



ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТОВ ПОСЛЕДСТВИЙ ОТКАЗОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ С МОНОПОТРЕБИТЕЛЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Ю.А. Секретарев, Д.А. Меняйкин

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, Россия
Denmen1305@mail.ru

Резюме: Надежность электроснабжения потребителей является важной задачей в процессе передачи и распределения электрической энергии. В работе предложена методика оценки последствий отказов электроснабжения монопотребителей электрической энергии на примере нефтяной компании и смежного электросетевого предприятия. Уникальность разработанной методики заключается в возможности достоверного расчета надежности электроснабжения сложных разветвленных электрических сетей без учета детальной схемы электроснабжения. Повышена точность расчетов за счет применения данных непосредственно исследуемой энергосистемы, учитывающих специфику и условия эксплуатации конкретного оборудования, вместо среднестатистической информации. Произведена классификация отказов на основные причины в электрических сетях нефтедобывающего предприятия крайнего севера, что позволило разработать мероприятия по повышению уровня надежности электроснабжения.

Ключевые слова: надежность энергосистемы, отказ элемента, ущерб у потребителя и электросетевого предприятия, электроснабжение, распределительные электрические сети.

Для цитирования: Секретарев Ю.А., Меняйкин Д.А. Особенности расчетов последствий отказов электроснабжения в распределительных сетях с монопотребителем электрической энергии // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2020. Т. 22. № 2. С. 43-50 doi:10.30724/1998-9903-2020-22-2-43-50.

FEATURES OF CALCULATIONS OF CONSEQUENCES OF FAILURES OF POWER SUPPLY IN DISTRIBUTION NETWORKS WITH THE MONOCONSUMER OF ELECTRIC ENERGY

YA. Sekretarev, DA. Menyainkin

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia
Denmen1305@mail.ru

Abstract: Reliability of power supply of consumers is an important task in the process of transmission and distribution of electric energy. The paper proposes a method for assessing the consequences of power failures of monoconsumers of electric energy on the example of an oil company and an adjacent power grid company. The uniqueness of the developed technique lies in the possibility of reliable calculation of reliability of power supply of complex branched electric networks without taking into account the specific scheme of power supply. The accuracy of calculations is increased due to the use of data directly studied power system, taking into account the specifics and operating conditions of specific equipment, instead of the average information. Classification of failures on the main reasons in electric networks of the oil-producing enterprise of the far North that allowed to develop actions for increase of level of reliability of power supply is made.

Keywords: The reliability of the power system, the failure of an element, the damage of the consumer and the power grid systems, electricity, the electrical distribution system

For citation: Sekretarev YA., Menyainkin D. Features of calculations of consequences of failures of power supply in distribution networks with the monoconsumer of electric energy // *Power engineering: research, equipment, technology*. 2020; 22(2):43-50. doi:10.30724/1998-9903-2020-22-2-43-50.

Введение

Разработанные на сегодняшний день схемные методы расчета надежности электроснабжения основаны на общей статистике отказов элементов схемы электроснабжения и не принимают во внимание местные факторы для конкретной схемы электроснабжения и условий эксплуатации оборудования [1,2,3]. В случае сложной замкнутой системы электроснабжения с множеством точек потребления корректно оценить надежность этой системы не представляется возможным. Зачастую схема электроснабжения выполнена таким образом, что некоторые точки потребления приходится учитывать несколько раз при расчете надежности, что некорректно. Зарубежные исследователи [4–8] сталкиваются с той же проблемой.

В условиях реального электроснабжения между производителями электрической энергии и потребителями есть еще одно звено. Это распределительные электрические сети. Эту работу выполняют отдельные предприятия, которые распределяют и передают электрическую энергию от станций генерации до конечного потребителя. В основном из-за аварий или ошибочного действия персонала именно в этом звене происходит сбой в электроснабжении конечных потребителей. С другой стороны, именно надежные и грамотно спроектированные распределительные сети продолжают поставлять электрическую энергию при аварии на одной из генерирующих станций. Логично, что специфика работы таких предприятий имеет свои характерные особенности, которые необходимо учитывать при расчетах.

В первую очередь, тут необходимо ввести и разделить такие понятия, как время восстановления элемента и продолжительность отключения. Так как при выходе из строя генератора или сопутствующего элемента на генерирующей станции возникает дефицит мощности, и недоотпуск электроэнергии длится до полного восстановления элемента, что обусловлено дополнительными существенными финансовыми затратами. Конфигурация распределительных сетей изначально проектируется таким образом, чтобы обеспечить замкнутость схемы электроснабжения потребителя. Даже потребитель 3 категории электроснабжения до отпайки тупиковой ветви или одного силового трансформатора запитан по сложной само резервирующей схеме. Т.е. при выходе из строя любого из элементов цепи, есть возможность запитать потребителя с помощью другого участка распределительной сети, тогда электроснабжение потребителя восстанавливается гораздо быстрее, чем восстановление поврежденного элемента. Технически это реализуется с помощью работы автоматики или ручным переключением оперативно-выездной бригады. В отличие от времени восстановления элемента, продолжительность отключения практически не зависит от вида повреждения, так как неважно вышел из строя коммутационный аппарат, кабельные линии (КЛ) или воздушные линии (ВЛ), поскольку время переключения потребителя на другой источник зависит от наличия и правильности срабатывания автоматики или от оперативности бригады ОВБ. Поэтому это характеристика не элемента, а конкретной энергосистемы.

Поэтому для оценки надежности электроснабжения распределительных сетей необходимо применять иной подход [9]. Поскольку надежность электроснабжения напрямую связана с ущербом от перерывов электроснабжения, то справедливо будет оценивать именно ущербы от перерывов электроснабжения. По сути, ущерб в данном случае является стоимостным показателем надежности электроснабжения. Чем чаще и тяжелее аварии в сетях, тем соответственно и выше показатель ущерба [10].

Величина ущерба от перерывов электроснабжения потребителей за определенный период времени зависит от количества сбоев в электроснабжении, их продолжительности и стоимости затрат на ликвидацию последствий. Время восстановления и стоимость ремонта силового трансформатора значительно выше, чем ликвидация таких аварий, как обрыв провода на ВЛ или раскол изолятора.

Еще одной особенностью данного звена энергосистемы является то, что существуют электросетевые предприятия с различными видами потребителей. Монопотребители электрической энергии (нефтедобывающие компании, промышленно-логистические парки и т.д.) и распределительные электрические сети с большим количеством различных потребителей (города).

При перерывах в электроснабжении помимо электросетевого предприятия может возникать ущерб у потребителя. В том случае, когда электросетевое предприятие направлено на электроснабжение городов [11], тогда величину ущерба от перерывов в электроснабжении у потребителей, как показал анализ в [12], посчитать практически невозможно и нецелесообразно. Потому что при огромном количестве потребителей различных категорий электроснабжения коммунально-бытового и офисных секторов ущерб от перерывов электроснабжения не возмещается.

В случае, когда распределительные сети имеют закрытый характер и направлены на работу единого потребителя с множеством точек потребления электрической энергии и обширной географией расположения, необходимо учитывать не только составляющие ущерба в электросетевом предприятии, но и у потребителя [12,13]. Далее в работе будет исследовано электросетевое предприятие с монопотребителем электрической энергии.

Для этого было рассмотрено электросетевое предприятие, которое обслуживает 5 нефтедобывающих месторождений. Название предприятия и точное территориальное расположение месторождений по просьбе владельцев разглашению не подлежит. Климатические условия работы предприятия – крайний север.

Материалы и методы

Для анализа аварийности в распределительных электрических сетях были предоставлены сводки аварий, произошедших в электрических сетях нефтедобывающего предприятия с 2008 года по июнь 2018 года.

За рассматриваемый интервал времени для энергосистемы целесообразнее всего принимать промежуток времени равный одному году. Ключевые показатели, которыми можно оперировать в дальнейшем это количество аварий в единицу времени (параметр потока отказов) и средняя продолжительность отключения [14]. Среднюю продолжительность отключения для наглядности и удобства расчетов целесообразнее измерять в часах.

Изучив журналы аварий, было произведено разделение событий на группы. Для дальнейшего анализа все повреждения были разделены на три вида:

- погодные условия – гроза, ветер, выдавливание грунта, падение деревьев, обледенение проводов;
- дефект/поломка – выход из строя оборудования, старение изоляции, обрыв, заводские и монтажные дефекты;
- постороннее воздействие – порыв проводов сторонней техникой, другие вмешательства третьих лиц.

Из предоставленных сводок было рассчитано среднее время отключения для каждого года. А также общее количество отключений с разделением по видам аварий. Полученные данные сведены в табл. 1.

Таблица 1

Данные по повреждениям электротехнического оборудования

| год | Количество отключений | Погодные условия | Дефект/поломка оборудования | Постороннее воздействие | Среднее время отключения, ч |
|------|-----------------------|------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 2008 | 37 | 6 | 12 | 19 | 4,86 |
| 2009 | 37 | 11 | 14 | 12 | 16,4 |
| 2010 | 36 | 10 | 6 | 20 | 3,7 |
| 2011 | 20 | 5 | 1 | 14 | 5,5 |
| 2012 | 23 | 9 | 6 | 8 | 3,55 |
| 2013 | 18 | 5 | 6 | 7 | 2,4 |
| 2014 | 29 | 9 | 7 | 13 | 5 |
| 2015 | 24 | 7 | 5 | 12 | 3,8 |
| 2016 | 13 | 6 | 4 | 3 | 2,5 |
| 2017 | 20 | 9 | 6 | 5 | 7 |
| 2018 | 7 | 2 | 5 | 0 | 5,9 |
| | $N_{cp}=25.7$ | $N_{cp}=7.7$ | $N_{cp}=6.7$ | $N_{cp}=11.3$ | $T_{cp}=5.51$ |

Для наглядности на рис.1 приведено соотношение между видами повреждения по каждому году.

Исходя из предоставленных данных по аварийным ситуациям и произведенных по ним расчетов и классификации выяснилось, что большая часть повреждений, а соответственно и перерывов в электроснабжении объектов происходит по причине посторонних воздействий. 11 из 25 аварий в год происходит по причине внешних

воздействий третьих лиц. Неорганизованные и бесконтрольные работы строительной, погрузочной и транспортировочной техники.

Возможные методы по снижению посторонних воздействий:

- ужесточение ответственности и возложение убытков на виновников повреждения электроэнергетического оборудования;
- координация работ между энергетическими и хозяйственными предприятиями в охранных зонах ВЛ;
- присутствие электротехнического персонала при проведении работ вблизи ВЛ и другого оборудования;
- организация движения автотранспорта и спецтехники в местах пересечения дорог с ВЛ;
- изменение маршрутов движения техники.

Следующий вид повреждений, который оказывает существенное влияние на уровень надежности электроснабжения нефтедобывающего предприятия – это погодные условия. 8 из 25 аварий в год.

Методы по снижению погодных воздействий:

- переход на самонесущие изолированные провода (СИП);
- своевременная подрубка деревьев в охранной зоне ВЛ;
- повышение уровня грозозащиты.

Наименьшее влияние на надежность электроснабжения, 6 из 25 случаев, оказывает поломка оборудования.

Методы по снижению выхода из строя оборудования:

- своевременный контроль, профилактика и ремонт оборудования;
- рациональное использование ресурсов оборудования (не превышать номинальные значения элементов системы электроснабжения);
- реконструкция устаревшего оборудования;
- применение материалов, соответствующих суровым и тяжелым климатическим условиям.



Рис. 1. Виды повреждений

Средняя продолжительность отключения составила 5,51 ч. В 2009 году наблюдались частые аварии с большим промежутком времени отключения, что сильно отличается от других годов. Поэтому для большей точности справедливо будет не учитывать этот год, тогда средняя продолжительность отключения составит 4,42 ч. Учитывая специфику работы и тяжелые погодные условия — это время составляет ниже среднего по РФ. Снизить данный показатель надежности электроснабжения можно за счет резервирования потребителей электроснабжения и закольцованности схем электроснабжения. Также необходимо обеспечить запас материалов для восстановительных работ и высококвалифицированный штат сотрудников, рассредоточенный по всем районам электроснабжения [15].

Помимо того, что данный анализ выявил наиболее частые виды повреждений и способы борьбы с ними, также среднюю продолжительность отключения и количество повреждений можно использовать для расчета ущерба от перерывов электроснабжения, что позволит планировать и организовывать более правильно аварийно-восстановительные и ремонтные работы на последующие периоды. Выбрать наиболее оптимальные меры по повышению надежности и оценить эффективность принятых мероприятий по снижению аварийности.

Обладая данными по аварийным ситуациям непосредственно в исследуемых распределительных электрических сетях, не привязываясь к конкретным схемам можно рассчитать составляющую ущерба от перерывов в электроснабжении у электросетевого предприятия, что упрощает задачу по сравнению с расчетом полной схемы электроснабжения.

Расчет ущерба производится по следующей формуле:

$$Y = Y_{\text{пр}} + Y_{\text{н}} \quad (1)$$

где $Y_{\text{пр}}$ – прямой ущерб, рассчитывается следующим образом:

$$Y_{\text{пр}} = w \cdot I \quad (2)$$

где w – среднее количество отключений в год; I – издержки на восстановление электроснабжения, $Y_{\text{н}}$ – ущерб от недоотпуска электрической энергии

$$Y_{\text{н}} = T_0 \cdot \Pi \cdot P \cdot w \quad (3)$$

где T_0 – средняя продолжительность отключения; Π – тариф на передачу электрической энергии; P – средняя мощность отключения потребителя.

Рынок электрической энергии устроен таким образом, что тарифы на услуги по передаче электрической энергии устанавливаются в соответствии основами ценообразования в области регулируемых тарифов в электроэнергетике и правилами государственного регулирования цен в электроэнергетике. Соответственно, для каждой электросетевой компании устанавливается свой тариф на передачу электрической энергии исходя из множества факторов. Исследуемое предприятие получило тариф на передачу электрической энергии, составляющий 1,1 руб./кВт*ч.

Тогда ущерб от перерывов в электроснабжении внутри сетевого предприятия составит, руб.:

$$Y_{\text{н}} = 5,51 \cdot 1,1 \cdot 431 \cdot 25,7 = 67135,88 \text{ руб.}$$

$$Y = 402847,5 + 67135,88 = 469983,38 \text{ руб.}$$

Рассчитать ущерб нефтяному предприятию от перерывов в электроснабжении можно перемножив среднее количество отключений на среднюю величину ущерба от перерыва электроснабжения. Так как данное электросетевое предприятие обслуживает нефтедобывающие месторождения, то критерием ущерба от перерыва в электроснабжении у потребителя электрической энергии является сброс нефти. Данные по сбросам нефти приведены в табл.2.

Таблица 2

Сброс нефти при аварийных отключениях электрической энергии

| Год | Количество отключений | Сброс нефти, т |
|------|-----------------------|------------------------|
| 2008 | 37 | 1949,25 |
| 2009 | 37 | 1838,64 |
| 2010 | 36 | 238 |
| 2011 | 20 | 131 |
| 2012 | 23 | 220,87 |
| 2013 | 18 | 146,5 |
| 2014 | 29 | 663,2 |
| 2015 | 24 | 140,68 |
| 2016 | 13 | 193,8 |
| 2017 | 20 | 772,34 |
| 2018 | 7 | 269,84 |
| | $N_{\text{ср}}=25,7$ | $C_{\text{р}}=596,738$ |

Тогда ущерб от перерывов электрической энергии для нефтедобывающего предприятия можно рассчитать согласно следующей формулы:

$$Y = w \cdot K \cdot \Pi, \text{ руб.} \quad (4)$$

где Y – ущерб нефтедобывающему предприятию от перерывов в электроснабжении, K – среднегодовой сброс нефти, Π – стоимость единицы продукции.

При расчете ущерба от перерывов в электроснабжении потребителей за определенный период необходимо подставлять не среднегодовые значения, а конкретные данные за рассчитываемый период.

Тогда согласно (4) появляется возможность произвести расчёт данной составляющей ущерба. Для этого необходимо перевести тонны в баррели нефти. В одной тонне российской нефти содержится 7,35 барреля. Стоимость нефти примем среднюю за текущий год 4909 руб. за один баррель. Тогда величина ущерба составит:

$$U = 25,7 \cdot 596,738 \cdot 7,35 \cdot 4909 = 553346528 \text{ руб.}$$

Суммарный ущерб от перерывов в электроснабжении системе распределительные сети – потребитель электрической энергии определяется как сумма двух ущербов. Тогда полный ущерб исследуемой системе нефтедобывающей компании и смежного электросетевого предприятия составит:

$$U_{\text{полн}} = 553346528 + 469983,38 = 553816511 \text{ руб.}$$

При сравнительно малом количестве перерывов в электроснабжении (25 в год) в нефтедобывающей отрасли ущерб составляет колоссальную величину в 553 млн. руб. Соответственно каждая авария в энергосистеме обходится очень дорого, следовательно, уровень надежности электроснабжения необходимо повышать и работать над каждым аварийным случаем.

Заключение

Разработанная методика расчета ущерба от перерывов в электроснабжении позволяет рассчитать ущерб не только в распределительных сетях, но и у потребителя в том случае, когда работа электросетевого предприятия направлена на работу единственного потребителя с множеством точек потребления. Достоинством данной методики является то, что опускается необходимость изучать детально всю схему электроснабжения, что существенно упрощает расчеты. Еще одним преимуществом является использование не среднестатистических данных по аналогичному оборудованию, а непосредственно информации именно исследуемой энергосистемы. Также в данной методике отражена специфика работы электросетевого предприятия, заключающаяся в учете не только времени восстановления элемента, но и продолжительности отключения потребителя. Расчеты последствий отказов электроснабжения нефтедобывающих месторождений продемонстрировали, что ущерб от перерывов электроснабжения нефтедобывающему предприятию на три порядка выше, чем внутри электросетевого предприятия и составил 553,8 и 0,47 млн. руб. соответственно. При такой взаимосвязанной работе потребителя и сетевой организации возникает необходимость повышать уровень надежности электроснабжения за счет технических и организационных мероприятий, предложенных в работе, а также подтверждается ответственность и значимость правильной работы сотрудников электроэнергетической отрасли.

Литература

1. Лесных В. В., Тимофеева Т. Б., Петров В. С. Проблемы оценки экономического ущерба, вызванного перерывами в электроснабжении // Экономика региона. 2017. Т. 13, Вып. 3. С. 847-858.
2. Викторова В.С., Степанянц А.С. Модели и методы расчета надежности технических систем. М.: ЛЕНАНД, 2016. 256 с
3. Эдельман В. И. Проблемы управления надежностью в электроэнергетике // Академия энергетики. 2008. №1. С.33-34.
4. Singh K. Electricity Network Reliability Optimization. Доступно по: <https://hobbydocbox.com/77076786-Radio/Electricity-network-reliability-optimization.html> Abdullah M. Al-Shaalan. reliability of power systems. Доступно по [https : //www.intechopen.com/online-first/reliability-evaluation-of-power-systems](https://www.intechopen.com/online-first/reliability-evaluation-of-power-systems). 2019.
5. Li W., Sun L., Zou W., Luo C., et al. Power system reliability analysis system based on PSASP and fault enumeration method and applications // China International Conference on Electricity Distribution (CICED) : proc. Shenzhen, China, 23–26 September 2014. IEEE, 2014. doi: 10.1109/CICED.2014.6991921.
6. Bouziane B., Elmaouhab A., et al. Smart Grid Reliability Using Reliable Block Diagram Case Study: Adrar's Isolated Network of Algeria // 2019 International Conference on Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies (PGSRET): proc. Istanbul, Turkey 26-27 august 2019. – IEEE, 2019. doi: 10.1109 / PGSRET.2019.8882711.
7. Ndawula, M.B.; Djokic, S.Z.; Hernando-Gil, I. Reliability Enhancement in Power Networks under Uncertainty from Distributed Energy Resources. Energies 2019, 12 (3), p. 531.
8. Меняйкин Д.А., Секретарев Ю.А. Применение нечеткой логики в теории надежности систем электроснабжения. В сборнике: НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ Сборник научных трудов в 9 частях. Новосибирский государственный технический университет. 2016. С. 24-26.

9. Эдельман В.И. Методика оценки ущерба потребителей энергии при нарушениях электроснабжения // Академия энергетики. 2009. №4.

10. Региональные электрические сети Основные виды деятельности. Доступно по <http://www.eseti.ru/about/prime.aspx>.

11. Секретарев Ю.А. Модель расчета ущерба от перерыва электроснабжения потребителей в распределительных сетях. // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2018. №2. С.188-200

12. Шарыгин М.В. Разработка универсальной модели последствий отказов электроснабжения // Электричество. 2015. №3. С.4-11.

13. Чернев М.Ю. Анализ надежности схем электроснабжения на примере Астраханского газоперерабатывающего завода // Промышленная энергетика. 2017. № 8. С. 16-22.

14. Меняйкин Д.А., Секретарев Ю.А. Применение нечеткой логики в теории надежности систем электроснабжения. В сборнике: НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ Сборник научных трудов в 9 частях. Новосибирский государственный технический университет. 2016. С. 24-26.

15. Левин В.М. Управление ремонтами оборудования в системах электроснабжения нефтепромыслов // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2019. № 6. С. 41-44.

Авторы публикации

Секретарев Юрий Анатольевич – д-р техн. наук, профессор кафедры Системы электроснабжения предприятий Новосибирского государственного технического университета.

Меняйкин Денис Анатольевич – аспирант Новосибирского государственного технического университета.

References

1. Lesnyh VV, Timofeeva TB, Petrov VS. Problemy ocenki ekonomicheskogo ushcherba, vyzvannogo pereryvami v elektrosnabzhenii. *Ekonomika regiona*. 2017;13(3):847-858. doi 10.17059/2017-3-17.

2. Viktorova VS, Stepanyanc AS. *Modeli i metody rascheta nadezhnosti tekhnicheskikh sistem*. M.: LENAND. 2016. P. 256 .

3. Edelman VI. Problems of reliability management in electric power industry. *Academy of energy*. 2008;1:33-34.

4. Singh K. Electricity Network Reliability Optimization. Доступно по: <https://hobbydocbox.com/77076786-Radio/Electricity-network-reliability-optimization.html>.

5. Li W, Sun L, Zou , Luo C, et al Power system reliability analysis system based on PSASP and fault enumeration method and applications. *China International Conference on Electricity Distribution (CICED)*: proc. Shenzhen, China, 23-26 September 2014. IEEE, 2014. doi: 10.1109/CICED.2014.6991921.

6. Bouziane B, Elmaouhab A, et al. Smart Grid Reliability Using Reliable Block Diagram Case Study: Adrar's Isolated Network of Algeria. *2019 International Conference on Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies (PGSRET)*: proc. Istanbul, Turkey 26-27 august 2019. IEEE, 2019. doi: 10.1109 / PGSRET.2019.8882711.

7. Ndawula MB; Djokic SZ; Hernando-Gil I. Reliability Enhancement in Power Networks under Uncertainty from Distributed Energy Resources. *Energies* 2019;12(3):531.

8. Menyаikin DA, Secretarev YA. Application of fuzzy logic in the theory of reliability of power supply systems. In the book: science. technologies. innovations *Collection of scientific papers in 9 parts. Novosibirsk state technical University*. 2016.pp. 24-26.

9. Edelman VI. Methods of assessing damage to energy consumers power failures. *Akademiya Energetiki*. 2009. N. 4.

10. Regional electric networks Main activities. Доступно по <http://www.eseti.ru/about/prime.aspx>.

11. Secretarev YA, Manyаikin DA. The Model of calculation of damage from the interruption of power supply in distribution networks. Scientific transport problems of Siberia and the Far East. 2018;2:188-200.

12. Sharygin M.V. Development of universal model of consequences of power supply failures.- 2015;3:4-11.

13. Chernev M.Yu. Analiz nadezhnosti skhem ehlektrosnabzheniya na primere Astrakhanskogo gazopererabatyvayushchego zavoda. *Promyshlennaya ehnergetika*. 2017;8:16-22.

14. Menyаikin D.A, Secretarev Y.A. Application of fuzzy logic in the theory of reliability of power supply systems. In the book: Science. Technologies. Innovations *Collection of scientific papers in 9*

parts. Novosibirsk state technical University. 2016. pp.24-26.

15. Levin V.M. Upravlenie remontami oborudovaniya v sistemakh ehlektrosnabzheniya neftepromyslov. *Ehlektooborudovanie: ehkspluatatsiya i remont*. 2019;6:41-44.

Authors of the publication

Yuri A. Sekretarev – Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia.

Denis A. Menyaikin – Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia
Email:Denmen1305@mail.ru.

Поступила в редакцию

14.01.2020г.