

УДК 621.398:681.51

## МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ ОПЕРАТИВНОСТИ СИСТЕМ SCADA ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОТОКОЛА МЭК 870-5-101

Баин А.М., Каунг Сан, Портнов Е.М., Слюсарь В.В., Чжо Зин Лин

*Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Москва, Россия (124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, дом 1), e-mail: evgen\_uis@mail.ru*

Рассмотрена проблема определения реального быстродействия систем SCADA при использовании протокола МЭК 870-5-101. Показано, что реальное быстродействие должно определяться задержкой между моментами возникновения «события для передачи» и его фиксации приемником, например отображением средствами, предоставленными в распоряжение получателя информации. Установлены критерии события для передачи: изменение состояния контролируемого объекта или выбег величины измеряемого параметра за пределы зоны нечувствительности (апертуры); поступление команды вызова (опроса) информации; поступление сигнала от таймера; поступление от другого устройства контролируемого пункта или центрального пункта управления информацией, которую необходимо ретранслировать по другому каналу связи. Сформулированы требования к организации информационных обменов при использовании протокола МЭК 870-5-101, в частности скорость ввода информации от модулей в контроллер должна быть не меньшей 2 МГц; время обработки всего массива данных, поступивших от модулей в контроллер, не должно превышать 3-6 мс.

Ключевые слова: система SCADA, быстродействие, оперативность, протокол МЭК 870-5-101, буфер передачи информации, центральный контроллер.

## METHOD OF INCREASING THE SPEED OF SCADA SYSTEMS USING THE PROTOCOL IEC 870-5-101

Bain A.M., Kaung San, Portnov E.M., Slyusar V.V., Kyaw Zin Lin

*National Research University of Electronic Technology, Moscow, Russia (124498, Moscow, Zelenograd, Shokin square, 1), e-mail: evgen\_uis@mail.ru*

Analyzed the problem of determining the actual speed of SCADA systems using the protocol IEC 870-5-101. It is shown that the actual speed must be determined by the delay between the time of occurrence of "events for transmission" and fixing a receiver, for example, the display means at the disposal of the recipient information. The criteria for the transmission of events: change of state of the object under control or overrun of the measured parameter beyond the dead zone (aperture); Team entry call (survey) information; receipt of a signal from the timer; Funding from other devices controlled point or central point of control information to be rebroadcast on another channel. Presents requirements for the organization of information exchanges using the IEC 870-5-101 protocol, in particular the speed of the input module to the controller must be at least 2 MHz; the processing of the entire array of data received from the module to the controller must not exceed 3.6 ms.

Keywords: SCADA, speed, efficiency, protocol IEC 870-5-101, the transmit buffer data, the central controller.

Оперативность систем телемеханики (SCADA-систем) определяется быстродействием, точностью привязки информации к метке времени, а также минимизацией (оптимальным использованием) пауз между рабочими циклами [3; 4].

Многими исследователями и производителями показатель быстродействия трактуется как отношение длины передаваемого информационного сообщения к номинальной скорости передачи сигналов по каналу связи контролируемый пункт (КП) – пункт управления (ПУ).

Замена показателя быстродействия временем передачи одного сообщения по каналу связи искажает реальные параметры системы SCADA, особенно в наиболее важные и ответственные

ные моменты – при работе в нештатной ситуации. Действительно, такой показатель «быстродействия» не учитывает:

- вероятность искажения данных на любом участке трассы доставки информации от источника приемнику, в том числе в канале связи. Искажения вызывают отказ приемника от обработки и регистрации поступивших данных, т.е. приводит к отсутствию подтверждающей квитанции;
- задержку между завершением первичной и началом повторной передачи сообщения при искажении ранее переданного сообщения;
- вероятность искажения данных при вводе информации от датчиков;
- задержки и искажения информации в любом модуле и устройстве, включенном в трассу доставки информации источника в приемник;
- задержку начала как первичной, так и повторной передачи сообщения из-за занятости ответственных за передачу и прием компонентов КП и ПУ.

Реальное быстродействие - это задержка между моментами возникновения «события» и его фиксацией (отображением) средствами, предоставленными в распоряжение получателя информации. Для оценки реального быстродействия рассмотрим доставку информации от датчика, размещенного в КП, в приемник ПУ [5].

Анализ показывает, что при реализации базового протокола (БП) МЭК 870-5-101 чаще всего используется один общий для всех модулей устройства КП буфер передачи данных в канал связи [1; 2]. Содержимое буфера определяется по результату обработки центральным контроллером текущей информации, полученной к данному моменту времени от модулей устройства КП. В таком варианте содержимое буфера не должно изменяться до получения подтверждающей квитанции или принудительного гашения содержимого буфера при нескольких неудачных попытках передачи и неискаженного приема информации. Если в рассматриваемом варианте искажение информации не устраняется и проводится принудительное гашение буфера, ранее введенная в буфер информация оказывается безвозвратно потерянной, если за время передачи ранее сформированного сообщения изменяется любой параметр текущей базы данных.

Для того чтобы определить достаточность организации в контроллере КП только одного буфера для передачи данных в ПУ, необходимо доказать, что за время передачи ранее сформированного сообщения (храняемого в буфере) не возникла необходимость формирования и передачи нового информационного сообщения. На рисунке 1 показана модель передачи сообщения, позволяющая провести анализ возможности потери информации и определить вероятные затраты времени на передачу одного информационного сообщения.

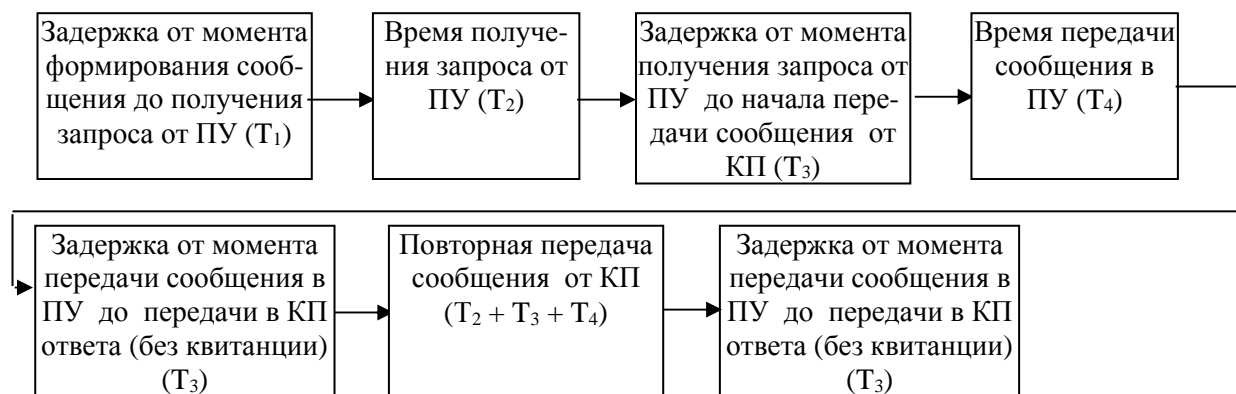


Рис. 1. Модель передачи сообщения по каналу связи КП – ПУ.

В результате обработки полученной контроллером информации от всех связанных с ним модулей устройства может возникнуть необходимость передачи  $0...q$  информационных сообщений по каналу связи с ПУ. Вероятное время, затрачиваемое на передачу информационных сообщений, равно:

$$T_{ПЕР} = \sum_{i=1}^q P_i t_i, \quad (1)$$

где  $P_i$  - вероятность необходимости проведения  $i$ -го информационного обмена;  $t_i$  – время, затрачиваемое на реализацию  $i$ -го информационного обмена.

Для рассматриваемых примеров  $0 \leq q \leq 2n$ , где  $n$  – число модулей, подключенных к устройству КП. Коэффициент «2» учитывает необходимость проведения не менее двух информационных обменов с одним модулем, например для получения оперативной и неоперативной составляющей информации. При отсутствии причин для передачи информации  $q=0$ ; значение  $q$  существенно увеличивается при фиксации нештатной ситуации. Так как оперативность системы телемеханики играет решающую роль именно в нештатных ситуациях, целесообразно определять динамические параметры системы при увеличении интенсивности потока заявок на передачу информации по каналам связи.

Рассмотрим случай, когда однократно переданное сообщение не принимается приемником ПУ. Тогда имеем:

$$t_i = T_1 + 2(T_2 + 2T_3 + T_4). \quad (2)$$

Максимальное значение  $T_1$  равно  $t_{инфи}$ , так как в самом неблагоприятном случае необходимость в передаче нового сообщения возникает сразу после начала передачи ранее сформированного. Примем:

$$T_1 = 0,5t_i. \quad (3)$$

В соответствии со структурой сообщений БП запрос представляется сообщением длиной в 8 байт, поэтому (без учета дополнительных бит байта со структурой FT1-2)

$$T_2 = \frac{64}{f_m}, \quad (4)$$

где  $f_m$  - тактовая частота передачи.

Задержка реакции КП на команду от ПУ может быть оценена величиной

$$T_3 = 0,5T_2 = \frac{32}{f_m}. \quad (5)$$

При условии передачи сообщения, включающего данные двух «событий», сопровождаемых семибайтными метками времени, имеем

$$T_4 = \frac{32 \cdot 8}{f_m}. \quad (6)$$

Тогда

$$t_i = 0,5 t_i + 2 \left( \frac{64}{f_m} + 2 \frac{32}{f_m} + \frac{32 \cdot 8}{f_m} \right) = \frac{1536}{f_m}. \quad (7)$$

Преобразуем (1) в вид:

$$T_{ПЕР} = \sum_{i=1}^q P_i t_i = K_n n t_i = \frac{1536 n K_n}{f_m}, \quad (8)$$

где  $K_n$  - усредненная вероятность того, что необходимость передачи информации по каналу связи возникает после проведения одного цикла ввода в контроллер информации от всех  $n$  модулей. Число буферов передачи  $S$  определяется с учетом максимально допустимой величины задержки  $t_{max}$  между моментами фиксации события и его привязки к метке времени в центральном контроллере КП по формуле:

$$S \geq \frac{1536 n K_n}{10^{-3} t_{max} f_m}. \quad (9)$$

При  $n=16$ ,  $f_m=9600$  бит/с,  $t_{max}=10$  мс, получим

$$S \geq 250 K_{пер}. \quad (10)$$

Из (10) видно, что устройство КП, содержащее один буфер передачи, практически неработоспособно. Определим необходимые условия для того, чтобы даже при использовании достаточного числа буферов передачи информации обеспечить требуемое значение  $t_{max}$ .

Выше указывалось, что параметром, характеризующим оперативность SCADA, является точность привязки «событий» к меткам времени. Как указывалось, при реализации БП, как правило, используется централизованный метод формирования информационных сообщений. Данные от всех модулей устройства периодически вводятся в общий контроллер, который анализирует весь объем полученной информации и, по заданным критериям, формирует одно или несколько информационных сообщений для передачи в ПУ или в устройство

ретрансляции. Рассмотрим модель формирования информационного сообщения с привязкой «событий» к меткам времени, представленную на рис. 2.

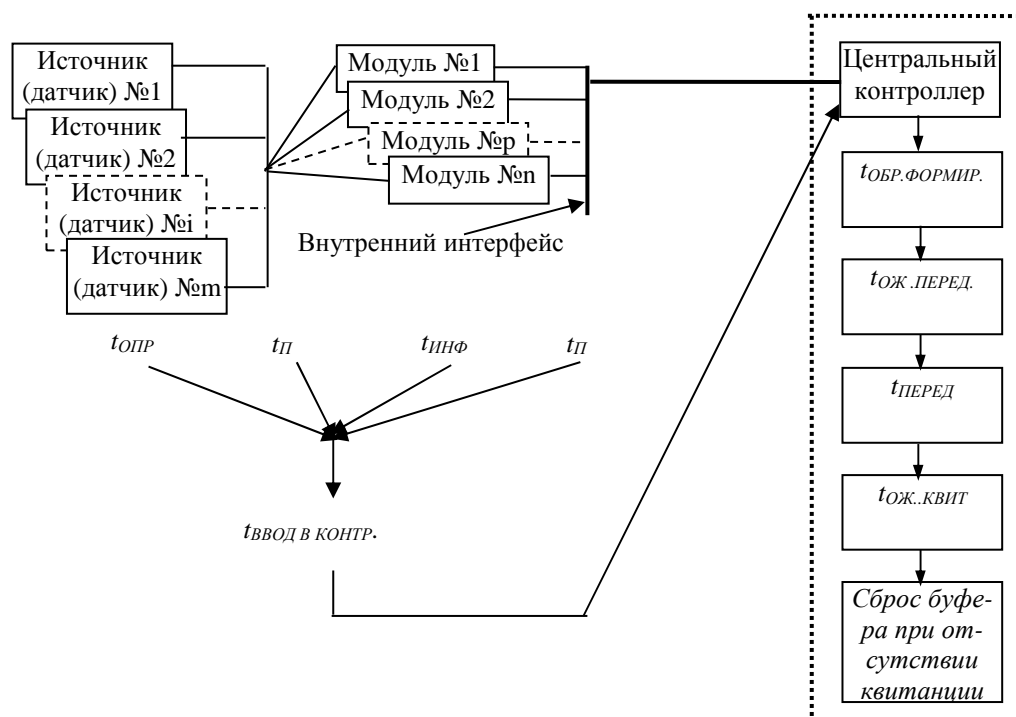


Рис. 2. Модель формирования информационного сообщения.

Примем следующие исходные данные: устройство КП строится по «сосредоточенному» принципу, т.е. не разделяется на части, максимально приближенные к источникам и приемникам информации; число модулей, подключенных к общему контроллеру, равно  $n$ ; контроллер считывает информацию модулей циклически; для получения данных от одного модуля в среднем требуется проведение двух информационных обменов с контроллером; максимальный временной сдвиг между «событием», зафиксированным любым модулем, и временем регистрации «события» в контроллере, не должен превышать  $t_{max}$ ; для передачи информации в контроллере используется один буфер.

На рис. 2 показано, что для ввода информации « $m$ » источников в устройство КП устанавливается « $n$ » модулей, т.е. в приведенном примере в среднем  $\frac{m}{n}$  источников (датчиков) подключается к одному модулю. Если все модули обладают одинаковой производительностью, можно определить усредненное время, затрачиваемое модулем на ввод новой информации. При работе модулей без накопления информации и без привязки полученной от источников информации к меткам времени время ввода новой информации ( $t_{ввод}$ ) является одной из составляющих погрешности формирования метки времени. Введенная в модули информация периодически, по командам от контроллера, выводится из модулей и заносится в базу текущих данных контроллера.

Временные составляющие, характеризующие ввод информации в контроллер:  $t_{онп}$  - время передачи от контроллера команды опроса информации выбранного модуля;  $t_n$  – пауза между подачей команды опроса и подготовкой данных модулем, а также между приемом информации от ранее выбранного модуля и подачей команды опроса данных очередного модуля;  $t_{инф}$  – время ввода информации модуля в контроллер. Введенная в контроллер информация обрабатывается для выявления «событий», после чего «событие» привязывается к метке времени (системному или астрономическому времени, хранимому в контроллере). Максимальное суммарное время от появления «события» до момента его привязки к метке времени  $t_{max}$  не должно превышать установленное (допустимое) значение, например 10 мс. Тогда

$$t_{max} \geq t_{ввод} + 2n(t_{онп} + t_n + t_{инф} + t_n) + Kt_{обр}, \quad (11)$$

где  $t_{обр}$  – время обработки контроллером данных одного объекта;  $K$  – коэффициент, которым учитывается общее число объектов контроля и обработки. Очевидно, что  $0 \leq K \leq m$ .

$K \cdot t_{обр}$  соответствует временному сдвигу между началом очередного цикла обработки полученной контроллером информации и обработкой данных объекта, чье состояние изменилось. Для оценки исследуемого параметра примем  $K = 0,5m$ .

Очевидно, что при использовании помехозащитных процедур при вводе информации от источников и соответствующей обработке получаемой информации  $t_{ввод}$  окажется больше указанного допустимого значения погрешности. Поэтому в рассматриваемой структуре формирования информационных сообщений функции модуля ограничиваются процедурами сканирования сигналов от датчиков, запоминания полученной информации и трансляции данных в контроллер при получении от него команды опроса. При таком построении модулей величина  $t_{ввод}$  может быть не более нескольких миллисекунд. В то же время ясно, что для согласования динамики ввода данных от датчиков и вывода информации из модуля должно соблюдаться соотношение:

$$2n(t_{онп} + t_n + t_{инф} + t_n) \geq t_{ввод} \geq 0,5 \cdot 2n(t_{онп} + t_n + t_{инф} + t_n). \quad (12)$$

Примем

$$t_{ввод} = 0,7 \cdot 2n(t_{онп} + t_n + t_{инф} + t_n) . \quad (13)$$

Тогда (13) можно представить в виде

$$t_{max} \geq 3,4n(t_{онп} + t_n + t_{инф} + t_n) + 0,5mt_{обр} . \quad (14)$$

Проанализируем данные для следующих «усредненных» условий работы устройства КП: число модулей, включенных в состав одного устройства КП, равно восьми; команда опроса данных одного модуля включает трехбайтное сообщение; пауза между смежными передачами по внутреннему интерфейсу устройства КП равна половине времени передачи команды опроса; одно информационное сообщение от модуля состоит из восьми байт и включает дан-

ные восьми объектов; тактовая частота информационного обмена по внутреннему интерфейсу равна  $f_T$ ;  $t_{max} = 10^{-2}c$ .

Обозначим  $0,5mt_{обр} = T_{обр}$  и построим зависимость  $f_T = F(T_{обр})$  для приведенных данных (рис. 3).

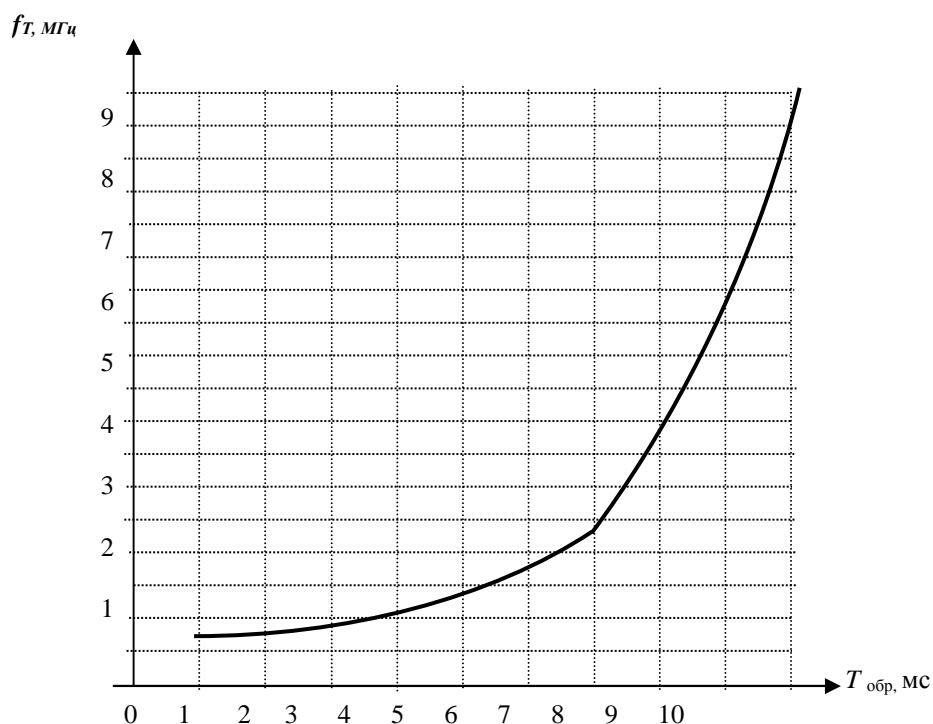


Рис. 3. Зависимость требуемой оперативности ввода данных в контроллер от времени их обработки.

Из графика видно, что для реализации БП в устройствах КП (с заданными в примере характеристиками) необходимо использовать внутренние интерфейсы с частотой тактовых сигналов не ниже 1...2 МГц. Контроллер КП должен обработать массив данных, принятых от всех модулей, за 3...6 мс. Выполнение столь жестких требований неизбежно приведет к снижению помехоустойчивости и достоверности данных и практической невозможности выполнения устройства КП для больших объемов информации или при повышении интенсивности потока данных, т.е. при работе в нештатных ситуациях.

Описываемая реализация БП – формирование всех компонентов рабочего цикла в общем (для всех модулей) контроллере, приводит к практической незащищенности поступающей в контроллер информации от помех в цепях связи модулей с датчиками. Отмеченный недостаток характерен не только для «традиционных» датчиков, но и для каналов телесигнализации, которые связаны с устройствами защиты и автоматики, регистраторами. Анализ работы других каналов систем телемеханики существенно не изменяет выводы, сделанные выше [4].

#### Список литературы

1. Баин А.М., Чжоу Э. К вопросу повышения эффективности использования базового протокола в соответствии со стандартом МЭК 870-5-101 (104) // Наукоедение : интернет-журнал. - 2013. - № 5 (18). – URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/22tvn513.pdf>.
2. Баин А.М. К вопросу эффективного использования протоколов передачи информации в системах обеспечения энергоэффективности // Вести высших учебных заведений Черноземья. - 2013. - № 2. - С. 60-63.
3. Портнов Е.М., Слюсарь В.В. Энергосберегающие комплексы повышенной достоверности // Оборонная техника. - 2012. - № 4-5. - С. 12-16.
4. Портнов Е.М. К вопросу создания интегрированных информационно-управляющих систем в энергетике // Оборонный комплекс - научно-техническому прогрессу России. - 2011. - № 4. - С. 77-80.
5. Brunner C. Iec 61850 for power system communication // Transmission and Distribution Conference and Exposition, 2008. - pp. 1-6.

**Рецензенты:**

Лисов О.И., д.т.н., профессор кафедры «Информатика и программное обеспечение вычислительных 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.