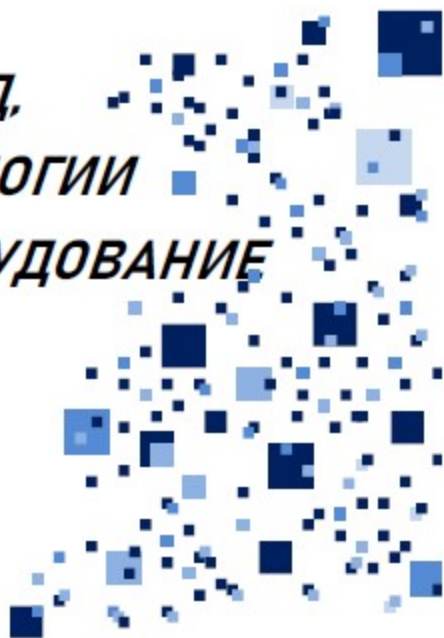




Zavalishin's Readings 2020

*ЭЛЕКТРОПРИВОД,
ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ
И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ
ПРЕДПРИЯТИЙ*



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»
Кафедра «Электротехника и электрооборудование предприятий»

**ЭЛЕКТРОПРИВОД, ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ
И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ**
Сборник научных трудов
V Международной научно-технической конференции

15-18 апреля 2020 г.

Уфа
Издательство ООО «Научно-инженерный центр «Энергодиагностика»
2020

УДК 621.311.01

ВЛИЯНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ЭНЕРГОСИСТЕМУ

Н.Н. Нормаматов, А.Э. Шаназаров, Н.А. Айтбаев, М.Т. Рахмонов

*(Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова,
г. Ташкент, Узбекистан)*

Аннотация: в статье рассматривается влияние возобновляемых источников энергии на энергосистему. Приведены параметры качества электроэнергии. Представлены проблемы возобновляемых систем источников энергии - интеграция в сеть: ветровая энергетическая система, солнечная энергетическая система. Показаны различные решения по использованию возобновляемых источников энергии. В результате приборы конечного пользователя становятся все более чувствительными к качеству электроэнергии. Установлены последние тенденции в системе выработки и распределения электроэнергии, показывающие, что уровень проникновения распределенной генерации в сеть значительно возрос и что приводит к стабилизации качества электроэнергии.

THE IMPACT OF RENEWABLE ENERGY ON THE GRID

N.N. Normamatov, A.E. Shanazarov, N.A. Aytbayev, M.T. Raxmonov

(Tashkent state technical university after named Islam Karimov, c. Tashkent, Uzbekistan)

Abstract: the article discusses the impact of renewable energy on the grid. The parameters of power quality are given. The problems of renewable energy sources systems are presented - network integration: wind energy system, solar energy system. Indications of various solutions for the use of renewable energy sources. As a result, end-user devices are becoming increasingly sensitive to power quality. The latest trends in the system of generation and distribution of electricity are established, showing that the penetration rate of distributed generation into the network has increased significantly and which leads to stabilization of the quality of electricity.

В последние годы мировое производство и потребление энергии ускорились до беспрецедентной степени. Сегодняшний растущий спрос на электроэнергию, энергетические кризисы из-за нехватки традиционных источников и воздействия их на окружающую среду являются одними из причин уделения большего внимания ВИЭ, такие как ветер и солнечная энергия, предлагают альтернативные источники энергии, которые в целом не загрязняют окружающую среду, технологически эффективны, экологически устойчивы и обеспечивают стабильное электричество, не вызывая выбросов углекислого газа. Однако большинство существующих электрических сетей, состоящих из сетей передачи и распределения, не способны справиться с избыточным проникновением возобновляемой энергии [1].

Чтобы удовлетворить растущий спрос на электроэнергию, энергетический сектор, наряду с традиционными источниками для выработки электроэнергии, использует несколько типов возобновляемых источников энергии, таких как энергия ветра, фотоэлектрическая энергия, энергия волн, энергия приливов и т.д. Выработка возобновляемой энергии непредсказуема и носит прерывистый характер. Поэтому интеграция ВИЭ в энергосистему без ущерба для качества электроэнергии является непростой задачей.

Качество электроэнергии – это термин, используемый для описания того, насколько точно электроэнергия, поставляемая потребителям, соответствует соответствующим стандартам, которая удовлетворяет требованию оборудования конечного пользователя. Снижение качества электроэнергии определяется как любая проблема с питанием, проявляющаяся в отклонениях напряжения, тока и/или частоты, которые приводят к отказу и/или к отклонению в работе оборудования конечных пользователей.

В традиционной электрической сети причинами низкого качества электроэнергии являются переменные или нелинейные нагрузки, такие как пуск/останов больших моторных нагрузок, дуговых печей, освещения, переключающих устройств, тяговых приводов и т.п., а также сбои в электросети из-за старения сети, проблем с линиями электропередачи, изоляторами и т.п. Из-за высокого уровня проникновения в распределительную сеть возобновляемой энергии, такой как ветер, солнечная энергия, имеющих прерывистый или непредсказуемый характер, возникают дополнительные факторы, снижающие качество электроэнергии.

1. Параметры качества электроэнергии

На качество электроэнергии в распределительной сети влияют различные типы помех на стороне генератора и на стороне нагрузки, которые приводят к изменению рабочих характеристик электроснабжения. Параметры электропитания, такие как напряжение и частота, должны постоянно контролироваться. Изменения напряжения, частоты и уровня шума приводят к снижению качества электроэнергии. Приведем некоторые основные параметры качества электроэнергии:

1. Падение напряжения – это кратковременное явление в энергосистеме, при котором величина напряжения уменьшается от 10 до 90 процентов от номинального напряжения на частоте питания, в течение от 0,5 цикла до 1 минуты.

2. Гармоническое искажение – гармоники и субгармоники напряжения и тока вызываются различными типами нелинейных нагрузок, таких как дуговые печи, сварочные аппараты, выпрямители, импульсные источники питания, оборудование для обработки данных и т.д.

3. Скачки напряжения – очень быстрое увеличение напряжения в течение от нескольких микросекунд до нескольких миллисекунд. Всплески напряжения возникают из-за молний, переключения конденсаторов и отключения тяжелых нагрузок. Иногда это может повредить электронные компоненты, изоляционные материалы и вызвать электромагнитные помехи.

4. Прерывания напряжения – это состояние, при котором напряжение на клеммах питания близко к нулю. По определению, близкий к нулю означает ниже, чем 10 процентов от его номинальной величины. Перебои напряжения могут быть кратковременными (от нескольких миллисекунд до одной или двух секунд) или длительными (более одной или двух секунд). Обычно они возникают из-за срабатывания или отказа защитных устройств.

5. Дисбаланс напряжения в трехфазной системе означает, что величины трех напряжений различны, а разность фаз между ними не равна 120 градусам. Это обусловлено несбалансированной нагрузкой в трехфазной системе.

6. Отклонения частоты – это изменение относительно небольшого значения частоты вокруг его номинального значения. Частота питания является одним из наиболее важных параметров энергосистемы. Управление частотой питания является одной из наиболее сложных обязанностей энергосистемы.

7. Коэффициент мощности: Коэффициент мощности нагрузки определяется как отношение средней мощности к полной мощности. При

несинусоидальном питании на коэффициент мощности влияют гармоники тока. Для повышения коэффициента мощности в фильтре гармонической среды используются соответствующие конденсаторы. Основная техническая проблема связана с изменчивостью энергии ветра и солнца, которая влияет на нагрузку, баланс генерации, меняющийся спрос на реактивную мощность и стабильность напряжения [2].

2. Проблемы возобновляемых систем источников энергии – интеграция в сеть

2.1. Ветровая энергетическая система.

Из-за обильного наличия ветропотенциала выработка энергии ветра растет с целью развития электрификации сельских районов. Но есть некоторые ограничения для проникновения энергии ветра в сеть. Прогнозирование скорости ветра имеет высокую неопределенность, высокую волатильность и низкую предсказуемость, что снижает безопасность системы.

Большинство ветровых турбин не способны поддерживать реактивную мощность в системе. Высокое проникновение энергии ветра создает проблему стабильности и возможные отключения электроэнергии. Частотное поведение системы также изменяется с проникновением ветра из-за более низкой инерции ветрогенераторов. Проникновение энергии ветра снижает общую эффективность и качество электроэнергии.

Выявлено, что погрешности горизонтального сдвига ветра (направленности по ветру) влияют на мощность (крутящий момент) турбины, а эффекты вертикального сдвига ветра в тени башни – на колебания напряжения.

С точки зрения конструкции некоторые генераторы напрямую подключаются к сети через выделенный трансформатор, в то время как другие включаются через силовую электронику для улучшения управляемости и рабочего диапазона. Обзор литературы по новым сетевым кодам, принятым для задач интеграции большого количества энергии ветра в электрическую сеть, показывает, что новые ветряные электростанции должны быть в состоянии обеспечить управление напряжением и реактивной мощностью, управление частотой и устранение неисправностей, чтобы поддерживать стабильность электрических систем. С учетом этого, ветряные электростанции с индукционными генераторами с фиксированной скоростью должны быть сняты с производства, поскольку они не могут обеспечить требуемое управление напряжением или частотой. Обзор разработанных контроллеров для преобразователя системы, подключенной к сети, показывает, что асинхронные генераторы с двойным питанием в настоящее время имеют наиболее эффективную конструкцию для регулирования реактивной мощности и регулировки угловой скорости для максимизации эффективности выходной мощности. Эти генераторы также могут поддерживать систему во время провалов напряжения. Однако недостатками систем на основе преобразователей являются гармонические искажения, вводимые в систему [3].

2.2. Солнечная энергетическая система.

Значимое количество солнечной энергии доступно на земле. Клиенты заинтересованы в солнечной энергии из-за экологичности, гибкой установки и отсутствия потребления реактивной энергии солнечной батареей.

Но имеются ограничения солнечной генерации: высокая стоимость установки солнечных панелей, низкая мощность генерации, неопределенность солнечного излучения и колебаний мощности из-за перемежающегося поведения солнечного света. Солнечное проникновение также изменяет профиль напряжения и частотную характеристику системы. Фотоэлектрическая система разработана с коэффициентом мощности, равным единице, а характеристики выходной мощности зависят от инвертора. Поскольку фотоэлектрическая система не имеет инерции, для поддержания частоты в системе требуются дополнительные устройства.

Фотоэлектрическая система обеспечивает активную мощность системы и не потребляет реактивной мощности. В [4] изучены переходные эффекты от облачности, когда ФП были развернуты в качестве централизованной станции, и было обнаружено, что максимально допустимый уровень проникновения ФП на уровне системы составлял при этом приблизительно 5%, причем предел был наложен возможностями скорости набора мощности обычных генераторов.

При рассмотрении вопросов регулирования напряжения было установлено, что при прохождении облаков над областью с высокими уровнями проникновения PV, когда PV были распределены по широкой области, при уровнях проникновения 15% переходные процессы в облаке вызывают значительные, но разрешимые проблемы с колебаниями мощности в энергосистеме. Таким образом, можно полагать, что 15% является максимальным уровнем проникновения распределенных PV систем в энергосистему.

Определение подобных величин по проникновению ВИЭ в энергосистему Узбекистана является актуальной задачей для дальнейших научных исследований. магистерской диссертации.

3. Различные решения по использованию ВИЭ

Растущее число возобновляемых источников энергии и распределенных генераторов требует новых стратегий для эксплуатации и управления электрической сетью, чтобы поддерживать или даже улучшать надежность и качество энергоснабжения. Возобновляемые источники энергии, такие как солнечная энергия, ветер и т.п. ускорили переход к более экологичным источникам энергии. Учитывая вышесказанное, некоторые из ключевых решений для использования ВИЭ состоят в:

1. Балансе мощности с использованием ВИЭ выполняется путем интеграции ВИЭ с накопителем энергии. Преимущество этой системы состоит в том, что она позволяет осуществить интеграцию ВИЭ как на уровне распределительных сетей, так и в энергосистеме с использованием рынка электроэнергии и мощности.

2. Задействовании силовой электронной технологии, играющей важную роль в распределенной генерации и интеграции возобновляемых источников

энергии в электрическую сеть и быстро расширяется по мере того, как эти приложения становятся все более интегрированными с сетевыми системами. За последние несколько лет силовая электроника претерпела быстрое развитие благодаря двум факторам: разработке быстрых полупроводниковых переключателей, способных к быстрому переключению и росту их мощностей, и внедрению компьютерных контроллеров реального времени, которые могут реализовывать расширенные и сложные алгоритмы управления. Эти факторы привели к разработке экономичных и дружественных к сети преобразователей.

3. Эффекте от прерывистости выработки электроэнергии из ВИЭ, который можно снизить путем распределения выработки энергии из ВИЭ в более крупные географические районы небольшими мощностями вместо крупных единиц, сконцентрированных в одной области.

4. Наличием ирригационной нагрузки питание лучше подавать в ночное время или в период непииковой нагрузки, что обеспечивается традиционной сетью. С другой стороны, энергия, генерируемая ВИЭ, например, солнечными фотоэлектрическими станциями, генерируется в дневное время, поэтому разработчики могут использовать эту энергию для ирригационных целей взамен хранения энергии с целью использования в более позднее время, что увеличивает стоимость всей системы. Использование солнечных водяных насосов для орошения дает высокий К.П.Д., примерно от 80 до 90%, и стоимость откачки воды солнечным водяным насосом намного меньше, чем у насоса с асинхронным двигателем.

5. В применении больших солнечных фотоэлектрических станциях, выходная мощность колеблется в течение всего дня, и эта мощность подается в сеть. Непрерывно колеблющаяся мощность вызывает озабоченность по поводу обеспечения безопасности сети (с точки зрения устойчивости энергосистемы). Владелец солнечной фотоэлектрической установки должен установить систему хранения, что, конечно, приведет к дополнительным расходам для владельца установки. Даже когда система хранения полностью заряжена, эти элементы хранения не приносят прибыли владельцу системы. Поэтому вместо такой системы хранения целесообразнее установить насосную систему на основе солнечной энергии [5]. Альтернативный путь – создание установки накопителей осуществить на паритетной основе, разделив расходы по ним между владельцем солнечной станции и энергосистемой, например, поровну.

В результате проведенного анализа влияние возобновляемых источников энергии на энергосистему сделаны следующие выводы:

1. Приборы конечного пользователя становятся все более чувствительными к качеству электроэнергии.

2. Последние тенденции в системе выработки и распределения электроэнергии показывают, что уровень проникновения распределенной генерации в сеть значительно возрос, что приводит к изменению качества электроэнергии.

3. В данной статье представлен обзор причин проблем качества электроэнергии, связанных с системой распределения электроэнергии на основе возобновляемых источников энергии (энергия ветра, солнечная энергия).

Показано, что влияние проникновения ветра и солнечной энергии различно по природе: с проникновением ветра уровень напряжения уменьшается, с проникновением солнечной энергии – увеличивается.

4. В статье представлены некоторые доступные в литературе проблемы, связанные с интеграцией ВИЭ в энергосистемы:

- для минимизации колебаний напряжения и частоты жизнеспособным вариантом является применение новейших силовых электронных устройств;

- для снижения колебаний мощности в фотоэлектрических системах должно быть использовано хранение энергии, а также использование насосной нагрузки.

Список использованных источников

1. Sandhu M., Thakur T. (2014). Issues, Challenges, Causes, Impacts and Utilization of Renewable Energy Sources Grid Integration. // International Journal of Engineering Research and Applications, ISSN : 2248-9622, Vol. 4, Issue 3(Version 1), pp. 636-643.

2. Almeida, L. Moreira, J. Delgado (2013), Power Quality Problems and New Solutions, ISR Department of Electrical and Computer Engineering University of Coimbra, PloII, 3030-290 Coimbra (Portugal), Accessed on August 2014, pp. 1-9.

3. 1573-1574-1575 // International Journal of Current Engineering and Technology, Vol.6, No.5 (Oct 2016) Kulkarni and Shingare A review on power quality challenges in renewable energy grid integration

4. Gardner P., Tremblay M., and Price D. —Technical requirements for high-penetration wind : What system operators need, and what wind technology can deliver,|| in *CIGRE/IEEE PES //Joint Symposium ON Integration of Wide-Scale Renewable Resources Into the Power Delivery System*, July 2009, pp. 1–11.

5. Liu H., Jin L., Le D., and Chowdhury A. —Impact of high penetration of solar photovoltaic generation on power system small signal stability,|| in *International Conference on Power System Technology (POWERCON)*, Oct. 2010, п. 1–7.