



студентам  
высших  
учебных  
заведений

Е.В. КАЛЕНТИОНОК  
В.Г. ПРОКОПЕНКО  
В.Т. ФЕДИН

# ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ



Е.В. КАЛЕНТИОНОК  
В.Г. ПРОКОПЕНКО В.Т. ФЕДИН

---

# ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ

Под общей редакцией профессора В.Т. Федина

Допущено  
Министерством образования Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия для студентов  
энергетических специальностей учреждений,  
обеспечивающих получение  
высшего образования



Минск  
«Вышэйшая школа»  
2007

УДК 621.311(075.8)  
ББК 31.2я73  
К17

Рецензенты: кафедра «Электроснабжение» УО «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»; начальник службы режимов РУП «Объединенное диспетчерское управление» А.М. Короткевич

*Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.*

### **Калентионок, Е. В.**

К17 Оперативное управление в энергосистемах : учеб. пособие / Е.В. Калентионок, В.Г. Прокопенко, В.Т. Федин ; под общ. ред. В.Т. Федина. — Минск : Выш. шк., 2007. — 351 с. : ил.

ISBN 978-985-06-1260-1.

Рассматриваются цели и задачи, принципы организации и структура оперативного диспетчерского управления энергосистемами, методы и средства управления нормальными режимами энергосистем и электрических сетей, методические подходы к ликвидации основных аварийных режимов в энергосистемах, системообразующих и распределительных сетях.

Для студентов энергетических специальностей вузов. Может быть использовано слушателями центров подготовки и повышения квалификации инженеров-энергетиков и инженерами, чья деятельность связана с анализом и управлением режимами энергосистем и электрических сетей.

**УДК 621.311(075.8)**  
**ББК 31.2я73**

**ISBN 978-985-06-1260-1**

© Калентионок Е.В., Прокопенко В.Г.,  
Федин В.Т., 2007  
© Издательство «Вышэйшая школа», 2007

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное учебное пособие предназначено для студентов энергетических специальностей учреждений, обеспечивающих получение высшего образования. В качестве основного оно может быть использовано студентами, которые специализируются по диспетчерскому управлению энергосистемами и электрическими сетями, автоматизации энергетических процессов, эксплуатации электроэнергетических систем, а как дополнительное — студентами смежных инженерных специальностей энергетического профиля. Книга может быть полезна научным работникам, аспирантам, магистрантам, инженерам, занимающимся исследованиями, анализом режимов энергосистем и электрических сетей и их управлением. Кроме того, учебное пособие может быть использовано при переподготовке и повышении квалификации персонала диспетчерских служб и служб режимов энергосистем и электрических сетей в институтах, центрах, на факультетах и курсах повышения квалификации.

Несмотря на то что имеется достаточно большое количество изданий, касающихся диспетчерского управления, учебная литература по этой тематике практически отсутствует. Систематизированное изложение всех основных вопросов диспетчерского управления имеется только в монографии [11]. Однако она была издана более 40 лет назад и поэтому требует корректировки, к тому же предназначена для инженеров, а не для студентов, и в настоящее время малодоступна. Следует отметить учебное пособие [13], предназначенное для институтов повышения квалификации и отражающее вопросы диспетчерского управления мощными энергообъединениями, а также учебник [36], в котором рассматривается в основном алгоритмизация и аппаратная часть автоматизированной системы

управления режимами энергосистем. Другие фундаментальные монографии, написанные известными специалистами, посвящены отдельным вопросам диспетчерского управления мощными энергообъединениями либо имеют обзорный характер [1, 3, 19, 30–32].

Данная работа — первая попытка создать учебное пособие для студентов по оперативному управлению как энергосистемами, так и сетями, т.е. содержащее вопросы диспетчерского управления различного иерархического уровня в электроэнергетике. При этом авторы стремились не к простому изложению инструктивных материалов, а к доступному объяснению физических процессов, происходящих в нормальных и аварийных режимах энергосистем, их математическому описанию.

При подготовке пособия авторы использовали литературу, выпущенную сотрудниками Центрального диспетчерского управления Единой энергосистемы СССР (ЦДУ ЕЭС СССР), системного оператора открытого акционерного общества «Центральное диспетчерское управление Единой энергосистемы России» (ОАО «СО — ЦДУ ЕЭС»), руководящие материалы РУП «Объединенное диспетчерское управление», опыт преподавания дисциплин по электрическим системам и сетям, устойчивости и эксплуатации энергосистем, автоматическому управлению электрическими системами на кафедре «Электрические системы» Белорусского национального технического университета, а также личный опыт диспетчерской работы в энергосистеме и разработки противоаварийных тренировок для диспетчеров энергосистем.

Материал данного учебного пособия соответствует дисциплине «Оперативное управление в энергосистемах», а также частично дисциплинам «Диспетчерское управление энергосистемами», «Автоматическое управление в энергосистемах», «Эксплуатация энергосистем», которые имеются в учебных планах вузов Республики Беларусь.

Материал книги распределен между авторами следующим образом: В.Г. Прокопенко написал гл. 1, 2, В.Т. Федин — гл. 3, Е.В. Калентиюнок — гл. 4.

Авторы благодарят сотрудников РУП «Объединенное диспетчерское управление» А.И. Тумаша, В.Л. Горовикова и А.М. Короткевича за предоставленные нормативные материалы, связанные с оперативным управлением объединенной

энергосистемой Республики Беларусь, которые были использованы при подготовке данной работы.

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность инженерам Е.А. Заборской, Е.Л. Ковенской, О.Б. Киселевой, Г.Н. Короткому и технику Ю.Н. Кондратенко, вложившим большой и кропотливый труд в подготовку и оформление рукописи.

Все отзывы и пожелания просим направлять по адресу: 220013, Минск, проспект Независимости, 65, корпус 2, кафедры «Электрические системы» Белорусского национального технического университета.

*Авторы*

# 1

---

---

---

---

---

---

---

---

## ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

### 1.1. Цели и задачи оперативного управления в энергосистемах

Нормальная работа энергосистем возможна только при четко функционирующей системе оперативного управления их режимами. Необходимость эффективной системы оперативного управления обусловлена следующими важнейшими свойствами энергосистем:

- значимость производимого продукта не только в сфере материального производства, но и при обеспечении безопасных и комфортных условий работы и проживания больших групп людей;

- сложность производственной структуры, большой объем производимой продукции, разнообразие основного оборудования с разными технико-экономическими характеристиками и, как следствие, возможность ведения допустимых, но не оптимальных режимов с перерасходом энергоресурсов;

- непрерывность процессов производства, распределения и потребления электрической энергии;

- быстрота протекания технологических процессов;

- наличие условий повышенной опасности для здоровья и жизни людей, эксплуатирующих оборудование самих энергосистем.

Оперативное управление в энергосистемах называют **оперативно-диспетчерским** или **диспетчерским**, поскольку

оно реализуется через диспетчерские службы. Диспетчерское управление производится централизованно и непрерывно в течение суток. Оно осуществляется высшим оперативным руководителем энергосистемы — *диспетчером*.

Цель диспетчерского управления — разработка и ведение режимов энергосистем, обеспечивающих надежное и бесперебойное снабжение потребителей электрической и тепловой энергией удовлетворительного качества при максимальной экономичности работы энергосистемы в целом, создание возможности безопасного обслуживания оборудования энергосистемы.

Для достижения данной цели при реализации диспетчерского управления приходится решать следующие задачи:

- долгосрочное и краткосрочное планирование графиков нагрузки энергосистем;
- составление балансов мощности и энергии;
- разработка нормальной и ремонтных схем энергосистемы;
- регулирование частоты и активной мощности;
- регулирование напряжения и реактивной мощности;
- расчеты статической и динамической устойчивости;
- внутрисуточная оптимизация режимов;
- экспрессные расчеты потокораспределения в электрической сети в вынужденных режимах работы энергосистемы;
- рассмотрение заявок на вывод оборудования в ремонт;
- руководство оперативными переключениями в электрических сетях;
- ведение служебной документации и др.

## **1.2. Принципы и структура диспетчерского управления**

Система диспетчерского управления основана на следующих принципах:

- отделение оперативно-диспетчерских функций от административно-хозяйственных;
- иерархическая структура диспетчерского управления с обязательным подчинением дежурного оперативного персонала каждой ступени управления диспетчерскому персоналу более высокой ступени управления;
- предоставление персоналу каждой ступени управления максимальной самостоятельности в выполнении всех оперативных функций, не требующих вмешательства оперативного руководителя более высокой ступени диспетчерского управления;



□ соблюдение строжайшей технологической и диспетчерской дисциплины.

Диспетчерское управление энергосистем строится на основе раздела «Оперативно-диспетчерское управление» «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей» (ПТЭ) [26] и нормативных документов, разрабатываемых в энергосистемах.

Диспетчерское управление Белорусской энергосистемы имеет четыре иерархических уровня [12]:

- 1) управление объединенной энергосистемы (ОЭС);
- 2) управление областных энергосистем;
- 3) управление предприятий электрических сетей;
- 4) управление районов электрических сетей.

На высших иерархических ступенях диспетчерского управления функции оперативно-диспетчерского управления, как правило, выполняют специализированные предприятия, не занимающиеся административно-хозяйственным управлением. Например, оперативно-диспетчерское управление Белорусской энергосистемой выполняет республиканское унитарное предприятие «ОДУ», Единой энергетической системой (ЕЭС) России — системный оператор ОАО «СО — ЦДУ ЕЭС».

На уровне областных энергосистем Беларуси оперативно-диспетчерское управление осуществляют специальные службы — центральные диспетчерские службы (ЦДС), электрических сетей (ранее — предприятий электрических сетей) — оперативно-диспетчерские службы (ОДС), районов электрических сетей — районные диспетчерские службы (РДС).

Структура четырехступенчатой системы диспетчерского управления приведена на рис. 1.1.

В административном отношении диспетчерские службы находятся в непосредственном подчинении главного технического руководителя подразделения энергосистемы. На высших ступенях диспетчерского управления (ЕЭС, ОЭС) диспетчерские службы подчиняются главному диспетчеру энергосистемы, на более низких — главному инженеру подразделения энергосистемы.

На первом уровне системы оперативно-диспетчерского управления диспетчеру ОЭС непосредственно подчинены: диспетчеры ЦДС областных энергосистем, начальники смен крупных электростанций общесистемного значения, дежурные подстанций общесистемного значения. (К подстанциям обще-



Рис. 1.1. Структура четырехступенчатой системы диспетчерского управления:  
1–4 – уровни управления

системного значения относятся подстанции системообразующей сети энергосистемы и подстанции транзитных линий электропередачи, соединяющих разные областные энергосистемы.)

На втором уровне системы управления диспетчеру ЦДС областных энергосистем непосредственно подчинены: диспетчеры ОДС электрических и тепловых сетей, начальники смен электрических станций внутрисистемного значения малой мощности, дежурные подстанций внутрисистемного значения (в основном подстанций питающей и распределительной сетей энергосистемы с номинальным напряжением 110 кВ и выше).

На третьем уровне системы управления диспетчеру ОДС электрических сетей непосредственно подчинены: диспетчеры РДС районов электрических сетей, дежурные подстанций сетей с номинальным напряжением 35 кВ и выше, дежурные ОВБ.

На четвертом уровне системы диспетчерского управления диспетчеру РДС района электрических сетей подчиняются: дежурные ОВБ, дежурные подстанций сетей с номинальным напряжением 35 кВ и ниже, дежурные участков РЭС.

Для четкого функционирования системы ОДУ все оборудование энергосистем (электрических станций, электрических и тепловых сетей) распределяется по оперативной подчиненности между диспетчерами различных ступеней системы и закрепляется за ними.

Разделение и закрепление оборудования между различными ступенями диспетчерского управления производят на основании анализа влияния режима его работы (состояния) на режим работы энергосистемы в целом. В оперативном отношении закрепленное оборудование может находиться *в оперативном управлении* диспетчера (операции с таким оборудованием выполняются только *по распоряжению и под руководством* дежурного диспетчера) и *в оперативном ведении* диспетчера (операции с таким оборудованием выполняются только *с разрешения* дежурного диспетчера вышестоящего уровня управления).

В оперативном управлении диспетчера находится в основном то оборудование, операции с которым требуют координации действий подчиненного оперативного персонала и согласованных изменений на нескольких объектах, например согласованные действия на подстанциях для отключения (включения) линии электропередачи (ЛЭП), связывающей две энергосистемы, или ЛЭП между подстанциями разных электросетей.

В оперативном ведении диспетчера находится оборудование, режим работы или состояние которого влияет на генерируемую мощность энергосистемы, величину резерва мощности, надежность работы электрических сетей. Например, снизить мощность на электростанции оперативный персонал может только с разрешения вышестоящего диспетчера, который должен принять меры по вводу в работу резервной мощности энергосистемы или другие меры, нормализующие работу энергосистемы.

К оборудованию, находящемуся в оперативном управлении или ведении диспетчера, относятся электротехническое и теплотехническое оборудование электрических станций, подстанций, линии электропередачи, трубопроводы, устройства релейной защиты, аппаратура систем противоаварийной и режимной автоматики, средства диспетчерского и технологического управления, оперативно-информационные комплексы.

Оборудование и устройства электростанций и сетей, состояние и режим работы которых не влияют на работу энергосистемы, находятся в оперативном управлении и ведении персонала объекта.

Закрепление оборудования, устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) и противоаварийной автоматики (ПА) в оперативном отношении (управление, ведение) производится по согласованию с вышестоящим органом диспетчерского управления энергосистемы. Перечень закрепленного оборудования с устройствами РЗА и ПА утверждается техническим руководителем предприятия и по мере необходимости (но не реже одного раза в три года) пересматривается.

При реализации диспетчерского управления используется также понятие информационного ведения.

**Информационное ведение** подразумевает информирование (подачу информационной заявки и оперативного уведомления) заинтересованной стороны, например диспетчера одной энергосистемы диспетчером другой энергосистемы о предстоящих плановых изменениях состояния и режима работы оборудования, которое влияет на режим работы параллельно работающей энергосистемы. Это позволяет диспетчерской службе заблаговременно разработать наиболее эффективные мероприятия по изменению режимов работы энергосистемы при изменении режима работы параллельно работающей энергосистемы.

Оборудование энергосистемы может находиться в управлении оперативного руководителя только одной ступени управления, а в ведении — нескольких руководителей одной или большего числа ступеней управления.

К оперативным руководителям относятся: дежурные диспетчеры объединения энергосистем, отдельной энергосистемы, предприятия электрических сетей, района электрических сетей.

К оперативному персоналу относятся: оперативные руководители, начальники смен электрических цехов электростанций, дежурные (диспетчеры, инженеры, электромонтеры) подстанций, персонал ОВБ, оперативно-ремонтный персонал с правом выполнения переключений в электроустановках.

Закрепление оборудования энергосистемы в оперативном отношении позволяет предоставлять местному оперативному персоналу максимальную самостоятельность в выполнении функций управления, соблюдать строгую технологическую дисциплину при управлении, избегать неправильных решений и действий.

Если энергосистема одной страны работает параллельно с энергосистемами других стран, то закрепление в оперативном отношении оборудования, линий электропередачи, устройств РЗА и ПА, влияющих на работу энергосистем, производится на основании договоров (взаимосогласованных и утвержденных руководством энергосистем положений о диспетчерском управлении). В этих же договорах распределяются обязанности диспетчерских служб энергосистем по регулированию частоты, напряжения, перетоков мощности, производству переключений и т.п.

### **1.3. Подготовка диспетчера**

Для выполнения своих должностных обязанностей диспетчер должен знать:

- организацию диспетчерского управления;
- оперативную подведомственность оборудования, включая устройства РЗА и ПА;
- схему электрических соединений и технические характеристики по пропускной способности в нормальных и аварийных режимах;
- схемы распределительных устройств электростанций;
- принципиальные тепловые схемы электростанций;
- основные параметры и характеристики теплосилового и электрического оборудования электростанций;
- принципы оптимального распределения генерирующей мощности между электростанциями;
- наименования подстанций и линий электропередачи;
- принципы заземления нейтрали в электрических сетях;

□ принципы действия защит, схемы релейной защиты подведомственного оборудования (генераторов, трансформаторов, линий электропередачи, шин подстанций);

□ допустимые режимные параметры в контрольных точках сети;

□ организацию и порядок выполнения оперативных переключений;

□ порядок ликвидации аварий;

□ организацию ремонтных работ;

□ графики ограничения и отключения потребителей;

□ правила организации работы с персоналом;

□ порядок ввода в эксплуатацию вновь вводимых и реконструированных электроустановок;

□ порядок действий в особых ситуациях (по условиям гражданской обороны);

□ схемы электроснабжения потребителей первой категории;

□ аппаратуру диспетчерского пункта;

□ правила пользования связью и объектами энергосистемы;

□ методы оказания первой доврачебной помощи пострадавшим;

□ порядок ведения технической документации;

□ должностные инструкции оперативного персонала разного уровня диспетчерского управления, действующие инструктивные материалы, а также в установленном объеме ПТЭ, ПУЭ, Правила пожарной безопасности (ППБ), Правила техники безопасности (ПТБ) и др.

На должность диспетчера назначаются лица, имеющие соответствующее образование по специальности (например, диспетчер ОДУ должен иметь высшее образование, а диспетчер РЭС может иметь среднее техническое образование, но при этом должен иметь стаж работы на электроустановках не менее трех лет). До назначения на должность диспетчера надо пройти профессионально-техническую подготовку в установленном объеме, индивидуальную подготовку, предусматривающую стажировку, проверку знаний, дублирование и противоаварийные тренировки. При подготовке диспетчера применяют тестирование, моделирующие установки, электронные тренажеры и т.д.

## 1.4. Должностные обязанности, права и ответственность диспетчера

Должностные обязанности, права и ответственность диспетчеров разных уровней диспетчерского управления регламентируются должностными инструкциями, которые утверждаются руководителем предприятия или вышестоящей организацией, например должностная инструкция диспетчера ОДУ Белорусской энергосистемы утверждается главным диспетчером ОДУ, а должностная инструкция диспетчера РЭС — главным инженером электрических сетей. Должностные инструкции разрабатываются на основе требований ПТЭ.

Приступая к дежурству, диспетчер должен принять смену у предыдущего диспетчера, а последний — сдать свою смену. Принимая смену, диспетчер обязан:

- ознакомиться по мнемосхеме и по оперативной документации с режимом работы основного оборудования и устройств РЗА и ПА, находящихся в его оперативном управлении и ведении;
- ознакомиться с записями в оперативном журнале, начиная со своей предыдущей смены;
- ознакомиться с поступившими распоряжениями, телефограммами, инструкциями, записями в документации;
- ознакомиться с заявками и принятыми по ним решениями на вывод оборудования в ремонт, с программами на испытание оборудования;
- уточнить число работающих бригад, места выполнения работ;
- ознакомиться с поступившими, но не рассмотренными заявками;
- проверить наличие ОВБ и обеспеченность их транспортными, защитными средствами и приспособлениями, аварийным запасом ремонтного материала;
- проверить наличие оперативной документации и инструкций, принять ключи от служебных помещений диспетчерского пункта;
- получить информацию от дежурных узла связи и телемеханики, службы вычислительной техники о состоянии каналов связи, работе вычислительной техники, телемеханики;
- оформить сдачу-приемку смены соответствующей записью в оперативном журнале с указанием времени приемки-сдачи.

На высших ступенях диспетчерского управления (уровень объединенной энергосистемы, областной энергосистемы) диспетчер получает сведения о режиме работы энергосистемы и режимах работы электрических станций: о суммарной включенной мощности электростанций, выдерживании графиков нагрузки, наличии резервов мощности, предстоящих пусковых операциях и их продолжительности, обеспеченности электростанций топливом и его поступлении, выполнении ограничений по расходу топлива, ограничениях потребителей по потребляемой мощности или их отключении.

Диспетчер, сдающий смену, должен сообщить:

- замечания по работе оборудования в его смену;
- замечания по работе средств связи;
- перечень объектов, на которых производятся работы, и количество бригад на них, места установленных переносных заземлений и включенных заземляющих ножей;
- устные распоряжения, указания вышестоящего оперативного персонала.

Если при приемке смены были выявлены серьезные недостатки по надежности схемы сети, несоответствие схемы сети на мнемосхеме записям в оперативном журнале, недостаточность оперативного резерва мощности и т.п., то заступающий диспетчер вправе потребовать дополнительных разъяснений, проведения корректировки схемы сети, отчетности. При невозможности устранения этих недостатков необходимо сделать соответствующие записи в оперативном журнале. В крайнем случае диспетчер может отказаться от приемки смены.

Диспетчеру запрещается сдача-приемка смены во время оперативных переключений, стихийных бедствий, при ликвидации аварий (в некоторых случаях сдача-приемка смены допускается только с разрешения начальника диспетчерской службы с записью в оперативном журнале).

Заступающий на дежурство диспетчер принимает рапорты от непосредственно подчиненных в оперативном отношении диспетчеров и дежурного персонала электрических станций, подстанций, ОВБ. Например, диспетчер ОДУ принимает рапорты от оперативного персонала электрических станций, подстанций, диспетчеров ЦДС, а диспетчер РЭС — от дежурных подстанций и ОВБ.

В рапорте должны содержаться следующие основные сведения: время сдачи рапорта, должность и фамилия сдавшего



## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	3
Список основных сокращений .....	6
<b>1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ .....</b>	<b>9</b>
1.1. Цели и задачи оперативного управления в энергосистемах .....	9
1.2. Принципы и структура диспетчерского управления .....	10
1.3. Подготовка диспетчера .....	15
1.4. Должностные обязанности, права и ответственность диспетчера ..	17
1.5. Оперативные переговоры и ведение оперативного журнала.....	22
1.6. Технические средства диспетчерского управления .....	26
Вопросы для самопроверки .....	27
<b>2. ОПЕРАТИВНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ....</b>	<b>29</b>
2.1. Основные положения о переключениях в электрических сетях .....	29
2.2. Бланки переключений и программы переключений .....	32
2.3. Переключения при ликвидации аварий .....	39
2.4. Производство оперативных переключений на объектах с разной формой дежурства и обслуживаемых ОВБ .....	40
2.5. Действия с оперативной блокировкой при производстве оперативных переключений.....	41
2.6. Операции с основными коммутационными аппаратами .....	43
2.7. Последовательность производства часто встречающихся переключений .....	48
2.8. Руководство отключениями для вывода линий электропередачи в ремонт, ввода их после ремонта и выдача разрешений на производство работ .....	55
2.9. Особенности организации ремонтных работ на линиях электропередачи 220...750 кВ под напряжением .....	57
2.10. Особенности вывода в ремонт воздушных линий электропередачи, находящихся под наведенным напряжением ...	59
Вопросы для самопроверки .....	63

<b>3. РЕГУЛИРОВАНИЕ НОРМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ .....</b>	<b>65</b>
3.1. Общие положения .....	65
3.2. Графики электрической нагрузки .....	66
3.3. Долгосрочное планирование режимов.....	85
3.4. Краткосрочное планирование режимов .....	88
3.5. Средства и способы регулирования режимов .....	94
3.6. Ведение заданного режима энергосистемы .....	96
3.7. Регулирование частоты и перетоков активной мощности.....	102
3.8. Резервы мощности в энергосистемах .....	112
3.9. Баланс реактивной мощности в энергосистемах .....	117
3.10. Режимы недо возбуждения синхронных генераторов и компенсаторов .....	126
3.11. Регулирование напряжения.....	130
3.12. Нормальные и ремонтные схемы соединений энергосистем и электрических сетей.....	145
3.13. Управление оборудованием энергосистем.....	176
3.14. Пусковые режимы основного оборудования электростанций и подстанций .....	180
3.15. Оперативная организация проведения испытаний оборудования и управление ими .....	185
Вопросы для самопроверки .....	195
<b>4. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И ЛИКВИДАЦИЯ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ.....</b>	<b>198</b>
4.1. Нормальные и аварийные режимы энергосистем.....	198
4.2. Общий подход к ликвидации аварийных режимов .....	204
4.3. Взаимодействие оперативного персонала при ликвидации аварии .....	207
4.4. Перегрузка линий электропередачи .....	213
4.5. Перегрузка трансформаторов, автотрансформаторов, генераторов.....	220
4.6. Аварийное снижение и повышение частоты .....	229
4.7. Аварийное снижение и повышение напряжения .....	242
4.8. Ликвидация аварий на подстанциях.....	252
4.8.1. Основные понятия .....	252
4.8.2. Аварийное отключение линий электропередачи .....	255
4.8.3. Аварийное отключение силовых трансформаторов (автотрансформаторов) .....	257
4.8.4. Аварийное исчезновение напряжения на шинах подстанции .....	259
4.8.5. Аварийное отключение синхронного компенсатора.....	264
4.9. Ликвидация аварий на электростанциях.....	265
4.9.1. Общий подход к ликвидации аварий .....	265

4.9.2. Аварийное отключение генератора .....	266
4.9.3. Аварийное отключение блочных агрегатов .....	268
4.9.4. Выход генератора из синхронизма .....	272
4.9.5. Несимметричные режимы работы генераторов .....	276
4.9.6. Отключение источников питания собственных нужд .....	280
4.10. Ликвидация неполнофазных режимов на линиях электропередачи .....	283
4.11. Обеспечение устойчивости энергосистем .....	287
4.12. Прекращение асинхронных режимов .....	308
4.13. Разделение энергосистемы .....	315
4.14. Погашение энергосистемы или энергоузла .....	318
4.15. Определение мест повреждений на линиях электропередачи .....	323
4.16. Обучение оперативного персонала методам ликвидации аварий .....	335
Вопросы для самопроверки .....	343
Литература .....	347

Учебное издание

**Калентионок Евгений Васильевич**  
**Прокопенко Владимир Григорьевич**  
**Федин Виктор Тимофеевич**

## **ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ**

**Учебное пособие**

Редактор *Е.В. Малышева*  
Художественный редактор *В.А. Ярошевич*  
Технический редактор *Н.А. Лебедевич*  
Корректор *В.И. Аверкина*  
Компьютерная верстка *Н.В. Шабуни*

Подписано в печать 18.01.2007. Формат 84×108/32. Бумага офсетная. Гарнитура «Литературная». Офсетная печать. Усл. печ. л. 18,48. Уч.-изд. л. 19,43. Тираж 2000 экз. Заказ

Республиканское унитарное предприятие «Издательство «Высшая школа»».  
ЛИ № 02330/0131768 от 06.03.2006. 220048, Минск, проспект Победителей, 11.  
[www.vshph.com](http://www.vshph.com)

Открытое акционерное общество «Полиграфический комбинат имени Я. Коласа». 220600,  
Минск, ул. Красная, 23.