

# РЕЗЕРВИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ СИНХРОНИЗАЦИИ ВРЕМЕНИ

Н.В. ДАНИЛОВ (ООО «НПП ЭКРА», г. Чебоксары)



В статье рассмотрен способ интеграции системы синхронизации времени в АСУТП и РЗА подстанционного оборудования. Особенности применения протоколов SNTP, IRIGB, PPS в условиях подстанции. Рассмотрен оптимальный способ резервирования серверов точного времени.

**Ключевые слова:** UTC, SNTP, PTP, CARP, IRIGB, PPS.

На сегодняшний день система синхронизации времени становится неотъемлемой частью подстанционного оборудования защиты, управления и мониторинга состояния энергообъекта. В соответствии с рекомендациями ОАО «ФСК ЕЭС», изложенными в документе «Концепция программно-аппаратного комплекса «Цифровая подстанция ЕНЭС», каждый объект энергетики должен иметь систему синхронизации измерений с привязкой к глобальному времени UTC с точностью до 1 мс. В соответствии с требованиями терминалы РЗА, контроллеры АСУТП, устройства цифрового ввода-вывода и другие интеллектуальные устройства объекта должны иметь

специальные входы синхронизации для ввода аппаратных импульсов синхронизации 1PPS дополнительно к протоколу SNTP (MODBUS), либо иметь поддержку протоколов синхронизации IRIGB или PTP [3, 4] (Precision Time Protocol).

Рассмотрим самый простой способ реализации системы с использованием протоколов SNTP и PPS. Данный способ позволяет получить точность синхронизации по классу  $T_5$  ( $\pm 1$  мкс МЭК 61850 90-5), на практике для получения меток времени событий, как правило, достаточно требований класса  $T_1$  ( $\pm 1$  мс). С точки зрения протокола (S) NTP, все абоненты сети являются серверами или клиентами. Заметим, что главное отличие протокола NTP от SNTP заключается в том, что протокол SNTP [1] не использует понятие «слой», обладая плоской архитектурой, где между источником точного времени и приемником нет посредников в виде других клиентов. Именно по этой причине NTP в чистом виде не применим на объектах со смешанным оборудованием, где клиент (терминал РЗА) не может и не должен выполнять функции NTP-сервера следующего слоя. На структурной схеме рисунка 1 можно увидеть, что все компьютеры и терминалы РЗА имеют равноправное положение, находясь на одном уровне иерархии с сервером точного времени. Также можно заметить, что большое количество клиентов, равно, как и малые интервалы между запросами клиентов, создают повышенный трафик, направленный в сторону источника точного времени.

Интервал SNTP запросов терминала РЗА, как правило, выбирается в зависимости от стабильности кварцевого генератора. Так, при

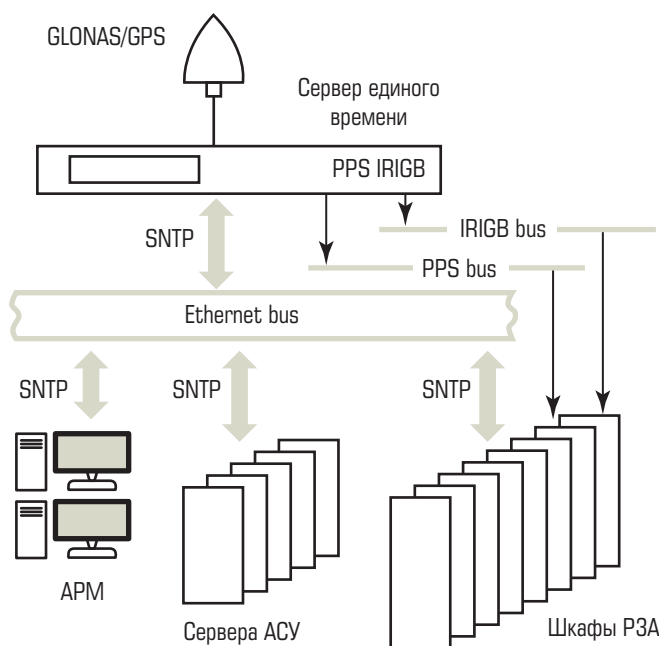


Рис. 1. Типовая схема синхронизации оборудования подстанции

стандартной точности кварца 20 ppm и максимально допустимом отклонении  $\pm 0,4$  мс интервал запросов клиента должен быть не более 20 секунд. Использование аппаратных импульсов PPS в данном случае позволяет скорректировать ошибки, связанные с непредсказуемостью задержек SNTP пакетов в Ethernet сети. Синхронизация промышленных компьютеров с такой же точностью – задача практически невыполнимая. Промышленный компьютер достаточно сложное устройство, предназначенное для обработки данных в отложенном времени, поэтому без специальных GPS/PPS модулей расширения максимально достижимая точность обычно находится в пределах  $\pm(20-100)$  мс. Погрешность синхронизации компьютера складывается из двух величин: погрешности вычисления смещения собственных часов относительно сервера ( $T_{\text{ош}}$ ) и дрейфа собственных часов в интервале между запросами ( $T_{\text{д}}$ ):  $T_{\Sigma} = T_{\text{ош}} + T_{\text{д}}$ . Соответственно, уменьшение интервала запросов к серверу до 20-30 секунд в целом способствует снижению общей погрешности.

Метки времени могут доставляться сервером либо по запросу клиента (Unicast mode), либо в широковещательном режиме (Broadcast/Multicast mode). Следует иметь в виду, что широковещательные посылки включены в протокол с целью уменьшить сетевой трафик клиент-сервер за счет незначительного снижения точности. Уменьшение точности возникает из-за того, что в односторонних посылках отсутствуют метки времени  $t_1-t_2$ , которые должны участвовать в процессе вычисления смещения часов клиента относительно сервера (рис. 2):

$$\Delta T = (t_4 - t_1) - (t_3 - t_2),$$

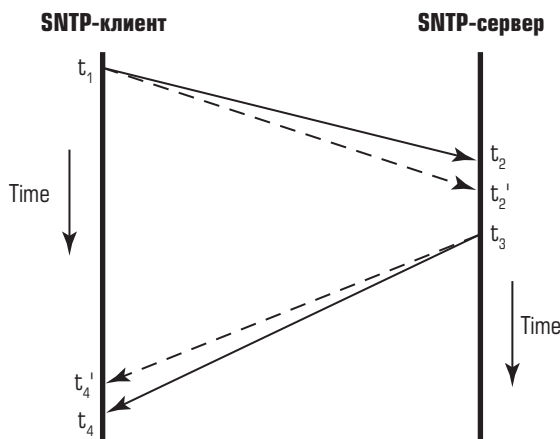
- где  $t_1$  – время отправки запроса клиентом;
- $t_2$  – время получения запроса сервером;
- $t_3$  – время отправки ответа сервером;
- $t_4$  – время получения ответа клиентом.

Клиент в этом случае должен использовать недостающие данные из последнего “Unicast” запроса, чтобы после этого пользоваться данными широковещательных рассылок. Возможно, по этой причине широковещательный режим сегодня не поддерживается во многих терминалах.

Как известно, резервирование играет ключевую роль в обеспечении надежности любого оборудования. В соответствии с этим, на объекте желательно иметь два источника точного

времени, включенных по схеме основной-резервный. При этом SNTP клиент, реализованный во всех терминалах РЗА, должен иметь настройки для альтернативного сервера и алгоритм выбора сервера, в том числе путем анализа полей “Reference Identifier” и “Precision” (см. RFC 2030). Трудности возникают из-за того, что некоторые терминалы РЗА не имеют программной поддержки 2-х и более SNTP серверов. Для того, чтобы разрешить эту проблему, надо организовать некий шлюз с единственным IP-адресом, который, с одной стороны, “видит” группу серверов точного времени, а с другой – сеть терминалов защиты. При этом запросы терминалов должны быть адресованы основному серверу и, в случае его отказа, перенаправлены резервному.

Подобную задачу решает известный протокол CARP (Common Address Redundancy Protocol) [2], созданный для резервирования сетевых шлюзов в 2003 году. CARP протокол поддерживается в оборудовании Cisco, а также OS Linux, FreeBSD, OpenBSD и других известных OS. Суть протокола состоит в том, что устройствам, входящим в группу резервирования, присваивается единственный виртуальный IP-адрес. Активное в данный момент устройство занимает виртуальный IP, в то время как неактивные устройства должны его освободить. В случае, если активное устройство перестало анонсировать свое состояние, то устройство с самым высоким приоритетом должно занять виртуальный IP, чтобы в дальнейшем выступать в роли ведущего. Новый мастер переключает на себя весь поток сообщений клиентов и остается в таком состоянии до появления мастера с более высоким приоритетом. В соот-



▲ Рис. 2. Обмен “Unicast” сообщениями между клиентом и сервером

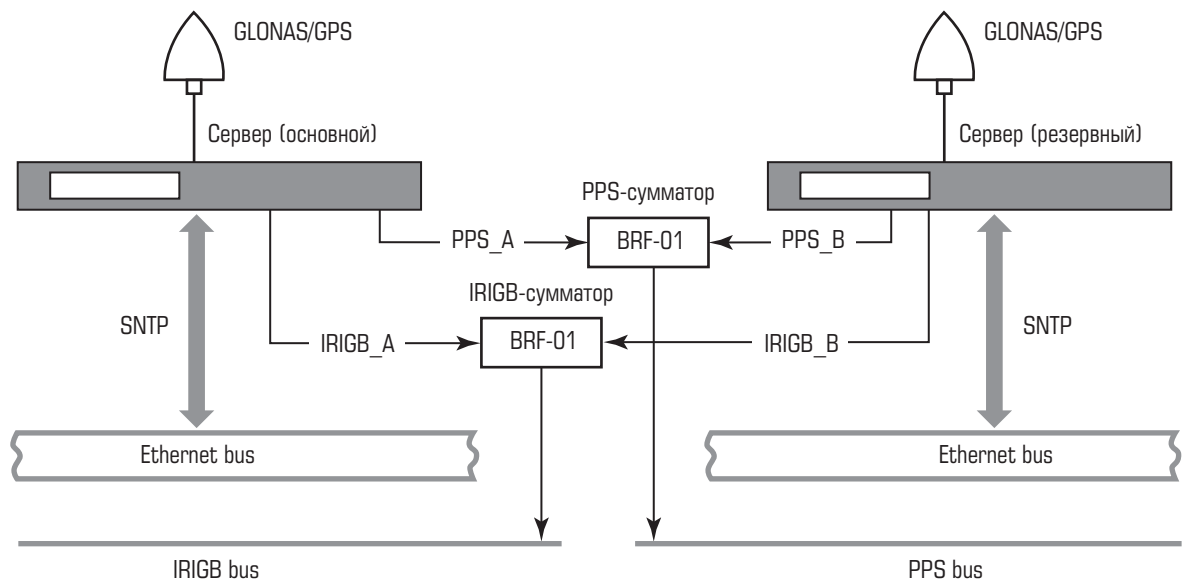


Рис. 3. Схема резервирования серверов точного времени

ветствии с протоколом CARP, повреждение одного из маршрутизаторов между серверами синхронизации приведет к образованию двух изолированных подсетей с последующей активизацией резервного сервера синхронизации, который будет обеспечивать метками времени свою подсеть.

Известный факт, что все вновь создаваемые протоколы, так или иначе, являются комбинацией уже существующих. Так, арбитражная логика протокола RTP [3, 4] по выбору наилучшего мастера во многом заимствована из протокола CARP [2], а методика вычисления смещения локальных часов протокола RTP в точности повторяет алгоритм вычисления смещения локальных часов протокола SNTP. Заметим, что RTP протокол первой версии [3] имел несколько адресов, по которым можно найти альтернативного мастера, но во второй версии адрес стал фиксированным, что показывает текущую тенденцию – процедура поиска мастера должна быть частью протокола синхронизации, а не частью приложения пользователя. Учитывая это, протокол CARP был включен в состав ПО “Устройства синхронизации единого времени СВ-02А”, что позволило обеспечить простое резервирование IP-адреса для двух и более SNTP серверов в одной локальной сети.

Методика резервирования аппаратных протоколов IRIGB и PPS требует несколько иного подхода, а сам алгоритм резервирования будем рассматривать только применительно к устройству СВ-02А. Для начала

будем исходить из того, что антенны серверов должны располагаться в зоне уверенного приема и плохое качество сигналов будет следствием неправильного монтажа системы. При отсутствии синхронизации срабатывает реле неисправности, после чего сервер переходит в автономный режим работы с удержанием частоты и фазы PPS импульса. Скорость “ухода” фазы PPS/IRIGB сигнала/телеграммы в автономном режиме не превышает 50 мкс/час. Так как одновременная потеря сигнала спутников обоими серверами маловероятна, то в соответствии с алгоритмом резервирования текущий мастер снижает свой приоритет, предоставляя возможность другому мастеру выступить в роли ведущего. Если имеется альтернативный мастер с приемлемым качеством сигнала, то текущий переходит в режим “Passive” с одновременной блокировкой всех протоколов, включая IRIGB и PPS.

При отсутствии альтернативы текущий мастер остается в автономном режиме до появления сигналов со спутников или альтернативного мастера с лучшими характеристиками. Полученные таким образом сигналы IRIGB/PPS от разных серверов складываются устройством BRF-01 по логике “ИЛИ”, на выходе которого можно получить резервированную аппаратную шину IRIGB и PPS (рис. 3). Описанная логика работы в части выбора наилучшего мастера заимствована из протокола RTPv2, но в отличии от спецификации IEEE1588 распространяется на все программ-

ные и аппаратные протоколы синхронизации, входящие в состав “Устройства синхронизации единого времени СВ-02А” (рис. 4).

#### Протоколы:

- GPS/GLONASS;
- SNTP v3;
- SNMP v2c;
- IRIGB-007;
- NMEA-0183;
- PPS, PPM;
- PTP v.2 Two-Step GrandMaster (E2E/P2P);
- CARP (резервирование IP).

#### Интерфейсы:

- 2Ethernet 10/100Mbit;
- 1RS485;
- 2RS422;
- 2TTL;
- 2Fx.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложенный метод позволяет без дополнительных затрат организовать резервирование серверов точного времени через SNTP шлюз с фиксированным IP-адресом.
2. Дополнительное резервирование протоколов IRIGB, PPS позволяет обеспечить полноценное резервирование системы синхронизации времени.



Рис. 4. Устройство синхронизации единого времени СВ-02А ООО НПП “ЭКРА”

3. Положительные результаты испытаний в условиях полигона ООО “НПП ЭКРА” показали высокую эффективность и отказоустойчивость схемы резервирования серверов точного времени.

#### Список литературы

1. *RFC 2030* “Simple Network Time Protocol (SNTP) Version 4 for IPv4, IPv6 and OSI”.
2. “The Common Address Redundancy Protocol (CARP)” <http://www.openbsd.org/faq/faq6.html#CARP>
3. *IEEE Std. 1588-2002*: IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems.
4. *IEEE Std. 1588-2008*: “Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems”.

*Данилов Николай Владиславович – заведующий сектором отдела систем автоматизации НПП “ЭКРА”.*

#### НОВОСТИ

1783 зн. с проб.