

光伏场区站用电系统的优化方案探讨

简要分析了光伏电站的光伏场区中几种常用的站用电方案，从损耗及可靠性角度进行了评估，提出了优化改进的站用电系统方案，并对其产生的经济效益进行了评估。

聂明 王强杰/上海电力设计院有限公司

0 引言

目前大中型兆瓦级光伏电站已成为光伏发电市场的主流。光伏电站的光伏场区一般划分为若干个相近容量的光伏方阵，每个光伏方阵配置一个逆变升压单元，即逆变器和升压箱式变压器（以下简称箱变）。为增加运行的可靠性，逆变升压单元一般会配置独立的外供控制电源，作为光伏场区站用电系统的电源。

光伏发电市场发展初期，一些光伏电站的光伏场区站用电系统方案为中压专线供电，即采用10 kV（或35 kV、6 kV）架空线或电缆从外部电网接入光伏场区，作为光伏电站站用电系统的电源。

另一种光伏场区站用电系统方案为箱变低压侧供电，即在箱变低压侧设一自用变压器（以下简称自用变）回路，降压为380/220 V，作为光伏场区站用电系统的电源。

上述两种方案在可靠性和投资上各有利弊，其中后一种方案已经成为目前的主流方案。但是箱变低压侧供电的方案需要箱变长期保持带电运行，而在夜间光伏电站不发电时，箱变带电运行会产生空载损耗和无功消耗，降低了光伏电站的经济效益。若在夜间关停箱变，白天再投运，同时保持高压侧出

线端口为带电状态，直接在高压出线端口取电，作为光伏场区站用电系统的电源，则既能增加光伏场区站用电系统的可靠性，又能减少光伏电站的自用电损耗。

1 光伏场区站用电系统常用电气接线及评估

光伏电站主要分为光伏场区和开关站（或升压站）两个部分。其中光伏场区可划分为若干个兆瓦级光伏单元，各自配置逆变升压设备，由箱变升压后在高压侧以电缆或架空线进行连接，形成若干个光伏进线回路并接入配套开关站。

根据GB 50797—2012《光伏发电站设计规范》的8.3.3条，站用电工作电源引接方式应符合下列要求：①当光伏电站有发电母线时，宜从发电母线引接供给自用负载；②当技术经济合理时，可由外部电网引接电源供给发电站自用负载；③当技术经济合理时，就地逆变升压站用电也可由各发电单元逆变器交流出线引接，但升压站（或开关站）站用电应按本条的第1款或第2款的方式引接。

光伏电站的站用电系统主要包括开关站（或升压站）的站用电系统和光伏场区的站用电系统。上述规范条文全部适用于光伏场区的站用电系统，而引言所描述的两种方案分别对应上述规范的第2款和第3款。

对于光伏场区站用电系统电源引接自外部电网的方案，需要单独敷设10 kV线路，且每个光伏方阵处都要配备一台容量约为15 kV·A的降压变压器，降压为



聂明/工程师

关键词/Keywords

光伏发电·
站用电·
大容量电压互感器·

0.4 kV后作为站用电系统的电源。这种方案由于采用专线供电，站用电电源与光伏发电系统相对独立，可靠性较高。但是本方案总体投资较大，且线路投资费用远高于变压器采购费用。此外，10 kV线路若采用架空线，也可能对光伏组件造成阴影遮挡，目前很少采用这种光伏场区站用电系统方案。

光伏场区站用电系统电源引接自箱变低压侧的

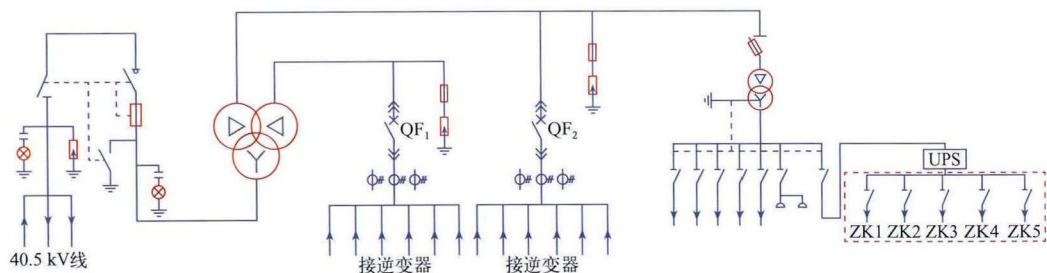


图1 站用电系统示意图（电源引自箱变低压侧）

正常运行时，由自用变给上述负载供电。在发生故障时，高、低压侧开关会跳闸保护，故障排除后需要再重新合闸投运。由于箱变已跳闸失电，自用变也处于失电状态，可以通过UPS供电，由箱变测控及高、低压侧开关设备实现远程合闸。从而减少了停电中断时间，减轻了运行和维护工作量。但是UPS的容量一般为2~5 kV·A，UPS在故障阶段的持续时间只有1 h左右，严寒等恶劣环境下持续时间更短，因此本方案的可靠性有限。

光伏电站正常运行时，箱变全天为带电运行状态。而在不发光的夜间，箱变的带电运行会造成空载损耗，并消耗无功电能，影响经济效益。以容量为1 100 kV·A的S11型双分裂绕组箱变为例，空载损耗 $P_0 = 1.5 \text{ kW}$ ，按夜间12 h计算，夜间（18:00~次日6:00）消耗电能约为 $W_0 = P_0 t = 1.5 \text{ kW} \times 12 \text{ h} = 18 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。空载无功损耗为 $Q_0 = I_0 \% S_n = 6.5 \% \times 1 100 \text{ kvar} = 71.5 \text{ kvar}$ ，夜间消耗的无功电能约为 $E_0 = Q_0 t = 71.5 \text{ kvar} \times 12 \text{ h} = 858 \text{ kvar} \cdot \text{h}$ 。

2 一种新的光伏场区站用电系统方案设想

光伏电站在正常运行时，只要35 kV光伏进线

方案如图1所示，白天逆变升压单元用电由光伏发电逆变至交流后提供，夜晚用电由箱变降压后提供。箱变低压侧配置自用变回路，容量为5~15 kV·A，然后降压为380/220 V，引出若干馈线回路，用于箱变的照明、加热、风扇、除湿、检修插座以及不间断电源系统（UPS）等负载。其中UPS以下的馈线回路主要用于箱变测控装置和箱变高、低压侧开关设备的电动操作机构。

开关柜保持合闸状态，35 kV集电线路及箱变高压侧也会保持带电。根据GB 50797—2012《光伏发电站设计规范》的8.3.3条第1款的含义，光伏场区站用电也可以取自35 kV场内集电线路。若采用35/0.4 kV变压器，由于站用电系统的容量只需要10~15 kV·A，电压比大而容量小的变压器目前市场上难以采购或价格高昂。实际上电压互感器也具有降压功能，虽然容量一般在200 V·A以内，难以满足站用变电系统的负载需求，但是经改造或定制后可以成为站用电系统的电源引接点，如图2所示。

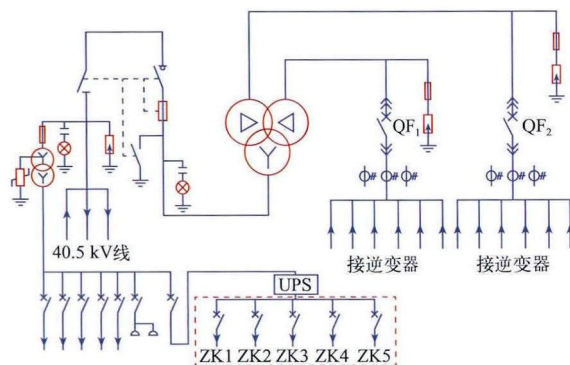


图2 站用电系统示意图（电源引自箱变高压侧）

电压互感器目前主要分电磁式电压互感器和电容式电压互感器。电磁式电压互感器的原理与

变压器相同,基本结构也是由铁心和一、二次绕组组成。特点是容量很小且比较恒定,正常运行时接近于空载状态。以某35 kV电压互感器为例,

电压比为 $\frac{35}{\sqrt{3}}/\frac{0.1}{\sqrt{3}}/\frac{0.1}{\sqrt{3}}/\frac{0.1}{3}$,额定容量为30 V·A/50 V·A/100 V·A。接线如图3所示。

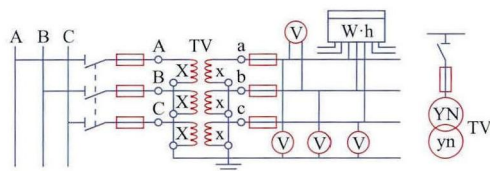


图3 电压互感器接线（电磁式 Yyn型式）

电压互感器的额定容量是指在最高准确度下的容量。若互感器所接负载的容量增大,准确度会降低。电压互感器的最大容量(极限输出容量)是指满足绕组热稳定条件下所允许的最大负载。当电压互感器按最大容量使用时,其准确度将超出规定数值。电压互感器的最大容量一般在1 000 V·A左右。目前市场上已出现了高容量的电压互感器,最大容量可达2 000 V·A,若提高容量至5 000 V·A就可以完全成为降压设备,实现从箱变高压侧取电。

电容式电压互感器的原理是由串联电容器进行分压,再经电磁式互感器降压和隔离。电容式电压互感器接线如图4所示。图中,A、N表示电容式电压互感器的一次绕组接线端子;a、n表示电容式电压互感器的二次绕组接线端子。通过串联电容分压后, $U_{BN}=C_2/(C_1+C_2)U_{AN}$ 。若将负载直接并联于 U_{BN} 处, U_{BN} 将会由于误差增大而无法作为电压互感器使用。为了克服这一个缺点,在电容 C_2 两端并联带电抗的电磁式电压互感器,组成电容分压式电压互感器,电抗可补偿电容器的内阻抗,电磁式电压互感器有两个二次绕组,第一个二次绕组可接负载,第二个二次绕组可接阻尼电阻 R_d ,用以防止谐振引起的过电压。电容式电压互

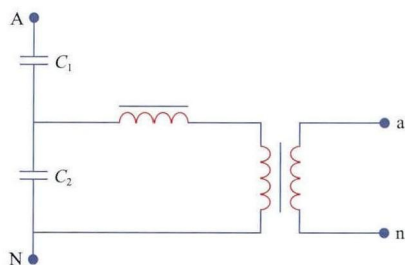


图4 电容式电压互感器接线

感器由于采用串联电容进行分压,减少了一、二次绕组电压比,降低了造价,推荐站用电系统从箱变高压侧取电方案中采用电容式电压互感器。

3 结束语

从箱变高压侧取电,光伏场区站用电系统与箱变的运行状态保持独立。可以通过箱变测控装置远程遥控的方式,在每天夜间关停箱变,在白天清晨再开启投运。从而避免了箱变在夜间的无效待机空载状态,减少了电能消耗。

但是这种方案也有不足之处,箱变高压侧开关设备需每天开断闭合,对设备可靠性的要求比较高。而且箱变的起停需与逆变器的待机时间相配合,增加了系统复杂性。此外,大容量电压互感器目前没有成熟的产品,产品定制的成本目前无法估算。采用电容分压式电压互感器,具体的配置参数以及电源的电能质量需要进一步研究分析。

参考文献

- [1] GB 50797—2012 光伏发电站设计规范[S].
- [2] 张志强.中压开关柜操作电源采用电压互感器做电源的问题[J].房地产导刊,2015(20).
- [3] 陈维铁.从电压互感器引取交流操作电源应注意的问题[J].电工技术,1995(12).

(收稿日期:2016-02-10) EA

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告