

文章编号: 2095-4980(2025)03-0295-07

基于 AVC 的配电网群控型台区功率主动调节方法

冯兴隆^a, 韩荣杰^b, 来益博^b, 吕 斌^a, 漏亦楠^a

(国网浙江省电力有限公司 a. 杭州市萧山区供电公司; b. 杭州供电公司, 浙江 杭州 311201)

摘 要: 无论是配电网路线结构设计还是网点布置中, 均存在电能损耗率较大的问题。为降低配电网的电能损耗并持续提升电能质量, 提出基于自动电压控制(AVC)技术的配电网群控型台区功率主动调节方法。以配电网线路运行的等效负载为基础, 对配电网群控型台区不平衡功率分量进行定义; 按照负序分量和正序分量进行划分, 选择动态指令对应运行模式, 在不同的微分增益条件下确定配电网群控型台区功率调节函数; 根据调节函数以及不同参数的所属范围, 基于 AVC 技术确定调节模式, 对配电网群控型台区不平衡功率进行主动调节。以配电网中的多个公用台区作为测试对象, 通过调节各组台区的无功补偿容量, 补偿容量最大可达 580 kVA。实验结果表明该方法可实现功率容量的主动调节, 使其满足配电网线路的运行标准, 具有应用价值。

关键词: AVC 技术; 配电网群控型台区; 台区功率; 主动调节

中图分类号: TM762

文献标志码: A

doi: 10.11805/TKYDA2023329

Active power regulation method for group-controlled station area in distribution network based on AVC

FENG Xinglong^a, HAN Rongjie^b, LAI Yibo^b, LYU Bin^a, LOU Yinan^a

(a. Hangzhou Xiaoshan District Power Supply Company; b. Hangzhou Power Supply Company,

State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd., Hangzhou Zhejiang 311201, China)

Abstract: The problem of large power loss rate exists both in the design of distribution network route structure and in the layout of outlets. In order to reduce the power loss of the distribution network and continuously improve its power quality, the active power adjustment method of distribution network group-controlled station area based on Automatic Voltage Control(AVC) technology is studied. Based on the equivalent load of distribution network line operation, the unbalanced power component of distribution network group-controlled station area is defined; the negative sequence component and positive sequence component are divided according to the dynamic command corresponding to the operation mode, and the power regulation function of distribution network group-controlled station area is determined under different differential gain conditions; according to the regulation function and the ranges of the different parameters, the regulation mode is determined based on the AVC technology, and the power quality of distribution network group-controlled station area is improved by AVC technology. According to the regulation function and the range of different parameters, the regulation mode is determined based on AVC technology to actively regulate the unbalanced power of distribution network group-controlled stations, and the method design is completed. Taking several public stations in the distribution network as the test object, and by adjusting the reactive power compensation capacity of each group of stations, the compensation capacity can reach up to 580 kVA. It indicates that the proposed method can realize the active regulation of the power capacity, meeting the operational standards of distribution network lines and demonstrating practical application value.

Keywords: Automatic Voltage Control(AVC) technology; distribution network group-controlled station area; station area power; active regulation

收稿日期: 2023-10-25; 修回日期: 2023-11-29

基金项目: 国网浙江省电力有限公司科技项目(B311HZ230002)

在全球经济化的不断推进过程中,世界范围内对资源和能源的需求量不断增加。我国社会和经济不断发展,对资源和能源的需求量变得巨大。其中,电力能源是经济社会发展中不可或缺的能源,不仅对人们的工作和生活具有较大影响,还能不断地推动国民经济的进一步发展。随着电力能源的需求量不断增加,配电网运行中的能耗损失逐渐增加,电力能源逐渐面临紧张的发展局面。如何提高电力能源的利用率,减少电力能源的浪费是现阶段的主要研究课题。对于电力系统,提高用电效率才能增加社会效益,以此减少电力系统中各种电力设备的专项投资。一般情况下,配电网的能量损耗会以电晕和热能的形式进行散发,由于这是一种物理现象,在整个电力系统运行时无法避免,因此,在电力传输时可将这类损耗进行能量转换。基于上述现象,许多国家开始研究智能化与一体化结合的台区建设方案,通过适当的无功补偿方式和装置进行能耗转换,以此减少配电网中各类电力设备的电能损耗。由于补偿方式和补偿装置的运行需进行有效控制,才能在发生损耗时进行功率主动调节,以此弥补配电网中的电能损耗。本文将主动调节作为研究目标,通过AVC技术设计配电网台区的功率自动调节方法,为实现配电网群控型台区的功率调节提供理论支持。

1 等效负载下定义配电网群控型台区不平衡功率分量

以控制电能质量为配电网运行的标准,当配电网集群中的补偿台区出现不平衡问题时,会产生线路的负载波动。为实现配电网线路的稳定运行,需对配电网群控型台区的功率进行调整^[1]。以等效负载为度量前提,通过三相等效负载定义台区的不平衡功率分量。由于功率与线路的电压和电流相关,则定义过程为:

$$q = \frac{w_2}{w_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中: w_1 为负序分量下的电压有效值; w_2 为正序分量下的电压有效值; q 为电压比。

将 w_1 和 w_2 对应在 A 、 B 、 C 三相中进行分析,此时, A 、 B 、 C 三相的负序分量电压有效值分别为 $w_1(A)$ 、 $w_1(B)$ 、 $w_1(C)$ ^[2], 三相的正序分量电压有效值分别为 $w_2(A)$ 、 $w_2(B)$ 、 $w_2(C)$ 。按照正序分量和负序分量表示功率分量:

$$e_1 = \frac{(w_1(A) + \zeta w_1(B) + \zeta^2 w_1(C))}{3r_1} \quad (2)$$

$$e_2 = \frac{(w_2(A) + \zeta w_2(B) + \zeta^2 w_2(C))}{3r_2} \quad (3)$$

式中: r_1 为负序分量下的三相固定电流; r_2 为正序分量的三相固定电流; ζ 为相量相角旋转算子; e_1 为不平衡功率的负序分量^[3]; e_2 为不平衡功率的正序分量。其中,旋转算子的取值具有差异性,分别为:

$$\zeta = -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}i \quad (4)$$

$$\zeta^2 = -\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}i \quad (5)$$

式中 i 为虚数单位^[4]。

在等效负载度量过程中,以三相电压作为处置条件,按照相量旋转算子实现功率的分量获取,能够直接得到配电网群控型台区的不平衡功率分量。按照不平衡功率增添动态指令,以动态指令参数确定配电网台区的功率调节范围。

2 以动态指令确定配电网群控型台区功率调节函数

通过三相电压的等效负载获取台区的不平衡功率变化情况,按照动态偏差进行功率调节函数的确定。以动态指令作为参照,在超调信号的基础上对配电网的台区线路进行信号反馈^[5]。具体如下:

$$y_1 = e_1 \left(u + \frac{o_1 \otimes p_1}{t} \right) a_1 \quad (6)$$

$$y_2 = e_2 \left(u + \frac{o_2 \otimes p_2}{t} \right) a_2 \quad (7)$$

式中: y_1 、 y_2 为负序分量和正序分量下的调节参数; u 为实际的功率容量标准^[6]; t 为运行时间; $o_1 \otimes p_1$ 、 $o_2 \otimes p_2$

为负序分量和正序分量下的调节指令； o_1 为一次超调信号； o_2 为二次超调信号； p_1 为一次反馈偏差； p_2 为二次反馈偏差； a_1 、 a_2 为负序分量和正序分量下的协调因子。

对不平衡功率调节过程中，以符合线路的实际功率容量标准作为条件目标，按照配电网自带的调节指令进行参数对应。其中，协调因子可配合整个调节过程。协调因子过大时，会导致调节超过容量限制；反之，则不满足实际运行标准^[7]。因此，按照指标的动态变化情况，台区功率调节的指令波动情况为：

$$o_1 \otimes p_1 = s_d(f) = \left(\frac{h}{g} + 1 \right) \otimes s_j(f) \quad (8)$$

$$o_2 \otimes p_2 = s_d(f) = \frac{h}{g} \otimes s_j(f) \quad (9)$$

式中： $s_d(f)$ 为条件函数^[8]； $s_j(f)$ 为惯性函数^[9]； h/g 为调节的微分增益，其中， h 为惯性参数，取值范围为 $h \in [-1, 1]$ ， g 为稳定系数，取值范围为 $g \in [0, 1]$ ^[10]。

按照负序分量和正序分量进行功率调节，在配电网的微分增益下能够具有一致性。直接以惯性参数和稳定系数进行设定，可获取调节指令的波动区间^[11]。将两者放置在能量守恒定律中，按照守恒控制原则确定调节函数：

$$k(h/g) = \frac{lo_1o_2}{z} + \left[\frac{x \otimes c}{z} \right] i \quad (10)$$

式中： $k(\bullet)$ 为所属调节函数； $\frac{l}{z}$ 为基础能量需求^[12]， z 为功率调节的需求值， l 为调节阈值^[13]； $x \otimes c$ 为配电网台区的能量平衡守则， x 为振荡系数， c 为校正系数； i 为波动区间调节系数。在功率调节过程中会受到多个因素影响，若要实现功率的自动调节，达到配电网线路的容量运行标准，在确定调节参数的变化范围内采用AVC技术进行自动调节。

3 基于AVC技术主动调节配电网群控型台区不平衡功率

将AVC技术融入至配电网的台区功率调节策略过程中，需根据具体情况设定调节原则。为避免配电网中群控型台区的分布出现不合理性，应用AVC技术时需最大程度地保证调节的灵活性。基于AVC技术设定主动调节模式见图1^[14]。

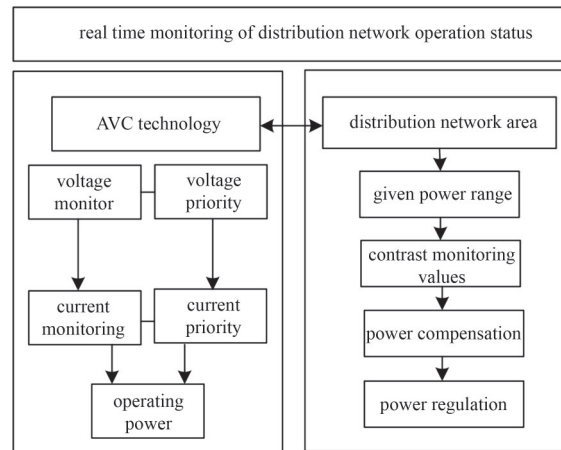


Fig.1 Active regulation mode based on the AVC technology

图1 基于AVC技术的主动调节模式

如图1所示，应用AVC技术可进行配电网的电压、电力监测，以此获取配电网中群控型台区的功率变化情况。按照获取的运行数值对照配电网中的合格运行标准，当发现其不符合运行标准时，即可认定为能够进行功率补偿，此时需按照配电网容量进行功率补偿。将接入AVC技术的监测点作为切入点建立功率补偿矩阵^[15]，按照具体的补偿量实现调节：

$$[v_{\text{avc}}] = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \cdots & v_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix}_{\text{avc}} \quad (11)$$

式中： v 为补偿容量； v_{mn} 表示第 m 个分区中的第 n 个台区所需补偿的功率容量，其中 m 为配电网的分区总数， n 为分区内的台区总数。

由于AVC技术自身具有自动化和可靠性特征，能够在多个方面影响配电网台区的电能输送质量，直接对各个台区的分区进行标定。当配电网台区产生不平衡功率时，立即执行不同分区之间的耦合关联，以此完成配电网功率的主动调节。至此，基于AVC技术实现电网群控型台区功率的主动调节方法设计。

4 实验测试分析

为验证所设计方法能够实现配电网群控型台区功率的主动调节性能，采用对比测试的方式进行论证。选择2组传统调节方法作为对照组，分别为考虑多目标的调节方法和边缘计算下的调节方法，将3组方法同时应用于配电网群控型台区功率主动调节中，验证不同方法的调节效果。

4.1 测试环境

选择某省配电网线路作为测试对象。以配电网的用户台区作为划分标准，对该配电网的台区进行分类：公用台区和专变客户。其中，专变客户会在用电时受到制约和限制，会更加注重无功补偿，此时专变用户的台区容量配置较为合理。相对而言，影响功率因数的关键是公用台区，这一部分的配重容量较低，需对公用台区的电压侧进行无功补偿。因此，生成16 484个包括公用台区和专变客户相关信息无功补偿数据，考虑到停电事故的影响及项目的经济性，采用自动调节方法进行控制。对选择的配电网线路配置容量，其线路容量在120~600 kVA范围之间，划分为6个公共台区，对公共台区内的具体分布情况进行分析，见图2。

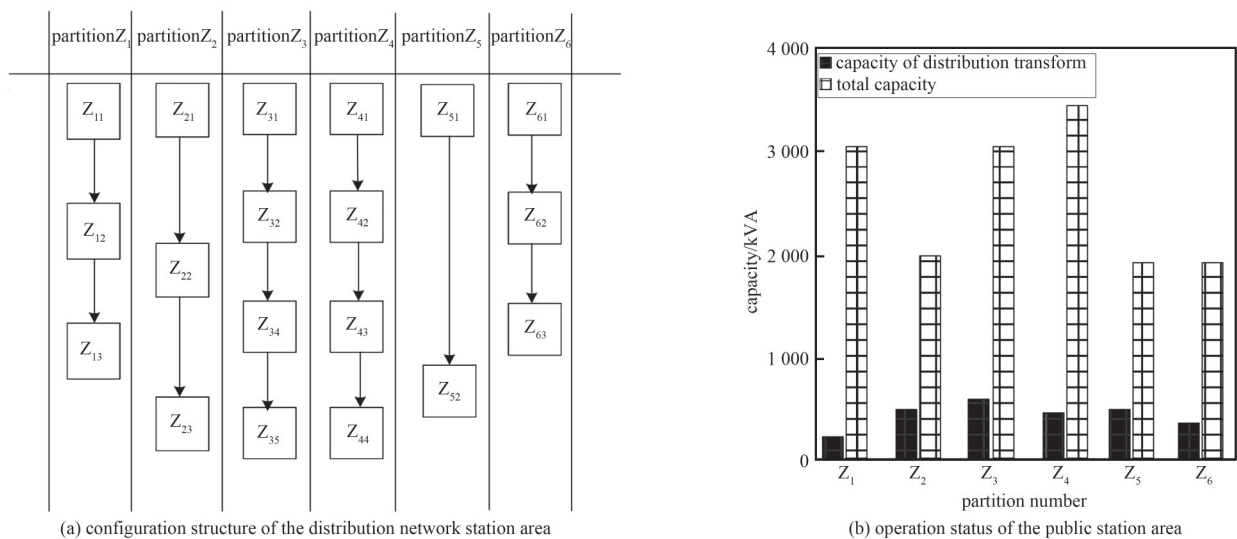


Fig.2 Allocation and operation of distribution network stations

图2 配电网台区配置以及运行情况

综合每个分区内的配电容量和总容量的情况，发现在每一个分区内存在着供电负荷不均匀的问题，在每一个分区内均需对公用台区的设备进行无功补偿，其无功补偿主要是配变容量与总容量的差额。每一个分区内公用台区的无功补偿量如表1所示。

通过对测试区域内的公用台区配变容量进行统计，获取整个分区内所需的无功补偿容量，发现每一个分区内的无功补偿情况具有差异性。其中，区域内公用台区的数量越多，所需的无功补偿就越多。为实现各个区域内的无功补偿容量自动补偿，以表1中规定的无功补偿容量作为测试切入点，通过选择的调节方式进行无功补偿，验证不同方法的调节效果，是否可实现规定补偿内的无功功率调节。

4.2 获取测试结果

对配电网的台区运行情况进行分析，按照其实际运行标准进行测试。在规范标准下，采用3组方法进行无功功率补偿。按照不平衡功率增添动态指令，以动态指令参数确定配电网台区的功率调节范围，使其能够满足公用台区在既定的总容量下完成运行。使用Matlab测试平台，分别对3组调节方法进行测试，测试指标为容量调节的精准度，具体见图3。

表 1 公用台区所需无功补偿容量(单位:kVA)
Table1 Required reactive power compensation capacity for the public transformer area(unit:kVA)

region	number	compensation capacity of each station area		total reactive power compensation capacity
Z_1	4 units	Z_{11}	200	1 500
		Z_{12}	500	
		Z_{13}	400	
		Z_{14}	400	
Z_2	3 units	Z_{21}	150	650
		Z_{22}	250	
		Z_{23}	250	
Z_3	4 units	Z_{31}	200	600
		Z_{32}	100	
		Z_{33}	150	
		Z_{34}	150	
Z_4	4 units	Z_{41}	350	1 100
		Z_{42}	350	
		Z_{43}	200	
		Z_{44}	200	
Z_5	2 units	Z_{51}	550	1 000
		Z_{52}	450	
Z_6	4 units	Z_{61}	100	400
		Z_{62}	150	
		Z_{63}	50	
		Z_{64}	100	

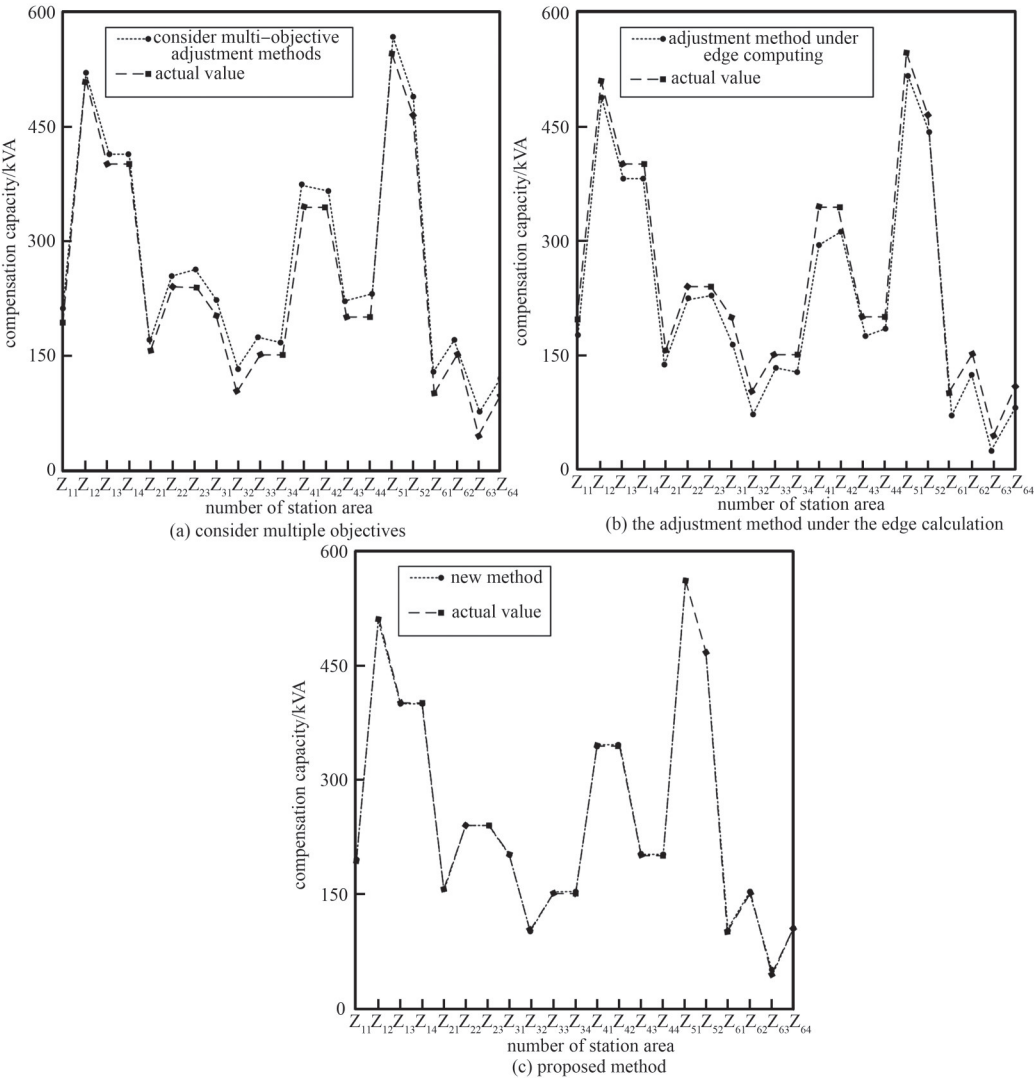


Fig.3 Results of reactive power compensation regulation of public transformer area under different methods
图 3 不同方法下公用台区无功补偿调节结果

如图 3 所示,多目标的调节方法在测试中补偿容量最大可达 580 kVA,补偿的结果与实际值相差较大,均高于实际值,误差较大,在 Z_{41} 台区,差值达到最大;边缘计算下的调节方法测试中补偿容量最大可达 560 kVA,各台区补偿容量与实际值相差均较大,均低于实际值,无法实现规定标准下的无功补偿容量调节;本文方法中补偿容量最大可达 580 kVA,各台区补偿容量与实际值较为接近,误差最小,具有较高的精准度。这是因为以动态指令作为参照,在超调信号的基础上对配电网的台区线路进行信号反馈,可实现对不同区域内的公用台区的补偿容量调节。综合上述情况可知:本文方法具有自动调节特性,能够在配电网中针对不同的台区进行功率调节,使其能够得到足够的无功补偿容量,实现配电网的稳定运行。

5 结论

为实现配电网的安全和高效运行,本文以配电网中的群控台区功率调节为研究目标,设计了一个新的功率调节方法,并在实验中论证了本文方法的应用效果。本文方法可实现不同区域内台区的功率容量补偿,具有主动调节作用。但本文在测试过程中仅以无功补偿作为研究对象,具有单一性,后续研究中会针对这一问题进行改进,考虑多个方面的功率补偿,为实现配电网的安全运行提供理论支持。

参考文献:

- [1] 陈楚靓,李晓露,纪坤华,等.考虑源荷储匹配的配电网集群划分与优化运行[J].电力建设,2023,44(9):80-93. (CHEN Chuliang, LI Xiaolu, JI Kunhua, et al. Distribution network cluster partition and optimal operation considering source-load-storage matching[J]. Electric Power Construction, 2023,44(9):80-93.) doi:10.12204/j.issn.1000-7229.2023.09.008.
- [2] 许鸣吉,李胜,沈磊,等.考虑多目标的变电站电压无功控制方法优化研究[J].电力电容器与无功补偿,2023,44(1):14-19. (XU Mingji, LI Sheng, SHEN Lei, et al. Study on reactive power control method of substation voltage considering multi objectives[J]. Power Capacitor & Reactive Power Compensation, 2023,44(1):14-19.) doi:10.14044/j.1674-1757.pcrpc.2023.01.003.
- [3] 韩周,赵伟,孟海川,等.多功率源的用电信息采集台区组网模拟系统[J].电工技术,2023(2):181-183,186. (HAN Zhou, ZHAO Wei, MENG Haichuan, et al. Networking simulation system for multi-power source power consumption information acquisition in station area[J]. Electric Engineering, 2023(2):181-183,186.) doi:10.19768/j.cnki.dgjs.2023.02.054.
- [4] 徐贤,朱泽,施馨媛,等.基于模型预测控制的STATCOM动态参数优化[J].科技通报,2022,38(10):29-36,78. (XU Xian, ZHU Ze, SHI Xinyuan, et al. Dynamic parameter optimization of STATCOM based on model predictive control[J]. Bulletin of Science and Technology, 2022,38(10):29-36,78.) doi:10.13774/j.cnki.kjtb.2022.10.006.
- [5] 高鑫,杨青,张绥彬,等.基于改进蚁群算法的新型AVC策略[J].电网与清洁能源,2022,38(10):60-68. (GAO Xin, YANG Qing, ZHANG Suibin, et al. A novel AVC strategy based on improved ant colony algorithm[J]. Advances of Power System & Hydroelectric Engineering, 2022,38(10):60-68.) doi:10.3969/j.issn.1674-3814.2022.10.008.
- [6] 李浩,曹华珍,吴亚雄,等.含光伏低压配电网边端功率-电压控制方法[J].南方电网技术,2022,16(11):139-148. (LI Hao, CAO Huazhen, WU Yaxiong, et al. Edge-side power-voltage control method of low voltage distribution network with PV systems[J]. Southern Power System Technology, 2022,16(11):139-148.) doi:10.13648/j.cnki.issn1674-0629.2022.11.016.
- [7] 吴晋波,宋兴荣,洪权,等.不依赖状态估计的山区电网电压无功区域优化控制方法[J].电力科学与技术学报,2022,37(4):88-96. (WU Jinbo, SONG Xingrong, HONG Quan, et al. Study on regional optimization control method of reactive power & voltage for the grid in mountainous area without state estimation[J]. Journal of Electric Power Science and Technology, 2022,37(4):88-96.) doi:10.19781/j.issn.1673-9140.2022.04.010.
- [8] 郭亚,陈小强,王英,等.计及电网电压不平衡的储能型铁路功率调节器负序优化补偿策略[J].高电压技术,2023,49(2):772-780. (GUO Ya, CHEN Xiaoqiang, WANG Ying, et al. Negative sequence optimization compensation strategy for energy storage type railway power conditioner considering grid voltage imbalance[J]. High Voltage Engineering, 2023,49(2):772-780.) doi:10.13336/j.1003-6520.hve.20211877.
- [9] 孙德兴,李元佳,江栩铄,等.运行方式对真空断路器开断并联电抗器过电压影响研究[J].高压电器,2022,58(3):78-85. (SUN Dexing, LI Yuanjia, JIANG Xushuo, et al. Research on influence of operation modes on over voltage of shunt reactor switching by vacuum circuit breaker[J]. High Voltage Apparatus, 2022,58(3):78-85.) doi:10.13296/j.1001-1609.hva.2022.03.011.
- [10] 唐冬来,秦耀文,付世峻,等.基于台区功率共济的屋顶光伏功率消纳方法[J].供用电,2022,39(2):9-14. (TANG Donglai, QIN Yaowen, FU Shijun, et al. Roof photovoltaic power consumption method based on power mutual aid in station area[J]. Distribution & Utilization, 2022,39(2):9-14.) doi:10.19421/j.cnki.1006-6357.2022.02.002.
- [11] 高泽明,程伦,胡文平,等.电网自动电压控制精细规则自动发现技术研究[J].电网技术,2022,46(1):378-386. (GAO Zeming, CHENG Lun, HU Wenping, et al. Research on automatic discovery technology of fine rules for automatic voltage control in power

- grid[J]. Power System Technology, 2022,46(1):378–386.) doi:10.13335/j.1000-3673.pst.2021.0234.
- [12] 刘东奇,曾祥君,王耀南. 边缘计算架构下配电台区虚拟电站控制策略[J]. 电工技术学报, 2021,36(13):2852–2860, 2870. (LIU Dongqi,ZENG Xiangjun,WANG Yaonan. Control strategy of virtual power station in distribution transformer area under edge computing architecture[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2021,36(13):2852–2860,2870.) doi:10.19595/j.cnki.1000-6753.tces.L90517.
- [13] 谭丽平,栗渊恺,欧阳盟盟,等. 静止功率调节器电能质量综合补偿的改进滞环控制方法研究[J]. 电力电容器与无功补偿, 2021,42(2):91–96. (TAN Liping,SU Yuankai,OUYANG Mengmeng,et al. Study on improved hysteresis control method of static power conditioner for comprehensive compensation of power quality[J]. Power Capacitor & Reactive Power Compensation, 2021, 42(2):91–96.) doi:10.14044/j.1674-1757.pcrpc.2021.02.016.
- [14] 沈培锋,王徐延,张昊亮,等. 考虑规模化快充负荷的低压互联配电台区风险评估[J]. 中国电力, 2021,54(5):56–64. (SHEN Peifeng,WANG Xuyan,ZHANG Haoliang,et al. Risk assessment of low-voltage interconnected distribution districts considering large-scale fast charging load[J]. Electric Power, 2021,54(5):56–64.) doi:10.11930/j.issn.1004-9649.202002003.
- [15] 甘露,陈芳芳,孙祥晟,等. 基于QGA-Elman模型的新能源汽车充电站负荷预测[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2022,20(4): 378–384. (GAN Lu,CHEN Fangfang,SUN Xiangsheng,et al. Load forecast of new energy vehicle charging stations based on QEM-Elman model[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2022, 20(4): 378–384.) doi: 10.11805/TKYDA2020224.

作者简介:

冯兴隆(1982–), 男, 学士, 高级工程师, 主要研究方向为电力系统 .email:bola168@163.com.

吕 斌(1986–), 男, 学士, 高级工程师, 主要研究方向为电力系统.

韩荣杰(1980–), 男, 学士, 高级工程师, 主要研究方向为电力系统.

漏亦楠(1990–), 男, 学士, 工程师, 主要研究方向为电力系统.

来益博(1990–), 男, 学士, 工程师, 主要研究方向为电力系统.

(上接第294页)

- [12] 谭畅,谭歆,胡磊,等. 云中心基于Nginx的动态权重负载均衡算法[J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版), 2021,33(6):991–998. (TAN Chang,TAN Xin,HU Lei,et al. Dynamic weight load balancing method of cloud-center based on Nginx[J]. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications(Natural Science Edition), 2021, 33(6): 991–998.) doi: 10.3979/j. issn. 1673-825X.202002100039.
- [13] 舒晓苓,吴雪琴. 云计算网络下虚拟机负载均衡方法仿真[J]. 计算机仿真, 2022,39(3):358–361,412. (SHU Xiaoling,WU Xueqin. Simulation of virtual machine load balancing method in cloud computing network[J]. Computer Simulation, 2022,39(3): 358–361,412.) doi:10.3969/j.issn.1006-9348.2022.03.070.
- [14] 王炜发,张大明,刘堃铃,等. 软件定义网络中基于Q-学习的负载均衡算法[J]. 电讯技术, 2021,61(9):1066–1072. (WANG Weifa,ZHANG Daming, LIU Kunqian, et al. Q-Learning load balancing algorithm in software-defined network[J]. Telecommunication Engineering, 2021,61(9):1066–1072.) doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2021.09.002.
- [15] 曲乾聪,王俊. 基于负载反馈的分布式数字集群动态负载均衡算法[J]. 计算机应用研究, 2022,39(2):526–530,542. (QU Qiancong,WANG Jun. Dynamic load balancing algorithm based on load feedback for distributed digital trunk[J]. Application Research of Computers, 2022,39(2):526–530,542.) doi:10.19734/j.issn.1001-3695.2021.07.0280.

作者简介:

范文婧(1990–), 女, 学士, 高级工程师, 主要研究方向为电能计量 .email:MadeLineFanfan@163.com.

霍成欣(1998–), 女, 学士, 助理工程师, 主要研究方向为电能计量.

孙剑锋(1993–), 男, 学士, 工程师, 主要研究方向为电能计量.

高 阳(1988–), 女, 学士, 高级工程师, 主要研究方向为电能计量.

李毅彪(1994–), 男, 学士, 工程师, 主要研究方向为电能计量.