

前后加速式重合闸在农村电网的应用

胡廷龄 湖南邵阳高专(422004)

摘要 本文提出以“前后加速式”重合闸方式对农村电网继电保护进行技术改造,以提高供电可靠性。

关键词 前加速 后加速 全线速动

前言

农村电网多为6~35kV非直接接地电网。一般由系统或小电源(小水电、小火电)以串联辐射式网络向用户供电;或者小电源以单回线与系统并网供电。电网大多采用两段或三段式电流、电压保护,并配置三相一次重合闸。由于电网结构、电源容量、保护配置等因素的制约,目前农村电网供电可靠性的总体水平是不高的。比如,由于农村小电源供电电网运行方式变化大,使得阶段式电流(电压)保护切除故障的时间很长,有时(如枯水季节)甚至无法切除故障,以致引起电网电压与频率的陡降,电网解列,大量自动甩负荷。在不改变农村电网现有状况,即不增加设备与投资的前提下,如何提高农村电网供电可靠性?对此问题的研究是从继电保护及其与重合闸的配合方式入手的。在新的技术思想指导下,线路设两段保护:一段是常规的过电流保护,作为后备段,本文不予叙及。第二段是电流、电压联锁速断保护。其特点是按本线路末端有足够的灵敏度进行整定,能全线速动,与重合闸的配合方式既能实现“前加速”,同时又能实现“后加速”(简称“前后加速式”)。所以该保护又称为加速段保护。其实现方式根据农村电网线路结构的不同,分以下两种情况进行分析讨论。

1 单侧电源串联辐射式电网的加速段保护

对图1所示的串联辐射式电网,假设线路 L_1 、 L_2 配置了相同的保护与自动重合闸装置。保护1的加速段保护的逻辑电路亦如图1所示。

加速段保护由速断保护、跳闸控制、检有压重合三部分构成。由电流、电压联锁构成的速断保护的瞬时跳闸信号受跳闸控制部分的制约,这种制约是通过由“否”单元①与②构成的时序电路实现的。跳闸控制部分由重合闸加速继电器 K 及断路器 $1QF$ 的辅助常开触点 $1QF_1$ 构成“与”单元③,并作用于

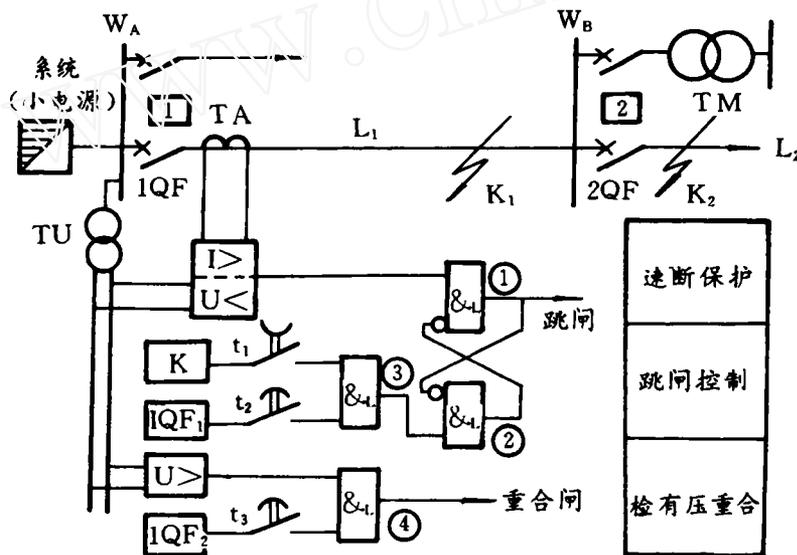


图1 串联辐射式电网的加速段保护

收稿日期:1995-03-07

时序电路。跳闸控制回路中的 t_1 是 $[K]$ 赋予的“记忆”时限, t_2 是由 $[1QF_1]$ 起动的延时时限。正常运行时, $[K]$ 无输出, $1QF$ 处在合闸状态, 因而 $[1QF_1]$ 有输出, 经 t_2 时限, “与”单元③只获得一端有输入而无法输出。可见, 正常运行情况下, 跳闸控制回路对速断保护是“开放”的, 重合闸仍采用“不对应”起动原则; 断路器辅助常闭触点 $[1QF_2]$ 是断开的, “与”单元④不会发出重合闸信号。此外, 重合闸回路中设置了过电压元件 $[U >]$, 作为起动重合闸的另一个附加条件。 $[U >]$ 是接于母线电压互感器 TU 二次侧的, 因此可以说是一种检查母线有电压的重合方式。为有别于一般, 简称“检有压”重合闸。

对加速段保护的动作为分析按以下两种情况进行讨论。

1.1 有选择性动作时加速段保护的动作为分析

假设线路 L_1 的 K_1 点发生了相闸短路, 保护 1 的速断保护瞬时起动。由于跳闸控制回路处于“开放”状态, 断路器 $1QF$ 得以加速跳闸, 实现所谓“前加速”。之后, W_A 母线电压恢复正常, 电压元件 $[U >]$ 起动。同时辅助触点 $[1FQ_2]$ 闭合, 经 t_3 时限(即重合闸整定时间), “与”单元④有输出, 起动 $1QF$ 重新合闸。当 K_1 点为瞬时性故障时, 则重合成功, 恢复线路 L_1 的正常供电, 速断保护返回。经时限 t_1 , “与”单元③停止输出, 跳闸控制回路复归。若 K_1 点为永久性故障, $1QF$ 重合后, 速断保护又瞬时起动。与此同时, $[K]$ 起动, $[1QF_1]$ 闭合, 但需延时 t_2 时限, “与”单元③才能有输出。正是由于 t_2 时限的设置, 使得“与”单元③的输出滞后于速断保护的输出, 跳闸信号得以通过“否”单元①, 并闭锁“否”单元②, 直至 $1QF$ 再次跳闸, 以瞬时“后加速”方式切除永久性故障。由于采用了三相一次重合闸, 故 $1QF$ 不会出现第二次重合。

1.2 无选择性动作时加速段保护的动作为分析

当线路 L_2 的 K_2 点故障, 若保护 1、2 以“前加速”方式将 $1QF$ 、 $2QF$ 同时跳闸, 则保护 1 的动作是无选择性的。 $1QF$ 、 $2QF$ 跳闸以后, 因 W_B 母线失压, 保护 2 不能“检有压”起动, $2QF$ 不能立即重合。对保护 1 而言, $1QF$ 跳闸后, W_A 母线电压恢复正常, 加之 $[1QF_2]$ 已闭合, 具备重合闸起动条件, 经 t_3 时限, $1QF$ 自动重合。因为线路 L_1 是完好的, $1QF$ 的重合无疑是成功的, 其速断保护也不会起动。由于速断保护采用了低电压联锁, $1QF$ 合闸瞬间, W_B 即使出现电动机自起动的情况或变压器 TM 在电压恢复时产生较大的励磁涌流, 保护也不会误动作。 $1QF$ 合闸同时, $[1QF_1]$ 、 $[K]$ 均有输出, 经一个很短的延时 t_2 , 跳闸控制回路即有输出, 通过时序电路, 实现对速断保护的闭锁。 $1QF$ 重合闸后, W_B 母线有电, 保护 2 “检有压”, 并经“与”单元 4 发出重合闸信号, $2QF$ 相继重合。如 K_2 点为瞬时性故障, 则重合成功, 恢复整个网络供电。保护 1、2 亦恢复准备动作状态。当 K_2 点为永久性故障, 保护 1、2 的速断保护将再次起动。但对保护 1 而言, 从 $1QF$ 重合至 $2QF$ 相继重合的时间内, 其跳闸控制回路已将速断保护可靠闭锁。可见, 由 $[K]$ 提供的记忆时限 t_1 决定控制回路闭锁速断保护的时间长短, 闭锁速断保护的快慢由 t_2 时限确定。以快速可靠闭锁考虑, t_2 宜短; 从确保“开放”速断保护、可靠切除本线路永久性故障考虑, t_2 宜长。一般情况下, t_2 应大于速断保护的動作时间而小于相邻线路断路器的合闸时间。至于“检有压”重合的采用, 确定了出现保护无选择性动作时重合闸的先后秩序, 即非故障线路予以先重合, 故障线路则后重合。

2 大系统与小电源单回线路的加速段保护

大系统与小电源(小水电)单回线路并网供电系统如图 2 所示。重要负荷接于 W_1 母线, 其负荷功率与小水电厂的发电功率基本平衡。非重要负荷则接于 W_2 母线。正常运行时, 母联断路器 QF 通过功率很小, 故 QF 处可视为功率平衡点。若电源联络线 L_1 发生故障, 通过保护迫

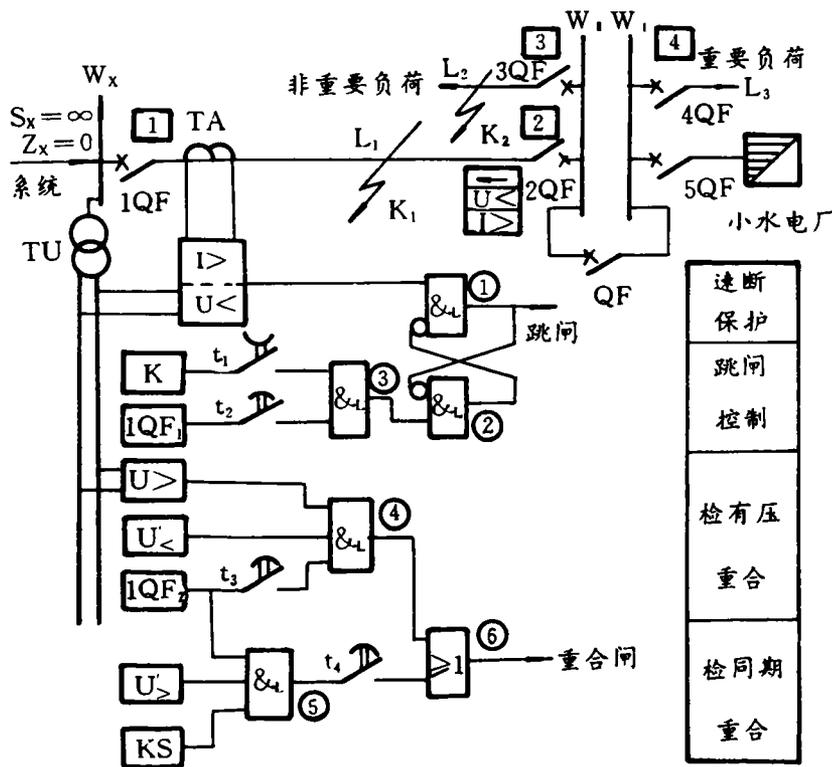


图2 系统与小电源单回线路的加速段保护

使 QF 跳闸解列,并不进行重合。然后由系统侧恢复对线路 L_1 的供电,再在水电厂或 QF 处进行同步并列。若在 W_1 (或 W_2) 母线的负荷方向发生故障,则不应使 QF 跳闸解列。根据以上原则,对保护 1、2、3(或 4)的设计作了以下考虑:对保护 1,在单侧电源串联线路加速段保护的基础上,增设了“检同期”重合部分,其逻辑电路如图 2 所示。对保护 2,设计了低电压起动的方向过电流保护,方向元件指向系统一侧,并瞬时动作于 QF,而不是跳开 2QF。至于保护 3,与单侧电源线路的加速段保护无异,其原理接线图从略。保护的動作分以下两种情况进行分析讨论。

2.1 电源联络线发生故障,保护有选择性动作

当图 2 线路 L_1 的 K_1 点故障时,保护 1、2 瞬时起动,分别跳开 1QF、QF。小水电厂成为一个孤立系统,独供重要负荷,大体保持功率平衡。非重要负荷暂时中断供电,经过 t_3 时限,由保护 1“检有压”重合,保护 2 无重合功能,QF 不重合,系统一侧成为单侧电源网络。如 K_1 点为瞬时性故障,则重合成功,恢复对 W_1 母线及非重要负荷的供电,再在小水电侧进行同步并列恢复并网运行。保护 1“检有压”重合电路中,增加了接于线路侧电压互感器的低电压元件 $U'<$,作为检查线路“无压”的判据,以防止对侧 QF 万一未跳开时的非同期重合。所以此种重合方式亦可视为常规的“检无压”重合。当 K_1 点为永久性故障时,将由保护 1 以“后加速”方式将故障切除,系统与小电源解列。

2.2 负荷供电线路上发生故障,保护无选择性动作

当负荷供电线路 L_2 的 K_2 点故障时,保护 3 以“前加速”方向使 3QF 跳闸。保护 2 受功率方向元件的制约将不会动作,QF 不会跳闸。保护 1 可能以“前加速”方式与保护 3 同时跳闸。这种情况下保护 1 的无选择性动作固然是不可取的,但又是可以接受的。其一,1QF 跳闸虽然

暂时中断部分供电功率,但 3QF 的跳闸也减少了部分负荷功率,小电源侧的功率平衡不致出现大的波动;其二由于 $t_4 < t_3$ ($1 \sim 1.5s$),在保护 3“检有压”起动 3QF 重合之前,保护 1 采用“检同期”方式可以率先快速起动 1QF 重合,恢复与小电源的并网。1QF 获得“检同期”重合成功有以下几方面:一方面, L_1 是非故障线路;另一方面,基于 1QF、3QF 跳闸后,小电源侧的功率平衡在很短时间内不会有大的波动,因而失步不大;第三方面,1QF 自动“检同期”重合的时间很短。由保护 1 的“检同期”回路可以看出,1QF 一旦跳闸,1QF₂ 即刻闭合。过电压元件 $[U'] >$ 是接于线路一侧电压互感器的,作为线路“有压”的判据。因为 QF、2QF 未跳闸,一旦 3QF 跳闸切除 K_2 点故障,线路 L_1 的电压立即恢复正常, $[U'] >$ 有输出。从故障开始到线路恢复正常供电的时间,包括保护的動作时间,断路器的跳闸时间总共 $\geq 0.3s$ 。在这样很短的时间内,系统和小电源之间的失步很小,故同步继电器 $[KS]$ 将会有输出,“与”单元⑤得以有输出,经“或”单元⑥实现“检同期”重合,或者取消 $[KS]$,以快速重合闸方式取代“检同期”重合。

3 保护无选择性动作的可行性问题

由于速断保护是按保护线路全长考虑的,其深入到相邻线路的保护范围与通常的Ⅰ段保护相当,所以随着运行方式、故障地点及故障类型的不同,加速段保护存在无选择性动作的可能性。习惯上说,保护的无选择性动作是不允许的。但从加速段保护的動作分析看出,保护的无选择性动作不是不可取的。无选择性动作时尽管瞬时中断了相邻母线的正常供电,但不管相邻线路故障是瞬时性的,还是永久性的,通过“前后加速式”重合闸装置补救保护的无选择性动作总是成功的,快速的。从故障开始到恢复正常供电的时间,主要由重合闸整定时间及断路器的合闸时间决定。如果采用快速保护和快速断路器,这个时间可控制在 1s 以内,如此短暂中断供电,为农村电网运行所允许。另外,保护的无选择性动作有优化其作为相邻元件后备保护的作用。例如,在图 1 所示的网络中,假设线路 L_2 的 K_2 点故障,保护 2 不动作或断路器 2QF 拒动,则 K_2 点故障能由保护 1 无选择性的瞬时切除,然后进行重合是十分可取的。而按常规保护配置原则, K_2 点故障只能由保护 1 的Ⅰ段或Ⅲ段延时跳闸切除。相比之下,保护 1 的无选择性动作提高了其作为相邻线路后备保护的速动性。同样,保护的无选择性动作亦提高了其作为相邻变电所母线后备保护的速动性。

4 结论

4.1 根据加速段保护的動作原理,线路任何地点发生故障,保护的動作都是瞬时的。尤其在双侧电源网络中,加速段保护的实现,使各侧保护得以瞬时切除故障,因而重合闸整定时间至少可缩短一个阶梯时限。“前后加速式”重合闸的采用,加快了故障的切除速度,进一步提高了重合闸的成功率,缩短了电网恢复正常供电的时间,有利于小电源的稳定,提高了供电可靠性。

4.2 加速段保护在设计指导思想上超脱了继电保护技术的某些传统,如重合闸与继电保护的配合,从单一的“前加速”或“后加速”到二者兼容;从继电保护严格的“选择性”要求,到允许保护“无选择性”动作;从复杂的保护(如高频保护)才具备“全线速动”功能到简单保护也能获得“全线速动”功能;从双侧电源网络中一侧保护不允许同时“检无压”、“检同期”重合到允许二者并存;从阶段式保护上下级之间的严密配合到可以不考虑这种配合关系,从后备作用的動作延时到其速动的实现等。

4.3 加速段保护接线简单,实现容易,对提高农村电网供电可靠性是一项少投资甚至不投资也能收到实效的技术措施。

4.4 由于保护的无选择性动作,造成非故障线路的短暂供电中断,同时相对增加了断路器的跳闸次数,增大了断路器的维护工作量。