DOI:10.20033/j.1003-7241.(2026)07-0184-05

基于改进遗传算法的市场化售电风险自动预警方法

王 鉴, 李万超, 朱海松

(内蒙古电投霍白配售电有限公司, 内蒙古 通辽 028000)

摘 要:在电力市场化改革持续深化的背景下,售电业务面临着日益复杂且多变的风险环境,这对电力市场的健康稳定运行构成了潜在威胁。为有效应对这一挑战,深入开展基于改进遗传算法的市场化售电风险自动预警方法研究。首先,全面考量电力市场的多元特征与售电业务的实际运作情况,科学合理地选取并确定售电风险评估指标体系。进而,依托改进遗传算法构建高效精准的售电风险评估模型,通过优化算法流程与参数设置,获取更为精确的售电风险评估结果。在此基础上,制定完善合理的售电风险预警机制,依据评估结果准确判定售电风险的预警等级,最终实现市场化售电风险的自动预警。实验结果表明,提出的改进遗传算法的市场化售电风险自动预警方法应用后计算资源消耗最小值低至600 MB,且售电风险预警结果与模拟工况对应的售电风险预警等级高度吻合,充分验证了提出方法具有出色的应用性能与实用价值。

关键词:售电风险;改进遗传算法;自动预警;适应度函数;风险评估指标;电力市场

中图分类号: TP18;TM769;TP277 **文献标志码**: A **文章编号**: 1003-7241(2026)07-0184-05

Automatic early warning method of market-oriented electricity sales risk based on improved genetic algorithm

Wang Jian, Li Wanchao, Zhu Haisong

(Inner Mongolia Power Investment Huobai Distribution Power Co., Ltd., Tongliao 028000, Inner Mongolia, China)

Abstract: Against the backdrop of the continuous deepening of electricity marketization reform, the electricity sales business is facing an increasingly complex and volatile risk environment, which poses a potential threat to the healthy and stable operation of the electricity market. To effectively address this challenge, this article conducts in-depth research on an automatic warning method for market-oriented electricity sales risks based on improved genetic algorithms. Firstly, taking into account the diverse characteristics of the electricity market and the actual operation of electricity sales business, scientifically and reasonably select and determine the risk assessment index system for electricity sales. Furthermore, relying on improved genetic algorithms to construct an efficient and accurate electricity sales risk assessment model, by optimizing the algorithm process and parameter settings, more accurate electricity sales risk assessment results can be obtained. On this basis, a sound and reasonable risk warning mechanism for electricity sales will be developed, and the warning level of electricity sales risks will be accurately determined based on the evaluation results, ultimately achieving automatic warning of market-oriented electricity sales risks. The experimental results show that the market-oriented automatic warning method for electricity sales risk proposed in this paper, which improves the genetic algorithm, calculates the minimum resource consumption as low as 600 MB after application, and the electricity sales risk warning results are highly consistent with the corresponding electricity sales risk warning levels of simulated working conditions, fully verifying the excellent application performance and practical value of the method proposed in this paper.

Keywords: risk of selling electricity; improved genetic algorithm; automatic early warning; fitness function; risk assessment indicators; electricity market

电力市场化改革是全球经济一体化和能源转型背景下的重要举措。随着中国经济的快速发展和能源需求的持续增长,传统的电力供应模式已难以满足多元化、高效化的市场需求[1]。同时,新能源技术的迅速崛起和“双碳”目标的提出,要求电力系统向更加清洁、低碳、灵活的方向转变[2]。在上述背景下,电力市场化改革应运而生,旨在通过市场机制优化资源配置,促进电力行业的可持续发展。近年来,市场化售电稳步推进,售电侧竞争格局初步形成,电力用户获得了更多选择权,电力价格也更加反映市场供求关系。市场化售电中存在的交易风险问题主要分为四种类型:一是市场价格波动风险。电力市场价格受多种因素影响,例如供需关系、天气条件、政策变化等,

收稿日期:2025-01-27;**录用日期**:2025-02-20

基金项目:内蒙古自然科学基金项目(2023ZD16)

作者简介:王 鉴(1986—),男,中级政工师,研究方向为电力市场营销。

引用本文:王鉴, 李万超, 朱海松. 基于改进遗传算法的市场化售电风险自动预警方法[J]. 自动化技术与应用, 2026,45(7):184-188. (Wang Jian, Li Wanchao, Zhu Haisong. Automatic early warning method of market-oriented electricity sales risk based on improved genetic algorithm[J]. Techniques of Automation and Applications, 2026,45(7):184-188.)

价格波动较大,给售电企业和电力用户带来不确定性风险;二是信息不对称风险。电力市场中信息不对称现象普遍存在,部分市场主体可能利用信息优势进行不公平交易,损害其他市场主体的利益;三是合同履约风险。售电合同是市场化交易的重要法律依据,但合同履行过程中可能出现违约、争议等问题,影响交易的顺利进行;四是技术安全风险。电力作为一种特殊商品,其供应和使用具有安全风险。在市场化售电过程中,技术故障、设备老化等问题可能导致供电中断或安全事故,给市场参与者带来损失。

针对市场化售电风险进行精准的评估与预警,是保障电力市场健康运行与可持续发展的关键举措,其重要性不言而喻。这一领域的研究不仅促进了市场竞争与资源优化配置,还对市场秩序的维护、公共利益的保障以及国计民生的稳定起到了积极作用。在国内外,对于市场化售电风险的管理与预警均受到了广泛关注与深入研究。近年来,中国电力市场化改革步伐加快,售电侧市场逐渐开放,市场竞争日益激烈。国内学者在市场化售电风险评估与预警方面进行了大量探索,提出了多种创新性的方法与模型。在文献[3]中构建了涵盖五个维度的信用风险指标体系,采用贝叶斯最优最劣法分配权重,并基于正态云模型建立了售电公司信用风险评价模型。构建模型的准确性和可靠性高度依赖于历史数据的完整性和质量。如果数据存在缺失、错误或偏差,将直接影响评价结果的客观性,致使提出方法数据依赖性过强;文献[4]构建了综合优化模型。模型首先针对分时电价,融合用电成本与舒适度满意度,优化可转移负荷响应;其次,基于模糊隶属度与消费者心理,构建可削减负荷响应模型以应对用户响应不确定性;随后,利用概率密度与场景法模拟负荷与价格,以最大化预期利润并控制风险损失为目标,建立涵盖购电、售电定价、负荷管理及补偿的综合决策与风险评估模型。通过模糊机会约束转换,将模型转化为确定性优化求解。综合模型虽全面考虑了多重不确定性,但模型复杂度较高,可能导致计算成本显著增加,影响实时决策的效率;文献[5]深入剖析了两级市场机制与运作框架,针对其多时空耦合特性,建立了新能源电站售电决策的双层优化模型,其结合条件风险价值法控制出力不确定性,并通过东北某省实际数据验证,有效提升了新能源电站在两级市场中的收益。双层优化模型计算复杂度较高,可能影响实时交易决策的响应速度,尤其是在市场波动较大的情况下;例如,文献[6]采用双参数调节技术扩大压缩机与膨胀机操作区间,并基于填充床动态分析,揭示了循环次数与系统性能的正向关系,以此为基础,确定购销电最佳调度策略,从而避免售电风险的发生。提出方法尽管模拟结果乐观,但新型压缩空气储能系统的技术成熟度及实际建设成本可能高于预期,影响商业化进程及市场竞争力;为了解决已有方法存在的缺陷与问题,提出基于改进遗传算法的市场化售电风险自动预警方法研究,希望通过引入改进遗传算法,提升售电风险预警性能。

1 市场化售电风险预警方法

1.1 售电风险评估指标确定

为了精准地预警市场化售电风险,合理选取与确定售电风险评估指标是至关重要的一步,如表 1 所示。

表 1 售电风险评估指标表

Tab. 1 Risk assessment indicators for electricity sales

风险类型	评估指标	评估标准/方法
市场价格波动风险	历史波动率	计算过去一年内电价变动的标准差
	预测误差率	计算预测电价与实际电价的误差率
	市场供需比	总供给量与总需求量的比值
信息不对称风险	信息透明度	评估信息发布渠道、频率与信息的公开程度
	信息获取成本	计算用户或企业获取市场信息的成本,主要包括时间和金钱
	信息准确性	通过第三方验证或用户反馈等方式评估信息的真实性和准确性
合同履约风险	合同审查严格度	评估合同条款的审核细致程度,是否有法律专家参与审核
	违约记录	统计过往交易中的违约次数和严重程度
	履约能力评估	对合同相对方的财务状况、经营能力等进行综合评估
技术安全风险	系统稳定性	模拟突发情况,测试系统稳定运行的能力,主要包括故障处理时间等
	数据安全性	评估数据加密、访问控制等安全措施的有效性,防止数据泄露和篡改
	应急响应能力	模拟突发事件,测试应急响应速度和恢复能力,确保系统尽快恢复正常运行

售电风险评估指标覆盖了四种主要风险类别,可以有效地、准确地评价售电风险程度,为其预警提供充足的数据支撑[7]。

1.2 售电风险评估模型构建

将 1.1 节确定的售电风险评估指标记为 $\{x_i, i = 1,2,\cdots,12\}$,基于改进遗传算法构建售电风险评估模型,从而获取精准的售电风险评估结果,为最终的售电风险预警提供助力。

基于改进遗传算法的售电风险评估模型如下所示。

步骤 1 编码方式确定。依据售电风险评估需求,选取实数编码方式,设定每个染色体(解)是一个包含所有售电风险评估指标权重系数的向量 $\boldsymbol{W} = \{\omega_i, i = 1,2,\cdots,12\}$[8]。

步骤 2 初始种群生成。在评估指标权重系数允许的取值范围内,随机生成一定数量的染色体作为初始种群。需要注意的是,每个染色体的基因值(即各评估指标的权重系数)应该满足实际约束条件[9]。

步骤 3 适应度函数构造。适应度函数主要用于评估每个染色体的优劣,即售电风险评估精度[10]。基于 1.1 节确定的售电风险评估指标,适应度函数可以定义为

$$\begin{cases} F(\boldsymbol{W}) = \sqrt{(Y(\boldsymbol{W}) - \hat{Y})^2} \\ Y(\boldsymbol{W}) = \sum_{i=1}^{12} \omega_i x_i \end{cases} \tag{1}$$

式中，$F(\boldsymbol{W})$ 表示的是染色体 $\boldsymbol{W}$ 对应的适应度值；$Y(\boldsymbol{W})$ 表示的是染色体 $\boldsymbol{W}$ 对应的售电风险评估数值；$\hat{Y}$ 表示的是实际售电风险评估数值；ω_i 表示第 i 个指标的权重系数；x_i 表示第 i 个售电风险评估指标的数值。

步骤 4 选择机制改进。有效结合轮盘赌选择和锦标赛选择，生成一种混合选择策略[11]。首先，使用轮盘赌选择根据适应度比例初步筛选出一部分个体；然后，在这些个体中通过二元锦标赛选择进一步筛选出优胜者，以增加种群的多样性。

步骤 5 交叉操作。交叉操作主要依据自适应交叉概率确定交叉操作的染色体，再通过算术交叉方式实现交叉操作[12]。其中，自适应交叉概率计算公式为

$$P_c(\boldsymbol{W}) = \begin{cases} P_c^{\max} - \dfrac{(P_c^{\max} - P_c^{\min})[F(\boldsymbol{W}) - F_{\text{avg}}]}{F_{\max} - F_{\text{avg}}}, & F(\boldsymbol{W}) \geqslant F_{\text{avg}} \\ P_c^{\min}, & F(\boldsymbol{W}) < F_{\text{avg}} \end{cases} \tag{2}$$

式中，$P_c(\boldsymbol{W})$ 表示的是染色体 $\boldsymbol{W}$ 对应自适应交叉概率；$P_c^{\min}$ 与 $P_c^{\max}$ 表示的是交叉概率的最小值与最大值；F_{avg} 表示的是当前种群的平均适应度值；$F_{\max}$ 表示的是当前种群的最大适应度值。

当 $P_c(\boldsymbol{W})$ 大于或者等于阈值 $\hat{P}_c$（需要根据实际应用环境进行具体的设置）时，确定染色体 $\boldsymbol{W}$ 为交叉染色体；当 $P_c(\boldsymbol{W})$ 小于阈值 $\hat{P}_c$ 时，确定染色体 $\boldsymbol{W}$ 为非交叉染色体[13]。设定任意染色体交叉对为 $(\boldsymbol{W}_1, \boldsymbol{W}_2)$，应用算术交叉方式生成子代，表达式为

$$\boldsymbol{W}_{\text{child}} = \alpha \boldsymbol{W}_1 + (1 - \alpha)\boldsymbol{W}_2 \tag{3}$$

式中，$\boldsymbol{W}_{\text{child}}$ 表示的是交叉操作生成的子代；α 表示的是一个在 $[0,1]$ 范围内的随机数。

步骤 6 变异操作。变异操作主要依据自适应变异概率确定变异操作的染色体，再通过高斯变异方式实现变异操作[14]。其中，自适应变异概率计算公式为

$$P_m(\boldsymbol{W}) = \begin{cases} P_m^{\max} - \dfrac{(P_m^{\max} - P_m^{\min})[F(\boldsymbol{W}) - F_{\min}]}{F_{\text{avg}} - F_{\min}}, & F(\boldsymbol{W}) \leqslant F_{\text{avg}} \\ P_m^{\min}, & F(\boldsymbol{W}) > F_{\text{avg}} \end{cases} \tag{4}$$

式中，$P_m(\boldsymbol{W})$ 表示的是染色体 $\boldsymbol{W}$ 对应自适应变异概率；$P_m^{\min}$ 与 $P_m^{\max}$ 表示的是变异概率的最小值与最大值；$F_{\min}$ 表示的是当前种群的最小适应度值。

当 $P_m(\boldsymbol{W})$ 大于或者等于阈值 $\hat{P}_m$（需要根据实际应用环境进行具体设置）时，确定染色体 $\boldsymbol{W}$ 为变异染色体；当 $P_m(\boldsymbol{W})$ 小于阈值 $\hat{P}_m$ 时，确定染色体 $\boldsymbol{W}$ 为非变异染色体[15]。染色体高斯变异表达式为

$$\boldsymbol{W}' = \boldsymbol{W} + N(0, \sigma^2) \tag{5}$$

式中，$\boldsymbol{W}'$ 表示的是染色体 $\boldsymbol{W}$ 高斯变异后的结果；$N(0, \sigma^2)$ 表示的是高斯分布随机数。其中，0 表示的是均值，σ^2 表示的是方差。

步骤 7 精英保留策略制定。在每一代进化结束后，将当前种群中的最优个体（即适应度值最低的个体，因为目标是最小化售电风险评估误差）直接复制到下一代种群中，确保优秀解在进化过程中不会被丢失，有助于改进遗传算法快速收敛到全局最优解或接近全局最优解的解。

步骤 8 终止条件。设定一个最大迭代次数 $T_{\max}$ 作为改进遗传算法的终止条件之一。此外，还可以设置一个收敛条件，连续多代最优解的适应度变化小于某个阈值 ζ，则认为改进遗传算法已经收敛，可以终止迭代[16]。

步骤 9 全局最优解输出。当改进遗传算法迭代终止后，输出全局最优解，将其对应的售电风险评估指标权重系数向量 $\boldsymbol{W}^*$ 输入至式(1)中，即可获得精准的售电风险评估数值 $Y(\boldsymbol{W}^*)$。

上述过程完成了售电风险评估模型的构建与改进，获得了较为精准的售电风险评估数值，为研究目标实现提供一定的便利。

1.3 售电风险预警机制制定

以 1.2 节获得的售电风险评估数值 $Y(\boldsymbol{W}^*)$ 为基础，制定售电风险预警机制，如表 2 所示。

表 2 售电风险预警机制

Tab. 2 Risk warning mechanism for electricity sales

预警等级	预警描述	评估数值	预警措施
红色预警Ⅰ	极高风险	$80 \leqslant Y(\boldsymbol{W}^*) \leqslant 100$	立即启动应急预案，暂停高风险售电业务
橙色预警Ⅱ	高风险	$60 \leqslant Y(\boldsymbol{W}^*) < 80$	密切关注风险动态
黄色预警Ⅲ	中风险	$40 \leqslant Y(\boldsymbol{W}^*) < 60$	定期评估风险变化
蓝色预警Ⅳ	低风险	$20 \leqslant Y(\boldsymbol{W}^*) < 40$	持续关注风险变化
绿色Ⅴ	安全	$0 \leqslant Y(\boldsymbol{W}^*) < 20$	维持现有风险管理措施，保持风险监控

综上所述，在改进遗传算法的引入与应用下，依据表 2 所示的售电风险预警机制，即可实现市场化售电风险的自动预警，为电力市场后续发展与运行提供有效的保障与支持[17]。

2 实验与结果分析

2.1 实验准备阶段

提出方法应用了改进遗传算法，其涉及参数较多，直接影响着售电风险评估数值的精准度。因此，在实验进行之前，需要对其进行迭代训练，从而确定改进遗传算法参数的最佳取值，为后续实验顺利进行提供一定的便利。

如果改进遗传算法最大迭代次数设置得过高时,虽然理论上可以增加找到全局最优解的可能性,但实际上会导致算法运行时间过长,计算资源消耗显著增加,甚至可能陷入“早熟收敛”的陷阱,即算法在找到全局最优解之前就停止了有效的搜索;如果遗传算法的最大迭代次数设置得过低,算法可能无法在有限的迭代次数内充分探索解空间,导致找到的解质量不高,甚至可能错过全局最优解。通过训练获得改进遗传算法最大迭代次数与售电风险评估数值精准度之间的关系曲线,具体如图 1 所示。

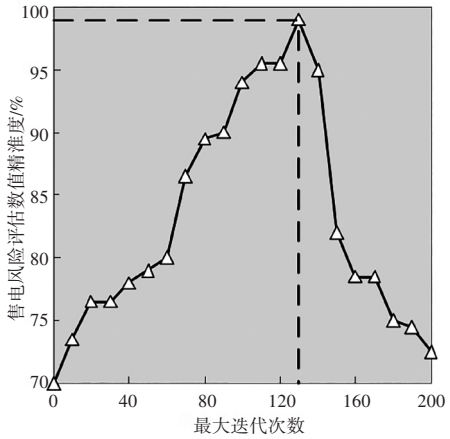


图 1　改进遗传算法最大迭代次数与售电风险评估数值精准度关系曲线

Fig. 1　Impoved relationship curve between maximum number of iterations ingenetic algorithm and accuracy of electricity sales risk assessment

随着最大迭代次数的增加,售电风险评估数值精准度呈现着先增加后下降的趋势。当最大迭代次数取值为 130 次时,售电风险评估数值精准度达到最大值 99%。因此,确定改进遗传算法最大迭代次数为 130 次。

以上述确定的改进遗传算法最大迭代次数为依据,对改进遗传算法进行训练,确定参数最佳取值如下。

- 种群大小:100 个染色体。
- 交叉概率:0.7。
- 变异概率:0.6。
- 交叉操作随机数:0.3。
- 变异操作方差:1.2。

除此之外,售电风险评估指标权重系数最佳取值如表 3 所示。

2.2　实验结果分析

应用基于改进遗传算法的售电风险预警方法、基于贝叶斯最优最劣法和云模型的售电风险预警方法与考虑多重不确定性因素的售电风险预警方法进行售电风险预警实验,通过计算资源消耗与售电风险预警结果来分析提出方法的应用性能。

计算资源消耗情况如图 2 所示。

基于改进遗传算法的售电风险预警方法在应用过程中的计算资源消耗普遍低于基于贝叶斯最优最劣法和云模型的售电风险预警方法与考虑多重不确定性因素的售电风险预警方法,其最小值达到了 600 MB,表明提出方法售电风险预警效率更快。

售电风险预警结果如表 4 所示。

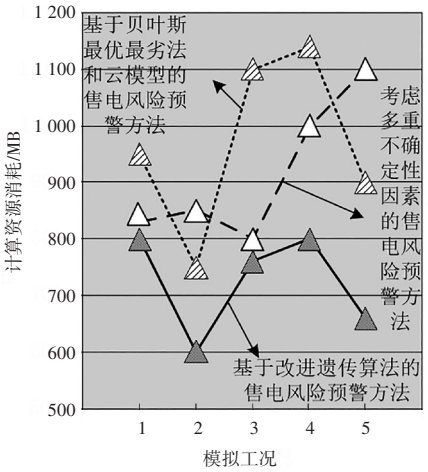


图 2　计算资源消耗示意图

Fig. 2　Schematic diagram of computing resource consumption

表 3　售电风险评估指标权重系数最佳取值

Tab. 3　Optimal value of weight coefficient for risk assessment indicators of electricity sales

风险类型	权重系数	评估指标	权重系数
市场价格波动风险	0.31	历史波动率	0.10
		预测误差率	0.09
		市场供需比	0.12
信息不对称风险	0.20	信息透明度	0.07
		信息获取成本	0.05
		信息准确性	0.08
合同履约风险	0.21	合同审查严格度	0.09
		违约记录	0.05
		履约能力评估	0.07
技术安全风险	0.28	系统稳定性	0.09
		数据安全性	0.10
		应急响应能力	0.09

表 4　售电风险预警结果示意

Tab. 4　Schematic table of risk warning results for electricity sales

模拟工况	应用方法	售电风险预警结果
Ⅴ	基于改进遗传算法的售电风险预警方法	Ⅴ
	基于贝叶斯最优最劣法和云模型的售电风险预警方法	Ⅱ
	考虑多重不确定性因素的售电风险预警方法	Ⅲ
Ⅰ	基于改进遗传算法的售电风险预警方法	Ⅰ
	基于贝叶斯最优最劣法和云模型的售电风险预警方法	Ⅴ
	考虑多重不确定性因素的售电风险预警方法	Ⅱ
Ⅲ	基于改进遗传算法的售电风险预警方法	Ⅲ
	基于贝叶斯最优最劣法和云模型的售电风险预警方法	Ⅲ
	考虑多重不确定性因素的售电风险预警方法	Ⅱ
Ⅱ	基于改进遗传算法的售电风险预警方法	Ⅱ
	基于贝叶斯最优最劣法和云模型的售电风险预警方法	Ⅳ
	考虑多重不确定性因素的售电风险预警方法	Ⅲ
Ⅳ	基于改进遗传算法的售电风险预警方法	Ⅳ
	基于贝叶斯最优最劣法和云模型的售电风险预警方法	Ⅴ
	考虑多重不确定性因素的售电风险预警方法	Ⅳ

基于改进遗传算法的售电风险预警方法应用后获得的售电风险预警结果与模拟工况对应的售电风险预警等级相同,而基于贝叶斯最优最劣法和云模型的售电风险预警方法与考虑多重不确定性因素的售电风险预警方法应用后获得的售电风险预警结果与模拟工况对应的售电风险预警等级存在着较大的差异性,表明提出方法售电风险的预警精度更高。

3 结论

电力市场是一个高度复杂且动态变化的系统,其供需关系、价格变动、政策调整等因素均可能对市场产生显著影响,使得电力市场中的售电业务面临诸多不确定性,例如市场价格波动、供需失衡等,从而增加了售电风险,进而影响电力市场的稳定运行,故提出基于改进遗传算法的市场化售电风险自动预警方法研究。实验结果显示,提出方法有效地降低了计算资源消耗,提升了售电风险预警精度,为售电风险评估及其预警提供了更加有效的方法支撑。

参考文献

[1]方保民, 程功旭, 赵春光, 等. 电力市场中基于区块链的近似价格交易算法[J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(4):93-98.
[2]王婧, 李旭, 曹俊磊, 等. 面向新能源场站的移动运维检修系统设计[J]. 自动化技术与应用, 2025, 44(6):126-131.
[3]杨雍琦, 薛万磊, 赵昕, 等. 基于贝叶斯最优最劣法和云模型的售电公司信用风险评价模型研究[J]. 现代电力, 2022, 39(4):449-459.
[4]李雅婷, 唐家俊, 张思, 等. 考虑多重不确定性因素的售电公司购售电决策模型[J]. 电力系统自动化, 2022, 46(7):33-41.
[5]王天航, 王艺博, 尹立敏, 等. 两级电力市场环境下考虑条件风险价值的新能源场站最优售电模型[J]. 电力自动化设备, 2023, 43(5):113-120.
[6]Tiancheng Ouyang, Peijia Qin, Shutao Xie, et al. Flexible dispatch strategy of purchasing-selling electricity for coal-fired power plant based on compressed air energy storage[J]. Energy, 2023(267):126578.
[7]丁军, 古愉川, 黄霞, 等. 基于改进遗传算法优化人工神经网络的304不锈钢流变应力预测准确性研究[J]. 机械工程学报, 2022, 58(10):78-86.
[8]高红均, 陈钱荟, 贺帅佳, 等. 面向产消用户的售电方发-用电多元电力套餐优化方法[J]. 电力自动化设备, 2023, 43(5):154-162.
[9]吴玲, 刘浩, 刘秋华, 等. 可再生能源配额制下售电公司多市场交易决策[J]. 电力建设, 2023, 44(7):1-10.
[10]张延华, 姜雄文. 基于改进遗传算法的电气设备仓库货位优化[J]. 控制工程, 2023, 30(4):620-628.
[11]周天清, 胡海琴, 曾新亮. NOMA-MEC 系统中基于改进遗传算法的协作式计算卸载与资源管理[J]. 电子与信息学报, 2022, 44(9):3014-3023.
[12]柯清派, 史训涛, 袁智勇, 等. 基于改进遗传算法的变电站巡检机器人路径规划[J]. 电测与仪表, 2023, 60(8):144-149.
[13]赵霖, 王爱民, 王崑声, 等. 基于改进遗传算法的虚拟制造单元继承性重构调度技术[J]. 红外与激光工程, 2022, 51(11):343-352.
[14]焦万果, 丁富贵, 石剑恒. 一种基于改进遗传算法的分簇路由算法[J]. 北京邮电大学学报, 2023, 46(6):83-88.
[15]张旭, 宋振乾, 古天松, 等. 改进遗传算法的供应链终端高维数据特征筛选[J]. 电子设计工程, 2024, 32(16):121-124,129.
[16]汤旸, 刘翊枫, 王静, 等. 电力市场售电公司最优购售电量决策模型及其应用[J]. 电力科学与技术学报, 2022, 37(4):3-12.
[17]张浩, 王宣元, 宁卜, 等. 考虑响应稳定度的峰谷型售电套餐决策方法[J]. 电气传动, 2022, 52(19):68-74.

(上接第 170 页)

4 结论

为减少传统的配电自动化设备拆解检测方法带来的人力资源浪费,本文通过对配电自动化设备的共性研究对配电自动化设备进行了模块化处理,确定多数自动化设备至少包括电源模块、串口通信模块、遥信模块以及遥控模块。在此基础上,设计了基于模块化单元检测的自动化检测系统,通过实际应用测试发现,利用该系统可同时对多个配电自动化设备进行自动检测,有效提高了设备检测效率,同时也提高了设备检测精度,为电网发展提供了坚实基础。

参考文献

[1]刘晓蒙. 新型电力系统下配电网规划问题探究与展望[J]. 电力与能源, 2024, 45(2):147-149,159.
[2]刘洪斌. 基于配电网自动化的电气设备管理研究与应用[J]. 自动化与仪器仪表, 2024(6):301-304.
[3]董璐, 边晓燕, 周波, 等. 计及调频备用效益的主动配电网分层分布式协调优化调度[J]. 电力自动化设备, 2023, 43(1):55-63.
[4]张志国, 孙宏印, 闫洪刚, 等. 基于向量自回归模型的配电设备异常自动化监测系统[J]. 电子设计工程, 2025, 33(10):25-30.
[5]郑峰, 张锦松, 林燕贞, 等. 基于新型柔性故障限流器的多端直流配电网故障隔离策略[J]. 电力自动化设备, 2023, 43(1):73-82.
[6]郑友卓, 文蕾, 付宇, 等. 配电自动化终端设备测试系统[J]. 传感器与微系统, 2023, 42(5):100-102.
[7]杨鹏, 赵子珩, 王中冠, 等. 基于状态空间线性变换的主动配电网分布式电压控制[J]. 电力自动化设备, 2023, 43(1):64-72.
[8]陈锦铭, 蒋玮, 陈武, 等. 基于实时量测与滑动时间窗策略的配电网运行方式动态追踪[J]. 电力自动化设备, 2026, 46(1):154-162.
[9]马占青, 马国立, 尤索夫, 等. 基于负荷预测和 K 均值聚类的农村配电变压器位置优化[J]. 自动化技术与应用, 2026, 45(2):133-137.
[10]沈仲恺, 宗星辰, 万灿, 等. 基于光伏功率概率预测的新能源配电系统节点电压不确定性量化[J]. 电力自动化设备, 2026, 46(1):31-39.
[11]黄振琳, 仲卫, 安然然, 等. 基于改进注意力门控循环单元的新型配电系统继电保护故障诊断方法[J]. 自动化技术与应用, 2025, 44(10):36-41,83.
[12]戴志辉, 于礼瑞, 何静远, 等. 适应 IIDG 接入的就地型馈线自动化改进策略[J]. 电力自动化设备, 2023, 43(10):184-191.
[13]辛亚楠, 郭庆瑞, 郭学让, 等. 面向配电业务的 D-S 证据理论多模通信网选择算法[J]. 电力信息与通信技术, 2025, 23(10):68-74.
[14]张力丹. 配电自动化与智能电网系统的安全协同分析[J]. 电子技术, 2025, 54(10):424-427.
[15]史明明, 缪惠宇, 郭佳豪, 等. 面向配电网可靠性提升的综合能源系统优化配置方法[J]. 电测与仪表, 2025, 62(5):22-30.
[16]王梦楠. 配电自动化系统的电网故障预测与预警技术研究[J]. 办公自动化, 2025, 30(19):11-13.