

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ МЕТОДАМИ МАГНИТНОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ

АВТОРЫ:

ВОЛОХОВСКИЙ В.Ю.,
К.Т.Н.,
ООО «ИНТРОН ПЛЮС»

ВОРОНЦОВ А.Н.,
К.Т.Н.,
ООО «ИНТРОН ПЛЮС»

СУХОРОУКОВ В.В.,
Д.Т.Н.,
ООО «ИНТРОН ПЛЮС»

ЦУКАНОВ В.В.,
ООО «ИНТРОН ПЛЮС»

ШКАПЦОВ В.А.,
К.Т.Н.,
НП «ЭЛЕКТРОСЕТЬ-
ИЗОЛЯЦИЯ»

АРТЕМЬЕВ М.С.,
К.Т.Н.,
ОАО «ЛЕНЭНЕРГО»

ЧЕРНЕЦОВ В.В.,
К.Т.Н.,
ОАО «ЛЕНЭНЕРГО»

Воздушный мониторинг
линий электропередач
беспилотными
летательными
аппаратами позволяет
эффективно оценивать
техническое состояние всех
элементов ЛЭП

Обрывы воздушных линий электропередачи, вызванные физическим износом проводов ВЛ, являются основной причиной тя-

желых аварий ЛЭП. Своевременный и качественный контроль технического состояния ВЛ позволяет предотвратить такие аварии.

Ключевые слова: воздушные линии электропередачи; техническое состояние; старение проводов и грозотросов; неразрушающий контроль; магнитная дефектоскопия; остаточная прочность проводов и грозотросов.



ВВЕДЕНИЕ

Многие воздушные линии электропередачи (ВЛ) напряжением 35–750 кВ были построены в РФ в 1960–1970-х гг., т.е. сроки их эксплуатации уже превышают нормативные и составляют 40–50 лет и более. Проблема продления ресурса — обеспечение надежной и безаварийной работы этих линий — является весьма актуальной. Инструментальный контроль технического состояния (ТС) проводов и грозотросов, а также других элементов оборудования линий и подстанций является одним из важных мероприятий, проводимых сетевыми компаниями с целью повышения надежности и эксплуатационной готовности ВЛ и сетевой инфраструктуры в целом.

Метеорологические воздействия и эксплуатационные нагрузки оказывают большое влияние на ТС проводов/грозотросов ВЛ, а также на изменение расстояний проводов до земли и пересекаемых объектов (ВЛ меньшего класса напряжений, сооружений, коммуникаций и т.п.). Это влияние выражается в таких факторах, как: появление значительных остаточных деформаций от ветровых и гололедных нагрузок; развитие местных усталостных повреждений, вызываемых интенсивной вибрацией или «пляской» проводов; деградация механических свойств проволоки проводов от длительного нагрева токами высокой эксплуатационной нагрузки или токами короткого замыкания; потеря поперечного сечения стального сердечника биметаллических проводов (типа АС и т.п.) из-за фрикционного и/или коррозионного износа.

Благодаря развитию инструментальных средств неразрушающего контроля (НК) объектов линейного оборудования ВЛ, в работе эксплуатационных подразделений сетевых компаний все шире стали исполь-

зоваться такие методы технической диагностики, как ультразвуковой и тепловизионный контроль, магнитная дефектоскопия и т.п. [1]. Лазерное сканирование и аэрофотосъемка линий электропередачи позволяют выявить пролеты ВЛ, в которых расстояния от проводов до земли или пересекаемых объектов не отвечают требованиям нормативных документов. Перетяжка проводов/грозотросов является одним из самых распространенных и эффективных способов устранения неприемлемых габаритов проводов и приведения их в соответствие с требованиями нормативных документов. Уровень допустимой механической нагрузки для осуществления операций перетяжки проводов определяется их остаточной прочностью. Остаточная прочность проводов/грозотросов линий с большим сроком эксплуатации при наличии данных об актуальных значениях механических характеристик их материалов определяется на основе результатов дефектоскопии с помощью соответствующих инструментальных средств и может быть оценена расчетным путем.

В период с 2010 г. по настоящее время по заказам российских и зарубежных электросетевых компаний методом магнитной дефектоскопии выполнен контроль ТС проводов и грозотросов более чем на 150 ВЛ напряжением 35–220 кВ. В ряде случаев контроль ТС позволил диагностировать наличие дефектов типа обрыва проволоки и значительной потери сечения грозотросов и стальных сердечников проводов. Ниже приводятся результаты выполненной магнитной дефектоскопии и диагностики ТС проводов/грозотросов ВЛ, в том числе расчетной оценки остаточной несущей способности (прочности) объектов контроля, которые должны быть учтены при разработке проектов реконструкции и ремонтно-восстановительных мероприятий на обследованных ВЛ.

МЕТОДЫ, АППАРАТУРА И ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПО МАГНИТНОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ ПРОВОДОВ И ГРОЗОТРОСОВ ВЛ

Для диагностики текущего ТС проводов и грозотросов ВЛ используют как визуальный контроль (осмотр), так и инструментальные методы НК. Последствия фрикционного износа, коррозии и повреждения внутренних проволок грозотроса или стального сердечника провода (типа АС и т.п.) не могут быть обнаружены при наружном осмотре. В то же время такие дефекты приводят к потере сечения грозотроса или сердечника провода, что является важнейшей характеристикой, определяющей его остаточную прочность. Потеря сечения (ПС) и наличие локальных дефектов (ЛД) используется в нормативных документах как один из базовых критериев браковки, наряду с количеством обрывов проволоки на шаге свивки провода или троса.

В практике российских и зарубежных электросетевых компаний для диагностики ТС грозотросов, тросовых оттяжек опор ВЛ и биметаллических (сталеалюминиевых или сталебронзовых) проводов все чаще применяется магнитная дефектоскопия [1–3]. Независимо от реализуемого метода (метод переменного или постоянного магнитного поля) и конструкции большинство магнитных дефектоскопов имеют два канала регистрации дефектов — каналы ПС и каналы ЛД.

Контроль ТС с использованием магнитных дефектоскопов обычно вы-

СИСТЕМА ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПО ПРОВОДАМ УСТРОЙСТВА ВИДЕОФИКСАЦИИ FPV



Рис. 1

КАДР ВИДЕОФИКСАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ УСТРОЙСТВА FPV



Рис. 2

полняется без опускания проводов и тросов на землю, но со снятием напряжения ВЛ. Работоспособность магнитного дефектоскопа сохраняется как при рабочем, так и при наведенном напряжении в проводах и тросах. Отключение же ВЛ производится для повышения безопасности проведения монтажа/демонтажа диагностического оборудования на контролируемом объекте. Перед магнитной дефектоскопией грозотросов/проводов с целью проверки отсутствия препятствий перемещениям измерительной головки дефектоскопа и выявления поверхностных дефектов (обрывов наружных проволок грозотроса, обрывов и расплетений проволок проводящего повива провода) производится визуальный контроль состояния проводов. Такой осмотр может быть выполнен с использованием беспилотного летательного аппарата (рис. на стр. 42) или перемещающейся по проводу/тросу колесной системы (рис. 1), оснащенной устройством видеоконтроля и передачи видеoinформации на монитор так называемой FirstPersonView (FPV) системой.

На рис. 2 представлен кадр видеоизображения обнаруженного системой FPV дефекта наружного повива провода.

Работы по монтажу и демонтажу дефектоскопа и систем FPV на высоте подвески провода/грозотроса выполняются с применением вспомогательных технических средств (подъемник, монтажная тележка и т.п.). Для записи дефектограмм ПС и ЛД измерительную головку дефектоскопа нужно переместить вдоль доступного для контроля участка провода, грозотроса или оттяжки опоры (перетянуть при помощи прикрепленного к ней капронового каната). В случае невозможности или трудности осуществления такой перетяжки (например, при контроле спецпересечений, переходов ВЛ

через реки и т.п.) используется автономное дистанционно управляемое самоходное устройство (СУ) (рис. 3).

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРОВОДОВ И ГРОЗОТРОСОВ ВЛ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДАННЫХ МАГНИТНОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ

Классификация текущего ТС проводов и грозотросов производится в соответствии с требованиями нормативных документов. Ниже приведены критерии оценки ТС проводов типа АС и стальных грозотросов на основе данных НК методом магнитной дефектоскопии, которые используются при освидетельствовании ВЛ:

- «нормальное состояние» — ПС не более 3,6%;
- «рабочее состояние» — ПС от 3,6 до 11%;
- «ухудшенное состояние» — ПС от 11 до 20%;
- «предаварийное состояние» — ПС более 20%, а также наличие обрывов проволок троса или сердечника провода.

Допустимое количество ЛД типа обрывов проволок сердечника провода или проволок грозотроса зависит от их конструкции, однако количество оборванных проволок в одном сечении провода в любом случае не должно превышать 20%.

Исходя из указанных критериев оценки ТС проводов и грозотросов по данным магнитной дефектоскопии обследованного участка ВЛ,

рекомендуется назначать следующие сроки проведения очередной диагностики: нормальное и рабочее состояния — через 6 лет после предыдущей дефектоскопии; ухудшенное состояние — через 3 года после предыдущей дефектоскопии.

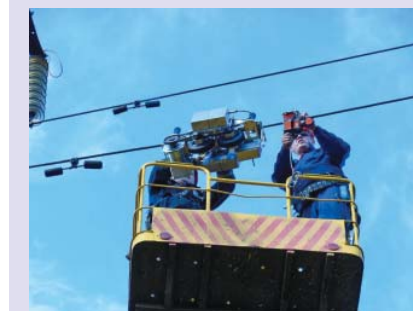
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОТЕРИ ПРОЧНОСТИ ПРОВОДОВ И ГРОЗОТРОСОВ ВЛ ПО ДАННЫМ МАГНИТНОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ

Расчет потери прочности проводов и грозотросов ВЛ является важной составной частью общей проблемы анализа их технического состояния в процессе эксплуатации. Диагностическая информация, получаемая методом магнитной дефектоскопии, сама по себе не позволяет судить об изменении несущей способ-

ности проводов и грозотросов с инженерной точки зрения. Однако диагностические параметры, такие как величина потери сечения и/или данные об обрывах проволок, могут быть использованы в качестве входных при формировании рассматриваемых далее механических моделей провода или грозотроса. Такой подход к использованию результатов магнитной дефектоскопии позволяет методами механики конструкций определить ряд прочностных показателей, по которым можно делать объективные выводы о ТС обследованных объектов.

Традиционные методы прочностного расчета АС проводов как биметаллических конструкций разработаны достаточно подробно [4]. При этом провод рассматривается в виде набора независимо работающих прямолинейных проволок стального сердечника и проволок алюминиевого повива, т.е. все результаты получаются в «стержневом приближении». На основании подобных оценок сформулированы и требования к прочности проводов в ПУЭ [5] и других нормативных документах, действующих в РФ.

ДИАГНОСТИКА ПРОВОДОВ И ГРОЗОТРОСА НА ПЕРЕХОДЕ ВЛ 35 КВ ЧЕРЕЗ РЕКУ



а)



б)

а) монтаж дефектоскопа;
б) перемещение измерительной головки вдоль провода с помощью СУ
Рис. 3

Для более точных прочностных расчетов грозотросы и биметаллические провода следует рассматривать как спиральные канаты, т.е. как механические системы, состоящие из разнородных упругих винтовых элементов, которые деформируются совместно вдоль оси провода/грозотроса [6]. Потерю работоспособности провода/грозотроса естественно трактовать как снижение запаса его прочности вследствие накопления дефектов по сравнению с начальным (бездефектным) состоянием. Коэффициент запаса является параметром состояния провода/грозотроса при текущей наработке. Когда значение запаса прочности становится близким к минимально допустимому уровню, возникает необходимость принятия надлежащих мер для продолжения безопасной эксплуатации ВЛ.

Последовательность операций прочностного расчета грозотроса по модели спирального каната сводится к следующим шагам. Рассчитываются показатели прочности для трех вариантов: нового грозотроса без дефектов, грозотроса с заданными потерей сечения и локальными дефектами (обрывами проволок). Карты дефектности с данными о ПС и ЛД грозотроса формируются по результатам диагностики, полученным с использованием дефектоскопа. В каждом случае сначала вычисляются деформации грозотроса, деформации и напряжения растяжения, изгиба и кручения в проволоках. Затем по подходящему критерию прочности [7] определяются максимальные эквивалентные напряжения $\sigma_{экв}$ в наиболее напряженной проволоке и рассчитывается коэффициент запаса прочности:

$$n = \frac{\sigma_B}{\max \sigma_{экв}}, \quad (1)$$

где σ_B — предел прочности материала проволок на растяжение.

Относительными показателями снижения прочности грозотроса (ослабленного, с одной стороны, потерей площади по металлу ΔF , а с другой — обрывами проволок числом A) являются параметры $\chi_{\Delta F}$ и χ_A :

$$\chi_{\Delta F} = 1 - \frac{n_{\Delta F}}{n_0}; \quad \chi_A = 1 - \frac{n_A}{n_0}, \quad (2)$$

где $n_{\Delta F}$ и n_A — коэффициенты запаса прочности грозотроса с дефектами; n_0 — коэффициент запаса прочности неповрежденного (нового) грозотроса. Показатели снижения прочности $\chi_{\Delta F}$ и χ_A определяются независимо. Результирующая потеря прочности χ в любом сечении грозотроса оценивается как суперпозиция потерь:

$$\chi = \chi_{\Delta F} + \chi_A. \quad (3)$$

Фактический коэффициент запаса остаточной прочности грозотроса с дефектами определяется по формуле:

$$\tilde{n} = n_0 (1 - \max \chi), \quad (4)$$

где $\max \chi$ — максимальная потеря прочности в сечении грозотроса на контролируемом участке.

Прочностной расчет биметаллических проводов типа АС или БС производится по той же схеме, что и для грозотросов, с оценкой параметров напряженного состояния методами, принятыми для комбинированных конструкций.

Запас прочности \tilde{n} элемента ВЛ должен оставаться выше минимально допустимого уровня n_* на протяжении всего срока

ОБЛАСТИ СОСТОЯНИЙ СТАЛЕАЛЮМИНИЕВЫХ ПРОВОДОВ

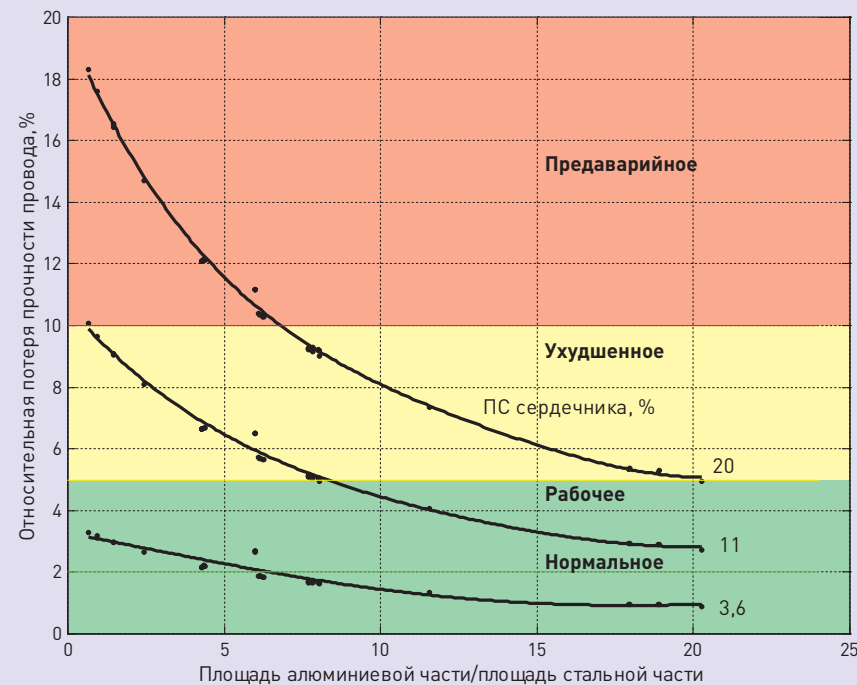


Рис. 4

ДЕФЕКТОГРАММЫ ПОТЕРИ СЕЧЕНИЯ И ЛОКАЛЬНЫХ ДЕФЕКТОВ СТАЛЕБРОНЗОВОГО ПРОВОДА БС 185/43

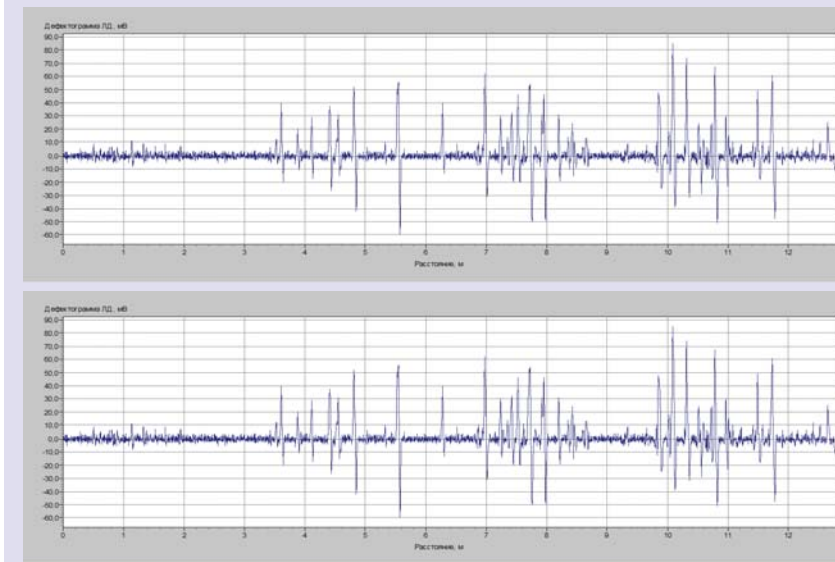


Рис. 5

эксплуатации $\tilde{n} \geq n_*$. В ПУЭ-7 [5] содержится требование, чтобы напряжения в проводе не превышали допустимого значения $[\sigma]$, которое назначается в зависимости от типа и марки провода и характерных условий эксплуатации. Для проводов АС и «среднегодовой температуры» принимается $[\sigma] = 0,3\sigma_B$. В механике конструкций подобное соотношение записывают в виде $[\sigma] = \sigma_B/[n]$, где параметр $[n]$ имеет смысл нормативного коэффициента запаса прочности. Тяжение нового провода назначается из условия $n_0 \geq [n] = 3,3$. Для грозотроса, по сути, спирального каната, роль нормативного показателя $[n]$ играет так называемый «коэффициент использования» [7].

Прочностные показатели \tilde{n} и χ предлагается использовать при оценке текущего режима работы провода/

грозотроса с дефектами. Соответствие диагностического параметра «Потеря сечения сердечника» вышеприведенным критериям оценки ТС проводов типа АС проиллюстрировано на рис. 4.

Предельно допустимый коэффициент запаса прочности провода/грозотроса с повреждениями (запас живучести) n_* соответствует допустимым нормам дефектности в элементе ВЛ на границе зон «Ухудшенное состояние» и «Предаварийное состояние». Например, для проводов АС с отношением площадей сечений алюминиевой и стальной части, равной $K_{АС}=7,71$ и ПС сердечника 20%, относительная потеря прочности провода χ составляет около 10% и, следовательно, n_* можно принять равным $n_*=[n](1-\chi)=3,3(1-0,10)=2,97$ или, с некоторым риском, даже 2,5.

В качестве примера приведем результаты расчета остаточной прочности сталебронзового провода БС 185/43, который был обследован 25.12.2013 г. на ВЛ 35 кВ «Ладожская-3». Дефектограммы потери сечения и локальных дефектов в сердечнике приведены на рис. 5.

На рис. 6 показано соответствующее распределение показателя прочности вдоль отрезка провода, полученное расчетным путем. Здесь под термином «показатель прочности» понимается величина, аналогичная параметру n [4], которая вычисляется в каждом сечении каната при переменной по его длине потере прочности χ . Номинальное натяжение провода принято равным 30 кН. Красный кружок отмечает минимальное значение 3,57 на отметке 10,1 м. Этот минимум можно считать фактическим коэффициентом запаса прочности провода \tilde{n} на рассмотренном участке. Провалы на графике соответствуют скоплению локальных обрывов проволок стального сердечника. Заметим, что механическая модель провода учитывает способность оборванных проволок воспринимать натяжение при удалении от места обрыва, благодаря трению. Общее снижение запаса прочности относительно начального значения $n_0=4,23$ обусловлено влиянием распределенной потери сечения вследствие коррозии, абразивного износа и других факторов.

Отметим некоторые проблемы и общие особенности результатов расчетной оценки остаточной прочности проводов и грозотросов с дефектами:

- Расчетная оценка несущей способности проводов и грозотросов должна проводиться с учетом изменения прочностных характеристик соответствующих конструктивных материалов в процессе

длительной эксплуатации [7]. К сожалению, нет достоверных и систематизированных данных, касающихся длительной прочности биметаллических проводов. Актуальность и целесообразность проведения таких исследований не вызывает сомнения.

Потеря прочности биметаллических проводов оказывается меньше значения ПС сердечника, так как часть нагрузки воспринимается токопроводящим повивом (алюминиевым или бронзовым).

Расчет провода или грозотроса по модели спирального каната, в отличие от «стержневого

приближения», учитывает неравномерное распределение напряжений по проволокам, которое обусловлено растяжением, изгибом и кручением проволок. Он дает большую потерю прочности, чем расчет по предельным нагрузкам в «стержневом приближении».

По той же причине потеря прочности грозотросов в процентном отношении выше, чем соответствующая потеря несущего сечения по металлу. Коэффициент запаса прочности снижается заметнее для проводов с более сложной конструкцией сердечника. Чем сложнее конструкция сердечника, тем сильнее различаются

запасы прочности новых проводов и проводов с дефектами (при сопоставимом тяжении).

РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРОВОДОВ И ГРОЗОТРОСОВ МЕТОДОМ МАГНИТНОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ

Начиная с 2011 г. специалисты лаборатории неразрушающего контроля (ЛНК) компании «ИНТРОН ПЛЮС» принимали участие в обследованиях ВЛ 35–220 кВ в филиалах ОАО «Ленэнерго» и ОАО МРСК «Центра и Приволжья». В рамках этих работ магнитная дефектоскопия проводов и грозотросов производилась на ВЛ с большим сроком эксплуатации. Особое внимание было уделено переходам ВЛ через водные преграды (реки Нева, Вуокса, Волга и Ока). Фазные провода были обследованы на 33 ВЛ 35–220 кВ в 99 пролетах, грозотросы — в 15 пролетах.

В ряде случаев были диагностированы значительные эксплуатационные дефекты грозотросов и сердечников токоведущих проводов. Так, например, на ВЛ 110 кВ «Северная-10» на переходе через р. Вуокса по всей длине грозотроса (СТ 50) был обнаружен значительный коррозионный износ, обрывов же проволок не обнаружено. Максимальное значение ПС = 14,6%, а относительная потеря прочности $\chi = 15,33\%$. Техническое состояние грозотроса было диагностировано как «ухудшенное», но он пригоден к дальнейшей эксплуатации. На фазных проводах (АС-120/19) этой ВЛ по всей обследованной длине также был обнаружен значитель-

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРОЧНОСТИ ПО ДЛИНЕ УЧАСТКА ПРОВОДА БС 185/43

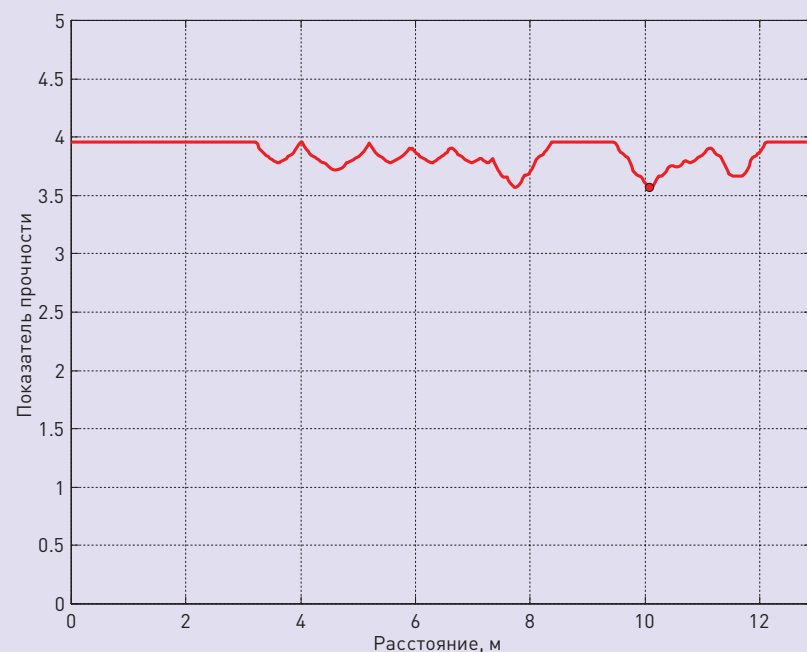


Рис. 6

ДЕФЕКТОГРАММЫ ПС (А) И ЛД (Б) СЕРДЕЧНИКА ПРАВОГО НИЖНЕГО ПРОВОДА В ПРОЛЕТЕ МЕЖДУ ОПОРАМИ № 32-ГЭС10 НА ВЛ «СЕВЕРНАЯ-10»

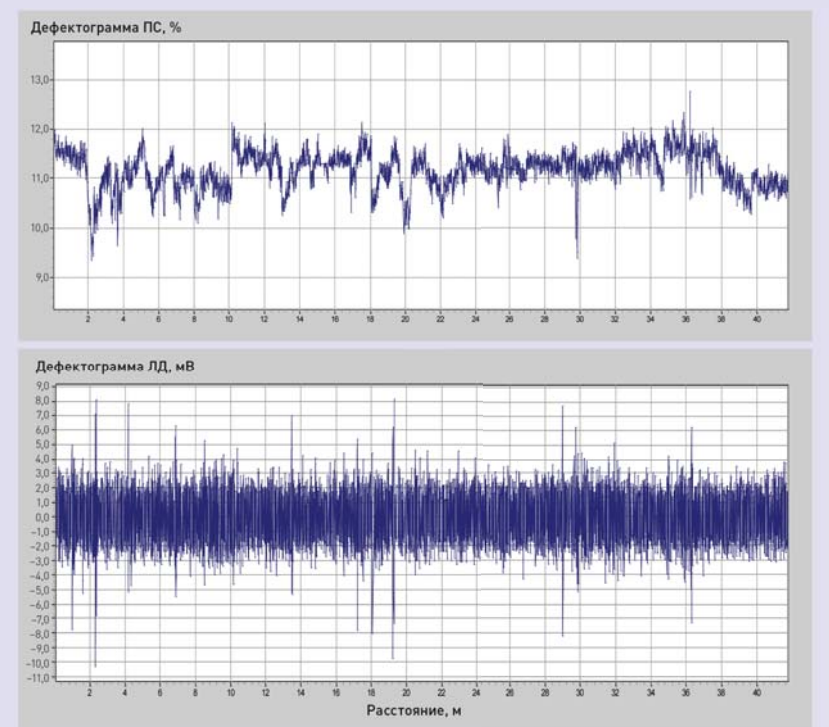


Рис. 7

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПРОВОДОВ В ПРОЛЕТЕ № 42-43 ВЛ 35 КВ «ЛАДОЖСКАЯ 3/4»

№ п/п	Наименование ВЛ	Контролируемый объект (провод фазы)	Максимальная величина ПС сердечника провода, %	Относительная потеря прочности провода, %
1.	ВЛ 35 кВ «Ладожская-3»	Нижний	19,7	17,6
		Средний	18,1	16,1
		Верхний	20,3	21,2
2.	ВЛ 35 кВ «Ладожская-4»	Нижний	28,4	24,4
		Средний	35,9	27,5
		Верхний	36,3	27,7

Таблица 1

ный коррозионный износ сердечников. Обрывов проволок сердечников не было обнаружено. ТС проводов диагностировано как «ухудшенное», но провода пригодны к дальнейшей эксплуатации. Очередной контроль ТС проводов и грозотросов этой ВЛ было рекомендовано провести в 2016 г. В качестве примера на рис. 8 приведены дефектограммы ПС и ЛД сердечника нижнего правого фазного провода. Максимальное значение ПС = 12,8% на отметке 36,2 м, а расчетная относительная потеря прочности $\chi = 6,41\%$.

Более тревожными оказались результаты контроля ТС проводов на ВЛ 35 кВ «Ладожская-3/4», который был выполнен в декабре 2013 г. На переходе этих ВЛ через р. Нева применены сталебронзовые провода БС-185 (диаметр провода 19,6 мм, диаметр стального сердечника 8,4 мм), срок эксплуатации которых составил более 45 лет. По всей длине обследованных участков проводов обнаружена значительная величина ПС сердечников, вызванная коррозией, а также многочисленные обрывы проволок сердечников. Техническое состояние проводов ВЛ «Ладожская-3/4» на переходе через р. Нева диагностировано как «предавварийное». Результаты дефектоскопии проводов (в пролете между опорами № 42–43) и расчетная величина относительной потери прочности приведены в табл. 1.

Для принятия решения о дальнейшей эксплуатации данных проводов и подтверждения предварительных выводов в 2016 г. запланирован повторный контроль ТС проводов ВЛ «Ладожская-3/4» на переходе через р. Нева.

В сентябре 2014 г. специалисты лаборатории НК компании «ИНТРОН ПЛЮС» принимали участие в освидетельствовании перед капитальным ремонтом перехода ВЛ 110 кВ «Вичуга — Заволжск» (рис. 8)

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПРОВОДОВ И ГРОЗОТРОСА ВЛ 110 КВ «ВИЧУГА – ЗАВОЛЖСК» НА ПЕРЕХОДЕ ЧЕРЕЗ Р. ВОЛГА

Наименование ВЛ	Контролируемый объект (провод фазы/ грозотрос)	Максимальная ПС сердечника провода/ грозотроса, %	Относительная потеря прочности провода/ грозотроса, %	Состояние провода/ грозотроса
ВЛ 110 кВ «Вичуга — Заволжск», пролет № 116–117	Левая фаза	14,9	15,1	Ухудшенное
	Средняя фаза	13,4	13,7	Ухудшенное
	Правая фаза	16,2	16,3	Ухудшенное
	Грозотрос левый	15,8	16,0	Ухудшенное
	Грозотрос правый	12,8	13,1	Ухудшенное
ВЛ 110 кВ «Вичуга — Заволжск», пролет № 117–118	Левая фаза	13,6	13,9	Ухудшенное
	Средняя фаза	14,7	14,9	Ухудшенное
	Правая фаза	15,4	15,6	Ухудшенное
	Грозотрос левый	14,9	17,7	Ухудшенное
	Грозотрос правый	13,8	14,1	Ухудшенное
ВЛ 110 кВ «Вичуга — Заволжск», пролет № 118–119	Левая фаза	14,4	14,6	Ухудшенное
	Средняя фаза	14,4	14,6	Ухудшенное
	Правая фаза	14,7	14,9	Ухудшенное
	Грозотрос левый	15,6	15,8	Ухудшенное
	Грозотрос правый	14,5	14,7	Ухудшенное

Таблица 2

через р. Волга (схема перехода А-П-П-А).

Результаты контроля ТС проводов и грозотросов (С-300, диаметр 21,0 мм) на переходе ВЛ 110 кВ «Вичуга — Заволжск» через р. Волга приведены в табл. 2.

Сводка результатов выборочного контроля ТС проводов и грозотросов (в процентах от общего числа обследованных элементов) на ВЛ 35–110 кВ, который был выполнен в 2013–2015 гг. в филиалах ОАО «Ленэнерго» и ОАО МРСК «Центра и Приволжья» с применением метода магнитной дефектоскопии, проиллюстрирована диаграммой, приведенной на рис. 9.

Результаты работ по контролю ТС проводов/грозотросов с применением магнитной дефектоскопии в одних случаях сигнализируют

о предаварийном состоянии проконтролированных объектов, а в других позволяют продлить срок безопасной эксплуатации, что экономит значительные финансовые затраты на их ремонт и замену.

ВЫВОДЫ

1. Магнитная дефектоскопия является эффективным методом неразрушающего контроля и диагностики технического состояния биметаллических (стале-алюминиевых и стале-бронзовых) неизолированных проводов и стальных грозотросов. Она находит все более широкое применение в практике обследований ВЛ напряжением 35–500 кВ, проводимых с целью оценки

2.

3.

технического состояния линейного оборудования. Необходимость применения магнитной дефектоскопии при диагностике технического состояния линейного оборудования ВЛ должна быть отражена в нормативно-технических документах, регламентирующих порядок проведения и очередность контрольно-диагностических работ на линиях. Параметр состояния провода/грозотроса — коэффициент запаса остаточной прочности, рассчитанный по данным дефектоскопии, позволяет придать результатам неразрушающего контроля привычный инженерный смысл. Этот показатель

ДИАГНОСТИКА ПРОВОДОВ ВЛ 110 КВ «ВИЧУГА — ЗАВОЛЖСК»



Рис. 8

- может служить дополнительным аргументом при принятии эксплуатационным персоналом соответствующих решений, что может сократить многомиллионные расходы на ремонтно-восстановительные работы или замену проводов и грозотросов.
4. Периодическое повторное обследование с применением технологии магнитной дефектоскопии позволяет оценить темпы старения проводов и грозотросов, а также разработать на этой основе метод количественной оценки их остаточного срока службы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Volokhovskiy V., Vorontsov A., Sukhorukov D., Mekhanoshin B., Shkaptsov V. Assessment of OHL Availability and Residual Life-Time by Using Non Destructive Instrumental Control for Conductors, Steel Wires and Guys. (CIGRE Session 2010, B2-309) <http://www.cigre.org/gb/Events/session.asp>
2. Сухоруков В.В. Неразрушающий контроль стальных канатов: новые приборы. // Контроль. Диагностика. № 1. 1999.
3. Методические указания по магнитной дефектоскопии стальных канатов. Основные положения. Котельников В.С., Сухоруков В.В., Короткий А.А. и др. РД-03-348-00. М.: Ростехнадзор, 2000.
4. Кессельман Л.М. Основы механики воздушных линий электропередач. М.: Энергоатомиздат, 1992.
5. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. Стереотип. переизд. — СПб.: Издательство ДЕАН, 2008.
6. Глушко М.Ф. Стальные подъемные канаты. Одесса: Астропринт, 2013.
7. Биргер И.А., Мавлютов Р.Р. Сопротивление материалов. М.: Наука, 1986.

СВОДНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИАГНОСТИКИ ПРОВОДОВ/ГРОЗОТРОСОВ НА ВЛ 35–110 КВ, ПРОКОНТРОЛИРОВАННЫХ В ФИЛИАЛАХ ОАО «ЛЕНЭНЕРГО» И ОАО МРСК «ЦЕНТРА И ПРИВОЛЖЬЯ» В 2013–2015 ГГ.

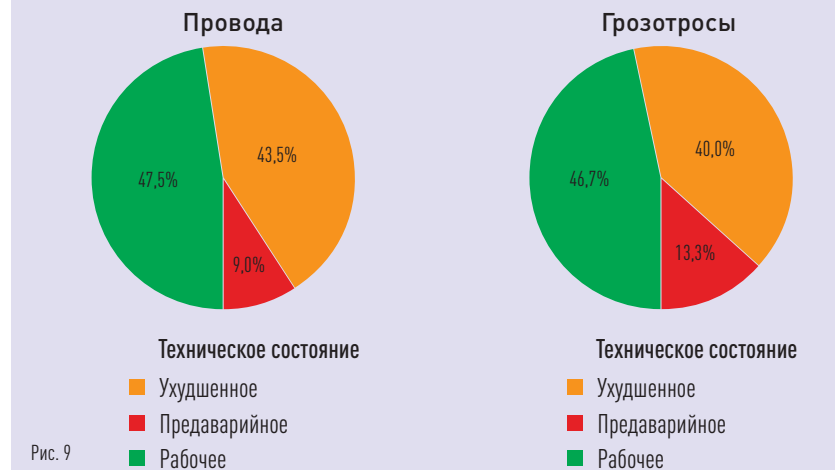


Рис. 9