

小水电发供分离的技术原则分析

朱泽忠¹, 彭自友², 梅咏武², 叶锋图²

(1. 梅州市嘉安电力设计有限公司, 广东 梅州 514000; 2. 广东电网梅州供电局, 广东 梅州 514000)

摘要: 介绍小水电并网对配电网的影响, 指出对小水电进行发供分离, 可从根本上解决发供共线造成的过电压问题, 认为小水电发供分离能有效提高配电网供电可靠性, 降低小水电引起的电压波动对配电网的影响, 明确了小水电进行发供分离的技术原则。

关键词: 小水电; 发供分离; 电压质量; 电压调节

中图分类号: TM763

Analysis of Technical Principles for Separation of Small Hydropower Generation and Supply

ZHU Zezhong¹, PENG Ziyu², MEI Yongwu², YE Fengtu²

(1. Meizhou Jia'an Electric Power Design Co., Ltd, Guangdong Meizhou 514000, China; 2. Meizhou Power Supply Bureau of Guangdong Power Grid, Guangdong Meizhou 514000, China)

Abstract: This paper introduces the impact of small hydropower grid connection on distribution network. It is pointed out that the separation of small hydropower generation and supply can fundamentally solve the overvoltage problem caused by the co-line of generation and supply. The separation of small hydropower generation and supply can effectively improve the power supply reliability of the distribution network and reduce the voltage fluctuation caused by small hydropower. The technical principle of separation of power generation and supply for small hydropower is clarified.

Keywords: small hydropower; separation of supply and delivery; voltage quality; voltage regulation

小水电作为一种无污染、可循环利用的能源, 投资少、技术成熟、开发成本较低。但小水电的大量接入, 对配电网的供电可靠性、线损、电压质量等方面带来影响。对小水电进行发供分离, 能有效提升配电网线路的供电可靠性, 对配电网的电压调节, 也具有明显优势。

1 小水电接入对配电网的影响

1.1 设备运维方面的影响

小水电一般地处偏远, 分布较为分散, 通常处于地区负荷较低、经济相对欠发达地方, 一般在配电网线路中间或末端接入系统, 运维难度大。

1.2 对供电可靠性的影响

小水电大多以 T 接方式接入现有的配电网, 使得现有配电网结构变成了较为复杂的多电源网络结构。当线路故障时, 直接重合闸将给上网水

收稿日期: 2022-12-15

电机组造成冲击, 影响系统稳定。线路跳闸后, 短时间内上网小水电与线路上用户孤岛运行, 当水电出力大于用电负荷时, 易出现高压、高频的情况, 直接影响电用户的设备安全, 甚至导致用电设备烧毁。

小水电站由于运行维护质量不到位, 设备水平差, 易导致全线用户停电事故的发生, 严重影响配电网的供电可靠性。

1.3 对电压质量的影响

一些小水电并网时与配电线路发供共线, 就近接入。在水电资源丰富的地区, 丰水期水电大发, 当水电出力大于用电负荷时, 小水电发出的电能无法就地平衡, 为保证电能顺利送出, 电站通过提高上网电压来抵消线路上的压降, 导致线路电压抬高。枯水期时, 小水电机组出力大大降低, 且由于部分线路长、线径小, 导致线路末端电压偏低。

1.4 对线损的影响

小水电接入对配电网的线损影响主要有以下几点：（1）当小水电出力小于线路用电负荷时，上网线路功率损耗最小。因为小水电上网电量可以就近消纳，线路上潮流降低，线损也随之下降。

（2）当小水电出力大于线路用电负荷时，多余电量将上送至配电网，导致线路损耗增加，所增加的损耗就是向系统送出的潮流所产生的功率损耗。

（3）当小水电出力大于线路用电负荷时，且无功出力不足时，线路上产生的功率损耗将增大。当发电机从系统吸收大量无功时，线路产生的线损也越大。

2 小水电发供分离的优势

2.1 有效提升配电网的供电可靠性

通过小水电发供分离，当小水电出现故障，自动化开关将动作，对故障自动隔离，避免故障影响用电安全。据统计，2021年梅州有124座小水电出现故障，影响中压线路48回，故障停电影响用户数为14383户，其中，中压用户187，低压用户14196。故障的小水电中，已经完成发供分离的有86座，计划“十四五”期间完成38座。已经实现发供分离的小水电，再未出现故障导致用户停电事故。

2.2 有效解决线路过电压

小水电发电线路与用电线路被分离开，将根本解决发电与供电共线导致的过电压问题。当线路故障跳闸，通过安装自动化断路器，小水电过电压保护动作，小水电及时与电网解列，避免由于发电机内电势导致机端电压过高，保护线路用电设备安全。

2.3 有助于降低线损

小水电通过新建线路，实现支线局部发供分离，新建线路有效解决了线路残旧、线径过小等问题；且新建线路一般位于负荷中心，发电线路与供电线路分开后，可促进小水电出力与用电负荷相匹配，从而达到降低线损的作用。

3 小水电发供分离原则

3.1 总体原则

对新建并网的小水电，在签订并网协议、调度

协议时，明确小水电须安装电压频率综合切机装置。对存量的小水电，结合配网自动化建设，要求小水电进行改造，确保线路故障跳闸时小水电可靠切机。对于小水电较多的地区，接入中压线路时，应优先考虑将小水电集中在一条分支线或专线上网，支线首端安装自动化断路器，实现分支线发供分离。对于已经接入且故障较多的小水电，须在线路合适位置安装具备保护功能、配置双侧TV的自动化断路器装置，有效隔离小水电故障。

3.2 发供分离技术原则

与周边现有线路资源或新建线路调整网架，通过建立独立的发电线路与独立的供电线路，实现主干线发供分离。如图1所示。

新建或利用现有支线将小水电集中到一条支线，水电支线安装自动化断路器，并尽量调整至线路末端，实现支线局部发供分离。如图2所示。

在无法实现支线发供分离与主干线发供分离、线路上的用电台区无法转移到其他公用线路上的前提下，直接设置自动化断路器实现发供分离。当线路上小水电出力小于用电负荷，且水电站数量较少，可考虑在水电站接入端安装自动化断路器。当线路上水电出力大于用电负荷，线路主要以水电发电为主，可考虑在公用台区接入端加装自动化断路器。当小水电满载情况下其出力仍小于线路负荷最小负载时，经过技术经济性论证，小水电故障时对整个电网冲击较小，不会引起电网故障，可考虑不实现发供分离。

打破属地运维思维界限，以提升供电可靠性、降低线损为共同目标，将小水电接入靠近负荷的区域，直接设置自动化断路器实现发供分离，促进小水电消纳，有利于降低原线路的损耗。

通过新建线路，线路侧重于从负荷较重的母线出线，根据小水电与负荷分布情况，综合考虑采用新建线路实现主干线发供分离或者新建线路割接负荷后，实现局部发供分离。

3.3 小水电发供分离降低线损原则

影响10kV线路损耗的主要因素为电压水平、供电半径、线径大小、负载率、运行年限、线路运维。降低线损从以下几方面考虑：

合理调整小水电上网功率因数。当负荷水平较低时，水电站应提高功率因数运行；当负荷水平处

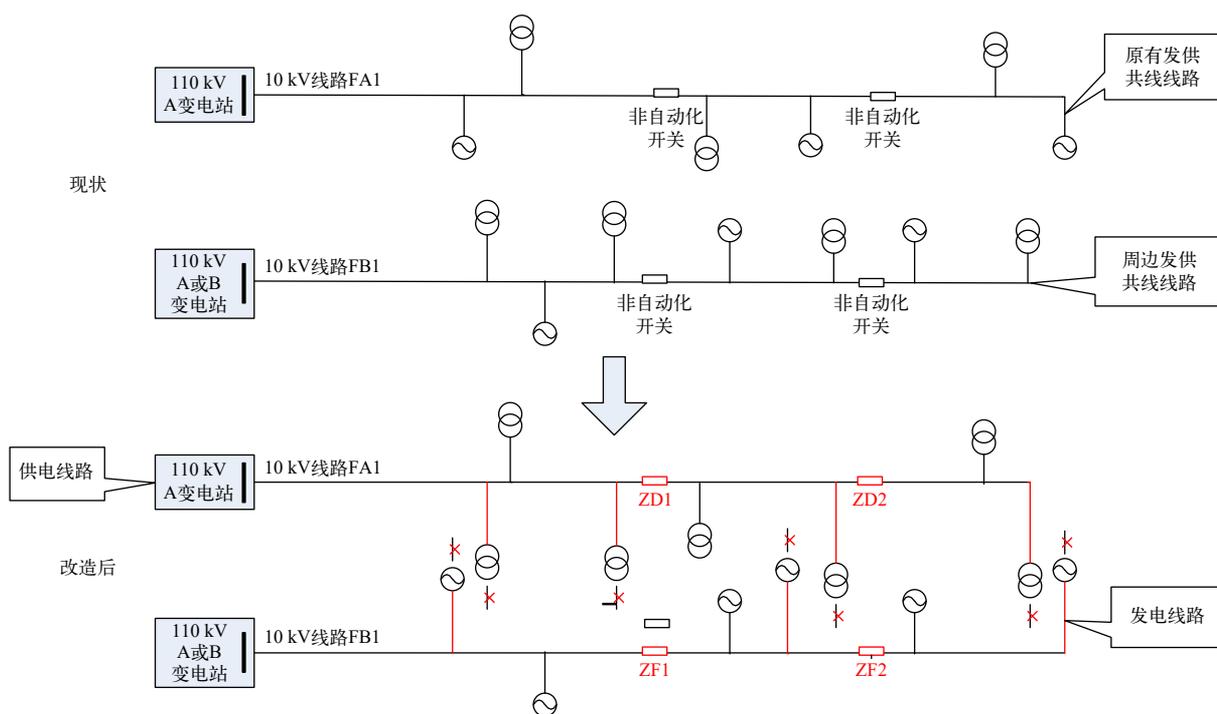


图1 发电线路与供电线路独立

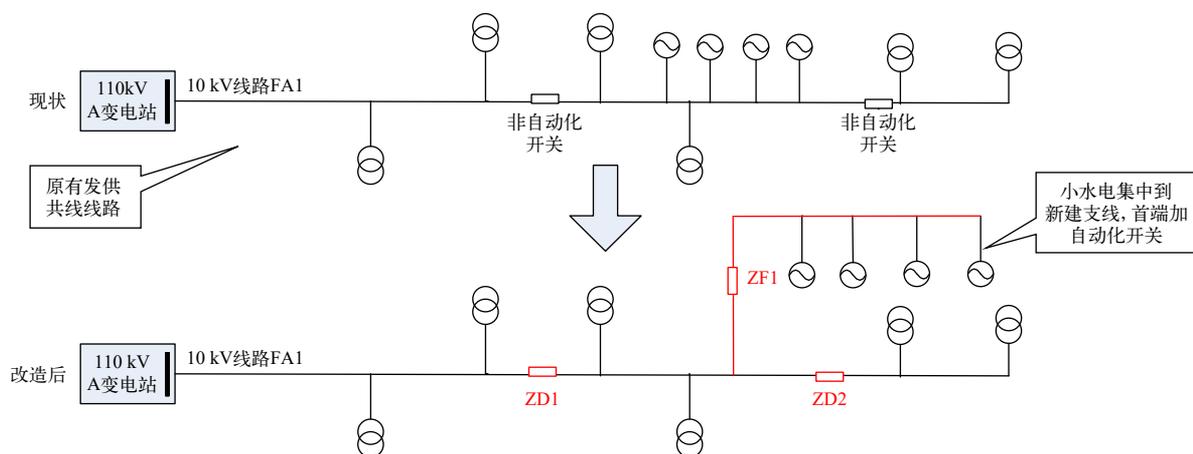


图2 小水电集中到一条支线并安装自动化断路器

于高峰时，水电站应降低功率因数运行，多发无功功率。

对残旧、线径过小的高损线路进行升级改造，通过降低上网线路的电阻达到降低线损的目的，该方法须综合考虑其经济性。

控制小水电发电出力。丰水期小水电出力大，当大于用电负荷时，多余电量倒送至电网，增加线路损耗。对于有调节能力的小水电，可在低谷时段限制小水电发电出力，减少倒送电量，降低线损。

严格把关小水电并网，并网点靠近负荷中心为

宜，保证小水电站的出力就近平衡。

3.4 小水电供电分离电压调节原则

3.4.1 并联无功补偿装置调压

在枯水期大负荷场景下，可在线路安装电容器来补偿无功，减小线路中的无功传输，通过无功就地平衡来调节电压。在丰水期小负荷场景下，小水电有功倒送严重，可在小水电站内安装并联电抗器，通过吸收配电网的无功，抵消倒送的有功在电阻产生的压降来调节电压^[3]。

3.4.2 更换导线截面调压

通过增加导线截面，降低线路阻抗值，减小线

路的压降，达到调压的目的。但是该方法存在以下问题：增加导线截面经济性较差；有的配电网线路负载较轻，在枯水期小水电出力较小，原线路满足系统要求前提下，更换导线造成资源浪费；造成长时间停电，影响用户用电稳定性需求^[3]。

3.4.3 调节变电站母线电压调压

配电网线路过长，线路会产生电压降，导致线路末端电压过低，因此通常将变电站的母线电压调高至 10.5 kV。小水电接入配电网后，在枯水期大负荷场景下，仍可通过调高母线电压解决线路末端电压偏低问题。在丰水期小负荷场景下，降低变电站母线的电压至 9.5 kV，可抵消小水电并网造成的电压偏高^[3]问题。

4 结论及建议

4.1 主要结论

通过小水电发供分离，避免线路故障时直接重合闸对上网水电机组造成冲击，影响系统稳定；有效避免小水电故障，降低对用户正常用电、线路供电可靠性造成影响。

小水电发供分离的实现，配电网原有发电线路与用电线路共线问题将得到有效解决。当线路电压升高，小水电过电压保护动作，及时与电网解列，避免由于发电机内电势导致机端电压过高，保护用电设备安全，有效解决过电压问题。

小水电发供分离有利于优化线损，通过合理的源荷平衡、合理优化接入点，一定程度上避免小水电接入带来大量发电性质的线损，同时发供分离结构的完善也能快速恢复非故障影响水电线路的送电，促进绿色能源消纳。

4.2 存在问题及建议

4.2.1 运行管理方面

对生态环境产生破坏、管理水平不高、自动化程度较低、装机容量偏小，水能利用率较低、建筑物老化、设备陈旧、效率低，不满足政府规定的可以保留的小水电，应按要求实施整改，甚至拆除。政府应提供技术指引，采用先进技术和先进设备提高小水电站可靠性和管理水平，增加电站效益。

加强并网线路的运维，对于残旧、线径过小的线路进行改造。

4.2.2 技术方面

对于新增并网小水电，严格按照技术导则要求进行并网审查，在签订并网和调度协议时，明确小水电须安装电压频率综合切机装置，在线路合适位置安装具备过电压、高频解列等保护功能的自动化断路器装置，配置双侧 TV，可靠隔离小水电。

大部分小水电位于偏远山区、中压线路末端，新建线路实现局部发供分离造价高，可实施性较差，只能通过直接增加自动化断路器实现发供分离。

有的小水电容量较小，地理位置偏远，单独立项准入条件不足，且增加自动化断路器经济性较差。建议结合网架完善、配电自动化改造等项目同步实施发供分离改造。

部分容量较小的水电站，目前处于停产状态，没有明确的退出意向，进行发供分离的经济性差。应明确小水电业主的经营意向，确定是否保留小水电，且是否满足政府规定的小水电保留的相关要求，不满足的按照政府整改要求进行整改，结合中压配电网规划项目同步实施发供分离改造。

参考文献

- [1] 养剑. 分布式小水电接入对配电网的影响[D]. 华北电力大学, 2013.
- [2] 陈伟图. 农村小水电上网对配电网线损的影响研究[D]. 长沙理工大学, 2011.
- [3] 孙元. 含小水电接入的区域配电网电压问题分析与优化控制研究[D]. 东南大学, 2015.
- [4] 孙元. 含小水电接入的区域配电网电压问题分析与优化控制研究[D]. 东南大学, 2015.
- [5] 李萌. 碳中和目标下中国小水电价值评估与发展战略转型[J]. 北京工业大学学报, 2015, 22(2): 86-104.
- [6] 姜富华, 杜孝忠. 我国小水电发展现状及存在的问题[J]. 中国农村水利水电, 2004, 12(3): 82-86.
- [7] 秦晓军. 小水电的分布式电源属性[J]. 农村水电及电气化, 2008, (3): 8-9.

作者简介

朱泽忠(1989—)，男，硕士研究生，电力工程专业工程师，二级设计员，主要从事输电线路设计工作。

彭自友(1981—)，男，硕士研究生，电力工程专业高级工程师，电力调度高级技师，主要从事电网规划工作。

梅咏武(1986—)，男，大学本科，电力工程专业工程师，电网调度自动化运行值班员技师，主要从事配电网规划、智能电网规划工作。

叶锋图(1989—)，男，大学本科，电力工程专业工程师，通信网络管理员，主要从事配电网规划前期工作。

(责任编辑:袁航)