

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЗАГАЗОВАННОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Е. И. Громаков, Д. А. Чемерисов

Институт кибернетики Национального исследовательского  
Томского политехнического университета, 634050, Томск, Россия

УДК 004.5: 62-783.2

Показана возможность применения ИЕС-методологии проектирования аварийной защиты при разработке автоматизированных систем контроля уровня загазованности. Приведена последовательность проектирования программно-аппаратной части контуров измерения аварийной защиты с использованием международных стандартов.

**Ключевые слова:** автоматизированная система контроля, загазованность, уровень риска, интегрированный уровень безопасности.

This paper presents the possibility of using alarm defense IEC-methodology design in development of automated gas contamination control systems. It is showed the sequence of design the hardware and software parts of alarm measure loops with using international standards.

**Key words:** automated control system, gas contamination, risk level estimate, safety integrity level.

**Введение.** Вследствие плохой герметичности или поломок оборудования по переработке и транспортировке токсичных продуктов в технических помещениях и на технологических площадках могут появляться опасные для здоровья людей концентрации паров. Поэтому обязательно проводится их контроль и противоаварийная защита с аварийным включением, в частности вентиляции. Одновременно осуществляется оперативное предупреждение работников об опасности посредством световой и звуковой сигнализации. На производстве эти задачи решаются с использованием автоматизированных систем противоаварийной защиты [1-3].

Особенностью автоматизированных систем контроля превышения предельно допустимой концентрации (ПДК) токсичных веществ в местах работы персонала являются надежность и непрерывность контроля дозы и времени воздействия токсичных газов на здоровье человека даже в случае их малой концентрации. Известны также случаи синергизма, когда вещества взаимодействуют друг с другом и совместно оказывают более негативное воздействие, чем по отдельности.

Целью настоящей работы является применение ИЕС-методологии проектирования аварийной защиты [4] при разработке автоматизированных систем контроля уровня загазованности (АСКУЗ) токсичными газами.

**Особенности методологии проектирования электронной аварийной защиты.** АСКУЗ служат для непрерывного контроля загазованности в местах окружающей среды, где возможны

наибольшие скопления токсичных и горючих газов и паров. Датчики-детекторы сигнализируют о предельно допустимых концентрациях опасных газов и дозрывоопасных концентрациях горючих газов в окружающей среде. АСКУЗ осуществляют сбор информации со всех опасных зон, вырабатывают необходимые сигналы управления в системе противоаварийной защиты (ПАЗ) и сигнализируют об опасности работникам. Информация о загазованности объекта передается диспетчеру на удаленное автоматизированное рабочее место (АРМ) посредством аппаратуры передачи данных.

Технические характеристики программно-аппаратных средств позволяют использовать их на протяженных и рассредоточенных объектах химической, металлургической, фармацевтической и пищевой промышленности, топливно-энергетического комплекса, коммунального и транспортного хозяйства, где АСКУЗ решают следующие задачи:

- не допускают неконтролируемого нарастания концентраций токсичных газов в рабочей среде и возникновения аварийных режимов работы технологических агрегатов;
- осуществляют блокировку источников газовой выделенности в случае возникновения аварийных ситуаций;
- осуществляют световую и звуковую сигнализацию аварийных режимов по месту установки оборудования и в центральном диспетчерском пункте;
- отслеживают концентрацию газов в контролируемых помещениях;
- следят за состоянием уровня загазованности в местах наиболее вероятного возникновения утечек.

При разработке АСКУЗ в РФ используются методологии проектирования аварийных защит, построенных на основе требований и рекомендаций Ростехнадзора. Однако эти рекомендации не позволяют выстроить методологию регулярного проектирования схемных особенностей АСКУЗ. Международные же стандарты рассматривают аварийную защиту не только как защиту от опасного инцидента, но и как интегральную систему безопасности в виде программно-аппаратных средств, в которой принципиальной задачей является обязательность перевода аварийного оборудования в безопасное состояние.

Нормативы Международной электротехнической комиссии (IEC) устанавливают следующую последовательность разработки противоаварийной защиты:

- анализ источников риска и опасностей;
- определение уровней рисков критических параметров технологического процесса и документированное обоснование необходимой степени их снижения и мероприятий противоаварийной защиты;
- выбор инструментальной структуры функции безопасности для каждого параметра опасности;
- определение и распределение требований к безопасности; проектирование электронных компонентов ПАЗ, обеспечивающих необходимое снижение уровня рисков.

В соответствии с рекомендациями ГОСТ Р МЭК 61508 угроза токсичной опасности приводит к "риску" только в том случае, если она связана с летальным исходом (конкретным ущербом). Шкала ущерба в этом стандарте представляется в виде графа риска (рис. 1).

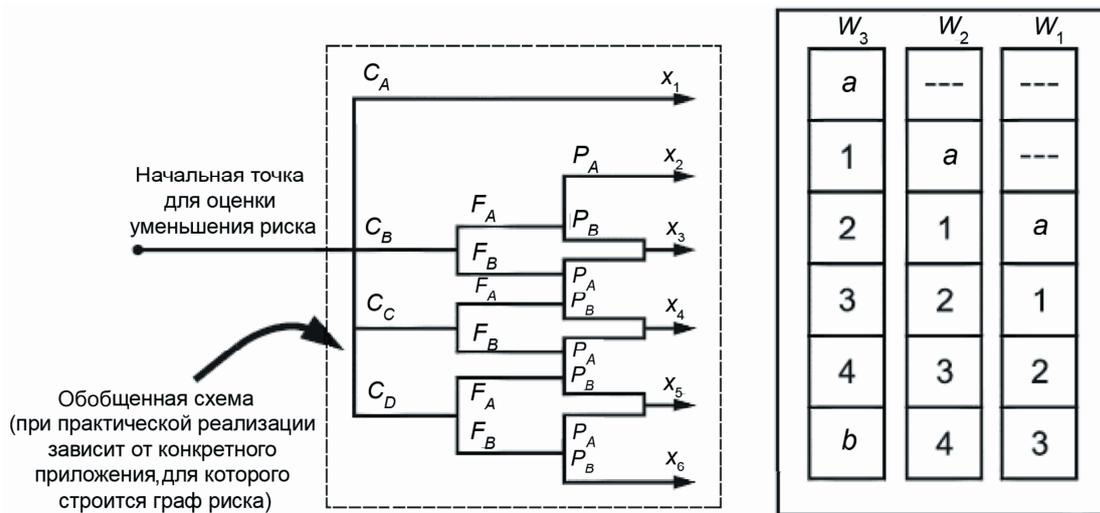


Рис. 1. Граф риска:

$C$  – параметр последствия риска;  $F$  – параметр частоты и времени действия риска;

$P$  – параметр возможности избежать риска;  $W$  – вероятность нежелательного события;

--- – отсутствие требований к безопасности;  $a$  – отсутствие специальных требований к безопасности;

$b$  – недостаточность Е/Е/PES; 1, 2, 3, 4 – уровни полноты безопасности

В "графе риска" учитываются следующие параметры риска, характерные, в частности, для технологических процессов нефтегазовой отрасли: последствия риска  $C_i$  ( $i = A, B, C, D$ ); частота и время действия риска  $F_j$  ( $j = A, B$ ), возможность избежать опасного риска  $P_m$  ( $m = A, B$ ).

С учетом качественной оценки вероятности опасного события  $W_n$  ( $n = 1, 2, 3$ ) показатель уровня риска  $RC_l$  ( $l = 1, 2, 3, 4$ ) устанавливается целочисленной функцией

$$RC_l = RC(C_i F_j P_m W_n).$$

Параметры риска опасности токсичных веществ по стандарту IEC 61508 можно определить следующим образом:

#### 1. Травматизм:

$C_A$  – незначительное ухудшение здоровья и причинение ущерба окружающей среде;

$C_B$  – серьезные ухудшения здоровья одного или нескольких человек, смерть одного человека, серьезная экологическая опасность;

$C_C$  – смерть нескольких человек;

$C_D$  – катастрофические экологические последствия, большие человеческие потери.

#### 2. Продолжительность нахождения в опасной зоне:

$F_A$  – от редкого до относительно частого;

$F_B$  – частое или постоянное.

#### 3. Предотвращение опасности:

$P_A$  – возможно при определенных обстоятельствах;

$P_B$  – невозможно.

#### 4. Вероятность нежелательного события:

$W_1$  – крайне низкая;

$W_2$  – низкая;

$W_3$  – высокая.

**Методология проектирования АСКУЗ.** Предлагаемая методология проектирования АСКУЗ сводится к следующему. Исходя из документированного обоснования необходимой степени снижения уровня риска идентифицированных последствий опасностей осуществляется последовательное проектирование АСКУЗ, обеспечивающей перевод аварийного оборудования в безопасное состояние.

Для снижения уровня риска до допустимого (допустимым считается риск, приемлемый в отрасли с учетом существующих в настоящее время социальных ценностей в РФ) разрабатываются один или несколько контуров контроля уровня загазованности, которые отвечают за отдельно выделенные опасности загазованности, определенные на этапе анализа источников риска и опасностей.

Каждый контур аварийной защиты проектируется отдельно, и ему назначается свой системный уровень обеспечения безопасности, который в IEC-методологии называется SIL. При его назначении учитываются период и полнота диагностики контура защиты  $D_i$ , опасных недетектируемых отказов  $\lambda_{dii}$  всех  $i$ -х аппаратно-программных компонентов контура защиты (измерительной и исполнительной частей, логического устройства и их систем энергообеспечения), период их тестирования и техобслуживания  $T_i$ , а также рассчитывается фактор снижения риска  $RRF$ :

$$RRF = F(\lambda_{dii}, D_i, T_i).$$

Величина этого фактора определяет схемную реализацию АСКУЗ путем подбора соответствующей архитектуры (структуры) каждого контура аварийной защиты АСКУЗ и всех ее компонентов.

В соответствии с предлагаемой методологией выбор структуры АСКУЗ (рис. 2) осуществляется согласно рекомендациям IEC 61511 (ГОСТ Р МЭК 61508). При этом в зависимости от выбранного компонента, а точнее, от его показателей надежности: средней вероятности отказа при выполнении действий, связанных с безопасностью (PFDavg), доли его безопасных отказов (SFF), его диагностического охвата (diagnostic coverage) выбирается требуемый уровень отказоустойчивости (fault tolerance). Он, в свою очередь, определяет структуру контура аварийной защиты типа 1oo1, 1oo2, 2oo3, 2oo2, 2oo4, которая устанавливает необходимое резервирование и диагностирование аппаратно-программной части контуров защиты.

При выборе компонентов ПАЗ каждое устройство аппаратно-программного контура защиты (датчик, контроллер, исполнительное устройство) или весь контур защиты должны иметь свой сертификат, подтверждающий соответствие характеристик устройства требованиям стандарта IEC 61508 и указывающий на то, что данное устройство может применяться в контурах, связанных с безопасностью до уровня полноты безопасности SIL от 1 до 4.

Разработанная таким образом аварийная защита является, как правило, финансово-затратным решением. Поэтому на следующем этапе проектирования одновременно с верификацией полноты безопасности осуществляется технико-экономический перерасчет (перепроектирование) полученного решения.

Используя данные об интенсивности опасных и безопасных отказов отдельных устройств аппаратно-программного контура защиты и задавая период тестового обслуживания (диагностического охвата) контура инструментальной функции безопасности, можно осуществить SIL-

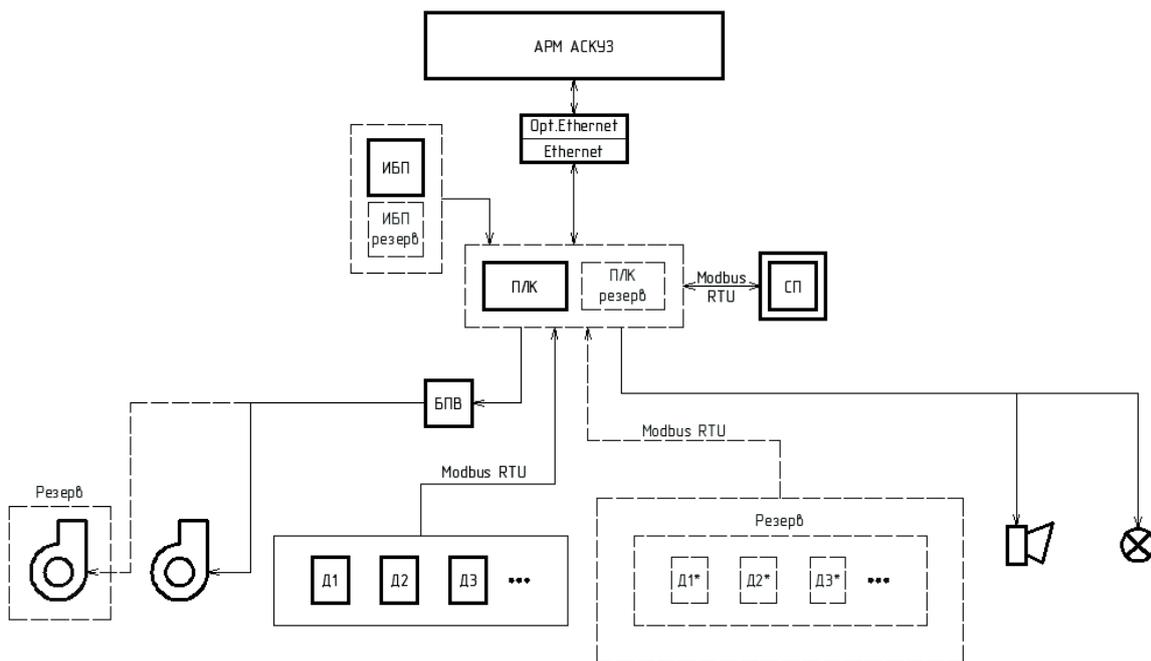


Рис. 2. Схема автоматизированного контроля уровня загазованности

верификацию путем расчета и рассчитать меру полноты безопасности контуров защиты по отношению к отказам аппаратно-программного контура защиты (PFDavg), которая должна соответствовать системному уровню безопасности (надежности), обеспечивающему заданное снижение уровня риска.

По результатам выполненных расчетов проводится окончательное проектирование автоматизированной системы контроля уровня загазованности.

**Выводы.** Методология проектирования АСКУЗ на основе рекомендаций IEC 61511 (ГОСТ Р МЭК 61508) позволяет регулярным образом задавать структуру и выбирать архитектуру АСКУЗ, ее компоненты с учетом их надежности. Применение разработанной методологии позволяет решать задачи минимизации затрат на построение АСКУЗ и необходимого снижения уровня риска аварийной опасности.

#### Список литературы

1. ФЕДОРОВ Ю. Н. Основы построения АСУТП взрывоопасных производств: В 2 т. Т. 1. Методология. М.: СИНТЕГ, 2006.
2. ФЕДОРОВ Ю. Н. Основы построения АСУТП взрывоопасных производств: В 2 т. Т. 2. Проектирование. М.: СИНТЕГ, 2006.
3. Воздействие на организм человека опасных и вредных экологических факторов: Метеорологические аспекты: В 2 т. / Под ред. Л. К. Исаева. М.: ПАИМС, 1997. Т. 1.
4. IEC 61508. Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety related systems. 2000.

*Громаков Евгений Иванович – канд. техн. наук, доц. Института кибернетики Томского политехнического университета; тел.: (382-2) 70-18-37; e-mail: gromakov@tpu.ru;*

*Чемерисов Дмитрий Анатольевич – магистрант Института кибернетики Томского политехнического университета; e-mail: Dimuly87@mail.ru*

Дата поступления – 21.08.12 г.