ЦЕЛЕСООБРАЗНО ПЕРЕФОРМУЛИРОВАТЬ ЗАДАЧИ, СВЯЗАННЫЕ С МОДЕЛИРОВАНИЕМ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА



Умаров Бобуржон Килич угли, старший преподаватель филиала Казанского (Приволжского) федерального университета в городе Джизаке

Аннотация

Актуальность разработки новых математических моделей электрических нагрузок сельских потребителей обосновывается тем, что произошли изменения в их структуре и составе, изменились их характеристики, а также требования к надежности электроснабжения и качеству поставляемой им электроэнергии. Вследствие этого невозможно получить достоверные данные, используя существующие методы моделирования электрических нагрузок. Для испытания новых средств автоматизации сельских электрических сетей требуется создание физических моделей электрических нагрузок. Создание физических моделей в свою очередь позволит выполнять испытания новых средств мониторинга режимов работы потребителей, средств и систем учёта электроэнергии, автоматизации и цифровизации, интеллектуализации электрических сетей.

Ключевые слова: Моделирование, электрические нагрузки, математическая модель сельских потребителей, физическая модель сельских потребителей.

Annotation

The relevance of modeling electric loads of rural consumers is justified by the fact that due to changes in the structure and composition of rural consumers, their characteristics, as well as requirements for the reliability of power supply and the quality of electricity supplied to them, it is impossible to obtain reliable data at the moment, using existing methods of modeling electric loads and testing new automation tools for rural electric networks. The creation of physical models, in turn, will allow testing of new tools for monitoring the operating modes of consumers, means and systems for electricity metering, automation and digitalization, and intellectualization of electric networks.

Keywords Modeling, electrical loads, mathematical model of rural consumers, physical model of rural consumers.

Введение. Большинство коммунально-бытовых, административных и часть производственных потребителей в сельской местности получают питание непосредственно от электрических сетей 0,4 кВ. Те потребители, которые подключены к сетям 6 кВ и выше, имеют собственные трансформаторные подстанции (ТП) 6(10)/0,4 кВ, от которых питание к конкретным объектам также подаётся на напряжении 0,4кВ, или 0,23 кВ.

Электрические нагрузки сельских потребителей изменяются как по мощности, так и по другим характеристикам. Так, в [1] приводятся данные, согласно которым в 1972 году электропотребление на жилой дом составляло 280-370 кВт·ч/год [2] а на 2017 год среднее электропотребление уже составляет 800-3000 кВт·ч/год [3]. Также проанализирована структура электроприёмников в жилых домах и их установленная мощность [1].

Изменяются и электрические нагрузки производственных сельскохозяйственных объектов [4, 5]. При этом повышаются требования сельских потребителей, как к надёжности электроснабжения, так и к качеству поставляемой электроэнергии. Это связано с внедрением в сельское хозяйство большого количества автоматизированных систем управления технологическими процессами, роботизацией процессов переработки сельскохозяйственной продукции, выращивания животных и растений.

Значительный рост числа потребителей с нелинейной характеристикой приводит к возникновению гармонических искажений напряжения сети, что в свою очередь негативно сказывается на качестве электроэнергии.

Отключения в электрических сетях, нарушения качества электроэнергии приводят к значительным ущербам для сельскохозяйственных предприятий [6].

Результаты и обсуждение. Для удовлетворения возросших требований к надёжности электроснабжения и качеству электроэнергии развиваются новые концепции развития электрических сетей, в том числе концепции интеллектуальных сетей [7-11].

Активно развиваются и уже внедряются за рубежом технологии создания микросетей, включающих в себя потребителей, распределенную генерацию, накопители и виртуальные электрические станции (virtual power plants) VPP [12, 13], которые осуществляют централизованное управление распределенной генерацией [14].

В России также рассматриваются варианты развития распределённой генерации на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и разрабатываются меры по поддержке этого направления, в том числе в сфере сельского хозяйства [15].

Развитие электросетевого хозяйства, распределённой генерации, изменения структуры и характеристик потребителей требует проведения большого объёма научных исследований, направленных на разработку новых решений по автоматизации и цифровизации электрических сетей, оптимизации режимов их работы с учётом присоединения ВИЭ.

И одной из важных задач является выполнение работ по созданию адекватных физических и математических моделей электрических нагрузок потребителей, которые позволили бы проводить испытания новых образцов оборудования автоматизации электрических сетей и систем электроснабжения, мониторинга режимов их работы.

Большое количество отечественных и зарубежных ученых: Шуцкий В.И., Саков В.В., Фармер Е.Д., Волобринский С.Д., Будзко И.А. и т.д. проводили исследования в данном направлении, результаты данных исследований легли в основу теоретической базы и существующих методик прогнозирования электрических нагрузок [16-19]. На сегодняшний день также многие ученые решают данную проблему и предлагают свои нестандартные методы [20, 21]. Большая часть существующих моделей электрических нагрузок предназначена для систем, работающих от автономных или возобновляемых источников энергии. Так, например, «Физическая модель электрических нагрузок автономных энергетических систем», предложенная Обуховым С.Г., Плотниковым И.А., Маровым Д.Ю., представляет собой комплекс по исследованию электрических нагрузок

потребителей малой мощности децентрализованных зон, потребляющих энергию от автономных систем электроснабжения [22]. В свою очередь графики электропотребления сельскохозяйственных предприятий отличаются более сложным поведением, и данный метод не позволит построить достоверные прогнозы для потребителей данной категории.

Максимально приближенной к агропромышленному комплексу является система, предложенная Сбитневым Е.А. и Осокиным В.Л. «Моделирование параметров электрической сети сельскохозяйственного предприятия в среде MATLAB». Цель данной работы – выявление источника высших гармоник [23]. Недостатком данной работы является её узкая направленность, а также отсутствие физической модели, проверяющей адекватность математического моделирования, что может в свою очередь послужить причиной ошибок при использовании модели.

Большую сложность при расчётах электрических сетей, получающих питание от ВИЭ, представляет отсутствие математических моделей инверторов, частотных преобразователей, которые можно было бы использовать при определении токов короткого замыкания в электрической сети, питаемой от ВИЭ с инверторами.

Для выполнения моделей электрических нагрузок сельских потребителей необходимо выполнить большую исследовательскую и статистическую работу по исследованию параметров и режимов работы потребителей, особенностей, применяемых в их составе электроприёмников. Полученные модели должны отображать особенности изменений параметров режимов работы потребителей при изменении параметров режимов электрической сети, имитировать графики мощности потребителей.

Целью моделирования является создание комплекса с возможностью моделирования: изменения активной и реактивной мощности; токов короткого замыкания; характерного для разных потребителей графика нагрузки, в том числе по активной и реактивной мощности; внесения характерных искажений в качество электрической энергии; поведения электроприёмников и потребителей при изменении параметров режимов работы электрической сети; моделирования других режимов работы.

Для достижения указанной цели необходимо решить ряд задач:

- исследовать параметры и режимы работы реальных современных сельских потребителей различного назначения;
- детально проанализировать задачи физического и математического моделирования электрических нагрузок и режимов работы сельских потребителей электрической энергии;
- разработать математические модели электрических нагрузок и режимов работы сельских потребителей электрической энергии;
- разработать и испытать физические модели электрических нагрузок и режимов работы потребителей электрической энергии;
- изучить технико-экономические показатели разработанных физических моделей электрических нагрузок и режимов работы потребителей электрической энергии.

Выводы

1. Изменение структуры и состава сельских потребителей, их характеристик, повышение требований к надёжности электроснабжения и качеству поставляемой им электроэнергии не позволяет использовать с достаточной степенью достоверности существующие математические и физические модели для прогнозирования электрических нагрузок, испытания новых средств автоматизации сельских электрических сетей.

2. Создание адекватных математических моделей сельских потребителей позволит более качественно рассчитывать нагрузки сельских электрических сетей, выбирать электрооборудование, обосновывать необходимые мероприятия по повышению надёжности электрических сетей и решать другие задачи.

3. Создание физических моделей позволит выполнять испытания новых средств мониторинга режимов работы потребителей, средств и систем учёта электроэнергии, автоматизации и цифровизации, интеллектуализации электрических сетей.

Список используемых литератур:

1. Виноградов А.В., Виноградов А.В. Анализ потребления электроэнергии сельским населением на примере Орловской области // Актуальные вопросы энергетики в АПК : матер всерос. науч.-прак. конф. с междунар. участием / отв. ред. канд. с-х.наук, доц. О.А. Пустовая. Благовещенск.: Изд-во Дальневосточного гос. аграрного ун-та, 2018. С 21-23.

2. Левин М.С, Мурадян А.Е., Сырых Н.Н. Качество электроэнергии в сетях сельских районов. М.: Энергия, 1975. 224 с.

3. Абдиев, Х., Умаров, Б., & Тоштемиров, Д. (2021). Структура и принципы солнечных коллекторов. In *НАУКА И СОВРЕМЕННОЕ ОБЩЕСТВО: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ДОСТИЖЕНИЯ И ИННОВАЦИИ* (pp. 9-13).

4. Yuldashev, F., & Bobur, U. (2020). Types of Electrical Machine Current Converters. *International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS) ISSN*, 162-164.

5. Mustofoqulov, J. A., Umarov, B. K., Astashkov, N. P., Druzhinina, T. Y., & Sobolev, V. I. (2021, October). Automated system for warming up traction electrical equipment of an electric locomotive. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2032, No. 1, p. 012075). IOP Publishing.