СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ashar P., Devadas S., Keutzer K. Gate-delay-fault Testability properties of Multiplexor-based Networks // Proc. of the IEEE Intern. Test Conf. on Test: Faster, Better, Sooner. – 1991. – P. 887–896.
2. Ashar P., Devadas S., Keutzer K. Testability Properties of Multilevel Logic Networks Derived from Binary Decision Diagrams // Proc. of the Conf. on Advanced research in VLSI. – Santa Cruz, US, 1991. – P. 33–54.
3. Ashar P., Devadas S., Keutzer K. Path-delay-fault Testability Properties of Multiplexor-based Networks // INTEGRATION, the VLSI Journal. – 1993. – V. 15. – № 1. – P. 1–23.
4. Becker B. Synthesis for Testbility: Binary Decision Diagrams // Proc. of the 9th Annual Symp. on Theoretical Aspects of Computer. – 1992. – V. 577. – P. 501–512.
5. Drechsler R., Shi J., Fey G. Synthesis of Fully Testable Circuits from BDDs // IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems. – 2004. – V. 23. – № 3. – P. 440–443.
6. Devadas S., Keitzer K. Synthesis of Robust Delay-Fault-Testable Circuits: Theory // IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems. – 1992. – V. 11. – № 1. – P. 87–101.
7. Matrosova A., Lukovnikova E., Ostanin S., Zinchyk A., Nikolaeva E. Test Generation for Single and Multiple Stuck-at Faults of a Combinational Circuit Designed by Covering Shared ROBDD with CLBs // Proc. of the 22nd IEEE Intern. Symp. on Defect and Fault Tolerance in VLSI Systems. – Rome, Italy, 2007. – P. 356–364.

Поступила 26.10.2009 г.

УДК 681.5

МОНИТОРИНГ ТЕКУЩЕЙ ОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ ОБОБЩЕННОГО ПОКАЗАТЕЛЯ

А.А. Пономарев

Томский политехнический университет
E-mail: boss@aics.ru

Рассматривается задача определения текущей опасности технологического объекта на основе рассчитываемого обобщенного показателя опасности. Выделяются свойства, которыми он должен обладать, предлагается формула для его расчета и методика учета весового коэффициента – ранга.

***Ключевые слова**:*
Промышленная безопасность, системы противоаварийной защиты, диагностика.

Key words:
Industrial safety, safety instrument system, diagnostics.

Оценка опасностей – одна из приоритетных задач управления промышленной безопасностью, а также задачи разработки и внедрения современных методов прогнозирования опасности, анализа потенциальных источников предаварийных ситуаций.

Развитие цифровой вычислительной техники значительно расширило сферы её применения, в том числе и для нужд промышленности. В автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУ ТП) и системах противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ) стало возможным решение сложных задач расчета, анализа и прогнозирования аварийных ситуаций, моделирование технологических процессов и получение многовариантных решений. Следует отметить, что хотя эти задачи и относятся к классу задач систем управления, тем не менее, предлагаемое на рынке программное обеспечение АСУ ТП не решает в полной мере задачи обеспечения безопасности. Число элементов и параметров технологической установки, способных в той или иной мере повлиять на возникновение и развитие аварийной ситуации, в зависимости от сложности процесса может достигать десятков и сотен. В сложных системах отказы отдельных элементов не всегда приводят к отказу всей системы, кроме того, у сложных систем есть целый спектр состояний – динамическое равновесие, нарушение равновесия, адаптация к неблагоприятным ситуациям, опасные и критические ситуации и, наконец, аварии. В связи с этим анализ риска подобных технологических систем – это достаточно сложная задача, требующая знаний технологии, особенностей элементов системы и взаимосвязи их между собой.

В настоящее время задача определения рисков технологического процесса должным образом не решается и, в лучшем случае, подменяется на этапе проектирования качественным анализом надежности системы и возможных последствий аварий [1–4]. Разработка, адаптация к условиям различных отраслей промышленности и дальнейшее развитие методов количественной оценки опасности и анализа текущего риска при функционировании промышленных установок и объектов является в настоящее время актуальной проблемой [5].

Оснащение технологических процессов системами ПАЗ, предназначенными для обеспечения промышленной безопасности, является обязательным условием при проектировании, строительстве и реконструкции опасных промышленных объектов и установок [6]. Такие системы обеспечивают останов технологического процесса или перевод его в безопасное состояние, что позволяет избежать аварии, но приводит к серьезным последствиям и значительным потерям.

Снижение частоты останова процесса может быть достигнуто решением задачи оценки и анализа текущей опасности процесса в реальном времени, чтобы заблаговременно предупредить персонал и тем самым предотвратить развитие аварийной ситуации. Частота оценки и анализа текущей опасности должна зависеть от свойств технологического процесса (скорости протекания, физических свойств параметров и др.) и должна определяться индивидуально для каждого процесса. Очевидно, что для учета влияния большого числа параметров процесса на степень опасности, а также их взаимосвязи в реальном масштабе времени, необходимы специальные методы и соответствующие технические и программные средства [7].

Текущая опасность является показателем процесса под управлением АСУ ТП, который может принимать различные значения в зависимости от качества управления и других факторов. Интуитивно понятно, что текущая опасность процесса может быть незначительной, если все опасные параметры процесса поддерживаются в установленных границах, или увеличиваться, принимая угрожающий характер, при отклонении таких параметров от нормы. Поэтому возникает идея описания степени текущей опасности процесса с помощью некоторого количественного показателя, значения которого зависели бы от отклонений параметров, связанных с безопасностью процесса.

Введение такого показателя позволит осуществлять косвенное измерение степени текущей опасности процесса со всеми вытекающими из этого возможностями.

Необходимо отметить, что некоторая количественная характеристика опасности процесса уже была введена в нормативной документации. В соответствии с этими документами в качестве количественной характеристики опасности процесса рассматривается риск, измеряемый, как правило, в денежных единицах [8–10].

Однако риск является обобщенной оценкой опасности (или безопасности) процесса, он рассматривает материальные, социальные, экологические и другие аспекты и не может быть использован для измерения или оценки степени опасности технологического процесса в конкретный момент времени. Риск можно рассматривать как интегральный показатель опасности, который эффективно используется на стадии проектирования опасных производств [1, 10].

В работе вводится специальный показатель текущей опасности (ПТО), как количественная характеристика степени текущей опасности, который может быть рассчитан (измерен) в любой момент времени. Результаты измерения показателя могут быть представлены оператору или использованы для решения других задач.

Основной задачей систем ПАЗ является предупреждение аварийной ситуации во всех режимах работы и обеспечение безопасного останова или перевода процесса в безопасное состояние по заданной программе.

Предупреждение аварийной ситуации требует решения в системе ПАЗ задачи анализа состояния процесса при изменении параметров в сторону критических значений. Однако до настоящего времени из-за отсутствия методов и алгоритмов такая задача не решалась.

В данной работе предлагается способ решения такой задачи путем косвенного измерения степени текущей опасности процесса.

Измерение базируется только на текущих значениях непрерывных (аналоговых) технологических параметров процесса (давление, температура, расход и др.), связанных с безопасностью, и не учитывает других факторов, таких как состояние оборудования и элементов системы управления. Поэтому предложенный подход следует рассматривать только как первый этап полной количественной оценки текущей опасности технологического процесса.

Если технологический процесс характеризуется опасными параметрами, все значения которого лежат в зоне допустимых значений S_0 (рис. 1), текущая опасность может считаться нулевой. В случае, если один или несколько параметров переходят в зону опасных значений S_1, текущая опасность увеличивается, и она будет возрастать по мере приближения параметров к зоне критических значений S_2.

Текущая опасность процесса должна зависеть от числа опасных параметров, одновременно находящихся в зоне S_1, от степени приближения каждого параметра к зоне S_2 и от степени влияния каждого опасного параметра на возможность возникновения аварийной ситуации.

Обозначим ПТО через $C=C(\overline{X})$, где $\overline{X}=(x_1,...,x_i,...,x_n)$ – вектор значений опасных параметров ТП; n – число опасных параметров.

Показатель опасности C должен удовлетворять следующим требованиям:

- быть скалярной безразмерной величиной, изменяющейся от 0 до 1, т. е.

$$C=(0...1);$$

- быть функцией опасных технологических параметров x_i:

$$C=f(x_1, ..., x_i, ..., x_n);$$

- зависеть от значений всех опасных технологических параметров, когда они находятся в зоне опасных значений.

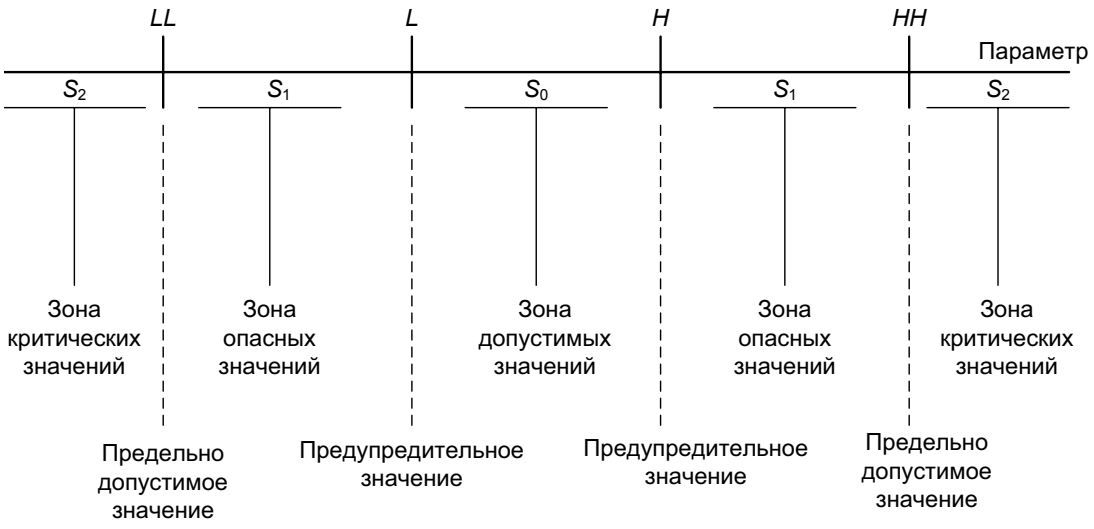

Рис. 1. *Состояния технологического параметра. LL, L и HH, H – критические и предупредительные нижний/верхний уровни*

$$0<C<1,$$

если

$$\exists(x_i)\colon S_i=S_1,\ i=1...n;$$

$$\text{или } \exists(x_i)\colon (x_i^{LL}>x_i>x_i^{L})\vee(x_i^{H}>x_i>x_i^{HH}),$$

где x_i^L, x_i^H – предупредительные значения параметров, x_i^{LL}, x_i^{HH} – предельно допустимые значения параметров (рис. 1);

- быть равным нулю, если все технологические параметры находятся в зоне допустимых значений.

$$C=0,$$

если $\forall(x_i)\colon S_i=S_0,\ i=1...n$;

- быть равным единице, если хотя бы один технологический параметр находится в зоне критических значений.

$$C=1,$$

если $\exists(x_i)\colon S_i=S_2,\ i=1...n$;

- быть возрастающей функцией своих аргументов.

  Если $x_i1<x_i2$, то $C_1<C_2$, где C_1, C_2 – значение показателя C при $x_i=x_i1$, x_i2;

- возрастать с увеличением числа параметров в опасной зоне.

  Если C_1 – значение показателя C при $x_i=x_i1$, $S_i=S_1$, C_2 – значение показателя C при $x_i=x_i1$, $x_j=x_j1$, $S_i=S_1$, $S_j=S_1$; то $C_1<C_2$;

- учитывать степень влияния каждого опасного параметра на возможность возникновения аварийной ситуации.

  Если C_1 – значение показателя C при $x_i=x_i1$, C_2 – значение показателя C при $x_j=x_j1$, и если степень влияния x_i будет меньше, чем степень влияния x_j, то $C_1<C_2$;

- быть применим в любом режиме функционирования процесса (нормальный режим, пуск, останов).

Предложенная ниже эмпирическая формула вычисления ПТО при использовании в реальных системах требует специального алгоритма нормирования и упорядочивания параметров:

$$C(\overline{X})=\sqrt{\frac{x_1^2}{\prod_{i=2}^{n}(1+x_i^2)}+\sum_{i=2}^{n}\frac{x_i^2}{\prod_{k=i}^{n}(1+x_k^2)}},\qquad (*)$$

где $\overline{X}=(x_1,...,x_i,...,x_n)$ – вектор нормированных значений параметров ТП, упорядоченных по их убыванию.

В общем случае процесс характеризуется n-мерным вектором ТП $\overline{X}=(x_1,...,x_i,...,x_n)$. Каждый параметр может иметь одну или две зоны опасных значений.

Если параметр x_i ($1\le i\le n$) имеет одну или две зоны опасных значений, преобразование его текущего значения в нормированную величину v_i выполняется по формуле:

$$v_i=\begin{cases}1, & \text{если } x_i\le x_i^{LL}\\ \dfrac{x_i-x_i^{LL}}{x_i^{L}-x_i^{LL}}, & \text{если } x_i^{LL}<x_i<x_i^{L}\\ 0, & \text{если } x_i^{L}<x_i<x_i^{H}\\ \dfrac{x_i-x_i^{H}}{x_i^{H}-x_i^{HH}} & \text{если } x_i^{H}<x_i<x_i^{HH}\\ 1 & \text{если } x_i\ge x_i^{HH}\end{cases}.$$

Здесь значения параметров; x_i – текущее; x_i^L, x_i^H – предупредительные значения параметров; x_i^{LL}, x_i^{HH} – предельно допустимые значения параметров.

Степень влияния параметра на возможность возникновения аварийной ситуации при отклонении этого параметра от нормы задается путем ранжирования, т. е. присвоения параметру определенного коэффициента (ранга).

Ранг параметра – r представляет собой положительную целочисленную величину: $r=1, 2, ...$.

Предполагается, что ранжирование параметров осуществляется при проектировании технологических процессов и не является предметом настоящего исследования. В работе предложен следующий способ учета различных рангов опасных параметров при вычислении ПТО.

Если ранг параметра равен единице, нормированное значение этого параметра используется в формуле (*) один раз, если ранг равен r, то – r раз.

Исследование алгоритма и основных свойств ПТО проведено с помощью программного пакета Mathcad 12.

На рис. 2–4 приведены в качестве примера зависимости показателя текущей опасности C от значений параметров x и v для n=1, 2 и r=1, 2.

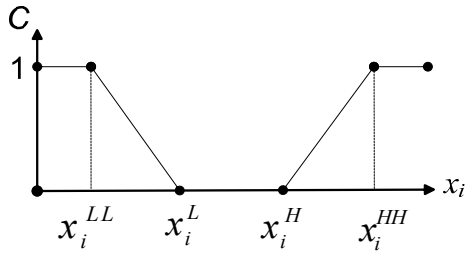

Рис. 2. *Зависимость C(x) для n=1*

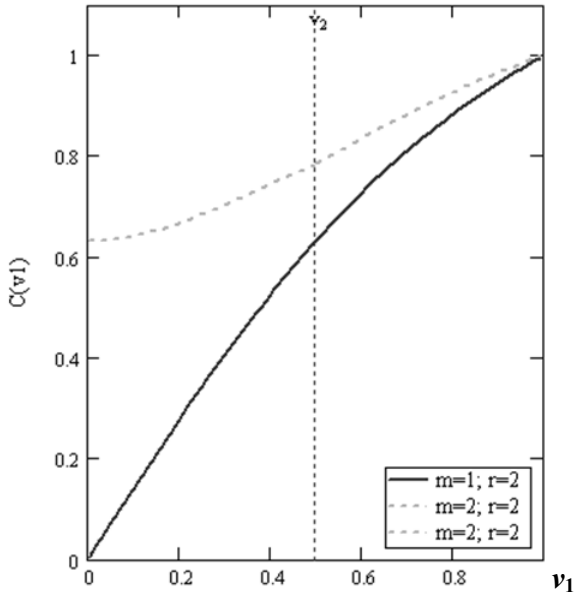

Рис. 3. *Зависимости $C(v_1)$ для n=1 и 2 и $r_1=r_2=2$*

В результате анализа этих и других исследуемых зависимостей сделаны следующие выводы:

1. C=0, если все v_i равны 0.
2. C=1, если хотя бы один параметр из v_i равен 1.
3. C лежит в диапазоне 0...1, если хотя бы один параметр из v_i больше нуля и меньше 1 (соответствующий параметр x_i находится в опасной зоне).
4. Если при нахождении одного или нескольких параметров в опасной зоне еще один параметр тоже попадает в опасную зону, показатель C возрастает.
5. Если n=1 и r_1=1, то $C=v_1$, т. е. показатель опасности C пропорционален параметру v_1.
6. Если n=1 и r_1=2, то зависимость C от v_1 нелинейная. Показатель опасности в этом случае больше, чем при r_1=1 для одних и тех же значений v_1.
7. Если n>1, то все зависимости C от v_1 нелинейные. При этом значения показателя опасности тем выше, чем больше параметров находятся в опасной зоне.
8. Чем выше ранг параметров, находящихся в опасной зоне, тем выше показатель опасности при прочих равных условиях.

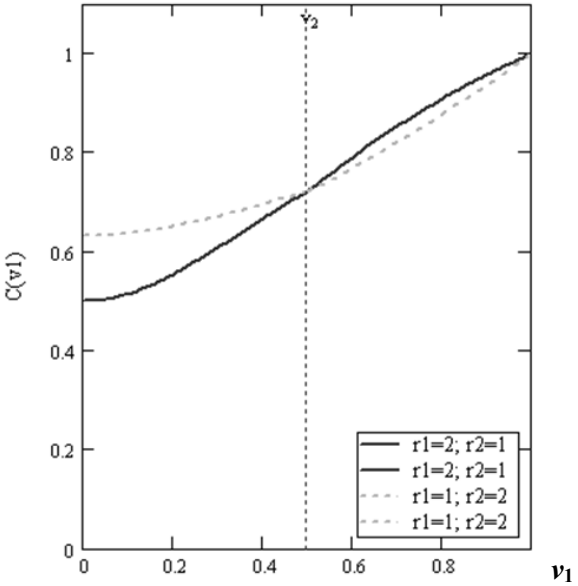

Рис. 4. *Зависимости $C(v_1)$ для n=2, $r_1>r_2$ и $r_1<r_2$*

Таким образом, все исходные требования к ПТО выполнены, и показатель C, как количественная мера текущей опасности технологического процесса, вычисляемый предложенным способом, соответствует интуитивным представлениям о степени опасности.

Задачу оценки (измерения) показателя текущей опасности процесса можно рассматривать как новую задачу систем ПАЗ, решение которой позволяет обеспечить оператора в любой момент времени информацией о текущей опасности процесса в наиболее интегрированном виде – в виде числа, изменяющегося от 0 до 1 (0...100 %).

Решение введенной и описанной в настоящей работе задачи количественной оценки текущей опасности процесса позволит не только измерять и контролировать опасность, но также своевременно включать задачи превентивной диагностики, контроля состояния оборудования и прогнозирования опасности.

Сформированные требования к ПТО позволяют с помощью математического аппарата количественно описать меру опасности технологического объекта. Решение такой задачи в реальном времени позволит существенно повысить экономическую эффективность и безопасность эксплуатации объекта. Все предложенные и разработанные решения были реализованы в пилотном проекте системы ПАЗ для реального технологического процесса выработки пара избыточного давления производства ООО «Метанол» г. Томск.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курочкин С.С., Стась К.Н. Международные стандарты по аттестации систем контроля и управления и оцениванию их характеристик // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2000. – № 3. – С. 33–34.
2. Хенли Э.Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска / Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.
3. Smith D.J. Reliability, Maintainability and Risk, Seventh Edition: Practical Methods for Engineers including Reliability Centred Maintenance and Safety-Related Systems. – Butterworth-Heinemann, 2005. – 368 p.
4. Смит Д.Д. Безотказность, ремонтопригодность и риск. Практические методы для инженеров, включая вопросы оптимизации надежности и систем, связанных с безопасностью. – М.: Группа ИДТ, 2007. – 432 с.
5. Пономарев А.А. Показатель текущей опасности технологического процесса // Средства и системы автоматизации: Матер. V научно-практ. конф. – Томск: Изд-во ТУСУР, 2004. – С. 106–108.
6. Курочкин С.С., Стась К.Н. Международные стандарты по функциональной безопасности систем контроля и управления // Промышленные АСУ и контроллеры. – 1999. – № 9. – С. 27–29.
7. Пономарев А.А., Агеев Ю.М. Прогнозирование аварийных ситуаций на объекте управления с использованием пакета MATLAB // Электронные средства и системы управления: Матер. Междунар. научно-практ. конф. – Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2004. – С. 85–88.
8. МЭК 61508 61508-1(1998)/Cor.(1999) **(**Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety Related Systems**).** Функциональная безопасность электрических/электронных/электронных программируемых систем безопасности. Часть 1. Общие требования.
9. МЭК 61511-1 (Functional Safety: Safety Instrumented Systems for the Process Industry Sector). Функциональная безопасность. Инструментальные системы безопасности для промышленных процессов. Часть 1. Требования к структуре, определениям, системе, программному и аппаратному обеспечению.
10. Гражданкин А.И., Лисанов М.В., Печеркин А.С. Использование вероятностных оценок при анализе безопасности опасных производственных объектов // Безопасность труда в промышленности. – 2001. – № 5. – С. 33–36.

Поступила 06.10.2009 г.

УДК 004.9

СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯЗЫКА BPEL И СПРАВОЧНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПИСАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

А.А. Пономарев, Нгуен Хоанг Чинь

Томский политехнический университет
Email: boss@aics.ru

Рассматривается новый подход к задаче повышения эффективности управления лечебной деятельностью за счет проектирования, мониторинга бизнес-процессов, а также вопросы повышения информационной составляющей лечебного процесса при совместном использовании Web-сервисов и сервера онтологии.

Ключевые слова:
BPEL, BPMN, RIM, бизнес-процесс, лечебно-диагностический процесс.

Key words:
BPEL, BPMN, RIM, business process, medical process.

В настоящее время процесс информатизации происходит почти во всех поликлиниках. Для повышения качества и рентабельности медицинского обслуживания, внедряется специализированное программное обеспечение – медицинские информационные системы. В последнее время количество поликлиник увеличивается, следовательно, конкурентность возрастает. Повышение конкурентоспособности зависит от успеха реализации мероприятий, оптимальным образом воздействующих на лечебно-диагностический процесс. Эти мероприятия включают: процессы маркетинга, рекламы и взаимодействия с общественностью, финансирования, технической эксплуатации, мотивации персонала, безопасности, проектного развития, снабжения и логистики. Для достижения успеха в лечебно-диагностическом процессе необходимо повышение эффективности управления лечебной деятельностью за счет совершенствования и реинжиниринга бизнес-процессов (БП), а также благодаря их оперативному мониторингу и управлению. Основная задача реинжиниринга заключается в том, что он предполагает радикальные и резкие изменения, связанные с отказом от текущего порядка работы, и разработку совершенно новых методов выполнения работ. Совершенствование БП базируется на эволюционном повышении результативности деятельности, предполагающем не кардинальное изменение технологии работы, а постоянную оптимизацию логистической цепочки выполняемых операций [1].