

DOI:10.13296/j.1001-1609.hva.2017.06.014

计及可靠性的配电变压器并列经济运行方式研究

饶 强¹, 马 磊¹, 张艳妍¹, 常乾坤¹, 汤 华²,
王渝红², 魏 亮², 徐梦佳²

(1. 国网北京市电力公司, 北京 100031; 2. 四川大学电气信息学院, 成都 610065)

摘要: 针对配电变压器并列经济运行时可能会伴随供电可靠性降低从而可能导致的停电损失问题, 提出了一种计及可靠性的变压器并列经济运行区间划分方法。将变压器的可靠性转化为一经济指标即可靠性成本加以体现, 提出了包含变压器综合损耗引起的网损费用和可靠性成本的综合运行成本的概念, 以综合运行成本最低来进行变压器并列经济运行区间的划分。最后通过算例分析验证了该方法的合理有效性, 可供相关电力部门制定配电变压器经济运行方案参考。

关键词: 配电变压器; 并列运行; 经济运行; 可靠性; 综合运行成本

Reliability-based Economical Operation of Transformers in Parallel in Distribution Network

RAO Qiang¹, MA Lei¹, ZHANG Yanyan¹, CHANG Qiankun¹,
TANG Hua², WANG Yuhong², WEI Liang², XU Mengjia²

(1. State Grid Beijing Electric Power Company, Beijing 100031, China; 2. School of Electrical Engineering and Information, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: An optimal method of reliability-based economical operation for the transformers in parallel in a distribution network is proposed to minimize the transformer operation cost and to reduce the lost due to outage. This method turns the reliability item into an economic index for comprehensive cost calculation and description of the consequential cost caused by supply interruption. The optimal transformer economical operation zones are determined by minimizing the comprehensive operation cost, which consists of reliability cost and transformer operation costs. The effectiveness of the method is verified by two transformers in parallel with/without same capacity in a distribution network. This study may provide reference for making economical operation schemes of transformers in real distribution systems.

Key words: distribution transformer; parallel operation; economical operation; reliability; comprehensive operation cost

0 引言

变压器在电力传输过程中担负着重要角色。但是,其也是电力损耗的主要来源之一,约占整个电力系统损耗的 30%左右。因此,在当前国家大力提倡节能减排的大环境下,开展变压器经济运行,降低变

压器损耗对于整个电力系统的节能降损具有重要意义^[1]。变压器经济运行是指在保证变压器运行安全稳定可靠的基础上,充分利用电网中现有的变压器,发挥物尽其用之功能,通过优选变压器最佳经济运行方式,调整变压器的负载情况,改善变压器的运行条件等方法从而最大限度地实现变压器的节能降损、安全稳定经济运行的目的^[2-3]。

配电变压器经济运行的节电技术长期以来备受重视,研究众多。文[4]分析了配电变压器的并列经

收稿日期:2017-01-02; 修回日期:2017-02-24

基金项目:国网北京市电力公司科技项目支持(52020114026Y)。

Project Supported by State Grid Beijing Electric Power Company(52020114026Y).

经济运行原理,并在此基础上,分别针对容量相同和容量不同两种情况研究了两台变压器并列经济运行区间;文[5]论证了多台同容量双绕组电力变压器并列运行的经济运行负荷、经济运行投切台数、临界功率;文[6]利用 SCADA 实时数据,采用以最小二乘逼近的外推法进行曲线拟合计算得到变压器实际参数和功率损耗特性,并以此作为变压器经济运行的基础数据,实现了最优运行方式;文[7]考虑变压器投资、损耗费用及维护费用,根据使用年限内计算费用最小原则推导出了变压器合理的负载率和经济运行点,进而得出变压器的技术经济运行区域;文[8]针对只考虑网损和综合考虑网损、投资费用两种情况,分别分析了变压器的经济运行区间。上述文献对变压器的经济运行研究比较全面,对实际变压器经济运行具有重要参考意义。但其均忽略了一个问题,那就是伴随着变压器经济运行的同时其可靠性可能会降低,从而可能导致停电事故引起损失,当变压器带有重要负荷时,这部分停电损失不可忽视。

针对上述问题,文中提出了一种计及可靠性的配电变压器并列经济运行区间划分方法。将可靠性以一种经济指标的形式即可靠性成本加以考虑,提出了包含变压器综合损耗引起的网损费用和可靠性成本的综合运行成本概念,以综合运行成本最低来进行变压器并列经济运行方式划分。最后通过算例分析验证了该方法的实用性,可供电力部门实行配电变压器的经济运行参考。

1 变压器经济运行理论

1.1 变压器综合功率损耗

在传输电能时,变压器本身会产生一部分有功功率损耗和无功功率损耗。变压器综合功率损耗就是指变压器有功功率损耗和由于无功功率消耗导致电网增加的一部分有功功率之和^[1-2]。双绕组变压器的综合功率损耗为

$$\Delta P_z = P_{0z} + \beta^2 P_{kz} \quad (1)$$

式(1)中: $P_{0z} = P_0 + K_0 Q_0$; $P_{kz} = P_k + K_k Q_k$; $\beta = S/S_N$; P_{0z} 为空载综合功率损耗; P_{kz} 为额定负载综合功率损耗; β 为 T 时间段内配电变压器的平均负载系数; P_0 为空载损耗; Q_0 为励磁功率; K_0 为无功经济当量; P_k 为短路损耗; Q_k 为漏磁功率; S 为 T 时间段内配电变压器输出的视在功率; S_N 为额定容量。

1.2 计及可靠性的变压器综合运行成本

在使变压器尽量处于经济运行的同时首先还应保证变压器对用户的可靠供电。当变压器低载运行时,停运一台变压器,采用单台变压器供电时在减少

损耗的同时也降低了供电的可靠性。当变压器带有重要负荷时,停电导致的损失将会超过变压器本身经济运行带来的经济效益。因此,考虑变压器运行经济性的同时还应计及供电的可靠性。为此把可靠性评价指标转变成某种经济指标,引入可靠性成本,提出变压器综合运行成本概念。变压器经济运行即是指综合运行成本最低。

综合运行成本 W 包含变压器综合损耗引起的网损费用 J 和可靠性成本 K, 即

$$W = J + K \quad (2)$$

网损费用 J 的计算式为

$$J = p T \Delta P_z \quad (3)$$

式(3)中: p 为平均售电价; T 为变压器调整经济运行方式的一个运行周期; ΔP_z 为变压器综合功率损耗。

可靠性成本 K 可由停电损失来体现^[9]。停电损失是指电力供应不完全可靠或预期不完全可靠时社会所承担的全部经济损失,主要包括停电对用户造成的停电损失和停电导致供电部门售电减少导致的收入损失^[10-11],可采用平均电价折算倍数法计算^[12]

$$K = b p EENS \quad (4)$$

式(4)中: p 为平均售电价; b 为平均电价折算倍数,用于体现供电负荷的重要程度,其值可通过调查问卷法等方法分别确定不同类型的用电用户 b 值,然后再根据各用电用户所占比例确定该供电区域的 b 值^[13-15]; T 时间段内的期望缺供电值 EENS 为

$$EENS = P t = S \cos \varphi t = \frac{S \lambda r T \cos \varphi}{T_{\text{年}}} \quad (5)$$

式(5)中: P 为 T 时间段内配电变压器平均输出功率; $\cos \varphi$ 为 T 时间段内配电变压器负载功率因数; t 为 T 时间段内配电变压器的故障恢复时间; λ 为配电变压器的年故障率; r 为每次故障的平均恢复时间; $T_{\text{年}}$ 为配电变压器的全年运行小时数,通常取 8 760 h。

1.3 并列变压器故障率及故障平均恢复时间的等效

设有 n 台配电变压器的年故障率分别为 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ (次/年), 每次故障的平均恢复时间分别为 $r_1, r_2, \dots, r_n$, 由并联等值的原理, 两台等值再与第 3 台进行等值, 以此类推, 不断进行等值, 可得到 n 台变压器并列运行的等效年故障率及等效故障平均恢复时间^[16]为:

$$\lambda_{\text{neq}} = \frac{\lambda_{(n-1)\text{eq}} \lambda_n [r_{(n-1)\text{eq}} + r_n]}{T_{\text{年}}}; \quad (6)$$

$$r_{\text{neq}} = \frac{r_{(n-1)\text{eq}} r_n}{r_{(n-1)\text{eq}} + r_n} \quad (7)$$

1.4 计及可靠性的同容量变压器并列经济运行

以两台同容量变压器为例, 由式(1)-(7)可求得

单台配电变压器运行的综合运行成本 W_1 以及两台同容量配电变压器并列运行的综合运行成本 W_2 。

令

$W_1=W_2$ 即可求得临界负载 S_l 为

$$S_l = \frac{2(\lambda_1 r_1 - T_{\text{年}}) b \lambda_1 r_1 S_N^2 \cos \varphi + \sqrt{4(\lambda_1 r_1 - T_{\text{年}})^2 b^2 \lambda_1^2 r_1^2 S_N^4 \cos^2 \varphi + 8 P_{kz} P_{0z} S_N^2 T_{\text{年}}^4}}{2 P_{kz} T_{\text{年}}^2} \quad (8)$$

式(8)中, S_l 为两种运行方式的综合运行成本临界点。当 $S < S_l$ 时, 单台变压器运行更经济合理; 当 $S > S_l$ 时, 两台变压器并列运行更经济合理。

对于多台同容量变压器并列运行, 可采用同样的方法依次计算单台独立运行、2 台并列运行、3 台并列运行、...、 n 台并列运行的综合运行成本 W_1 、 W_2 、 W_3 、...、 W_n , 从而可得到变压器综合运行成本特性曲线, 令 $W_1=W_2$ 、 $W_2=W_3$ 、...、 $W_{n-1}=W_n$ 可得到相应的临界负载, 从而确定计及可靠性的多台同容量变压器的并列经济运行区间。

1.5 计及可靠性的不同容量变压器并列经济运行

先以两台不同容量变压器并列运行为例, 设有两台不同容量的变压器 A、B, 且变压器 B 容量比 A 大。同样由式(1)-(7)可计算得出变压器 A 单独运行的综合运行成本 W_A 、变压器 B 单独运行的综合运行成本 W_B 以及变压器 A、B 并列运行时的综合运行成本 W_{AB} 。此时, 不同容量的变压器并列运行的综合运行成本 W 关于负载 S 的函数关系有两种情况, 见图 1、2。

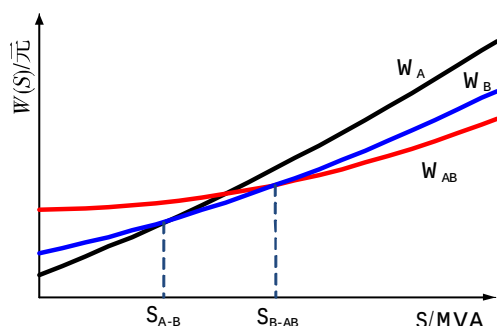


图 1 配电变压器综合运行成本特性曲线(情况 1)

Fig. 1 Curve of distribution transformers comprehensive operational costs(case 1)

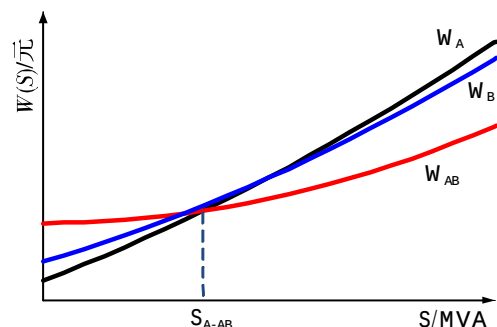


图 2 配电变压器综合运行成本特性曲线(情况 2)

Fig. 2 Curve of distribution transformers comprehensive operational costs(case 2)

由图 1 可知, 3 条曲线虽有 3 个交点, 但只存在

两个综合运行成本临界点 S_{A-B} 和 S_{B-AB} 。当 $S < S_{A-B}$ 时, 变压器 A 单独运行更经济合理; 当 $S_{A-B} < S < S_{B-AB}$ 时, 变压器 B 单独运行更经济合理; 当 $S > S_{B-AB}$ 时, 变压器 A、B 并列运行更经济合理。同样, 分别令 $W_A=W_B$ 、 $W_B=W_{AB}$ 即可分别求得临界负载 S_{A-B} 、 S_{B-AB} 。

由图 2 可知, 3 条曲线虽有 3 个交点, 但只存在一个综合运行成本临界点 S_{A-AB} 。当 $S < S_{A-AB}$ 时, 变压器 A 单独运行更经济合理; 当 $S > S_{A-AB}$ 时, 变压器 A、B 并列运行更经济合理。令 $W_A=W_{AB}$ 即可求得临界负载 S_{A-AB} 。

对于多台不同容量的变压器并列运行, 有多种不同的运行方式, 若有 n 台不同容量变压器并列运行, 应有 $(2^n - 1)$ 种不同的运行方式, 但并不是每一种运行方式都对应一个经济运行区间, 需进行计算比较筛选。可先计算出每一种运行方式的综合运行成本函数, 作出相应的变压器综合运行成本特性曲线, 通过曲线特性及综合运行成本函数计算相应临界负载值, 确定计及可靠性的 n 台不同容量变压器经济运行区间。

综上可得出计及可靠性的配电变压器经济运行划分流程图见图 3。

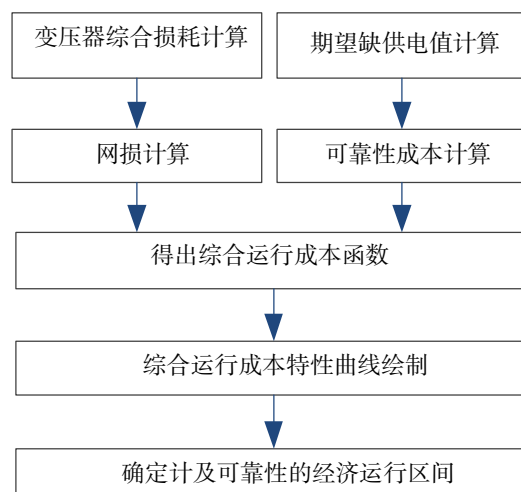


图 3 计及可靠性的变压器经济运行划分流程图

Fig. 3 Flowchart of reliability-based economic operation of transformer

2 算例与分析

在实际运行情况下, 变电站中两台变压器并列运行最为常见。现以两个算例说明计及可靠性的配电变压器经济运行划分流程与方法。算例中所采用的配电变压器参数见表 1, 且变压器负载的功率因

数为0.8;该变电站内断路器、隔离开关等均100%可靠。其中变压器A、B的不可用状态概率分别为1.610、1.580次/年,恢复时间分别为7.016、7.176小时/次;该地区的平均电价为0.628元/kWh。由于变电站所带负荷变动不大,为避免频繁的倒闸操作,将变电站的运行周期设定为30天(720 h)。

表1 变压器技术参数

Table 1 Transformer technical parameters

变压器	S_N/kVA	P_0/kW	P_k/kW	$I_0/\%$	$U_k/\%$
A	315.00	0.48	3.65	0.90	4.00
B	630.00	0.84	6.20	0.90	4.00

2.1 算例1

设某变电站中,现有两台相同容量的双绕组配电变压器B并列运行。

2.1.1 不计及可靠性的经济运行区间确定

根据文[4]中的方法确定不计及可靠性的经济运行区间见表2。

表2 不计及可靠性的同容量变压器经济运行区间

Table 2 Same capacity transformer economical operation intervals without reliability

经济运行方式	经济运行区间/kVA
单台变压器运行	0.000~357.886
两台变压器并列运行	357.886~1 260.000

2.1.2 计及可靠性的经济运行区间确定

为体现计及可靠性对变压器经济运行区间的影响,采用不同值分别计算计及可靠性的经济运行区间见表3。

表3 计及可靠性的同容量变压器经济运行区间

Table 3 Same capacity transformer economical operation intervals with reliability

b	经济运行区间/kVA	
	单台变压器运行	两台变压器并列运行
10	0.000~120.608	120.608~1 260.000
100	0.000~13.586	13.586~1 260.000
1 000	0.000~1.361	1.361~1 260.000

由表2、3可作出不同b值时的临界负载功率柱状图见图4。由图4可知,当计及变压器的可靠性成本时,单台变压器的经济运行区间相比于不计及可靠性时的经济运行区间缩小了。随着b的增大即负荷重要性提高,对变压器的可靠性要求必然提高,可靠性成本随之增大,单台变压器的经济运行区间也就随之缩小更多。由此推理可知,当负荷重要性达到一定程度后,变电站将不适合开展变压器并列经济运行方式,而应始终保持两台变压器并列运行。

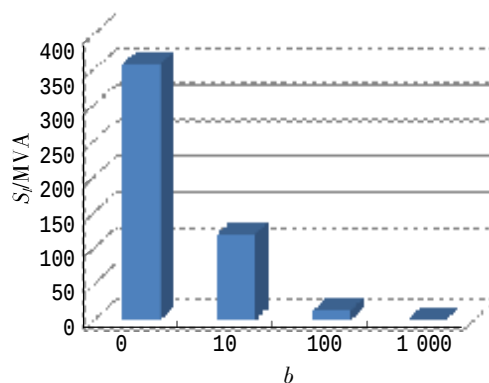


图4 不同b值的临界负载对比图

Fig. 4 Comparison chart of critical load with different b

2.2 算例2

设某变电站中,现有两台不同容量的双绕组配电变压器A、B并列运行。

2.2.1 不计及可靠性的经济运行区间确定

同样计算确定不计及可靠性的经济运行区间见表4。

表4 不计及可靠性的不同容量变压器经济运行区间

Table 4 Different capacity transformer economical operation intervals without reliability

经济运行方式	经济运行区间/kVA
变压器A单独运行	0.000~152.934
变压器B单独运行	152.934~337.383
两台变压器并列运行	337.383~945.000

2.2.2 计及可靠性的经济运行区间确定

同样,采用不同值的计及可靠性的经济运行区间见表5。

表5 计及可靠性的不同容量变压器经济运行区间

Table 5 Different capacity transformer economical operation intervals with reliability

b	经济运行区间/kVA		
	变压器A 单独运行	变压器B 单独运行	两台变压器 并列运行
10	0.000~106.240	—	106.240~945.000
100	0.000~13.797	—	13.797~945.000
1 000	0.000~1.368	—	1.368~945.000

根据表4、5结果对比分析可知,当计及变压器的可靠性成本时,单台变压器的经济运行区间缩小了,且由于可靠性成本的引入经济运行区间不再有变压器B单独运行方式。同样,随着b的增大即负荷重要性提高,单台变压器的经济运行区间也就随之缩小更多。

对比不计及可靠性的经济运行方式与计及可靠性的经济运行方式可以发现,计及可靠性的经济运

行方式考虑更全面,经济运行方式更合理,更符合生产生活实际情况,更加有利于电力系统安全可靠持续高效运行。

3 结语

采用一种经济指标的形式即可靠性成本体现变压器的供电可靠性,提出了综合运行成本概念,以综合运行成本最低来进行配电变压器并列经济运行方式划分的方法同时兼顾了变压器运行经济性和可靠性,更加经济合理。由算例分析也可知,计及可靠性时的经济运行方式会随着变电站所带负荷的重要程度而改变,当系统带有十分重要的负荷时,应充分保证供电可靠性,不宜开展并列经济运行方式。此外,也说明了文中提出的计及可靠性的变压器并列经济运行方式划分方法合理有效,可供相关电力部门制定配电变压器运行方案参考。

参考文献:

- [1] 徐建政,凌云. 并列运行变压器经济运行模式分析[J]. 电力自动化设备, 2001, 21(9):46-48.
XU Jianzheng, LING Yun. Analysis on economic operation mode of parallel transformers[J]. Electric Power Automation Equipment, 2001, 21(9):46-48.
- [2] 胡景生. 变压器经济运行[M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.
HU Jingsheng. Transformer economic operation[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1998.
- [3] 黄大集. 配电变压器的经济运行方式分析[J]. 电气开关, 2013, 50(1):77-79.
HUANG Daji. Analysis of the economic operation way of a distribution transformer[J]. Electric Switchgear, 2013, 50(1):77-79.
- [4] 杨超杰. 10 kV 配电变压器并列经济运行分析[J]. 中国高新技术企业, 2012(19):109-112.
YANG Chaojie. Analysis of economic parallel operation of distribution transformer[J]. China High-Tech Enterprises, 2012(19):109-112.
- [5] 王亚忠, 单晓红, 黎天珠, 等. 多台同容量双绕组变压器经济运行分析[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(4):93-94.
WANG Yazhong, SHAN Xiaohong, LI Tianzhu, et al. Economical operation analysis of more sets parallel operation of the two-winding transformer with the same capacity[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(4):93-94.
- [6] 熊小伏, 王志勇. 基于 SCADA 实时数据的变压器经济运行方式研究[J]. 电网技术, 2003, 27(7):9-11.
XIONG Xiaofu, WANG Zhiyong. Economic operation of power transformer based on real-time data from SCADA[J]. Power System Technology, 2003, 27(7):9-11.
- [7] 卢志刚, 李爽, 韩彦玲, 等. 配电网技术经济运行区域的研究及应用[J]. 高电压技术, 2007, 33(6):156-159.
LU Zhigang, LI Shuang, HAN Yanling, et al. Study on technical economic operation area of the distribution network[J]. High Voltage Engineering, 2007, 33(6):156-159.
- [8] 许迪. 综合考虑网损及投资运行费用的变压器经济运行区间探讨[J]. 电气开关, 2012, 50(4):10-13.
XU Di. Discussion on economic operation of a transformer for integrated considering network loss and investment cost[J]. Electric Switchgear, 2012, 50(4):10-13.
- [9] 梁双, 范明天, 苏剑. 基于停电损失费用的变电站经济容量研究[J]. 供用电, 2009, 26(2):1-4.
LIANG Shuang, FAN Mingtian, SU Jian. Study of economical capacity for substations based on interruption cost[J]. Distribution & Utilization, 2009, 26(2):1-4.
- [10] 陈晓, 王建兴, 臧宝锋. 城市电网用户停电损失及其估算方法的研究[J]. 昆明理工大学学报(理工版), 2003, 28(1):53-56.
CHEN Xiao, WANG Jianxing, ZANG Baofeng. Research on the power outage cost and its estimation in the electric power network[J]. Journal of Kunming University of Science and Technology (Science and Technology), 2003, 28(1):53-56.
- [11] 万东, 张忠会. 基于可靠性的配电网用户停电损失估算方法研究[J]. 电测与仪表, 2015, 52(10):8-11.
WAN Dong, ZHANG Zhonghui. Research on estimation method of customer outage cost in distribution network based on the reliability[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2015, 52(10):8-11.
- [12] 郭永基. 电力系统可靠性分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
GUO Yongji. Reliability analysis of power system[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2003.
- [13] SULLIVAN M J, VARDELL T, JOHNSON M. Power interruption costs to industrial and commercial consumers of electricity[J]. IEEE Transactions on Industry Applications, 1997, 33(6):1448-1458.
- [14] 王超, 徐政, 潘武略, 等. 中国用户停电损失调查方法[J]. 电网技术, 2002, 31(11):54-58.
WANG Chao, XU Zheng, PAN Wulue, et al. Customer interruption costs investigation method for China[J]. Power System Technology, 2002, 31(11):54-58.
- [15] 白剑飞, 朱振青, 来广志, 等. 停电损失调查及估算[J]. 西北电力技术, 2002, 20(6):20-23.
BAI Jianfei, ZHU Zhenqing, LAI Guangzhi, et al. The survey and estimation of outage cost[J]. Northwest China Electric Power, 2002, 20(6):20-23.

(下转第 89 页)

- YIN Ligeng, CHEN Tianxiang, LIU Yongming, et al. Experimental study on safety in 12 kV/1 250 A switchgear applied shape memory alloy spacer[J]. High Voltage Apparatus, 2016, 52(10):13-18.
- [9] 王红艳. 12 kV 可移开式手车断路器的电动力分析及设计改进[J]. 高压电器, 2016, 52(9):50-54.
- WANG Hongyan. Electrodynamics force analysis and design improvement of 12 kV withdrawable circuit breaker [J]. High Voltage Apparatus, 2016, 52(9):50-54.
- [10] 王俊波, 苗银银, 罗容波, 等. GIS 触头接触状况检测现状分析[J]. 高压电器, 2013, 49(12):137-140.
- WANG Junbo, MIAO Yinyin, WU Rongbo, et al. Analysis of present situation of GIS contact detection[J]. High Voltage Apparatus, 2013, 49(12):137-140.
- [11] ZIMMERMAN W B J. COMSOL Multiphysics 有限元法多物理场建模与分析[M]. 北京:人民交通出版社, 2007.
- ZIMMERMAN W B J. COMSOL Multiphysics physical field modeling and analysis with finite element method[M]. Beijing: People's Communication Press, 2007.
- [12] 王 刚, 安 琳. COMSOL Multiphysics 工程实践与理论仿真[M]. 北京:电子工业出版社, 2012.
- WANG Gang, AN Lin. Multiphysics COMSOL engineering practice and theoretical simulation[M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2012.
- [13] 王秉政, 江建武, 赵 灵, 等. 高压开关柜接触发热温度场数值计算[J]. 高压电器, 2013, 49(12):42-48.
- WANG Bingzheng, JIANG Jianwu, ZHAO Ling, et al. Temperature field simulation of contact heating in high voltage switchgear[J]. High Voltage Apparatus, 2013, 49(12):42-48.
- [14] 王 勇. 低压断路器主回路温升的仿真模型研究[J]. 装备制造技术, 2014(4):182-183.
- WANG Yong. Simulation model of the main circuit of low voltage circuit breaker[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2014(4):182-183.
- [15] 周 岩, 高 扬, 刘婷婷, 等. 高压开关柜触头温度场的数值仿真分析[J]. 传感器与微系统, 2008, 27(12):102-105.
- ZHOU Yan, GAO Yang, LIU Tingting, et al. Numerical simulation of high voltage switchgear panel contact temperature[J]. Sensor and Micro Systems, 2008, 27(12):102-105.

黄勤哲(1991—), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为高电压与绝缘技术。

陈丽安(1966—), 女, 教授, 主要研究方向为高电压与绝缘技术。

(上接第 83 页)

- [16] 廖瑞金, 肖中男, 巩 晶, 等. 应用马尔科夫模型评估电力变压器可靠性[J]. 高电压技术, 2010, 36(2):322-328.
- LIAO Ruijin, XIAO Zhongnan, GONG Jing, et al. Markov model for reliability assessment of power transformers[J]. High Voltage Engineering, 2010, 36(2):322-328.

饶 强(1983—), 男, 工程师, 主要从事于配电网运行维护、新技术新产品开发等方面的工作。

马 磊(1983—), 男, 工程师, 主要从事配电网运行及抢修、输变电工程建设等方面的工作。

张艳妍(1997—), 女, 副主任, 从事配网建设改造技术支持、配电自动化、分布式电源、主管电能质量及定制电力、管

理电网中心政治供电工作。

常乾坤(1985—), 男, 工程师, 博士研究生, 从事电能质量及定制电力专业的技术支持工作。

汤 华(1992—), 男, 硕士研究生, 研究方向为高压直流输电、电力系统稳定与控制。

王渝红(1971—), 女, 教授, 硕士生导师, 研究方向为高压直流输电、电力系统稳定与控制、新能源并网方式研究(通讯作者)。

魏 亮(1990—), 男, 硕士研究生, 研究方向为高压直流输电、电力系统稳定与控制。

徐梦佳(1991—), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为智能电网、电力系统稳定与控制。