

# 单侧电源线路的前后加速式重合闸

湖南大学邵阳分校 胡延龄

## 摘要

在重合闸与继电保护的配合方式上,本文提出重合前加速保护动作及重合闸后也加速保护动作。这一设想构思新颖,对简化保护构成,加速故障切除有独特之处,具有一定的实用价值

## 一 工作原理

为了能尽量利用重合闸装置所提供的条件达到简化保护,加速切除故障的目的,继电保护与重合闸的配合可采用重合闸前加速保护动作及重合闸后加速保护动作两种方式相结合,简称为“前后加速式”重合闸,或“双重加速式”重合闸。这种自动重合闸装置用符号ZCH<sup>#</sup>表示。如图1所示的网络接线,假设在每一条线路上都装设有ZCH<sup>#</sup>及I、III段保护,其中III段保护作为本线路及相邻线路的后备保护,其动作时限按阶梯原则来配合。I段保护用来加速跳闸,其起动参数按线路末端有足够的灵敏度整定,因而能保护线路全长,并可能伸入到相邻线路,但一般不伸入到相邻变电所变压器低压侧。

当线路 $L_{bc}$ 上任意一点,如d点发生短路故障时,若保护2有选择性动作,则重合闸前第一次将由保护2的I段以“前加速”方式瞬时跳闸,快速切除故障。2DL跳闸后,由2ZCH<sup>#</sup>起动进行重新合闸,如果是瞬时性故障,则2DL重合成功。如果d点是永久性故障,则重合闸后第二次仍由保护2的I段以“后加速”方式使2DL再次跳闸,快速切除故障。当线路 $L_{bc}$ d点故障,出现保护1、2的I段均以“前加速”方式瞬时跳闸的情况时,则保护1起动跳闸是无选择性的。但1DL跳闸后,即刻起动1ZCH<sup>#</sup>进行快速重合。因为故障线路 $L_{bc}$ 上的断路器2DL已跳闸,并且尚未重合,线路 $L_{AB}$ 与 $L_{bc}$ 已无电气联系,前者属非故障线路,所以1DL的重新合闸无疑是成功的。1DL重合成功恢复对相邻变电所B母线的供电后,2ZCH<sup>#</sup>才能起动,2DL进行重合。如2DL重合于d点永久性故障,1DL不再跳闸,故障由保护2的I段以“后加速”方式切除。即非故障线路1DL的重合成功与故障线路2DL的重合成功与否无关。

## 二 电路分析

实现前后加速式重合闸的电路原理接线如图2所示。

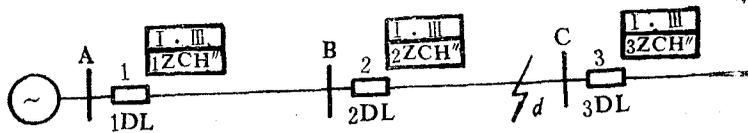


图1 单侧电源网络保护及重合闸的配置

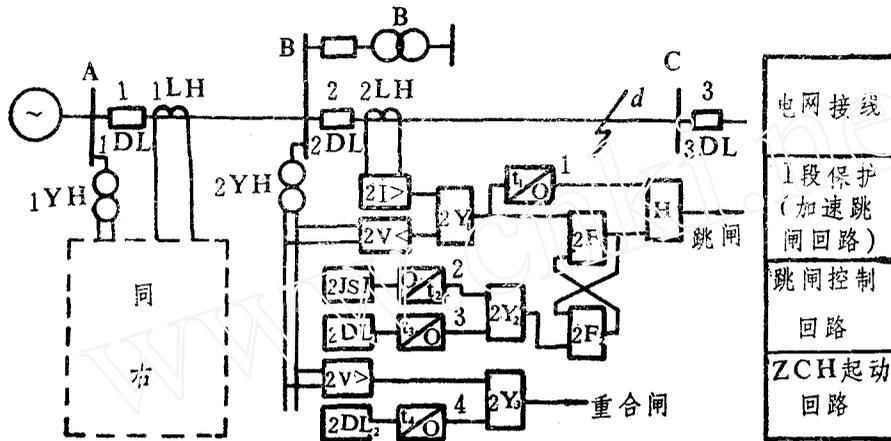


图2 前后加速式重合闸原理接线图

1. 正常运行时前后加速式重合闸的工作状态。当电网处正常运行状态时，电流、电压元件  $2 I >$ 、 $2 U <$  无输出，即由低电压起动的电流 I 段保护不起动；断路器常开辅助触点  $2 DL_1$  闭合，时间元件 3 起动并有输出，但加速继电器  $2 JSJ$  不起动，过电压元件  $2 U >$  动作，而断路器常闭辅助触点  $2 DL_2$  断开，时间元件 4 不起动。故“与”门  $2 Y_1$ 、 $2 Y_2$ 、 $2 Y_3$  正常运行情况下均无输出，加速跳闸回路和重合闸起动回路都处在准备动作状态。

2. 保护有选择性动作时前后加速式重合闸的实现。线路  $L_{BC}$  d 点发生相间短路故障时，假设保护 2 的 I 段起动，电流元件  $2 I >$ 、低电压元件  $2 U <$  有输出，则“与”门  $2 Y_1$  有输出。因加速继电器  $2 JSJ$  未起动，时间元件 2（用  $JSJ$  的延时触点反应）无输出，“与”门  $2 Y_2$  无输出，故由“否”门  $2 F_1$ 、 $2 F_2$  构成的时序电路中， $2 F_1$  先有输出， $2 F_2$  被闭锁，I 段保护通过“或”门  $H$  瞬时跳闸。断路器  $2 DL$  跳闸后，B 母线电压恢复正常，过电压元件  $2 U >$  起动。断路器辅助常闭触点  $2 DL_2$  闭合，起动时间 4，经延时时限  $t_4$ （即重合闸整定时间  $t_{ZCH}$ ），“与”门  $2 Y_3$  有输出，起动  $2 DL$  重新合闸。当 d 点是瞬时性故障时，则重合成功，恢复线路  $L_{BC}$  的正常供电。电流、电压元件  $2 I >$ 、 $2 U <$  返回， $2 Y_1$ 、 $2 F_1$  无输出。经记忆时限  $t_2$ 、 $2 Y_2$ 、 $2 F_2$  亦停止输出，整个电路复归。若 d 点是永久性故障， $2 DL$  重合后，I 段保护瞬时起动，“与”门  $2 Y_1$  有输出。与此同时， $2 JSJ$  起动， $2 DL_1$  闭合，起动时间元件 3，但需延时  $t_3$  时

限,“与”门 $2Y_2$ 才有输出。由于 $t_3$ 时限的设置,使得“与”门 $2Y_1$ 的输出超前于 $2Y_2$ 的输出,故“否”门 $2F_1$ 先有输出, $2F_2$ 被闭锁,I段保护得以通过“或”门H再次跳闸。 $2DL$ 第二次跳闸切除永久性故障后,经 $t_4 = t_{ZCH}$ 时限后, $2Y_3$ 有输出,固然符合重合闸起动条件,但由于重合闸装置本身只允许重合一次,故 $2DL$ 不会出现第二次重合。若在第二次加速跳闸过程中,万一跳闸控制回路的开放失误而将I段保护闭锁,可通过由I段保护( $2Y_1$ )及时间元件1构成的延时后加速以 $t_1 = 0.5$ 秒时限,经“或”门H跳闸,切除故障。通过以上分析,重合闸采用了检查母线有电压的重合方式。跳闸控制回路在前后两次加速跳闸的过程中对I段保护均是开放的,因而切除瞬时性故障或永久性故障均是不带延时的、快速的。

3. 保护无选择性动作时的“前加速”与闭锁线路 $L_{BC}$  d点故障时,在某种运行方式下,保护1、2的I段保护均起动,并以“前加速”方式将 $1DL$ 、 $2DL$ 跳闸。出现这种情况,保护2的动作跳闸是有选择性的,保护1的动作则是无选择性的。 $1DL$ 、 $2DL$ 跳闸以后,因B母线失压,保护2电压元件 $2U >$ 不能动作,故 $2ZCH$ 不能起动, $2DL$ 不能重合、对保护1而言, $1DL$ 跳闸后,A母线电压正常,经 $t_4$ 时限,“与”门 $1Y_3$ 有输出, $1ZCH$ 起动, $1DL$ 自动合闸。因线路 $L_{AB}$ 是完好的,故 $1DL$ 重合肯定是成功的, $1DL$ 合闸瞬时,为避免B母线上电动机自起动电流及相邻变电所变压器B在电压恢复时励磁涌流对电流元件 $1I >$ 的影响,故以低电压元件 $1U <$ 进行闭锁,以防止I段保护的误动作。 $1DL$ 合闸的同时,保护1的加速继电器 $1JSJ$ 同时起动,断路器辅助常开触点 $1DL_1$ 闭合,起动时间元件3,经一个很短的时限 $t_5$ 。“与”门 $1Y_2$ 即有输出,“否”门 $1F_2$ 有输出。因 $1DL$ 重合于非故障线路 $L_{AB}$ ,而 $2DL$ 尚未重合,I段保护即 $1Y_1$ 无输出,“否”门 $1F_1$ 无输出。当 $1DL$ 合闸后,B母线有电, $2ZCH$ 立即起动, $2DL$ 相继重合。当 $2DL$ 重合于d点瞬时性故障时,相继恢复对线 $L_{AB}$ 、 $L_{BC}$ 的正常送电,保护1、2恢复准备动作状态。当 $2DL$ 重合于d点永久性故障时,保护1、2的I段将再次起动。对保护1而言,利用 $1DL$ 、 $2DL$ 先后相继重合的时间差,并适当调整 $t_3$ 时限,使 $t_3$ 小于 $2DL$ 的合闸时间,就可使得I段保护起动,即 $1Y_1$ 的输出滞后于 $1Y_2$ 的输出,因而得以使“否”门 $1F_1$ 为 $1F_2$ 所闭锁,即实现跳闸控制回路对I段保护的闭锁控制,直至保护2 I段保护以“后加速”方式将d点故障快速切除。其I段保护被闭锁的时间长短由 $1JSJ$ 的记忆时限 $t_2$ 决定,闭锁I段保护的快慢则由 $t_3$ 时限确定。从可靠快速闭锁I段保护考虑, $t_3$ 时限宜短;从确保开放I段保护、可靠切除本线路永久性故障考虑, $t_3$ 时限宜长。假设在I段保护被闭锁的 $t_2$ 时限内,线路 $L_{AB}$ 发生内部故障,或者由保护1的上一级保护以“前加速”方式越级跳闸,切除故障;或者由保护1以延时“后加速”方式以 $t_1 = 0.5$ 秒时限有选择性的切除故障(如线路 $L_{AB}$ 末端故障,上一级保护不能起动的話)

4. 保护无选择性动作的可行性问题。由于加速跳闸的I段保护是按保护线路全长整定的,与相邻线路的I段保护没有配合关系,其深入到相邻线路的保护范围比通常的II段保护可能要长。所以随着运行方式、故障地点及故障类型的不同,保护I段存在无选择性动作的可能性。习惯上说,保护无选择性动作是不可取的。可是由以上的分析,

保护 1 的无选择性动作并没有带来多大不利, 尽管瞬时中断了 B 母线的正常供电, 但不管相邻线路  $L_{BC}$  d 点故障性质如何(瞬时性故障, 还是永久性故障), 前后加速式重合闸补救保护 1 的无选择性动作是成功的、快速的, 从故障开始到恢复 B 母线正常供电的时间主要由  $t_{ZCH}$  决定, 可控制在 1 秒以内。如此短暂中断供电, 为系统运行所允许。而按保护 2 有选择性动作, 以其 III 段起动跳闸, 带延时切除 d 点瞬时性故障, 则恢复 B 母线正常供电的时间可能在 1 秒以上。另外, 保护无选择性动作有强化其后备保护的作用。如图 2 中, 线路  $L_{BC}$  d 点故障, 若保护 1 的 I 段能起动, 而保护 2 拒动或断路器 2 DL 失灵而拒绝跳闸, 则 d 点故障由保护 1 无选择性地瞬时切除, 然后进行重合。而按常规保护配置原则, 只能由保护 1 的 II 段或 III 段延时跳闸, 切除故障, 因而提高了其作为邻线路后备保护的速动性。

当线路发生单相接地短路时, 前后加速式重合闸与零序 I 段(全线速断, 图 2 中未示出)相配合, 可获得同样的分析结果。

### 三 结 论

1. 前后加速式重合闸的实现, 加快了电网故障切除速度, 从而提高了重合闸的成功率及供电可靠性;

2. 采用前后加速式重合闸时, 能有效补救保护的无选择性动作, 因而这种无选择性动作是允许的, 可行的;

3. 前后加速式重合闸接线简单, 实现容易, 保护大为简化而又具有全线速断功能。对一般 35~110 千伏电网, 短线路及系统运行方式变化大, 对动稳定要求较高的电网而欲不致使保护过分复杂时, 前后加速式重合闸优有应用价值;

4. 因保护的无选择性动作, 使电网断路器跳、合闸次数相对增多, 从而增加了断路器的维护检修工作量。