

主动配电网的运行控制技术研究

李若冰

(国网江苏省电力有限公司 镇江供电分公司, 江苏 镇江 212000)

摘要 随着电力企业的不断改革和各项用电指标的不断优化, 电力运营得到了长足发展。在用电供应保证的基础上, 供电可靠性成为了现今重要的供电质量评价指标。配电系统直接与电力用户进行关联, 属于能量交换的终端部分。因此, 其可靠性直接影响着用户用电质量。本文首先进行了运行评价体系的计算, 并与传统的平衡计分卡方法相比后进行了改进, 然后给出了主动配电网不完备模型诊断过程整体算法, 最后通过配电系统的可靠性分析, 建立针对主动电网的运行控制技术, 挖掘供电潜力, 并评价电网供电的未来发展。

关键词 主动配电网 可靠性指标 数据聚类 不完备模型 诊断过程整体算法

中图分类号: TM727

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2021)05-0024-02

在主动配电网评价指标体系中, 可靠性指标能够直接反映主动配电网供电能力以及向电力用户连续提供电源和数量的能力^[1-2], 已被学者们广泛研究^[3]。因配电网属于拓扑结构, 所以故障较为单一^[4], 且设备数量多, 不确定因素多, 电网结构分散, 故障率较高, 造成用户停电事故较频繁^[5]。因此, 配电网运行能力成为了重中之重, 找出电网中的运行瓶颈加以处理, 以达到配电网有效的运行方式是本文研究的目的。

1 运行评价体系计算

可靠性指标通常是从事故对正常供电的影响的不同方面来衡量的, 包括事故发生的频率、概率、持续时间、失电量和用电量, 不同的子系统在可靠性指标上会有一些的差异, 可靠性指标体系一般分为负荷点指标和系统指标, 对于系统的每个负荷点, 负荷点指标反映了事故的局部影响, 系统指标则反映了事故的全局影响, 即表示事故的总体影响。影响全局的常用基本指标可作为整个系统的负荷点指标。

与传统的平衡计分卡方法相比, 本文主要改进如下:

为了提高专家评分的判断简便性, 将指标比较 1-9 分, 改为 1-3 分。

在收敛判断过程中, 通过两次归一化来加快收敛速度, 改进后的计算过程如式(1)所示:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中, A 代表综合效益; a 表示指标的专家评分值; n 表示专家打分的指标层中的指标个数。

主动配电网规划模型的目标函数如式(2)所示:

$$L = \max(RS/CT) \quad (2)$$

式中, L 为主动配电网规划综合评价指标; RS 代表供电可靠性的综合指标; CT 代表了主动配电网的综合成本指数。

供电可靠性综合指标的计算方法见式(3):

$$RS = 1 / (T * N * L * E) \quad (3)$$

式中, T 表示年平均停机时间; N——年平均停电次数; L——年平均功率损耗; E 代表年平均功率损失。

主动配电网综合成本指标的计算方法见式(4):

$$CT = CI + CO + CL + CF \quad (4)$$

其中 CI 代表投资成本; CO 代表合作成本; CL 代表损失成本; CF 代表大修损失。

由于主动配电网规划综合评价指标的绝对值通常物理意义不大, 综合指标的相对值主要关注于规划方案的比选, 因此可将一个基准方案的综合指标作为参考值 1, 并得出其他方案相对参考值的综合指标值。

对谱特征系统的分析, 进而检测主动配电网信息物理层的数据链路, 并采用神经网络分析方法来对此类检测更加智能的算法优化, 来得到负荷。

$$R_1(K) = R_2(K) \exp(-j \omega_0 T_p / 2), k = 0, 1, \dots, (N-3)/2 \quad (5)$$

$$R_2(k) = A_k \exp(j \varphi_k), k = 0, 1, \dots, (N-3)/2 \quad (6)$$

在公式(5)中, ω_0 为主动配电网信息物理层中负荷预测误差; T_p 为时间窗; A_k 为主动配电网信息物理层数据特征偏移幅度; φ_k 表示输出扩展部分。

此外, 对主动配电网信息物理层中的数据链进行线性预测, 并根据全局优化结果得到每个合并簇上数据块的最大长度, 如公式(7)所示:

$$\sum_{i \notin I} \sum_{j \in I} p_i(k) p_{ij}(k) = p_k - \sum_{i \in I} \sum_{j \in I} p_i(k) p_{ij}(k) \quad (7)$$

如果达到数据聚类的决策阈值时, 我们可得到公式(8):

$$0 \leq p_{k+1} \leq p_k - \sum_{i \notin I} \sum_{j \in I} p_i(k) p_{ij}(k) \leq p_k \leq 1 \quad (8)$$

我们再对数据聚类中心进行初始化,然后采用模糊聚类分析方法,对主动配电网信息物理层中的数据链进行聚类,直到获得有效结果,依据公式(9)作为约束条件,即:

$$1 \geq \lim_{k \rightarrow \infty} \sum_{s_i^* \cap s^* \neq \emptyset} p_i(k) \quad (9)$$

由前面获得的聚类结果,电力企业可以利用公式(10)能够快速提取主动配电网信息物理层的数据链情况,以便及时准确地监控配电网的运行情况。

$$\begin{aligned} \text{minimize} \quad & \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^n (\xi_i + \xi_i^*) \\ \text{subject to} \quad & y_i - (w^T \Phi(x_i) + b) \leq \varepsilon - \xi_i \\ & (w^T \Phi(x_i) + b) - y_i \leq \varepsilon - \xi_i^* \\ & \xi_i, \xi_i^* \geq 0, i=1, 2, \dots, n; C > 0 \end{aligned} \quad (10)$$

2 运行控制技术

本技术主要由MCS单片机实现。在传统的MCS估计中,电网可靠性指标的求解可以看作是可靠性指标计算函数的大量抽样检验,然后得到的待算样本再通过潮流计算方法获取有效状态数据,这些数据包括正常状态和故障状态。机器学习技术具有计算速度快的特点,因而引入到主动配电网可靠性指标计算及评估中成为目前发展的趋势,也备受电力企业专家学者的青睐。机器学习技术的实质是通过大量的样本训练建立一个综合的电网运行状态识别器,用状态识别器代替最优潮流计算来识别样本的运行状态,大大缩短了运行状态识别的时间^[6]。

提出的主动配电网故障诊断是一个整体过程。离线过程中建立起能够与配电网行为相容的模型,在线监督过程在获取观测,进行诊断的同时补充离线建立起的不完备模型,如果没有发现“超出预期”的不完备行为,则按完备模型诊断得到诊断路径;否则,根据在线过程中生成的完备模型,定义不完备的行为,得到主动配电网不完备模型上的诊断。主动配电网不完备模型诊断过程整体算法如下:

输入:不完备模型,观测序列

输出:诊断,或修改的不完备模型

步骤1:初始化

步骤2:增量诊断

步骤3:根据诊断结果对模型进行训练,临界状态为当前诊断结果的终止状态。

步骤4:判断状态。如果仅转移不完备,则生成一个转移,更新模型;如果事件完备仅状态不完备,则生成状态和事件。

诊断初始在完备假设下运行,当发现不能得到诊断结

果时,考虑进行不完备的模型发现。判断不完备情况,分别进行处理。不完备转移是仅缺失了事件和状态之间关系的不完备情况,因此在当前临界状态及观测相关的状态中判断是否能够被当前事件触发,最终得到的状态如果与已有模型状态接近,则认为是不完备的转移结果。此时逆向获取得到该状态的状态和事件,建立转移,对不完备模型进行更新。

在算法不能够找到不完备转移时,进一步判断是否能够找到不完备状态,使得完备事件触发了完备状态,得到不完备状态。当临界状态和观测状态之间没有交集时,此时产生了状态和事件的同时不完备。根据观测窗口、带有历史数据的不完备模型生成初步的事件和状态,更新不完备模型,进一步地,根据在线运行的数据训练事件的函数参数,调整状态属性。

该系统的实现基于支持向量机和人工神经网络两种机器学习算法,能够实时监控主动配电网的运行状态,大大减少了计算负担。此外,利用多核计算平台来加快模型的训练过程,优化评价算法。在指标计算阶段,当监控到数据为正常运行状态时,则反映故障的系统总负荷损失和平均停运持续时间均为零;当监控到数据为故障状态时,则反映此类故障可靠性指标未知,可利用最优潮流计算来优化。由于正常状态样本数大于故障状态样本数,因此机器学习方法只需计算小于0.2%故障样本的最优潮流,计算负担大大减轻。

3 结论

本文首先进行了运行评价体系的计算,并与传统的平衡计分卡方法相比后进行了改进,然后给出了主动配电网不完备模型诊断过程整体算法,最后通过配电系统的可靠性分析,建立针对主动电网的运行控制技术,挖掘供电潜力,并评价电网供电未来发展。

参考文献:

- [1] 李霞林,郭力,黄迪,等.直流配电网运行控制关键技术研究综述[J].高电压技术,2019,45(10):3039-3049.
- [2] 范开俊.智能配电网分布式控制技术及其在应用[D].山东大学,2016.
- [3] 钟清,张文峰,周佳威,等.主动配电网分层分布控制策略及实现[J].电网技术,2015(06):1511-1517.
- [4] 程林,刘琛,康重庆,等.主动配电网关键技术分析与展望[J].电力建设,2015,36(01):26-32.
- [5] 刘广一,黄仁乐.主动配电网的运行控制技术[J].供用电,2014(01):30-32.
- [6] 刘东,张弘,王建春.主动配电网技术研究现状综述[J].电力工程技术,2017(04):67-68.