

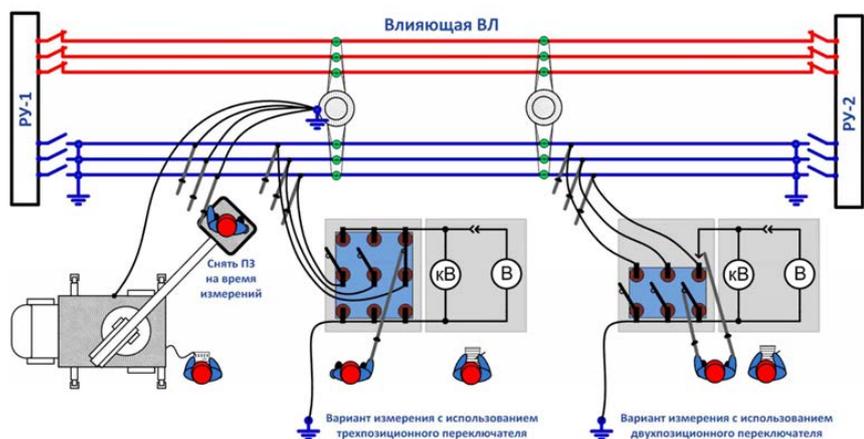


73606-18

В конце 2015г. руководство Департамента производственной безопасности ПАО «МОЭСК» обратилось к нам с просьбой разработать прибор для измерения уровня наведенного напряжения. Весной 2016г. с такой же просьбой в ООО «НЭО» обратилось руководство службы охраны труда ПАО «Ленэнерго». Причина этих обращений – ожидаемые изменения в правилах по охране труда при эксплуатации электроустановок, которые существенно меняли само определение наведенного напряжения. Разрабатываемое изделие должно было обеспечить проведение измерений на земле, по возможности без подъема измерительных приборов на опору, уменьшить количество людей участвующих в измерениях, особенно работающих на высоте, а также сократить необходимость использования подъемных механизмов.

После ввода в действие новых правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, изменилась методика определения величины наведенного напряжения. Уровень наведенного напряжения необходимо измерять на проводах отключенной и заземленной по концам в РУ ВЛ, без установки переносного заземления на рабочем месте. Данное требование кардинально не соответствовало требованиям действующего на тот момент стандарта организации СТО 56947007- 29.240.55.018-2009 «Методические указания по определению наведенного напряжения на отключенных воздушных линиях, находящихся вблизи действующих ВЛ». Согласно требованиям данного нормативного документа, измерение величины наведенного напряжения проводилось между проводом ВЛ заземленным на опору в рабочем месте и точкой нулевого потенциала – временным электродом, установленный в грунт на расстоянии 25 м от опоры. В указанных нормативных документах практически не приведены технические и метрологические требования к измерительным приборам, которые необходимо использовать при измерении. Отсутствуют конкретные методики проведения измерений с учетом требований по охране труда.

Эта неопределенная ситуация сохранялась до введения в действие Распоряжением ПАО «Россети» от 19.04.2017 № 207р «Сборника директивных указаний по повышению надежности и безопасности эксплуатации электроустановок часть 2 (далее – СДУ-2)». В данном документе, кроме вопросов безопасной организации работ под наведенным напряжением, приведена методика проведения измерений наведенного напряжения непосредственно на проводах ВЛ. Приведенная в СДУ-2 методика (рис.1) измерения довольно сложная. Требуется применение большого количества технических средств, и соответственно, большого количества персонала. Отключенная линия заземляется по



концам в РУ. На рабочем месте провода ВЛ заземляются на опору. Провода отключенной ВЛ соединяются с многопозиционным переключателем, к которому подключены измерительные вольтметр и киловольтметр. Снимается заземление с провода ВЛ, и далее, переключателем данный провод соединяют с измерительным прибором.

Рис.1

Измерения проводят относительно нулевого зонда (временного электрода), установленного в грунт на расстоянии 25м от опоры, для исключения влияния токов утечки с заземленных проводов. Измерительные приборы устанавливаются на диэлектрические подложки. Сложность методики объясняется просто – нежеланием, а точнее говоря, невозможностью подъема измерительных приборов на опору, что в принципе могло бы упростить измерения.

С чем связана невозможность подъема приборов?

Как из требований СДУ-2, так и из правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, все переключения, подключение измерительных приборов и т.д. производятся с помощью изолирующих штанг, длина которых определяется классом отключенной ВЛ (рис.2). Из этого требования следует, что проводящий отсчет измерений

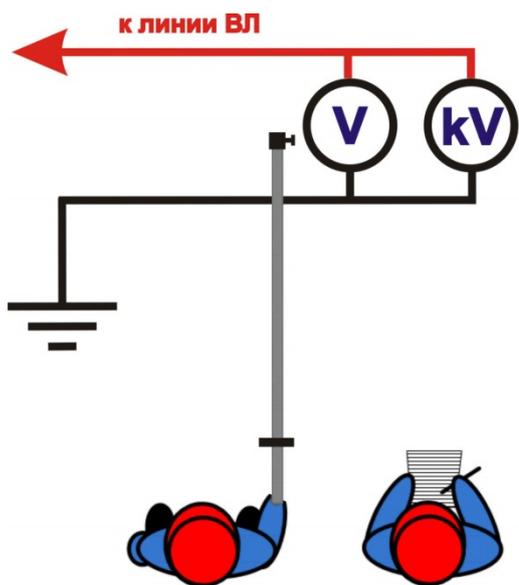


Рис.2

сотрудник должен находиться на определенном расстоянии от измерительных приборов, которое должно быть не менее, чем длина изолирующей части используемых штанг, параметры, которых определяются классом, отключенной ВЛ. При измерениях с люльки подъемного механизма, пришлось бы использовать второй подъемный механизм, в люльке которого необходимо было бы установить измерительные приборы, причем на соответствующем расстоянии от первой и под определенным углом, для удобства считывания показаний, что становится практически невыполнимой задачей. Необходимость дистанционного расположения работника, проводящего измерения, относительно измерительных приборов, становится «ахиллесовой пятой» при

измерениях на ВЛ напряжением 110кВ и выше. Точнее говоря, проблема не в организации измерений, а проблема в элементарном отсчете показаний приборов.

Для примера возьмем ситуацию по измерению уровня наведенного напряжения на ВЛ-220. Расстояние между человеком, проводящим измерение, и измерительными приборами должно быть не менее 2500мм, исходя из требований ГОСТ 20494-2001 на длины изолирующих частей диэлектрических штанг. На таком расстоянии практически невозможно отсчитать показания как стрелочного приборов. Кроме того, стрелочные вольтметры, являются многопредельными приборами. Ввиду того, что измеряемое значение наведенного напряжения неизвестно, измерения начинают с верхнего предела измерений. Изменения предела измерения, в свою очередь приводит к необходимости отключения измерительных проводов от ВЛ. В итоге время измерения многократно увеличивается. Соответственно необходимо применять цифровые измерители с автоматическим выбором предела измерений. Практически на 100%, предлагаемые производителями парк цифровых приборов имеют жидкокристаллические дисплеи. Вольтметры и киловольтметры с жидкокристаллическим дисплеем имеют пониженную яркость индикации, что затрудняет считывание показаний в солнечную погоду. Высота знаков на панели серийно выпускаемых киловольтметров имеет значение в несколько миллиметров. Кроме того, изделия с жидкокристаллическим дисплеем не работают ниже -5°C. И вообще, киловольтметры, являясь лабораторными приборами, имеют существенную погрешность при минусовых температурах. Использование лабораторных приборов приводит к необходимости

обеспечения их сетевым питанием 220В, что также усложняет измерения при проведении измерений в полевых условиях.

Предпочтительнее использование измерительных приборов со светодиодной индикацией. Однако и последние имеют свои минусы. Прекрасно работая при минусовых температурах, последние также имеют ограниченную яркость индикации. Ввиду относительно большого потребляемого тока от источников питания, по сравнению с приборами с жидкокристаллическими дисплеями, переносные вольтметры со светодиодной индикацией практически не выпускаются. Редкие экземпляры промышленных изделий являются лабораторными приборами с сетевым питанием.

Сборник СДУ-2 предлагает использование специализированных измерителей, в частности ИНН-15 (рис.3).



Рис.3

Изделие состоит из вольтметра (киловольтметра при установке внешнего делителя), который закреплен на соответствующую по длине изолирующую штангу. Индикация светодиодная. Однако из-за малой яркости индикации, произвести отсчет показаний при солнечной погоде практически невозможно, особенно при работе на ВЛ-110 и выше, когда увеличивается расстояние между пользователем и

дисплеем из-за увеличения длины изолирующей части. При работе на верхней траверсе солнечный свет напрямую делает засветку цифрового индикатора (рис.4).

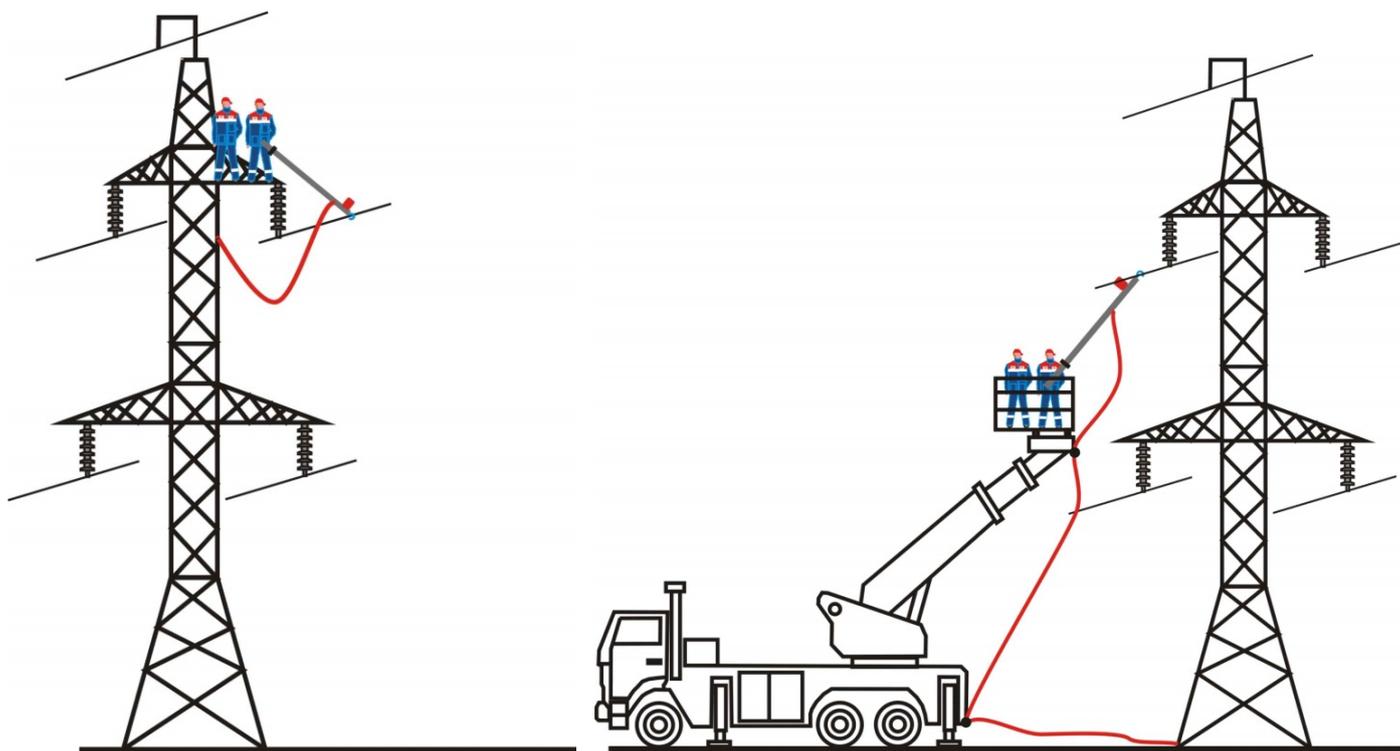


Рис.4

Чтобы с помощью указанного изделия произвести измерения, приходится использовать подъемный механизм. Необходимо также подбирать угол между люлькой и проводом, чтобы убрать световую засветку, что естественно усложняет сам процесс измерений. При измерениях необходимо участие двух членов персонала – один устанавливает прибор на линию, второй проводит отсчет (рис.5). Измерения проводят относительно опоры, что не предполагает заземление проводов ВЛ на опору ВЛ. Если заземлить провода ВЛ на опору и

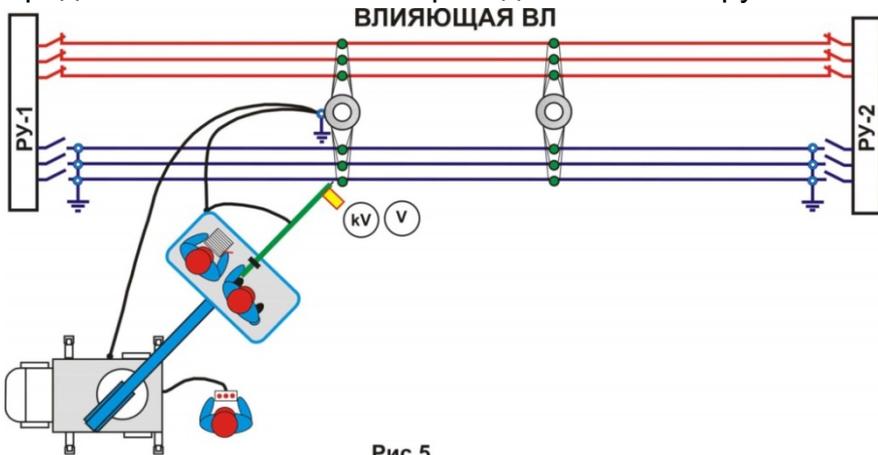


Рис.5

проводить измерение величины наведенного напряжения относительно точки заземления, со снятием фазного зажима переносного заземления с провода, на котором производят замер, будет измеряться не величина наведенного напряжения, а падение напряжения на проводе переносного заземления. Соответственно, измеренные

значения не будут соответствовать реальному значению величины наведенного напряжения, и, как правило, будут занижены в несколько раз.

Вроде устранить проблему с отсчетом показаний можно приблизив измерительный

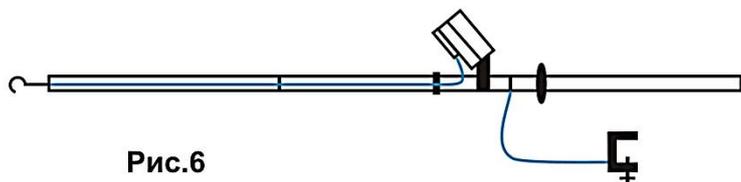


Рис.6

прибор к оператору (рис.6). Измеритель предназначен для измерений на ВЛ04-220. Метрологические параметры довольно высокие – верхнее значение измеряемого напряжения 20 кВ. Вопрос отсчета показаний, с точки зрения потребительских свойств, решен. Однако, конструкция изделия должна соответствовать и требованиям, которые предъявляются к электрозащитным средствам. Для конструктивного изменения местоположения измерительной части с дисплеем, входной контактный электрод электрически соединяется с измерительной частью через провод, пропущенный внутри трубок изолирующей части. Соответственно, измерительный блок находится под

тем же потенциалом, который присутствует на контактном электроде. По фотографии видно, что расстояние между измерительным блоком и ограничительным кольцом примерно равно нескольким сантиметрам, что является нарушением требований, предъявляемые к электрозащитным средствам, предназначенные для работы свыше 1000В. Нарушением является также величина напряжения испытания изолирующей части. По паспортным данным, прибор предназначен для работы на линиях до 220 кВ. Изолирующая часть имеет длину, соответствующую требованиям стандарта организации

СТО 34.01-30.1-001-2016 «Порядок применения электрозащитных средств в электросетевом комплексе ПАО «Россети». Однако, в собранном состоянии, изолирующая часть данного измерителя испытывается, по паспортным данным, напряжением 40 кВ, вместо требуемых по стандарту и ГОСТ 380 кВ. Случайности, к сожалению, иногда имеют место в реальной практике ...и никто не застрахован от случайного включения в линию основного напряжения во время проведения измерений. А методика измерений в данном случае такая же, как и при использовании ИНН15 (рис.5), то есть измерения проводятся при отсутствии заземления на рабочем месте.

Необходимо указать также, что в СДУ-2 не приведены какие либо метрологические требования к используемым при измерениях вольтметрам и киловольтметрам. Форма наведенного напряжения не является чисто синусоидальной. На провод обесточенной линии, наводится напряжение от всех фазных проводов влияющей линии. Форма сигнала имеет вид трех наложенных друг на друга синусоид, смещенные по фазе на 120° , с разными амплитудами из-за изменения тока в проводах влияющей ВЛ. Для измерения наведенного напряжения необходимо применять приборы, измеряющие среднеквадратичное значение или пиковое, при большом количестве выборок, с последующим усреднение максимальных значений. Только в этом случае будет измерено истинное значение величины напряжения, независящее от формы измеряемого входного напряжения. При несоблюдении данного требования, показания могут быть в несколько раз ниже истинных. При проведении замеров наведенного напряжения на ВЛ10кВ ф.404-02 при влияющей ей ВЛ - ВЛ110кВ лРощинская-4 (Лейпясую - Первомайская) в Выборгских сетях ПАО «Ленэнерго» были использованы два вольтметра – вольтметр пиковых значений и вольтметр с измерением средневыпрямленного значения. Показания отличались более чем в 2-3 раза.

Учитывая все выше сказанное, а также требования заказчика, в ООО «НЭО» был разработан измеритель наведенного напряжения, который мы назвали УВН-Н-2 «ВОЛЬТ-НН». Конструкция и метод измерения напряжения не имеет аналогов в практике измерения напряжения, и полностью устраняет проблемы описанные выше (и не только).



Измерительный блок



Индикаторный блок

Конструктивно измеритель состоит из двух блоков – измерительного и индикаторного со светодиодной индикацией (рис.7). Измерительный блок представляет собой вольтметр пиковых значений без отсчетного устройства (дисплея), с автоматическим выбором поддиапазона измерения. Блок сочленяется с изолирующей штангой резьбовым адаптером М14. Масса его примерно 300 грамм, габариты сравнимы с габаритами рабочих частей указателей напряжения. Один из входов измерительного блока

предварительно заземляется на временный электрод, установленный на расстоянии 25м от опоры. Вторым, контактным электродом в виде крюка, навешивается на провод отключенной ВЛ. Измерительный блок измеряет значение напряжения, переводит в цифровой код. Код передается по радиоканалу, на частоте 869 МГц на индикаторный блок. После дешифровки кода, значение величины напряжения отображается на дисплее индикаторного блока. Канал передачи шифрованный и помехоустойчивый. Расстояние между блоками может достигать до 100 м на открытом пространстве. Измерения можно проводить как с траверсы, так и с применением подъемных механизмов. При использовании более длинных изолирующих штанг, измерения можно проводить и с нижней траверсы, а на линиях ВЛ10 с поверхности земли (рис.8).

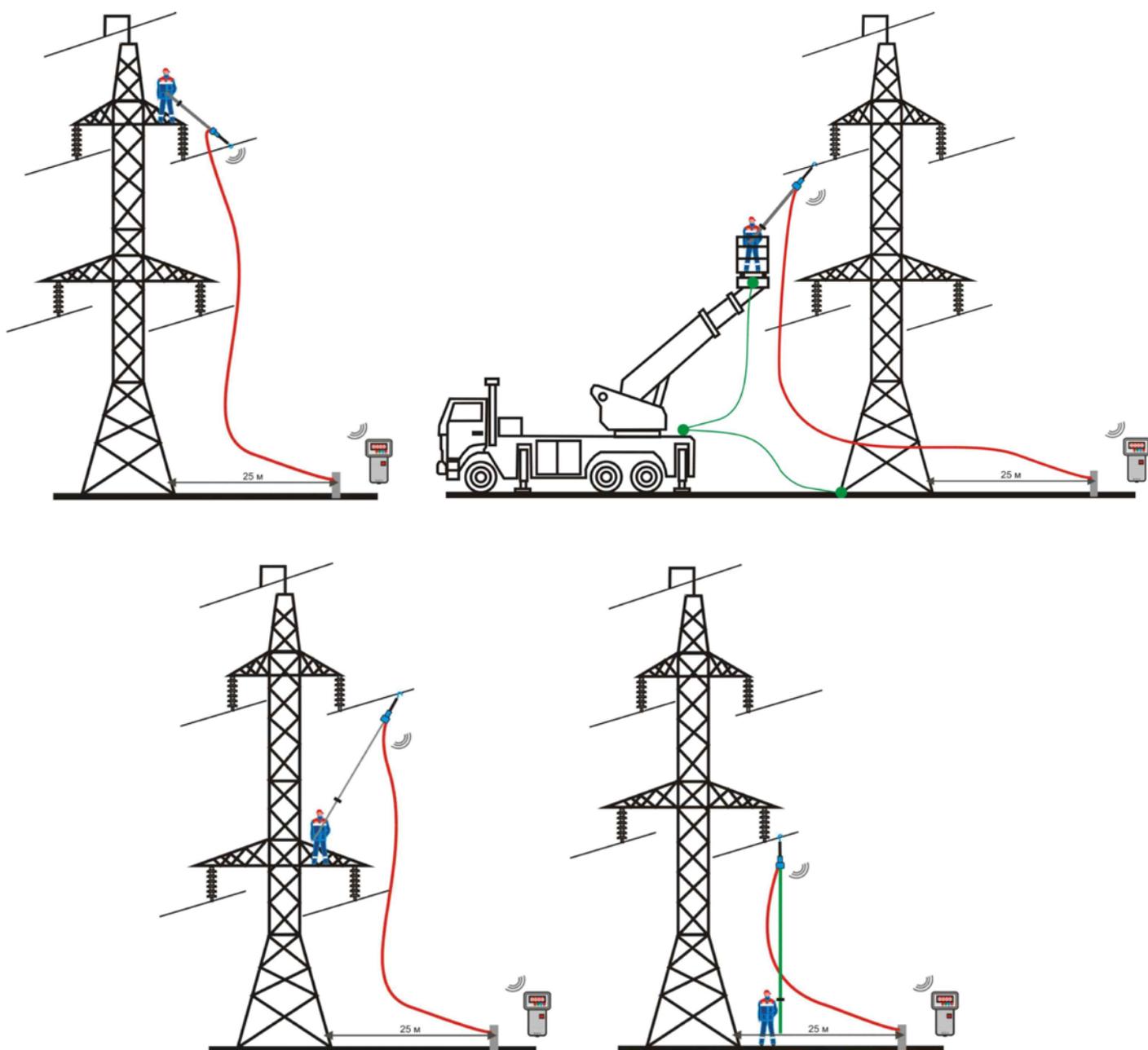


Рис.8

Для измерений необходим подъем на высоту одного сотрудника. После проверки отсутствия основного напряжения указателем напряжения, измерительный блок контактным электродом навешивается на провод ВЛ. В данной методике измерения, внимание сотрудника на опоре не сконцентрировано на отсчете показаний. Его задача

элементарна и не требует специальной подготовки - просто навесить контактным электродом измерительный блок на провод отключенной ВЛ. Отсчет показаний, производится сотрудником на земле. В холодную погоду он может даже производить отсчет показаний сидя в автомобиле. На панели измерительного блока имеется кнопка контроля качества радиосвязи. При ее нажатии на индикаторный блок передается определенная стандартная посылка. Имеется индикация обрыва связи, что указывает сотруднику на земле, который проводит отсчет показаний, изменить свое местоположение.

Для максимально обеспечения требований техники безопасности рекомендуется проводить измерения по следующей методике (рис.9). После проверки отсутствия основного напряжения, провода отключенной ВЛ заземляются на опору. Измеритель УВН-Н-2 «ВОЛЬТ-НН» контактным электродом навешивается на один из проводов. Второй вход измерителя заземляется на временный электрод, установленный в грунт на расстоянии 25м от опоры. Снимается заземление с провода, к которому подключен измеритель и проводится отсчет показаний. Заземление на данном проводе устанавливается обратно, а измеритель подключается к следующему проводу. Повторяя операции, производится замер на остальных проводах ВЛ.

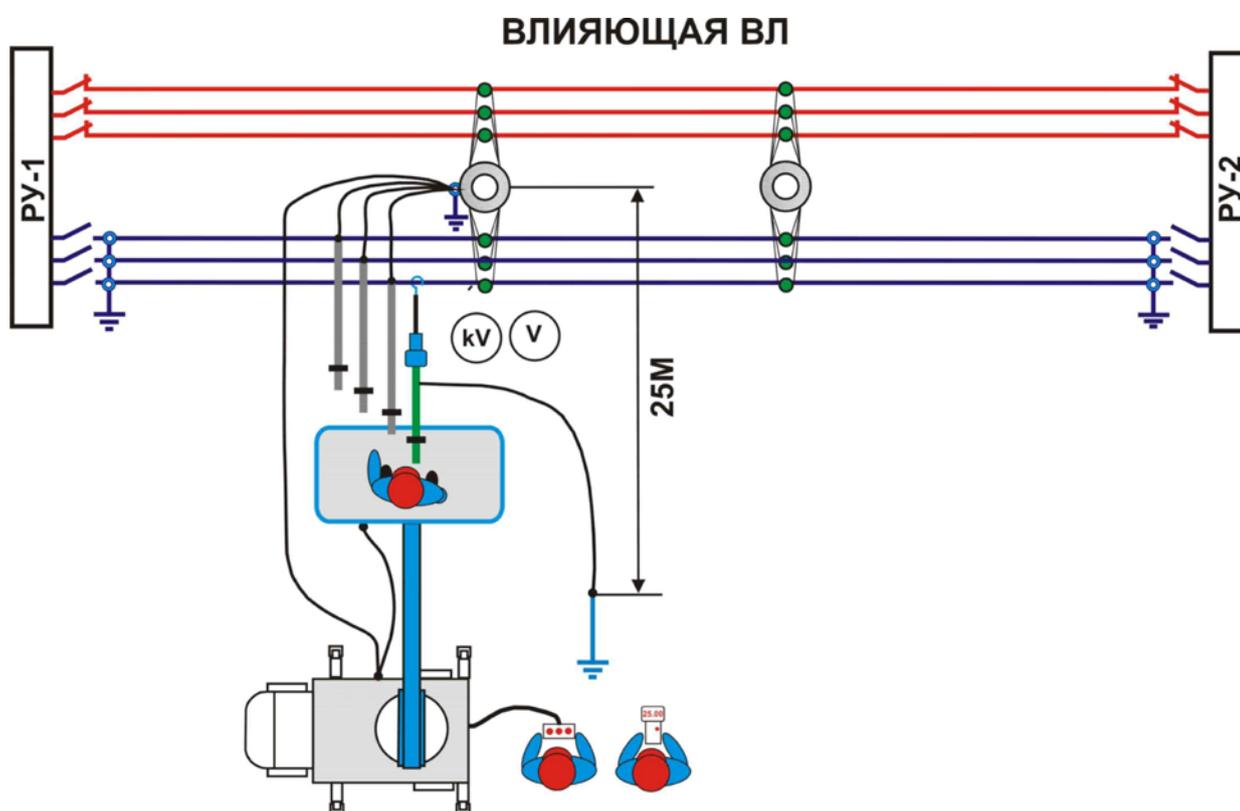


Рис.9

Первоначальный вариант измерителя имел верхнее значения измерений 2500 В. Натурные испытания этого варианта были проведены в апреле 2017г. в филиале ПАО Ленэнерго (рис.10). Замеры наведенного напряжения проводились с поверхности земли на ВЛ10кВ ф.404-02 при влияющей ВЛ - ВЛ110кВ лРощинская-4 (Лейпясуо - Первомайская) в Выборгских сетях ПАО «Ленэнерго». Также многократно, в течение лета 2017г., испытания проводились в филиале Восточные сети ПАО «МОЭСК». По результатам испытаний ПАО «Ленэнерго» приобрело партию измерителей уже в 2017 году.



Рис.10

Несмотря на положительное заключение, относительно простоты и удобства работы с изделием, по рекомендациям специалистов ПАО «МОЭСК», измеритель был несколько доработан.

Верхнее значение измерений было увеличено до 10кВ. Для этого, вместо контактного электрода, на измеритель устанавливается внешний высоковольтный щуп (рис.11).



Рис.11

Измеритель без высоковольтного щупа работает в режиме вольтметра с автоматическим выбором поддиапазона измерения. Максимальное значение измерений в данном случае составляет 1000 В.

При установке высоковольтного щупа, измеритель переходит в режим киловольтметра с верхним значением измерений до 10кВ. При установке высоковольтного щупа индикаторный блок автоматически переходит в режим киловольтметра, что индицируется свечением соответствующего индикатора. При превышении измеряемого напряжения вышеуказанных значений, на дисплее индикаторного блока высвечивается предупредительный знак **ПРЕ** (рис.12).



Рис.12

Оба блока комплекта питаются от литиевых аккумуляторов, что обеспечивает устойчивую работу комплекта в течение 2 часов при температуре окружающей среды до -30°C . В комплект устройства входят два зарядных устройства. Для контроля состояния источников питания, на панелях обеих блоков выведены индикаторы разрядки и зарядки источников питания.



Рис.13

При включении питания индикаторного блока, предварительно на дисплей выводится значение уровня зарядки встроенного аккумулятора. Формат индикации **A XX**, где **XX** значение уровня зарядки в процентах (рис.13). При нажатии на кнопку контроля связи на измерительном блоке, происходит передача на индикаторный блок значения уровня зарядки аккумулятора измерительного блока в том же формате (рис.14). Если измерительный блок не включен или его расстояние от индикаторного превышает 100м, на дисплее индицируются четыре тире. Это подсказывает сотруднику на земле, проводящий отсчет показаний, изменить свое местоположение.



Рис.14

В окончательном варианте изделие комплектуется многозвенной изолирующей штангой для работы на ВЛ04-220 и проводом подключения к временному электроду в силиконовой изоляции сечением 1,5мм² и длиной 50м. Напряжение изоляции провода 20кВ (рис.15). Основные технические параметры измерителя приведены в таблице 1.



Рис.15

Окончательный вариант изделия был передан в сентябре 2018г. в ПАО «МОЭСК» для проведения испытаний. Испытания проводились до конца ноября 2018г. в филиале ПАО «МОЭСК» ВЭС Ногинский ЗУ. По результатам испытаний изделие заслужило высокую оценку специалистов ПАО «МОЭСК», как по простоте использования, так и по безопасности проведения измерений. Расчетные и реально измеренные значения наведенного напряжения отличались не более чем на 10%.

Приказом Федерального Агенства по Техническому регулированию и Метрологии (Росстандарт) № 2707 от 20.12.2018г. измеритель наведенного напряжения УВН-Н2 «ВОЛЬТ-НН» внесен в Государственный реестр средств измерений.

Регистрационный номер 73606-18.

Таблица 1.

1	Диапазон измерений пиковых значений напряжения переменного тока синусоидальной формы номинальной частотой 50 Гц	от 1 В до 10000 В
2	Поддиапазоны измерений	от 1,00 В до 20,00 В от 20,0 В до 200,0 В от 200,0 В до 1000 В. от 0.20 кВ до 10.00 кВ
3	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений значений напряжения переменного тока синусоидальной формы номинальной частотой 50 Гц	$\pm(0,03 \cdot U_{изм} + 0,002 \cdot U_{к.})$
4	Частота радиоканала, МГц	869
5	Дальность передачи на открытом пространстве, м, не менее	50
6	Длина провода заземления, м	50
7	Время непрерывной работы без подзарядки источников питания, часов, не менее	3
8	Условия эксплуатации: - температура окружающей среды, °С - относительная влажность, % - атмосферное давления, кПа	от -30 до +50 до 98 от 84 до 106.7
9	Габаритные размеры, мм, не более: - измерительного блока - индикаторного блока - высоковольтного щупа	66x66x290 210x105x50 565x20 x20
10	Масса измерительного блока, кг, не более Масса индикаторного блока, кг, не более Масса высоковольтного щупа, кг, не более	0,3 0,3 0,35
11	Средний срок службы, лет	5
12	Средняя наработка на отказ, ч	10000



Испытания измерителя наведенного напряжения в филиале ПАО «МОЭСК» ВЭС Ногинский ЗУ

**ПРОТОКОЛ
ИЗМЕРЕНИЙ НАВЕДЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ**

Предприятие филиал ПАО «МОЭСК» ВЭС Ногинский ЗУ

Отключенная ВЛ 110 кВ Фрязино-Гранит 2

диспетчерское наименование, отключенной линии

Дата. время проведения измерения	Номер порты, где проведено	Элемент ВЛ, на котором проведены	Схема заземления ВЛ, на которой проведены измерения (указать, выбрав из перечня)	Вид заземления в месте измерен	Измеренное значение напряжения (В) и тока (А)		Расчет наведенного напряжения с учетом нагрмзки	Нагрузка па влияющих линиях		
					Наведенное	Пап ряжениена		Па им си она	Нагрузка	
									Во	Время Измерения
22.11.18г	№52	Провод АС-150	1. ВЛ заземлена по концам 1.1. Заземлена в месте измерений 1.2. Не заземлена в месте измерений. 2. ВЛ заземлена на концах линии (ПС) 2.1. Провод (трое) на опоре заземлен. 2.2. Провод (трос) на опоре не заземлен. 3. ВЛ не заземлена по концам. 3.1. Провод (трос) на опоре не заземлен. 3.2. Провод (трос) на опоре заземлен.	ПЗЗ	НФ-4 В СФ-2,4В ВФ-4,2В ВФ-8 В СФ-4,8В НФ-8,4В		НФ- 22,4В СФ- 13,44В НФ-23,5В ВФ-44,8В СФ-26,8В НФ-47 В	ВЛ-110 кВ Фрязино- Гранит 1	80А	450А

Ответственный
руководитель
работ

мастер
должность

Вавилов Д.В.
фамилия.и.о.


подпись

Измерения
проводили

электромонтер
должность

Бадунов С.В.
фамилия.и.о.


подпись

13 декабря 2018г. в Москве в время семинара, организованного Ассоциацией «ЭРА России» в рамках Международной специализированной выставки «Безопасность и Охрана труда-2018», состоялась презентация дистанционного измерителя наведенного напряжения УВН-Н-2 «ВОЛЬТ-НН».

