

# 基于竞争神经网络的变电站集中监控 全面监视周期分类方法

张宇泽, 张心洁, 刘宪栩, 王 建

(国网天津市电力公司城西供电分公司, 天津 300190)

**摘要:**对变电站集中监控全面监视周期的影响因素进行了分析,包括变电站电压等级、集中监控缺陷发生频次、设备运行情况、变电站重要程度、变电站运行环境和设备平均负载6个方面。在此基础上提出了基于竞争神经网络的变电站全面监视周期分类方法,利用机器学习手段实现变电站全面监视周期的科学合理分类。仿真分析结果表明该方法可行有效。

**关键词:**变电站;集中监控;全面监视周期;竞争神经网络;聚类

**中图分类号:**TM732 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-6954(2020)06-0011-05

## Comprehensive Monitoring Cycle Classification Method of Centralized Monitoring in Substation Based on Competitive Neural Network

Zhang Yuze, Zhang Xinjie, Liu Xianxu, Wang Jian

(Chengxi Electric Power Supply Branch Company of State Grid Tianjin Electric Power Corporation, Tianjin 300190, China)

**Abstract:**The influencing factors of comprehensive monitoring cycle of the centralized monitoring in substation are analyzed, including the voltage level of the substation, the frequency of the centralized monitoring defects, equipment operation situation, the importance of the substation, the operation environment and the average load of the equipment. On this basis, a comprehensive monitoring cycle classification method based on competitive neural network is proposed, and machine learning method is used to achieve a scientific and reasonable classification of comprehensive monitoring cycle of the substations. The simulation results show that the method is feasible and effective.

**Key words:**substation; centralized monitoring; comprehensive monitoring cycle; competitive neural network; clustering

## 0 引 言

变电站全面监视是指值班监控员对所辖集中监控变电站进行全面的巡视检查,巡视检查内容包括变电站设备运行工况等。全面监视的时间要求为330 kV及以上变电站每值至少两次,220 kV及以下变电站每值至少一次。对于供电公司而言,所辖各变电站的运行工况水平、运行特点、发生缺陷的可能性各异,采用同样的全面监视周期不利于提高集中监控工作的效率和管理水平。

《天津市电力公司监控运行管理规定》中指出“下列情况,值班监控员应对相关受控站及设备加强监视,缩短巡回检查周期:新设备投运后;设备发

生严重缺陷时;雷雨、大风、大雾、冰雹等恶劣天气时……”。该规定仅针对电网或设备运行遇到特殊情况,对于正常情况下如何确定各变电站的监视周期未作说明。随着社会经济发展,变电站的数量和规模不断扩大,差异化制定变电站集中监控全面监视周期,对重要性较高、运行隐患较多的变电站有针对性地加强监视力度,使用有限的监控值班人力资源完成日益增长的变电站监视工作量,成为了供电公司普遍面临的问题之一。

在分析了变电站集中监控全面监视周期影响因素的基础上,提出了基于竞争神经网络的变电站集中监控全面监视周期分类方法。根据各变电站的固有属性,利用人工智能手段对变电站的全面监视周期进行分类,提高集中监控工作的质量和效率,提高电网运行可靠性。

# 1 变电站集中监控全面监视周期影响因素

变电站集中监控全面监视周期的影响因素按影响作用由大到小包括以下几个方面:

1) 变电站电压等级。电压等级越高,变电站供电面积越大,在电网中起到的枢纽作用越大,变电运维人员巡视周期越短,相应地,全面监视周期也应越短。

2) 变电站集中监控缺陷发生频次。集中监控缺陷包括可以通过监控系统告警窗发现的集中监控缺陷和无法通过告警窗发现的集中监控缺陷。前者例如某断路器“测保装置异常”信号动作、某主变压器“本体轻瓦斯告警”信号动作等;后者例如某段母线电压遥测值不能正常刷新、某主变压器分接头遥调失败、主变压器油温遥测值异常等。集中监控缺陷如未能及时发现处理,可能引起变电站设备故障跳闸、保护越级动作、变电站全停等严重后果,因此变电站集中监控缺陷发生的频次越高,越应加强监视,缩短全面监视周期。

3) 设备运行情况。设备运行情况主要取决于设备当前存在的缺陷情况、设备运行隐患和运行年限。若设备存在缺陷而未完成消缺(尚未超出缺时限),已知设备存在家族性缺陷,某些预试数据接近、达到或超过规程中的注意值,设备有不良工况记录<sup>[1]</sup>,设备运行年限较长时,则应缩短全面监视周期。

4) 变电站重要程度。变电站重要程度主要取决于所在区域供电等级(A+、A、B、C、D、E)和所供用户中是否含有重要用户、敏感用户、电采暖用户、防汛用户和其他保电用户等。变电站所在区域供电等级越高,所供负荷中包含上述用户级别越高、数量越多,则重要程度越高,用户对电网供电可靠性的要求越高,则设备故障跳闸或由于存在缺陷等原因被迫停运造成的后果越严重,因此应加强监视力度,即安排较短的全面监视周期。

5) 变电站运行环境。根据运行经验,室内设备发生缺陷的概率明显低于室外设备。若变电站为室外站,周边环境较为恶劣,处于重污区、重冰区,经常遭受强风、雷雨、冰雪等天气,则应适当加强监视力度,缩短全面监视周期。

6) 变电站设备平均负载情况。设备平均负载率越高,发生母线电压越下限、主变压器油温超过允

许值等缺陷的可能性越大,相应地应缩短全面监视周期,及时发现并排除隐患。

以上内容中,变电站电压等级、所在区域供电等级、变电站所供用户中是否含有重要用户等、变电站集中监控缺陷日志、设备存在缺陷而未完成消缺的情况、设备负载情况等信息由调度专业掌握;设备运行隐患、运行年限和变电站运行环境等信息由变电运检专业掌握。

# 2 竞争神经网络

竞争神经网络只有2层,其结构如图1。竞争神经网络中输出层又称为核心层。 $x_1, x_2, \dots, x_m$ 为输入神经元, $y_1, y_2, \dots, y_n$ 为输出神经元。在一次计算中,只有1个输出神经元获胜,获胜的神经元标记为1,其余输出神经元均标记为0<sup>[2]</sup>,即“胜者为王,败者为寇”。最初,输入层到输出层的权值是随机给定的,每个输出层神经元获胜的概率相同,但最后会产生一个兴奋最强的输出神经元。该神经元“战胜”了其他神经元,在权值调整过程中其兴奋程度得到进一步加强,而其他神经元的兴奋程度保持不变。竞争神经网络通过这种方式获取训练样本的分布信息,每个训练样本都对应一个获胜神经元,也就是对应一个类别。

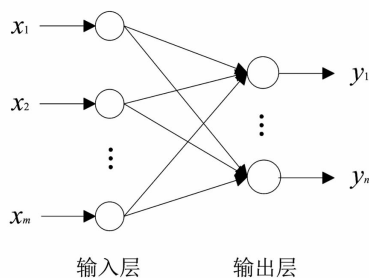


图1 竞争神经网络结构

竞争神经网络的学习规则是由内星规则发展而来的 Kohonen 规则<sup>[3]</sup>,其基本原理如下:假设网络输入层包含  $m$  个输入神经元  $x_1, x_2, \dots, x_m$ ,输入向量记为  $\mathbf{X} = [x_1, x_2, \dots, x_m]$ ,即每个样本为一个  $m$  维向量。输出层包含  $n$  个输出神经元  $y_1, y_2, \dots, y_n$ ,输出向量记为  $\mathbf{Y} = [y_1, y_2, \dots, y_n]$ 。网络权值  $\omega$  为一个  $m \times n$  的矩阵。三者之间的关系为

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\omega \tag{1}$$

在  $n$  个输出神经元中必有一个取得最大值,成为获胜神经元。假设获胜神经元为  $y_k$ ,则相应的权

值按式(2)进行调整<sup>[2]</sup>:

$$\Delta\omega_{ik} = \eta(x_i - \omega_{ik})y_k \quad (2)$$

式中,  $\eta$  为学习步长。

网络权值以  $\eta$  为步长向输入的样本值  $x_i$  靠近。在下一轮计算中,  $y_k$  以更大的概率胜出成为获胜神经元。当  $\eta$  取适当值时, 网络权值经过逐步学习最终等于输入样本向量。竞争神经网络继续接收其他输入样本, 每一个样本都对应一个获胜神经元, 并使对应的权值向量向输入向量方向调整。相似的输入样本对应同一个获胜神经元, 表示它们被划分为同一类; 该神经元对应的权值向各个输入向量的方向做调整, 最终稳定为输入向量的平均值<sup>[2]</sup>。

### 3 基于竞争神经网络的变电站集中监控全面监视周期分类方法

由前面论述可知, 变电站集中监控全面监视周期的影响因素包括变电站电压等级、集中监控缺陷发生频次、设备运行情况、变电站重要程度、变电站运行环境和设备平均负载情况 6 个方面。按照下列步骤进行变电站集中监控全面监视周期的分类。

1) 将上述 6 个方面因素进行量化。电压等级方面, 220 kV、110 kV 和 35 kV 变电站的电压等级指数分别定义为 4、2、1。集中监控缺陷发生频次方面, 定义集中监控缺陷发生频次指数为该座变电站投运后平均每年发生集中监控缺陷的次数。设备运行情况方面, 定义所有变电站的设备运行情况指数初始值为 0, 设备每存在一项严重缺陷、一般缺陷而未完成消缺时分别加 1、0.5, 设备存在运行隐患时视情况加 0~1, 变压器、母线、断路器等主要设备运行年限在 20 年以上、10~20 年、5~10 年、5 年以下时分别加 1、0.5、0.25、0.125。变电站重要程度方面, 定义所有变电站的重要程度指数初始值为 0, 所在区域供电等级为 A+、A、B、C、D、E 分别加 1、0.5、0.25、0.125、0.1、0.075, 所供用户中每包含一个重要用户、敏感用户分别加 0.5、0.25, 每包含一个电采暖用户或防汛用户加 0.1, 每包含一个其他保电用户视情况加 0.1~0.5。变电站运行环境方面, 定义所有变电站的运行环境指数初始值为 0, 室外站和室内站分别加 1、0.5, 室外站视周边环境恶劣程度加 0~1, 视所在地区气候情况加 0~1。设备平均

负载方面, 定义变压器平均负载率为 0.75 以上、0.5~0.75、0.25~0.5、0.25 以下时设备平均负载指数分别 4、2、1、0.5。需说明, 各供电公司可根据自身特点和供电要求确定各项指标的评分标准。通过以上指标量化方法, 每座变电站可用一个六维特征向量表示, 即

$$S_i = [s_{i1}, s_{i2}, s_{i3}, s_{i4}, s_{i5}, s_{i6}] \quad (3)$$

式中:  $S_i$  表示第  $i$  座变电站的特征向量;  $s_{i1}$ 、 $s_{i2}$ 、 $s_{i3}$ 、 $s_{i4}$ 、 $s_{i5}$ 、 $s_{i6}$  分别表示第  $i$  座变电站的电压等级指数、集中监控缺陷发生频次指数、设备运行情况指数、重要程度指数、运行环境指数和设备平均负载指数。

2) 建立自组织特征映射网络。根据文献[4~6], 变电站巡视周期分类宜分为 3~5 类, 相应的值班监控员全面监视周期亦宜分为 3~5 类。这里选择将变电站集中监控全面监视周期分为 4 类进行论述, 各供电公司可根据实际情况及特点合理选择分类类别数。由于输入向量维数为 6, 因此设置自组织特征映射网络的输入层神经元节点数为 6 个。网络竞争层选用  $2 \times 2$  六边形结构, 即最终分类的类别数为 4 类。网络的竞争层包含 4 个节点, 训练完毕后, 每一个输入向量, 即每座变电站, 属于一个竞争层节点。

3) 使用 Matlab 工具箱函数 `competlayer` 实现竞争神经网络聚类。代码如下:

```
x0 = [s11, s21, s31, ..., sn1;
s12, s22, s32, ..., sn2;
s13, s23, s33, ..., sn3;
...
s16, s26, s36, ..., sn6];
net = competlayer(4);
net.trainParam.epochs = 400;
tic
net = train(net, x0);
Toc
y = net(x0);
classes = vec2ind(y)
```

4) 根据竞争神经网络给出的分类结果, 确定每座变电站的全面监视周期。

### 4 仿真分析

选择某地区电网共 35 座变电站作为算例进行仿真分析, 各变电站的属性如表 1 所示。

表1 某地区电网变电站

变电站编号	电压等级指数	集中监控缺陷发生频次指数	设备运行情况指数	重要程度指数	运行环境指数	设备平均负载指数
S1	2	3.18	0.625	1.85	1.3	0.5
S2	2	1.04	0.950	3.70	2.1	2.0
S3	2	1.12	0.650	3.10	2.6	1.0
S4	2	1.10	0.450	3.75	1.3	0.5
S5	2	1.92	0.825	1.85	2.2	1.0
S6	2	6.23	1.900	1.65	2.1	4.0
S7	2	3.17	1.100	4.15	2.6	1.0
S8	2	7.60	1.250	3.90	2.4	0.5
S9	2	5.92	1.700	1.90	1.2	2.0
S10	2	5.29	1.500	3.65	1.6	0.5
S11	2	4.31	2.000	3.60	1.1	1.0
S12	1	4.95	0.425	1.75	1.0	1.0
S13	1	1.84	1.900	3.10	2.4	0.5
S14	1	4.68	1.400	4.80	1.6	2.0
S15	1	2.77	0.950	4.00	2.3	0.5
S16	1	4.71	1.200	2.80	1.2	2.0
S17	1	7.54	1.125	3.65	1.7	1.0
S18	1	3.95	1.700	3.35	0.7	2.0
S19	1	2.35	1.100	1.30	2.2	1.0
S20	1	2.61	1.500	4.55	1.7	1.0
S21	1	1.85	0.450	3.10	2.3	4.0
S22	1	2.28	1.800	1.50	2.0	1.0
S23	1	2.42	0.425	4.30	2.1	1.0
S24	1	4.19	0.950	2.60	1.6	0.5
S25	1	3.86	1.450	2.00	2.7	1.0
S26	1	4.01	0.950	3.75	1.7	1.0
S27	1	7.80	0.700	1.50	2.2	2.0
S28	1	0.68	1.200	2.75	1.4	1.0
S29	1	1.97	1.400	2.90	1.0	1.0
S30	1	2.36	0.825	4.00	1.6	1.0
S31	1	2.45	1.050	3.40	1.4	0.5
S32	1	6.66	1.250	1.75	1.3	1.0
S33	1	5.66	0.550	2.15	2.7	2.0
S34	1	7.95	0.750	2.60	1.8	1.0
S35	1	2.13	0.600	3.00	1.6	1.0

使用所提出的方法进行分类,结果如表2所示。

表2 变电站巡视周期分类结果

变电站编号	分类等级	变电站编号	分类等级	变电站编号	分类等级
S1	3	S13	3	S25	3
S2	4	S14	3	S26	3
S3	4	S15	3	S27	1
S4	4	S16	3	S28	4
S5	4	S17	2	S29	3
S6	1	S18	3	S30	3
S7	3	S19	3	S31	3
S8	2	S20	3	S32	2
S9	1	S21	4	S33	1
S10	2	S22	3	S34	2
S11	3	S23	3	S35	3
S12	3	S24	3		

由表2可看出,S6、S9、S27、S33共4座变电站被划分为第1类,S8、S10、S17、S32、S34共5座变电站被划分为第2类,S2、S3、S4、S5、S21、S28共6座变电站被划分为第4类,其他20座变电站被划分为第3类,验证了所提方法的有效性。分类结果完全取决于变电站本身实际情况,不受主观因素影响。

## 5 结语

针对差异化制定变电站集中监控全面监视周期问题,首先分析了变电站全面监视周期的影响因素,按影响作用由大到小包括变电站电压等级、集中监控缺陷发生频次、设备运行情况、变电站重要程度、变电站运行环境和设备平均负载6个方面。电压等级越高,集中监控缺陷发生频次越高,设备运行情况越差,

变电站重要程度越高,运行环境越恶劣,设备平均负载率越高,越应加强监视力度,缩短全面监视周期。

提出了基于竞争神经网络的变电站集中监控全面监视周期分类方法,其步骤可概括为:将变电站全面监视周期的6个影响因素进行指标量化,得到表征每座变电站全面监视周期影响因素的六维特征向量;建立竞争神经网络,输入层神经元个数为6个,输出层神经元个数取变电站全面监视周期想要分类的类别数;使用Matlab工具箱函数competlayer实现竞争神经网络分类;根据竞争神经网络给出的分类结果,确定每座变电站的全面监视周期。

所提方法可利用竞争神经网络实现变电站集中监控全面监视周期的科学合理分类,为供电公司差异化安排变电站集中监控全面监视周期提供技术支持。

### 参考文献

- [1] 谢金泉,李晓华,何毅,等. 变电设备状态巡视策略研究[J]. 广东电力, 2012, 25(9):5-9.
- [2] 陈明. Matlab神经网络原理与实例精解[M]. 北京:清华大学出版社,2013.
- [3] 董长虹. Matlab神经网络与应用[M]. 北京:国防工业出版社,2007.
- [4] 陈宏彬,李悦宁,刘琨. 基于状态检修的无人值班变电站状态巡视管理[J]. 现代营销(经营版), 2019(4):150.
- [5] 王少博,刘辉,张兰钦,等. 基于设备状态分析的无人值班变电站巡视模式研究[J]. 河北电力技术, 2013,32(2):10-12.
- [6] 彭业. 引入状态评估分析的变电站设备巡视优化策略的研究[D]. 广州:华南理工大学,2012.

### 作者简介:

张宇泽(1990),男,硕士,工程师,研究方向为电力系统分析与控制。  
(收稿日期:2020-07-06)

(上接第10页)

- [6] J. W. Lin, H. Li. HPILN: A Feature Learning Framework for Cross-modality Person Re-identification[J]. arXiv preprint arXiv:1906.03142, 2019.
- [7] Z. Wang, Y. Zheng, Y. Y. Chuang, et al. Learning to Reduce Dual-level Discrepancy for Infrared-visible Person Re-identification[C]//in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2019: 618-626.
- [8] Diangang Li, Xing Wei, Xiaopeng Hong, et al. Infrared

-visible Cross-modal Person Re-identification with An X Modality[C]// The Thirty-Fourth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-20), 2020.

- [9] Hao Luo, Wei Jiang, Youzhi Gu, et al. A Strong Baseline and Batch Norm Neutralization Neck for Deep Person Reidentification[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2020,22(10):2597-2609.

### 作者简介:

张森(1995),男,硕士研究生,研究方向为计算机视觉。  
(收稿日期:2020-10-26)