

# 区域选择性联锁

## 目录

描述	页码
什么是区域选择性联锁? .....	3
区域选择性联锁的目的是什么? .....	3
是否存在具备瞬时保护的区域选择性联锁? .....	3
区域选择性联锁是否在全世界范围内应用? .....	3
区域选择性联锁如何工作? .....	3
接线要求 .....	5
导线 .....	5
装置 .....	6
自联锁 .....	7
转向 (或阻断) 二极管 .....	7
相位和接地输出/输入 .....	10
ZSI逻辑 .....	11
ZSI清除时间 .....	12
通过PXR电子脱扣单元带来全新的ZSI技术进步 .....	12
通过PXR脱扣单元测试ZSI功能 .....	12
高级应用 .....	14
主-联-主应用 .....	14
方案1: 主-联-主配置, 带ZSI功能 .....	14
方案2: 两个主断路器、两个联络断路器、带ZSI .....	16
方案3: 3个主断路器、2个联络断路器、带ZSI .....	17
电气规格 .....	18
技术资料 .....	18



Powering Business Worldwide

**图示列表**

图1. 单线图 - 负载故障示例 .....	4
图2. 单线图 - 线路故障示例 .....	4
图3. 时间电流曲线示例 - 支线母线故障, 不带ZSI .....	5
图4. 时间电流曲线示例 - 支路母线故障, 带ZSI .....	5
图5. 使用双绞线的ZSI接线示例 .....	6
图6. ZSI阻抗接线和负载示例 .....	7
图7. 带转向二极管的主-联-主方案示例 .....	8
图8. 主-联-主方案, 带单独的馈线转向二极管 .....	9
图9. 主-联-主方案, 主断路器#2母线故障 .....	9
图10. 3线制和5线制ZSI装置的接线 .....	10
图11. ZSI内部逻辑流程图 .....	11
图12. 带ZSI指示的PXR显示屏 (右下) .....	12
图13. 用于ZSI测试的PXR显示屏示例 .....	13
图14. 方案1: 主-联-主方案 .....	14
图15. 方案2: 带冗余联络断路器 .....	16
图16. 方案3: 带3个主电源断路器和2个联络断路器 .....	17

**表格列表**

表1. 支路母线故障示例 - 不带ZSI时的能量计算 .....	5
表2. 支路母线故障示例 - 带ZSI时的能量计算 .....	5
表3. 装置负载表 .....	6
表4. 装置及配置表 .....	10

## 什么是区域选择性联锁？

区域选择性联锁（ZSI）是一种通信方案，与断路器的电子脱扣单元和电子保护继电器组合使用，以增强配电系统的防护水平。区域选择性联锁可通过在配电系统下游和上游装置之间的通信来实现。对区域的划分是基于其在主电路保护装置（一般定义为区域1）下游所处的位置而决定的。

本文档对采用区域联锁保护的伊顿保护装置、连接和常见做法进行了介绍。

## 区域选择性联锁的目的是什么？

区域选择性联锁旨在针对某些故障加速跳闸，同时不牺牲系统的协调性，也不会给系统带来误动作，发生跳闸。具有区域选择性联锁的装置可在各配电区域之间进行通信，从而确定装置是否看到故障情况。最靠近故障的装置会无延时跳闸，从而减少故障清除时间，降低对设备的损害。

## 是否存在具备瞬时保护的区域选择性联锁？

简短的回答是不存在。ZSI适用于短时保护或接地故障保护，其中在短延时被激活时，出现保护延时。ZSI旨在加快某些故障造成的跳闸速度，而不影响系统的协调性，也不会对系统造成误动作，发生跳闸。具有区域选择性联锁的装置可在各配电区域之间进行通信，以确定装置是否看到故障情况。

## 区域选择性联锁是否在全世界范围内应用？

是的，区域选择性联锁（ZSI）用于全球许多应用领域内，并在已出版的技术标准文件IEC/TR 61912-2《低压开关设备和控制设备-过流保护装置-第2部分：过流条件下的选择性》中进行了定义。该标准将ZSI定义为一种控制断路器的方法，以便在非常短的延时时间内提供选择性，不管分级区域的数量及配电系统内故障的位置如何。ZSI单元可以是断路器不可或缺的一部分，也可以作为独立单元使用。联锁功能可适用于相间和/或接地故障之间的故障。

IEEE©标准C37234-2009《应用于电力系统母线保护继电器的IEEE应用指南》第7.2节中定义了区域联锁方案。



## 区域选择性联锁如何工作？

区域选择性联锁使用三线制方案，监测不同区域内装置之间的相位和接地故障。三线制方案包含一个输出，一个输入和一个公共端。一个时间较早、但仍与伊顿当今ZSI系统兼容的方案是使用5线制，包括两个输入（一个相位，一个接地），两个输出（一个相位，一个接地）和一个公共端。

负载故障示例在图1中区域4内显示。如果该故障超过了区域3支路MCCB的脱扣单元的短时动作值，则脱扣单元将向区域3内馈线断路器发出一个区域输出信号。这会告诉馈线断路器：支路断路器看到其下游出现故障。

馈线断路器也看到了故障电流，因此会向区域1内的主断路器发送一个区域输出信号。馈线断路器通过抑制跳闸、并继续执行延长时间来确认发自支路断路器的ZSI输入。同样，如果故障电流超过主断路器的短时保护等级，则将通过继续延时来抑制主断路器，主断路器向区域1内的保护继电器EDR-5000发送区域输出信号。

区域3内的支路断路器未收到ZSI输入信号，因为它是配电网中最后一个断路器。由于支路断路器是最靠近故障点的断路器，因此会立即触发脱扣。通过适当的选择性协调，支路断路器应在馈线或主断路器完成其脱扣延时之前清除故障，从而保持对系统其他部分的供电。

在ZSI系统中，如果最靠近故障点的下游装置未能清除故障，则在其上游的下一个装置将完成计时、并清除故障。选择性保持是区域联锁提供的另一个好处。如果发生重大故障，则最靠近故障点的装置将有机会清除故障情况，而不会中断对该设施其他区域的服务。ZSI功能增强了系统的协调性，同时也不影响保护性能。

如果发生图2所示的母线故障，则没有一个支路断路器会看到该故障，馈线断路器也不会收到ZSI输入信号。馈线断路器会看到母线上有故障，并向主断路器发送ZSI信号。由于馈线断路器没有收到ZSI输入信号，由于其是最靠近故障点的断路器，因此将立即跳闸，不做延时。馈线断路器的这种直接反应可防止故障情况继续恶化，而基于其协调短时设定值来延迟跳闸将会使情况恶化。

这可极大降低故障消耗的能量，并减少对故障点附近设备和人员的损害。断路器之间如何协调如图3所示，馈线断路器通常需要大约300ms的时间来清除故障，但如图4所示，ZSI系统允许最靠近故障点的馈线断路器立即跳闸。由此产生的时间差如图4所示。

伊顿区域选择性联锁系统为自供电，因此不需要外部电源来运行。此外，该系统无需配备外置模块。伊顿的大多数电子脱扣单元或保护性继电器装置的ZSI回路均内置于单元内。

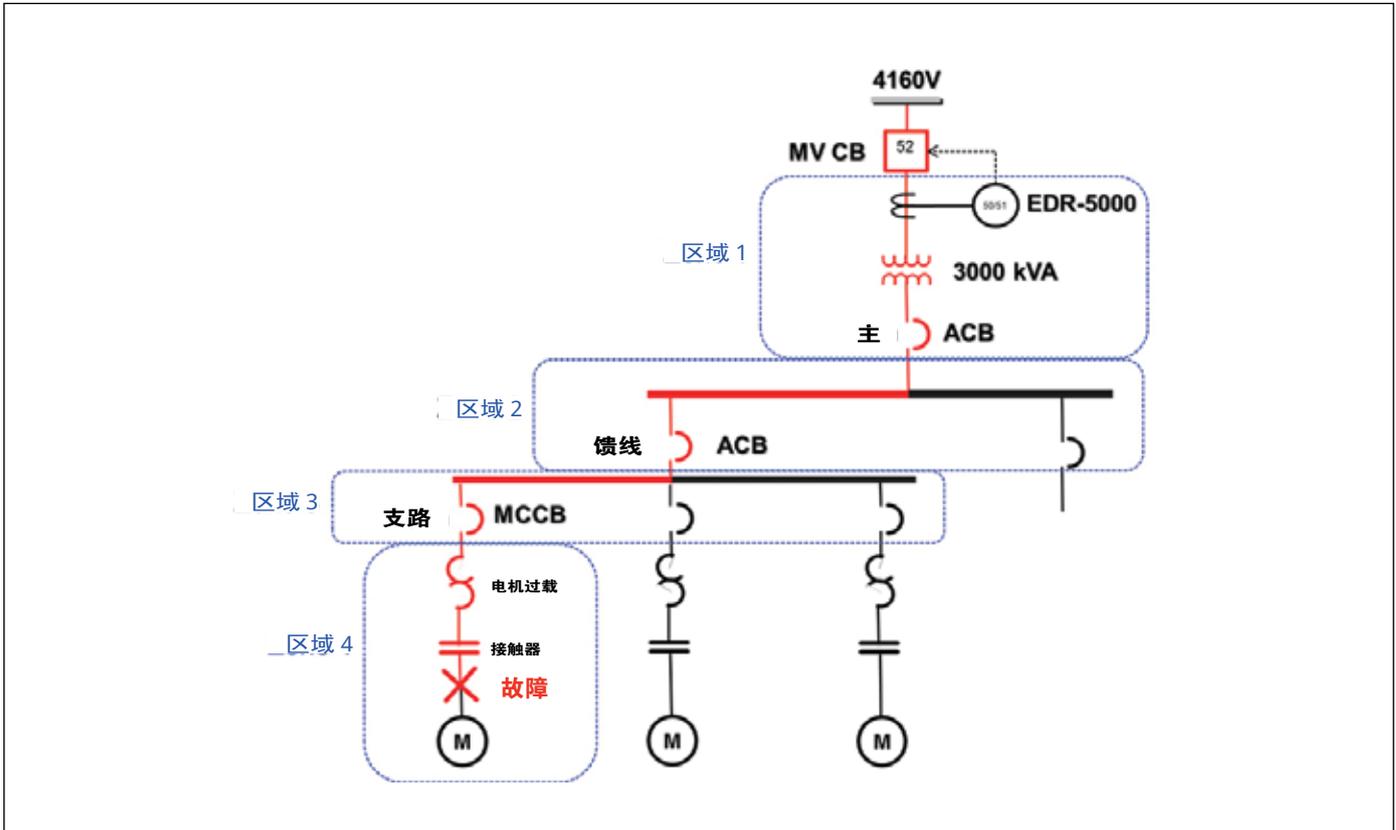


图1. 单线图 - 负载故障示例

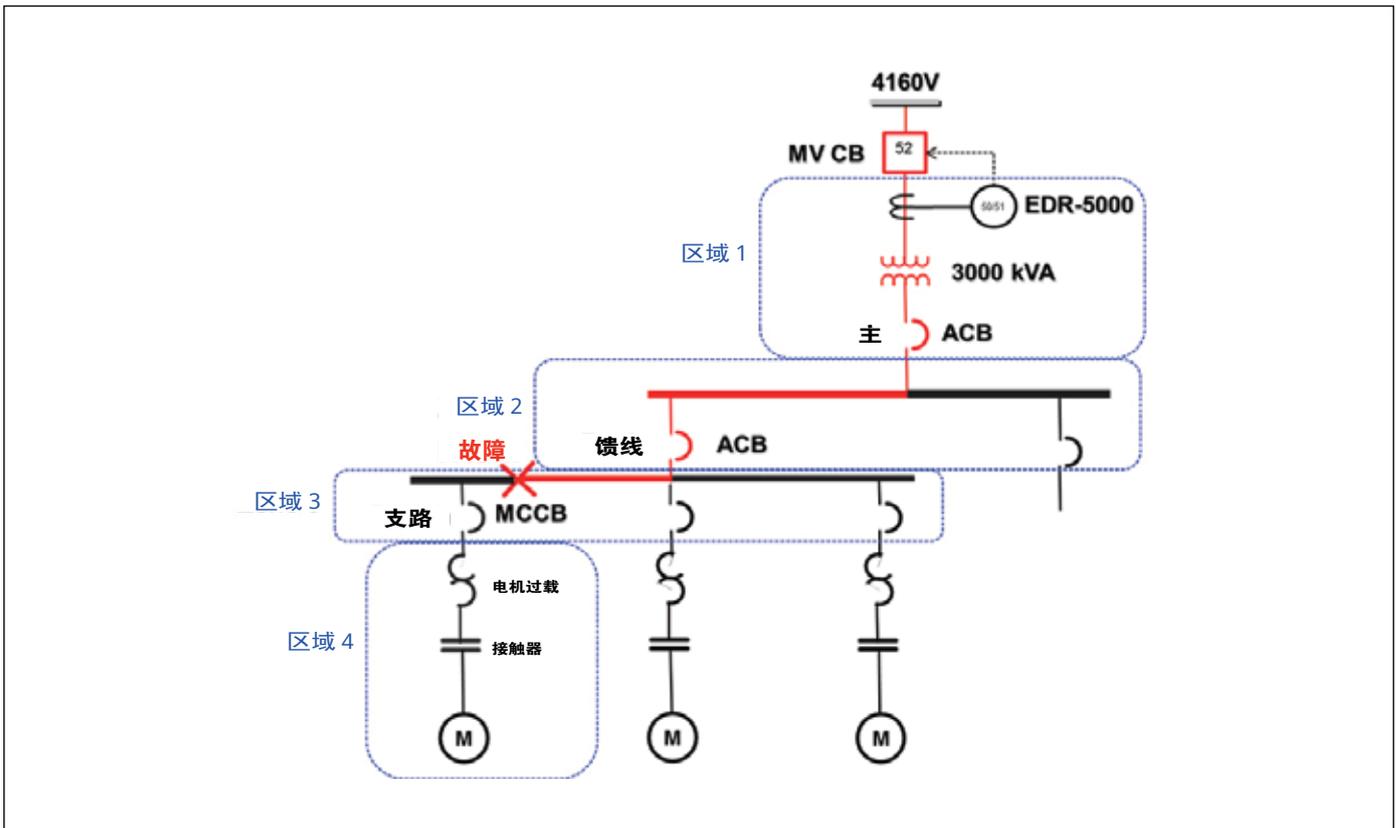


图2. 单线图 - 线路故障示例

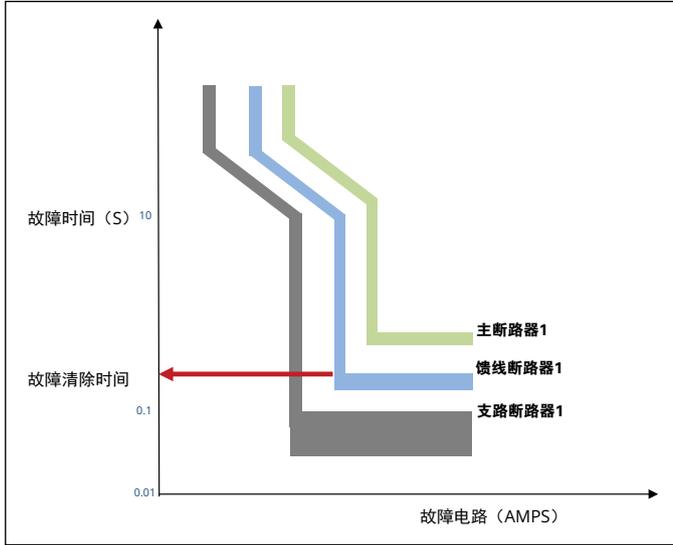


图3. 时间电流曲线示例 - 支路母线故障，不带ZSI

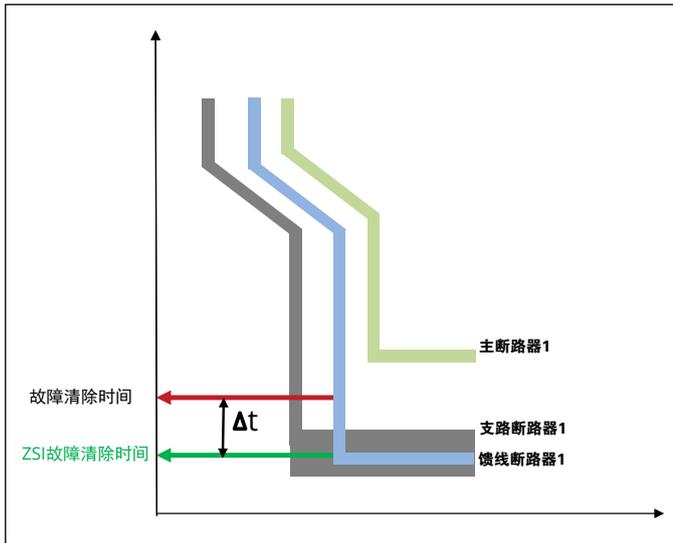


图4. 时间电流曲线示例 - 支路母线故障，带ZSI

对于图2示例使用和不使用区域选择性联锁，表1和表2比较了协调系统脱扣时间带来的影响，以及对每平方厘米入射能量值的影响。使用ZSI时，脱扣时间从300ms降到75ms，因此，入射能从13.8 cal/cm<sup>2</sup>减少到2.1 cal/cm<sup>2</sup>。

表1. 支路母线故障示例 - 不带ZSI时的能量计算

装置	I <sub>r</sub> - 额定电流	短延时设定值	脱扣时间	入射能 cal/cm <sup>2</sup>
馈线断路器	1000 A	300ms	300ms	13.8
主断路器	3200 A	800ms	NA	NA

表2. 支路母线故障示例 - 带ZSI时的能量计算

装置	I <sub>r</sub> - 额定电流	短延时设定值	脱扣时间	入射能 cal/cm <sup>2</sup>
馈线断路器	1000 A	300ms	75ms	2.1
主断路器	3200 A	800ms	NA	NA

注：对入射能的计算是相对于示例而言，采用了IEEE©1584计算公式和以下假设：系统电压=480V，间隙距离=25mm，距离系数=1.641，不接地系统，10kA栓接故障电流，从电弧至潜在操作人员的距离=455mm。

### 接线要求

#### 导线

推荐区域选择性联锁导线使用14线规、绞合镀锡铜双绞线，600V绝缘，额定温度90° C，并通过了UL SIS XL等级认证。具有较小线规的电线可用于短距离运行，但长距离运行会增加阻抗并降低信号强度。将接线安装在金属室、导管或其他用于将控制电路和载流电源电路进行物理隔离的设施中。在较早的具有5线制度接口的系统中，为每个相位和接地的联锁电路使用单独的双绞线。

规定的连接距离最长为75米(大约250英尺)。这是从区域内的第一个装置到所连接的最后一个装置的电线距离长度。每个装置都有负载阻抗，导体电缆为传输线。信号驱动器看到的总阻抗是电缆长度和所连装置的数量。图5为使用2线制双绞线的布线示例。

E系列保护继电器在内的一些装置会额外提供一个端子用于屏蔽，这样就可以使用屏蔽线。公共点不应连接到屏蔽端子上。

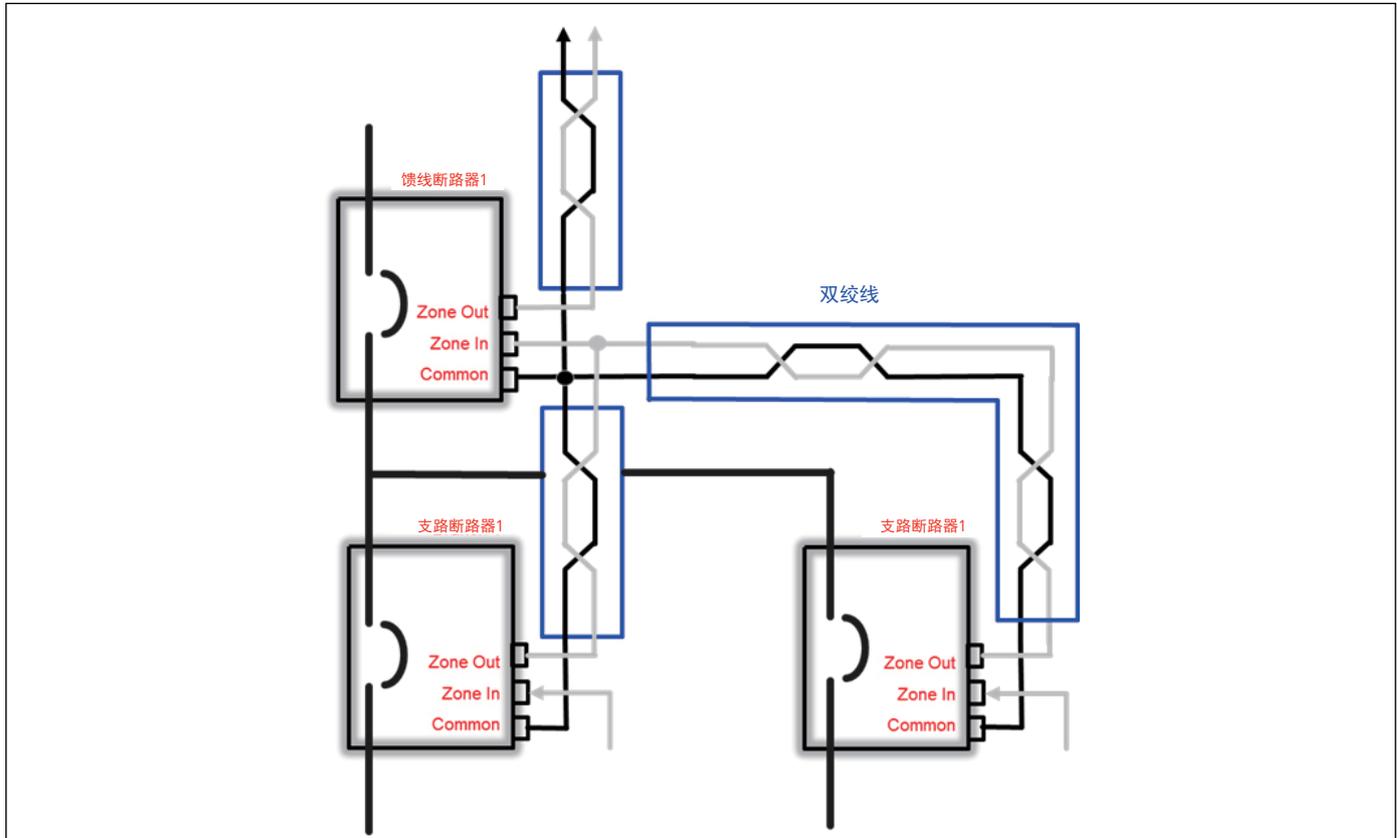


图5. 使用双绞线的ZSI接线示例

### 警告

请勿将区域联锁的公共点连接到地线上。这是一个数字接地，必须与系统接地（大地）隔离。

### 装置

一段从多个输出至一个输入的电缆可连接的装置数量是有限的。由于传输线上从一端到另一端的负载阻抗，高电平信号在运行结束时可能无法超过有效高电平的阈值限制。图6显示了4个脱扣单元，其区域输出连接到上游脱扣单元的区域输入端。其中一个脱扣单元的输入连接到其输出上，称为自联锁。当所有连接都与公共接地并联时，向线路下游（从脱扣单元输入）的Z阻抗是可变的。在图6的示例中，装置数量的总负载=1A输出+2A输出+3A输出+4A输出+4A输入+1B输入=6个装置总负载。

另一个限制是输出驱动器的信号强度。对驱动器可以供电以支持高电平信号的电压信号通过负载阻抗到达电缆末端的电流是有限制的。表3显示了几种不同的产品以及这些产品可以支持的装置负载的数量。当过高的负载被施加至信号线路时，转向/阻断二极管可用于阻断上游断路器看到的回溯阻抗。

如果您的产品提供单独的接地信号和相位输出信号，并将其连接在一起以便接口具有两个逻辑组合信号的产品，则连接在一起的两个输出应被视为两个负载。

信号完整性应在调试之前或调试期间，通过测试区域联锁信号的发送和接收来确认。

表3. 装置负载表

保护 PXR	PXR 脱扣 单元	Digitrip 脱扣 单元	EDR 5000 保护 继电器	FP5000 保护 继电器	FR 接地 故障 继电器
装置负载号	20	20	20	11	20

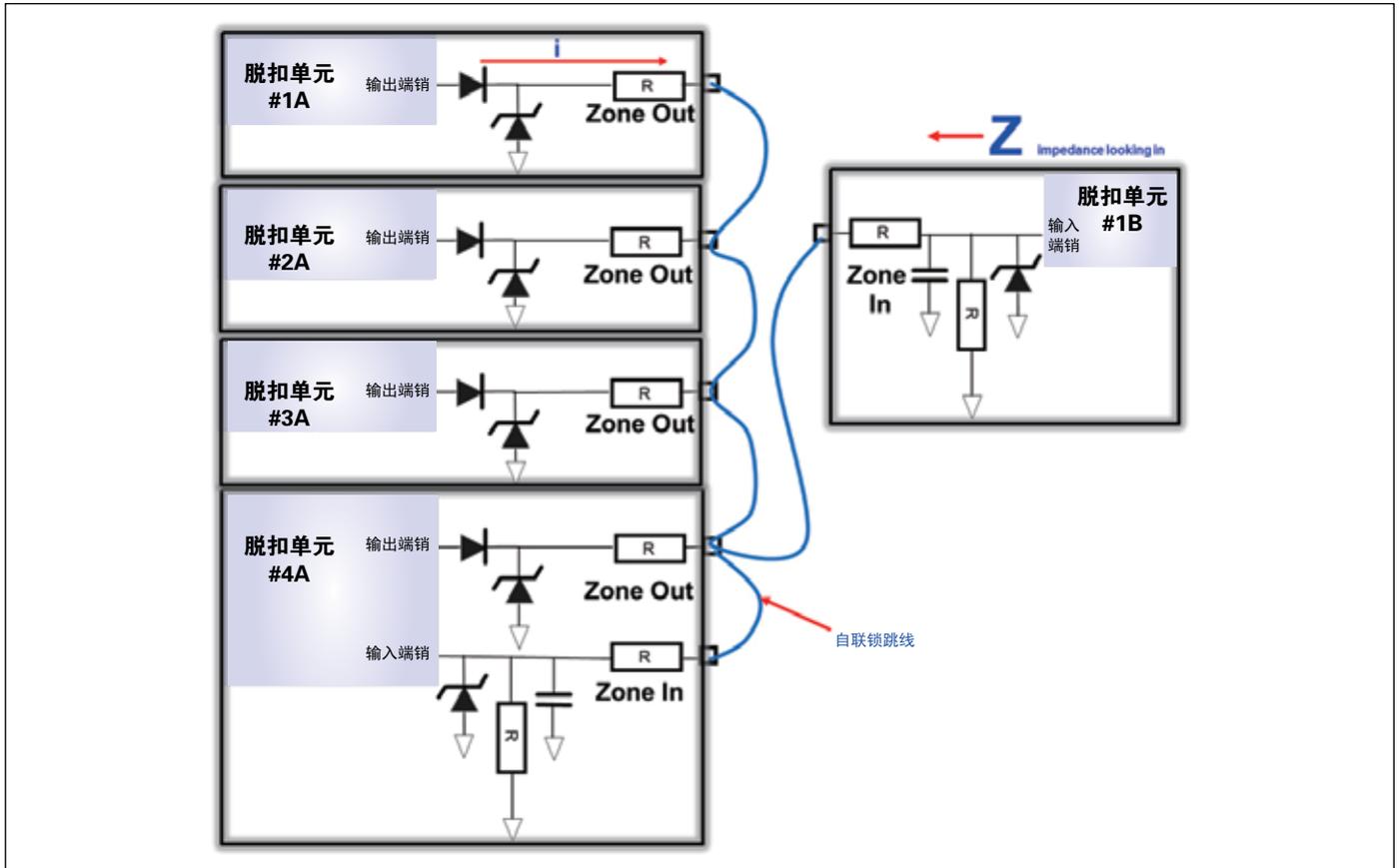


图6. ZSI阻抗接线和负载示例

### 自联锁

自联锁是一种在检测到故障时，强制断路器自我抑制并强制完整执行短时或接地故障延时的方法。如图6所示，脱扣单元#4A上的跳线被放置在ZSI输出端子和ZSI输入端子连接之间。当脱扣单元或保护继电器检测到一个故障时，将首先发出一个ZSI输出信号。然后，装置将检查其ZSI输入是否有抑制信号。因此，如果装置将其自己的输出信号看作ZSI输入，则其将执行完整的延时时长，不会使断路器快速跳闸。通常，自联锁接线是在最后一个区域的断路器上，或者在配电系统中在其下游可能有热磁脱扣单元断路器（这些断路器不能执行ZSI）的断路器上。

### ⚠ 小心

**自联锁跳线必须安装在最后一个区域的装置上，否则可能会失去选择性协调功能。**

### 转向（或阻断）二极管

对于不同的应用（例如，主-联-主方案），可能有这样的连接，即一组联锁断路器的输出并非设计为发送到上游断路器。图7显示了一个主-联-主（M-T-M）方案，其中馈线断路器的ZSI输出信号为自联锁，并且有阻断二极管。该示例显示了在馈线断路器#11下的一个故障。此例是通过两个主断路器闭合、联络断路器闭合而实现的。红色母线表示故障电流的流向。馈线断路器#11发出一个ZSI输出信号（蓝线）。由于馈线断路器#11为自联锁（通过从其输入端到输出端的跳线实现），因此其在跳闸前会执行完整的延时时长。由于这些馈线断路器位于配电系统的最末端，其在协调性研究中的延时设置得很低。然后，ZSI信号被发送出去，经过二极管D1，沿着ZSI连接发出。

该信号被所有馈线断路器（通过D2、D3和D4）阻断，因此不会被这些断路器的ZSI输入电路看到。馈线断路器#11的ZSI输出信号进入联络断路器的ZSI输入，并经过二极管D5，因此其可被主断路器#1和#2的输入看到。D5转向或阻断二极管在防止联络断路器的ZSI输出信号返回到其输入端方面至关重要。转向/阻断二极管也可帮助阻断上游断路器的ZSI输入电路看到的电负荷。典型的转向二极管为IN5408型或同等型号。

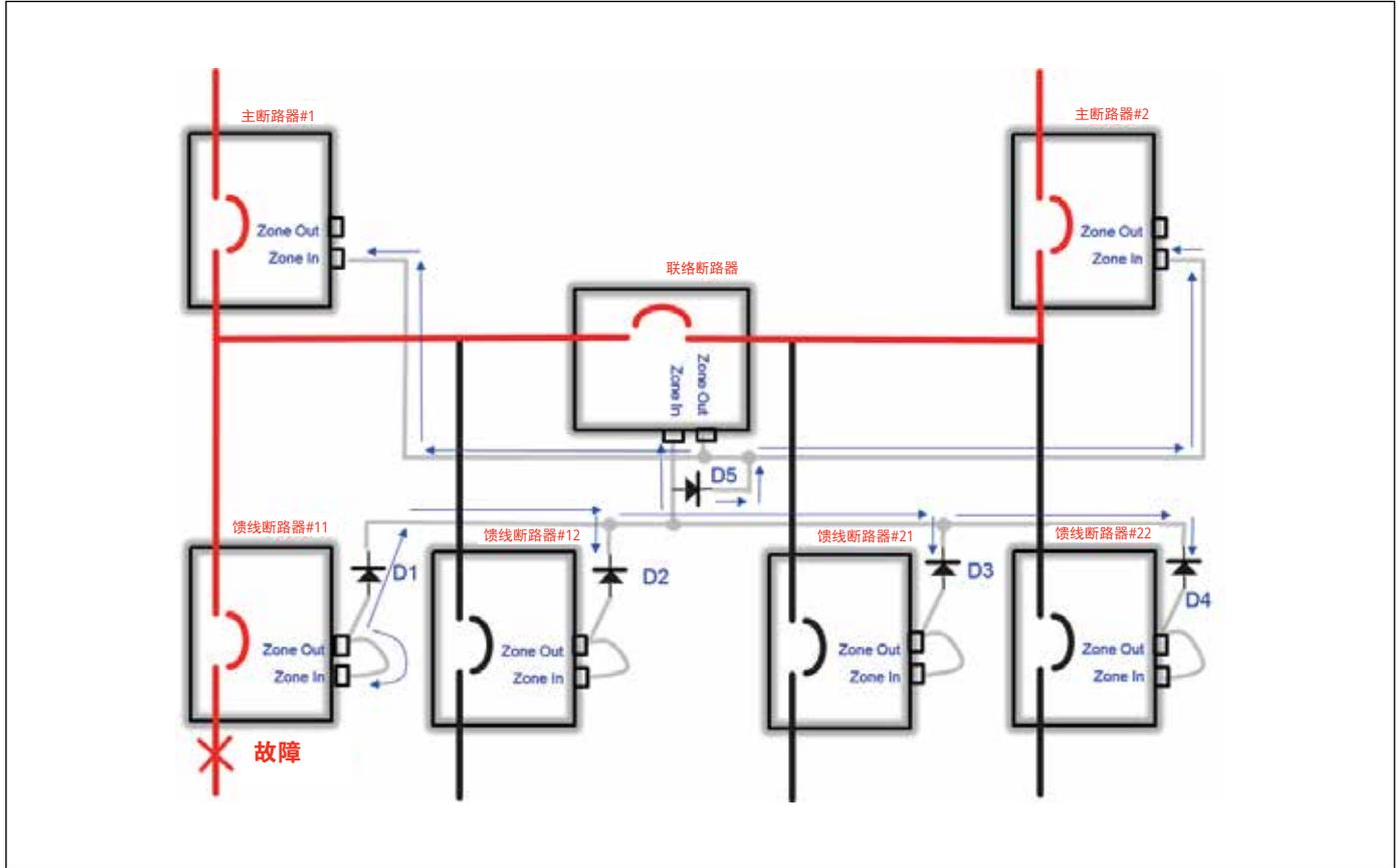


图7. 带转向二极管的主-联-主方案示例

二极管阻断方案的另一种用途在图8中显示。该方案由Robert Hulse开发设计，并在美国专利#9379537中说明。该方案使用更多的转向二极管，以便将主断路器#1的馈线ZSI信号与主断路器#2的馈线ZSI信号分开。在图8的例子中，馈线断路器#11看到故障电流来自断路器下游的故障。蓝色小箭头表示来自馈线断路器#11的ZSI信号。馈线断路器#11的信号只被主断路器#1需要，因为只有主断路器#1电源在为故障馈电。主断路器#2的电源没有为故障馈电，因为其断路器断开、或者联络断路器断开。馈线断路器#11的ZSI输出信号被二极管D7阻断，防止其反向馈入馈线断路器#21和22断路器的ZSI接线。二极管D10也阻断馈线断路器#11的ZSI信号进入主断路器#2的区域输入。在此例中，还要注意自联锁跳线未用在馈线断路器#12和21上，因为其下游的断路器有ZSI输出信号。因此不需要并移除到区域输入的阻断二极管D2和D3。

图9所示的另一个示例显示了主断路器#2母线上的故障。在此例中，主断路器#1闭合，主断路器#1电源为故障馈电。联络断路器闭合，但主断路器#2断开。馈线断路器没有看到任何故障电流，并且没有发出任何ZSI信号。联络断路器看到了故障电流，并向主断路器#1的区域输入发出ZSI输出信号。然后，这些信号会使联络断路器迅速切断故障，并使主断路器#1保持闭合，同时仍为馈线断路器#11和#12馈电。

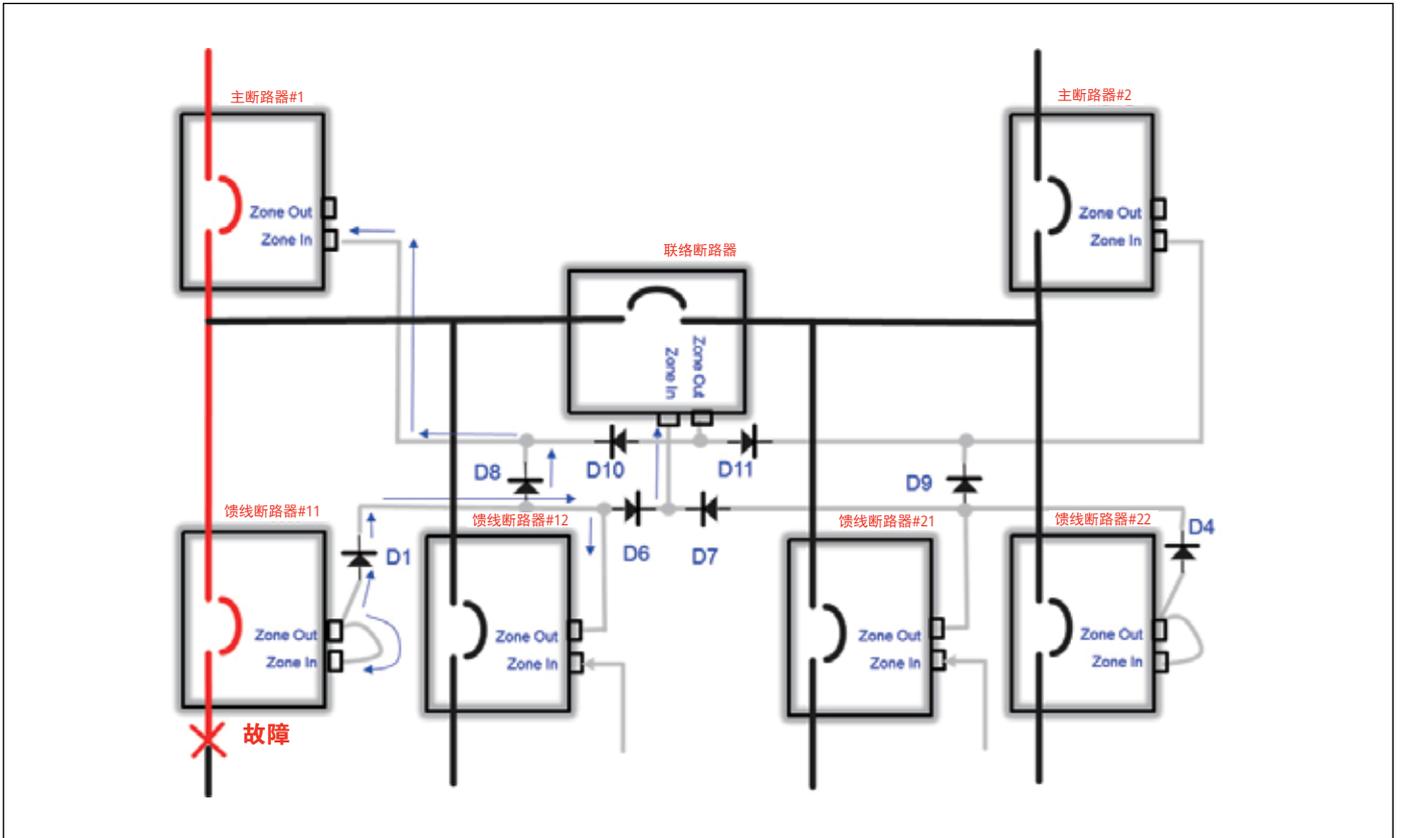


图8. 主-联-主方案，带单独的馈线转向二极管

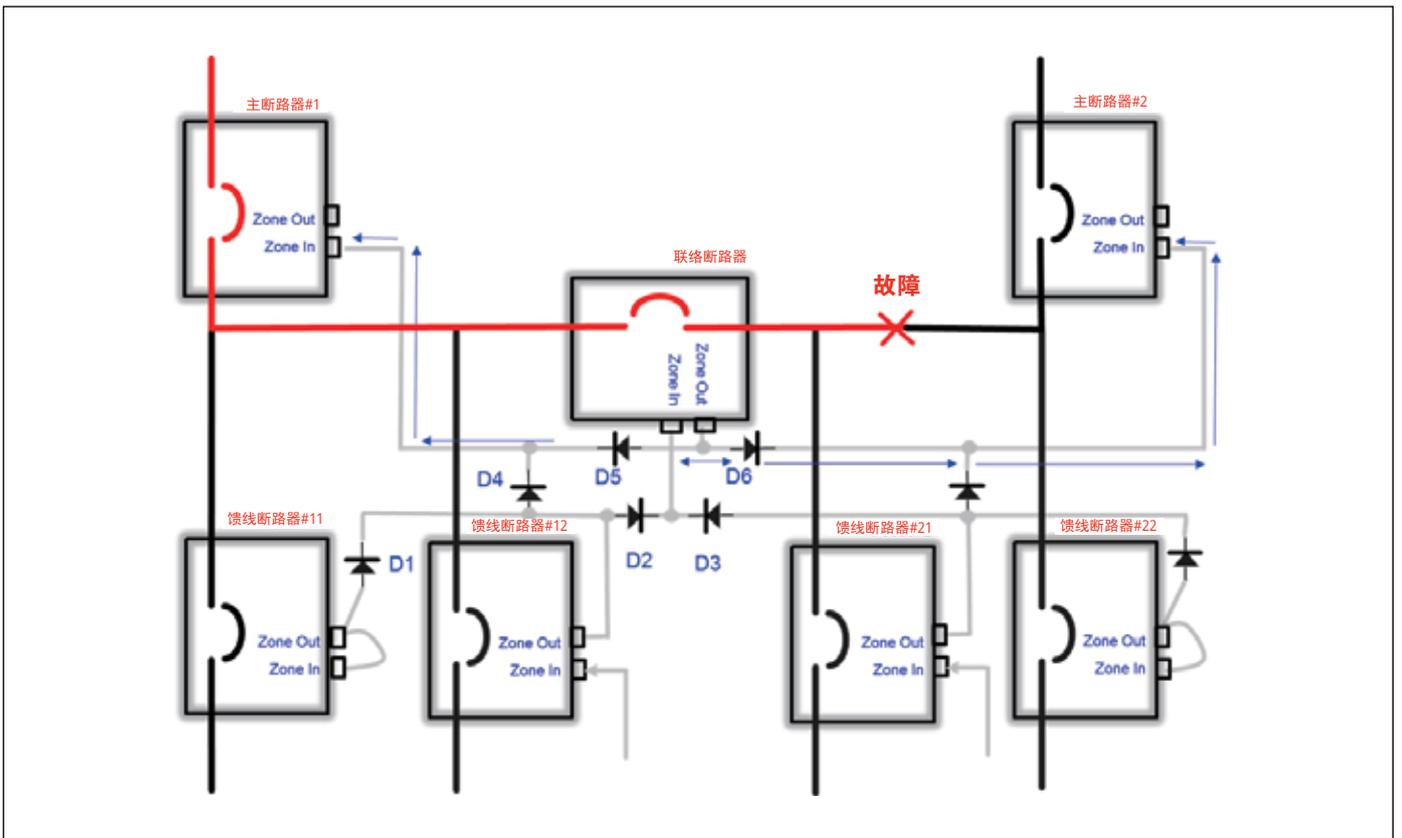


图9. 主-联-主方案，主断路器#2母线故障

## 相位和接地输出/输入

区域输入和输出联锁接线可以合并到用于相位和接地的同一端子上，也可以单独连接。图10所示例子混合了5线制、单独的相位和接地、以及3线制相位和接地合并的装置。5线制的OPTIM 1050、3线制的Power Defense和3线制Magnum DS 1150+及Magnum PXR 25脱扣单元均与EDR™3000保护继电器的输入联锁。EDR 3000提供2个公共连接点和一个用于进行屏蔽的端子（如果使用）。将同一端子上的相位和接地输出或输入合并，可减少为配电系统添加区域联锁功能所需的导线数量。某些应用可能仅想要接地或仅相位联锁。伊顿E系列继电器提供编程，以启用或禁用一种或另一种功能，或两种功能兼而有之。PXR脱扣单元还提供通过编程启用或禁用ZSI的功能。表6显示了哪些产品的区域联锁信号为合并、或单独用于相位和接地。

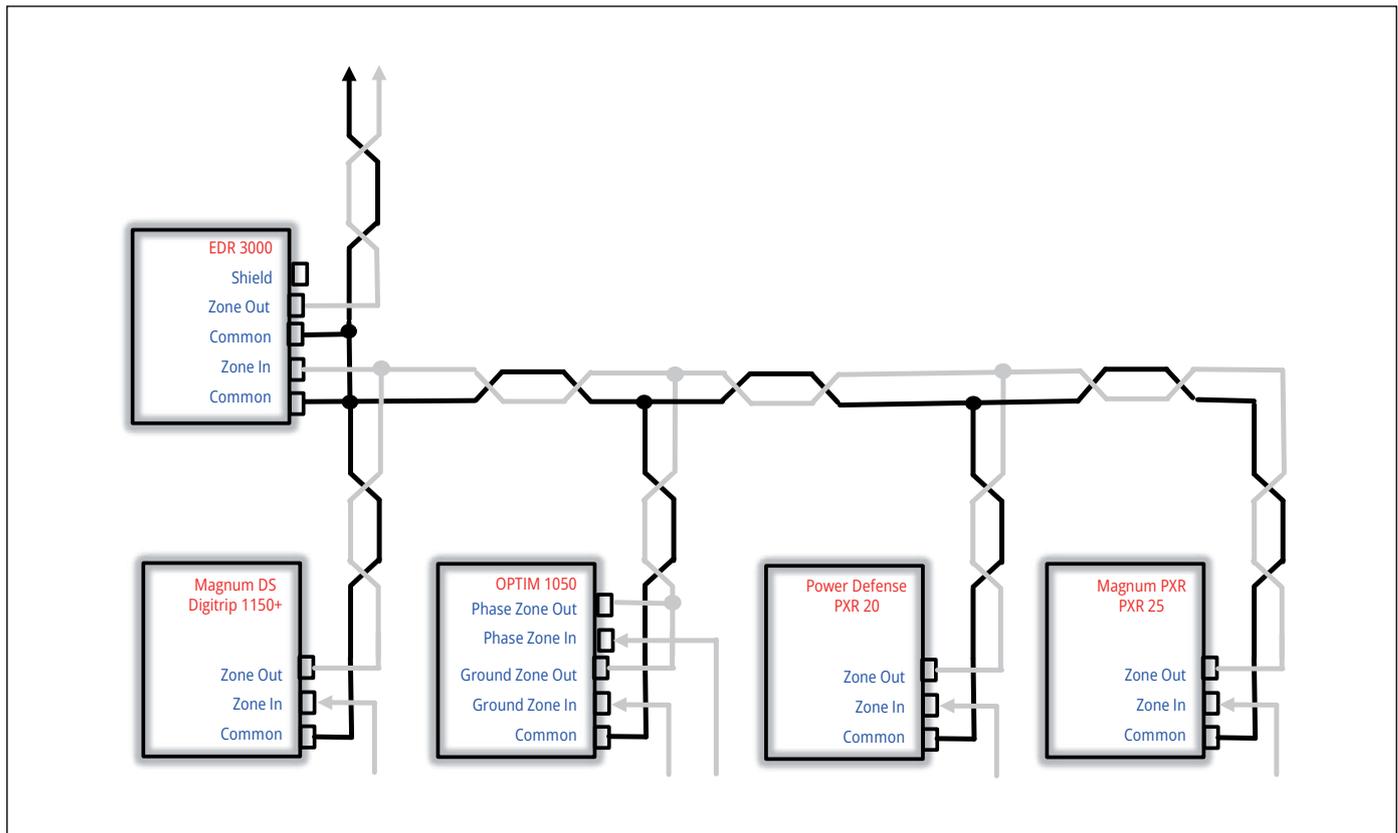


图10. 3线制和5线制ZSI装置的接线

表4. 装置及配置表

装置	ZSI 相位和 ZSI 接地连接
Magnum PXR - PXR 20, PXR 25	合并
NRX 断路器 - PXR 20, PXR 25	合并
Power Defense 断路器 - PXR 20, PXR20D, PXR 25	合并
NRX 断路器 - Digitrip 520, 1150	合并
Magnum DS/SB - Digitrip 520, 520M, 520MC, 1150	合并
塑壳断路器 - OPTIM 550, 750, 1150	单独
塑壳断路器 - 310+	合并
EDR 3000、EDR 5000	合并
DT 3000	单独
FP 5000	合并
SPB/DS/RD 断路器 - Digitrip 510, 610, 810, 910	单独

### ZSI逻辑

图11中的流程图显示了带ZSI功能的典型保护单元的逻辑流程。并非所有单元具有相同的逻辑。

保护例行程序在顶部进入。第一个测试是查看ZSI输出信号是否应被发送出去。对高于2倍的故障电流进行测试，以确定下一步操作。如没有故障电流，则清除所有标志，以确保整个电流下次可以正常启动。如果检测到故障电流，则启用ZSI输出。下一个测试是查看是接地故障或短延时保护是否动作。如没有动作，则退出例行程序。如果接地或短延时保护动作，意味着故障电流值超过其设置值，则下一个测试要查看保护是否计时期满。如果保护计时期满，则断路器应跳闸，此操作完成。如果计时没有期满，则检查ZSI输入信号。如果有ZSI输入信号，退出并继续进行保护计时。如果没有ZSI信号，则检查这是否在例行程序中第一次出现。如果是第一次，则设置ZSI区域标志。如果逻辑流程再次到达该点，则区域标志将已在上一次操作中设置，并且没有ZSI输入信号，因此ZSI保护功能现在将使断路器快速跳闸。这2次通过检查对于确保瞬态或错误信号不会被视作真实信号而言非常重要，从而防止任何误跳闸或错误阻断。

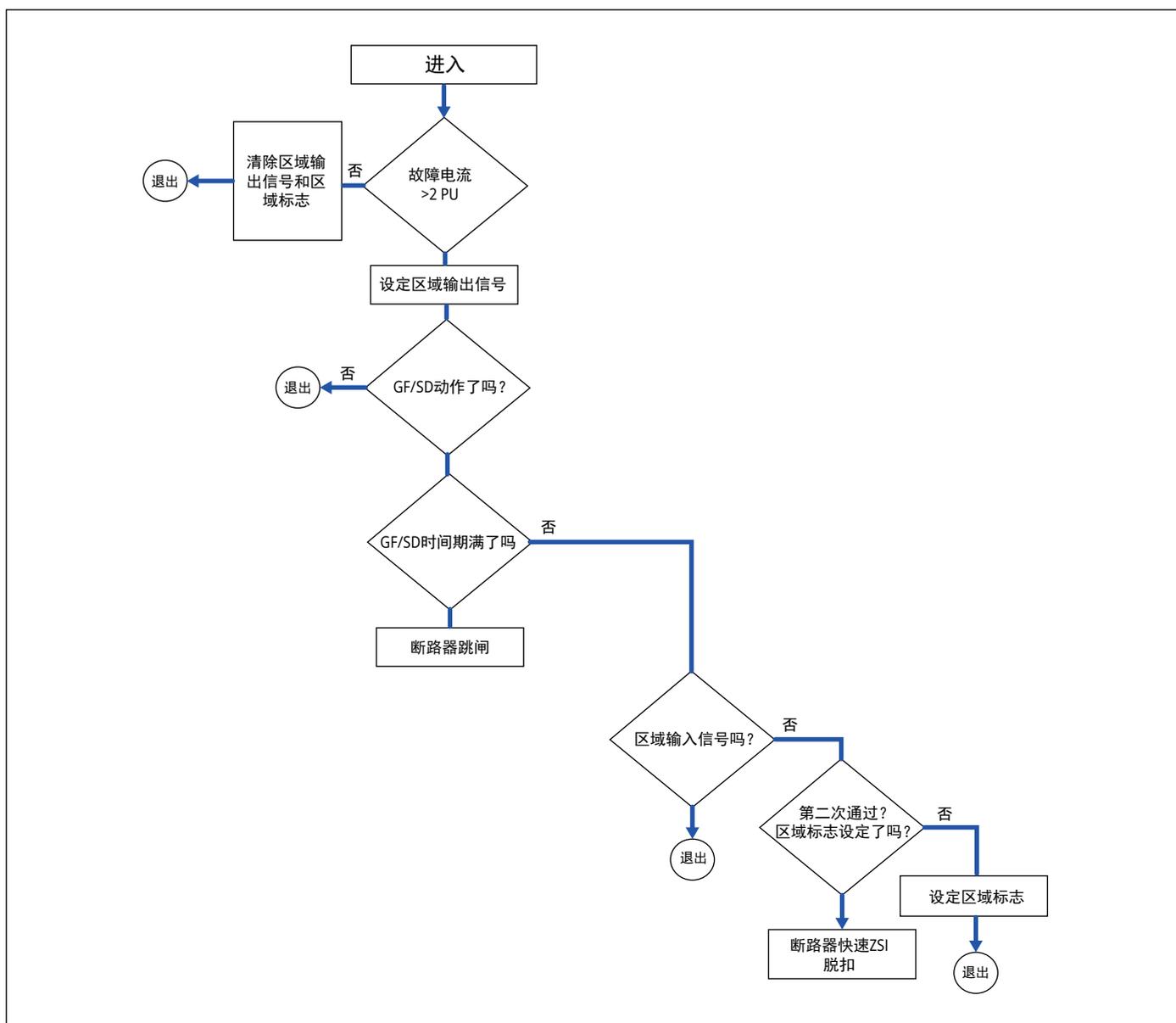


图11. ZSI内部逻辑流程图

## ZSI清除时间

每个产品和某些制造商对启用了ZSI产品的故障总清除时间有着不同的规定。应检查产品资料，以了解规定清除故障的实际时间。以下是影响故障清除时间的一些因素。

1. 在保护软件代码中故障发生的时间是一个因素。从图11可以看出，如果在进入ZSI例行程序时发生故障，ZSI输出和标志会被立即设置出来。如果故障发生在例行程序结束时，则在再次进入例行程序前可能会需要几毫秒的时间。
2. 如果在故障发生时脱扣单元未上电。在进入ZSI例行程序前，可能需要一毫秒的时间在上电过程中进行其他检查。
3. 如果系统频率是60Hz（每周期16.67ms）相比50Hz（每周期20ms），这可能会带来不同，如果短时保护例行程序在宣布故障发生之前需要进行一整个周期的采样，甚至在最高峰时采样。
4. 如图11所示，需要对输入信号进行多次验证，以确保不会出现因错误信号造成误跳闸，而且采样时间会增加延迟时间。

所有这些额外的延时都会在使用ZSI时对故障的总清除时间带来影响。

## 通过PXR电子脱扣单元带来全新的ZSI技术进步

新型的Power Xpert™ Release（PXR）电子脱扣单元提供全新水平的ZSI功能。现在，PXR脱扣单元可电子禁用或启用ZSI保护作为一个设定点。在过去，使用端子块上的自联锁ZSI跳线来禁用快速脱扣功能。放置在区域输入和区域输出端子之间的自联锁跳线仍会迫使脱扣单元读取其自己的输出并执行完整计时的延迟。但通过PXR脱扣单元，一个编程设定点也能实现同样功能。使用脱扣单元上的显示屏或连接到脱扣单元USB端口的笔记本电脑上的Power Xpert Protection Manager软件，可以访问设定点，并启用或禁用ZSI功能。当ZSI功能在配备显示屏的PXR脱扣单元上被启用时，ZSI字母将出现在显示屏上，如图12所示。这是用来向你确认脱扣单元知道ZSI功能激活。PXR脱扣单元也会在显示屏上显示一个“√”检查标记，以确认脱扣单元何时看到ZSI输入信号。只要脱扣单元有辅助电源供电，则该标记会在一直停留显示屏上。然后，可通过按下复位按钮，从显示屏上复位、清除该检查标记。

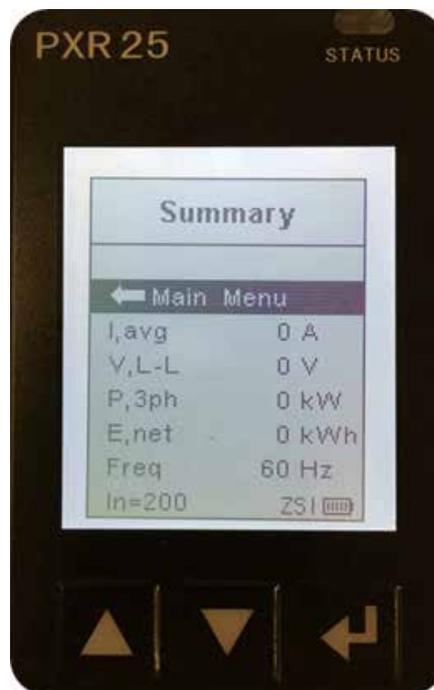


图12. 带ZSI指示的PXR显示屏（右下）

## 通过PXR脱扣单元测试ZSI功能

通过PXR脱扣单元，可轻松测试ZSI功能和接线。图13所示的例子是一个主断路器#1，其负载侧连接有3个馈线断路器。这3个馈线断路器的ZSI输出上连接到主断路器#1的ZSI输入上。馈线断路器#11是位于其负载前面的最后一台断路器，在其ZSI输出和ZSI输入端子之间使用自联锁跳线。馈线断路器#12和#13的ZSI输入信号来自其配电网中更下游的支路断路器。在这个例子中，对馈线断路器#11的测试可通过注入一次电流进行，或者使用为触发测试而连接到USB端口的PXPM软件，从脱扣单元注入二次电流进行。所注入的电流（B相4560A）超过了短延时设定值，并且短时保护现在处于激活状态。馈线断路器#11的ZSI功能将从其ZSI输出端子处发出一个信号。在馈线断路器#11的显示屏上，检查标记（√）显示在ZSI字母旁边。该标记意味着该馈线断路器看到了ZSI输入信号。由于该断路器为自联锁，因此应看到该ZSI输入信号，并且确认跳线接线是正确的。主断路器#1确实看到了来自馈线11断路器的ZSI输入信号，并且主断路器#1上的显示屏显示检查标记（√）。这证实从馈线断路器#11输出到主断路器#1输入的接线正确。馈线断路器#12的显示屏没有显示检查标记（√）。这是正确的。馈线断路器#12没有看到测试故障电流，没有看到ZSI输入信号，因此其显示屏上没有显示电流，在ZSI字母旁边也没有检查标记（√）。接下来检查馈线断路器#13的显示屏。在其显示屏上，字母ZSI旁边有一个检查标记（√）。这里不应有检查标记（√），因为该断路器是一个馈线断路器，与被测试的断路器（馈线断路器#11）在同一条母线上。检查接线，发现来自馈线断路器#13下游支路断路器的ZSI信号被连接到ZSI输出端子上。ZSI输入端子被错误地连接到其他所有馈线断路器的ZSI输出上。ZSI的接线错误被发现、并被纠正。再次进行测试，并验证接线正确。接下来，在馈线断路器#12上进行测试，然后在馈线断路器#13上进行测试。通过全新的PXR脱扣单元，验证ZSI接线就变得简单而彻底。

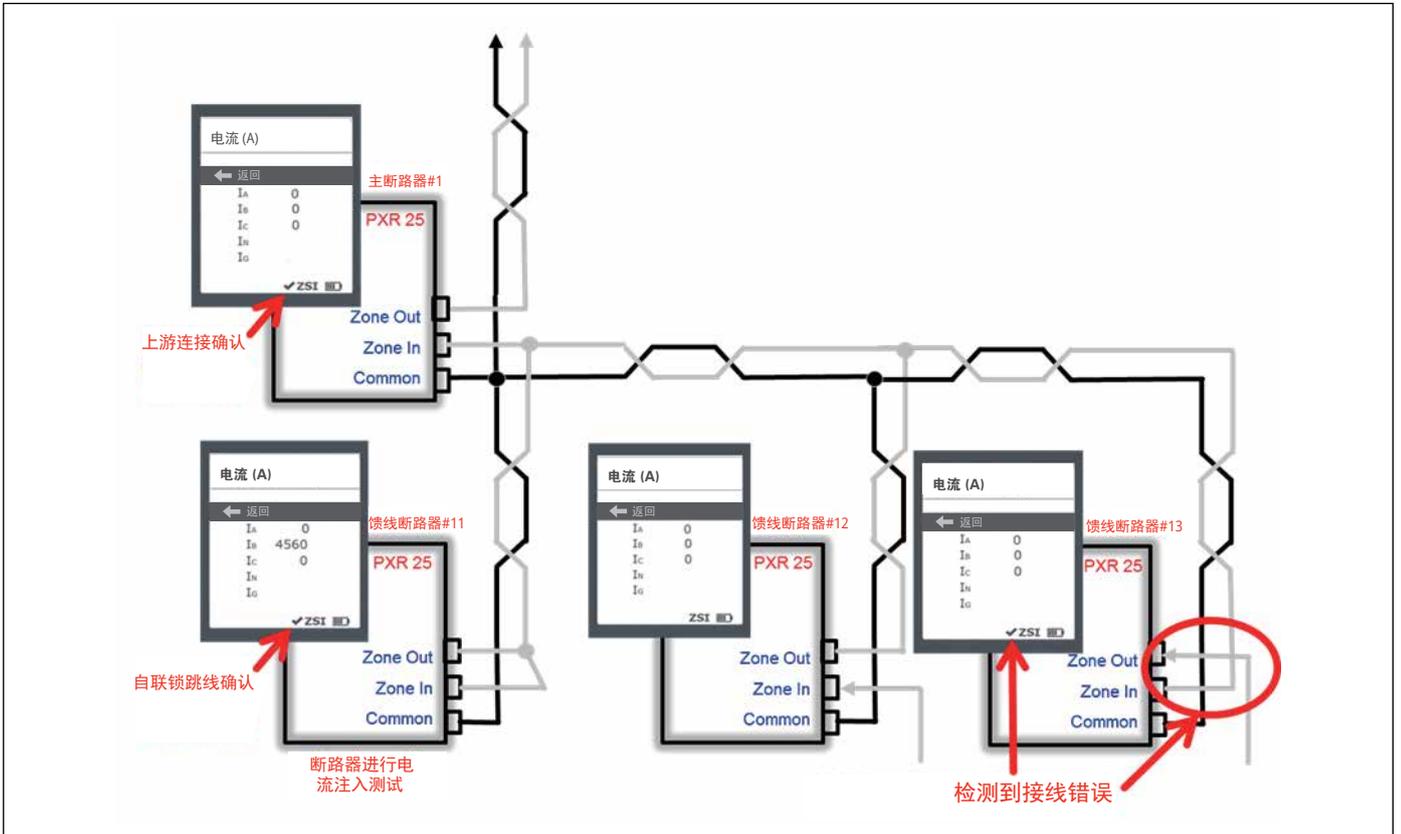


图13. 用于ZSI测试的PXR显示屏示例

2023年4月生效

## 高级应用

### 主-联-主应用

以下应用适用于主-联-主（M-T-M）配置。M-T-M配置通常用于在一次电源发生故障时，保持对公用电源的备用电源提供可靠支持。如本文前面所述，可以使用转向二极管进行其他配置，示例如下。

方案1：主-联-主配置，带ZSI功能

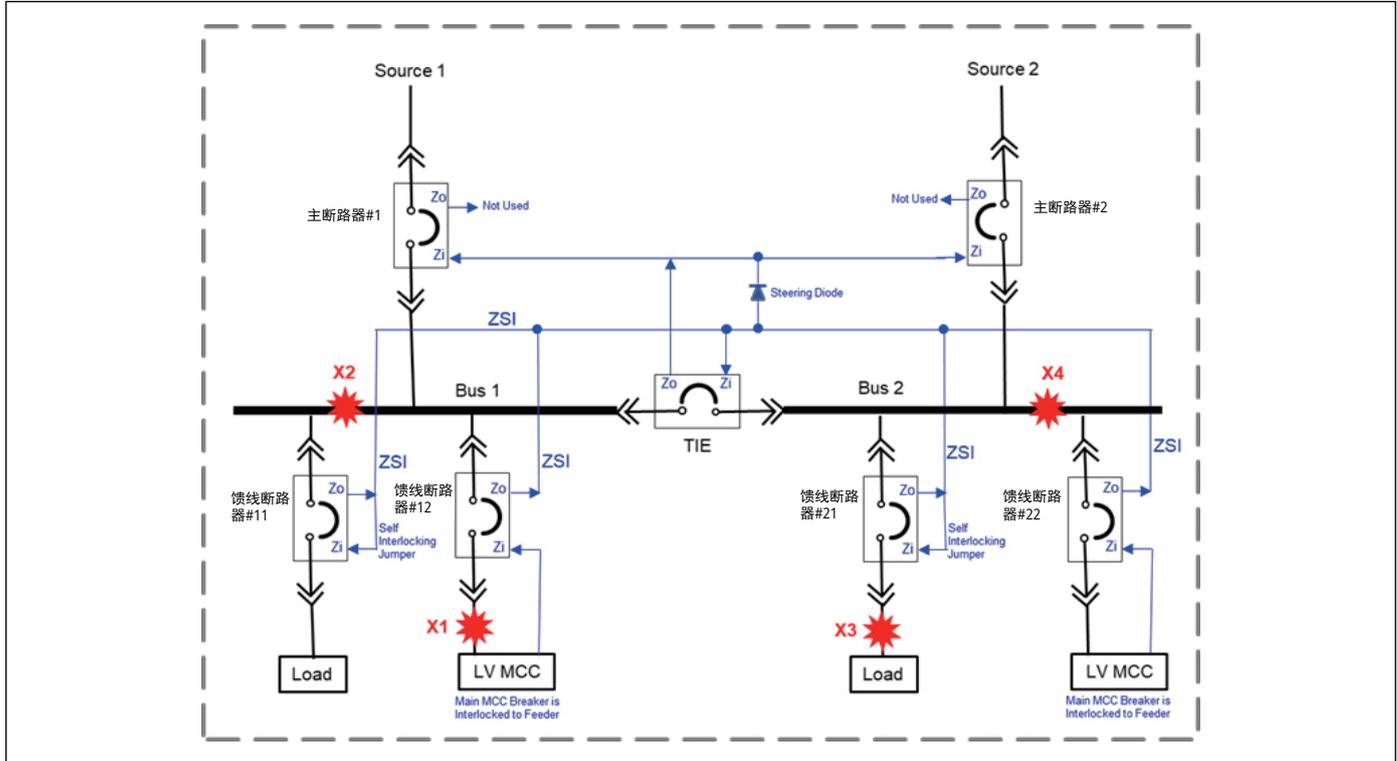


图14. 方案1：主-联-主方案

a) 联络断路器断开、主断路器#1闭合、以及主断路器#2闭合

X1处发生故障

馈线断路器#12会看到故障电流，并向主断路器#1、#2和联络保护装置发送一个区域输出信号。该信号对馈线断路器#22没有影响，因为该信号会进入其输入端。联络断路器也不受影响，因为其已断开，不承载任何电流。转向二极管#D2和D3防止馈线断路器#12的信号穿过自联锁跳线进入到馈线断路器#11和#21的区域输入，因此对其没有影响。由于马达控制中心（MCC）没有看到故障电流，馈线断路器#12不会收到来自低压MCC主断路器的输入。因此，馈线断路器#12会绕过其延时设置，瞬间清除故障。

X2处发生故障

该故障发生在主断路器#1下游的母线上，主断路器#1号不会收到来自馈线断路器的区域信号，因为其没有看到故障电流。联络断路器断开，因此主断路器#2不会提供故障电流。主断路器#1会绕过其延时设置，瞬间清除故障。

X3处发生故障

馈线断路器#21将向主断路器#1、#2和联络保护装置提供区域输出信号。该信号不会影响馈线断路器#22和#12，因为该信号进入了其输入端。联络断路器也不受影响，因为该断路器已断开，不承载任何电流。转向二极管D2防止来自馈线断路器#21的信号穿过自联锁跳线进入到馈线断路器#11的区域输入，因此不会产生影响。馈线断路器#12是位于负载上游的最后一个断路器，其输入端有一个自联锁跳线。因为该馈线断路器是最后一个装置，所以不需要进一步协调，其短延时设定处于最低或瞬时设置。因此，馈线断路器#12会快速跳闸并清除故障。

X4处发生故障

该故障发生在主断路器#2下游的母线上，主断路器#2不会收到来自馈线断路器的区域信号，因为其没有看到故障电流。联络断路器断开，因此主断路器#1不会为故障供电。主断路器#2将绕过其延时设置，瞬间清除故障。

**b) 联络断路器闭合、主断路器#1闭合、以及主断路器#2闭合**

## X1处发生故障

两个电源都会为故障馈电。馈线断路器#12将看到故障电流，并向主断路器#1、#2和联络保护装置发送区域输出信号。该信号不会影响馈线断路器#22，因为该信号会进入其输入端。转向二极管D2和D3防止来自馈线断路器#12的信号穿过自联锁跳线进入至馈线断路器#11和#21的区域输入，因此对其没有影响。由于MCC没有看到故障电流，所以馈线断路器#12不会得到来自低压MCC的主断路器的输入。联络断路器将看到来自电源#2的故障电流，并生成一个区域输出信号给主断路器#1和#2。由于两个主断路器和联络断路器都被限制，因此，馈线断路器#12将绕过其延时设置，瞬间清除故障。

## X2处发生故障

两个电源都为故障馈电。该故障发生在主断路器#1下游的母线上，主断路器#1不会收到来自馈线断路器的区域信号，因为其看不到故障电流。联络断路器会看到来自电源#2的故障电流，并向主断路器#1和#2发出区域输出信号。联络断路器不会收到来自任何馈线断路器的区域输入信号，因此会绕过其延时设置，瞬时跳闸。主断路器#1将延时跳闸，直到联络断路器瞬时断开，并解除其区域输出信号。随着联络断路器断开，母线#2的厂电电源会被保持。一旦联络断路器解除了区域输出信号，则主断路器#1就不会看到任何区域抑制信号，并绕过其延时设置，瞬间跳闸，清除故障。

## X3处发生故障

两个电源都为故障馈电。馈线断路器#21会看到故障电流，并向主断路器#1、#2和联络保护装置发送一个区域输出信号。该信号不会影响馈线断路器#22，因为该信号会进入其输入端。转向二极管D2防止来自馈线断路器#21的信号穿过自联锁跳线进入到馈线断路器#11的区域输入，因此对其没有影响。馈线断路器#21是位于负载上游的最后一个断路器，其输入端有一个自锁跳线。因为该馈线断路器为最后一个装置，所以不需要进一步协调，其短延时设定处于最低或瞬时设置。联络断路器将看到来自电源#2的故障电流，并生成一个区域输出信号给主断路器#1和#2。由于两个主断路器和联络断路器均被限制，馈线断路器#21将绕过其延时设置，瞬间清除故障。

## X4处发生故障

两个电源都为故障馈电。该故障发生在主断路器#2下游的母线上，主断路器#2不会收到来自馈线断路器的区域信号，因为其看不到故障电流。联络断路器将看到来自电源#1的故障电流，并向主断路器#1和#2发出区域输出信号。联络断路器不会收到来自任何馈线断路器的区域输入信号，因此它将绕过其延时设置，瞬时跳闸。主断路器#2将延时跳闸，直到联络断路器瞬间断开并解除其区域输出信号。在联络断路器断开的情况下，母线#1的厂电电源将会被保持。一旦联络断路器解除了区域输出信号，主断路器#2将看不到区域抑制信号，并绕过剩余的延时设置，瞬间跳闸，以清除故障。

**c) 联络断路器闭合、主断路器#1闭合、以及主断路器#2断开**

## X1处发生故障

馈线断路器#12将看到故障电流，并向主断路器#1、#2和联络保护装置发送区域输出信号。该信号不会影响馈线断路器#22，因为该信号进入其输入端。联络断路器也不受影响，因为主断路器#2是断开的，因此不会通过联络断路器供应故障电流。转向二极管D2和D3防止来自馈线断路器的信号穿过自联锁跳线进入到馈线断路器#11和#21的区域输入，因此对其没有影响。由于MCC没有看到故障电流，馈线断路器#12不会收到来自低压MCC主断路器的输入。因此，馈线断路器#12将绕过其延时设置，瞬间清除故障。

## X2处发生故障

该故障发生在主断路器#1下游的母线上，主断路器#1不会收到来自馈线断路器的区域信号，因为其没有看到故障电流。联络断路器是闭合的，但主断路器#2是断开的，因此不会通过联络断路器供应故障电流。主断路器#1将绕过其延时设置，瞬清除故障。

## X3处发生故障

馈线断路器#21将向主断路器#1、#2和联络保护装置提供区域输出信号。该信号不会影响馈线断路器#22和#12，因为该信号会进入其输入端。当联络断路器向馈线断路器#21和故障提供来自主断路器#1电源的故障电流时，至联络断路器的区域信号对其进行抑制。转向二极管D2防止来自馈线断路器#21的信号穿过自联锁跳线进入到馈线断路器#11上的区域输入，因此不会产生任何影响。馈线断路器#12是位于负载上游前的最后一个断路器，在其输入端有一个自联锁跳线。因为该馈线断路器是最后一个装置，所以不需要进一步协调，其短延时设定处于最低或瞬时设置。因此，馈线断路器#12会快速跳闸，并清除故障。

## X4处发生故障

该故障发生在母线#2上。主断路器#2断开，所有故障电流来自主断路器#1，并通过联络断路器。联络断路器不会收到来自馈线断路器的区域信号，因为其没有看到故障电流。联络断路器会看到故障电流，并向限制其的主断路器#1发出区域输出信号。联络断路器将绕过其延时设置，瞬间清除故障。

**d) 联络断路器闭合、主断路器#1断开、并且主断路器#2闭合**

## X1处发生故障

馈线断路器#12将看到故障电流，并向主断路器#1、#2和联络保护装置发送区域输出信号。该信号不会影响馈线断路器#22，因为该信号会进入其输入端。至联络断路器的区域信号对其进行抑制，因为其从主断路器#2电源向馈线断路器#12和故障提供故障电流。转向二极管D2和D3阻止来自馈线断路器#12的信号穿过自联锁跳线进入到馈线断路器#11和#21的区域输入，因此对其没有影响。由于MCC没有看到故障电流，馈线断路器#12不会得到来自低压MCC主断路器的输入。因此，馈线断路器#12将绕过其延时设置，瞬间清除故障。

2023年4月生效

## X2处发生故障

该故障发生在母线#1上。主断路器#1断开，所有的故障电流来自经过联络断路器的主断路器。联络断路器不会收到来自馈线断路器的区域信号，因为其没有看到故障电流。联络断路器确实看到了故障电流，并向抑制其的主断路器#2发送区域输出信号。联络断路器将绕过其延时设置，瞬清除故障。

## X3处发生故障

馈线断路器#21向主断路器#1、#2和联络保护装置提供区域输出信号。该信号不会影响馈线断路器#22和#12，因为该信号会进入其输入端。联络断路器是闭合的，但主断路器#1是断开的，因此不会通过联络断路器提供故障电流。转向二极管D2防止来自馈线断路器#21的信号穿过自锁跳线进入到馈线断路器#11的区域输入端，因此不会产生任何影响。馈线断路器#12是位于负载上游的最后一个装置，在其输入端有一个自锁跳线。因为该馈线断路器是最后一个装置，所以不需要进一步协调，其短延时设定处于最低或瞬时设置。因此，馈线断路器#12会快速跳闸，并清除故障。

## X4处发生故障

该故障发生在主断路器#2下游的母线上，主断路器#2不会收到来自馈线断路器的区域信号，因为其看不到故障电流。联络断路器是闭合的，但主断路器#1是断开的，因此没有通过联络断路器提供故障电流。主断路器#2将绕过其延时设置，瞬清除故障。

## 方案2：两个主断路器、两个联络断路器、带ZSI

这个方案使用了冗余联络断路器。通常，这个系统有两个独立的开关设备部分，可在不同的位置。使用两个联络断路器可为维护人员提供额外的安全保护，使其对了解另一个电源与正在操作的开关设备之间的隔离状态充满信心。该方案与配备一个联络断路器的设计一样，区域输入和输出接线与两个联络断路器并联。在两个联络断路器之间的母线或电缆发生故障是独特情况，如图22中X2所示。该方案还显示了一个使用双二极管组件来完成必要的信号转向的示例。本例中所使用的二极管是为公用事业用途特别设计，来自E-MAX仪器公司，型号为#911A002。

## a) 联络断路器#1和#2断路器闭合、主断路器#1和#2闭合

## X1处发生故障

在2个主断路器闭合和联络断路器闭合时，故障通过两个电源馈电。两个联络断路器将看到故障电流，并立即跳闸，因为没有来自馈线断路器的区域输入信号。2个主断路器开始其延时计时，因为其获得来自联络断路器的区域输入信号。当联络断路器跳闸并已消除其区域输出信号时，主断路器#1将看到没有区域抑制信号，并通过绕过其剩余的延时时间，立即跳闸来清除故障。主断路器#2永远不会跳闸，因为联络断路器已经断开，并清除了来自主断路器#2电源的故障电流流动。

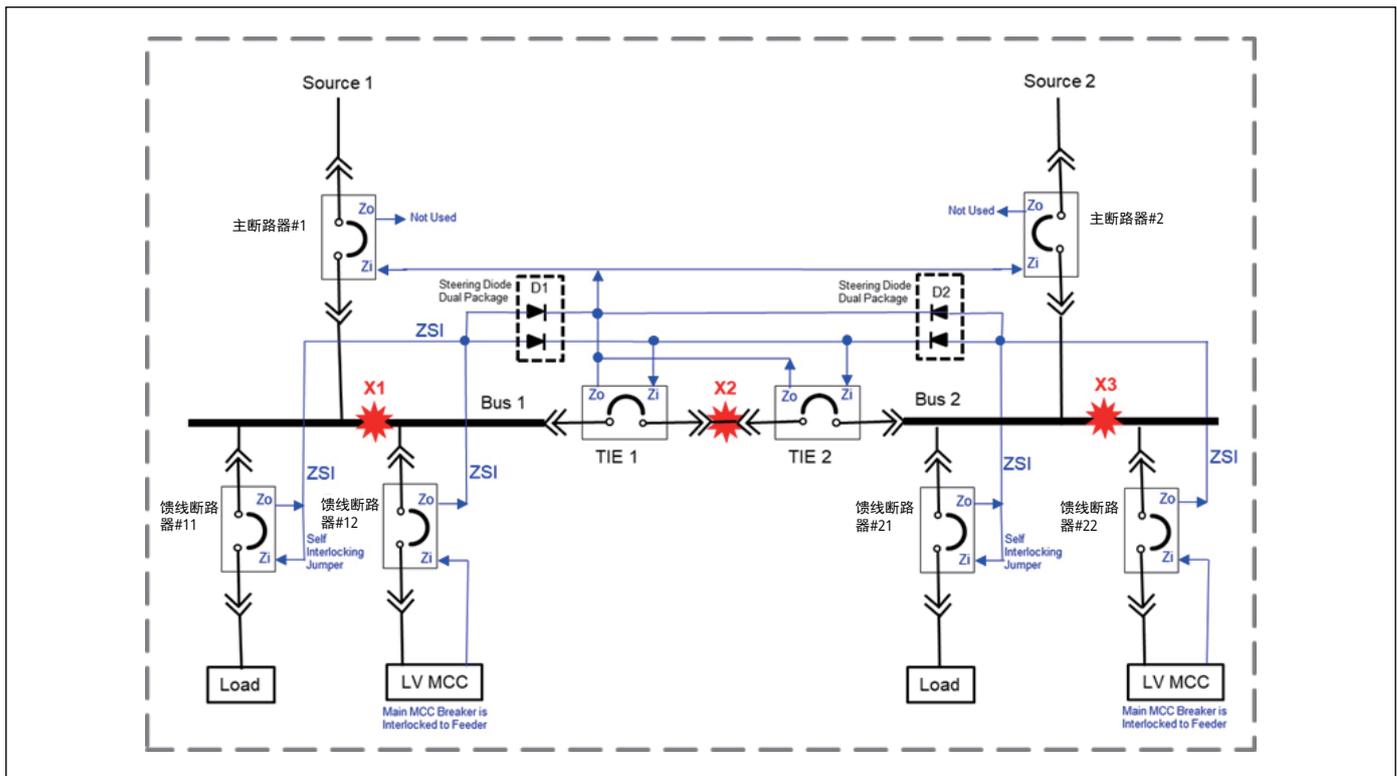


图15. 方案2：带冗余联络断路器

X2处发生故障

在X2故障中，两个联络断路器都会看到故障电流，因为其通过主断路器#1和#2电源馈电。联络断路器向主断路器发出区域输出信号。由于联络断路器没有看到故障电流，所以其不会获得来自任何馈线断路器的区域输入信号。因此，两个联络断路器将绕过其延时设置，瞬间清除故障。当联络断路器断开时，两个主断路器将不再看到故障电流，并保持闭合。

X3处发生故障

这种情况就像X1处发生故障一样，只是主断路器#2最终会在联络断路器清除后清除故障。

b) 联络断路器#1和#2闭合、主断路器#1闭合、并且主断路器#2断开

X1处发生故障

只有主断路器#1闭合，并且两个联络断路器均闭合，因此故障电流只从电源#1馈电。两个联络断路器均不会看到故障电流，并保持闭合。主断路器#1不会获得来自联络断路器或馈线断路器的任何区域输入信号。由于主断路器#1不会看到任何区域抑制信号，因此其将瞬间跳闸以清除故障。

X2处发生故障

对于X2处故障，电流只会主断路器#1馈入。联络断路器#1看到故障电流，但联络断路器#2没有看到故障电流。联络断路器#1将向主断路器发送一个区域输出信号。联络断路器#1不会获得来自任何一个馈线断路器的区域输入信号，因为其没有看到故障电流。因此，联络断路器#1将绕过其延时设置，瞬间清除故障。

X3处发生故障

对于X3处故障，两个联络断路器均会看到故障电流，并向主断路器发出区域输出信号。两个联络断路器都不会收到来自任何一个馈线断路器的区域输入信号，因其没有看到X3处的故障电流。因此，这两个联络断路器将绕过其延时设置，瞬间清除故障。当2个联络断路器断开时，主断路器#1将不再看到故障电流，并将保持闭合。

c) 联络断路器#1和#2闭合、主断路器#1断开、且主断路器#2闭合

这种故障情况与主断路器#1电源为故障馈电的b)情况类似。在这种情况下，主断路器#2电源为故障馈电，其操作与b)相同，只是主断路器#2最终会清除X3故障处的故障。

方案3：3个主断路器、2个联络断路器、带ZSI

在这个方案中，有3个电源馈电，通过3个独立的主断路器和两个联络断路器将负载分成3个独立的母线。为简单起见，每条母线上只有一个馈线断路器，每个馈线断路器的区间输入来自于一些未显示的负载断路器。

在这样的方案中，一个选择是让主断路器与不同连接的CT接线，这样未发生故障的母线就不会看到从其电源馈入的故障电流。

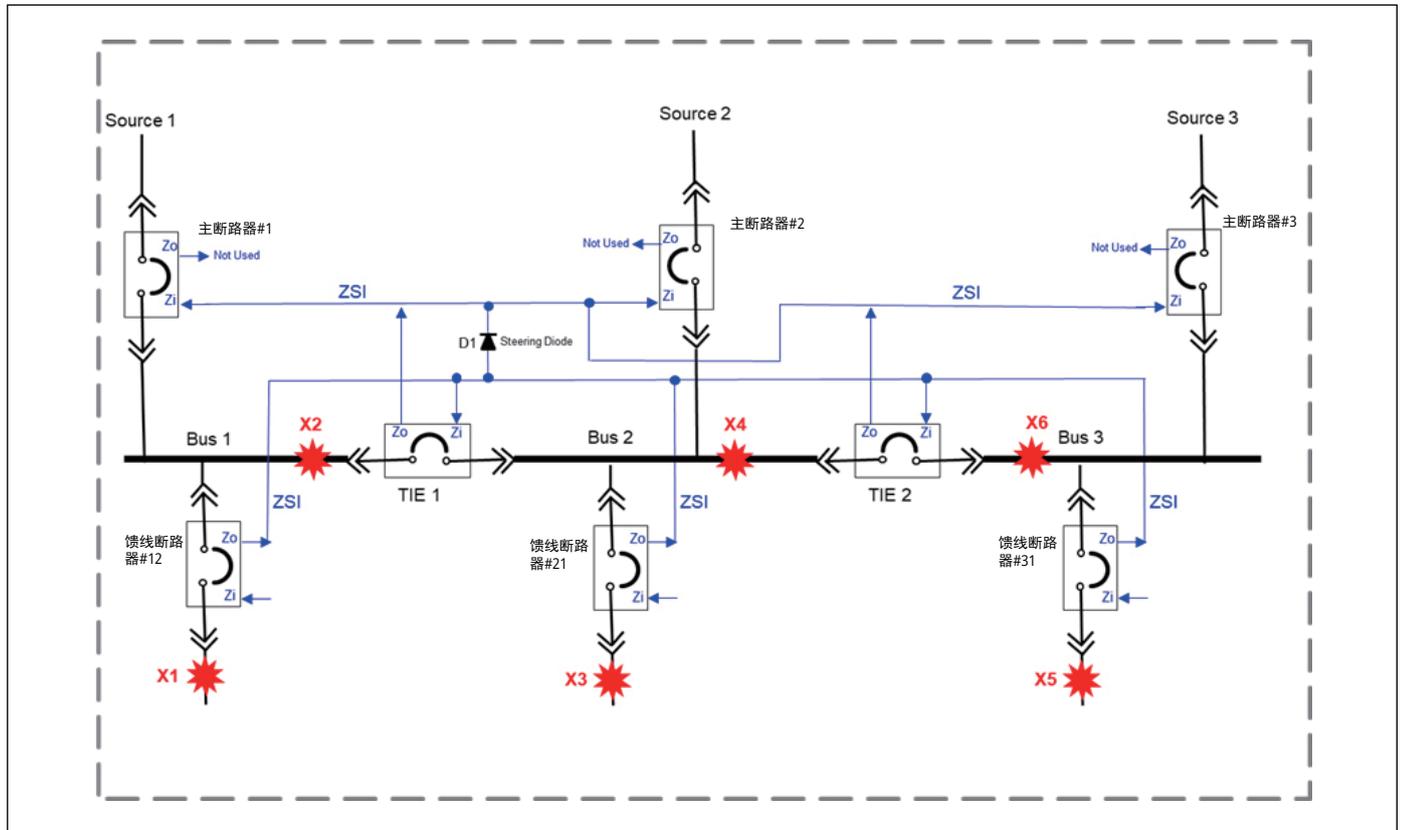


图16. 方案3：带3个主电源断路器和2个联络断路器

## 电气规格

### ⚠ 小心

仅用于区域联锁脱扣输出（区域联锁、半导体输出）：5 VDC，  
<2MA，仅用于连接电子输入。

#### Zone Out 区域输出：

输出电压（高电平）	4.75 至 5/25 Vdc
输出电压（低电平）	0.0 至 +0.5 Vdc

#### Zone In 区域输入：

标称输入电压	+5 Vdc
最大输入电压	+5.5 Vdc
开关阈值开启	最小 4.0 Vdc
开关阈值关闭	最大 1.5 Vdc

电流隔离	2.5 kV AC（至接地和其他 IO）
------	----------------------

## 技术资料

- 《使用区域选择性联锁的闪弧入射能消减》作者：Donna Lee Hodgson和David Shipp, IEEE行业应用学报, 第49卷, NO3, 2010年5月/6月。
- 《闪弧入射能消减技术：区域选择性联锁和节能维护切换》作者：Christopher Walker, IEEE工业应用学报, 第49卷, NO2, 2013年3月/4月。
- NEMA刊物ABP 1-2010：选择性协调。
- IEC技术报告61912-2低压开关设备和控制设备-过流保护装置第2部分：过流条件下的选择性。

## 免责条款及责任限制

本手册所含之信息、建议、描述及安全符号皆基于伊顿集团（以下称“伊顿”）的经验及判断，无法涵盖所有可能性。如果需要更多信息，应咨询伊顿销售办事处。

本手册所涉产品之销售，受伊顿相关销售政策或其他伊顿与购买方之间的合同协议中所述之条款及条件的限制。

**除了双方现有协议中特别约定之外，本手册没有表示或暗示任何谅解、协议及保证，包括适于特定目的或试销性之保证。应将合同约定视为所有伊顿承担的责任。本手册之内容不应构成双方合同的一部分，或旨在修改双方间的任何合同。**

在任何情况下，伊顿公司都不对购买者或用户的以下情况负责：包括侵权（包括过失），严格责任或其它任何特殊的，间接的，附带的或造成的破坏或损失，包括但不限于设备，工厂或电力系统使用中损坏或丢失，资本成本，功率损耗，使用现有电力设施的额外费用，客户由于使用本文所包含信息，建议和描述而造成的对购买方或用户的索赔。

本手册所含信息如有变更，恕不另行通知。

伊顿公司  
亚太总部  
上海市长宁区临虹路280弄3号  
邮编: 200335  
电话: 86-21-52000099  
传真: 86-21-52000200

© 2023 伊顿公司版权所有  
中国印刷  
出版编号: AP02602002SC  
2023年4月

伊顿是伊顿公司的注册商标。  
所有商标为各自所有人所有。