

# Кабели для искробезопасной полевой шины (FISCO). На пути гармонизации требований

**Д.В. Хвостов**  
генеральный директор<sup>1</sup>

**А.В. Кочеров**  
гл. метролог<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ЗАО «СИМПЭК», Москва, Россия  
<sup>2</sup>ООО «Аналитик-ТС», Москва, Россия

**В настоящее время проектирование, комплектация и строительство производственных предприятий все в большей степени осуществляется силами отечественных саморегулирующихся организаций с применением отечественного оборудования и комплектующих.**

## Ключевые слова

измерение, кабели, индуктивность, ёмкость, сопротивление, искробезопасность, взрывобезопасность, вносимое затухание, асимметрия, импеданс, перекрёстные помехи, передача данных

В связи с этим приобрела значимость задача гармонизации нормативного обеспечения, используемого при проектировании, инсталляции и эксплуатации систем автоматизации нефтегазового производства в России на основе стандартов, выдвигающих кажущиеся противоречивыми требования, относящиеся к следующим аспектам:

- системы передачи данных для автоматизации технологических процессов (СПД АТП) в нефтегазовом производстве основаны на интерфейсах, описанных в ИЕС (МЭК) 61158 [1]; соответствующая кабельная продукция, основанная на применении «витой пары», широко представлена в каталогах зарубежных производителей с прямым указанием на предназначение кабелей для СПД типов RS-485, Profi-Bus, Fieldbus Foundation;
- рекомендации по проектированию систем Foundation Fieldbus[2] в п.6.2 определяют требования к:
  - импедансу  $Z(31,25 \text{ кГц}) = 120 \text{ Ом}$  и
  - коэффициенту затухания  $\alpha (39 \text{ кГц}) < 3 \text{ дБ/км}$ ;
- в тех же кабельных каталогах представлены параметры, позволяющие квалифицировать кабели для СПД АТП как соответствующие условиям искробезопасной полевой шины FISCO; эти условия содержатся:
  - в п.п. 5.1 ГОСТ Р МЭК 60079-27-2012 [3]:
  - сопротивление цепи  $R_c = 15 \dots 150 \text{ Ом/км}$ ,
  - индуктивность цепи  $L_c = 0,4 \dots 1,0 \text{ мГн/км}$ ,
  - ёмкость цепи  $C_c = 45 \dots 200 \text{ нФ/км}$ ;
  - и в п.п. 12.2.2.2-с ГОСТ Р МЭК 60079-14-2008 [4]:

– соотношение  $L_c/R_c < 30 \text{ мГн/Ом}$ ;

- однако соответствие этих кабелей по искробезопасности [3] и [4] ни в коей мере не предопределяет их соответствие условиям взрывобезопасности по ГОСТ 30852.13-2002 (Приложение Г, п. Г.7.11 (7.3.102 ПУЭ)) [5], требующего: «Во взрывоопасных зонах всех классов запрещается применение проводов и кабелей с полиэтиленовой (ПЭ) изоляцией или оболочкой»;
- изоляционные и оболочечные материалы на основе ПВХ или резины (кремнийорганической в том числе), удовлетворяя условиям [5], обладают довольно высокими значениями относительной диэлектрической проницаемости и удельной проводимости, что дополнительно снижает возможность накопления электростатического заряда и позволяет говорить о соответствии кабелей требованиям искробезопасности согласно ГОСТ Р 52274-2004 [6], однако применение таких материалов при сохранении соответствующих для ПЭ-изоляции конструктивных размеров, выводит параметры кабеля применительно к СПД из соответствия требованиям [2–4].

Большинство зарубежных производителей кабелей не ограничены наличием требований взрывозащитности [5] и электростатической искробезопасности [6] и предлагают для систем автоматизации кабели с изоляцией из ПЭ и других полиолефинов, обеспечивающих весьма высокие электрические параметры кабелей с точки зрения СПД. В большинстве случаев

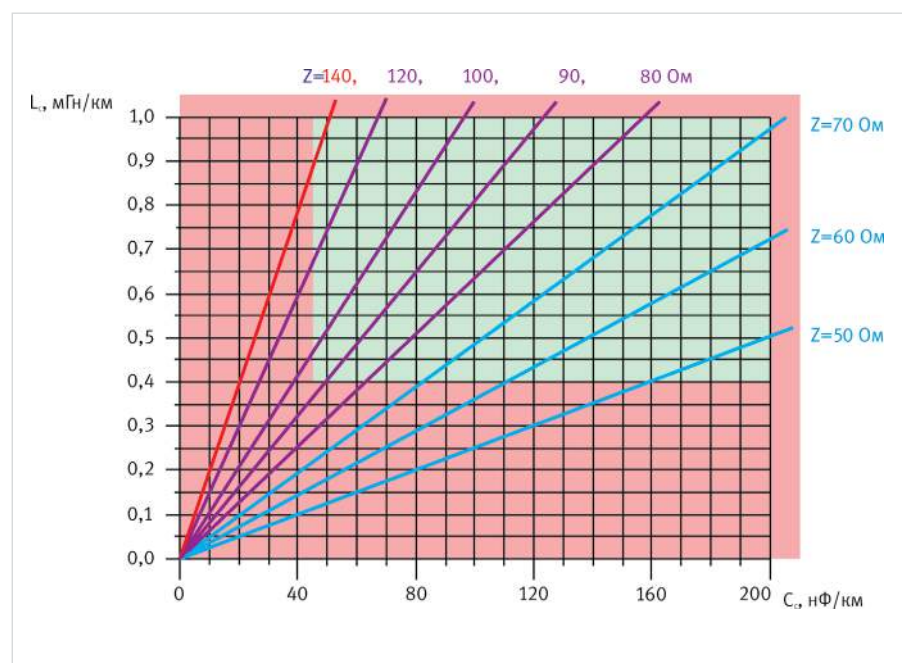


Рис. 1 — Обеспечиваемые значения импеданса в зависимости от сочетания погонных емкости и индуктивности кабеля

Федеральное агентство по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) выдаёт разрешение на применение СПД АТП на промышленно опасных объектах, не уделяя должного внимания контролю свойств искро- и взрывобезопасности таких кабелей [3–6], составляющих неотъемлемую часть безопасной СПД АТП.

В то же время соответствующие требования настойчиво приводятся в тендерной документации основных заказчиков — крупных отраслевых холдингов (Газпром, Роснефть, Лукойл, Татнефть и т.д.). К сожалению, такие требования представлены порой несистемно, часто без связи с действующими стандартами. Авторы надеются, что представленный в статье обзор будет способствовать выработке единых требований на основе государственных стандартов.

На конкретном примере покажем, как соответствие кабельной продукции зарубежным стандартам не гарантирует удовлетворения принятым в России нормам. Например, кабели для систем промышленной автоматизации и подключения измерительных приборов (кабели КИП), выпускаемые многими зарубежными заводами с соблюдением требований стандарта EN 50288-7-2005, могут иметь недопустимо высокое значение электрической емкости — до 250 нФ/км (см. п.п. 5.1.1.5 [7]) для кабелей с ПВХ-изоляцией, что нарушает норму — до 200 нФ/км из [3]. Причина заключается в снижении требований по электрической прочности и, следовательно, снижению толщины изоляции Table 1 [7], что опять же не соответствует российскому стандарту (Таб. 2[8]), хотя материал изоляции и удовлетворяет требованию п. Г.7.11 (7.3.102 ПУЭ) [5].

Следовательно, при выборе зарубежной кабельной продукции для автоматизации объектов повышенной промышленной опасности нельзя применять огульно всё, что рекомендуют поставщики, даже если это поставщики основного технологического (как правило, лицензионного) оборудования, кабель для которого уже неоднократно применялся для аналогичных объектов за рубежом. Тему фальсифицированной и контрафактной кабельной продукции, которой наводнен внутренний электротехнический рынок в России, мы в рамках данной короткой статьи не затрагиваем.

Переходя к вопросу применения тех или иных кабелей для СПД, следует обратить внимание на то, что часто совокупность конструктивных параметров кабеля, определяющих его характеристики взрыво- и искробезопасности (при «естественном» требовании к ограничению стоимости), существенно отклоняют импеданс пары от привычных значений из ряда 100, 105, 120, 150 Ом, легко обеспечиваемых производителями, использующими ПЭ-изоляцию, то есть нарушающими требования взрывозащитности по [5]. На рис. 1 представлена номограмма, демонстрирующая возможные значения импеданса  $Z(f > 30 \text{ кГц}) \approx \sqrt{L_c/C_c}$  в зависимости от выбора погонных параметров  $L_c$  и  $C_c$  в области допустимых значений согласно [3] (эта область на рис. 1 показана зеленой).

Следует заметить, что импеданс более 120 Ом, каковая величина характерна для кабелей связи [9], обеспечивается лишь на 3% разрешенной области [3], что в условиях оперативного проектирования требований заказчиком кабелей и их серийного производства существенно ограничивает

возможность маневра. Стремление обеспечить импеданс в допуске 80...120 Ом [2] приводит к использованию не более 40% площади ресурса, но условие согласования следует непременно выполнять в целях предотвращения отражений сигнала из-за несогласованности импедансов оборудования и кабеля. А такое может случиться, если СПД АТП построена по схеме, в которой оборудование ПД терминирует кабель и импеданс этого оборудования не может быть изменен.

В случаях же многоточечных систем оборудование ПД не влияет на интерференцию запущенного в линию сигнала и поэтому импеданс кабеля может быть «любым», но (и это важно) известным и стабильным. Такое «ослабление» существенно облегчает оптимизацию конструктивно-стоимостных параметров кабеля. Однако не следует забывать, что проектировщик в таком случае должен предусмотреть установку «терминальных заглушек» на концах кабеля, поглощающих сигналы от передатчиков, причем, сопротивление заглушек должно соответствовать импедансу применяемого кабеля.

Это, в свою очередь, должно быть отражено в проектной и эксплуатационной документации, а при инсталляции СПД АТП должна быть введена соответствующая процедура проверки фактического импеданса (и иных параметров) смонтированной кабельной линии. Кстати, возможность проверки импеданса в диапазоне частот, обеспечиваемая современными СИ, позволит выявить возможные дефекты монтажа по колебательному характеру протекания частотной характеристики импеданса. Поэтому применение специальных СИ важно не только при контроле кабеля как продукции

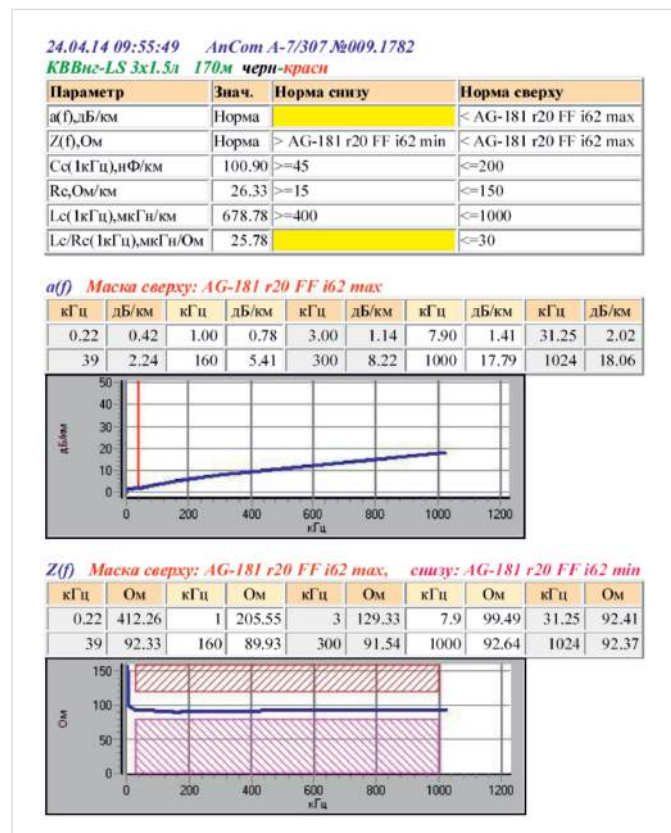


Рис. 2 — Протокол контроля образца кабеля

Кабель	Длина, м	ТУ
КВВЭнг(A)-LS	7x2x1,0i	190
КВВЭнг(A)-FRLS	11x2x1,0	66
КВЭБнг(A)-ХЛ	4x3э1,0	299
КМККЭнг-НФ	1x2эx1,0	70
КВЭБМнг(A)-ХЛ	10x3э1,0	900
КМРЭВнг(A)-FRLS-П	2x2x1,0	180
КВЭВМнг(A)-ХЛ	1x2эx1,0	136
КВВнг-LS	3x1.5л	170
КВВнг(A)-FRLS	2x1,5	116
КВВЭнг(A)-FRLS	2x1.0	165
КВВБнг(A)-FRLS	2x2.5	95
КВЭБнг(A)-FRLS	1x2эx1.0	165
КВЭВнг(A)-FRLS	2x2эx1,5(180)	125
КВЭВЭнг(A)-FRLS	2x2эx1,5с	118
КВВБнг(A)-FRLS	2x1.5	100
КВВЭнг-LS	10x0,75i	1394
КВЭВЭнг FRLS	7x2эx1,0л	176
КВВЭнг-FRLS	2x4,0	148
КВЭВЭнг-LS	2x2нx1,5	197
КВЭВЭ	7x2эx1.0	205

Таб. 1 — Типы кабелей, использованных при отработке инструментального контроля

завода и/или его приемке заказчиком, но и в процессе инсталляции СПД АТП. Причем тут также могут быть поставлены и решены две задачи контроля

- условий, обеспечивающих искробезопасность;
- условий, определяющих запас помехозащищенности при ПД.

На рис. 2 дан пример протокола контрольных измерений образца кабеля, иллюстрирующий соответствие его параметров как требованиям безопасности, так и условиям передачи данных. Измерения произведены в соответствии с методикой, основанной на требованиях упомянутых выше стандартов. Инструментальная поддержка методики обеспечивается специализированным СИ — анализатором систем передачи и кабелей связи AnCom A-7, реализующим автоматизированный контроль кабельной продукции.

### Итоги

Следует заметить, что тщательная отработка конструкции и технологии позволяет гарантировать помимо соответствия перечисленных ранее параметров высокие показатели

кабелей парной скрутки по затуханию асимметрии, что, в свою очередь, предопределяет характеристики переходного затухания, гарантирующие надежную работу цифрового оборудования в многопарных кабелях.

### Выводы

Отечественные кабельные заводы предлагают промышленные партии разнообразных по назначению кабелей, предназначенных для применения на предприятиях повышенной опасности. Однако в полной мере методика контроля совокупности параметров искробезопасности и параметров, определяющих условия ПД, была впервые предложена лишь недавно.

### Список используемой литературы

1. IEC (МЭК) 61158-2. Digital data communications for measurement and control — Fieldbus for use in industrial control systems. Part 2: Physical layer specification and service definition
2. Рекомендации по проектированию систем Foundation Fieldbus. AG-181 рев. 2.0.
3. ГОСТ Р МЭК 60079-27-2012.

Взрывоопасные среды. Часть 27. Концепция искробезопасной системы полевой шины (FISCO).

4. ГОСТ IEC 60079-14-2011. Взрывоопасные среды. Часть 14. Проектирование, выбор и монтаж электроустановок.
5. ГОСТ 30852.13-2002 (МЭК 60079-14:1996). Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 14. Электроустановки во взрывоопасных зонах (кроме подземных выработок).
6. ГОСТ Р 52274-2004. Электростатическая искробезопасность. Общие технические требования и методы испытаний.
7. EN 50288-7-2005. Multi-element metallic cables used in analogue and digital communication and control. Part 7: Sectional specification for instrumentation and control cables.
8. ГОСТ 23286-78. Кабели, провода и шнуры. Нормы толщин изоляции, оболочек и испытаний напряжением.
9. Балашов В.А., Лашко А.Г., Ляховецкий Л.М. Технологии широкополосного доступа xDSL. Инженерно-технический справочник. Москва: Экотрендз, 2009. 256 с.

ENGLISH

CABLES AND WIRES

## Cables for intrinsically safe fieldbus (FISCO). To harmonization requirements

UDC 621.315.2

### Authors:

**Dmitry V. Khvostov** — general manager<sup>1</sup>;  
**A.V. Kocherov** — chief metrologist<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SIMPEC, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>Analtic-TS, Moscow, Russian Federation

### Abstract

Currently, design, Assembly and construction of industrial enterprises are increasingly carried out by domestic self-regulating organizations with the application of domestic equipment and components.

### Results

Thorough design and technology of production of cables allows to guarantee in addition to

compliance settings intrinsically safe and explosion high rates longitudinal balance and crosstalk, which ensures reliable performance of digital equipment in multi-pair cables.

### Conclusions

Domestic cable plants offer industrial batch of various-purpose cables for use at the enterprises of increased danger. However, full-size control methodology aggregate

intrinsic parameters and settings that define the conditions for the transfer of data was first introduced only recently.

### Keywords

measurement cables, inductance, capacitance, resistance, intrinsically safe, explosion protection, insertion loss, longitudinal balance, return loss, crosstalk, data transmission

### References

1. IEC (IEC) 61158-2. Digital data communications for measurement and control — Fieldbus for use in industrial control systems. Part 2: Physical layer specification and service definition
2. *Rekomendatsii po proektirovaniyu sistem Foundation Fieldbus*. [Recommendation Systems Engineering Foundation Fieldbus]. AG- 181 rev. 2.0.
3. GOST R MEK 60079-27-2012. *Vzryvoopasnye sredy. Chast' 27. Kontseptsiya iskrobepasnoy sistemy polevoy shiny (FISCO)*. [Explosive atmospheres. Part 27. Concept Fieldbus intrinsically safe concept (FISCO)].
4. GOST IEC 60079-14-2011. *Vzryvoopasnye sredy. Chast' 14. Proektirovanie, vybor*

- i montazh elektroustanovok*. [GOST IEC 60079-14-2011. Explosive atmospheres. Part 14 . Electrical installations design, selection and erection (IDT)].
5. GOST 30852.13-2002 (MEK 0079-14:1996). *Elektrooborudovanie vzryvozashchishchennoe. Chast' 14. Elektroustanovki vo vzryvoopasnykh zonakh (krome podzemnykh vyrabotok)* [Explosionprotected electrical apparatus. Part 14. Electrical installations in explosive gas atmospheres (other than mines)].
6. GOST R 52274-2004. *Elektrostaticheskaya iskrobepasnost'. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya i metody ispytaniy*. [Static electricity spark safety. General technical requirements and test

methods].

7. EN 50288-7-2005. Multi-element metallic cables used in analogue and digital communication and control. Part 7: Sectional specification for instrumentation and control cables.
8. GOST 23286-78. *Kabeli, provoda i shnury. Normy tolshchin izolyatsii, obolochek i ispytaniy napryazheniem*. [Cables, wires and cords. Standards for insulation and sheath thickness and voltage tests].
9. Balashov V.A., Lasko A.G., Lyakhovetsky L.M. *Tekhnologii shirokopolosnogo dostupa xDSL. Inzhenerno-tekhnicheskiy spravochnik* [Broadband technology xDSL. Engineering Handbook]. Moscow: Ekotrendz, 2009, 256 p.