

分布式光伏发电并网对配电网的影响分析

李春风

大唐山东发电有限公司新能源分公司 山东 济南 250000

【摘要】：分布式光伏接入使配电网由单向供电转为双向潮流网络，节点电压、线路损耗和保护配合随光照及负荷变化。围绕功率反送引起的电压抬升、网损转折和故障电流路径变化，提出以承载力评估约束选址定容，以逆变器无功、储能和调压设备分层调压，并通过方向保护、定值校核保持故障选择性。

【关键词】：分布式光伏；配电网；电压质量；潮流；继电保护

DOI:10.12417/2811-0528.26.18.05

分布式光伏多接于中低压馈线，出力受光照影响，接入规模扩大后会改变传统配电网的单向潮流和保护条件。晴天低负荷时可能出现功率反送，云团移动还会引起集中爬坡。并网影响分析需把接入容量、馈线阻抗、负荷曲线和控制方式放在同一时间轴上。还应分别核查正常运行与故障状态，避免用单一最大负荷断面替代全年时序。分析结果还需对应具体馈线和运行方式。

1 配电网运行特性分析

未接入分布式电源时，辐射型馈线的功率由变电站流向末端。光伏先抵消附近负荷，出力超过本地用电后便向上游反送。分布式光伏并网对电压的影响与接入位置、线路参数及出力水平共同相关，当馈线阻抗较大且本地负荷较低时，同样的有功注入会形成更明显的末端电压偏移^[1]。运行评价需区分首端与末端接入，并结合净负荷判断电压变化。中午光伏高出力未必与负荷峰值重合，傍晚还可能净负荷快速上升。逆变器响应快，但无功余量受视在功率限制；调压器和电容器组动作较慢。运行控制应区分短时波动、分钟级爬坡与小时级负荷转移，再分配逆变器、储能和传统调压设备任务。若各调节装置只依据本地量测独立动作，可能出现逆变器无功调节与电容器投切相互抵消。配网平台应保存净负荷变化率、关键节点电压和设备动作次数，把短时波动交给快速资源，把持续偏差交给机械调压设备。设备动作后的电压恢复过程也应进入下一轮控制判断。

2 分布式光伏接入对配电网设备运行及供电质量的影响

(1) 对电压质量与无功平衡的影响：正常状态下，光伏改变节点功率注入，随之改变电压、无功和线路电流；故障状态下，逆变器输出有限且动态变化的故障电流。分布式光伏对配电网的作用包含电压偏移、损耗变化和保护配合改变等相互关联环节，任一环节触发设备动作后都会反过来重塑潮流和电压状态^[2]。电压升高会触发无功调节或有功限发，分析时应建

立工况、变量和设备动作链。

馈线电阻与电抗共同决定功率交换引起的电压变化。线路电阻占比较高时，有功反送对电压抬升的贡献不能忽略；逆变器吸收无功可抑制电压，却会增加电流。晴天中午若光伏出力超过支路负荷，线路电阻项促使末端电压升高；云影使出力骤降后，潮流还恢复正向。逆变器接近额定有功时无功余量缩小，继续增加无功交换还会抬高线路电流与损耗。节点电压变化可根据式(1)计算。

$$\Delta U \approx \frac{RP + XQ}{U_N} \quad (1)$$

式(1)中： ΔU 为电压差，V；R、X为线路电阻和电抗， Ω ；P、Q为有功和无功功率，W、var； U_N 为标称电压，V。P转为反送时，RP项符号改变，末端电压可能由压降转为抬升；Q可修正电压，但受逆变器容量约束。式(1)为小电压偏差近似，复杂网络应以潮流计算复核。

(2) 对潮流损耗与继电保护的影响：光伏就地发电可减少上级供电电流，线路铜耗随电流平方下降；形成反送后，部分区段电流重新增大，损耗可能先降后升。转折位置取决于光伏与负荷的时序匹配、接入距离和线路阻抗。分析损耗应按典型日逐时计算正向、近零和反向潮流，不能把就地消纳等同于全时段降损。

故障期间，逆变器电流由控制器决定。上游故障可能出现光伏向故障点馈流，下游故障也可能形成叠加或分流。分布式光伏接入配电网后，故障电流路径与传统单电源条件不同，保护灵敏性和选择性需要同步校核^[3]。馈线重构和并网点退出会改变等值电源，保护定值不能脱离拓扑固定不变。

3 分布式光伏接入的优化策略

3.1 优化选址定容

优化不以单一设备消除全部波动，而是由规划、调压和保

护分工。规划层限制不合理的接入位置与容量组合，运行层处理电压和潮流变化，保护层保持故障选择性。分布式光伏并网影响的处理需要同时覆盖接入评估、运行调控与故障处置，三个层次必须共享潮流、电压和保护状态才能形成闭环^[4]。运行数据偏离规划假设时应回算承载力，并同步调整接入边界。

光伏选址定容以馈线为单元建立最不利断面，不只校核装机容量。整理线路、变压器、调压设备和分时负荷后，计算高光照低负荷、云量变化和晚峰无光伏工况。多项目接入按累计容量复算。评估还要核查反向潮流、热容量和保护灵敏度，某一项目在电压上可接入，不代表在设备载流或故障配合上同样满足条件。可将光伏出力比例、负荷比例、功率因数和监测间隔设为评估字段。六个建议工况的参数组合列于表1。

表1 分布式光伏接入建议评估工况参数

序号	光伏出力/%	负荷水平/%	功率因数	监测间隔/min
1	10.0	30.0	0.95	15
2	30.0	45.0	0.96	15
3	50.0	60.0	0.97	10
4	70.0	50.0	0.98	10
5	90.0	35.0	0.99	5
6	100.0	25.0	1.00	5

表1中光伏出力由10.0%升至100.0%，负荷转向25.0%的低谷，突出高出力、低负荷组合。监测间隔由15 min缩至5 min，用于捕捉较快变化；具体参数应按目标馈线历史曲线调整。

3.2 做好电压调节

电压调节采用快慢资源分层。逆变器快速调节无功，储能平滑有功爬坡，调压变压器和电容器组处理较慢的电压基准变化。控制顺序先利用逆变器余量，再判断储能状态和调压设备动作次数。无功增加线路电流时，还要复核热容量与损耗。若局部电压仍持续偏高，再采用限发，避免无功环流扩大损耗。

多点电压调节需要统一目标。馈线控制器依据关键节点电压、线路潮流和设备余量下发分区目标，通信中断时退回本地

参考文献：

- [1] 孙筵翔.分布式光伏发电并网对配电网电压影响分析[J].电子制作,2025,33(22):103-106.
- [2] 张凯.分布式光伏并网对配电网的影响与对策分析[J].集成电路应用,2025,42(11):314-315.
- [3] 姜雨彤.分布式光伏发电并网对配电网的影响与对策分析[J].集成电路应用,2025,42(11):746-747.
- [4] 刘占坤,刘沛铮,王昊.分布式光伏并网对配电网的影响分析及解决对策研究[J].电力设备管理,2025,(17):71-73.

下垂控制。持续越限再启动有功削减，光照恢复后逐步解除限发，避免集中恢复造成二次波动。各装置动作结果应回写平台，用下一时段潮流修正控制目标。

3.3 加强保护运行控制

保护适配从最大、最小故障电流和电流方向三方面校核。设置光伏全投、部分退出和夜间停发工况，计算不同故障位置的保护电流，检查速断范围、过流灵敏度与时限。控制参数或穿越策略改变后，设备更新必须触发定值复核。方向元件投入前还应核对互感器极性与失联后的后备动作。

运行侧把保护信息与光伏状态关联。平台保存并网点功率、电压、开关位置和保护动作时标，跳闸后确认故障区段并检查连锁脱网。重合闸需考虑孤岛风险，平台还应关联退出原因与动作顺序，应回查逆变器穿越逻辑与方向元件判断。动作时标不一致时，以录波和开关变位记录复核故障先后顺序。图1所示关系用于梳理出力、潮流、电压与保护的传递路径。

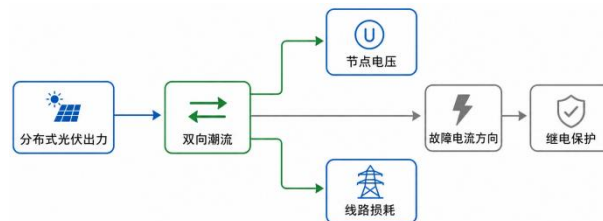


图1 分布式光伏并网影响机理关系

图1以双向潮流箭头为中间节点，分别连接节点电压、线路损耗和故障电流方向，说明光伏出力变化同时影响正常运行量与保护判据。保护校核需读取当时潮流方向。

4 结语

分布式光伏并网改变配电网的功率方向、调压资源和故障电流来源。光伏与负荷匹配时可降低上级供电电流，高出力与低负荷重合时则会出现电压抬升、反向潮流和保护范围变化。接入评估需覆盖位置、容量和典型时序，运行阶段由逆变器、储能与调压设备分层配合，保护控制随拓扑和逆变器特性校核。后续运行还应把并网点功率、关键节点电压、保护动作和设备检修记录按统一时标归档。馈线拓扑、负荷结构或逆变器控制策略变化后，重新计算承载力并校核保护定值，使接入结论随实际工况更新。