



АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РЕКОНФИГУРАЦИИ СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Т.А. Багаева (ФГУП ВНИИ "Сигнал")

Предложено решение задачи реконфигурации сложной технической системы (СТС) при возникновении отказов ее основных элементов на основе экспертной системы поддержки принятия решений (ЭСППР). Применение ЭСППР позволит повысить оперативность выполнения задач, качество, обоснованность и своевременность принимаемых решений, обеспечить автоматизацию и непрерывность процесса управления при выходе из строя отдельных звеньев управления.

Ключевые слова: реконфигурация, сложная техническая система, отказ, база знаний, экспертная система поддержки принятия решений.

Введение

Одной из основных особенностей современных СТС является то, что их параметры и структуры на различных этапах жизненного цикла изменяются под действием объективных и субъективных причин. Чтобы СТС могла успешно выполнять все поставленные задачи, необходимо разрабатывать гибкие способы ее применения, позволяющие в зависимости от складывающейся обстановки оперативно осуществлять перераспределение целей, функций и решаемых задач (алгоритмов) между элементами, подсистемами, уровнями СТС. Одним из таких способов является реконфигурация структуры СТС.

Реконфигурация – комплекс операций изменения структуры системы при отказе отдельных ее элементов, обеспечивающий сохранение уровня ее целевых и информационно-технических возможностей. После реконфигурации система может сохранить не все функции, которые она должна выполнять при нормальной работе, а лишь основные, с возможным понижением качества их выполнения [1]. Поэтому, проводя реконфигурацию структуры системы, необходимо стремиться оперативно и с максимальной полнотой использовать сохранившиеся ресурсы для выполнения основных функций автоматизированного управления объектами с учетом изменения способов применения системы.

В настоящее время технология реконфигурации в большинстве существующих систем реализована на микроуровне (на уровне элементов и блоков) с использованием аппаратно-программных средств [2]. В ходе ее реализации не проводятся следующие операции:

- учет и анализ текущих характеристик решаемых в системе задач и выполняемых функций;
- анализ и оценка текущего состояния системы в целом;
- оперативный расчет и анализ целевых и информационно-технических возможностей системы для обоснованного перераспределения функций системы между работоспособными элементами и подсистемами.

Практика управления различными СТС показывает, что именно в условиях неопределенности и не-

стационарности внешней среды операторы не справляются с задачей оценки функциональных состояний СТС и выработки рациональных управляющих воздействий, что приводит к различным негативным последствиям – срыву выполнения возлагаемых на них задач, отказам, различным по своим последствиям авариям и даже катастрофам.

Таким образом, сложность и противоречивость обстановки, в которой необходимо проводить реконфигурацию структуры СТС в масштабе РВ при выходе из строя отдельных объектов СТС, требует в современных условиях значительного усиления интеллектуальной поддержки процессов подготовки и принятия решений (ПППР) соответствующих органов управления, создания интеллектуальных систем управления (ИСУ), использование которых позволит значительно повысить как оперативность, так и обоснованность принимаемых решений в различных условиях.

Постановка задачи реконфигурации

С формальной точки зрения задача реконфигурации относится по своему содержанию к задаче структурно-функционального синтеза СТС, при котором проводится оптимизация процесса функционирования системы, принятие решения о рациональном распределении функций по узлам системы и выбор их состава.

В данной работе показано, что характерными особенностями задачи реконфигурации являются [3]:

- неопределенность – при этом информация, необходимая для принятия решений, по большей части носит качественный характер;
- многокритериальность;
- необходимость одновременного учета как количественных, так и качественных критериев оценки альтернатив;
- многоуровневость системы частных (локальных) критериев;
- неравнозначность критериев (критерии вносят различный вклад в интегральную оценку альтернативы);
- многократность процесса выбора;

• большое число альтернатив (вариантов реконфигурации).

Таким образом, исследуемая задача принятия решения о выборе рационального варианта реконфигурации является задачей выбора в условиях неопределенности и относится к классу нетривиальных задач. Информация, необходимая для принятия решения, является качественной и характеризуется неполнотой. Для решения такого класса задач используются интеллектуальные информационные системы, а именно системы поддержки принятия решений – экспертные системы [4, 5].

Для решения задачи оптимизации в данной работе применяется кластерный подход, включающий:

1) выделение определяющих критериев из допустимого множества, построение дерева критериев и их агрегирование с использованием метода выделения обобщенного критерия;

2) группировка критериев таким образом, что каждая альтернатива оценивается только по определяющим ее критериям, не затрагивая критерии других групп;

3) сужение области поиска решений. Декомпозиция альтернатив на кластеры по кластеризующим признакам;

4) поиск решения внутри выделенного кластера по заранее определенным критериям (критерия "попадания" в кластер и критерия выбора варианта реконфигурации).

Этапы агрегирования критериев и кластеризации альтернатив позволяют значительно облегчить задачу выбора наилучшего решения (уменьшить область поиска, повысить скорость и точность выбора).

Построение ЭСППР для реконфигурации

Для практической реализации технологии реконфигурации разработана ЭСППР, включающая БД исходной информации, базу знаний (БЗ) типовых отказов и типовых решений (вариантов реконфигурации), каталог моделей принятия решений, механизм логического вывода и интерфейс пользователя.

БД отражает возможные и текущие состояния системы и включает таблицы маршрутно-адресной информации, системы разграничения доступа и внешних абонентов.

БЗ содержит описания типовых отказов и принятых в этих ситуациях решений (вариантов реконфигурации). Пополнение БЗ должно происходить как за счет информации, полученной от пользователя, так и путем поиска закономерностей в БЗ. Для систематизации знаний, используемых при решении задачи реконфигурации, выделено три вида знаний: о возможных отказах в системе; о структурной организации СТС, которая определяется связями между элементами; о возможных вариантах реконфигурации, отражающих варианты передачи функций управления от отказавших ПУ к работоспособным.

Для представления знаний выбрана фреймовая модель, которая обеспечивает:

■ Фрейм ОТКАЗ(X):	
Объект	(Фрейм ПУНКТ_УПРАВЛЕНИЯ);
Надсистема	(Фрейм УРОВЕНЬ УПРАВЛЕНИЯ).
■ Фрейм ПУНКТ_УПРАВЛЕНИЯ:	
ИМЯ_ПУ	(Фрейм ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЙ НОМЕР_ПУ);
	(Фрейм ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ(X)).
■ Фрейм ИДЕНТИФИКАЦИЯ_ОС(X):	
Идентификатор	(ЗАПРОС(X));
Особенности	(ЗАПРОС(БД_ИДЕНТИФИКАЦИЯ(X))).
■ Фрейм ФУНКЦИИ УПРАВЛЕНИЯ(x):	
Имя	(ЗАПРОС(x));
Определение	(СПИСОК(Фрейм ПУ(x)));
■ Фрейм ОЦЕНКА РЕКОНФИГУРИРУЕМОСТИ(x):	
Класс	(Фрейм ШАБЛОН СТРУКТУРЫ (x));
[Зависимость	(Фрейм КР(x))].
■ Фрейм ВЫБОР ЗАМЕНЫ ПУ(x):	
Предвестник	(СПИСОК(Фрейм ПУ(x)));
Классификация	(СПИСОК($P_{реак}$, T_y)).
■ Фрейм ВАРИАНТ_РЕКОНФИГУРАЦИИ(x):	
Зависимость	(Фрейм СПИСОК).
■ Фрейм ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННАЯ СВЯЗЬ(x):	
Первопричина	(СПИСОК(Фрейм СРД(x) Фрейм ТВА(x)));
	(Фрейм МАТ(x) Фрейм СХЕМЫ СВЯЗИ(x))
Следствие	(Фрейм ПУ(x) ИДЕНТИФИКАТОР(x));
Закономерность	(Фрейм КАЧЕСТВО(x)).
■ Фрейм ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА (R):	
Идентификатор	(ЗАПРОС(y));
Объект_проверки	(< $P_{реак}$ > < T_y > ЗАПРОС(x));
Технология	(ЗАПРОС(БД_ПРОВЕРКА(y)));
Результат	(Фрейм ВЫБОР_ R (z)).

Рис. 1. Фреймовая модель базы знаний, где X – идентификационный номер отказа, КР – коэффициент реконфигурируемости; ПУ – пункт управления; $P_{реак}$ – вероятность реагирования; T_y – длительность цикла управления; СРД – система разграничения доступа; ТВА – таблица внешних абонентов; МАТ – маршрутно-адресная таблица; R – вариант реконфигурации

• высокий уровень структуризации знаний, позволяющий достаточно просто описывать знания, содержащиеся в виде классификаторов, иерархических структур и древообразных схем;

• естественность формы иерархического представления и наглядность знаний, соответствующих семантике предметной области;

• высокие адаптационные свойства и гибкость базы знаний.

Концептуальная модель фреймовой БЗ представлена на рис. 1.

БЗ построена по модульному принципу, что обусловлено следующими преимуществами:

• модули обеспечивают средства и методы для сохранения БЗ в раздельно хранимых файлах и использования этих файлов несколькими приложениями;

• модули обеспечивают средства и методы для сохранения БЗ в раздельно хранимых файлах и использования этих файлов несколькими приложениями; (повтор – рец.) модули могут селективно активиро-

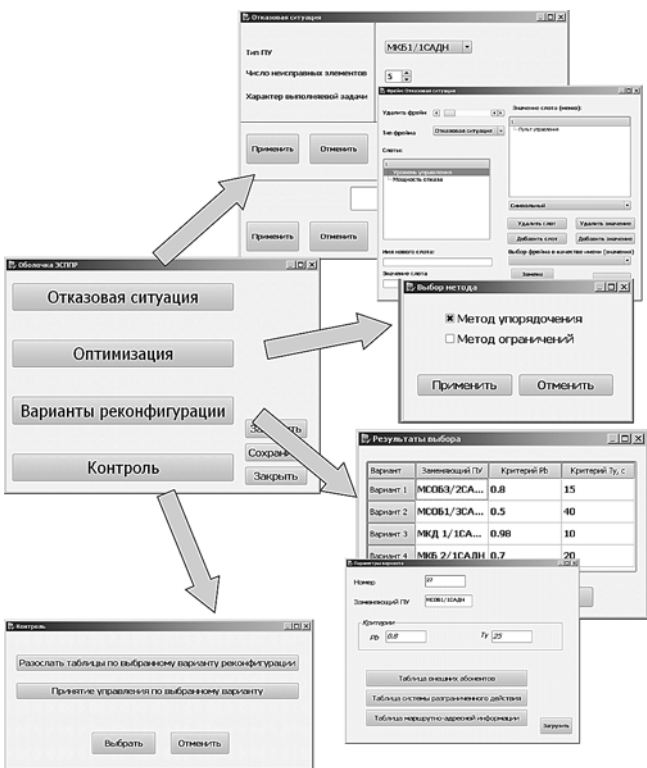


Рис. 2. Основные экранные формы ЭСППР

ваться и деактивироваться, что позволяет исключить из рассмотрения неактивные модули.

Модули БЗ могут быть организованы в иерархию, то есть модуль может быть модулем верхнего уровня или подчиненным модулем, ассоциированным с отдельным объектом. Таким образом, кроме удобства построения и восприятия, модульная БЗ также удобна и в процессе использования, так как позволяет повысить производительность механизма логического вывода.

ЭСППР позволяют осуществлять:

- анализ отказа;
- оценку реконфигурируемости системы в зависимости от типа и числа вышедших из строя пунктов управления (ПУ), входящих в состав СТС;
- своевременное уточнение решений при изменении условий выполнения поставленных задач;
- подготовку различных вариантов решений на выполнение поставленных задач с учетом складывающейся обстановки, с соблюдением разумной централизации управления и рационального распределения функций управления между должностными лицами различного уровня управления;
- рациональное распределение задач между ПУ;
- выбор оптимального варианта реконфигурации в соответствии с выполняемыми задачами;

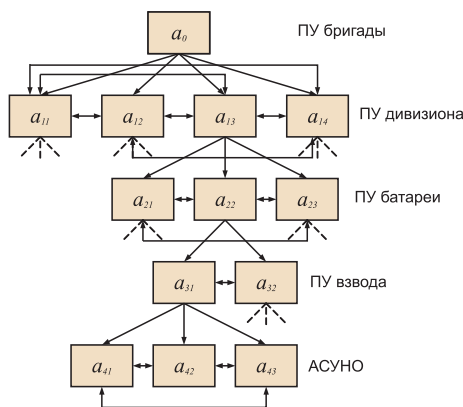


Рис. 4. Варианты реконфигурации структуры КСАУ

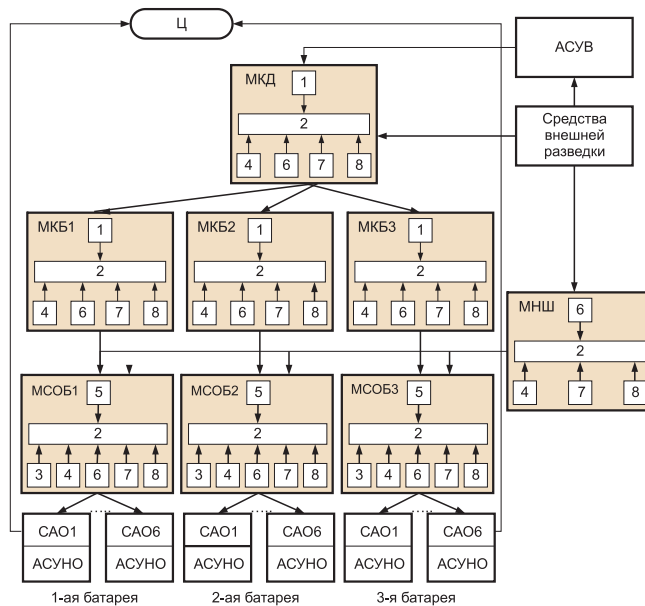


Рис. 3. Организационная структура КСАУ, где Ц – цели противника; АСУНО – автоматизированная система управления наведением и огнем; МКД – машина командира дивизиона; МКБ – машина командира батареи; МНШ – машина начальника штаба; МСОБ – машина старшего офицера батареи; САО – самоходное артиллерийское орудие; АСУВ – автоматизированная система управления войсками; 1 – подсистема разведки и наблюдения; 2 – информационно-вычислительная система; 3 – метеорологические датчики; 4 – система топопривязки и навигации; 5 – система начального ориентирования; 6 – система связи и аппаратура передачи данных (АПД); 7 – система автономного электропитания; 8 – система жизнеобеспечения

- контроль правильности проведения реконфигурации системы.

ЭСППР написана под ОС Linux и использует отечественную СУБД "Линтер 6.0". В качестве среды разработки использована библиотека Qt4, представляющая собой библиотеку классов C++ и набор инструментального ПО, предназначенного для построения многоплатформенных приложений с графическим интерфейсом. Основные экранные формы ЭСППР представлены на рис. 2.

Пример решения задачи реконфигурации

В качестве примера рассмотрен комплекс средств автоматизированного управления артиллерийской бригадой (КСАУ), конфигурация которого включает десятки автоматизированных подвижных ПУ. КСАУ является многоуровневой иерархической системой, организационная структура которого представлена на рис. 3.

Цель функционирования КСАУ – выполнение боевой задачи – реализуется в ходе выпол-

нения операций, связанных с информационным обменом между ПУ, входящими в его состав.

На рис. 4 изображен упрощенный пример постановки и графической интерпретации осуществления реконфигурации КСАУ при выходе из строя отдельных ПУ.

Стрелками показаны варианты передачи функций управления между ПУ. Указанные варианты соответствуют различным способам применения КСАУ, различному пространственному расположению ПУ друг относительно друга.

Путем моделирования доказано, что при наличии хотя бы одного работоспособного ПУ в каждом уровне иерархии возможно выполнение поставленной задачи с вероятностью 0,98.

Заключение

Практическая ценность полученных в процессе работы результатов состоит в том, что разработанная методика и реализованная на ее основе ЭСППР для организации реконфигурации системы позволяют повысить оперативность выполнения задачи, качества

*Багаева Татьяна Александровна — инженер исследователь 1 категории ФГУП ВНИИ "Сигнал".
Контактные телефоны (49232) 685-17, 903-89. E-mail: Dmitry_bag@mail.ru*

Партнерская сеть Citect в России: вектор на расширение

В 2009 г. ЗАО "РТСофт" отмечает 10-летний юбилей своего сотрудничества с компанией Citect в качестве официального дистрибьютора в России, Белоруссии и Казахстане. С начала этого сотрудничества РТСофт создал и продолжает расширять собственную партнерскую сеть системных интеграторов, предлагая им уникальные условия по технической, информационной и маркетинговой поддержке.

Российская партнерская сеть РТСофт уже насчитывает более 30 организаций, которые на базе продуктовых решений Citect, адаптированных под требования конкретных сегментных ниш, реализовали целый ряд масштабных и значимых проектов в сфере автоматизации зданий и объектов инфраструктуры, в пищевой отрасли, в атомной энергетике, в нефтяной и газовой промышленности и других областях.

Участие в Партнерской программе дает компаниям ряд преимуществ. Основным является то, что системный интегратор получает статус официального партнера Citect (CIP, Citect Integration Partner), а значит, имеет возможность на льготных условиях приобретать программные продукты Citect. Партнер Citect получает скидки на лицензионное ПО и может предоставлять их своим заказчикам.

В рамках Партнерской программы участникам предлагаются выгодные условия по направлениям:

- *техническая поддержка.* Партнер Citect получает приоритетную техническую поддержку от компании Citect, куда входит не только бесплатное обновление версий в рамках текущего поколения ПО, но и помощь в решении технических вопросов по продукции Citect, а также помощь при разработке и

во, обоснованность и своевременность принимаемых решений и тем самым обеспечить автоматизацию, непрерывность процесса управления и минимальные потери эффективности при выходе из строя отдельных объектов СТС.

Список литературы

1. *Волик Б. Г., Буянов Б. Б., Лубков Н. В. и др.* Методы анализа и синтеза структур управляющих систем. М.: Энергоатомиздат. 1988.
2. *Охтилев М. Ю., Соколов Р. М., Юсупов Б. В.* Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. М.: Наука. 2006.
3. *Багаева Т. А.* Имитационная модель организации контура реконфигурации сложной технической системы при выходе из строя отдельных объектов // Информационные технологии моделирования и управления. 2008. № 5.
4. *Джарратано Д., Райли Г.* Экспертные системы: принципы разработки и программирование / Пер. с англ. М.: Изд. дом "Вильямс". 2007.
5. *Черноруцкий И. Г.* Методы принятия решений. СПб.: БХВ-Петербург. 2005.



внедрении проекта на базе программного обеспечения Citect;

- *льготные условия обучения в учебном центре РТСофт.* Участникам Партнерской программы будет предоставлена возможность готовить своих специалистов в учебном центре РТСофт на льготных условиях по программам "Общий курс по SCADA-системам", "SCADA-система Citect", "Развертывание CitectSCADA Reports и создание отчетов";

- *информационная поддержка.* Партнеры Citect всегда имеют доступ к самым последним новостям Citect о продуктах, драйверах, внедрениях и технической документации на русском языке. Им предоставляется доступ к дополнительным разделам сайта компании Citect;

- *маркетинговая поддержка.* Партнеры Citect получают возможность участвовать в совместных акциях и мероприятиях компаний Citect и РТСофт.

Директор координационно-маркетингового центра РТСофт А. Нестерова комментирует: "Одно из самых важных достижений компании РТСофт — это ее партнерская сеть. Приятно, что с партнерами у нас всегда складываются долгосрочные и плодотворные отношения, способствующие наиболее эффективной реализации проектов различного уровня сложности".

Компания РТСофт открыта к сотрудничеству и приглашает системных интеграторов, специализирующихся в области автоматизации производственных и ТП промышленных предприятий и энергетики, к участию в Партнерской программе по внедрению решений Citect.

*Нестерова А. Ю. — директор по маркетингу, Самойлова Т. А. — менеджер по маркетингу ЗАО "РТСофт"
Контактные телефоны: (495) 967-15-05, 742-68-28. Http://www.rtssoft.ru, E-mail: pr@rtssoft.ru*