

光伏发电中组串式逆变器汇流方案的讨论

文/上海电力设计院有限公司 聂 明

本文简要描述了采用组串式逆变器的光伏方阵中一种新型汇流方案的特点，并指出了其优势，以及在实际应用中需注意的几个影响因素。

组串式逆变器具有转化效率高、环境适应性好、可靠性高以及维护成本低廉等优势，在国内大中型地面电站中也得到广泛应用。在2017中国光伏领跑者基地项目中组串逆变器占比超过80%。

采用组串式方案的大中型并网光伏电站中，通常采用光伏组件—组串式逆变器—交流汇流箱—箱式变压器的多级汇流方案。由于光伏行业也一直面临着降本增效的压力，以及工程建设技术的持续优化改进，许多光伏电站开始尝试取消交流汇流箱，将组串式逆变器直接接入箱变的方案，从而减少了一级汇流以节省投资。本文将对此汇流方案进行分析和评估，讨论其特点及应用范围，以及在方案设计中需要注意的问题。

新型汇流方案的特点

新型汇流方案取消了交流汇流箱，组串式逆变器直接接入箱变的低压侧，如右图所示。

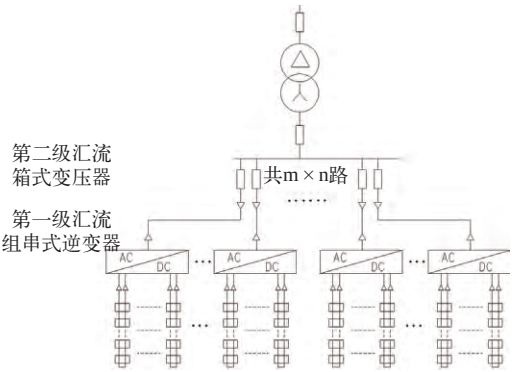


图 新型汇流方案电气接线示意图

新型汇流方案有明显的经济性。首先取消交流汇流箱可降低投资，其次逆变器交流输出侧的电缆单价要远低于交流汇流箱输出侧的电缆单价，新型方案可明显降低1 kV电力电缆的采购费用。在上述示例中，假定某汇流单元的组串式逆变器至交流汇流箱、交流汇流箱至箱变的路径长度均为50 m，则采购费用差异如下表所示。

表 某汇流单元两种方案费用差异表

序号	名称	规格型号	常规汇流方案		新型汇流方案	
			数量	费用/元	数量	费用/元
1	交流汇流箱	3进1出	1台	3 200	0台	0
2	1 kV电力电缆	ZRC—YJY23—0.6/1.0—3×35	150 m	9 000	300 m	18 000
3	1 kV电力电缆	ZRC—YJY23—0.6/1.0—3×240	50 m	20 000	0 m	0
合计				32 200		18 000

新型汇流方案减少了汇流层级，可增加可靠性，降低设备和电缆选型的裕度系数。交流汇流箱的分支断路器要考虑降容系数、级间配合等

因素，所配置断路器的整定电流明显大于负荷电流，从而导致在电缆选型时需增加裕度，影响了相关的投资造价。此外，交流汇流箱也意味着增

加了故障节点,降低了可靠性。组串式逆变器具有过负荷保护功能,在任何环境条件下,实际输出功率均小于最大输出功率,相应的实际负荷电流均小于最大输出电流,因此交流汇流箱的分支断路器的过负荷保护功能几乎不起作用。

新型汇流方案的应用

1. 新型汇流方案对箱变低压柜的配置要求

箱变低压侧除总断路器外,还需配置分支断路器。在常规汇流方案中,分支断路器的数量与光伏阵列中交流汇流箱的数量相对应,分支断路器的规格与交流汇流箱总断路器相配合。而在新型汇流方案中,分支断路器的数量需与光伏阵列中组串式逆变器的数量相对应,分支断路器的规格与组串式逆变器的最大输出电流相配合。

新型汇流方案中,低压柜配置的塑壳断路器数量远大于常规方案,在箱变低压柜内布置比较密集,而且箱变低压柜通常为IP54防护等级,将会影响柜内的散热效率,导致塑壳断路器脱扣电流的降容。因此在箱变采购阶段,应与供货厂家确认降容系数,或者选择不受环境条件影响的电子式脱扣器。

2. 新型汇流方案对电缆选型的影响

新型汇流方案中,逆变器和箱变之间减少了交流汇流箱的过渡,从而增加了两者之间的单根电缆的长度,而且逆变器和箱变之间的电缆截面较小,很容易造成电缆的电压降超标。

逆变器与箱变之间电缆的电压降计算可采用的公式为

$$\Delta u\% = \frac{\Delta U}{U_N} = \frac{\rho L I_N}{U_N}$$

式中, $\Delta u\%$ 为电缆电压降; ΔU 为电缆电压降, V; U_N 为额定相电压, V; I_N 为额定相电流, A;

ρ 为电缆芯截面对应的电阻系数, Ω/km ; L 为电缆长度, km。

电缆的电压降允许值通常取1%~2%。在山地、大面积屋顶等场址的光伏项目中,部分逆变器距离箱变较远,通过载流量选择的电缆规格电压降很容易超标。需采取加大截面、调整路径或逆变器安装位置等措施。若加大电缆截面,还应复核是否与逆变器进出线开孔和接线端子相适应。

3. 新型汇流方案对安全防护的影响

箱变低压侧为IT接地系统。根据GB50054—2001《低压配电设计规范》,IT系统应设置绝缘监测器。根据NB/T32004—2003《光伏发电并网逆变器技术规范》要求,逆变器应设置剩余电流保护器(RCD)和绝缘监测器(IMD),以进行漏电保护和绝缘阻抗监控。

绝缘监测器发现系统出现第一次接地故障后,应发出报警信号,提醒运行人员进行故障排除,此时IT系统的配电线路和逆变器仍能正常运行,但是预期接触电压不得超过50 V。因此设计时应复核逆变器出口交流线缆的长度和故障电流的大小。

在发生第二次接地故障时,应由剩余电流保护器或过流保护电器即使地切断电源。但是在长距离线路中,线缆的阻抗将不容忽视,当IT配电回路发生短路故障或漏电流使设备外壳带电时,漏电流经大地、线缆和设备外壳导通,而漏电流偏小难以监测,影响剩余电流保护器的灵敏性。

结束语

光伏组件一组串式逆变器一箱式变压器的新型汇流方案删减了一个汇流层级,节省了设备和线缆上的费用,在经济性上有明显的优势。在实际应用时,也应注意其对箱变低压柜的配置、电缆选型以及安全防护的影响。EA

(上接第29页)

有变化或者变化很小,则 $t_s = t_s + 1$, 当 $t_s \geq t_n$ (t_n 为设定的 $gbest^k$ 无变化最大代数) 时,将部分粒子重新初始化,当 $t_s < t_n$ 时, $t_s = 0$ 。

5) 判断是否达到预设的最大迭代次数 $T_{\max}$, 是则停止计算,否则转向步骤3。

6) 输出最优解,即迭代终止时的 $gbest^k$ 及其对应的最优位置。

结束语

本文以智能电网年经济效益最大为目标,提出一种采用动态调整惯性权重和局部自动初始化的方法进行优化的改进粒子群算法,对DG的最优位置和容量进行求解,并给出了详细的规划步骤,对智能电网中分布式新能源电源的规划能够提供一定的参考。EA