

Использование и учет в алгоритмах функционирования микропроцессорных токовых защит линий информации о месте и виде КЗ в совокупности позволит повысить их техническое совершенство. Так, учет места возникновения КЗ обеспечит расширение зоны мгновенного отключения ТО как при трехфазных, так и при двухфазных КЗ, повышение чувствительности ТОВ. При этом вид КЗ и режим работы распределительной сети не будут оказывать влияния на стабильность указанной зоны.

Учет вида КЗ обеспечит повышение чувствительности МТЗ к несимметричным повреждениям.

Практическая реализация рассмотренных предложений основывается на результатах большого объема исследований, выполненных методом вычислительного эксперимента.

Литература

1. Принципы выполнения адаптивной микропроцессорной токовой защиты от междофазных коротких замыканий / Романюк Ф.А., Тишечкин А.А., Ковалевский А.В. // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ – Энергетика / БНТУ. – Минск, 2005, № 2, стр. 11-14;
2. Принцип выполнения адаптивной микропроцессорной токовой направленной защиты линий / Романюк Ф.А., Тишечкин А.А., Гурьянчик О.А. // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ – Энергетика / БНТУ. – Минск, 2007, № 4, стр. 13-18.

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ КОНЦЕНТРИРОВАННЫЕ ПОТОКИ ЭНЕРГИИ

Бородавко В.И., Гайко В.А., Пынькин А.М., Хейфец М.Л.

*Государственное научно-производственное объединение «Центр»
НАН Беларуси, Минск*

В общем виде системная модель технологии представляется сочетанием трех входных потоков: вещества, энергии, информации. Метод обработки целесообразно рассматривать в виде подсистем: материальной и информационной. Первая доставляет и преобразует энергию, необходимую для воздействия на заготовку с целью изменения ее физико-химических свойств, снятия или нанесения материала. Она определяется видом процесса обработки. Вторая управляет потоками энергии и вещества, обеспечивая их доставку в необходимом количестве в заданное место рабочего пространства с целью обеспечения определенной формы, размеров и свойств изделия. В результате под методом обработки понимается совокупность энергетических и информационных процессов, направленных на изменение формы, размеров, качества поверхности и физико-химических свойств конструкционного материала.

Для формализации условий целенаправленного создания методов обработки каждая совокупность одноименных компонентов системы описывается как некоторое множество конструкторско-технологических решений (КТР). Такой подход позволяет любой метод обработки представить в виде кортежа, каждый элемент которого является элементом соответствующего множества КТР.

Полагая, что если два любых компонента метода обработки обладают хотя бы одним общим свойством, то между ними существует связь по общности свойств. Это дает возможность организовать выбор КТР по эквивалентности и предпочтению. По эквивалентности выбираются равноименные решения, которые по совокупности своих свойств должны соответствовать друг другу. По предпочтению выбираются решения из числа одноименных, обладающих наилучшими значениями необходимых свойств.

Такой подход позволяет формализовать условия выбора КТР по конкретному значению установленного критерия выбора и дает возможность выбирать решение по нескольким критериям, соответствующим различным свойствам КТР.

Принятие КТР в системах автоматизированного проектирования традиционно основывается на анализе эквивалентности ($x \equiv y$) и предпочтения (нестромого $x \leq y$ или строгого $x < y$) решений, заложенных в базу знаний. Это предполагает использование свойств:

- 1) рефлексивности ($x \equiv x$, $x \leq x$ – истинно; $x < x$ – ложно);
- 2) симметричности ($x \equiv y \Rightarrow y \equiv x$ – истинно; $x \leq y$ и $y \leq x \Rightarrow x = y$ – антисимметрично; $x < y$ и $y < x \Rightarrow$ взаимоисключение – несимметрично);
- 3) транзитивности ($x \equiv y$ и $y \equiv z \Rightarrow x \equiv z$, $x \leq y$ и $y \leq z \Rightarrow x \leq z$, $x < y$ и $y < z \Rightarrow x < z$ – истинно).

В результате, используя свойство транзитивности, наиболее предпочтительное из предыдущих решений сравнивается с новым предложенным или выбранным из базы знаний по свойствам симметрии параметров качества.

Однако в общем случае разные неэквивалентные КТР наиболее предпочтительны для различных параметров качества из требуемого комплекса свойств. В этом случае необходимо использовать доминирующее КТР ($x \ll y$), характеризующееся свойствами:

- 1) антирефлексивности ($x \ll x$ – ложно);
- 2) несимметричности ($x \ll y$ и $y \ll x \Rightarrow$ взаимоисключение);
- 3) нетранзитивности (из $x \ll y$ и $y \ll z$ не следует $x \ll z$).

При отсутствии симметричности и транзитивности для определения доминирования параметра целесообразно применить синергетическую концепцию, использующую понятие моды непрерывной случайной величины, под которой понимают такое значение параметра, при котором плотность его распределения имеет максимум.

Распределения случайных величин, на фоне которых проявляются моды, чаще всего описываются законами:

- 1) равномерным $f(x) = 1 / (\mu_1 - \mu_0)$, при $\mu_0 \leq x \leq \mu_1$;
 - 2) экспоненциальным $f(x) = (1 / \mu) \exp(-x / \mu)$, при $\mu > 0$, $x > 0$;
 - 3) нормальным $f(x) = (1 / (\sigma \sqrt{2\pi})) \exp(-(x - \mu)^2 / (2\sigma^2))$,
- при $\sigma > 0$, $-\infty < \mu < \infty$, $-\infty < x < \infty$ или др.,

где μ – математическое ожидание; μ_0 и μ_1 – ограничения; σ^2 – дисперсия случайных величин x .

Судить о степени соответствия статистических данных выбранному закону распределения, а следовательно о характере проявления моды, позволяет отношение Романовского:

$$R = (\lambda_p^2 - k) / \sqrt{2k},$$

где λ_p^2 – критерий Пирсона; k – число степеней свободы, т.е. количество групп в изучаемом ряду, рассчитанных (μ , σ и др.) и используемых при вычислении теоретического распределения статистических характеристик.

Статистический анализ характеристик производственной системы в рамках широкой номенклатуры применяемых технологий, оборудования и средств оснащения позволяет ограничить номенклатуру рассматриваемых объектов и процессов. При выборе количества ограничений для объектов и процессов целесообразно рассмотреть взаимозависимость противоречивых требований по надежности и гибкости производственной системы. В результате соотношение надежности – устойчивости и гибкости – адаптивности может служить критерием, позволяющим принять КТР о рациональной структуре производственной системы.

Самоорганизующиеся системы. В самоорганизующихся системах можно управлять гибкостью и надежностью, изменяя число подсистем. Каждая подсистема i имеет выходы: q_1 – детерминированный строго определенный и q_2 – флуктуирующий с рассеянными характеристиками.

Полный выход подсистемы в первом приближении с учетом аддитивности материальных и информационных потоков

$$q^{(i)} = q_1^{(i)} + q_2^{(i)}.$$

Считая, что в условиях производства $q^{(i)}$ – независимая случайная величина, полная величина выхода следующая:

$$Q = \sum_{i=1}^n q^{(i)}.$$

Полный выход, согласно предельной центральной теореме, растет пропорционально числу подсистем n , в то время как величина рассеяния растет пропорционально квадратному корню \sqrt{n} . Эти оценки основаны на анализе линейной зависимости, на самом же деле обратная связь, присущая производственным системам, приводит к еще более значительному подавлению рассеяния характеристик.

Согласно синергетической концепции устойчивые моды подстраиваются под доминирующие неустойчивые моды и могут быть исключены. Это приводит к резкому сокращению числа контролируемых параметров – степеней свободы. Остающиеся неустойчивые моды могут служить в качестве параметров порядка, определяющих КТР.

В результате сокращения числа степеней свободы получаются уравнения, группирующиеся в несколько универсальных классов, вида:

$$\frac{\partial \vec{U}^*}{\partial \tau} = \vec{G}(\vec{U}^*, \nabla \vec{U}^*) + D \nabla^2 \vec{U}^* + \vec{F}(\tau),$$

где \vec{U}^* – контролируемый параметр; τ – текущее время; G – нелинейная функция \vec{U}^* и возможно градиента \vec{U}^* ; D – коэффициент, описывающий диффузию, когда его значение действительно, или описывающий распространение волн, при мнимом значении; \vec{F} – флуктуирующие силы, обусловленные взаимодействием с внешней средой и диссипацией внутри системы.

Уравнения такого вида схожи с описывающими фазовые переходы первого и второго рода, которые, в свою очередь, определяются критериями переноса.

В соответствии с синергетической концепцией фазовые переходы происходят в результате самоорганизации, процесс которой описывается тремя степенями свободы, отвечающими параметру порядка (P), сопряженному (C) ему полю и управляющему (Y) параметру.

Единственная степень свободы – параметр порядка – описывает только квазистатические фазовые переходы. В системах, значительно удаленных от состояния равновесия, каждая из указанных степеней свободы приобретает самостоятельное значение, а процесс самоорганизации складывается в результате конкуренции положительной обрат-

ной связи параметра порядка с управляющим параметром и отрицательной обратной связи с сопряженным полем. Поэтому, кроме релаксации к равновесному состоянию в течение времени τ^p , при участии двух степеней свободы могут реализовываться как режим запоминания, так и автоколебания, а при участии трех – возможен переход в хаотическое состояние. В результате состояние технологической системы характеризуется несколькими режимами:

1) релаксационным – при времени релаксации параметра порядка, намного превосходящим времена релаксации остальных степеней свободы ($\tau_{\Pi}^p > \tau_y^p$ и $\tau_{\Pi}^p > \tau_c^p$);

2) с запоминанием – при переходе из неупорядоченного состояния в «замороженный» беспорядок, реализуемым в случае, когда время релаксации параметра порядка окажется намного меньше остальных времен ($\tau_{\Pi}^p < \tau_y^p$ и $\tau_{\Pi}^p < \tau_c^p$);

3) автоколебательным – при соизмеримости характерных времен изменения параметра порядка и управляющего параметра или сопряженного поля ($\tau_{\Pi}^p \gtrsim \tau_y^p$ или $\tau_{\Pi}^p \gtrsim \tau_c^p$);

4) стохастическим – возможным при соизмеримости характерных времен всех трех степеней свободы ($\tau_y^p \gtrsim \tau_{\Pi}^p \gtrsim \tau_c^p$).

Следовательно, при моделировании производственных систем в процессах обработки изделия возможно понижение размерности задачи описания до трех степеней свободы технологической среды. Моделирование технологических систем на основе синергетического подхода позволяет учитывать стабильность формирования параметров качества и рассматривать механизмы управления устойчивостью процессов при использовании обратных связей.

Таким образом, при проектировании производственных систем принятие КТР целесообразно проводить на основе синергетического анализа технологических процессов и объектов.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С РЕАГИРУЮЩЕЙ СМЕСЬЮ СВС

Клубович В.В., Кулак М.М., Хлопков Ю.В.

Институт технической акустики НАН Беларуси, Витебск, hlopkov@tut.by

Введение. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) представляет собой режим протекания сильной экзотермической реакции, в котором тепловыделение локализовано в слое и передается от слоя к слою путем теплопередачи с образованием твердых конечных продуктов. Термодинамическая неустойчивость протекания процесса СВС переводит его в ряд перспективных технологий получения материалов с наперед заданной структурой и физико-механическими свойствами [1]. Однако получение таких материалов из смеси реагирующих компонентов с низкой экзотермичностью и заданной пористостью имеет достаточно большие трудности, а иногда практически невозможно.

Весьма перспективным, с точки зрения управления функциональными параметрами получаемых материалов, является использование дополнительного физи-