

УДК 676.013.6-83

СРАВНЕНИЕ МЕТОДИК ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,4 кВ

Сергей Викторович Кириллов

кандидат технических наук, доцент

kirill_mich@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

Мичуринск, Россия

Аннотация. Актуальной задачей для эксплуатации энергетического оборудования, является оценка фактического состояния и остаточного ресурса. Данные факторы напрямую связаны с надежностью эксплуатации, а также сроками и объемами капитальных вложений. Рассмотрены методики оценки остаточного ресурса линий электропередачи 0,4 кВ, используемые в крупнейших электросетевых организациях РФ – группа компаний Россети и ОАО «РЖД»

Ключевые слова: линии электропередачи, остаточный ресурс, методики оценки, срок эксплуатации.

Большинство линий электропередачи в хозяйствах электроснабжения эксплуатируются довольно продолжительное время, подвергаясь воздействиям внешних климатических нагрузок, вследствие чего происходит выход из строя отдельных компонентов. Часто повреждения линий связаны и с техногенными факторами (наезды на опоры транспортных средств, повреждения кабельных линий и т.д.). Поэтому актуальным становится вопрос о проведении оценки технического состояния и определения остаточного ресурса компонентов линий.

На основании данных, полученных в результате обследований, проводится оценка технического состояния линии электропередачи и определяется остаточный ресурс ее компонентов. Технической службой предприятия, в эксплуатационной ответственности которой находится линия, принимается решение о целесообразности проведения реконструкции или технического перевооружения.

Методы и средства, используемые при оценке технического состояния линий электропередачи должны обладать достаточной точностью и информативностью. Для более надежной и точной оценки состояния элементов линии при длительной ее эксплуатации обследование целесообразно проводить различными методами, основанных на разных принципах.

Согласно [3] прогнозирование остаточного ресурса компонентов линий электропередачи возможно на основе следующих методов:

- математического моделирования отдельных элементов линии (опор, проводов, грозозащитных тросов и др.);
- лабораторных испытаний демонтированных образцов компонентов линии (проводов, изоляторов, линейной арматуры и т.п.);
- статистической оценки отказов отдельных компонентов.

На примере линий электропередачи напряжением 0,4 кВ находящихся в эксплуатации Мичуринской дистанции электроснабжения (таблица 1), произведена их оценка технического состояния, физического износа и остаточного ресурса в соответствии с двумя методиками:

1. Стандартом ОАО «РЖД» СТО РЖД 08.022-2015 «Железнодорожное электроснабжение. Методы оценки физического износа и остаточного ресурса» (утв. Распоряжением ОАО "РЖД" от 06.07.2015 г. N 1669р) с использованием автоматизированной системы управления рисками объектов железнодорожного транспорта УРРАН.

2. Приказом Минэнерго РФ от 26 июля 2017 г. N 676 «Об утверждении методики оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей».

Таблица 1

Линии электропередачи, выбранные для оценки технического состояния

№ п/п	Тип линии, класс напряжения	Наименование линии	Техническое состояние
1	ВЛ 0,4 кВ	Ст. Кочетовка, ВЛ 0,4 кВ от ТП-27, Ф-7	Неудовлетворительное
2		Ст. Кочетовка, ВЛ-0,4 кВ от КТП-38, Ф-1	Удовлетворительное
3		Ст. Никольское, ВЛ-0,4 кВ от КТП-2	Хорошее
4	КЛ 0,4 кВ	Ст. Кочетовка, КЛ-0,4 кВ от ТП-11, Ф-13	Неудовлетворительное
5		Ст. Кочетовка, КЛ-0,4 кВ от ТП-13, Ф-2	Удовлетворительное
6		Ст. Кочетовка КЛ-0,4 кВ ТП-35	Хорошее

Методика СТО РЖД 08.022-2015 учитывает состояние опорных конструкций, состояние разъединителей, изоляторов, трансформаторов.

Параметрам, характеризующих техническое состояние линии по данной методике, присваиваются баллы с учетом следующих условий:

- если i -ый параметр технического состояния задан так, что фактическое значение, $S_{\text{факт } i}$, не должно превышать допустимое, $S_{\text{доп } i}$, а по результатам обследования $S_{\text{факт } i} \geq S_{\text{доп } i}$, то назначается $B_i = 100$ баллов;

- если i -ый параметр технического состояния задан так, что фактическое

значение не должно превышать допустимое, и по результатам обследования

$S_{\text{факт } i} < S_{\text{доп } i}$, то параметр B_i рассчитывается по формуле

$$B_i = \frac{S_{\text{факт } i}}{S_{\text{доп } i}} \cdot 100 ,$$

где $S_{\text{факт } i}$ - измеренное значение i -ого параметра;

$S_{\text{доп } i}$ - допустимое значение i -ого параметра.

Причем, оценка состояния производится по каждому элементу линии отдельно - каждой опоре, каждому разъединителю и т.п.

Далее производился расчёт остаточного срока службы $T_{\text{сл ост}}$ элемента линии:

$$T_{\text{сл ост}} = T_{\text{сл факт}} \left(\frac{100}{B} - 1 \right),$$

где

$T_{\text{сл факт}}$ - срок службы элемента на момент проведения оценки, год;

B - максимальное количество баллов, присвоенное параметру технического состояния в контрольно-оценочной карте.

В зависимости от полученного остаточного срока службы элементов линии проводится их ранжирование по группам:

- элементы, остаточный срок службы которых от 0 до 5 лет включительно ($0 \leq T_{\text{ост}} \leq 5$ лет);

- элементы, остаточный срок службы которых от 5 до 10 лет включительно ($5 \leq T_{\text{ост}} \leq 10$ лет);

- элементы, остаточный срок службы которых более 10 лет ($T_{\text{ост}} > 10$ лет).

Определение остаточного срока службы всей линии (Q1) производится с учетом корректирующих коэффициентов, учитывающих влияние отдельного

элемента (опоры, разъединителя и т.п.) на состояние линии:

$$Q_1 = \sum_{i=1}^n K_i \cdot q_{i1} ,$$

где K_i - коэффициент влияния фактического состояния i -ого элемента на остаточный срок службы (приведены в таблице 1 методики);

q_{i1} - количество элементов.

Результаты расчетов остаточного срока службы воздушных линий 0,4 кВ приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчета остаточного срока службы элементов воздушной линии 0,4 кВ методикой СТО РЖД 08.022-2015

Наименование линии	Состояние линии	Остаточный срок службы элементов линии	Заключение по методике расчета
Ст. Кочетовка, ВЛ 0,4 кВ от ТП-27, Ф-7	Неудовлетворительное	От 0 до 5 лет – 100 % От 5 до 10 лет – 0 % Более 10 лет - 0%	Необходима замена всех элементов линии (опор, изоляторов)
ст. Кочетовка, ВЛ-0,4 кВ от КТП-38, Ф- 1	Удовлетворительное	От 0 до 5 лет – 0 % От 5 до 10 лет – 67% Более 10 лет - 33%	67 % всех элементов линии (опор, изоляторов) требует ремонта, либо замены, 33% находятся в хорошем состоянии
ст. Никольское, ВЛ-0,4 кВ от КТП-2	Хорошее состояние	От 0 до 5 лет – 0 % От 5 до 10 лет – 0% Более 10 лет - 100%	Все элементы линии находятся в хорошем состоянии, могут эксплуатироваться в установленном порядке

При расчёте методикой Минэнерго № 676 от 26.07.2017 учитывается большой набор параметров технического состояния линии. Данная методика позволяет производить расчет индекса для воздушных и для кабельных линий электропередачи.

Параметры технического состояния оцениваются в соответствии с бальной шкалой оценки: от 0 (наихудшая оценка) до 4 (наилучшая оценка).

При оценке каждый параметр имеет свой весовой коэффициент, который отражает важность и характеризует степень влияния на техническое состояние линии. Сумма всех весовых коэффициентов в рамках одной линии составляет 1.

В методических рекомендациях отсутствуют коэффициенты для оборудования напряжением 0,4 кВ, 6-10 кВ. Поэтому, при расчётах принимались весовые коэффициенты для оборудования 35 кВ.

Расчет индекса технического состояния линии электропередачи (ВЛ и КЛ) производился по формуле:

$$ИТСУ = 100 \times \sum i(KB_i \times ОГП_i) / 4,$$

где:

KB_i - значение весового коэффициента для i -ой группы параметров технического состояния.

Оценка индекса технического состояния линий электропередачи производилась согласно Таблице 3

Таблица 3

Оценка индекса технического состояния

Диапазон индекса технического состояния	Вид технического состояния
≤ 25	Критическое
$25 < и \leq 50$	Неудовлетворительное
$50 < и \leq 70$	Удовлетворительное
$70 < и \leq 85$	Хорошее
$85 < и \leq 100$	Очень хорошее

В таблицах 4 и 5 приведены результаты расчета индекса технического состояния линии электропередачи по методике Минэнерго.

Таблица 4

Результаты расчета индекса технического состояния воздушной линии 0,4 кВ по методике Минэнерго

Наименование линии	Состояние линии	Индекс технического состояния	Заключение по методике расчета

Ст. Кочетовка, ВЛ 0,4 кВ от ТП-27, Ф-7	Неудовлетворительное	39,6	Необходимо дополнительное техническое обслуживание, усиленный контроль технического состояния. Техническое перевооружение.
ст. Кочетовка, ВЛ-0,4 кВ от КТП-38, Ф- 1	Удовлетворительное	69,5	Необходим усиленный контроль технического состояния, капитальный ремонт, реконструкция.
ст. Никольское, ВЛ-0,4 кВ от КТП-2	Хорошее состояние	95,4	Линия находится в хорошем состоянии. Необходимо только плановое диагностирование.

Таблица 5

Результаты расчета индекса технического состояния кабельной линии 0,4 кВ по методике Минэнерго

Наименование линии	Состояние линии	Индекс технического состояния	Заключение по методике расчета
Ст. Кочетовка, КЛ 0,4 кВ от ТП-14, Ф-13	Неудовлетворительное	43,8	Необходимо дополнительное техническое обслуживание, усиленный контроль технического состояния. Техническое перевооружение.
Ст. Кочетовка, КЛ-0,4 кВ от ТП-13, Ф-2	Удовлетворительное	62	Необходим усиленный контроль технического состояния, капитальный ремонт, реконструкция.
Ст. Кочетовка КЛ-0,4 кВ ТП-35	Хорошее состояние	78,6	Линия находится в хорошем состоянии. По результатам планового диагностирования производится оценка динамики изменения параметров технического состояния элементов линии.

Результаты расчета индекса технического состояния оборудования, оценка физического износа и остаточного ресурса по методикам в целом отражают реальное состояние линий.

Методика СТО РЖД 08.022-2015 учитывает состояние опорных конструкций, состояние разъединителей, изоляторов, трансформаторов, применяются корректирующие (весовые) коэффициенты, которые определяют

влияние фактического состояния элементов ВЛ на остаточный срок службы. Однако, данная методика не позволяет производить расчет остаточного срока службы кабельных линий. А при расчёте воздушных линий не учитывается такие параметры как класс напряжения линии, марка, длина и сечение проводов.

В методике Минэнерго № 676 от 26.07.2017 используется большой набор параметров, которые характеризуют состояние линии. Это может дать более реальную и качественную оценку состояния линии электропередачи и отдельных ее элементов. Каждый параметр имеет свой весовой коэффициент. Но в данной методике отсутствуют весовые коэффициенты параметров линий напряжением 0,4 кВ. Поэтому оценка состояния отдельных элементов линий затруднена.

Особо необходимо отметить, что результат оценки состояния линии по методикам сильно зависит от достоверности информации, полученной при технической диагностики ее элементов.

Разработка методик оценки технического состояния распределительных и питающих линий учитывающей их особенности эксплуатации, их развитие и совершенствование является весьма актуальной научной и инженерной задачей.

Список литературы:

1. Стандарт ОАО «РЖД» СТО РЖД 08.022-2015 «Железнодорожное электроснабжение. Методы оценки физического износа и остаточного ресурса» (утв. Распоряжением ОАО "РЖД" от 06.07.2015 г. N 1669р).
2. Приказ Минэнерго РФ от 26 июля 2017 г. N 676 «Об утверждении методики оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей».
3. Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.240.55.111-2011 «Методические указания по оценке технического состояния ВЛ и остаточного ресурса компонентов ВЛ».

UDC 676.013.6-83

**COMPARISON OF METHODS FOR ASSESSING THE TECHNICAL
CONDITION OF POWER TRANSMISSION LINES WITH A VOLTAGE OF
0.4 kV**

Sergey V. Kirillov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

kirill_mich@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. An urgent task for the operation of power equipment is to assess the actual condition and residual resource. These factors are directly related to the reliability of operation, as well as the timing and volume of capital investments. The methods of estimating the residual resource of 0.4 kV power transmission lines used in the largest power grid organizations of the Russian Federation – the Rosseti Group of Companies and JSC "Russian Railways" are considered

Keywords: power transmission lines, residual resource, assessment methods, service life.

Статья поступила в редакцию 10.05.2023; одобрена после рецензирования 15.06.2022; принята к публикации 30.06.2023.

The article was submitted 10.05.2023; approved after reviewing 15.06.2022; accepted for publication 30.06.2023.