

# ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И КОНТРОЛЯ ЦИФРОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ

А.С. Попов, И.Е. Меняйло

Научный руководитель: к.т.н., доцент Обходский А.В.

Томский политехнический университет

asptomsktpu@gmail.com

## Введение

Отличительные особенности цифровых подстанций в сравнении с традиционными решениями заключаются в применении в их составе интеллектуальных микропроцессорных средств обработки данных, цифровых сетей для коммуникации и удаленного доступа к информации, автоматизация режимов работы подстанции и процессов возобновления работы после возникновения аварий. В дальнейшем цифровые подстанции будут составлять основу интеллектуальной энергосети России (Smart Grid).

Процесс создания технических и программных решений для дальнейшего внедрения цифровых подстанций нацелен не только на развитие экономики и повышение уровня техники, но и повышение энергетической безопасности страны в целом. Предварительные расчеты затрат на внедрение технологий цифровых подстанций показывают, что затраты при переходе на массовый выпуск аппаратных и программных средств цифровых подстанций не будут превышать стоимости традиционных решений для построения систем автоматизации электросетей, но при этом будет достигнут целый ряд технических и экономических преимуществ, таких как:

- оперативность запуска, удобство эксплуатации и обслуживания;
- унифицированная платформа обмена данными на базе протокола МЭК 61850;
- самодиагностика;
- предупреждение аварий;
- малое время восстановления.

Интеллектуальной основой цифровых подстанций являются расчетные модели, обеспечивающие предиктивный анализ состояния энергосети и ее отдельных объектов. С помощью этих моделей решаются задачи:

- 1) Расчет баланса мощности;
- 2) Контроль перетоков в опасных сечениях;
- 3) Контроль уровней напряжения в контрольных точках сети;
- 4) Мониторинг токовой нагрузки оборудования (контроль факта и длительности перегрузки);
- 5) Определение места повреждения;
- 6) Эффективное использование оборудования и адаптивное распределение нагрузки на узлы сети.

Наряду с широким набором преимуществ цифровых подстанций, существует ряд вопросов, требующих исследования и разработки новых отечественных аппаратно-программных решений.

Эти вопросы связаны с обеспечением надежности цифровых систем, переходом на отечественную аппаратно-программную микропроцессорную

платформу, с автоматизацией функций конфигурирования цифровых систем на уровне отдельной подстанции и сети распределенных подстанций, созданием общедоступных инструментальных средств формирования алгоритмов управления подстанциями, совместимостью микропроцессорного и электротехнического оборудования разных производителей на уровне форматов и протоколов обмена данными.

Другой проблемой является обеспечение достоверности рассчитываемых с помощью модели характеристик энергосети по результатам обработки больших объемов данных, получаемых с контрольно-измерительного оборудования цифровых подстанций.

Решение проблем в области создания цифровых подстанций возможно за счет применения современных информационных технологий, обеспечивающих автоматизацию прогнозирования поведения объектов энергосети при воздействии на них нагрузок разного типа в широком диапазоне изменения.

Применение нейронных сетей, быстродействующих аппаратных и программных решений для прогнозирования поведения энергосети и ее объектов с обеспечением высокого уровня достоверности измеряемых параметров технологического оборудования позволит значительно сократить издержки создания алгоритмов управления и защиты электросетей, распределительных и преобразующих подстанций, а также наладки и запуска модернизируемых и вновь создаваемых энергетических объектов.

## Структура системы прогнозирования аварий

Использование нейронных сетей в цифровых электрических подстанциях обладает большими перспективами. Нейронные сети могут не только прогнозировать поломку составных элементов подстанции [1-2], но и контролировать их работу [3-5].

Структурная схема системы нейросетевого прогнозирования аварий представлена на рисунке 1. На линии электропередач установлены датчики тока и напряжения, информация с которых преобразуется в цифровой вид и передается в нейронную сеть, представляющую собой однослойный перцептрон с прямым распространением сигнала.

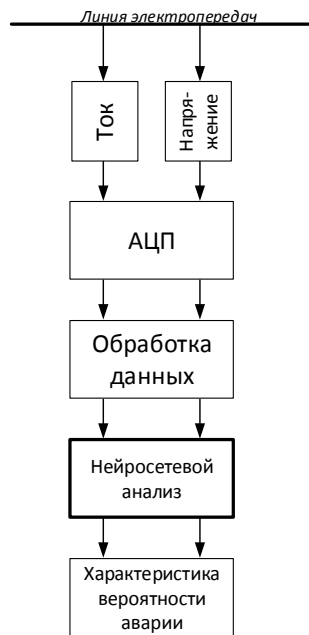


Рис. 1. Структурная схема системы прогнозирования аварий

Обрыв проводящей линии является аварийным случаем, который можно спрогнозировать с помощью нейронной сети.

#### Расчетный эксперимент и результаты

Для поиска обрыва использовался частотный анализ линии. Генераторы находились на одной стороне линии, регистраторы на другой. На протяжении всей линии были подключены потребители различной мощности (рисунок 2).

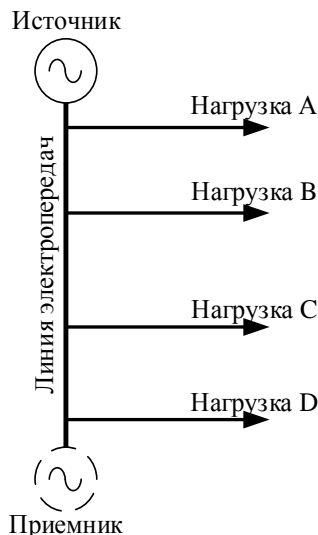


Рис. 2. Схема модели для эксперимента

Для обучения нейронной сети использовались результаты моделирования, полученные в программе MATLAB. Нейронная сеть разрабатывалась в программном пакете Nvidia Nsight Eclipse edition с использованием библиотеки cudNN, поз-

воляющей производить необходимые для нейронной сети расчеты на графическом ускорителе. Расстояние между нагрузками являлось неизменной величиной. Если расстояние подвергать изменениям, необходимо заново переучивать нейронную сеть. Расстояние между нагрузками в модели ограничено целесообразностью потерь, количество потребителей – вычислительной мощностью.

В результате, нейронная сеть верно определила место разрыва в 95% случаев. Предполагается, что при более качественном обучении нейронной сети результаты можно улучшить до 100%.

#### Заключение

В ходе работы было установлено, что использование нейронных сетей для цифровых подстанций является перспективным решением. Поскольку цифровая подстанция обладает множеством данных, изменяющих свое значение в реальном масштабе времени, то отсутствует возможность строгого алгоритмического прогнозирования аварий и контроля над компонентами. Именно для таких задач происходит интеграция нейронных сетей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, уникальный идентификатор работ (проекта) RFMEFI57818X0224.

#### Список использованных источников

1. Tripathy, M. Neural network principal component analysis based power transformer differential protection // International Conference on Power Systems (80337). – 2009.
2. Lambert-Torres G., Carrasco A.C., Da Silva L.E.B., Coutinho M.P. & Santo D.E. Intelligent system for detecting failures in the switching of isolators in power substations // Joint International Conference on Power System Technology POWERCON and IEEE Power India Conference (4745369). – 2008.
3. Ma H., Jiang H., Ju P., Chen Z., Jiang N. & Wang C. Power transformer noise active control based on genetic radial basis wavelet neural network // Proceedings - SDEMPED 2015: IEEE 10th International Symposium on Diagnostics for Electrical Machines, Power Electronics and Drives (7303672). – 2015. – С. 77.
4. Nina D.L.F., Da Fonseca Neto J.V., Ferreira E.F.M. & Dos Santos A.M. Hybrid support system for decision making based on MLP-ANN, IED and SCADA for disturbances analysis of electrical power distribution transformers // Proceedings - UKSim 15th International Conference on Computer Modelling and Simulation (6527382). – 2013. – С. 12.
5. Kezunovic M. Future trends in protective relaying, substation automation, testing and related standardization // Proceedings of the IEEE Power Engineering Society Transmission and Distribution Conference. – 2002. – vol.1. – С. 598-602.