



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111507013 A

(43)申请公布日 2020.08.07

(21)申请号 202010341919.2

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2020.04.27

G06F 30/20(2020.01)

(71)申请人 国网山西省电力公司

G06Q 10/00(2012.01)

地址 030000 山西省太原市杏花岭区府东街71号

G06Q 10/06(2012.01)

申请人 国网信通亿力科技有限责任公司
国网信息通信产业集团有限公司
国家电网有限公司

G06Q 50/06(2012.01)

G01R 31/08(2006.01)

G06F 113/04(2020.01)

(72)发明人 霍成军 卢永平 张进 史奕龙
刘晋魁 陈嘉 武晓磊 李蒙赞
李俊午 陆鑫 陈婧 谷峪
刘昌卿 林超

(74)专利代理机构 温州联赢知识产权代理事务所(普通合伙) 33361

代理人 慈程麟

权利要求书2页 说明书11页

(54)发明名称

一种面向电力系统线损故障定位实现方法

(57)摘要

本发明公开了一种面向电力系统线损故障定位实现方法,通过线损业务数据模拟建模、线损模拟计算故障定位分析、构造故障信息库以及基于故障信息库进行,故障特征的提取,确定相应对象的条件属性和决策属性,通过关联规则进行故障模式的探索,定位故障区段,并将故障模式转换为简易文字叙述及输出;本方案结合了虚拟技术的故障与线损联动,加速工作人员及逆行线损计算故障诊断信息处理工作,加快故障定位速度,提升故障处理效率,对故障进行准确定位,为持续降损提供可靠的保障。

1. 一种面向电力系统线损故障定位实现方法,其特征在于,包括:

S1:线损业务数据模拟建模

基于预采集和数据库内的历史线损业务数据构建数据模型,数据模型用于图形化运营和管理过程中涉及的业务概念和业务规则,分为三个部分:

- (1) 围绕主题域面向对象结构建模
- (2) 自上而下、逐级深入设计
- (3) 自下而上进行验证

主题域分为一级主题域与二级主题域,通过两级主题域分析结合设备拓扑信息关系分析完成相关业务中需要的计算模型,包括同期电量计算模型、线损异常分析模型、电量计算分析模型、线损四分统计计算模型;

S2:线损模拟计算故障定位分析

基于S1的计算模型,对线损故障诊断与定位进行判断,包括线损异常分析,主要针对线损率为负值或异常高值进行监控,通过获取准确的线损率对其异常情况做出判断,分析异常原因,进行故障定位:

- (1) 结合线损业务现状,归纳线损异常类别

基于线损异常分析业务活动,对线损异常分类:电量异常、线损异常、档案异常、运行异常、采集异常;

- (2) 采用多种数学模型对各种线损异常进行分析

基于线损异常分析,对一定为的高损/异损设备进行原因定位,综合母线平衡、变压器损失、线路损失情况,精确定位产生高损/异损的关口,得到馈线高损诊断模型,从供电侧开始,结合营配贯通、负载率、配变构成、用户构成、设备投运年限情况逐步定位产生高损/异损的原因;

在具体分析中采用了大量数学模型结合线损业务现状进行异常预警分析,柄将分析结果应用于下一步:

- (1) 同期系数分析方法;
- (2) 电量线损突变分析方法;
- (3) 配网异常既有因素概率分析方法;
- (4) 线损与电量相关性分析方法;

S3:构造故障信息库

包括关口电量采集异常诊断库、关口计量装置异常诊断库、线路异常诊断库、台区异常诊断库;

- (1) 关口电量采集异常诊断库

针对关口电量采集异常,主要为站采集成功率抵于阈值:

- 1) 站采集成功率为零,即该站所有采集设备不能正常反馈,通信系统故障;
- 2) 采集成功率在30%-100%之间,即某部分通信模块出现问题,可归为通信系统问题;

- (2) 关口计量装置异常诊断库

针对变电站的线损环比指标变化幅度,得到变电站存在运行异常的结果;

- (3) 线路异常诊断库

针对线路高损,线路高损受公、专变档案、采集成功率影响;

(4) 台区异常诊断库

这对台区档案异常,重点排查三相不平衡台区和轻载重载台区;

故障诊断及定位需基于上述采集、分析、整理的数据库,结合大数据技术,构造故障信息数据库;

S4:再基于故障信息数据库,提取故障特征,确定相应对象的条件属性和决策属性,通过关联规则进行故障模式的探索,定位故障区段,并将故障模式转换为简易文字叙述及输出。

2. 根据权利要求1所述的一种面向电力系统线损故障定位实现方法,其特征在于:所述一级主题域包括设备、电网、客户;所述二级主题域包括客户档案、用电计量、营销帐户、客户变更、电网拓扑、运行方式、电能质量、线损、变电设备、输电设备、配电设备、资产设备、规格型号。

3. 根据权利要求1所述的一种面向电力系统线损故障定位实现方法,其特征在于:所述线损四分统计计算模型包括分区计算模型、分压计算模型、分元件计算模型、分线路计算模型、分台区计算模型,并实现模型统一化管理。

4. 根据权利要求1所述的一种面向电力系统线损故障定位实现方法,其特征在于:所述异常原因分析包括常规异常判断和高损异常诊断;常规异常判断包括电量差错追补、二次计费分析、抄表时间变动、配变损耗计算、负荷割接分析、计量监测异常、线变对应关系不准、表计残旧分析、功率因数低、用户CT饱和、三相不平衡、负荷率分析;高损异常诊断包括利用智能电表数据,定位是技术线损还是管理线损,按照档案问题、供需波动分析、分层异常、实时线损异常、小时线损异常、电网质量数据超标逐级挖掘定位高损单元。

5. 根据权利要求1所述的一种面向电力系统线损故障定位实现方法,其特征在于:所述关联规则包括关联分析技术,通过分析给定的值在数据库中挖掘出更多的关联规则,将挖掘出的关联规则应用于故障诊断信息输出。

6. 根据权利要求1所述的一种面向电力系统线损故障定位实现方法,其特征在于:所述S4步骤的简易文字叙述及输出,可用于生成配电网派工工单,所述输出结果可通过派工工单的处理结果及评价进行纠正,所述纠正结果可用于S1模拟建模的历史线损业务数据。

一种面向电力系统线损故障定位实现方法

技术领域

[0001] 本发明为电力信息化系统建设领域,涉及电力业务实际运维过程中线损业务,为提升线损管理各专业人员管理水平及解决线损故障等问题。

背景技术

[0002] 随着国家电力政策不断的变化,电力市场竞争日益突显,管理水平的提高、内部潜力的发掘、提高经济效益等是供电企业面临的问题。线损率是电网经营企业一个综合性核心经济技术指标,加强线损管理是电网经营企业一项长期的战略任务和系统工程。目前,线损统计的准确性完全依赖于源端营销应用、电网设备(PMS)、用电采集、电能量采集、电网GIS、SCADA等多个系统数据质量,但由于数据涉及专业多,集成范围广,目前数据一致性和同步治理比较困难;另外,线损计算涉及发、购、输、配、用多个环节,需要通过多种计算模型汇总数千万的计量点电量生成,导致发现线损异常和线损计算故障定位十分困难。同时各级线损管理人员难以全面了解影响线损统计的现场故障、源头业务系统、线损系统数据全链路关联关系。

[0003] 目前,当线损统计异常时,异常排查效率低下,不能高效及时解决问题。急需开展电网线损多源数据模拟与故障仿真技术研究,利用虚拟技术的故障与线损数据联动模拟仿真技术提升线损管理各专业人员管理水平,熟练故障定位方法,提升公司线损精益化管理能力,为公司持续降损提供有效支撑,从而确保电力发展持续、健康,才能为经济型社会发展提供可靠的能源保障,也是努力实践“四个服务”的企业宗旨,建设“一强三优”现代、国际化企业的必然要求。

发明内容

[0004] 针对上述方法的不足,本发明提供一种结合了虚拟技术的故障与线损联动模拟建模分析,加速工作人员进行线损计算故障诊断信息处理工作,加快故障定位速度,提升故障处理效率,对故障进行准确定位,为持续降损提供可靠保障的线损故障定位实现方法。

[0005] 本发明解决其技术问题而采取的技术方案是:一种面向电力系统线损故障定位实现方法,其特征在于,包括:

[0006] S1:线损业务数据模拟建模

[0007] 基于预采集的历史线损业务数据构建数据模型,数据模型用于图形化运营和管理过程中涉及的业务概念和业务规则,分为三个部分:

[0008] (1)围绕主题域面向对象结构建模

[0009] (2)自上而下、逐级深入设计

[0010] (3)自下而上进行验证

[0011] 主题域分为一级主题域与二级主题域,通过两级主题域分析结合设备拓扑信息关系分析完成相关业务中需要的计算模型,包括同期电量计算模型、线损异常分析模型、

电量计算分析模型、线损四分统计计算模型；

[0012] S2:线损模拟计算故障定位分析

[0013] 基于S1的计算模型,对线损故障诊断与定位进行判断,包括线损异常分析,主要针对线损率为负值或异常高值进行监控,通过获取准确的线损率对其异常情况做出判断,分析异常原因,进行故障定位:

[0014] (1)结合线损业务现状,归纳线损异常类别

[0015] 基于线损异常分析业务活动,对线损异常分类:电量异常、线损异常、档案异常、运行异常、采集异常;

[0016] (2)采用多种数学模型对各种线损异常进行分析

[0017] 基于线损异常分析,对一定为的高损/异损设备进行原因定位,综合母线平衡、变压器损失、线路损失情况,精确定位产生高损/异损的关口,得到馈线高损诊断模型,从供电侧开始,结合营配贯通、负载率、配变构成、用户构成、设备投运年限情况逐步定位产生高损/异损的原因;

[0018] 在具体分析中采用了大量数学模型结合线损业务现状进行异常预警分析,并将分析结果应用于下一步:

[0019] (1)同期系数分析方法;

[0020] (2)电量线损突变分析方法;

[0021] (3)配网异常既有因素概率分析方法;

[0022] (4)线损与电量相关性分析方法;

[0023] S3:构造故障信息库

[0024] 包括关口电量采集异常诊断库、关口计量装置异常诊断库、线路异常诊断库、台区异常诊断库;

[0025] (1)关口电量采集异常诊断库

[0026] 针对关口电量采集异常,主要为站采集成功率低于阈值:

[0027] 1)站采集成功率为零,即该站所有采集设备不能正常反馈,通信系统故障

[0028] 2)采集成功率在30%-100%之间,即某部分通信模块出现问题,可归为通信系统问题;

[0029] (2)关口计量装置异常诊断库

[0030] 针对变电站的线损环比指标变化幅度,得到变电站存在运行异常的结果;

[0031] (3)线路异常诊断库

[0032] 针对线路高损,线路高损受公、专变档案、采集成功率影响;

[0033] (4)台区异常诊断库

[0034] 这对台区档案异常,重点排查三相不平衡台区和轻载重载台区;

[0035] 故障诊断及定位需基于上述采集、分析、整理的的数据,结合大数据技术,构造故障信息数据库;

[0036] S4:再基于故障信息数据库,提取故障特征,确定相应对象的条件属性和决策属性,通过关联规则进行故障模式的探索,定位故障区段,并将故障模式转换为简易文字叙述及输出。

[0037] 通过上述设置,S1的模拟建模分析计算,相对现有的报表模型和电行OLAP 数据分

析模型,本方案采用的业务关联性强、准确性高的线损计算故障分析算法及模型,可以支撑数据深层次分析的需要,以从海量复杂变化的数据中进行提取并加以利用进而进行准确的故障定位,再进一步的通过线损四分统计计算模型实现模型统一化管理,使线损业务管理人员可以快速高效完成对四分模型的配置修改;使系统内的电量计算与线损计算等统一完成一体化配置,从而满足总部、省、市、县、供电所各单位电量与线损多元化管理需求;

[0038] 相对于现有技术,S2的线损模拟计算故障定位分析,先对于当前的线损业务现状,本方案基于线损率反映电力系统中规划设计、生产运行、经营管理水平的经济技术指标,通过降低线损率打提高经济与社会效益,通过获得确定的线损率对其是否存在异常进行精准判断,分析异常原因,进行故障定位,基于管理型问题多为偶然性的认为因素,相应的线损率异常呈短暂性和不连续性的特点,而技术问题是长期性的,从而使得线损率异常呈连续性的特点,对造成线损率异常的原因进行分析判断。

[0039] 相对于现有技术,S3构造故障信息库,相对于现有技术的复杂且处理速度一般的数据库模型,本方案的故障诊断及定位模型,应用大数据技术,构造故障信息数据库,提取故障特征确定相应对象的条件属性和决策属性,通过关联规则进行故障模式的探索,定位故障区段,并将故障模式转换为简易文字叙述,便于工作人员进行线损计算故障诊断信息处理,加快故障定位的速度,提升故障处理效率,设置多种的异常诊断库逐一分析,并对分析结果进行归档供业务专员进行查询和管理。

[0040] 优选的,所述一级主题域包括设备、电网、客户;所述二级主题域包括客户档案、用电计量、营销帐户、客户变更、电网拓扑、运行方式、电能质量、线损、变电设备、输电设备、配电设备、资产设备、规格型号。

[0041] 通过上述方案,区分两种主题域,并对主题域进行详细的划分,便于下一步的建模数据采集和处理。

[0042] 优选的,所述线损四分统计计算模型包括分区计算模型、分压计算模型、分元件计算模型、分线路计算模型、分台区计算模型,并实现模型统一化管理。

[0043] 优选的,所述异常原因分析包括常规异常判断和高损异常诊断:常规异常判断包括电量差错追补、二次计费分析、抄表时间变动、配变损耗计算、负荷割接分析、计量监测异常、线变对应关系不准、表计残旧分析、功率因数低、用户CT饱和、三相不平衡、负荷率分析;高损异常诊断包括利用智能电表数据,定位是技术线损还是管理线损,按照档案问题、供售波动分析、分层异常、实时线损异常、小时线损异常、电网质量数据超标逐级挖掘定位高损单元。

[0044] 优选的,所述关联规则包括关联分析技术,通过分析给定的值在数据库中挖掘出更多的关联规则,将挖掘出的关联规则应用于故障诊断信息输出。

[0045] 优选的,所述S4步骤的简易文字叙述及输出,可用于生成配电网派工工单,所述输出结果可通过派工工单的处理结果及评价进行纠正,所述纠正结果可用于S1模拟建模的历史线损业务数据。

[0046] 综上所述,本方案的有益效果:本发明公开了一种面向电力系统线损故障定位实现方法,通过线损业务数据模拟建模、线损模拟计算故障定位分析、构造故障信息库以及基于故障信息库进行,故障特征的提取,确定相应对象的条件属性和决策属性,通过关联

规则进行故障模式的探索,定位故障区段,并将故障模式转换为简易文字叙述及输出;本方案结合了虚拟技术的故障与线损联动,加速工作人员进行线损计算故障诊断信息处理工作,加快故障定位速度,提升故障处理效率,对故障进行准确定位,为持续降损提供可靠的保障。

具体实施方式

[0047] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明,但是,本发明还可以采用其他不同于在此描述范围内的其他方式来实施,因此,本发明的保护范围并不受下面公开的具体实施例的限制。

[0048] 可以理解的是,术语“一”应理解为“至少一”或“一个或多个”,即在一个实施例中,一个元件的数量可以为一个,而在另外的实施例中,该元件的数量可以为多个,术语“一”不能理解为对数量的限制。

[0049]

[0050]

[0051] 1. 线损业务数据模拟建模

[0052] 面对源端营销应用、电网设备(PMS)、用电采集、电能量采集、电网GIS、SCADA等几大系统数据采集的海量复杂的电力数据,简单的报表模型和典型的OLAP数据分析模型已难以支撑数据深层次分析的需要,需要研究设计业务关联性强、准确性高的线损计算故障分析算法及模型,才能从海量复杂变化的数据中进行提取并加以利用进而进行故障定位。

[0053] 线损业务数据可分为两级主题域,分别为:

[0054] 一级主题域模型:主要涉及设备、电网、客户这三个一级主题域。

[0055] 二级主题域模型:主要涉及客户档案、用电计量、营销帐户、客户变更、电网拓扑、运行方式、电能质量、线损、变电设备、输电设备、配电设备、资产设备、规格型号等多个二级主题域。

[0056] 依据数据主题域分析,可分为变电站、线路、台区、变压器、高低压用户等多种档案模型;依据设备拓扑信息关系分析,可分为分压、分区、分元件、分台区四种类型的计算模型及完成相关业务中需要的各种计算模型,包括同期电量计算模型,线损异常分析模型、电量计算分析模型等。

[0057] 线损四分统计计算模型主要包括如下:

[0058] 分区计算模型:区域模型计算根据区域关口信息建立一定区域内的线损计算模型,区域模型依据区域层级和关口分为省、地市、县三类计算模型。

[0059] $\text{线损率} = (\text{区域内的总供入电量} - \text{区域内的总供出电量}) / \text{区域内的总供入电量} * 100\%$

[0060] $\text{区域内的总供入电量} = \sum \text{区域供电量}$

[0061] $\text{区域内的总供出电量} = \sum \text{区域售电量}$

[0062] 分压计算模型:依据电网的电压划分为不同级别的分压线损模型,对一定区域内同一电压级别电路线损建立线损模型,并完成模型线损计算功能。

[0063] $\text{线损率} = (\text{模型的总供入电量} - \text{模型的总供出电量}) / \text{模型的总供入电量} * 100\%$

[0064] $\text{模型的总供入电量} = \sum \text{上级转入} + \sum \text{电厂供入} + \sum \text{同级转入}$

[0065] 模型的总供出电量 = Σ 下级转出 + Σ 高压用户电量 + Σ 同级转出 + Σ 下级反送 + Σ 反送上级

[0066] 分元件计算模型:建立一套计算站及站内各元器件、办公用电的处理模型,并依据模型计算各部分设备的电量损耗情况等。

[0067] 线损率 = (模型的计量点总供入电量 - 模型的计量点总供出电量) / 模型的计量点总供入电量 * 100%。

[0068] 模型的计量点总供入电量 = Σ 配置输入计量点电量

[0069] 模型的计量点总供出电量 = Σ 配置输出计量点电量

[0070] 分线路计算模型:计算某一路线路的进出电量,计算线路上的电量损失情况。

[0071] 线损率 = (线路计量点总供入电量 - 线路售电量) / 线路计量点总供入电量 * 100%

[0072] 线路计量点总供入电量 = Σ 配置输入计量点电量

[0073] 线路售电量 = Σ 线路输出电量

[0074] 分台区计算模型:建立与台区关口关系,取得台区对应的台区总表及台区下所属的用电用户关系,根据台区计算模型进行计算。

[0075] 线损率 = (台区总表电量 - 台区售电量) / 台区总表电量 * 100%

[0076] 台区总表电量 = 台区K总抄见 + K总调整电量

[0077] 台区售电量 = Σ 台区用户售电

[0078] 实现模型统一化管理,使线损业务管理人员可以快速高效完成对四分模型的配置修改;使系统内的电量计算与线损计算等统一完成一体化配置,从而满足总部、省、市、县、供电所各单位电量与线损多元化管理需求。

[0079] 2. 线损模拟计算故障定位分析

[0080] 线损率作为一种综合反映电力系统中规划设计、生产运行、经营管理水平的经济技术指标,是电力部门日常管理工作中所关注的重要内容。降低线损率能够带来非常可观的经济与社会效益。线损故障诊断与定位需要依赖于对线损率异常的判断。线损率异常主要表现为线损率为负值或异常高值。获得确定的线损率之后对其是否存在异常作出判断,分析异常原因,进行故障定位。造成线损率异常的原因有管理性问题、也有技术性问题,管理性问题多为偶然性的人为因素,相应的线损率异常呈短暂性和不连续性的特点;而技术性问题是长期性的,从而使线损率异常呈连续性的特点。

[0081] (1) 结合线损业务现状,归纳线损异常类别

[0082] 在线损异常分析业务活动中,线损异常可以为分电量异常,线损异常,档案异常,运行异常,采集异常。

[0083] 电量异常:主要是通过连续考查计量点的表计数值,分析该计量点电量的变化情况,以确定其是否存在电量突增、突减或占比突变的情况。

[0084] 线损异常:主要是通过计算考核客体(线路、台区等)的线损指标,结合一些关联信息和参考数据,分析出该线损异常的可能成因,进而作出定性判断。

[0085] 档案异常:主要暴露的是管理方面的问题,具体表现为一些考核客体的档案信息与生产环境的真实信息不符。

[0086] 运行异常:主要是通过对采集系统反馈的数据信息进行对比分析,发现运行状态

与正常水平发生偏离的考核客体,比如:关口失压断相、关口表计电流过载。

[0087] 采集异常:主要是通过对考核客体的运行时数据采集成功率的分析,发现采集通讯系统的问题。

[0088] 各类线损异常所异常的问题可以归结为:通信问题、计量问题、档案问题、疑是窃电、经济运行、设备问题。

[0089] 异常原因分析涵盖了电量差错追补、二次计费分析、抄表时间变动、配变损耗计算、负荷割接分析、计量监测异常、线变对应关系不准、表计残旧分析、功率因数低、用户CT饱和、三相不平衡、负荷率分析等常规异常判别。在高损异常诊断中需要充分利用智能电表数据,定位是技术线损问题还是管理线损问题,按照档案问题、供需波动分析、分层异常、实时线损异常、小时线损异常、电网质量数据超标等异常判断来逐级挖掘定位高损单元。

[0090] (2) 采用多种数学模型对各种线损异常进行分析

[0091] 线损异常分析设计是数学模型和大数据技术有机集成,采用数据相关性分析、聚类分析等分析手段,对已定位的高损/异损设备进行原因定位。综合母线平衡、变压器损失、变电站损失、线路损失情况,精确定位产生高损/异常线损的关口;实现高损馈线高损诊断模型,从供电侧开始,结合营配贯通、负载率、配变构成、用户构成、设备投运年限等情况逐步定位产生高损/异常线损的原因。

[0092] 在具体异常分析中需要采用大量数学模型,结合线损业务现状,使用以下关键指标来进行异常预警分析。

[0093] A、同期系数分析方法

[0094] 判定原理

[0095] 统计线损供电数据不同期,造成线损结果数据失真,无法真实反映线损情况。同期线损结果受抄表手段影响,很难做到电量计算完全准确。同期系数利用同期线损结果和统计线损结果相比对,能够反映供电数据的同期程度,同期程度越大线损率的精确度就越高,反映线损管理规范化和标准化水平就越高,如果同期系数较低,可能在管理线损上存在问题。

[0096] 计算算法

[0097] 当供、售电量抄表不同期时,供、售电当月上下表底之间日期并集之间的天数为同期天数 D_1 ,当月天数为 D_2 ;

[0098] 当供、售电量抄表不同期时,供、售电当月上下表底之间日期并集之间的电量为同期电量为 E_1 ,上表底为 e_1 ,下表底为 e_2 , $E_1 = (e_2 - e_1) * \text{倍率}$;当月电量为 E_2 ,上表底为 e_3 ,下表底为 e_4 , $E_2 = (e_4 - e_3) * \text{倍率}$ 。

[0099] 同期系数 $T = \frac{D_1}{D_2} * t_1 + \frac{E_1}{E_2} * (1 - t_2)$ 注: $t_1 + t_2 = 1$

[0100] 结果应用

[0101] 这里的系数T就是同期系数,同期系数越大,越接近于1,则供、售电抄表的同期程度越高,线损的精准程度则越高。反之,同期系数越低,可能配网管理线损上有隐患和漏洞,特别需要核对发行电量是否有估抄表现象。

[0102] B、电量线损突变分析方法

[0103] 四分位数模型说明

[0104] 利用四分位模型计算出四分位差,四分位差越小,说明中间部分的数据越集中;四分位数越大,则意味着中间部分的数据越分散。我们运用四分位数模型检测关口计量点日电量突变情况,把超出规定范围内的数据确定为异常数据。

[0105] 四分位差计算算法

[0106] 选取n天日电量作为一组数据,将n项数据从小到大排列

[0107] (1) 当n为奇数时:Q1的位置 = $(n+1) \times 0.25$

[0108] Q2的位置 = $(n+1) \times 0.5$

[0109] Q3的位置 = $(n+1) \times 0.75$

[0110] 根据位置找到Q1, Q2, Q3具体数值;

[0111] (2) 当n为偶数时:若一组采用30天的电量数据,将这30项数据从小到大排列。这时按上面公式计算四分位数的位次就可能带有小数。如下所示:

[0112] Q1的位置 = $(n+1) \times 0.25 = 7.75$

[0113] Q2的位置 = $(n+1) \times 0.5 = 15.5$

[0114] Q3的位置 = $(n+1) \times 0.75 = 23.25$

[0115] 则此时:

[0116] $Q1 = 0.25 * x_7 + 0.75 * x_8$

[0117] $Q2 = 0.25 * x_{15} + 0.75 * x_{16}$

[0118] $Q3 = 0.25 * x_{23} + 0.75 * x_{24}$

[0119] 确定Q1、Q3具体数值。

[0120] 结果应用

[0121] 此时把Q1作为正确数据的最小值, Q3作为正确数据最大值,当选取的这组数据中存在小于最小值的50%或大于最大值50%的数据,则这组数据就定为异常数据。以上方法对于检查电量特别有效。

[0122] C、配网异常既有因素概率分析法

[0123] 叶贝斯法则原理

[0124] 事件A在事件B(发生)的条件下的概率,与事件B在事件A的条件下的概率是不一样的;然而,这两者是有确定的关系,贝叶斯法则就是这种关系的陈述。运用叶贝斯法则计算当知道异常现象A发生在多种异常事件B发生的条件下的概率,来计算多种异常事件B在异常现象A发生的条件下的概率。

[0125] 配网异常概率计算

[0126] 假设A事件为90%-100%的高损台区,共有M台区线损率为90%-100%, B事件为造成高损的事件组成 $\{B1, B2, B3, \dots, Bn\}$, 这些事件分别包含的台区数为 $\{m_1, m_2, m_3, \dots, m_n\}$;

[0127] $P(A/B1) = \frac{m_1}{M}$ (B1事件造成高损的概率)

[0128] $P(B1) = \frac{m_1}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$ (B1事件概率)

[0129] 根据贝叶斯公式,得出出现A事件时B1事件发生概率

$$[0130] \quad P(B1/A) = \frac{P(B1/A) \cdot P(A)}{P(A)}$$

[0131] 根据全概率公式有：

$$[0132] \quad P(A) = P(B1/A) \cdot P(A) + P(B2/A) \cdot P(A) + \dots + P(Bn/A) \cdot P(A)$$

[0133] 结果应用

[0134] 经以上计算出的 $P(B1/A)$ 就是在异常事件 $B1$ 在异常现象 A 发生的条件下的概率值,同理可以求出 $B2$ 、 $B3$ 等异常事件的概率,则概率值最大的异常事件就是异常现象 A 出现的情况下发生异常情况可能性最大的。

[0135] D、线损与电量的相关性

[0136] 相关系数模型

[0137] 相关系数是用以反映变量之间相关关系密切程度及其相关方向的统计指标,利用相关系数的性质,可以找出线损波动与那个台区电量波动呈相关程度及其相关方向,从而提高了降损效率。

[0138] 相关系数算法

[0139] 相关系数 ρ_{XY} 取值在-1到1之间;

[0140] 当 $\rho_{XY}=0$ 时,称 X , Y 不相关;

[0141] 当 $|\rho_{XY}|=1$ 时,称 X , Y 完全相关,此时, X , Y 之间具有线性函数关系;

[0142] 当 $|\rho_{XY}|<1$ 时, X 的变动引起 Y 的部分变动, ρ_{XY} 的绝对值越大, X 的变动引起 Y 的变动就越大, $|\rho_{XY}|>0.8$ 时称为高度相关,当 $0.5<|\rho_{XY}|<0.8$ 时称为显著相关,当 $0.3<|\rho_{XY}|<0.5$ 时,成为低度相关,当 $|\rho_{XY}|<0.3$ 时,称为无相关。

[0143] 线损与电量相关系数应用

[0144] 假设线损率为 X ,电量为 Y ,计算 X 与 Y 的相关系数 ρ_{XY} ,选取一组线损率与电量,用四分位法剔除异常数据(高损、负损),剔除电量为0的数据,计算线损率与台区电量的相关系数 ρ_{XY} ,在满足相关性的条件下, ρ_{XY} 为正数时,成正相关, ρ_{XY} 为负数时,成负相关。

[0145] 3. 构造故障信息库

[0146] 故障诊断及定位过程涉及信息量大,工作复杂,应用大数据技术,构造故障信息数据库,提取故障特征,确定相应对象的条件属性和决策属性,通过关联规则进行故障模式的探索,定位故障区段,并将故障模式转换为简易文字叙述,便于工作人员进行线损计算故障诊断信息处理,加快故障定位的速度,提升故障处理效率。

[0147] 异常诊断十分复杂,需要通过异常诊断库才能实现异常线路或台区异常情况逐一分析,并对分析结果进行归档形成以下几种异常原因的诊断库,可供业务专家查询和管理。

[0148] (1) 关口电量采集异常

[0149] 关口电量异常主要表现为站采集成功率低于阈值。一般地,若站采集成功率为零,即该站所有采集设备都不能正常反馈采集信息,则可以推断出是通信系统出现故障。如果存在采集成功率在30%至100%之间浮动,则说明某部分通信模块出现问题。采集异常基本上可以归结为通信系统的问题。

[0150] (2) 关口计量装置异常

[0151] 在没有特殊的情况下,变电站的线损环比指标的变化幅度应该不会太大。如果该

环比指标变化出现较大波动,同时当时站损超过规定指标则说明变电站存在 运行异常。

[0152] (3) 线路异常

[0153] 线路高损受公专变档案、采集成功率影响,很容易被误诊为高损线路,发现 真正由于管理线损和技术线损原因造成高损诊断更加困难,因此,线路高损诊断 模型要求精度更高,灵敏性要求更强。

[0154] (4) 台区异常

[0155] 台区档案异常需要重点排查三相不平衡台区和轻载重载台区,治理这些高损 台区能达到降损事半功倍的效果。

[0156] 关联分析技术是表示数据库中一组对象之间的某种关联关系的规则,其挖掘 的主要对象是事务数据库。

[0157] 定义:关联分析挖掘的数据集记为 T (其一般为事务数据库),设事务集 $T = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_k, \dots, t_n\}$, $t_k = \{i_1, i_2, i_3, \dots, i_m\}$, 其中 t_k ($k=1, 2, \dots, n$) 称为事务, i_p ($p=1, 2, \dots, m$) 称之为项目。

[0158] 定义:设 $I = \{i_1, i_2, i_3, \dots, i_l\}$ 是 T 中全体项目组成的集合, I 的任何子集 X 称为 T 的项集,如果 X 的项目集数为 k ,则称集合 X 为 k 项集(k -Itemset)。设 t_k 和 X 分别为 T 中的事务集和项集,如果 $X \subseteq t_k$,则称事务集 t_k 包含项 集 X 。每一个事务集都有一个唯一的标识符。

[0159] 定义:数据项集 X 的支持度 $\text{support}(X) = |X(T)|/|T|$,其中 $|X(T)|$ 和 $|T|$ 分 别表示 $X(T)$ 和 T 的元素个数, $X(T)$ 为包含 X 的事务集合, $|X(T)|$ 称为 X 的支持 度计数。若 $\text{support}(X) \geq \text{minsupport}$ (最小支持度数),则称 X 是频繁项集,否 则称之为非频繁项集。

[0160] 频繁项集具有如下3个性质:

[0161] 性质1:子集支持。

[0162] 设 A 和 B 是两个不同的项集,若 $A \subseteq B$,则 $\text{support}(A) \geq \text{support}(B)$ 。因 为 T 中所有支持 B 的事务也一定支持 A 。

[0163] 性质2:非频繁项集的超集也一定是非频繁的。

[0164] 若 A 在 T 中不满足最小支持度条件,即 $\text{support}(A) < \text{minsupport}$,则 A 的每个超集 B 也不是频繁的

[0165] 性质3:频繁项集的子集也是频繁的。

[0166] 若项集 B 是数据库 T 中的频繁项集,即 $\text{support}(B) \geq \text{minsupport}$,则 B 的每个子集 A 也是频繁的。特别的,如果 A 是频繁,则它的 k 个基数为 $k-1$ 子集也都是频繁的。

[0167] 定义:若 X 和 Y 都是项集,且 $X \cap Y = \emptyset$,在事务数据集中寻找 X 与 Y 的关联关系,关 联规则记为 $X \Rightarrow Y$ 。 X 和 Y 分别称为关联规则 $X \Rightarrow Y$ 的前提和结 论。项集 $X \cup Y$ 的支持度称之 为关联规则 $X \Rightarrow Y$ 的支持度,记作 $S_{X \Rightarrow Y}$ 。

[0168] 支持度表示项集 X 和 Y 同时在事务集中出现的概率,其计算公式可用 如下方法表 示:

[0169]
$$S_{X \Rightarrow Y} = \frac{N(X \cup Y)}{N}$$

[0170] 其中, $N(X \cup Y)$ 表示项集 X 和 Y 同时事务集中出现的频率, 而 N 则表示事务集的总数。

[0171] 关联规则 $X \Rightarrow Y$ 的置信度, 记作 $C_{X \Rightarrow Y}$ 。置信度是指项集 X 发生时, 项集 Y 发生的概率, 即 Y 在 X 出现条件下的条件概率, 可以用 $C_{X \Rightarrow Y}$ 表示, 其计算公式可用如下方法表示:

$$[0172] \quad C_{X \Rightarrow Y} = \frac{N(X \cup Y)}{N(X)} = \frac{S_{X \Rightarrow Y}}{S_X}$$

[0173] $N(X)$ 表示包含项集 X 的事务个数。

[0174] S_{\min} (minsupport) 和 C_{\min} (minconfidence) 分别表示最小支持度和最小置信度。

[0175] 支持度和置信度是描述关联规则的两个重要概念, 前者用于衡量关联规则在整个数据集中的统计重要性, 后者用来衡量关联规则的可信程度。一般来说, 只有支持度和置信度均较高的关联规则才可能是用户感兴趣、有用的关联规则。

[0176] 定义: 若 $S_{X \Rightarrow Y} > S_{\min}$ 且 $C_{X \Rightarrow Y} > C_{\min}$, 则称关联规则 $X \Rightarrow Y$ 为强规则, 否则为弱规则。

[0177] 关联规则具有以下4个性质:

[0178] 性质1: 关联规则具有非结合性。

[0179] 若规则 $X \Rightarrow Z$ 和 $Y \Rightarrow Z$ 在 T 中成立, 规则 $X \cup Y \Rightarrow Z$ 在 T 中不一定成立。若 $X \cap Y = \emptyset$, 并且 T 中支持 Z 的所有事务都只支持 X 或 Y , 则集合 $X \cup Y \cup Z$ 的支持度为 0, 因此 $X \cup Y \Rightarrow Z$ 的可信度为 0。

[0180] 类似地, 若规则 $X \Rightarrow Z$ 和 $Y \Rightarrow Z$ 在 T 中成立, 规则 $X \Rightarrow Y \cup Z$ 在 T 中不一定成立。

[0181] 性质2: 关联规则具有不可分解性。

[0182] 若 $X \cup Y \Rightarrow Z$ 在 T 中成立, 规则 $X \Rightarrow Z$ 和 $Y \Rightarrow Z$ 不一定在 T 中成立。例如, 当 Z 只出现在一个事务中时, 若 X 及 Y 也只出现在其中, 即 $\text{support}(X \cup Y) = \text{support}(Z)$, 规则就是不可分解的。另外, 若 X 和 Y 的支持度与 XY 的支持度相比足够大, 就会使得分解后的两个规则不具有所要求的置信度, 因此规则也不可分解。

[0183] 性质3: 关联规则具有不可传递性。

[0184] 由规则 $X \Rightarrow Y$ 及规则 $Y \Rightarrow Z$ 成立不能推出规则 $X \Rightarrow Z$ 。

[0185] 性质4: 关联规则具有可扩展性。

[0186] 设有项集 L, A, B , 并且 $B \subseteq A \subseteq L$, 若规则 $A \Rightarrow (L - A)$ 不满足最小置信度条件, 则 $B \Rightarrow (L - B)$ 也不满足最小可信度条件。

[0187] 本发明公开了一种面向电力系统线损故障定位实现方法, 通过线损业务数据模拟建模、线损模拟计算故障定位分析、构造故障信息库以及基于故障信息库进行故障特征的提取, 确定相应对象的条件属性和决策属性, 通过关联规则进行故障模式的探索, 定位故障区段, 并将故障模式转换为简易文字叙述及输出, 通过输出结果生成工单进行派工, 所计算输出的结果数据还可以留作历史线损业务数据用于模拟建模技术的数据支持库; 本方案结合了虚拟技术的故障与线损联动, 加速工作人员及逆行线损计算故障诊断信

息处理工作,加快故障定位速度,提升故障处理效率,对故障进行准确定位,为持续降损提供可靠的保障。

[0188] 尽管已描述了本发明的优选实施例,但本领域内的技术人员一旦得知了基本创造性概念,则可对这些实施例作出另外的变更和修改。所以,所附权利要求意图解释为包括优选实施例以及落入本发明范围的所有变更和修改。

[0189] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。