

УДК 621.398

НОВЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ ПОВЫШЕННОЙ ДОСТОВЕРНОСТИ

Байн А.М.

Национальный исследовательский университет МИЭТ, Москва, e-mail: evgen_uis@mail.ru

В настоящее время прослеживается тенденция к пространственному рассредоточению и усложнению энергетического оборудования, возрастанию мощности сетевых энергосистем и увеличению потоков информации, что вызвало необходимость создания эффективных систем для управления и контроля состояния эксплуатирующегося оборудования энергетике. Указанные факторы определяют повышение требований к надежности управления и контроля, достоверности в совокупности с универсальностью по многим параметрам. Решение насущных задач энергосбережения невозможно без перехода от относительно простых систем диспетчерского управления к многофункциональным системам, включающим подсистемы коммерческого учета потребления энергоресурсов и регистрации аварийной информации. Многие производители решают задачу создания многофункциональных систем управления механическим введением дополнительных программируемых логических контроллеров сбора и обработки новых видов информации. При этом создаваемые системы синтезируются без проведения важнейшего этапа системного анализа интегральных параметров создаваемого изделия. Упрощенные методы определения важнейших интегральных показателей информационно-управляющих комплексов приводят к резкому расхождению их рекламных и реальных показателей, особенно при работе в нестандартных ситуациях. Предложенный в статье подход основан на обобщении в единый показатель важнейших информационных характеристик систем – быстродействие, помехоустойчивость, надежность, достоверность. Интегральная достоверность определяется через вероятность не обнаруживаемого искажения информации независимо от причины и места искажения по трассе «источник-приемник» при условии, что временной сдвиг между моментами возникновения и неискаженного приема сообщения оказался меньшим предельного, установленного в качестве критерия перевода принятого сообщения в категорию недостоверного.

Ключевые слова: многофункциональная система управления, интегральная достоверность, надежность, быстродействие, энергетика

NEW THEORETICAL APPROACHES TO THE CREATION OF MULTIFUNCTIONAL CONTROL SYSTEMS IN POWER INDUSTRY HIGH RELIABILITY

Bain A.M.

National Research University of Electronic Technology, Moscow, e-mail: evgen_uis@mail.ru

Currently, there is a tendency to spatial dispersal and complexity of power equipment, high power network grids and flow of information, which necessitated the creation of effective systems for the management and control of energy operate equipment. These factors determine the high reliability requirements of management and control, reliability, combined with versatility in many ways. Solving urgent problems of energy saving is impossible without transition from relatively simple supervisory systems to multifunctional systems including commercial accounting subsystem energy consumption and emergency registration information. Many manufacturers face the challenge of creating multifunctional mechanical control systems by introducing additional programmable logic controllers collection and processing of new kinds of information. In this system created synthesized without major stage of system analysis of integral parameters of the created product. Simplified methods for determining the most important indicators of integrated information and control systems lead to a sharp divergence of their advertising and real indicators, especially when working in emergency situations. Proposed in the article is based on the generalization of the approach into a single indicator of critical information systems performance characteristics, noise immunity, reliability and credibility. Integral accuracy is determined by the probability of no detectable distortion of information regardless of the cause and place of distortion on the track «source-sink» provided that the time shift between the time of receiving the message and undistorted appeared smaller limit set as a criterion for the translation of the received message in the unreliable category.

Keywords: multi-function control system, integral accuracy, reliability, speed, power

Внедрение информационных технологий в энергетике, промышленных предприятиях и инженерных объектах коммунального хозяйства требует создания многофункциональных систем управления в энергетике (СУЭ). Как правило, СУЭ разделялись на три основных класса: автоматизированные системы диспетчерского управления (АСДУ); автоматизированные системы коммерческого учёта электроэнергии (АСКУЭ); регистраторы аварийной информации (РАИ). Наряду с очевидными

преимуществами создания многофункциональных систем возникают аппаратные и программные трудности. Сложность синтеза многофункциональных СУЭ можно отнести к двум основным проблемам: необходимости обеспечения высоких показателей достоверности информации и оптимизации сопряжения между компонентами единой системы, особенно при интеграции компонентов разных производителей [1].

Проведенный анализ показывает, что многие многофункциональные системы

создаются механическим объединением разнородных компонентов, причем для оценки качества образованного конгломерата составных частей используются показатели, не отражающие реальные параметры системы в целом [2]. Приведем несколько характерных примеров:

- в качестве показателя оперативности (быстродействия) системы предлагается использовать время передачи одного информационного сообщения по каналу связи между периферийным и центральным пунктами;
- показатель надежности системы предлагается оценивать наработкой на отказ для каждого отдельного модуля;
- достоверность информации зачастую определяется лишь по воздействию помех на сообщение, передаваемое по каналу связи.

Введенные показатели не отражают реального состояния дел, особенно при работе СУЭ в нестандартных ситуациях. Поясним

опасность внедрения «механически» созданных многофункциональных СУЭ.

При искаженной интерпретации показателя оперативности системы не учитываются [3]:

- вероятность искажения данных и, как следствие, отказ приемника от обработки и регистрации полученных данных;
- задержка между первой и повторной передачами одного и того же сообщения при искажении ранее переданного;
- вероятность искажения при вводе информации от датчиков;
- вероятность искажения данных в линейных адаптерах и других устройствах, включенных в трассу доставки информации приемнику;
- задержка начала передачи уже подготовленной информации.

Для иллюстрации на рис. 1 приведена трасса для сигналов телесигнализации (ТС) электрической подстанции [1, 3].

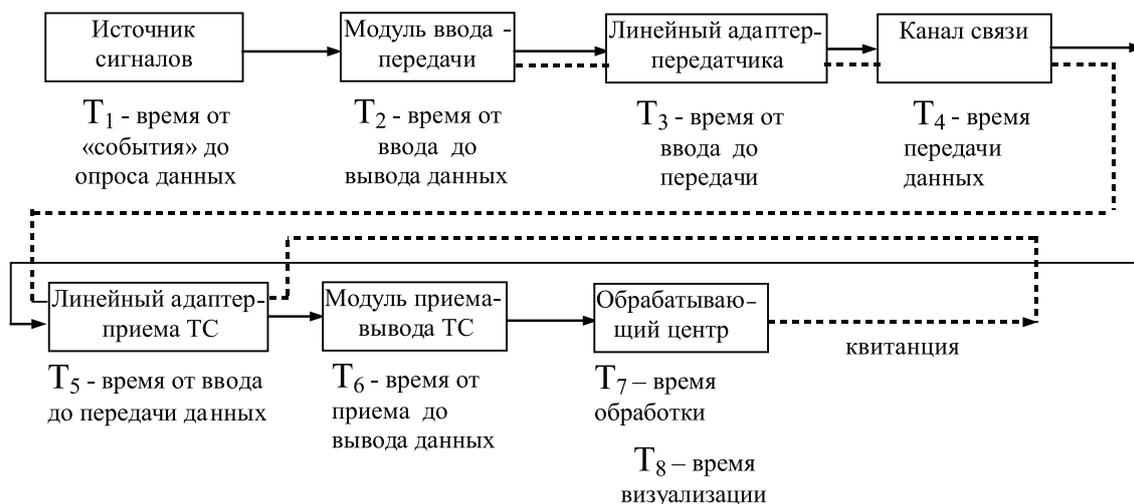


Рис. 1. Трасса для сигналов телесигнализации электрической подстанции

Проанализируем представленные на рис. 1 временные составляющие.

T_1 – время от начала изменения состояния контролируемого оборудования подстанций «события» до опроса данных,

$$T_1 = n \cdot T_d, \quad (1)$$

где n – число датчиков; T_d – временная дискретность опроса датчиков.

T_2 – время сдвига между моментами ввода и передачи данных. Задержка вызывается, например, ранее начатой передачей данных от данного или другого модуля. Сдвиг является вероятностной величиной, причем максимальное значение T_2 равно длительности рабочего цикла ($T_{\text{рц}}$) передачи информации при условии, что в очереди на передачу

нет модулей с более приоритетными данными. Будем считать, что

$$T_2 = T_{\text{рц}} \cdot K_{\text{оч}}, \quad (2)$$

где $K_{\text{оч}}$ – коэффициент, учитывающий вероятность наличия очереди на передачу данных, $0 \leq K_{\text{оч}} \leq 1$.

T_3 – время задержки готовности канала связи к передаче новой информации. Указанная задержка также является вероятностным параметром. Например, при использовании полудуплексного режима передачи информации разрешение на передачу формирует ведущий пункт (master), который синхронизирует очередность предоставления канала связи ведомым пунктам (slave). Если, например, для синхронизации полудуплексного

канала связи используются специальные посылки – «меандры» (М), максимальное время $T_3 = T_M$, а вероятное время

$$T_3 = T_M K_M, \quad (3)$$

где K_M – коэффициент, учитывающий текущее состояние по передаче синхронизирующих посылок, $0 \leq K_M \leq 1$.

T_4 – длительность рабочего цикла, т.е. время передачи одного сообщения по каналу связи

$$T_4 = \frac{N}{F_{\text{пер}}}, \quad (4)$$

где N – число бит информационного сообщения; $F_{\text{пер}}$ – тактовая частота передатчика, определяющая скорость передачи данных.

T_5 – вероятное время ожидания опроса данных любого модуля

$$T_5 = n_{\text{мод}} T_{\text{дискр}} K_n, \quad (5)$$

где $n_{\text{мод}}$ – число модулей, включенных в состав периферийного устройства интегрированного ИУС; $T_{\text{дискр}}$ – интервал времени между опросами смежных модулей (дискретность опроса состояния модулей); K_n – коэффициент, учитывающий смещение опрашиваемого модуля относительно модуля, уже передающего информацию.

T_6 – время ввода полученной информации в ПЭВМ.

$$T_6 = \frac{N}{F_{\text{ОЦ}}}, \quad (6)$$

где N – число бит в принятом сообщении; $F_{\text{ОЦ}}$ – скорость ввода информации в обрабатывающий центр.

T_7 – время обработки полученной информации.

$$T_7 = L_{\text{прогр}} F_{\text{прогр}}, \quad (7)$$

где $L_{\text{прогр}}$ – длина программы обработки полученной информации; $F_{\text{прогр}}$ – скорость реализации программы (тактовая частота процессора ПЭВМ).

T_8 следует учитывать, если для визуализации информации используется не экран монитора ПЭВМ, а внешний модуль, размещенный, например, в щите диспетчерском. В последнем случае

$$T_8 = n_{\text{отобр}} \cdot F_{\text{отобр}}, \quad (8)$$

где первый множитель соответствует числу бит кода выводимой информации, а второй – скорости вывода данных.

Суммарное время задержки $T_{\text{зад}}$ равно:

$$T_{\text{зад}} = \sum_{i=1}^8 T_i. \quad (9)$$

Для определения показателя реального быстродействия СУЭ необходимо также учитывать вероятность обнаружения приемником искажения информации, в результате чего потребуется повторная передача. В таком случае реальное быстродействие (оперативность) следует определять по формуле:

$$T_{\text{реал. зад}} = T_{\text{зад}} + nP_1 \times (T_{\text{ож.квит.}} + T_{\text{зад}} + T_{\text{гот.перед}}), \quad (10)$$

где $P_1 = 10^{-3} \dots 10^{-4}$ – вероятность однократного искажения информации помехами в канале связи; $T_{\text{ож.квит.}}$ – время ожидания квитанции, которая подтверждает нормальный прием информации. Чаще всего диапазон времени ожидания – 1...10 с; $T_{\text{гот.перед}}$ – время задержки между фиксацией факта необходимости повторной передачи информации и готовностью передатчика реализовать повторный вывод данных.

Расчет по формуле (10) показывает, что реальное быстродействие системы в три-пять раз ниже обычно указываемого в рекламных материалах СУЭ [1, 3].

Показатель надежности СУЭ необходимо выражать временем наработки на отказ для одного канала каждой выполняемой функции. Однако многие производители СУЭ в рекламных материалах приводят другой показатель – наработку на отказ не одного канала, а одного модуля. В результате «надежность» выражается цифрами наработки на отказ в 100000, а иногда 1000000 часов. Подчеркнем, что эти цифры не отражают реальную надежность СУЭ [4, 5]. Поясним сказанное анализом структуры части СУЭ, которая должна учитываться при расчете реальной надежности для одного канала данной функции (рис. 2).

Видно, что для определения надежности одного канала требуется учитывать большую часть аппаратуры всей системы. Показатель надежности зависит не только от построения модуля для выбранного вида информации, но, в еще большей степени, от общей структуры системы. Проведя расчет показателя надежности по приведенной структуре, можно показать, что без принятия дополнительных мер – углубления диагностики, введения резервирования – достичь даже «более скромных» данных, оговоренных в стандарте (16000 часов), невозможно.

По «стандарту» для повышения помехоустойчивости СУЭ достаточно использовать более мощные помехозащитные коды. Однако мешающее действие помех ощущается не только в канале связи, но и в других компонентах трассы датчик-приемник

информации. Проведенный анализ причин выхода из строя функциональных модулей системы дает основания утверждать, что вероятность искажающего воздействия помех на каждую входную цепь контролируемого пункта, предназначенную для ввода, например, телесигнализации, сравнима с общепринятым значением вероятности

искажения «единичного сигнала» помехами в каналах связи $\sim 10^{-3} \dots 10^{-4}$. Учитывая наличие сотен цепей сопряжения контролируемых пунктов с источниками информации, т.е. источниками помех, можно констатировать, что «стандартный» показатель помехоустойчивости не соответствует реальным показателям СУЭ [5, 6].

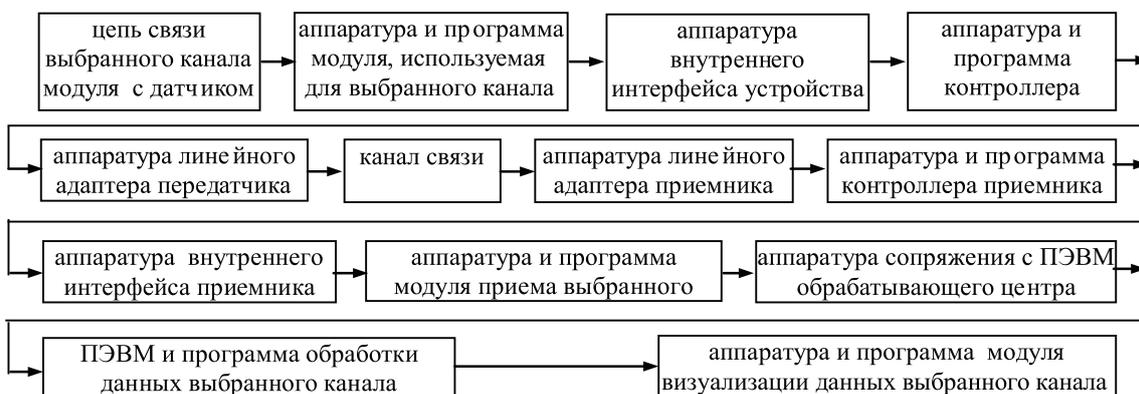


Рис. 2. Структура части СУЭ

Представим вероятность искажения любого сигнала $P_{иск}$ как:

$$P_{иск} = nP_1 \frac{T_{стр}}{T_{цикл}}, \quad (11)$$

где $\frac{T_{стр}}{T_{цикл}}$ – отношение времени стробирования сигнала от датчика к времени цикла опроса контролируемого оборудования.

Вероятность возникновения необнаруживаемого искажения сигнала из-за неисправности аппаратуры любого функционального модуля $P_{неиспр}$ равна:

$$P_{неиспр} = \sum_1^m \lambda_1^m \cdot P_{мод_i}, \quad (12)$$

где λ_1^m – интенсивность отказа (неисправности) любого элемента аппаратуры и программы модуля, $P_{мод_i}$ – вероятность появления не обнаруживаемого искажения из-за неисправности любого элемента аппаратуры и программы модуля.

$$P_{иск_сум} = nP_1 \frac{T_{стр}}{T_{цикл}} + \sum_1^m \lambda_1^m \cdot P_{мод_i} + n \cdot P_{инт} + \sum_1^k \lambda_1^{контр} \cdot P_{неиспр_i}. \quad (15)$$

Принимая значения параметров, входящих в (15): $P_1 = 10^{-3}$, $T_{стр} = 10^{-6}$, $T_{цикл} = 10^{-3}$, $m = 5000$, $\lambda_1^m = \lambda_i^{контр} = 10^{-6}$, $P_{мод_i} = P_{инт} = P_{неиспр_i} = 10^{-3}$, построим графические зависимости $P_{иск_сум}(n)$, представленные на рис. 3.

Аналогично определим вероятности появления необнаруживаемых искажений из-за внутренних помех ($P_{помех}$) и неисправностей аппаратуры и программы центрального контроллера ($P_{аппарат}$):

$$P_{помех} = n \cdot P_{инт}, \quad (13)$$

$$P_{аппарат} = \sum_1^k \lambda_1^{контр} \cdot P_{неиспр_i}, \quad (14)$$

где n – число сигналов, передаваемых по внутреннему интерфейсу (принято равным числу датчиков, подключенных к модулю); $P_{инт}$ – вероятность искажения сигнала во внутреннем интерфейсе; $\lambda_1^{контр}$ – интенсивность отказов (неисправностей) аппаратуры и программы контроллера; $P_{неиспр_i}$ – вероятность появления не обнаруживаемого искажения из-за неисправности аппаратуры и программы контроллера.

Считая все указанные события независимыми, получим выражение для определения не обнаруживаемого искажения в трассе от датчика до канала связи

Видно, что при формировании информационного сообщения, включая элементы защиты данных от помех и других искажений, центральным контроллером устройства контролируемого пункта вероятность появления не обнаруживаемых искажений в трассе доставки информации от датчиков до канала

связи значительно превышает допустимые значения, оговоренные в стандарте 10^{-8} [7].

Следует подчеркнуть взаимосвязь показателя помехоустойчивости с другими определяющими параметрами СУЭ [1, 3, 4]. Например, меры, принимаемые для повышения помехоустойчивости – увеличе-

ние «мощности» помехозащитных кодов, введение заградительных фильтров и т.п., могут увеличить задержку между моментами изменения состояния объектом контроля и приема данных приемником до величины, превышающей пороговую, т.е. переводят принятые данные в разряд недостоверных.

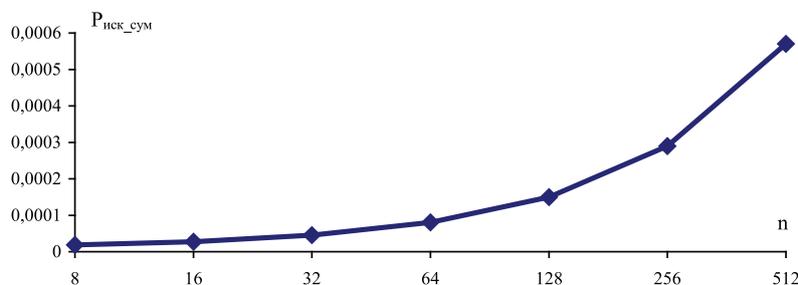


Рис. 3. Графические зависимости $P_{иск_сум}(n)$

Выводы

Предложенный в статье подход основан на обобщении в единый показатель важнейших информационных характеристик многофункциональных систем управления в энергетике: быстродействие, помехоустойчивость, надежность, достоверность. Интегральная достоверность определяется через вероятность не обнаруживаемого искажения информации независимо от причины и места искажения по трассе «источник-приемник» при условии, что временной сдвиг между моментами возникновения и неискаженного приема сообщения оказался меньшим предельного, установленного в качестве критерия перевода принятого сообщения в категорию недостоверного.

Необходимо подчеркнуть, что высокие показатели качества и эффективности ИСУ не могут быть достигнуты без теоретической, структурной и системной разработки методов интеграции отдельных подсистем в единую интегрированную систему.

Список литературы

1. Портнов Е.М. К вопросу создания интегрированных информационно-управляющих систем в энергетике // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. – 2011. – № 4. – С. 77–80.
2. Портнов Е.М. Методика определения реального времени фиксации дискретных событий в информационно-управляющих системах // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. – 2009. – № 4. – С. 27–32.
3. Баин А.М., Портнов Е.М. Методика синтеза многофункциональных систем управления энергообеспечением // Информационные технологии в науке, социологии, экономике и бизнесе: труды XXXVIII Международная конференции. – Украина, Крым, Ялта-Гурзуф, 2012. – С. 154–157.
4. Баин А.М., Портнов Е.М., Касимов Р.А. Интегральная достоверность как обобщающий критерий качества информационно-управляющих систем в теплоэнергетике // Естественные и технические науки. – 2011. – № 4. – С. 424–425.
5. Баин А.М., Дубовой Н.Д., Портнов Е.М., Чумаченко П.Ю. Способ повышения достоверности телесигнализации в системах управления энергообеспечением объектов различного назначения // Оборонная техника. – 2012. – № 4–5. – С. 40–41.

6. Баин А.М. К вопросу повышения достоверности систем управления энергообеспечением // Информационные технологии в науке, социологии, экономике и бизнесе: труды XXXVIII Международная конференции. – Украина, Крым, Ялта-Гурзуф, 2012. – С. 157–160.

7. ГОСТ 26.205-88 Комплексы и устройства телемеханики. Общие технические условия.

References

1. Portnov E.M. K voprosu sozdaniya integrirovannykh informacionno-upravljajushchih sistem v jenergetike // Oboronnyj kompleks – nauchno-tehnicheskomu progressu Rossii. 2011. no. 4. pp. 77–80.
2. Portnov E.M. Metodika opredelenija real'nogo vremeni fiksacii diskretnyh sobytij v informacionno-upravljajushchih sistemah // Oboronnyj kompleks – nauchno-tehnicheskomu progressu Rossii. 2009. no. 4. pp. 27–32.
3. Bain A.M., Portnov E.M. Metodika sinteza mnogofunktional'nyh sistem upravlenija jenergoobespecheniem // XXXVIII Mezhdunarodnaja konferencija «Informacionnye tehnologii v nauke, sociologii, jekonomike i biznese» // Trudy konferencii, Ukraina, Krym, Jalta-Gurzuf, 2012. pp. 154–157.
4. Bain A.M., Portnov E.M., Kasimov R.A. Integral'naja dostovernost' kak obobshhajushhij kriterij kachestva informacionno-upravljajushchih sistem v teplojenergetike // Estestvennye i tehniczeskie nauki. 2011. no. 4. pp. 424–425.
5. Bain A.M., Dubovoj N.D., Portnov E.M., Chumachenko P.Ju. Sposob povyshenija dostovernosti telesignalizacii v sistemah upravlenija jenergoobespecheniem ob'ektov razlichnogo naznachenija // Oboronnaja tehnika, 2012. no. 4–5. pp. 40–41.
6. Bain A.M. K voprosu povyshenija dostovernosti sistem upravlenija jenergoobespecheniem // XXXVIII Mezhdunarodnaja konferencija «Informacionnye tehnologii v nauke, sociologii, jekonomike i biznese»: Trudy konferencii, Ukraina, Krym, Jalta-Gurzuf, 2012. pp. 157–160.
7. GOST 26.205-88 Kompleksy i ustrojstva telemehaniki. Obshhie tehniczeskie uslovija.

Рецензенты:

Портнов Е.М., д.т.н., профессор, начальник Научно-исследовательской лаборатории управляющих информационных систем Национального исследовательского университета МИЭТ, г. Москва;

Гагарина Л.Г., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Информатика и программное обеспечение вычислительных систем» Национального исследовательского университета МИЭТ, г. Москва.

Работа поступила в редакцию 06.03.2014.