1

直流熔断器与相关回路配置

基本要求：(1) 消除寄生回路；(2) 增强保护功能的冗余度。

1.1 直流熔断器的配置原则

1.1.1 信号回路由专用熔断器供电，不得与其他回路混用

所谓寄生回路，是指二次回路接线不合理造成有的回路在正常情况下不会出现寄生回路，但当某一元件不正常，再加上另一元件的工作状态改变，或仅仅改变回路工作状态时，即可产生寄生回路，严重时可引起设备停电。所以要想消除寄生回路，只依靠简单的整组试验是不够的，还必须制定出项目齐全、符合真实、完整和有代表性的模拟检验，以考核回路的正确性，遵守《反措要点》规定的熔断器的配置原则。

冗余度，在继电保护或远动自动化专业，是指多层次的增加备用，以保证继电保护做到既安全又可靠。现举例说明，如某一变电所的母线上，连接有三回线路和一组主变压器，称为一个节点，现在通过功率传送装置，把功率送到调度端去，此时如果线路 L1 的功率传送装置出现故障，则调度端可通过其他两回线路（L2、L3）和主变压器（T1）的功率计算出 L1 线路的功率值。因为 $P_{L1}+P_{L1}+P_{L3}+P_{T1}=0$，所以装设三套功率传送装置就可以计算出 L1 线路的功率。但实际上每回线路和主变压器都装设功率传送装置，因此，这一节点的冗余度为 $\frac{4}{3}$。

1982 年 6 月 25 日，某 220kV 变电所，由于操作回路与闪光回路电源混用，在寻找直流接地时，使断路器跳闸。

运行人员在断开直流熔断器 FU1 和 FU2 后，在先恢复 FU2 再插入 FU1 的瞬间，手动跳闸继电器 KHT 动作，如图 1-1（a）、（b） 所示。

动作过程：

当先恢复 FU2 时，监视合闸线圈指示灯 HG 的闪光（+）WH 极经图中箭头所示路径，使跳闸位置继电器 KTP 动作。此时，再插入 FU1 时，KTP1 即返回，其返回时间需 44ms，而重合闸启动继电器 2KM 动合触点闭合时间为 7ms。压力监视继电路 4KPL 线圈重新通电后，需经 43ms 其动断触点才打开。结果使手跳继电器 KHT（ZJ3—2A 型）励磁时间达 36ms，KHT 动合触点闭合时间仅为 7ms，故使断路器三相跳闸（KHT 三相跳闸触点图中未画出）。

改进办法：在图 1-1（a）、（b）中，将 SA 的 9、12 接于 107 处的接线断开，其另一端接

需要全本请访问 www.ertongbook.com

入闪光母线 100 处的接线断开，改为如图 1-1（c）所示回路，并将图 1-1（c）接于图 1-1（b）回路，这样接线不改变原来的罗辑功能，但却可以避免断路器三相跳闸。

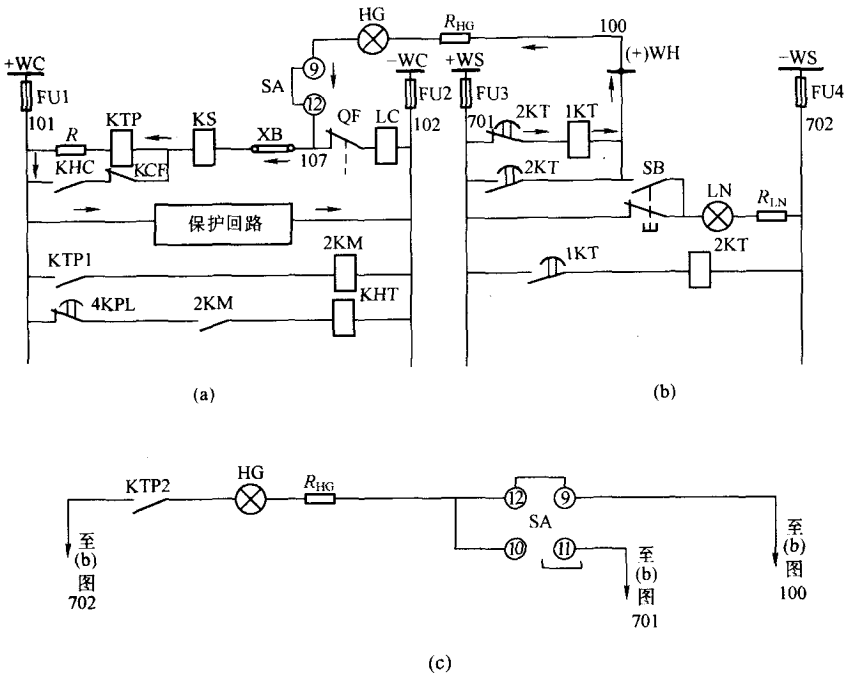


图 1-1　保护、操作和信号回路混用引起的跳闸及改进接线图

（a）操作与保护回路；（b）闪光信号回路；（c）合闸闪光回路改进接线图

另一例子，可参见附录第 14，因两出口继电器线圈的负电取自不同用途的小母线而引起的跳闸。

1.1.2　由一组保护装置控制多组断路器（例如母线差动保护、变压器差动保护、发电机差动保护、线路横联差动保护、断路器失灵保护等）和各种双断路器的变电所接线方式（$1\frac{1}{2}$断路器、双断路器、角接线等）

1.1.2.1　每一断路器的操作回路应分别由专用的直流熔断器供电

1.1.2.2　保护装置的直流回路由另一组直流熔断器供电

任何一个元件（如母线、线路和变压器等），必须有两套独立的保护分别操作两个断路器，这是一个最根本的原则。其中，一套近后备，另一套远后备，近后备的一套是两套独立的保护分别操作两个断路器。首先跳本身的断路器，再跳相邻的断路器。但是，如果熔断器设置不合理，后果会不堪设想。这是指 220kV 及以上保护而言。

对于高压侧为 35（66）kV 和低压侧为 10kV 的主变压器保护，必须有两套过电流保护。高压侧一套跳高压侧或高、低压侧断路器。低压侧一套跳低压侧断路器。如果 10kV 母线发生问题，必须由主变压器的两套保护来动作。按传统方式都在高压侧装设保护，低压侧不装，此时如果 10kV 母线故障，主变压器高压侧过电流保护由于某种原因拒动时，主变压器将被损坏。

一、$1\frac{1}{2}$断路器母线接线方 式的特点

$1\frac{1}{2}$断路器是两个引出回路通过三台串接断路器（称作一串），分别接到两组主母线上的电气主接线。在此种接线中，每台断路器的两侧均装设一组隔离开关，供检修断路器时隔离之用。一些变电所和发电厂还在每条引出回路上设置一组隔离开关，当该回路停止运行时，可以断开此隔离开关，以保持该串能继续运行，如图 1-2 所示。这种接线，在我国用于500kV电网，也广泛使用在美国、加拿大和前苏联等国家 500kV 变电所和发电厂中。西欧各国大多采用多分段母线方式。英国认为 $1\frac{1}{2}$ 断路器母线接线方式对电网无法解列而没有采用，日本除关西电力公司采用了 $1\frac{1}{2}$ 断路器母线接线方式外，其他电力公司都采用四分段母线为主接线方式。

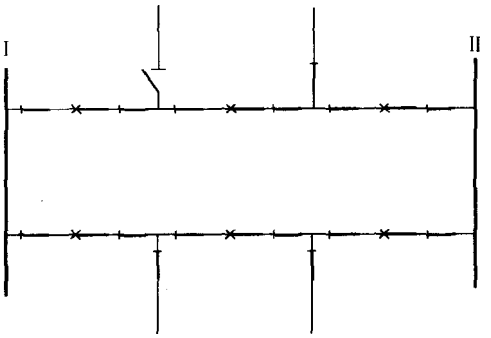


图 1-2 $1\frac{1}{2}$断路器母线接线方式图

（一）对 $1\frac{1}{2}$ 断路器母线接线方式的要求

（1）两台变压器或双回线路应该分别连接到不同的串上，以免发生两台变压器或双回线路同时跳闸。

（2）进线和出线回路数最好相等，以免在同一串中有两个回路向相同方向出发。

（3）发电机及其送出线路最好布置在同一串中。在变电所，电源进线回路最好与降压变压器回路布置在同一串中。

（二）$1\frac{1}{2}$断路器母线接线方式线路保护设计技术性能要求

（1）线路保护以线路为单元装设；重合闸装置、三相重合闸的电压检定和同期检定，分相操作继电器箱，断路器失灵保护等以断路器为单元装设。

（2）线路保护至少应具有两套独立的选相跳闸逻辑装置，且分别受控于线路的两套不同的保护装置，并按故障类型发出单相或三相跳闸命令。

（3）线路各套保护应能分别投停、调试，而不影响线路及其他保护的正常运行。

（4）对具有两组跳闸线圈的断路器，合理分配好各线路保护动作时，分别作用其中一组跳闸线圈。

（5）各套保护的跳闸输出触点应该是独立的空触点。

（6）短引线保护装置设在母线侧断路器保护屏上。正常不投入运行，只有在输电线路停运后、且该串断路器均运行时才投运。

（7）中间断路器失灵保护应配备双套远方跳闸发信装置。

（8）线路保护按接用的线路电压互感器考虑，不考虑交流电压切换到母线电压互感器上。

（9）重合闸能实现单相、三相、综合及停用方式功能。两台断路器可分别按要求使用相

同或不同的重合闸方式。

（三）$1\frac{1}{2}$断路器母线接线方式的断路器失灵保护

通常，分段式母线接线的断路器失灵保护的配置按母线段为单元装设。目前分段式母线保护中仅附加一些中间和时间继电器就能兼顾断路器失灵保护功能。

$1\frac{1}{2}$断路器失灵保护以断路器为单元装设，断路器失灵保护动作时不但要断开本断路器的再次无延时跳闸一次，而且使相邻有关断路器也要带延时跳闸。因此，正常运行要求其可靠性更为严格。

（四）断路器失灵保护的设计原则

（1）应由能瞬时快速复归的分相和三相跳闸继电器触点及能快速返回的分相电流继电器触点相串接来启动，不应使用反应断路器位置的继电器作为故障判别元件。

（2）相电流元件应接于电流互感器铁芯不带气隙的二次绕组上；其定值应按保证本线路终端短路有足够灵敏度整定，并躲过线路最大负荷电流，不致在正常运行时动作。

（3）断路器失灵保护动作后应先瞬时再作用于本相拒动断路器的两个跳闸线圈使之跳闸，再经一短延时跳开该拒动断路器三相及有关断路器。靠近两母线侧的断路器失灵保护应启动各自母线保护出口中间断电器，使该母线上的所有断路器跳闸，并使中间断路器也跳闸。中间断路器失灵保护动作后使靠近两母线的断路器跳闸，并均应能提供启动两套远方跳闸发信装置。延时段跳开的断路器不应重合闸，应将其闭锁。

（4）断路器失灵保护的跳闸出口回路应备有如下输出：

1）分相跳本断路器的两个跳闸线圈。

2）启动两套远方跳闸装置的发信。

3）闭锁本断路器的重合闸。

4）断开有关断路器。

（5）断路器失灵保护接线回路中任一个且仅一个继电器发生异常动作不返回时，不应使多台断路器跳闸，至多只能跳开一台断路器。其接线如图 1-3 所示。它基本上能满足上述原则要求。

（五）短引线保护

短引线保护是$1\frac{1}{2}$断路器母线接线方式所特需的，当输电线路停电进行检修时，线路隔离开关 1QS 被断开后，$1\frac{1}{2}$断路器母线接线方式中的该串断路器仍保留在运行中，此时该串两电流互感器之间的短引线发生短路故障时，原线路的各保护装置因使用线路出口上的电压互感器而不能动作跳闸，故必须附加装设短引线保护。

短引线保护为一简单的三相式电流差动保护，在输电线路正常运行时，该保护直流电源被断开不投入运行。当输电线路停电，线路隔离开关 1QS 被断开后，如图 1-4 所示，该保护的直流电源通过其辅助触点 S 接入，将短引线保护投入运行。该保护的交流电流回路引入 TA1 和 TA2（或 TA3 和 TA4）的电流，在穿越性短路电流流过这两电流互感器时，使 TA1 和 TA2（或 TA3 和 TA4）两二次电流为差的关系。如果 TA1 和 TA2（或 TA3 和 TA4）选择同型号、同变比，即使流过很大穿越性电流，则两电流差值很小，只要该保护定值大于此不平衡

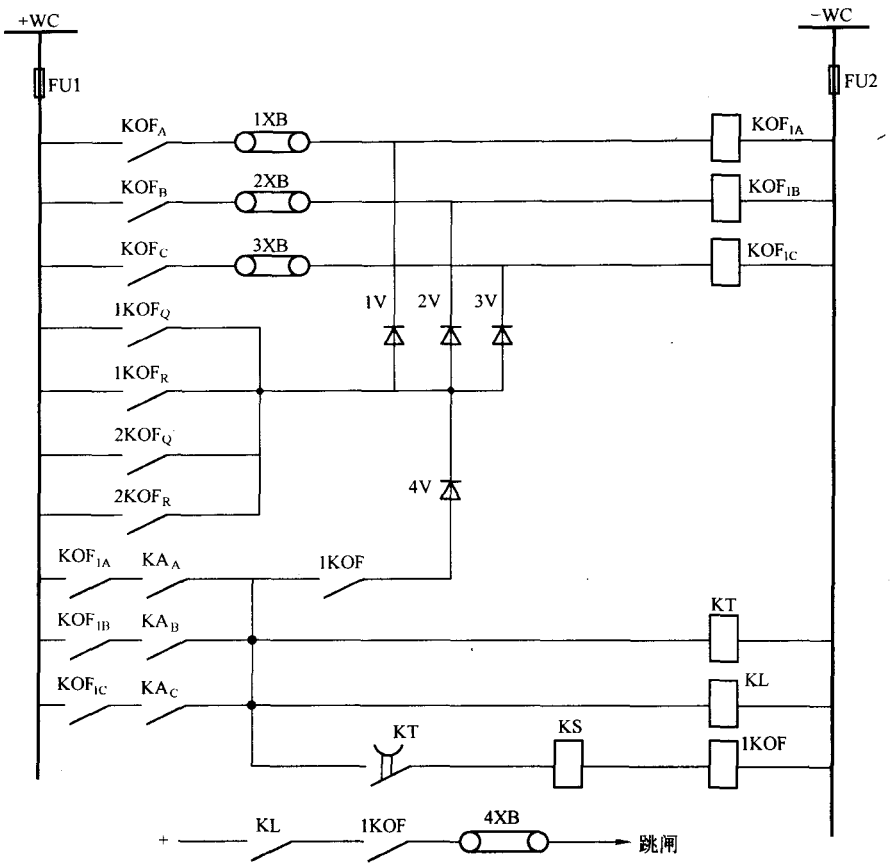


图 1-3　断路器失灵保护原理接线图

电流，保护就不会误动作。当区内 K 点短路时，流过 TA1 电流为 I_1，流过 TA2 电流为 I_2，保护中电流为 $I_1 + I_2$，短引线保护能瞬时动作跳开断路器，如图 1-4（b）所示，详细过程如下所述。

（1）$1KD_A$、$1KD_B$ 和 $1KD_C$ 为分相电流差动继电器触点，其交流线圈分别引入图 1-4（a）线路 A、B 和 C 相，接成差电流。其动作电流除应大于穿越性短路最大不平衡电流外，还应躲过该线路最大负荷电流。它可以串接于非主保护的其他保护的电流互感器二次回路中。

（2）保护的直流电源由线路（或变压器）出口隔离开关 1QS 的辅助动断触点 S 控制。正常运行时，该 S 触点断开，当线路（或变压器）停运而将隔离开关断开时，S 触点闭合接通直流电源，投入短引线保护。

（3）直流电源接入后，闭锁用继电器 KL 动作，接通准备好的跳闸回路。

（4）电流元件 $1KD_A$、$1KD_B$ 和 $1KD_C$ 中有一个及以上动作，经信号继电器 KS 启动出口中间断电器 1KOF。1KOF 触点和 KL 触点串接构成出口跳闸，可同时跳开相关两台断路器。信号继电器 KS 触点送出短引线保护动作信号。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

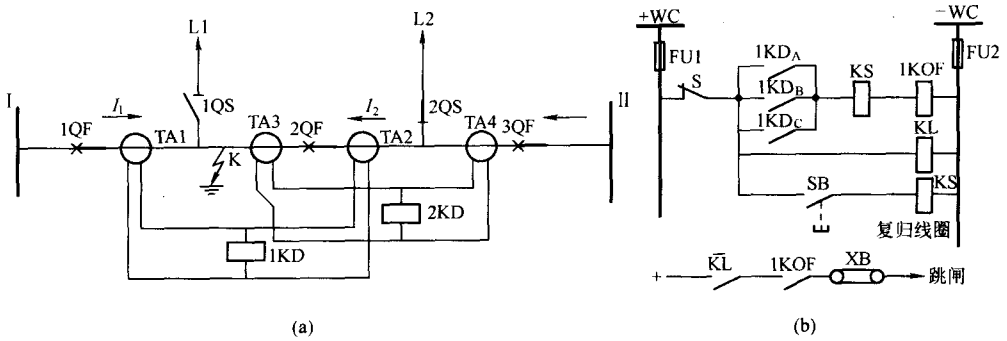


图 1-4　$1\frac{1}{2}$ 断路器母线接线方式短引线保护原理接线图

(a) 短引线电流差动保护原理接线图；(b) 1KD 短引线保护直流回路图

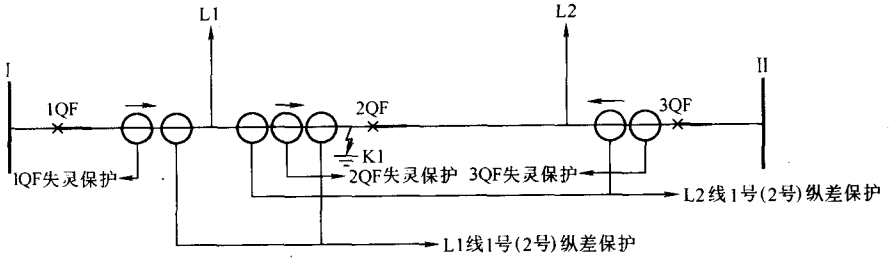
（六）$1\frac{1}{2}$ 断路器母线接线方式的继电保护动作行为与电流互感器配置组数的讨论

在 $1\frac{1}{2}$ 断路器母线接线方式中，电流互感器配置组数不同，线路保护切除故障的时间也不相同。

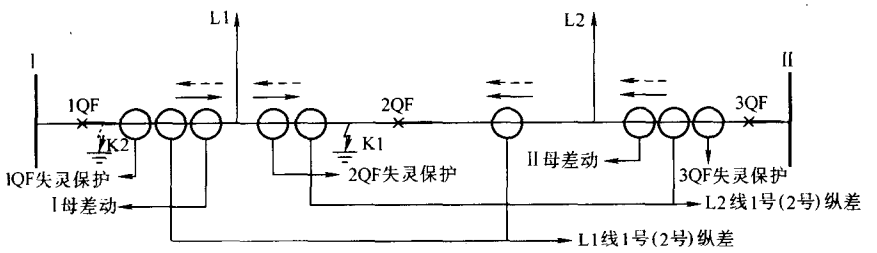
首先讨论图 1-5（a）所示接线，即配置三组电流互感。假设故障发生在断路器与电流互感器之间的 K1 点，这样的故障点在实际运行中有很多，因为断路器和电流互感器都带有瓷套，当由于各种原因使瓷套得不到清扫而污秽时，则对地引起闪络而发生故障。据统计，这类故障在 500kV 系统中屡见不鲜。从图 1-5（a）的故障电流方向可知，K1 点对 L2 线路保护来说属区内故障，它的线路纵差快速保护动作，跳开 2QF 和 3QF 断路器，但 K1 点对 L1 线路保护来说属区外故障，它的线路纵差快速保护不能动作，必须由 L2 线路保护启动 2QF 断路器失灵保护，带延时跳开 1QF 断路器，但此时故障仍未消除，还需启动 L1 远方跳闸装置，将 L1 线路对侧断路器跳开，故障才被切除。如果 K1 点发生较为严重的短路故障却不能由瞬时保护切除时，必然对电网带来不良后果。因此，图 1-5（a）配置三相电流互感器的方式并不理想。

再来讨论图 1-5（b）配置四组电流互感器的方式，故障点 K1，仍假设在图 1-5（a）所示位置，从故障电流方向可知，K1 点对 L1 和 L2 线路的保护来说都属区内故障，它们的线路纵差快速保护将分别瞬时动作，跳开 1QF、2QF 和 2QF、3QF 断路器。如果故障发生在 K2 点时，Ⅰ母线的母线差动保护虽可瞬时动作跳开 1QF 断路器，但是故障仍未消除，因为故障点在线路保护的背后，不能瞬时动作切除，需由Ⅰ母线差动保护启动断路器失灵保护及 L1 线路的远方跳闸装置，延时跳开 2QF 和 L1 线路对侧断路器，此时故障才被切除。同样，如果 K2 点发生较为严重的短路故障，仍不能由瞬时保护切除。

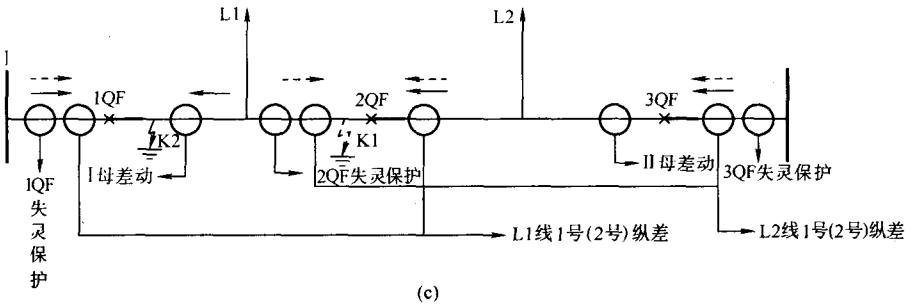
对于 $1\frac{1}{2}$ 断路器母线接线方式，如图 1-6（b）所示，若 L1 线路末端发生短路时，断路器 2QF 失灵，L2 线路的纵差快速保护虽可改变信息（停信或发允许信号），但在短路电流的助增作用下，如 L2 对侧的纵差快速保护灵敏度不够，仍然不能使 L2 对侧的断路器跳闸。因此，应在线路 L1～L3 上都装设远方跳闸装置，在上述情况下由失灵保护启动 L2 的远方跳闸



(a)



(b)



(c)

图 1-5　$1\frac{1}{2}$ 断路器母线接线方式继电保护动作行为与电流互感器配置组数图

(a) 配置三组 TA，在 TA 与 QF 之间故障时保护动作情况图；

(b) 配置四组 TA，在 TA 与 QF 之间故障时保护动作情况图；

(c) 配置六组 TA，在 TA 与 QF 之间故障时保护动作情况图

注：图 (a)、(b)、(c) 中，Ⅰ、Ⅱ 母线均为双套母线保护，在图中未全部示出。

装置，跳开 L2 线路对侧的断路器。因此，图 1-5(b)配置四组电流互感器的方式仍不够理想。

最后来讨论图 1-5 (c) 的配置六组电流互感器的方式，它的特点是在任一断路器与电流互感器套管之间发生故障，纵差保护装置将瞬时跳闸切除故障。这是最佳的电流互感器配置，而且是最经济的（该电流互感器装于断路器的两侧套管中）。

（七）$1\frac{1}{2}$ 断路器母线接线方式的优点

(1) 在任一断路器检修时不影响所连接元件的连续供电，也不需要进行一系列的倒闸操

作，可以减少一次回路发生误操作的机会。

（2）当进行母线的检修或清扫时，不需要进行复杂的操作。

（3）当一组母线发生短路时，母线保护动作后只跳开与该组母线相连的所有断路器，不会使任何连接元件停电。

（4）当一组母线或任一个连接元件发生短路并伴随断路器失灵时，失灵保护动作后需要跳开断路器的数量少，不会引起全厂或全所停电。

1）在图 1-6（a）所示，当线路 L1 发生短路，保护应跳开 1QF 和 2QF，但若断路器 1QF 失灵，失灵保护动作后，跳开Ⅰ组母线上的所有断路器，因此，除线路 L1 停电外，其他连接元件都不停电。

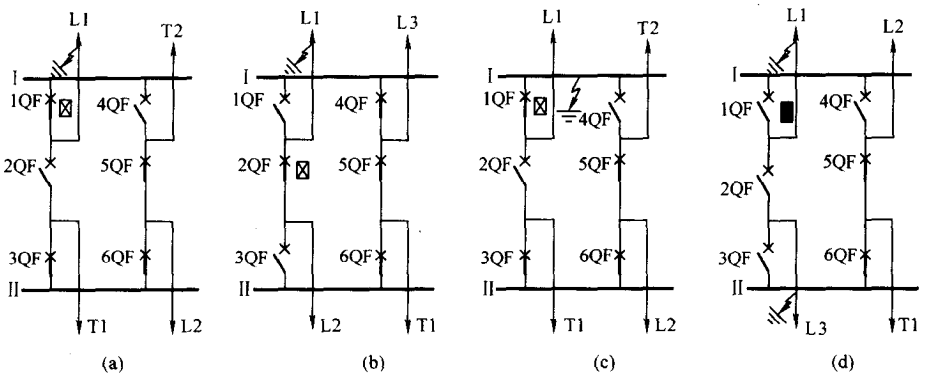


图 1-6　设备故障断路器失灵相应断路器的动作分析图

（a）L1 线故障 1QF 失灵；（b）L1 线故障 2QF 失灵；

（c）Ⅰ组母线故障 1QF 失灵；（d）1QF 检修 L3 线故障

2）在图 1-6（b）所示，当仍为 L1 线路发生短路并伴随 2QF 失灵，失灵保护动作后跳开 3QF，因此，除同一串的线路 L1 和线路 L2 以外，其他连接元件都不停电。

3）在图 1-6（c）所示，当Ⅰ组母线发生短路并伴随 1QF 失灵，失灵保护动作后跳开 2QF、4QF，因此除与Ⅰ组母线相连的断路器失灵的连接元件外，其他连接元件都不停电。

（5）在 $1\frac{1}{2}$ 断路器母线接线方式中，各隔离开关只作为检修断路器时隔离用，不需要像双母线接线方式那样进行倒闸操作，因此减少了隔离开关误操作的机会。

（6）由于不需要装设旁路母线，变电所一次回路的布置清晰，配电装置占地面积小，消耗材料少。

（7）由于不采用由旁路断路器代替线路断路器的工作方式，因而不需要对线路保护进行切换或重新整定，简化了继电保护的接线和运行。

（八）$1\frac{1}{2}$ 断路器母线接线方式存在的问题

（1）如果进出线数目为 n，在双母线情况下需用的断路器数为 $n+2$，而 $1\frac{1}{2}$ 断路器母线接线方式情况下需用的断路器数为 $1.5n$，使变电所的成本增大。

（2）当任一连接元件发生短路时，需要同时跳开两台断路器，使断路器失灵的几率增大

一倍。对于一串中的中间断路器，由于跳闸的次数最多，需要检修的工作量也最大。

(3) 当一串中的一台断路器检修时，如图 1-6（d）的 1QF，若 L3 线路发生短路，将使该串中的两回线路 L1 和 L3 同时停电。

(4) 当一台断路器检修时，如图 1-6（d）的 1QF,断路器 3QF 和相应的电流互感器，必须流过线路 L1 和 L3 的负荷电流之和。因此，一串中的断路器和电流互感器的额定电流应按连接元件额定电流的 2倍选择。

(5) 线路或变压器的保护需接在两组电流互感器二次的和电流中，因此，一方面需要增加电流互感器的数量，同时由于电流互感器的比值误差和励磁回路的汲出作用，给继电保护的运行带来一些困难。

(6) 在双母线情况下，当线路断路器检修时，可用旁路断路器和它的保护来代替线路断路器和线路保护。所以线路继电保护可在线路断路器检修的同时进行检修或校验，而 $1\frac{1}{2}$ 断路器母线接线方式则不能将断路器检修与线路继电保护同时检修和校验。因此，对于线路保护必须采取双重化措施。

(7) 如图 1-7 所示，线路 L1 靠近 A侧发生短路并伴随断路器 5QF 失灵时，失灵保护启动跳开断路器 6QF 一般情况，由于线路 L2 B 侧的保护在相邻线路 L1 末端短路时的灵敏度往往不够。因此，在 L2 上应装设远方跳闸装置，即利用 5QF 的失灵保护启动远方跳闸装置，将 B 侧的断路器 8QF 跳闸。此时，除了需要在每回线路上装设主保护双重化所需要的 2 个传输信息的通道外，还需要增加远方跳闸装置所需的一个传输通道，给信息传输通道带来一定的困难。

(8) 这种接线方式，使得继电保护和重合闸装置与两台断路器都有联系，因此，二次回路之间的交叉多，调试和运行都比较复杂，一旦考虑不周，将会引起跳闸，影响一次设备对电网的安全供电。

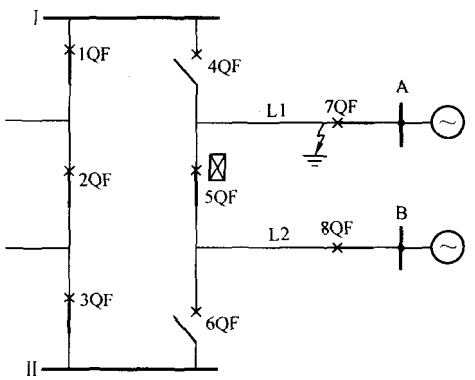


图 1-7 断路器失灵用远方跳闸装置示意图

综上所述，虽然 $1\frac{1}{2}$ 断路器母线接线方式存在着这些不足，但其优点仍是主要的，因此，国内外的 500kV 变电所中大都采用 $1\frac{1}{2}$ 断路器母线接线方式。

（九）$1\frac{1}{2}$ 断路器母线接线方式两组电流互感器带来的影响

在 $1\frac{1}{2}$ 断路器母线接线方式中，线路和变压器的继电保护都是接在两组电流互感器的二次和电流中，这种接线方式会给继电保护的运行带来一些影响。

(1) 电流互感器比值误差的影响。如果一次短路电流很大，并且包含较大的非周期分量时，电流互感器的铁芯将会很快趋于饱和，由于铁芯传变条件的恶化，使电流互感器的比值误差大大增加。

如图 1-8 所示，在 Ⅱ母线短路时，电流互感器 1TA 和 2TA 的一次和二次电流的分布。电流 $\dot{I}_{P1}$、$\dot{I}_{P2}$和 $\dot{I}_{P}$相应地表示流过 1TA、2TA 和线路 L1 中的电流，电流的正方向以箭头表示。设流过的穿越性短路电流为 I_{SC}，显然

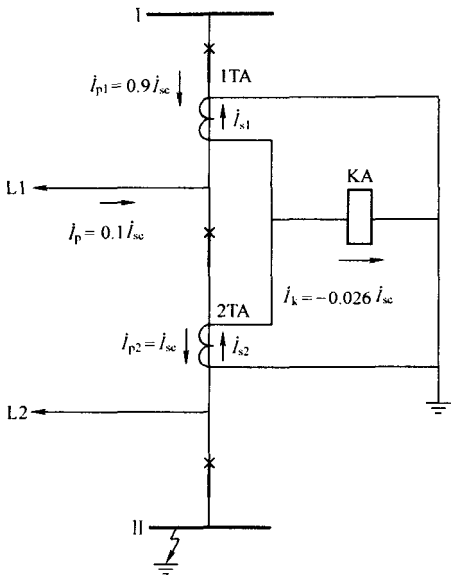


图 1-8 Ⅱ母线短路时，电流互感器 1TA 和 2TA 的一次和二次电流分布图

$$\dot{I}_{P1}+\dot{I}_{P}=\dot{I}_{P2}=\dot{I}_{SC} \tag{1-1}$$

流入继电器 KA 的电流 I_K 为

$$\begin{aligned}\dot{I}_{K}&=\dot{I}_{S2}-\dot{I}_{S1}=(\dot{I}_{P2}-\dot{I}_{P2e})-(\dot{I}_{P1}-\dot{I}_{P1e})\\&=(I_{P2}-I_{P1})-(\dot{I}_{P2e}-\dot{I}_{P1e})\\&=I_{P}-(\dot{I}_{P2e}-\dot{I}_{P1e})\end{aligned} \tag{1-2}$$

式中 $\dot{I}_{S1}$、$\dot{I}_{S2}$——电流互感器 1TA 和 2TA 和二次电流，假设变流比为 1；

$\dot{I}_{P1e}$、$\dot{I}_{P2e}$——1TA 和 2TA 的励磁电流。

假设 $\dot{I}_{P2}$为全部短路电流 $\dot{I}_{SC}$ 即 $\dot{I}_{P2}=\dot{I}_{SC}$，$\dot{I}_{P1}=0.9\dot{I}_{SC}$，$\dot{I}_{P}=0.1\dot{I}_{SC}$ 同时考虑一个最不利的条件，由于 2TA 铁芯中的剩磁较大，在大的短路电流作用下，2TA 铁芯的饱和远较 1TA 严重。假设 1TA 的比值误差为 6%，而 2TA 的比值误差达到 18%。此时 1TA 和 2TA 的励磁电流相应为

$$\dot{I}_{P1e}=0.06\times0.9\dot{I}_{SC}=0.054\dot{I}_{SC}$$

$$\dot{I}_{P2e}=0.18\dot{I}_{SC}$$

将上述关系代入式（1-2），则可得

$$\dot{I}_{K}=0.1\dot{I}_{SC}-(0.18\dot{I}_{SC}-0.054\dot{I}_{SC})=-0.026\dot{I}_{SC}$$

由图 1-8 所示，线路 L1 的电流 $\dot{I}_{P}$方向为自线路流向母线，而继电器 KA 中的电流 $\dot{I}_{K}=-0.026\dot{I}_{SC}$，表示自母线流向线路。这是因为电流互感器比值误差的增大，造成了继电器中电流方向的改变。即本属于 L1 线的外部短路，此时反应到 L1 线的保护装置为内部短路故障，引起 L1 线保护的误动作。

以上分析是基于线路 L1 的对侧为一小电源系统，并且 2TA 的铁芯严重饱和。但在实际的电力系统中，电流 I_P 将占短路电流 I_K 的一定比例。由于 $\dot{I}_{P}$ 值并不很小，两组电流互感器的比值误差相差不多，不致引起反向的误差电流的产生。

为防止上述误动作的产生，可采取的措施是使电流互感器铁芯中带有小气隙，以降低剩磁，防止铁芯饱和，或减小电流互感器二次回路阻抗值，以满足电流互感器的比值误差均不大于 10%。

（2）电流互感器汲出电流的影响。为了降低铁芯中的剩磁以改善电流互感器的暂态特性，在 500kV 系统中采用铁芯中带有小气隙的（如 TP 类）电流互感器。气隙的长度约为铁芯磁路长度的 0.01%，此时铁芯中的剩磁可降低到小于饱和磁通密度的 10%。但在铁芯中引入气隙后，会使励磁阻抗值下降很多。励磁阻抗回路的汲出电流，对继电保护尤其是断路器失灵保护的电流判别元件带来一定的影响。

图 1-9 所示，由断路器失灵保护回路中的电流分布可知；图中 1KA 和 2KA 相应为断路

器 1QF 和 2QF 的失灵保护电流判别元件。当线路 L1 发生短路，1KA 和 2KA 都动作。如 2QF 失灵，1TA 的励磁阻抗值较小， 2TA 的二次电流可通过 2KA、1KA 和 1TA 的励磁阻抗构成通路。由于 1KA 不能返回，1QF 的失灵保护将动作，跳开连接在Ⅰ组母线上的所有断路器。

通过对 500kV 电流互感器的测试，如气隙的相对长度为 0.01%，励磁电感约为 39H，50Hz 时的励磁阻抗约为 12kΩ。如互感器二次额定电流为 1A，负载为 20VA 时的二次阻抗为 20Ω 由此可见，当铁芯未饱和时励磁回路的汲出电流不大。但当铁芯趋于饱和时，则励磁回路的汲出电流将大大增加，考虑到上述的汲出作用，以及带气隙铁芯的电流互感器二次电流衰减较慢，电流判别元件应接在铁芯无气隙的二次绕组中。

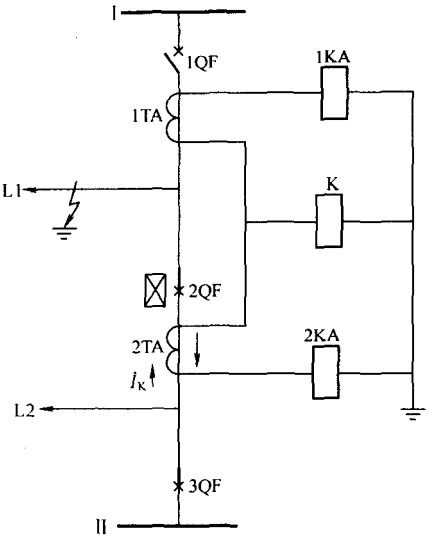


图 1-9　断路器失灵保护电流分布图

二、双断路器母线接线方式

这种接线方式是将每一回线路或主变压器回路采用两台断路器分别接入两组母线的电气主接线，如图 1-10 所示。它的优点是供电可靠性高，一组母线检修或故障时，可通过与它并联的另一台断路器继续供电。其缺点是断路器数量较多，投资较大，占地面积多。有的国家 330kV 及以上的变电所在回路不多、可靠性要求很高的情况下，有时采用这种接线。

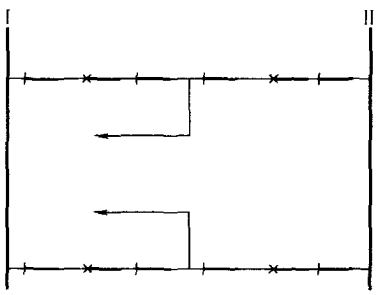


图 1-10　双断路器母线接线方式图

此外，也有的国家考虑到主变压器故障率相对较低，采用了将主变压器回路直接接入母线而每条线路回路仍然采用双断路器分别接入双母线的接线。它是双断路器接线的派生接线，称为变压器—母线组接线。1965 年前苏联将这种接线作为 330kV 及以上的变电所的典型接线之一。

三、四角形接线方式

如果进出线的回路数不多，并且最终规模比较明确时，可采用四角（或多角）接线。这种接线方式，在我国东北 220kV 电网曾被采用过。其主要特点是没有母线，不需要进行隔离开关的倒换操作。为了提高运行可靠性，线路和变压器按对角的原则接入，如图 1-11 所示。当检修任一断路器、线路或主变压器时，不会引起停电。

由于此接线中的每一回路需要由两台断路器控制，所以二次回路也比较复杂。继电保护电流互感器亦需要由两组电流互感器取得电流，因此，同样存在 $1\frac{1}{2}$ 断路器母线接线方式中两组电流互

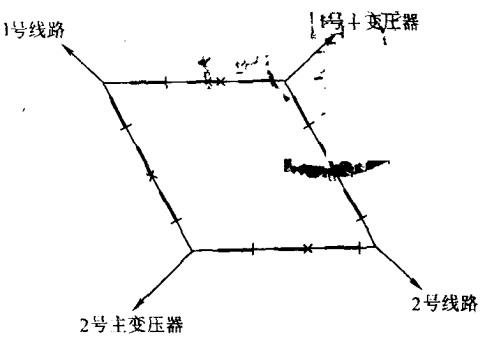


图 1-11　四角型接线方式图

需要全本请访问 www.ertongbook.com

感器特性不一致所产生的问题。

这种接线方式规定了每一断路器的操作回路和保护装置的直流回路，应分别由专用的熔断器供电。当双断路器各有两组跳闸线圈时，可以用图 1-12 实施。

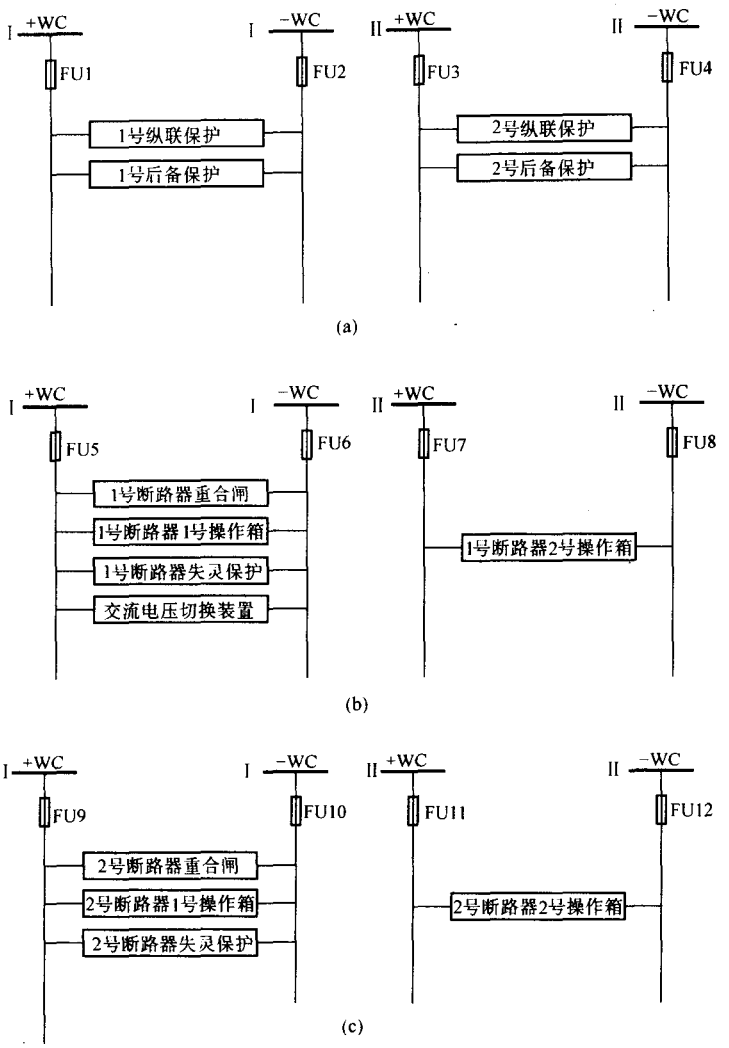


图 1-12　双断路器双跳闸线圈熔断器配置图

(a) 保护装置；(b) 1号断路器；(c) 2号断路器

1.1.3 有两组跳闸线圈的断路器

有两组跳闸线圈的断路器，其每一跳闸回路应分别由专用的直流熔断器供电。

如果两组跳闸线圈都由同一熔断器供电，一旦该熔断器发生故障，使熔丝熔断，就失去了断路器具有两组跳闸线圈的意义。出现这种情况，即使有多套保护装置的存在，也将会失去作用。

因此，现以线路保护为例，可按图 1-12 接线方式实施。

1.1.4 有两套纵联保护的线路，每一套纵联保护的直流回路应分别由专用的直流熔断器供电；后备保护的直流回路，可由另一组专用直流熔断器供电，也可适当地分配到前两组直流供电回路中。

如果断路器为双断路器双跳闸线圈时，可按图 1-12 实施；若为单断路器双跳闸线圈时，保护装置可按图 1-12（a）实施；其他装置及操作箱可按图 1-13 实施。

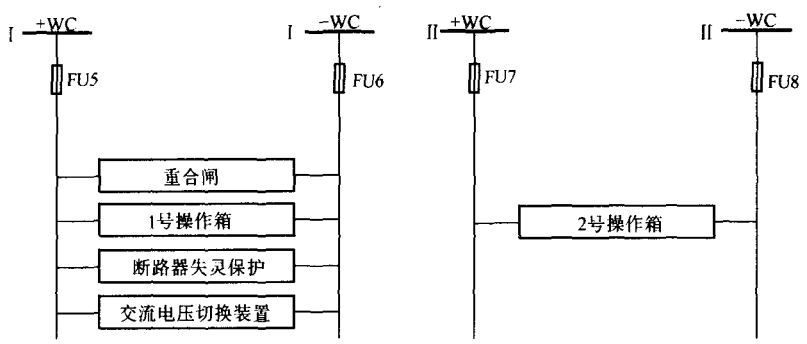


图 1-13 单断路器双跳闸线圈熔断器配置图

1.1.5 采用“近后备”原则只有一套纵联保护和一套后备保护的线路，纵联保护与后备保护的直流回路应分别由专用的直流熔断器供电。

可按图 1-13 方式实施。若为单跳闸线圈时，则无 2 号操作箱，保护装置可按图 1-12（a）实施。

保护装置在规定其动作时能够可靠动作，给出跳闸命令，这叫做保护装置的动作可依赖性；保护装置在不需要其动作的所有情况下能够可靠地不动作，即不发生误动作，这叫做保护装置的动作安全性。可依赖性与安全性，是继电保护可靠性的两个方面。

在防止断路器失灵方面，可采用保护装置的“远后备”或“近后备”保护方式。

继电保护系统的配置应当满足以下两点最基本的要求：

（1）任何电力设备和线路，不得在任何时候处于无继电保护的状态下运行。

（2）任何电力设备和线路在运行中，在任何时候必须由两套完全独立的继电保护装置分别控制两台完全独立的断路器实现保护。

前一点要求极为简单明了，后一点则是前一点的具体实现。特别需要强调的是“完全独立”的含义。需要有两套保护装置分别控制两台断路器是为了可靠实现备用。目的是为了当任一套保护装置或任一台断路器拒绝动作时，能够由另一套保护装置或另一台断路器动作完全可靠地断开故障。

对于 110kV 及以下电压的电网，基本上实现的是“远后备”，即当最邻近故障元件的断路器上配置的继电保护拒绝动作或断路器本身拒绝动作时，可以由电源侧上一级断路器处的继电保护装置动作断开故障。这样就充分实现了“完全独立”，从而获得了完整意义上的后备保护。

如图 1-14 所示，在线路 L1 上发生短路，并伴随断路器 1QF 失灵，或者装设在 1QF 处的

继电保护装置拒动时，短路故障可由线路 L2、L3 对侧的后备保护段跳开断路器 9QF、10QF 以及变压器 T1 的后备保护跳开断路器 4QF，它可以起到断路器失灵保护的作用。“远后备”保护具有接线简单，运行和维护方便等优点。其缺点是将会切除较多的供电设备，扩大停电范围，对系统安全运行影响较大。再有，由于线路距离较长，负荷电流大，中间变电所对故障电流的分流作用等，往往不可能由相邻元件的保护实现完全“远后备”的保护作用。如图 1-14 所示的变电所 D 有较大的短路容量，在 L3 的助增电流作用下，L2 中的电流较小，变电所 C 侧 L2 的保护灵敏度可能不够，使该侧的保护不能动作。

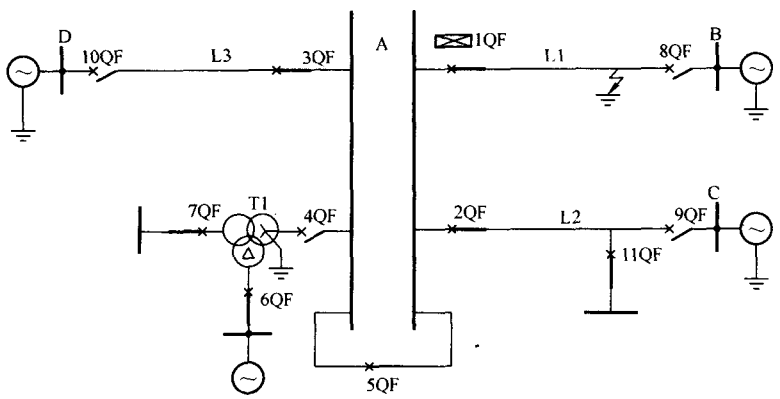


图 1-14 继电保护动作一次系统图

对于 220kV 及以上电压的复杂电网，因为电源侧上一级断路器上配置的继电保护装置往往不能对相邻故障设备实现完全的保护，因而，只能实现“近后备”原则，即每一个电力设备或线路都配置了两套独立的继电保护，各自完全实现对本电力设备或线路的保护，即使其中一套保护装置因故拒绝动作，也必能由另一套保护装置发出跳闸命令去断开故障；如果断路器拒绝动作，则在确证此种情况出现后，断开同一母线上其他带电源的所有电力设备和线路断路器，以最终断开故障。这就叫断路器失灵保护。保护双重化和断路器失灵保护是实现“近后备”的必要配置。

下面，举出一个实际例子，来说明熔断器配置的必要性。

1995 年 4 月 5 日，某 220kV 线路，其中一套 PXW-32Q 型（微机高频闭锁）屏切换到旁路带该线路断路器运行。下午 2 点 30 分操作完毕时，运行人员先断该线路直流（该线路保护及断路器只有一对熔断器） FU2 负极熔断器时，引起旁路断路器跳闸，使线路停电。

经过调查分析，引起跳闸的直接原因，是切换连接片 1XB4 的 1 号、2 号接线错误，如图 1-15（a）所示。从图 1-15（a）可知，当 1XB4 切换到虚线位置时，KCO 出口触点失去作用；一旦线路发生故障，该纵联保护也无法跳闸。其正确的接线应该如图 1-15（b）所示。误动原因，可从图 1-15（c）中箭头所示回路，启动旁路出口 KCO 跳闸看出。

通过现场调查，并实测有关阻值，经计算，旁路出口分得的寄生回路压降为

$$U_{KCO}=\frac{214}{1+2.7+7}\times 7=140\ (\mathrm{V})$$

当时直流电源电压为 214V，经实测 U_{KCO} = 144V。继电器启动电压为 125V，占额定电压的 57%。

通过分析这起误跳闸事故，可以得出如下结论：

（1）对 PXW-32Q 型屏没有全面校线，留下了连接片 1XB4 连线错误的隐患，也反映出制造厂检验不严格。

（2）如果用 PXW-32Q 型屏对旁路断路器作一次跳闸试验，连接片 1XB4 的连线错误就能被发现。

（3）该线路两套纵联保护及断路器共用一对熔断器，不符合要求，应设置三对熔断器。这样，当断开操作屏的负极熔断器，虽也存在寄生回路，但分得的压降要小，可能避免一次误动作事故。

（4）过去认为“合熔断器应先合负极，后合正极，断熔断器应先断正极后断负极”，这是不全面的。因为如果按照上述规定操作，就会遇到图 1-15（c）的寄生回路，仍然要发生误动作。所以，根本办法是进行合理设计，消除寄生回路，遵守《反措要点》规定的熔断器的配置原则。

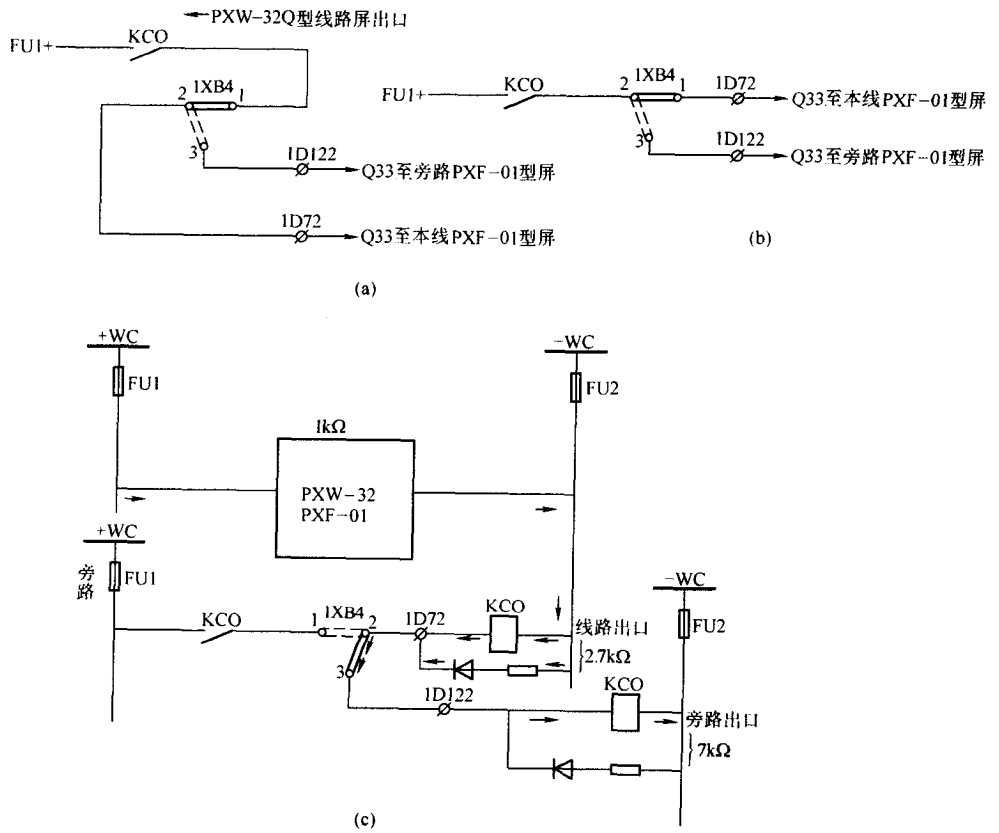


图 1-15 连接片 1XB4 接线错误造成的寄生回路图

(a) 错误接线；(b) 正确接线；(c) 拔掉 FU2 时引起寄生回路

1.2 接到同一熔断器的几组继电保护直流回路的接线原则：

1.2.1 每一套独立的保护装置，均应有专用于直接到直流熔断器正负极电源的专用端子对，这一套保护的全部直流回路包括跳闸出口继电的线圈回路，都必须且只能从这一对专用端子取得直流的正、负电源。

1.2.2 不允许一套独立保护的任一回路（包括跳闸继电器）接到由另一套独立保护的专用端子对引入的直流正、负电源。

1.2.3 如果一套独立保护的继电器及回路分装在不同的保护屏上，同样也必须只能由同一专用端子对取得直流正、负电源。

下面通过一个实例，来说明未按专用端子对接线产生的寄生回路。

1982年6月18日，某变电所的一条220kV线路，安装了JSF-11A型高频闭锁距离（零序）保护。图中1-16中14KS是JGX-11A型相差保护的发信信号继电器，运行中发现14KS线圈断线进行更换。在拆开该保护发信信号继电器14KS的负电源线（图中“X”处）时，引起高频闭锁式保护出口继电器KCO动作跳闸。误动原因是因为零序电流方向二段时间继电器$1KT_0$的负电源端子，与高频闭锁保护出口KCO负电源端子没有分开，即没有按各自的专用端子对接线产生的寄生回路。经过现场实测，KM_0线圈两端分得150V。而$1KT_0$和JSF-11A型装置各分得34V和33V，如图1-16所示。

如果将它们的正、负电源，采用各自的专用端子对A、B和C、D，此时再拆开X线时（断开D端子线），就不会产生寄生回路，如图1-17所示。

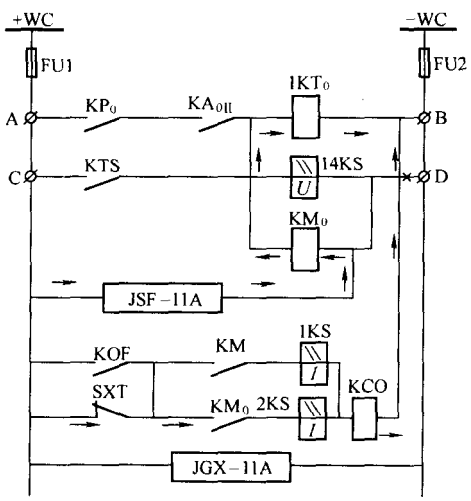


图1-16 未按专用端子对接线产生寄生回路说明图

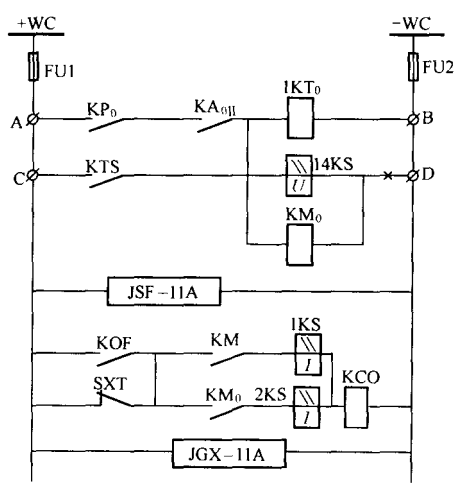


图1-17 按专用端子对接线不产生寄生回路改进图

1.3 由不同熔断器供电或不同专用端子对供电的两套保护装置的直流逻辑回路间不允许有任何电的联系，如有需要，必须经空触点输出。

下面，通过一个实例，来说明上述规定。

在进行高频相差保护停用检验前，断开图1-18中的负电×线时，产生寄生回路，如图中箭头所示。引起KM_0动作，致使高频闭锁距离（零序）保护误动作跳闸（参看图1-16）。

图中保护之间未按专用端子对连接，这是误动的原因之一。误动的另一原因，是保护装置直流逻辑回路间存在电的联系，如共用 KP_0 和 $KA_{0Ⅲ}$ 触点。如果消除上述两个原因，按图 1-19 连接时，则可避免上述误动作。

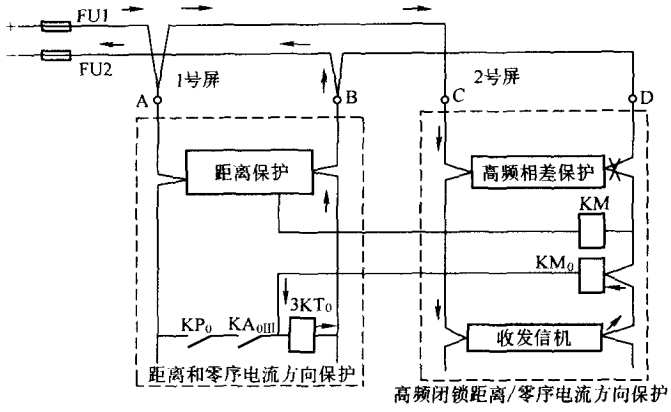


图 1-18　保护之间未经空触点输出，也未按专用端子对连接产生的寄生回路图

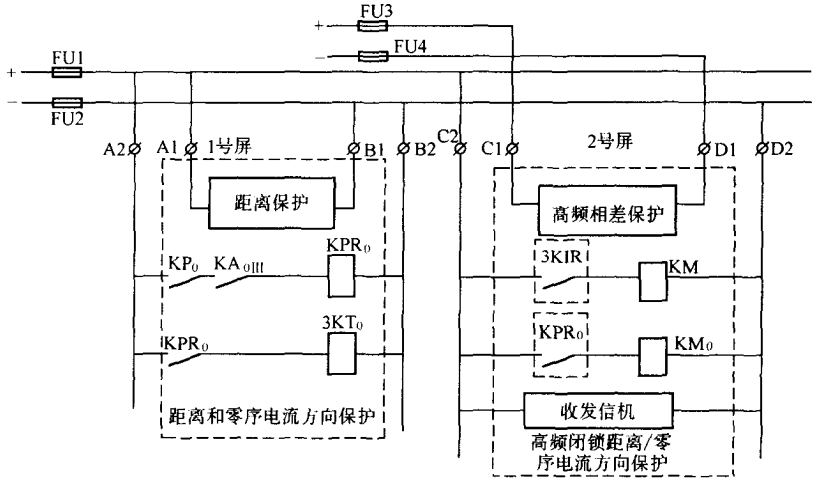


图 1-19　图 1-18 的改进接线图

1.4　找直流接地点，应断开直流熔断器或断开由专用端子对到直流熔断器的连接，并在操作前，先停用由该直流熔断器或由该专用端子对控制的所有保护装置，在直流回路恢复良好后再恢复保护装置的运行。

当直流回路发生接地时，凡与直流回路有关的一切工作，必须立即停止，并离开现场。

查找直流回路接地点，必须由熟悉继电保护二次回路的人员担任。在现场运行人员的配合下，将回路按一次设备划分，逐一进行查找。在查出某一回路有接地后，用旁路断路器带出该回路，然后要以先信号和照明后操作部分、先室外后室内部分为原则。在切断各保护装置的直流电源时，切断时间应尽量缩短，一般不得超过 3s。

需要全本请访问 www.ertongbook.com