.1.6.1 检验方法

检验方法如下：

- a) 过程层为单网时，进行如下试验：

过程层交换机设置为全通模式，去除过程层交换机风暴抑制功能，使用网络测试仪在交换机端口注入订阅GOOSE报文，网络压力持续时间不小于2 min；压力停止后，按照附录C对不同继电保护装置进行通信性能试验；注入报文类型及流量见表6：

表6 订阅 GOOSE 报文类型及流量

报文类型	报文内容	注入报文流量
心跳报文	StNum不变, SqNum递增, 通道状态不变	100M-实测基础流量
变化报文	StNum递增, SqNum=0, 通道状态每帧变化	100M-实测基础流量

- b) 过程层为双网时，应在双网运行工况下进行单网网络压力试验和双网运行工况下进行双网网络压力试验，试验方法参照 9.1.6.1 a)。双网运行工况下的双网网络压力试验应在双网交换机端口同时注入订阅 GOOSE 报文。

9.1.6.2 检验要求

检验要求如下：

- a) 保护装置在订阅报文网络压力测试条件下应运行正常,不误动、不误发报文,不应出现死机、重启等异常现象；
- b) 网络压力消失后装置正常运行,发生区内故障时,保护装置应能可靠动作,发生区外故障时,保护装置不应误动；
- c) 保护装置应能正确接收其他订阅 GOOSE 控制块报文的状态变位或联锁信号并正确动作。

9.2 智能终端试验

9.2.1 GOOSE 异常试验

9.2.1.1 检验方法

检验方法如下：

- a) 检查智能终端是否能正确接收并处理订阅保护装置发送的 GOOSE 报文；
- b) 检修一致性检验：
 - 1) 投入继电保护装置的检修压板,退出智能终端的检修压板,检查智能终端是否告警,是否闭锁与该继电保护装置相关的跳闸出口；
 - 2) 退出继电保护装置的检修压板,投入智能终端的检修压板,检查智能终端是否告警,是否闭锁与该继电保护装置相关的跳闸出口；
 - 3) 投入继电保护装置的检修压板,投入智能终端的检修压板,检查智能终端是否告警,与该继电保护相关的跳闸出口是否正常；
 - 4) 退出继电保护装置的检修压板,退出智能终端的检修压板,检查智能终端是否告警,与该继电保护相关的跳闸出口是否正常。

9.2.1.2 检验要求

检验要求如下：

- a) 智能终端应能正确接收并处理订阅继电保护装置发送的 GOOSE 报文；
- b) 智能终端的检修状态与发送方的检修状态不一致时,智能终端应不动作；一致时,智能终端应能正确动作。

9.2.2 非订阅报文网络压力试验

9.2.2.1 检验方法

检验方法如下：

- a) 过程层为单网时,进行如下试验：

过程层交换机设置为全通模式,去除过程层交换机风暴抑制功能,使用网络测试仪在交换机端口注入非订阅GOOSE报文,注入流量(100 M-实测基础流量),网络压力持续时间不小于2 min;压力持续过程中,模拟保护动作(线路、变压器、母线等),检查智能终端是否能正确接收到保护发送的跳闸GOOSE,是否能正确跳闸出口,保护整组动作时间是否满足标准要求;模拟断路器、刀闸位置变化,检查智能终端是否能正确发送变化GOOSE,GOOSE发送时间是否满足标准要求。注入报文类型及流量见表7:

表7 非订阅报文类型及流量

报文类型	MAC	APPID	注入报文流量
------	-----	-------	--------

GOOSE	订阅	非订阅	100M-实测基础流量
GOOSE	非订阅	订阅	100M-实测基础流量
超长帧（1518字节）	/	/	100M-实测基础流量
超短帧（64字节）	/	/	100M-实测基础流量

- b) 过程层为双网时,应在双网运行工况下进行单网网络压力试验和双网运行工况下进行双网网络压力试验,试验方法参照 9.2.2.1 a)。双网运行工况下的双网网络压力试验应在双网交换机端口同时注入非订阅 GOOSE 报文。

9.2.2.2 检验要求

当背景流量为装置非订阅报文（MAC地址或APPID为非订阅）或异常帧时,任何背景流量下,装置性能应满足要求。

9.2.3 订阅 GOOSE 报文网络压力试验

9.2.3.1 检验方法

检验方法如下:

- a) 过程层为单网时,进行如下试验:

过程层交换机设置为全通模式,去除过程层交换机风暴抑制功能,使用网络测试仪在交换机端口注入订阅GOOSE报文,网络压力持续时间不小于2 min;压力持续过程中,模拟保护动作(线路、变压器、母线等),检查智能终端是否能正确接收到保护发送的跳闸GOOSE,是否能正确跳闸出口,保护整组动作时间是否满足标准要求;模拟断路器、刀闸位置变化,检查智能终端是否能正确发送变化GOOSE,GOOSE发送时间是否满足标准要求。注入报文类型及流量见表8:

表8 订阅 GOOSE 报文类型及流量

报文类型	报文内容	注入报文流量
重复报文	StNum不变, SqNum不变, 通道状态不变	1M~(100M-实测基础流量)
单个心跳报文	StNum不变, SqNum递增, 通道状态不变	每0.833ms发送1帧
单个变化报文	StNum递增, SqNum=0, 通道状态每帧变化	每0.833ms发送1帧
多个变化报文	StNum递增, SqNum=0, 通道状态每帧变化	每1s发送1帧(每控制块)

- b) 过程层为双网时,应在双网运行工况下进行单网网络压力试验和双网运行工况下进行双网网络压力试验,试验方法参照 9.2.3.1 a)。双网运行工况下的双网网络压力试验应在双网交换机端口同时注入订阅 GOOSE 报文。

9.2.3.2 检验要求

检验要求如下:

- 装置的任意一个端口发生重复性 GOOSE 报文网络压力时,装置的其他端口能够正常接收 GOOSE 报文信息而不丢失,装置性能应满足要求;
- 过程层为单网时:装置应能正确接收其他订阅 GOOSE 控制块报文的状态变位或联闭锁信号并正确动作;
- 过程层为双网且发生单网网络压力时:装置应能正确接收订阅 GOOSE 控制块报文的状态变位或联闭锁信号并正确动作;
- 过程层为双网且发生双网网络压力时:装置应能正确接收其他订阅 GOOSE 控制块报文的状态变位或联闭锁信号并正确动作。

9.2.4 订阅 GOOSE 报文网络压力极限试验

9.2.4.1 检验方法

检验方法如下：

a) 过程层为单网时，进行如下试验：

过程层交换机设置为全通模式，去除过程层交换机风暴抑制功能，使用网络测试仪在交换机端口注入订阅GOOSE报文，网络压力持续时间不小于2 min；压力停止后，模拟保护动作（线路、变压器、母线等），检查智能终端是否能正确接收到保护发送的跳闸GOOSE，是否能正确跳闸出口，保护整组动作时间是否满足标准要求；模拟断路器、刀闸位置变化，检查智能终端是否能正确发送变化GOOSE，GOOSE发送时间是否满足标准要求。注入报文类型及流量见表9：

表9 订阅 GOOSE 报文类型及流量

报文类型	报文内容	注入报文流量
心跳报文	StNum不变, SqNum递增, 通道状态不变	100M-实测基础流量
变化报文	StNum递增, SqNum=0, 通道状态每帧变化	100M-实测基础流量

b) 过程层为双网时，应在双网运行工况下进行单网网络压力试验和双网运行工况下进行双网网络压力试验，试验方法参照 9.2.4.1 a)。双网运行工况下的双网网络压力试验应在双网交换机端口同时注入订阅 GOOSE 报文。

9.2.4.2 检验要求

在输入不同大小流量（最大100M）订阅正常报文（StNum不变，SqNum递增或StNum递增，SqNum为0）情况下，要求装置不误动，不出现死机、重启等异常现象，网络压力消失后装置应恢复正常运行。

9.3 交换机试验

9.3.1 交换机试验总体要求

9.3.1.1 进行网络动态性能试验的交换机应满足 DL/T 1940 的要求。

9.3.1.2 将交换机接入第 7 节规定的网络环境中，进行端口转发速率试验、存储转发时延试验、时延抖动试验、帧丢失率试验、交换延时累加试验、静态组播试验。

9.3.1.3 在所有二次装置正常接入时，测量 30 min 内网络的峰值流量，计算测试环境下交换机的最大可施加负荷，测试中交换机最大可施加负荷加上网络峰值流量不大于端口线速，避免因测试环境导致的正常通信数据异常。

9.3.2 端口转发速率试验

9.3.2.1 检验方法

在两台通信路径最长的交换机之间进行如下试验：

- 将两台交换机的任意一个端口与试验仪相连；
- 两个端口同时以最大可施加负荷互相发送数据；
- 试验帧长度分别为 64、65、128、256、512、1024、1280、1518 字节，试验时间为 60 s；
- 记录不同帧长的报文在不丢帧情况下的最大转发速率和二次装置各组播组的接收情况。

9.3.2.2 检验要求

被测交换机转发速率应等于端口最大可施加负荷，且测试环境下的二次装置正常通信不受影响。

9.3.3 存储转发时延试验

9.3.3.1 检验方法

在两台通信路径最长的交换机之间进行如下试验：

- a) 将两台交换机的任意一个端口与试验仪相连；
- b) 关闭交换机交换延时累加功能，两个端口同时以最大可施加负荷互相发送数据；
- c) 试验帧长度分别为 64、65、128、256、512、1024、1280、1518 字节，试验时间为 60 s，试验按轻载 10%和重载 95%分别试验；
- d) 记录不同帧长下的转发时延，记录时延应包含最大时延、最小时延和平均时延；
- e) 记录二次装置各组播组的接收情况；
- f) 开启交换机交换延时累加功能，重复 c)~e) 项试验。

9.3.3.2 检验要求

单台交换机平均时延应小于 $10\ \mu\text{s}$ ，用于采样值传输交换机单台最大时延与最小时延之差应小于 $10\ \mu\text{s}$ ，交换机启用交换延时累加功能后单台交换机存储转发时延应小于 $20\ \mu\text{s}$ ，且测试环境下的二次装置正常通信不受影响。

9.3.4 时延抖动试验

9.3.4.1 检验方法

在两台通信路径最长交换机之间进行如下试验：

- a) 将两台交换机的任意一个端口与试验仪相连；
- b) 两个端口同时以最大可施加负荷互相发送数据；
- c) 试验帧长度分别为 64、65、128、256、512、1024、1280、1518 字节，试验时间为 60 s，测试负载 100%；
- d) 记录不同帧长的时延抖动，记录时延应包含最大时延抖动、最小时延抖动和平均时延抖动，计算单台交换机平均时延抖动；
- e) 记录二次装置各组播组的接收情况。

9.3.4.2 检验要求

单台交换机平均时延抖动应小于 $1\ \mu\text{s}$ ，且测试环境下的二次装置正常通信不受影响。

9.3.5 帧丢失率试验

9.3.5.1 检验方法

在两台通信路径最长的交换机之间进行如下试验：

- a) 将两台交换机的任意一个端口与试验仪相连；
- b) 两个端口同时以最大可施加负荷互相发送数据；
- c) 试验帧长度分别为 64、65、128、256、512、1024、1280、1518 字节，试验时间为 120 s，负载等于端口存储转发速率；
- d) 记录不同帧长时的帧丢失率和二次装置各组播组的接收情况。

9.3.5.2 检验要求

交换机帧丢失率应为0，且测试环境下的二次装置正常通信不受影响。

9.3.6 交换延时累加试验

9.3.6.1 检验方法

在两台通信路径最长的交换机之间进行如下试验：

- a) 分别将两台交换机的任意一个端口与试验仪相连；
- b) 所有交换机开启 SV 报文交换延时累加功能；
- c) 网络测试仪自环，测试端口 1 向测试端口 2 发送随机帧长的 SV 报文，测得固有时延 t_1 （单位为 ns）；
- d) 测试端口 1 向测试端口 2 以最大可施加负荷发送随机帧长的 3 条数据流，其中 SV 报文占 90%、GOOSE 占 5%、PTP 报文占 5%，SV 报文保留字段中 ART 的值 ART1 为 0x00；
- e) 记录测试端口 2 转发 SV 报文的时延为 t_2 （单位为 ns），解析接收的 SV 报文，根据保留字段中 ART 的值 ART2 计算交换延时值 t_3 ($t_3 = |ART_2 - ART_1| \times 8$)，计算交换延时累加精度 t ($t = |t_3 - (t_2 - t_1)|$)；
- f) 记录二次装置各组播组的接收情况。

9.3.6.2 检验要求

单台交换机的延时累加准确度优于 200 ns，且测试环境下的二次装置正常通信不受影响。

9.3.7 静态组播试验

9.3.7.1 检验方法

根据二次装置过程层报文发送和订阅关系配置各交换机静态组播转发表，然后进行如下试验：

- a) 将两台通信路径最长的交换机的任意一个端口与试验仪相连；
- b) 将二次装置订阅发送使用组播地址以外的组播地址配置到交换机的静态组播地址表，并分别绑定两个交换机的测试端口；
- c) 网络测试仪按交换机配置的静态组播地址表构建组播组流量 1 和静态组播地址表之外的组播组流量 2，并以最大可施加负荷发送，连续运行 24 h；
- d) 记录组播组 1 和组播组 2 的接收情况；
- e) 记录二次装置各组播组的接收情况。

9.3.7.2 检验要求

交换机应支持通过配置静态组播地址表的方式实现组播报文的过滤，且测试环境下的二次装置正常通信不受影响。

10 连续运行试验

10.1 系统拷机试验

10.1.1 检验方法

将继电保护装置、合并单元、智能终端、站控层交换机、过程层交换机、故障录波装置、监控主站等组建测试系统，根据二次装置过程层报文发送和订阅关系生成 CSD 离线配置文件，配置各交换机 CSD 转发表，连续运行 72 小时，期间进行如下检验：

- a) 检查各设备是否有通信中断告警；

- b) 检查各设备是否有运行异常告警；
- c) 每间隔 24 小时，模拟简单区内外故障，检查继电保护装置、合并单元、智能终端、交换机等功能是否正常；
- d) 每间隔 24 小时，在继电保护装置人机界面进行操作，检查设备人机界面功能是否正常；
- e) 每间隔 24 小时，检查合并单元、智能终端面板指示灯是否正常；
- f) 每间隔 24 小时，在监控主站对继电保护装置进行远方复归、远方修改定值、远方切换定值区、远方投退软压板、召唤录波等操作，检查继电保护装置通信功能是否正常。

10.1.2 检验要求

在72 h连续运行过程中，装置工作应稳定可靠，动作行为、信号指示应正确，无元器件损坏、软件运行异常或其他异常情况出现。

10.2 装置重启试验

10.2.1 检验方法

将继电保护装置、合并单元、智能终端、站控层交换机、过程层交换机、故障录波装置、监控主站等组建测试系统，分别采用逐台断电重启装置和全测试系统同时断电重启装置的方式，进行如下检验：

- a) 检查装置重启过程中及启动完成后，发送信息是否正确；
- b) 装置重启过程中及启动完成后，检查其他装置的告警信号是否正确，保护功能是否正确；
- c) 检查装置启动完成后，站控层、过程层通信是否正常。

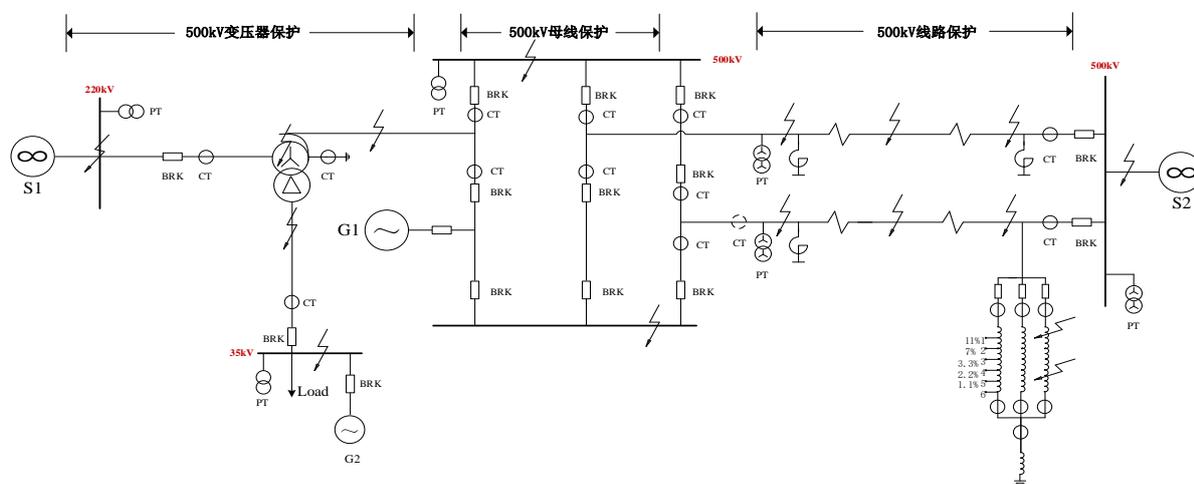
10.2.2 检验要求

装置上电、重启过程中，不应发送与外部开入不一致的信息；装置启动完成后，不应出现死机、通信中断等异常。

附录 A (资料性) 一次系统模型

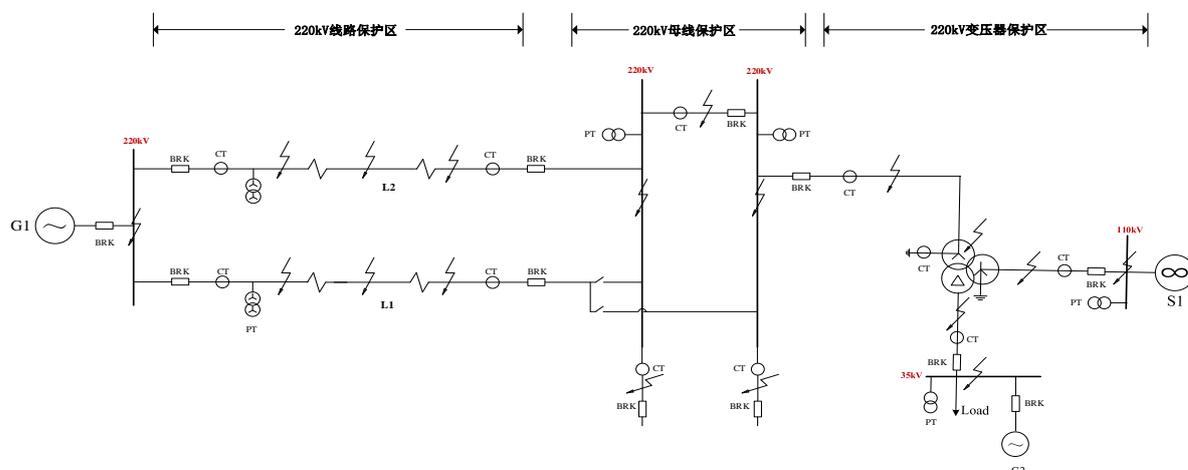
双断路器接线系统以500 kV厂站3/2接线方式为例，单断路器接线系统以220 kV厂站双母双分段接线方式为例，给出相应接线方式的一次系统动模试验模型示例，其他电压等级厂站的动模试验模型可参考本示例对应的接线方式。

A.1 双断路器接线系统模型



图A.1 500 kV 厂站一次系统接线示意图

A.2 单断路器接线系统模型

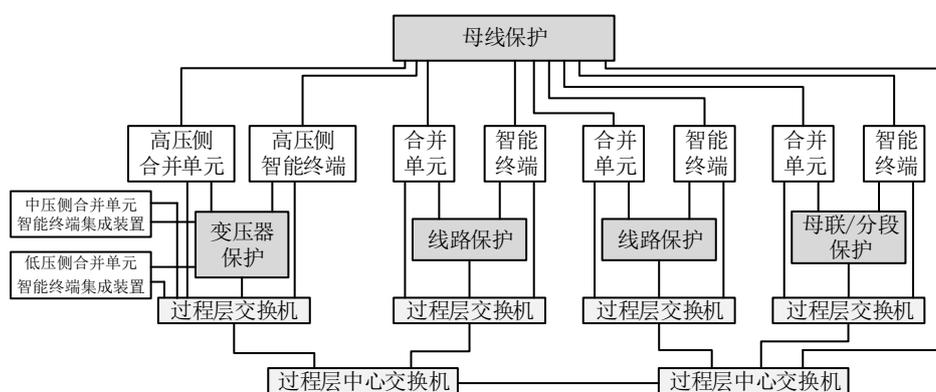


图A.2 220 kV 厂站一次系统接线示意图

附录 B
(资料性)
二次网络组网方式图

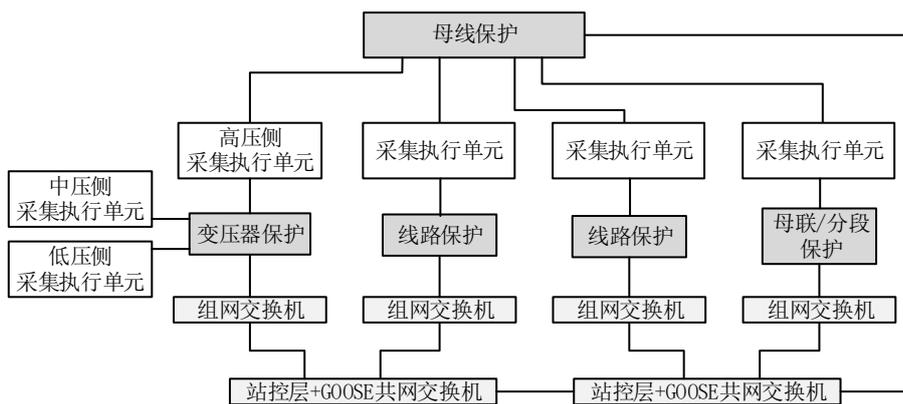
二次网络组网方式图以SV采样GOOSE跳闸设备、模拟量采样GOOSE跳闸设备、就地化保护设备等的变电站典型保护配置组网方式为例，其他保护配置的组网可参考本示例对应的组网方式。

B.1 SV采样GOOSE跳闸设备（方式1）



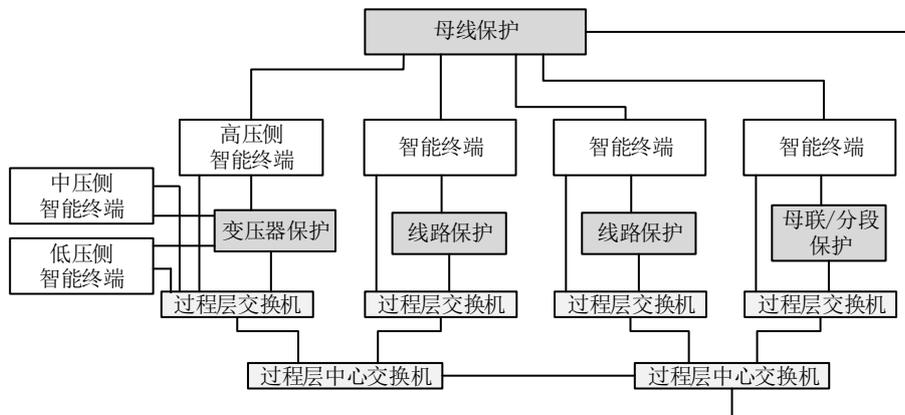
图B.1 SV 采样 GOOSE 跳闸设备（方式1）过程层试验组网图

B.2 SV采样GOOSE跳闸设备（方式2）



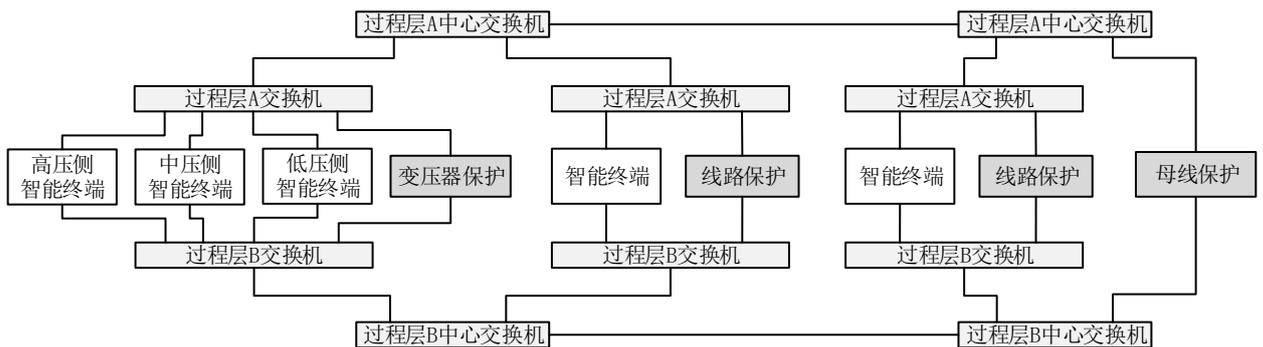
图B.2 SV 采样 GOOSE 跳闸设备（方式2）过程层试验组网图

B.3 模拟量采样GOOSE跳闸设备（方式1）



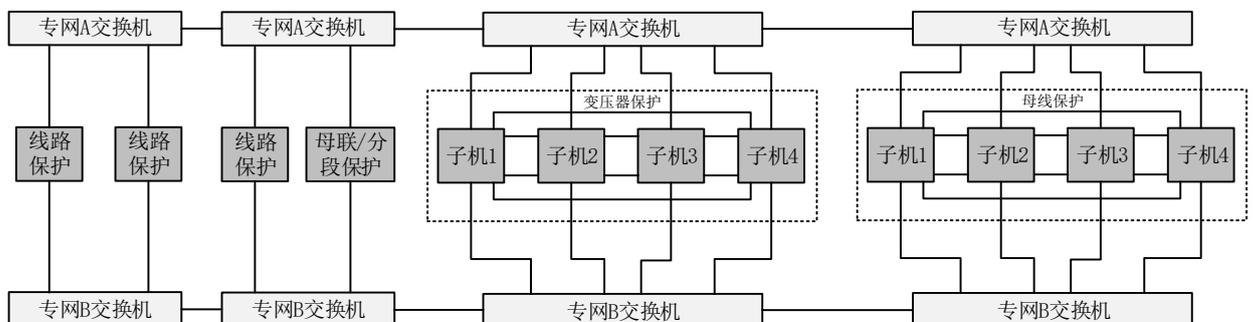
图B.3 模拟量采样 GOOSE 跳闸设备（方式1）过程层试验组网图

B.4 模拟量采样GOOSE跳闸设备（方式2）



图B.4 模拟量采样 GOOSE 跳闸设备（方式2）过程层试验组网图

B.5 就地化保护设备



图B.5 就地化保护设备专网试验组网图

附录 C

(规范性)

继电保护设备通信性能试验项目

C.1 双断路器接线系统

通信性能试验项目如下：

a) 线路保护装置

- 1) 模拟线路保护区内发生简单金属性故障，检查线路保护功能是否正确，跳闸出口是否正确；检查断路器保护装置是否正确接收到分相启动失灵信号，是否跟跳分相断路器；
- 2) 模拟电抗器保护区内发生简单金属性故障，检查线路保护装置是否接收到其他保护动作信号，是否正确远跳对侧线路保护；
- 3) 模拟 T 区保护区内发生简单金属性故障，检查线路保护装置是否接收到其他保护动作信号，是否正确远跳对侧线路保护；
- 4) 模拟短引线保护区内发生简单金属性故障，检查线路保护装置是否接收到其他保护动作信号，是否正确远跳对侧线路保护。

b) 变压器保护装置

- 1) 模拟变压器保护区内发生简单金属性故障，检查变压器保护功能是否正确，跳闸出口是否正确；检查断路器保护装置是否正确接收到启动失灵信号，是否跟跳三相断路器；
- 2) 模拟变压器高压侧母线保护区内发生简单金属性故障，变压器高压侧断路器失灵，检查变压器保护装置是否接收到失灵联跳信号，失灵联跳是否正确动作，是否联跳其他侧断路器；
- 3) 模拟变压器中压侧母线保护区内发生简单金属性故障，变压器中压侧断路器失灵，检查变压器保护装置是否接收到失灵联跳信号，失灵联跳是否正确动作，是否联跳其他侧断路器；
- 4) 模拟一相断路器偷跳，检查变压器保护是否接收到智能终端发送的三相不一致保护，三相不一致保护是否正确动作。

c) 母线保护装置

- 1) 模拟母线保护区内发生简单金属性故障，检查母线保护功能是否正确，跳闸出口是否正确；检查断路器保护装置是否正确接收到启动失灵信号，是否跟跳三相断路器；
- 2) 模拟线路或变压器保护区内发生永久性故障，边断路器失灵，检查母线保护装置是否接收到断路器失灵信号，失灵保护是否正确动作；
- 3) 模拟死区故障，检查母线保护功能是否正确，跳闸出口是否正确；检查边断路器保护装置是否正确接收到启动失灵信号，是否跟跳三相断路器，死区保护和失灵保护是否动作；检查线路保护是否收到远方跳闸信号，远方跳闸是否动作；检查中断路器保护装置是否收到边断路器的失灵跳闸信号，跳闸出口是否正确。

d) 断路器保护装置

- 1) 模拟线路保护区内发生简单金属性故障，检查断路器保护装置是否正确接收到分相启动失灵信号，是否跟跳分相断路器，重合闸是否正确动作；
- 2) 模拟母线保护区内发生简单金属性故障，检查断路器保护装置是否正确接收到三相启动失灵信号，是否跟跳三相断路器；
- 3) 模拟变压器保护区内发生简单金属性故障，检查断路器保护装置是否正确接收到三相启动失灵信号，是否跟跳三相断路器；

- 4) 模拟电抗器保护区内发生简单金属性故障,检查断路器保护装置是否正确接收到三相启动失灵信号,是否跟跳三相断路器;
- 5) 模拟 T 区保护区内发生简单金属性故障,检查断路器保护装置是否正确接收到三相启动失灵信号,是否跟跳三相断路器;
- 6) 模拟短引线保护区内发生简单金属性故障,检查断路器保护装置是否正确接收到三相启动失灵信号,是否跟跳三相断路器。

C.2 单断路器接线系统

通信性能试验项目如下:

- a) 线路保护装置:
 - 1) 模拟线路保护区内发生简单金属性故障,检查线路保护功能是否正确,跳闸出口是否正确;
 - 2) 模拟母线保护区内发生简单金属性故障,检查线路保护装置是否正确接收到其它保护动作信号,是否正确启动远跳;
 - b) 变压器保护装置:
 - 1) 模拟变压器保护区内发生简单金属性故障,检查变压器保护功能是否正确,跳闸出口是否正确;
 - 2) 模拟母线保护区内发生永久性故障,变压器断路器失灵,检查变压器保护装置是否正确接收到失灵联跳信号,失灵保护是否正确动作;
 - 3) 模拟一相断路器偷跳,检查变压器保护是否接收到智能终端发送的三相不一致保护,三相不一致保护是否正确动作。
 - c) 母线保护装置:
 - 1) 模拟母线保护区内发生简单金属性故障,检查母线保护功能是否正确,跳闸出口是否正确;
 - 2) 模拟线路保护区内发生永久性故障,线路断路器失灵,检查母线保护装置是否接收到线路失灵信号,失灵保护是否正确动作;
 - 3) 模拟变压器保护区内发生永久性故障,变压器断路器失灵,检查母线保护装置是否接收到变压器失灵信号,失灵保护是否正确动作;
 - 4) 模拟母联/分段保护区内发生永久性故障,母联/分段断路器失灵,检查母线保护装置是否接收到母联/分段失灵信号,失灵保护是否正确动作;
 - 5) 双母双分段接线母线保护:模拟对侧母线保护区内发生永久性故障,分段断路器失灵,检查母线保护装置是否接收到对侧母线保护装置启动分段失灵信号,失灵保护是否正确动作。
-