

УДК 621.396.97
05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в приборостроении)

Баин Александр Михайлович

ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский университет» «МИЭТ»

Россия, Зеленоград¹

Докторант кафедры «Информатика и программное обеспечение вычислительных систем»

Кандидат технических наук

E-Mail: evgen_uis@mail.ru

Каунг Сан

ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

Россия, Зеленоград

Аспирант кафедры «Информатика и программное обеспечение вычислительных систем»

Портнов Евгений Михайлович

ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

Россия, Зеленоград

Профессор кафедры «Информатика и программное обеспечение вычислительных систем»

Доктор технических наук

E-Mail: evgen_uis@mail.ru

Анализ интенсивности аварийных потоков в многофункциональных системах диспетчерского управления

¹ 124498, Москва, Зеленоград, проезд 4806, дом 5.

Аннотация. В настоящее время одной из насущных проблем повышения энергоэффективности управления энергоёмкими объектами и производствами является задача создания многофункциональных информационно-управляющих систем, решающих задачи диспетчерского управления, регистрации аварийной информации и учета энергопотребления. Очевидно, что подобная интеграция значительно увеличивает интенсивность потока информации, повышается вычислительная нагрузка на центры обработки информации, что может привести к возникновению очереди на обслуживание информационных потоков, снижению темпа обработки информации и падению реального быстродействия систем в целом. При этом для многофункциональных систем диспетчерского управления одним из основных критериев эффективности является не столько обслуживание стационарного потока информации, сколько обслуживание пикового потока требований при возникновении нештатных и аварийных ситуаций. В статье проведен анализ интенсивности информационных потоков системы при возникновении аварийной информации. Для повышения эффективности использования информационных ресурсов каналов связи и вычислительных мощностей разработан принцип «распределения интеллекта». Основанный на нем способ передачи аварийной информации позволил значительно снизить относительную загрузку им центра обработки информации, что доказывает возможность эффективной обработки аварийной информации при реализации многофункциональной системы диспетчерского управления.

Ключевые слова: многофункциональная система диспетчерского управления; регистрация аварийной информации; телесигнализация; телеуправление, датчик; обрабатывающий центр; интенсивность, загрузка.

Идентификационный номер статьи в журнале 11TVN314

Специфика сложных промышленных энергообъектов, таких как АЭС, ГЭС, ТЭЦ, магистральных нефте- и газопроводов, инженерного оборудования мегаполисов предполагает контроль и управление многими параметрами их технологических процессов.

Эффективное функционирование подобных энергообъектов не может быть осуществлено без автоматизированных систем диспетчерского управления, получивших название SCADA [1-5]. Основная цель использования SCADA в энергосистемах состоит в поддержании баланса между производством, транспортировкой и распределением электроэнергии с высоким уровнем достоверности и надежности .

Как правило, SCADA состоят из контролируемых пунктов (КП), собирающих информацию от датчиков-преобразователей информации, обрабатывающих ее и передающих по каналам телесигнализации (ТС) на пункт управления (ПУ), откуда по каналам телеуправления (ТУ) ведется управление и контроль работы энергообъектов [6,7].

В состав ПУ, играющего роль обрабатывающего центра (ОЦ), включаются достаточно мощные микро-ЭВМ, сопряженные с оперативным запоминающим устройством (ОЗУ).

В настоящее время область применения SCADA значительно расширилась, они стали составной частью практически всех АСУ с рассредоточенным размещением контролируемых пунктов.

Многообразию поставленных перед SCADA задач, возрастающие потоки информации, необходимость контроля экологической обстановки привели к тому, что современные системы уже не справляются с контролем и управлением сложными промышленными объектами – учащаются случаи отказов аппаратуры, повышается вероятность возникновения аварий и катастроф [8].

Одной из наиболее важных и актуальных задач, стоящих перед SCADA, является регистрация (осциллографирование) аварийных событий по значениям дискретных и аналоговых сигналов, отражающих технологический процесс управления энергообеспечением. Это привело к необходимости создания многофункциональных систем, совмещающих в себе функции диспетчерского управления и регистрации аварийной информации, т.е. способных одновременно обрабатывать как аварийные, так и стационарные потоки информации [8,9].

Для многофункциональных систем диспетчерского управления, ориентированных на работу в стационарном и аварийном режимах, главным критерием является не столько обслуживание стационарного потока заявок ТС и ТУ, интенсивность которого незначительна, сколько обслуживание пикового аварийного потока оставляющего за собой "шлейф" из цепочки взаимосвязанных переключений состояния контролируемых энергообъектов. Если в этом "шлейфе" отсутствует самый главный сигнал - "первоисточник" аварии, практически невозможным становится проведение анализа причин и характера аварии [8,9] .

Для определения возможности синтеза многофункциональной системы проведем анализ пропускной способности каналов связи при аварийном потоке ТС и ТУ [8].

В качестве исходных данных примем требуемую минимальную разрешающую способность системы по обслуживанию требований ТС-ТУ, составляющую $T_p = 10$ мс (минимальное время действия аварийного ТС).

Обрабатывающий центр пункта управления (ОЦПУ) заведомо справится с задачей обработки аварийного потока ТС-ТУ без задержки, если его средняя загрузка с учетом обработки других видов информации составит не более 40 % от максимально возможной загрузки .

Приняв интенсивность аварийного потока ТС-КУ, как

$$\lambda^{ав} = 1/T_p, \quad (1)$$

можно определить среднюю частоту поступления аварийных сигналов в ОЦПУ:

$$w^{ав} = \frac{n_{об}}{T_p k}, \quad (2)$$

откуда среднее время поступления одного аварийного сигнала в ОЦПУ составит:

$$T_{пост}^{ав} = \frac{1}{w^{ав}} = \frac{T_p k}{n_{об}}, \quad (3)$$

где $n_{об}$ - общее количество объектов контроля, обслуживаемых многофункциональной системой диспетчерского управления, k - разрядность ОЦПУ.

Среднее время обработки одного аварийного сигнала в ОЦПУ можно представить следующим выражением:

$$T_{обр}^{ав} = T_m (m_1 m_2 + 0,5 p (m_3 + m_4 + m_5 + 0,5 m_7) + m_6), \quad (4)$$

где T_m - длительность одного рабочего такта ОЦПУ; m_1 - среднее число тактов, затрачиваемых на реализацию одной команды процедуры ввода и обработки информации; m_2 - среднее число команд, затрачиваемых ОЦПУ для обработки информации i - го вида, содержащейся в одной “ сгруппированной” посылке, введенной в ОЦПУ; m_3, m_4, m_5, m_6 - среднее число тактов, затрачиваемых на выполнение команд приостановки, подготовки, анализа и ввода информационного слова, соответственно; m_7 - число команд программы обработки информации j -го вида; p - вероятность того, что ОЦПУ занят обработкой какого-либо требования в любом временном сечении.

Тогда среднюю загрузку обрабатывающего центра аварийным потоком канала ТС-ТУ можно представить в виде:

$$\gamma^{ав} = \frac{T_{обр}^{ав}}{T_{пост}^{ав}} = \frac{T_m n_{об} (m_1 m_2 + 0,5 p (m_3 + m_4 + m_5 + 0,5 m_7) + m_6)}{T_p k}. \quad (5)$$

Примем $m_2 = 10^3 x + 10^2 (1-x)$, где $1 \geq x \geq 0$ определяет долю данных ТС-ТУ в общем информационном потоке, требующих обработки всеми ветвями программы.

С учетом требований к информационно-вычислительной мощности ОЦПУ можно принять следующие значения параметров: $k=32$; $T_m=10^{-7}$ с; $m_1=10$; $m_2=10^4$; $m_3=m_4=m_5=m_6=10^4$; $m_7=10^4$; $p=0.5$; $n_{об}=50$.

Подставляя выражение для m_2 в (5), с учетом приведенных выше значениях параметров, имеем:

$$\gamma^{ав} \approx 2,25x + 1. \quad (6)$$

Таким образом, интенсивность аварийного потока требований ТС-ТУ оказывается выше допустимых 0,3-0,4 при любых x , а вычислительных ресурсов ОЦПУ недостаточно не только для обработки других видов информации, но и для обслуживания только требований канала ТС-ТУ. Для того, чтобы обрабатывающий центр, ориентированный на работу в стационарном и аварийном режимах, справился с аварийным потоком ТС-ТУ, необходимо принять меры для уменьшения его интенсивности.

Для повышения пропускной способности каналов связи в многофункциональной системе диспетчерского управления, устройство КП, ориентированное на работу в нормальном и аварийном режимах, должно обеспечивать сжатие данных, т.е. уменьшение интенсивности потока заявок по каналам ТС и ТУ. Возможность синтеза многофункциональной системы авторами видится в распределении “интеллекта” между обрабатывающим центром ПУ и функциональными модулями КП, структура которых должна учитывать особенности ввода, обработки и вывода информации [9-12].

Предлагаемый способ повышения пропускной способности каналов ТС и ТУ при обработке аварийных потоков информации основан на следующих положениях:

- 1) в состав КП вводится буферная память для регистрации и хранения аварийной информации;
- 2) КП определяет изменения состояния датчиков, при этом контролирует число фиксируемых изменений от момента завершения обработки предшествующей заявки ТС;
- 3) при обнаружении второго и последующих изменений включается механизм регистрации в буферной памяти КП:
 - адреса объекта контроля изменившего свое состояние;
 - временного сдвига между первым событием (первым изменением ТС) и каждым последующим событием;
 - зафиксированного состояния объектов контроля.

Для предотвращения потерь существенных событий (т.е. любых изменений ТС) дискретность фиксации временных сдвигов между событиями не должна превышать 10 мс (установленный критерий фиксации любого аварийного сигнала). Накопленная в буферной памяти КП информация вводится в ОЦПУ после завершения аварии. Так как аварийная информация вводится в ОЦПУ не в режиме реального времени, необходимо принять меры к привязке информации КП к астрономическому времени. Возможны два способа получения астрономического времени:

- 1) введение в КП данных о текущем времени от специализированного модуля - источника астрономического времени, содержащего, например, электронные часы со встроенным высокостабильным генератором на основе кварцевого резонатора с синхронизацией часов от радиотрансляционной сети;
- 2) фиксация в КП временного сдвига между моментом регистрации первого события и началом передачи в ОЦПУ информации от КП.

Так как в обоих случаях временные сдвиги каждого следующего события относительно первого определены и зафиксированы в буферной памяти КП, можно восстановить (с дискретностью не хуже 10 мс) полную картину аварийных событий.

Оценим загрузку ОЦПУ при реализации предложенного алгоритма работы. Будем считать, что время между авариями несравнимо больше, чем длительность аварии, т.е. поток “аварий” будем считать простейшим и ординарным. Длительность аварии ограничивается временем срабатывания систем защиты энергообъектов, составляющим $t_{ав}=5...10$ с.

Примем, что за время аварии число изменений состояний объектов контроля равно числу объектов контроля. Для каждого такого изменения в буферную память КП вносится:

- код адреса объекта контроля;

- код значений временных сдвигов между регистрируемыми событиями, разрядность которого составит $n_{код} = \log \frac{t_{ae}}{t_{duc}}$, где t_{duc} - установленное время дискретизации смежных аварийных событий;
- зафиксированное состояние объекта контроля.

Учитывая байтовую структуру информационных кодовых слов, можно определить общее число информационных сообщений, которые должны быть введены в ОЦ :

$$N_{ae}^1 = \left\lceil \frac{\log(n_{об}) + \log\left(\frac{t_{ae}}{t_{duc}}\right)}{m_0} n_{об} + 2 \right\rceil, \quad (7)$$

где $\lceil \cdot \rceil$ - знак округления до ближайшего большего целого. Второе слагаемое - двухбайтовая посылка, с помощью которой определяется временной сдвиг между началом ввода информации в ОЦПУ и моментом фиксации первого аварийного события. Как отмечалось, по данным этой посылки восстанавливается астрономическое время всех событий с дискретностью в 10 мс. Двухбайтная посылка дает возможность расширить пределы временного сдвига от момента начала аварии до момента ввода аварийной информации в ОЦПУ до величины $T_c = 300$ с, что вполне достаточно для выбора отрезков времени, когда ОЦПУ может воспринять аварийную информацию без корреляции с необходимостью ввода других видов информации. При $m_0 = 8$, получим $N_{ae}^1 = 3n_{об} + 2$.

Новизна предложенного способа заключается в том, что увеличенный объем информации зафиксирован во внешней (по отношению к ОЦПУ) памяти и эта информация может быть предъявлена ОЦПУ вне реального времени ее возникновения.

Оценим степень загрузки ОЦПУ обслуживанием аварийных заявок по каналам ТС и ТУ при условии ограничения времени задержки T_3 завершения ввода хранимой в буферной памяти информации в ОЦ относительно завершения регистрации аварийной информации величиной 10с. Тогда время ввода одного сообщения аварийной информации в ОЦПУ для предложенного способа составит:

$$T_{ност}^{ae1} = \frac{T_3}{3n_{об} + 2}, \quad (8)$$

а средняя загрузка аварийным потоком информации для разработанного метода обработки информации определится, как:

$$\gamma^{ae1} = \frac{T_{обp}^{ae}}{T_{ност}^{ae1}} = \frac{3n_{об} + 2}{T_3} T_m (m_1 m_2 + 0,5 p(m_3 + m_4 + m_5 + 0,5 m_7) + m_6). \quad (9)$$

Подставляя в (9) числовые значения и , учитывая, что требования регистрации аварийной информации позволяют установить $T_3 = 10$ с, получим из (9)

$$\gamma^{ae1} \approx 0,054\xi + 0,024. \quad (10)$$

Если предположить наихудшие условия, при которых доля данных аварийного потока ТС-ТУ, обрабатываемых ОЦПУ, составит 100%, т.е. $\xi = 1$, то максимальное значение загрузки

указанным потоком обрабатывающего центра составит $\gamma^{a61} \approx 0,078$, что даже при весьма жестких исходных данных вполне приемлемо. К тому же, изменяя значения T_3 , можно адаптировать динамические параметры многофункциональной системы к реальной суммарной нагрузке ОЦПУ.

Таким образом, можно констатировать, что предложенный способ повышения пропускной способности каналов ТС и ТУ при обработке аварийных потоков, основанный на повышении “интеллекта” функциональных устройств, обеспечивает значительное снижение загрузки обрабатывающего центра и позволяет реализовать многофункциональную систему диспетчерского управления с функцией регистрации аварийной информации [8-12].

ЛИТЕРАТУРА

1. T. Cucinotta, A. Mancina, G. Anastasi, G. Lipari, L. Mangeruca, R. Checco, F. Rusina, A real-time service-oriented architecture for industrial automation, *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 5 (August (3)) (2009) 267–277.
2. J. Schein, An information model for building automation systems, *Automation in Construction* 16 (2007) 125–139.
3. P. Silva, M. Botto, J. Figueiredo, M. Rijo, Model predictive control of an experimental water canal, in: *IFAC/IEEE European Control Conference, ECC'07, Greece, 2007*, pp. 2977–2984.
4. J. Figueiredo, J. Martins, Energy production system management—renewable energy power supply integration with building automation system, *Energy Conversion Management* 45 (2010) 1120–1126.
5. J. Figueiredo, J. S6 da Costa, Operative platform applied to building automation, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* 24 (2008) 26–40.
6. Zhang, P and William A. “Advanced Industrial Control Technology.” 2010. pp 378 – 379.
7. P. Anil Kumar, J. Shankar, G. Ashok Kumar. Remote terminal unit for smart distribution // *Electrical and Electronics Engineering: An International Journal (ELELIJ) Vol 2, No 1, February 2013.*
8. Портнов Е.М. К вопросу создания интегрированных информационно-управляющих систем в энергетике// *Оборонный комплекс - научно-техническому прогрессу России. 2011. № 4. С. 77-80.*
9. Портнов Е.М. Интегрированный информационно- вычислительный комплекс с кластерной архитектурой для АСУ сложных производств// *Оборонный комплекс- научно-техническому прогрессу России. 2002. №3. С.41-44.*
10. Портнов Е.М., Каунг Сан, Разработка способа повышения эффективности информационных обменов по магистральным каналам связи// *Интернет журнал "Наукоедение".-2013.-Вып.6.-<http://naukovedenie.ru/PDF/29TVN613.pdf>*
11. Портнов Е.М., Баин А.М., Чумаченко П.Ю., Касимов Р.А. Модель информационных потоков многофункциональной системы управления энергообеспечением// *Оборонный комплекс - научно-техническому прогрессу России. 2012. № 3. С. 17-22.*
12. Дубовой Н.Д., Портнов Е.М. Эффективность информационно- управляющих комплексов// *Известия вузов. Электроника. 2000.-№ 4-5.- С. 152-156.*

Рецензент: Гагарина Лариса Геннадиевна, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «информатика и программное обеспечение вычислительных систем» Национального исследовательского университета МИЭТ.

Bain Aleksandr

National Research University of Electronic Technology
Russia, Zelenograd
E-Mail: evgen_uis@mail.ru

San Kaung

National Research University of Electronic Technology
Russia, Zelenograd

Eugene Portnov

National Research University of Electronic Technology
Russia, Zelenograd
E-Mail: evgen_uis@mail.ru

Analysis of the intensity of emergency flow in the multifunctional supervisory control systems

Abstract. Currently, one of the urgent problems of increasing energy efficiency control of energy facilities and plants is the task of creating multifunctional information and control systems, solving the problem supervisory control, emergency registration information and metering facilities. Obviously that such integration increases the information density is increased computational load on the information processing centers that can give rise to a queue for servicing information flow reduction rate and a fall in the information processing performance of real systems in general. In this case Multifunctional supervisory systems one of the main criteria of efficiency is not so much the service steady flow of information as service maximum flow requirements when abnormal and emergency situations. The article analyzes the intensity of information flows in case of emergency information. To increase the efficiency of information resources and communication channels computing power developed the principle of «distribution of intelligence.» It is based on a method for transmitting emergency information will significantly reduce the relative load them information processing center, which proves the possibility of an effective emergency treatment information when implementing multifunctional supervisory control systems.

Keywords: multifunction supervisory control system; registration of emergency information; remote signaling; remote control; sensor; processing center; intensity; loading.

Identification number of article 11TVN314

REFERENCES

1. T. Cucinotta, A. Mancina, G. Anastasi, G. Lipari, L. Mangeruca, R. Checco, F. Rusina, A real-time service-oriented architecture for industrial automation, *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 5 (August (3)) (2009) 267–277.
2. J. Schein, An information model for building automation systems, *Automation in Construction* 16 (2007) 125–139.
3. P. Silva, M. Botto, J. Figueiredo, M. Rijo, Model predictive control of an experimental water canal, in: *IFAC/IEEE European Control Conference, ECC'07, Greece, 2007*, pp. 2977–2984.
4. J. Figueiredo, J. Martins, Energy production system management—renewable energy power supply integration with building automation system, *Energy Conversion Management* 45 (2010) 1120–1126.
5. J. Figueiredo, J. S6 da Costa, Operative platform applied to building automation, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* 24 (2008) 26–40.
6. Zhang, P and William A. “Advanced Industrial Control Technology.” 2010. pp 378 – 379.
7. P.Anil Kumar ,J.Shankar, G.Ashok Kumar. Remote terminal unit for smart distribution // *Electrical and Electronics Engineering: An International Journal (ELELIJ)* Vol 2, No 1, February 2013.
8. Portnov E.M. K voprosu sozdaniya integrirovannyh informacionno-upravljajushhih sistem v jenergetike// *Oboronnyj kompleks - nauchno-tehnicheskomu progressu Rossii*. 2011. № 4. S. 77-80.
9. Portnov E.M. Integrirovannyj informacionno- vychislitel'nyj kompleks s klasternoj arhitekturoj dlja ASU slozhnyh proizvodstv// *Oboronnyj kompleks- nauchno-tehnicheskomu progressu Rossii*. 2002. №3. S.41-44.
10. Portnov E.M., Kaung San, Razrabotka sposoba povysheniya jeffektivnosti informacionnyh obmenov po magistral'nym kanalam svjazi// *Internet zhurnal "Naukovedenie".–2013.–Vyp.6.–<http://naukovedenie.ru/PDF/29TVN613.pdf>*
11. Portnov E.M., Bain A.M., Chumachenko P.Ju., Kasimov R.A. Model' informacionnyh potokov mnogofunkcional'noj sistemy upravlenija jenergoobespecheniem// *Oboronnyj kompleks - nauchno-tehnicheskomu progressu Rossii*. 2012. № 3. S. 17-22.
12. Dubovoj N.D., Portnov E.M. Jeffektivnost' informacionno- upravljajushhih kompleksov// *Izvestija vuzov. Jelektronika*. 2000.-№ 4-5.- С. 152-156.