

备自投在我厂低压系统应用与分析

中海油东方石化有限责任公司 李勇

摘要：通过对比接线原理图，简要说明备自投作用与功能，并分析我厂低压系统所使用的三种备自投工作方式、原理及优缺点。结合工作实际与运行动作情况进行理论分析，总结备自投功能关键参数的设置以及注意事项。根据备自投现阶段运行情况，提出部分接线改造。备自投对提高供电可靠性、保障连续运行有着重要作用。

关键词：备自投；工作原理；分闸条件；合闸条件

Abstract: By comparing the wiring principle diagram and brief description for the role and function, and analyze our low voltage system used by the three kinds of automatic bus transfer work way, principle and advantages and disadvantages. Combined with the actual work and operation situation, summarize the key parameters for automatic bus transfer function setting and the matters needing attention. According to the case of the present running situation, put forward some wiring design. Automatic-bus-transfer plays an important role for improving power supply reliability, guarantee continuous.

Keyword: Spare power automatic switching; working principle;

break-brake conditions; closing conditions

1 引言

石油化工行业具有易燃易爆、连续生产等特点以及生产工艺流程特殊性，对供电可靠性及安全性要求极高，供电的中断或异常往往造成设备停运或空转、工艺流程中断，有时甚至造成生产设备的报废等严重后果。工业企业解决供电可靠性的主要办法是一次系统采用双路或多路供电，再辅以二次系统采用备自投装置[1]。对此我厂考虑到石化行业特殊性，110kV 及 10kV 系统配置采用金智快切装置，低压系统采用普通备自投功能，从而使系统上满足电网晃电或失电时快速切换备用电源，保证生产连续性及安全性。由于我厂低压柜采用不同厂家产品，其所使用的备自投功能配置原理有所区别，在实际运行中动作情况亦有所不同，现通过分析不同厂家的备自投设计原理来说明运行中各自优缺点，同时总结相关注意事项，并对运行中动作情况进行分析和总结意见。

2 低压系统运行方式

我厂变电所低压系统设计采用双电源方式供电，两台变压器互为备用，正常情况下两台所用变分别带 400V 的 I、II 段母线运行，即 QF1 及 QF2 分别在合位，QF3 在分位（如下图一）。备用电源自动投入装置（简称备自投）能够在工作电源因故障跳闸后，自动迅速地投入备用电源。备自投一次接线方式较多，但其常用方式有以下两种：

2.1 进线备自投方式

1) 正常运行时

进线 2 备用进线 1：QF1、QF3 处于合位，QF2 在分位，两段母线均有电压，备自投处于自投位置。

进线 1 备用进线 2：QF2、QF3 处于合位，QF1 在分位，两段母线均有电压，备自投处于自投位置。

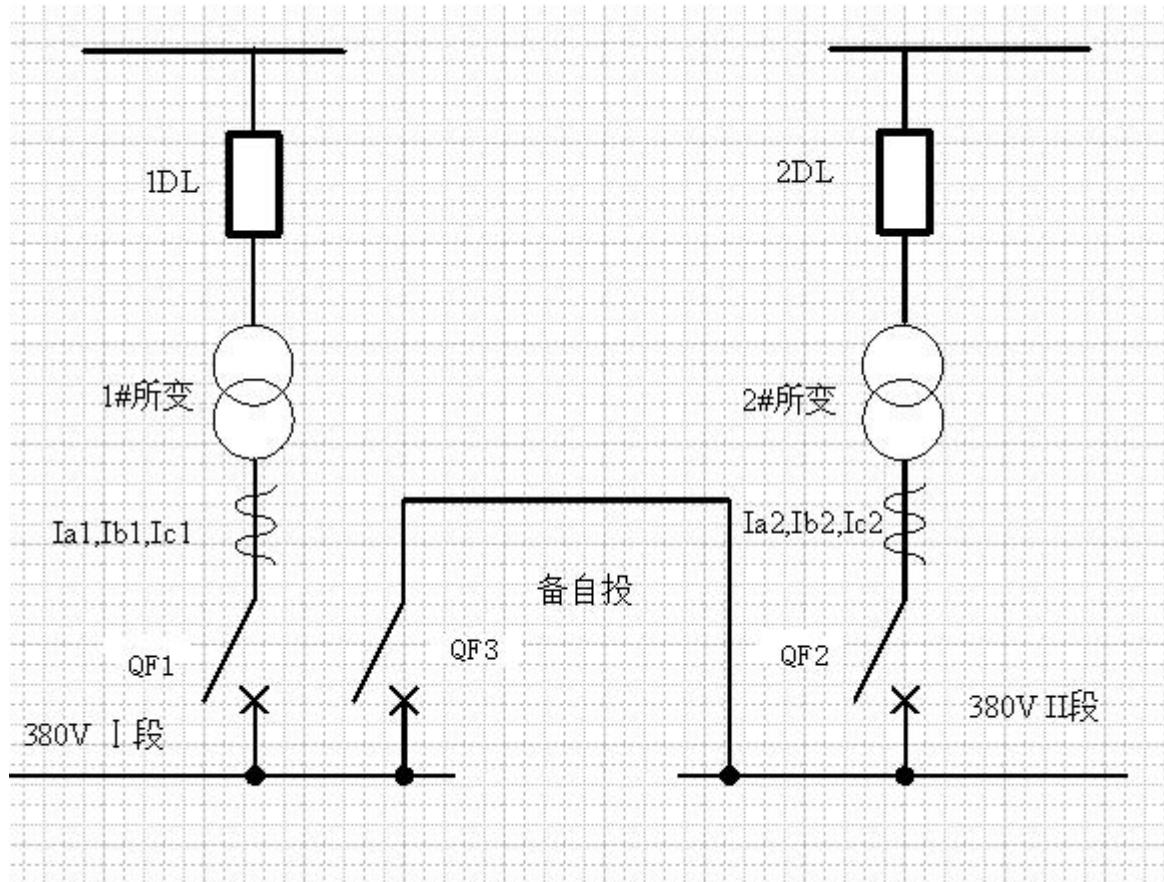
当工作线路检测失压时，备自投启动动作。

2) 动作后

进线 2 备用进线 1：QF2、QF3 处于合位，QF1 在分位，系统由进线 2 带两段母线运行。

进线 1 备用进线 2：QF1、QF3 处于合位，QF2 在分位，系统由进线 1 带两段母线运

行。



图一：低压系统运行图

2.2 母联（分段）备自投方式

1) 正常运行时

进线断路器 QF1、QF2 在合位，分段断路器 QF3 在分位，两段母线均有电压，且互为备用，低压系统分列运行。

2) 动作后

进线断路器 QF1（或 QF2）、分段断路器 QF3 在合位，QF2（或 QF1）在分位。系统由进线 1（或进线 2）带两段母线运行。

3 我厂备自投原理与分析

我厂根据生产装置不同，对厂内各变电所低压系统进行相应归类，所使用的低压柜产品不同（设计理念不同），其接线图及工作原理也有所不同。对厂内包括总变在内的六个变电所及三个配电间，备自投可分为三种：主装置区备自投、辅助装置备自投、总

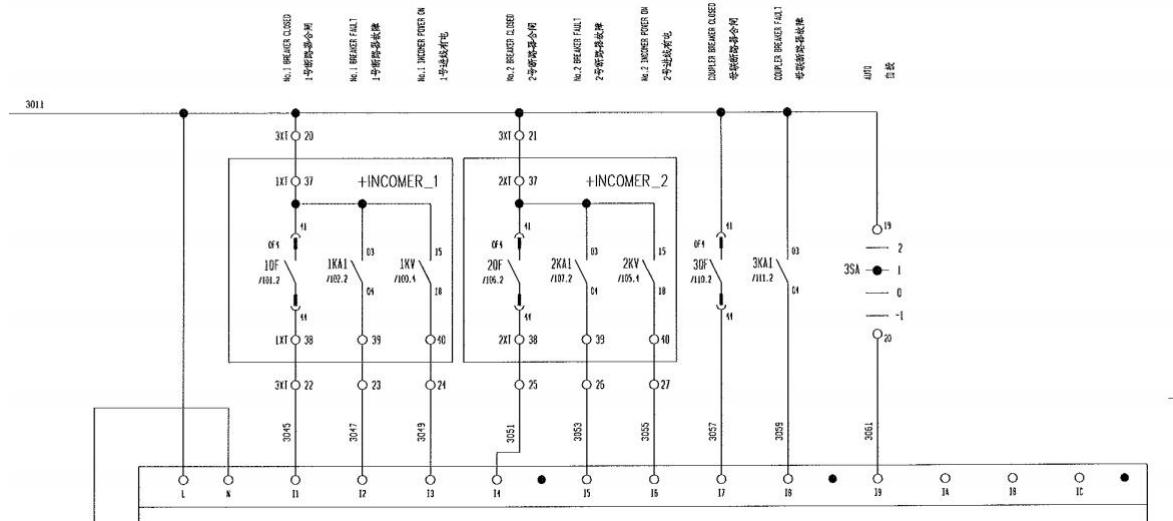
变区域备自投。三种备自投接线原理及分析如下：

3.1 主装置区域备自投（施耐德产品）

我厂主装置区域低压柜选用施耐德产的 BLOKSET 柜型，主要为 1#联合变电所、2#联合变电所以及公用工程变电所、乙苯苯乙烯变电所。其备自投功能通过施耐德 Zelio Logic 逻辑控制器实现，体现施耐德电气简、易、精、智特点。由于备自投采用微机装置实现，故其更具灵活性和简易性。主装置区域备自投通过输入输出模式实现控制原理，与传统继电器相比，继电器电路之间的各种逻辑关系需要通过硬件接线来实现，而 Zelio Logic 的输入和继电器输出之间的逻辑关系通过软件即可实现，具有更大灵活性，同时保障性能同时降低成本。[2]

3.1.1 主装置区域原理分析

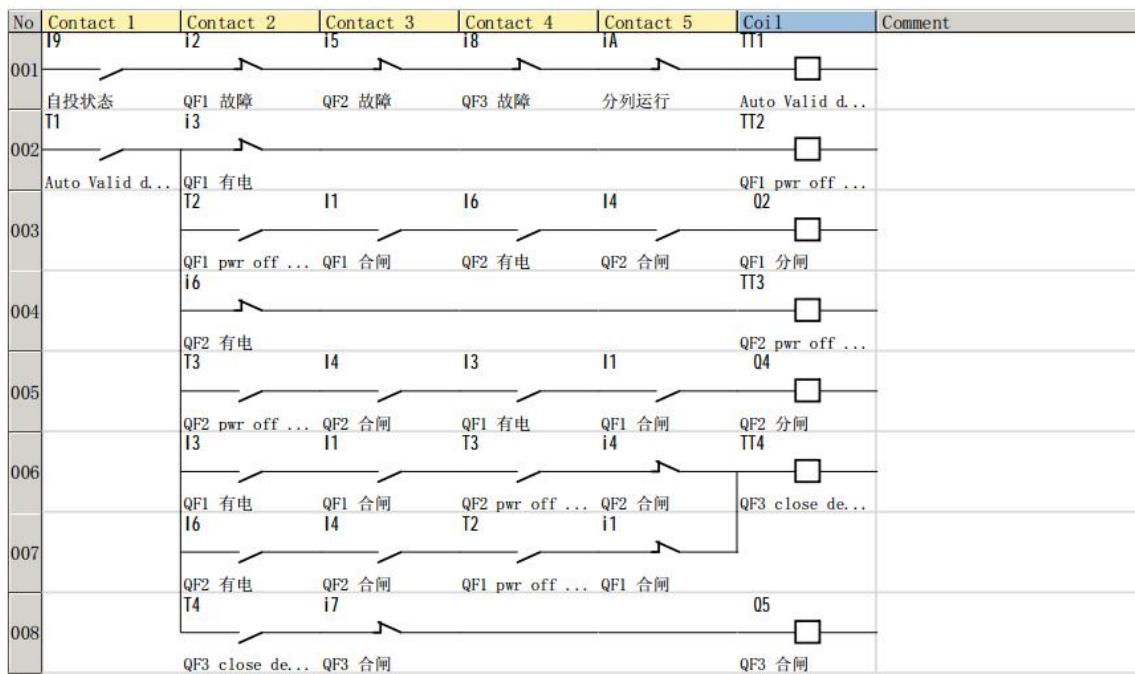
Zelio Logic 控制器外部接线图如下：



图二：Zelio Logic 接线原理图

图中 1KV (2KV) 为进线低电压继电器，SA 为并列/解列转换开关，1KA1 (2KA1、3KA1) 为断路器故障信号。

Zelio Logic 主要输入信号有进线断路器合闸信号、进线断路器故障信号、进线是否有电以及母联断路器合闸信号与故障信号，其逻辑关系通过内部 PLC 程序实现。PLC 梯形图如下：



图三：Zelio Logic 内部 PLC 梯形图

结合原理接线图及内部 PLC 梯形图可知：

- 1) 备自投正常工作条件有：低压系统处于分列状态，QF1、QF2、QF3 断路器均无故障，且备自投处于自投状态。
- 2) 进线分闸条件有：进线开关 QF1（或 QF2）上侧开关失压、进线开关 QF1、QF2 在合位、备用电源 QF2（或 QF1）开关上侧有电。
- 3) 母联合闸条件有：QF1（或 QF2）处于合闸位置，QF2（或 QF1）处于分闸位置，QF1（或 QF2）开关上侧有电，QF2（或 QF1）开关上侧没电。
- 4) 正常时电压继电器 1KV 检测进线开关 QF1（或者 QF2）上侧有电，其常闭接点处于断开状态，故母联不动作。

备自投启动与动作过程如下：

当电压继电器 1KV（或 2KV）检测进线开关 QF1（或 QF2）开关上侧电压低于设定值时，经过一定时间 T2（或 T3）延时后，通过判断输入接点 QF1 及 QF2 断路器位置均为合位、QF2（或 QF1）开关上侧有电，则发出跳 QF1（或 QF2）开关命令，切断故障线路。于此同时 TT4 时间继电器得电，在确认输入接点 QF1（或 QF2）开关已断开，同时 QF2（或 QF1）开关及电源均正常后，经过 T4 延时后发出合 QF3 开关命令，完成备用电源切换投入过程。

备自投能够正确动作条件则是电压继电器 1KV 的灵敏性与 时间 T2(T3) 与 T4 的合理配合。整个过程实现由低电压继电器检测低于设定值起，经过 T2 (T3) 时间发出跳闸命令，切断故障电源。经过 T4 时间发出合闸命令，备用电源投入使用，即整个失电时间为 $T2(T3)+T4$ 。根据继电保护定值设置可知， $T2=T3=1s$ 。由于上级 10kV 装置采用快切装置，根据实验数据，其断电时间一般为 130ms。一般情况下，上级电源发生晃电或掉电现象时，上级电源即 10kV 快切装置动作，完全躲过备自投启动跳闸命令时间 1s，从而能够形成上下级级差，不出现误动情况。

根据接线原理图可知，Zelio Logic 只可实现由进线至母联的切换，而不能实现母联至进线的切换，即实现上述所说进线备自投功能，具有一定的局限性。此外根据备自投工作条件可知，任何一台断路器具有故障时备自投退出运行，在保障系统运行安全性的前提下不扩大故障范围。但由于其分列/并列转换开关作为备自投投入运行的判据，在实际运行中应将分列/并列开关打至分列状态，而人为合母联时，此判据条件自动将备自投退出运行保障安全运行。如果实现其他更全面功能，则只需要将输出口接线，修改相应的逻辑图即可，体现逻辑控制器的灵活性。

3.1.2 主装置区备自投实际应用与动作

在多次快切与备自投配合实验过程中，备自投均能实现合理分级动作，从而保证系统运行方式，整体上能够满足备自投基本要求。在某次运行时，进线开关均在合位且有压时，发生进线开关跳闸合母联的误动情况。通过对二次原理图的检测与分析，发现当 Zelio Logic 输入接点 1KV (或 2KV) 出现断线时，内部 PLC 逻辑判断进线 1 (或进线 2) 无压从而经过延时后发出跳闸命令与合闸命令，此种情况乃是二次控制线故障而引起的备自投误动情况。

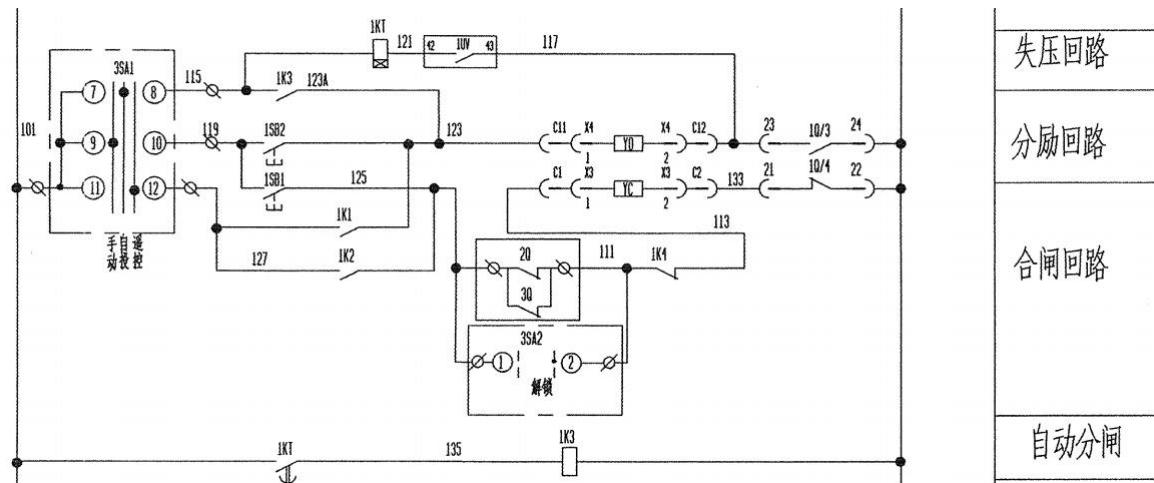
原理图中输入点采集的是进线低电压继电器的常开节点，一旦发生二次控制回路断线情况，易发生误动。针对此情况，可通过修改 Zelio Logic 逻辑控制器输入点的常开接点来强化判据条件或者通过对 Zelio Logic 逻辑控制器内部软件实现断线判据。

3.2 辅助装置备自投 (ABB 产品)

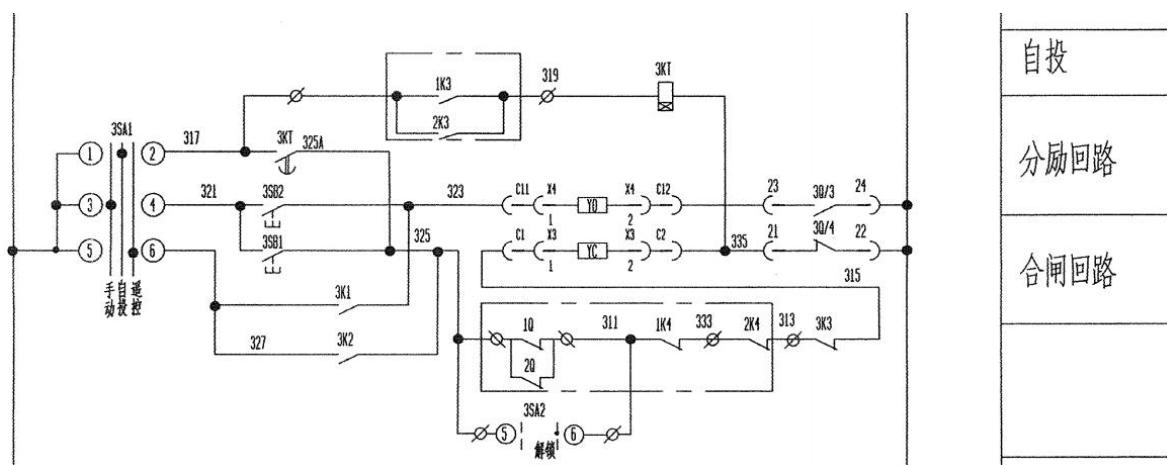
我厂辅助装置低压柜选用 ABB 的 MNS3.0 产品，主要区域为储运变电所、中心化验配电间、中心控制室配电间以及污水预处理配电间。其备自投功能采用传统继电器形式实现，采用固定式接线，主要为电压继电器和时间继电器配合完成。

3.2.1 辅助装置区域原理分析

备自投分闸回路位于进线柜，合闸回路位于分段柜，其判据条件主要为失压继电器，原理图如下：



图四：进线柜备自投原理图



图五：母联柜备自投原理图

图中 1UV (2UV) 为低电压继电器, 1KT (2KT) 为分闸时间继电器, 3KT 为合闸时间继电器, 1K3 (2K3) 为分闸继电器。低电压继电器采集电压为进线开关 1Q (2Q) 上侧电压。

通过原理图可知备自投工作原理如下：

1) 跳闸过程: 在备自投打至自投位置时, 进线开关 1Q (2Q) 在合闸位置时, 检测电压低于设定值时, 经过一段时间延时 t_1 (t_2) 后即发出跳闸命令, 即 1K3 (2K3) 线圈得电, 其常开辅助触点闭合。

2) 合闸过程: 当 1K3 (或 2K3) 辅助触点闭合后, 经过时间延时 t_3 后, 3KT 时间继电器辅助常开触点闭合, 检测合闸条件满足 (各开关无故障, 同时有一开关断开) 后即可。

分析可知, 此备自投跳闸并未对备用电源进行检测, 基本实现的是低电压保护跳闸。易导致两段进线电压均低于设定值时, 两段进线开关跳闸而分段开关不动作, 全所失电。备自投投入运行的条件为 SA 转换开关打至自动位置, 并未对其他接点进行判据。时间配合上, 电压低于设定值经 t_1 (或 t_2) 时间后, 发出跳闸命令, 在跳闸命令持续 t_3 时间后, 发出合闸命令。整个失电过程为 t_1 (t_2) + t_3 , 能够满足上下级配合。

此备自投采用的方式为分段备自投功能, 并未实现进线备自投功能而具有一定局限性。此备自投原理跳闸条件与合闸条件判据较单一, 其只简单判据进线电压是否低于设定值而进行分合闸母联, 并未检测备用电源是否正常; 此外跳闸并未考虑开关故障信号, 而使得断路器故障时仍能进线低电压检测分闸, 并未闭锁备自投功能, 跳闸判据单一性易导致故障电源扩大。当联锁解锁转换开关误打至解锁位置时, 容易发生晃电情况下母联断路器误动情况。

3.2.2 辅助装置备自投应用

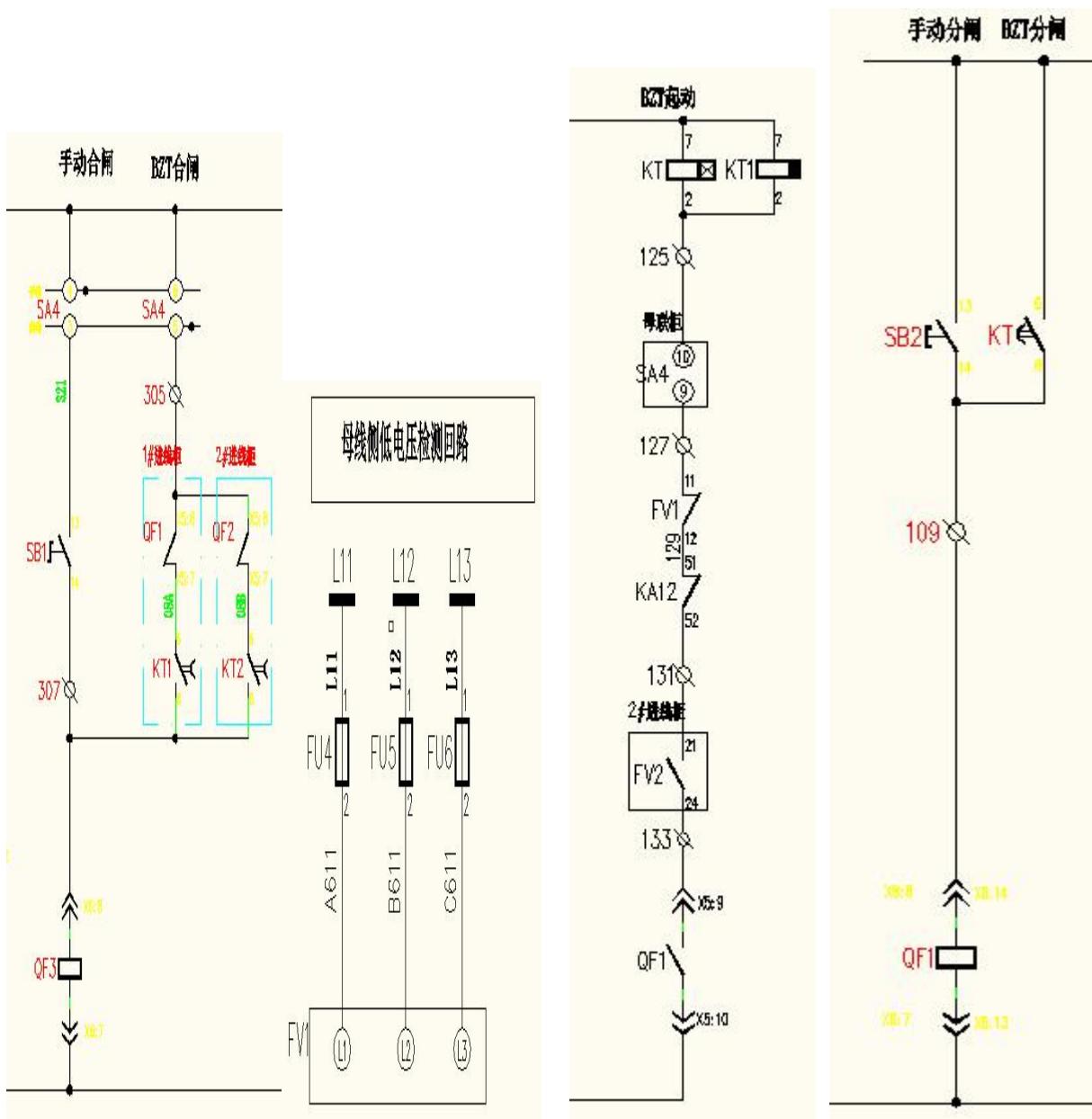
为验证上下级快切装置与备自投功能的配合情况, 通过断开所内 10kV 进线开关来模拟整个分所失电的极端情况。理想情况下, 10kV 装置快切动作后, 下级备自投由于时间设置已躲过断电最长时间延时而不动作。在某次实验过程中, 上级 10kV 快切装置 130ms 动作, 而低压系统 1Q 已跳闸但分段开关 3Q 并未合闸。

考虑到可能误动, 故通过断开变压器上侧电源模拟 10kV 母线失电情况。此次过程中 1Q 成功跳闸, 经延时后 3Q 合闸, 保证 2Q 带两段母线运行, 全所仅应急照明闪烁切换, 备自投功能完成良好。

对比原理图发现, 低电压继电器电压采自进线开关上侧电压而非低压母线电压。当上级 10kV 快切切换过程中, 130ms 失电时, 由于 1KT 时间继电器接线缘故导致 $t_1=0s$, 而进线开关上侧检测无电发出跳闸命令; 130ms 后, 进线开关上侧带电, 合闸回路断开, 无法合分段开关, 致使一段母线失电, 事故扩大。

3.3 总变低压备自投 (西门子产品)

我厂总变内站用变低压柜选用西门子的 8PT 柜子, 其备自投接线原理图如下:



图六：备自投-合闸回路 低电压检测回路 备自投启动分闸回路

图中 KT 为分闸时间继电器，KT1 (KT2) 为合闸时间继电器，SA 为手自动转换开关，FV1 (FV2) 为低电压继电器。

总变区域备自投功能实现与辅助装置区域类似，均是通过继电器实现逻辑控制。

备自投启动条件有：FV1 电压低于设定值，FV2 电压高于设定值，转换开关打至自动位置、断路器无故障信号，断路器在合位。

其工作原理较简单，只需满足备自投启动条件即可启动跳闸与合闸时间继电器。跳开故障电源时间为 KT1 (或 KT2)，在满足故障断路器在分位，且经 KT 时间继电器闭合

下，完成合母联动作。通过分析可知，设定值中 KT 必须大于 $KT1$ ($KT2$)，整个失电时间为 KT 。

其与辅助装置区域备自投不同点是跳闸时间继电器和合闸时间继电器在同一控制回路，此外合闸条件再次判断故障开关是否已断开，即可满足先跳闸后合闸条件，防止电源并列。而低电压继电器 $FV1/FV2$ 具有电压断线闭锁备自投功能，防止二次回路断线产生失压信号备自投误动。

4 备自投异同与运行注意事项

4.1 备自投异同

三类不同产品均能实现工作电源故障时快速切换备用电源，保证供电可靠性与连续性。其备自投原理虽然简单，但亦具有异同：

- 1) 主装置区域备自投功能选用 Zelio Logic 控制器实现。其介于 PLC 和继电器之间，接线简单，控制逻辑主要由内部软件实现，具有可拓展性及智能化。
- 2) 辅助装置与总变区域备自投由继电器实现。工作原理简单，但接线复杂，具有局限性。
- 3) 三类备自投功能起动条件简单，仅仅考虑低电压，并未将保护动作以及电流信号考虑进去，从而切断故障回路较慢。不能完全满足系统对供电可靠性、连续性的要求。
- 4) 三类备自投功能合闸条件均采用低电压和延时判据，合闸时间慢。
- 5) 三类备自投均实现的

4.2 运行注意事项

- 1) 备自投投入前应仔细核对低电压定值，保障备自投功能同时，减少误动可能。
- 2) 备自投功能设置关键在于时间配合，在考虑上级动作方式与时间情况下同时考虑分合闸时间配合，以免发生电源并列情况，导致系统故障。
- 3) 当发现备自投故障时，应充分考虑其闭锁条件。部分装置中并列/解列转换开关位置可闭锁备自投功能。
- 4) 备自投功能设置应充分考虑二次回路断线对其影响，以免发生误动与拒动。
- 5) 备自投装置应保证只动作一次。

5 结论

通过理论原理与实际应用分析，厂内低压系统因设备不同而实现备自投功能形式不

同，均能实现电源故障时切换至备用电源，保障供电可靠性。备自投的低电压定值决定着备自投启动跳闸条件，而时间继电器设置决定跳闸合分闸快慢以及先后。基本原则是先跳故障电源后合备用电源，防止电源并列。备自投与上级快切装置合理配合才能满足厂内供电要求。在备自投投入运行前，切除故障电源的断路器必须经过延时，备自投投入后，手动断开断路器应不动作。在实际运行中应多注意电源波动引起的备自投动作，对于异常动作应参照原理图多加分析，保障供电系统的稳定。

参考文献：

- [1] 金智科技股份有限公司. MFC5103A 工业企业电源快速切换装置说明书.
- [2] 施耐德电气公司. Zelio Logic 逻辑控制器用户手册.