

Научная статья
УДК 621.316.1

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-100-6-69-73

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-10/0,4 кВ

Антон Михайлович Никитин, Валерий Александрович Безик, Ольга Евгеньевна Широбокова
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В статье представлен структурный анализ потерь электроэнергии в сельских распределительных сетях напряжением 6-10/0,4 кВ, выявлены факторы, которые оказывают негативное воздействие на распределительные сети напряжением 6-10/0,4 кВ, а так же рассмотрены способы полного или частичного снижения воздействия данных негативных факторов. Изменения параметров электрической энергии таких как: частота, значение и форма напряжения, симметрия напряжений, в трехфазных распределительных системах электропитания, разделяют на категорию продолжительных изменений параметров напряжения и категорию, вызванную случайными событиями. Категория продолжительных изменений параметров напряжения распределительной сети представляет собой длительные отклонения основных параметров напряжения, как правило, вызванные изменением уровня нагрузки либо воздействием нелинейных потребителей на распределительную сеть. Случайные события являются внезапными, приводящими к изменениям формы напряжения и его отклонению от номинальных параметров. Такие воздействия на распределительную сеть вызываются непредсказуемыми событиями или внешними воздействиями, такими как погодные условия, выход из строя оборудования и т.д. Конфигурации сетей электроснабжения не соответствуют настоящим режимам работы распределительных сетей, а так же уровень нагрузки на распределительные сети вырос в несколько раз, в результате чего происходит перегрузка одних элементов сети и недогрузка других элементов что, в свою очередь, влияет прямым образом на уровень потерь в распределительной сети 6-10/0,4 кВ. В сложившейся ситуации актуальной задачей является снижение потерь электроэнергии в распределительных сетях за счет компенсации потерь реактивной мощности. Потери можно компенсировать за счет мероприятий направленных на компенсацию реактивной мощности и за счет повышения энергоэффективности энергетического комплекса.

Ключевые слова: электроснабжение, электрические нагрузки, распределительные сети, потери электроэнергии, активная мощность, реактивная мощность, качество электроэнергии, компенсация реактивной мощности.

Для цитирования: Никитин А.М., Безик В.А., Широбокова О.Е. Анализ потерь электроэнергии в сельских распределительных сетях напряжением 6-10/0,4 кВ // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 6 (100). С. 69-73. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-69-73>.

Original article

ANALYSIS OF ELECTRICITY LOSSES IN RURAL DISTRIBUTION NETWORKS WITH A VOLTAGE OF 6-10/0.4 kV

Anton M. Nikitin, Valeri A. Bezik, Ol'ga E. Shirobokova
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. The article presents a structural analysis of electricity losses in rural distribution networks with a voltage of 6-10/0.4 kV. Factors that have a negative impact on distribution networks with a voltage of 6-10/0.4 kV have been identified, and ways to fully or partially reduce the impact of these negative factors have been considered. Changes in electrical energy parameters such as: frequency, voltage value and shape, voltage symmetry, in three-phase power distribution systems, are divided into the category of continuous changes in voltage parameters and the category caused by random events. The category of long-term changes in the voltage parameters of the distribution network represents long-term deviations of the main voltage parameters, as a rule, caused by a change in the load level or the impact of nonlinear consumers on the distribution network. Random events are sudden, leading to changes in the voltage shape and its deviation from the nominal parameters. Such impacts on the distribution network are caused by unpredictable events or external influences, such as weather conditions, equipment failure, etc. The configurations of power supply networks do not correspond to the current operating modes of distribution networks, as well as the load level on distribution networks has increased several times, resulting in overload of some network elements and underloading of other elements, which in turn, it directly affects the level of losses in the distribution network of 6-10/0.4 kV. In the current situation, an urgent task is to reduce the loss of electricity in distribution networks by compensating for reactive power losses. Losses can be compensated through measures aimed at compensating reactive power and by improving the energy efficiency of the energy complex.

Keywords: power supply, electrical loads, distribution networks, electricity losses, active power, reactive power, power quality, reactive power compensation.

For citation: Nikitin A.M., Bezik V.A., Shirobokova O.E. Analysis of electricity losses in rural distribution networks with a voltage of 6-10/0.4 kV. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2023; (6): 69-73 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-69-73>.

Введение. Изменения характеристик напряжения электропитания в точке передачи электрической энергии пользователю электрической сети, относящихся к частоте, значениям, форме напряжения и симметрии напряжений в трехфазных системах электроснабжения, подразделяют на две категории - продолжительные изменения характеристик напряжения и случайные события. Продолжительные изменения характеристик напряжения электропитания представляют собой длительные отклонения характеристик напряжения от номинальных значений и обусловлены, в основном, изменениями нагрузки или влиянием нелинейных нагрузок. Случайные события представляют собой внезапные и значительные изменения формы напряжения, приводящие к отклонению его параметров от номинальных. Данные изменения напряжения, как правило, вызываются непредсказуемыми событиями или внешними воздействиями [1,2].

Электроснабжение сельскохозяйственных потребителей имеет ряд особенностей, таких как: расположение маломощных потребителей на большой территории и структура построения распределительных сетей, как правило, основана на радиальной схеме, что в свою очередь говорит о малой плотности и большой протяженности линий электропередач. Все это приводит к увеличению расхода активной и реактивной мощностей и увеличению падения напряжения в распределительных сетях 6-10/0,4 кВ [1,2].

Электрические нагрузки в сельских распределительных сетях 6-10/0,4 кВ постоянно изменяются. С каждым годом возрастает удельная нагрузка на жилые дома за счет насыщения бытовыми электроприборами и подключения новых потребителей либо отключения старых, особенно в производственном секторе. Все это приводит к тому, что сельские распределительные сети 6-10/0,4 кВ характеризуют как сети с нелинейной нагрузкой [3].

Методы и материалы исследований. По проведенным исследованиям [9,7] на долю распределительных сетей напряжением 6-10/0,4 кВ приходится 33,5% потерь от общего количества технических потерь электроэнергии. Кроме того в распределительных сетях напряжением 6-10/0,4 кВ сосредоточены коммерческие потери в связи с хищениями и недостатками систем учета. В будущем нагрузка на распределительные сети напряжением 6-10/0,4 кВ будет увеличиваться, что повлечет за собой увеличение потерь в распределительных сетях напряжением 6-10/0,4 кВ [3].

В каждом элементе распределительной сети возникают разного рода потери. Структура потерь электроэнергии в распределительных сетях напряжением 6-10/0,4 кВ выглядит следующим образом (рис. 1).



Рисунок 1 - Структура потерь электроэнергии в распределительных сетях напряжением 6-10/0,4 кВ

Технологические потери распределяемой энергии в сетях 6-10/0,4 кВ состоят из технических потерь 78%, включающих в себя условно-постоянные потери 57 % и нагрузочные потери 21%; потери системы измерения параметров распределительной сети 22% [3,5].

Проведенный анализ структуры потерь электроэнергии показывает то, что нагрузоч-

ные потери распределительной сети не большие и равны 21 % [9]. Основными потерями, занимающими больше половины от всех потерь (57%), являются условно-постоянные потери. На основании исследований распределительных сетей 6-10/0,4 кВ, построена диаграмма условно-постоянных потерь (рис. 1).

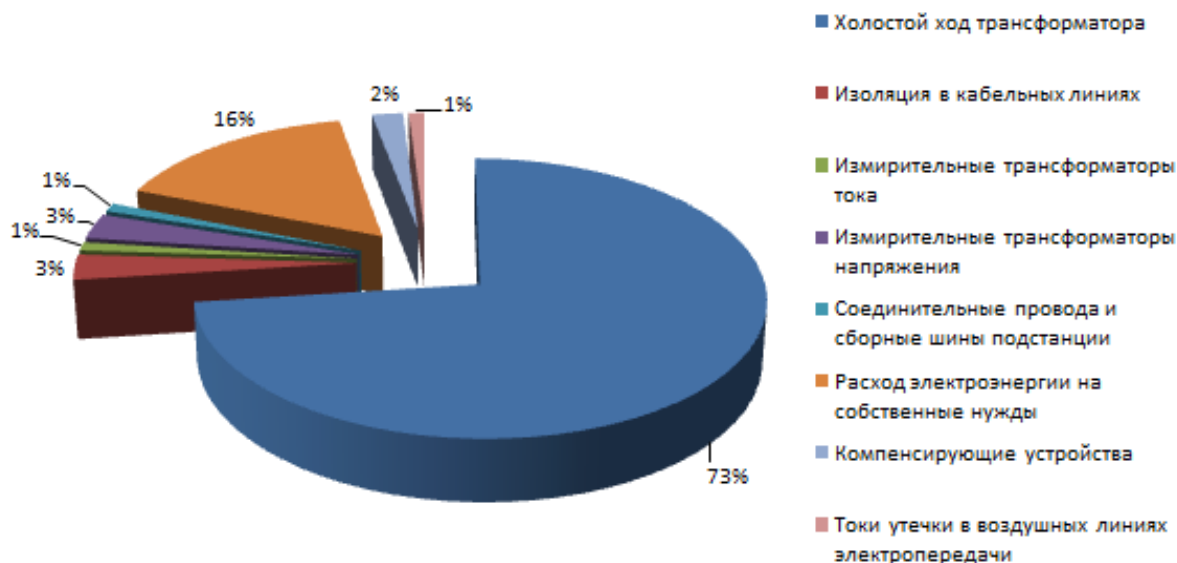


Рисунок 2 – Диаграмма распределения условно-постоянных потерь распределительных сетей 6-10/0,4 кВ

На основании полученной диаграммы (рисунок 1) 73 % из общего числа потерь, составляют потери холостого хода преобразующих силовых трансформаторов. Связанные с этим потери объясняются реактивной мощностью намагничивания. Определяющей задачей становится выявление факторов, которые оказывают негативное воздействие на работу силовых трансформаторов в распределительной сети 6-10/0,4 кВ, с возможностью полного или частичного снижения воздействия данных негативных факторов [4,8,10].

На основании проведенного анализа распределительной сети 6-10/0,4 кВ нами была построена диаграмма нагрузочных потерь от протекания активной и реактивной мощностей (рис. 3).

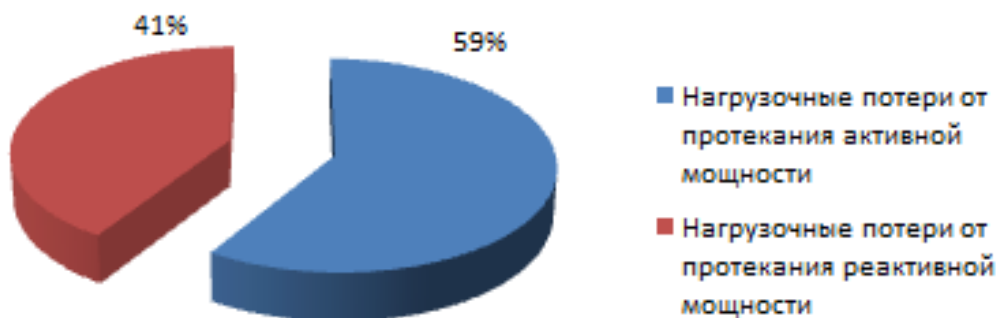


Рисунок 3– Диаграмма нагрузочных потерь от протекания активной и реактивной мощностей распределительной сети 6-10/0,4 кВ

Из диаграммы следует, что нагрузочные потери распределительной сети 6-10/0,4 кВ зависят от величины протекающей реактивной мощности, при этом их уровень составляет 41%, что негативно влияет на распределительную сеть 6-10/0,4 кВ и качество электроэнергии.

На рисунке 4 приведена диаграмма потерь электроэнергии в распределительной сети 6-10/0,4 кВ за период с 2018 по 2022 годы.

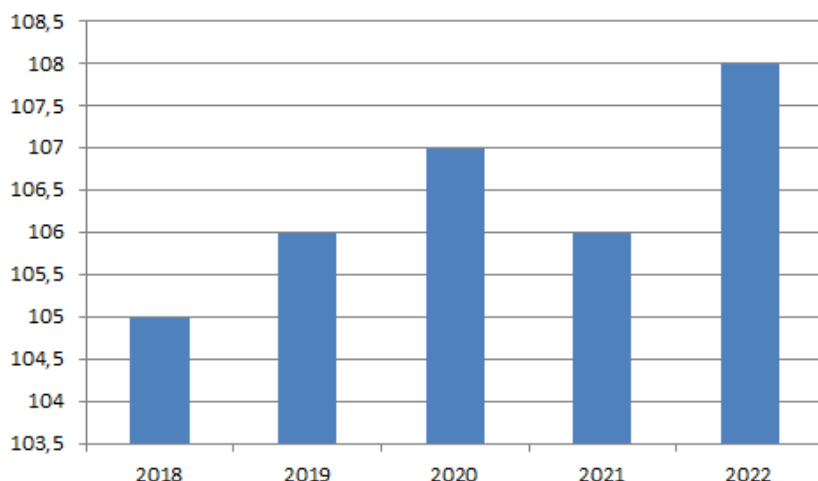


Рисунок 4 – Диаграмма потерь электроэнергии в распределительной сети 6-10/0,4 кВ за период с 2018 по 2022 годы

На основании полученной диаграммы потери электроэнергии в распределительной сети 6-10/0,4 кВ за период с 2018 по 2022 годы выросли, и в дальнейшем будут увеличиваться. Оборудование и устройства, применяемые в распределительной сети 6-10/0,4 кВ, устарели, режимы работы распределительной сети 6-10/0,4 кВ так же стали неоптимальными и влияют на уровень потребляемой реактивной мощности [6].

Обеспечение уровня качества электроэнергии устанавливаются технологическими регламентами, в которых проговариваются специфические возможности участников оптового рынка влиять на уровень качества электрической энергии в соответствии с ГОСТ 32 144 – 2013 [1].

Выводы. Конфигурация распределительных сетей, которые были построены в прошлом столетии и используемое оборудование в распределительных сетях не соответствуют сегодняшним нагрузкам и режимам работы. В результате чего происходит перегрузка одних элементов сети и недогрузка других элементов что, в свою очередь, влияет прямым образом на уровень потерь в распределительной сети 6-10/0,4 кВ.

В сложившейся ситуации актуальной задачей является снижение реактивной мощности за счет её компенсации. За счет мероприятий направленных на компенсацию реактивной мощности можно снизить потери электроэнергии и повысить энергоэффективность энергетического комплекса в целом.

Список источников

1. ГОСТ 32 144 – 2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения : национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2014-07-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. М.: Стандартинформ, 2014. 21 с.
2. Ткачёв А.Н., Селунский В.В. Электрические машины: учеб. пособие. Челябинск: ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет», 2021. – Режим доступа: <https://www.inueco.ru/tio/2021/978-5-6046573-3-1.pdf>, свободный. Загл. с экрана. 131 с.
3. Извеков Е.А., Косенков Р.И. Анализ потребления реактивной мощности асинхронными электродвигателями // Наука, образование и инновации в современном мире: материалы нац. науч.-практ. конф. Ч. I. Воронеж: Воронежский ГАУ, 2019. С. 128-135.
4. Осинцева В.В., Мезенцев П.А. Роль устройств защиты в повышении надежности работы асинхронных электродвигателей // Современные тенденции и инновации в науке и производстве: материалы XII междунар. науч.-практ. конф. Междуреченск: ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачёва, 2023. С. 553.1-553.5.
5. Шумский Д.В. Повышение энергетической эффективности электроприводов // Наука и молодежь: материалы XX Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2023. С. 311-313.
6. Сафронов Р.И., Милютин С.А. Влияние коммутационных перенапряжений на надежность электрооборудования // Электроэнергетика сегодня и завтра: сб. науч. ст. 2-й междунар. науч.-техн. конф. Курск: Курская ГСХА им. И.И. Иванова, 2023. С. 104-108.

7. Сафронов Р.И., Милютин С.А. Диагностика технического состояния электрооборудования // Электроэнергетика сегодня и завтра: сб. науч. ст. 2-й междунар. науч.-техн. конф. Курск: Курская ГСХА им. И.И. Иванова, 2023 С. 109-113.
8. Анализ эксплуатационных режимов систем электроснабжения с распределительной генерацией и потреблением / Л.Н. Канов, С.А. Конева, А.К. Пронина, Е.Н. Ходак // Энергетические установки и технологии. 2023. Т. 9, № 1. С. 128-137.
9. Беляевский Р.В. Повышение энергоэффективности территориальных сетевых организаций при оптимизации потребления реактивной мощности: дис. ... канд. тех. наук: 05.09.03 / науч. рук. В.М. Ефременко. Кемерово: Кузбасский государственный техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева, 2015. 132 с.
10. Вахитова А.В. Влияние коэффициента загрузки трансформаторов на потери // Экология и безопасность жизнедеятельности: сб. ст. XXII междунар. науч.-практ. конф. Пенза: Пензенский ГАУ, 2022. С. 57-60.
11. Ториков В.Е., Погоньшев В.А., Погоньшева Д.А. Ресурсосбережение в сфере сельского хозяйства // Аграрный вестник Верхневолжья. 2021. № 1 (34). С. 24-32.

Информация об авторах:

А.М. Никитин – кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и электротехнологий, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ

В.А. Безик – кандидат технических наук, доцент кафедры автоматики, физики и математики, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

О.Е. Широбокова – кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и электротехнологий, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

A.M. Nikitin - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electroenergetics and Electrical Technologies, Bryansk State Agrarian University.

V.A. Bezik - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automation, Physics and Mathematics, Bryansk State Agrarian University.

O.E. Shirobokova - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electroenergetics and Electrical Technologies, Bryansk State Agrarian University

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 30.10.2023; одобрена после рецензирования 27.11.2023, принята к публикации 30.11.2023.

The article was submitted 30.10.2023; approved after reviewing 27.11.2023; accepted for publication 30.11.2023

© Никитин А.М., Безик В.А., Широбокова О.Е.