

· 分布式光伏并网技术 ·

分布式光伏并网电压和功率因数协调控制策略

赵伟然¹, 汪海蛟¹, 李光辉¹, 何国庆¹, 孙 健²

(1. 新能源与储能运行控制国家重点实验室(中国电力科学研究院), 北京 100192;
2. 国网北京市电力公司, 北京 100031)

摘要:为应对分布式光伏并网引起的电压越限和功率因数超标问题,提出了一种改进的分布式光伏并网电压和功率因数协调控制策略。该策略包括电压控制策略和功率因数控制策略,电压控制策略采用优先控制光伏发出的无功功率,当无功容量不足时降低有功功率的方法调节并网点电压;功率因数控制策略控制光伏发出的无功功率以调节用户考核点功率因数。针对2种控制策略分别设计了比例积分控制器,最后通过算例,在RT-LAB仿真环境中验证了所提控制策略的有效性。

关键词:分布式光伏;电压控制;功率因数控制;比例积分控制

中图分类号:TM615;TM712

文献标志码:A

文章编号:2096-3203(2017)06-0020-07

0 引言

近年来我国分布式光伏发电获得了快速的发展,分布式光伏的大量接入给配电网无功电压带来了一定的影响,容易引起并网点电压越限、用户功率因数超标等问题,成为制约分布式光伏发展的主要因素之一^[1-5]。

针对分布式光伏接入配电网引起的电压升高越限问题,可以采用安装无功补偿设备、逆变器控制、安装储能、调节有载调压变压器分接头等措施^[6,7],但安装无功补偿设备和储能将增加大量投资,我国配电网中变压器多为有载调压变压器。德国电气工程师协会提出了4种分布式电源本地无功电压调节策略^[8],包括定无功控制、定功率因数控制、基于有功的功率因数控制和基于电压的无功控制。

在分布式光伏无功电压分层集中控制方面,现有的主要方法如下:基于有功和电压相结合的 $Q(U,P)$ 控制策略,目的是使所有的光伏逆变器均参与电压调节且所发出无功总量最小^[9];基于智能算法的分布式光伏分层无功控制策略,实现了光伏本地无功电压控制和上层优化控制的统一^[10,11];光伏无功功率控制和有功功率抑制相结合的调压方法,采用优化模型求解逆变器的有功和无功指令^[12]。基于上层协调优化的光伏无功控制策略对通信通道要求较高,但目前我国大量10 kV并网分

布式光伏项目通过无线、公网等方式接入调度机构,380 V并网分布式光伏项目只将发电量信息通过智能电表上传给电网,上层优化控制所需的通信通道不满足要求,因此本地无功电压控制成为解决分布式光伏并网引起的电压和功率因数问题的必然选择。理论分析表明分布式电源的接入点是电压变化的极大值点,只要消除分布式电源接入点的电压越上限现象,就可以解决配电网的电压越上限问题^[13]。有研究人员提出了一种利用光伏逆变器实现的自动电压控制方法,设计了 V/Q 曲线,通过调节光伏逆变器功率因数实现并网点电压调节^[14]。

分布式光伏运行数据表明分布式光伏接入后可能会造成用户功率因数降低,导致用户出现功率因数调节费(力调电费)损失^[15]。有研究人员提出了分布式光伏参与电网电压和功率因数调节的控制策略^[16,17],为光伏逆变器设定了电压调节和功率因数调节2种工作模式,根据并网点不同的状态使逆变器在2种工作模式间切换。电压和功率因数调节模式均使用线性函数进行控制,易出现超调或欠调。所设计的电压调节模式在并网点电压越上限时直接限制光伏有功功率会带来较大发电量损失;功率因数调节模式没有考虑在并网点向电网倒送有功功率和无功功率的情况下对功率因数进行控制,而功率因数考核计算方法采用正向无功和反向无功绝对值之和计算用户功率因数,会导致用户出现反向功率因数超标。

文中设计了分布式光伏电压-功率因数协调控制策略,设计了电压和功率因数调节比例积分控制器,设计了考虑并网点正反向无功潮流的12区图控制策略,仿真验证了控制策略的有效性。

收稿日期:2017-06-25;修回日期:2017-07-28

基金项目:国家重点研发计划(2017YFB0903300);国家电网公司科技项目(分布式光伏发电集群运行调控关键技术研究)

1 理论分析

分布式光伏并网示意图如图 1 所示,其中 U 为电网电压; U_{PV} 为并网点电压; R, X 为线路电阻、电抗。

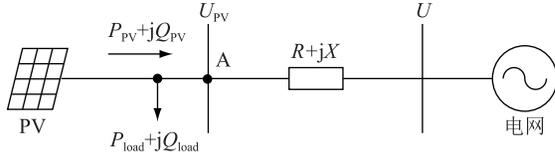


图 1 分布式光伏并网示意图

Fig. 1 Distributed PV integration diagram

当光伏系统接入电网之后,电网电压为:

$$U_{PV} = U + \frac{(P_{PV} - P_{load})R + (Q_{PV} - Q_{load})X}{U} \quad (1)$$

式中: P_{PV}, Q_{PV} 分别为光伏系统向电网注入的有功、无功功率; P_{load}, Q_{load} 分别为本地负载有功、无功消耗。可以得到:

$$\frac{\partial U_{PV}}{\partial P_{PV}} = \frac{R}{U} + jX \quad (2)$$

$$\frac{\partial U_{PV}}{\partial Q_{PV}} = \frac{X}{U} - jR \quad (3)$$

从式(2)和式(3)可以得出,光伏有功功率和无功功率与并网点电压呈线性关系,由于配电网线路阻抗比 R/X 一般较大,并网点电压对光伏有功和无功的灵敏度较为接近,因此通过调节光伏发电系统输出的有功功率或无功功率,均可以达到调节并网点电压的效果。

图 1 中 A 点为用户功率因数考核点(同为分布式光伏并网点和公共连接点),该点功率因数为:

$$\cos\varphi = \frac{P_{PV} - P_{load}}{\sqrt{(P_{PV} - P_{load})^2 + (Q_{PV} - Q_{load})^2}} \quad (4)$$

通过调节分布式光伏发出的无功功率,可以改善并网点功率因数。

2 电压-功率因数协调控制策略

当光伏逆变器采用电流源输出方式、恒功率控制策略(即 PQ 模式)时,光伏逆变器可等效为 PQ 可控电源。由于多台 PQ 模式光伏逆变器间不存在无功环流,可以将在一个并网点并联运行的多台光伏逆变器视作一个整体,在此基础上设计分布式光伏并网电压-功率因数控制策略。

2.1 电压控制策略

电压控制策略通过调节分布式光伏发出的无

功功率和有功功率,将并网点电压控制在一定的范围内。当并网点电压升高越上限时,首先调节分布式光伏发出的无功功率来降低并网点电压;当分布式光伏发出感性无功达到最大值后并网点电压仍然不满足要求时,降低光伏发出的有功功率,直至电压满足要求。当并网点电压降低超出下限时,增大分布式光伏发出的无功功率,直至电压满足要求或分布式光伏发出容性无功达到最大值。光伏发出的有功、无功功率与并网点电压呈线性关系,可采用比例积分控制器实现并网点电压幅值的无差控制。针对分布式光伏发出感性无功达到最大值和未达到最大值 2 种情况,设计了 2 种电压控制策略。

(1) 无功-电压控制策略。当分布式光伏仍有无功裕度时,使用无功调节并网点电压,如图 2 所示。

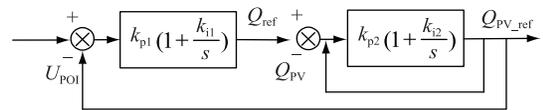


图 2 光伏发出感性无功未达到最大值时的控制框图

Fig. 2 Control block when PV inductive reactive power haven't reached the limit

图 2 中, $k_{p1}, k_{i1}, k_{p2}, k_{i2}$ 为比例积分控制器参数; U_{ref} 为电压调节目标值,当电压越上限时 $U_{ref} = U_{max} - \Delta U$, 当电压越下限时 $U_{ref} = U_{min} - \Delta U$, ΔU 大于比例积分控制器控死区; Q_{ref} 为将并网点电压维持在目标值所需的无功参考; Q_{PV_ref} 为分布式光伏应发出的无功功率。当一个并网点有多台分布式光伏逆变器时, Q_{PV_ref} 按不同逆变器额定容量等比例分配。

(2) 有功-电压控制策略。当并网点电压越上限后,启动无功-电压控制策略使分布式光伏发出感性无功功率调低并网点电压。当分布式光伏达到感性无功上限而并网点电压仍未达到目标值时,启动有功-电压控制策略,降低分布式光伏发出的有功功率以调低电压,直至电压达到目标值或分布式光伏有功被控制到 0,如图 3 所示。

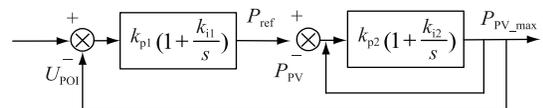


图 3 光伏发出感性无功达到最大值后的控制框图

Fig. 3 Control block when PV inductive reactive power reaches the limit

图 3 中, $k_{p3}, k_{i3}, k_{p4}, k_{i4}$ 为比例积分控制器参数; U_{ref} 为电压调节目标值,当电压越上限时 $U_{ref} = U_{max} - \Delta U$, ΔU 大于比例积分控制器控制死区; P_{ref} 为将并

网点电压维持在目标值所需的有功参考值; P_{PV_ref} 为分布式光伏发出的无功上限值。当一个并网点有多台分布式光伏逆变器时, P_{PV_ref} 按不同逆变器额定容量等比例分配。

2.2 功率因数控制策略

功率因数控制策略下,经调节分布式光伏出的无功功率,将公共连接点处的功率因数控制在合格范围内。公共连接点功率因数控制目标可直接转化为无功功率控制目标,设计控制框图如图4所示。

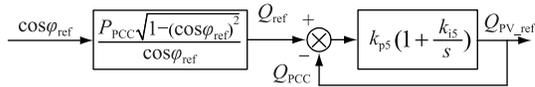


图4 功率因数控制框图

Fig.4 Control block of power factor control strategy

图4中, k_p, k_i 为比例积分控制器参数; $\cos\varphi_{ref}$ 为功率因数目标值,当并网点存在倒送给电网的无功功率时 $\cos\varphi_{ref} = -\cos\varphi_{min} - \Delta\cos\varphi$,当并网点没有倒送给电网的无功功率时 $\cos\varphi_{ref} = \cos\varphi_{min} + \Delta\cos\varphi$, $\Delta\cos\varphi$ 大于比例积分控制器控制死区。 P_{PCC} 和 Q_{PCC} 为公共连接点处有功和无功功率, Q_{ref} 为将功率因数维持在目标值所需的无功参考值, Q_{PV_ref} 为分布式光伏应发出的无功功率。当一个并网点有多台分布式光伏逆变器时, Q_{PV_ref} 按不同逆变器额定容量等比例分配。

2.3 电压和功率因数协调控制

分布式光伏并网点的电压升高问题可能会导致光伏逆变器跳闸、损坏用户用电设备等,并网点的电压降低可能会导致用户用电设备无法启动等问题。公共连接点的功率因数超标问题可能会导致功率因数调节费损失。电压超标问题关系用电安全,而功率因数考核是按月执行,短时的功率因数超标不一定导致月底出现功率因数调节费损失。电压和功率因数协调控制流程图如图5所示。

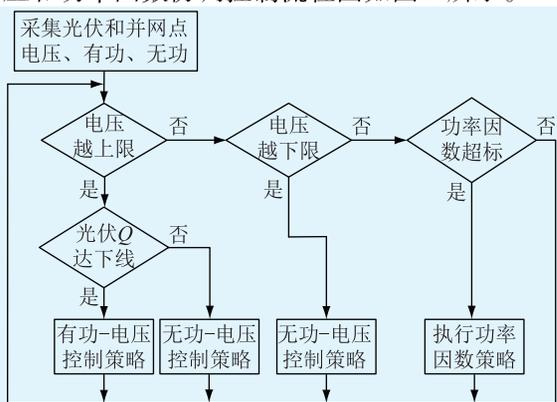


图5 电压和功率因数协调控制流程

Fig.5 Flowchart of voltage and power factor coordination control

将电压控制置于较高的优先级,当电压越限时优先控制电压,只有当电压在正常范围内且功率因数超标时才调节功率因数。当电压在合格范围内而功率因数超标,需进行功率因数调节时,为避免因调节功率因数导致电压超标,将功率因数调节模式中比例积分控制器调节速度降低,减小每一步无功功率调节幅度。

电压和功率因数协调控制可能出现的12种工况如图6所示。

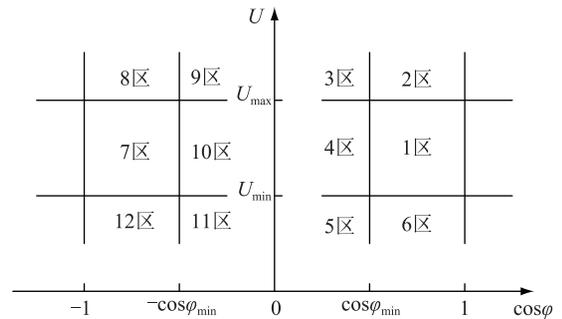


图6 电压和功率因数协调控制12种工况

Fig.6 12 operation conditions of voltage and power factor coordination control

(1) 无需调节工况。1区和7区电压和功率因数都在正常范围内,不需要进行调节。

(2) 需下调电压工况。2区、3区、8区和9区电压越上限,需向下调节电压。以2区为例,向下调节并网点电压后,分布式光伏发出的无功功率减少,可能进入1区,也有可能因功率因数超标而进入4区、7区或10区。

(3) 需上调电压工况。5区、6区、11区和12区电压越下限,需上调电压。以6区为例,向上调节并网点电压后,分布式光伏发出的无功功率增加,可能进入1区,也有可能因功率因数超标而进入4区、7区或10区。

(4) 需上调功率因数工况。4区电压在正常范围内,功率因数超标,需向上调节功率因数。调节后分布式光伏发出的无功功率增加,可能进入1区,也可能因分布式光伏发出的无功功率增加后面临电压越上限问题而停留在4区。

(5) 需下调功率因数工况。10区电压在正常范围内,功率因数超标,需向下调节功率因数。调节后分布式光伏发出的无功功率减少,可能进入7区,也可能因分布式光伏发出的无功功率减少后面临电压越下限问题而停留在10区。

3 算例分析

在RT-LAB中建立了图1所示典型分布式光

接入配电网仿真模型,验证文中所提控制策略的有效性。分布式光伏装机容量为 500 kW,光伏逆变器功率因数可调范围为超前 0.9~滞后 0.9,负荷有功功率 400 kW,功率因数 0.92,接入 10 kV 电网,线路为 YJV22-3×185 电缆线路,每千米电阻为 0.099 Ω,每千米电抗为 0.105 Ω,每千米电纳为 0.34 mF。线路长度 10 km,电网短路容量 100 MV·A。实际分布式光伏工程中逆变器有功、无功控制多采用 Modbus-RTU 通信,通信周期在 1 s 左右,因此设置仿真模型中比例积分控制器控制周期为 1 s。电压控制策略 1 中比例积分控制器参数 $k_{p1}, k_{i1}, k_{p2}, k_{i2}$ 分别为 0.5, 0.5, 0.1 和 0.33,电压控制策略 2 中比例积分控制器参数 $k_{p3}, k_{i3}, k_{p4}, k_{i4}$ 分别为 0.5, 0.4, 0.1 和 0.25,功率因数控制策略中比例积分控制器参数 k_{p5}, k_{i5} 分别为 0.2 和 0.2。

3.1 单台光伏逆变器

算例中的分布式光伏只有 1 台 500 kW 逆变器,对文中所提控制策略进行仿真验证。

(1) 电压越上限。设置电压控制目标值上下限位 1.03 p.u. 和 1.0 p.u.,在第 14 s 时出现电压扰动,电压升高至 1.08 p.u.。首先启动电压控制策略 1,降低光伏逆变器发出的无功功率至 -242 kvar,此时电压仍不满足控制目标要求,启动电压控制策略 2,降低光伏逆变器发出的有功功率至 273 kW 左右,电压被控制在 1.03 p.u. 左右,调节过程耗时 5 s 左右。如图 7 所示。

(2) 电压越下限。在第 8 s 时出现电压扰动,电压跌落至 0.96 p.u.,启动电压控制策略 1,增加光伏逆变器输出的无功功率至 192 kvar 左右,此时电压被控制在 1 p.u. 左右,调节过程耗时 4 s 左右。如图 8 所示。

(3) 功率因数越上限。电压在正常范围内,设置功率因数目标值为 1(-1),即控制光伏逆变器发出的无功功率等于负荷消耗的无功功率,在第 12 s 时功率因数从 1 跌落至 0.06,启动功率因数控制策略,增加光伏发出的无功功率至 142 kvar,将功率因数重新控制为 1,调节过程耗时 9 s 左右。如图 9 所示。

(4) 功率因数越下限。当光伏输出的有功功率大于负荷,则会出现潮流流向电网的现象,此时功率因数为负值。在第 9 s 时功率因数从 -1 跌落至 -0.91,启动功率因数控制策略,降低光伏逆变器发出的无功功率至 -174 kvar 左右,功率因数恢复到 -1 左右。如图 10 所示。

3.2 2 台光伏逆变器并联运行

算例中的分布式光伏由 1 台 200 kW 和 1 台

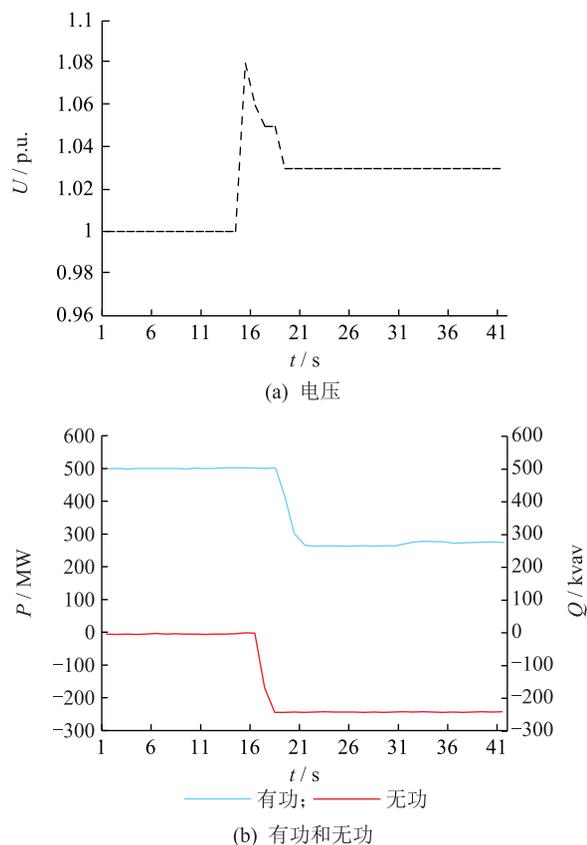


图 7 电压越上限后的电压和有功无功变化

Fig. 7 Voltage, active power and reactive power when voltage exceeds the upper limit

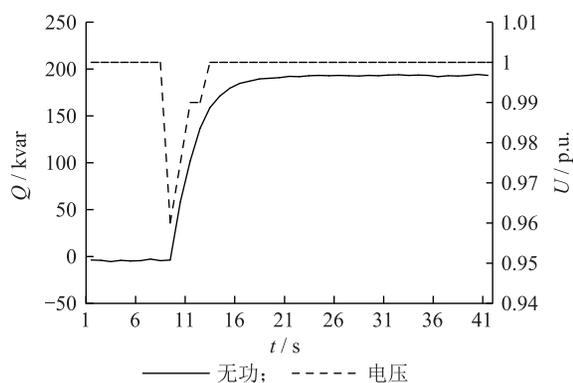


图 8 电压越下限后的电压和无功变化

Fig. 8 Voltage and reactive power when voltage exceeds the lower limit

300 kW 逆变器并联运行,逆变器功率因数可调范围为超前 0.9~滞后 0.9,即 1 号和 2 号光伏逆变器无功分别在 -97~97 kvar 和 -144~144 kvar 范围内可调,对文中所提控制策略进行仿真验证。

(1) 电压越上限。出现电压扰动后,首先启动无功-电压控制策略,降低 1 号和 2 号光伏逆变器发出的无功功率,所需降低的总无功功率按逆变器额定容量在 1 号和 2 号光伏逆变器间等比例分配,即 1 号光伏逆变器降低的无功功率是 2 号光伏逆变器

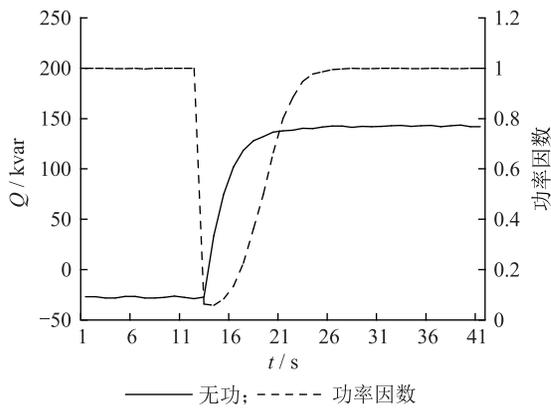


图9 功率因数越上限后的功率因数和无功变化
Fig. 9 Power factor and reactive power when power factor exceeds the upper limit

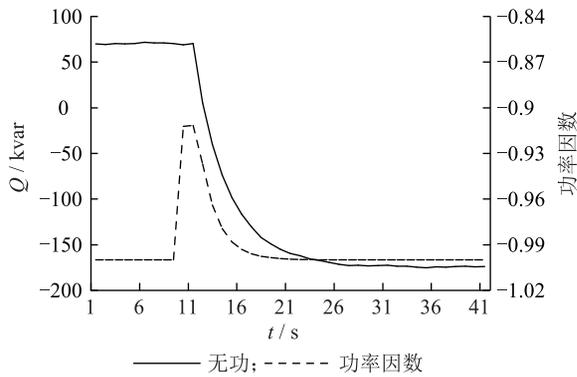


图10 功率因数越下限后的功率因数和无功变化
Fig.10 Power factor and reactive power when power factor exceeds the lower limit

降低的无功功率的2/3。当1号和2号光伏逆变器无功出力分别降低至-97 kvar和-144 kvar时,电压仍不满足控制目标要求,启动有功-电压控制策略,所需降低的总有功功率按逆变器额定容量在1号和2号光伏逆变器间等比例分配,即1号光伏逆变器降低的有功功率是2号光伏逆变器降低的有功功率的2/3,当1号和2号光伏逆变器发出的有功功率分别降低至109 kW和164 kW左右时,电压被控制在1.03 p.u.左右。如图11所示。

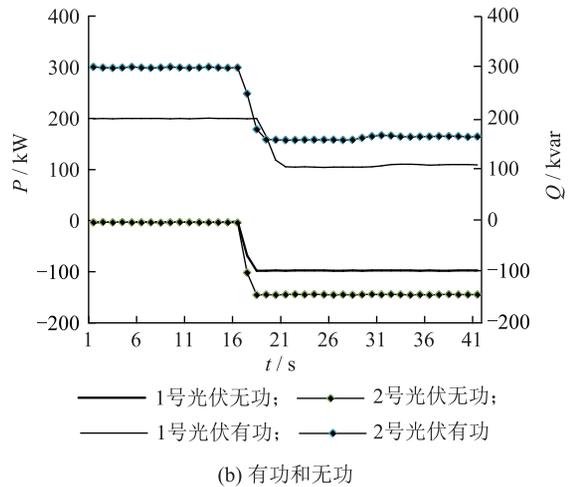
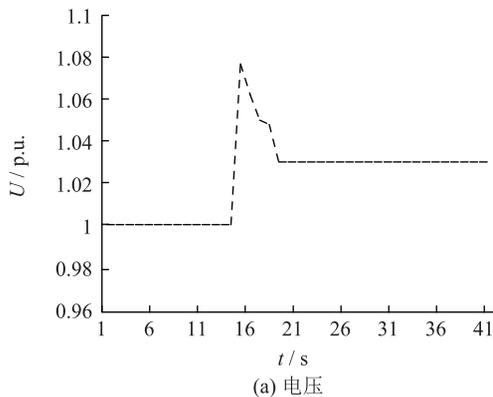


图11 电压越上限后电压和2台逆变器有功无功变化

Fig.11 Voltage, active power and reactive power of two inverters when voltage exceeds the upper limit

(2) 功率因数越下限。功率因数落后,启动功率因数控制策略,降低1号和2号光伏逆变器发出的无功功率,所需降低的总无功功率按逆变器额定容量在1号和2号光伏逆变器间等比例分配,当1号和2号光伏逆变器无功出力分别降低至-69 kvar和-105 kvar左右时,功率因数恢复到-1左右。如图12所示。

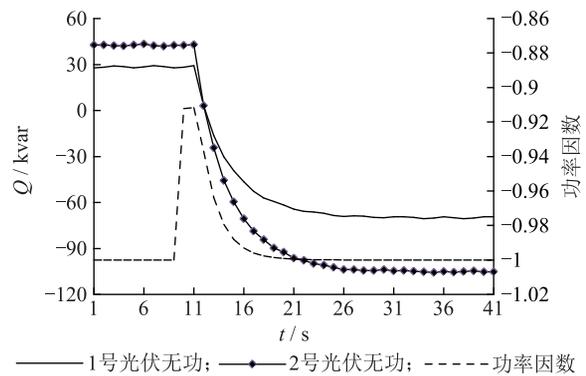


图12 功率因数越下限后功率因数和2台逆变器无功变化
Fig. 12 Power factor and reactive power of two inverters when power factor exceeds the lower limit

电压越下限和功率因数越上限的情况,与3.1节中仿真分析结果类似。

4 结论

文中分析了分布式光伏并网的电压和功率因数问题,设计了考虑并网点正反向无功潮流的分布式光伏电压-功率因数协调控制策略,算例分析验证了控制策略的有效性。所设计的分布式光伏电压-功率因数协调控制策略能够充分利用分布式光伏的有功、无功调节能力,较好地解决了并网点电

压越限和用户功率因数超标问题,对提高配电网接纳分布式光伏的能力具有一定的促进作用。

参考文献:

- [1] 丁明,王伟胜,王秀丽,等. 大规模光伏发电对电力系统影响综述[J]. 中国电机工程学报,2014,34(1):1-14.
DING Ming, WANG Weisheng, WANG Xiuli, et al. A review on the effect of large-scale PV generation on power system [J]. Proceedings of the CSEE, 2014, 34(1):1-14.
- [2] 于建成,迟福建,徐科,等. 分布式电源接入对电网的影响分析[J]. 电力系统及其自动化学报,2012,24(1):138-141.
YU Jiancheng, CHI Fujian, XU Ke, et al. Analysis of the impact of distributed generation on power grid [J]. Proceedings of the CSU-EPSA, 2012, 24(1):138-141.
- [3] 黄欣科,王环,王一波,等. 光伏发电系统并网点电压升高调整原理及策略[J]. 电力系统自动化,2014,38(3):112-117.
HUANG Xinke, WANG Huan, WANG Yibo, et al. Principle strategies of voltage rise regulation for grid-connected photovoltaic generation system at point of common coupling [J]. Automation of Electric Power Systems, 2014, 38(3):112-117.
- [4] MASTERS C L. Voltage rise: the big issue when connecting embedded generate on to long 11 kV overhead lines [J]. Power Engineering Journal, 2002, 16(1):5-12.
- [5] 赵争鸣,雷一,贺凡波,等. 大容量并网光伏电站技术综述[J]. 电力系统自动化,2011,35(12):101-107.
ZHAO Zhengming, LEI Yi, HE Fanbo, et al. Overview of large scale grid-connected photovoltaic power plants [J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(12):101-107.
- [6] 许晓艳,黄越辉,刘纯,等. 分布式光伏发电对配电网电压的影响及电压越限的解决方案[J]. 电网技术,2010,34(10):140-146.
XU Xiaoyan, HUANG Yuehui, LIU Chun, et al. Influence of distributed photovoltaic generation on voltage in distribution network and solution of voltage beyond limits [J]. Power System Technology, 2010, 34(10):140-146.
- [7] CHOI J H, KIM J C. Advanced voltage regulation method of power distribution system interconnected with dispersed storage and generation systems [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2001, 16(2):329-334.
- [8] Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE). Technical minimum requirements for the connection to and parallel operation with low-voltage distribution networks [S]. Berlin: Vde Verlag GmbH, 2011.
- [9] 周林,晁阳,廖波,等. 低压网络中并网光伏逆变器调压策略[J]. 电网技术,2013,37(9):2427-2432.
ZHOU Lin, CHAO Yang, LIAO Bo, et al. A voltage regulation strategy by grid-connected PV inverters in low-voltage network [J]. Power System Technology, 2013, 37(9):2427-2432.
- [10] 李鹏,于航,夏曼,等. 分布式光伏集群分层多模式无功控制策略[J]. 电网技术,2016,40(10):3038-3044.
LI Peng, YU Hang, XIA Man, et al. A hierarchical multi-mode var control strategy for grid-connected PV clusters [J]. Power System Technology, 2016, 40(10):3038-3044.
- [11] 徐志成,赵波,丁明,等. 基于电压灵敏度的配电网光伏消纳能力随机场景模拟及逆变器控制参数优化整定[J]. 中国电机工程学报,2016,36(6):1578-1587.
XU Zhicheng, ZHAO Bo, DING Ming, et al. Photovoltaic hosting capacity evaluation of distribution networks and inverter parameters optimization based on node voltage sensitivity [J]. Proceedings of the CSEE, 2016, 36(6):1578-1587.
- [12] 刘辉,邓长虹,张志刚,等. 基于光伏逆变器功率协调控制的电压调节方法[J]. 现代电力,2016,33(5):18-23.
LIU Hui, DENG Changhong, ZHANG Zhigang, et al. A voltage regulation method based on the coordinated power control of distributed photovoltaic inverter [J]. Modern Electric Power, 2016, 33(5):18-23.
- [13] 魏昊焜,刘健,高慧. 分布式电源的本地电压控制策略[J]. 电力自动化设备,2016,36(9):40-45.
WEI Haokun, LIU Jian, GAO Hui. Local voltage control of distributed generations [J]. Electric Power Automation Equipment, 2016, 36(9):40-45.
- [14] 王颖,文福拴,赵波,等. 高密度分布式光伏接入下电压越限问题的分析与对策[J]. 中国电机工程学报,2016,36(5):1200-1206.
WANG Ying, WEN Fushuan, ZHAO Bo, et al. Analysis and countermeasures of voltage violation problems caused by high density distributed photovoltaics [J]. Proceedings of the CSEE, 2016, 36(5):1200-1206.
- [15] 郭松,王睿,张唯真,等. 光伏发电并网对用户功率因数的影响研究[J]. 智能电网,2015,3(10):906-910.
GUO Song, WANG Rui, ZHANG Weizhen, et al. Effect of grid-connected photovoltaic power generation on customer power factor [J]. Smart Grid, 2015, 3(10):906-910.
- [16] 贾清泉,祁希萌,宁思远,等. 分散光伏并网系统参与电压无功调节的控制策略研究[J]. 太阳能学报,2015,36(12):2955-2961.
JIA Qingquan, QI Ximeng, NING Siyuan, et al. Strategy research of voltage reactive power operation involved with distributed pv system [J]. Journal of Solar Energy, 2015, 36(12):2955-2961.
- [17] 祁希萌. 分布式光伏并网系统参与电压无功调节的控制策略研究[D]. 秦皇岛:燕山大学,2015.
QI Ximeng. A research on the strategy of voltage reactive power operation involved with distributed PV system [D]. Qinghuangdao: Yanshan University.

作者简介:



赵伟然

赵伟然(1987—),男,河南许昌人,硕士,工程师,从事新能源发电并网技术研究工作(E-mail:zhaoweiran@epri.sgcc.com.cn);

汪海蛟(1988—),男,河南新乡人,博士,工程师,从事新能源发电并网技术研究工作;

李光辉(1984—),男,天津人,硕士,高级工程师,从事新能源发电并网和运行控制技术研究工作;

何国庆(1981—),男,江西南昌人,硕士,高级工程师,从事
新能源发电并网技术研究工作;

孙 健(1981—),男,黑龙江勃利人,博士,高级工程师,从
事新能源发电并网技术研究工作。

Voltage and Power Factor Coordination Control for Distributed Photovoltaic Integration

ZHAO Weiran¹, WANG Haijiao¹, LI Guanghui¹, HE Guoqing¹, SUN Jian²

(1. State Key Laboratory of Operation and Control of Renewable Energy&Storage Systems

(China Electric Power Research Institute), Beijing 100192, China;

2. State Grid Beijing Electric Power Company, Beijing 100031, China)

Abstract: To deal with the problem of voltage and power factor exceeding limits caused by distributed PV integration, an improved voltage and power factor coordination control strategy of distributed PV is proposed. The strategy includes voltage control strategy and power factor control strategy, voltage control strategy regulates the voltage of integration by controlling PV reactive power firstly and reducing PV reactive power when PV reactive power reach lower limit, power factor control strategy regulates reactive power of PV and power factor of the point of common coupling, proportional integral controller is designed for two control strategies. Finally, an example is given to demonstrate the effectiveness of the proposed control strategy in a RT-LAB simulation environment.

Key words: distributed PV; voltage control; power factor control; proportional integral control

(编辑 钱 悦)

(上接第 19 页)

Emergency Power Support Control Strategy of VSC-HVDC and LCC-HVDC Coordination

CHEN Rui¹, SUN Zhongqing², YANG Yinguo¹, LIU Fusuo², LI Wei², GAO Jianliang², WU Chenxi²

(1. Electric Power Dispatch and Control Center of Guangdong Power Grid Co., Ltd., Guangzhou 510600, China;

2. Nari Technology Co., Ltd., Nanjing 211106, China)

Abstract: The VSC-HVDC has the characteristics of fast responding, active and reactive power decoupling and AC bus voltage stabilizing. Emergency control system with VSC-HVDC control can enhance the level of transient stability of power grid while reduce the conventional control costs of generator tripping and load shedding. The mechanism of improving transient stability by emergency HVDC power support based on Extended Equal Area Criterion (EEAC) is proposed. Based on the comparison of different kinds of HVDC power modulation, the difference control effect on power angle recovery between VSC-HVDC and LCC-HVDC is shown. The priority of different kinds of HVDC in the emergency control should be taken into consideration. A method to calculate the amount of HVDC power support and the emergency coordination control strategy considering both the priority and the amount of HVDC power support in different fault conditions are proposed.

Key words: transient stability control; VSC-HVDC; LCC-HVDC; emergency power support

(编辑 方 晶)