

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ВОЛНОВЫХ МЕТОДОВ ОМП ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛЭП

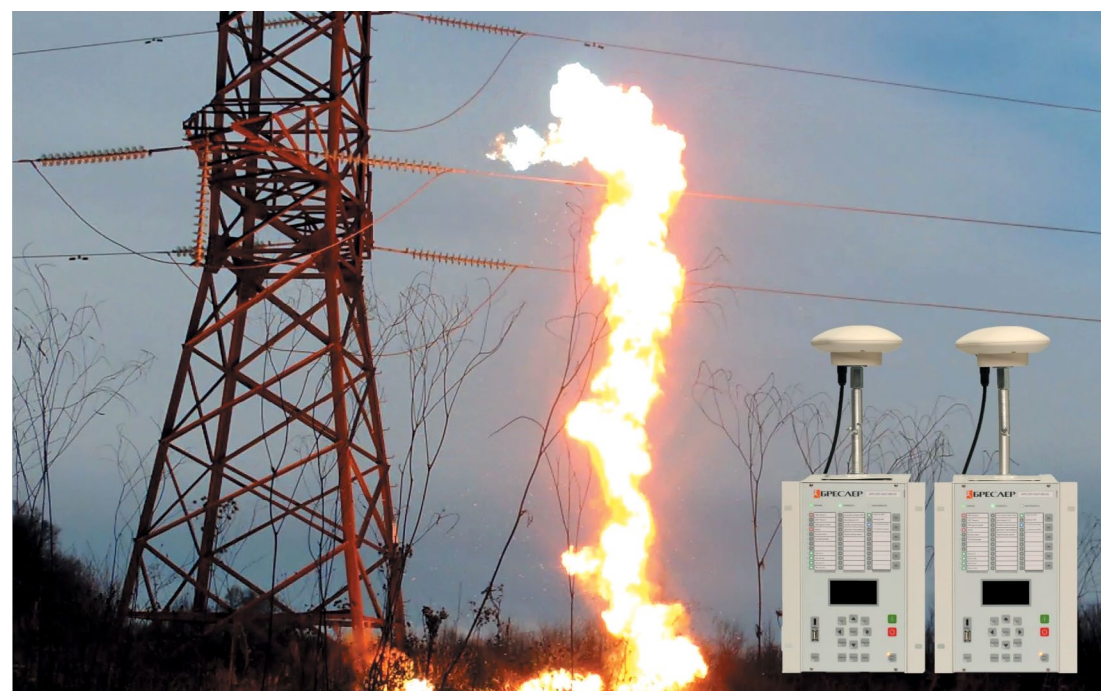
АВТОРЫ:

В.Н. КОЗЛОВ, К.Т.Н.,
К.И. ЕРМАКОВ, К.Т.Н.,
М.И. КИРЮШИН,
А.В. ШАШКИЙ,
ООО «НПП БРЕСЛЕР»

Повысить точность волновых методов определения места повреждения на воздушных линиях электропередачи воз-

можно путем достоверного описания волновых параметров линии — фактической длины и скорости распространения электромагнитной волны.

Ключевые слова: определение места повреждения; волновой метод; воздушная линия электропередачи.



Натурные испытания системы волнового ОМП на линии электропередачи 220 кВ в МЭС Востока

ВВЕДЕНИЕ

Методы определения места повреждения (ОМП) на высоковольтных линиях электропередачи (ЛЭП), использующие волновые принципы, позволили существенно повысить точность ОМП по сравнению с методами, работающими по параметрам аварийного режима (ПАР).

Алгоритмы, использующие ПАР, обладают хорошей точностью ОМП при условии достоверного описания линии. При повреждениях, связанных с землей, доля которых преобладает для воздушных ЛЭП, необходимо учитывать параметры, определяющие величину тока нулевой последовательности, что является трудоемкой задачей в случае отсутствия информации о ЛЭП (марка и режим заземления грозотросов, сближение с парал-

лельными линиями, глубина возврата тока через землю). Кроме того, расчет ОМП по ПАР сильно зависит от точности измерений аварийных величин, режима работы линии и прилегающей сети, переходного сопротивления, вида повреждения и т. д. Особенно критичны к указанным параметрам методы ОМП по ПАР, использующие алгоритмы одностороннего замера.

Волновое ОМП основано на измерении времени пробега электромагнитных волн в ЛЭП, и его точность фактически зависит от правильного задания длины линии и скорости распространения волны. Степень влияния этих параметров на точность ОМП существенно меньше, чем перечисленных выше факторов, оказывающих влияние на расчет по ПАР.

Формула для двустороннего волнового ОМП [1] имеет вид:

$$X = L/2 - \Delta t/2 \cdot V, \quad (1)$$

где L — длина ЛЭП;

V — скорость распространения электромагнитной волны;

Δt — разница между моментами времени фиксации волны на разных концах ЛЭП.

В большинстве случаев паспортная длина линии отличается от фактической, а общепринятая величина скорости волны не достигает скорости света. Достоверное описание волновых параметров ЛЭП позволяет повысить точность ОМП.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ НА ПОГРЕШНОСТЬ ОМП

Скорость распространения электромагнитного поля в вакууме равна скорости света и составляет 0,3 км/мкс [2]. Именно такое значение скорости волны, как правило, используют современные устройства ОМП. Данное допущение принимается ввиду приблизительно равных значений диэлектрической проницаемости вакуума и воздуха — 1 и 1,0006 соответственно.

Следует отметить, что реальная скорость волны в междупазном канале для воздушной линии может отличаться от скорости света и по опыту эксплуатации устройств волнового ОМП составляет 0,295–0,3 км/мкс [3]. Различие обусловлено активными потерями в проводе и конструкции ЛЭП.

Для оценки предельной погрешности, возникающей из-за неверного учета скорости волны, будем рассма-

ГРАФИКИ ЗАВИСИМОСТЕЙ ПОГРЕШНОСТИ ОМП ОТ ДЛИНЫ ЛЭП ПРИ РАЗНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ РАСЧЕТНОЙ СКОРОСТИ ВОЛНЫ

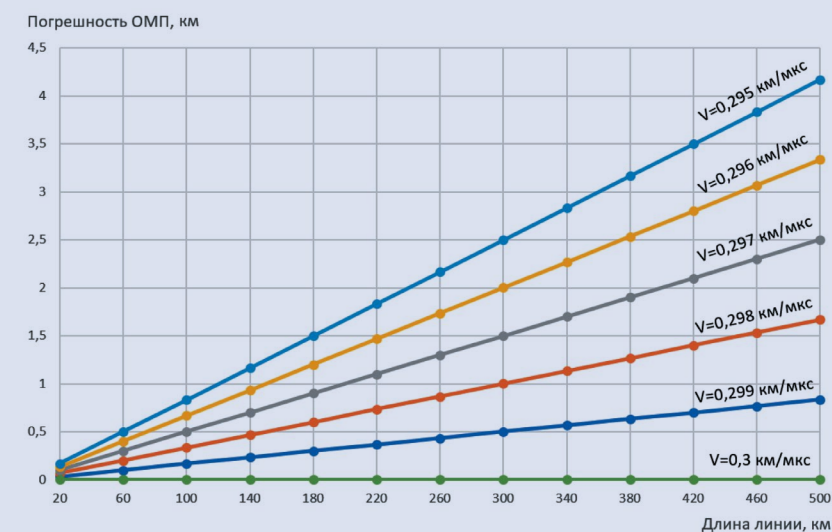


Рис. 1

ОТЛИЧИЕ ДЛИНЫ ПРОЛЕТА В ПООПОРНОЙ ВЕДОМОСТИ ОТ ФАКТИЧЕСКОЙ ДЛИНЫ ПРОВОДА

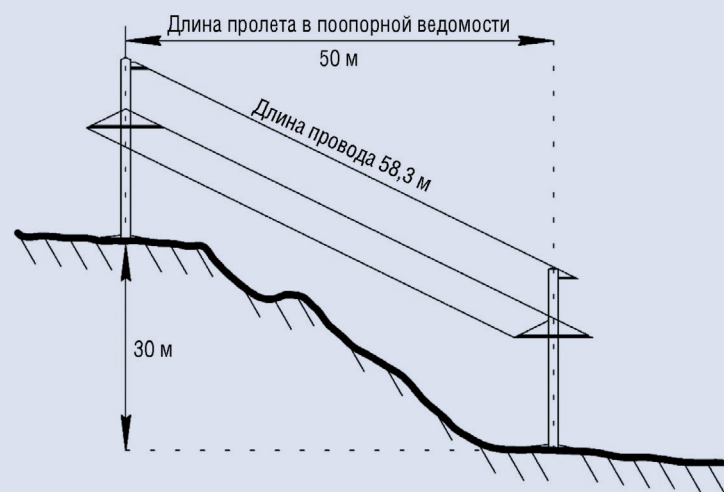


Рис. 2

КОЭФФИЦИЕНТ ТЕМПЕРАТУРНОГО ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ ДЛЯ РАЗНЫХ ПРОВОДОВ

| Марка провода | $\alpha, ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 10^{-6}$ |
|---------------|---|
| АС 120/27 | 19,2 |
| АС 240/32 | 19,8 |
| АС 300/48 | 19,2 |
| АС 400/51 | 19,8 |
| АС 600/72 | 19,8 |

Таблица 1

тривать длины линий от 20 до 500 км. Здесь нижняя граница длины соответствует требованиям к проектированию устройств ОМП [4] и организации работ по определению места повреждения воздушных ЛЭП [5]. Верхняя граница длины выбрана, исходя из наибольших протяженностей ЛЭП, эксплуатируемых в России: ВЛ 500 кВ Тамань — Ростовская (505 км), ВЛ 750 кВ Ленинградская — Белозерская (473 км). На рис. 1 пока-

заны погрешности результатов ОМП, рассчитанные по формуле (1) при отклонении расчетной скорости волны от величины 0,3 км/мкс, относительно которого получены значения Δt . Значения Δt рассчитаны при повреждении в начале или конце линии, что позволяет оценить максимальную погрешность формулы — она составила 4,17 км для длины линии 500 км при отклонении расчетной скорости волны на 0,005 км/мкс.

ОТЛИЧИЕ ВОЛНОВОЙ ДЛИНЫ ЛИНИИ ОТ ПАСПОРТНОЙ

В [6] указано, что паспортная длина линии отличается от волновой, которая соответствует фактической длине провода. Разница обусловлена четырьмя основными факторами.

Первым фактором является неточность топографической привязки поопорной ведомости и отсутствие учета перепада высот местности при вычислении длины пролетов линии. Значение этого фактора особенно ощутимо при прохождении ЛЭП по горной местности. На рис. 2 изображена разница длины пролета в поопорной ведомости от фактической длины провода.

Учесть реальную длину пролетов ЛЭП возможно только при выполнении соответствующих замеров, что занимает много времени и не является оправданным мероприятием.

Второй фактор обусловлен зависимостью длины провода от температурного режима, которую можно описать выражением

$$\Delta L = \alpha \cdot l \cdot \Delta T, \quad (2)$$

где α — коэффициент температурного линейного расширения;

l — длина провода;

ΔT — разница температур.

Например, для провода АС 240/32 коэффициент температурного линейного расширения составляет $19,8 ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 10^{-6}$. Это означает, что при изменении температуры провода на $10 ^\circ\text{C}$ длина провода изменится на 0,0198%, что соответствует изменению каждые 100 км провода на 19,8 м.

В табл. 1 приведен коэффициент температурного линейного расширения для разных проводов.

С учетом того, что изменения длины разных проводов имеют примерно одинаковые значения, примем коэффициент расширения в формуле (2) для дальнейших расчетов равным 19,8.

Паспортные характеристики проводов в соответствии с [7] приводятся для температуры окружающей среды $20 ^\circ\text{C}$. Для того чтобы оценить влияние изменения длины провода от температуры на погрешность волнового ОМП были определены зависимости (рис. 3), которые показывают величину удлинения или сжатия провода при разных отклонениях температуры от $20 ^\circ\text{C}$ для линий разной длины.

Из рис. 3 видно, что при изменении температуры от $20 ^\circ\text{C}$ до $-50 ^\circ\text{C}$ для линии длиной 500 км максимальное изменение длины провода составило 0,7 км. То есть изменение длины провода от температуры не сильно сказывается на волновом расчете, поэтому им можно пренебречь.

Третьим фактором является необходимость учета различий для понятия длины линии и точек фиксации волны (рис. 4). Дело в том, что длина линии считается по опорной ведомости между крайними порталами, а место фиксации волны определяется местом установки терминалов ОМП. Длина вторичных (измерительных) цепей устройства ОМП достигает несколько сот метров [6].

С учетом времени пробега волны по вторичным цепям Δt в формуле (1) определяется по выражению

$$\Delta t = (t_2 + \Delta t_{\text{вт}2}) - (t_1 + \Delta t_{\text{вт}1}), \quad (3)$$

где t_1, t_2 — время фиксации волны на ПС1 и ПС2;

ГРАФИКИ ЗАВИСИМОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ ДЛИНЫ ПРОВОДА ОТ ПРОТЯЖЕННОСТИ ЛИНИИ ДЛЯ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ОТНОСИТЕЛЬНО $20 ^\circ\text{C}$

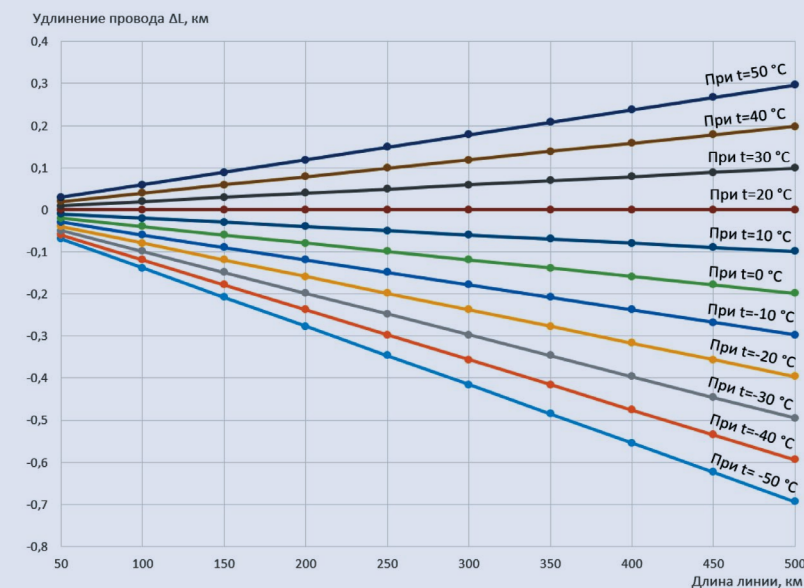


Рис. 3

ВРЕМЯ ПРОХОЖДЕНИЯ ВОЛНЫ ПО ВТОРИЧНЫМ ЦЕПЯМ

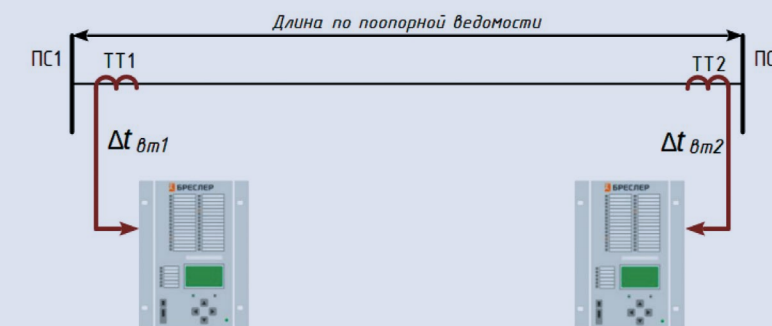


Рис. 4

ДЛИНА ПРОВОДА МЕЖДУ ОПОРАМИ С УЧЕТОМ ПРОВЕСА

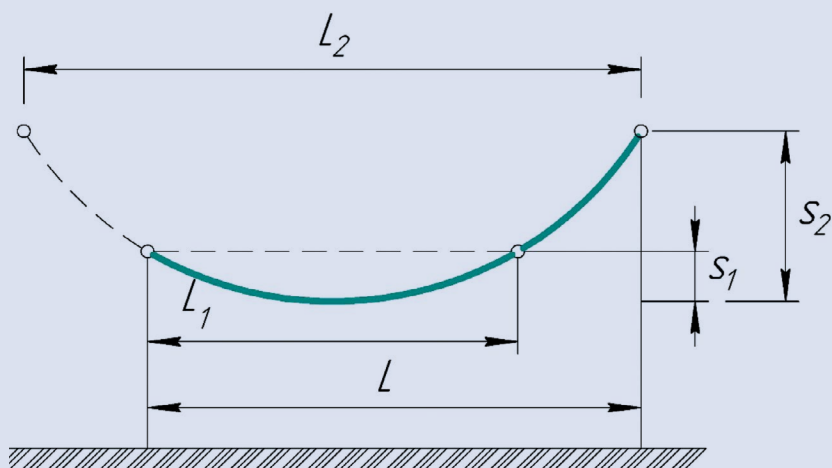


Рис. 5

$\Delta t_{вт1}, \Delta t_{вт2}$ — время прохождения волны по вторичным цепям ПС1 и ПС2.

Величины возможно учесть при выполнении соответствующих замеров, однако, как правило, в этом нет необходимости, так как время прохождения волны по вторичным цепям с разных сторон ЛЭП в формуле (3) будет компенсироваться их вычитанием.

Четвертый фактор связан с провисанием проводов под собственным весом. Длину провода между опорами с учетом провеса (рис. 5) можно найти по формуле

$$\Delta L_{пр} = L + \frac{4}{3} \left(\frac{S_1^2}{L_1} + \frac{S_2^2}{L_2} \right), \quad (4)$$

где L — горизонтальное расстояние между осями двух соседних опор;

S_1, S_2 — стрелы провеса для разной высоты подвеса провода;

L_1, L_2 — расстояния между точками подвеса проводов для разных высот.

Для пролетов, находящихся на одном уровне, перепад высот между точками подвеса кабеля равен нулю (рис. 6). Тогда $S_1 = S_2 = S$ и $L_1 = L_2 = L$. Формула (4) примет вид:

$$L_{пр} = L + 8S^2/3L, \quad (5)$$

где L — длина пролета между осями соседних опор;

S — стрела провеса.

В табл. 2 приведены наименьшие по ПУЭ [8] допустимые расстояния от проводов ВЛ до поверхности земли, а также типовые габариты ЛЭП [9].

Например, для линии 220 кВ стрела провеса может достигать 18 м при средней высоте подвеса проводов нижних фаз 25 м. Для учета фактической длины провода с учетом провисания проводов введем поня-

НАИМЕНЬШИЕ ДОПУСТИМЫЕ РАССТОЯНИЯ ОТ ПРОВОДОВ ВЛ ДО ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ, ТИПОВЫЕ ГАБАРИТЫ ЛЭП И РАСЧЕТНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ МАКСИМАЛЬНОГО УДЛИНЕНИЯ ЛИНИИ

| Показатель | 6-10 кВ | 35 кВ | 110 кВ | 150 кВ | 220 кВ | 330 кВ | 500 кВ | 750 кВ |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Расстояние от проводов ВЛ до поверхности земли, м | 6 | 6 | 6 | 6,5 | 7 | 7,5 | 8 | 12 |
| Длина пролета, м | 50-80 | 150-200 | 170-250 | 200-280 | 250-350 | 300-400 | 350-450 | 450-750 |
| Высота опоры, м | 10 | 12 | 13-14 | 15-16 | 25-30 | 25-30 | 25-30 | 30-41 |
| Коэффициент максимального удлинения ЛЭП $k_{удл}$, % | 1,001 | 0,313 | 0,296 | 0,334 | 0,96 | 0,667 | 0,482 | 0,24 |

Таблица 2

тие «коэффициент максимального удлинения линии». Рассчитаем его значение при средней длине пролета 300 м. Длина провода для одного пролета с учетом максимального допустимого провеса составляет

$$L_{пр} = 300 + (8 \cdot 18^2)/(3 \cdot 300) = 302,88 \text{ м.}$$

Получаем удлинение линии за счет провисания проводов на 0,96%. Аналогичным образом рассчитаны коэффициенты максимального удлинения линии для остальных классов напряжений и занесены в табл. 2.

Таким образом, для линий, упомянутых выше, максимальное различие паспортной и волновой длины из-за провисания проводов соответствуют данным табл. 3.

Из формулы волнового ОМП (1) видно, что неправильно заданная длина линии на величину ΔL приводит к погрешности $\Delta L/2$. Исходя из требований к высокой точности волнового ОМП, такую погрешность необходимо компенсировать. Для этого при расчете места повреждения рекомендуется к паспортной длине ВЛ прибавить величину, обусловленную коэффициентом удлинения.

РАЗЛИЧИЕ ПАСПОРТНОЙ И ВОЛНОВОЙ ДЛИНЫ ВЛ ИЗ-ЗА ПРОВИСАНИЯ ПРОВОДОВ

| ЛЭП | Паспортная длина, км | Длина с учетом максимально допустимого провисания проводов, км | Разница, км |
|---------------------------------------|----------------------|--|-------------|
| ВЛ 500 кВ Тамань — Ростовская | 505 | 507,432 | 2,432 |
| ВЛ 750 кВ Ленинградская — Белозерская | 473 | 474,135 | 1,135 |

Таблица 3

Поскольку линейная служба при поиске места повреждения ориентируется на опорную ведомость, полученную координату необходимо привести обратно к паспортной длине. Формула (1) примет следующий вид:

$$X = \left(\frac{L + k_{удл} \cdot L}{2} - \frac{(t_2 + \Delta t_{вт2}) - (t_1 + \Delta t_{вт1})}{2} \cdot V \right) \cdot \left(\frac{L}{L + k_{удл} \cdot L} \right), \quad (6)$$

где L — длина ЛЭП;

V — скорость распространения электромагнитной волны;

t_1, t_2 — время фиксации волны на ПС1 и ПС2;

$\Delta t_{вт1}, \Delta t_{вт2}$ — время прохождения волны по вторичным цепям ПС1 и ПС2;

$k_{удл}$ — коэффициент максимального удлинения линии;

$(L/L + k_{удл} \cdot L)$ — коэффициент, связывающий фактическую точку повреждения с опорной ведомостью.

ПРОВИСАНИЕ ПРОВОДА С ОДИНАКОВОЙ ВЫСОТОЙ ПОДВЕСА НА ОПОРАХ

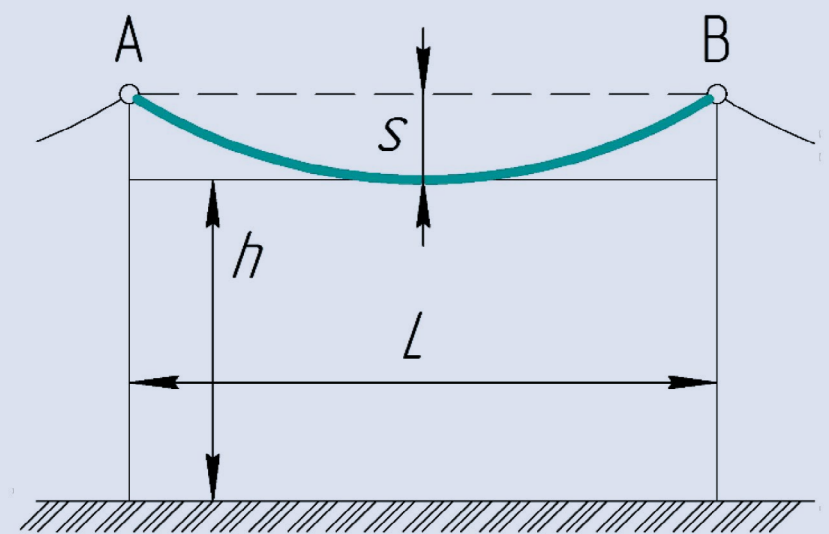


Рис. 6

УТОЧНЕНИЕ ВОЛНОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛЭП ПРИ ВНЕШНИХ ЗАМЫКАНИЯХ И ВКЛЮЧЕНИИ ЛИНИИ

На рис. 7 показано, что при внешних КЗ или при включении ЛЭП возмущение в виде волны проходит через две подстанции. С учетом этого возможно уточнить один из параметров — волновую длину линии или скорость распространения волны. Второй параметр при этом должен быть достоверно известен.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОЛНЫ ПРИ ВНЕШНЕМ КЗ ИЛИ ВКЛЮЧЕНИИ ЛИНИИ

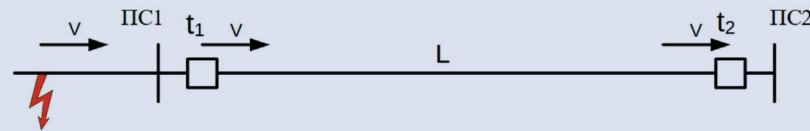


Рис. 7

В качестве примера покажем на реальных осциллограммах, каким образом может быть определена волновая длина ЛЭП. На рис. 8 изображены низкочастотная и высокочастотная

осциллограммы токов с двух сторон ЛЭП 10 кВ при ее включении. Паспортная длина линии составляет 51 км.

Разница времени между импульсами волны на ПС1 и ПС2 составляет 175 мкс. Для того чтобы найти длину линии, необходимо скорость, которую принимаем равной 0,3 км/мкс, умножить на время:

$$L = 0,3 \text{ км/мкс} \cdot 175 \text{ мкс} = 52,5 \text{ км.}$$

Получаем волновую длину линии, которая больше паспортной на 1,5 км.

УТОЧНЕНИЕ ВОЛНОВОЙ ДЛИНЫ И СКОРОСТИ ВОЛНЫ ПО ДВУМ СОБЫТИЯМ ОМП С ИЗВЕСТНЫМИ КООРДИНАТАМИ ПОВРЕЖДЕНИЙ

Для того чтобы одновременно уточнить и фактическую длину линии, и скорость распространения волны, необходимо решить систему из двух уравнений. Она может быть получена по формуле (1) для двух разных мест

повреждений с известными координатами (рис. 9).

Тогда можно записать:

$$\begin{cases} X_{f1} = \frac{L}{2} - \frac{\Delta t_1 V}{2} \\ X_{f2} = \frac{L}{2} - \frac{\Delta t_2 V}{2} \end{cases} \quad (7)$$

где X_{f1} , X_{f2} — известные координаты повреждений;

L — длина линии;

Δt_1 , Δt_2 — разница меток времени для первого и второго повреждений;

V — скорость волны.

Выразим L из первого уравнения системы:

$$L = 2X_{f1} + \Delta t_1 V. \quad (8)$$

Подставим L во второе уравнение системы:

$$X_{f2} = (2X_{f1} + \Delta t_1 V)/2 - (\Delta t_2 V)/2. \quad (9)$$

Отсюда

$$V = (2X_{f2} - 2X_{f1})/(\Delta t_1 - \Delta t_2). \quad (10)$$

Подставив V в (8), получаем:

$$L = 2X_{f1} + \Delta t_1 \cdot (2X_{f2} - 2X_{f1})/(\Delta t_1 - \Delta t_2). \quad (11)$$

Формулы (10) и (11) являются решением системы (7) и могут быть использованы для расчета реальной длины линии и скорости волны.

УТОЧНЕНИЕ СКОРОСТИ ВОЛНЫ И ДЛИНЫ ЛЭП ПО ДВУМ АВАРИЙНЫМ СОБЫТИЯМ

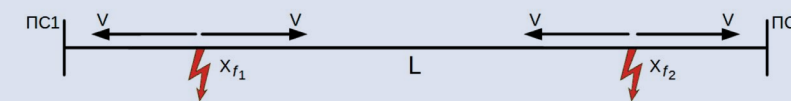


Рис. 9

ВЧ-ОСЦИЛЛОГРАММА ТОКОВ ПОВРЕЖДЕННОЙ ФАЗЫ С ДВУХ СТОРОН ЛЭП ПРИ К(2) ВС



Рис. 10

Для примера уточнения скорости распространения волны и длины линии обратимся к реальным аварийным событиям ВЛ 220 кВ Мамакан — Сухой Лог длиной

128,5 км. Данные о повреждениях приведены в табл. 4. Волновой расчет выполнен для скорости волны, соответствующей скорости света — 0,3 км/мкс.

ДАННЫЕ О ПОВРЕЖДЕНИЯХ ВЛ 220 КВ МАМАКАН — СУХОЙ ЛОГ (128,5 КМ)

| Дата и время | Вид КЗ | Метки времени | | Волновое ОМП | Координата повреждения от ПС «Мамакан» |
|---------------------|---------|---------------|----------------|--------------|--|
| | | ПС «Мамакан» | ПС «Сухой Лог» | | |
| 14.12.2019 16:45:05 | К(2) ВС | 0,5136325 с | 0,51349015 с | 85,59 км | 86,5 км |
| 20.08.2021 05:05:29 | К(1) С | 0,0730987 с | 0,07312105 с | 61,14 км | 61,96 км |

Таблица 4

НИЗКОЧАСТОТНАЯ (СЛЕВА) И ВЫСОКЧАСТОТНАЯ (СПРАВА) ОСЦИЛЛОГРАММЫ ТОКОВ С ДВУХ СТОРОН ЛЭП ПРИ ЕЕ ВКЛЮЧЕНИИ

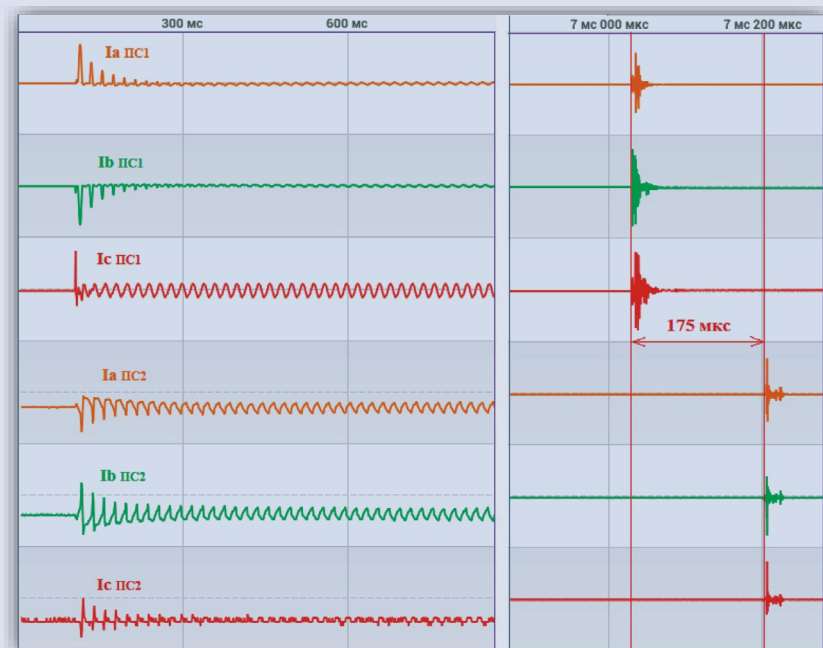


Рис. 8

ВЧ-ОСЦИЛЛОГРАММА ТОКОВ ПОВРЕЖДЕННОЙ ФАЗЫ С ДВУХ СТОРОН ЛЭП ПРИ К(1) С



Рис. 11

На рис. 10 и 11 показаны высокочастотные осциллограммы волны в токе поврежденной фазы.

Для расчета скорости волны используем формулу (10):

$$V = (2 \cdot 61,96 - 2 \cdot 86,5) / (0,51349015 - 0,5136325) - (0,07312105 - 0,0730987) = 297\,996,357 \text{ (км/с)}$$

С помощью (11) найдем фактическую длину линии:

$$L = 2 \cdot 86,5 + (0,51349015 - 0,5136325) \cdot 297\,996,357 = 130,58 \text{ (км)}$$

Таким образом, получили скорость распространения волны, отличающуюся от скорости света на 1796 км/с. Уточненная фактическая длина линии превысила паспортную на 2,08 км.

ВЫВОДЫ

1. Скорость распространения электромагнитной волны в междуфаз-

ном канале для воздушной линии близка к скорости света и составляет 0,295–0,3 км/мкс. Различие обусловлено активными потерями в проводе и конструкцией ЛЭП.

2. Погрешность ОМП находится в линейной зависимости от неправильного задания скорости волны. Получена оценка максимальной погрешности ОМП при отклонении расчетной скорости волны на 0,005 км/мкс. Она составила 4,17 км для линии длиной 500 км.
3. Фактическая (волновая) длина линии, как правило, больше паспортной. Различие объясняется неточной топографической привязкой поопорной ведомости, отсутствием учета перепада высот местности при вычислении длины пролетов ЛЭП, изменением длины провода от температурного режима и провисанием проводов. Наибольший эффект для повышения точности ОМП обеспечивает компенсация длины провисания проводов с по-

мощью коэффициента удлинения линии.

4. Один из параметров — волновую длину или скорость волны — можно уточнить при внешних замыканиях или при включении линии. Второй параметр при этом должен быть достоверно известен. При наличии двух событий ОМП с известными координатами повреждений возможно уточнить оба параметра одновременно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лачугин В.Ф., Панфилов Д.И., Попов С.Г., Платонов П.С., Алексеев В.Г., Ключкин Н.Г., Подшивалин А.Н. Разработка и применение устройств определения места повреждения на линиях электропередачи с использованием волновых методов // Энергия единой сети. 2021. № 5–6 (60–61). С. 50–66.
2. Шалыт Г.М. Определение мест повреждения в электрических сетях. М.: Энергоиздат, 1982.
3. Ермаков К.И., Кирюшин М.И. Программно-аппаратный комплекс ОМП. Чебоксары: ИПК РЗА, 2021.
4. СТО 56947007–29.240.10.248–2017. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35–750 кВ. 2017.
5. СТО 56947007–29.240.55.159–2013. Типовая инструкция по организации работ для определения места повреждения воздушных линий электропередачи напряжением 110 кВ и выше (с изменениями от 18.01.2016, 20.12.2016). 2013.
6. Козлов В.Н., Бычков Ю.В., Ермаков К.И. О точности современных устройств ОМП. Релейная защита и автоматизация. 2016. № 1. С. 42–46.
7. Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи. Технические условия. ГОСТ 839–2019. Введ. 01.05.2020. М.: Стандартинформ, 2019.
8. Правила устройства электроустановок. 6-е и 7-е изд., перераб. и доп. СПб.: ДЕАН, 2015.
9. Электронный ресурс <https://umecon.ru/press/view/337>



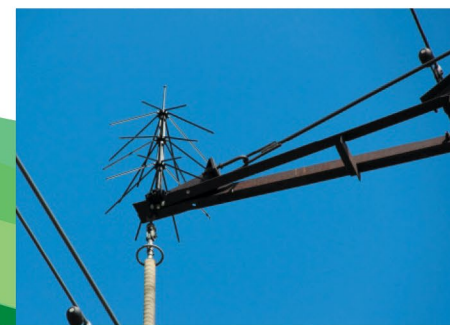
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПТИЦЕЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА (ПЗУ) ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ ЛЭП И ПОДСТАНЦИЙ



РОССЕТИ

ПРОДУКЦИЯ
АТТЕСТОВАНА
ПАО «РОССЕТИ»

- 16 лет на рынке специальных птицевозрастных устройств
- Собственное производство
- Устройства аттестованы ПАО «Россети»
- Устройства одобрены экспертами Союза охраны птиц России
- Все права защищены патентами



АПЗУ-Е-650 – антиприсадочного типа

- Совмещает в себе свойства антиприсадочного устройства и устройства по предотвращению гнездования птиц на электроустановках
- Нет гнезд в месте установки устройства
- Изготавливается из диэлектрического негорючего материала, стойкого к механическим нагрузкам, УФ-излучению и озону
- Обладает универсальным надежным креплением и может устанавливаться в трех плоскостях
- Отсутствие парусности: легкая, монолитная конструкция
- Выпускается 3 типоразмера



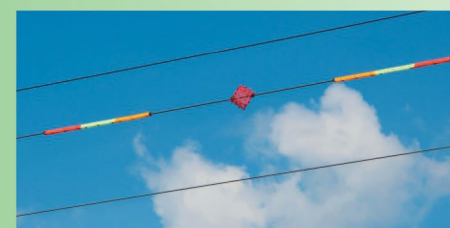
ПЗУ-Б-ЗОНТ – барьерного типа

- Защищает подвесные изоляторы от загрязнения птичьим пометом и коррозионной дорожки
- Подходит для защиты подвесных изоляторов всех типов и размеров - крепится на серьгу
- Изготавливается из диэлектрического негорючего материала, стойкого к механическим нагрузкам, УФ-излучению и озону
- Быстрый монтаж. Инструмент в комплекте



ПЗУ-Б-КВ-500 «Полотно» - барьерного типа

- Предназначено для защиты электросетевых объектов всех номиналов напряжений от проникновения, в т.ч. гнездования птиц средних и крупных размеров
- ПЗУ-Б-КВ-500-НГ применяется для оснащения опор ВЛ различного исполнения (металлических решетчатых, полых железобетонных и иных опор, имеющих полости и ниши), опор и порталов подстанций, а также различного электрооборудования



ПЗУ-МГЛБ-М «Маркер»

- Снижает вероятность столкновения птиц с проводами ВЛ
- Применяется на ВЛ всех номиналов напряжений
- Низкая гололедно-ветровая нагрузка

СДЕЛАТЬ ЗАКАЗ ВЫ МОЖЕТЕ ПО:
E-mail: birdprotect@yandex.ru
Тел.факс: (8422) 32-38-26
www.birdprotect.ru



Ульяновская область, м.р-н Чердаклинский,
с.п. Мирновское, тер. Портовая Особая Экономическая Зона,
пр-д Индустриальный, зд. 15, стр. 1, помещ. 15
Почтовый адрес: г. Ульяновск, а/я 5008.