

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ИСПЫТАНИЙ СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ ВСЕХ КЛАССОВ НАПРЯЖЕНИЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

В статті запропоновано конструктивні рішення побудови випробувальної системи вимірювання часткових розрядів та виявлення міст пробоя з використанням резонансу напруг.

В статье предложено конструктивное решение построения испытательной системы измерения частичных разрядов и обнаружения мест пробоя с использованием резонанса напряжений.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в практику передачи и распределения электрической энергии все шире и шире внедряются силовые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ). Однако при их производстве существует несколько разновидностей технологии сшивания полиэтилена.

С точки зрения всестороннего рассмотрения, необходимо определиться, что под термином "силовой кабель" или "высоковольтный кабель" обычно понимают кабели на номинальное напряжение от 6 до 500 кВ. В соответствии с рекомендациями МЭК (Международная электротехническая комиссия) кабели передачи и распределения электрической энергии разделены на четыре категории в зависимости от диапазона номинального напряжения: кабели низкого напряжения – менее 6 кВ; кабели среднего напряжения – 6-36 кВ; кабели высокого напряжения – 36-161 кВ; кабели сверхвысокого напряжения – более 161 кВ. Чем выше класс напряжения, тем более высокие требования предъявляются к электрической изоляции.

В качестве изоляционных материалов для силовых кабелей, в зависимости от класса номинального напряжения, используются в основном пропитанная кабельная бумага, поливинилхлоридный (ПВХ) пластикат, различные композиции полиэтилена (в том числе и сшиваемые) и резины. Однако новейшие научные разработки в области полимерной изоляции позволили постепенно вытеснить пропитанную бумажную изоляцию в производстве силовых кабелей всех классов напряжения. Сегодня практически сняты с производства маслonaполненные кабели на рабочее напряжение 110-500 кВ, уступив кабелям с пероксидно-носимой полиэтиленовой изоляцией.

НАДЕЖНОСТЬ КАБЕЛЕЙ, КАК ФУНКЦИЯ МЕТОДА СШИВКИ ПОЛИЭТИЛЕНА

Цель настоящей статьи заключается в том, чтобы представить некоторые, наиболее распространенные в мире, научные и технологические подходы, которые могли бы помочь электроэнергетическим компаниям и другим потребителям получить экономичный кабель с высоким сроком службы. Изоляционные материалы для силовых кабелей, типа ПВХ пластиката и обычного полиэтилена, имели длительно допустимую температуру эксплуатации до 75 °С, следовательно, они не могли конкурировать с пропитанной бумажной изоляцией, для которой рабочая температура находилась в пределах 80 °С, что ограничивало их применение в кабелях на номинальное напряжение выше 6 кВ.

Эта проблема была решена с появлением пероксидно-носимого полиэтилена, с помощью которого появилась возможность повысить рабочую температуру до 90 °С, в режиме перегрузок – до 130 °С, а при коротком замыкании до 250 °С. В результате процесса вулканизации (сшивки) значительно улучшаются такие ценные свойства изоляции, как теплостойкость, механическая прочность, сопротивляемость растрескиванию, стойкость к действию агрессивных сред. Пероксидносшитый полиэтилен обладает превосходными диэлектрическими свойствами, что дает возможность применять его для всех классов напряжения.

ПАО "ЗАВОД "ЮЖКАБЕЛЬ" первым на постсоветском пространстве освоил производство кабелей энергетического назначения по пероксидно-носимой технологии на рабочие напряжения от 6 до 330 кВ с использованием наклонных линий газовой вулканизации с 2003 года [1, 4].

Существует три способа сшивания полиэтилена:

- химическая пероксидная сшивка (образование поперечных связей) происходит при помощи вулканизирующего агента пероксида (например, перекиси дикумила), который вводится в полимер. При этом на специальных наклонных или вертикальных линиях происходит одновременное трехслойное наложение изоляционной системы – полупроводящего экрана по токопроводящей жиле, собственно изоляции и полупроводящего экрана по изоляции – и сшивка трех слоев в вулканизационной трубе при высокой температуре (до 450 °С) и давлении (14 атм.) в среде инертного, по отношению к изоляции, газа. Такие системы требуют значительных финансовых затрат и поэтому применяются исключительно при производстве кабелей на рабочее напряжение от 6 до 500 кВ. При этой сшивке образуются побочные продукты деления, главным образом из метана, оцетофенола и метилового спирта, которые со временем испаряются сами по себе или могут быть удалены при помощи дегазации в термокамере. Самое главное, что эти побочные продукты деления не образуют инородных включений в изоляции;

- силанольная (влажная) вулканизация осуществляется путем введения в полимерные цепочки химических соединений на основе силанов, которые формируют поперечные связи только под воздействием влаги (пар или горячая вода). Процесс вулканизации осуществляется в твердой фазе после наложения изоляционной системы, т.е. имеет место разделение единого технологического процесса на две стадии – экс-

трузия изоляционной системы и ее вулканизация. Это более дешевая технология, т.к. выполняется на обычных горизонтальных линиях. В противоположность пероксидной сшивке при силанольной, продукты деления образуют поперечные связи в материале изоляции и выполняют соединительную функцию между молекулами полиэтилена и не удаляются. Эти включения имеют, по сравнению с основной изоляцией, другие значения диэлектрической проницаемости и проводимости, т.е. являются концентраторами напряженности электрического поля, приводящими к ускорению старения изоляции и снижению ресурса кабелей, даже на среднее напряжение. Поскольку вулканизация осуществляется не в инертной, а в водной среде, то это приводит к усилению образования водных трингов.

Этот способ сшивки содействует непосредственному проникновению инородного тела в химический состав изоляции. По этой причине силанольная сшивка используется при производстве кабелей низкого напряжения – до 6 кВ.

- радиационная сшивка, когда сшивание происходит с применением источников ионизационных излучений и применяется для производства проводов с относительно тонкой изоляцией.

Остается напомнить энергетическим компаниям и предприятиям, использующим силовые кабели со сшитой полиэтиленовой изоляцией, что надежность кабельных систем на напряжение 6-500 кВ базируется в мире на пероксидносшиваемой полиэтиленовой изоляции. Процесс "сухой" пероксидной сшивки впервые, и пока единственный в Украине, внедрен на ПАО "ЗАВОД "ЮЖКАБЕЛЬ" и позволяет производить кабели на напряжение от 6 до 330 кВ.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Испытания кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена осуществляют согласно требованиям Международного стандарта МЭК 62067 и подразделяют на прямо-сдаточные, периодические, типовые и преквалификационные.

Для обоснованного выбора научных подходов и методов при разработке специализированных электротехнических систем для испытаний кабелей с полимерной изоляцией на напряжение 6-500 кВ был выполнен аналитический обзор современных способов решения аналогичных задач в отечественной и зарубежной практике. Анализ литературы показал [1, 2, 6], что длительно нагружать изоляцию постоянным напряжением нецелесообразно из-за накопления в микродефектах изоляции значительных объемных зарядов, которые могут пребывать в изоляции длительное время, вызывая ее старение. Эти объемные заряды могут накапливаться на достаточно больших глубинах изоляции.

Исследования, проведенные на заводе, подтвердили, что длительно испытывать повышенным переменным напряжением является также нецелесообразным, т.к. могут возникать дополнительная деструкция изоляции и появление необратимых разрушающих ее микродефектов, которых до испытаний не было [7]. Это объясняется тем, что накопление объемных зарядов при

повышенном переменном напряжении является процессом вероятностным, при котором возможно также проникновение с поверхности медных или алюминиевых жил электронов на большую глубину изоляции. Учитывая, что время исчезновения локальных объемных зарядов на несколько порядков больше, чем время их накопления, то длительных испытаний повышенным переменным напряжением высоковольтных и сверхвысоковольтных кабелей также следует избегать.

Для испытания кабелей повышенным напряжением (до 35 кВ) обычно используют специальной конструкции повышающие измерительные трансформаторы. Мощность таких испытательных трансформаторов определяется произведением величины напряжения вторичной обмотки трансформатора $U_{\text{вых}}$ на величину емкостного тока в изоляции I_c , то есть равна $S_{\text{тр}} = U_{\text{вых}} \cdot I_c$.

Применение трансформаторных схем для испытаний высоковольтных и сверхвысоковольтных кабелей длиной в несколько сот метров представляется нецелесообразным, т.к. они требуют применения очень энергоемкого оборудования.

При строительной длине кабеля на напряжение 110 кВ на барабане до 1000 м общая емкость будет составлять $C \approx 10^{-6}$ Ф, а общее емкостное сопротивление X_c переменному току частотой 50 Гц может быть равным: $X_c = (2\pi f C)^{-1} \approx 3184,7$ Ом.

В соответствии с современными требованиями кабели со СПЭ изоляцией на напряжение 110 кВ должны подвергаться прямо-сдаточным испытаниям переменным напряжением различной длительностью, приведенной в табл. 1.

Таблица 1

Испытание кабелей переменным напряжением частоты 50 Гц

Номинальное напряжение, кВ	Испытательное напряжение, кВ	Длительность испытаний, мин.
110	160	30
220	318	30
330	420	60

Учитывая, что тангенс угла диэлектрических потерь составляет 10^{-3} , то потерями мощности на нагрев изоляции можно пренебречь (ошибка составит меньше 0,1 %). В таком случае в кабеле в течение 30 минут должен протекать ток утечки I_c равный $I_c = U_c / X_c \approx 50$ А и кабель должен пропускать мощность S_c , равную $S_c = U_c^2 / X_c \approx 8000$ кВА.

Таким образом, сложно представить использование трансформатора установленной мощности для испытаний высоковольтных и сверхвысоковольтных кабелей.

Немногим более 30 лет назад традиционные трансформаторные измерительные системы, для проведения прямо-сдаточных испытаний, начали заменять резонансными системами, использующими в своих цепях резонансный контур, состоящий из параллельно включенных испытуемого кабеля и реактора с изменяемой индуктивностью [3]. Эти системы позволили в десятки раз уменьшить мощность повышающего трансформатора.

Однако эти системы имеют один из серьезных недостатков – это необходимость выполнять все обо-

рудование на сверхвысокое напряжение до 500 кВ. Такой недостаток может быть преодолен только при узком диапазоне изменения длины испытуемого кабеля. При широкодиапазонном изменении длины испытуемого высоковольтного кабеля будут соответственно изменяться в десятки раз емкостное сопротивление СПЭ изоляции и активное сопротивление токопроводящей жилы. В этой связи реализовать высокодобротный параллельный резонансный контур не представляется возможным, т.к. необходимо, чтобы были равными не только реактивные сопротивления кабеля и компенсирующего реактора, но и их активные сопротивления. Большим недостатком параллельного резонансного контура является то, что при пробое изоляции кабеля или реактора, общее сопротивление такого контура уменьшается в десятки раз, соответствующим образом увеличивая ток короткого замыкания измерительной системы и питающей сети.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО РЕЗОНАНСА

Если реализовать в измерительной системе резонанс напряжения, используя контур с последовательным соединением кабеля и высоковольтного реактора, то при больших изменениях емкости кабеля, т.е. его длины, точная настройка контура в резонанс может осуществляться за счет соответствующего реактора [5, 6]. В последовательном резонансном контуре активные сопротивления элементов электротехнической системы складываются и изменение их суммы лишь несущественно изменяет добротность контура и величину тока, потребляемого из сети. Из всех элементов системы только изоляция компенсирующего реактора должна быть рассчитана на полное напряжение 500 кВ, а его обмотки – на токи до 40 А и полную мощность 20 МВА.

Современное развитие мировой электротехнической промышленности позволяет проектировать и изготавливать реакторы на такие мощности и обеспечить линейное регулирование их индуктивности примерно в 20 раз за счет автоматического изменения воздушного зазора сердечника.

Таким образом, для испытания высоковольтных и сверхвысоковольтных кабелей со СПЭ изоляцией была обоснована целесообразность разработки электротехнических систем с последовательным резонансным контуром синусоидального напряжения промышленной частоты.

Поэтому, на ПАО "ЗАВОД "ЮЖКАБЕЛЬ" в основу сверхвысоковольтного испытательного комплекса (СВИК) для испытаний широкого спектра кабелей из СПЭ изоляцией в соответствии с международными нормами и действующими системами менеджмента качества продукции, была положена концепция резонансного возбуждения последовательного высокодобротного индуктивно-емкостного ($L-C$) контура с переменной индуктивностью.

Рассмотрим краткое описание структурной схемы такой системы, основные особенности ее конструктивного исполнения и применения.

По условиям энергетического баланса для поддержания резонанса количество энергии на входе си-

стемы в течение полупериода, должно быть равно количеству энергии, теряемой за это время внутри самой системы, т.е. энергии, равной омическим потерям в элементах системы.

На основании вышеизложенного и необходимости испытания кабелей не только повышенным напряжением, но и измерения величины амплитуды частичных разрядов была разработана структурная схема многокомпонентной испытательной системы, представленная на рис. 1.

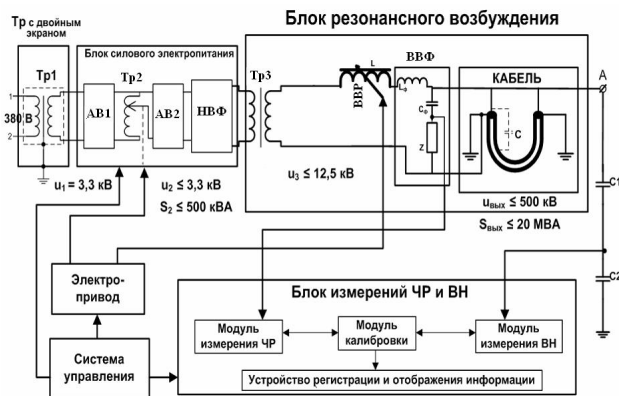


Рис. 1. Схема измерения уровня частичных разрядов и обнаружения места пробоя с использованием резонанса

В состав такой электротехнической системы с последовательным резонансным контуром в качестве оборудования для измерения величины амплитуды частичных разрядов и локализации мест повреждений были включены:

- повышающий трансформатор Тр1 с двойным экраном;
- блок силового электропитания, включающий в себя главный силовой автоматический выключатель (АВ1), высокоточный регулятор напряжения на основе автотрансформатора Пашеля (Тр2), высоковольтный двухпозиционный контактор-выключатель (АВ2), низковольтный фильтр токов основной частоты (НВФ);
- возбуждающий трансформатор (Тр3);
- высоковольтный реактор (ВВР);
- высоковольтный фильтр (ВВФ);
- масляные кабельные вводы или вводы с деионизированной водой для подключения высоковольтного или сверхвысоковольтного кабеля;
- силовой кабель со СПЭ изоляцией (объект испытания);
- электропривод для регулирования индуктивности реактора, посредством изменения воздушного зазора его магнитопровода;
- микропроцессорная система управления процессами испытания;
- цифровой блок измерения частичных разрядов и высокого напряжения (Блок измерения ЧР и ВН).

Разделительный трансформатор с двойным экраном предназначен для обеспечения двух функций: гальванической развязки испытательной электротехнической системы от системы заземления цеха и ослабления высокочастотных шумов, которые могут появляться в системе электропитания всего используемого электрооборудования. Это позволяет достигать максимально возможной чувствительности при измерении частичных разрядов. Первичная и вторичная

обмотки экранированы с подсоединением через проходные изоляторы с контуром заземления системы. Катушки намотаны проводом с усиленной изоляцией для защиты от бросков напряжения и переходных процессов. Катушки и сердечник размещаются в стальной, заземленной камере, заполненной изоляционным маслом.

Блок силового электропитания, конструктивно выполненный в виде стойки, защищенной от электромагнитных полей и включающий:

- главный силовой автоматический выключатель АВ1, который подключает электропитание к испытательной системе и обеспечивает автоматическую защиту этой системы и питающей электросети от аварийных токов;

- регулятор напряжения, который используется для регулирования напряжения на входе возбуждающего трансформатора и соответственно выходного напряжения всей системы. Регулятор напряжения имеет электропривод и управляется от системы управления. В качестве регулятора напряжения используется регулируемый автотрансформатор Пашеля, у которого точность регулирования не превышает 1 %;

- высоковольтный двухпозиционный контактор-выключатель (АВ2), который обеспечивает соединение выхода регулятора напряжения с испытательной системой. Включается только тогда, когда все внешние блокировки системы замкнуты и регулятор напряжения находится в нулевом положении. Контактор может быть разомкнут вручную посредством кнопок на пульте или по сигналу схемы дугового разряда;

- низковольтный фильтр (НВФ), который предназначен для ослабления помех в диапазоне измерения частичных разрядов. Диапазон рабочей частоты НВФ очень мал – 50-60 Гц. Ослабление для токов высших гармонических более чем 40 дБ в диапазоне частот 0,03-1 МГц.

Возбуждающий трансформатор (Тр3), включаемый между силовой сетью и реактором, предназначен для повышения питающего напряжения до необходимой величины и обеспечения активной мощности, требуемой системе, гальванической развязки и электростатического экранирования высоковольтной измерительной схемы от сети электропитания. На выходе возбуждающего трансформатора включен разрядник для защиты этого трансформатора и регулируемого реактора от перенапряжений. Этот разрядник конструктивно размещен в корпусе реактора.

Высоковольтный реактор – это ключевой компонент резонансной испытательной системы. Высоковольтный реактор расположен в стальной заземленной камере, заполненной изоляционным маслом и снабженной выходным проходным изолятором, по этой причине он называется камерным. Выполнен в виде двух реакторов, весом по 18 т каждый, которые могут соединяться последовательно и параллельно, а конструктивно, расположены один над другим.

На обоих плечах сердечника выполнены воздушные зазоры. Имеется механизм подъема и опускания сердечника. При этом изменяется величина воздушного зазора сердечника, а в результате и индуктивность реактора. Две высоковольтные катушки, соединенные параллельно перекрывают зазор, даже в полностью открытом положении, что предотвращает отклонение силовых магнитных линий.

Высоковольтный фильтр (ВВФ) и делитель напряжения, который предназначен для системы измерения уровня частичных разрядов. В фильтре используются высоковольтные конденсаторы и катушки индуктивности. Фильтр представляет собой многоступенчатую конструкцию. Выходная ступень является также делителем напряжения и силовым разделительным фильтром. В этой ступени установлен четырехполюсник для обеспечения сигналов киловольтметра, детектора дугового разряда, фазовых синхронизатора и детектора ЧР, что обеспечивает ослабление помех более 40 дБ в диапазоне частот 15-500 кГц.

На рис. 2 показана схема замещения электротехнической системы с последовательным резонансным контуром, реализованная на ПАО "ЗАОД "ЮЖКАБЕЛЬ".

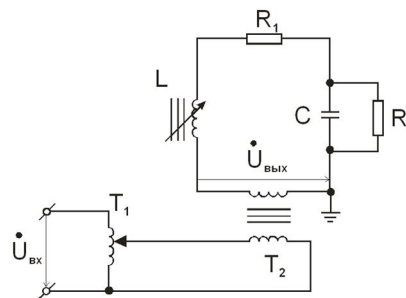


Рис. 2. Электрическая схема испытания силового кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена с использованием явления последовательного резонанса напряжений

Переменный трансформатор Т1 позволяет регулировать напряжение на однофазном возбуждающем трансформаторе Т2, который снабжает электроэнергией резонансный контур и изолирует испытуемый кабель от остальной цепи. Конденсатор С – это емкость кабеля и другие емкости контура (емкостного делителя напряжения и емкость выходного проходного изолятора). Индуктивность L характеризует изменяющееся индуктивное сопротивление реактора, которое совместно с емкостью С приводит к последовательному резонансу и соответственно повышению напряжения на кабеле. Упрощенная эквивалентная схема замещения установки показана на рис. 3.

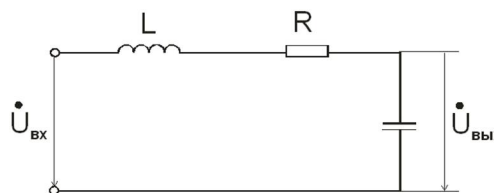


Рис. 3. Упрощенная электрическая схема замещения установки для испытания кабелей с использованием резонанса напряжений

Предполагается, что возбуждающий трансформатор не имеет потерь. Индуктивность L представляет собой общую индуктивность возбуждающего трансформатора и реактора. Сопротивление R включает все активные потери в системе. Для схемы на рис. 3 справедливо уравнение, связывающее комплексные значения выходного и входного напряжения:

$$\dot{U}_{\text{вых}} = -\frac{j \cdot X_L \cdot \dot{U}_{\text{вх}}}{R + j \cdot (X_L - X_C)},$$

где $X_L = \omega L$ – индуктивное сопротивление реактора,

$X_C = 1/\omega C$ – емкостное сопротивление кабеля, $\omega = 2\pi f$ – угловая частота изменения напряжения питающей сети, а $f = 50$ Гц – циклическая частота его изменения.

В случае достижения резонанса $X_L = X_C$, тогда:

$$\dot{U}_{\text{вых}} = -\frac{j \cdot X_L \cdot \dot{U}_{\text{вх}}}{R} = Q \cdot \dot{U}_{\text{вх}},$$

где $Q = \omega L/R = 1/\omega RC$ называется добротностью резонансной системы.

Величина добротности в таком последовательном резонансном контуре с высоковольтным регулируемым реактором может быть достигнута $Q = 20-40$. При резонансе реактивные сопротивления X_L и X_C , в контуре взаимно компенсируются, фаза тока совпадает с фазой напряжения возбуждающего трансформатора, то есть коэффициент мощности контура $\cos\varphi = 1$ и входная мощность является чисто активной и равной

$$P = U_{\text{вх}} \cdot I \cdot \cos\varphi = U_{\text{вх}} \cdot I.$$

Реактивная мощность в емкостной нагрузке при тех же условиях равна

$$S_p = U_{\text{вых}} I = QU_{\text{вх}} I = QP,$$

где S_p – реактивная мощность, которая практически равна полной мощности, потребляемой от сети (при $Q = S_p/P = 20-40$ ошибка составляет менее 0,13%).

Следовательно, величина входной мощности оказывается в Q раз меньше, чем мощность в сверхвысоковольтном кабеле и соответственно в реакторе. Уменьшение в 20-40 раз мощности и тока, потребляемых от питающей сети, обеспечивает сокращение в 400-1600 раз активных потерь электроэнергии в элементах системы, не входящих в резонансный контур.

ВЫВОДЫ

В целом электротехническая измерительная система характеризуется следующими основными достоинствами:

- малая входная мощность объясняется тем, что активная электрическая мощность теряется только в виде омических потерь и является очень малой;

- низкий ток короткого замыкания, т.к. если во время испытания происходит полный пробой изоляции кабеля, то последовательный резонансный контур резко теряет высокое значение добротности контура Q ;

- низкий уровень нелинейных искажений, т.к. для высоких гармонических составляющих тока реактор будет иметь большое сопротивление и их токи будут малы по сравнению с током основной гармоники;

- переходные перенапряжения могут возникать при использовании трансформаторных и параллельных резонансных систем во время дугового перекрытия изоляции. Эти перенапряжения могут превышать испытательное напряжение в несколько раз. При использовании последовательных резонансных систем переходные перенапряжения очень малы за счет установки на выходе возбуждающего трансформатора разрядника, который защищает как трансформатор, так и регулируемый реактор от возникающих перенапряжений;

- низкий уровень разбалансировки фаз, т.к. входная мощность резонансных систем ниже выходной, то отбор мощности с одной фазы трехфазной сети вызывает гораздо меньшую разбалансировку фаз (несимметричность потребляемых фазных токов), чем при использовании трансформаторных и параллельных резонансных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шидловский А.К. Руководящий технический материал по сооружению, испытаниям и эксплуатации кабельных линий с использованием кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 64/110 кВ / А.К. Шидловский, А.А. Щерба, А.Д. Подольцев, И.Н. Кучерявая, В.М. Золотарев, В.П. Карпушенко, Ю.А. Антонен, Л.Г. Василец, Г.И. Гримуд // Научно-методическое изд. РТМ к28-004:2006. – Харьков: Майдан, 2007. – 62 с.
2. Техника и электрофизика высоких напряжений / Под ред. В.А. Бржезицкого, В.М. Михайлова. – Харьков: НТУ ХПИ, Торнадо. – 2005. – 920 с.
3. Ларина Э.Т. Силовые кабели и высоковольтные кабельные линии / Э.Т. Ларина. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – 464 с.
4. Золотарев В.М. Математическая модель электрической напряженности изолированных жил силовых кабелей / В.М. Золотарев, В.П. Карпушенко, А.А. Науменко, С.В. Бузько // Физические и компьютерные технологии: Труды 12 МНТК. – Харьков: ХНПК "ФЭД", 2006. – С. 239-240.
5. Набока Б.Г. Обоснование допустимых режимов эксплуатации резонансных установок для диагностики кабелей / Б.Г. Набока, А.Г. Гури, С.В. Лактионов, В.М. Золотарев, А.А. Нечаус // Вестник НТУ "ХПИ". – 2005. – № 42. – С. 86-93.
6. Круг К.А. Теоретические основы электротехники / К.А. Круг. – М.-Л.: ГЭП, 1946. – 472 с.
7. Шувалов М.Ю. Анализ дефектов в изоляции силовых высоковольтных кабелей методами видеомикроскопии и микроэксперимента / М.Ю. Шувалов, А.В. Ромашкин, В.Л. Овсиенко // Электричество. – 2000. – № 5. – С. 49-57.

Bibliography (transliterated): 1. Shidlovskij A.K. Rukovodyaschij tehniceskij material po sooruzheniyu, ispytaniyam i `ekspluatácii kabel'nyh linij s ispol'zovaniem kabelej s izoljaciej iz sshitogo poli`etilena na napryazhenie 64/110 kV / A.K. Shidlovskij, A.A. Scherba, A.D. Podol'cev, I.N. Kucheryavaya, V.M. Zolotarev, V.P. Karpushenko, Yu.A. Antonec, L.G. Vasilec, G.I. Grimud // Nauchno-metodicheskoe izd. RTM k28-004:2006. - Har'kov: Majdan, 2007. - 62 s. 2. Tehnika i `elektrofizika vysokih napryazhenij / Pod red. V.A. Brzhezickogo, V.M. Mihajlova. - Har'kov: NTU HPI, Tornado. - 2005. - 920 s. 3. Larina `E.T. Silovye kabeli i vysokovol'tnye kabel'nye linii / `E.T. Larina. - M.: `Energoatomizdat, 1996. - 464 s. 4. Zolotarev V.M. Matematicheskaya model `elektricheskoy napryazhenosti izolirovannyh zhil silovyh kabelej / V.M. Zolotarev, V.P. Karpushenko, A.A. Nau- menko, S.V. Buz'ko // Fizicheskie i komp'yuternye tehnologii: Trudy 12 MN TK. - Har'kov: HNPK "FED", 2006. - S. 239-240. 5. Naboka B.G. Obosnovanie dopustimyh rezhimov `ekspluatácii rezonansnyh ustanovok dlya diagnostiki kabelej / B.G. Naboka, A.G. Gurin, S.V. Laktionov, V.M. Zolotarev, A.A. Nechaus // Vestnik NTU "HPI". - 2005. - № 42. - S. 86-93. 6. Krug K.A. Teoreticheskie osnovy `elektrotehniki / K.A. Krug. - M.-L.: G`EP, 1946. - 472 s. 7. Shuvalov M.Yu. Analiz defektov v izoly- acii silovyh vysokovol'tnyh kabelej metodami videomikroskopii i mikro`eksperimenta / M.Yu. Shuvalov, A.V. Romashkin, V.L. Ovsienko // `Elektrichestvo. - 2000. - № 5. - S. 49-57.

Поступила 11.05.2013

Карпушенко В.П., к.э.н.

Золотарев В.В., к.т.н.

Чопов Е.Ю.

Бузько С.В., к.т.н.

Публичное акционерное общество "Завод "Южкабель"
61099, Харьков, ул. Автогенная, 7
тел. (057) 7287264

Karpushenko V.P., Zolotarev V.V., Chopov E.Yu., Buzko S.V.

An electrical system for testing cross-linked polyethylene power cables of all voltage classes.

The paper introduces a design solution for building a test system for measurement of partial discharge and detection of breakdown spots via voltage resonance.

Key words – partial discharge detection, power cables, measurement.