

УДК 621.311:658.514.011.56

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИЗА ТЕКУЩИХ РЕМОНТНЫХ ОТКЛЮЧЕНИЙ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Кандидаты техн. наук АЛЕКСАНДРОВ О. И., НОРЕЙКО М. М.,
студ. НОРЕЙКО А. М.

*Белорусский национальный технический университет,
Белорусский теплоэнергетический институт*

Составление графика ремонтных отключений основного оборудования (ОО) электроэнергетической системы (ЭЭС) – сложная многокритериальная задача принятия решений, формализованная постановка которой должна учитывать множество разнообразных и противоречивых факторов информационного, организационно-хозяйственного, режимно-технического, экономического и социального аспектов.

Разработка графика ремонтных отключений является необходимой составной частью многоступенчатого автоматизированного процесса планирования ремонтов, цель которого – повышение маневренности управления трудовыми ресурсами и ремонтно-техническими средствами с учетом изменения режима энергосистемы, надежности электроснабжения, степени готовности производственных подразделений к проведению ремонтов, их технологичности и экономичности, обеспечения структуры скользящих графиков работы ремонтного персонала, исключения излишних директивных требований по многократному оформлению заявок на вывод оборудования в ремонт по мере приближения срока ремонта. Такой многоступенчатый процесс включает задачи многолетнего, годового, месячного и оперативно-диспетчерского планирования, причем каждый последующий этап конкретизирует и корректирует решение, принятое на предыдущем этапе, на основе текущей информации о режиме объединенной энергосистемы и уточненных данных от производственных подразделений нижестоящего уровня – республиканских унитарных предприятий (РУП) производственных энергетических объединений, филиалов электрических сетей (ФЭС).

Методика автоматизированного составления сводного плана отключений охватывает период месячного планирования, являясь производной от годового планирования, и служит основой для оперативного графика отключений. Практически ее решение осуществляется только посредством декомпозиции на иерархически упорядоченные по степени важности под-

задачи, каждая из которых учитывает часть критериев и управляемых переменных.

В настоящее время задача составления месячного графика отключений ОО энергосистемы решается неформализованными методами на основе существующего опыта эксплуатации, инструкций, профессиональной интуиции и навыков персонала служб энергосистемы, многократного уточнения с нижестоящими звеньями условий проведения запрашиваемых ремонтов с помощью компьютерной и телефонной связи, а также эпизодических режимных и – весьма редко – надежностных расчетов [1].

Основные особенности схемы составления месячного графика отключений ОО энергосистемы (рис. 1) состоят в:

- малой степени автоматизации инженерного труда;
- совмещении в одной процедуре поиска рациональных сроков проведения ремонтов и согласования между различными подразделениями системы управления по каждому запрашиваемому ремонту в отдельности, почти без коррекции согласованных сроков по другим ремонтам;
- получении первоначального и скорректированного графиков в единственном варианте.

Составление месячного графика отключений имеет целью оптимизировать сроки проведения ремонтов оборудования, находящегося в оперативном ведении и управлении энергосистемы, предусмотренные в месячных планах ремонтов нижестоящих звеньев структуры административно-хозяйственного управления энергосистемой (УП, ФЭС, крупные электростанции) с учетом:

- эксплуатационного состояния ОО энергосистемы к началу предстоящего месяца (в соответствии со скорректированным месячным графиком отключений текущего месяца);
- уточнения прогноза располагаемых мощностей и технических минимумов нагрузки агрегатов электростанций энергосистемы на начало предстоящего месяца по сравнению с прогнозом, учитываемым при составлении годового плана ремонтов оборудования энергосистемы;
- снижения располагаемых мощностей электростанций при проведении планируемых ремонтов;
- прогноза динамики изменения нагрузок в узлах основной сети энергосистемы на предстоящий месяц;
- надежности энергоснабжения;
- экономичности режимов работы энергосистемы;
- сведений об обеспеченности звеньев нижестоящего уровня материальными и трудовыми ресурсами;
- сведений о материальных и трудовых ресурсах в распоряжении центрального ремонтного предприятия (ЦРП) энергосистемы и возможности привлечения ремонтного персонала сторонних организаций;
- необходимости совмещения ремонтов единиц оборудования, находящихся в административно-хозяйственной принадлежности нескольких звеньев нижестоящего уровня;
- сроков ремонтов ОО, предусмотренных в месячных планах ремонтов нижестоящих звеньев, и степени их обоснованности;

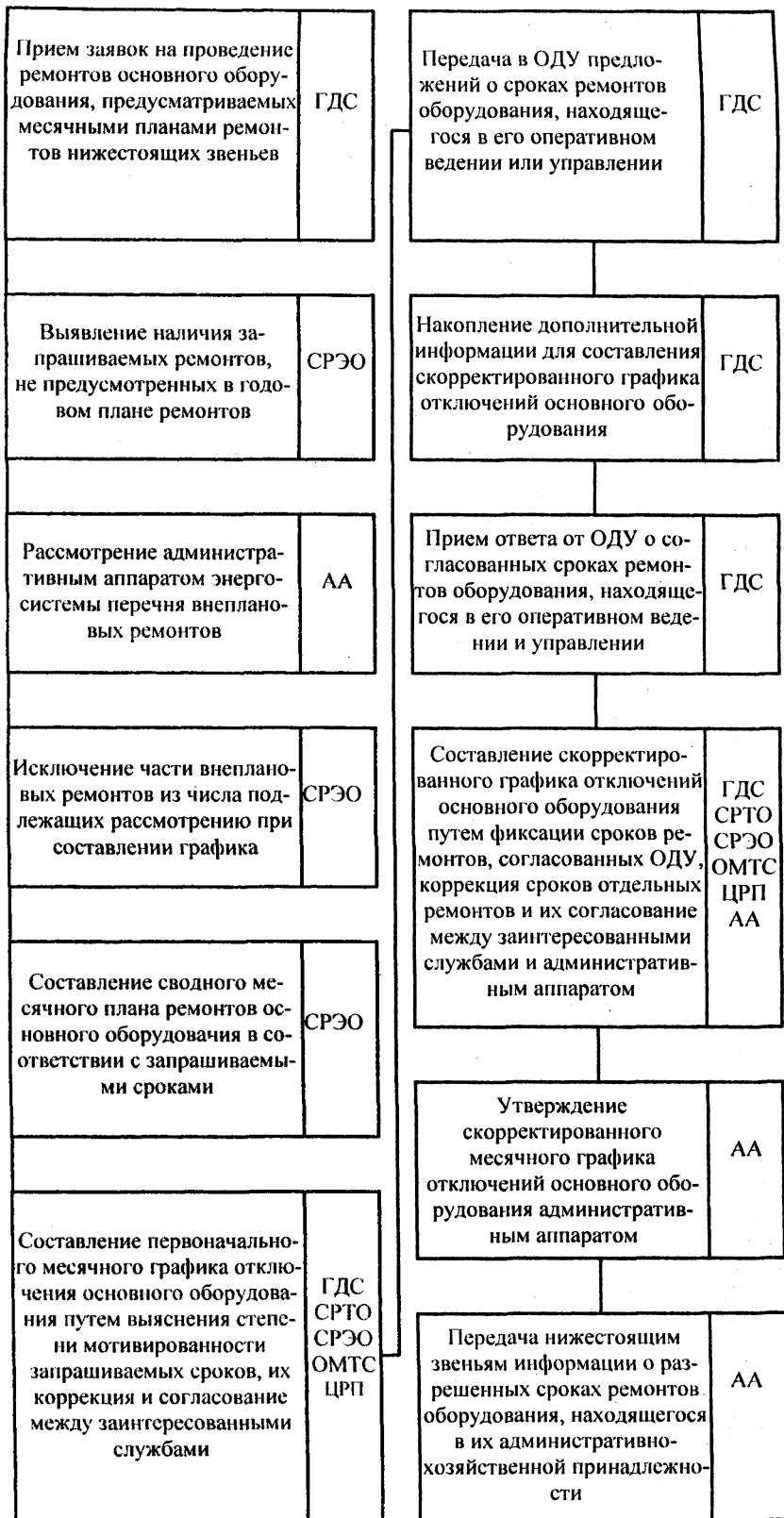


Рис. 1. Стратегия решения задачи планирования текущих ремонтных отключений ОО ЭЭС

- допустимых снижений располагаемой мощности энергосистемы в соответствии с требованиями вышестоящих звеньев оперативно-диспетчерского управления (ОДУ);
- категории ремонта (текущий или капитальный);
- указаний административного аппарата (АА) энергосистемы;
- необходимости представления на утверждение ОДУ предложений о сроках проведения ремонтов оборудования, находящегося в его оперативном ведении или управлении, с последующей коррекцией сроков проведения ремонтов ОО энергосистемы;
- заявок нижестоящих звеньев на проведение аварийных ремонтов ОО, поступающих в период между передачей предложений на вышестоящий уровень и коррекцией сроков проведения ремонтов;
- мнений всех заинтересованных служб энергосистемы;
- допустимых сроков межремонтных периодов единиц оборудования;
- перспективной части годового плана ремонтов оборудования энергосистемы, скорректированного к моменту составления месячного графика отключений;
- выходных и праздничных дней предстоящего месяца.

Включение задачи в состав АСУ проводится для достижения следующих целей:

- повысить эффективность планирования работы энергосистемы в месячном разрезе благодаря использованию экономико-математических моделей в процессе принятия решений по разработке месячного графика отключений ОО;
- учесть большой объем существенной для разработки месячного графика информации при имеющихся в энергосистеме информационных потоках;
- обеспечить качественную разработку первоначального и скорректированного вариантов месячного графика отключений в сжатые сроки, обусловленные сроками сбора, передачи и приема информации с нижестоящего уровня и утверждения предложений на вышестоящем уровне;
- получить множество вариантов первоначального и скорректированного графиков ремонтов для обеспечения возможности выбора согласованных вариантов с учетом мнений всех заинтересованных служб энергосистемы и дополнительного согласования с нижестоящими звеньями, а также предоставления АА свободы принятия окончательного решения;
- обеспечить персоналу центральной диспетчерской службы (ЦДС) возможность получения визуального отображения ремонтных схем основной электрической сети энергосистемы для любых периодов месяца в соответствии с ЭВМ-вариантом месячного графика отключений ОО;
- автоматизировать процесс приема и предварительной обработки информации о месячных планах ремонтов от нижестоящих звеньев, а также передачи информации между звеньями различных уровней ОДУ для обеспечения своевременности доставки информации и снижения количества сбоев;
- предоставить возможность получения персоналу ремонтных служб в наглядной форме всей существенной нормативно-справочной информации, относящейся к каждому из запланированных ремонтов;

- высвободить дежурный персонал ЦДС от рутинной работы по ведению документации при приеме и передаче информации, относящейся к рассматриваемой задаче.

Производственно-технологические особенности объекта и внешних факторов. Особенности функционирования энергосистемы, определяющими содержание постановки задачи составления месячного графика отключений ОО, являются:

- сложность энергосистемы, содержащей большое количество элементов и звеньев различного функционального назначения и различной физической природы, тесно взаимодействующих в техническом и организационно-хозяйственном аспектах;

- разветвленная и многоуровневая иерархическая структура объекта, обусловленная потребностями рациональной организации управления сложной системой и территориальной разобщенностью ее частей, с развитыми связями между элементами иерархической структуры на вертикальном и горизонтальном уровнях;

- наличие двух необходимых и различных по характеру аспектов управления в энергосистеме – административно-хозяйственного и оперативно-диспетчерского при существенном влиянии каждого из них на выбор рациональной стратегии планирования ремонтов;

- возможность несовпадения в административно-хозяйственном и оперативно-диспетчерском аспектах уровней иерархии, к которым относится одна и та же единица оборудования энергосистемы;

- несовпадение схемы электрических соединений оборудования, находящегося в оперативном ведении или управлении энергосистемы, со схемой, достаточной для анализа режимов работы этого оборудования;

- большой объем требуемых потоков осведомительной и распорядительной информации между энергосистемой и объектами низшего уровня, что заставляет проводить декомпозицию многих задач и использовать передачу информации от низшего уровня в агрегированном виде;

- наличие как непрерывных, так и дискретных управляющих, а также возмущающих воздействий в процессе функционирования системы;

- существенное влияние случайных внешних факторов на процесс функционирования системы;

- возможность проявления заранее не формализуемого, но подлежащего обязательному учету человеческого фактора ввиду чего при автоматизированном решении задач ОДУ целесообразно использовать человеко-машинные процедуры поиска оптимальных решений;

- различная степень влияния на эффективность функционирования системы режимов эксплуатации тепломеханического и электросетевого оборудования, ввиду чего в процессе алгоритмизации задачи целесообразно проводить ее функциональную декомпозицию на два соответствующих уровня с использованием более адекватных математических моделей для объектов верхнего уровня;

- необходимость увязки задачи месячного планирования ремонтов с верхним уровнем временной иерархии управления – годовым планом ремонтов;

- приближенный характер большей части исходной информации в момент выработки месячного графика отключений и возможность последующей коррекции принятого решения в процессе оперативно-диспетчерского управления, что позволяет использовать упрощенные математические модели для учета отдельных факторов;

- возможность возникновения внешних управляющих воздействий директивного характера, не предусмотренных условиями функционирования системы.

Краткое описание принципов решения задачи. Для того чтобы решение задачи в большей степени соответствовало целям системы, подзадачи распределяются по уровням иерархии в соответствии с априорной оценкой их важности. Иерархии подзадач соответствует различная степень их влияния на формализованные критерии выбора решения. При большой размерности задачи целесообразно вводить дополнительные уровни декомпозиции.

Сложившаяся практика управления крупными народнохозяйственными системами, основанная на структурной иерархии (выделении подсистем различного иерархического уровня и дискретной временной иерархии, т. е. согласованном планировании и управлении с различными временными горизонтами), соответствует объективным закономерностям функционирования больших целенаправленных систем [2]. Такая организация управления позволяет в соответствующем реальным процессам функционирования управляемой части системы темпе и с должным качеством решать сложные по логической структуре и количеству информации задачи.

Принципы автоматизированного планирования позволяют:

- обеспечить все уровни иерархии управления более полной достоверной и своевременной информацией с помощью использования технических средств ее сбора, передачи, приема и хранения;

- применять более сложные и точные методы решения задач, чему способствуют совершенное информационно-математическое обеспечение и современные средства вычислительной техники;

- улучшить иерархическую структуру системы управления путем поиска компромисса между достижимой точностью решения глобальной задачи системы и издержками, связанными с перестройкой иерархической структуры;

- улучшить адаптируемость системы к изменяющимся внешним факторам;

- уточнить цели системы и подзадач, высвободить управленческий персонал от механической работы по поиску решений задач при заданных целях для постоянной творческой работы по отысканию адекватных целей для системы в целом и ее подсистем (совершенствование внутрисистемного планирования, более глубокая проработка вопросов развития системы и т. д.) в течение большей части шага дискретности на соответствующем уровне временной иерархии, длительность которого определяется временем запаздывания сигналов обратной связи.

Цель оптимизации сроков ремонтов ОО энергосистемы в месячном разрезе заключается в удовлетворении набора разнообразных требований к искомому решению, которые при постановке задачи должны быть сформулированы таким образом, чтобы обеспечить реализацию человеко-машинной процедуры поиска оптимального решения, соответствующей указанным выше общим принципам функционирования задач в составе

программного комплекса и учитывающей возможности обеспечения необходимой исходной информации, приемлемого времени решения и упорядочения требований к последнему, исходя из реальной значимости и сложности алгоритмизации с целью организации поэтапного внедрения задач. С учетом названных факторов предлагается следующая *иерархия подлежащих формализации требований* [3]:

1. Совмещение ремонтов во времени в случаях, когда это снижает общую длительность простоя оборудования в ремонте или повышает технологичность последнего.

2. Обеспечение связности нормально замкнутой части схемы основной сети энергосистемы.

3. Размещение ремонтов электросетевого оборудования, не имеющего резерва по основной сети, в выходные дни.

4. Обеспечение допустимых величин снижения располагаемой мощности энергосистемы на протяжении месяца и перспективной части годового графика ремонтов.

5. Обеспечение двустороннего питания потребителей 1-й категории.

6. Учет запрашиваемых нижестоящим звеном времени, длительности ремонта, степени обоснованности и значимости соответствующей единицы оборудования в структуре энергосистемы по отношению к остальным критериям выбора решения.

7. Повышение величины наименьшего относительного резерва пропускной способности звеньев основной сети в течение месяца.

8. Снижение месячного расхода топлива в энергосистеме.

9. Ограничения по нижним уровням напряжений в узлах основной сети в часы максимума нагрузки на протяжении периода каждого ремонта.

10. Ограничения по верхним уровням напряжений в узлах основной сети в часы минимума нагрузки на протяжении периода каждого ремонта.

11. Обеспеченность ремонтов материальными и трудовыми ресурсами.

12. Снижение ожидаемого недоотпуска электроэнергии потребителям.

13. Снижение потерь энергии в основной электрической сети.

14. Снижение длительности ремонтов при наличии в энергосистеме свободных материальных и трудовых ресурсов и благодаря выбору сроков ремонтов в периоды с меньшим числом выходных дней.

15. Обеспечение нормальных условий выполнения ремонтов подрядными организациями и собственным персоналом с учетом их регионального размещения.

16. Обеспечение координации работ ремонтных организаций при участии нескольких подразделений в выполнении ремонтных работ.

Задача составления месячного графика отключений ОО энергосистемы тесно связана с системой планирования производственно-хозяйственной деятельности энергосистемы, ввиду чего охватываемый ею временной разрез (интервал дискретности управления) однозначно задан сбалансированной временной иерархией планирования.

Уточнение информационного обеспечения задачи включает:

- совершенствование базы данных АСУ энергосистемой с учетом потребностей рассматриваемой задачи;
- рациональную организацию информационных взаимосвязей данной задачи с другими задачами;

- уточнение собственного информационного обеспечения данной задачи в составе общих информационных потоков с нижестоящих и вышестоящих уровней системы управления энергосистемой.

В соответствии с охарактеризованными ранее принципами иерархической вычислительной декомпозиции и с учетом возможно более полного использования преимуществ блочного принципа в процессе алгоритмизации целесообразно выделить в рассматриваемой задаче несколько подзадач, распределение которых по уровням иерархии с указанием основных функциональных взаимосвязей показано на рис. 2.

Результатами решения задачи являются:

- предложения вышестоящим звеньям ОДУ о сроках проведения ремонтов оборудования, находящегося в его оперативном управлении или ведении;

- сообщения АА системы о наличии внеплановых заявок на проведение ремонтов, не предусмотренных годовым планом;

- месячный график отключений ОО энергосистемы;

- сообщения нижестоящим звеньям административно-хозяйственной структуры энергосистемы о сроках проведения ремонтов ОО, находящегося в принадлежности этих звеньев;

- результаты обработки запросов на ремонты в установленной форме выходного документа, содержащего всю существенную нормативно-справочную информацию, относящуюся к запланированному ремонту;

- информация о топологии желаемой ремонтной схемы, необходимая для получения ее визуального отображения.

Результаты решения используются:

- вышестоящими звеньями ОДУ для разработки месячных графиков отключений оборудования, находящегося в их оперативном управлении или ведении;

- службой надежности энергосистемы для выработки предложений администрации энергосистемы о санкциях к нижестоящим звеньям административно-хозяйственной структуры, подавшим внеплановые заявки на проведение ремонтов;

- диспетчерской службой энергосистемы при решении задач внутримесячного планирования и оперативного управления режимами;

- отделом материально-технического снабжения (ОМТС) и ЦРП энергосистемы для организации ремонтных работ в соответствии с графиком;

- службами ремонтов тепломеханического (СРТО) и электротехнического (СРЭО) оборудования энергосистемы для коррекции перспективной части годового плана ремонтов, а также для контроля за ходом ремонтов, предусмотренных в месячном графике;

- нижестоящими звеньями административно-хозяйственной структуры энергосистемы для коррекции месячных планов ремонтов оборудования, находящегося в их ведении;

- персоналом ЦДС в процессе выработки мнения о степени обоснованности запрашиваемых сроков ремонтов и качестве полученных вариантов графика отключений.

На рис. 3 показаны информационные взаимосвязи задачи с другими подсистемами и задачами АСУ энергосистемой.

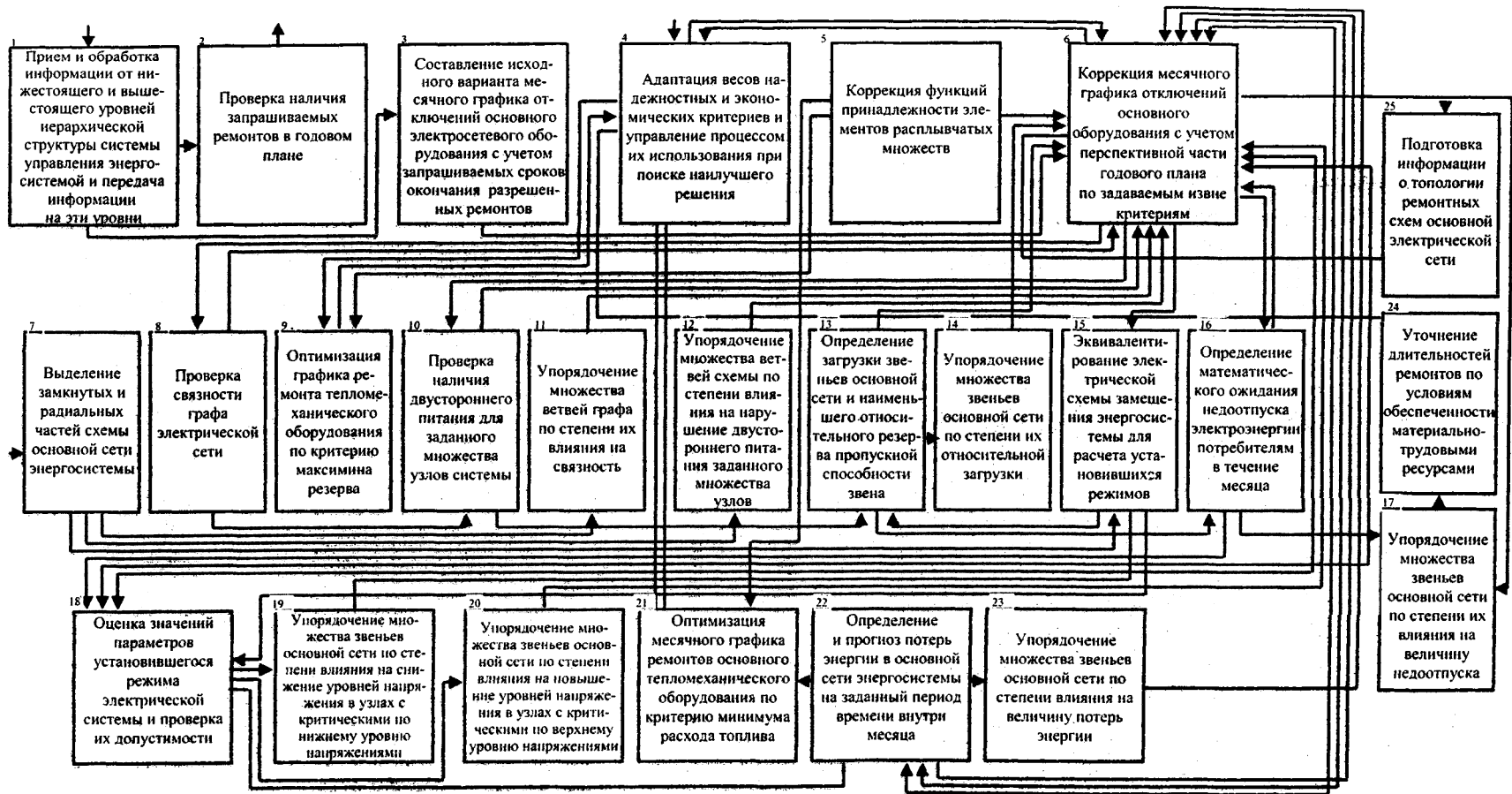


Рис. 2. Основные функциональные взаимосвязи подзадач

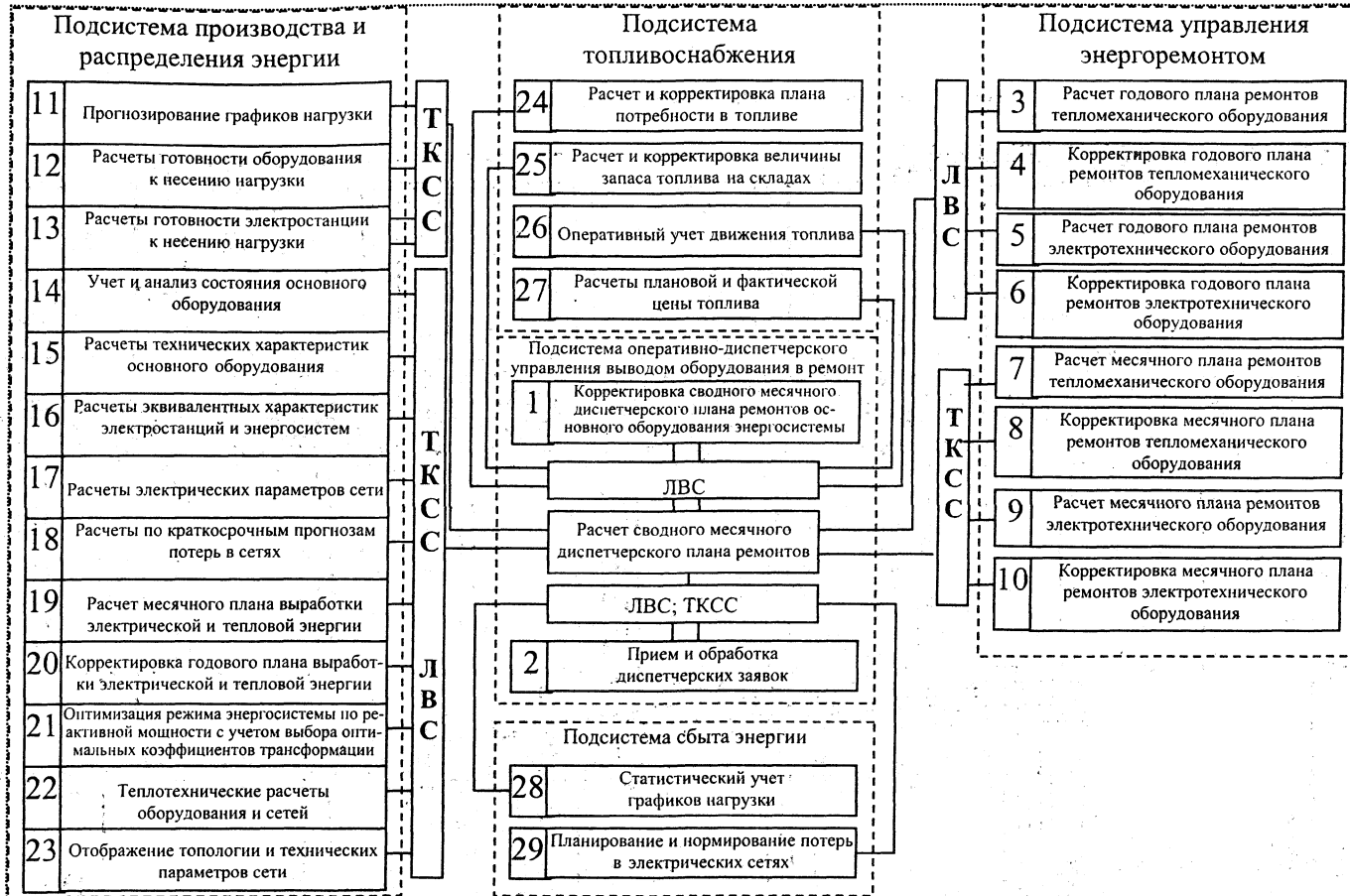


Рис. 3. Информационные взаимосвязи основной задачи с другими подсистемами и задачами АСУ:
ЛВС – локально-вычислительная сеть; ТКСС – телекоммуникационная система связи

В связи с тем, что в существующей системе управления ряд задач – поставщиков информации для данной задачи пока не реализован, недостающая информация при поэтапном внедрении задачи должна поставляться подзадачами, входящими в ее состав, с последующими изменениями для информационной увязки с вновь внедряемыми задачами.

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрены методологические основы и принципы анализа текущих ремонтных отключений ОО ЭЭС.

2. Показано, что задача планирования текущих ремонтных отключений ОО ЭЭС представляет сложную многокритериальную задачу, которую приходится решать в противоречивых условиях с учетом множества разнообразных ограничений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров О. И., Бабочкин В. Т., Гурский С. К. Методические основы автоматизированного составления месячного графика ремонтов электросетевого оборудования энергосистем // Повышение пропускной способности и эффективности электрических сетей в Белорусской энергосистеме: Тез. докл. науч.-техн. совещания. – Мн.: Бел. НТОЭЭ, 1978. – С. 24–27.

2. Александров Е. А. Основы теории эвристических решений: Подход к изучению и построению искусственного интеллекта. – М.: Сов. радио, 1975. – 256 с.

3. Александров О. И., Домников С. В. Методы анализа текущих ремонтных отключений основного оборудования в сложной электроэнергетической системе. – Мн.: УП «Технопригт», 2001. – 260 с.

Представлена кафедрой
электротехники и электроники

Поступила 28.02.2003