

**ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ  
(ОСЖД)**

II издание

Разработано совещанием экспертов V Комиссии  
23-25 мая 2000г., Штрба, Словакия

Утверждена совещанием V Комиссии  
23-27 октября 2000г.

Дата вступления в силу: 07 ноября 2000г.

Примечание:

**P – 612/4**

**РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ  
УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕМ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

## 1. Общие положения

1.1. Целью реализации интегрированных систем управления является:

- обеспечение экономичных режимов работы систем электроснабжения электрифицированных железных дорог;
- повышение надежности работы систем электроснабжения и их оборудования;
- максимальное снижение потерь и повышение энергетической эффективности оборудования и технологий электропотребителей ж.д. транспорта;
- улучшение качества поставляемой энергии электропотребителям и обусловленным этим относительное уменьшение удельных расходов электроэнергии на единицу ж.д. продукции;
- повышение оперативности и надежности управления и уменьшение количества и длительности сбоев электропитания потребителей;
- снижение удельных расходов электроэнергии на единицу ж.д. продукции в результате энергооптимального процесса перевозок и режима управления работой систем электроснабжения;
- оптимизация графика движения поездов за счет сокращения длительности плановых или вынужденных "окон", рациональных масс и интервалов поездов;
- повышение производительности и уровня квалификации труда эксплуатационного персонала;
- сокращение персонала, занятого обслуживанием и содержанием систем электроснабжения и т.д.

1.2. При определении целесообразной степени автоматизации отдельных задач управления электроснабжением железных дорог необходимо руководствоваться следующими принципами применения автоматизации:

1.2.1. Системный подход при разработке, включающий обеспечение дефинированных задач требуемыми данными для их решения и методами их ввода, обработки и вывода;

1.2.2. Эволюционный подход при внедрении, заключающийся в этапном, последовательном вводе в эксплуатацию отдельных задач автоматизации, начиная с задач, связанных с работой тяговых подстанций в автоматическом режиме, функций энергодиспетчера и постепенно переходя к остальным задачам, вводя их в начале в режиме "советчика" электродиспетчера, а потом - в полном автоматическом режиме с использованием экспертных систем;

1.2.3. Обеспечение преимущественного целесообразного распределения задач между человеком и системой, с целью предоставить человеку те задачи, которые позволили бы ему полностью реализовать свои возможности, а системе - выполнение стереотипных операций и решений задач, требующих быстрого действия и точности;

1.2.4. При автоматизации преимущество предоставлять задачам и функциям» связанным с:

- повышением надежности движения поездов;
- снижением электропотребления при осуществлении перевозок;
- обеспечением безопасности обслуживающего и ремонтного персонала;
- облегчением трудоемких операций;
- обработкой больших объемов информации;
- необходимостью в срочности, быстроте при обработке и повышенной точности;
- созданием экспертных систем анализа и регулирования электропотребления.

1.2.5. Согласованность с принятой структурой, интегрированной системы управления электроснабжением ж.д. транспорта.

1.3. При решении задач интегрированного управления электроснабжением ж.д. транспорта целесообразно соблюдать следующие этапы:

1.3.1. Формулирование требований к сбору и предварительной обработке исходной информации.

1.3.2. Разработка алгоритмов решения задач.

1.3.3. Выбор среда программирования: операционная система, языки программирования, прикладные инструментальные пакеты программ.

1.3.4. Разработка системы защиты программ, иерархия доступа к базам данных, обеспечения устойчивости интегрированной системы управления и т.д.

1.3.5. Разработка пакетов прикладных программ для выборочного состава задач.

1.3.6. Создание баз данных и баз знаний экспертных систем.

1.3.7. Отладка и ввод в эксплуатацию программного обеспечения.

## **2. Формирование структур систем интегрированного управления электроснабжением ж.д. транспорта с распределенным интеллектом и экспертной системой принятия решений.**

2.1. Структура системы интегрированного управления должна соответствовать предварительно оптимизированной системе организационно-экономического управления, организационно-технического управления и управления технологическим оборудованием электроснабжения ж.д. транспорта.

2.2. Тип структуры - целесообразно принимать иерархический, трехуровневый.

Низший уровень - технологическое управление объектами и процессами на тяговых подстанциях и контактной сети.

Средний уровень - оперативное диспетчерское организационно-технологическое управление дистанций электроснабжения.

Верхний уровень - оперативное диспетчерское организационно-экономическое и техническое управление службы электроснабжения дороги.

Эффективность системы интегрированного управления обеспечивается:

- на уровне организационно-экономического управления: повышением информированности управленческого персонала и возможностью использования различных вычислительных методов в процедурах принятия решений;
- на уровне организационно-технологического управления: в улучшении качества электроэнергии и снижения электропотребления за счет использования экономичных режимов работы тяговой сети, энергооптимального графика движения поездов, повышения оперативности и достоверности используемой информации;
- на уровне управления: технологическим оборудованием с повышением оперативности принятия управленческих решений.

2.3. Функции управления, подлежащие автоматизации:

- оперативное управление устройствами электроснабжения;
- реализация перевозочного процесса с рациональным электропотреблением;
- обеспечение экономичных режимов работы электроснабжения тяги поездов;
- управление производственно-хозяйственной деятельностью;
- управление материально-техническим снабжением.

2.4. Система интегрированного управления электроснабжением должна иметь связь и возможность информационного обмена с другими подсистемами как, например:

- с системой управления дороги;
- системой управления отделения дороги;
- системой оперативно-диспетчерского управления движением поездов.

Горизонтальные связи между автоматизированными системами одного уровня целесообразно осуществлять локальной сетью, а вертикальные связи между различными уровнями - через существующие или специально выделенные каналы связи.

## 2.5. Общая оценка объемов информационных потоков.

Объем информации, передаваемой с линейных объектов – тяговых подстанций, постов секционирования и разъединителей контактной сети - по каналам телемеханики зависит от типа применяемой системы автоматизации, от параметров конкретного участка дороги, от набора функций диагностических систем оборудования и др., и может изменяться в пределах от 16 мегабит до 180 мегабит в сутки.

Объем информации об электропотреблении и параметрах качества электроэнергии, передаваемый от тяговых подстанций в сети ЭВМ энергодиспетчерского пункта составляет 50-100 Мбит в сутки.

Объем информации, передаваемой из отделения дороги в службу электроснабжения составляет 2-8 мегабит в сутки.

Объем информации, передаваемой из службы электроснабжения в отделение дороги составляет 1-3 мегабит в сутки.

Для обеспечения пропускания указанных объемов информации канал связи должны иметь соответствующую пропускную способность с учетом потерь за счет введения избыточности при передаче и с учетом потерь в пропускной способности за счет повторения пораженных ошибками блоков информации: между службой электроснабжения и отделением дороги - 9600 бит/сек, а между дистанциями электроснабжения и отделением дороги - 1200 бит/сек.

Указанные требования могут быть положены в основу при выборе

типа модема и аппаратуры канала связи между различными иерархическими уровнями автоматизированных систем интегрированного управления электроснабжением (АСИУЭ) с распределенным интеллектом и экспертной системой принятия решений.

## 2.6. Структура данных АСИУЭ.

В системе АСИУЭ организуется распределенная база данных, отдельные узлы которой локализуются в соответствующих автоматизированных рабочих местах - АРМ-ах.

Объем локальной базы данных каждого АРМ определяется составом задач и требуемым информационным обеспечением.

2.6.1. На уровне службы электроснабжения совокупность основных задач организационно-экономического, технологического плана требует создания следующих баз данных:

- "диспетчерская сводка";
- контроль расхода энергии;
- данных об отказах оборудования;
- учета планово-предупредительных работ;
- заявок на материалы и оборудование;
- текущего планирования;
- перспективного планирования;
- данных по тяговым подстанциям;
- данных по контактной сети;
- экономических расчетов и показателей работы службы и т.д.

Объединение АРМ службы локальной сетью позволит организовать рациональное размещение информационных массивов по отдельным АИД, объединив их в единую базу данных службы электроснабжения.

2.6.2. На уровне дистанции электроснабжения совокупность задач организационно-экономического, технологического управления по составу аналогично задачам решаемым на уровне службы, но объемы массивов

меньше в три-четыре раза

2.6.3. На уровне энергодиспетчера информационные объемы целесообразно распределить по следующим задачам:

- информационное обеспечение диспетчерских сводок и справок по безопасности движения;
- графическое отображение схем тяговых подстанций;
- графическое отображение схем контактной сети;
- информационное обеспечение задачи плавки гололеда, рекомендаций действий энергодиспетчера в аварийных ситуациях;
- информационное обеспечение экспертных систем анализа и регулирования электропотребления;
- информационное обеспечение систем, поддерживающих качество поставляемой электрической энергии;
- информационное обеспечение диагностических систем;
- динамическая база данных, поступающих - по каналам телесигнализации.

Таким образом, информационный объем базы данных энергодиспетчерского пункта ориентировочно составит 12 Мбайт.

2.7. АРМ одного уровня управления объединяются локальной сетью. Программное обеспечение локальной сети должно поддерживать соответствующие сетевые интерфейсы. Локальная сеть должна предоставлять к услугам пользователя следующие сетевые функции, необходимые для объединения отдельных АВД в единый информационно-управляющий комплекс:

- функция защищенного доступа к удаленным файлам - операции с файлами, разрешенные файловой системой данных ОС;
- функция вызова удаленных процедур - синхронные и асинхронные операции вызова удаленных процедур о передаче параметров;
- функция сетевого терминала - операции ожидаемого ввода - вывода, операции чтения и записи статуса терминала, отслеживания состояния

терминала;

- функция электронной почты - передача сообщений указанному пользователю в указанном узле;
- функция управления сетью - представляет средство локального и дистанционного управления режимами работы сети, ее параметрами и конфигурацией, ресурсами отдельных узлов сети, средствами отображения состояния локальной сети.

2.8. Выбор типа ЭВМ для АРМ разных уровней определяется в зависимости от их параметров с учетом состава задач, решаемых на каждом конкретном АРМ

Для АРМ энергодиспетчера требуется ЭВМ с большим быстродействием и большим объемом памяти и с возможностями отображения цветных графических схем при высокой разрешающей способности. Для АРМ организационно-экономического управления ЭВМ с другими характеристиками и т.д.

### **3. Автоматизация процессов оперативного управления электроснабжением ж.д. транспорта**

3.1. Основной целью оперативного управления электроснабжением ж.д. транспорта является обеспечение непрерывного и качественного питания тяговых и нетяговых потребителей.

3.2. Система интегрированного управления электроснабжением ж.д. участков осуществляет функции оперативного управления решением в реальном масштабе времени следующих задач:

3.2.1. Текущий контроль нормальной схемы электроснабжения.

3.2.1.1. Составление нормальной схемы. Составляется на уровне центрального управления и актуализируется ежегодно или при изменении

внешних условий.

### 3.2.1.2. Поддерживание моментной схемы - динамическая база данных.

Подсистема автоматически составляет, поддерживает и непрерывно актуализирует базы данных для моментной схемы электроснабжения участков.

Эта информация используется для:

- вывода статуса системы электроснабжения;
- визуализации моментной схемы на мнемо-схематическом табло или на дисплеях
- Информация для этого отбирается датчиками напряжения на месте (с помощью системы телемеханизации) или получается программным путем в результате логической обработки информации о положении аппаратов.

В моментную схему целесообразно предусмотреть возможность ввода информации о:

- допущенных людях (рабочих групп);
- заземленных участках;
- обозначениях мест установки монтажной техники;
- повреждениях;

3.2.1.3. Контроль отклонений от нормальных схем, получаемых в результате сопоставления данных моментной схемы электроснабжения с данными о нормальной схеме.

3.2.2. Реализация "аварийных схем" для электроснабжения участков (при окнах для плановых работ, при авариях, при перевозке тяжелых поездов или для плавки гололеда).

3.2.2.1. Составление соответствующей конкретному случаю схемы электроснабжения участка, причем автоматизацией следует охватить функции:

- экспертная система - советчик об оптимальной аварийной схеме;
- блокировка запрещенных переключений;

- реализация командных последовательностей по заложенным твердым алгоритмам или по заданным диспетчером алгоритмом предварительно составленной последовательности целесообразных переключений.

3.2.2.2. Восстановление нормальной схемы электроснабжения. Команды переключения реализуются в обратном п. 3.2.2.1. порядке или в соответствии с заданным алгоритмом.

3.2.3. Ведение оперативной документации, Хранение, поддерживание и активирование данных для оперативной документации:

- оперативный дневник;
- протокол сдачи и приема дежурства;
- отклонения от нормальной схемы (Справка о статусе системы электроснабжения ж.д. транспорта).

3.3. Целесообразное распределение реализации отдельных заданий по отдельным иерархическим уровням системы управления должно соответствовать табл.1.

3.4. При автоматизации процессов оперативности управления необходимо соблюдать следующие критерии автоматизации:

3.4.1. Обеспечение безопасности труда при допуске людей к работе по сооружениям системы электроснабжения;

3.4.2. Обеспечение срочности выполнения операций;

3.4.3. Минимизация задержке поездов;

3.4.4. Обеспечение точности, достоверности и сохранности передаваемой и обрабатываемой системой информации;

3.4.5. Обеспечение качества и экономии электроэнергии.

#### **4. Оптимизация и автоматизация процессов режимного управления системой электроснабжения**

Оптимизацию и автоматизацию процессов режимного управления системой электроснабжения целесообразно осуществлять решением следующих задач:

4.1. Регулирование электропотребления на тягу поездов с использованием интегрированных программных технологий.

4.2. Контроль качества напряжения:

- контроль уровня напряжения, обработка результатов измерений, выявление
- периодов пиковых нагрузок;
- контроль коэффициента мощности;
- контроль асимметрии фаз;
- контроль несинусоидальности, определение содержания гармонических составляющих.

4.3. Регулирование уровня напряжения на шинах тяговых подстанций и по длине подстанционных зон:

- локальное регулирование на тяговых подстанциях и на перегонах с использованием в качестве управляющих средств аппаратуры автоматики технологического уровня управления;
- интегрированное регулирование с использованием экспертных систем, имитационных моделей энергодиспетчерского пунктах координирующих режимы тяговых подстанций всего управляемого участка ж.д.

4.4. Управление компенсацией реактивной мощности путем коммутации секций конденсаторных батарей в установках емкостной компенсации, применением регулируемых компенсирующих устройств.

4.5. Оперативная оптимизация схем питания тяговых нагрузок по критерию минимизации потерь энергии и уравнивающих токов.

4.6. Регулирование мощности тяговых подстанций путем изменения числа включенных в работу силовых преобразовательных установок в соответствии с изменением тяговых нагрузок.

4.7. Определение допустимых размеров движения и межпоездных интервалов в вынужденных режимах и в аварийных ситуациях

4.8. Контроль расхода энергии, прогнозирование нагрузок (краткосрочное и долгосрочное).

4.9. Контроль ресурса силовых преобразовательных и коммутационных аппаратов.

4.10. Оценка эффективности использования дифференциальных тарифов о платы за электроэнергию тяговых и нетяговых потребителей.

## **5. Формирование баз данных и баз знаний для повышения энергетической эффективности функционирования систем энергоснабжения**

В эту деятельность целесообразно включать решение следующих задач:

5.1. Создание баз данных энергетических обследований предприятий транспорта.

5.1.1. Определение параметров потоков энергии и ресурсов.

1.1.2. Составление и анализ энергетических балансов.

5.1.3. Поиск резервов экономии и оценка вариантов.

5.1.4. Статистическая отчетность для последующих бизнес планов. 5.2. Повышение энергетической эффективности функционирования систем электроснабжения.

5.2.1. Контроль мероприятия, направленных на повышение эффективности использования энергии.

5.2.2. Коммерческий учет энергоресурсов.

5.2.3. Автоматизированное составление графика движения поездов по минимальному расходу электроэнергии или по минимуму стоимости электроэнергии для тяги поездов.

5.3. Управление ремонтами и оценка эффективности ремонта

5.3.1. Управление выполнением планово-профилактических и ремонтных работ:

- автоматизированный прием заявок на ремонт, с сортированием по времени, их регистрация и архивирование;
- автоматическое составление оптимизированных производственных планов;
- автоматический контроль по безопасности выполнения ремонтных работ;
- автоматизированное обеспечение организационных и технических мероприятий при особых режимах эксплуатации.

5.3.2. Управление выполнением предупредительных ремонтов:

- автоматизированный прием, сортирование по времени, регистрация и архивирование заявок на ремонт;
- автоматизированный отбор заявок на выполнение по минимуму затрат на выполнение заявки (режим советчика).

5.3.3. Управление выполнением аварийных ремонтов:

- автоматическое установление аварии, определение ее параметров, регистрация и архивирование;

- автоматическое определение места аварии;
- автоматическое определение и локализация поврежденного участка (в прямом режиме или в режиме советчика).

5.3.4. Автоматизированная статистическая обработка данных об использованных плановых окнах

5.3.5. Автоматизированное слежение эффективности использования трудо-материальных ресурсов.

5.4. Анализ причин и следствий отказов.

5.4.1. Автоматизированная статистическая обработка числа и длительности отказов и вызванных ими задержек поездов.

5.4.2. Автоматизированная статистическая обработка информации о причинах отказов.

5.4.3. Автоматизированное слежение трудо-материальных затрат на ликвидирование последствий аварий.

5.4.4. Автоматизированное слежение надежности системы электроснабжения и ее элементов по утвержденным показателям, характеризующим состояния сооружений.

5.5. Автоматизированное составление и актуализирование технического паспорта сооружений.

5.6. Расчет пропускной способности устройств электроснабжения.

**ТАБЛИЦА 1**

**к Памятке Р-612/4**

**"РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ  
УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО  
ТРАНСПОРТА"**

Таблица 1

№№	Функции и задачи	Технологическое управление	Организационно-технологическое управление	Организационно-технологическое и экономическое управление
1.	Оперативное управление электроснабжением			
1.1.	Текущий контроль нормальной схемы электроснабжения			
1.1.1.	Составление нормальной схемы		*	Для границы двух регионов.
1.1.2.	Изменение нормальной схемы при изменении на внешних условиях		*	Для границы двух регионов. Плановых участков
1.1.3.	Контроль отклонений от нормальной схемы		*	
1.1.4.	Визуализация схемы питания	*	обобщенная информация	обобщенная информация
1.1.5.	Текущий прогноз нагрузки и синтез схемы питания участков			*
1.2.1	Реализация "аварийных схем" электроснабжения при плановых работах, при авариях и т.д.		*	На границах двух регионов
1.2.1.	Выбор соответствующей схемы электроснабжения			

Продолжение таблицы 1

№№	Функции и задачи	Технологическое управление	Организационно-технологическое управление	Организационно-технологическое и экономическое управление
	Экспертная система советчик		*	На границах двух районов
	Оптимизация электроснабжения по надежности критериям в аварийном режиме		*	
	Формирование командных последовательностей для выполнения заданных переключений		*	Критерии алгоритмы
	Блокировки		*	Критерии алгоритмы
1.2.2.	Восстановление нормальной схемы		*	Контроль
1.3.	Автоматическое ведение оперативной документации		*	Контроль
2.	Режимное управление электроснабжением			
2.1	Регулирование электропотребления на тягу поездов с использованием интегрированных информационных технологий	*	*	*
2.2.	Контроль качества напряжения Контроль уровня напряжения Контроль коэффициента мощности Контроль асимметрии фаз	*	*	Обобщ. Информ. Обобщ.

Продолжение таблицы 1

№№	Функции и задачи	Технологическое управление	Организационно-технологическое управление	Организационно-технологическое и экономическое управление
2.3.	Регулирование уровня напряжения Локальное регулирование Централизованное регулирование	*	*	
2.4.	Управление компенсацией реактивной мощности	*		
2.5.	Оптимизация схем питания тяговых • нагрузок по критерию минимизации потерь энергии и уравнивающих токов		*	Критерии алгоритмы контроль
2.6.	Регулирование мощности тяговых подстанций в соответствии с изменением нагрузок		*	-
2.7.	Определение допустимых размеров движения и межпоездных интервалов			*
2.8.	Прогнозирование тяговых нагрузок планирование оптимальных режимов электропитания (советчик)		*	*
2.9.	Управление расхода энергии. Планирование расхода энергии в зависимости от ожидаемой нагрузки. Контроль расхода с периодичностью.		24ч.	3 мес. 1 год 1 мес.
2.10.	Управление режима короткого замыкания. Релейная защита . Автоматическое повторное включение . Указатель места короткого замыкания.	*	Информ. Информ. *	

Продолжение таблицы 1

№№	Функции и задачи	Технологическое управление	Организационно-технологическое управление	Организационно-технологическое и экономическое управление
2.11.	Оценка эффективности использования дифференцированных тарифов оплаты за электроэнергию для тяговых и нетяговых потребителей	*	*	*
3.	Формирование баз данных и баз знаний для повышения экономической эффективности функционирования систем электроснабжения			
3.1.	Создание баз данных энергетических обследований предприятий транспорта			
3.1.1.	Определение параметров потоков энергии и ресурсов			
3.1.2.	Составление и анализ энергетических балансов			
3.1.3.	Поиск резервов экономии и оценка вариантов			
3.1.4.	Статистическая отчетность для последующих бизнес-планов			
3.2.	Повышение экономической эффективности функционирования систем электроснабжения			
3.2.1.	Контроль мероприятий, направленных на повышение эффективности использования энергии			
3.2.2.	Коммерческий учет энергоресурсов			

Продолжение таблицы 1

№№	Функции и задачи	Технологическое управление	Организационно-технологическое управление	Организационно-технологическое и экономическое управление
3.2.3.	Автоматизированное составление графика движения -по минимальному расходу электроэнергии или по МИНИМУМУ стоимости		*	
3.3	Управление ремонтами и оценка эффективности ремонта			
3.3.1.	Автоматизированный прием заявок на ремонт регистрация и архив	*	*	
3.3.2.	Автоматическое составление оптимизированного производственного плана			
3.3.3.	Автоматический контроль безопасности выполнения ремонтных работ	*		
3.3.4.	Автоматизированное обеспечение организационных и технических мероприятий при особых режимах	*		
3.3.5.	Автоматизированный прием заявок на ремонт регистрация и архив предупредительных ремонтов	*		
3.3.6.	Автоматизированный отбор заявок на выполнение по минимум затрат	*		
3.3.7.	Автоматическое установление аварии определение параметров, регистрация и архив аварийных ремонтов	*		
3.3.8.	Автоматическое определение места аварии	*		

Продолжение таблицы 1

№№	Функции и задачи	Технологическое управление	Организационно-технологическое управление	Организационно-технологическое и экономическое управление
3.3.9.	Автоматическое или в режиме советчика локализацию поврежденного участка	*		
3.4.	Контроль ремонтной деятельностью	*	*	
3.5.	Анализ причин и следствии отказов	*	*	
3.6.	Автоматическое составление технического паспорта	*		
3.7.	Диагностирование сооружений	*		