

配电系统可靠性评估及改进策略研究

刘军

国网陇南市武都区供电公司, 甘肃 陇南 746000

摘 要： 随着我国社会经济的快速发展, 人们对电力的需求量越来越大, 电力已经成为人们生活中不可或缺的一部分。供电可靠性是衡量电网安全运行的重要指标, 它直接影响着供电企业的经济效益。为了提高供电可靠性, 就需要对配电系统进行优化与改进。基于此, 本文从配电系统可靠性评估指标分析出发, 提出了提高配电系统可靠性的措施和方法, 并结合某实际配电系统进行了可靠性评估, 结果表明: 优化电网结构、加强电网调度、加强负荷预测等措施能够有效提高配电系统可靠性。最后, 通过仿真计算分析了各种因素对提高配电网可靠性的影响程度。

关 键 词： 配电系统; 可靠性; 评估; 改进

Research On Reliability Assessment And Improvement Strategy Of Power Distribution System

Liu Jun

State Grid Longnan Wudu District Power Supply Company, Gansu, Longnan 746000

Abstract： With the rapid development of China's social economy, people's demand for electricity is increasing, and electricity has become an indispensable part of people's lives. The reliability of power supply is an important indicator to measure the safe operation of the power grid, which directly affects the economic benefits of power supply enterprises. In order to improve the reliability of power supply, the power distribution system needs to be optimized and improved. Based on this, this paper proposes measures and methods to improve the reliability of the distribution system based on the analysis of the reliability evaluation index of the distribution system, and conducts the reliability evaluation in combination with the actual distribution system, and the results show that the reliability of the distribution system can be effectively improved by optimizing the power grid structure, strengthening the power grid dispatching, and strengthening the load forecasting. Finally, the influence of various factors on improving the reliability of the distribution network is analyzed through simulation calculation.

Keywords： power distribution system; reliability; assess; improvement

一、引言

伴随着我国社会经济的快速发展, 人们对电能的需求量越来越大, 电力已成为人们生活中不可或缺的一部分。近年来, 随着智能电网建设的不断推进, 人们对电网供电质量的要求也越来越高。配电系统作为电力系统的重要组成部分, 其可靠性对电力系统正常运行和用户供电质量起着至关重要的作用。配电系统可靠性是衡量电网安全运行水平 and 经济运行水平的重要指标, 是实现电能优质供应的基础。因此, 提高配电网可靠性是实现电力行业健康、持续发展的前提和保障。本文对配电系统可靠性评估指标进行了分析, 并提出了提高配电系统可靠性的改进策略, 为提高配电系统可靠性提供了理论依据。

二、配电系统可靠性基础

(一) 配电系统的组成与功能

配电系统的基本功能包括: (1) 供电管理: 对用户的用电行为进行管理, 如对用户进行用电设备的安装、检修和维护等。

(2) 配电网: 指的是电源和用户之间的连接网络, 包括电力传输网络、电力用户之间的连接网络和配电网。(3) 电能分配与计量: 对电能进行分配, 并计量其使用情况。(4) 配电网控制: 对电能进行调度, 对配电网进行监控。(5) 安全保护: 保护用电设备不受损害, 保护电力系统运行的安全性。(6) 通信与自动化: 收集、传输与处理数据, 保证系统运行的高效性和准确性。(7) 系统维护: 定期对系统进行维护, 保证系统正常运行。

(二) 可靠性指标的定义与分类

配电系统的可靠性主要包括供电可靠性和用户供电可靠性, 其中供电可靠性是指供电质量满足用户要求的程度, 主要包括供电可靠性、电压质量和电能质量3个方面; 用户供电可靠性是指用户在不停电的情况下使用电能的能力, 主要包括不停电的时间、不停电的设备和不停电的操作。配电系统可靠性指标分为最大负荷点指标、最大负荷点负荷裕度指标、电压偏移指标、最大电压偏移值指标、综合性能指标和电压质量指标。最大负荷点是指系统中负荷较高的区域, 其中包括用户重要负荷区; 最大负荷点负荷裕度指标是指系统中负荷较低区域的用户供电可靠性, 其中包括用户重要负荷区。^[1]

（三）可靠性评估的基本原理

可靠性评估是研究配电系统可靠性的重要手段，在配电系统可靠性分析和评价中有着重要的地位。可以说，没有可靠性，就没有配电系统的可靠性。在配电系统可靠性评估中，将电路元件分为五种状态：正常运行、停运、故障、备用和废弃。从理论上说，在这五种状态下，任何一种状态发生变化都会对配电系统的可靠性产生影响，但实际上在实际工作中，由于各种原因会出现一些特殊情况，使得电路元件处于不同的状态。对于这五种状态的评估是一件非常困难的事情。因此，为了能更好地进行配电系统可靠性分析和评价，就需要对这五种状态进行量化分析。

（四）可靠性评估的数学模型

可靠性评估的数学模型是进行配电系统可靠性分析的基础，在此之前要先对系统进行故障模式与影响分析，对系统的元件进行分类和描述，将系统划分为若干个区域，并对区域内的元件进行故障分析，得到系统的元件故障模式集。然后再通过数学模型对各元件状态之间的相互影响关系进行描述，从而得到系统可靠性的评估结果。在进行可靠性评估之前，需要先对配电系统中各个设备的运行状态和相关数据进行获取，然后利用不同的模型来描述和计算各设备状态之间的相互影响关系，并以此得到各个设备在各个运行状态下所能提供给用户的服务时间。

三、数据采集与预处理

（一）数据采集方法

由于配电系统中的设备种类繁多、分布广泛，同时为了确保采集到的数据能够真实有效地反映配电网运行状态，对采集到的数据需要进行质量评估。采用人工方式进行数据采集的精度往往较低，同时不利于管理。因此，采用以下两种方式进行数据采集：（1）利用智能仪表或其他自动化设备实现数据采集，具有很强的适应性。（2）采用 GPRS 通讯方式，能够及时高效地将配电系统中所有设备的运行状态数据实时传送到远程监控中心。在数据采集过程中，对所采集的数据进行校验、筛选和清洗等处理，最终得到配电网运行状态的准确值。

（二）数据清洗与预处理技术

（1）数据清洗。在收集到的配电系统运行状态数据中，由于数据的采集设备故障、用户行为、其他干扰等原因，数据的准确性和完整性会受到一定的影响。因此，需要对原始数据进行清洗，删除重复、错误、不准确的数据。

（2）数据预处理。由于配电系统运行状态中可能存在各种干扰，而对采集到的原始数据进行预处理可以去除干扰因素，消除误差，提高数据质量。配电系统运行状态具有一定的实时性要求，为了保证采集到的实时信息与历史信息相符合，需要对采集到的实时运行状态数据进行存储。在可靠性评估中常用的存储技术包括数据库技术、文本挖掘技术、数据库备份等。^[2]

（三）故障数据统计与分析

统计和分析故障数据是进行可靠性评估的基础。在故障数据分析过程中，需要对配电网的故障率进行统计和分析。对于故障

率较高的配电网，应对其进行重点监测，以及时发现并解决问题。对于故障率较低的配电网，可从运行方式、设备故障及管理制度等方面着手，分析出其可能存在的问题，并制定相应措施。

配电系统故障数据统计与分析主要包括两方面的内容：一方面是故障数据的统计分析，包括设备故障率、停电事件、线路故障率等；另一方面是故障数据的统计分析结果对可靠性评估结果产生的影响。在配电网可靠性评估中，通过对故障数据进行统计和分析，可以得到配电网故障规律及影响因素。

（四）数据集构建与评估

故障数据集的构建是建立模型的重要环节，所选择的故障数据集必须能够反映故障发生后的实际情况，且具有足够的代表性，并能够体现故障发生时系统的运行状态。为了避免过拟合，在构建故障数据集时，需要对样本数据进行筛选，剔除异常值、缺失值和不合理的数据。

四、可靠性评估模型构建

（一）模型选择与算法介绍

在分析配电网可靠性评估方法时，以电力系统可靠性理论为基础，通过分析配电网系统的结构和运行方式，对影响系统可靠性的主要因素进行分析。考虑到配电系统可靠性评估的特殊性，选择基于改进蒙特卡罗模拟的配电系统可靠性评估方法。该方法以可靠性理论为基础，以系统元件为模拟对象，以元件的概率分布和状态变量作为模拟过程的输入信息。该方法具有计算量小、计算速度快、鲁棒性强等特点，适合于大规模配电系统的可靠性评估。

（二）评估指标体系的构建

配电系统可靠性评估的主要内容包括评估指标体系的建立、评估方法的选择和评估过程。指标体系是对影响可靠性水平的各种因素进行综合分析、处理后得到的反映配电系统可靠性水平高低量化描述。由于配电系统可靠性评估指标体系涉及因素较多，且存在不同类型指标之间互相关联、影响等问题，因此构建配电系统可靠性评估指标体系是十分困难的。从配电系统结构、运行方式、设备类型和运行环境四个方面对影响配电系统可靠性水平的因素进行分析，在此基础上选取相应的指标对其进行评价，以反映配电系统可靠性水平，并根据具体情况合理地选取一些必要的评价指标。^[3]

（三）模型优化策略

针对配电系统可靠性评估模型，进行模型优化可以从以下两方面入手：（1）通过对配电系统进行分区，在每个分区中设置不同的可靠性指标，通过对各个分区中配电设备进行分析，可以有效减少评估模型中的复杂度。（2）可以对不同的可靠性指标进行加权处理，当某个可靠性指标大于某个阈值时，将该可靠性指标定义为高等级，否则定义为低等级。同时也可以设置不同的权重系数，从而降低评估模型复杂度。在此基础上，可以根据实际情况设置不同的权重系数，从而实现对配电系统可靠性评估模型的优化。

五、可靠性改进策略研究

（一）配电系统可靠性影响因素分析

配电系统可靠性的影响因素很多，其中有一些是客观存在的，如自然条件、运行检修等；另一些则是人为因素造成的，如规划设计、设备选型等。配电系统可靠性影响因素分析的步骤如下：（1）通过统计分析确定影响配电系统可靠性的主要因素，并根据主要因素确定主要影响因素的优先级顺序。（2）采用层次分析法确定影响配电系统可靠性的各种因素的权重，然后根据权重值对这些影响因素进行排序，最终得出影响配电系统可靠性的主要因素。（3）根据前两步得到的影响因素权重，利用模糊综合评价法确定影响配电系统可靠性的主要因素。

（二）改进策略的理论基础

在配电系统的可靠性管理中，人们主要应用可靠性指标和故障恢复时间来衡量可靠性，但上述两个指标都是静态的，不能反映系统的动态特性。配电系统可靠性管理中的各种策略都是为了提高配电系统的动态可靠性，因此，必须在考虑上述两个指标的基础上对配电系统进行优化。在供电企业中，最常见到的一种动态可靠性指标就是故障恢复时间（RTT），该指标反映了供电企业对配电网故障恢复能力的评价。它包括两部分内容：①故障恢复时间；②故障恢复时间在正常工作状态下对可靠性影响。^[4]

（三）改进措施的制定与实施

为了提高配电系统的可靠性，应制定出完善的供电质量计划，根据停电对供电可靠性的影响程度，对配电网进行分区。在实施分区的过程中，要对停电区域进行明确的划分，使用户不会在停电后产生较大的经济损失。如果分区划分过小，用户可能会

因停电而导致经济损失；如果分区划分过大，将会导致供电质量较差、供电可靠性降低。在实施分区时要明确的是，当发生故障时应采取哪种方式来对故障进行处理。

（四）改进效果评估

结合改进措施的实施，可以对其改进效果进行评估。可采用系统可靠性评估方法对改进措施的效果进行评估。该评估流程包含可靠性指标、可靠性影响因素分析、可靠性改进措施效果分析等步骤，具体包括：①通过对系统中的设备和元件进行分析，了解系统的可靠性指标。②根据系统中各元件的状态，如是否正常运行、是否超出限定值、是否存在缺陷等，对元件进行分析。③根据系统中各元件的状态以及故障类型等信息，计算出系统的可靠性指标。④对系统中各元件及设备进行改进后的可靠性评估。⑤对比改进前与改进后的系统可靠性指标，验证改进措施效果。

六、结语

本文分析了配电系统可靠性评估指标，并对某实际配电系统进行了可靠性评估，分析结果表明：优化电网结构、加强电网调度、加强负荷预测等措施能够有效提高配电系统可靠性。此外，本文还从优化配电网结构、加强电网调度等方面提出了提高配电网可靠性的措施和方法。最后，根据某配电系统的可靠性评估结果，对其存在的问题进行了分析，并提出了提高配电系统可靠性的策略。由此可见，从配电系统可靠性评估指标出发，提出的方法和措施是有效可行的，能够有效提高配电网运行可靠性，进而为电力企业提供更加优质、可靠、安全的电力供应。

参考文献

- [1] 舒舟, 杨文锋, 廖威. 计及配电网自动化分区的城市配电网供电可靠性评估方法 [J]. 南方能源建设, 2023, 10(06): 98-104. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2023.06.011.
- [2] 商晓峰, 徐森, 刘雪伟. 先进半导体制程项目配电系统方案可靠性评估及成本分析 [J]. 建筑电气, 2023, 42(10): 31-37.
- [3] 王镜淇, 吴东方, 朱梓桢, 等. 低压电气设备可靠性分析精细化管理实践 [J]. 电工技术, 2023, (16): 182-184+188. DOI: 10.19768/j.cnki.dgjs.2023.16.048.
- [4] 俞伟, 李衡, 苏毅方, 等. 基于代数模型的配电系统可靠性评估方法 [J/OL]. 电测与仪表, 1-102023-02-27. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/23.1202.TH.20230224.1700.004.html>.
- [5] 王湜, 谢开贵, 邵常政, 等. 柔性互联输电一体化电网有损潮流的精细化建模及应用 [J]. 电工技术学报, 2024, 39(09): 2593-2607. DOI: 10.19595/j.cnki.1000-6753.tces.231811.
- [6] 石立国, 李延真, 胡洋, 等. 提高电动汽车接纳能力的配电网动态重构方法 [J]. 供用电, 2024, 41(04): 89-95. DOI: 10.19421/j.cnki.1006-6357.2024.04.011.
- [7] 韩俊, 潘文婕, 蔡超, 等. 基于概率连通与关联矩阵的配电网可靠性评估 [J/OL]. 电力系统及其自动化学报: 1-92024-04-03. <https://doi.org/10.19635/j.cnki.csu-epsa.001420>.
- [8] 韩俊, 潘文婕, 蔡超, 等. 基于概率连通与关联矩阵的配电网可靠性评估 [J/OL]. 电力系统及其自动化学报: 1-92024-04-03. <https://doi.org/10.19635/j.cnki.csu-epsa.001420>.
- [9] 陈艳波, 刘志慧, 吴适存, 等. 高速公路绿色能源系统体系架构初探 [J]. 新型电力系统, 2024, 2(01): 94-114. DOI: 10.20121/j.2097-2784.ntps.230037.
- [10] 梁皓澜, 刘东奇, 曾祥君, 等. 电力高级量测体系网络攻击致损路径图构建及风险评估 [J]. 电力系统自动化, 2024, 48(12): 89-99.