

# Подходы к созданию технологических сетей связи для целей противоаварийного управления на базе распределенных вычислительных систем с распределенной структурой



Авторы статьи рассматривают различные подходы к созданию системы для эффективного управления энергетическими объектами. Более перспективным представляется подход, при котором сеть связи является частью распределенной вычислительной системы с программируемой структурой.

ЗАО «Институт автоматизации энергетических систем»,  
Институт физики полупроводников СО РАН им. А.В. Ржанова

Для эффективного управления энергетическими объектами необходимо обеспечить бесперебойное функционирование системы управления и высокое быстродействие ее компонентов. Один из перспективных подходов заключается в использовании вычислительных систем (ВС) с программируемой структурой для решения задач данного класса [1–5].

Исследования в данном направлении проводятся в течение долгого времени. Так, в середине 80-х годов прошлого века была разработана специализированная распределенная операционная система МИКРОС [1–3]. Цель ее создания – высокоэффективное параллельное решение задач с обеспечением услуг, предоставляемых сетями ЭВМ.

В [4] предложены современные подходы к разработке распределенных ВС с точки зрения управления энергетическими объектами.

Для современных систем управления энергообъектами, с массовым внедрением микропроцессорных устройств, характерна интеграция их в единую сеть с целью сбора информации и управления. При этом связь между устройствами на физическом уровне строится, как правило, на базе шинной архитектуры. Существует тенденция перехода на полностью цифровые подстанции,

в этом случае через цифровую сеть связи должны в реальном времени передаваться как измеряемые величины, так и команды на исполнительные устройства. Фактически сеть связи на цифровой подстанции является активным элементом контура управления. Это обуславливает возрастающие требования по надежности к сетевому оборудованию, которые должны быть аналогичными требованиям по надежности устройств РЗ и ПА. Такие же требования предъявляются и к устройствам РЗ и ПА. Однако традиционные подходы обеспечения надежности сети связи имеют ряд очевидных недостатков:

1. Наличие большого числа дополнительного активного обо-

рудования в контуре управления, используемого только для организации сети связи.

2. Значительное усложнение эксплуатации системы за счет необходимости обслуживания сетевой инфраструктуры.

3. Необходимость привлечения IT-специалистов для обслуживания устройств, работающих в контуре управления.

Более перспективным представляется подход, при котором сеть связи (и объединенные ею микропроцессорные устройства) является частью распределенной ВС с программируемой структурой. Данный подход обладает, по сравнению с традиционными, следующими преимуществами:



▲ Пример шкафов противоаварийного управления производства ЗАО «ИАЭС»

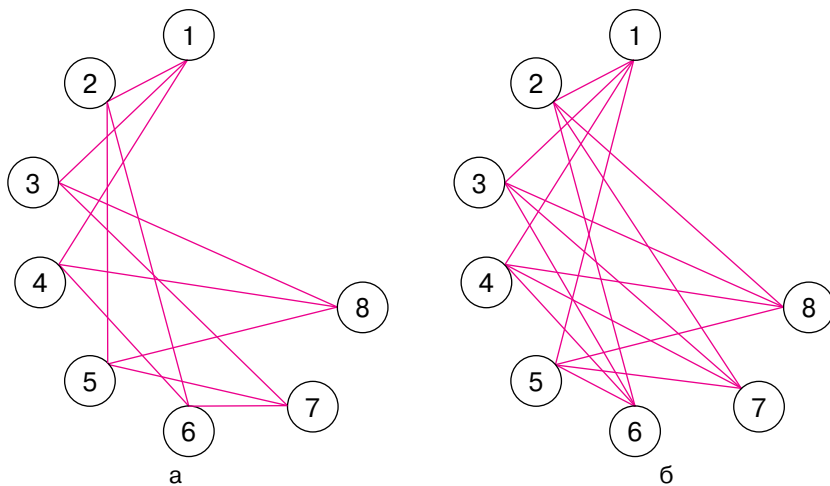


Рис. 1. Примеры оптимальных Л-графов: а – Л(8, 3, 4)-граф, б – Л(8, 4, 4)-граф

1. Исключается или минимизируется, в зависимости от выбранной топологии, использование дополнительного активного сетевого оборудования.

2. Линии связи прокладываются непосредственно между устройствами, согласно выбранной топологии сети.

3. Функцию коммутации пакетов информации выполняет само устройство как одну из технологических функций. На физическом уровне данная возможность обеспечивается за счет оснащения устройства необходимым количеством сетевых адаптеров.

4. Для обслуживания сети связи не требуется высококвалифицированный ИТ-персонал, поскольку работы по обслуживанию сводятся к проверке кабельных связей между устройствами.

Существуют определенные методики выбора структуры сети связи, обеспечивающей заданную надежность ВС. Рассмотрим их подробнее.

Под структурой распределенной ВС по определению понимается граф  $G$ , вершинам которого сопоставлены в данном случае микропроцессорные устройства управления энергообъектом, а ребрам – линии связи между ними [5]. При формировании структуры ВС должны быть учтены следующие требования:

1. Обеспечение эффективного межмашинного обмена информацией при большом числе устройств.

2. Обеспечение простоты наращивания и сокращения числа устройств.

3. Обеспечение однородности структуры и однотипности устройств.

В качестве структур, удовлетворяющих данным требованиям, можно выделить  $L(N, v, g)$ -графы. Это неориентированный однородный граф с числом и степенью вершин соответственно  $N$  и  $v$  и значением обхвата (длиной кратчайшего простого цикла)  $g$ . В  $L(N, v, g)$ -графах каждая вершина при  $v \geq 3$  входит в  $v$  кратчайших простых циклов длиной  $g$ . Л-графы, в которых достигается минимум диаметра  $d$  и, следовательно, минимум задержек информации при передаче, называют оптимальными.

На рис. 1 приведены примеры оптимальных  $L(8, 3, 4)$  и  $L(8, 4, 4)$ -графов. В ходе работ по изучению зависимости структурной живучести ВС от числа полюсов  $v$  было установлено, что высокие значения вероятности связности исправных устройств в системе при их отказе и при отказе линий связи достигаются уже при  $v=4$  [5]. В рамках задачи управления энергообъектом при выборе структуры распределенной

ВС необходимо учитывать возможность одновременного вывода из работы нескольких устройств (при производстве регламентных работ, при отказе оборудования и т.п.), поэтому при выборе структуры ВС представляется целесообразным использовать  $L(N, 4, g)$ -графы, а при большом количестве устройств в системе можно признать допустимым использование схем на базе  $L(N, 3, g)$ -графов, с тем чтобы минимизировать количество кабельных связей.

При построении системы управления энергообъектом на базе распределенной вычислительной системы с программируемой структурой появляется возможность не просто обеспечить надежность обмена информацией между микропроцессорными управляющими устройствами, но и значительно повысить надежность системы управления за счет перераспределения задач между ними.

#### Литература

1. Корнеев В.В., Монахов О.Г., Тарков М.С. Ядро операционной системы ЭМ вычислительной системы с программируемой структурой // Однородные вычислительные системы (Вычислительные системы. Вып.90). ИМ СО АН СССР. Новосибирск. 1981.
2. Задорожный А.Ф., Корнеев В.В., Тарков М.С. Об организации коммуникаций между процессами в вычислительной системе МИКРОС // Распределенная обработка информации (Вычислительные системы. Вып. 105). ИМ СО АН СССР. Новосибирск. 1984.
3. Корнеев В.В., Тарков М.С. Операционная система микромашиной вычислительной системы с программируемой структурой МИКРОС // Микропроцессорные средства и системы. 1988. № 4.
4. Задорожный А.Ф., Тарков М.С., Захаркин О.В., Петров А.М., Петров А.Э., Сакаев О.О. Программное обеспечение отказоустойчивых распределенных вычислительных систем для управления электроэнергетическими системами // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2009. Спецвыпуск. № 1.
5. Корнеев В.В. Архитектура вычислительных систем с программируемой структурой. Новосибирск: Наука. 1985.

А.К. Ландман, А.М. Петров, А.Э. Петров, О.О. Сакаев,  
ЗАО «Институт автоматизации энергетических систем»;

А.Ф. Задорожный, М.С. Тарков,  
Институт физики полупроводников СО РАН им. А.В. Ржанова,  
тел.: (383) 363-0265,  
e-mail: landman@iaes.ru