

(smartgrid) в особенности на границах балансовой принадлежности сетевой компании с напряжением 0,4 кВ требует контроль показаний приборов конечных потребителей и расчет соответствующих балансов. Эту задачу невозможно решить без расчета потерь в счетчиках «последней мили». Здесь можно воспользоваться хорошо известным методом эквивалентного активного сопротивления [6]. Поэтому в числе требований к интеллектуальным системам измерений (smart metering) должны в необходимых случаях содержаться и требования к расширению функций счетчиков — расчету линейных потерь с помощью импульса квадратичного тока и расчету потерь в шунтах с помощью импульса квадратичного напряжения.

Л и т е р а т у р а

1. РМГ 29—99. ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.

2. Вострокнутов Н. Г. Электрические счетчики и их эксплуатация. М., Л.: Госэнергоиздат, 1959.

3. Данилов А. А. Метрологическое обеспечение измерительных систем: Учеб. пособие. Пенза: Проффессионал, 2008.

4. Осика Л. К. Коммерческий и технический учет электрической энергии на оптовом и розничных рынках. Теория и практические рекомендации. СПб.: Политехника, 2006.

5. Андреева Л. В., Осика Л. К., Тубинис В. В. Коммерческий учет электроэнергии на оптовом и розничном рынках / Под ред. Л. К. Осика. М.: АВОК, 2010.

6. Воротницкий В. Э. Измерение, нормирование и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях. Проблемы и пути решения // Нормирование, анализ и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях — 2002: Сборник материалов междунар. науч.-техн. сем. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.

Дата принятия 13.07.2012 г.

621.317

Метрологическое обеспечение подсистем противоаварийной защиты в составе информационно-измерительных и управляющих систем

С. Л. РОГОВ

ООО «ТРЭИ ГМБХ», Пенза, Россия, e-mail: rogov_s_l@mail.ru

Рассмотрены вопросы применения подсистем противоаварийной защиты опасных производственных объектов, функционирующих в составе информационно-измерительных и управляющих систем.

Ключевые слова: измерительная система, межповерочный интервал, система противоаварийной защиты.

The problems of application of dangerous production objects' emergency protection subsystems functioning in the composition of information-measuring and control systems are considered.

Key words: measuring system, calibration interval, emergency protection system.

Среди многочисленных задач, возлагаемых на информационно-измерительные и управляющие системы (ИИУС) одной из важнейших является обеспечение безопасного функционирования потенциально опасных производственных объектов (ОПО), которая обычно реализуется с помощью подсистем противоаварийной защиты (ПАЗ). Безопасность работы ОПО связана с соблюдением требований по защите от превышения давления, температуры, достижения предела опасной концентрации и т. д. Каждое из этих требований обеспечивается соответствующей функцией безопасности согласно стандарту [1]. Входные параметры функции — значения физических параметров (давления, температуры, уровня и др.), а результат ее выполнения — воздействие с применением исполнительного механизма и перевод ОПО в безопасное состояние. При этом качество выпол-

нения функции безопасности зависит от метрологического обеспечения подсистем ПАЗ. При построении и эксплуатации этих подсистем возникают следующие проблемы: несоответствие надежности применяемого измерительного оборудования ПАЗ интегральному уровню безопасности для данного объекта; применение в резервируемых структурах оборудования, не аттестованного для резервирования; несоблюдение требований «горячей замены» элементов из состава запасных частей, инструмента, принадлежностей (ЗИП) производителями измерительного оборудования для подсистем ПАЗ; отсутствие возможности продления ресурса оборудования при снижении требований к точности средств измерений (СИ); противоречие между межповерочными интервалами (МПИ) и технологическим циклом ОПО. Рассмотрим эти проблемы подробнее.

Несоответствие уровня надежности применяемого измерительного оборудования ПАЗ интегральному уровню безопасности для данного объекта. Согласно действующему стандарту [1] все потенциально опасные объекты должны быть ранжированы по уровню потенциальной опасности, в соответствии с которым выбирается интегральный уровень безопасности оборудования, применяемого в подсистемах ПАЗ ОПО. Схема соответствия приведена на рис. 1, где уровни безопасности оборудования (safety integrity level) SIL1 — SIL4 взяты из [1], а уровни опасности ОПО (requirement class) — из [2].

Разделение на уровни SIL можно пояснить на следующем примере. Есть две автозаправочные станции, одна из которых построена в центре Москвы на расстоянии 50 м от русла реки, а другая — около трассы в безлюдном степном районе с суглинистыми почвами. Потенциальная опасность этих двух одинаковых ОПО для жизни людей и экологии несоизмерима, поэтому требуются разные уровни SIL оборудования для обеспечения противоаварийной защиты этих объектов.

К сожалению, аттестация всех ОПО по уровню потенциальной опасности [1] в Российской Федерации не стала нормой, и в технических заданиях на разработку подсистем ПАЗ ИИУС нет требований к уровню безопасности измерительного и другого оборудования. Но даже когда это требование есть, отсутствие грамотности в этом вопросе приводит к ошибкам в выборе оборудования.

Самой частой ошибкой при выборе оборудования является необоснованное доверие потребителя к декларации изготовителя о соответствии SIL согласно предъявленному сертификату. Наличие данного сертификата не означает, что под его действие попадает полный состав модулей или частей изделия, упомянутого в сертификате. Именно поэтому важно обращать внимание на приложение к нему, в котором указано, какие конкретно модули и с каким конкретно программным обеспечением допущены для применения в подсистемах ПАЗ. Вызывает недоумение неосведомленность или лукавство фирм-интеграторов, представляющих в России продукцию известных мировых производителей, предлагающих для использования в подсистемах ПАЗ структуру, в которой уровню SIL3 соответствует только центральный процессор.

Еще одной ошибкой при выборе измерительного оборудования является доверие к рекламным проспектам и технической информации, представленной на сайтах производителя. Возьмем в качестве примера информацию о датчике давления с сайта известного производителя, согласно которой интенсивность опасных отказов $\lambda_{DU} = 11 \text{ FIT}$ ($1 \text{ FIT} = 10^{-9}$ отказов в час). Однако если обратиться к протоколу испытаний данного датчика (ссылка на протокол есть на сайте), то значения интенсивности отказов отличаются. Интенсивность недиагностируемых отказов по протоколу $\lambda_{DU} = 37 \text{ FIT}$, что в несколько раз выше, чем в технической документации. Кроме того, пользователь узнает, что если не применять в своей системе диагностику по цифровому интерфейсу, то суммарная интенсивность отказов превысит 1000 FIT.

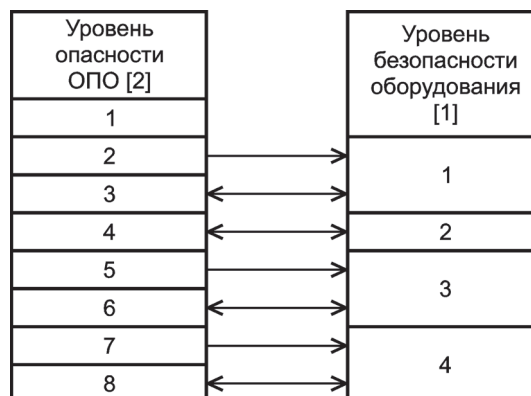


Рис. 1. Схема соответствия уровней опасности ОПО уровню безопасности оборудования

Данный пример показывает, что при построении подсистем ПАЗ необходимо требовать от проектировщиков и поставщиков оборудования как сводный расчет надежности ПАЗ ИИУС, так и копии документов, подтверждающих значения интенсивности отказов используемого оборудования. Проверить подлинность документов можно также на сайте лаборатории, выдавшей сертификат.

Применение в резервируемых структурах оборудования, не аттестованного для резервирования. В подсистемах ПАЗ должны использоваться СИ утвержденного типа и оборудование, прошедшее соответствующие сертификационные испытания. Это касается, в том числе, и оборудования, применяемого в схемах резервирования. Однако проектировщики и организаторы тендеров на поставку оборудования для подсистем ПАЗ не обращают внимания на необходимость отражения в документации и методиках поверки возможности резервирования каналов измерений, отдельного нормирования характеристик погрешности в этом режиме и обязательного приведения схем резервирования. Поясним на примерах необходимость специальных проверок и дополнительных процедур метрологического контроля.

На рис. 2 показаны схемы резервирования канала токового ввода в двух режимах — рабочем состоянии основного и резервного каналов измерений (а) и замены основного канала (б). Из анализа схем следует, что на метрологические характеристики каналов измерений влияют ток утечки и симметрия напряжения стабилизации стабилитронов VD1, VD2.

На рис. 3 представлены схемы резервирования канала ввода напряжения термопреобразователя, также как на рис. 2 в двух режимах. Здесь на метрологические характеристики каналов измерений влияет изменение входного сопротивления канала при смене режима. Очевидно, что метрологические характеристики каналов измерений в режиме резервирования будут отличаться от одиночного включения. Пользователь должен это знать и учитывать при построении подсистем ПАЗ.

Несоблюдение требований «горячей замены» элементов из состава ЗИП производителями измерительного

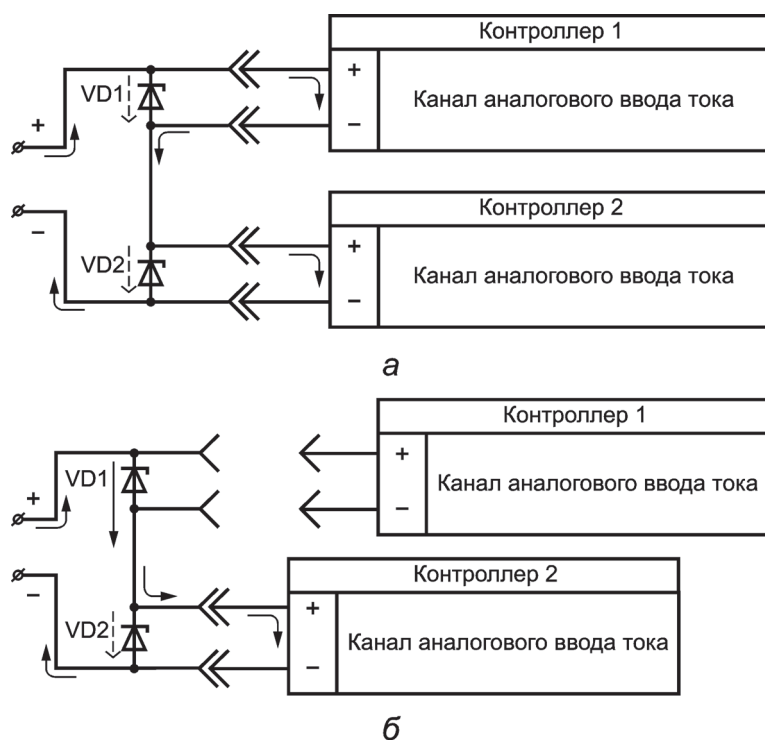


Рис. 2. Схемы резервирования канала токового ввода: рабочее состояние основного и резервного каналов измерений (а) и режим замены основного канала измерений (б); VD1, VD2 — стабилизаторы

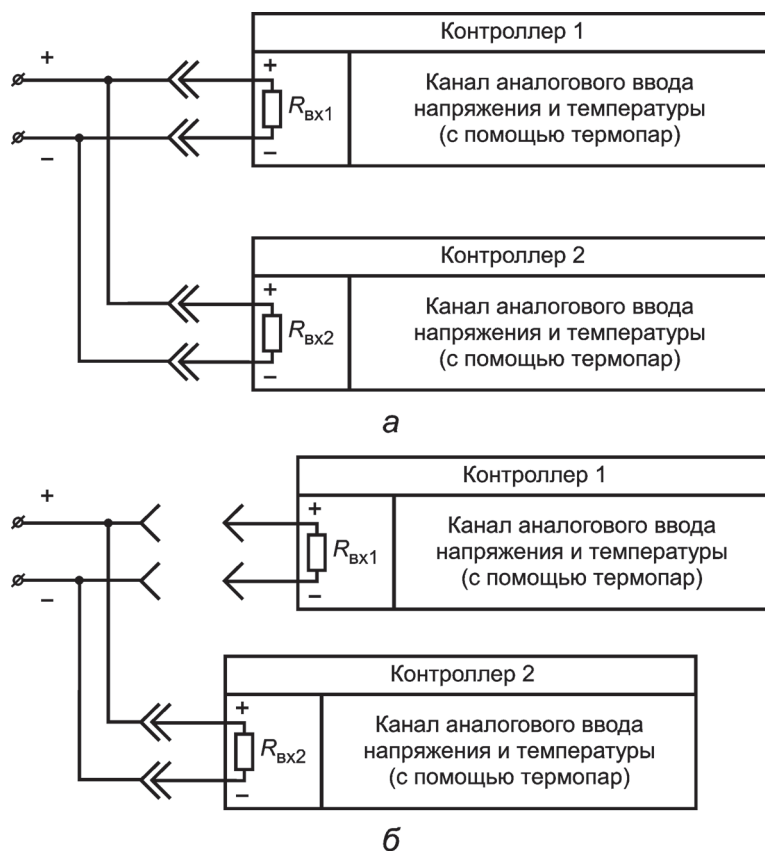


Рис. 3. Схемы резервирования канала ввода напряжения термопреобразователя: рабочее состояние основного и резервного каналов измерений (а) и режим замены основного канала измерений (б)

оборудования для подсистем ПАЗ. Одним из условий надежной эксплуатации указанных подсистем в составе ИИУС является наличие поверенного комплекта ЗИП как самих первичных преобразователей, так и модулей, обеспечивающих требуемые метрологические характеристики каналов измерений. Замену необходимо осуществлять по диагностическим показаниям в режиме «горячей замены», т. е. без выключения питания и проведения дополнительных манипуляций и настроек. Для этого кроме технических решений, обуславливающих работоспособность модулей при замене под напряжением, необходимо обеспечить физическую «привязку» метрологических констант к модулям из состава ЗИП. Недопустимы ручные или программные подстройки с занесением градуировочных коэффициентов или метрологических констант в память оборудования при замене из состава ЗИП. Самым оптимальным решением является установка элементов энергонезависимой памяти непосредственно на модули каналов измерения. В памяти должны храниться не только градуировочные константы, но и все данные, позволяющие идентифицировать этот модуль и сравнивать их с записями в формуляре изделия: тип изделия, даты выпуска, первичной и последней поверок, значения градуировочных коэффициентов.

Отсутствие возможности продления ресурса оборудования при снижении метрологических требований к нему. Естественным желанием организаций, эксплуатирующих подсистемы ПАЗ, является унификация СИ. Ресурсные показатели оборудования (средняя наработка на отказ — MTBF) нормируются при минимальном (паспортном) значении погрешности, в то время, как метрологические требования к датчикам подсистем ПАЗ менее жесткие по сравнению с системами регулирования или коммерческого учета. Желательно, чтобы производитель указывал значение наработки в виде таблицы в зависимости от значения погрешности, которое необходимо для конкретной технологии. Например, относительной приведенной погрешности $\delta = 0,1 \%$ соответствует $MTBF = 10^5$ ч, $\delta = 0,25 \%$ — $MTBF = 10^6$ ч. Такая дополнительная информация в паспорте оборудования давала бы пользователю возможность применять высокоточный прибор как в системе регулирования, так и в подсистемах ПАЗ, но с уже увеличенным ресурсом.

Противоречие между МПИ и технологическим циклом ОПО. Межповерочные интервалы устанавливаются при утверждении типа СИ: обычно чем меньше погрешность измерений, тем меньше МПИ. На практике проектировщик подсистем ПАЗ подбирает измерительное оборудование таким образом, чтобы МПИ был больше или равен времени технологического цикла ОПО. Так, поверку датчика оборотов турбины невозможно провести, не остановив турбину, а значит его МПИ должен быть больше или равен времени регламентного останова турбины. Такая же ситуация и со многими химическими установками. Изъять из установки некоторые датчики для поверки невозможно без останова технологического процесса. Если по каким-либо технологическим причинам время останова переносят на более позднее, то у пользовате-

ля должна быть возможность продолжать эксплуатацию, не нарушая регламента, т. е. возможность продления МПИ с изменением норм на допускаемые погрешности прибора и корректировки режимов технического процесса в связи с изменением погрешности. Например, относительной приведенной погрешности датчика давления $\delta = 0,1\%$ соответствует МПИ два года. По истечении этого срока пользователь может продолжить эксплуатацию до трех лет, но в программе функции безопасности после двух лет эксплуатации необходимо будет учитывать новые пределы погрешности прибора, к примеру $\delta = 0,25\%$. Обязательным будет откорректировать уставки защит с учетом «загрубления» пределов погрешности прибора. Пусть это приведет к незначительному снижению рабочего давления установки и производительности, но экономически пользователю это выгоднее, чем осуществлять останов технологического процесса из-за окончания МПИ.

Выводы. Решение перечисленных выше проблем не связано, как правило, с изменением конструкции применяемого оборудования. Но выполнение требований, необходи-

мое при решении двух последних проблем, приведет к определенным затратам производителей измерительной техники для подсистем ПАЗ, поскольку надо будет провести дополнительные испытания и скорректировать сертификационные документы. Однако решение данных вопросов избавит пользователей от вынужденных нарушений регламента эксплуатации метрологического оборудования подсистем ПАЗ ОПО.

Л и т е р а т у р а

1. **ГОСТ Р МЭК 61508—2007.** Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Ч. 1—4.
2. **DIN V 19250.** Fundamental safety aspects to be considered for measurement and control protective equipment.

Дата принятия 26.07.2012 г.

В Н И М А Н И Ю А В Т О Р О В !

Начинается выплата гонорара за издание статей в англоязычной версии журнала «Измерительная техника» («MEASUREMENT TECHNIQUES»), опубликованных в русском издании в 2010 г. Выплата осуществляется Российским авторским обществом (РАО). Формы необходимых документов для получения гонорара размещены на сайте РАО <http://www.rao.ru> в разделе «Правообладатели. Сведения для авторов журнальных статей».

Адрес РАО: 123995, Россия, Москва, ГСП-5, ул. Б. Бронная, 6-А, стр.1.

Телефон: (495) 697-33-35; (495) 697-06-68

Факс: (495) 609-93-63