

一种提高系统稳定性的静止同步串联补偿器控制策略

朱鑫要¹, 赵静波¹, 周前¹, 刘建坤¹, 金梦²

(1. 国网江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏 南京 211103;

2. 国网江苏省电力公司检修分公司, 江苏 南京 211102)

摘要: 风力发电及特高压直流输电在我国得到了长足发展, 大容量的风电出力波动或特高压直流闭锁后, 不受控的大规模潮流转移严重威胁着电网的安全稳定运行, 因此高效的潮流控制手段对提高我国电网的稳定运行水平具有十分重大的意义。文中针对电力系统潮流控制的问题, 推导建立了实现线路潮流控制的静止同步串联补偿器 (static synchronous series compensator, SSSC) 控制策略, 并搭建了其电磁暂态仿真模型; 仿真结果表明, 所设计的控制策略在有效控制 SSSC 直流电容电压的基础上, 还可实现对线路潮流的精确、快速控制。文中研究成果可指导 SSSC 控制器设计, 为大规模新能源和特高压直流输电接入后电力系统的潮流控制和稳定运行提供参考。

关键词: 静止同步串联补偿器; 潮流控制; 直流电压控制; 电磁暂态

中图分类号: TM721

文献标志码: A

文章编号: 2096-3203(2017)03-0028-06

0 引言

为应对日益加剧的环境问题、能源危机, 以及我国能源与负荷地理分布不均等问题, 大规模风力发电等清洁能源、大容量特高压直流输电在我国电网得到了长足的发展和应^[1-3]。然而, 大容量的风电场群出力波动或直流闭锁可能引起电网潮流的大范围转移, 造成部分线路过载而诱发连锁跳闸, 进而危及电力系统的安全稳定运行^[4,5]。为快速、有效地控制系统潮流, 防止线路过载, 江苏电网已建成并投运了我国首套 220 kV 统一潮流控制器; 为应对锦苏特高压直流近区电网的潮流转移问题, 世界电压等级最高的首套 500 kV 统一潮流控制器也已全面开工建设^[6]。作为串联型柔性交流输电装置, 静止同步串联补偿器 (static synchronous series compensator, SSSC) 可向系统注入可控的交流电压, 从而达到控制系统潮流、提高系统稳定性的效果^[7-9]。较之于统一潮流控制器, SSSC 无并联侧换流器, 装置结构及控制系统逻辑相对简单; 同时, SSSC 装置具备小容量、分布式安装的潜力, 从而可大大提高装置的可靠性^[10]。

在利用 SSSC 进行电网潮流控制的研究领域, 已有文献建立了 SSSC 的潮流计算模型, 并研究了 SSSC 对改善系统潮流分布的作用^[11,12]。在 SSSC 装置控制策略方面, 文献^[13] 和文献^[14] 分别基

于模糊自整定 PI 控制、人工神经网络控制设计了 SSSC 的潮流控制器; 但上述研究中, SSSC 装置直流侧均由独立的直流电源供电, 以保障 SSSC 正常工作。文献^[15] 设计了 SSSC 的恒阻抗控制器, 文献^[16] 和文献^[17] 以调节线路阻抗为控制目标设计了 SSSC 的控制器; 上述研究中, 通过控制线路阻抗可间接的达到控制系统潮流的效果。文献^[18] 给出了 SSSC 的串联补偿控制、串联电压控制策略, 亦可间接达到控制系统潮流的效果。然而, 上述研究中 SSSC 控制策略均未以系统潮流为直接控制目标, 无法实现对线路潮流的精确、快速控制, 难以满足特高压直流闭锁等故障后, 系统潮流快速、精准控制的要求。文献^[19] 基于 SSSC 的机电等效模型建立了用以进行线路潮流控制的 SSSC 控制策略, 研究中选取不易获取的远方信号 (系统接收端电压) 作为同步和锁相信号, 且未给出 SSSC 控制策略的详细控制框图, 也未验证 SSSC 及其控制器在电磁暂态过程中的响应性能。

本文首先介绍了 SSSC 装置的数据模型, 然后以实现线路潮流控制为目标设计了 SSSC 的控制策略; 最后采用基于 PSCAD/EMTDC 电磁暂态仿真验证了所设计控制策略的有效性。分析表明, 本文所设计的 SSSC 控制策略可实现对线路潮流的精确、快速控制, 从而提高大规模新能源和特高压直流输电接入后我国电网的安全稳定运行水平。

1 SSSC 数学模型

SSSC 装置主要由直流电容、换流器、串联变压器等构成, 其接线示意如图 1 所示。图中 C_{dc} 和 U_{dc}

收稿日期: 2017-01-13; 修回日期: 2017-03-03

基金项目: 国家自然科学基金 (51607092); 国家电网公司科技项目 (基于分布式潮流控制的输电网柔性交流潮流控制技术研究)

分别为直流电容和电压值, \dot{U}_{se} 和 i_{se} 分别为 SSSC 换流器出口交流电压和电流, C , L_{se} 和 r_{se} 分别为 SSSC 换流器出口滤波支路电容、电感和电阻值, \dot{U}_{12} 为 SSSC 注入系统电压, i_{line} 为线路电流。

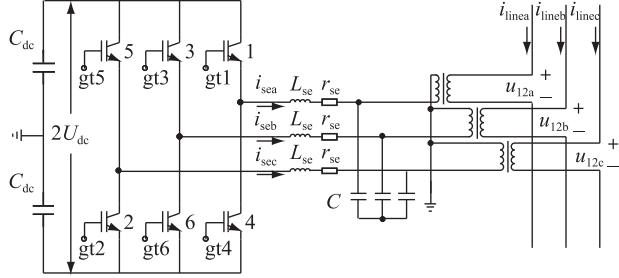


图 1 SSSC 接线示意图

Fig.1 Diagram of SSSC

在控制器的作用下, SSSC 换流器向系统输出幅值和相位可调的交流电压, 故对电网而言 SSSC 等值电路如图 2 所示。图中 Z_T 为 SSSC 串联变压器等值阻抗。

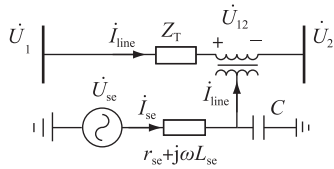


图 2 SSSC 等值电路图

Fig.2 Equivalent circuit of SSSC

根据基尔霍夫电流和电压定律 (KCL, KVL), 得到 SSSC 换流器出口支路的动态方程为:

$$\begin{cases} i_{sea} = i_{linea} + C \frac{du_{12a}}{dt} \\ i_{seb} = i_{lineb} + C \frac{du_{12b}}{dt} \\ i_{sec} = i_{linec} + C \frac{du_{12c}}{dt} \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} u_{sea} = u_{12a} + r_{se} i_{sea} + L_{se} \frac{di_{sea}}{dt} \\ u_{seb} = u_{12b} + r_{se} i_{seb} + L_{se} \frac{di_{seb}}{dt} \\ u_{sec} = u_{12c} + r_{se} i_{sec} + L_{se} \frac{di_{sec}}{dt} \end{cases} \quad (2)$$

对式(1)和式(2)进行坐标变换, 可得到其在同步旋转 dq 坐标系下的方程为:

$$\begin{cases} I_{sed} = I_{lined} - \omega_s C U_{12q} + C \frac{dU_{12d}}{dt} \\ I_{seq} = I_{lineq} + \omega_s C U_{12d} + C \frac{dU_{12q}}{dt} \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} U_{sed} = U_{12d} + r_{se} I_{sed} - \omega_s L_{se} I_{seq} + L_{se} \frac{dI_{sed}}{dt} \\ U_{seq} = U_{12q} + r_{se} I_{seq} + \omega_s L_{se} I_{sed} + L_{se} \frac{dI_{seq}}{dt} \end{cases} \quad (4)$$

式(3,4)中: ω_s 为系统工频角频率。

忽略换流器损耗, 则 SSSC 直流电容存储能量的变化等于换流器吸收的有功功率, 即串联变压器从系统吸收的有功与电阻 r_{se} 消耗的有功之差:

$$C U_{dc} \frac{dU_{dc}}{dt} = (U_{12d} I_{lined} + U_{12q} I_{lineq}) - (I_{sed}^2 + I_{seq}^2) r_{se} \quad (5)$$

由式(5)可知, 通过调节 SSSC 串联变压器从系统吸收的有功大小, 即可实现对 SSSC 直流电容电压的调节。

2 SSSC 控制策略

2.1 外环功率控制

维持直流电容电压恒定是保障 SSSC 装置正常工作的基本条件。本文基于 dq 解耦矢量控制原理设计了 SSSC 装置控制策略, 以同时实现对 SSSC 直流电容电压和线路潮流的有效控制。

SSSC 换流器采用线路电流 i_{line} 定向的 dq 解耦控制, 并将同步旋转坐标系的 d 轴定向于线路电流矢量 i_{line} , 即:

$$\begin{cases} I_{lined} = I_{line} \\ I_{lineq} = 0 \end{cases} \quad (6)$$

简化的两端输入电系统形成接线及电压矢量图如图 3 所示。忽略系统电阻, 在 SSSC 不向系统注入电压时, 线路潮流表达式为:

$$P = \frac{U_s U_r}{X} \sin(\delta_s - \delta_r) \quad (7)$$

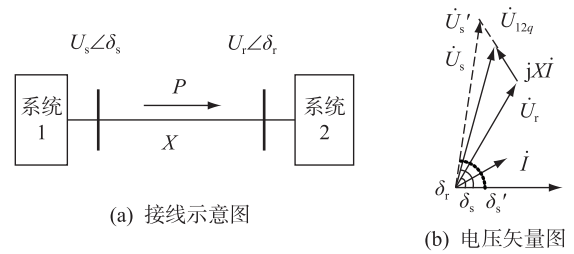


图 3 SSSC 串联补偿电压示意图

Fig.3 Diagram of SSSC series compensation voltage

当 SSSC 向系统注入与线路电流相位垂直的串联无功电压 U_{12q} 时, 电压 \dot{U}_s 变为 \dot{U}'_s 。此时, 线路潮流为:

$$P' = \frac{U'_s U_r}{X} \sin(\delta'_s - \delta_r) \quad (8)$$

可见,通过调节 SSSC 向系统注入的与电流正交的无功电压值,即电压 U_{12} 的 q 轴分量 U_{12q} ,便可实现线路潮流的控制。同时,将式(6)代入式(5)有:

$$CU_{dc} \frac{dU_{dc}}{dt} = U_{12d} I_{lined} - (I_{sed}^2 + I_{seq}^2) r_{se} \quad (9)$$

即通过调节 SSSC 向系统注入电压 U_{12} 的 d 轴分量 U_{12d} 便可控制 SSSC 直流电容存储能量的大小,从而实现对 SSSC 直流电容电压的控制。

因此,分别控制 SSSC 注入线路电压 U_{12} 的 d 轴和 q 轴分量即可实现对直流电容电压和线路潮流的解耦控制。

2.2 内环电压/电流控制

内环控制采用 SSSC 串联变压器输出电压 U_{12} 和换流器输出电流 I_{se} 的双环控制。由 SSSC 换流器出口支路动态方程式(3)和式(4)可知,SSSC 换流器及其出口支路电流和电压的 d 轴和 q 轴分量之间存在耦合关系。对于 SSSC 串联变压器输出电压动态方程,引入前馈量:

$$\begin{cases} I_{sed_fed} = -\omega_s CU_{12q} \\ I_{seq_fed} = \omega_s CU_{12d} \end{cases} \quad (10)$$

则 SSSC 串联变压器输出电压动态方程式(3)可改写为:

$$\begin{cases} I_{sed} = I_{lined} + I_{sed_fed} + C \frac{dU_{12d}}{dt} \\ I_{seq} = I_{lineq} + I_{seq_fed} + C \frac{dU_{12q}}{dt} \end{cases} \quad (11)$$

可见,引入前馈量后,通过对 SSSC 注入系统电压 U_{12} 的 d 轴和 q 轴分量偏差反馈,即可实现串联变压器输出电压的 d 轴和 q 轴分量解耦。对于 SSSC 换流器输出电流动态方程,引入前馈量:

$$\begin{cases} U_{sed_fed} = r_{se} I_{sed} - \omega_s L_{se} I_{seq} \\ U_{seq_fed} = r_{se} I_{seq} + \omega_s L_{se} I_{sed} \end{cases} \quad (12)$$

从而 SSSC 换流器输出电流动态方程式(4)可改写为:

$$\begin{cases} U_{sed} = U_{12d} + U_{sed_ref} + L_{se} \frac{dI_{sed}}{dt} \\ U_{seq} = U_{12q} + U_{seq_ref} + L_{se} \frac{dI_{seq}}{dt} \end{cases} \quad (13)$$

可见,引入前馈量后,通过对 SSSC 换流器输出电流 I_{se} 的 d 轴和 q 轴分量偏差反馈,即可实现换流器输出电流的 d 轴和 q 轴分量解耦。

从而得到具备线路潮流直接控制功能的 SSSC 换流器 dq 解耦控制策略框图如图 4 所示。图 4 中 P 为线路潮流,变量下标“ref”为变量指令值或参考值。

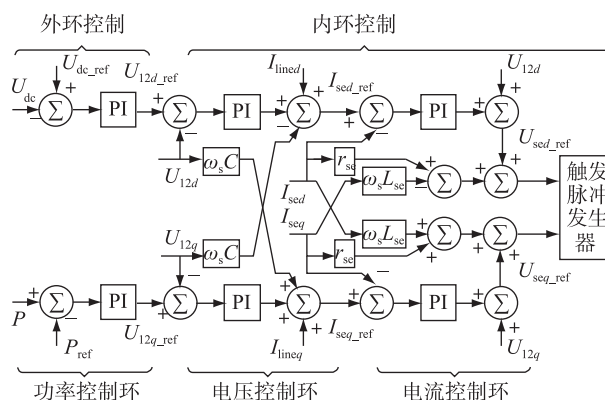


图 4 SSSC 控制框图

Fig.4 Control block diagram of SSSC

3 算例分析

基于 PSCAD/EMTDC 电磁暂态仿真软件搭建了含 SSSC 的算例输电系统仿真模型,系统结构如图 5 所示。等值系统 1 和等值系统 2 通过两回输电线路互联,装设于线路 2 的 SSSC 装置参数如表 1 所示。算例初始工况设置为 SSSC 装置直流电容电压 10 kV,等值系统 1 经线路 2 向等值系统 2 输送有功功率 500 MW。

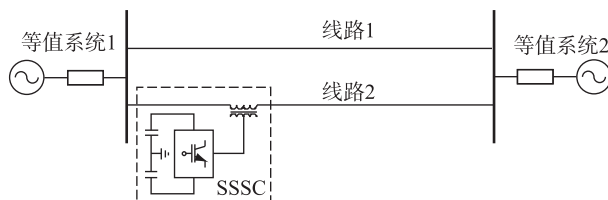


图 5 含 SSSC 的算例输电系统接线图

Fig.5 Single-line diagram of the test system with SSSC

表 1 SSSC 仿真系统参数

Table 1 Parameters of the simulation model with SSSC

参数	数值
交流系统额定电压/kV	500
串联变压器变比	35/10
直流电容 $C_{dc}/\mu\text{F}$	6000
直流电容额定电压 U_{dc}/kV	10
换流器出口滤波支路电容 $C/\mu\text{F}$	30
换流器出口滤波支路电感 L_{se}/H	0.004
换流器出口滤波支路电阻 r_{se}/Ω	0.2

3.1 线路潮流控制仿真

为验证所设计的 SSSC 控制策略对线路潮流的快速、精确控制能力,在 2 s 时将线路 2 的潮流指令由 500 MW 阶跃为 600 MW,4 s 时将线路 2 潮流指令阶跃至 400 MW,6 s 时将线路 2 潮流指令重新阶跃至 500 MW,SSSC 直流电容电压和线路 2 潮流的仿真结果如图 6 所示。

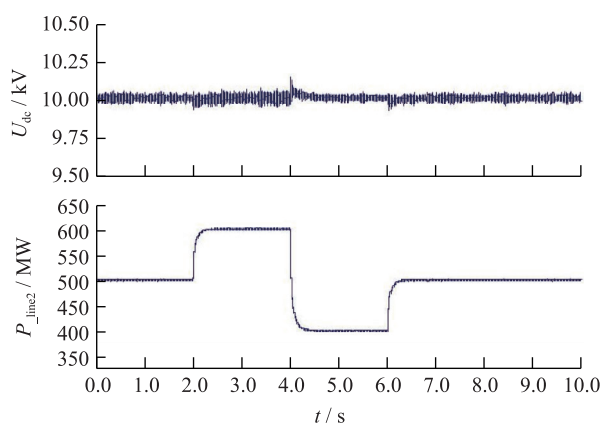


图6 SSSC潮流控制目标变化时
直流电压及线路2功率仿真曲线

Fig.6 Curves of the DC voltage and line 2 power flow during the changes of the SSSC power flow order

由图6可知,所设计的SSSC控制策略可实现对线路2潮流的精确、快速控制;且在进行线路潮流调节的暂态过程中,SSSC直流电容电压波动较小(图6中 U_{dc} 瞬时值最大为10.132 kV、最小值为9.922 kV)、瞬时值与额定值10 kV的最大偏差不超过1.5%,即该控制策略在调节线路潮流的同时还可有效的维持SSSC直流电容电压恒定。

3.2 直流电压控制仿真

进一步仿真验证所设计的SSSC控制策略对SSSC直流电容电压的控制能力。在2 s时将SSSC直流电容电压指令由10 kV阶跃为9 kV,SSSC直流电容电压和线路2潮流的仿真结果如图7所示。

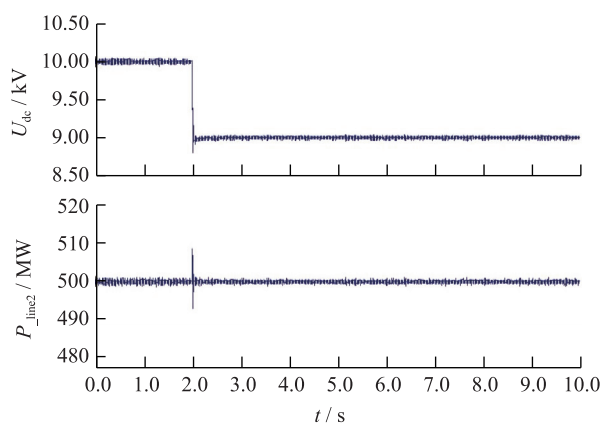


图7 SSSC直流电压控制目标变化时
直流电压及线路2功率仿真曲线

Fig.7 Curves of the DC voltage and line 2 power flow during the changes of the SSSC DC voltage order

由图7可知,本文所设计的SSSC控制策略可快速跟踪直流电容电压指令;同时,在SSSC直流电容电压改变时,该控制策略仍可有效地控制线路潮流。

4 结语

为应对风电场群出力波动或直流闭锁可能诱发的线路过载和连锁跳闸问题,本文推导和建立了实现线路潮流控制的SSSC控制策略,并通过电磁暂态仿真验证了该控制策略的有效性;所设计的SSSC控制策略可精准、快速地跟踪线路潮流调节指令,极大地提高系统潮流调节的灵活性,促进大规模新能源发电和超/特高压直流输电在我国电网的开发和应用。

参考文献:

- [1] 刘振亚,秦晓辉,赵良,等.特高压直流分层接入方式在多馈入直流电网的应用研究[J].中国电机工程学报,2013,33(10):1-7.
LIU Zhenya, QIN Xiaohui, ZHAO Liang, et al. Study on the application of UHVDC hierarchical connection mode to multi-in-feed HVDC system [J]. Proceedings of the CSEE, 2013, 33 (10): 1-7.
- [2] 陆燕,谈健.江苏海上风电接入系统若干问题探讨[J].江苏电机工程,2014,33(5):55-58.
LU Yan, TAN Jian. A discussion on the integration of offshore wind farm into jiangsu power grid [J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2014, 33(5): 55-58.
- [3] 吴萍,徐式蕴,赵兵,等.面向风火打捆的特高压直流输电工程弱送端强直弱耦合特性研究[J].电力自动化设备,2016,36(1):60-66.
WU Ping, XU Shiyun, ZHAO Bing, et al. Research of weak sending-end coupling characteristics for bundled wind-thermal power transmission of UHVDC project [J]. Electric Power Automation Equipment, 2016, 36(1): 60-66.
- [4] 朱鑫要,汪惟源,汪成根.江苏特高压交直流输电交互影响研究[J].江苏电机工程,2016,35(2):39-42.
ZHU Xinyao, WANG Weiyuan, WANG Chenggen. Analysis of interaction between UHVAC and UHVDC for Jiangsu Power Grid [J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2016, 35(2): 39-42.
- [5] 董俊,束洪春,司大军,等.特高压远距离大容量云电送粤中的稳定问题研究[J].电网技术,2006,30(24):10-15.
DONG Jun, SHU Hongchun, SI Dajun, et al. Study on several stability problems in UHVDC long distance bulk power transmission from Yunnan province to Guangdong province [J]. Power System Technology, 2006, 30(24): 10-15.
- [6] 朱鑫要,孙海顺,孔祥平,等.含统一潮流控制器的电力系统次同步谐振特性[J].高电压技术,2016,04(10):3110-3116.
ZHU Xinyao, SUN Haishun, KONG Xiangping, et al. Subsynchronous resonance characteristics of the power system with unified power flow controller [J]. High Voltage Engineering, 2016, 04(10): 3110-3116.
- [7] SEN K K. SSSC-static synchronous series compensator: theory,

- modeling, and applications [J]. IEEE Trans. on Power Delivery, 1998, 13(1): 241-246.
- [8] PRADHAN A C, LEHN P W. Frequency-domain analysis of the static synchronous series compensator [J]. IEEE Trans. on Power Delivery, 2007, 21(1): 440-449.
- [9] CASTRO M S, AYRES H M, COSTA V F D, et al. Impacts of the SSSC control modes on small-signal and transient stability of a power system [J]. Electric Power Systems Research, 2007, 77(1): 1-9.
- [10] BRISSETTE A, MAKSIMOVI C D, LEVRON Y. Distributed series static compensator deployment using a linearized transmission system model [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2015, 30(3): 1269-1277.
- [11] 赵建军, 郭剑波, 周孝信. 利用附加节点注入电流法设计静止同步串联补偿器的潮流控制器[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(23): 1-6.
ZHAO Jianjun, GUO Jianbo, ZHOU Xiaoxin. Using the method of injecting current from additional nodes for modeling and simulation of SSSC power flow controller [J]. Proceedings of the CSEE, 2005, 25(23): 1-6.
- [12] ZHANG Xiaoping. Advanced modeling of the multicontrol functional static synchronous series compensator (SSSC) in Newton power flow [J]. IEEE Trans. on Power Systems, 2003, 18(4): 1410-1416.
- [13] 王 辉, 王耀南, 许维东. 基于模糊自整定 PI 控制的 SSSC 潮流控制器研究 [J]. 电工技术学报, 2004, 19(7): 65-69.
WANG Hui, WANG Yaonan, XU Weidong. Investigation of a power flow controller of SSSC based on self-tuning PI controller with fuzzy logic [J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2004, 19(7): 65-69.
- [14] 杨 琪, 王 辉. 基于神经网络控制算法的 SSSC 潮流控制器设计 [J]. 电机电器技术, 2002(5): 17-20.
YANG Qi, WANG Hui. Designing of the SSSC flow controller based on neural network arithmetic [J]. Technology of Electric Machine and Appliance, 2002(5): 17-20.
- [15] 张爱国, 张建华, 蒋 程. 静止同步串联补偿器的恒阻抗模型及其双闭环控制策略 [J]. 电网技术, 2010, 34(3): 106-111.
ZHANG Aiguo, ZHANG Jianhua, JIANG Cheng. Constant-impedance model of static synchronous series compensator and its double closed loop control strategy [J]. Power System Technology, 2010, 34(3): 106-111.
- [16] 刘黎明, 康 勇, 陈 坚, 等. SSSC 建模、控制策略及性能 [J]. 电工技术学报, 2006, 21(9): 37-43.
LIU Liming, KANG Yong, CHEN Jian, et al. Static synchronous series compensator: modeling, control scheme and performance [J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2006, 21(9): 37-43.
- [17] 张 帆, 徐 政. 静止同步串联补偿器控制方式及特性研究 [J]. 中国电机工程学报, 2008, 28(19): 75-80.
ZHANG Fan, XU Zheng. Study on control and characteristics of static synchronous series compensator [J]. Proceedings of the CSEE, 2008, 28(19): 75-80.
- [18] MOURS M E, SHARAF A M, El-ARROUDI K. Optimal control schemes for SSSC for dynamic series compensation [J]. Electric Power Systems Research, 2008, 78(4): 646-656.
- [19] 吴杰康, 蒋 程, 张建华, 等. 一种优化系统动态性能的新型 SSSC 控制策略 [J]. 电工技术学报, 2011, 16(12): 156-161.
WU Jiekang, JIANG Cheng, ZHANG Jianhua, et al. A novel static synchronous series compensator control strategy for improving the dynamic performance of power systems [J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2011, 16(12): 156-161.

作者简介:



朱鑫要

朱鑫要(1987—),男,河南尉氏人,工程师,从事 FACTS 建模、电力系统稳定分析与控制等研究工作;

赵静波(1982—),男,重庆人,高级工程师,从事电力系统分析研究工作;

周 前(1978—),男,江苏宜兴人,高级工程师,从事电力系统稳定分析与控制研究工作;

刘建坤(1980—),男,山东潍坊人,高级工程师,从事电力系统仿真分析、电力系统规划和运行等研究工作;

金 梦(1988—),女,湖北仙桃人,助理工程师,从事特高压直流输电运维检修工作。

(下转第 49 页)

- tion model of DER connected distributed grid [D]. Beijing: North China Electric Power University, 2014.
- [14] YU Hang, SUN Ying, NIU Xiaona, et al. Energy internet system based on distributed renewable energy generation [J]. Electric Power Automation Equipment, 2010, 30 (5): 104-108.
- [15] VERMESAN O. Internet of energy-connecting energy anywhere anytime [C]//Advanced Microsystem for Automotive Applications. Berlin Germany, 2011: 33-48.
- [16] 梁有伟,胡志坚,陈允平. 分布式发电及其在电力系统中的应用研究综述[J]. 电网技术,2003,27(12):71-75,88.
LIANG Youwei, HU Zhijian, CHEN Yunping. A survey of distributed generation and its application in power system [J]. Power System Technology, 2003,27 (12):71-75,88.
- [17] SCHNEIDER K, LIU Chencheng, PAUL J P. Assessment of interactions between power and telecommunications infrastructures [J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2006, 21 (3): 1123-1130.
- [18] LIN Hua, VEDA S S, SHUKLA S S, et al. GECO: global event-driven co-simulation framework for interconnected power system and communication network [J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2012, 3(3): 1444-1456.

作者简介:



宋晓健

宋晓健(1991—),男,江苏宿迁人,硕士研究生,研究方向为电力系统分析、运行与控制;

喻洁(1975—),女,江苏南京人,博士,副教授,研究方向为电力系统运行分析与技术支持;

张俊芳(1965—),女,江苏南京人,副教授,研究方向为电力系统分析、运行与控制;

倪明(1969—),男,江苏南京人,高级工程师,从事电力系统规划、电力系统稳定控制、电力物理信息系统等研究工作;

孙旻(1970—),男,江西南昌人,高级工程师,从事配电网技术工作。

Design of Power Communication Simulation Platform for Energy Internet

SONG Xiaojian¹, YU Jie², ZHANG Junfang¹, NI Ming³, SUN Min⁴

(1. School of Automation, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China;

2. School of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China; 3. NARI Technology

Incorporation, Nanjing 211106, China; 4. State Grid Jiangxi Electric Power Research Institute, Nanchang 330006, China)

Abstract: With the emergence and development of the concept of energy Internet, the communication is playing an increasingly important role in the power system. It is necessary to study the synergy of communication system and power system. Based on the analysis of the demand of energy Internet communication, the general framework and key technologies of the simulation platform of power grid and communication network are put forward. The co-simulation platform of power grid and communication network is designed by using Matlab and OPNET to study the influence of communication on the operation of power system. Finally, a simulation example that distributed powers in energy Internet participate in the frequency modulation of power system is given to demonstrate the feasibility and effectiveness of the co-simulation platform.

Key words: energy internet; power grid; communication; co-simulation

(编辑 刘晓燕)

(上接第 32 页)

Control Strategy of Static Synchronous Series Compensator to Improve Power System Stability

ZHU Xinyao¹, ZHAO Jingbo¹, ZHOU Qian¹, LIU Jiankun¹, JIN Meng²

(1. State Grid Jiangsu Electric Power Research Institute, Nanjing 211103 China;

2. State Grid Jiangsu Electric Power Maintenance Branch Company, Nanjing 211102, China)

Abstract: Wind power and UHVDC (Ultra-High Voltage Direct Current Transmission) have been widely used in China. Safety and stability of the power system are threatened by uncontrollable power flow transferring, which is caused by the fluctuation of bulk wind power or UHVDC blocking. Hence, it is of great significance for improving the stable of the power system by developing efficient power flow control devices. To solve the uncontrollable power flow transferring problem, control strategy of SSSC (Static Synchronous Series Compensator) is deduced, and electromagnetic transient model of SSSC is constructed as well. Results of the simulations show that the designed control strategy regulates the DC voltage effectively, and can control the power flow accurately and rapidly. This study is supposed to be helpful for the controller design of SSSC, and to be useful for the operating and power flow control of the power system with bulk new energy or UHVDC integrated.

Key words: static synchronous series compensator (SSSC); power flow control; DC voltage control; electromagnetic transient

(编辑 徐林菊)