

по вопросу эффективности работы разъединителей РМНСА совместно с реклоузерами принято решение о проведении опытной эксплуатации разъединителя в филиале ОАО «Ленэнерго» «Лодейнопольские электрические сети».

В настоящее время разъединитель РМНСА установлен и проходит опытную эксплуатацию в Лодейнопольских электрических сетях.

Использование разъединителей с автоматизированным приводом позволяет добиться существенных преимуществ, в том числе повышения надежности системы, развития интеллектуальных электрических сетей, снижения потерь электроэнергии в электрических сетях.

Необходимо отметить, что установка разъединителей с автоматизированным приводом будут соответствовать современному уровню развития коммутационных аппаратов, а также иметь положительный экономический эффект и небольшой срок окупаемости. Из этого следует, что по сравнению с используемыми разъединителями с ручным местным секционированием внедрение разъединителей РМНСА повысит надежность электроснабжения потребителей и снизит расходы на переключения и эксплуатацию, а главное позволит создать управляемые и автоматизированные сети нового поколения.

*Виноградов Дмитрий Алексеевич – инженер,  
Курочкин Владимир Борисович – начальник сектора;  
Петрухин Павел Евгеньевич – инженер-конструктор.  
Контактный телефон (812) 326-09-50*

*E-mail: d.vinogradov\_npo-pribor@mail.ru; info@npo-pribor.ru: Http://www.npo-pribor.ru*

## СИНХРОННО-ВРЕМЕННОЙ ПРОТОКОЛ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

**Н.А. Захаров, В.И. Клепиков, Д.С. Подхватилин (НПП «Дозор» ОАО «Концерн КЭМЗ»)**

*Рассмотрен синхронно-временной протокол обмена информацией, предназначенный для построения распределенных систем управления. Особенностью данного протокола является организация обмена данными в соответствии с общим расписанием, хранящимся в каждом узле сети. Описан механизм синхронизации времени в узлах, обеспечивающий точность синхронизации до 1 мкс.*

*Ключевые слова: распределенные системы управления, синхронизация времени, синхронно-временной протокол, обмен данными, расписание.*

Переход от централизованных систем управления к распределенным требует разработки соответствующих электронных компонентов, для которых существенное внимание уделяется таким требованиям, как наличие эффективных каналов связи, работающих в жестком реальном времени; пониженное энергопотребление; расширенный диапазон рабочей температуры; способность работать при некачественном электропитании. Современная тенденция построения распределенных систем управления состоит в интеграции блоков управления в управляемые ими агрегаты, датчики и исполнительные механизмы.

В связи с этим необходимо создание коммуникационных шин и сетевых протоколов, обеспечивающих взаимодействие компонентов распределенной системы управления друг с другом. В настоящее время широкое распространение получила комму-

никационная шина CAN, работающая под управлением одноименного протокола. Первоначально она была разработана для автомобилестроения. CAN — это событийный протокол с присвоением приоритета каждому сообщению индивидуально.

Протокол с использованием приоритетов для сообщений и узлов выгодно отличается тем, что критически важные сообщения будут доставлены в первую очередь. При этом время доставки сообщений с меньшим приоритетом оказывается нестабильным, оно зависит от загруженности шины сообщениями с большим приоритетом. Для задач регулирования, решаемых несколькими узлами распределенной системы управления совместно, требуется фиксированное время доставки сообщения, в этом случае транспортное запаздывание можно корректно учесть в алгоритме регулирования и настройках регулятора. Во многих случаях требуется доставка в заданное время всех сформированных узлом сообщений. Поэтому в дальнейшем перспективно использовать протоколы с передачей данных по расписанию.

НПП «Дозор» предлагается собственный синхронно-временной протокол (СВП), отличающийся тем, что передача сообщений каждым узлом распределенной системы осуществляется строго в определенный для него момент времени. Английское название данного протокола time-triggered

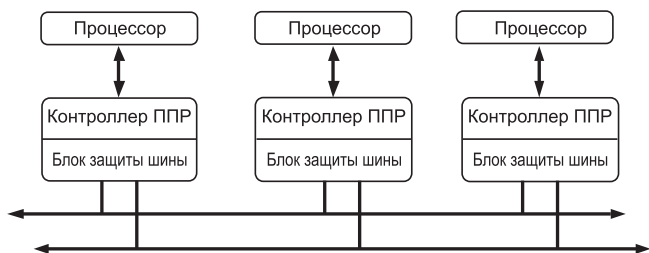


Рис. 1. Топология сети СВП

protocol (ТТР). Топология сети — дублированная шина (рис. 1).

Узлы в кластере соединены двумя шинами. При передаче сообщения каждый узел синхронно помещает на обе шины одинаковые копии сообщения. При приеме ожидается получение корректного сообщения хотя бы с одной шины. Данные защищаются 32-битной контрольной суммой.

Синхронно-временной протокол обеспечивает следующие основные функции:

- передачу сообщений между узлами кластера;
- соответствие заранее установленному расписанию;
- синхронизацию часов всех узлов;
- соблюдение целостности кластера;
- старт и останов узлов.

Основой работы СВП является наличие расписания, которое описывает один цикл обмена в кластере. Под кластером понимается комплекс соединенных шиной узлов сети, осуществляющих обмен данными по общему для всех узлов расписанию. Копия единого расписания хранится в каждом из узлов кластера. Расписание состоит из отрезков времени, называемых слотами. В каждом слоте выдает сообщение только один узел, остальные принимают. Слоты имеют четкие временные границы, выход за которые (при передаче) недопустим. Соблюдение указанных границ контролируется независимыми блоками защиты шины. Кластер может иметь несколько расписаний. Протокол обеспечивает возможность переключения между расписаниями.

Для синхронного обмена по единому расписанию необходима синхронизация часов всех узлов. Рассматриваемый протокол реализует распределенный алгоритм синхронизации, то есть нет выделен-

*Новая мысль появляется при сравнении двух предметов, которые еще не сравнивали.*

Клод-Адриан Гельвеций

ного «мастера», арбитра и т. д. Применение распределенной синхронизации обеспечивает большую живучесть системы по сравнению с решением, использующим единственный узел, ответственный за время в системе.

Каждый узел кластера имеет свой счетчик тактов шины. В идеальном случае эти счетчики во всех узлах должны быть абсолютно синхронны. Но, погрешности частот генераторов синхроимпульсов и задержки в линиях передачи приводят к расхождению значений этих счетчиков. Задачей входящего в состав узла блока синхронизации часов является снижение до минимума этих расхождений, для чего блок по специальному алгоритму рассчитывает общее среднее время кластера, а затем задерживает или наоборот ускоряет счетчик тактов узла в зависимости от того, отстает данный узел от вычисленного общего времени или, наоборот, опережает его. Рассмотренный механизм обеспечивает синхронизацию часов реального времени в узлах с точностью до 1 мкс.

Упрощенная функциональная схема контроллера СВП показана на рис. 2. Контроллер поддерживает связь с процессором по 16-разрядной параллельной шине данных или по интерфейсу SPI.

Расписание загружается в контроллер СВП программным обеспечением процессора и сохраняется в памяти расписания. После старта контроллера СВП эта память становится доступной только для чтения.

После старта контроллер СВП работает асинхронно по отношению к процессору, получая синхроимпульсы от отдельного генератора (хотя и может генерировать прерывания для процессора в соответствии с установками в регистрах управления). Процессор обменивается принимаемыми и передаваемыми данными через память данных. Если процессор не изменит выдаваемые данные в некотором цикле, то контроллером СВП будет повторно передана на шину старая копия данных.

Данные забираются от приемников и выдаются передатчикам блоком исполнения расписания, который, обращаясь в память расписания, получает описание каждого нового слота и инструкции, какие операции выполнить в этом слоте (выдать данные, принять данные, синхронизировать время и др.).

В выдаваемом сообщении каждый узел также дополнительно

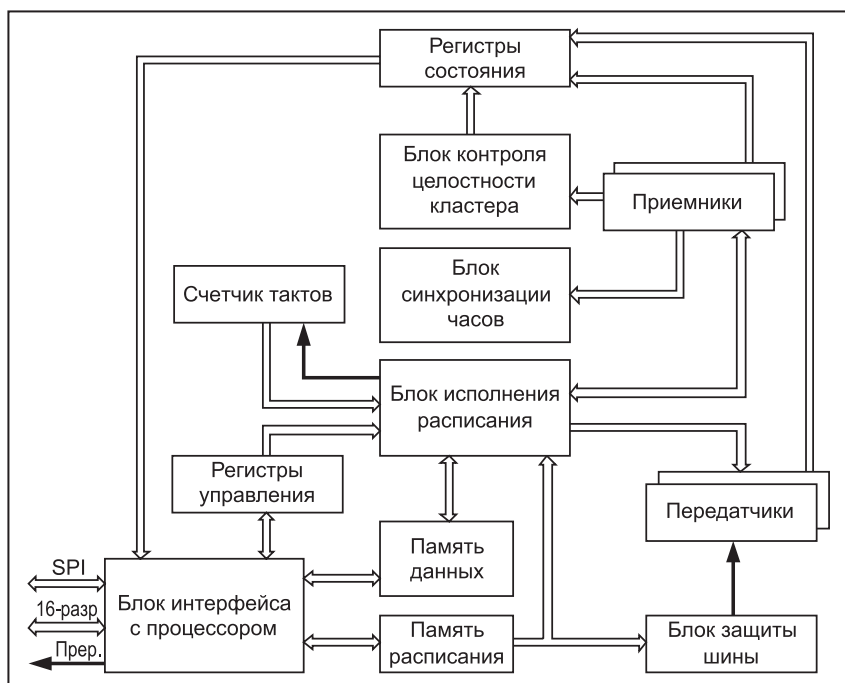


Рис. 2. Упрощенная функциональная схема контроллера СВП

перечисляет узлы, от которых он успешно принял сообщения в прошлом цикле. На основе этой информации каждый узел может заключить, слышал ли его предыдущее сообщение некоторый другой абонент шины (и слышал ли кто-либо вообще). Данная информация помещается в регистры статуса и, наряду с признаками состояния приемников, передатчиков и узла в целом, позволяет ПО определить ситуации потери связи, отказа передатчиков/приемников и пр.

Для контроля за соблюдением расписания и парирования отказа типа «болтун», когда некоторый узел пытается занять шину не в свое время, в контроллере СВП предусмотрен блок защиты шины. Он имеет вход для независимого генератора синхроимпульсов и запрещает работу передатчиков вне слотов выдачи для данного узла. Обнаружение отказавших узлов и парирование отказов выполняется в течение 1 мс.

Приемники/передатчики выполняют кодирование/декодирование кода Манчестер для передачи по последовательному каналу. Контроллер СВП не ориентирован на работу с конкретным физическим каналом, возможны реализации СВП поверх RS-485, Ethernet 100Base-SX, 100Base-TX, SpaceWire и др. В разработках НПП «Дозор» контроллер СВП

обеспечивает связь по шине RS-485 длиной до 120 м при скорости обмена 10 Мбит/с.

Рассмотренный синхронно-временной протокол обеспечивает жесткое реальное время в коммуникациях, данные от узла к узлу передаются строго в течение предопределенного времени, что особенно важно для задачи регулирования, исполняемой процессорами в нескольких узлах сети. Предлагаемый механизм синхронизации отличается высокой отказоустойчивостью, а малое время обнаружения отказов повышает живучесть распределенной САУ в целом.

НПП «Дозор» для реализации СВП-протокола в узлах распределенных САУ изготовлены на основе ПЛИС фирм Actel и Xilinx коммуникационные модули для комплексной системы управления (КСУ), системы управления общесамолетным оборудованием (СУОСО) и системы управления силовой установки. Создан прототип микросхемы, проведено тестирование абонентов сети. По результатам выпущена и передана на производство РКД для изготовления микросхемы контроллера ТТР. В перспективе планируется интеграция данной разработки в систему на кристалле. Изготовитель микросхемы — ЗАО «ПКК Миландр» (г. Зеленоград).

*Захаров Николай Анатольевич — канд. техн. наук, руководитель проектов,  
Клепиков Владимир Иванович — канд. техн. наук, заместитель руководителя по науке и новым технологиям,  
Подхватилин Дмитрий Станиславович — начальник отдела  
научно-производственное подразделение «Дозор» ОАО «Концерн КЭМЗ».  
Контактный телефон (495) 640-09-47.  
E-mail nazakharov@npp-dozor.ru*

### **Компания Banner Engineering предлагает инновационную кнопку аварийного останова с подсветкой и световой барьер безопасности с функцией подавления сигнала.**

*Первая кнопка останова, служащая индикатором включения и состояния*

Новая нажимная кнопка аварийного останова с 30-миллиметровым креплением (заявка на патент рассматривается в США) впервые одновременно выполняет функции обеспечения безопасности и яркой индикации состояния без подсоединения дополнительных компонентов. Сборка, индивидуальное подведение электропроводки или использование дополнительного корпуса не требуются: кнопка E-Stop повышает как производительность, так и уровень безопасности.

Основание кнопки подсвечивается желтым цветом, если она активирована, и оборудование функционирует или находится в состоянии готовности. После нажатия кнопки непрерывная желтая подсветка сменяется мигающим красным свечением, что позволяет быстро находить нажатую кнопку и сокращать потери времени на простои. Несколько кнопок могут быть соединены комплектами проводов серии CSS, а некоторые модели совместимы с популярными интерфейсами ввода/вывода шин систем обеспечения безопасности.

Кнопки аварийного останова с подсветкой предлагаются с 30-миллиметровым креплением в основании или в конфигурации для установки заподлицо. Они соответствуют требованиям Европейского Союза, предусмотренным стандартами ISO 13850 и IEC 60204-1.

**Встроенная функция подавления сигнала устраняет необходимость в установке внешнего модуля или контроллера**

Новый низкопрофильный световой барьер безопасности EZ-SCREEN компании Banner выполняет встроенную функцию по-

давления сигнала, позволяющую сокращать затраты на установку и выполнение электрических соединений. Предусмотрены семь предварительно запрограммированных вариантов подавления сигнала, в том числе режимы обхода (Bypass), блокировки в зависимости от параметров подавления сигнала (Mute-Dependent Override), включения функции подавления сигнала (Mute Enable) и различных продлений периода подавления сигнала для применения на выходе автоматизированных производственных участков типа L. Настройку параметров можно производить без помощи ПК или других устройств; набор двухпозиционных переключателей позволяет программировать функции стандартной световой завесы EZ-SCREEN.

Двухкомпонентное электронно-оптическое устройство сквозного контроля компактной конструкции создает сенсорный "барьер" выбранного размера (до 1,8 м) из синхронизированных инфракрасных лучей, защищающий от опасностей, создаваемых механическим оборудованием.

Низкопрофильный, потребляющий минимальное количество электроэнергии барьер рассчитан на использование в сочетании с небольшими производственными машинами, но достаточно устойчив к помехам, возникающим при эксплуатации крупногабаритных приводных прессов. Барьер прошел испытания с анализом характера и последствий отказов (FMEA), обеспечивающие надежность контроля, и сертифицирован независимой организацией как соответствующий требованиям Европейского Союза в качестве оборудования типа 4 (по стандарту IEC61496), категории 4 PLе (по стандарту EN/ISO 13849-1) и категории SIL3 (по стандарту IEC61508).

[Http://www.bannereurope.com](http://www.bannereurope.com) и [www.turck.ru](http://www.turck.ru)