

青岛鼎信通讯股份有限公司企业标准

馈线终端(箱式)V2.0

企业标准

V1.4

2022 年 12 月 15 日发布

2022 年 12 月 17 日实施

青岛鼎信通讯股份有限公司

目 录

1 范围	2
2 规范性引用文件	2
3 术语与定义	3
3.1 配电自动化远方终端	3
3.2 馈线终端	3
4 技术要求	4
4.1 环境条件	4
4.1.1 系统运行条件	4
4.1.2 气候条件	4
4.1.3 周围环境要求	4
4.1.4 海拔高度	4
4.2 特殊使用条件	4
4.2.1 周围空气温度	4
4.2.2 海拔高度	4
4.2.3 其他参数	5
4.3 电源要求	5
4.3.1 电源供电方式	5
4.3.2 交流电源技术参数指标	5
4.3.3 直流电源技术参数指标	5
4.3.4 电源模块要求	6
4.3.5 后备电源技术参数指标	6
4.3.6 电源管理与控制功能	7
4.4 通信要求	7
4.4.1 终端通信要求	7
4.4.2 无线模块要求	7
4.5 结构、外观要求	8
4.5.1 总体要求	8
4.5.2 结构设计	8
4.5.3 工艺要求	9
4.5.4 电气及接口设计	9
4.5.5 操作面板	14
4.6 功能要求	14
4.6.1 遥信功能	14
4.6.2 遥测功能	15
4.6.3 遥控功能	15
4.6.4 信息安全防护要求	15
4.6.5 定位功能	18
4.6.6 对时功能	18
4.6.7 远程维护功能	18
4.6.8 逻辑保护功能	18
4.6.9 数据处理及传送功能	23

4.6.10	维护和调试功能	23
4.6.11	录波功能	24
4.6.12	线损功能	24
4.6.13	其他功能要求	25
4.7	基本性能要求	25
4.7.1	可靠性	25
4.7.2	扩展性	26
4.7.3	模拟量	26
4.7.4	状态量	26
4.7.5	遥控	26
4.7.6	信息响应时间	27
4.7.7	保护动作准确度	27
4.7.8	信息通道	27
4.7.9	装置功耗	27
4.7.10	机箱防护	27
4.7.11	雪崩处理能力	27
4.7.12	湿热性能	27
4.8	高、低温性能要求	28
4.9	常规保护性能要求	28
4.10	绝缘性能	28
4.10.1	绝缘电阻	28
4.10.2	绝缘强度	29
4.10.3	冲击电压	30
4.11	电磁兼容性	31
4.11.1	电压暂降和短时中断	31
4.11.2	辐射电磁场抗扰度	31
4.11.3	电快速瞬变脉冲群抗扰度	31
4.11.4	高频干扰适应能力	32
4.11.5	抗振荡波干扰能力	32
4.11.6	抗浪涌干扰能力	32
4.11.7	抗脉冲磁场干扰能力	33
4.11.8	抗静电干扰能力	33
4.11.9	抗工频磁场和阻尼振荡磁场干扰的能力	33
4.12	机械振动性能	33
4.13	连续通电的稳定性	33
4.14	企业内控实验	34
4.14.1	凝露试验	34
4.14.2	整机盐雾试验	34
4.14.3	交变湿热试验	34
4.14.4	整机（包装状态）汽车颠簸试验	34
4.14.5	弹簧锤试验	34
4.14.6	外部供电情况下时钟电池放电电流检测（研发自测）	34
4.14.7	器件温升测试	34

4.14.8 设备类有接地可靠性要求的产品（接地电阻测试）	34
4.14.9 GPRS 模块屏蔽箱影响试验	34
4.14.10 电棍放电影响试验	34
4.14.11 对讲机抗扰度试验	34
4.14.12 高温耐久运行试验（需拆除蓄电池）	34
4.14.13 可靠性评价试验（双 85 试验）	34
4.14.14 备用电池充放电（研发自测）	34
4.14.15 备电漏电流测试（研发自测）	34
4.14.16 环境对备用电池影响试验	34
4.14.17 启动上线测试	34
4.14.18 包装试验（研发自测）	34
4.14.19 电源电压随机中断试验	34
4.14.20 极端高温环境下的电源中断影响试验	34
4.14.21 升级中断（研发自测）	34
4.14.22 续航能力测试试验	34
5 试验方法	34
5.1 检测项目	34
5.2 检测规则	34
5.2.1 型式试验	35
5.2.2 与主站通信正确性试验	35
5.2.3 与两个主站通信试验	35
5.3 绝缘性能试验	35
5.4 电磁兼容性能试验	35
5.5 电源电压波动影响及被试设备整机功耗试验	35
5.5.1 电源电压波动影响试验	35
5.5.2 被试设备整机功耗试验	35
5.6 机械性能试验	35
5.7 连续通电稳定性试验	35
5.8 汽车颠簸实验	35
5.9 企业内控试验	35
附录 A 故障处理逻辑规范	36
附录 A.1 公共保护逻辑	36
附录 A.1.1 小电流接地保护	36
附录 A.1.2 线路断线告警	36
附录 A.1.3 公共保护定值信息表	36
附录 A.2 常规保护	37
附录 A.2.1 投入条件	37
附录 A.2.2 过流 I 段	37
附录 A.2.3 零序过流 I 段	38
附录 A.2.4 重合闸	38
附录 A.2.5 后加速保护	39
附录 A.2.6 保护定值信息表	39
附录 A.3 就地型馈线自动化逻辑	41

附录 A.3.1 投入条件	41
附录 A.3.2 单侧得电延时合闸	41
附录 A.3.3 单侧失电延时合闸	41
附录 A.3.4 双侧失压分闸	42
附录 A.3.5 正向闭锁	43
附录 A.3.6 反向（残压脉冲）闭锁	43
附录 A.3.7 合于零压跳闸并闭锁合闸	44
附录 A.3.8 双侧有压禁止合闸	45
附录 A.3.9 人工分闸闭锁合闸	45
附录 A.3.10 正向闭锁自动解锁	46
附录 A.3.11 反向闭锁（残压脉冲）自动解锁	46
附录 A.3.12 联络模式解锁	47
附录 A.3.13 短时失压闭锁分闸	47
附录 A.3.14 连续分闸闭锁合闸	48
附录 A.3.15 同期检测	48
附录 A.3.16 就地型馈线自动化定值信息表	49
附录 A.4 自动解列功能逻辑图	50
附录 A.4.1 解列充电	50
附录 A.4.2 电压越限解列功能	50
附录 A.4.3 频率越限解列功能	52
附录 A.4.4 解列功能定值信息表	53
附录 B 检测项目	54
附录 C 内控试验方法	57
版本记录	60

前 言

本标准是在《10kV 柱上真空断路器自动化成套设备技术规范书（通用部分）》标准的基础上起草的内控标准。指导产品的生产及检验。与《10kV 柱上真空断路器自动化成套设备技术规范书（通用部分）》的主要区别如下：

本标准由青岛鼎信通讯股份有限公司提出。

本标准起草单位：青岛鼎信通讯股份有限公司研发本部配网事业部。

本标准主要起草人：李亮、许增才、田浩、郑鑫、周真诚、李官超。

本标准规定的型式检查和试验是委托国家认可的专职检查和试验机构，按相关标准的规定进行审查和试验，确认其资料的符合性和产品质量的可靠性。

本标准规定的产品出厂的检验和试验程序，作为产品生产过程及产品出厂质量控制的检验和试验，以保证产品出厂的可靠性和稳定性。



馈线终端

1 范围

本标准规定了馈线终端(箱式) V2.0 的技术要求、功能规范、试验方法、检验规则等。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的应用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注明日期的应用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 1984 高压交流断路器

GB/T 4109 交流电压高于1000V的绝缘套管

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 4798.4 电工电子产品应用环境条件 第4部分：无气候防护场所固定使用

GB/T 7354 高电压试验技术 局部放电测量

GB/T 13540 高压开关设备和控制设备的抗震要求

GB/T 14285 继电保护和安全自动装置技术规程

GB/T 25284 12kV~40.5kV高压交流自动重合器

GB/T 20840.1 互感器 第1部分：通用技术要求

GB/T 20840.2 互感器 第2部分：电流互感器的补充技术要求

GB/T 20840.3 互感器 第3部分：电磁式电压互感器的补充技术要求

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

GB/T 2423.3 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验

GB/T 2423.10 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动(正弦)

GB/T 7261 继电保护和安全自动装置基本试验方法

GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验

GB/T 11022 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求

GB/T 13729 远动终端设备

GB/T 15153.1 远动设备及系统 第2部分：工作条件 第1篇：电源和电磁兼容性

GB/T 15153.2 远动设备及系统 第2部分：工作条件第2篇：环境条件（气候、机械和其它非电影响因素）

GB/T 16927.1 高电压试验技术 第1部分：一般定义及试验要求

GB/T 16935.1 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分：原理、要求和试验

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验

GB/T 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验

GB/T 17626.12 电磁兼容 试验和测量技术 振铃波抗扰度试验

CB/T 22071.1 互感器试验导则 第1部分：电流互感器

CB/T 22071.2 互感器试验导则 第2部分：电磁式电压互感器

DL/T 402 高压交流断路器

DL/T 593 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求

DL/T 630-1997 交流采样远动终端技术条件

DL/T 634.5101 远动设备及系统第5—101部分：传输规约基本远动任务配套标准

DL/T 721 配电自动化远方终端

DL/T 726 电力用电磁式电压互感器使用技术规范

DL/T 814 配电自动化系统技术规范

DL/T 1529 配电自动化终端设备检测规程

Q/CSG 110005-2012 中国南方电网电力二次系统安全防护技术规范

Q/CSG 1204035 南方电网配电自动化DLT634.5101-2002规约实施细则

Q/CSG 1204036 南方电网配电自动化DLT634.5104-2009规约实施细则

Q/CSG 1204051-2019配电自动化系统安全防护技术规范（试行）

Q/CSG 1203017-2016配电自动化站所终端技术规范

3 术语与定义

3.1 配电自动化远方终端

remote terminal unit of distribution automation

安装在10kV及以上配电网的各种远方监测、控制单元的总称,主要包括馈线终端、站所终端、配变终端等。

3.2 馈线终端

feeder terminal unit

FTU安装在配电网架空线路杆塔等处的配电终端,按照功能分为“三遥”终端和“二遥”终端,其中“二遥”终端又可分为标准型终端和动作型终端。

4 技术要求

4.1 环境条件

4.1.1 系统运行条件

- a) 系统频率：50Hz；
- b) 系统电压：10kV/20kV；
- c) 系统中性点接地方式：不接地、消弧线圈接地和小电阻接地。

4.1.2 气候条件

工作在以下气候条件的馈线终端应能正常工作：

- a) 环境温度 -45 ~ +75℃，最大日温差30K，最大变化率1.0℃/min。
- b) 相对湿度10~100%，最大绝对湿度35g/m³，日平均值不超过100%，月平均值不超过95%。
- c) 大气压力：70kPa~106kPa。

4.1.3 周围环境要求

工作在以下环境条件的馈线终端应能正常工作：

- a) 无爆炸危险，无腐蚀性气体及导电尘埃，无严重霉菌存在，无剧烈振动冲击源。场地安全要求应符合 GB/T 9361 中的规定。
- b) 接地电阻应小于4Ω。

4.1.4 海拔高度

馈线终端(箱式)V2.0 安装场地的海拔高度不应超过3000m。

4.2 特殊使用条件

配电自动化馈线终端可以在不同于4.1中规定的正常使用条件下使用，这时用户的要求应当在下述特殊使用条件的规定选取。

4.2.1 周围空气温度

对于周围环境空气温度高于40℃处的设备，其外绝缘在干燥状态下的试验电压应取本标准的额定耐受电压值乘以温度校正因数 K_t ：

$$K_t = 1 + 0.0033(T - 40)$$

式中：T——环境空气温度，℃。

4.2.2 海拔高度

对于安装在海拔高于1000m处的设备，外绝缘在使用地点的绝缘耐受水平应为额定绝缘水平乘以海拔修正系数 K_a 。海拔修正系数 K_a 可按式计算，且对于海拔1000m及以下不需要修正：

$$K_a = e^{m(H - 1000)/8150}$$

式中：H是海拔，用米表示。

为了简单起见，m取下述的确定值：

- 1) $m=1$ 对于工频、雷电冲击和相间操作冲击电压；
- 2) $m=0.9$ 对于纵绝缘操作冲击电压；
- 3) $m=0.75$ 对于相对地操作冲击电压。

操作冲击的m取值可参考IEC 60071-2的4.2.2。

注1：在任一海拔处，内绝缘的绝缘特性是相同的，不需采取特别的措施。外绝缘和内绝缘的定义见GB/T 311.2。

注2：对于低压辅助设备和控制设备，海拔低于2000m时，不需采取特别措施。对于更高的海拔，需采取的措施见GB/T 16935图A.2，部分海拔修正系数如下图所示。

海拔m	正常气压kPa	电气间隙的倍增系数
2000	80.0	1.00
3000	70.0	1.14

注3：海拔高度可参照下列要求确定：

- a. 海拔在1000~2000m范围，设备外绝缘水平按2000m海拔修正；
- b. 海拔在2000~2500m范围，设备外绝缘水平按2500m海拔修正；
- c. 海拔在2500~3000m范围，设备外绝缘水平按3000m海拔修正；
- d. 海拔高于3000m，应考虑实际运行地点的环境，经专题研究后确定。

4.2.3 其他参数

设备在其它特殊使用条件下使用时，用户应参照GB/T 4796、GB/T 4797、GB/T 4798的规定提出其环境参数。

4.3 电源要求

4.3.1 电源供电方式

- a) 市电交流 220V 供电；
- b) 电压互感器（或电流互感器）供电；

4.3.2 交流电源技术参数指标

- a) 电压标称值为单相 220V；
- b) 标称电压允许偏差为+20%~-20%；
- c) 标称频率为 50Hz，频率允许偏差为±5%；
- d) 波形为正弦波，谐波含量小于 10%。

4.3.3 直流电源技术参数指标

- a) 额定电压为24V；
- b) 输入电压容差-20%~+15%额定电压；

c) 电压纹波不大于5%。

4.3.4 电源模块要求

1) 采用独立电源模块，模块接口如图4.1和图4.2。

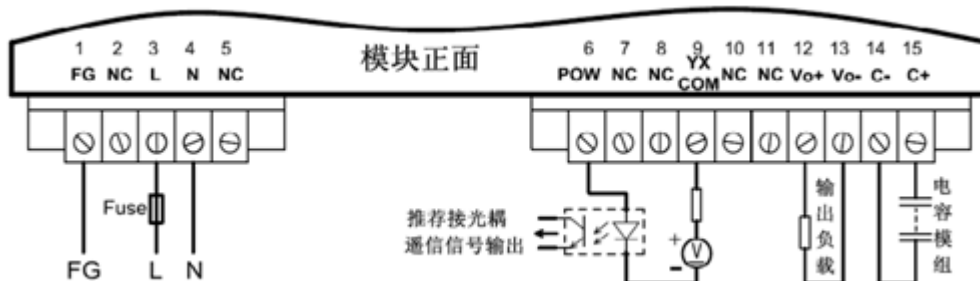


图4.1 超级电容电源管理模块针脚定义图

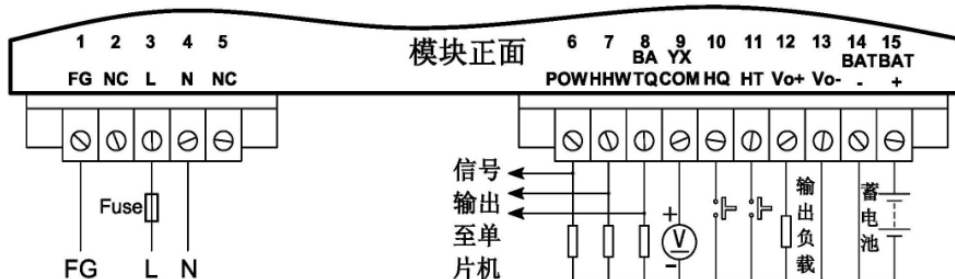


图4.2 蓄电池电源管理模块针脚定义图

2) 支持双交流供电方式，采用电池或超级电容作为后备电源：正常情况下，由交流电源供电；当交流电源中断，控制器应在无扰动情况下切换到另一路交流电源或后备电源供电；当交流电源恢复供电时，装置应自动切换交流供电。

3) 电源模块负载能力满足带载10A时输出时间不小于15s、带载16A时输出时间不小于200ms、满足在开关储能和分合闸过程中开关的操作电压要求。后备电源电压波动范围满足-10%~+15%。

4) 终端配套xPON或者其他通信设备时，通信电源电压为DC24V，电源电压稳定输出容量不小于15W，瞬时输出容量不小于20W、持续时间不小于50ms。

5) 具备供电电源的状态进行监视和管理，如后备电源电压等，交流供电状况、后备电源低压告警等，并以遥信方式上传到主站系统。

6) 具备电池管理功能，具备防止电池（包括单体及模组）过充过放，能够自动、就地手动、远方遥控实现对电池进行充放电管理。

7) 电源模块输入和输出应电气隔离。

8) 电源模块应能为装置、机构、通讯模块等提供工作电源，其中瞬时输出功率不小于300W。

4.3.5 后备电源技术参数指标

1) 根据需求可选用磷酸铁锂电池、不可燃固态锂电池、铅酸蓄电池以及超级电容器。

2) 后备电源采用电池供电时，电池容量 $\geq 7\text{Ah}$ ，且应保证在交流失电后装置可正常工作不少于8小时，并可驱动开关分、合闸操作各3次。

3) 后备电源采用超级电容时,其容量应保证在交流失电驱动开关分、合闸操作各3次后,保证装置还能正常工作不少于15分钟,确保各种遥测、遥信量等故障信息正常传输至主站端(改造开关为电磁型开关时,分合闸操作次数不做要求,后备电源要能持续供配电终端运行15分钟以上),要求使用寿命 \geq 8年。

4) 由后备电源供电期间,控制器遥测、遥信的各项性能指标应满足DL/T 721中4.5的要求。

4.3.6 电源管理与控制功能

1) 应具备双交流输入方式:当一路交流电源中断,装置应在无扰动情况下切换到另一路交流电源。

2) 应具备交直流无缝切换:正常情况下,交流电源优先供电,两路交流均中断时,无缝切至后备电源供电。

3) 装置应能实现对供电电源的状态进行监视和管理,并能将电源供电状况以遥信方式上传至主站,装置应能实现后备电源的状态检测,包括电源的电压等。

4) 电源模块输出具有过压、过流、短路保护及自启动功能。

5) 电源模块损坏不应影响一次设备运行状态。

4.4 通信要求

4.4.1 终端通信要求

1) 不少于2个100M以太网口和不少于2路串口,默认用于本地运维和通讯扩展。

2) 应支持光纤、无线等通信方式与主站或子站进行通信,实现故障信息和线路设备信息的实时上送。

3) 支持《南方电网配电自动化DL/T634.5104-2009规约实施细则》、《南方电网配电自动化DL/T634.5101-2002规约实施细则》规定的通信协议。

4) 支持RS-485/RS-232通信,并配置2个以上接口,传输速率可选用600bit/s、1200bit/s、2400bit/s、4800bit/s、9.6kbit/s、19.2kbit/s、2048kbit/s或更高的传输速率。

5) 支持10/100 BASE-T自适应以太网网络通信,基本配置2个以太网接口。

6) 支持IEC60870-5-101、IEC60870-5-104通信规约和南方电网DL634.5.104-2002远动协议实施细则、南方电网DL634.5.104-2002远动协议实施细则;规约灵活配置功能,与多个主站和子站同时进行通信。

7) 通信协议可根据需要灵活配置,并可实现未来对其他通信方式的扩展、兼容。

8) 控制器可根据主站要求,通过维护软件灵活定义转发表内容,确定遥测及遥信各个信息点的上送。

9) 预留RS485/RS232串口接入线损采集模块数据功能,并具备转出104规约及101规约上送主站系统功能。

4.4.2 无线模块要求

(注:外购加密模块)

1) 应支持中国电信、中国移动和中国联通的2G、3G、4G通信方式,采用标准化、可插拔设计。应选用业界主流厂商工业级无线通信芯片,投标方应提供投标所采用的无线通信芯片生产厂商和型号。

2) 应具备“双卡双待”、“双网络”同时接入、网络自动切换、静态IP地址、用户名/密码/SIM卡号/设备序列号或mac地址的绑定认证、远程管理和异常告警等功能。

3) 配套天线的阻抗应与无线通信芯片匹配，天线的增益应大于5.0dBi。天线接收可引出至柜外，应预留接入信号放大器的接口，或外接信号放大天线的接口，天线可延伸不少于30米，确保通信质量。

4) 无线通信模块适用于工业环境，应满足以下条件：

- 环境温度范围：-15℃~+65℃；
- 抗电磁干扰能力按GB/T15153.1-1998中的IV级标准执行；
- 接收信号灵敏度：≤-102dBm（GSM900 MHz频段、DCS1800MHz频段）；
- 最大输出功率：GSM900MHz频段为33dBm±2dB，DCS1800MHz频段为30dBm±2dB；
- 频率稳定度：GSM900MHz±90Hz，DCS1800MHz±90Hz；
- 数据读写次数不低于10万次，MTBF≥50000小时。

5) 可提供透明、双向、对等的数据传输通道，用户数据无需经过转换直接传输。

6) 支持永远在线：设备加电自动上线、链路保持。

7) 应提供配置管理接口用作本地和远程的管理，宜包括配置管理、安全管理、故障管理以及性能管理等功能。

8) 无线通信模块具备双卡双待、硬加密功能，加密算法至少支持国密SM1、SM2、SM3算法及国密IPSEC规范，支持与主站安全网关加密设备进行双向身份认证。

9) 在不具备外部时钟源的情况下，终端能响应主站规约对时，实现时钟校对。

10) 需将无线通信模块的天线外露并固定，确保信号不会被屏蔽。

4.5 结构、外观要求

4.5.1 总体要求

- 1) 所有部件（包括继电器、控制开关、控制回路的开关及其他独立设备）都应有标识，外壳可移动的设备，在设备的本体上也应有同样的识别标记。
- 2) 后备电源的安装结构应满足维护、更换方便，可以独立拆卸（在拆卸及安装后备电源时不涉及其他部件）。
- 3) 控制器的端子板定义应采用印刷字体并贴于箱门内侧。

4.5.2 结构设计

- 1) 控制器采用箱式结构，结构设计应紧凑、小巧，外壳密封，挂箱式壳体宽深高：400mm×350mm×550mm，误差不超过±10mm。
- 2) 配置不锈钢铭牌采用激光雕刻或蚀刻工艺，厚度≥0.8mm，内容包含名称（配电自动化馈线终端）型号、装置电源、操作电源、额定电压（采集）、额定电流（采集）、产品编号、制造日期及制造厂名等。
- 3) 应具备防雷器等完备的防雷保护措施。箱体内部配置接地铜排，内部接地线采用截面为2.5mm²的多股专用接地线，汇总至接地铜排上再引接至箱体接地。箱体外须备有不锈钢接地端子（不可涂漆），并标有明显接地标志，接地螺栓直径为12mm。

- 4) 壳体下方预留无线通信的天线外露孔，确保信号不会被屏蔽。
- 5) 壳体下方预留接线航空插头（包括预留“网口及电源”连接器中的插座部分，为后期有线通信方式预留），要求接线方便；壳体下方应具备一定的下沿（裙带），高度不少于30mm，防止雨水顺着壳体流向壳体底部的插件。

4.5.3 工艺要求

- 1) 控制器箱体应采用304不锈钢材质，表面采用颜色为RAL7035的喷塑工艺，箱体前门所使用的板材厚度 $\geq 2.0\text{mm}$ ，箱体其他板材厚度 $\geq 1.5\text{mm}$ 。
- 2) 箱体焊接处使用氩弧焊工艺，渗入箱体内焊料均匀分布，确保焊接的可靠性，焊接连接处内表面无缝隙及焊接痕迹。机箱各结合处及门、覆板的缝隙应匀称，同一缝隙的宽度之差不大于0.8mm。
- 3) 控制器的遥信、遥控、遥测模块及其他电路板应安装于核心单元内，不得外露。独立于核心单元外部的继电器、后备电源和其他电路板等部件均有密封或防误碰措施。
- 4) 箱体柜门开启、关闭应灵活自如，锁紧应可靠牢固，开启角度不应小于 120° ，不加底座时，前门高度应小于箱体高度。
- 5) 箱体门的密封条采用机械发泡工艺，成型的密封条平整均匀分布，密封条表面无肉眼可识别的气泡或气孔，密封条无脱落或部分脱落现象。
- 6) 锁具和活页采用不锈钢材质。
- 7) 箱内面板门应安装加强筋或采用折边等措施，提高面板门刚度。
- 8) 机箱中的固定连接部位应牢固可靠、无松动现象：不拆卸螺钉连接处有防松措施；可拆卸螺钉连接可靠，拆卸方便，拆卸后不影响再装配的质量，且不增加再装配的难度。
- 9) 机箱中的固定连接部位应牢固可靠、无松动现象：不拆卸螺钉连接处有防松措施；可拆卸螺钉连接可靠，拆卸方便，拆卸后不影响再装配的质量，且不增加再装配的难度。
- 10) 使用的螺钉、金属紧固件应采用具有抵抗空气、水、酸、碱盐或其它介质腐蚀能力的钢制材料，在寿命期内不出现明显可见锈斑。
- 11) 箱体的可运动部件应按设计要求活动自如、可靠，不得有影响运动性能的松动或卡涩，在规定的运动范围内不应与其它零件碰撞或摩擦。
- 12) 箱体下方应预留高度不小于30mm、采用箱体整体延长方式的下沿（裙带），并预留接线航空插头和无线通信的天线外露孔或接口

4.5.4 电气及接口设计

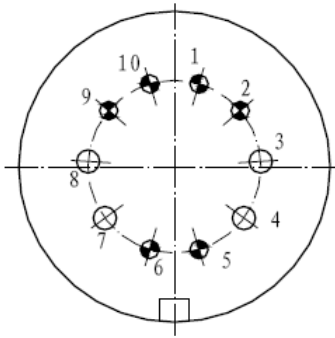
- 1) 接口要求：
 - a) 成套设备各部件采用航空插头的连接方式，其材质有足够的强度以避免误插；
 - b) 接口采用军品级航空接插件设计，航空插头在拔出控制器后应具有自动短接CT二次回路功能，满足控制电缆带电插拔要求，接入终端的电源侧电压航空插头需采用红色色标的航插套件。
 - c) 采用螺纹连接锁紧结构，具有防误插（航插插头的键槽数与终端插座的键位数相等）、防渗水及防腐蚀功能，外表面在5%NaCl盐雾气体下耐受96小时，镀层无变化；

- d) 电流航空插头控制器侧拔出时具有防CT二次开路措施且具有可视、可测性，满足开关带电插拔控制器要求；
- e) 电源及信号接线均经由箱体内的端子板来转接；
- f) 端子板内交流电源及直流电源应为独立端子板，并须考虑避免两者可能误接设计。直流电源的正负极不应布置在相邻的端子上；
- g) 遥信、遥测、遥控回路应设独立端子板，端子板有明确标识；
- h) 二次端子排应采用阻燃V0级可通断端子，连接导线和端子必须采用铜质零件。电压输入回路采用熔断器保险端子，电流输入回路采用防开路端子，如有明显断开点的CT短接盒；
- i) 电流回路导线截面不小于 2.5mm^2 ，控制信号、电压回路导线截面采用 1.5mm^2 ，并保证牢固可靠；
- j) 机箱中的内部接线应采用耐热、耐潮和阻燃的具有足够强度的绝缘多股铜线；
- k) 所有端子板均有清楚接线编码标示；

2) 接插件要求：

- a) 控制器端的电流接口采用6芯航空插头，电源侧及负荷侧电压接口采用10芯航空插头，控制及信号、储能电源采用14芯航空插头，相关电气接口定义见表4.2；开关本体侧采用26芯航空插头，电气接口定义见表4.3。接插件技术参数见表4.4；
- b) 10芯航空插头具备明显的区分“电源侧”、“负荷侧”标识；
- c) 对于电压接口预留或未用的引脚，应接线备用；
- d) 无线通信接口定义及接线要求定义详见表4.5，以太网通信接口航空插座定义及接线要求详见表4.6；
- e) 航空接插件插头、插座采用螺纹连接锁紧，具备防误插功能。插针与导线的端接采用焊接方式，并灌胶密封。

表4.2 电气接口定义及接线要求

电压接插件引脚定义及接线要求					
引脚号	标记	标记说明	电缆规格	备注	图示
1	TVa1	A 相电压 TV 二次侧电压(对应 A 相)	RVVP1.5mm ²	电源	
2	TVb1	B 相电压 TV 二次侧电压(对应 B 相)	RVVP1.5mm ²	电源	
3	TVc1	C 相电压 TV 二次侧电压(对应 C 相)	RVVP1.5mm ²	电源	
4	--	--	RVVP1.5mm ²	--	
5	TVa2	A 相电压 TV 二次侧电压(对应 A 相)	RVVP1.5mm ²	测量	
6	TVb2	B 相电压 TV 二次侧电压(对应 B 相)	RVVP1.5mm ²	测量	
7	TVc2	C 相电压 TV 二次侧电压(对应 C 相)	RVVP1.5mm ²	测量	

8	TVo	相电压中性点	RVVP1.5mm ²	测量	
9	da	零序电压	RVVP1.5mm ²	零序	
10	dn	零序电压	RVVP1.5mm ²	零序	
电流输入接口（ID）引脚定义及接线要求					
引脚号	标记	标记说明	电缆规格	备注	图示
1	Ia	A 相电流	RVV2.5mm ²		
2	Ib	B 相电流	RVV2.5mm ²		
3	Ic	C 相电流	RVV2.5mm ²		
4	In	相电流公共端	RVV2.5mm ²		
5	I0	零序电流	RVV2.5mm ²		
6	I0n	零序电流公共端	RVV2.5mm ²		
控制、信号接口（CD）引脚定义及接线要求					
引脚号	标记	标记说明	电缆规格	备注	图示
1	HW	合位	RVVP1.0mm ²		
2	FW	分位	RVVP1.0mm ²		
3	CN-	储能 CN-	RVVP1.5mm ²		
4	CN+	储能 CN+	RVVP1.5mm ²		
5	WCN	未储能位	RVVP1.0mm ²		
6	YXCOM	遥信公共端	RVVP1.0mm ²		
7	HZ-	合闸输出-	RVVP1.5mm ²		
8	HZ+	合闸输出+	RVVP1.5mm ²		
9	FZ-	分闸输出-	RVVP1.5mm ²		
10	FZ+	分闸输出+	RVVP1.5mm ²		

11	备用 1	--	--		
12	备用 2	--	--		
13	备用 3	--	--		
14	备用 4	--	--		

表4.3 26芯航空接插件引脚定义及接线要求

序号	弹簧操作机构		永磁操作机构		电缆规格	图示
	标记	标记说明	标记	标记说明		
1	CN-	储能-	DC24V+	电源+	RVVP 1.5mm ²	
2	CN+	储能+	DC24V-	电源-	RVVP 1.5mm ²	
3	HZ-	合闸-	HZ-	合闸-/线圈 -	RVVP 1.5mm ²	
4	HZ+	合闸+	HZ+	合闸+/线圈 +	RVVP 1.5mm ²	
5	FZ-	分闸-	FZ-	分闸-	RVVP 1.5mm ²	
6	FZ+	分闸+	FZ+	分闸+	RVVP 1.5mm ²	
7	Ia	A 相电流	Ia	A 相电流	RVVP 2.5mm ²	
8	Ib	B 相电流	Ib	B 相电流	RVVP 2.5mm ²	
9	Ic	C 相电流	Ic	C 相电流	RVVP 2.5mm ²	
10	In	相电流公共端	In	相电流公共端	RVVP 2.5mm ²	
11	I0	零序电流	I0	零序电流	RVVP 2.5mm ²	
12	I0com	零序电流公共端	I0com	零序电流公共端	RVVP 2.5mm ²	
13	--	--	--	--	--	
14	--	--	--	--	--	
15	--	--	--	--	--	
16	--	--	--	--	--	
17	--	--	--	--	--	
18	--	--	--	--	--	
19	YXCOM	遥信公共端	YXCOM	遥信公共端	RVVP 1.5mm ²	
20	HW	合位	HW	合位	RVVP 1.5mm ²	
21	FW	分位	FW	分位	RVVP 1.5mm ²	

序号	弹簧操作机构		永磁操作机构		电缆规格	图示
	标记	标记说明	标记	标记说明		
22	WCN	未储能位	WCN	未储能位	RVVP 1.5mm ²	
23	--	--	--	--	--	
24	--	--	--	--	--	
25	--	--	--	--	--	
26	--	--	--	--	--	

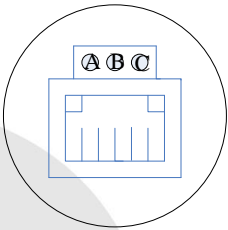
表4.4 航空插头技术参数表

序号	项目	单位	技术要求
1	耐电压	V	2000V /RJ-45:500V (AC)
2	绝缘电阻	MΩ	≥2000MΩ
3	工作温度	°C	-40°C~85°C
4	内绝缘件阻燃特性	-	V0 级
5	盐雾	-	铜合金: 5%NaCl 雾气中 96h
6	密封性	-	防雨淋(0.5m 水深, 0.5h)
7	振动	-	10~2000Hz, 147m/s ² , 瞬断≤1us
8	冲击	-	加速度峰值 490m/s ² , 瞬断≤1us
9	机械寿命	次	500
10	材料	-	壳体: 所有零部件均采用铜合金表面镀铬或 304 不锈钢材质; 内部绝缘体 : PBT 等耐高温塑料 接触件: 铜合金镀金
11	接触电阻		≤2mΩ

表4.5 无线通信接口定义及接线要求

引脚号	标记	标记说明	电缆规格	备注	图示
1	GND	串口公共端	--		
2	NC	串口发	--		
3	RXD	串口收	--		
4	TXD	预留	--		
5	24V+	工作电源正	--		
6	24V-	工作电源负	--		

表4.6 以太网通信接口航空插座定义及接线要求

引脚号	标记	标记说明	电缆规格	备注	图示
A	24+	V+	RVVP1.5m m ²	三芯电源线	
B	/	/	/		
C	24-	V-	RVVP1.5m m ²		
1	RJ45-1-1	网口 1 发信号 +	橙白	RJ45 接口（双网口复用型）	
2	RJ45-1-2	网口 1 发信号 -	橙		
3	RJ45-1-3	网口 1 收信号 +	绿白		
4	RJ45-2-1	网口 2 发信号 +	蓝		
5	RJ45-2-2	网口 2 发信号 -	蓝白		
6	RJ45-1-6	网口 1 收信号 -	绿		
7	RJ45-2-3	网口 2 收信号 +	棕白		
8	RJ45-2-6	网口 2 收信号 -	棕		

4.5.5 操作面板

- 1) 操作面板上安装合闸按钮、分闸按钮、预控按钮及相应指示灯；
- 2) 具备就地/远方操作切换把手，切到就地位置时只能就地操作，闭锁远方控制指令；切到远方位置时只能远方操作，闭锁就地操作指令；
- 3) 面板应具有自动化投退压板（开关）、合闸出口压板、分闸出口压板，当自动化投退硬压板（开关）投入时，自动化功能投入；当压板（开关）退出时，自动化功能退出。分合闸压板应串在分合闸回路中；
- 4) 所有内部运行状态指示应齐全，至少包括运行指示灯、通讯指示灯、电源指示灯、保护动作指示灯、闭锁指示灯、分位指示灯、合位指示灯等。外部（置于控制器底部）至少具备运行指示灯、闭锁指示灯：投运后运行指示灯（正常运行时绿色闪烁，控制器故障时长绿或熄灭）及闭锁指示灯（非闭锁状态时不亮；闭锁时红色闪烁；线路故障时常亮。）亮度合适，在地面可观测；
- 5) 操作面板应配置液晶屏，并通过液晶可直接整定定值；
- 6) 操作面板上的标识应采用喷漆工艺，防脱落。

4.6 功能要求

4.6.1 遥信功能

- a) 遥信状态量包括开关位置（常开、常闭二副触点送出）、开关储能状态、远方与就地切换把手位置、自动化投退、保护（包括过流、接地）动作、故障信息、PT断线告警、控制器异常或故障、工作电源异常、电池低压告警、后备电源欠压切除、遥测越限告警信号、开关动作（变位）原因、开关闭锁原因等信息，并向配电自动化主站发送，状态变位优先传送。
- b) 遥信输入回路采用光电隔离，并具有软硬件滤波措施，防止输入接点抖动或强电磁场干扰误动，遥信防抖时间可设。
- c) 具备事件顺序记录功能，保护/逻辑动作事件记录和装置自检记录分开存储，并可向配电自动化主站传送。

4.6.2 遥测功能

- 1) 采集电压(电压互感器所有的线电压或相电压及零序电压)、电流（所有的相电流及零序电流），实现有功功率、无功功率、功率因数、交流频率计算。
- 2) 采集馈线故障时的短路电流、零序电流（或零序电压）。
- 3) 采集后备电源电压。
- 4) 支持遥测越限告警功能，判据应由越限阈值和越限延时两个条件组成。
- 5) 遥测采集死区与上送死区应独立，每个遥测上送死区可独立设置。
- 6) 测控容量：电压不少于9个，电流不少于4；可采集开关两侧的AB/BC/CA线电压或ABC相电压及零序电压量，A、B、C相及零序电流量，后备电源直流电压。

4.6.3 遥控功能

- 1) 远方/就地选择开关置于远方时，控制器可接收并执行配电自动化主站遥控命令。
- 2) 遥控保持时间可设置。
- 3) 遥控应严格按照预置、返校、执行的顺序进行。在预置返校后，在遥控预置时间（可设置）内未接收到配电自动化主站下达的执行命令，应自动取消本次遥控命令。
- 4) 具备遥控防误动措施，保证控制操作的可靠性。
- 5) 同一遥控点不能同时接收两个不同主站的遥控命令，同一遥控点同一时间只能进行单向认证。
- 6) 具备遥控异常自诊断功能，遥控过程中通信中断遥控自动取消。
- 7) 遥控指令应可记录保存。
- 8) 应具备软压板对遥控功能进行退出和投入。安防要求不满足时，遥控功能退出运行。
- 9) 控制器合闸控制输出脉宽 $200 \pm 10\text{ms}$ ，分闸控制输出脉宽 $150 \pm 10\text{ms}$ 。

4.6.4 信息安全防护要求

配置有线无线一体式安防加密模块，集成无线通信模块功能，提供2个RJ45 网口、RS232\485无线业务串口及双 SIM 卡槽，加密算法至少支持国密SM1、SM2、SM3、SM4算法及国密IPSEC等规范，应满足《南方电网A电力监控系统安全防护技术规范》（（Q/CSG1204009-2015）的技术要求。物质编码010002102078的品类应具备北斗+4G双模FTU标准通信功能，包括主站侧接受和解密功能。

配置有线无线一体式安防加密模块，集成无线通信模块功能，提供2个RJ45 网口、RS232\485 无线业务串口及双 SIM卡槽，加密算法至少支持国密SM1、SM2、SM3、SM4算法及国密IPSEC等规范，应满足

《南方电网A电力监控系统安全防护技术规范》（（Q/CSG1204009-2015）的技术要求。物质编码010002102078的品类应具备北斗+4G双模FTU标准通信功能，包括主站侧接受和解密功能。

4.6.4.1 安全模块/安全芯片功能要求

1) 采用安全模块方式时，应满足以下技术要求：

- a) 采用国密SM1、SM2、SM3、SM4等密码算法对传输的数据进行保护，保证数据的真实性、机密性和完整性；
- b) 具备基于电力调度数字证书的认证功能；
- c) 具备与配电加密认证网关建立VPN 隧道，实现双向身份认证、访问控制和传输数据的加密与解密的功能；
- d) 支持透明工作方式与网关工作方式，支持NAT；
- e) 具有基于IP、传输协议、应用端口号的综合报文过滤与访问控制功能；
- f) 具备识别、处理路由协议等报文的功能；
- g) 具备明文、密文的选择功能；
- h) 具备对带有系统控制命令和参数设置指令的下行数据包进行识别，可对配电应用层认证装置的签名进行验签的功能；
- i) 具备设备配置导入和导出功能；
- j) 具备支持本地日志存取方式，日志包括事件日志和访问日志；
- k) 支持加电自动上线、永远在线功能；
- l) 在不具备外部时钟源的情况下，支持主站规约对时，实现时钟校对；
- m) 采用内嵌（板卡）、外挂等连接方式以适应配电终端不同的应用场合；采用有线、无线等通信接口以适应配电数据网、无线专网、无线公网等通信方式。

2) 安全芯片直接内置于配电终端本体时，应满足以下技术要求：

- a) 采用国密SM1、SM2、SM3、SM4等密码算法对传输的数据进行保护，保证数据的真实性、机密性和完整性；
- b) 具备硬件真随机数发生器。

4.6.4.2 安全模块/安全芯片性能要求

1) 采用安全模块方式时，应满足以下技术要求：

- a) 支持的并发隧道数量应 ≥ 5 条；
- b) 与主站安全防护设备密钥协商并成功建立隧道时间 ≤ 5 秒（不含网络延时）；
- c) 网口双向明文数据包吞吐量 $\geq 2\text{Mbps}$ （1条安全策略，128字节报文长度）；
- d) 网口双向密文数据包吞吐量 $\geq 0.8\text{Mbps}$ （1条隧道，1条策略，128字节报文长度）；
- e) 串口双向明文数据包吞吐量 $\geq 7\text{Kbps}$ （1条安全策略，128字节报文长度）；
- f) 串口双向密文数据包吞吐量 $\geq 7\text{Kbps}$ （1条隧道，1条策略，128字节报文长度）；

- g) 明文转发平均时延 ≤ 10 毫秒（1条策略，128字节报文长度，90%明文数据包吞吐量，不含网络延时）；
- h) 密文转发平均时延 ≤ 10 毫秒（1条隧道，1条策略，128字节报文长度，90%密文数据包吞吐量，不含网络延时）。

2) 安全芯片直接内置于配电终端本体时，应满足以下技术要求：

- a) FLASH 可擦写次数不低于10万次；
- b) SM1算法支持ECB/CBC模式，数据加解密性能不低于5Mbps；
- c) SM2（256位）算法签名和验证性能不低于：30次/s；
- d) SM3算法数据加解密性能不低于1Mbps；
- e) SM4算法支持ECB/CBC模式，数据加解密性能不低于5Mbps。

4.6.4.3 安全模块/安全芯片可靠性要求

1) 采用安全模块方式时，应满足以下技术要求：

- a) 应采用与配电终端相同的EMC和IP防护等级；
- b) 工作温度范围不小于： -40°C 至 $+70^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 平均无故障工作时间应不低于30000小时。

2) 安全芯片直接内置于配电终端本体时，应满足以下技术要求：

- a) 可抵御电压、温度、频率、光照异常；
- b) 工作温度范围不小于： -40°C 至 $+70^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 平均无故障工作时间应不低于60000小时。

4.6.4.4 安全模块/安全芯片安全性要求

1) 采用安全模块方式时，应满足以下技术要求：

- a) 采用具备商用密码产品型号的安全芯片；
- b) 通过国家密码管理局的安全性审查和技术鉴定，获得商用密码产品型号证书；
- c) 具有安全的密钥保护机制：密钥加密存储，断电情况下能长期保持，保持时间不短于10年；
- d) 具备防御常见网络攻击的能力，包括ARP Attack、Ping Attack、Ping of Death Attack、Smurf Attack、Unreachable Host Attack、Land Attack、Teardrop Attack、Syn Attack等；
- e) 支持设备密钥、工作参数的备份与恢复；
- f) 具备防物理攻击设计。

2) 安全芯片直接内置于配电终端本体时，应满足以下技术要求：

- a) 通过国家密码管理局的安全性审查和技术鉴定，获得商用密码产品型号证书；
- b) 具有安全的密钥保护机制：密钥加密存储，断电情况下能长期保持，保持时间不短于10年；
- c) 具有的逻辑和/或物理保护措施，通过2级及以上国密安全等级认证。

4.6.4.5 安全模块/安全芯片配置要求

1) 采用安全模块方式时，应满足以下技术要求：

a) 配电终端安全模块应该根据配电终端的接口情况而配置不同的通信接口。有线型安全模块应至少配置2个10M/100M内网口和1个10M/100M外网口，宜同时具备1个RS232/RS485内网串口；无线型安全模块应至少配置1个RS232/RS485内网串口和1个10M/100M内网口，1个无线通信模块；

b) 配电终端安全模块应具备1个配置串口。

2) 安全芯片直接内置于配电终端本体时，应满足以下技术要求：采用国产安全芯片，具备1个或以上10M/100M RJ45以太网接口，芯片通过SPI接口与配电终端主控芯片交互。

4.6.5 定位功能

配置北斗通信定位模块。

4.6.6 对时功能

具备主站时钟校时功能，宜支持北斗和GPS对时功能。控制器24小时自走时钟误差不大于1秒。时钟电源采用外部电源及纽扣电池供电方式，应优先由外部电源供电。

4.6.7 远程维护功能

终端应具备通过远程通信通道实现远程维护功能：支持对基本参数和历史事件等信息在线远程调阅、功能压板远程投退、定值远程修改、调阅录波信息等操作。宜通过DL/T634.5104、DL/T634.5101方式实现远程维护功能，具备适配性功能升级能力。

4.6.8 逻辑保护功能

4.6.8.1 总体要求

1) 逻辑保护功能包括：过流保护(包括相过流、零序过流，重合闸功能)、就地馈线自动化(含分段和联络功能)、集中控制型、智能分布式、自动解列及小电流接地保护功能。

2) 控制器可通过控制字方式切换，仅可投入过流保护、就地馈线自动化、集中控制型、智能分布式中的一种功能。

3) 控制器异常状态下(失电关机、重启、死机或其他异常状态)应不影响一次设备运行状态。

4) 具备检测开关两侧电压差、角差，支持合环功能。

5) 小电流接地保护功能和自动解列功能作为公共保护逻辑，可与b)中的逻辑保护功能同时投入。

6) 有压及无压判断应同时判断所有线电压或相电压，有流及无流判断应同时判断三相电流。

7) 应在适当位置配设定值表和保护整定指南贴纸。

8) 控制器异常状态下(重启、死机或其他异常状态)不应误出口。

4.6.8.2 过流保护功能

1) 具有相过流保护功能，可对电流保护动作时限、电流定值进行设定。具备三段保护，每一段的动作电流(0~20In，步长0.01A)和跳闸延时(0s~99s，步长0.01s)均可由用户平滑设定，并具备重合闸功能。

2) 具有零序电流保护功能，可对保护动作时限、零序电流定值进行设定。具备二段保护，每一段的动作电流（0~10In，步长0.01A）和跳闸延时（0s~1800s，步长0.01s）均可由用户平滑设定。

3) 过流保护可设置为“跳闸出口”或“告警发信”。

4.6.8.3 重合闸功能

1) 三相一次重合闸和三相二次重合闸功能，重合闸次数以及每次重合闸延时时限定值可根据需要设定。一次重合闸延时0.5s~199s，步长0.01s，二次重合闸1s~300s，步长0.01s。重合闸充电时间0~180s，步长0.01s。具有重合后加速功能，时间整定范围为（0s~20s），步长0.01s；

2) 闭锁二次重合闸功能，可设定闭锁二次重合闸时限定值0s~60s，步长0.01s。一次重合闸后在设定时间内再次跳闸，则闭锁二次重合闸；

3) 具备大电流闭锁重合闸功能；

4) 过流保护和零序保护可单独设置启动重合闸功能，手动分闸不应启动重合闸；

5) 重合闸功能有关时间段的设置应满足图4.20及图4.21的时序要求。

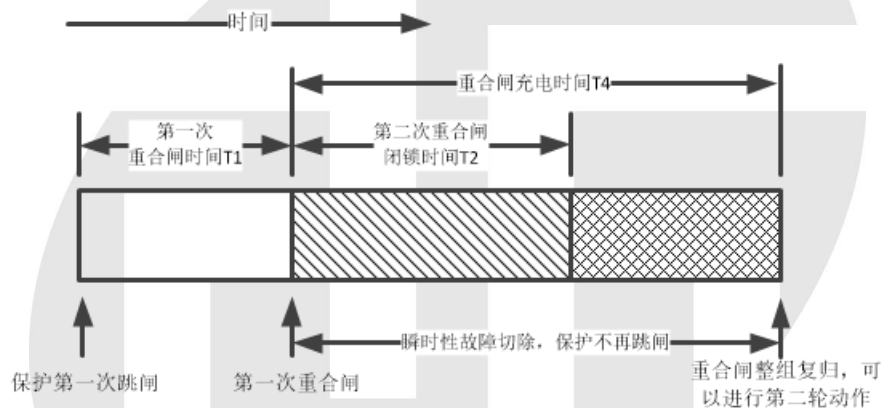


图4.20一次重合闸（瞬时性故障）时序图

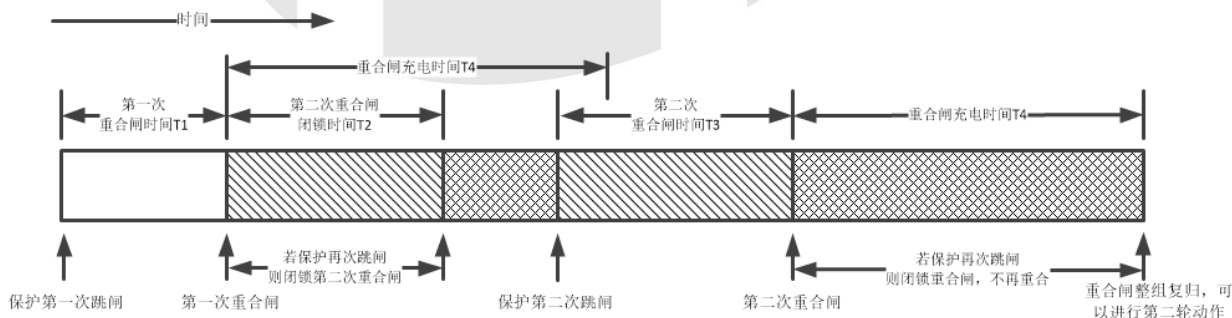


图4.21二次重合闸（永久性故障）时序图

时序图中各时间涵义如下：

T1：第一次重合闸时间，从“保护第一次跳闸”开始计时；

T2：第二次重合闸闭锁时间，从“第一次重合闸动作命令发出”开始计时；

T3: 第二次重合闸时间, 从“保护第二次跳闸”开始计时;

T4: 重合闸充电时间, 从重合成功开始计时。

4.6.8.4 就地馈线自动化功能

1) 就地馈线自动化功能包括分段及联络两种工作模式, 这两种工作模式相互独立, 通过软压板进行灵活投退。

2) 分段模式:

- a) 单侧得电延时合闸功能;
- b) 双侧失电延时分闸功能;
- c) 反向闭锁合闸功能;
- d) 正向闭锁合闸功能;
- e) 合闸后零压告警或分闸并闭锁合闸功能;
- f) 双侧有压禁止合闸功能;
- g) 短时失压闭锁分闸功能;
- h) 合闸至过流故障加速分闸并闭锁合闸功能;
- i) 人工分闸 (含就地控制器分闸、开关本体拉杆分闸、远方遥控分闸方式, 下同) 闭锁合闸功能;
- j) 设定时限内连续分闸闭锁自动合闸功能;
- k) 首开关功能;
- l) 分段模式解锁应满足:
 - 单侧闭锁, 对侧得电延时合闸;
 - 人工合闸 (含就地控制器合闸、开关本体拉杆合闸、远方遥控合闸方式, 下同);
 - 人工就地按解锁按钮;
 - 逻辑保护功能切换;
 - 其他工况 (如设备重启、修改定值等) 不应解锁。

3) 联络模式:

- a) 双侧失电延时分闸功能;
- b) 单侧失压延时合闸或告警功能;
- c) 残压脉冲闭锁合闸功能;
- d) 人工分闸闭锁合闸功能;
- e) 联络模式解锁应满足:
 - 人工合闸;
 - 人工就地按解锁按钮;
 - 双侧有压充电完成;
 - 逻辑保护功能切换;

——其他工况（如设备重启、修改定值等）不应解锁。

针对就地馈线自动化功能，具体描述如下：

- 就地馈线自动化功能不应闭锁遥控及就地操作开关。
- 宜采取下述得失电判别逻辑：任一侧至少有两个线电压均满足条件才判得电，两侧线电压均满足条件才判失电；得电或失电必须判断电压变化的过程。
- 具有失电后延时（Z时限，可整定）分闸功能，检测到双侧电压由有压降到无压、无流，失电延时时间到，控制开关分闸，并有相应的动作报文并上送主站，本功能动作后不应触发“保护总”信号。
- 具有电源侧、负荷侧得电延时（X时限，可整定）后合闸功能（联络开关模式闭锁此功能），一侧得电、一侧无压，得电延时时间到，控制开关合闸，电源侧得电合、负荷侧得电合可分别通过控制字整定投退。
- 联络开关模式下具有单侧失压延时（XL时限，可整定）后合闸功能。开关在分位且双侧电压正常持续6s，单侧电压消失，延时时间到后，控制开关合闸，并有相应的动作报文并上送主站。本功能动作后不应触发“保护总”信号。装置应明确A侧与B侧指向，并可通过控制字选择A侧失压延时合闸、B侧失压延时合闸、任一侧失压延时合闸（控制字“A侧失压延时合闸”与“B侧失压延时合闸”同时置“1”）。当控制字“A侧失压延时合闸”与“B侧失压延时合闸”同时置“0”时，退出失压延时合闸功能。
- 联络开关模式，开关分位，双侧均有电压时，经过15s进入联络模式充电状态。分段/联络模式软压板可通过远方投退。
- 具有闭锁合闸功能：
 - a) 遥控分或就地分应闭锁得电合闸，终端处于闭锁合闸状态下应有相应的动作报文并上送主站。
 - b) 电压时间型馈线自动化功能时：合闸之后在设定时限（Y时限，可整定）之内失压，则不经延时自动分闸，并闭锁合闸。
 - c) 电压电流型馈线自动化功能时：①合闸之后在设定时限（Y时限，可整定）内检测到故障电流（分为相间故障电流值、接地故障电流值）且小于非遮断电流，则经延时分闸，并闭锁合闸；②合闸之后在设定时限（Y时限，可整定）之内失压，且检测到故障电流（分为相间故障电流值、接地故障电流值）且小于非遮断电流，则经0.5秒延时分闸，并闭锁合闸（若在Y时限之内失压但没有检测到故障电流，则不经延时自动分闸，但不闭锁合闸），其相间故障电流判据门槛值取本功能模块相间故障电流II段的定值。相间故障电流值分两段进行故障判断，每一段的动作电流、时间均可以由用户自由平滑设定。
 - d) 开关在单侧失电或失电分闸后，在一定时间内检测到故障残压时，闭锁无残压侧得电合闸（分段模式），或闭锁残压侧失电合闸（联络模式），检测故障残压定值固化设定为30%Un（无压定值不大于残压定值），装置应能识别持续时间大于20ms小于Y时间的残压，残压定值不开放整定。
 - e) 满足以下任一条件解除装置的合闸闭锁：
 - ①开关在合位，开关两侧至少有一侧电压正常，持续6s后解除闭锁。
 - ②开关有流，开关两侧至少有一侧电压正常，持续6s后解除闭锁，开关有流门槛值由厂家固化。
 - ③开关分段模式下处于分位，双侧有压，持续6s后解除闭锁。
 - ④原出现残压侧得电，持续6s后解除闭锁。
 - ⑤遥控合或就地合开关解除闭锁。

- 具备短时失压闭锁分闸功能。若得电合闸之后在设定时限（Y时限，可整定）之内未检测到故障（双侧不失压且没有检测到故障电流），则闭锁失压分闸，并在经过一定延时后解除该闭锁。开关分位解除该闭锁。终端处于闭锁分闸状态下应有相应的动作报文并上送主站。
- 具有非遮断电流保护功能。当开关合闸检测到电流，且电流超过负荷开关开断容量时，则启动非遮断电流保护，开关禁止分闸。
- 具备多次失压分闸闭锁得电合闸功能。当开关在5min时间内连续感受到失压分闸动作多于3次后，应闭锁第3次及以后的得电合闸功能，通过遥控或就地操作合闸后解除闭锁。该功能通过控制字投退。
- 具有涌流闭锁功能，用户大容量变压器合闸时不误动。
- 具有采用电压电流复合判据的相间故障告警及接地故障告警功能，并将告警信息上送主站，其中告警定值和时限可整定。
- 具有合于接地故障保护功能，当开关合闸后Y时间内检测到零序电压时，经延时动作，可通过控制字选择跳闸、仅发告警信号或退出。Y时间外检测到零序电压则不动作。零序电压的动作值和动作时间均可以由用户自由平滑设定。
- 具有PT断线告警功能，并能将告警信号上送到主站。
- 发生PT断线时，应闭锁就地馈线自动化功能并发出相应告警信号。

4.6.8.5 自动解列功能

自动解列功能包括电压越限自动解列与频率越限自动解列功能。该功能一般只应用于电源上网点。宜采用三相电压判别，并具备电压断线闭锁功能。

电压越限自动解列功能包括4个分功能，具体要求如下：

- a) 设置电压过低自动解列功能，当电压低于或等于“电压过低解列定值”时，经“电压过低解列时间”延时后自动分闸。
- b) 设置电压过高自动解列功能，当电压高于或等于“电压过高解列定值”时，经“电压过高解列时间”延时后自动分闸。
- c) 设置低电压自动解列功能，当电压介于（“电压过低解列定值”，“低电压解列定值”]时，经“低电压解列时间”延时后自动分闸。
- d) 置高电压自动解列功能，当电压介于[“高电压解列定值”，“电压过高解列定值”）时，经“高电压解列时间”延时后自动分闸。
- e) 应具备电压滑差闭锁功能。

频率越限自动解列功能包括4个分功能，具体要求如下：

- a) 设置频率过低自动解列功能，当频率低于或等于“频率过低解列定值”时，经“频率过低解列时间”延时后自动分闸。
- b) 设置频率过高自动解列功能，当频率高于或等于“频率过高解列定值”时，经“频率过高解列时间”延时后自动分闸。
- c) 设置低频自动解列功能，当频率介于（“频率过低解列定值”，“低频解列定值”]时，经“低频解列时间”延时后自动分闸。

d) 设置高频自动解列功能，当频率介于[“高频解列定值”，“频率过高解列定值”]时，经“高频解列时间”延时后自动分闸。

e) 应具备频率滑差闭锁功能。

4.6.8.6 小电流接地保护功能

具备小电流接地系统单相接地故障就地判别和隔离功能，小电流保护功能可设置为跳闸、告警或退出，跳闸/告警延时可设，并满足接地等效阻抗1000欧时单相接地判别准确率100%指标要求。

4.6.8.7 集中控制型功能

向配电自动化主站上送过流告警，接收并执行配电自动化主站遥控命令。遥控相关要求见4.6.3节。

4.6.8.8 智能分布式功能

逻辑功能满足Q/CSG 1203076-2021中5.2要求。

4.6.8.9 开关拒动功能要求

控制器在发出控制命令后，若开关位置信号未发生变化或控制分闸未达到无流条件，控制器应产生开关拒动信号。

4.6.9 数据处理及传送功能

1) 模拟量输入信号处理应包括数据有效性判断、越限判断及越限报警、死区设置、工程转换量参数设置、数字滤波、误差补偿（含精度、线性度、零漂校正等）信号抗干扰等功能。

2) 开关量输入信号处理应包括光电隔离、接点防抖动处理、硬件及软件滤波、基准时间补偿、遥信取反、计算、数据有效性判断等功能。

3) 开关量输出信号应具有严密的返送校核措施，并设置专用的执行继电器，其输出触点容量应满足受控回路电流容量的要求。

4) 历史数据应至少保存：最新的256条事件顺序记录和256条遥信变位，最新10条故障电流信息，最新50次遥控操作指令。历史数据可随时由主站召测，失电或通信中断后数据可保存6个月以上。

5) 终端在故障、重启过程中不应引起误操作及数据重发、误发。

6) 支持逐点设置遥测死区值，以满足重要遥测的实时性要求。

7) 具备对遥信信息的逻辑组合功能。

4.6.10 维护和调试功能

1) 具备查询和导出历史数据、保护定值、转发表、通信参数等，在线修改、下装和上载保护定值、转发表（包括模拟量采集方式、工程转换量参数、状态量的开/闭接点状态、数字量保持时间及各类信息序位）、通信参数等。

2) 具备监视各通道接收、发送数据功能，可方便进行数据分析及通道故障排除。

3) 可通过维护口及装置操作界面可实现就地维护功能，可通过远程通讯方式实现设备功能维护，就地与远程维护功能应保持一致。

4) 系统维护应有自保护恢复功能，维护过程中如出现异常应能自动恢复到维护前的正常状态。

5) 应至少可设置两级维护密码，可按权限分级开放维护功能，不允许采用动态密码。

6) 具有液晶显示，提供全汉化中文菜单，菜单采用分层树形结构，按照实时数据、装置参数、版本信息、定值整定、历史报告、出厂调试分层显示，操作简洁，便于现场维护。

7) 具备远程运维管控功能。可进行参数、定值、软压板的远方查询修改。

8) 要求维护工具使用全中文界面；维护软件具有通信报文监视功能，收发报文能同屏分开显示；应能够实现对多个终端批量、逐个的可定制的自动维护或升级，并相互不影响与主站的正常通信。

4.6.11 录波功能

1) 具备故障录波功能，支持录波数据循环存储至少64组，支持录波数据上传至主站。

2) 录波功能启动条件包括过流故障、线路失压、零序电压、零序电流突变及越限等，可远方及就地设定启动条件参数。

3) 录波文件格式遵循Comtrade1999标准中定义的格式，只采用CFG（配置文件，ASCII文本）和DAT（数据文件，二进制格式）两个文件。

4) 录波应包括故障发生时刻前不少于4个周波和故障发生时刻后不少于8个周波的波形数据，录波点数为不少于80点/周波，录波数据应包含电压、电流、开关位置等。

5) 录波精度要求：

a) 稳态录波电压相对误差

输入电压	$0.05U_N$	$0.1U_N$	$0.5U_N$	$1.0U_N$	$1.5U_N$
幅值相对误差	$\leq 5.0\%$	$\leq 2.5\%$	$\leq 1.0\%$	$\leq 0.5\%$	$\leq 1.0\%$

b) 稳态录波电流相对误差

输入电流	$0.2I_N$	$0.5I_N$	$1.0I_N$	$5.0I_N$	$10I_N$
幅值相对误差	$\leq 2.5\%$	$\leq 1.0\%$	$\leq 0.5\%$	$\leq 1.0\%$	$\leq 2.5\%$

c) 暂态录波中最大峰值瞬时误差应不大于10%。

4.6.12 线损功能

线损计算功能由控制器完成，线损计算数据由加密通讯模块上送至主站。

1) 电能计量及测量：

a) 两表法或三表法，软件计算出P、Q、Pa、Pb、Pc、f、 $\cos\phi$ 等，根据主站需要上传；

b) 具有正向、反向有功电能计量功能，无功四个象限可分别计量、组合无功电能计量（出厂默认值：无功正向电量= I +IV，无功反向电量= II +III。）记录存储功能。

c) 具有计量分相有功电能功能；不应采用各分相电能算术加的方式计算总电能。

d) 具有测量总及各分相有功功率、无功功率、功率因数、分相电压、分相电流、频率等运行参数的功能。

2) 数据清零：

a) 清除线损内存储的电能量、事件记录等数据；

b) 清零操作应作为事件永久记录，应有防止非授权人操作的安全措施。

3) 数据储存：

- a) 至少应能存储上12个考核日的双向总电能数据；数据转存分界时刻为月末的24时（月初零时），或在每月的1日～28日内的整点时刻；
- b) 停电时刻错过考核时刻，上电时应能补全上12个考核日电能量数据；
- c) 在工作电源断电的情况下，所有与电能量有关的数据应至少保存10年，其他数据至少保存3年；
- d) 存储整点时刻的有功总电能，应可存储264个数据。

4) 数据冻结：

- a) 冻结内容及标识应符合DL/T 634.5101—2002及其实施细则要求；
- b) 定时冻结：按照每15分钟冻结电能量数据；每个冻结量至少应保存60次；
- c) 瞬时冻结：在非正常情况下，冻结当前的日历、时间、所有电能量和重要测量量的数据；瞬时冻结量应保存最后3次的的数据；
- d) 日冻结：存储每天零点的电能量，应可存储62天的数据量。停电时刻错过日冻结时刻，上电时补全日冻结数据，最多补冻最近7个日冻结数据；
- e) 整点冻结：存储整点时刻的有功总电能，应可存储264个数据。

5) 事件记录：

- a) 应记录潮流方向改变的总次数，最近10次潮流方向改变发生时刻及对应的电能量数据等信息；
- b) 应记录校时总次数（不包含广播校时），以及最近10次校时的时刻；
- c) 永久记录线损清零事件的发生时刻及清零时的电能量数据；
- d) 可记录每种事件总发生次数和（或）总累计时间。

4.6.13 其他功能要求

- 1) 应具备自诊断及自恢复功能。装置在正常运行时定时自检，自检的对象包括开出回路、采样通道、E²PROM等各部分。自检异常时，发出告警信息并闭锁出口，通信中断或掉电重启应能自动恢复正常运行。
- 2) 终端电源失电或通信中断后数据自动保存，断电瞬间不应出现测量错误，电源或通信恢复时，应自动恢复断电前的工作状态。
- 3) 控制器不可使用休眠功能。
- 4) 具备开关电源侧、负荷侧反接软件调整功能，当开关电源侧、负荷侧反接时满足有功功率及无功功率测量需求。
- 5) 终端应有控制出口闭锁功能，终端运行如出现异常应自动闭锁控制回路出口，不影响一次设备的运行状态。
- 6) 终端能自动识别控制器死机的状态，控制器死机后终端能自动重启。

4.7 基本性能要求

4.7.1 可靠性

- a) 要求采用不低于32位微处理器系列芯片，处理器性能不低于100MIPS；

- b) 采用工业级元器件；
- c) 平均无故障时间（MTBF）应不低于50000小时，年可用率大于99.99%。

4.7.2 扩展性

终端应用程序应基于（嵌入式）实时多任务操作系统软件平台进行开发，用以保证终端进行故障识别、终端通信、数据计算处理等复杂功能要求。

4.7.3 模拟量

以下性能描述中涉及精度误差均为引用误差。

1) 交流工频电量输入：

- a) 电压输入标称值：100V(线电压及零序电压)、 $100/\sqrt{3}$ V(相电压)，50Hz；
- b) 电流输入标称值：5A；
- c) 电压、电流采样精度：0.5级；
- d) 有功精度：1级；
- e) 无功精度：1级；
- f) 相角采集精度：<1度；
- g) 频率采样精度：0.5级。
- h) 零序电压：100V。

2) 直流量输入：

- a) 直流电压输入标称值：DC24V；
- b) 采样精度：0.5级。

3) 故障电流：

- a) 故障电流输入范围：20倍额定电流，故障电流相对误差不大于±3%；
- b) 短期过量交流输入电流施加标称值的2000%，持续时间小于1s，系统工作正常；
- c) 短期过量交流输入电压施加标称值的200%，持续时间小于1s，系统工作正常。

4.7.4 状态量

- 1) 仅考虑以无源空触点接入方式；用一位二进制码表示时：闭合对应二进制码为“1”，断开对应二进制码为“0”；用两位二进制码表示时：闭合对应二进制码为“10”，断开对应二进制码为“01”；
- 2) 输入回路光电隔离，隔离电压不低于DC1000V，并具有软硬件滤波措施，防止输入接点抖动或强电磁场干扰误动；
- 3) SOE分辨率≤2ms；
- 4) 软件防抖动时间5ms~60000ms（步长1ms）可设。

4.7.5 遥控

- 1) 输出方式：继电器常开接点；

2) 遥控保持时间100ms~60000ms（步长10ms）可设；

3) 接点容量：DC30V/16A，纯电阻负载；

4) 触点寿命：通断上述额定电流不少于 10^5 次。

4.7.6 信息响应时间

1) 当地遥信变位响应时间不大于50ms，遥信变位主动上送到主站时间 $\leq 1s$ ；

2) 遥测变化刷新时间 $\leq 3s$ ；

3) 其他信息响应时间满足DL/T 630-1997中4.5.5的规定。

4.7.7 保护动作准确度

在正常工作大气条件下：

a) 连续5次测得的控制器保护动作整定值准确度应不大于5%；

b) 时间整定值的准确度不大于1%或40ms。

4.7.8 信息通道

a) 传输速率：不低于1200bit/s的传输速率；

b) 比特差错率不大于 10^{-5} （信噪比S/N不大于17dB，观察时间大于15min）；

c) 适用于点对点和多点共线等网络结构，工作方式为全双工；

d) 能适应光纤、无线、专线通道等多种通信方式。

4.7.9 装置功耗

a) 装置正常工作时整机功耗不大于20VA（不含通信设备和后备电源充电）；

b) 测量回路在标称输入值时，每一电压回路的功率消耗小于0.5VA，每一电流回路功率消耗小于0.75VA；

4.7.10 机箱防护

1) 户外机箱防护性能应满足IP65级要求，且有关正弦稳态振动、冲击、自由跌落的参数等级见GB/T 15153.2中第4章规定；

2) 箱体抗盐蚀能力应满足GB/T 10125标准的中性盐雾试验96h试验周期无锈蚀的要求。

4.7.11 雪崩处理能力

在信息剧增等异常情况下，控制器应能正常处理所有遥信和遥测信号的快速变化，并正常向主站系统发送相关信息，不出现死机、重启，以及漏发、多发和错发信息的现象。

4.7.12 湿热性能

参照GB/T 13729中4.5规定，试验室的温度偏差不大于 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度偏差不大于 $\pm 2\%$ ，设备各表面与相应的室内壁之间最小距离不小于150mm，凝结水不得滴到试验样品上，试验室以不超过 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的变化率升温，待温度达到 $+40^{\circ}\text{C}$ 并稳定后再加湿到 $(93\pm 3\%)$ 范围内，保持48小时，在试验最后1~2小时，测量设备绝缘电阻，指标应合格。

4.8 高、低温性能要求

1) 参照GB/T 13729中4.3规定的试验方法进行测试，低温室的温度偏差不大于 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，设备各表面与相应的室内壁之间最小距离不小于150mm。低温室以不超过 $1^{\circ}\text{C} / \text{min}$ 的变化率降温，待温度达到 -40°C 并稳定后开始计时，保温2h，再使设备连续通电2h，控制器应能正常工作，而且各项性能指标应正常；

2) 参照GB/T 13729中4.4规定的试验方法进行测试，高温室的温度偏差不大于 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不超过50%，设备在高温室内以不超过 $1^{\circ}\text{C} / \text{min}$ 的变化率升温，待温度达到 70°C 并稳定后开始计时，保温2h，再使设备连续通电2h，控制器应能正常工作，而且各项性能指标应正常。

4.9 常规保护性能要求

1) 交流电流在 $0.05I_n \sim 1.2I_n$ 测量范围内，绝对误差不大于 $0.02I_n$ ；在 $1.2I_n \sim 10I_n$ 范围内，相对误差不大于 3%；

2) 交流电压在 $0.05U_n \sim 1.5U_n$ 测量范围内，绝对误差不大于 $0.01U_n$ ；

3) 角度绝对误差不大于 3° ；

4) 1.2 倍整定值时，延时误差不大于 1%或 40ms（小电流接地故障检测不适用）。

4.10 绝缘性能

4.10.1 绝缘电阻

1) 在正常大气条件下绝缘电阻的要求见表4.7，具体回路包括如下：

- a) 电源及交流工频电压回路对地；
- b) 交流工频交流电流回路对地；
- c) 控制输出回路对地；
- d) 状态输入回路对地；
- e) 电源对交流工频电压回路；
- f) 电源及交流工频电压输入回路之间对交流工频电流输入回路；
- g) 电源及交流工频电压输入回路之间对控制输出回路；
- h) 电源及交流工频电压输入回路之间对状态输入回路；
- i) 交流工频电流输入回路之间对状态输入回路；
- j) 交流工频电流输入回路对控制输出回路；
- k) 控制输出对状态输入回路；

控制器各电气回路对地和各电气回路之间的绝缘电阻要求如表4.7所示：

表 4.7 正常条件绝缘电阻

额定绝缘电压 U_i / V	绝缘电阻要求 / $\text{M}\Omega$
$U_i \leq 60$	≥ 5 （用 250V 兆欧表）
$U_i > 60$	≥ 5 （用 500V 兆欧表）
注：与二次设备及外部回路直接连接的接口回路绝缘电阻采用 $U_i > 60\text{V}$ 的要求。	

2) 在温度 $(40\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $(93\pm 3)\%$ 的恒定湿热条件下绝缘电阻的要求见表 4.8。

表 4.8 恒定湿热条件绝缘电阻

额定绝缘电压 U_i / V	绝缘电阻要求 / $\text{M}\Omega$
$U_i \leq 60$	≥ 1 (用 250V 兆欧表)
$U_i > 60$	≥ 1 (用 500V 兆欧表)
注：与二次设备及外部回路直接连接的接口回路绝缘电阻采用 $U_i > 60\text{V}$ 的要求。	

3) 检测部位如表4.9所示，对于模拟小信号回路不做绝缘电阻试验。

表 4.9 恒定湿热条件绝缘电阻

检测部位	绝缘电阻试验条件	绝缘强度检验条件	冲击电压检验试验条件
电源及电压电路——外壳地	500V 兆欧表	2.5KV,50HZ	5KV
交流电流电路——外壳地	500V 兆欧表	3KV,50HZ	5KV
开出电路——外壳地	250V 兆欧表	1KV,50Hz	1KV
开入电路——外壳地	250V 兆欧表	1KV,50Hz	1KV
电源——交流电压电路	500V 兆欧表	2.5KV,50HZ	5KV
电源及电压电路——交流电流电路	500V 兆欧表	2.5KV,50HZ	5KV
电源及电压电路——开出电路	500V 兆欧表	2.5KV,50HZ	5KV
电源及电压电路——开入电路	500V 兆欧表	2.5KV,50HZ	5KV
交流电流电路——开出电路	500V 兆欧表	3KV,50HZ	5KV
交流电流电路——开入电路	500V 兆欧表	3KV,50HZ	5KV
开出电路——开入电路	250V 兆欧表	1KV,50HZ	1KV

4.10.2 绝缘强度

在正常试验大气条件下，设备的被试部分应能承受表 4.10 规定的 50Hz 交流电压 1min 的绝缘强度试验，无击穿、无闪络现象，漏电流指标不超过 5mA。试验部位为非电气连接的两个独立回路之间，各带电回路与金属外壳之间。具体回路包括：

- 电源及交流工频电压回路对地；
- 交流工频交流电流回路对地；
- 控制输出回路对地；
- 状态输入回路对地；

- e) 电源对交流工频电压回路；
- f) 电源及交流工频电压输入回路之间对交流工频电流输入回路；
- g) 电源及交流工频电压输入回路之间对控制输出回路；
- h) 电源及交流工频电压输入回路之间对状态输入回路；
- i) 交流工频电流输入回路之间对状态输入回路；
- j) 交流工频电流输入回路对控制输出回路；
- k) 控制输出对状态输入回路；

表 4.10 绝缘强度

额定绝缘电压/V	试验电压有效值/V
$U \leq 60$	1000
$60 < U \leq 125$	1500
$125 < U \leq 250$	3000

注：与二次设备及外部回路直接连接的接口回路采用 $125 < U \leq 250V$ 的要求。

检测回路见表4.9。

4.10.3 冲击电压

在正常试验大气条件下，终端非电气连接的两个独立回路之间，各带电回路与金属外壳之间应能承受下表要求的冲击电压，冲击电压脉冲波形为 $1.2/50 \mu s$ ，正负极性下各施加 5 次，两个脉冲之间间隔不小于 5s，测试对设备无损坏，测试过程中漏电流指标不超过5A，测试后设备应正常。具体回路包括：

- a) 电源及交流工频电压回路对地；
- b) 交流工频交流电流回路对地；
- c) 控制输出回路对地；
- d) 状态输入回路对地；
- e) 电源对交流工频电压回路；
- f) 电源及交流工频电压输入回路之间对交流工频电流输入回路；
- g) 电源及交流工频电压输入回路之间对控制输出回路；
- h) 电源及交流工频电压输入回路之间对状态输入回路；
- i) 交流工频电流输入回路之间对状态输入回路；
- j) 交流工频电流输入回路对控制输出回路；
- k) 控制输出对状态输入回路；

表 4.11 冲击电压

额定绝缘电压 (V)	试验电压有效值 (V)	额定绝缘电压 (V)	试验电压有效值
------------	-------------	------------	---------

$U \leq 60$	1000	$125 < U \leq 250$	5000
$60 < U \leq 125$	5000	$250 < U \leq 400$	6000

冲击试验后，交流工频电量测量的基本误差应满足其等级指标要求。

检测回路见表4.9。

4.11 电磁兼容性

4.11.1 电压暂降和短时中断

测试时断开终端后备电源（不带电池），满足GB/T15153.1中2级的要求。

- a) 电压试验等级100%UT;
- b) 从额定电压暂降100%;
- c) 持续时间：1s，25个周期;
- d) 中断次数：3次，各次中断之间的恢复时间为10s。以上电源电压的突变发生在电压过零处。

试验时终端应能正常工作，各项功能、性能指标满足4.6相关要求包括：交流模拟量、直流模拟量、遥控、遥信、SOE，交流电压、电流输入回路测量误差的改变量应不大于等级指数200%。

4.11.2 辐射电磁场抗扰度

按 GB/T 17626.3 中的有关规定执行。施加表 4.12 规定的辐射电磁场，试验时终端应能正常工作，各项功能、性能指标满足4.6相关要求包括：交流模拟量、直流模拟量、遥控、遥信、SOE，交流电压、电流输入回路测量误差的改变量应不大于等级指数100%。

按照抵抗数字无线电话射频辐射的试验等级：

- a) 严酷等级：4;
- b) 频率范围：见表4.4.5.2-5;
- c) 试验场强：30V/m（非调制）;
- d) 正弦波1kHz，80%幅度调制。

表 4.12 辐射电磁场试验主要参数

试验项目	级别	电压/电流波形	试验值 V/m
辐射电磁场	4	80MHz~2000MHz 连续波	30

4.11.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度

施加如表4.13规定的电快速瞬变脉冲群干扰电压，试验时终端应能正常工作，其各项功能、性能指标应符合基本性能4.6的要求包括：交流模拟量、直流模拟量、遥控、遥信、SOE，交流电压、电流输入回路测量误差的改变量应不大于等级指数200%。满足GB/T15153.1中4级的要求。

- a) 严酷等级：4;
- b) 试验电压：见表 4.4.5.2-1;
- c) 重复频率：5kHz 或 100kHz;
- d) 试验时间：1min/次;

e) 试验电压施加次数：正负极性各 3 次。

4.11.4 高频干扰适应能力

在信号输入回路和交流电源回路，施加共模电压2.5kV、差模电压1.25kV的高频干扰，应能正常工作。

4.11.5 抗振荡波干扰能力

施加表4.13规定的振荡波干扰电压，试验时终端应能正常工作，各项功能、性能指标满足4.6相关要求包括：交流模拟量、直流模拟量、遥控、遥信、SOE，交流电压、电流输入回路测量误差的改变量应不大于等级指数200%。满足DL/T721规定中的4级的要求。

- a) 电压上升时间（第一峰）： $75 \times (1 \pm 20\%) \text{ ns}$ ；
- b) 振荡频率： $1 \times (1 \pm 10\%) \text{ MHz}$ ；
- c) 重复率：至少400/s；
- d) 衰减：第三周期和第六周期之间减至峰值的50%；
- e) 脉冲持续时间：不小于2s；
- f) 输出阻抗： $200 \times (1 \pm 20\%)$ ；
- g) 试验次数：正负极性各3次；
- h) 测试时间：60s

4.11.6 抗浪涌干扰能力

施加如表 4.13 规定的浪涌（冲击）干扰电压，试验时终端应能正常工作，各项功能、性能指标满足 4.6 相关要求包括：交流模拟量、直流模拟量、遥控、遥信、SOE，交流电压、电流输入回路测量误差的改变量应不大于等级指数 200%。满足 GB/T15153.1 中 4 级的要求。

- a) 严酷等级：4；
- b) 试验电压：见表 2-16；
- c) 波形：1.2/50 μs ；
- d) 极性：正、负；
- e) 试验次数：正负极性各 5 次；
- f) 重复率：1 次/min。

表 4.13 电磁兼容试验电压

试验项目	级别	共模试验值	试验回路
振荡波干扰	4	2.5KV	信号输入回路、控制回路、电源回路、模拟量小信号输入回路、数字量输入回路
电快速瞬变	4	2KV	信号输入回路、控制回路、模拟量小信号输入回路、数字量输入回路
		4KV	电源回路
浪涌干扰	4	4KV	信号输入回路、控制回路、电源回路、模拟量小信号输入回路、数字量输入回路

注1：差模试验电压值为共模试验值的 1/2。

注2：模拟量小信号输入回路是指：与电子式互感器配合的采集信号输入回路。

注 3：数字量输入回路是指：与数字量转化单元连接的数字信号输入回路。

4.11.7 抗脉冲磁场干扰能力

按GB/T 17626.9 中的有关规定执行。

设备在试验等级5级，试验值1000A/m的脉冲磁场条件下应能正常工作，而且各项性能指标满足4.6的要求包括：交流模拟量、直流模拟量、遥控、遥信、SOE。

4.11.8 抗静电干扰能力

按GB/T 17626.2中的有关规定执行。在正常工作条件下，在操作人员通常可接触到的外壳和操作点上，按表4.10 规定施加静电放电电压，正负极性放电各10次，每次放电间隔至少为1s。试验时 终端应能正常工作，各项功能、性能指标满足4.6相关要求包括：交流模拟量、直流模拟量、遥控、遥信、SOE，试验时允许出现短时通信中断和液晶显示瞬时闪屏。交流电压、电流输入回路测量误差的改变量应不大于等级指数200%。

测试位置描述：机箱金属面板、航插、接地螺栓、门锁等处需进行接触放电。整机内门交互区域的屏幕、按键、指示灯等未金属部分需要做空气放电。

表 4.14 静电放电试验的主要参数

试验项目	级别	试验值	
		接触放电	空气放电
静电放电	X	±9KV	±16KV

4.11.9 抗工频磁场和阻尼振荡磁场干扰的能力

按GB/T 17626.8中的有关规定执行。施加表4.11规定的工频磁场干扰，试验时终端应能正常工作，各项功能、性能指标满足4.6相关要求包括：交流模拟量、直流模拟量、遥控、遥信、SOE，交流电压、电流输入回路测量误差的改变量应不大于等级指数100%。

按 GB/T 17626.10 中的有关规定执行。施加表 4.11 规定的阻尼振荡磁场干扰，试验时终端应能正常工作，各项功能、性能指标满足4.6相关要求包括：交流模拟量、直流模拟量、遥控、遥信、SOE，交流电压、电流输入回路测量误差的改变量应不大于等级指数 100%。

表 4.15 抗工频磁场和阻尼振荡磁场干扰能力的主要参数

试验项目	级别	电压/电流波形	试验值A/m
工频磁场	4	连续正弦波	100 (1~3min)
阻尼振荡磁场	4	衰减振荡波	100

4.12 机械振动性能

应能承受频率f为(2~9)Hz，振幅为0.3mm及f为9Hz~500Hz。加速度为1m/s²的振动。对常规运输条件下的振动，远方终端不应发生损坏和零部件受振动脱落现象。

4.13 连续通电的稳定性

设备完成调试后，在出厂前进行不少于72h连续稳定的通电试验，交直流电压为额定值，各项功能和性能均应符合4.6的技术要求包括：交流模拟量、直流模拟量、遥控、遥信、SOE。

4.14 企业内控实验

- 4.14.1 凝露试验
- 4.14.2 整机盐雾试验
- 4.14.3 交变湿热试验
- 4.14.4 整机（包装状态）汽车颠簸试验
- 4.14.5 弹簧锤试验
- 4.14.6 外部供电情况下时钟电池放电电流检测（研发自测）
- 4.14.7 器件温升测试
- 4.14.8 设备类有接地可靠性要求的产品（接地电阻测试）
- 4.14.9 GPRS 模块屏蔽箱影响试验
- 4.14.10 电棍放电影响试验
- 4.14.11 对讲机抗扰度试验
- 4.14.12 高温耐久运行试验（需拆除蓄电池）
- 4.14.13 可靠性评价试验（双 85 试验）
- 4.14.14 备用电池充放电（研发自测）
- 4.14.15 备电漏电流测试（研发自测）
- 4.14.16 环境对备用电池影响试验
- 4.14.17 启动上线测试
- 4.14.18 包装试验（研发自测）
- 4.14.19 电源电压随机中断试验
- 4.14.20 极端高温环境下的电源中断影响试验
- 4.14.21 升级中断（研发自测）
- 4.14.22 续航能力测试试验

5 试验方法

5.1 检测项目

如附录B

5.2 检测规则

5.2.1 型式试验

- a) 控制器型式试验的时机按DL/T 721中6.2.1的规定执行。

5.2.2 与主站通信正确性试验

被试设备与模拟主站计算机系统连接好通电后，在主站屏幕上校对遥测数据、遥控、遥信状态及SOE 站内分辨率的正确性。其结果均应符合 4.6 的技术性能要求。

5.2.3 与两个主站通信试验

被试设备的两个通信口分别与模拟主站相连，通电后，在主站屏幕上核对遥测数据、遥信状态、遥控和 SOE 站内分辨率等的正确性。其结果均应符合 4.6 的技术性能要求。

5.3 绝缘性能试验

详见4.10部分。

5.4 电磁兼容性能试验

详见4.11部分。

5.5 电源电压波动影响及被试设备整机功耗试验

5.5.1 电源电压波动影响试验

改变被试设备的电源电压为标称电压的+20%~-20%（其余各项为标称值），测试交流工频电量、状态输入量、遥控、直流输入模拟量和 SOE 站内分辨率。

交流工频电量的误差改变量应不大于准确等级指数的50%，其他各项指标满足4.6的要求包括：交流模拟量、直流模拟量、遥控、遥信、SOE。

5.5.2 被试设备整机功耗试验

用伏安法测试整机的功耗，其结果应不大于20VA。

5.6 机械性能试验

在正常试验大气条件下，按4.12的规定对设备施加振动。振动之后，检查被试设备的外观,应无松动和损坏，设备的各项性能指标应满足交流工频电量的误差改变量应不大于准确等级指数的200%。

5.7 连续通电稳定性试验

- a) 在正常试验大气条件下，电源电压为额定值；

b) 连续通电72h，而且在72h期间每8h抽测一下，直流遥测的准确度、状态输入量、遥控SOE站内分辨率，其测试结果应满足交流工频电量的误差改变量应不大于准确等级指数的200%。连续通电72h后，测试交流工频电量，其误差应满足准确等级指标要求。

5.8 汽车颠簸实验

按《ISTA-1A-中文版、振动、跌落》的有关规定进行测试。

5.9 企业内控试验

根据相关内控试验描述的试验条件及实验室施行的试验方法测试，参照附录C执行。

附录 A.1 公共保护逻辑

面板“自动化压板”投入位置时，公共保护逻辑有效。

附录 A.1.1 小电流接地保护

在[小电流接地出口]投入时，检测到开关下游出现单相接地故障，经[小电流接地故障时间]跳闸出口并发出接地告警。

在只有[小电流接地告警]投入时，检测到开关下游出现单相接地故障，经[小电流接地故障时间]发出接地告警。

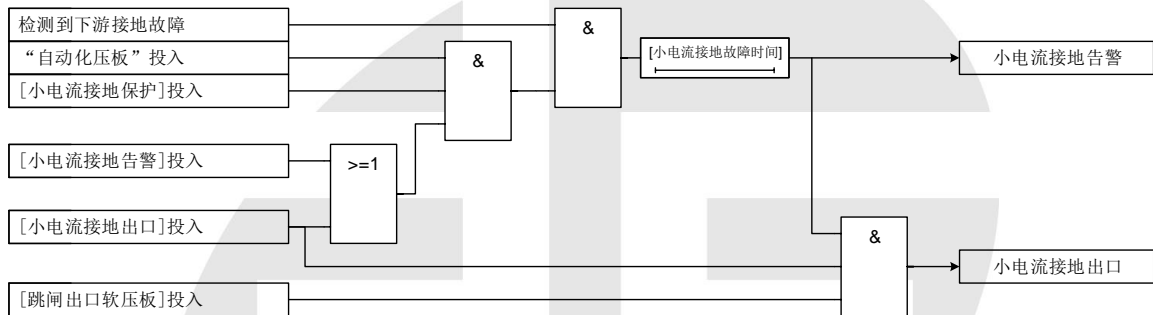


图 C.1 小电流接地保护逻辑图

附录 A.1.2 线路断线告警

线路断线告警指配网线路一次线路发生单相断线。满足线路断线故障特征时，经[线路断线告警确认时间]，发出线路断线告警。

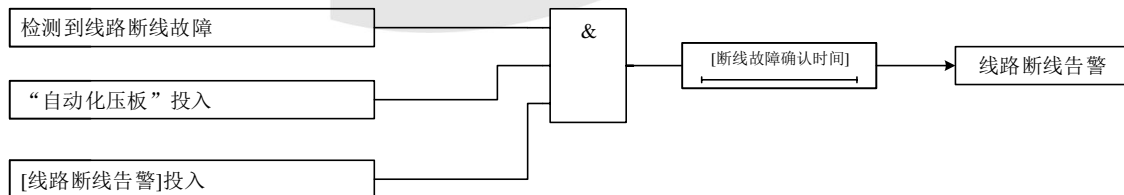


图 C.2 线路断线告警逻辑图

附录 A.1.3 公共保护定值信息表

表 C.1 公共保护定值设定信息表

序号	参数名称	定值范围	单位
----	------	------	----

序号	参数名称	定值范围	单位
1	小电流接地保护	0, 1	
2	小电流接地保护出口	0, 1	
3	小电流接地保护告警	0, 1	
4	小电流接地故障时间	0~30	s
5	线路断线告警	0, 1	
6	线路断线告警确认时间	0~30	s
7	跳闸出口软压板	0, 1	

附录 A.2 常规保护

附录 A.2.1 投入条件

[三段式保护]功能投入、面板“自动化压板”投入位置时，终端进入保护允许工作状态。

附录 A.2.2 过流 I 段

励磁涌流闭锁功能可采用二次谐波制动原理及其他有效判别条件。利用相电流二次谐波作为励磁涌流闭锁的判据，动作方程如下：

$$Id_2 > K_{xb} \cdot Id$$

其中 Id_2 为相电流中的二次谐波， Id 为对应相电流中的基波电流， K_{xb} 为二次谐波制动系数。三相电流中任一相二次谐波满足上述条件，则闭锁过流保护。

在[过流 I 段出口]投入条件下，当过流 I 段起动，且最大相电流（ I_{max} ）大于[过流 I 段定值]、无励磁涌流闭锁，经[过流 I 段时间]后，跳闸出口并发出过流 I 段告警。

在只有[过流 I 段告警]投入条件下，当过流 I 段起动，且最大相电流（ I_{max} ）大于[过流 I 段定值]、无励磁涌流闭锁，经[过流 I 段时间]后，发出过流 I 段告警。

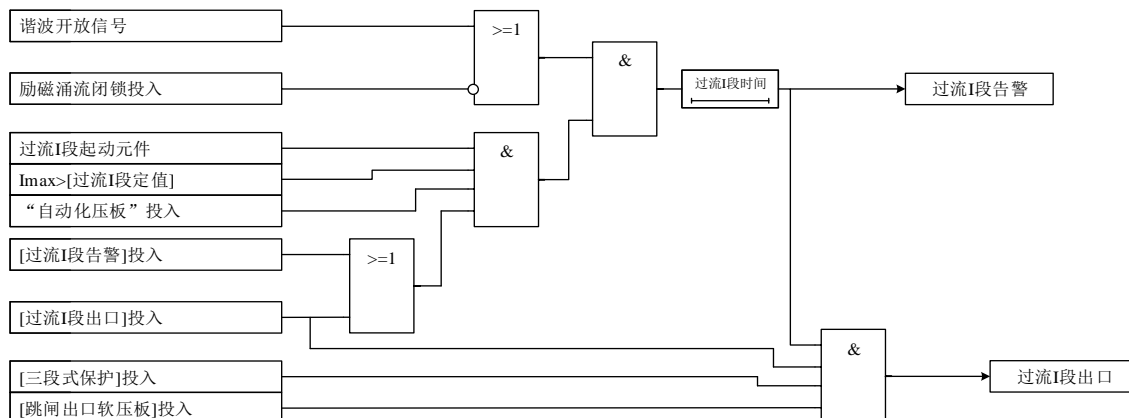


图 C.3 过流 I 段逻辑图

过流 II 段、III 段逻辑无励磁涌流闭锁逻辑，其他逻辑和过流 I 段一致。

附录 A.2.3 零序过流 I 段

在 $[\text{零序过流 I 段出口}]$ 投入条件下，当零序过流 I 段起动，且外接零序电流（ $3I_0$ ）大于 $[\text{零序过流 I 段定值}]$ ，经 $[\text{零序过流 I 段时间}]$ 后，跳闸出口并发出零序过流 I 段告警。

在只有 $[\text{零序过流 I 段告警}]$ 投入条件下，当零序过流 I 段起动，且外接零序电流（ $3I_0$ ）大于 $[\text{零序过流 I 段定值}]$ ，经 $[\text{零序过流 I 段时间}]$ 后，发出零序过流 I 段告警。

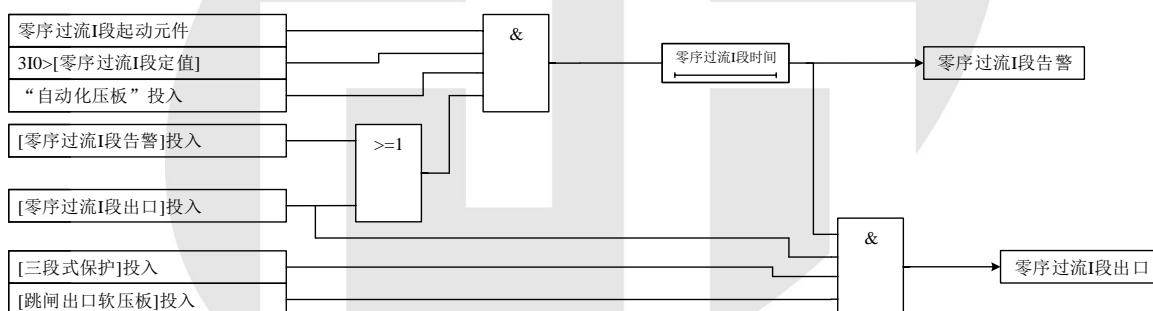


图 C.4 零序过流逻辑图

零序过流 II 段逻辑和零序过流 I 段逻辑一致。

附录 A.2.4 重合闸

当开关在合位、重合闸功能投入、保护未起动，且没有闭锁重合闸相关信号状态输入(包括大电流闭锁重合闸、人工跳闸、弹簧未储能等)，重合闸功能经 $[\text{重合闸充电时间}]$ 延时充电。

在重合闸充电状态下，若保护跳闸，开关因跳闸而三相无流，经第 N 次重合闸时间延时后，重合闸动作出口合闸开关；若合于永久故障，重合闸动作后在 $[\text{闭锁重合闸}]$ 延期内保护跳闸，则重合闸放电，不再合闸。

在重合闸充电状态下，若开关偷跳（非保护跳闸）、断线跳闸、人工分闸时，重合闸放电。

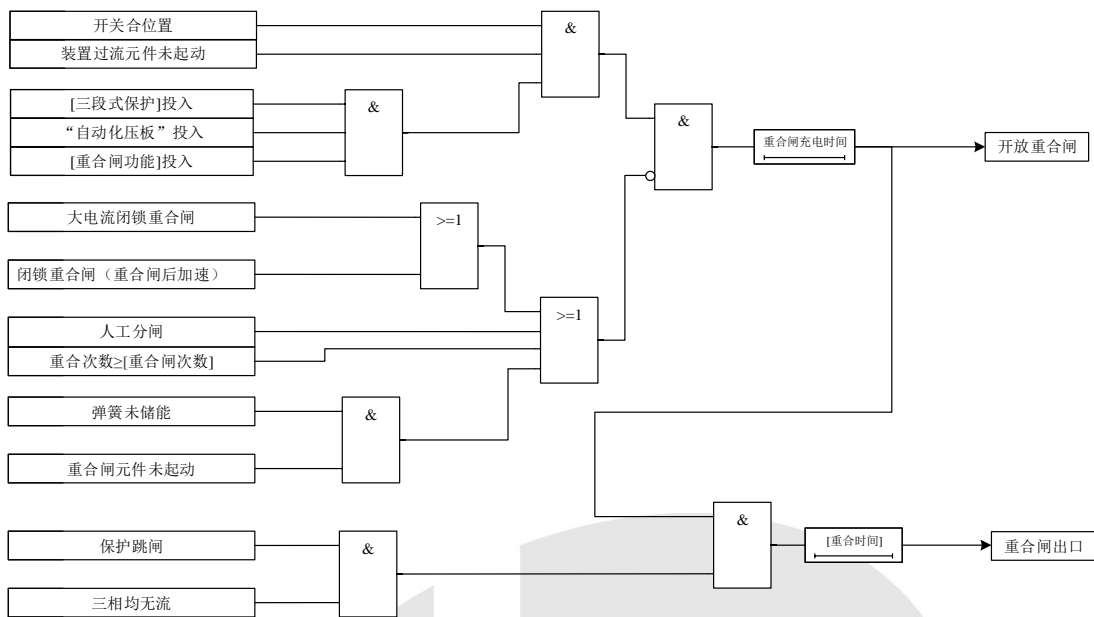


图 C.5 重合闸逻辑图

附录 A.2.5 后加速保护

在人工合闸或重合闸动作后[后加速段保护开放时间]内，开放后加速保护，如果后加速保护动作，则闭锁重合闸。

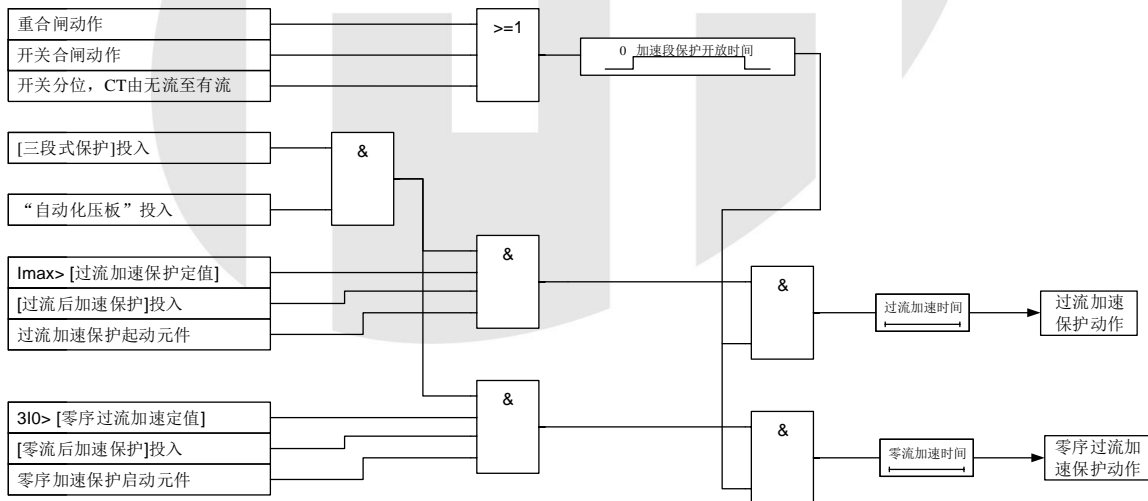


图 C.6 加速保护逻辑框图

附录 A.2.6 保护定值信息表

表 C.2 保护定值设定信息表

序号	参数名称	定值范围	单位	备注
1	三段式保护	0, 1		

2	过流I段出口	0, 1		
3	过流I段告警	0, 1		
4	过流I段定值	0~20In	A	
5	过流I段时间	0~99	s	
6	二次谐波闭锁系数	0.1~0.35		
7	励磁涌流闭锁	0, 1		
8	过流II段出口	0, 1		
9	过流II段告警	0, 1		
10	过流II段定值	0~20In	A	
11	过流II段时间	0~99	s	
12	过流III段出口	0, 1		
13	过流III段告警	0, 1		
14	过流III段定值	0~20In	A	
15	过流III段时间	0~99	s	
16	零序过流I段出口	0, 1		
17	零序过流I段告警	0, 1		
18	零序过流I段定值	0~10In	A	
19	零序过流I段时间	0~1800	s	
20	零序过流II段出口	0, 1		
21	零序过流II段告警	0, 1		
22	零序过流II段定值	0~10In	A	
23	零序过流II段时间	0~1800	s	
24	重合闸投入	0, 1		
25	重合闸次数	0, 1, 2		
26	一次重合闸时间	0.5~199	s	
27	二次重合闸时间	1~300	s	
28	重合闸充电时间	0~180	s	
29	重合闸整组复归时间	0~360	s	
30	重合闸闭锁时间	0~60	s	
31	大电流闭锁重合	0, 1		
32	大电流闭锁重合定值	0~20In	A	
33	过流后加速保护	0, 1		
34	加速段保护开放时间	0~60	s	
35	过流加速保护定值	0~20In	A	
36	过流加速时间	0~60	s	
37	零流后加速保护	0, 1		
38	零序过流加速定值	0~10In	A	
39	零流加速时间	0~60	s	
40	过流保护启动重合闸功能	0, 1		
41	零序保护启动重合闸功能	0, 1		

附录 A.3 就地型馈线自动化逻辑

附录 A.3.1 投入条件

[FA 模式]为[就地 FA 分段模式]或[就地 FA 联络模式]，面板“自动化压板”投入位置时，终端进入就地型馈线自动化工作状态。

附录 A.3.2 单侧得电延时合闸

为[分段模式]投入，当开关在分位且没有闭锁合闸信号，在单侧有压时，经[X 时间]合闸。电压时间型就地馈线自动化来电延时合闸逻辑见图。

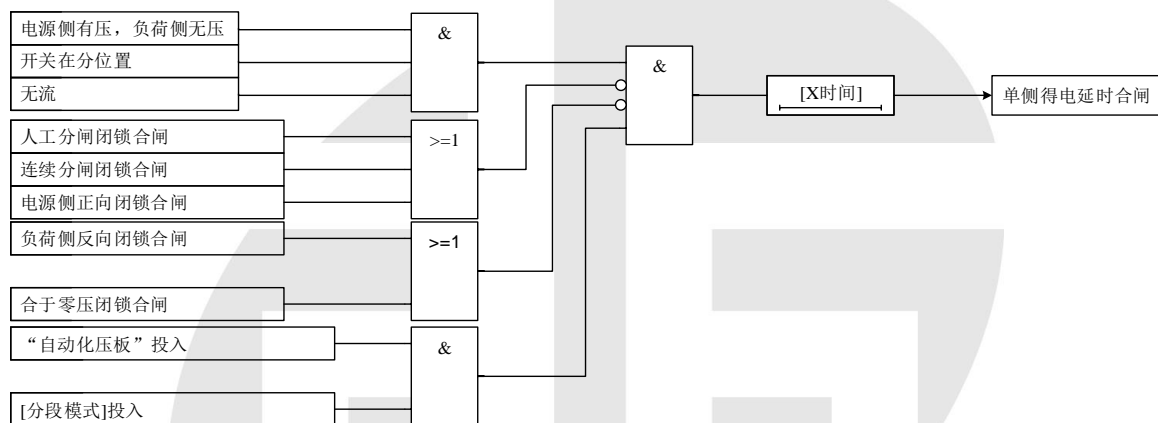


图 C.7 电源侧得电延时合闸逻辑图

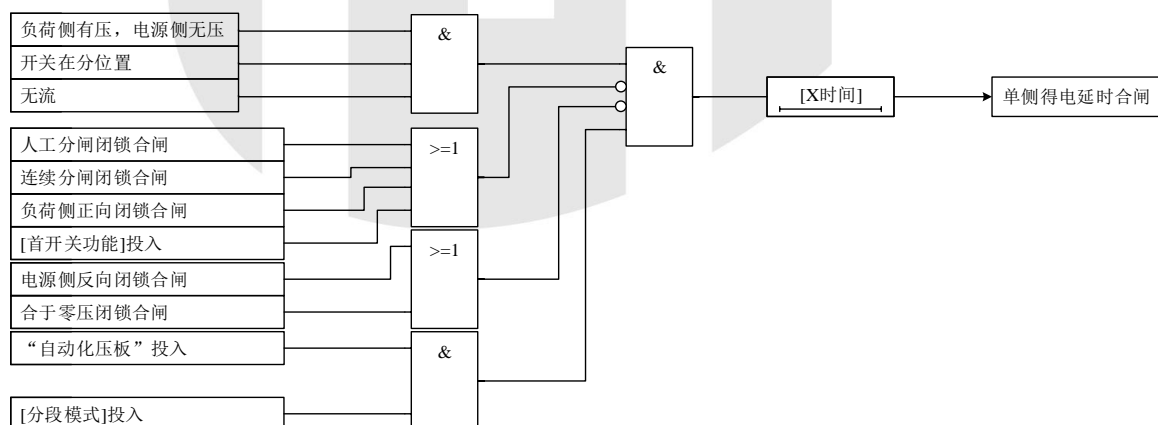


图 C.8 负荷侧得电延时合闸逻辑图

附录 A.3.3 单侧失电延时合闸

[FA 模式]为[就地 FA 联络模式]，当开关在分位且没有闭锁合闸信号，双侧有压经过[联络模式充电时间]，联络模式充电完成；充电完成后，在单侧失压且[XL 合闸出口]投入时，经[XL 时间]合闸；充电

完成后，在单侧失压且[XL 合闸告警]投入时，经[XL 时间]发出单侧失压延时时间到告警。电压时间型就地馈线自动化单侧失压延时合闸逻辑见图。

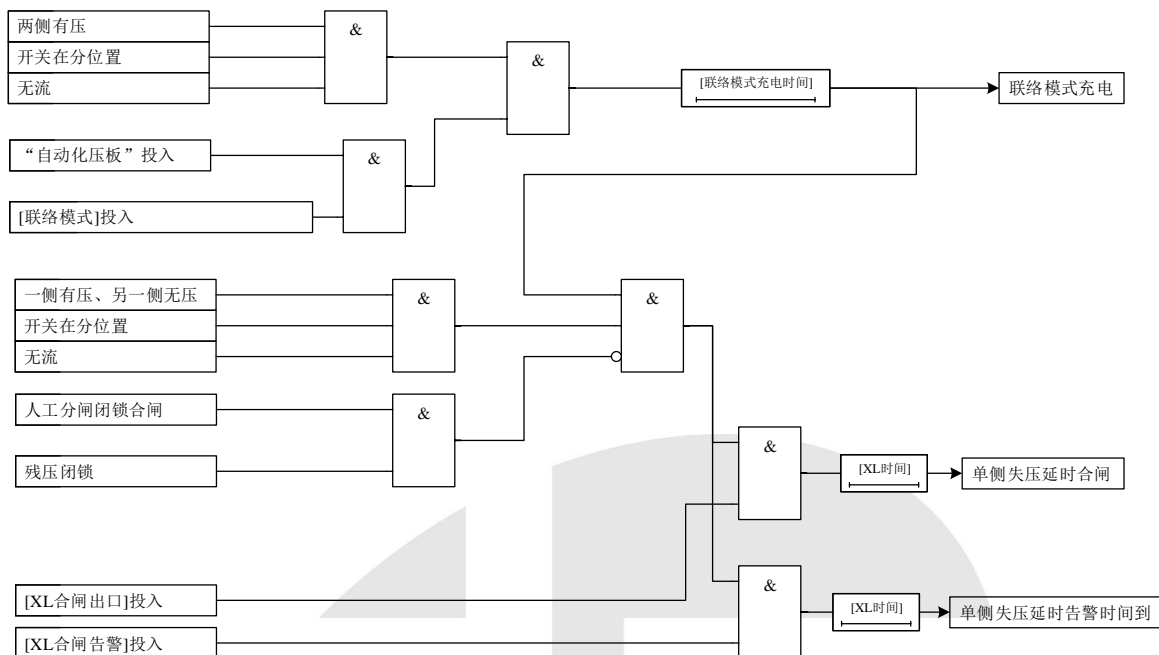


图 C.9 单侧失压延时合闸或告警逻辑图

联络开关放电条件：

- 1) 两侧失压；
- 2) 开关合位；
- 3) 开关有流；
- 4) 人工分闸；
- 5) 开关未储能；
- 6) 残压闭锁；
- 7) 自动化压板退出；
- 8) FA 模式改变。

附录 A.3.4 双侧失压分闸

[FA 模式]为[就地 FA 分段模式]或[就地 FA 联络模式]，当开关两侧失压且无流过时，则经[Z 时间]自动分闸。电压时间型就地馈线自动化双侧失压时分闸逻辑见图。

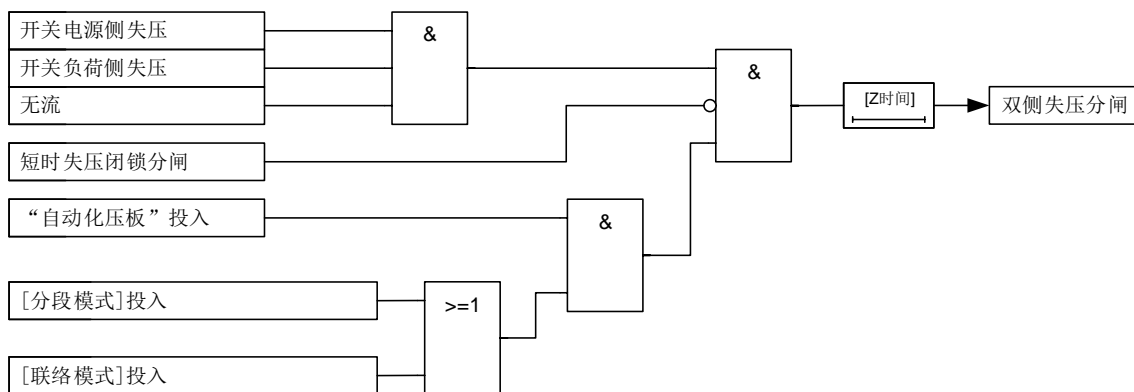


图 C.10 双侧失压时分闸逻辑图

附录 A.3.5 正向闭锁

FA 模式]为[就地 FA 分段模式]，开关合闸之后在[Y 时间]内失压无流或[合于过流故障加速跳闸]投入、[Y 时间]内检测到过流故障，则分闸并闭锁正向合闸，使正向送电时开关不再合闸。Y 时间是开关合闸后的无故障确认时间。

正向闭锁分为电源侧正向闭锁、负荷侧正向闭锁。电压时间型就地馈线自动化正向闭锁逻辑见图。

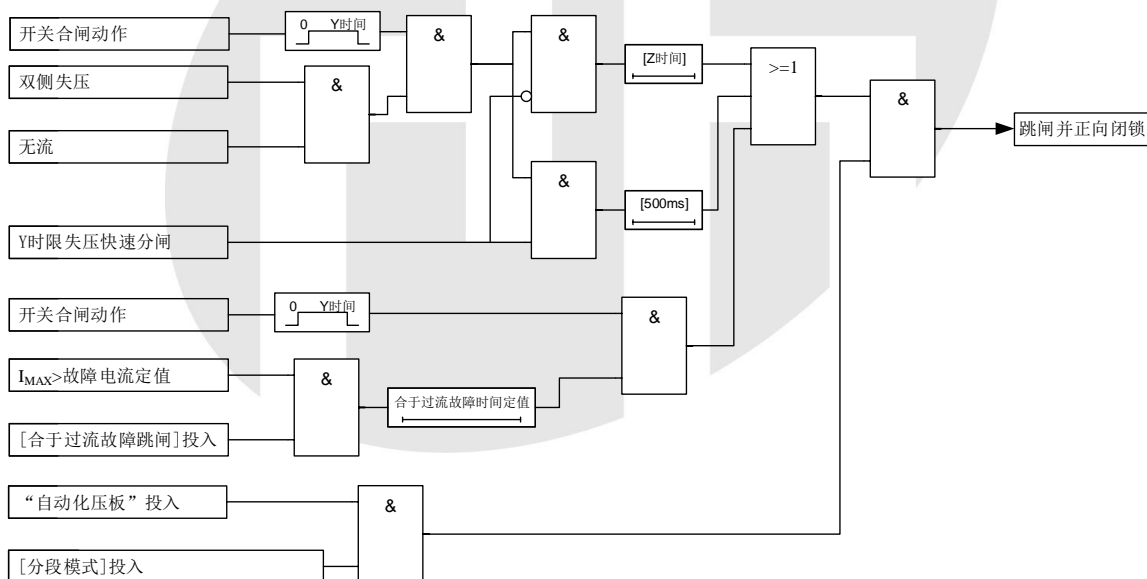


图 C.11 正向闭锁逻辑图

附录 A.3.6 反向（残压脉冲）闭锁

[FA 模式]为[就地 FA 分段模式]，开关分位且无压无流时，当开关一侧来电或有残压，时间小于[X 时间]，则反向闭锁合闸，另一侧反向送电时开关不闭锁。

反向闭锁包含硬件反向闭锁信号和软件反向闭锁信号，硬件反向闭锁的残压门槛至少满足 50%Un，软件反向闭锁的残压门槛为[残压定值]，软件[残压定值]默认整定为 30%Un。

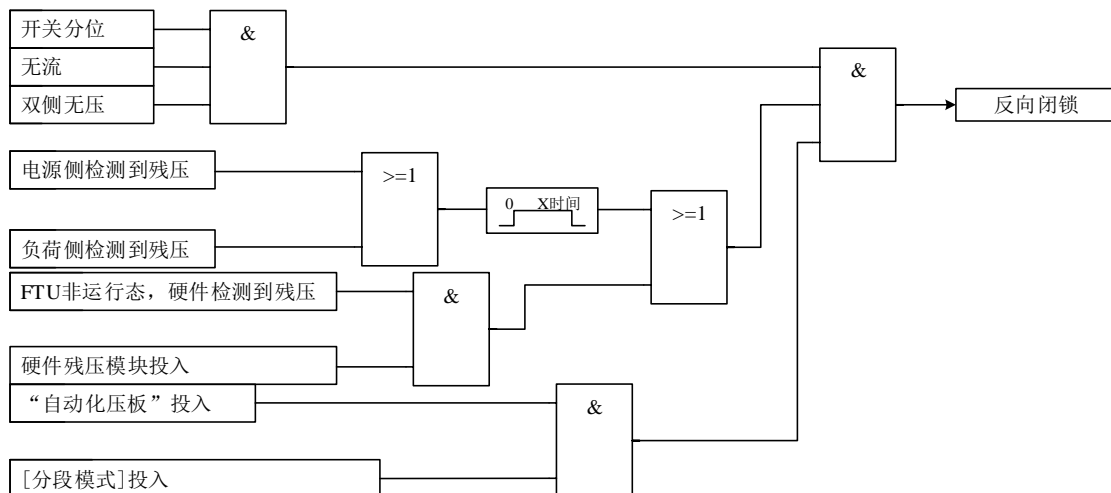


图 C.12 分段模式反向闭锁逻辑图

[FA 模式]为[就地 FA 联络模式]，联络模式充电完成，开关分位且无压无流，当开关一侧有压另一侧无压，在 XL 时间计时时，无压侧有残压脉冲，则闭锁合闸。

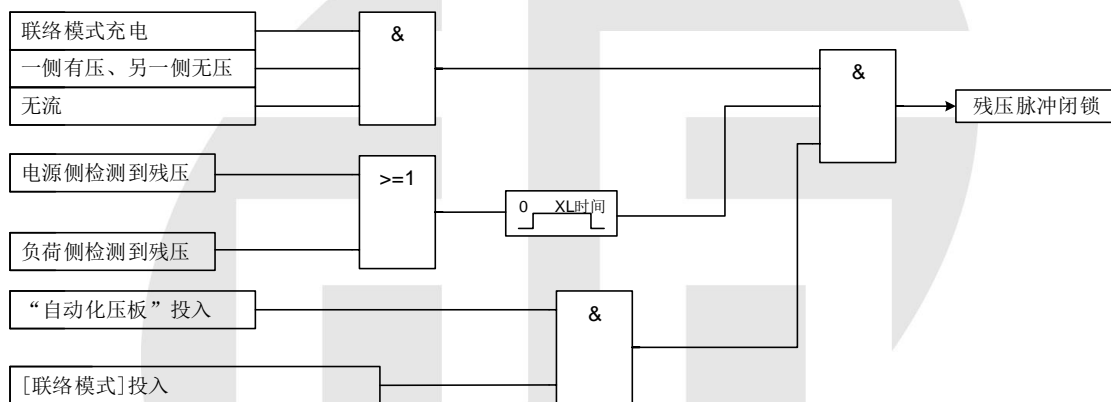


图 C.13 联络模式残压脉冲闭锁逻辑图

附录 A.3.7 合于零压跳闸并闭锁合闸

[FA 模式]为[就地 FA 分段模式]，若开关合闸之后在[Y 时间]内检测到接地故障（零压大于零压保护定值，持续时间大于[零压时间定值]），[合于接地故障跳闸]投入时，则自动分闸并闭锁双向合闸，使正向/反向来电时开关不再合闸；[合于接地故障告警]投入时，则发出合于接地故障告警信号。

合于零压闭锁合闸复归条件为：解锁按钮、人工合闸。电压时间型就地馈线自动化合于零压跳闸并闭锁合闸逻辑见图。

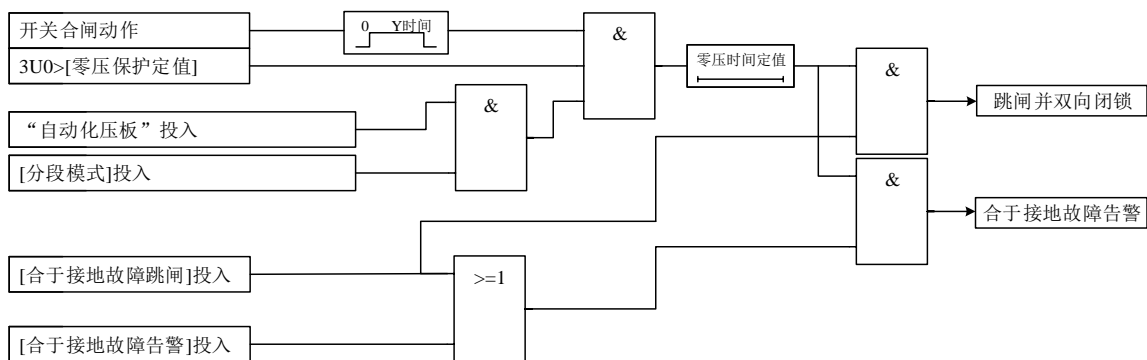


图 C.14 合于零压跳闸并闭锁合闸逻辑图

附录 A.3.8 双侧有压禁止合闸

双侧有压闭锁合闸功能：检测到开关双侧有压，且开关在分位、无流时，避免自动合闸导致合环运行。电压时间型就地馈线自动化双侧有压闭锁逻辑见图。

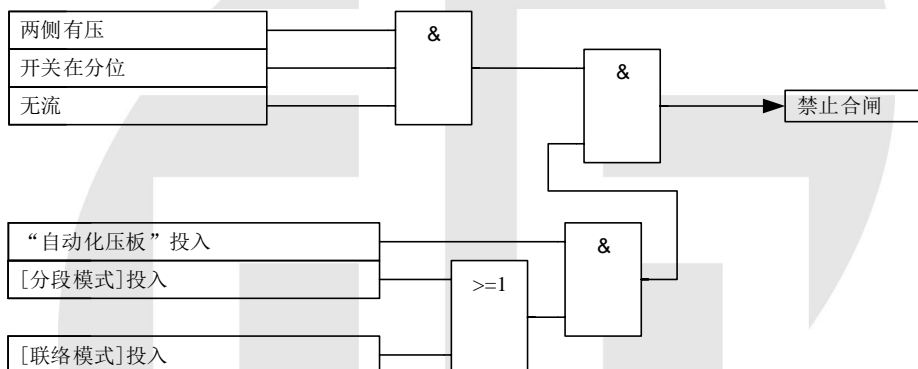


图 C.15 双侧有压禁止合闸逻辑图

附录 A.3.9 人工分闸闭锁合闸

FTU 按钮分闸、遥控分闸或开关本体操作分闸，闭锁来电自动合闸。分段模式须通过人工合闸和解锁按钮复归。

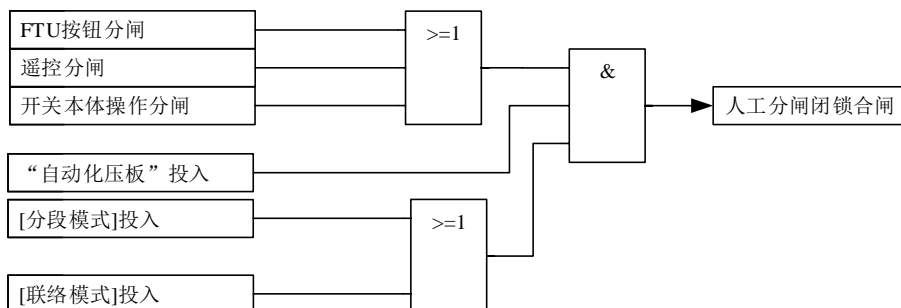


图 C.16 人工分闸闭锁合闸自动合闸逻辑

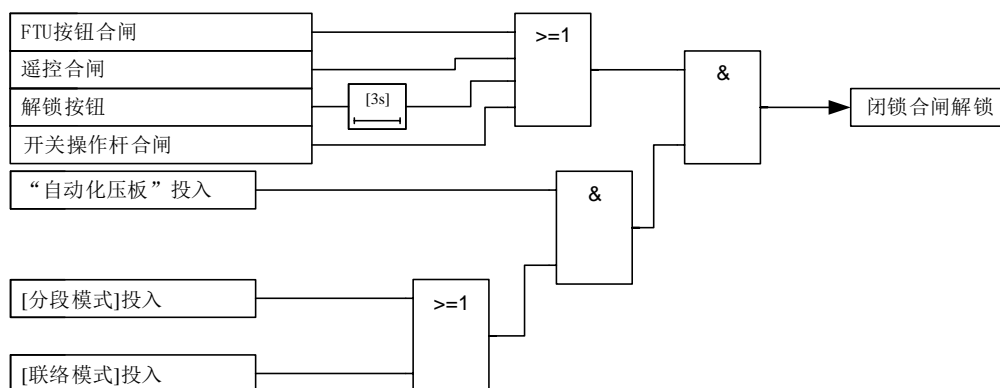


图 C.17 人工分闸闭锁合闸解锁逻辑图

附录 A.3.10 正向闭锁自动解锁

满足下列任一条件正向闭锁自动复归：

- 1) 闭锁侧对侧来电延时合闸；
- 2) 线路恢复正常：开关合位且有流或开关合位且至少单侧有压；
- 3) 人工合闸；
- 4) 解锁按钮。

正向闭锁自动解锁逻辑见图。

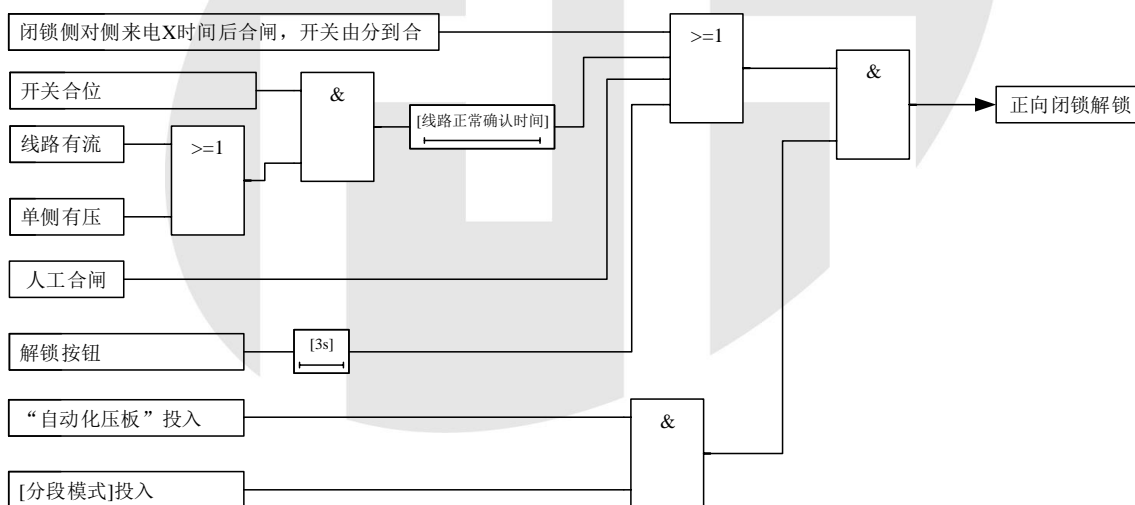


图 C.18 正向闭锁自动解锁逻辑图

附录 A.3.11 反向闭锁（残压脉冲）自动解锁

满足下列任一条件时，清除反向闭锁信号：

- 1) 闭锁侧对侧来电延时合闸；
- 2) 线路恢复正常：开关合位且有流或开关合位且至少单侧有压；
- 3) 人工合闸；
- 4) 解锁按钮。

反向闭锁复归逻辑见图：

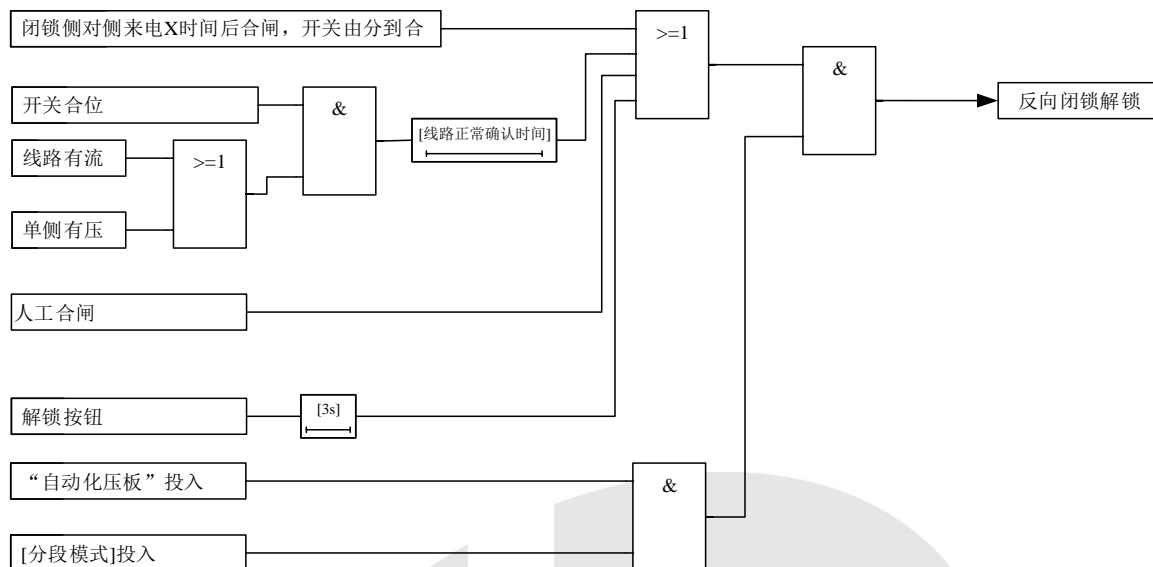


图 C.19 分段模式反向闭锁自动解锁逻辑图

附录 A.3.12 联络模式解锁

满足下列任一条件时，解除联络模式闭锁信号：

- 1) 开关合位且两侧有压，充电完成；
- 2) 人工合闸；
- 3) 解锁按钮。

反向闭锁复归逻辑见图：

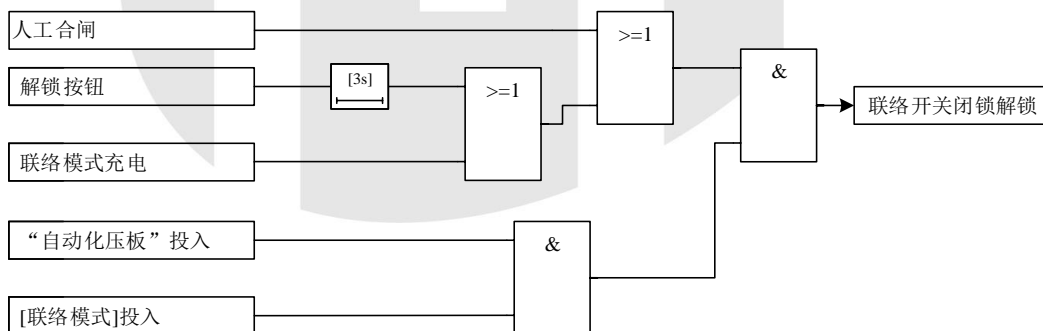


图 C.20 联络模式闭锁合闸自动解锁逻辑图

附录 A.3.13 短时失压闭锁分闸

短时失压闭锁分闸功能：来电合闸后，且开关在合位时，经[Y 时间]未出现双侧失压、零压、过流故障，则闭锁失压分闸。闭锁失压分闸经[短时失压闭锁分闸时间]自动复归。短时失压闭锁分闸逻辑见图。

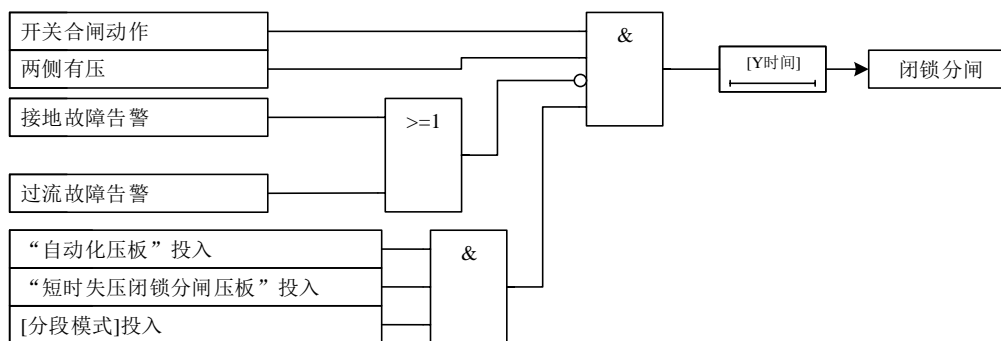


图 C.21 短时失压闭锁分闸逻辑图

短时失压闭锁在开关人工分闸、延时时间后复归。

附录 A.3.14 连续分闸闭锁合闸

在[连续分闸时间]内，开关由合到分的次数超过[分闸次数]时，闭锁终端自动合闸。经人工合闸或解锁按钮复归分闸次数。

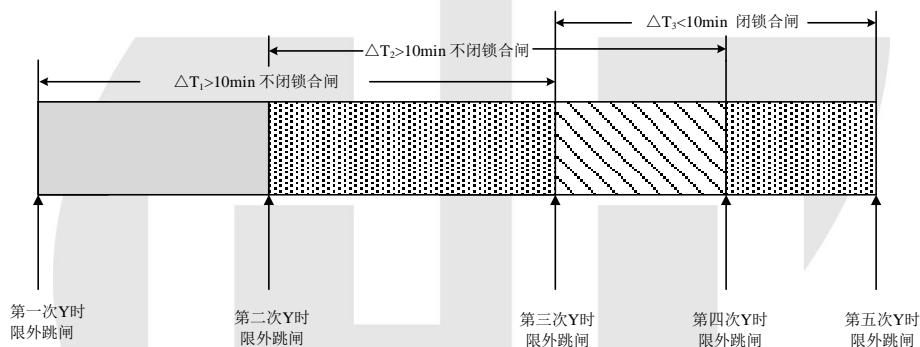


图 C.22 连续分闸闭锁合闸逻辑图（图中示意 10min，分闸 3 次）

附录 A.3.15 同期检测

同期检测功能用于开关遥控合闸的合环安全性判别，同期检测功能可以选择不检合环、检合环两种方式：

- 1) [检合环]退出时，遥控合闸不检同期。
- 2) [检合环]投入时，联络开关如果双侧有压，遥控合闸需检测双侧电压同期条件，在[同期复归时间]内，实时进行同期判别，在满足[角差闭锁定值]、[压差闭锁定值]时，合闸联络开关，如果超过[同期复归时间]一直不满足同期条件，合闸失败；联络开关如果单侧无压或双侧无压，遥控合闸按照不检同期合闸。

同期检测功能输出“双侧非同期”遥信状态，未投入检合环时，输出为“0”；投入检合环时，双侧有压且满足合环同期条件时，输出为“0”，双侧有压但不满足合环同期条件时，输出为“1”，单侧无压或双侧无压，输出为“0”。

附录 A.3.16 就地型馈线自动化定值信息表

表 C.3 就地型馈线自动化定值设定信息表

序号	参数名称	定值范围	单位	备注
1	分段模式	0, 1		
2	联络模式	0, 1		
3	有压定值	0~220	V	
4	无压定值	0~220	V	
5	残压定值	0~220	V	
6	X 时间定值	0~180	s	
7	Y 时间定值	0~60	s	
8	Z 时间定值	0~60	s	
9	首开关功能	0, 1		
10	合于过流故障跳闸	0, 1		
11	合于过流故障电流定值	0~20In	A	
12	合于过流故障时间定值	0~60	s	
13	Y 时限失压快速分闸	0, 1		
14	合于零压跳闸	0, 1		
15	合于零压告警	0, 1		
16	零压保护定值	0~100	V	
17	零压时间定值	0~60	s	
18	短时失压闭锁分闸压板	0, 1		
19	短时失压闭锁分闸复归时间定值	0~60	s	
20	联络模式充电时间	0~120	s	
21	XL 合闸出口	0, 1		
22	XL 合闸告警	0, 1		
23	XL 时间定值	0-300	s	
24	连续失压分闸闭锁功能	0, 1		
25	连续分闸时间	0~1200	s	
26	分闸次数	1~10		
27	首端分段开关	0, 1		
28	检合环投退	0, 1		

序号	参数名称	定值范围	单位	备注
29	压差闭锁定值	0~220	V	
30	角差闭锁定值	0.1~180	Deg	
31	同期复归时间	0~120	s	
32	硬件残压模块	0, 1		

附录 A.4 自动解列功能逻辑图

附录 A.4.1 解列充电

[自动解列功能]投入、面板“自动化压板”投入位置、开关合]充电完成后进入自动解列允许工作状态。

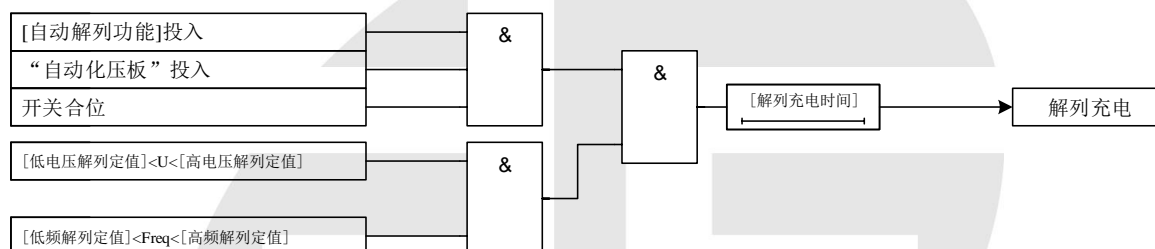


图 C.22 解列充电功能逻辑图

解列放电条件：

- 1) 开关分闸；
- 2) 电压或频率异常（U>高压解列定值、U<低压解列定值、Freq>高频解列定值、Freq<低频解列定值）；
- 3) 自动化压板退出；
- 4) FA 模式改变。

附录 A.4.2 电压越限解列功能

附录 A.4.2.1 低电压解列功能

在[电压越限解列功能]投入条件下，当电压 U 小于[低电压解列定值]，无电压滑差闭锁，经[低电压解列时间]后，低电压解列跳闸出口。

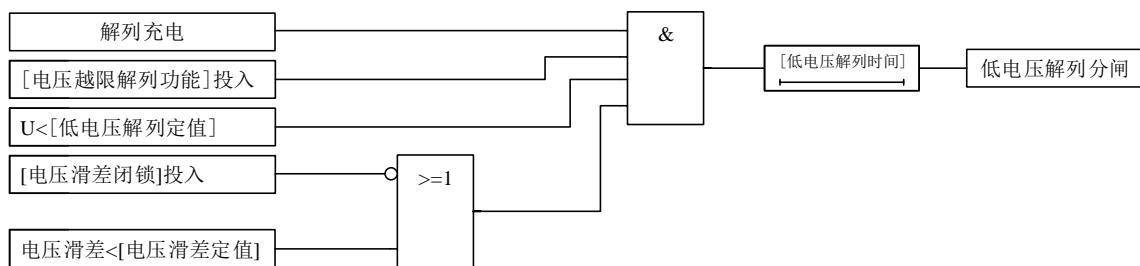


图 C.23 低电压解列功能逻辑图

附录 A.4.2.2 电压过低解列功能

在[电压越限解列功能]投入条件下，当电压 U 小于[电压过低解列定值]，无电压滑差闭锁，经[电压过低解列时间]后，电压过低解列跳闸出口。

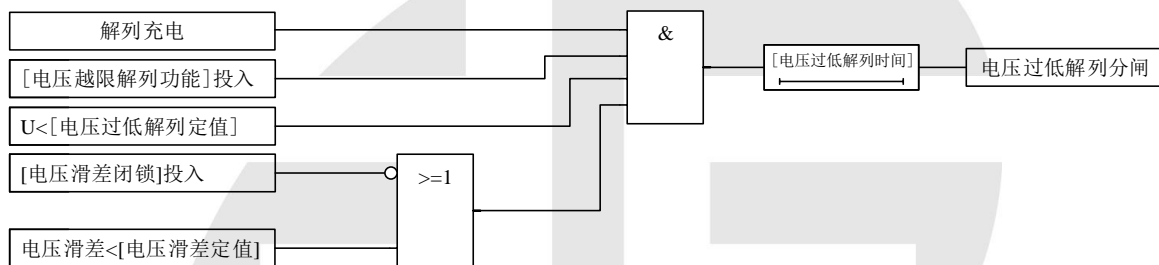


图 C.24 电压过低解列功能逻辑图

附录 A.4.2.3 高电压解列功能

在[电压越限解列功能]投入条件下，当电压 U 大于[高电压解列定值]，无电压滑差闭锁，经[高电压解列时间]后，高电压解列跳闸出口。

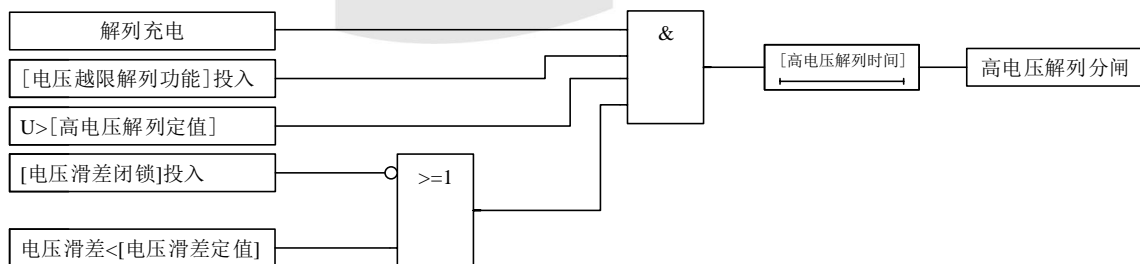


图 C.25 高电压解列功能逻辑图

附录 A.4.2.4 电压过高解列功能

在[电压越限解列功能]投入条件下，当电压 U 大于[电压过高解列定值]，无电压滑差闭锁，经[电压

过高解列时间]后，电压过高解列跳闸出口。

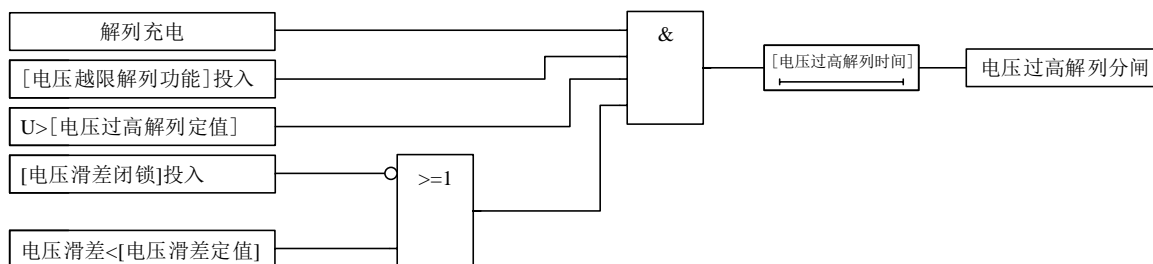


图 C.26 电压过高解列功能逻辑图

附录 A.4.3 频率越限解列功能

附录 A.4.3.1 低频解列功能

在[频率越限解列功能]投入条件下，当频率 Freq 小于[低频解列定值]，无频率滑差闭锁，经[低频解列时间]后，低频解列跳闸出口。

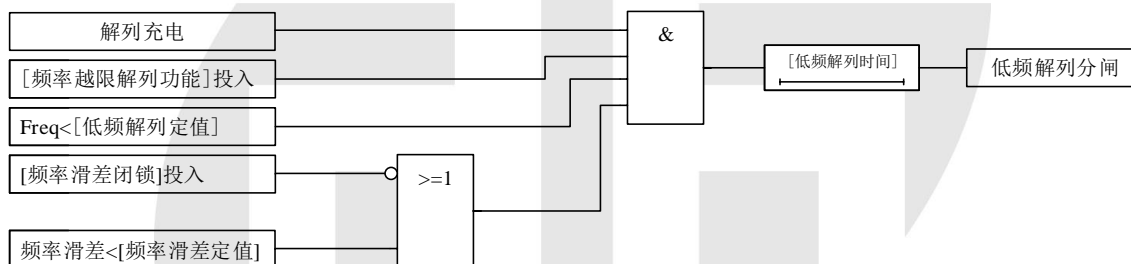


图 C.27 低频解列功能逻辑图

附录 A.4.3.2 频率过低解列功能

在[频率越限解列功能]投入条件下，当频率 Freq 小于[频率过低解列定值]，无频率滑差闭锁，经[频率过低解列时间]后，频率过低解列跳闸出口。

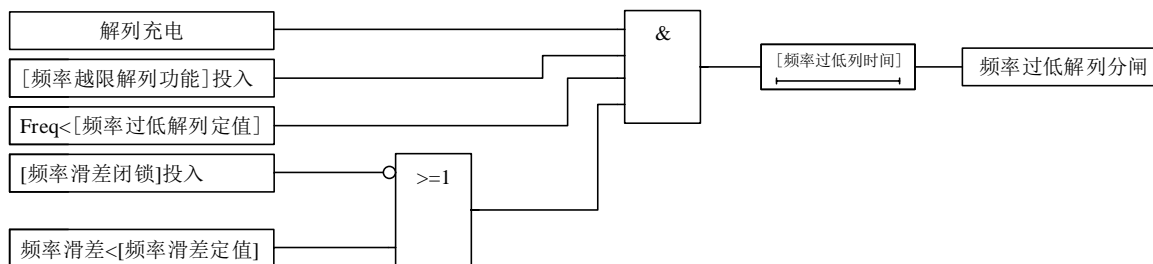


图 C.28 频率过低解列功能逻辑图

附录 A.4.3.3 高频解列功能

在[频率越限解列功能]投入条件下，当频率 Freq 大于[高频解列定值]，无频率滑差闭锁，经[高频解列时间]后，高频解列跳闸出口。

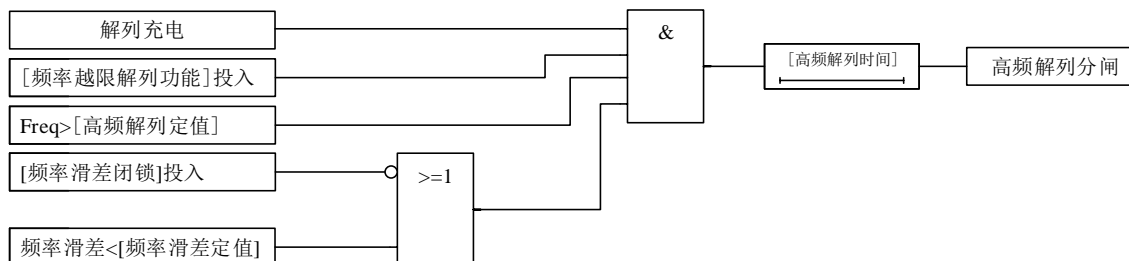


图 C.29 高频解列功能逻辑图

附录 A.4.3.4 频率过高解列功能

在[频率越限解列功能]投入条件下，当频率 Freq 大于[频率过高解列定值]，无频率滑差闭锁，经[频率过高解列时间]后，频率过高解列跳闸出口。

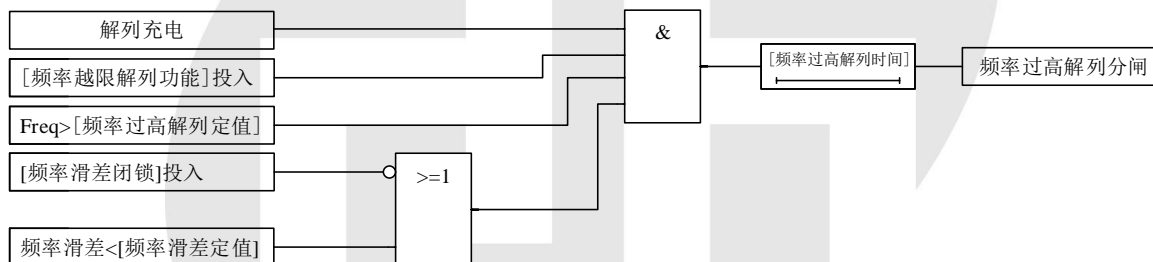


图 C.30 频率过高解列功能逻辑图

附录 A.4.4 解列功能定值信息表

表 C.4 解列功能定值设定信息表

序号	参数名称	定值范围	单位	备注
1	自动解列功能	0, 1		
2	解列充电时间	0~60	s	
3	电压越限解列功能	0, 1	s	
4	低电压解列定值	0~220	V	定值整定小于“电压过低解列定值”时不固化并发出告警。

6	低电压解列时间	0~60	s	
7	电压过低解列定值	0~220	V	
8	电压过低解列时间	0~60	s	
9	高电压解列定值	220~440	V	定值整定大于“电压过高解列定值”时不固化并发出告警。
10	高电压解列时间	0~60	s	
11	电压过高解列定值	220~440	V	
12	电压过高解列时间	0~60	s	
13	电压滑差定值	0~10000.0	V/s	
14	电压滑差闭锁功能	0, 1		
15	频率越限解列功能	0, 1		
16	低频解列定值	0~50Hz	V	定值整定大于“频率过低解列定值”时不固化并发出告警。
17	低频解列时间	0~60	s	
18	频率过低解列定值	0~50Hz	V	定值整定大于“频率过高解列定值”时不固化并发出告警。
19	频率过低解列时间	0~60	s	
20	高频解列定值	50Hz~100	V	
21	高频解列时间	0~60	s	
22	频率过高解列定值	50Hz~100	V	
23	频率过高解列时间	0~60	s	
24	频率滑差定值	0~10000.0	Hz/s	
25	频率滑差闭锁功能	0, 1		

附录 B 检测项目

检测项目
说明： 1、设计变更检测可根据变更内容进行测试项目选择。

序号	检验项目	要求	检验方法	研发 D 版本样机自测	研发设计变更自测	生产出厂检验	新品质量认证测试(4台)	设计变更测试(2台)
	试验大类/执行部门			研发	研发	工艺	质量	质量
1	电源模块要求(带载能力)	4.3.4	/	√	√	√	√	√
2	电源管理和控制功能	4.3.5	/	√	√	√	√	√
3	外观	4.5	/	√	√	√	√	√
4	遥信功能	4.6.1	5.2	√	√	√	√	√
5	遥测功能	4.6.2	5.2	√	√	√	√	√
6	遥控功能	4.6.3	5.2	√	√	√	√	√
7	定位功能	4.6.5	5.2	√	√	√	√	√
8	对时功能	4.6.6	5.2	√	√	√	√	√
9	远程维护功能	4.6.7	5.2	√	√	—	—	—
10	逻辑保护功能	4.6.8	5.2	√	√	—	—	—
11	数据处理及传送功能	4.6.9	5.2	√	√	—	—	—
12	维护和调试功能	4.6.10	5.2	√	√	—	—	—
13	录波功能	4.6.11	5.2	√	√	—	—	—
14	线损功能	4.6.12	5.2	√	√	—	—	—
15	模拟量	4.7.3	5.2	√	√	√	√	√
16	状态量	4.7.4	5.2	√	√	√	√	√
17	遥控功能	4.7.5	5.2	√	√	√	√	√
18	信息响应时间	4.7.6	5.2	√	√	—	—	—
19	保护动作准确度	4.7.7	5.2	√	√	—	—	—
20	装置功耗	4.7.9	5.2	√	√	√	√	√
21	机箱防护	4.7.10	5.2	√	√	—	√	—
22	雪崩处理能力	4.7.11	5.2	√	√	—	√	√
23	湿热性能	4.7.12	5.2	√	√	—	√	√
25	高、低温性能要求	4.8	/	√	√	—	√	√
26	绝缘电阻	4.10.1	5.3	√	√	—	√	√
27	绝缘强度	4.10.2	5.3	√	√	√	√	√
28	冲击电压	4.10.3	5.3	√	√	—	√	√

29	电压暂降和短时中断试验	4.11.1	5.4	√	√	—	√	√
30	辐射电磁场抗扰度试验	4.11.2	5.4	√	√	—	√	√
31	电快速瞬变脉冲群抗扰度试验	4.11.3	5.4	√	√	—	√	√
32	高频干扰适应能力试验	4.11.4	5.4	√	√	—	√	√
33	抗振荡波干扰能力试验	4.11.5	5.4	√	√	—	√	√
34	抗浪涌干扰能力试验	4.11.6	5.4	√	√	—	√	√
35	抗脉冲磁场干扰能力试验	4.11.7	5.4	√	√	—	√	√
36	抗静电干扰能力试验	4.11.8	5.4	√	√	—	√	√
37	抗工频磁场和阻尼振荡磁场干扰能力试验	4.11.9	5.4	√	√	—	√	√
38	机械振动性能	4.12	5.7	√	√	—	√	√
39	连续通电的稳定性	4.13	5.8	√	√	—	√	√
40	凝露试验	4.14.1	5.9	√	—	—	√	—
41	整机盐雾试验	4.14.2	5.9	√	—	—	√	—
42	整机汽车颠簸试验	4.14.3	5.9	√	—	—	√	—
43	弹簧锤试验	4.14.4	5.9	√	—	—	√	—
44	外部供电情况下时钟电池放电电流检测	4.14.5	5.9	√	—	—	—	—
45	器件温升测试	4.14.6	5.9	√	—	—	√	—
46	接地电阻测试	4.14.7	5.9	√	—	—	√	—
47	GPRS 模块屏蔽箱影响试验	4.14.8	5.9	√	—	—	√	—
48	电棍放电影响试验	4.14.9	5.9	√	—	—	√	—
49	对讲机抗扰度试验	4.14.10	5.9	√	—	—	√	—
50	高温耐久运行试验	4.14.11	5.9	√	—	—	√	—
51	可靠性评价试验	4.14.12	5.9	√	—	—	√（不做评判依据）	—
52	备用电池充放电	4.14.13	5.9	√	—	—	—	—

53	备电漏电流测试	4. 14. 14	5. 9	√	—	—	—	—
54	环境对备用电池影响试验	4. 14. 15	5. 9	√	—	—	√	—
55	启动上线测试	4. 14. 16	5. 9	√	—	—	√	—
56	包装试验	4. 14. 17	5. 9	√	—	—	—	—
57	电源电压随机中断试验	4. 14. 18	5. 9	√	—	—	√	—
58	极端高温环境下电源中断影响试验	4. 14. 19	5. 9	√	—	—	√	—
59	极端低温环境下电源中断影响试验	4. 14. 20	5. 9	√	—	—	√	—
60	升级中断	4. 14. 21	5. 9	√	—	—	—	—
61	续航能力测试试验	4. 14. 22	5. 9	√	—	—	√	—

附录 C 内控试验方法

1、凝露试验

按照凝露试验标准进行参数设定，试验过程中产品通电运行，按照现场使用安装方式进行放置：

- 1) 第一步：0.5小时，温度达到10℃，湿度达到50%RH;
- 2) 第二步：0.5小时，温度保持10℃，湿度达到90%RH;
- 3) 第三步：0.5小时，温度保持10℃，湿度达到95%RH;
- 4) 第四步：3.5小时，温度达到80℃，湿度保持95%RH;
- 5) 第五步：0.5小时，温度降到75℃，湿度降至30%RH;
- 6) 第六步：1.0小时，温度降至30℃，湿度保持30%RH;
- 7) 第七部：0.5小时，温度降至10℃，湿度升至50%RH;

一共试验5个循环，试验结束后常温恢复24h进行基本误差测试，交流模拟量测试值准确度应符合规范要求，检查终端金属部分应无腐蚀和生锈情况，功能和性能应符合要求。

2、整机盐雾试验

将样品整机非通电状态下放入盐雾箱，保持温度为35℃±5℃，相对湿度大于85%,喷雾96h后在大气条件下恢复1-2h。试验后产品功能性能正常，外观结构无明显腐蚀。

3、交变湿热试验

交变湿热试验（要能够满足海南湿热条件）流程如下：

- 1) 产品（需拆除备电）送入交变湿热箱体后，1小时内温度保持在25度，湿度上升至75%RH;
- 2) 3小时内，温度升至75度，湿度上升至95%RH;
- 3) 温度在75度，湿度在95%RH时，保持12个小时;
- 4) 8小时温度降至25度，湿度降至55%RH;

5) 重复六个周期;

然后将产品从箱体里取出, 静置24小时后上电, 产品功能性能应正常。

4、整机（包装状态）汽车颠簸试验

参照ISTA 1A 系列标准, 产品正常带包装, 非工作状态下进行振动试验, 每个面进行一次, 要求在所定的频率下进行恒位移振动, 峰峰值为25 mm, 试验时间参考标准要求确定, 试验完毕后按规定检查产品的功能性, 记录试验结果, 如有异常, 与产品研发人员参考行业水准协商判定。

5、弹簧锤试验

应将终端按照现场实际安装方式固定, 弹簧锤以 $(0.2J \pm 0.02J)$ 的动能作用在终端的外表面(包括窗口、屏幕)及端子盖上, 每个测量点敲击3次。

6、外部供电情况下时钟电池放电电流检测

将电流表串联接入时钟电池供电回路, 分别测量时钟电池在停电状态, 低压供电状态(70%额定电压)及过压供电状态(120%额定电压)下的电池充放电电流。停电状态及外部电源情况下不应超过规格, 且不允许有充电电流。研发自测项目。

7、器件温升测试

常温下, 电压线路供1.2倍 U_n , 最大电流, 在最大工况下运行2小时, 测试所有器件温升不超过35K。(功率器件和发热的保护器件温升上限由研发确认)

8、设备类有接地可靠性要求的产品

如产品有裸露的导电部件、金属外壳、门、支架等, 应验证确保设备不同裸露导电部件与设备主保护电路连接的有效性, 设备的保护导体(主接地点)与设备所有裸露导电部件之间的电阻应不超过0.1 Ω 。

测试参数: 使用接地电阻测试仪进行检测(参考量程200m Ω), 输出电流15A, 试验时间5s。

9、GPRS模块屏蔽箱影响试验

通讯模块正常上线状态放置在使用屏蔽箱(室)或则暗室, 连续运行24h, 试验后产品功能性能正常。

10、对讲机抗扰度试验(射频电磁场抗扰度试验)

对讲机随机设置多个频段进行干扰测试。确保对讲机正常通讯, 将其中一个对讲机在被测周围移动施加干扰, 另外一个放置于离电表1m~1.5m位置, 观察被测机器是否存在精度超差、复位、黑屏等现象。

11、高温耐久运行试验

1.2倍额定电压, 正常带载运行, 高温75℃, 200小时。

12、可靠性评价试验(双85试验)

温度85℃、湿度85℃(实际环境条件参考产品环境运行要求), 每200小时暂停试验进行功能、性能及结构验证, 共进行1000h。

13、备用电池充放电

带有储电功能(备用电池、超级电容等)的产品, 禁止在高温环境下充电: 在高温环境下充电会造成电池、电容等鼓包。

研发自测项目包含此项。

14、环境对备用电池影响试验

在高（75℃）低（-45℃）温条件下，持续6小时，备用电池无漏液损坏等安全问题。

15、启动上线测试

观察产品启动速度（上电后，显示屏第一次进入待机时间为准）；需要在75℃时连续通电工作24小时，记录被测机器的上线速度，信号强度、24小时掉线次数，有无重启现象。

16、包装试验

新品包装试验执行研发管理平台下发的《Q / DX D121.009-2020 青岛鼎信通讯股份有限公司工程技术本部技术规范-包装运输试验标准 V1.0(20200131)》。

17、电源缓升变化试验

从0V缓慢匀速上升至额定电压，上升时间为30min（直接接入式电能表需要在负载端增加实负载），当产品达到额定工作电压后应正常工作，无数据丢失、数据显示错乱、死机等现象。

18、电源电压随机中断试验

产品额定电压供电，使用“电压随机跌落工装”对试验样品测试，测试时间12小时。跌落时间1s-60s随机中断，试验后产品功能性能正常。

19、极端高温环境下的电源中断影响试验

按照产品类别单相/三相供电，温度75℃，电压1.2Un，全跌，持续20s，上电20s，试验2000次，试验后被测产品应正常工作，数据无改变。

20、极端低温环境下的电源中断影响试验

按照产品类别单相/三相供电，温度-45℃，电压1.2Un，全跌，持续20s，上电20s，试验2000次，试验后被测产品应正常工作，数据无改变。

21、升级中断

升级过程中断电，重新上电以后程序应恢复至升级前版本，不允许出现死机、黑屏、产品无法启动等问题（烧写器升级除外）。此项试验主要为了避免生产、市场升级（U盘升级、远程升级、串口升级等）异常导致产品异常不能修复的情况。

研发自测项目要包含此项。

22、续航能力测试试验

依据产品的设计指标，列出产品在各种工作状态下的电池续航时间。样品设定成相关的工作状态，验证续航时间。

（a）后备电源采用电池供电时，电池容量 $\geq 7\text{Ah}$ ，且应保证在交流失电后装置可正常工作不少于8小时，并可驱动开关分、合闸操作各3次。

（b）后备电源采用超级电容时，其容量应保证在交流失电驱动开关分、合闸操作各3次后，保证装置正常工作不少于15分钟，确保故障信息传输至主站端。

（c）由后备电源供电期间，控制器遥测、遥信的各项性能指标应满足DL/T 721中4.5的要求。

版本记录

版本编号/ 修改状态	拟制人/修 改人	修改日期	变动内容	备注
V.1.0	周真诚		初版。	
V1.1	许增才	2022.07.18	删除多余部分，明确 FA、解列等项目	
V1.2	李亮	2022.10.18	1、自动投退、PT 断线告警、后备电源欠压切除。 2、具备遥控防误动措施，保证控制操作的可靠性。 3、时钟电源采用外部电源及纽扣电池供电方式，应优先由外部电源供电。 4、控制器异常状态下（失电关机、重启、死机或其他异常状态）应不影响一次设备运行状态。 5、具备检测开关两侧电压差、角差，支持合环功能。 6、终端应有控制出口闭锁功能，终端运行如出现异常应自动闭锁控制回路出口，不影响一次设备的运行状态。 7、终端能自动识别控制器死机的状态，控制器死机后终端能自动重启。 8、终端应用程序应基于（嵌入式）实时多任务操作系统软件平台进行开发，用以保证终端进行故障识别、终端通信、数据计算处理等复杂功能要求。 9、当地遥信变位响应时间不大于 50ms，遥信变位主动上送到主站时间 $\leq 1s$ 。 10、遥测变化刷新时间 $\leq 3s$ 。	增加贵州一二次融合中标所依据规范的内容。
V1.3	许增才	2022.12.14	1、明确安规类测试漏电流指标。 2、增加检测项目表格。 3、增减内控测试项目。	

编制：李亮、许增才

审核：李亮、田浩、郑鑫

标准化：李亮

批准：李亮