

УДК 621.316.1.017 + 004.032.26

ПРИМЕНЕНИЕ СПОСОБА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В.С. Павлюков, С.В. Павлюков

Приводятся результаты разработки и исследования модели элемента искусственного интеллекта с целью определения зон нарушения нормальных режимов линий электропередач, влияющих на режим функционирования электротехнических систем.

Ключевые слова: элемент искусственного интеллекта, нейронная сеть, алгоритм обучения.

В условиях реорганизации структуры электроэнергетики повышается роль проектирования, создания и управления электрическими сетями всех уровней напряжений.

В работе рассматривается применение нетрадиционных подходов, а именно использование элементов искусственного интеллекта, для определения мест повреждения линий электропередач при различных обстоятельствах.

Задача состоит в том, что линия электропередачи разбивается на несколько зон, каждая из которых имеет свои технологические параметры, например, для электромагнитных переходных процессов. Этот подход можно пояснить, допустим для симметричного (и других) трехфазного короткого замыкания сети определенного уровня номинального напряжения. В зависимости от технологических условий работы, вида повреждения, каждая зона электропередачи характеризуется своими моделями, определяющими вид и качество изменения ее параметров. Схема замещения электрической сети преобразуется к простейшему виду с использованием коэффициентов распределения. Для определения коэффициентов можно использовать способ единичных режимных параметров или итеративный численный метод, например, нулевого порядка [1]. Коэффициенты распределения, полученные при помощи [1], будут считаться неизменными на весь период процесса, вплоть до $t = t_{\text{пр}}$, хотя это допущение будет вносить некоторую погрешность, так как сопротивления схемы замещения меняются во времени при переходном процессе [2]. В зависимости от условий неисправностей в зонах линии передачи можно сформировать вектор характеристик повреждений $\underline{X} = f(\underline{t}, \underline{z})$, ($i = \bar{1} - \text{количество зон линии}$), который в дальнейшем будет использоваться для обучения элемента искусственного интеллекта. Этот элемент должен классифицировать вид повреждения в зависимости от зоны линии, если он идентичен с одной из характеристик вектора. Данные для обучения сети могут быть взяты из баз

данных предприятий или их можно рассчитать для каждого диапазона линии электропередачи. Рассчитанные или измеренные данные для обучения сети определенной зоны представляют собой компактные группы чисел, которые для большей точности можно накопить за некоторый интервал прошедшего времени, чтобы исключить или уменьшить влияние случайных процессов.

Процедура разбиения некоторого множества переменных на классы называется кластеризацией [3]. Критерием разбиения служит некоторая мера сходства в пространстве исследуемых переменных. В качестве меры близости можно использовать некоторые математические модели, например, евклидово расстояние между исследуемыми переменными [3]:

$$D(\underline{X}_1, \underline{X}_2) = \|\underline{X}_1 - \underline{X}_2\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta X_i)^2}. \quad (1)$$

Принятые меры сходства могут быть критерием отнесения некоторой переменной к соответствующему классу. Подобную способность проявляет элемент искусственного интеллекта, называемый сетью Кохонена (Kohonen Clustering Networks) [3]. В этой сети число входов каждого нейрона скрытого слоя равно размеру исследуемого вектора данных. Количество нейронов скрытого слоя должны определять группы входных переменных по их сходству физических свойств при соответствующем обучении и относить к одному из классов.

Существуют разные подходы обучения такой сети. Один из обобщенных алгоритмов обучения сети состоит в следующем:

Подбираются и нормализуются данные входного вектора \underline{X} .

Идентифицируются весовые вектора для всех выходных нейронов (\underline{W}_n^j , например, используя генератор псевдослучайных чисел равномерного распределения в диапазоне $[0, 1]$).

Определяется усредненное начальное расстояние:

$$\mathcal{L}_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{\min_{w_n^j \in W_n^k} \text{leng}}{w_n^j} (\underline{X}_i, V), \quad (2)$$

где N – число примеров в обучающей выборке; j – номер нейрона, для которого расстояние $\text{leng} = r$. (Далее индекс «0» меняется на « t »).

4. Устанавливается размер окрестности для выигрывающего нейрона r .

5. Принимается $\mathcal{L}_0 = \mathcal{L}_t$.

6. На вход сети подается следующий входной вектор из обучающей выборки \underline{X}_t , где t – текущий шаг итерации.

7. Для каждого нейрона j определяется расстояние $\text{leng}(\underline{X}_t, \underline{W}_j)$ по выражению (1) для любого j .

8. Выбрать нейрон победитель $ner = ner$, для которого это расстояние минимально.

9. Откорректировать весовые коэффициенты выигравшего нейрона:

$$W^{(vict)}(t+1) = W(t) + \mu \cdot leng(X(t), W_n^{(m)}) \quad (3)$$

и тех нейронов s , которые находятся в зоне выигравшего:

$$W^{(j)}(t+1) = W^{(j)}(t) + \mu \cdot leng(X_i(t), W_n^{(j)}), \quad (4)$$

где $j = 1, \dots, m^{(vict)} - 1, m^{(vict)} + 1, \dots, s$; μ – скорость обучения ($\mu <$

10. Повторить шаги 6 – 9 для всех векторов обучающей выборки.

11. Принять $W_n^{(k)}(t+1) = W_n^{(k)}$ и вычислить по выражению (2).
Рассчитать $\varepsilon_{t+1} = leng(D_{t+1}, D_t)$. Если $\varepsilon_{t+1} \leq$ где – заданная положительная пороговая величина, то перейти к шагу 12, иначе $t = t + 1$ откорректированный, размер окрестности и перейти к шагу 5.

12. Конец алгоритма

Проведены эксперименты на примере линии АС 120/19 со следующими погонными параметрами: $r_0 = 0,27 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$, $x_0 = 0,43 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$, $b_0 = 2,7 * 10^{-6}$ при $D_{cp} = 5,0^4$. При исследовании симметричных замыканий установлена достаточно хорошая эффективность определения номера зоны повреждения и вида повреждения. При подключении резисторов в узловые точки с сопротивлением от 0 (идеальное короткое замыкание) и до 10 % от Z , результативность установления зон повреждения составляла около 95–97 %.

В работе предложена модель определения зон нарушения нормальных режимов линий электропередач с применением элементов искусственного интеллекта, не требующая разработки сложной математической модели, что в дальнейшем дает повышения качества управления режимами электрических систем.

Библиографический список

1. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: Учебник / Л.А. Бессонов. – М.: Гардарики, 2006. – 650 с.
2. Герасименко, А.А. Передача и распределение электрической энергии: Учебное пособие / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – Ростов-н /Д.: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2006. – 720 с.
3. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – М.: ИД Вильямс, 2006. – 1104 с.

[К содержанию](#)