

Действие воды на свойства кабеля с гигроскопическим наполнителем

Д.В. Хвостов
генеральный директор¹

Е.В. Вишняков
старший преподаватель²

¹ЗАО «СИМПЭК», Москва, Россия

²Озёрский филиал МИФИ, Оёрск, Россия

С помощью особо точных методик, примененных СИМПЭК, исследовано влияние воды на ряд электрических параметров инструментального кабеля, оборудованного гидрофильным (гигроскопичным) водоблокирующим наполнителем. Подтверждена обоснованность рекомендации на применение негигроскопичных наполнителей, предписанного стандартом IEC 60079-14-2011 «Взрывоопасные среды. Часть 14. Проектирование, выбор и монтаж электроустановок».

Ключевые слова

электрический кабель, сверхабсорбирующий полимер, водоблокирующие элементы, измерение, электрические параметры, точность, погрешность, искробезопасность, взрывоопасные зоны, безопасность

Для предотвращения проникновения воды, сердечники кабелей (как электрических так и оптических) оборудуют водоблокирующими наполнителями: водоотталкивающими (гидрофобными), либо, водонабухающими (гидрофильными).

На первый взгляд, последние обладают многочисленными преимуществами, вытекающими из принципа их действия. Гидрофилы, поглощая воду, на порядки величины увеличивают объём и забивают гелеобразной пробкой пути, по которым вода способна протечь в объём кабеля сквозь дефекты и повреждения оболочек, экранов и поясной изоляции [1].

К примеру, в конструкции одного из широко применяемых в средствах автоматизации технологических процессов нефтехимических заводов, инструментального кабеля (рис. 1) между сердечником, скрученным из двух витых пар, и экраном проложена водоблокирующая лента, содержащая сверхабсорбирующий полимер. В этом кабеле множество путей для свободного протекания воды. Их заполнение твёрдой водоотталкивающей пластмассой увеличило бы общую массу кабеля и его жёсткость. С жидкими же гидрофобными наполнителями связаны свои монтажные и эксплуатационные проблемы и проблемы обеспечения пожарной безопасности. Оба наполнителя увеличивают электрическую ёмкость C проводников кабеля. Что не рекомендуется с точки зрения искробезопасности кабелей полевых шин и автоматизации во взрывоопасных зонах [2, 3] (в дальнейшем — безопасных кабелей). Для снижения C надо увеличить габариты изоляции жил сигнальных пар и, стало быть, поперечник и, опять же, массу кабеля. То же — для обеспечения требуемых для некоторых систем номиналов 100...120 Ом волнового сопротивления сигнальных пар $Z = (L/C)^{1/2}$.

Кабели же, оборудованные гидрофильными водоблокаторами, в сухом состоянии свободны от этих недостатков. Тем не менее, в безопасных кабелях запрещено использование таких и вообще гигроскопических наполнителей [4]. Не повергая сомнению обоснованность запрета, интересно всё же получить ответ на вопрос: к насколько серьёзным последствиям для электрических и информационных свойств кабеля с гидрофильным наполнителем приведёт попадание в его сердечник некоторого, пусть и небольшого, объёма воды?

Такие, и ряд других вопросов, связанных с расчётом, конструированием, технологией и диагностикой безопасных кабелей, потребовали применение комплекса точных (класса 0.2% и лучше) частотных и импульсных методов контроля первичных и вторичных параметров кабелей разного назначения. В том числе:

- T [с] = D/V — времени прохождения (импульсного) сигнала вдоль сигнальной пары;
- C [Ф/м] диэлектрической проницаемости («погонной» ёмкости);
- L [Гн/м] магнитной проницаемости («погонной» индуктивности);
- длины D [м];
- CD , LD [Ф/м] — распределённых ёмкости и индуктивности пары длиной D ;
- L/R [с] — показателя искробезопасности индуктивных цепей [4];
- R_i [Ом] — сопротивления изоляции;
- Запаса взрывобезопасности и вероятности подрыва горючих пыле-газо-воздушных смесей при аварии безопасных кабелей;
- V [м/с] = $1/(L \cdot C)^{1/2}$ — (групповой) скорости сигнала;
- Z [Ом] — (импульсного) волнового сопротивления;
- Att [дБ/м] = $8.686 a$, — параметр продольного

время, часы	0	8	29	47	143	[7] *	220**
U1 (Att, дБ/м)	0.045	0.053	0.052	0.061	0.088	0.118 (0.22)	0.062
Attv, дБ/м	-	22.8	10.5	18.8	28.9	-	9.2

* кат. 5е, 31.25 МГц (100 МГц)

** 48 вне воды

Таб.1 — Зависимость электрических параметров кабеля от времени выдержки (часы) в воде

сутки	0	9	14	15	16	17	18	19
R_{ii} , МОм	-	1	12	10	13	14	12	13

сутки	20	23	24	24	26	27		
R_{ii} , МОм	58	52	109	96	74	84		

ввод воды*

сутки	34	35	36	37	38	39	40	41
R_{ii} , МОм	131	132.5	144	130	109	113	142	137

* В сердечник кабеля с помощью шприца

Таб. 2 — Зависимость сопротивления изоляции от времени выдержки кабеля с водой в объёме

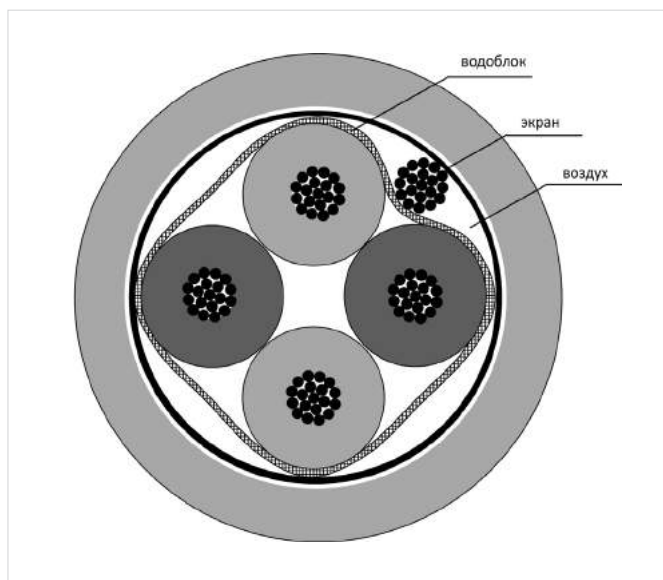


Рис. 1 — Сечение кабеля инструментального марки ***2х2х1,0. (Марка и изготовитель не указаны для предотвращения обвинений в недобросовестных рекламе и конкуренции). Следует обратить внимание на зазор между алюминиевой фольгой экрана и оболочкой (толщина для наглядности увеличена).

затухания сигналов, где $a [1/\text{м}] = R/2Z + GZ/2$, $R [\text{Ом}/\text{м}]$ и $G [\text{Сим}/\text{м}]$ — параметры омических и диэлектрических потерь.

Описание комплекса в целом выходит далеко за рамки публикации и заслуживает ряда отдельных обстоятельных обсуждений. Здесь сосредоточимся на применении наиболее точного из методов — измерения T (0.002%) для получения ответов на поставленные выше вопросы. И, в дополнение к нему — $R_{\text{и}}$ (5%) и Att .

Цель работы — демонстрация полученных результатов.

1. Постановка эксперимента.

Согласно [1] в кабель, защищенный водоблоком, вода, под давлением 1 м водяного столба [4], способна проникнуть на длину 0.6... 2.5 м в течение 3 суток. Но для целей настоящей работы от давления следовало отказаться. Поэтому участок кабеля (250...300 мм) с локальным повреждением разместили в пустом сосуде и произвели начальные «сухие» исследования. А затем, в течение ~10 мин заполнили сосуд водой через тонкий капилляр до полного погружения кабеля (рис. 2). Таким образом, скорость проникновения воды в кабель предположительно определялась в основном свойствами водоблокирующего

элемента. Одну из сигнальных пар кабеля (кабель — двухпарный) подключили к ИИС — информационно-измерительной системе на базе ПК, оборудованном:

- платой генератора сигналов произвольной формы ГСПФ-052 PCI;
 - системой сбора данных ЛА-н4 USB;
 - устройством связи с объектом — УСО.
- С помощью ИИС производили исследования:
- времени $T = D/V$ прохождения сигнала вдоль кабеля с длиной D (31.5 м);
 - выходного сигнала кабеля U_1 ;
 - сопротивления изоляции $R_{\text{и}}$.

2. Исследование T .

Для исследования T применили частотное преобразование. С этой целью УСО оборудовали генератором на базе усилителя-инвертора (рис. 3) в цепь обратной связи которого включили исследуемый объект. Частота генератора $F = 1/(2T + t_{01} + t_{10})$ где $t_{01} + t_{10}$ — время их переключения в инверторе: $F_0 = 1/(t_{01} + t_{10})$ (при коротком замыкании выход-вход).

На рис. 4 представлен график изменения частоты F (частота 1 на графике) от $t^{1/2}$. По наклону графика получим закон:

$$d = 1.9 t^{1/2}$$

где d — длина участка, заполненного водой.

Как видно из рисунка, частота генерации хаотически колеблется с СКО $\approx 0.09\%$ около закона $\sim t^{1/2}$ (с периодом от ~10 час и до ~10 мин).

Отметим, что полуширина головной линии (частота 1 на рис. 4) составляла 0.003 % (добротность $\sim 3 \cdot 10^4$). А стабильность частоты F_0 (около 43 МГц) достигала 0.002%. Это намного меньше СКО колебаний частоты в процессе заполнения гелем объема сердечника.

Важнейшим из побочных результатов этих исследований является величина $V = D/T$ — групповая скорость сигнала вдоль линии ($D = 19.2$ м — длина отрезка кабеля).

3. Исследование продольного затухания.

Это один из важных результатов. На рис. 5 показано изменение сигнала на выходе кабеля по мере заполнения кабеля водой. Как видно, по мере насыщения кабеля водой, амплитуда сигнала падает, что соответствует росту общего затухания $\text{Att} = 20 \log(U_0/U_1)$:

$$\text{Att} = \text{Att}_0 (1 - d/D) + \text{Att}_d d/D$$

где Att_0 — затухание в «сухом кабеле», Att_d — «водной» части (Таб. 1). Att_d намного меньше предусмотренного нормативом [7] (так как, диаметр жил 1.1 мм вдвое больше, чем у кабелей ЛАН).

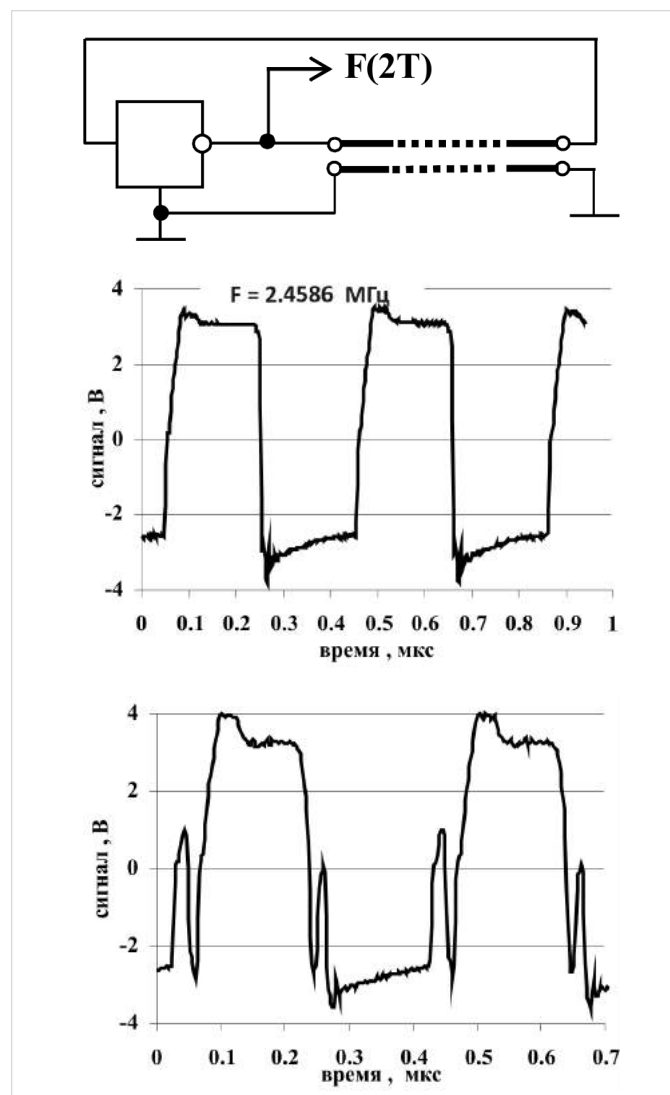


Рис. 3 — Функциональная схема преобразователя удвоенного времени прохождения сигнала по кабелю $2T = 2D/V$. И осциллограмма выходного сигнала $F(2T)$. Внизу — при достаточно сильном заполнении водой.

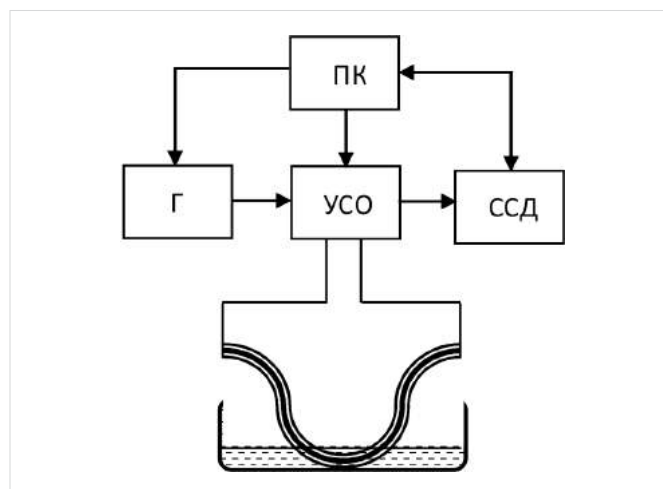


Рис. 2 — Функциональная схема опыта. Г — генератор измерительных импульсов ГСПФ-052, УСО — устройство связи с объектом, ССД — система сбора данных (ЛА-н4 USB), ПК — персональный компьютер. Стрелками обозначены информационные потоки.

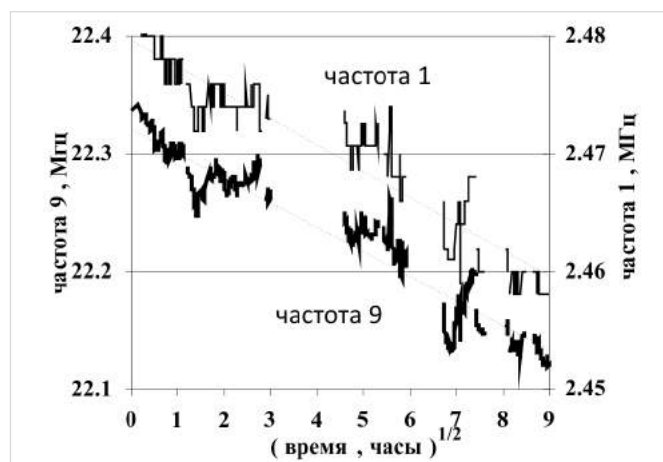


Рис. 4 — Зависимость частоты генерации от времени протекания воды в объем кабеля. Частота 1 — главный тон, частота 9 — 9-й обертоном.

Но, по мере заполнения кабеля водой, Att ухудшается и через 147 часов выпадает из норматива. Впрочем, через двое суток выдержки на воздухе, показатель возвращается в норму, хотя и остаётся завышенным относительно исходного значения.

Сильный разброс Att_0 не позволяет получить точные оценки потери сигнала в водной части. Но они достоверно превышают омические на два порядка.

Следует обратить внимание также на не монотонный ход искажений формы U1 (особенно контрастно на графике 47 часов). Здесь же наблюдали скачки частоты генерации вверх на 4...8%. И резкие искажения сигнала генератора вплоть до отсоединения паразитных импульсов от фронта и среза меандра на рис. 3.

4. Измерение сопротивления изоляции.

С этой целью собрали цепь на рис. 6, в которой исследуемое сопротивление R_{ii} жил относительно экрана и входное

сопротивление ИИС $R_2 = 2$ МОм образуют делитель напряжений. При подаче на проводник прямоугольного напряжения U_0 и после выхода U_2 на горизонталь (заряда всех ёмкостей):

$$U_2 = U_0 R_2 / (R_2 + R_{ii}) \text{ или } R_{ii} = R_2 (U_0 / U_2 - 1)$$

Таким способом удалось проследить изменение R_{ii} со временем выдержки кабеля на воздухе (после извлечения из воды). Из таб. 2 видно, что первые 9 суток измерить сопротивление изоляции не удавалось ни тестером в режиме мегомметра постоянного тока (из-за контактных эдс), ни с помощью осциллографа. На 9-е сутки было зафиксировано сопротивление изоляции 1...3 МОм. На 14-е сутки — скачок и на 20-е — ещё. Сильный разброс обусловлен в основном сетевой помехой.

Скачки связаны, скорее всего, с тем, что, по мере отвода воды из места «аварии» за счёт испарения воды в атмосферу

и её диффузии-дрейфа в объём гидрофила кабеля, исчезают контакты жил с водой (точнее, водоблоком), водные шунты и электролитические эдс вода-детали сердечника. И появляется возможность хоть как-то уверенно измерять сопротивление жилы-изоляция-водоблок-экран (1–3 МОм).

А затем, по мере усыхания и сжатия водоблока, обрываются его контакты с изоляцией и экраном и исчезает «водоблочный шунт». И через месяц выдержки R_{ii} выходит на уровень сопротивления жилы-изоляция-экран. Разнонаправленные скачки вызваны, скорее всего, неравномерным характером обрыва контактов водоблока с другими деталями кабеля. Не исключено и их (локальное, частичное, временное) восстановление из-за снятия давления водоблока на детали кабеля.

В любом случае подтверждается восстановление свойств изоляции. Равно как и путей для свободного протекания воды.

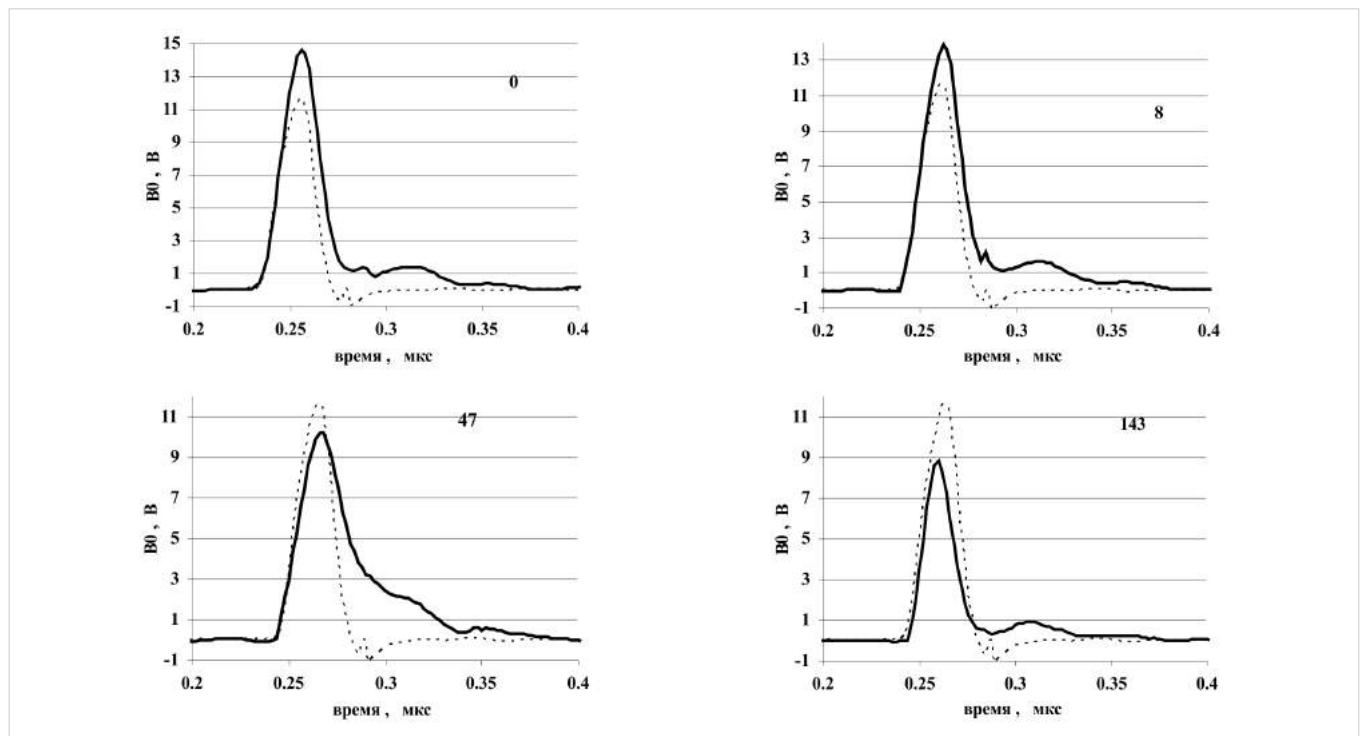


Рис. 5 — Изменение выходного сигнала U1 по мере (локального) заполнения кабеля водой (цифры — часы выдержки). Пунктир — входной сигнал U0 (для наглядности по ординате — в условных единицах, а по абсциссе — совмещён по фронту с U1).

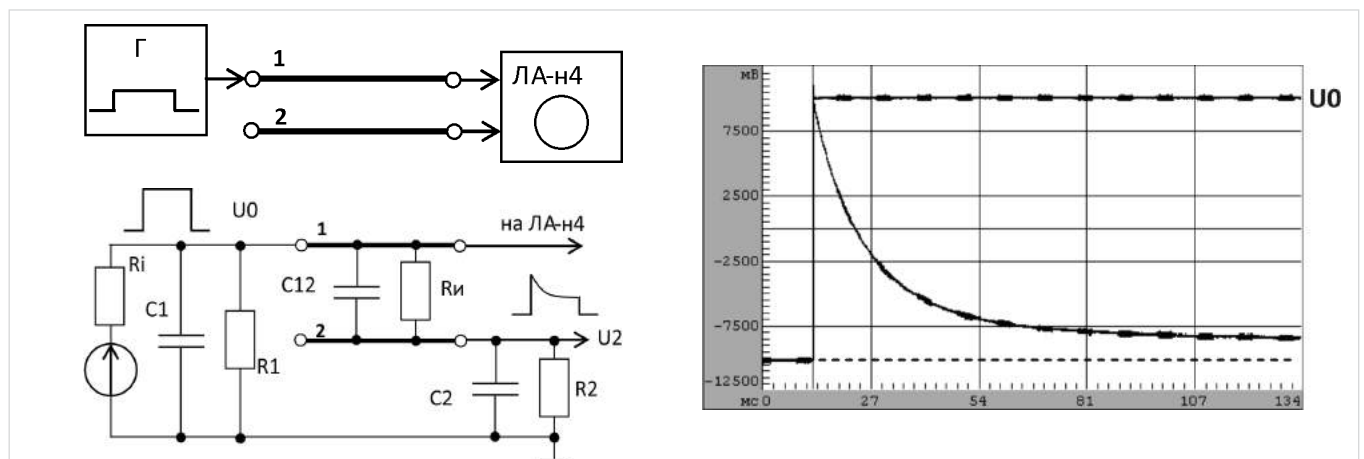


Рис. 6 — Структура измерителя сопротивления изоляции R_{ii} между проводниками 1 и 2. Г — плата генератора ПК ГСПФ-052 РС1. ЛА-н4 — осциллограф на базе ПК с блоком сбора данных ЛА-н4 USB. Внизу — эквивалентная схема измерительных цепей. C1, C2 — паразитные ёмкости монтажа, выхода генератора и входов осциллографа. C12 — (распределённая) ёмкость проводников. R1 = R2 — входные сопротивления каналов ЛА-н4. Ri — выходное сопротивление генератора прямоугольного импульса.

5. Ранняя диагностика замокания.

Высокая точность частотного преобразования времени $2T = 2D/V$ позволяет использовать этот контроль для ранней диагностики попадания воды в кабель. В том числе, оборудованного водоблоком. Для демонстрации его возможностей в кабель в начале 39-х суток наблюдения ввели 1 мл воды с помощью шприца и наблюдали за изменением частоты генерации (рис. 7).

Как можно было ожидать, момент ввода воды сопровождал резкий скачок частоты

вниз на $\approx 0.15\%$. Неожиданным оказалось длительное, в течение многих часов, сползание на ту же величину, сопровождаемое хаотическими скачками с СКО = 0.014% и распределением, близким гауссову относительно плавной усредняющей кривой.

Изменение частоты в последующие входы по 1...3 мл выглядели «приличнее». Если посмотреть в таб. 1, то эти драматические изменения частоты мало сказывались на величине сопротивления изоляции жилы-экран. Более того, через несколько часов после

первого ввода и через сутки после последующих частота генерации восстанавливалась почти к исходным значениям. Кабель «забыл» о воде в его сердечнике.

Для уточнения некоторых деталей взаимодействия водоблока с водой, произвели опыт с плавным, в течение часа (на рис. 8 — между 1-и 2-м часами) вводом 1 мл воды с таким расчётом, чтобы гелевая пробка образовалась практически сразу. И, как видно, спад частоты стал плавнее.

Попутно наблюдали изменение сопротивления изоляции R_{13} между экраном и одной из жил и экраном и R_{33} — остальными жилами, включёнными параллельно (в таб. 1 — между экраном и всеми жилами). Поведение R_{13} оказалось качественно отличным от R_{33} (рис. 8). Вначале оно, «как и положено» было втрое больше. Но после ввода воды упало в сотни раз, а потом, в течение нескольких суток восстановилось до почти начального значения. При этом R_{33} изменялось не значительно.

Скорее всего, у выделенной из «коллектива» жилы есть дефекты изоляции, сквозь которые к её металлу просачивается вода. Если так, то понятна причина эдс, нарушающих работу мегомметра на постоянном токе, а также начального отказа импульсного мегомметра (таб. 1), где все 4 жилы работали в параллель, и жила с дефектным изолятором шунтировала все остальные.

Так что гидрофильный водоблок в принципе не способен компенсировать такой дефект изоляции жил. В отличие, очевидно, от водоотталкивающих заполнителей.

6. Обсуждение.

Стабильность частоты генерации 0.002% (особенно «сухого» кабеля) прежде всего обеспечивает, пожалуй, самую высокую точность метода в кабельной метрологии. И чувствительность метода в целом. Особенно, если отслеживать высшие гармоники: до 50...100 МГц (на рис. 8 41-я с частотой выше 91 МГц).

И, как видно из таб. 1, наличие воды в объёме даже небольших (~1 м) участков кабеля способно существенно ухудшить его связанные свойства. И не только из-за повышенного уровня перекрёстных и других помех, но и за счёт резкого возрастания затухания сигнала и искажения его формы. Вплоть до распада импульсов на части. Что, скорее всего, связано с отражением фронтов и срезов измерительных (и информационных) от границ дефектных участков.

Основной результат работы в том, что гидрофильные водоблокирующие детали способны задержать заполнение объёма кабелей водой в случае аварии и замедлить ухудшение его эксплуатационных свойств. Но не предотвратить и не остановить.

Хуже того. После извлечения кабеля из воды, вода продолжает распространяться вдоль кабеля: «размазывается» по его объёму: гидрофил сухих областей сердечника впитывает её из области аварии. И она может пройти туда, куда не могла бы попасть при аварии. Гелевые пробки усыхают, отрываются от жил и электродов, что приводит к (частичному) восстановлению наблюдаемых электрических свойств кабеля. А также путей проникновения воды в кабель.

На первый взгляд, восстановление свойств кабеля после локального затопления

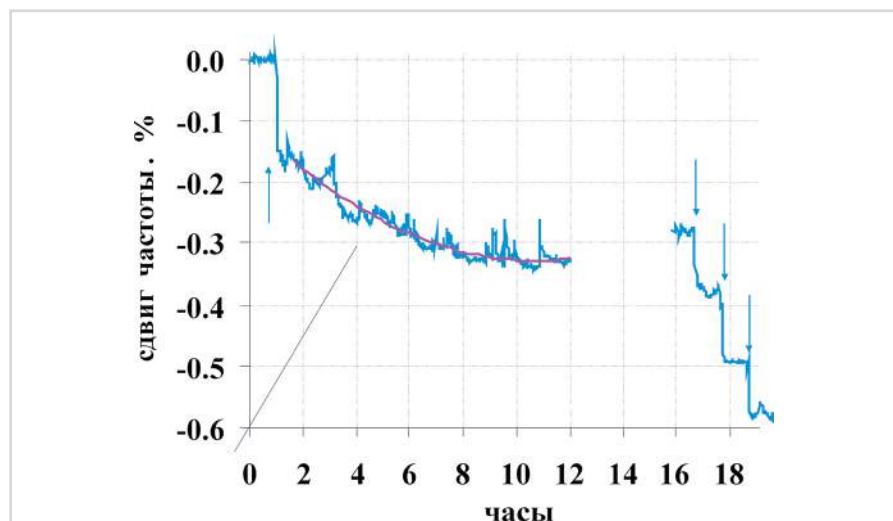


Рис. 7 — Изменение частоты генератора в результате ввода в объём сердечника воды порциями по 1 см³ (моменты ввода обозначены стрелками). Следует обратить внимание на существенное отличие реакции кабеля на первый ввод воды от остальных как по общему снижению частоты, так и длительности выхода её на стационарный уровень.

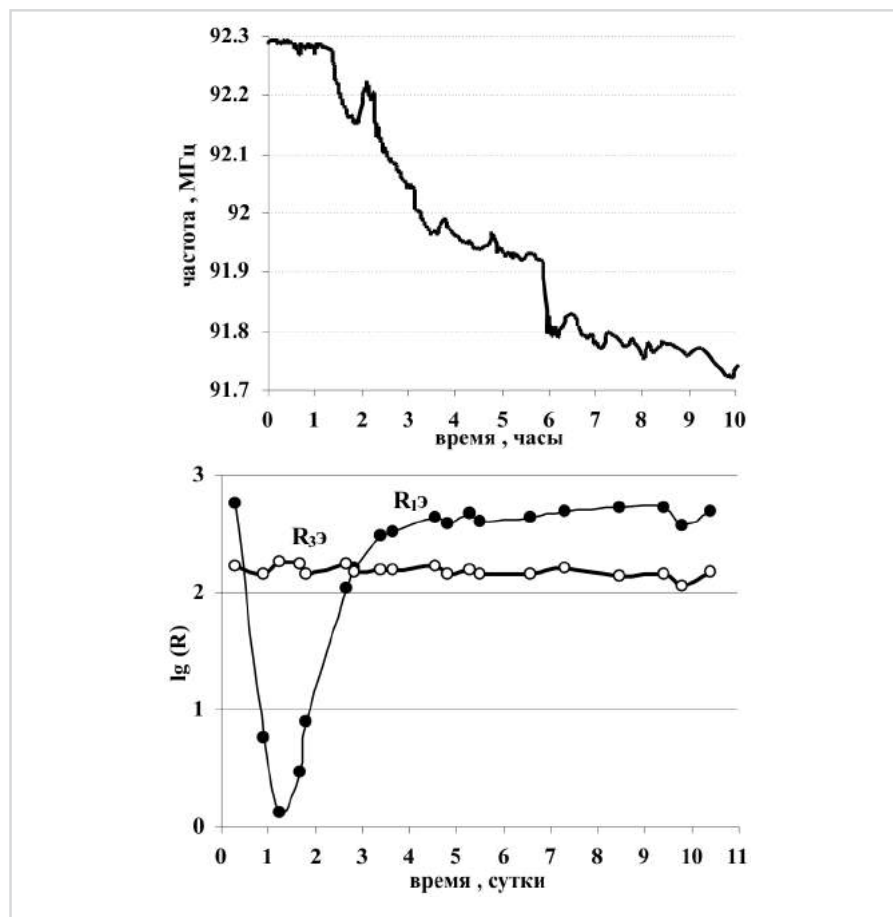


Рис. 8 — Изменение частоты после медленного (в течение указанного интервала) ввода 1 см³ воды.

Внизу — зависимость от времени сопротивления изоляции

сердечника — преимущество гидрофильных водоблоков. Но это, если аварию во время обнаружили и приняли меры по ликвидации. Иначе наличие в сердечнике воды чревато долговременными (месяцы и годы) последствиями.

Вода — агрессивная среда по отношению к поверхности металлов и изоляторов. И, будучи электролитом, — особенно к контактам металлов, полупроводников и изоляторов, образующих гальванические пары. И здесь неизбежна электрохимическая коррозия.

Вода, хотя бы и связанная гидрофилом, — хороший проводник токов смещения. Помимо сильного диэлектрического затухания сигналов, это ведёт к генерации свободных радикалов H_2O^+ и OH^- и их электрохимической активизации. Что плохо как для самого гидрофила, так и контактирующих с ним деталей кабеля.

Помимо этого, электрический ток разлагает воду на кислород и водород с образованием гремучего газа $2H_2 + O_2$ в сердечнике кабеля.

Итоги

Из всех этих соображений кабели с гидрофильным наполнением не целесообразно применять в зонах с повышенной взрывоопасностью.

Выводы

Запрет стандарта [4] на применение

гигроскопических наполнений в конструкции искро- и взрывобезопасных кабелей обоснован. Данный факт подтверждают надзорные органы [9, 10].

Применение точных методов контроля параметров кабелей, например, времени прохождения в них импульсных сигналов позволяет выявлять проникание воды в сердечник и другие аварии и дефекты кабеля, появляющиеся в процессе его эксплуатации задолго до того, как это может быть обнаружено традиционными методами. Например, контролем сопротивления изоляции между сигнальными проводниками датчиков аварий теплотрасс.

Одним из важнейших результатов исследований является метод измерения групповой скорости прохождения сигналов по линии связи, точность которого определяется в основном классом точности длины линии.

Список используемой литературы

1. Шолуденко М.В., Геча Э.Я. Продольная влагонепроницаемость кабелей парной скрутки с элементами из водоблокирующих материалов // Кабели и провода. 2009. №2 (315). С. 8–13.
2. Foundation Fieldbus Application Guide. 31.25 kbit/s Intrinsically Safe Systems / AG-181, Revision 2, 2004;
3. ГОСТ Р МЭК 60079-27-2008. Взрывоопасные среды. Концепция искробезопасной

системы полевой шины (FISCO).

4. ГОСТ IEC 60079-14-2011. Взрывоопасные среды. Часть 14. Проектирование, выбор и монтаж электроустановок.
5. Джонсон Г., Грэхем М. Конструирование высокоскоростных цифровых устройств. Начальный курс чёрной магии. М: Вильямс, 2008.
6. ГОСТ 27893-88, ГОСТ 27893-88. Кабели связи. Методы испытаний.
7. ГОСТ Р 54429-2011. Кабели связи симметричные для цифровых систем передачи. Общие технические условия.
8. Вишняков Е.М., Хвостов Д.В. Скрутка пар и перекрёстные помехи // Кабель-news. 2010. № 10. С. 40–47.
9. Технический комитет по стандартизации. ТК 403. Оборудование для взрывоопасных сред (Ex-оборудование). Иск. № 06 от 27.01.2014. О требованиях ГОСТ IEC 60079-14-2011.
10. Росстандарт. ФГУП ВНИИНАШ. Иск. № 301/14-86 от 03.04.2014. В соответствии с поручением Росстандарта (письмо от 27.02.2014 № 130-18/613) ВНИИНАШ совместно с техническим комитетом по стандартизации ТК 403. Оборудование для взрывоопасных сред (Ex-оборудование). Рассмотрено обращение (19.02.2014 №120/14) о требованиях ГОСТ IEC 60079-14-2011.

ENGLISH

CABLES AND WIRES

UDC 621.315.2

The water influence onto a hygroscopic filler cable properties

Authors:

D.V. Khvostov — general manager¹

E.M. Vishnyakov — senior teacher²

¹SIMPEC, Russian Federation

²Ozersky branch of National Research Nuclear University "MEPHI", Ozersk, Russian Federation

Abstract

There are water influence onto same electric parameters of a cable with a hygroscopic filler is in investigations with a high precision methods, designed in SIMPEC. It is confirmed the reason to forbid such fillers using, as ordered in standard IEC 60079-14-2011 (Explosive atmospheres — part 14: Electrical installation design, selection and erection (IDT)).

Keywords

electric cable a superabsorbent polymer, water blocking elements, measurement, electrical

parameters, accuracy, error, intrinsic safety, hazardous areas, safety

Results

For all these reasons the cables to the hydrophilic content is not advisable to use in areas with potentially explosive atmosphere.

Conclusions

Ban standard [4] on the use of hygroscopic fillings design spark and explosion-proof cables justified. Which fact is confirmed by the supervisory authorities [9, 10].

Application methods accurate control cable parameters, such as the passage of time in which the pulse signals can detect the penetration of water into the core, and the other cable failure or defects appearing during its operation, long before it can be detected by conventional methods. For example, monitoring the insulation resistance between the signal wires sensors accidents heating mains. One of the most important results of research is to measure the group velocity of the signals on the link whose accuracy. mainly determined by the accuracy class of the line length.

1. Sholudenko M.V., Hecha E.Ya. *Prodol'naya vlagonepronitsaemost' kabeley parnoy skrutki s elementami iz vodoblokiruyushchikh materialov* [Longitudinal watertight cable Paired with elements of water-blocking materials]. *Cables and wires*, 2009, issue 2 (315), pp. 8–13.
2. Foundation Fieldbus Application Guide. 31.25 kbit/s Intrinsically Safe Systems .AG-181, Revision 2, 2004;
3. ГОСТ Р IEC 60079-27-2008. *Vzryvoopasnye sredy. Kontseptsiya iskrobezopasnoy sistemy polevoy shiny (FISCO)* [Explosive atmospheres. The concept of an intrinsically safe fieldbus systems (FISCO)].
4. ГОСТ IEC 60079-14-2011 *Vzryvoopasnye sredy. Chast' 14. Proektirovanie, vybor i montazh elektroustanovok* [Explosive atmospheres. Part 14. Design, selection and installation of electrical installations].
5. Johnson G., Graham M. *Konstruirovaniye vysokoskorostnykh tsifrovyykh ustroystv. Nachal'nyy kurs chernoy magii* [Construction of high-speed digital devices. Initial rate of black magic]. Moscow: Williams, 2008.
6. ГОСТ 27893-88, ГОСТ 27893-88. *Kabeli svyazi. Metody ispytaniy* [Communication cables. Test methods].
7. ГОСТ Р 54429-2011. *Kabeli svyazi simmetrichnye dlya tsifrovyykh sistem peredachi. Obshchie tekhnicheskie usloviya* [Symmetrical communication cables for digital transmission systems. General specifications].
8. Vishnyakov E.M., Khvostov D.V. *Skrutka par i perekrestnye pomekhi* [Twisted pairs and crosstalk]. *Cable-news*, 2010, issue 10, pp. 40–47.
9. Standardization Technical Committee. TC 403 Equipment for explosive atmospheres (Ex equipment). Ex. Number 06 of 01/27/2014. On the requirements of GOST IEC 60079-14-2011.
10. Rosstandart. FSUE VNIINMASH. Ex. № 301/14-86 on 03.04.2014. In accordance with the request Rosstandart (letter dated 27.02.2014 № 130-18/613) VNIINMASH conjunction with the Technical Committee for Standardization TC 403. Equipment for explosive atmospheres (Ex equipment). Considered treatment (19.02.2014 № 120/14) of the requirements of GOST IEC 60079-14-2011.