

[电网]

油田6 kV配电网中性点接地方式选择探讨

文/大庆油田电力集团 王力飞

随着油田6 kV配电网输电线路逐年增加和电缆线路比例增大,系统电容电流不断升高。当系统发生单相接地故障时,如不能尽快切除,容易建弧并造成相间短路。针对配电网中性点经电阻接地方式及经消弧线圈接地方式进行了分析比较,提出了大庆油田6 kV配电网中性点接地方式选择的建议,以提高配电网的安全可靠供电水平。

我国配电网普遍采用中性点非有效接地方式运行(不接地、经消弧线圈接地),即为小电流接地系统。单相接地故障时,三相仍保持对称且故障电流是线路的电容电流,接地电流小,允许继续运行1~2 h。目前,大庆油田配电网6 kV系统均为中性点非有效接地方式运行。除部分变电站6 kV系统采用中性点经消弧线圈接地的运行方式,其他普遍采用中性点不接地的方式运行。

随着油田配电网的不断发展,电缆线路的比例逐年上升、线路分支越来越多,使系统内的电容电流大幅度增加,目前某些变电站的6 kV系统电容电流已达30 A。当系统单相接地电流超过30 A时,建弧率会明显增大,在系统绝缘较薄弱时,极易使健全相绝缘闪络,造成两相接地短路,或直接由接地弧光而引发相间短路,导致故障范围扩大。因此,变电站中性点接地方式的选取成为保证配电网安全可靠供电的重要问题。

中性点接地方式的比较

配电网中性点接地方式,按运行需要可分为中性点经电阻接地、经消弧线圈接地、不接地及直接接地等。针对油田电网现状,下面重点讨论经电阻接地和经消弧线圈接地方式的优缺点。

1. 中性点经电阻接地方式

变电站主变压器6 kV侧线圈大多采用三角形接线,故通常采用一次绕组为Z型连接的接地变压器来引出中性点。以电缆线路为主的配电网通常采用低值或中值电阻接地。低值电阻发生单相接地故障后,故障相将通过很大的故障电流,对电气设备要求有很高的机械强度和高热稳定性,因此目前主要采用中值接地电阻方式。采用中性点经电阻接地运行方式主要有以下优点。

1) 可以有选择性地接地选线跳闸。中性点经电阻接地后,增大了故障点的接地电流,从而容易实现有选择性地跳开故障线路,以弥补小电流接地系统接地故障选线不可靠的缺陷。

2) 内部过电压大大降低。一是对于弧光接地过电压,中性点经电阻接地后,电网三相对地电容有了放电回路,能将积累的电荷泄掉,从而减少弧光过电压。二是对于电磁式电压互感器饱和过电压,中性点接有电阻后,相对固定了电网中性点电位,使之难以升高。同时,接地电阻相当于并联在三相对地电容上的旁路电阻,也就在谐振回路中附加了一个很大的损耗,阻尼过大,不会发展谐振,从而消除了这种过电压。

3) 对电容电流变化的适用范围较大,简单、可靠且经济。

不利因素为：油田电配网大多为单电源单回路方式，且架空线路或架空与电缆混合线路较多。当系统发生瞬间接地故障时，降低了供电可靠性。

2. 中性点经消弧线圈接地方式

配电网中性点经消弧线圈接地是利用消弧线圈的感性电流补偿接地点流过的电网容性电流，使故障电流小于10 A，电弧自熄，熄弧后故障点绝缘自行恢复。目前国内运行的消弧线圈分手动调节和自动跟踪补偿两类。前一种手动调节时，消弧线圈需退出运行，且人为估算电容电流值，误差较大，现已较少使用；后一种能自动进行电容电流测量并自动调整消弧线圈，使补偿电流适应系统的变化，现一般都选择该种消弧线圈。

采用中性点经消弧线圈接地运行方式主要有以下优点。

- 1) 减少系统弧光接地过电压的概率。
- 2) 系统可带故障运行一段时间。
- 3) 降低了接地工频电流（即残流）和地电位升高，减少了跨步电压和接地电位差，减少了对低压设备的反击以及对信息系统的干扰。

采用中性点经消弧线圈接地方式存在的主要问题如下。

- 1) 在以电缆线路为主的配电网中，有的电容电流可超过30 A、甚至达100 A，消弧线圈需要的容量很大，采用经消弧线圈接地具有一定的局限性。
- 2) 采用中性点经消弧线圈接地的方法较难抑制电容电流。其基本原理是利用单相接地产生的零序电压，使消弧线圈出现电感电流，与线路电容电流的相位相反，来抵消电容电流，使残余电流小于10 A，但实际较难做到，主要原因是电缆长度在不断变化，很难及时调整消弧线圈的参数，以达到要求的配合度；消弧线圈的过补偿应为10%，若电容电流大于100 A，则残余电流大于10 A，不能熄灭电容电流；无法抑制线路电容中的谐波分量，有些城市电网谐波电流占的比例达5%~15%，仅谐波电流就可能远大于10 A。

3) 采用中性点经消弧线圈接地方式，目前国内还没有找到能彻底解决接地选线困难的理论。

油田配电网中性点接地方式选择的分析

1. 供电可靠性因素的影响

根据我国供电可靠性管理的有关规定，判断供电可靠性高低主要有3个指标：停电频率、停电

持续时间及减少供电量。

众所周知，配电网中性点不接地或经消弧线圈接地方式与中性点经电阻接地方式比，最大的优点是在发生单相接地故障时，如果是瞬间故障，则故障可自行消除；如果是永久性故障，该系统可带单相接地故障运行2 h，获得足够的时间排除故障，以保证对用户的不间断供电。

但这一优点在以电缆为主的配电网系统中并不突出。电缆故障的原因，主要是绝缘老化、电缆质量和外力破坏等，一般都是永久性故障。从实际运行情况看，在中性点不接地或经消弧线圈接地方式下，单相接地故障引发的相间短路故障较多，反而扩大了停电范围。尤其是当发展为母线短路故障时，相当于变压器出口短路，对系统和运行设备的冲击很大。因此，对于以电缆供电为主的变电站采用中性点经电阻接地，不会对供电可靠性造成多大影响，在某些方面对供电可靠性的提高反而有益。

另外，对于部分变电站6 kV出线已经较多，一些出线接带的又是开闭所，整个6 kV系统线路多达50多条，如开闭所中某条线路发生单相接地，接地选线的难度可想而知，选线时间将远超过规程允许的2 h。对于这类6 kV系统，如在开闭所侧采取中性点经电阻接地，直接跳开接地线路，将极大地缩短故障时间，防止事故扩大，保证系统的安全、可靠运行。

2. 继电保护因素的影响

如中性点经电阻接地，对单相故障而言，故障电流增大，并有零序电流产生，因而保护配置应增加零序保护，保护配置宜采用不同时限的零序电流保护。保护配置还应考虑以下几点。

1) 配电线路采用零序电流互感器和反映工频电流值的零序电流接地保护作为单相接地主保护，作用于跳闸。

2) 零序 CT尽量采用套在三相电缆上的单个CT方式，以避免3个CT的误差和饱和差异所造成的不平衡电流。

3) 保护的配置可以通过时间进行配合，使故障范围缩到最小。

3. 人身安全性因素的影响

从保护人身安全方面考虑，中性点不接地或经消弧线圈接地系统由于在发生单相接地时不立即跳闸，对误碰带电线路且不易立即脱离电源的人会带来比较大危害，而对于中性点经电阻接地系统在发生金属性单相接地时，由于时间短、保

护能正确及时动作使触电人员立即脱离电源，所以尽管短路电流较大，但是给人身造成的伤害相对而言会较小。

4. 对断路器的影响

选择中性点不接地和消弧线圈接地系统，在发生单相接地故障时线路断路器不跳闸，改为中性点经电阻接地系统，在发生单相接地故障时线路断路器要跳闸，因而出现了“频繁跳闸，设备烧损”和“维修工作量增加”的担心。但根据我国城市配电网的长期运行经验证明是不会的。究其原因故障电流不大，单相接地故障入地电流限制在1~2 kA以内，断路器开断单相短路条件比开断相间短路的情况要好得多，不会引起断路器的烧损。而中性点不接地和消弧线圈接地系统，在单相电弧接地故障引发相间短路故障的概率是很高的。

结论及建议

确定电网中性点的接地方式是一个系统工

程，应该综合考虑供电可靠性、网络结构、过电压保护、绝缘配合、继电保护、人身安全和运行经验等有关问题。从实际出发，对各种接地方式进行技术经济分析，权衡利弊。针对大庆油田配电网现状，建议采取以下接地方式的选择。

1) 以架空线为主的辐射形配电网中，系统电容电流小于10 A的，继续保持中性点不接地运行方式。当电容电流增大时，考虑按规范要求改为经消弧线圈或经电阻接地的运行方式。

2) 以电缆为主的配电系统，当系统电容电流大于30 A，在条件许可的情况下，改为中性点经电阻接地运行方式。

3) 已经采取经消弧线圈接地的6 kV系统，应对系统电容电流的变化进行统计。考虑到电缆线路不断增加的趋势，当电容电流过大、补偿有困难时，考虑改为经电阻接地的运行方式。EA

(收稿日期：2016.01.09)

(编辑：刘群点)

(上接第85页)

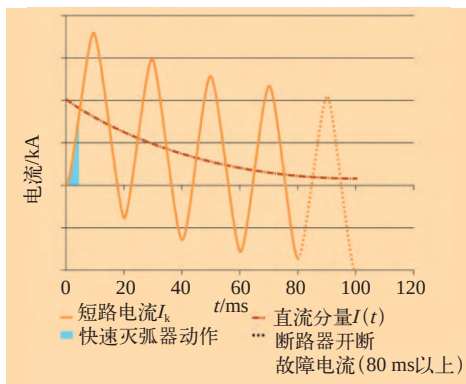


图2 快速灭弧装置的时间曲线

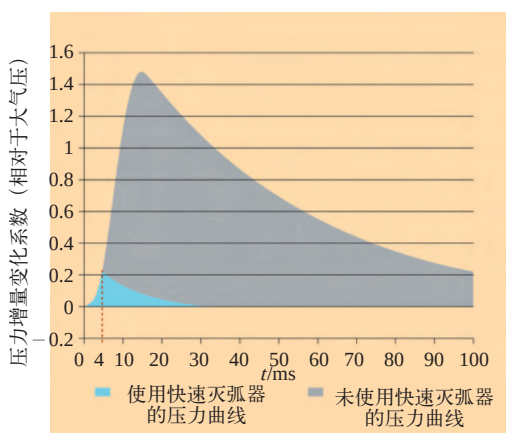


图3 快速灭弧后的柜内压力曲线

完全满足快速消除故障的要求。

快速灭弧装置的应用及分析

快速灭弧装置通过持续监测保护范围内的系统电流和弧光信号，迅速可靠地判断是否有电弧故障发生。如果装置判断电弧故障已经发生，检测控制装置将立即触发3个一次主元件动作，实现系统三相金属性接地短路。三相金属性接地短路阻抗远远低于电弧故障点的弧阻，大部分故障电流将流向一次主元件形成的短路点，故障点的弧压急剧降低，电弧无法持续而立即熄灭。最后，通过上级断路器开断来切除一次主元件处的短路故障电流。

从图2及图3可以看出，快速灭弧装置能够将故障电流尚未达到第一个峰值时切断，且在开关柜内产生极小的压力，基本上不影响柜体的正常使用。

结束语

AP1000核岛中压开关柜的内燃弧故障保护首选是快速灭弧装置。EA

(收稿日期：2016.03.17)

(编辑：刘群点)