

УСТАНОВКИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА СВЕРХ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

ОБЗОР СНЧ ИСПЫТАНИЙ И ОТВЕТЫ НА ЧАСТО ЗАДАВАЕМЫЕ ВОПРОСЫ



VLF-28CM
0-28 kV @ 0.4 uF



VLF-4022CM
0-40 kV @ 5.5uF



VLF-1201CMF
0-120 kV @ 5.5 uF

VLF-28CM 0-28 kV AC, величина нагрузки до 0.4 uF
VLF-4022CM 0-40 kV AC, величина нагрузки до 5.5 uF
VLF-50CM 0-50 kV AC, величина нагрузки до 50 uF
VLF-6022CM 0-60 kV AC, величина нагрузки до 5.5 uF
VLF-65CM 0-65 kV AC, величина нагрузки до 22 uF
VLF-90CM 0-90 kV AC, величина нагрузки до 2.75 uF
VLF-1201CMF 0-120k VAC, величина нагрузки до 5.5 uF
VLF-200CMF 0-200 kV AC, величина нагрузки до 3.75 uF

Данный документ составлен с целью ответить на многие вопросы, касающиеся установок, вырабатывающих переменное напряжение сверхнизкой частоты (СНЧ и их применения). Мы не будем долго останавливаться на преимуществах испытаний кабелей переменным напряжением сверхнизкой частоты по сравнению с испытаниями постоянным током. Практически, в течении более 10 лет доказано, что испытания постоянным напряжением оказывают вредное влияние на твердую изоляцию кабелей и могут вызвать в ней повреждения, а также являются неэффективным способом определения качества изоляции кабеля. Это явилось серьезным основанием того, почему большинство предприятий во всем мире перестали использовать испытания постоянным током и используют испытания СНЧ и/или СНЧ с одновременным измерением частичных разрядов и/или СНЧ с измерением тангенса угла потерь.

Что такое СНЧ?

СНЧ означает Сверх Низкая Частота. СНЧ – это частота 0,1 Гц и ниже.

Многие связывают слишком много тайн с испытаниями СНЧ. Установки СНЧ - это просто установки, вырабатывающие переменное напряжение частотой 0,1 Гц и ниже. Установки, вырабатывающие переменное напряжение, всегда использовались для испытаний различного оборудования. Теперь они могут использоваться для полевых испытаний кабелей и вращающихся машин.

Где используются испытания СНЧ?

Испытания СНЧ применяются для испытаний переменным напряжением объектов с большой емкостью. Основное применение – испытание кабелей с изоляцией из твердых диэлектриков (согласно стандарту США IEEE400.2), также СНЧ используется для испытания вращающихся машин (согласно стандарту США IEEE 433-1974), и иногда для испытаний изоляторов, разрядников, и т.п.

Даже если предприятие не использует СНЧ для массовых испытаний кабелей, одна из лучших причин использовать СНЧ – проверять качество прокладки и места их сращивания. Много повреждений происходит во время прокладки, плохого качества работы, и/или от повреждения изоляции, вызванного чрезмерным ударным напряжением, использованного для поиска места повреждения. Поэтому каждый заново проложенный или отремонтированный кабель должен быть испытан СНЧ перед подачей питания.

Какие установки СНЧ могут быть поставлены?

Поставляемые нами высоковольтные испытательные установки компании High Voltage, Inc., могут быть с синусоидальным выходным напряжением от 28 кВ до 200 кВ частотой 0,1 Гц и ниже. Благодаря широкому диапазону допустимых значений емкости нагрузки от 0.4 μF до 50 μF установки могут испытывать кабели протяженностью от 900м до 64км.

Чем обусловлено применение частоты 0.1 Гц?

Для полевых испытаний объектов, обладающих большой емкостью, таких как силовые кабели, вращающиеся машины, применяются установки переменного тока сверхнизкой частоты. Чем ниже частота, тем меньше мощность испытательной установки, требуемая для проведения испытаний.

X_c (емкостное сопротивление) = $1/2\pi fC$. Силовой кабель с рабочим напряжением 15кВ протяженностью 3км имеет емкость приблизительно 1 μF . При использовании частоты 50Гц емкостное сопротивление такого кабеля составит 3180Ом. Стандарт IEEE рекомендует испытывать подобные объекты напряжением величиной 22кВ. Чтобы получить такое испытательное напряжение потребуется ток величиной 6.9А и мощность 170кВА. Вес такой установки достигнет нескольких тонн. Очевидно, что установка с такими параметрами совершенно не подходит для проведения полевых испытаний.

При использовании частоты 0,1 Гц емкостное сопротивление составляет 1,6МОм. То же испытательное напряжение величиной 22 кВ получится при величине тока 0,14мА и мощности 0,302кВА. Это в 500 раз меньше, чем при использовании частоты 50Гц. А это означает, что установка эта может быть выполнена легкой, портативной и легко доставляемой на объекты испытаний.

При частоте 0,1 Гц вырабатывается переменный ток?

Да. Форма волны установок переменного тока серии VLF – синусоидальная с переменной направления полярности каждые пол цикла. Применение такой низкой частоты как 0,01 Гц регламентировано стандартом США IEEE400.2.

Как производить испытания?

Испытания очень просты. Для проведения испытаний подключите выходной кабель установки VLF к жиле испытуемого кабеля, экран кабеля заземлите. Как и при проведении любого испытания, прикладывайте испытательное напряжение на требуемый период времени.

Что такое испытательное напряжение и какова его длительность?

Стандарт США IEEE400.2 рекомендует испытание 2...3-кратным напряжением линия-экран ($2V_0$ - $3V_0$) в течение 30 – 60 минут. Таблицы испытательных напряжений для кабелей среднего напряжения стандартизованы. Европейский стандарт предусматривает $3V_0$ на 60 минут. Для 15 кВ кабеля эксплуатационные испытания обычно проводятся напряжением амплитудой 22 кВ. Кабели класса 25 кВ испытываются напряжением до 33 кВ, а кабели класса 35 кВ испытываются напряжением СНЧ величиной до 60 кВ. Результаты более 20,000 кабельных испытаний показывают, что если кабель проходит надлежащее испытание СНЧ, он имеет более чем 95% шансов не иметь эксплуатационных повреждений в следующие несколько лет.

Разные VLF установки выдают разные формы волны. Что лучше?

Все установки, устанавливаемые нами в лаборатории ЛВИ НVT и поставляемые отдельно, серии VLF фирмы High Voltage, Inc. вырабатывают испытательное напряжение синусоидальной формы. Установки СНЧ, разработанные в Германии, не вырабатывают испытательное напряжение синусоидальной формы. Они вырабатывают напряжение трапецеидальной формы. Производители этих установок часто пытаются за яв и ть, что это л уч ш е, ч ем си н ус ои да льная волна , что оч ень сп орн о. Ка к мож ет и нжен ер осп арива ть преимущества синусоидального выходного напряжения? Установка, вырабатывающая испытательное напряжение трапецеидальной формы, хороша для СНЧ испытаний кабеля, однако ее нельзя использовать в качестве источника напряжения для испытаний тангенса угла потерь и частичных разрядов. Чтобы установка СНЧ использовалась для диагностических испытаний, таких ,как измерение тангенса угла потерь или измерение уровня частичных разрядов, она должна вырабатывать напряжение синусоидальной формы. Стандарт IEEE признает синусоидальную форму выходного напряжения как достижение и рекомендует ее использовать при проведении СНЧ испытаний вращающихся машин. Выбирайте установки с синусоидальным испытательным напряжением для возможности проведения будущих диагностических испытаний.

Являются ли СНЧ испытания разрушающими?

Испытания напряжением СНЧ не являются разрушающими для хорошей изоляции и не ведут к преждевременным повреждениям, как это происходит при испытаниях постоянным током. Использование СНЧ не приводит к деградации хорошей изоляции. Испытания СНЧ выявляют дефекты изоляции, такие как водные триинги, слабые места сращивания, которые пробиваются во время испытания. Испытания

СНЧ могут быть совмещены с диагностикой путем измерения уровня частичных разрядов. Если кабель не выдерживает приложенного 2 – 3 кратного напряжения, значит он непригоден к эксплуатации. Если выявлены повреждения во вновь проложенных или отремонтированных кабелях -найдите повреждение, произведите ремонт и оставайтесь с хорошим кабелем. Кабель создан для переменного напряжения и проводит его во время эксплуатации. Кабель проходит заводские испытания переменным напряжением на уровнях намного выше, чем полевое испытание.

Когда говорят, что СНЧ испытания разрушительны, они разрушительны только для поврежденного кабеля или его соединений, что и является целью испытания. Испытание не является разрушающим для хорошей изоляции, небольшие дефекты также не могут быть пробиты испытательным напряжением. Как любой инженер может сомневаться в эффективности испытаний кабеля переменным напряжением сверх низкой частоты, если кабель предназначен проводить именно переменное напряжение?

Но мой кабель может повредиться во время испытания

Точно. В этом суть испытаний СНЧ. Это не диагностическое испытание. Это - испытание повышенным напряжением переменного тока. Ток утечки не измеряется (измерение тока утечки при постоянном напряжении не дает много информации о качестве кабеля). Кабель или выдерживает испытательное напряжение, или пробивается. Если кабель не выдерживает 2...3-кратного нормального напряжения, это долго не может длиться. Лучше, если он пробьется во время испытаний, когда вы готовы восстановить или заменить его.

Кто может подтвердить эффективность применения СНЧ?

Любая инженерная организация, производители кабелей и сотни предприятий во всем мире, которые используют более 1000 единиц установок СНЧ, поставленных компанией HVI и другими за последние 10 лет. EPRI, IEEE, другие инженерные организации страны, почти каждый производитель кабеля и много предприятий во всем мире используют эффективные СНЧ испытания. Немецкие стандарты испытаний методом СНЧ (стандарт DIN-VDE 0276-620 и 0276-1001) существовали много лет. IEEE выпустил специфический стандарт испытаний кабеля методом СНЧ - IEEE 400.2. IEEE433 для СНЧ испытаний вращающихся машин существовал в течение более чем 30 лет.

Почему СНЧ не использовались более широко?

СНЧ не новы. В 60-х этим методом испытывали генераторы. Причиной тому, что это широко не использовалось в течение более 7 - 8 лет является тот факт, что только в последние 8 - 10 лет подтвердилось, что испытание напряжением постоянного тока разрушает кабели из твердых диэлектриков и является неэффективным средством для определения качества изоляции. Кроме того, европейские модели СНЧ установок были и есть большие, тяжелые, дорогие, некоторые из них не имеют синусоидального выходного напряжения, предпочтительного для испытаний кабелей. High Voltage, Inc создала первую линию действительно портативных, недорогих, вырабатывающих синусоидальную волну установок. С этого времени стало возможно экономичное проведение полевых испытаний методом СНЧ. Более чем 900 единиц СНЧ установок, произведенных компанией HVI, были отправлены по всему миру с 1998, и еще тысячи будут выпущены.

Какие существуют альтернативы к СНЧ испытаниям кабеля?

Не очень много, если брать во внимание доступные технологии и взвешивать затраты каждой. Постоянный ток не должен больше использоваться, так как он повреждает изоляцию кабеля и дает мало информации о качестве изоляции кабеля. Признавая проблемы, связанные с испытаниями постоянным током, многие предприятия уменьшили их испытательные напряжения от 45 - 50 кВ DC до 15 кВ DC на 15 кВ кабеле. 15 кВ DC – лишь немного выше амплитуды переменного тока. При этом кабель работает при напряжении намного ниже, чем двойное нормальное напряжение, которое часто случается из-за неустановившегося напряжения. Испытание не является достаточным, значимым. Еще менее значимым является испытание мегомметром, или 24-часовое испытание под нагрузкой. Какое-то испытание должно

быть проведено. Вопрос состоит в соотношении стоимости оборудования, простоты в использовании и достоверности результатов.

Некоторые изготовители развили методы обнаружения частичных разрядов специально для полевых испытаний изоляции кабеля с целью определения качества изоляции и нахождения места повреждения, без риска повреждения во время испытания. Этот метод может работать хорошо при некоторых обстоятельствах, но он очень дорогой, а результаты интерпретировать можно только опытным путем. Компания HVI намеревается предложить метод диагностики кабеля и другие методы. Некоторые предлагают производить определение уровня частичных разрядов при работающей системе. Но этот метод работает только тогда, когда он исполнен должным образом. Он эффективен в тех случаях, когда напряжение регистрации частичных разрядов - выше номинального рабочего напряжения, в то время как исчезновение частичных разрядов при менее высоких напряжениях - обычный случай.

Измерение Тангенса дельта или тангенса угла диэлектрических потерь производится совместно с испытаниями напряжением СНЧ. Этот метод работает хорошо, пока есть некоторые места сращивания кабеля, соединения и т.д. и только один тип испытуемого кабеля. Но, как правило, так не бывает, поскольку много кабельных линий имеют разные типы кабелей, все с различным фактором потерь. Этот метод легко применять с минимальным обучением и он позволяет пользователям оценивать уровень ухудшения кабелей. Если он правильно выполнен, это - неразрушающее диагностическое испытание. Испытание тангенса угла диэлектрических потерь - превосходный метод для определения кабеля на замену. Компания High Voltage, Inc. предлагает комплекс для измерения тангенса угла диэлектрических потерь.

Постоянный ток, сверхнизкие частоты, частичные разряды, тангенс угла диэлектрических потерь и другие методы - все имеют свое место. Наилучший способ - использовать комбинацию испытаний сверхнизкими частотами с измерением уровня частичных разрядов или тангенса угла диэлектрических потерь. Однако метод частичных разрядов очень дорог и ограничен в точности. Тангенс угла диэлектрических потерь легко выполнить, но он ограничен в применении. Испытание СНЧ – это испытание типа проходит/не проходит, не диагностическое, но нет лучше способа проверить целостность кабеля переменного тока и определить место повреждения для ремонта.

Самый надежный способ выявить плохие кабели и принадлежности состоит в выполнении простого испытания установкой переменного тока, точно так же, как с вакуумными переключателями, разрядниками, штангами, переключателями, изоляторами и т.д. Кабель может не пройти испытание, если он имеет серьезный дефект, но в этом суть испытания. Если кабель не может противостоять напряжению, превышающему в два - три раза нормальное, в течение 30 или более минут, он скоро повредится. Лучше, если это случится теперь, когда это удобно, чем ждать, когда повреждение произойдет само по себе в самый неподходящий момент.

Краткое изложение

Предприятие стоит перед выбором, как проверить их подземный кабель. Многие ничего не делают, пока в кабелях не появятся повреждения, что приводит к вынужденным срочным ремонтам, поврежденным смежным кабелям, раздраженным клиентам и убыткам вследствие перерыва электроснабжения: это плохая практика. Многие используют испытания сверхнизкими частотами, чтобы выявлять поврежденные кабели и принадлежности и имеют превосходные результаты. Сотни еще присоединятся в ближайшие годы. По крайней мере, каждое предприятие должно проверять их важные сети питания, кабели подстанций, кабели клиентов и все недавно установленные и отремонтированные кабели. Добавьте оборудование для измерения частичных разрядов и тангенса угла диэлектрических потерь к вашим установкам сверхнизких частот и тогда вы охватите все уровни контроля за состоянием кабельного хозяйства.