

「光伏发电」

光伏发电项目开关站的电气主接线简化研究

文/上海电力设计院有限公司 聂 明

简要分析了光伏电站的光伏场和开关站的主接线形式，提出了其中的差异、矛盾和简化方案，针对站用电进线、无功补偿进线的需求也提出了解决方法，并对简化方案的继电保护配置也进行了研究。

随着太阳能利用技术的进步，光伏发电日渐成为新能源开发的主要方向之一，光伏发电装机容量的制订策略也经历着不断的发展与演变。同时，由于太阳能资源和土地资源的制约，智能电网技术的发展，光伏电站建设正从此前的大型电站走向中小型化。近年来，30 MWp及以下的小型地面光伏电站和6 MWp及以下的分布式光伏电站成为当前项目开发的主流。

光伏电站配套建设的开关站，目前已有常规的配置方案，并广泛应用于不同容量的光伏电站项目。但是若中小型光伏电站集电线路回路数较少，按常规方案配置开关站，将会过度配置且不经济，因此具有精简和优化的空间。

常规光伏电站电气主接线

光伏电站主要分为光伏场和开关站（或升压站）两个部分。其中光伏场可划分为若干个 MW 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《光伏发电站设计规范》（GB50797—2012）的8.2.5条“光伏发电站内各单元发电模块与光伏发电母线的连接方式，由运行可靠性、灵活性、技术经

济合理性和维修方便等条件综合比较确定，可采用下列连接方式：①辐射式连接方式。②T接式连接方式”。其中“T接式连接方式”即在箱变高压侧以环进环出的方式进行连接，是目前光伏场主流的电气主接线方案，详见图1：光伏场内T形接线电气主接线图。

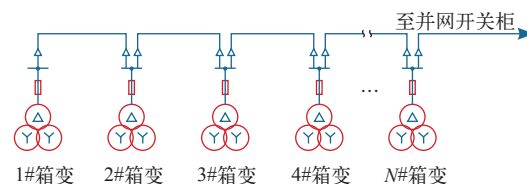


图1 光伏场T形接线电气主接线图

开关站一般采用单母线接线形式，以35kV（或10kV）电压实现并网。高压侧配电装置主要有母线设备柜、光伏进线开关柜、出线开关柜、出线计量柜，并根据项目需要选配站用电进线开关柜、无功补偿进线开关柜。其中光伏进线根据光伏场分组情况可分多个回路。详见图2：开关站高压侧单母线电气主接线图。

开关站电气主接线简化方案

1. 单进线开关站电气主接线简化方案

光伏电站的开关站在接入多个光伏进线回路

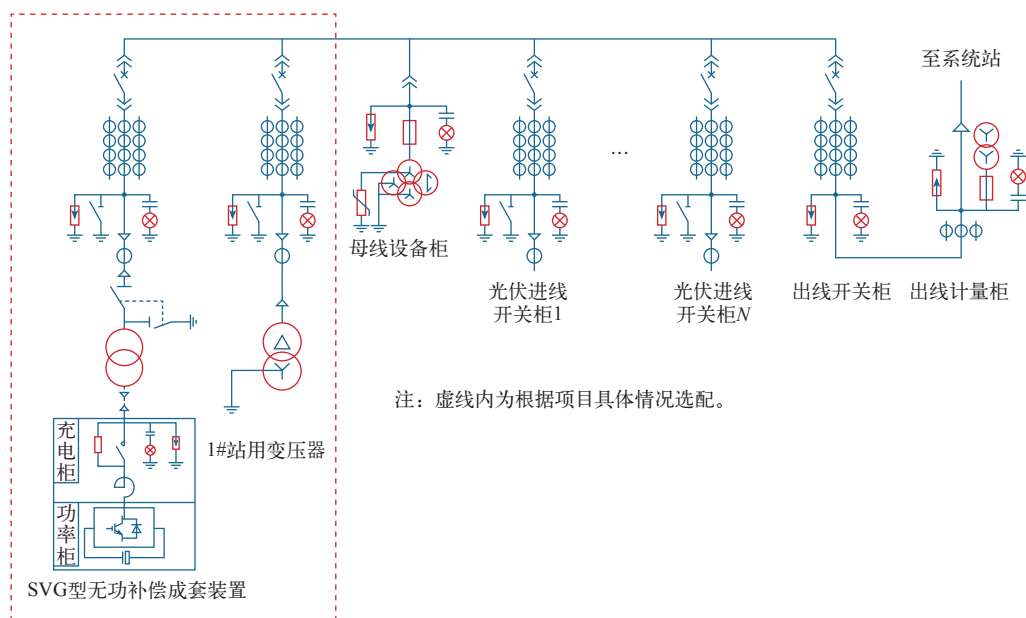


图2 开关站高压侧单母线电气主接线图

时，采用单母线接线方式能发挥汇流的作用。当仅有1个光伏进线回路时，还采用上述配置，则相当于该光伏进线回路在光伏进线开关柜和出线开关柜处重复配置了两台断路器，不仅浪费投资，而且额外增加了安装和运维的工作范围。

此外，母线设备柜中通常采用Y/Y/Y/△接线的PT采集母线电压，并引至柜顶小母线，其中测量级（0.5）用于故障录波器、公用测控柜、母线保护柜和无功补偿装置等，计量级（0.2）和保护级（6P）常作为备用。而出线计量柜中也通常单独配置Y/Y接线的PT，且专门用于计量。因此，母线设备柜中PT的多个绕组并未充分发挥作用，若替换出线计量柜中的PT，不仅可以减少PT装置的投资，而且电气主接线也可以进行简化。详见图3：开关站高压侧电气主接线简化方案一。

如果不将光伏场和开关站的主接线进行割裂，而是用综合和整体的角度去分析，则上述简化方案一的电气接线方式也类似升压站常用的“线变组”主接线方式，只不过是主变压器替换为光伏场T接的箱变组合。如图4所示：线变组与简化方案一的类比。

2. 含无功补偿进线的开关站电气主接线简化方案

若增加无功补偿进线回路，也能在简化方案一的基础上进行调整。在图2所示的常规主接线方案中，无功补偿进线回路是通过无功补偿开关柜将无功功率注入开关站母线实现无功补偿。然后若采用T接的方式也能实现无功补偿的注入。此外在直挂式SVG型无功补偿成套装置中，已成套配置了断路器（详见图5 无功补偿成套装置电气接

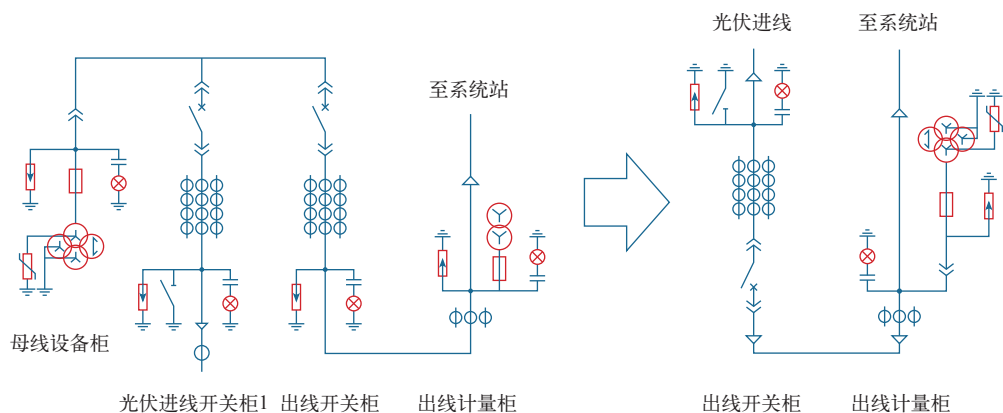


图3 开关站高压侧电气主接线简化方案一

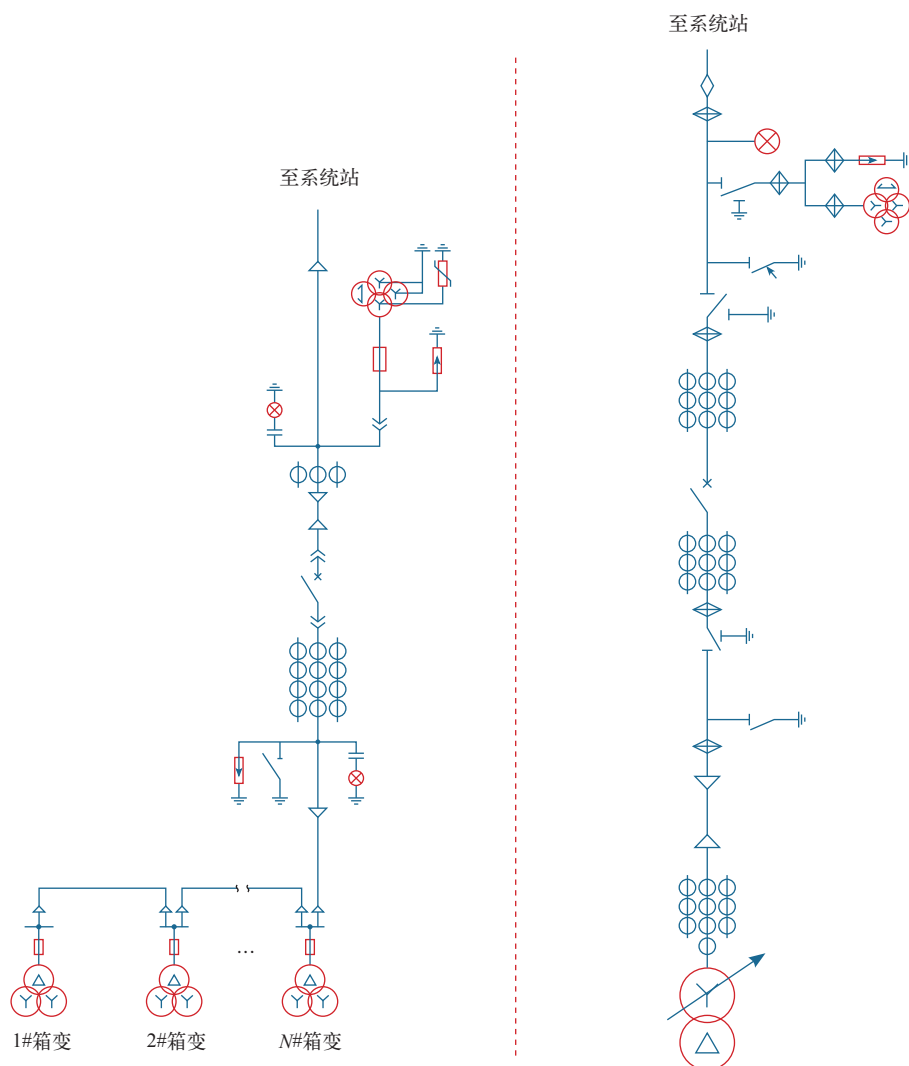


图4 开关站简化方案一与升压站线变组方案的对比

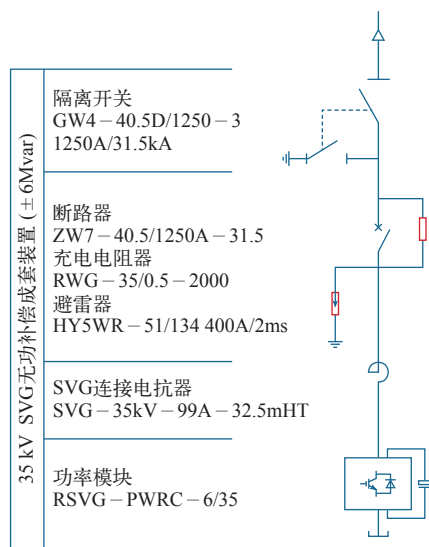


图5 SVG型无功补偿成套装置电气接线图示例

线图示例)，而且在控制时此断路器优先于无功补偿开关柜中断路器的开关，因此取消无功补偿进线开关柜，采用T形接线并入无功补偿进线回路是可行的。详见图6 开关站高压侧电气主接线简化方案二。

在降压式SVG型无功补偿成套装置中，户内设备启动柜中通常只配置接触器，没有配置断路器，只需在户外隔离开关侧增加熔断器，也能达到过负荷和短路保护的作用，如图7 开关站高压侧电气主接线简化方案三。

3. 含站用变、无功补偿进线的开关站电气主接线简化方案

若增加站用变进线回路，也能采用T形接线的原则进行处理，在简化方案三的基础上T接并入，详见图8开关站高压侧电气主接线简化方案四。但

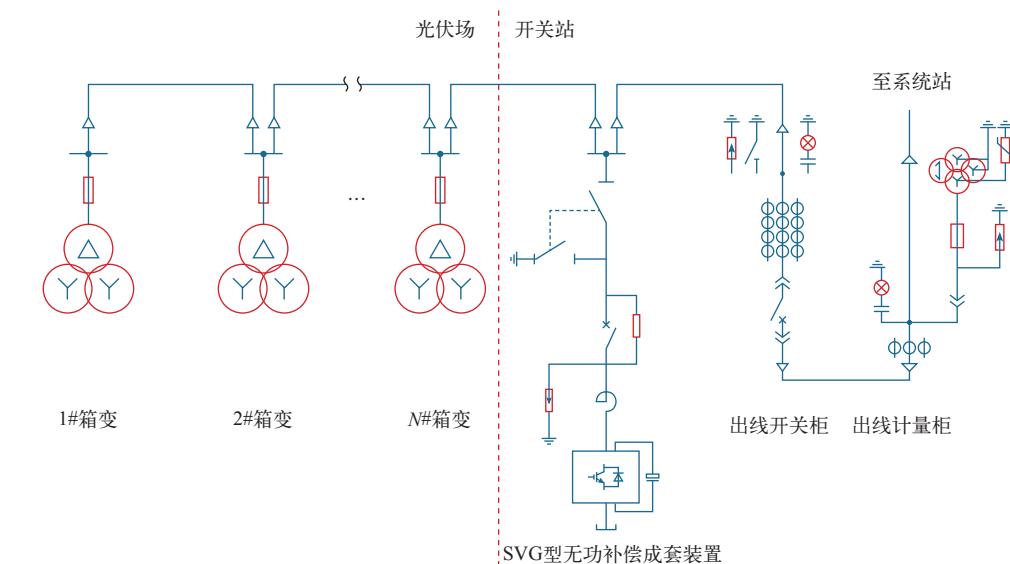


图6 开关站高压侧电气主接线简化方案二

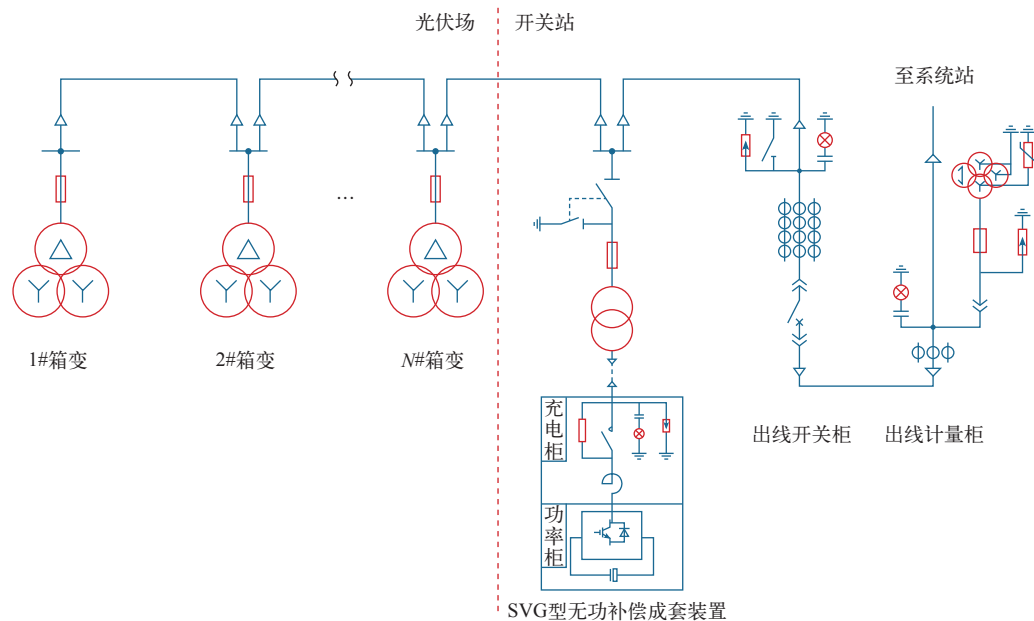


图7 开关站高压侧电气主接线简化方案三

是这种方案中，箱变高压侧需增加高压柜，高压侧配电装置可选用熔断器和隔离开关，或者熔断器-负荷开关组合电器。

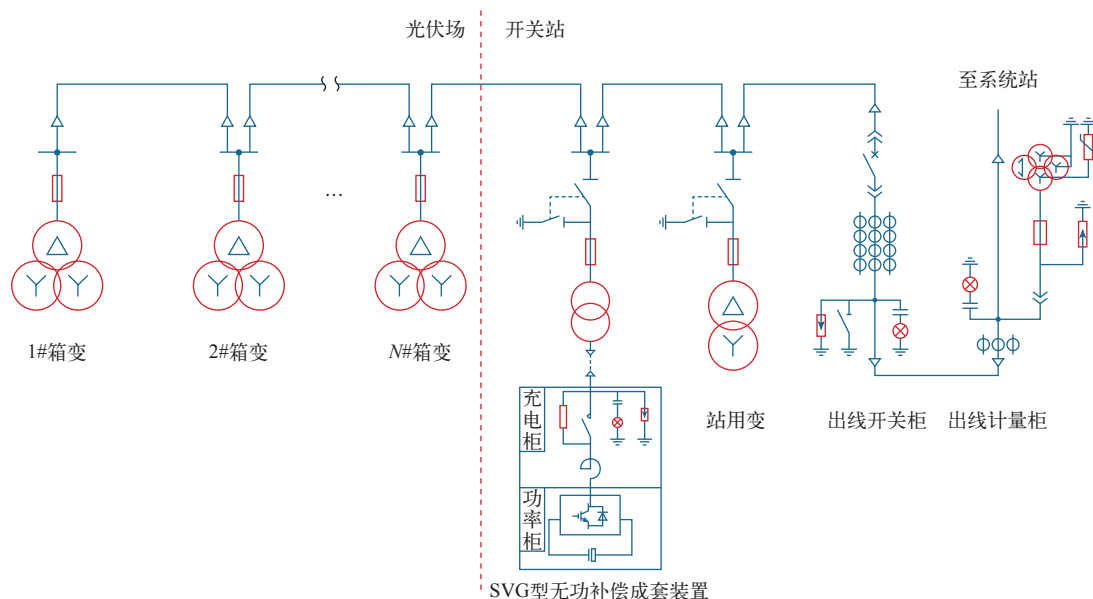
考虑到简化方案一中，若出线开关柜的断路器断开，站用变也没有单独运行的可能和必要，因此可以将站用变回路与出线开关柜进行综合，详见图9开关站高压侧电气主接线简化方案五。

继电保护配置简化分析

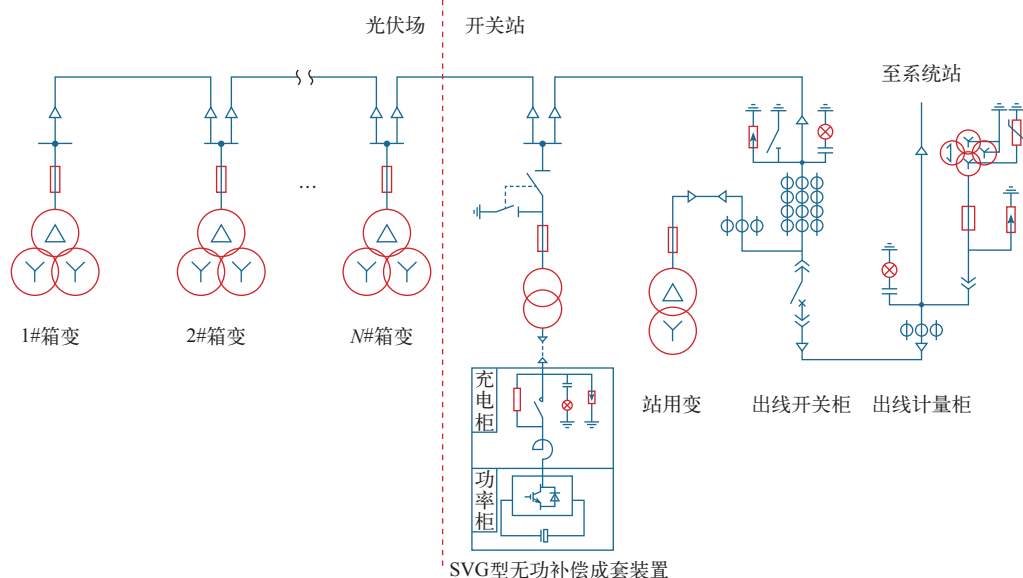
在图2所示的常规电气接线中，开关站的光伏进线回路和无功补偿进线回路需配置馈线保护，

若无功补偿装置带FC回路，则需配置电容器保护。站用变进线回路可配置站用变保护或馈线保护。出线开关柜单独配置光纤纵差保护，整段母线还需单独配置母差保护，各进线回路均在母差保护的范围之内。

简化方案中，由于采用了类似“线变组”的接线方式，没有单独的母线，因此不设母差保护。出线开关柜不仅需要接纳光伏进线，而且需要和计量柜作为系统接入的间隔，因此出线开关柜不仅要配置光纤纵差保护，还需配置馈线保护。



附图8 开关站高压侧电气主接线简化方案四



附图9 开关站高压侧电气主接线简化方案五

与常规方案相比，简化方案中无功补偿设备和站用电设备未设单独保护，发生故障时，容易发展为系统性故障，导致出线开关柜跳闸，一定程度上降低了可靠性。

结束语

光伏电站的常规设计方案中，光伏场和开关站的主接线采用了截然不同的设计原则，光伏场采用T形接线方式，而开关站采用单母线接线方式。在进线回路较多时，这种接线方案能分组投

切，可靠性高，便于光伏电站的运行和管理。但是在进线回路较少时，开关站可借鉴光伏场的T形接线方式，将多种进线回路进行整合，形成类似“线变组”的简化接线方案。这种接线方案能大幅减少设备投资和空间需求，将比单母线接线更具有经济性。但是简化方案同时减少了保护装置的配置，牺牲了一定的安全性和可靠性。下一阶段，将对简化接线的使用范围进行更深入的研究和探讨。EA

(收稿日期：2017.11.30)

(编辑：白文亭)