

DOI:10.12158/j.2096-3203.2019.03.013

一种基于 DSSC 集中控制的实时优化分配方法

陈涵^{1,2}, 赵静波³, 封科^{1,2}, 钟亮民^{1,2}, 朱开阳^{1,2}

(1. 南京南瑞集团公司(国网电力科学研究院), 江苏 南京 211106;

2. 国电南瑞科技股份有限公司, 江苏 南京 211106;

3. 国网江苏省电力有限公司电力科学研究院, 江苏 南京 211103)

摘要:分布式静止串联补偿器(DSSC)体积小、功耗低,可直接串接在输电线路上进行潮流控制,已成为最具前景的分布式柔性交流输电技术之一。为了解决DSSC系统中各子模块协调配合控制问题,文中针对各子模块运行状态、调节性能的差异性,按照“以状态分类-以调节性能制定优先级”的思想,提出了子模块调节出力的实时优化分配方法,实现子模块启停次数最少,延长子模块运行寿命的目标。基于实时数字仿真器对功率优化分配方法进行闭环仿真分析,结果表明,对比传统平均分配法和比例分配法,文中所述方法在调节速度和精度上有很大提高,能够满足DSSC的实时潮流调控要求。

关键词:DSSC;集中控制;分配方法;实时优化

中图分类号:TM726.1

文献标志码:A

文章编号:2096-3203(2019)03-0087-06

0 引言

随着电网运行市场化的推进,提升电网运行的经济竞争力势在必行。分布式柔性交流输电系统成本低,布置灵活,能实时、连续且快速地控制和调节电网潮流,优化潮流分布,是未来柔性交流输电重要的发展方向^[1-3]。美国的Deepak Divan教授最早提出了基于静止串联同步补偿器(static series synchronous compensator, SSSC)进行改进,形成分布式静止串联补偿器(distributed static series compensator, DSSC)^[4-7]。经过多年发展,DSSC已经实现了模块化批量生产,有效降低了成本并缩短了工程建设周期^[8-10]。

国内外不少学者对DSSC的控制方法进行了理论研究工作,文献[11-13]重点分析了DSSC主电路拓扑及参数配合方法。文献[14-15]研究比例谐振控制策略在DSSC补偿电压控制策略中的应用。文献[16-18]在DSSC系统级研究方面进行了初步探索,将DSSC等效为恒定电压源,运行时线路子模块全部满载投入,控制精度不高,实际控制效果难以满足要求,同时也未考虑一次性投入全部子模块对线路潮流的冲击,以及子模块故障、通信异常带来的潮流不平衡问题。文献[19-21]采用传统的比例积分控制方法,设计了DSSC系统级控制策略,主控单元采用平均分配或者比例分配的方法

确定各子模块的控制指令,但对控制效果并未有说明。DSSC子模块是潮流控制的实际执行机构,如何依据总目标制定各子模块控制指令具有重要的研究意义。

文中首先介绍了实际工程应用DSSC集中管理控制的基本架构,分析了传统的平均分配法和比例分配法的不足之处;然后,提出了基于DSSC集中管理控制的实时优化分配方法,详细说明了其控制流程;最后,通过仿真算例验证了该方法的有效性,并对其潮流调节过程及子模块响应特性进行了分析。

1 DSSC 集中管理控制系统

1.1 DSSC 集中管理控制系统架构

DSSC集中管理控制系统如图1所示,分为3个层级:系统层、站控层、执行层。系统层为能量管理系统(energy management system, EMS),实时监测网络潮流情况,根据潮流优化算法,下发各线路潮流调节目标指令;站控层主要为远程终端主控单元(简称主控单元),通过无线传输的方式接收各子模块运行状态,向各子模块下发调节参考电压和调节性质(感性或容性),实现系统层下发的控制目标。执行层为DSSC子模块,其功能为实时上送自身运行状态,接收主控单元下发的调节指令并快速响应执行。

1.2 DSSC 子模块控制策略

DSSC子模块由单匝变压器(single turn transformer, STT)、单相电压源型逆变器、嵌入式通信模块以及相应的控制装置等构成,如图2所示。

收稿日期:2019-03-06;修回日期:2019-04-12

基金项目:国家电网有限公司总部科技项目“基于分布式潮流控制的电网柔性交流潮流控制技术的研究”

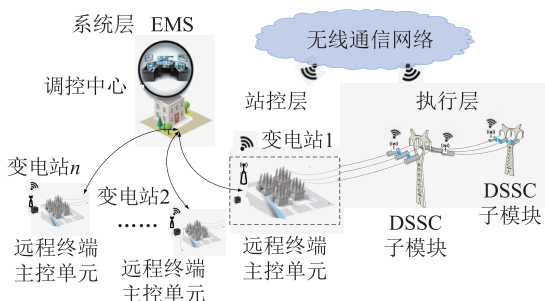


图1 DSSC集中管理系统

Fig.1 Centralized management system of DSSC

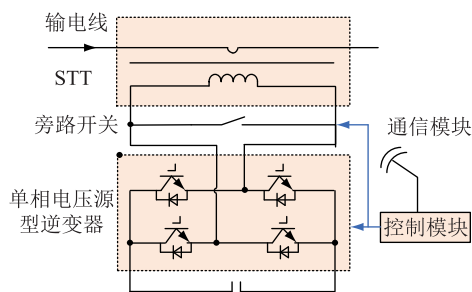


图2 DSSC子模块拓扑结构

Fig.2 The topology diagram of DSSC sub module

DSSC子模块功能是向其安装的线路注入正交于相电流的电压向量:感性模式下,注入电压超前于电流 90° ;容性模式下,注入电压滞后于电流 90° 。由于直流侧电容充电及逆变器损耗,实际注入电压并与线路电流不是标准正交,可能有很小角度的偏移。DSSC子模块的控制策略如图3所示。

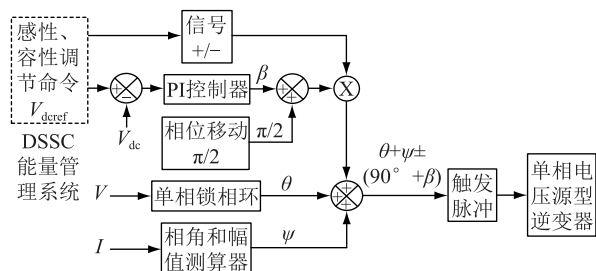


图3 DSSC子模块控制

Fig.3 Control block diagram of DSSC sub module

利用单相锁相环测量线路电流的相角,得到DSSC子模块输出电压的相角基准。DSSC子模块输出的实际电压 V_{dc} 与参考值 V_{ref} 比较,经过PI控制环节得到控制电压的相角和幅值。

1.3 DSSC主控单元控制策略

主控单元是DSSC集中控制的核心,考虑到子模块的损耗及控制精度等问题,主控单元采用PI控制,其控制策略如图4所示。实际潮流 P_{line} 与参考值 P_{ref} 比较,经过PI控制环节得到总调节量。再经过分配模块得到各子模块调节状态和调节参考值。

如何快速有效地进行子模块调节状态和调节参考值的制定即分配方法的优劣决是影响主控单元性能的好坏关键因素。

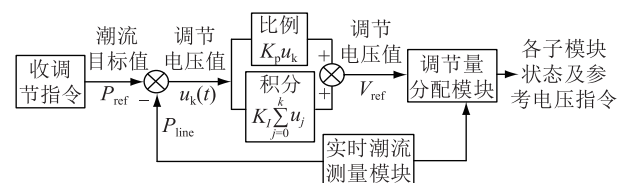


图4 DSSC主控单元控制框图

Fig.4 Simplified circuit diagram of transmission line

1.4 传统分配方法

传统DSSC集中管理控制的分配方法为平均分配法和比例分配方法。平均分配法模型为:

$$V_i^{se0} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i^{se} \quad (1)$$

$$\Delta V_i^{se,tar} = \frac{V_{ref}}{n} = V_i^{se,tar} - V_i^{se0} \quad (2)$$

式中: $\Delta V_i^{se,tar}$ 为第 i 组子模块电压参考值; n 为子模块总数; $\Delta V_i^{se,tar}$, V_{ref} 分别为各组子模块目标调节量和主控单元计算出的目标调节量; V_i^{se0} , V_i^{se} 分别为初始化前后子模块出力。平均分配法需要在初始时刻初始化所有子模块来消除其初始状态的差异,由于未考虑子模块自身容量差异,容量较大的子模块性能不能完全发挥,造成子模块性能浪费。

比例分配法是根据子模块的最大可调量与总可调量的比例来分配,其计算方法为:

$$V_i^{se,tar} = \frac{V_{ref} V_i^{adj} \lambda_i}{\sum_{i=1}^n (V_i^{adj} \lambda_i)} + V_i^{se} \quad (3)$$

式中: V_i^{adj} 为第 i 组子模块的实时可调量; λ 为子模块状态函数, λ 为1表示子模块正常可控, λ 为0表示子模块故障状态。

当目标指令值远小于总可调量时,按照上述两种方法分配给各子模块的调节量很小,这样会使子模块效率低,总误差增大。同时,这2种方法都没有考虑通信异常状态的处理,存在潜在的潮流不平衡风险。

2 DSSC子模块调节量实时优化分配方法

子模块无线通信的方式受天气影响很大,传统方法并没有考虑子模块通信情况,且传统方法整个调节过程中的子模块全部处于出力状态,没有考虑其性能差异。通过对子模块运行和通信状态进行识别、分类处理,可以避免调节过程中潮流出现不平衡。根据子模块性能进行优先级排序,优先使用

性能较好的子模块,可以提高调节速率和精度。文中根据上述“以状态分类-以调节性能制定优先级”的思想,综合考虑各子模块特性差异、通信状态、使用寿命等因素,提出以优先投入序列优先的子模块为目标的实时优化分配方法,以感性调节为例。为了保证三相平衡,子模块都是采用分组安装,每组由在 A、B、C 三相安装类型相同的 3 个子模块组成。当某一个子模块通信异常或者故障时,在下一个周期,对同组另外两相子模块执行同样操作,因此,可认为每相操作相同。

DSSC 子模块调节量实时优化分配法流程如图 5 所示,具体步骤如下:

- (1) 子模块的分类及优先级排序;
- (2) 子模块总可调用量计算;
- (3) 判断是否需要启动或者关停子模块;
- (4) 确定出力变化时需启动、关闭的子模块;
- (5) 确定子模块的出力。

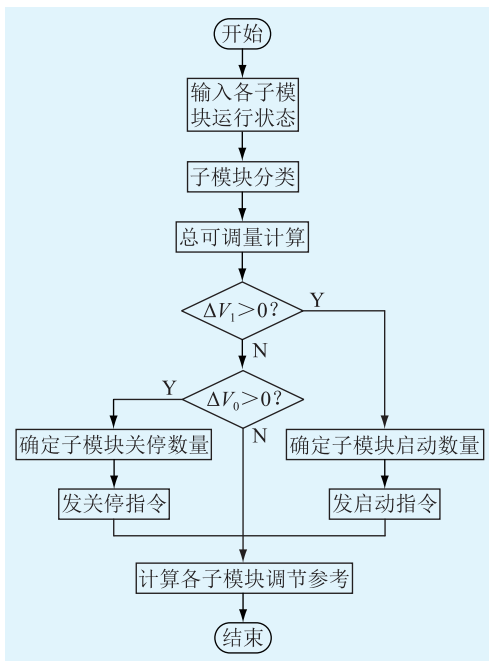


图 5 实时优化分配方法流程

Fig.5 Real-time optimization distribution method

2.1 DSSC 子模块的分类及排序

DSSC 子模块存在多种运行状态,其与主控单元的通信也可能存在异常情况,按表 1 进行分类。根据 DSSC 子模块运行及通信状态,分为 1、2、3、4 共 4 个类型,当前调节出力主要由第 1 类和第 3 类子模块提供。

每类子模块排序规则制定为:调节容量大的子模块优先级高,同优先级按照停机时长由大到小进行排序。按照上述规则,可对每组子模块进行分类并排序。第 2 类子模块可在下一控制周期内正常开

表 1 DSSC 子模块分类

Table 1 Classification of DSSC submodule

状态类别	运行状态	实时输出	与主控单元通信状态
1	运行正常	不为零	通信正常
2	热备状态	为零	通信正常
3	运行正常	不为零	通信异常
4	故障停运	不为零	通信正常

启;第 3 类子模块在下一控制周期内不能接收调控指令;第 4 类子模块在下一控制周期内使输出功率递减到零。

2.2 DSSC 子模块总可调用量计算

第 1 类和第 3 类子模块下一调控周期内的最大可调用量为:

$$\begin{cases} V_{1\max}^k = \sum_{j=1}^{N_1} V_{1j}^{\text{adj},k} \\ V_{3\max}^k = 0 \end{cases} \quad (4)$$

其中, V_{ij}^{adj} 为第 i 类第 j 个子模块的下一周期的可调用量,而第 3 类子模块由于通信不正常不能收到主控单元的控制指令,因此下一控制周期将按当前出力进行输出,可调出力为零。 $k=0$ 或 1 , 0 表示降低出力, 1 表示提升出力。因此在运行的子模块下一调控周期内总可调用量为:

$$V_{\max}^k = V_{1\max}^k = \sum_{j=1}^{N_1} V_{1j}^{\text{adj},k} \quad (5)$$

2.3 判断是否需要启动或者关停子模块

设主控单元在下一周期内提升量参考值与可提升量差值 ΔV_1 为:

$$\Delta V_1 = V_{\text{ref}}^1 - V_{\max}^1 + V_4 \quad (6)$$

当 $\Delta V_1 > 0$ 时,需要增加子模块来增加出力;设主控单元在下一周期内降低量参考值与可降低量差值 ΔV_0 为:

$$\Delta V_0 = V_{\text{ref}}^0 - V_{11}^{\text{adj},0} - V_4 \quad (7)$$

当 $\Delta V_0 > 0$ 时,需要减少子模块来降低出力。其余情况表示子模块个数不变。

2.4 确定出力变化时需启动/关闭的子模块

$\Delta V_1 > 0$ 时,启动第 2 类子模块来增加出力。

根据 2.1 规则,第 2 类子模块排序为:

$$V_{2\text{out}} = [V_{21}^{\text{adj},1}, V_{22}^{\text{adj},1}, \dots, V_{2N_2}^{\text{adj},1}], H_2 = [h_1, h_2, \dots, h_{N_2}], h_i = 0 \text{ 表示不启动}; h_i = 1 \text{ 表示启动。令:}$$

$$\Delta m^1 = H_2 \cdot (V_{2\text{out}})^T - \Delta V_1 \quad (8)$$

则需增加的子模块由如下方法确定:

(1) 初始化 $H_2 = 0$;

(2) 令 $h_1 = 1, h_2 = h_3 = \dots = h_{n_2} = 0$, 计算 Δm^1 的值,当 $\Delta m^1 < 0$, 令 $h_1 = h_2 = 1, h_3 = h_4 = \dots = h_{n_2} = 0$, 以此

类推直到 $\Delta m^1 > 0$ 或 $h_1 = h_2 = \dots = h_{n_2} = 1$;

(3) $\Delta m^1 < 0$ 且 $h_1 = h_2 = \dots = h_{n_2} = 1$, 表示第 2 类子模块均开启, 计算结束; 若第 i 次操作时, $\Delta m^1 > 0$, 则 $1, 2, \dots, i$ 为第 2 类需开启的子模块。

$\Delta V_0 > 0$ 时, 关闭第 1 类子模块来降低出力。方法类似: $V_{1out} = [V_{11}^{adj,0}, V_{12}^{adj,0}, \dots, V_{1N_1}^{adj,0}]$, $H_1 = [h_1, h_2, \dots, h_{N_1}]$, 令:

$$\Delta m^0 = H_1 \cdot (V_{1out})^T - \Delta V_0 \quad (9)$$

(1) 初始时刻 $h_1 = h_2 = h_3 = h_4 = \dots = h_{n_1} = 0$;

(2) 令 $h_1 = 1, h_2 = h_3 = \dots = h_{n_1} = 0$, 计算 Δm^0 的值, 当 $\Delta m^0 < 0$, 令 $h_1 = h_2 = 1, h_3 = h_4 = \dots = h_{n_1} = 0$, 以此类推直到 $\Delta m^1 > 0$ 或 $h_1 = h_2 = \dots = h_{n_1} = 1$;

(3) $\Delta m^0 < 0$ 且 $h_1 = h_2 = \dots = h_{n_1} = 1$, 表示第 1 类子模块均关闭, 计算结束; 若第 i 次操作时, $\Delta m^0 > 0$, 则 $1, 2, \dots, i-1$ 为第 1 类需关闭的子模块。

2.5 确定子模块的出力

$\Delta V_1 > 0$ 时, 第 1 类及第 2 类的前 $i-1$ 组子模块均为满发, 第 i 个子模块的出力为 $-\Delta m_{i-1}^1$ 。

$\Delta V_0 > 0$ 时, 第 1 类前 $i-1$ 组子模块关停, 第 i 个子模块的出力较上一周期降低 $-\Delta m_{i-1}^0$ 其余出力不变。

在子模块数量不变的情况下, 子模块的出力可以采用类似 2.4 所述方法来确定。

3 仿真与结果分析

在实时数字仿真器 (real-time digital simulator, RTDS) 中进行 DSSC 主控单元实时优化分配效果的在环仿真验证, 实验采用 110 kV 双回线输电线, 每回线路参数相同, 如图 6 所示。

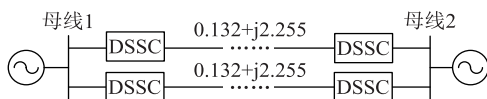


图 6 DSSC 调节单回线潮流示意图

Fig.6 The diagram of DSSC regulating double-line power flow

每回线路中串接 5 组子模块, 共 15 个, 初始各子模块组状态如表 2 所示。

表 2 初始子模块参数表

Table 2 The parameters for every sub-unit

组号	容量/V	排序	初始态/V
1	±50	1(1类)	+20
2	±50	1(2类)	0
3	±40	2(2类)	0
4	±40	3(2类)	0
5	±20	4(2类)	0

主控单元分别导入平均分配法、成比例分配法 (对照组) 及实时优化分配法程序, 其余参数保持一致进行试验, 死区设置为 0.5 A, 2 s 时向主控器下发目标线路电流 500 A, 潮流响应情况如图 7 所示。

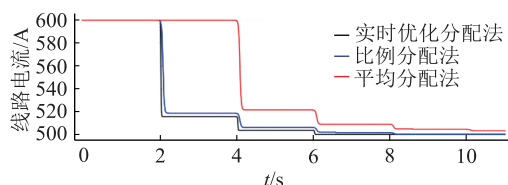


图 7 3 种分配方法下潮流响应情况

Fig.7 Trend responses under 3 distribution methods

从图 7 中可以看出, 采用平均分配法时, 4 s 开始响应, 11 s 结束, 共经历四轮调节, 耗时 7 s, 最后线路电流控制在 500.4 A。采用比例分配法时, 2 s 开始响应, 9 s 结束, 共经历了四轮调节, 耗时 7 s, 最后线路电流控制在 500.3 A。采用实时优化分配法时, 2 s 开始响应, 7 s 结束, 共经历了三轮调节, 耗时 5 s, 最后线路电流控制在 500.1 A, 达到潮流控制要求。3 种分配方法中, 平均分配法第一轮进行初始化处理, 其耗时最长; 从电流变化的斜率可以看出, 实时优化分配法的子模块响应最为迅速, 潮流变化最快。此外, 实时优化分配法经历三轮调节就满足要求而平均分配法和比例分配法经历四轮调节, 说明实时优化分配法的子模块总的响应精度要高于传统的平均分配法和比例分配法, 这是因为实时优化分配法时, 运行的子模块大都处于满发状态, 精度相对要高。综上, 实时优化分配法不论在潮流调节速率还是调节精度上, 都优于传统的平均分配法和比例分配法。

图 8 所示为组 1 子模块在 3 种分配方法下的响应情况。

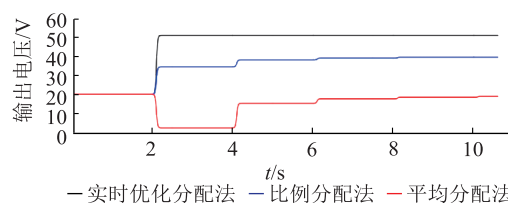


图 8 组 1 子模块在 3 种分配方法下响应情况

Fig.8 The response of No 1 submodule under three distribution methods

采用平均分配法时, 2 s 开始响应, 出力先降低后逐步上升, 11 s 响应结束, 共经历了五轮调节。采用比例分配法时, 2 s 开始响应, 出力逐步上升, 9 s 响应结束, 共经历了四轮调节。采用实时优化分配法时, 2 s 开始响应, 出力直接达到满发, 3 s 响应结束, 只经历了一轮调节, 同时, 实时优化分配法总共

只投入3组运行,而传统法子模块全部投入运行,体现了实时优化分配法优先使用序列优先子模块出力的特点。

4 结语

针对传统分配方法的缺点,按照“以状态分类以调节性能制定优先级”的思想,提出了一种基于DSSC集中控制的子模块调节量实时优化分配方法。基于RTDS仿真平台,对传统方法和文中方法进行仿真对比,仿真结果验证了实时优化分配法能满足潮流调节要求,并在潮流调节速率和调节精度上较传统平均分配法和比例分配法有较大提高。

文中所提方法只初步考虑了子模块性能、异常情况和使用寿命问题,对于实际工程中需要考虑的线路电流、温度、湿度等对集中控制的影响问题有待进一步研究。

参考文献:

- [1] DIVAN D, JOHAL H. Distributed FACTS-A new concept for realizing grid power flow control[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2007, 22(6): 2253-2260.
- [2] GAIGOWAL S R, RENGE M M. Some studies of distributed series FACTS controller to control active power flow through transmission line[J]. IEEE International Conference on Power, Energy and Control (ICPEC), 2013, 1(6): 124-128.
- [3] MEHTA D, RAVINDRAN A, JOSHI B, et al. Graph theory based online optimal power flow control of power grid with distributed flexible AC transmission systems (D-FACTS) devices [C] // 2015 North American Power Symposium (NAPS), Charlotte, NC, 2015: 1-6.
- [4] BRISSETTE A, MAKSIMOVIC D, LECRON Y. Distributed series static compensator deployment using a linearized transmission system model[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2015, 30(3): 1269-1277.
- [5] 张晓宇,顾乔根,王继锋,等. 统一潮流控制器系统串联变压器保护设计[J]. 电力系统自动化,2017,41(17):72-77.
ZHANG Xiaoyu, GU Qiaogen, WEN Jifeng, et al. Series transformer protection design in unified power flow controller system [J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(17): 72-77.
- [6] 徐卓林,黄奇,李卓然,等. 一种针对串联补偿的综合效益评估方法[J]. 广东电力,2017,30(3):11-14.
XU Zhuolin, HUANG Qi, LI Zhuoran, et al. An assessment method for comprehensive benefit of series compensation [J]. Guangdong Electric Power, 2017, 30(3): 11-14.
- [7] 温才权,吴志宇,李先宁,等. 一种基于等离子的串联补偿电容器间隙技术[J]. 广东电力,2018,31(8):182-187.
WEN Caiquan, WU Zhiyu, LI Xianning, et al. Research on series compensator capacitor gap technology based on plasma [J]. Guangdong Electric Power, 2018, 31(8): 182-187.
- [8] MOHAMMADREZA D G, MAHMUD F F, FARROKH A, et al. Optimal distributed static series compensator placement for enhancing power system loadability and reliability[J]. IET Generation Transmission & Distribution, 2015, 9(11): 1043-1050.
- [9] 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,2011,26(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 system[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2011, 26(12): 156-161.
- [10] JALAYER R, MOKHTARI H. A Simple three-phase model for distributed static series compensator (DSSC) in newton power flow [C] // Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference. IEEE, 2009: 1-5.
- [11] TAMBE P P, JOSHI K D. Power flow improvement using distributed static series compensator [C] // International Journal of Engineering Research and Technology. ESRSA Publications, 2012.
- [12] RAYTHATHTHA K G, VYAS B Y. System parameters improvement of transmission line using Distributed Static Series Compensator (DSSC) [C] // International Conference on Energy Efficient Technologies for Sustainability. IEEE, 2016: 459-463.
- [13] FAJRI P, AFSHARNIA S. A PSCAD/EMTDC model for distributed static series compensator (DSSC) [C] // International Conference on Electrical Engineering. IEEE, 2008: 1-6.
- [14] KHALILIAN M, MOKHTARI M, GOLSHANNAVAZ S, et al. Distributed static series compensator (DSSC) for subsynchronous resonance alleviation and power oscillation damping [J]. International Transactions on Electrical Energy Systems, 2012, 22(5): 589-600.
- [15] KHAZAEI J, MOKHTARI M, KHALILYAN M, et al. Sub-synchronous resonance damping using distributed static series compensator (DSSC) enhanced with fuzzy logic controller [J]. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2012, 43(1): 80-89.
- [16] DIVAN D M, BRUMSICKLE W E, SCHNEIDER R S, et al. A distributed static series compensator system for realizing active power flow control on existing power lines [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2006, 22(1): 642-649.
- [17] MOHAMMADREZA D G, MAHMUD F F, FARROKH A, et al. Optimal distributed static series compensator placement for enhancing power system load ability and reliability [C] // IET Generation, Transmission & Distribution; IEEE, 2014: 84-88.
- [18] LI M, WANG Y, FANG X, et al. On high precision distributed series compensator control in static reference frame [C] // Processing of the 7th international power electronics and motion control conference; IEEE, 2012: 94-98.
- [19] 李顺,唐飞,廖清芬,等. 基于多指标效能分析的分布式潮流控制器选址定容优化策略 [J]. 电力系统自动化, 2017, 41(17): 60-65.
LI Shun, TANG Fei, LIAO Qingfen, et al. Location and capacity

- ity optimization strategy of distributed power flow controller based on multi-indicator performance analysis[J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(17): 60-65.
- [20] 范志华, 苗世洪, 刘子文, 等. 含多类型分布式电源的交直流混合微电网系统潮流控制策略研究[J]. 供用电, 2018, 35(7): 20-27, 48.
- FAN Zhihua, MIAO Shihong, LIU Ziwen, et al. Research on power flow control strategy of AC/DC hybrid microgrid system with multitype distributed power supply[J]. Distribution & Utilization, 2018, 35(7): 20-27, 48.
- [21] 卢俊. 分布式潮流控制器的可靠性研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2013.

LU Jun. Research on reliability of distributed power flow controller[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2013.

作者简介:



陈汹

陈汹(1978),男,硕士,高级工程师,从事电网安全稳定控制工作(E-mail: chenxiong@sgepri.sgcc.com.cn);

赵静波(1982),男,博士,高级工程师,从事电力系统稳定分析工作;

封科(1992),男,硕士,助理工程师,从事电网安全稳定控制工作。

A real-time optimal allocation method for DSSC based on centralized control

CHEN Xiong^{1,2}, ZHAO Jingbo³, FENG Ke^{1,2}, ZHONG Liangmin^{1,2}, ZHU Kaiyang^{1,2}

(1. NARI Group Corporation (State Grid Electric Power Research Institute), Nanjing 211106, China;

2. NARI Technology Development Co., Ltd., Nanjing 211106, China;

3. State Grid Jiangsu Electric Power Co., Ltd. Research Institute, Nanjing 211103, China)

Abstract: The distributed static series compensator (DSSC) has the characteristics of small size and low power consumption, and it can be directly connected to the power line for power flow control which makes it become one of the most promising distributed flexible AC transmission technologies. In order to solve the problem of coordinated coordination control of each sub-module in the DSSC system, the paper discusses the difference between the operating state and the adjustment performance of each sub-module, and proposes real-time optimization allocation method on the output of sub-module according to the idea of "classifying with state-setting performance with adjustment performance", to achieve the minimum number of start-stop sub-modules and to extend the operating life of the sub-module. Based on the RTDS platform, the closed-loop simulation analysis of the optimized allocation method is carried out. It is verified that the method can meet the power flow control requirements of DSSC. Compared with the traditional average distribution method and the proportional distribution method, the method has greatly improved the adjustment speed and adjustment accuracy.

Keywords: DSSC; centralized control; distribution methods; real-time optimization

(编辑 刘晓燕)