

2. GOST R 53735.5 – 2009. Razryadniki ventil'nye i ogranichiteli perenapryazhenij nelinejnye dlya elektroustanovok peremennogo toka napryazheniem ot 3 do 750 kV. CHast' 5. Rekomendacii po vyboru i primeneniyu. – Vved. 01-01-2011. – M.: Standartinform, 2011. - 64 s.

3. Ob utverzhdenii pravil tekhnicheskoy ekspluatatsii elektroustanovok potrebitel'ej: prikaz ot 13 yanvarya 2003 goda N 6 [Elektronnyj resurs] // Garant. – Rezhim dostupa: base.garant.ru\12129664.

4. Pravila ustrojstva elektroustanovok (PUE-7): prikaz Ministerstva energetiki Rossijskoj Federacii ot 8 iyulya 2002 g. N 204 s izmeneniyami i dopolneniyami po sostoyaniyu na 1 yanvarya 2006 goda [Elektronnyj resurs] // Konsul'tant plyus. – Rezhim dostupa: Consultant.ru\document/cons\_doc\_LAW\_91542/.

5. SO 34.45-51.300-97, RD 34.45-51.300-97. Ob"em i normy ispytanij elektrooborudovaniya [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: elec.ru\library/rd/rd\_34.45-51.300-97.doc.

6. STO 34.01-23.1-001-2017. Ob"em i normy ispytanij elektrooborudovaniya [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: eepir.ru/images/news/07122017/3.pdf.

#### **Information about authors**

1. **Rybakov Leonid Maksimovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Power Supply and Technical Diagnostics, Mari state University, 424000, Russia, Yoshkar-Ola, Ya. Sverdlov str., 49a; e-mail: diagnoz@marsu.ru, tel. +79027457100;

2. **Kanyugin Oleg Igorevich**, Post graduate Student of the Department of Power Supply and Technical Diagnostics, Mari State University, 424000, Russia, Yoshkar-Ola, Komsomolskaya str.; 86, e-mail: kanyugin@mail.ru, tel: +79024382286.

УДК 621.31

DOI: 10.17022/epjv-pb59

### **СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ И ОБОРУДОВАНИЯ СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ С НАПРЯЖЕНИЕМ 10 КВ**

**Л.М. Рыбаков, С.В. Ласточкин**

*Марийский государственный университет  
424000, Йошкар-Ола, Российская Федерация*

**Аннотация.** В настоящее время сельские электрические сети с напряжением 10 кВ достаточно сильно (до 40 %) изношены (воздушные линии, трансформаторные пункты), отработали свой нормативный срок службы.

Важнейшим показателем работы современного сельскохозяйственного производства является производительность, которая зависит от надежности работы электрооборудования. Показатели надежности непосредственно связаны с техническим состоянием электрооборудования, которое оценивается по степени его износа. Анализ технического состояния электрооборудования и воздушных линий электропередач с напряжением 10 кВ показал, что 45 % ВЛ и 34 % понизительных подстанций эксплуатируются более двадцати лет.

Особенностью эксплуатации сельских распределительных сетей с напряжением 10 кВ является их подверженность таким повторяющимся климатическим воздействиям, как интенсивность грозовой деятельности, ветровая нагрузка, гололед, осадки и резкие колебания температуры в течение года. Влияние климатических факторов сказывается и на количестве отказов элементов оборудования, аппаратов в распределительных сетях с напряжением 10 кВ и позволяет прогнозировать будущие отказы оборудования, оптимизировать проведение ремонтно-эксплуатационных работ. Создание базы данных о количестве отказов оборудования и причинах их возникновения позволит повысить эффективность электроснабжения потребителей, улучшить качество ремонтных работ, технического обслуживания распределительных сетей.

Достижению этой цели будет способствовать повышение качества электроснабжения потребителей при минимальных трудовых и финансовых затратах. В условиях рыночной экономики в большинстве случаев производятся лишь восстановительные работы для поддержания работы распределительных сетей.

Основная задача эксплуатации распределительных сетей заключается в поддержании их в таком техническом состоянии, при котором обеспечивается бесперебойное и надежное электроснабжение потребителей.

**Ключевые слова:** информационно-измерительная система, техническое состояние, количественная оценка, надежность электроснабжения, прогнозирование, работоспособность, аварийный запас.

**Введение.** Существуют основные виды обслуживания сельских распределительных электрических сетей. Предлагается создать информационно-измерительную систему, подобную экспертной системе, используемой для линий с напряжением 110 кВ и выше. В указанную систему введен ряд блоков: блок отключений, блок

дефектов, блок количества оценки технического состояния, комплексной качественной оценки технического состояния, блок укрупненных смет, блок надежности электроснабжения, блок распределения потребителей по категориям, а также блок оптимизации критериев.

**Цель работы** – создание предложенной информационно-измерительной системы, которая позволит повысить эффективность технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР), снизить затраты на ТО и ТР за счет прогнозирования технического состояния оборудования и продления срока эксплуатации, а также оптимизировать создание аварийного запаса изоляционных элементов и оборудования для поддержания рабочего состояния распределительных сетей сельскохозяйственного назначения с напряжением 10 кВ (РЭСсхН-10 кВ).

В настоящее время для поддержания рабочего состояния РЭСсхН-10 кВ, согласно нормативным документам [1], [2], рекомендуется проводить техническое обслуживание аппаратуры, текущий и капитальный ремонт по истечении определенного времени. За основу оценки технического состояния РЭСсхН-10 кВ берутся данные, полученные на основе анализа их испытаний, результатов обходов и осмотров. Только после обобщения полученных результатов принимаются решения о способах осуществления предстоящего ремонта.

Из-за большой протяженности РЭСсхН-10 кВ и большого количества оборудования невозможно качественно осуществить капитальный ремонт в соответствии с ПТЭ. Испытание оборудования в распределительных сетях не является определяющим показателем при планировании ремонта.

По этой причине по каждой распределительной сети с напряжением 10 кВ необходимо иметь следующую информацию: сведения об особенностях протяженности ВЛ с напряжением 10 кВ, паспортные данные ВЛ (тип опор, тип изоляторов, марки проводов, наличие и тип соединителей проводов, сопротивление заземления опор, значение удельного сопротивления грунтов на трассе), материалы по оценке технического состояния сетей (дата ввода в эксплуатацию, виды проведенных ремонтных работ, копии листов, содержащие сведения, полученные при обходе ВЛ, копии журналов о наличии дефектов в ВЛ), данные о характере рельефа местности и особенностях прохождения трассы ВЛ, наличие пересечений ВЛ с линиями связи, линиями высокого и низкого напряжений, число населенных пунктов, обеспечиваемых электроэнергией, категории потребителей, число установленных ТП на рассматриваемых сетях, паспортные данные ТП (данные о вводе в эксплуатацию, данные о видах ремонтных работ, о результатах испытаний), типы коммутационных аппаратов на указанных ТП и линиях.

При планировании ремонтных работ на РЭСсхН-10 кВ необходимо использовать комплексную количественную и качественную оценку технического состояния линий с напряжением 10 кВ, особенностей ТП, РП. Она осуществляется на основе данных, представленных в журналах, включающих сведения о дефектах оборудования, результатах обходов, количестве отключений, с учетом требований, предъявляемым к надежности электроснабжения с учетом категорий потребителей, в соответствии с методическими указаниями по оценке технического состояния распределительных сетей с напряжением 6 – 20 кВ. Основным документом, по которому осуществляется оценка и контроль эксплуатации ВЛ (РД 153-34.3-20.524-00), является «Положение об экспертной системе контроля и оценке состояния и условий эксплуатации воздушных линий» [3]. На рис. 1 представлены основные виды направлений, по которым определяется надежность ВЛ.

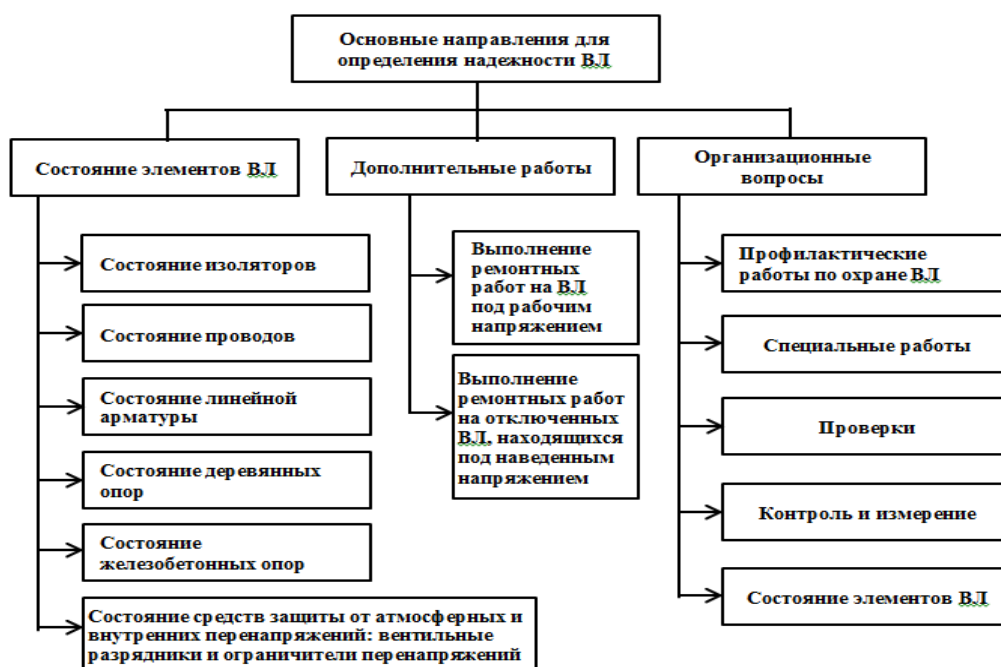


Рис. 1. Основные направления для определения надежности ВЛ

Поскольку разделение на тринадцать основных направлений не может обеспечить предоставление всей информации о причинах общего снижения надежности ВЛ, то все они должны дополняться сведениями, связанными с локальными подуровнями, каждый из которых позволяет осуществлять детальный контроль состояния ВЛ и условий ее эксплуатации, а также выявлять допущенные отклонения от требований НТД и РД.

В информационной системе при оценке технического состояния необходимо иметь следующие разделы: данные о количестве отключений и анализ их причин, основные виды дефектов оборудования, количественная оценка технического состояния (ТС), комплексная оценка ТС, данные о надежности электроснабжения, описание основных категорий потребителей.

Для сбора и обработки информации создаются отдельные блоки, где сосредоточены основные данные о параметрах каждой РЭСсН-10 кВ [5].

Блок отключений должен иметь следующие разделы:

- план-график отключений сетей с напряжением 6-10 кВ;
- журнал отказов в сетях с напряжением 6-10 кВ;
- журнал планируемых отключений в сетях с напряжением 6-10 кВ;

В нем содержится вся необходимая эксплуатационная документация, оформленная в соответствии с инструкцией по расследованию и учету технологических нарушений в работе электростанций, сетей и энергосистем и с рекомендациями по организации учета и анализа отключений в воздушных электрических сетях с напряжением 6-10 кВ (классификаторы видов отключений и аналитические данные об их причинах, случаи отказов оборудования, сведения о внезапных и преднамеренных отключениях РП и ТП районных электрических сетей (РЭС)).

Блок дефектов содержит листы, в которых отражена информация о результатах обхода ВЛ, и журналы, где представлены сведения о дефектах, обнаруженных на ВЛ. На основе данных, полученных во время обхода, зафиксированных на специальных листах, формируются отдельные журналы дефектов для ВЛ с напряжением 6-10 кВ, РП, ТП и, в целом, для РЭС.

Блок количественной оценки ТС позволяет рассчитать показатели, характеризующие состояние конкретных линий, РП и ТП.

Блок комплексной качественной оценки ТС содержит программу расчета коэффициента дефектности всех элементов сети (ВЛ, ТП, РЭС), на основании которых выносятся соответствующая оценка каждого отдельного элемента или сети в целом (хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно, непригодно). Данный блок позволяет систематизировать все сведения о дефектах, необходимые для их устранения во время технического обслуживания, а также ремонта элементов РЭСсН-10 кВ.

Блок укрупненных смет позволяет на основании сведений о дефектах, представленных в журнале, автоматизировать формирование сметы для последующего ремонта основного электрического оборудования с дальнейшим объединением этих смет после оптимизации соответствующих критериев и созданием укрупненных смет для осуществления ремонта и обслуживания сетевого участка и, в целом, РЭС.

При формировании отчета о проделанном ремонте установленного оборудования используются следующие нормативно-справочные документы: прейскурант цен от заводов-изготовителей на ремонт или модернизацию изношенного основного и вспомогательного оборудования, справочник структурных показателей о формировании свободных цен на энергоресурсы в условиях перехода к рыночной экономике, ведомственные расценки на ремонт и ТО электрических сетей, расчет норм времени на ремонт и ТО воздушных линий электропередач и другого электрического оборудования, типовые технологические карты, нормы расхода запасных частей и материалов.

При этом формировать укрупненную смету можно тремя способами:

- на основании расценок на оборудование, наличии сведений о справочно-структурных показателях;
- по укрупненным расценкам;
- по каталогу укрупненных единичных расценок.

При этом каталог укрупненных единичных расценок формируется на основании перечисленных документов. Не исключается возможность формирования укрупненной сметы с использованием нескольких вариантов одновременно.

Блок надежности энергоснабжения позволяет оценить надежность энергоснабжения потребителей распределительных электрических сетей в зависимости от их секционирования, автоматического или ручного резервирования и управления.

Блок распределения потребителей по категориям включает информацию об их качественном составе и позволяет в какой-то мере влиять на решения о том, какой ремонт оборудования будет осуществляться в первую очередь.

Блок оптимизации критериев позволяет учесть все факторы, которые представлены в соответствующих блоках данной информационно-технологической системы при оценке технического состояния распределительной электрической сети. На основании этого анализа с учетом ПТЭ, численности ремонтного персонала, выделяемой суммы на ТО и капитальный ремонт, состояния РЭСсН-10 кВ появляется возможность формировать годовой план-график ТО, ремонта, укрупненные сметы на их выполнение и т.д. Определение численного состава персонала основывается на критериях, представленных в соответствующей справочной литературе о РЭС [4].

Следует подчеркнуть, что имеющиеся на сегодняшний день классификаторы регламентируют разницу между всеми видами оборудования, способами его отключения, представляют сведения о разновидностях ремонтных работ, дефектов и т.д.

На рисунке 2 представлена информационно-измерительная система для оценки текущего состояния элементов и оборудования РЭСсН – 10 кВ, состоящая из укрупненных блоков, которые предоставляют достаточно полную информацию.

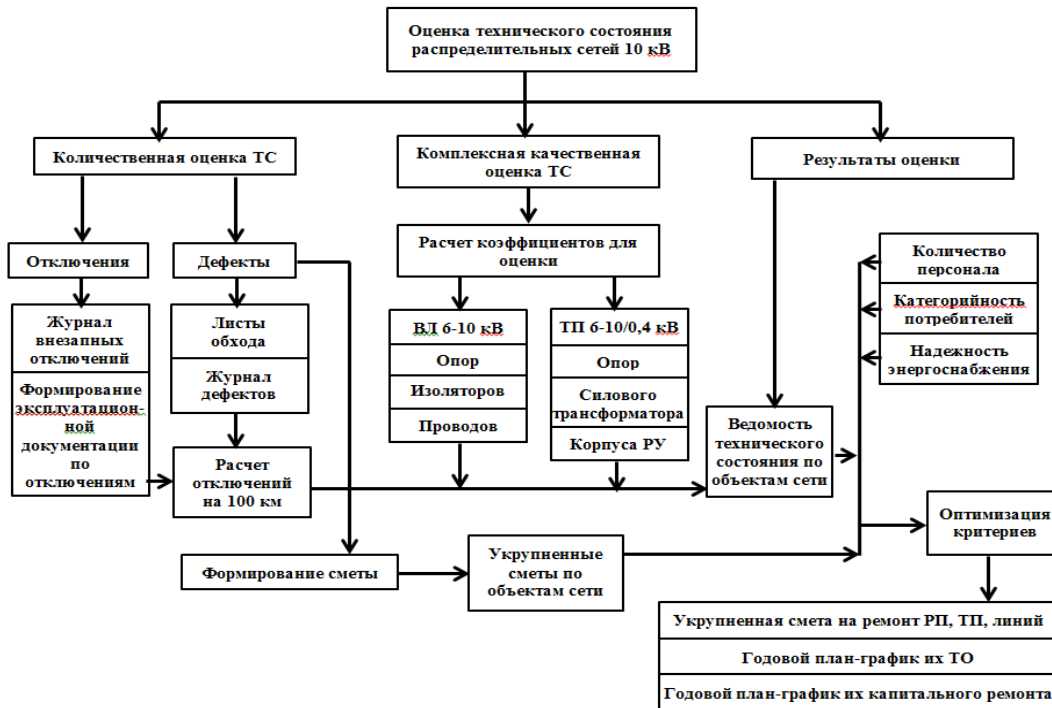


Рис. 2. Информационно-измерительная система для оценки текущего состояния элементов и оборудования РЭСсН-10кВ.

**Выводы.** Создание информационно-измерительной системы для оценки текущего состояния РЭСсН-10кВ будет способствовать:

1. Повышению эффективности ТО, ТР и надежности электроснабжения потребителей.
2. Снижению затрат на ТО, ТР по причине своевременного ремонта оборудования и поддержания длительных сроков его эксплуатации за счет учета прогнозируемых данных о его техническом состоянии (более 15 лет).
3. Созданию оптимального аварийного запаса изоляционных элементов и оборудования для поддержания работоспособности РЭСсН-10 кВ.

#### Литература

1. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – М.: Главгосэнергонадзор России, 2003. – 148 с.
2. Правила устройства электроустановок. – Новосибирск: Норматика, 2016. – 672 с.
3. РД 153-34.3-20.524-00 Положение об экспертной системе контроля и оценки состояния и условий эксплуатации воздушных линий электропередач 110 кВ и выше [Электронный ресурс]. – Режим доступа: lawrussia.ru/texts/legal\_215/doc215a803x165.htm.
4. Рыбаков, Л. М. Методы и средства обеспечения работоспособности электрических распределительных сетей 10кВ / Л. М. Рыбаков. – М.: Энергоатомиздат, 2004. – 422 с.
5. Рыбаков, Л. М. Обслуживание оборудования и изоляционных элементов распределительных сетей 10 кВ на основе диагностирования и их техническое состояние / Л. М. Рыбаков, Н. Л. Макарова, С. В. Ласточкин // Инновации в сельском хозяйстве. – 2017. – № 3 (24). – С. 63-67.

#### Сведения об авторах

1. **Рыбаков Леонид Максимович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электроснабжения и технической диагностики, Марийский государственный университет, 424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 1; e-mail: diagnoz@marsu.ru, тел. 8-902-745-71-00;

2. **Ласточкин Сергей Валерьевич**, аспирант, кафедры электроснабжения и технической диагностики Марийский государственный университет, 424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 1; e-mail: sergejlastochkin86@mail.ru, тел. 8-927-681-03-08.

## CREATION OF INFORMATION-MEASURING SYSTEM FOR ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF COMPONENTS AND EQUIPMENT OF RURAL DISTRIBUTION NETWORKS WITH A VOLTAGE OF 10 KV

**L.M. Rybakov, S.V. Lastochkin**  
*Mari State University*  
 424000, Yoshkar-Ola, Russian Federation

**Abstract.** Nowadays rural electric networks with a voltage of 10 kV are quite worn out (up to 40%) (overhead lines, transformer stations) and have worked out their standard service life.

The most important indicator of the work of modern agricultural production is productivity, which depends on the reliability of the electrical equipment. Reliability indicators are directly related to the technical condition of electrical equipment, which is assessed by its degree of wear. Analysis of the technical condition of electrical equipment and overhead power lines with a voltage of 10 kV showed that 45% of overhead lines and 34% of step-down substations have been in operation for more than twenty years.

A feature of the operation of rural distribution networks with a voltage of 10 kV is their exposure to such repeated climatic influences as the intensity of thunderstorm activity, wind load, ice, precipitation and sharp temperature fluctuations during the year. The influence of climatic factors also affects the number of failures of equipment elements, devices in distribution networks with a voltage of 10 kV and allows predicting future equipment failures, and optimizing repair and maintenance work. Creating a database of the number of equipment failures and the causes of their occurrence will improve the efficiency of power supply to consumers, improve the quality of repair work, maintenance of distribution networks.

The achievement of this goal will be facilitated by improving the quality of power supply to consumers with minimal labor and financial costs. In a market economy, in most cases, only restoration work is done to maintain the distribution networks.

The main task of operating distribution networks is to maintain them in such a technical condition that ensures uninterrupted and reliable power supply to consumers.

**Key words:** information measuring system, technical condition, quantitative assessment, reliability of power supply, forecasting, efficiency, emergency reserve.

### References

1. Pravila tehnikeskoj ekspluatatsii elektroustanovok potrebitelej. – M.: Glavgosenergonadzor Rossii, 2003. – 148 s.
2. Pravila ustrojstva elektroustanovok. – Novosibirsk: Normatika, 2016. – 672 s.
3. RD 153-34.3-20.524-00 Polozhenie ob ekspertnoj sisteme kontrolya i ocenki sostoyaniya i uslovij ekspluatatsii vozdušnyh linij elektroperedach 110 kV i vyshe [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: lawrussia.ru>texts/legal\_215/doc215a803x165.htm.
4. Rybakov, L. M. Metody i sredstva obespecheniya rabotosposobnosti elektricheskikh raspredelitel'nyh setej 10kV / L. M. Rybakov. – M.: Energoatomizdat, 2004. – 422 s.
5. Rybakov, L. M. Obsluzhivanie oborudovaniya i izolyacionnyh elementov raspredelitel'nyh setej 10 kV na osnove diagnostirovaniya i ih tehnikeskoe sostoyanie / L. M. Rybakov, N. L. Makarova, S. V. Lastochkin // Innovacii v sel'skom hozyajstve. – 2017. – № 3 (24). – S. 63-67.

### Information about authors

1. **Rybakov Leonid Maksimovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Power Supply and Technical Diagnostics, Mari State University, 424000, Mari El Republic, Yoshkar-Ola, Lenin square, 1, e-mail: diagnoz@marsu.ru, tel. 8-902-745-71-00;

2. **Lastochkin Sergey Valeryevich**, Post-Graduate Student of the Department of Power Supply Electrical and Technical Diagnostics, Mari State University, 424000, Mari El Republic, Yoshkar-Ola, Lenin square, 1, e-mail: sergejlastochkin86@mail.ru, tel. 8-927-681-03-08.