

基于物联网的随机性电源即插即用运维技术方案研究

李献伟, 王伟

(许继集团有限公司, 河南 许昌 461000)

摘要: 针对随机性电源接入规模大、地域分布广导致的运维困难问题, 提出了基于物联网的即插即用运维技术方案。该方案采用移动互联网技术及地理信息技术, 实现设备运行维护的即插即用及现实地理场景精确定位。基于四维健康评估模型维修预警专家系统能够及时发现隐患并提前维护, 很好地满足随机性电源设备的运维的需求。

关键词: 随机性电源; 物联网; 地理信息技术; 即插即用; 健康评估模型; 预警专家系统

Research of plug-and-play operation and maintenance technology for random power based on internet of things

LI Xianwei, WANG Wei

(XJ Group Corporation, Xuchang 461000, China)

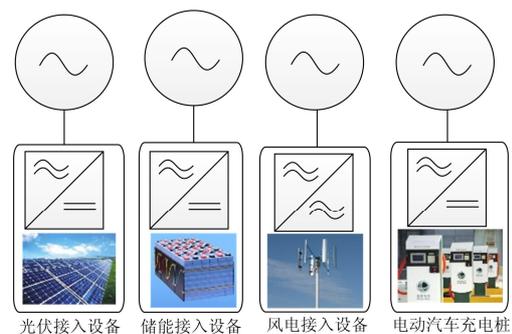
Abstract: To solve the operation and maintenance difficulties due to large-scale random power access and widespread distribution, this paper proposes a plug and play operation and maintenance scheme based on the internet of things (IoT). The scheme adopts mobile internet technology and geographic information technology, which realizes the plug and play of equipment operation and maintenance, and accurate positioning of the real scene. The warning expert system based on four dimensional health assessment model of maintenance can find the hidden danger early and give safeguard in advance, which can well meet the need of operation and maintenance for random power.

Key words: random power; internet of things; geographic information technology; plug-and-play; health assessment model; early warning expert system

0 引言

低碳经济、可持续发展是人类可持续发展的必然要求, 可再生能源、储能、电动汽车的应用增长迅速。本文将具有随机性、波动性等特点并以分布式接入电网的新能源统称为“随机性电源”(如图1所示), 其接入规模越来越大, 距离分散, 故障不能及时处理影响其使用效率, 运维成本高; 与此同时, 以大数据处理和第五代移动通信技术为代表的物联网技术取得了飞速发展, 该技术通过射频识别、传感器、全球定位系统等, 将物品相连接, 进行信息交换和通信, 实现了智能化识别、定位、追踪、监控和管理等一系列功能^[1-3]。

本文将物联网技术与随机性电源的运行维护相结合, 提出了基于物联网的随机性电源运维技术方



本文中将光伏、风力、储能、充电桩等具有随机性、波动性等特点并按照分布式方式接入电网的新能源统称为随机性电源

图1 随机性电源

Fig. 1 Random power

案, 满足接入设备运行维护的即插即用, 能够及时准确掌握区域随机性电源接入设备的运行状况, 并根据设备的运行状况及维修记录进行评估并提前进行维护, 提高设备正常运行时间, 同时实现设备的

电子化运行维护流程, 解决现有运维的困难, 提高随机性电源的利用水平。

1 随机性电源运维与物联网

1.1 随机性电源运维分析

随机性电源运维水平不仅关系到设备能否长期正常稳定运行, 还关系到运行的成本、投资的价值以及最终收益, 涉及面广; 投资业主关注其投资回报率, 希望减少故障运行时间, 快速收回成本; 电网运营企业关注其对电网造成的影响, 并制定了相关标准规范其接入, 提高设备接入电网的友好性; 用户(同时也可能是投资业主)更加关注其应用的安全性和可靠性。随机性电源运行维护水平对新能源的发展有很大的影响。

随着新能源的不断发展, 随机性电源接入设备的数量越来越庞大, 地域也更为分散广阔, 通过人工定期或不定期的巡检运维方式不适应其发展, 表现为费时费力、维修不及时、运维水平不高, 不能有效提高随机性电源的利用水平^[4-5]。

1.2 物联网技术

物联网是一个将全球定位系统、传感器网络、条码与二维码设备以及射频标签阅读装置等信息传感设备, 按照约定的协议并通过各种接入网与互联网结合起来而形成的一个巨大智能网络。物联网是实现物与物之间、人与物之间互联的信息网络, 能够提供以机器终端智能交互为核心的、网络化的应用与服务^[6-7], 如图 2 所示为物联网模型。

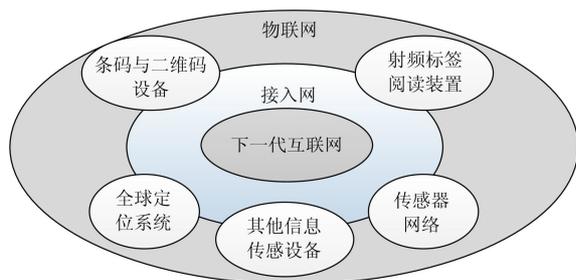


图 2 物联网模型

Fig. 2 Model of internet of things

物联网能够对整合网络内的人员、机器、设备和基础设施实施实时管理和控制, 实现更加精细和动态的方式管理生产和生活, 达到“智慧”状态, 提高资源利用率和生产力水平^[8-9]。

1.3 随机性电源运维与物联网的关系

随机性电源的运行维护包括能够追踪从设备的投运、维护(维修)、退出运行等阶段, 物联网技术通过对设备进行统一命名实现, 并将设备信息及运

行工况上传至云运维中心, 实现设备身份的识别、定位并维修, 满足设备全生命周期的管理。

(1) 设备的自动识别

自动识别技术是物联网涉及的众多技术之一, 利用其中的语音识别技术、条码识别技术、射频识别技术等可以对随机性电源设备设置具有唯一数字编码或可辨特征的标识, 使得设备在运维过程中能够被快速有效地识别。

(2) 设备的精确定位

定位技术是物联网涉及的另一技术, 利用卫星定位、无线电波定位、传感定位等可对随机性电源设备进行快速精确的定位。

(3) 满足即插即用及海量运维

通过物联网将设备与云运维中心互连实现海量随机性电源接入设备的智能运维, 实现设备投入运行的即插即用, 减少运维人员规模, 提高设备运维的效率, 满足投资业主、用户以及电网运行方的需求, 推进随机性电源的建设。

(4) 满足全生命周期管理

将物联网技术应用于分布式电源设备的全生命周期管理中, 提高设备利用率, 实现随机性电源设备全生命周期管理自动化、智能化。

2 即插即用的运维技术

2.1 设备唯一性标识

在物联网的世界, 每个设备都有唯一的物联网地址(IP 地址), 它是数字世界的身份标识, 标识特征与编码的唯一性与统一性在物联网的运行中非常重要。设备唯一性标识可以是图象识别、语音识别、条码识别、射频识别、磁识别、生物特征识别等。有时为了满足实际应用的需要, 可能将几种识别方式并用。在本系统中, 为了能够对设备进行身份识别, 考虑到二维码具有标识成本低的优点, 采用自动识别技术设置了设备的二维码作为设备唯一性标识, 如图 3 所示为设备标识二维码。



图 3 设备唯一性标识

Fig. 3 Unique identification of the equipment

2.2 即插即用运维技术

设备的“即插即用”指新的设备投入运行后，云运维中心可自动识别新接入的设备，并对新设备加以管理，如图4为随机性电源云运维中心。将此概念引用到应用越来越广的随机性电源领域，“即插即用”主要体现应用的及时性，是指对新添加设备自动和动态识别，包括初始安装时自动识别、运行中改变的识别以及退出的自动识别。随机性电源运维的即插即用是指对于云运维中心来说，投入运行即可自动识别并进行动态监控，无需繁杂的物理配置以及提前通知；随机性电源投入运行后，用户无需手动配置的情况下，云运维中心能够自动识别新接入的设备，并对设备加以管理；通过规定接入设备编码唯一(可将设备编码简单的比作手机号码)，投入运行后与云运维中心主动连接，进行身份自动识别，报告位置信息及设备运行工况，类似于手机插上手机卡就可以使用^[10-16]。

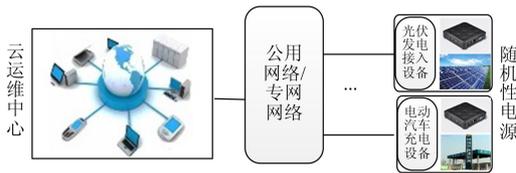


图4 随机性电源云运维中心
Fig. 4 Cloud operation and maintenance center of random power

随机性电源接入设备编码唯一，设备投入运行后，主动连接云运维中心建立连接并进行身份识别及确认，在网络连接状态正常上送设备工况及定位信息并接受管理，实现了设备接入运维的即插即用，如图5所示。

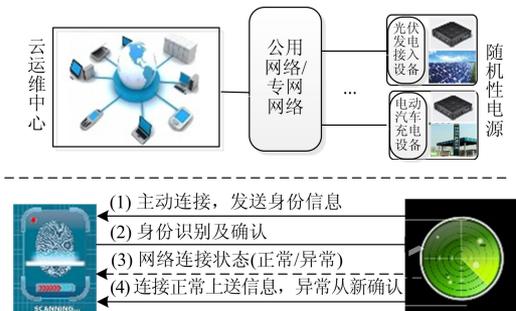


图5 即插即用的身份识别
Fig. 5 Identity recognition of plug-and-play

2.3 地理空间的精确定位

地理信息系统(Geographic Information System, GIS)是结合地理学与地图学以及遥感和计算机等交叉的学科，是对地球上存在的现象和发生的事件进

行成图和分析，把地图这种独特的视觉化效果和地理分析功能与一般的数据库操作集成在一起。

云运维中心将随机性电源上送的位置信息(由GPS或北斗定位设备的经度与纬度信息、高度信息)与GIS进行融合,实现设备在现实地理场景的展示,满足设备在地理空间的快速精确定位,实现设备真实环境定位的即插即用,如图6所示。

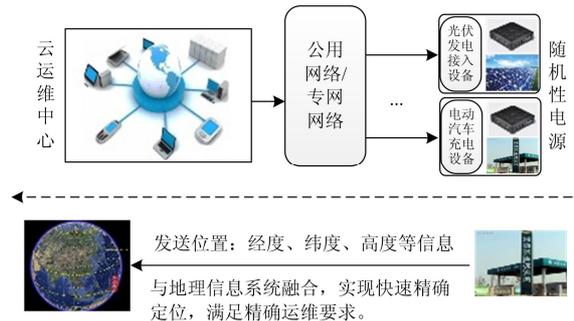


图6 随机性电源接入设备位置的定位原理图
Fig. 6 Positioning schematic of the equipment location of random power access

3 多维度随机性电源预警评估方法

多维度随机性电源预警评估方法将设备健康评估与物联网相结合，设备状态信息及维修记录通过物联网及时发送至云运维中心，运维预警专家系统依据健康评估模型对设备健康状况评估，若设备健康指标低于健康指标下限将进行预警提醒^[4]。

3.1 现行的运维方案

现行的运维方法是建立在总结以往工作经验的基础上，通过统计运维记录的类型、处理方法，对系统实施定期或不定期的人工巡检工作，来保证设备的安全和系统稳定。然而，随着随机性电源建设规模的扩大化与分散化，这种运维方法的缺点愈发明显，主要表现为：①巡检不到位、漏检、检修不及时；②手工填报巡检结果效率低、容易漏项或出错；③管理人员难以及时、准确、全面地了解系统状况，难以制定最佳的保养和维修方案，也阻碍了随机性电源的进一步发展^[17-23]。

3.2 多维度的健康评估模型

随机性电源健康评估模型有四个维度，包括设备寿命、设备故障(故障类型、维修次数及维修人员)、设备告警(告警类型及次数)、使用频率(或正常运行时间)，设备寿命是基准，其他三个维度进行融合分析得出设备近期可能发生某种或某几种故障的概率，并通过与设备预期寿命进行加权得出设备健康评估报告，具体包括四个方面：设备预期寿命、告警与故障之间的关联度、使用频率与故障之间的

关联度、使用频率与告警之间的关联度, 如图 7 所示为多维度随机性电源接入设备预警评估模型。

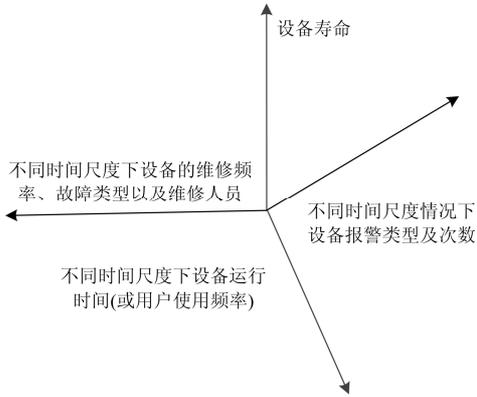


图 7 多维度随机性电源接入设备预警评估模型示意图

Fig. 7 Schematic diagram warning assessment model

(1) 设备预期寿命

健康评估模型以设备预期寿命(简称为 L_{exp})为基准参考, 它与设备使用年限(简称 L_{age})、设备的使用频率(按照不同的时间尺度计算, t 为时间尺度, 简称为 $F_{freq}(t)$)及故障维修情况(按照不同的时间尺度计算, 维修频率简称为 $F_{rec}(t)$)有直接的关联, 设备设计寿命简称为 L_{desi} , 设备预期使用寿命为

$$L_{exp}(t) = \frac{L_{desi} - L_{age}}{1 + F_{freq}(t) + F_{rec}(t)} \quad (1)$$

(2) 告警与故障之间的关联度分析

随机性电源投入运行后将根据运行情况上送告警信息, 告警信息包括设备故障告警; 正常运行情况下送普通告警信息, 不影响设备的正常使用, 健康评估模型通过分析上送告警类型 A_{type} (按照不同的时间尺度计算发生频率 $R_{freq}(t)$)与设备维修故障类型 T_{type} (故障类型 T_{type} 的维修频率 $M_{freq}(t)$)之间的关系可甄别那种告警类型发生最可能引起设备故障, 比如针对某一设备的告警历史记录发现: 告警类型 A 上送 2 次就引起设备故障类型 T 发生的频率很高, 可以推断告警类型 A_{type} 与故障类型 T_{type} 的关联度很高, 关联亲密系数 $C_{rel}(A_{type}, T_{type})$; 通过分析提高基于设备状况进行提前预警维修的准确度, 避免无谓检修或者过度检修。某一时间段内告警类型 A_{type} 上送后故障 T_{type} 发生的几率 $P_{occur}(T_{type}, A_{type})$ 为

$$C_{rel}(A_{type}, T_{type})(t) = \frac{A_{type}(R_{freq}(t))}{T_{type}(M_{freq}(t))} \quad (2)$$

$$P_{occur}(T_{type}, A_{type})(t) = A_{type}(R_{freq}(t)) * C_{rel}(A_{type}, T_{type}) \quad (3)$$

(3) 使用频率与设备故障的关联度分析

分析设备的使用频率 U_{freq} 与发生故障类型 T_{type} 之间的关系主要是为了发现设备易发生故障的环节, 并获得故障类型与使用频率之间的关系, 提高维修预警的准确度, 缩短维修时间, 并以设备使用频率为基准提出的维修健康预警, 故障类型与使用频率的关联亲密系数 $C_{rel}(T_{type}, U_{freq})$ (系数根据设备历史记录分析获得, 它某段时间内由该故障引起设备的维修频率成正比, 与该段时间内使用频率成反比, 是一个相对固定的值, 比如根据历史时间 t_h 内计算出 $C_{rel}(T_{type}, U_{freq})(t_h)$), 某时间该设备发生故障类型 T_{type} 的几率 $P_{occur}(T_{type}, U_{freq})$ 与设备使用频率之间关系为

$$C_{rel}(T_{type}, U_{freq})(t_h) = \frac{T_{type}(M_{freq}(t_h))}{U_{freq}(t_h)} \quad (4)$$

$$P_{occur}(T_{type}, U_{freq})(t) = U_{freq}(t) * C_{rel}(T_{type}, U_{freq}(t)) \quad (5)$$

(4) 使用频率与设备告警的关联度分析

分析设备使用频率与告警之间的关系主要是为了获得设备使用过程中易发生误操作习惯, 通过修正用户操作规程或改进设备建设误操作报警; 同时根据设备使用频率调整告警类型排序等。某一段时间内告警类型的级别 $L_{A_{type}}$ 与使用频率 U_{freq} 之间的关系($L_{A_{type}}_N$ 指原有告警级别)为

$$L_{A_{type}}(t) = \frac{L_{A_{type}}_N}{U_{freq}(t)} \quad (6)$$

3.3 随机性电源设备维修预警专家系统

维修预警专家系统根据设备维修历史信息及设备运行情况分析设备的健康情况, 维修人员最为关注设备寿命及设备故障, 若设备预期寿命为零或者负值表明设备已报废, 建议尽快更换或拆除; 设备故障发生几率主要与设备寿命、使用频率、维修频率有关, 若分析得出设备发生某故障的几率大于 80%, 专家系统将设备地理位置信息及预发生故障的类型推送至运维人员并提前维修。

4 基于物联网的电子化运维检修流程

电子化的运维检修流程可满足设备的全生命周期管理, 减少运维人员规模, 满足了投资业主、用户以及电网运行方的需求。

4.1 预警评估

预警专家系统依据多维度的健康评估模型定期给予设备健康评价, 将评价结果上送到云运维中心。如果评价结果低于合格值, 云运维中心便将可能发生故障类型及概率、设备位置等传送给运维人员, 方便对设备进行提前维修, 如图 8 所示。

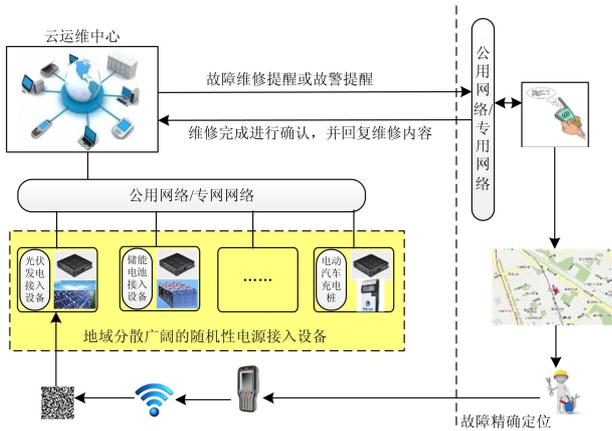


图 8 电子化随机性电源接入设备运维检修原理图

Fig. 8 Electronic schematic diagram for equipment operation and maintenance of random power access

4.2 运维检修流程

云运维中心通过移动互联网将故障告警(或维修预警信息)及故障设备位置设备推送至运维人员, 运维人员依据这些信息便可提前进行备品备件, 按照位置信息精确定位故障设备, 然后通过手持终端进行设备确认并维修。维修完成后, 运维人员需准确上报设备故障类型及维修时间至运维中心, 预警专家系统通过维修历史记录结合预警评估模型进一步提高故障预警的水平(包括对运维人员的考核等), 改进预警评估方法, 提高运维水平, 如图 9 为随机性电源设备故障维修流程。

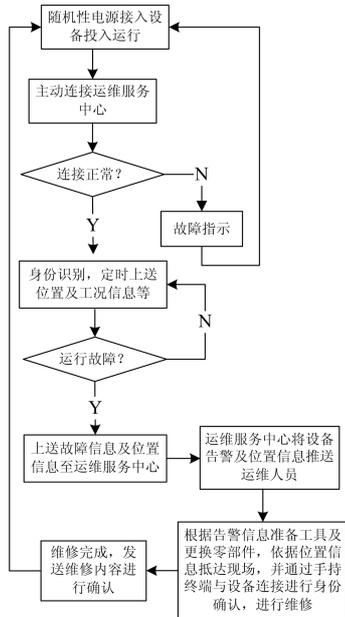


图 9 故障维修流程图

Fig. 9 Flow chart of maintenance strategy

5 结论

基于物联网的即插即用运维技术方案通过物联网技术与随机性电源运维技术的结合, 实现了海量的随机性电源接入设备的智能运维, 满足接入设备运维的即插即用, 能够及时准确掌握区域随机性电源接入设备的运行状况, 进行健康评估并提前预警维修, 形成一套电子化的随机性电源接入设备运维检修流程, 提高随机性电源的运维水平, 具有较广泛的推广价值。

参考文献

[1] 黄小庆, 张军永, 朱玉生, 等. 基于物联网的输变电设备监控体系研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(9): 137-141.
HUANG Xiaoqing, ZHANG Junyong, ZHU Yusheng, et al. Research on monitoring system for power transmission and transformation equipments based on IoT[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(9): 137-141.

[2] 王韶, 江卓翰, 朱姜峰, 等. 计及分布式电源接入的配电网状态估计[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(13): 82-87.
WANG Shao, JIANG Zhuohan, ZHU Jiangfeng, et al. State estimation of distribution network involving distributed generation[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(13): 82-87.

[3] 秦红霞, 武芳瑛, 彭世宽, 等. 智能电网二次设备运维新技术研讨[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(22): 35-40.
QIN Hongxia, WU Fangying, PENG Shikuan, et al. New technology research on secondary equipment operation maintenance for smart grid[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(22): 35-40.

[4] 吕颖, 孙树明, 汪宁渤, 等. 大型风电基地连锁故障在线预警系统研究与开发[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(11): 142-147.
LÜ Ying, SUN Shuming, WANG Ningbo, et al. Study and development of on-line cascading fault early-warning system for large-scale wind power base[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(11): 142-147.

[5] 李少林, 王瑞明, 孙勇, 等. 分散式风电孤岛运行特性与孤岛检测试验研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(21): 13-19.
LI Shaolin, WANG Ruiming, SUN Yong, et al. Analysis and experiment research on islanding behaviors and detection strategy for dispersed wind power[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(21): 13-19.

[6] 龚钢军, 孙毅, 蔡明明, 等. 面向智能电网的物联网架构与应用方案研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(20): 52-58.

- GONG Gangjun, SUN Yi, CAI Mingming, et al. Research of network architecture and implementing scheme for the internet of things towards the smart grid[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(20): 52-58.
- [8] 孙洁, 王增平, 王英男, 等. 含分布式电源的复杂配电网故障恢复[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(2): 56-62.
SUN Jie, WANG Zengping, WANG Yingnan, et al. Service restoration of complex distribution system with distributed generation[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(2): 56-62.
- [9] 李勋, 龚庆武, 乔卉. 物联网在电力系统的应用展望[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(22): 232-236.
LI Xun, GONG Qingwu, QIAO Hui. The application of IOT in power systems[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(22): 232-236.
- [10] 刘新春. 浅谈大型光伏并网电站的运行与维护[J]. 可再生能源, 2012, 30(5): 125-126.
LIU Xinchun. Discussion on the operation and maintenance of large scale photovoltaic grid-connected power plant[J]. Renewable Energy Resources, 2012, 30(5): 125-126.
- [11] 象征, 曹有连, 马生亮, 等. 大型光伏电站电气设备的运行维护要点[J]. 太阳能, 2014(3): 52-54.
- [12] 霍群海, 唐西胜. 微电网与公共电网即插即用技术研究[J]. 电力自动化设备, 2013, 33(7): 105-110.
HUO Qunhai, TANG Xisheng. Plug-and-play technology applied in microgrid and utility grid[J]. Electric Power Automation Equipment, 2013, 33(7): 105-110.
- [13] 黄雄峰, 翁杰, 张宇娇. 微电网建设规划方案评估与选择[J]. 电工技术学报, 2015, 30(21): 76-81.
HUANG Xiongfeng, WENG Jie, ZHANG Yujiao. Evaluation and selection of microgrid construction planning schemes[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2015, 30(21): 76-81.
- [14] 李振坤, 周伟杰, 钱啸, 等. 有源配电网孤岛恢复供电及黑启动策略研究[J]. 电工技术学报, 2015, 30(21): 67-75.
LI Zhenkun, ZHOU Weijie, QIAN Xiao, et al. Distribution network restoration and black start based on distributed generators[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2015, 30(21): 67-75.
- [15] 许刚, 谈元鹏, 黄琳. 基于低秩矩阵填充的 XLPE 电力电缆寿命评估[J]. 电工技术学报, 2014, 29(12): 268-276.
XU Gang, TAN Yuanpeng, HUANG Lin. Low-rank matrix completion based lifetime evaluation of XLPE power cable[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2014, 29(12): 268-276.
- [16] 罗毅, 施琳, 涂光瑜, 等. 适应分布式源即插即用特性需求的微网公共信息模型[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(8): 97-100.
LUO Yi, SHI Lin, TU Guangyu, et al. Microgrid common information model applicable to plug and play feature of distributed resources[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(8): 97-100.
- [17] 王滨, 赵婉婷. 基于变电设备健康状态评估的 CIM 模型研究[J]. 科技信息, 2014(7): 248-249.
WANG Bin, ZHAO Wanting. Research on CIM model of assessing the health status of substation equipment[J]. Science & Technology Information, 2014(7): 248-249.
- [18] 吴波. 健康状态评估方法及应用研究[J]. 计算机测量与控制, 2015, 17(12): 2345-2362.
WU Bo. Research on methods and application of health assessment[J]. Computer Measurement & Control, 2015, 17(12): 2345-2362.
- [19] 张跃, 杨汾艳, 曾杰, 等. 主动配电网的分布式电源优化规划方案研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(15): 67-72.
ZHANG Yue, YANG Fenyan, ZENG Jie, et al. Research of distributed generation optimization planning for active distributed network[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(15): 67-72.
- [20] 徐天金. 风电齿轮早期故障预警与诊断的研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2014.
XU Tianjin. Research on early fault warning and diagnosis of wind turbine gear[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2014.
- [21] 刘佳. 风电场设备维修决策支持系统研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2013.
LIU Jia. Research on maintenance decision support system for wind power equipment[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2013.
- [22] 王成成. 基于可靠性分析的风电机组状态维修决策研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2014.
WANG Chengcheng. Condition-based maintenance decision-making research of wind turbines based on reliability analysis[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2014.
- [23] 郇嘉嘉. 电网设备状态检修策略的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.

收稿日期: 2015-09-10; 修回日期: 2016-03-21

作者简介:

李献伟(1982-), 男, 硕士, 工程师, 从事电力系统保护与控制、分布式电源接入及微电网稳定控制运行等方向的研究; E-mail: xianweil@139.com

王伟(1978-), 女, 本科, 高级工程师, 从事电力系统保护与控制、分布式电源接入及微电网稳定控制运行等方向的研究。

(编辑 周金梅)