

РЕЗЕРВИРОВАНИЕ СЕТЕВЫХ ПРОГРАММНЫХ КАНАЛОВ ОБМЕНА ДАННЫМИ В БОЛЬШИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АСУ ТП АЭС

Бывайков М.Е.

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва ул. Профсоюзная д.65
lab31.5@mail.ru*

Аннотация: рассматривается задача резервирования сетевых каналов обмена данными в системе верхнего уровня АСУ ТП АЭС. Предлагаются методы решения этой задачи и алгоритмы, реализованные в программном обеспечении АСУ ТП АЭС.

Ключевые слова: атомная электростанция (АЭС), автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП), система верхнего уровня (СВУ), программное обеспечение, резервирование сетевых каналов обмена данными.

Введение

Автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП) атомных электростанций (АЭС) является крупномасштабной промышленной системой. Система верхнего уровня (СВУ) выполняет функции интегрирующего ядра АСУ ТП АЭС. В данной работе рассматривается программный продукт [1-3], разработанный в Институте проблем управления им. В.А.Трапезникова Российской академии наук. Далее будем называть этот программный продукт программным обеспечением (ПО) СВУ.

Для обеспечения надежности функционирования АСУ ТП обмен данными между СВУ и системами нижнего уровня (СНУ) АСУ ТП АЭС [4,5], а также обмен данными между элементами СВУ реализуется с использованием резервированных сетевых программных каналов.

Данная работа содержит краткое описание методов обмена данными с использованием резервированных программных каналов для ПО СВУ АСУ ТП энергоблоков АЭС «Бушер-1» (Иран), «Куданкулам-1,2» (Индия), введенных в эксплуатацию, а также для строящихся энергоблоков «Куданкулам-3,4».

1 Методы обмена данными по резервированным сетевым программным каналам

Программно-технический комплекс (ПТК) СВУ включает компьютерные технические средства следующих типов [1-3]:

- рабочие станции (РС), входящие в состав автоматизированных рабочих мест (АРМ) операторов, осуществляющих контроль и управление технологическими процессами АСУ ТП АЭС;
- серверы для обработки и хранения данных, поступающих от СНУ АСУ ТП АЭС и от АРМ СВУ операторов.

Для реализации обмена данными между СВУ и СНУ АСУ ТП АЭС используются шлюзы в составе ПТК СНУ.

Обмен данными с использованием сетевых программных каналов ПО СВУ выполняется по схеме клиент-сервер. В программных каналах между РС СВУ и серверами СВУ функции клиента выполняет ПО РС СВУ, функции сервера выполняет ПО сервера СВУ. В программных каналах между серверами СВУ и шлюзами ПТК СНУ функции клиента выполняет ПО сервера СВУ, функции клиента выполняет ПО шлюза ПТК СНУ.

Для обмена данными используется резервированная (дублированная) локальная вычислительная сеть (ЛВС).

ПО каждого клиента обменивается данными с ПО основного или резервного сервера с использованием основной или резервной ЛВС.

Обмен пакетами данных по резервированным программным каналам выполняется с использованием сетевого протокола TCP/IP [6].

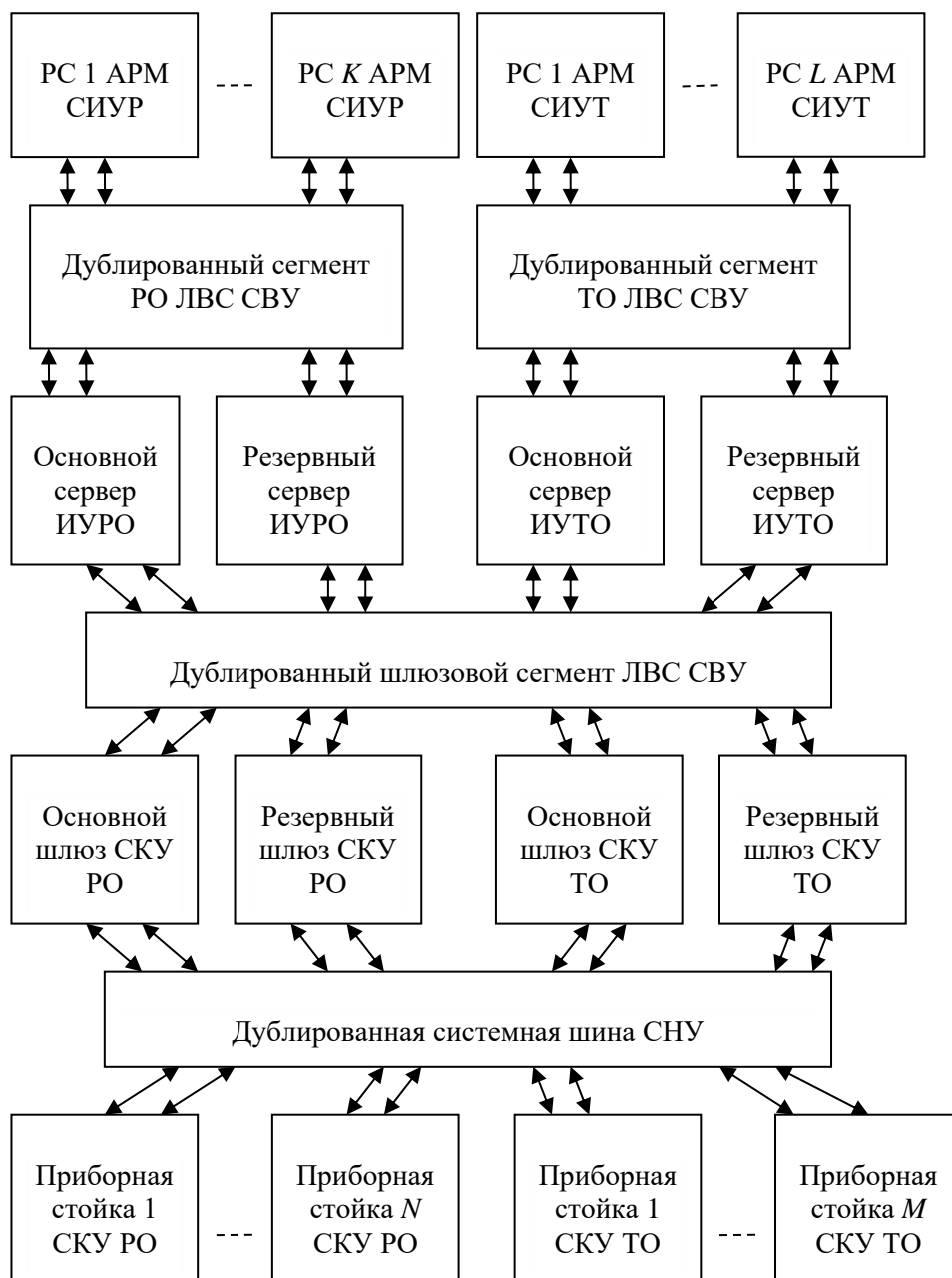


Рис. 1. Схема сетевых резервированных каналов обмена данными между ПО СВУ и ПО СНУ АСУ ТП АЭС

На рис.1 представлена схема резервированного обмена данными между ПО СВУ и ПО СНУ:

- N приборными стойками СНУ системы контроля и управления реакторным отделением (СКУ РО);
- M приборными стойками системы контроля и управления турбинным отделением (СКУ ТО);
- основным и резервным шлюзами СКУ РО;
- основным и резервным шлюзами СКУ ТО;
- основным и резервным серверами информационно-управляющей системы реакторным отделением (ИУРО) СВУ;
- основным и резервным серверами информационно-управляющей системы турбинным отделением (ИУТО) СВУ;
- K PC АРМ сменных инженеров управления реакторного отделения (СИУР) СВУ;
- L PC АРМ сменных инженеров управления турбинного отделения (СИУТ) СВУ.

Обмен данными по сетевым резервированным каналам реализован по следующим правилам:

- каналы связи с ПО основного и резервного серверов по основной и резервной ЛВС открываются и закрываются по инициативе ПО клиента;

- ПО клиента посылает в ПО сервера запрос на обновление данных, в ответ на который получает от ПО сервера информацию о всех обновлениях, произошедших после ответа на предыдущий запрос;
- для каждого канала обмена данными используются отдельно: линия связи для чтения данных и линия связи для записи данных;
- для обмена данными между ПО клиента и ПО сервера используется один из 4-х резервированных каналов связей: с ПО основного или резервного сервера по основной или резервной ЛВС;
- ПО клиента автоматически переключается на другой (резервный) канал связи с ПО сервера в случае потери связи (разрыва канала), используемой для обмена данными в текущий момент;
- признаком потери связи ПО клиента с ПО сервера служит: разрыв программного канала, диагностируемого по протоколу TCP/IP или, если после отправки запроса на обновление данных ПО клиента не получает от ПО сервера ответа в течение интервала времени, превышающего заданный интервал (таймаут);
- для диагностики каналов связи ПО клиента и ПО сервера циклически обмениваются дополнительными контрольными посылками для обеспечения постоянной диагностики каналов, которые в текущий момент не используются для обмена данными (находятся в состоянии резерва) или при отсутствии текущих обновлений данных.

Сформулированные правила обеспечивают надежный обмен данными между ПО СВУ и ПО шлюзов ПТК СЧУ в условиях больших объемов баз данных и больших интенсивностей потоков данных в АСУ ТП АЭС.

2 Описание резервированных сетевых программных каналов обмена данными

В терминах языка логического программирования ABIS [7], являющегося базовым в комплексе программ [1-3], резервированные сетевые программные каналы (реализующие методы, описанные в разделе 1) можно описать следующим образом.

Основные понятия в языке ABIS - база данных и база знаний.

База данных состоит из фактов (кортежей реляционной базы данных) [8], которые сгруппированы по подмножествам (наборам) фактов.

Основным элементом базы данных ПО СВУ, описывающим обмен данными между элементами ПО, служит понятие канала, которое соответствует отношению языка ABIS (отношению реляционной базы данных) вида:

$$\text{Channel} (A, D, T, S, W, R) \quad (1)$$

с атрибутами:

A - символьный идентификатор элемента ПО СВУ, который функционирует локально на конкретном компьютерном техническом средстве;

D - символьный идентификатор удаленного элемента ПО СВУ, который функционирует на другом техническом средстве и с которым элемент *A* устанавливает каналы связи;

T - символьный код типа элемента *A*, принимающий значения: Client или Server соответственно для элемента, выполняющего в схеме обмена данными функции клиента или сервера;

S - символьный код состояния канала обмена данными;

W - численный идентификатор линии связи для записи пакетов данных;

R - численный идентификатор линии связи для чтения пакетов данных.

Символьный код *S* типа состояния канала обмена данными может принимать значения:

Opening – канал закрыт и локальный элемент ПО СВУ пытается открыть канал;

Opened – канал открыт;

Ascerting – локальный элемент ПО СВУ ожидает получить от удаленного элемента ПО СВУ запрос на открытие линии связи для чтения данных;

Ascerted – открыта линия связи для чтения пакетов данных;

Connecting – локальный элемент ПО СВУ посылает удаленному элементу ПО СВУ запросы на открытие линии связи для записи пакетов данных;

Connected – открыта линия связи для записи пакетов данных;

Reading – локальный элемент ПО СВУ ожидает получить от удаленного элемента ПО СВУ пакеты данных по линии связи для чтения данных;

Read_done – локальный элемент ПО СВУ получил от удаленного элемента ПО СВУ пакеты данных по линии связи для чтения данных;

Writing – локальный элемент ПО СВУ пытается отправить удаленному элементу ПО СВУ пакеты данных по линии связи для записи данных;

Written – локальный элемент ПО СВУ отправил удаленному элементу ПО СВУ пакеты данных по линии связи для записи данных;

Closing – связь по каналу потеряна;

Closed – канал закрыт.

Для описания состояния резервирования сетевых каналов используется отношение языка ABIS вида:

$$\text{Channel_Standby} (A, D, T, S, C) \quad (2)$$

с атрибутом:

C - символьный код состояния резервирования ЛВС СВУ, принимающий значения Primary или Standby соответственно при использовании для обмена данными основного или резервного каналов.

Для каждого локального элемента ПО СВУ база данных СВУ включает подмножество (набор) фактов языка ABIS для отношения Channel, описывающих каналы обмена данными с различными (основными или резервными) удаленными элементами ПО СВУ с использованием основной или резервной ЛВС СВУ. Каждый *i*-ый канал для локального элемента ПО СВУ может быть описан фактами (кортежами) языка ABIS (отношением с определенными значениями атрибутов):

$$\text{Channel} (A[i], D[i], T[i], S[i], W[i], R[i]) \quad (3)$$

База знаний языка ABIS состоит из правил дедуктивного логического вывода.

Далее при описании правил базы знаний используются следующие обозначения:

- в условной части правила (после ключевого слова “Если”):

“==” – условие “равно”,

“!=” – условие “не равно”;

- в исполняемой части правила (после ключевого слова “То”):

“=” – операция присвоения переменной, записанной в левой части, значения выражения, записанного в правой части;

“выполнить” – выполнение типового программного модуля, написанного на языке ABIS и выполняющего одну из операций обмена данными.

Типовые программные модули для операций обмена данными, выполняемые с подстановкой параметров, включают:

Connect (*A[i]*, *D[i]*) – посылка удаленному элементу ПО СВУ *D[i]* запроса на открытие линии связи для записи пакетов данных; при успешном выполнении модуля идентификатор открытой линии связи присваивается атрибуту *W[i]*, изменяется состояние канала *S[i]*;

Асерт (*A[i]*, *D[i]*) – проверка поступления от удаленных элементов ПО запросов на открытие линии связи для чтения пакетов данных; при получении запроса идентификатор открытой линии связи присваивается атрибуту *R[i]*, изменяется состояние канала *S[i]*;

Write (*W[i]*, *E[i]*) – посылка удаленному элементу ПО линии связи с идентификатором *W[i]* данных, содержащихся в наборе фактов с числовым идентификатором *E[i]*, изменяется состояние канала *S[i]*;

Read (*R[i]*, *F[i]*) – проверка поступления данных от удаленного элемента ПО по линии связи с идентификатором *R[i]*, данные (в случае их поступления) записываются в набор фактов с числовым идентификатором *F[i]*, изменяется состояние канала *S[i]*;

Close (*A[i]*, *D[i]*) – закрытие линий связи с идентификаторами *W[i]*, *R[i]*, изменяется состояние канала *S[i]*.

Алгоритмы обмена данными по резервированным сетевым программным каналам выполняются в циклах работы локальных элементов ПО СВУ.

Для описания сетевых программных каналов элементов ПО СВУ, выполняющих в схеме обмена данными функции клиента, используются факты языка ABIS:

$$\text{Channel} (A[i][j][k], D[i][j][k], \text{Client}, S[i][j][k], W[i][j][k], R[i][j][k]) \quad (4)$$

где *j* принимает значения: 0 для основного удаленного элемента ПО, 1 для резервного удаленного элемента ПО;

k принимает значения: 0 для основной ЛВС СВУ, 1 для резервной ЛВС СВУ;

$$\text{Channel_Standby} (AN[i][j], DN[i][j], \text{Client}, SN[i][j], CN[i][j]) \quad (5)$$

для состояния резервирования ЛВС СВУ в каналах с удаленными элементами ПО;

$$\text{Channel_Standby} (AS[i], DS[i], \text{Client}, SS[i], CS[i]) \quad (6)$$

для состояния резервирования канала с выбором основного или резервного удаленного элемента ПО.

Для описания элементов ПО СВУ, выполняющих в схеме обмена данными функции сервера, используются факты языка ABIS:

$$\text{Channel} (A[i][k], D[i][k], \text{Server}, S[i][k], W[i][k], R[i][k]) \quad (7)$$

где k принимает значения: 0 для основной ЛВС СВУ, 1 для резервной ЛВС СВУ;

$$\text{Channel_Standby} (AN[i], DN[i], \text{Server}, SN[i], CN[i]) \quad (8)$$

для состояния резервирования ЛВС СВУ в каналах с удаленными элементами ПО.

Для локального элемента ПО, выполняющего функции сервера, не определены понятия основного и резервного клиентов. Обмен данными со всеми удаленными элементами ПО, которые выполняют функции клиента и устанавливают каналы связи с этим локальным элементом ПО, выполняется по одинаковым правилам.

3 Алгоритмы обмена данными по резервированным сетевым программным каналам

Перед началом цикла работы локального элемента ПО для всех состояний каналов устанавливается *Opening*, для всех состояний резервирования устанавливается *Primary*.

Цикл работы элементов ПО СВУ, выполняющих в схеме обмена данными функции клиента, включает следующие правила:

Правила К.1

Послать основному и резервному удаленным элементам ПО СВУ запросы на открытие линий связи для записи пакетов данных по основной и резервной ЛВС СВУ:

Если $S[i][j][k] == \text{Opening}$

То выполнить $\text{Connect} (A[i][j][k], D[i][j][k])$.

Правила К.2

В случае успешности выполнения Правил К.1 перевести соответствующие каналы в состояние ожидания от удаленных элементов ПО СВУ ответных запросов на открытие линии связи для чтения данных:

Если $S[i][j][k] == \text{Connected}$

То $S[i][j][k] = \text{Accepting}$.

Правила К.3

Проверить поступление от удаленных элементов ПО СВУ ответных (после выполнения Правил К.1, К2) запросов на открытие линий связи для чтения пакетов данных и в случаях успешного поступления запросов перевести соответствующие каналы в состояние ожидания пакетов данных по линиям связи для чтения данных:

Если после выполнения $\text{Accept} (A[i][j][k], D[i][j][k])$

$S[i][j][k] == \text{Accepted}$

То $S[i][j][k] = \text{Reading}$.

Правила К.4

Переключение состояние каналов обмена данными с основным или резервным удаленными элементами ПО СВУ с использованием основной или резервной ЛВС СВУ:

Если $S[i][0][0] != \text{Reading}$ и $S[i][0][1] == \text{Reading}$ и $CN[i][0] == \text{Primary}$

То $CN[i][0] = \text{Standby}$

(переключение на резервную ЛВС СВУ для основного удаленного элемента ПО СВУ).

Если $S[i][0][1] != \text{Reading}$ и $S[i][0][0] == \text{Reading}$ и $CN[i][0] == \text{Standby}$

То $CN[i][0] = \text{Primary}$

(переключение на основную ЛВС СВУ для основного удаленного элемента ПО СВУ).

Если $S[i][1][0] != \text{Reading}$ и $S[i][1][1] == \text{Reading}$ и $CN[i][1] == \text{Primary}$

То $CN[i][1] = \text{Standby}$

(переключение на резервную ЛВС СВУ для резервного удаленного элемента ПО СВУ).

Если $S[i][1][1] != \text{Reading}$ и $S[i][1][0] == \text{Reading}$ и $CN[i][1] == \text{Standby}$

То $CN[i][1] = \text{Primary}$

(переключение на основную ЛВС СВУ для резервного удаленного элемента ПО СВУ).

Если $S[i][j][0] == \text{Reading}$ или $S[i][j][1] == \text{Reading}$

То $SN[i][j] == \text{Reading}$

Если $SN[i][0] != \text{Reading}$ и $SN[i][1] == \text{Reading}$ и $CS[i] == \text{Primary}$

То $CS[i] = \text{Standby}$

(переключение на резервный удаленный элемент ПО СВУ).

Если $SN[i][1] != \text{Reading}$ и $SN[i][0] == \text{Reading}$ и $C[i] == \text{Standby}$

To $CS[i] = \text{Primary}$

(переключение на основной удаленный элемент ПО СВУ).

Правила К.5

Проверка поступления данных от удаленного резервированного элемента ПО и запись данных (в случае их поступления) в набор фактов $F[i]$:

Если $CS[i] == \text{Primary}$ и $CN[i][0] == \text{Primary}$ и $S[i][0][0] == \text{Reading}$

To выполнение $\text{Read} (R[i][0][0], F[i])$.

Если $CS[i] == \text{Primary}$ и $CN[i][0] == \text{Standby}$ и $S[i][0][1] == \text{Reading}$

To выполнение $\text{Read} (R[i][0][1], F[i])$.

Если $CS[i] == \text{Standby}$ и $CN[i][1] == \text{Primary}$ и $S[i][1][0] == \text{Reading}$

To выполнение $\text{Read} (R[i][1][0], F[i])$.

Если $CS[i] == \text{Standby}$ и $CN[i][1] == \text{Standby}$ и $S[i][1][1] == \text{Reading}$

To выполнение $\text{Read} (R[i][1][1], F[i])$.

Если $CS[i] == \text{Primary}$ и $CN[i][0] == \text{Primary}$ и $S[i][0][0] == \text{Read_done}$

To $S[i][0][0] = \text{Reading}$, обработка данных из набора фактов $F[i]$.

Если $CS[i] == \text{Primary}$ и $CN[i][0] == \text{Standby}$ и $S[i][0][1] == \text{Read_done}$

To $S[i][0][1] = \text{Reading}$, обработка данных из набора фактов $F[i]$.

Если $CS[i] == \text{Standby}$ и $CN[i][1] == \text{Primary}$ и $S[i][1][0] == \text{Read_done}$

To $S[i][1][0] = \text{Reading}$, обработка данных из набора фактов $F[i]$.

Если $CS[i] == \text{Standby}$ и $CN[i][1] == \text{Standby}$ и $S[i][1][1] == \text{Read_done}$

To $S[i][1][1] = \text{Reading}$, обработка данных из набора фактов $F[i]$.

Правила К.6

Посылка удаленному резервированному элементу ПО данных, содержащихся в наборе фактов $E[i]$:

Если $CS[i] == \text{Primary}$ и $CN[i][0] == \text{Primary}$ и $S[i][0][0] == \text{Reading}$

To $S[i][0][0] = \text{Writing}$, выполнение $\text{Write} (W[i][0][0], E[i])$.

Если $CS[i] == \text{Primary}$ и $CN[i][0] == \text{Standby}$ и $S[i][0][1] == \text{Reading}$

To $S[i][0][1] = \text{Writing}$, выполнение $\text{Write} (W[i][0][1], E[i])$.

Если $CS[i] == \text{Standby}$ и $CN[i][1] == \text{Primary}$ и $S[i][1][0] == \text{Reading}$

To $S[i][1][0] = \text{Writing}$, выполнение $\text{Write} (W[i][1][0], E[i])$.

Если $CS[i] == \text{Standby}$ и $CN[i][1] == \text{Standby}$ и $S[i][1][1] == \text{Reading}$

To $S[i][1][1] = \text{Writing}$, выполнение $\text{Write} (W[i][1][1], E[i])$.

Если $CS[i] == \text{Primary}$ и $CN[i][0] == \text{Primary}$ и $S[i][0][0] == \text{Written}$

To $S[i][0][0] = \text{Reading}$.

Если $CS[i] == \text{Primary}$ и $CN[i][0] == \text{Standby}$ и $S[i][0][1] == \text{Written}$

To $S[i][0][1] = \text{Reading}$.

Если $CS[i] == \text{Standby}$ и $CN[i][1] == \text{Primary}$ и $S[i][1][0] == \text{Written}$

To $S[i][1][0] = \text{Reading}$.

Если $CS[i] == \text{Standby}$ и $CN[i][1] == \text{Standby}$ и $S[i][1][1] == \text{Written}$

To $S[i][1][1] = \text{Reading}$.

Правила К.7

Закрытие каналов при возникновении состояния Closing после выполнения модулей Read, Write :

Если $S[i][j][k] == \text{Closing}$

To выполнение $\text{Close} (A[i][j][k], D[i][j][k])$.

Если $S[i][j][k] == \text{Closed}$

To $S[i][j][k] = \text{Opening}$.

Цикл работы элементов ПО СВУ, выполняющих в схеме обмена данными функции сервера, включает следующие правила:

Правила С.1

Проверить поступление от удаленных элементов ПО СВУ запросов на открытие линий связи для чтения пакетов данных и в случаях успешного поступления запросов перевести соответствующие каналы в состояние ответных запросов на открытие линий связи для записи пакетов данных:

Если после выполнения $\text{Accept} (A[i][k], D[i][k])$

$S[i][k] == \text{Accepted}$

To $S[i][k] = \text{Connecting}$.

Правила С.2

Послать удаленным элементам ПО СВУ (в ответ на запросы согласно Правилам С.1) запросы на открытие линий связи для записи пакетов данных по основной и резервной ЛВС СВУ:

Если $S[i][k] == \text{Connecting}$

То выполнить $\text{Connect} (A[i][k], D[i][k])$.

Правила С.3

В случае успешности выполнения Правил С.2 перевести соответствующие каналы в состояние ожидания пакетов данных по линиям связи для чтения данных:

Если $S[i][k] == \text{Connected}$

То $S[i][k] = \text{Reading}$.

Правила С.4

Переключение состояние каналов обмена данными с удаленными элементами ПО СВУ с использованием основной или резервной ЛВС СВУ:

Если $S[i][0] != \text{Reading}$ и $S[i][1] == \text{Reading}$ и $CN[i] == \text{Primary}$

То $CN[i] = \text{Standby}$

(переключение на резервную ЛВС СВУ).

Если $S[i][1] != \text{Reading}$ и $S[i][0] == \text{Reading}$ и $CN[i] == \text{Standby}$

То $CN[i] = \text{Primary}$

(переключение на основную ЛВС СВУ).

Правила С.5

Проверка поступления данных от удаленного резервированного элемента ПО и запись данных (в случае их поступления) в набор фактов $F[i]$:

Если $CN[i] == \text{Primary}$ и $S[i][0] == \text{Reading}$

То выполнение $\text{Read} (R[i][0], F[i])$.

Если $CN[i] == \text{Standby}$ и $S[i][1] == \text{Reading}$

То выполнение $\text{Read} (R[i][1], F[i])$.

Если $CN[i] == \text{Primary}$ и $S[i][0] == \text{Read_done}$

То $S[i][0] = \text{Reading}$, обработка данных из набора фактов $F[i]$.

Если $CN[i] == \text{Standby}$ и $S[i][1] == \text{Read_done}$

То $S[i][1] = \text{Reading}$, обработка данных из набора фактов $F[i]$.

Правила С.6

Посылка удаленному резервированному элементу ПО данных, содержащихся в наборе фактов $E[i]$:

Если $CN[i] == \text{Primary}$ и $S[i][0] == \text{Reading}$

То $S[i][0] = \text{Writing}$, выполнение $\text{Write} (W[i][0], E[i])$.

Если $CN[i] == \text{Standby}$ и $S[i][1] == \text{Reading}$

То $S[i][1] = \text{Writing}$, выполнение $\text{Write} (W[i][1], E[i])$.

Если $CN[i] == \text{Primary}$ и $S[i][0] == \text{Written}$

То $S[i][0] = \text{Reading}$.

Если $CN[i] == \text{Standby}$ и $S[i][1] == \text{Written}$

То $S[i][1] = \text{Reading}$.

Правила С.7

Закрытие каналов при возникновении состояния Closing после выполнения модулей Read , Write :

Если $S[i][k] == \text{Closing}$

То выполнение $\text{Close} (A[i][k], D[i][k])$.

Если $S[i][k] == \text{Closed}$

То $S[i][k] = \text{Opening}$.

Заключение

В данной работе рассмотрены методы обмена данными по резервированным сетевым программным каналам между ПО СВУ от ПО СНУ, входящих в АСУ ТП АЭС. Алгоритмы реализации этих методов описаны в терминах языка логического программирования ABIS.

Рассмотренные методы и алгоритмы можно рекомендовать для использования не только в АСУ ТП АЭС, но также в автоматизированных системах контроля и управления другими сложными техническими объектами.

Литература

1. Бывайков М.Е., Жарко Е.Ф., Менгазетдинов Н.Э., Полетыкин А.Г., Прангшвили И.В., Промыслов В.Г. Опыт проектирования и внедрения системы верхнего блочного уровня АСУ ТП АЭС // Автоматика и Телемеханика, 2006, № 5, С. 65-79.
2. Менгазетдинов Н.Э., Бывайков М.Е., Зуенков М.А., Промыслов В.Г., Полетыкин А.Г. и др. Комплекс работ по созданию первой управляющей системы верхнего блочного уровня АСУ ТП для АЭС "Бушер" на основе

отечественных информационных технологий [Электронный ресурс]: монография. М.: ИПУ РАН, 2013. – ISBN 978-5-91450-130-0.

2. *Полетыкин А.Г., Жарко Е.Ф., Менгазетдинов Н.Э., Промыслов В.Г.* Новое поколение систем верхнего уровня и промышленная концепция 4.0 в АСУ ТП АЭС // Труды Десятой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» MLSD 2017. М.: ИПУ РАН. С. 1-5.
4. *Бармаков Ю.Н.* Средства автоматизации, разрабатываемые ВНИИА в рамках программы развития атомной энергетики России // Автоматизация в промышленности, 2006, , № 8, С. 49-51.
5. *Мирошник Ю.М., Овчинников В.Н., Пелеганчук Ю.И., Пронякин А.В., Семичастнов В.О., Фельдман М.Е., Шермаков В.Е.* Управляющая система безопасности АЭС // Ядерные измерительно-информационные технологии, 2004, № 1, С. 17-29.
6. *Фейт С.* TCP/IP: Архитектура, протоколы, реализация (включая IP версии 6 и IP Security). М: Издательство «Лори», 2000. – ISBN 0-07-021389-5.
7. *Бывайков М.Е.* Язык ABIS. Описание языка [Электронный ресурс]: монография. М.: ИПУ РАН, 2013.– ISBN 978-5-91450-128-7.
8. *Бойко В.В., Савинков В.М.* Проектирование баз данных информационных систем. М: Финансы и статистика, 1989.