

基于灰色模型的变电运维倒闸操作风险预测研究

徐沙能 张俊康 徐志鹏

(国网福建省电力有限公司泉州供电公司 福建泉州 362000)

摘要: 本文针对变电运维倒闸操作风险预测问题进行了研究。首先概述了灰色模型基本原理,并将其应用于倒闸操作风险预测。其次,利用数据挖掘技术提取变电运维倒闸操作的风险特征,并利用灰色模型对倒闸操作风险趋势进行分解。最后,提出风险预测与量化方法,并进行对比实验。实验结果表明,本文提出的方法能够有效地预测和量化倒闸操作风险,能够为变电运维提供有益参考。

关键词: 变电运维; 倒闸操作; 风险预测; 灰色模型; 数据挖掘

引言

随着电力系统的快速发展,变电站倒闸操作的安全性和可靠性问题日益突出。变电运维倒闸操作是电力系统中常见的一种操作方式,其过程中存在一定的安全风险。为了降低变电运维倒闸操作的风险,提高操作的安全性和可靠性,需要对变电运维倒闸操作风险进行预测研究。灰色模型是一种常用的预测模型,具有较高的预测精度和较强的实用性。本文基于灰色模型对变电运维倒闸操作风险进行了预测研究,旨在为变电运维倒闸操作风险预测提供一种有效的方法。

1 灰色模型概述

灰色模型是一种基于 GM(1,1) 模型的预测模型,由一个一阶微分方程组成,该模型通过对原始数据进行预处理,建立原始数据的灰色生成序列,然后通过灰色生成序列建立 GM(1,1) 模型,最后利用 GM(1,1) 模型进行预测。灰色模型是一种广泛应用于时间序列预测的方法,主要通过构建一组生成序列来描述原始序列的生成过程,然后利用这组生成序列进行预测^[1]。其中,GM(1,1) 模型是灰色模型中最为常见的一种,由一个一阶微分方程组成,可以较好地描述序列的线性趋势。在建立灰色模型时,首先需要对原始数据进行预处理,包括去除噪声、平滑数据等。预处理后的数据可以作为灰色模型的输入序列。接下来,需要通过一定的算法,如最小二乘法、最大似然估计等构建原始数据的灰色生成序列。

2 基于数据挖掘技术的变电运维倒闸操作风险特征提取

为准确地预测变电运维倒闸维护检修中的运行故障,引入数据挖掘方法,建立面向电力运行系统运行状态下的运行状态可视化风险建模方法,从而在运行状态下,通过对系统变化规律进行分析,从而达到对运行状态切换状态下的故障状态进行准确预测。考虑到倒闸操作期间,倒闸设备的动作会瞬间改变,此时系统的工作

状态会产生动态的改变。在倒闸动作出现的瞬间,变电运维设备运行维护装置的输出信号表现方式见式(1)。

$$x(t) = \frac{1}{D} \int_{-n}^{n-1} s(t) u(t) dt \quad (1)$$

其中, $x(t)$ 是在倒闸动作发生时间 t 时,变电维护设备的操作反馈信号。 w 是反馈信号发射通道的增益参量(gain parameter)。 $s(t)$ 是在 t 时间内的碰撞反应频率。 $u(t)$ 是 t 时刻的噪声量。 D 是对输出信号进行时序处理的结果。 n 是一个不连续采样的数值。然后,利用数据挖掘的方法,基于各样本间的相关性,对离散样本进行训练。通过式(2)计算训练程序。

$$C = \left| 1 - \frac{CT^2}{r - Y_r} \right| \quad (2)$$

其中, C 是利用数据挖掘技术对离散样本进行训练的步骤。 T 是训练的最大数量。其中 r 是离散抽样的数目。 Y 表示抽样相关度。在此基础上,通过对故障录波数据在空间上的分布状况和分布密度的分析,对变电运维倒闸运行过程中的运行风险特征进行提取。此过程见式(3)。

$$X = x(t)x(i)^{-1} + (N_{x(t)}Z) \quad (3)$$

其中, X 是变电运行和跳闸运行的风险特性, i 是本征值衰变系数, N 是天然估算的最大值, Z 是离散抽样的密度函数。通过以上方法,对变电运行装置在倒闸操作时间下的运行逻辑进行把握,进而完成运行风险的特征值提取^[2]。

3 基于灰色模型倒闸操作风险趋势分解

在上述基础上,引入灰色模型,对变电运行检修倒闸作业中的运行风险趋势项进行分解。在这一过程中,明晰了变电运行检修倒闸操作风险受外部各种环境因素的影响而发生波动,并对其进行扰动分析,能够对其进

行初步把握。在此基础上，提出了一种新的电网运行检修过程中的故障诊断方法。此过程计算方式见式（4）。

$$a = aR + \frac{\gamma \varepsilon}{\alpha \Delta t} \quad (4)$$

其中， α 表示切换操作的风险趋势项数列， a 是累积运算的数量， R 是一个灰色模型的微分方程的表达式， γ 是一系列的时间序列， ε 是校正的函数， b 是元数据标准化过程的结果。在倒闸操作过程中，采用了灰色模型的模块化方法，实现了风险趋势项时序的插值与融合。在此基础上，提出一种基于概率分布函数的概率分布模型，并将概率分布函数与概率分布函数相结合，从而对概率分布函数进行概率分布分析。此过程计算方式见式（5）。

$$h = H \int \int K(m) \sqrt{d_m} \tau \quad (5)$$

其中， h 是对风险趋势项进行分解的步骤。 H 是一种块方法。 K 是插值和合并的过程。其中， m 是风险趋向项分析的结点。 d 是风险本征量和风险趋向量之间的符合度。其中， τ 是本征值的分布。在此基础上，以灰色模型为基础，实现倒闸操作风险趋势项的分解。

4 风险预测与量化

通过对变电运维倒闸操作中风险熵权值特征的分析，掌握变电运维倒闸检修过程中的风险类型，从而达到对变电运维倒闸检修过程进行风险预测的目的。预测程序的计算方式见式（6）。

$$A(c) = \int_{-\infty}^{\infty} g \frac{1}{e} \phi(E) \quad (6)$$

其中， A 是对电网运行和检修过程的危险性的预报， c 是有危险的一类， g 是对系统的最优控制， e 是调整了危险价值的成分。 E 是受限制的部分。以断路器运行时的健康数值为评价指标，确定了设备的健康度，计算方式见式（6）。

$$B = \frac{1}{\lambda - \beta(i)L} \sum |P^{-1}| \quad (6)$$

其中， B 是变电运行停机时装置的健康值， λ 是本征稀量， β 是风险的本征值成分。 L 是对危险程度的预报期， P 表示资讯不明确度。将预测结果输出，并将计算的结果量化。若 B 的取值范围为 0-30，则表示变电运行中的倒闸操作是没有危险的，或者是危险性很小的。

若 B 的取值范围为 30-60，则表示变电运行中的倒闸操作有一定的危险性，应结合具体的情况对其进行风险管理。如果 B 的取值为 60，则表示变电运行中的倒闸作业具有很高的危险性，需要对其进行停机等作业。通过以上方法，可以对风险进行预测。

5 对比实验

以变电运维倒闸检修为例，对变电运维倒闸过程中的运行风险进行了研究。为了验证此方法的实用性，我们将通过比较实验来验证这一方法的有效性。在实验中，选取了一个区域内的一座大型变电站，选用了一台 MEAN WELL，采用单端连接，脉宽调制，额定电流 8.8 A，额定功率 211 W 的主变压器保护装置为试验对象。由于机组投运后，机组各回路连接线更加复杂，给倒闸操作带来了难度。经过与各供电公司有关领导及技术人员的沟通，了解到目前为止，尚未有一种能切实有效地控制各类倒闸操作的风险。从有关资料中可以看出，在检修过程中，因误操作而造成的设备运行安全隐患时有发生。为了降低此风险给电力公司带来的不利影响，本文提出了一种基于该模型的主变压器运行中操作风险预测方法。运用设计法对变电运行检修过程中的倒闸作业风险进行预测，首先需要引入数据挖掘技术，对其进行风险特征提取。然后，引入了灰色模型，并根据表 1 设置了针对风险特性的灰色模型的参数。

表 1 灰色模型对风险特征数据的训练参数

序号	项目	训练参数
1	数据采样频率	1.0s 采样 1.0×10^4 条数据
2	权重系数	0.15
3	多径时延	1.25ms
4	训练频繁	1.0s 训练 100 次
5	最大训练次数	500 次

根据以上方法，将倒闸操作的风险趋势项进行了分解。通过对已有数据的分析，对倒闸操作过程中的风险进行预测，并对其进行定量化，从而实现倒闸操作过程中设备运行风险的控制。然后，引入贝叶斯算法，对变电运行检修过程中的运行风险进行预测，并以此为基础，对变电运行过程中的运行风险进行预测。在预报阶段，根据霍尔的 3 维结构解析方法，利用贝叶斯算法，构建了变电运行设备的停运行模型^[9]。通过分析倒闸操作过程中各部件之间的逻辑关系，抽取出不满足逻辑的倒闸动作，并对不满足倒闸动作逻辑的风险值进行量化，并依据风险值的变化趋势，对倒闸操作过程中各部件之

间的逻辑关系进行分析。对变电运行和检修过程中的倒闸操作风险进行了预测。本文以某 220 kV 主变压器保护装置为实例,利用两种不同的方法,对其投切时的危险性进行了预报,预报的结果见图 1。

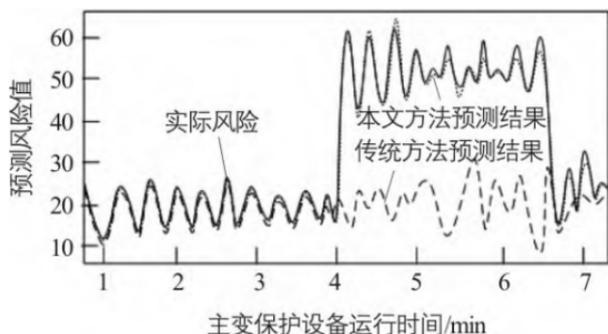


图 1 预测结果对比

从图 1 所示的结果可以看出,1—4 分钟时主变保护装置均为稳定工作,而当装置工作到 4 分钟时,由技术人员对该装置进行切换。通过对 4 分钟后两种预测方法所得到的风险定量值与实际风险值之间的差异进行了比较。从图 1 中的试验结果可以看出,该方法可以准确地判断出这次投切操作中的危险性。然而,常规的方法并没有对这类开关操作的危险性进行预测,也就是预计的开关操作风险仍然在安全范围之内^[4]。在对传统方法预测结果产生偏差的原因进行分析的过程中发现,要准确地预测变电运营检修过程中的倒闸操作风险,必须有海量的设备运行数据来支持,而这一次,则是因为数据量不够,用常规的方法进行风险预测,其结果与实际情况相差较大。在对传统预测方法产生偏差的原因进行深入分析后,我们发现,为了精确预测变电运营检修过程中的倒闸操作风险,必须依赖于大量设备运行数据的支持^[5]。然而,此次由于数据量不足,使用常规方法进行风险预测的结果与实际情况产生了较大的偏离。为了解决这个问题,需要采取一种更加先进、更加科学的风险预测方法。此方法应该能够充分利用现有的设备运行数据,并能够准确地识别和预测潜在的倒闸操作风险。此外,此方法还应该具有较高的可靠性和稳定性,能够在实际操作中得到广泛应用和推广,积极探索和开发新的风险预测技术^[6]。此类技术应该基于人工智能和大数据分析等先进技术,能够自动地分析和处理大量的设备运行数据,从而准确地预测变电运营检修过程中的倒闸操作风险。同时,还需要不断地优化和完善现有的风险预测模型,此类模型应该能够不断地学习和自我更新,从而不断提

高其预测准确性和稳定性^[7]。只有如此,才能够为电力行业提供更加优质、更加可靠的风险预测服务。

由此能够看出,本论文所建立的电力系统运行维护检修过程中,所采用的灰色预测方法与贝叶斯算法相比较,可以更精确地实现对开关操作风险的预测,本项目研究成果可为电力系统运行维护及其他相关作业活动提供技术支持,减少因违章作业而引发的重大安全事故。

6 结语

在变电站中,设备的运行状况是至关重要的。这些设备可能处于运行状态、备用状态或检修状态。当设备从一种运行状态转换为另一种运行状态时,这个过程就被称为“倒闸”。在变电运行维护检修过程中,针对运行风险特征的提取、运行风险趋势项的分解以及风险预测与定量评估这三个层面,本项目进行了深入的研究。灰色预测法是一种新型的预测技术,能够有效地对电网运行中的故障进行准确的预测,通过实践验证发现,此方法可以有效地取代传统的方式,帮助有关公司制定出更加合理、有效的电网运行中的倒闸操作风险管理方案。如此一来企业就能够更加有效地管理电网的运行,确保其稳定、安全,从而为电网公司的平稳运行起到积极的作用。灰色预测方法不仅具有较高的预测精度,而且操作简单,易于实现,能够充分考虑历史数据的信息,并利用这些信息来预测未来的趋势。此外,此方法还具有良好的抗干扰性能,能够有效地处理不完全、不准确的信息,提高了预测的准确性。

参考文献:

- [1]康文姣.关于变电运维倒闸操作的危险性策略分析[J].智慧中国,2023(04):92-93.
- [2]王鹏.基于灰色模型的变电运维倒闸操作风险预测研究[J].电工技术,2023(02):147-149.
- [3]范振华.变电运维倒闸操作中检查电气指示位置的研究[J].现代工业经济和信息化,2022,12(11):329-330+357.
- [4]徐慧伟,刘佳敏,马磊.关于变电运维倒闸操作中检查电气指示位置的探讨[J].电子质量,2022(02):127-129.
- [5]李安娜,高蕾.智能变电站变电运维安全与设备维护分析[J].光源与照明,2023,(09):198-200.
- [6]杨晨希.变电运维中的风险与应对策略分析[J].电子技术,2023,52(09):238-239.
- [7]邱现民,裴建康,潘梅.变电运维中的误操作与预控措施分析[J].集成电路应用,2023,40(08):330-331.