



## 10 kV线路无功自动补偿装置的安全保护功能

广东茂名供电分公司 黄勇 阅读次数: 0

在农村配电网中,进行无功功率补偿,对提高功率因数、降损节能和提高供电质量有着非常重要的作用和意义。近些年,10 kV线路上的无功自动补偿出现了一些新的技术和产品,我局针对所属10 kV线路的特点,积极与设备厂家合作,开展这方面的应用。应用中,我们特别提出了相关的安全保护技术条款,与厂家共同探讨实施方案,并收到了较满意的效果。对此,我们有一些体会和收获,归纳整理出来与大家探讨。

### 1 农电10 kV配网系统无功补偿概况

对于农网主要使用的10 kV配网系统,完整的无功补偿应该包括变电站集中补偿、10 kV线路补偿和用户端低压补偿,再加上随机补偿,即“3级补偿+随机补偿”(“3+1”模式)。

目前,实际应用相对广泛的主要是在变电站的二次侧进行集中补偿,以及用户端的低压补偿。变电站集中补偿是在站内,室内环境,有人工值守;低压补偿虽然是户外环境条件下工作,但技术难度相对低一些。10 kV线路的无功补偿由于技术和环境等多方面的问题,只是有少量的线路实行了固定补偿,或人工控制补偿。显然,10 kV线路早期的这种补偿方法存在过补或欠补、人工劳动强度大等问题。通常,这种方法补偿电容器的容量只能配置线路平均无功缺额的30%左右,补偿效果很不理想。

根据线路运行状况,自动判别并实现10 kV线路无功自动补偿,是10 kV无功补偿技术和产品的发展方向。

近几年,随着科学技术的发展和相关专业厂家的努力研发,10 kV线路自动化的无功补偿装置逐渐开始应用。但实际应用中还存在着许多问题,有待提高和解决。

### 2 问题的提出

10 kV配电线路属于高压配电,其挂网设备的技术性和安全性要求也相对要高。无功补偿装置正是安装于线路中的某个位置(即某号杆,单杆或双杆架设),野外环境,长年累月挂网运行,同样,可靠性和安全性要求极高。

2000年,一家国外知名公司在中国展出了他们的10 kV线路无功自动补偿装置。可以说,至此,10 kV线路无功补偿的自动化设备正式亮相。尽管国内曾有过这方面的很多尝试,但毕竟,国外的先进产品带来了新的启迪,推进了国内厂家研发的步伐。然而,国外这些产品并不能大范围地直接应用在中国的电网上,问题就在于缺乏安全保护措施。

发达国家的电网环境相对要好得多,用电户,特别是特殊的工厂,都在与输送电网之间采取了隔离措施,阻止可能影响输送电能质量的各种情况发生,使得电网很“干净”。而中国电网的情况就差很多,存在许多影响电能质量的不利因素,相当于电网受到了“污染”。

事实上,在后来出现的类似产品的应用中,使得产品的安全保护功能显得尤为重要。据掌握的信息,以及我们自己应用的实践经验:缺乏安全保护措施,或者安全保护做的欠缺,都使得设备损坏率高,正常工作周期一两个月,甚至更短。又由于设备工作在野外,发生故障时不易及时发现,造成长期停运,而失去补偿作用。故障严重时,还可能殃及其它设备。

因此,保证设备自身的高可靠运行和安全保护是十分重要的,也是产品设计很重要的一个方面,是我们使用方必须要求的指标。

从哪些方面考虑和增强安全保护措施呢?要考虑周围环境,如高低温、潮湿、雷雨,以及空气污染、废气盐雾等等

客观条件，也要考虑电网自身状况，如电压高低、三相电流平衡、谐波、浪涌冲击，以及用电高峰低谷，甚至特殊的异常现象等等。

设备应该具备相当的识别技术和保护措施，除了具备智能化控制外，还应具备如飞机“黑匣子”一样的功能，记录线路运行的参数和动作记录，为整个线路运行提供相关的历史数据和参考资料。

### 3 10 kV线路无功自动补偿装置安全保护综述

作为应用方，我们从应用的实践经验和体会，介绍各项安全保护措施，至于各项措施的技术原理和设计指标不是本文的重点。

#### 3.1 安全挂网方式

10 kV线路无功自动补偿装置是一台（套）电力设备，但从安装施工、配套设施来说，每一个补偿点都是一个系统。应该考虑的是：

##### 3.1.1 装置的重量以及单、双杆架设

早期简单的分装式（无箱体）补偿装置是单杆架设，安装在杆的上部；后来随着功能完善，设备配套件增多和防尘防雨的需要，发展了箱体式，采用双杆架设，安装在电杆中部，最低端距地面至少2.5 m。杆上架设设备的重量国家有规定可供参考。

##### 3.1.2 A、B、C三相向装置引线的安全配套件

三相电接入装置前应该有跌落开关保护、避雷器保护，以及配套的横担、高压瓷绝缘子等。

##### 3.1.3 接地系统

应按照国家相关的标准规范埋设安全的接地系统，保证雷击电流和短路电流的瞬间对地导通，以免烧坏装置。

##### 3.1.4 设备箱体外要有安全警示，施工完毕应挂上标准的安全警示牌。

#### 3.2 补偿电容器组的自保能力

同样是满足10 kV高压规格的补偿电容器，但不同厂家和型号的电容器在是否有自身保护的特点上存在差别。建议考察厂家配套的补偿电容器是否具备内部熔丝和自放电阻，它具备并增强了整机的自保能力。

#### 3.3 补偿电容器三相外接保险

虽然装置与外接电网之间装有跌落开关对装置进行过流保护，但考虑到线路可能存在的复杂恶劣因素，以及跌落开关可能出现故障，就有必要在每台电力电容器组再增加一级保险。有的设备生产家在每台电容器组上加装了喷逐式高压熔断器，有斜拉式、立式等等，以此达到短路保护及对地短路保护。当某个电力电容器组发生故障时，其高压熔断器将会熔断，即该电力电容器组退出运行，而不会影响整个系统的安全工作。

#### 3.4 抑制电网干扰的安全保护配置

电网中可能会有一些特殊的负荷带来有害干扰，如轧钢厂的中频炉可能带来谐波干扰，采石场的大型碎石机可能带来浪涌冲击干扰等等，因此，应该考查补偿装置是否具备了抑制这些干扰的措施。基本方法是加装电抗器，可抑制10 kV线路上的低次谐波影响，既保护了补偿设备的安全性，又有利于线路输送电能的质量；加装浪涌脉冲吸收器，可抑制线路上的浪涌电流和瞬间电流对电容器组的危害，进而也保护了二次设备的正常运行。

#### 3.5 无损采集10 kV线路电流值

这里首先说明一下采集电流的作用：作为自动控制无功补偿装置，这里有一个控制模式的问题：如果采用电压控制模

式，即根据电压的高低作为判据进行控制，则无需采集电流信号，仅采集电压信号即可，但它不能完全反映线路无功的缺额，会出现过补和欠补的现象；如果采用无功控制模式，即根据无功缺额量的多少作为判据进行跟踪控制，则除了采集电压信号外，还必须采集电流信号，即可通过控制器的计算机计算出无功量，跟踪无功缺额大小来实施控制，就不会出现过补和欠补的现象。

采集电流信号较为成熟的是利用穿芯式电流互感器，但必须剪线，而且，剪线串接会增加线电阻，容易出现结点故障，又浪费电能，因此，应用方大都不愿意剪线，特别是新改造的线路，而且，它的施工也较为复杂。由于电子和传感器技术的发展，有些厂家研制出了非接入式电流互感器，只需要将相线平行固定在互感器瓷绝缘子的凹槽里即可感应得到电流信号。因此，如果选择了以无功控制模式的无功补偿装置，又不希望剪线，就应该慎重考查配套的电流互感器。

这种非接入式电流互感器的高精度、高灵敏度已经能够满足要求，它的应用保证了高压线路的完整性。

### 3.6 执行开关的掉电保护

装置的控制器的投切开关将电容器并入或退出电网，其投切开关有多种形式，不同设备厂家选型也不一样。目前，应用较为成熟的是真空类开关。对各类开关的技术指标要求是必需的，但其是否具备掉电自动分闸功能是非常重要的。如果电网突然停电，恰好开关合闸使得电容器正并在电网上，而开关不能够因掉电而自动分闸，当再次来电时电容器就是直接挂在网上，这就很危险。因此，建议采用电保持式的真空接触器。

### 3.7 控制器抗干扰保护

控制器是在低压条件下工作，特别是大量的计算机、数据芯片和集成电路，在直流电压下工作。除了较高的电源技术保证外，还应有防雷击浪涌和滤波器等保护功能。

### 3.8 控制器软件实现智能化识别、保护措施

利用传感器、感应装置、执行元件，结合先进的计算机技术和丰富的控制软件，对设备和电网运行数据进行采集、分析，实现智能化的控制和保护，是目前较为先进、全面、完善、最准确的识别、保护措施。

#### 3.8.1 三相不平衡电流保护

三相电流不平衡可能会对电容器造成损坏，或缩短其寿命。安全保护功能相对完善的产品对此也做了精心的设计，对进入柜体的A、B、C三相一次线电流进行采样，再将采集的三相电流信号送入控制器，经计算机计算分析，如果三相不平衡电流超过警戒值，则屏蔽投切开关的指令，不允许电容器并入电网。运行中检测到不平衡现象，应立即切除开关，退出运行。

#### 3.8.2 欠电压保护功能

通常，启动投切开关动作是靠电压互感器感应的电压信号。比如，10 kV经过电压互感器后得到230 V，以此作为控制其电源外，还作为启动像真空接触器这样的投切开关。如果电压过低，真空接触器将不能正常动作，会损坏开关和电容器组。控制器会设定一个欠电压门限值，电压低至门限值时，使开关分闸，电容器组退出电网，并禁止合闸操作。当电压恢复正常后，控制器重新判定、重新启动控制投切开关动作。

#### 3.8.3 过电压保护功能

电网电压过高，如果电容器被并入电网，电容器组的使用寿命将会降低。过压保护功能是在电压高于上限设定值时，控制器指令投切开关立即分闸，使电容器组退出电网，并禁止合闸操作。当电压恢复正常后，控制器重新判定、重新启动控制投切开关动作。

#### 3.8.4 防冲击抗干扰功能

控制器应具有防冲击抗干扰功能，系统有滤除低次谐波和抗浪涌吸收瞬间脉冲干扰措施，在电压、电流信号有冲击或干扰时，控制器应能够正常运行，并不立即输出分/合闸信号，而是经过一定的时间延迟，确定是否真正需要分/合闸

时，再进行动作。

### 3.8.5 断电保护

控制器是整个系统的核心，高一级的控制器会不断记录存储运行中的数据，并形成表格曲线。在断电情况下，应能够将当前和此前所记录的历史数据将会自动长期保存，避免数据丢失，起到了黑匣子的作用。

另外，控制器重新加电后，应首先自动进行自检，判断开关的分/合闸位置，然后再进入自动控制状态。

### 3.8.6 延时保护

电容器退出电网后，应避免立刻又合闸开关，即要防止电容器组频繁进退电网，这对电容器会带来危害。要求控制器指令分闸后，应经过一段设定的时间延时（留够电容器放电时间，如300 s），在这段时间内软件应禁止合闸，防止电容器组在切除后没有放电至安全电压就投入运行，危害电容器组。

### 3.8.7 过流保护

控制器应对电容器组的每相电流实时监测，并设过流保护值。当某相电容器组损坏电流过大时，应立即分断电容器并禁止合闸操作。

### 3.8.8 其它多重保护

防止逆功率操作；

合分闸安全闭锁功能；

具有日合闸次数限制和防振荡互锁功能。

## 3.9 柜体的防护措施

对于南方沿海气候，柜体应采用不锈钢材料，紧固件也最好采用不锈钢或防锈材料；

柜体应具备合理的循环通风孔，特殊地域还应具备自动温控排风功能；

防雨。

## 4 结束语

配电线路的无功自动补偿装置在户外安装，环境恶劣且无人值守，因此，完善的保护功能是无功自动补偿装置挂网安全运行的关键。在项目实施过程中，应该较为全面地考虑装置的安全保护功能，以保证设备安全、可靠、长期运行。

### 参考文献

[1] 范舜，韩水. 配电网无功优化及无功补偿装置. 中国电力出版社.

[2] 靳龙章，丁毓山. 电网无功补偿实用技术. 中国水利水电出版社.

来源：《农村电气化》

看后感：

发表看法：姓名： 匿名：



指导部门：原国家经济贸易委员会电力司

主办单位：农村电气化期刊社(中国电力企业联合会农电分会、中国电机工程学会农村电气化分会)

北京天衡可再生能源有限责任公司

承办单位：北京天衡可再生能源有限责任公司



联系方式： 电话：010-87581178 传真：010-87581052