

## АНАЛИЗ И ВЫБОР СИСТЕМ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПО МУЛЬТИПЛИКАТИВНОМУ КРИТЕРИЮ

С.И. Чичёв<sup>1</sup>, Е.И. Глинкин<sup>2</sup>

Филиал ОАО «МРСК Центра» – «Тамбовэнерго», г. Тамбов (1);  
кафедра «Электрооборудование и автоматизация», ГОУ ВПО «ТГТУ» (2);  
glinkinei@rambler.ru

Представлена членом редколлегии профессором В.Ф. Калинин

**Ключевые слова и фразы:** автоматизированная система диспетчерского управления; программно-технический комплекс.

**Аннотация:** Проведен анализ автоматизированных систем диспетчерского управления по вектору развития гибкой архитектуры. Предложен метод выбора микропроцессорных устройств контролируемых пунктов подстанций в оптимальном соотношении цены и качества по мультипликативному критерию.

### Обозначения

АСДУ – автоматизированная система диспетчерского управления;	РЗА – релейная защита и автоматика;
АСКУЭ – автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии;	РСК – региональная сетевая компания;
АСУ – автоматизированная система управления;	РЭС – район электрических сетей;
АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;	СКУ – система контроля и управления;
КП – контролируемый пункт;	СТМ – система телемеханики;
ЛАФ – функции локальной автоматизации;	ТМВК – телемеханический вычислительный комплекс;
ЛВС – локальная вычислительная сеть;	ТИ – телеизмерение;
МК – мультипликативный критерий;	ТИС – телеинформационные системы;
ПК – персональный компьютер;	ТМ – телемеханика;
ПОЭС – производственное отделение электрических сетей;	ТР – телерегулирование;
ПТК – программно-технический комплекс;	ТС – телесигнализация;
ПУ – пункт управления;	ТУ – телеуправление;
	ТУК – телеуправляемый комплекс;
	УВТ – устройство вычислительной техники;
	ЦППС – центральная приемо-передающая станция;

В настоящее время, автоматизацию контролируемых подстанций электросетевого комплекса 110 кВ и ниже в ПОЭС РСК осуществляют различные специализированные устройства исполнения команд и сбора, управления и передачи информации: СТМ, ТМВК, ТИС, ТУК, ПТК, АСУ [1–9].

**Системы телемеханики** в ПОЭС объединяют в любой комбинации такие понятия как ТУ, ТС, ТИ и ТР. Как правило, СТМ строятся по жесткой структуре «жесткий КП – жесткий ПУ». На примере одной из них, устройства ТМ-800, рассмотрим принцип построения жесткой структуры [2].

Система ТМ-800 предназначена для ТУ двухпозиционными объектами, ТС и ТИ текущих значений параметров по вызову и выделенной двухпроводной кабельной линии связи или дуплексному каналу тонального телеграфирования.

Принцип работы устройства ТМ-800 основан на передаче информации в виде ТУ, ТС, ТИ и ТР с использованием временного разделения сигналов, передаваемых в виде кодовых комбинаций, с применением циклического кода Файра с образующим полиномом, позволяющим обнаруживать ошибки нечетной кратности, обрабатываемых по частоте при передаче их по каналу связи.

Анализ жесткой структуры устройства ТМ-800 выявляет следующие характеристики, присущие всем устройствам ТМ, построенным по этому принципу. «Неинтеллектуальный ПУ – неинтеллектуальный КП» обеспечивают высокую надежность выполняемых функций ТУ, ТС, ТИ и ТР, но при относительно малой информационной емкости и низкой скорости передачи информации. Поэтому система по жесткой структуре не позволяет в полной мере реализовать автоматизацию контролируемых подстанций в производственных отделениях электрических сетей РСК.

**Телемеханический вычислительный комплекс.** Применение микропроцессоров и микроЭВМ в ТМ привело к существенному изменению СТМ для контроля подстанций в РСК [2]. Согласно этому, устройства вычислительной техники могут работать двояко.

1. Путем использования имеющихся в УВТ и необходимых для построения СТМ высококачественных узлов и блоков (регистров, дешифраторов и др.).

2. Путем использования узлов и блоков УВТ и отдельных функций, свойственных вычислительной машине. Это расширяет возможности СТМ, улучшает их параметры, повышает надежность, структура СТМ при этом существенно изменяется, возникает ТМВК.

Рассмотрим ТМВК «ГРАНИТ», построенный по принципу (п. 2) «интеллектуальный (гибкий) ПУ – неинтеллектуальный (жесткий) КП». Комплекс «ГРАНИТ» [2] предназначен не только для выполнения обычных для систем телемеханики функций ТУ, ТС, ТИ и ТР. Он производит обработку информации для регистрации ее различной аппаратурой представления на мнемосхемах, аналоговых и цифровых приборах, сравнивает измеряемые параметры с уставками, вводит данные в ЭВМ и работает по любому каналу связи, включая выделенные проводные линии, полосу частот или радиотракт.

В основу работы телекомплекса «ГРАНИТ» положен принцип временного разделения и групповой (кадровой) передачи-приема информации. На ПУ координацию работы элементов осуществляет внутриблочный контроллер, а обмен информацией между микроЭВМ и остальной аппаратурой устройства ПУ осуществляется через системную централь, то есть радиальный контроллер. На КП собранная информация от датчиков ТС и ТИ по тому же принципу временного разделения передается на ПУ, а также принимаются с ПУ команды ТУ и ТР на исполнительные механизмы устройств отключения электрооборудования.

Из рассмотренного примера видно, что структура телекомплексов, построенная по принципу «интеллектуальный (гибкий) ПУ – неинтеллектуальный (жесткий) КП» обеспечивает: высокие надежность, информационную емкость и скорость передачи выполняемых функций ТУ, ТС, ТИ и ТР территориально-сосредоточенных или распределенных подстанций. Но жесткая структура КП не обеспечивает локальную автоматизацию и местное управление подстанциями.

По мере совершенствования оборудования для подстанций различные компоненты телемеханики, релейной защиты и учета электроэнергии все чаще дублируются. Лучшим решением, очевидно, следует считать комплексное решение АСУ ТП подстанции, выполняющей функции всех подсистем.

**Телеинформационная система.** При большом и сложном управляемом процессе диспетчер не успевает своевременно перерабатывать большой объем поступающей информации без ПК. Совокупность СТМ и ПК (с необходимым программным обеспечением) образует ТИС.

В ТИС часть информации от объекта поступает непосредственно на ПУ диспетчеру, однако, большая часть информации сначала обрабатывается ПК, а затем, в обобщенном виде, представляется диспетчеру, что значительно облегчает его работу, уменьшает вероятность ошибки при управлении, повышая его эффективность.

Подробно структуру «интеллектуальный ПУ – интеллектуальный КП» рассмотрим на примере системы «АИСТ» [2]. Адаптивная ТИС «АИСТ» предназначена для передачи оперативной информации в диспетчерские пункты, распределяющие электроэнергию и для управления высоковольтной коммутационной аппаратурой на электростанциях и подстанциях.

В основу построения системы «АИСТ» положены принципы адаптивности передачи всех видов информации, программируемости выполняемых функций, одновременности принятия информации по разным каналам связи от разнотипных передающих устройств и квазцикличности передачи.

Структура ТИС «АИСТ» «интеллектуальный ПУ – интеллектуальный КП» позволяет обеспечивать: высокие надежность, информационную емкость и скорость передачи выполняемых функций ТС, ТУ и ТИ сосредоточенных и распределенных объектов. Но устаревшая элементная база с узловым принципом построения не позволяет внедрение данной системы в ПОЭС РСК.

**Телеуправляемые комплексы.** В последнее время появились ТУК на базе современной цифровой техники, необходимые для реализации АСУ ТП подстанции. К таким комплексам относится, например, «КОМПАС ТМ 2.0» (г. Краснодар) [3]. «КОМПАС ТМ 2.0» предназначен для автоматического и автоматизированного контроля и управления территориально-сосредоточенными технологическими процессами с использованием различных видов каналов связи. Обеспечивает функции ТУ, ТС, ТИ и ТР аварийных сигналов автоматики релейной защиты с отображением этих функций на мониторе ПЭВМ и/или мнемоническом щите, а также учет расхода электроэнергии (выделенная подсистема АСКУЭ).

Принцип работы телекомплекса «КОМПАС ТМ 2.0» основан на централизованном или децентрализованном управлении контроллерами, образующими сегменты магистрали стандарта RS-485, свойства которых определены аппаратной реализацией и кодом резидентского программного обеспечения и параметризацией специальной управляющей информации, а взаимосвязь между сегментами (объектами) осуществляется через конверторы протоколов и контроллеры связи.

В итоге, структуры ТУК «интеллектуальный ПУ – интеллектуальный КП» от других систем отличают высокие надежность, информационная емкость и скорость передачи выполняемых функций ТУ, ТС, ТИ и ТР территориально-сосредоточенных и распределенных подстанций. ТУК на предприятиях электрических сетей, до настоящего времени, получили широкое применение. Но, телемеханические системы на базе телекомплексов создаются, как правило, методом агрегатирования из большого набора номенклатурных изделий, что делает данную систему довольно громоздкой и не гибкой в управлении и контроле подстанций.

**Программные технические комплексы.** Бурное внедрение в технику автоматизированного управления микропроцессоров и ПК последнего поколения позволило в настоящее время разработать ПТК, позволяющие создавать системы управления и контроля всего технологического цикла: сбора, обработки, передачи информации, а также управления подстанциями в режиме реального времени.

К ним относится, например, ПТК SMART – совместная разработка РТСофт и ЦДУ ЕЭС России, г. Москва [4]. Программный технический комплекс SMART предназначен для диспетчерского контроля и управления территориально-распре-

деленными технологическими процессами энергообъектов, представляя собой открытые системы для промышленной автоматизации и обработки данных.

Принцип работы комплекса SMART основан на программируемости при помощи инструментального пакета программ ISaGRAF, реализующих языки программирования логических контроллеров в соответствии со стандартом IEC 1131-3 и компилятора Ultra C для языка программирования реального времени ANSI-C. Контроллеры могут быть использованы как программируемый микроконтроллер и как компьютерная система, работающая в реальном времени.

Для обеспечения максимальной эффективности контроллера в нем предусмотрен принцип модульности. То есть пользователь, в зависимости от своей задачи, комплектует контроллер SMART, выбирая: вид процессора и модуль-носитель; вид полевой шины или последовательного интерфейса; необходимые модули ввода-вывода.

Следовательно, структура программных технических комплексов, построенных по принципу «интеллектуальный ПУ – локальный интеллект КП» обеспечивает: высокие надежность, информационную емкость и скорость передачи выполняемых функций ТУ, ТС, ТИ и ТР территориально-сосредоточенных и распределенных объектов. Особенности данной системы позволяют для ПОЭС гибкое конфигурирование и настройку под условия любого объекта, возможность поэтапного внедрения, согласованную работу с имеющейся каналобразующей и приемной аппаратурой. Однако достаточно высокая стоимость программно-технических средств ПТК (например, SMART – КП) способствует внедрению данной системы лишь на сосредоточенных объектах с большим количеством сигналов ТУ, ТС и ТИ.

Широкое внедрение программно-технических комплексов для рассредоточенных подстанций с относительно малым количеством сигналов в ПОЭС сдерживается высокой стоимостью программного обеспечения и аппаратных средств этой системы для уровней: подстанции – РЭС – ПОЭС.

*АСУ концерна Asea Brown Boveri (ABB)* на базе программных и аппаратных средств MicroSCADA [5]. Предлагаемая система SCADA («Supervisory Control And Data Acquisition» с англ. «Диспетчерское управление и сбор данных») функционирует на базе операционной системы Microsoft Windows NT, с помощью ПК и микропроцессорной техники охватывает все уровни: подстанции – РЭС – ПОЭС.

Система MicroSCADA базируется на использовании ПК с процессором Intel Pentium и другого стандартного компьютерного оборудования широко известных производителей. Требования к аппаратной части системы определяются масштабами объекта автоматизации, набором используемых функций контроля, управления и техническими условиями их реализации.

Базовая система MicroSCADA функционирует на основе операционной системы Microsoft Windows NT4.0. Функциональные возможности системы MicroSCADA, эффективность ее применения значительно повышены с применением в качестве устройств телемеханики дистанционных терминальных устройств (контроллеров процесса) RTU 211.

Удаленный терминал RTU 211 является стандартной системой телеуправления, предназначенной для использования в системах управления сетями, который легко адаптируется к различным средам передачи и различным режимам трафика, имеет микропроцессорное управление и модульную структуру. RTU 211 позволяет гибко программировать режимы сбора, первичной обработки и передачи данных, а также обеспечивать выполнение ряда программируемых ЛАФ.

Сбор и выдача данных процесса выполняется платами ввода-вывода. Каждая из таких плат имеет свой рабочий процессор, который выполняет основные функ-

ции ввода-вывода и предварительной обработки данных. Это снижает нагрузку на рабочий процессор центрального управляющего блока и на среду передачи данных, обеспечивая тем самым высокую производительность обработки сигналов. ЛАФ-программы можно использовать различным образом, например, для реализации предварительно составленных программ переключений, отключений и заземлений, замен сборных шин, включения на параллельную работу трансформаторов и т.п.

Такие программы могут быть выполнены автоматически, с надлежащим учетом состояния цепи управления, блокировок и проверки достоверности измеренных величин. Неспособность выполнить условия переключения может быть определена и служит критерием для прекращения программы переключений. Для подготовки, тестирования и загрузки ЛАФ-программ используется специальная программа (RTS), работающая на автономном ПК.

Структура АСУ концерна АВВ на базе системы MicroSCADA обеспечивает надежность электроснабжения потребителей, быструю локализацию поврежденных участков и ликвидацию аварий, оптимизацию режима и уменьшение потерь в сети, организацию коммерческого учета и качество электроэнергетики. Однако высокая стоимость программных и аппаратных средств не способствует широкому внедрению системы для решения задач диспетчерско-технологического управления в РЭС и ПОЭС РСК.

*ПТК «СИСТЕЛ».* Данная система на базе программно-аппаратных средств ООО «СИСТЕЛ Автоматизация», г. Москва, предназначена для решения задач диспетчерско-технологического управления электрическими сетями в РЭС и ПОЭС РСК и построена как модульная распределенная система с резервированием особо важных компонентов. В состав системы «СИСТЕЛ» входят [6]:

- программно-технический комплекс на базе ОИК-2005, который осуществляет мониторинг и автоматический прием, а также обработку и архивирование телемеханической информации с обеспечением функций ТУ и ТР с заданной точностью и дискретностью;

- ЦППС, выполняющая функции приема/передачи информации от устройств телемеханики по последовательным каналам в протоколах TM-800, «ГРАНИТ», «КОМПАС», МЭК 870-5-101/104 и др., с обеспечением функций предварительной обработки полученных данных (масштабирование и фильтрация, интегрирование и дорасчет измерений, контроль отклонений и т.п.);

- технологическая ЛВС, построенная на основе достижения баланса между возможностями сети по приложениям и основными характеристиками, такими как высокая доступность сети; высокоскоростная коммутация пакетов по технологии Ethernet 1000Base-TX (1000 Мбит/с); сетевая безопасность; организация управляемых «виртуальных сетей» и маршрутизация потоков данных между ними; возможность организации резервных маршрутов связи с наиболее ответственными элементами сети;

- подсистема коллективного отображения информации (диспетчерский щит), обеспечивающая выполнение функций с отображением состояния оборудования и режима электрической сети с использованием ситуационно-динамической технологии, включающей три уровня: ситуационный (структурный), объектный и детально-информационный;

- серверные платформы, обладающие широкими возможностями модернизации конфигурации и резервными компонентами, средствами автоматической диагностики и устранения неисправностей, а также поддержкой кластерных конфигураций;

- информационное обеспечение, представляющее собой архив данных средств ТИ и ТС, ТУ и ТР, а также программных модулей и справочной информации;

– программное обеспечение, включающее в себя совокупность программных средств базового (БПО) и прикладного (ППО) программного обеспечения. В качестве БПО используются стандартизованные лицензионные операционные системы, системы управления базами данных мировых производителей и антивирусные программы, а в качестве ППО – сертифицированные продукты ООО «СИСТЕЛ Автоматизация», которые функционируют в среде БПО.

Структура ПТК «СИСТЕЛ», построенная по принципу «интеллектуальный ПТК – локальный интеллект КП», обеспечивает высокие надежность, информационную емкость и скорость передачи выполняемых функций ТУ, ТС, ТИ и ТР территориально распределенных и сосредоточенных подстанций для ПОЭС в РСК.

Информационный анализ программно-аппаратных средств (ПАС) диспетчерского управления сетей (ДУС) для ПОЭС и РСК показывает их вектор развития от жесткой структуры (ТМ-800) к жесткой архитектуре («ГРАНИТ») и повышение гибкости архитектуры от интеллектуальных ТИС и ТУК («АИСТ», «КОМПАС») к локальным интеллектуальным ПТК (SMART, АBB) и далее к «СИСТЕЛ») (рис. 1).

**Результат классификации программно-аппаратных средств.** Проведенный анализ программно-аппаратных средств вышеперечисленных АСДУ сетей позволяет их систематизировать по развитию регламентированной структуры в интеллектуальную структуру:

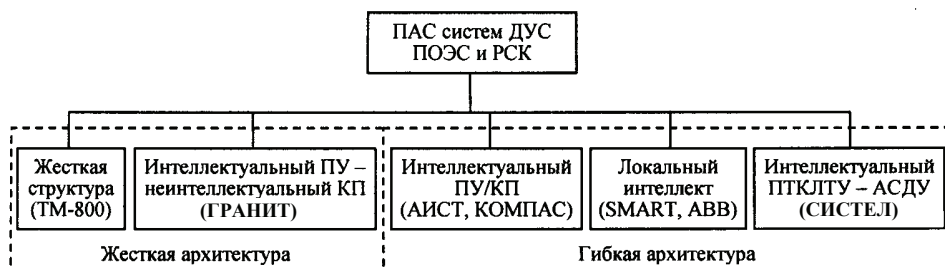
– жесткая структура систем ТМ обеспечивает высокую надежность выполняемых функций при относительно малой информационной емкости и низкой скорости передачи информации;

– гибкая (частично или полностью интеллектуальная) структура ТМВК и ТУК обеспечивает высокие надежность, информационную емкость и скорость передачи информации;

– локальный интеллект программно-технических комплексов – высшее звено в структурах автоматизированных систем диспетчерского управления сетей и подстанций для ПОЭС и РСК.

В настоящее время диспетчерские пункты уровня ПОЭС в каждой РСК должны быть оснащены АСДУ, которые обеспечивают решение задач оперативно-диспетчерского управления передачей и распределением электрической энергии, могут функционировать как самостоятельные системы или интегрироваться с АСУ ТП подстанций и АСУ РСК [7].

Однако инфраструктура АСУ ТП на подстанциях ПОЭС РСК требует коренной модернизации. Это связано, в первую очередь, с моральным и физическим старением электрооборудования подстанций, а также с неуклонным повышением требований к качеству электроэнергии и ростом ее потребления. Поэтому, одним из путей повышения надежности и эффективности функционирования электросетевого комплекса является внедрение полномасштабных АСУ ТП на подстанциях ПОЭС в РСК.



**Рис. 1. Классификация программно-аппаратных средств систем диспетчерского управления сетей для ПОЭС РСК**



В настоящее время в рамках одной подстанции ПОЭС существуют фактически три разные подсистемы контроля и управления: ТМ, РЗА и, собственно, СКУ. Это приводит к многократному вводу одной и той же информации и противоречит одному из главных принципов создания современной, полномасштабной АСУ ТП подстанции – однократный ввод и многократное использование информации.

Поэтому, для решения проблемы совместимости существующей (старой) структуры подсистем ТМ, РЗА, СКУ и современной (новой) АСУ ТП требуется пересмотр некоторых подходов как в части создания унифицированных АСУ, так и организационного обеспечения существующей структуры АСУ ТП в ПОЭС. Для разработки новой архитектуры АСУ ТП и ее рациональной стратегии внедрения следует принимать во внимание два фактора: реальное состояние технологической части оборудования подстанций в ПОЭС и тенденции развития средств АСУ ТП, поставляемых ведущими отечественными и зарубежными производителями [8, 9].

Принимая во внимание реально сложившуюся на сегодня обстановку в области автоматизации подстанций ПОЭС и необходимость поэтапности ее модернизации, следует признать, что в построении архитектуры АСУ ТП подстанций наибольшей эффективностью будут обладать те решения, которые способны поддерживать как существующее аналоговое оборудование подсистем подстанций, так и внедряемые новые интеллектуальные цифровые устройства АСДУ.

Моделирование АСДУ в ПОЭС невозможно без анализа и синтеза ее функциональной части – комплекса технических устройств по реализации функций сбора данных по информационной сети, вывода их на диспетчерский щит, диспетчерского управления на основе ПК и ЛВС.

В то же время, множество несопоставимых составляющих в программной, аппаратной и функциональной части самой автоматизированной системы, а также отсутствие объективного критерия качества и нормированной меры оценки программно-технических комплексов не позволяет в полной мере разрешить противоречия между дифференциацией составляющих по иерархическим уровням и интеграцией их в АСДУ ПОЭС.

Тем не менее, решение сложной задачи выбора технических средств АСДУ возможно, если использовать для оценки устройств микропроцессорных КП систем (основное техническое средство в АСДУ) мультипликативный критерий  $Q$  условной стоимости одного сигнала ввода-вывода функций ТС, ТУ, ТИИ (интегральных измерений) и ТИТ (текущих значений), следующим образом:

$$Q_j = B_j / A_j = n \sqrt{\prod_1^n X_i K_i} / \frac{1}{n} \sum_1^n X_i K_i \leq 1,$$

где  $B_j = n \sqrt{\prod_1^n X_i K_i}$  – среднегеометрическая условная стоимость одного сигнала

ввода-вывода  $j$ -й системы, у.е./шт.;  $K_i = S_i / 4X_i$  – условная стоимость одного сигнала ввода-вывода  $j$ -й системы, у.е./шт.;  $S_i$  – стоимость  $j$ -й системы, у.е.;  $n = 4$  – количество функций (ТС, ТУ, ТИИ и ТИТ)  $j$ -й системы, шт.;  $X_i$  – количество сигналов ТС, ТУ, ТИИ и ТИТ  $j$ -й системы, шт.;  $j = \overline{1, m}$  – номер системы;

$A_j = \frac{1}{n} \sum_1^n X_i K_i$  – среднеарифметическая условная стоимость одного сигнала ввода-вывода  $j$ -й системы, у.е./шт.

Нахождение мультипликативного критерия  $Q$  заключается в последовательном определении следующих этапов.

1. Состав выполняемых функций ТС, ТУ, ТИИ и ТИТ  $j$ -х систем (табл. 1).
2. Условной стоимости одного сигнала ввода-вывода функций ТС, ТУ, ТИИ и ТИТ системы («СИСТЕЛ»), имеющей наибольшее количество сигналов, и каждой системы относительно «СИСТЕЛ»:

$$K_i^* = S_i / 4X_i;$$

$$K_1^* = 2000 / (4 \times 96) = 5,2;$$

$$K_2^* = 2000 / (4 \times 8) = 62,5;$$

$$K_3^* = 2000 / (4 \times 24) = 20,8;$$

$$K_4^* = 2000 / (4 \times 32) = 15,6.$$

3. Условной стоимости одной функции (ТС, ТУ, ТИИ и ТИТ)  $j$ -й системы  $X_i K_i$ :

$$\text{а) } X_1 K_1 = 16 \times 5,2 = 83,2;$$

$$X_1 K_2 = 4 \times 62,5 = 250;$$

$$X_1 K_3 = 16 \times 20,8 = 332,8;$$

$$X_1 K_4 = 32 \times 15,6 = 499,2;$$

$$\text{б) } X_2 K_1 = 16 \times 5,2 = 83,2;$$

$$X_2 K_2 = 4 \times 62,5 = 250;$$

$$X_2 K_3 = 16 \times 20,8 = 332,8;$$

$$X_2 K_4 = 24 \times 15,6 = 374,4;$$

$$\text{в) } X_3 K_1 = 8 \times 5,2 = 41,6;$$

$$X_3 K_2 = 2 \times 62,5 = 125;$$

$$X_3 K_3 = 8 \times 20,8 = 166,4;$$

$$X_3 K_4 = 64 \times 15,6 = 998,4;$$

$$\text{г) } X_4 K_1 = 96 \times 5,2 = 499;$$

$$X_4 K_2 = 8 \times 62,5 = 499;$$

$$X_4 K_3 = 24 \times 20,8 = 499;$$

$$X_4 K_4 = 32 \times 15,6 = 499.$$

4. Среднегеометрической условной стоимости одного сигнала ввода-вывода  $j$ -й системы по формуле

$$B_j = n \sqrt[n]{\prod_1^n X_i K_i}.$$

$$B_1 = [(83,2 \times 250)(332,8 \times 499,2)]^{1/4} = 136 \text{ у.е. /шт.};$$

$$B_2 = [(83,2 \times 250)(332,8 \times 374,4)]^{1/4} = 126,9 \text{ у.е. /шт.};$$

$$B_3 = [(41,6 \times 125)(166,4 \times 998,4)]^{1/4} = 96,4 \text{ у.е. /шт.};$$

$$B_4 = 499 \text{ у.е. /шт.}.$$

Таблица 1

Состав выполняемых функций

Тип	Количество сигналов, шт.					Стоимость системы $S_j$ , у.е.
	ТС	ТУ	ТИИ	ТИТ	Сумма	
ГРАНИТ, $X_{i1}$	16	4	16	32	68	70
КОМПАС, $X_{i2}$	16	4	16	24	60	900
SMART, $X_{i3}$	8	2	8	64	82	5000
СИСТЕЛ, $X_{i4}$	96	8	24	32	160	2000



5. Среднеарифметической условной стоимости одного сигнала ввода-вывода  $j$ -й системы:

$$A_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i K_i ;$$

$$A_1 = (83,2 + 250 + 332,8 + 499,2)/4 = 291,3 \text{ у.е. /шт.};$$

$$A_2 = (83,2 + 250 + 332,8 + 374,4)/4 = 260,1 \text{ у.е. /шт.};$$

$$A_3 = (41,6 + 125 + 166,4 + 998,4)/4 = 332,8 \text{ у.е. /шт.};$$

$$A_4 = 499 \text{ у.е. /шт.}$$

6. Мультипликативного критерия:

$$Q_j = B_j / A_j = n \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n X_i K_i} / \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i K_i \leq 1;$$

$$Q_1 = B_1 / A_1 = 240/291,3 = 0,82;$$

$$Q_2 = B_2 / A_2 = 225,6/260,1 = 0,87;$$

$$Q_3 = B_3 / A_3 = 171,7/332,8 = 0,51;$$

$$Q_4 = B_4 / A_4 = 1,0.$$

7. Результаты расчетов сводим в таблицу (табл. 2), откуда определяем погрешность (отклонение)  $q = 1 - Q$  КП автоматизированных систем относительно «СИСТЕЛ»:

$$\text{– «ГРАНИТ»: } q_1 = 1 - 0,82 = 0,18;$$

$$\text{– «КОМПАС»: } q_2 = 1 - 0,87 = 0,13;$$

$$\text{– SMART: } q_3 = 1 - 0,51 = 0,49.$$

Следовательно, МК позволяет наглядно, количественно и качественно, определить преимущество той или иной системы относительно другой. В нашем случае,  $Q_4$  системы «СИСТЕЛ» – наилучший относительно других рассмотренных автоматизированных систем:

$$Q_{\text{opt}} = \max Q_j(B_j, A_j), \quad 1 \leq j \leq 4.$$

Таким образом, проведен анализ АСДУ и предложен МК для варианта конкретного выбора по условной стоимости одного сигнала ввода-вывода устройства КП, в частности, отечественного ПТК «СИСТЕЛ» в оптимальном соотношении цены и качества, наиболее полно реализующий функции сбора и передачи, обработки и предоставления информации для АСДУ сетей ПОЭС.

Таблица 2

Характеристики КП систем

Тип	Условная стоимость одной функции				$A_j$	$B_j$	$Q_j$
	ТС	ТУ	ТИИ	ТИТ			
ГРАНИТ, $X_1 K_i$	83,2	250	332,8	499,2	291,3	240	0,82
КОМПАС, $X_2 K_i$	83,2	250	332,8	374,4	260,1	225,6	0,87
SMART, $X_3 K_i$	41,6	125	166,4	998,4	332,8	171	0,51
СИСТЕЛ, $X_4 K_i$	499	499	499	499	499	499	1,0

## Выводы

1. Наиболее простой и достаточно надежной является СТМ с жесткой структурой управления объектами, например ТМ-800 и др. Однако жесткая структура таких систем не позволяет в полной мере реализовать автоматизацию контролируемых подстанций.

2. Вариант частично интеллектуальной структуры в ТМВК, например «ГРАНИТ», достаточно полно реализует выполняемые функции по контролю и управлению объектами, что позволяет на их основе строить частичную АСУ ТП подстанций.

3. Наиболее полно функции сбора и передачи, управления и хранения информации в автоматизированных системах реализуют полностью интеллектуальные структуры, например «АИСТ», «КОМПАС», но агрегатный метод телемеханических систем является громоздким и не гибким для управления электротехническим оборудованием на рассредоточенных подстанциях.

4. Структуры, реализующие функцию локальный интеллект в устройствах КП (SMART, ABB), позволяют создавать комплекс АСДУ сетей и территориально-распределенных подстанций в режиме реального времени. Но, их широкое применение ограничено высокой стоимостью внедрения для рассредоточенных подстанций производственных отделений электрических сетей.

5. Интеллектуальная структура системы «СИСТЕЛ» позволяет наиболее полноценно обеспечивать контроль и управление нижестоящего уровня управления РСК с использованием ситуационно-динамичной технологии.

6. Информационный анализ систем для диспетчерского управления сетей показывает их вектор развития от жесткой структуры (ТМ-800) к жесткой архитектуре («ГРАНИТ») и повышение гибкости архитектуры от интеллектуальных ТИС, ТУК («АИСТ», «КОМПАС») к локальным интеллектуальным ПТК (ABB SCADA, SMART и т.д.).

7. Предложен МК оценки микропроцессорных систем диспетчерского управления сетей (по условной стоимости одного сигнала ввода-вывода их устройств КП), позволивший произвести выбор отечественной системы «СИСТЕЛ» в оптимальном соотношении цены и качества, наиболее полно реализующей функции сбора и передачи, обработки и предоставления информации для АСДУ сетей ПОЭС РСК.

### *Список литературы*

1. Глинкин, Е. И. Схемотехника микропроцессорных систем. Измерительно-вычислительные системы : учеб. пособие / Е.И. Глинкин. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 1998. – 158 с.

2. Тутевич, В.Н. Телемеханика : учеб. пособие для вузов / В.Н. Тутевич. – М. : Высшая школа, 1985. – 424 с.

3. Комплект программно-аппаратных средств телемеханики КОМПАС ТМ 2.0 / ЮГ-СИСТЕМА. – Краснодар, 1999. – 34 с.

4. Промышленный логический контроллер серии SMART / ЗАО «РТСофт». – М., 2003. – 81с.

5. Автоматизированная система управления энергосистемы на базе программно-технических средств MicroSCADA/Open++/ RTU 211 разработки концерна АBB / АББ Реле-Чебоксары (Автоматизация). – Чебоксары, 1999. – 81 с.

6. Программно-технический комплекс для построения систем сбора данных и диспетчерского управления / ЗАО «СИСТЕЛ А». – М., 1999. – 12 с.

7. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации : утв. Минэнерго 19.06.03 : введ. в действие с 01.10.03. – СПб. : ООО «Барс», 2003. – 276 с.

8. Чичёв, С.И. Автоматизация оперативно-диспетчерского управления подстанциями на предприятии электрических сетей / С.И. Чичёв, Е.И. Глинкин // Труды ТГТУ : сб. науч. ст. / Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов, 2003. – Вып. 13. – С. 173–177.

9. Чичёв, С.И. Комплекс систем управления на подстанциях предприятия электрических сетей / С.И. Чичёв, С.П. Нестеренко // Электрика. – 2004. – № 11. – С. 26–29.

---

## Analysis and Selection of Monitoring Systems via Multiplicative Criterion

C.I. Chichev<sup>1</sup>, E.I. Glinkin<sup>2</sup>

*Branch Joint Stock Company “MRSK Center” – “Tambovenergo”, Tambov (1);*

*Department “Electrical Equipment and Automation”, TSTU (2);*

*glinkinei@rambler.ru*

**Key words and phrases:** automated system of monitoring; program technical complex.

**Abstract:** The paper presents the analysis of automated systems of monitoring by the vector of flexible architecture development; it proposes the technique for selecting microprocessor devices of controlled stations with optimum price quality ratio by multiplicative criterion.

---

## Analyse und Auswahl der Systeme der Dispatcherlenkung nach dem multiplikativen Kriterium

**Zusammenfassung:** Es ist die Analyse der automatisierten Systeme der Dispatcherlenkung nach dem Vektor der Entwicklung der flexiblen Architektur durchgeführt. Es ist die Methode der Auswahl der Mikroprozessoranlagen der kontrollierenden Nebenstellepunkte im Optimalverhältnis des Preises und der Qualität nach dem multiplikativen Kriterium vorgeschlagen.

---

## Analyse et choix des systèmes de la commande de dispatching d’après le critère de multiplication

**Résumé:** Est donnée l’analyse des systèmes automatisés de la commande de dispatching d’après le vecteur du développement de l’architecture flexible. Est proposée la méthode du choix des dispositifs microprocesseurs des points des centrales de la relation optimale du prix et de la qualité d’après le critère de multiplication.

---

**Авторы:** *Чичёв Сергей Иванович* – кандидат технических наук, ведущий инженер службы эксплуатации филиала ОАО «МРСК Центра» – «Тамбовэнерго»; *Глинкин Евгений Иванович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Электробоорудование и автоматизация», ГОУ ВПО «ТГТУ».

**Рецензент:** *Муромцев Дмитрий Юрьевич* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», ГОУ ВПО «ТГТУ».