

РАЗРАБОТКА НЕЙРОСЕТЕВОГО КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ УСТРОЙСТВА ДИНАМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

DESIGN OF NEURAL NETWORK CONTROLLER FOR DYNAMIC VOLTAGE RESTORER

A. Vasilev
G. Vasilev

Summary. Power quality is one of the biggest challenges in this era. This has become important, especially with the advent of complex devices, the performance of which is very sensitive to the quality of the power supply. To solve this problem, non-standard power devices are used. One such device is the dynamic voltage recovery device, which is the most efficient and effective modern dedicated power supply device used in power distribution networks. Its appeal lies in its lower cost, smaller size and fast dynamic response to interference. This article presents the analysis and modeling of dynamic stress recovery (DVR) using neural network control in the MATLAB environment.

Keywords: neural network, neurons, perceptrons, algorithm, model, electricity, voltage drop, dynamic voltage restorer.

Васильев Александр Владимирович
Аспирант, Комсомольский-на-Амуре
государственный университет
astrgan@gmail.com

Васильев Гордей Владимирович
Аспирант, Комсомольский-на-Амуре
государственный университет

Аннотация. Качество электроэнергии — одна из главных проблем в нынешнюю эпоху. Это стало важным, особенно с появлением сложных устройств, производительность которых очень чувствительна к качеству электропитания. Для решения этой проблемы используются нестандартные силовые устройства. Одним из таких устройств является устройство динамического восстановления напряжения, которое является наиболее эффективным и действенным современным специализированным устройством питания, используемым в сетях распределения электроэнергии. Его привлекательность заключается в более низкой стоимости, меньшем размере и быстром динамическом реагировании на помехи. В этой статье представлено анализ и моделирование устройства динамического восстановления напряжения (ДВН) с использованием нейросетевого управления в среде MATLAB.

Ключевые слова: нейросеть, нейроны, перцептроны, алгоритм, модель, электроэнергия, падение напряжения, динамический восстановитель напряжения (ДВН).

Есть два подхода к решению проблем с качеством электроэнергии. Решение по качеству электроэнергии может быть принято со стороны потребителя или со стороны генерирующего предприятия. Первый подход — это регулирование нагрузки, он обеспечивает меньшую чувствительность оборудования к сбоям питания и позволяет работать даже при значительных искажениях напряжения. Другое решение — установка системы контроля линии, которые подавляют или противодействуют сбоям в энергосистеме. В настоящее время они основаны на преобразо-

вателях широтно-импульсной модуляции и подключаются к распределительной системе низкого и среднего напряжения шунтом или последовательно. Некоторые из выявленных эффективных и экономичных мер включают молниезащиты и разрядники для защиты от перенапряжения, тиристорные статические переключатели, системы хранения энергии. Есть много типов устройств модификации электроэнергии. Некоторые из этих устройств включают в себя: активные фильтры питания, аккумуляторные системы хранения энергии, статические синхронные компенсаторы распределе-

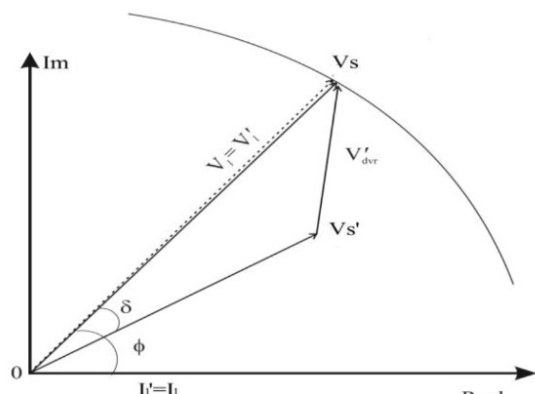


Рис. 1. Векторная диаграмма компенсации провала напряжения

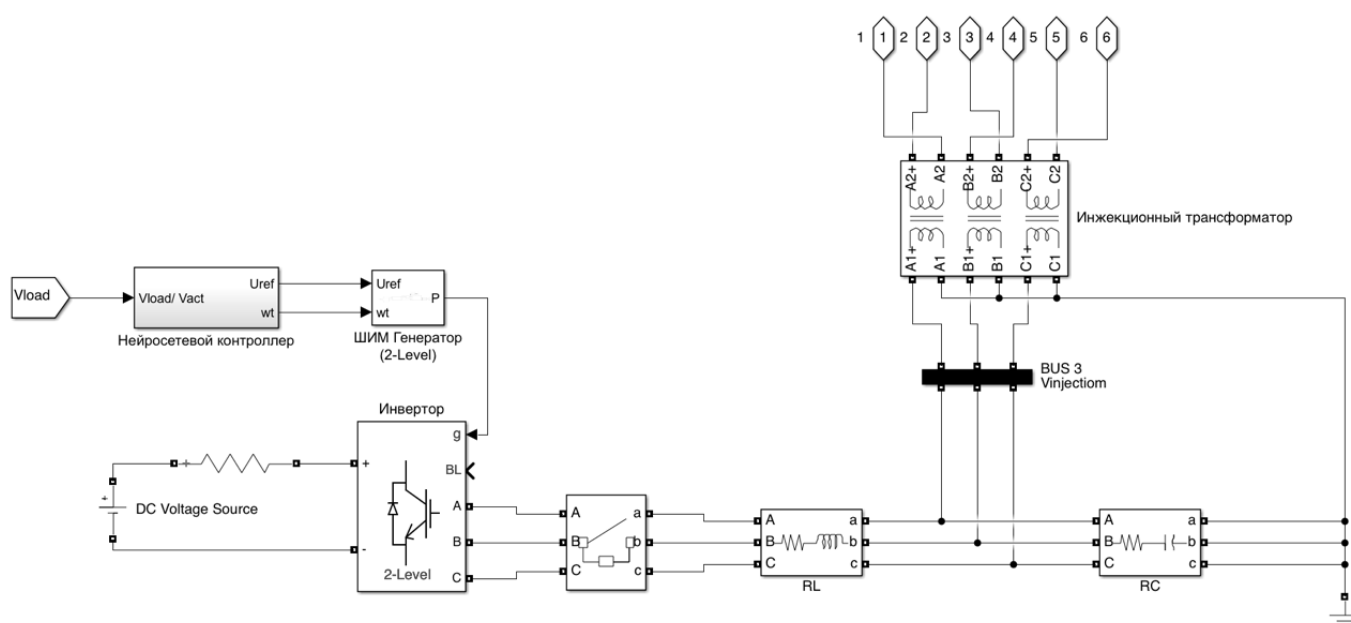


Рис. 2. Устройство динамического восстановления напряжения

ния, динамическое восстановление напряжения (ДВН), ограничители перенапряжения, сверхпроводящие устройства. Среди них ДВН — это эффективно настраиваемое устройство способное справляться с провалами и выбросами напряжения [5].

Устройство динамического восстановления напряжения

Устройство динамического восстановления напряжения — это современное, специализированное устройство питания, используемое в сетях распределения электроэнергии. Оно представляет собой последовательно подключенное твердотельное устройство, которое подает напряжение в систему для регулирования напряжения на стороне нагрузки. Обычно он устанавливается в распределительной системе между

источником питания и фидером критической нагрузки в точке общего соединения (ТОП). Помимо компенсации провалов и выбросов напряжения, ДВН имеет другие функции, такие как: компенсация гармоник сетевого напряжения и ограничение переходных процессов напряжения и тока короткого замыкания.

ДВН обычно состоит из инвертора, блока накопления энергии, пассивных фильтров гармоник, инжекционного трансформатора и схемы управления, которая сама по себе состоит из трех частей: блока оценки, стратегии компенсации и схемы переключения, позволяющей ДВН подавать трехфазные регулируемые напряжения с необходимыми амплитудами и фазовыми углами для поддержания напряжения шины нагрузки в желаемой форме волны во время провалов напряжения [3] [4].

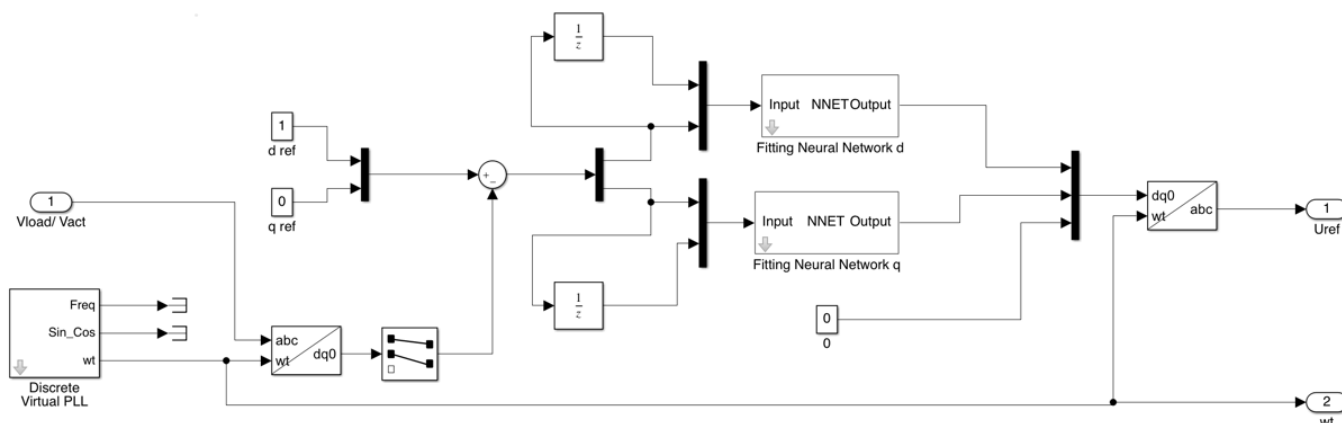


Рис. 3. Система управления для устройства динамического восстановления напряжения

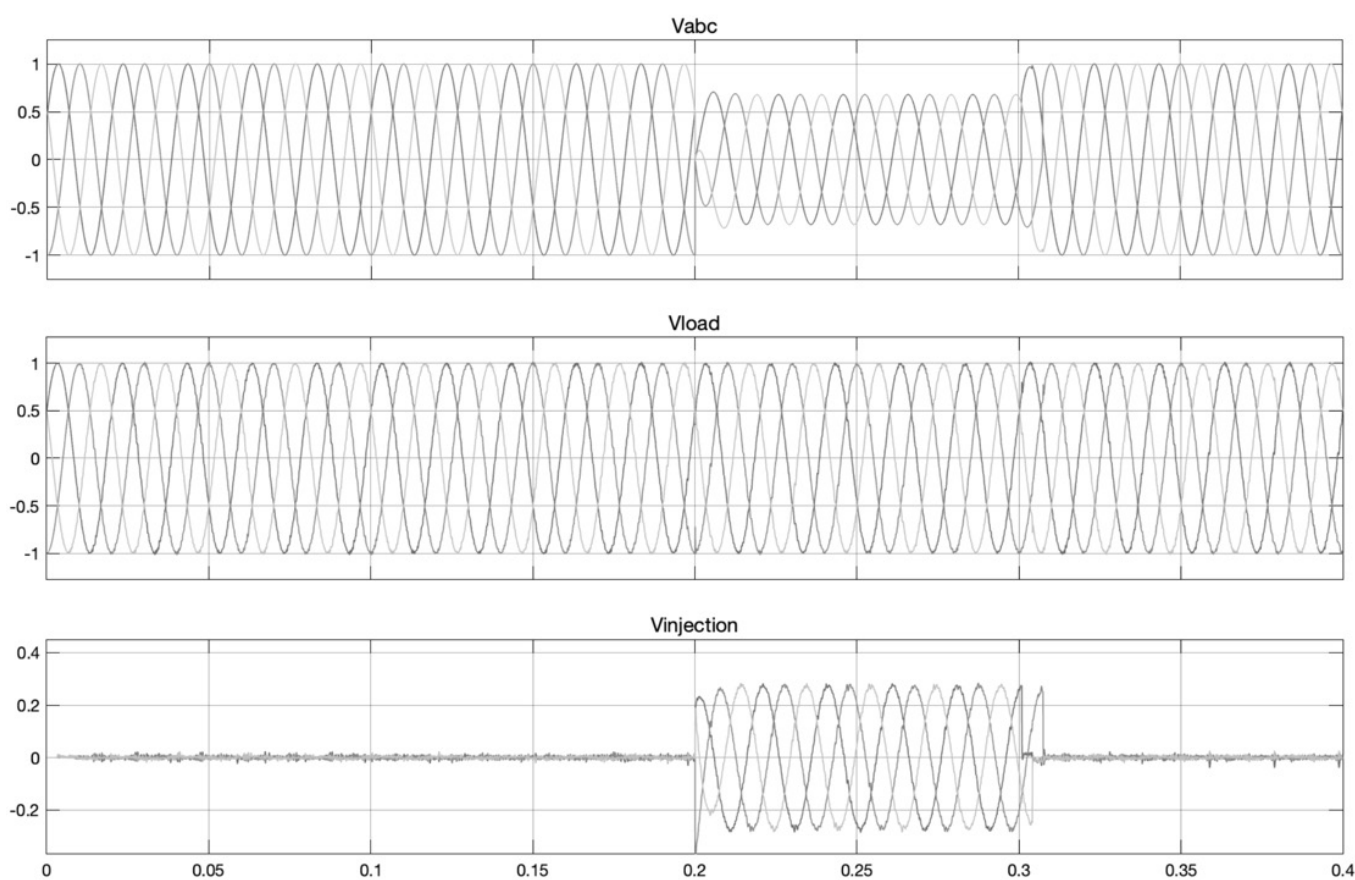


Рис. 4. Результаты моделирование

Векторная диаграмма стратегии компенсации показана на рисунке 1. Переменные после провала напряжения обозначены величинами со штрихом. Величины до провала представлены без штриха [9].

Мощность и напряжение ДВН определяется как:

$$P_{DVR} = V_l I_l \cos \phi - V_s' I_l' \cos(\phi - \delta), \quad (1)$$

$$V_{DVR} = \sqrt{V_L^2 + V_S'^2 - 2V_l V_s' \cos \delta}, \quad (2)$$

Где δ — скачок фазы при провисании, а ϕ — фазовый угол нагрузки.

Система ДВН, показана на рисунке 2, она была смоделирована в MATLAB / SIMULINK для изучения произ-

водительности ДВН в повышении качества электроэнергии.

Нейросетевой алгоритм

Искусственные нейронные сети (ИНС) были вдохновлены человеческим мозгом, имитируя способ передачи сигналов друг другу. ИНС состоят из слоев узлов, содержащих входной слой, один или несколько скрытых слоев и выходной слой. Каждый узел или искусственный нейрон соединяется с другим и имеет связанный вес и порог. Если выходной сигнал любого отдельного узла превышает заданное пороговое значение, этот узел активируется, отправляя данные на следующий уровень сети. В противном случае никакие данные не передаются на следующий уровень сети.

Каждый отдельный узел представляет собой собственную модель линейной регрессии, состоящей из входных данных, весов, смещения (или порога) и выходных данных.

После определения входного слоя назначаются веса. Эти веса помогают определить важность переменной, причем более крупные из них вносят более значительный вклад в результат по сравнению с другими входными данными. Затем все входные данные умножаются на их соответствующие веса и затем суммируются. После этого вывод проходит через функцию активации, которая определяет вывод. Если этот выходной сигнал превышает заданный порог, он «запускает» (или активирует) узел, передавая данные на следующий уровень в сети. Это приводит к тому, что выход одного узла становится входом следующего узла. Этот процесс передачи данных от одного уровня к следующему определяет эту нейронную сеть как сеть прямого распространения [2].

Использование ИНС позволяет решать задачу управления нелинейным объектом путем создания адаптивной системы управления (СУ) с обучаемым регулятором. Здесь под обучением подразумевается процесс выработки в СУ желаемой реакции на внешние сигналы путем многократных воздействий на систему и внешней корректировки. Внешняя корректировка осуществляется «учителем», которому известна желаемая реакция СУ на определенные воздействия. Таким

образом, при обучении «учитель» сообщает системе дополнительную информацию о том, верна или неверна ее реакция.

В этой статье для контроля напряжения используется архитектура ИНС с одним скрытым слоем и 10 нейронами в нем. Алгоритм градиентного спуска используется в качестве обучающей функции для обучения данной архитектуры ИНС. Тренировочная функция Левенберга Марквардта используется для оптимизации значений весов и смещения. Кроме того, при обучении архитектуры ИНС используется функция активации — сигмоида. СУ для ДВН представлена на рисунке 3, как видно она использует одновременно две ИНС, каждая для своего канала. Данные для них предварительно обрабатываются прямым преобразованием квадратур-ноль ($dq0$ или $dq0$).

В электротехнике $dq0$ является методом математического преобразования, используемым для упрощения анализа трехфазных цепей. В случае трехфазных цепей применение преобразования $dq0$ уменьшает три величины переменного тока до двух величин постоянного тока. Затем можно выполнить упрощенные вычисления для этих мнимых величин постоянного тока перед выполнением обратного преобразования для восстановления фактических результатов трехфазного переменного тока. Его часто используют для упрощения анализа трехфазных синхронных машин или для упрощения расчетов при управлении трехфазными инверторами [10].

Результаты моделирования показаны на рисунке 4, где можно четко оценить эффективность регулирования напряжения, обеспечиваемое цифровым видеорегистратором.

По результатам, полученными при применении предложенного алгоритма к тестовой сети, можно сказать, что он является хорошим подходом для улучшения качества электроэнергии для потребителей. Из-за динамического поведения энергосистемы в нормальных и аварийных условиях получить хорошую модель сложно. Чтобы добиться быстрой и точной работы компенсаторов, следует использовать алгоритмы адаптивного управления. Предлагаемый контроллер показал очень хорошую производительность в тестовых случаях. Также ИНС легко обучается для таких задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тархов Д.А. Нейросетевые модели и алгоритмы. Справочник / Д.А. Тархов. — М.: Радиотехника, 2014. — 643 с.
2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. — М.: Вильямс, 2006. — 1104 с.
3. Jurado F. Neural network control for dynamic voltage restorer // IEEE Trans Ind Electron 2004 51(3), 727–729 p.

4. Nielsen J.G., Blaabjerg F. A Detailed comparison of system topologies for dynamic voltage restorers // IEEE Trans Ind Appl 41(5), 2005, 1272–1280 p.
5. Tarkhov D.A., Vasilyev A.N. Design of PI and Fuzzy Controllers for Dynamic Voltage Restorer (DVR) // AASRI Conference On Power And Energy Systems, 2012, 149–155 p.
6. Кулик В.Д. Силовая электроника. Автономные инверторы, активные преобразователи. Учебное пособие / ГОУВПО СПбГТУРП 2010. — 90 с.
7. Лошманов А.Ю., Васильев Г.В., Кожин И.А., Куликов А.А., Белоусов С.А. Обеспечение безопасности систем «умного дома» на основе искусственного интеллекта // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению: материалы Международной научнопрактической конференции. — 2019. — С. 198–202.
8. Белоусов С.А, Куликов А.А., Васильев Г.В., Кожин И.А. Обнаружение dos-атак с применением нейронных сетей // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов. — 2018. — С. 132–135.
9. Torres A.P., Roncero-Sanchez P., Garcia X.D., Feliu V Design and comparison of two control strategies for voltage-sag compensation using dynamic voltage restorers // Elektronika Ir Elektrotechnika, 2013, 7–12 p.
10. Moheb A.A., Mahmoud A.A Modeling and simulation of dynamic voltage restorer in power system// Azhar University, 2012, 114 p.

© Васильев Александр Владимирович (astrgan@gmail.com), Васильев Гордей Владимирович.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Комсомольский-на-Амуре