

[控制系统]

负荷自动恢复功能的软件设计和应用分析

文/西门子电力自动化有限公司 胡克

当负荷侧需求大于系统最大输出功率时，系统频率降低，低频减载保护动作切除部分不重要负荷；当系统输出功率增加或是负荷减少时，系统频率上升，通过实时监视系统频率的恢复程度，负荷恢复功能能按用户设定顺序自动投上负荷。结合低频减载功能，能够提高电力系统的供电质量，提高无人值守变电站的自动化水平。

随着电力系统自动化技术的发展，大多数地区的变电所已部分或全部实现无人值守，现在无人值守变电所对于故障的处理分为以下3种。

- 1) 对于瞬时故障，利用重合闸来消除。
- 2) 如果是永久故障，重合闸失败后，需要人工去检查排除故障。
- 3) 当由于低频低压等不启动重合闸的保护跳闸后，需要等到电力系统参数满足要求后由调度遥控合闸或现场手动合闸送电。

本文主要针对第3种情况中的低频保护跳闸后的负荷自动恢复进行讨论。当系统频率下降到一定程度时，低频保护跳闸断开部分不重要负荷。当有功需求降低或新的发电机等功率源投入后，系统频率逐渐恢复，目前多是通过现场手动合闸或调度遥控合闸的方法来实现被切除负荷的逐个恢复送电。因为很多无人值班变电站地处偏远，或者频率恢复正常可能在深夜，依靠人为操作很难在频率恢复的第一时间内恢复负荷供电。

为了解决这种问题，提高无人值守变电站的自动化程度，西门子在7RW80装置上开发了负荷自动恢复功能（LR）。下面对该功能的实现进行详细的描述，并初步探索其在现场使用模式。

软件实现

1. 功能概况

负荷恢复功能分为4段，每段都有各自的参数

并可单独投退。每一段都可以通过低频保护来触发，而且每段都可以根据用户需要设定合闸某一段或某几段开关（此处可以通过负荷恢复的一段合闸启动多个出口继电器，或者一个出口继电器连接多个开关的合闸回路，但需要考虑继电器节点容量，如果容量不够，可以通过加中间继电器来实现）

当低频保护某段动作后，会激活（LR 触发）设定的对应段的负荷恢复功能，如果同时不只1段被激活，则4段的优先级是LR4>LR3>LR2>LR1。在某一时刻只能有一段负荷恢复功能处于激活状态。当该功能被激活后，无论那一段处于激活状态，负荷恢复功能均开始监控频率采样（即处于LR 处理中），一旦频率恢复到满足定值要求并经过一定延时，负荷恢复功能会发出合闸命令。如图1所示。

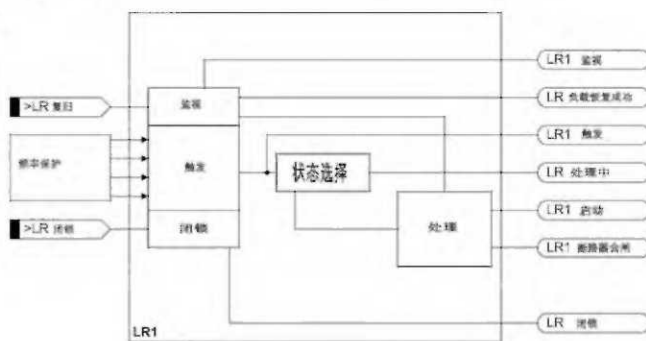


图1 系统原理

2. 单次合闸逻辑

以负荷恢复一段LR1为例。考虑到频率上升过程可能不连续,存在以下3种情况,如图2所示。

1) 当频率恢复到大于两定值“LR1 触发+LR1 启动”之和时,计时器“LR1 t 启动”开始计时,如果在计时这段时间内,频率始终满足条件,则经过此延时后发出合闸命令,并触发计时器“LR1 t 合闸命令持续时间”来限定最大合闸命令持续时间。

2) 如果在计时这段时间内,频率又小于两定值“LR1 触发+LR1 启动”之和时,但继续大于两定值“LR1 触发+LR 返回”之和时,计时器“LR1 t 启动”停止计时,并保持计时时刻,而同时计时器“LR1 t 返回”开始计时。

如果在计时器“LR1 t 返回”时间之内,频率又恢复到大于两定值“LR1 触发+LR1 启动”之和时,计时器“LR1 t 启动”继续计时,计时器“LR1 t 返回”停止计时并保持计时时刻。

如果在计时器“LR1 t 返回”时间之内,频率始终未恢复到大于LR1 触发+LR 启动之和,则在计时器“LR1 t 返回”时间用尽时,复归计时器“LR1 t 启动”,程序等待下一次频率满足条件。

如果在计时器“LR1 t 返回”时间之内,频率波动较大,会在上面两种情况下来回切换,最终是否发合闸命令取决于两个时间计时器“LR1 t 返回和LR1 t 启动”,如果计时器“LR1 t 启动”先用尽,则发合闸命令,如果计时器“LR1 t 返回”先用尽,则复归计时器“LR1 t 启动”,程序等待下一次频率满足条件。

3) 如果在计时这段时间内,频率不仅小于两定值“LR1 触发+LR1 启动”之和,而且小于两定值“LR1 触发+LR 返回”之和,则直接复归计时器“LR1 t 启动”,程序等待下一次频率满足条件。

3. 多次合闸逻辑

因为考虑到负荷恢复后可能造成频率的再次降低,以至于低频保护再次动作切除负荷,然后频率又开始上升,负荷恢复又动作……为了避免低频减载和负荷恢复的循环往复,可以设定最大允许的循环次数,每一次负荷恢复功能被触发,循环次数加一,当达到最大循环次数时候,负荷恢复功能被闭锁。

当一个负荷恢复循环结束,会触发一个监视时间,如果在该段时间内没有发生故障,则认为

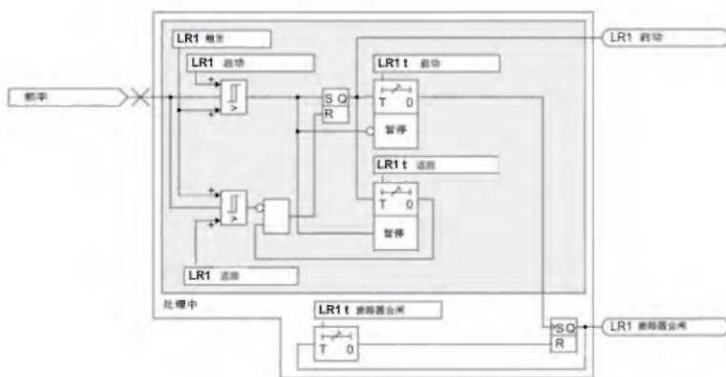


图2 单次合闸逻辑

该段负荷恢复循环结束。如果同时有多段负荷恢复被触发,则依据优先级先后逐段地恢复负荷,只有在所有的段均恢复结束后,负荷恢复才成功。

如果在监视时间内发生除低频保护外的其他保护故障,则负荷恢复功能被闭锁。如果在该时间内发生低频故障,则负荷恢复功能再次被触发,循环次数加1,然后根据频率大小进入下一次循环判断。如图3所示。

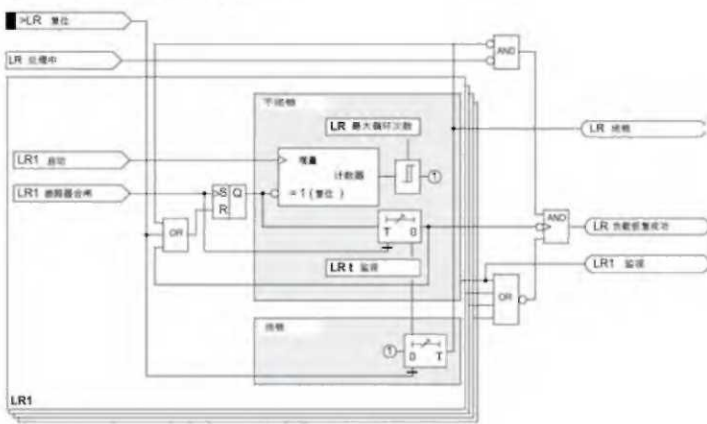


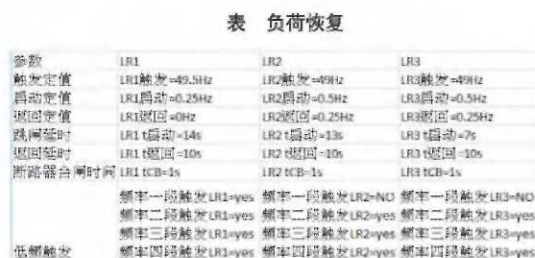
图3 多次合闸逻辑

4. 多装置并列运行

如果同一条母线上出线数目大于4条且用户需要设定负荷恢复级数大于4时,单独一台保护装置不能满足此类需求,故该功能支持多台装置内部互联扩充负荷恢复的级数。装置间通过开入和内部的控制逻辑结合实现高级数段负荷的低频减载后动作和负荷恢复先动作。如图4所示。

模拟现场试验和结果分析

首先进行参数设置。频率保护设置中,将



后发合闸命令。

当LR1发出合闸命令结束后,程序会进入LR1监视时间,如果在这段时间之内,没有发生任何故障,则在时间用尽时,发出负荷恢复成功的信息。

81-1 启动值设置为49.5 Hz,
81-2 启动值设置为49 Hz,
81-3 启动值设置为47.5 Hz。
负荷恢复如下表所示。

模拟现场试验用例如图5所示。

从上述例子可以看到,最初频率从50 Hz降低到低于低频保护一段定值49.5 Hz时,低频保护一段跳闸,同时负荷恢复功能一段LR1被触发,处于程序处理状态。

随后系统频率继续降低到低于频率保护二段定值49 Hz, 频率保护二段跳闸, 同时负荷恢复功能二段LR2, 三段LR3均被触发。因为负荷恢复的三段优先级最高, 所以一段被中止, 三段处于程序处理状态。

当频率又升到49.5 Hz时, 负荷恢复三段启动, 因为频率高于49.5Hz持续时间大于LR3启动延时, LR3发出合闸命令。紧接着, LR2处于程序处理状态, 因为在LR2的启动时间延时时, 频率又降低到LR2 启动定值以下, 但又高于LR2的返回定值, 这时LR2被暂停, 在LR2返回时间用尽前不复归。随后频率又恢复到49.5 Hz以上, LR2的启动时间延时继续计时, 但启动时间延时时用尽时, LR2 发出合闸命令。

接下来, LR1处于程序处理状态, 因为系统频率始终高于LR1启动定值, LR1启动, 启动延时

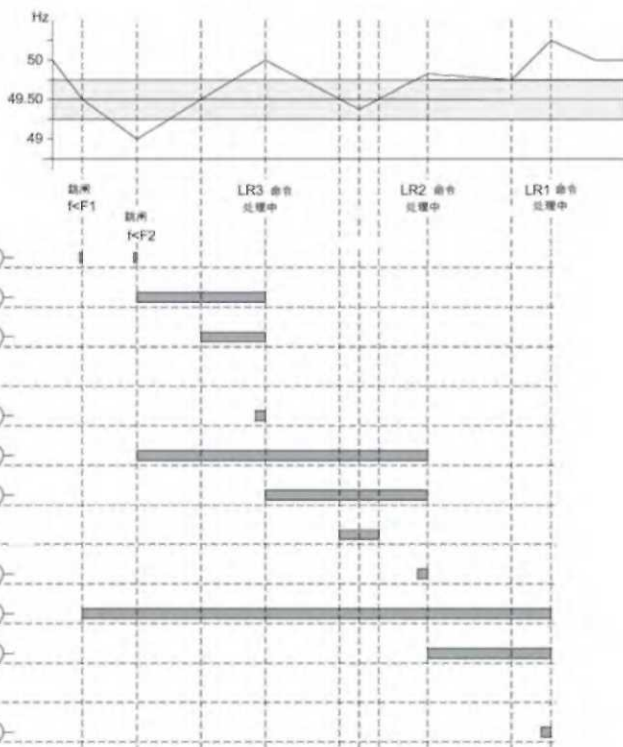


图5 频率波动情况和负荷恢复功能动作情况

结束语

从实验结果可以看出,负荷自动恢复功能能够实时跟踪频率的变化,配合频率保护,在频率上升到满足要求的第一时间,按照客户设定优先级依次投入相关负荷,既快速,又高效,把烦琐的人工操作变成事先计划设定和自动执行,防止人工操作错误等问题,能够极大地提高无人值守变电站的自动化程度,值得推广。**EA**

(收稿日期: 2014.08.14)