



**Заседание секции  
технического регулирования в электроэнергетике  
Научно-технической коллегии  
НП «Научно-технический совет Единой энергетической системы»**



**Анализ энергосистемы Московского региона  
и оценка ее соответствия требованиям по надежности  
проекта Правил технологического функционирования  
электроэнергетических систем**

**Постановка задачи**

Кучеров Ю.Н., д.т.н.

Федоров Ю.Г.

Департамент технического  
регулирования ОАО «СО ЕЭС»



## План работы секции на 2014 г.

1. **Анализ энергосистемы Московского региона и оценка ее соответствия требованиям по надежности проекта ПТФ ЭЭС**
2. Проект национального стандарта «ЕЭС и изолировано работающие энергосистемы. Проектирование развития энергосистем. Общие требования»\* – *апрель*
3. Опыт создания многоуровневой системы формирования и актуализации информационных моделей ЕЭС России для решения задач оперативно-диспетчерского управления\* – *апрель*
4. Исследование возможности участия ТЭС с поперечными связями в НПРЧ и/или АВРЧМ\* – *май*
5. Анализ зарубежного опыта стандартизации системных требований к работе генераторов в составе энергосистемы – *июнь*
6. Об основах функционирования электросетевого комплекса (проект Сетевого Кодекса) – *июнь*
7. Проект Концепции развития систем РЗА в электросетевом комплексе – *сентябрь*
8. Проекты национальных стандартов РФ по обеспечению системной надежности ЕЭС России\* – *в течение года*

---

\* Совместные заседания секций НТК НП «НТС ЕЭС»

## Правила технологического функционирования ЭЭС

1. Проект нормативно-правового акта – Постановление Правительства РФ
2. Разработаны согласно поручению Президента РФ (по результатам заседания Президиума Госсовета РФ 11.03.2011) и Плану Правительства РФ (распоряжение Правительства РФ от 05.05.2012 № 744-р)
3. Правила составляют фундамент нормативно-технического и нормативно-правового регулирования и обеспечения технического единства отрасли, компенсируя недостатки действующей системы технического регулирования и правил работы рынков

---

4. Правила содержат:
  - минимально необходимые технические требования и принципы совместной синхронной работы объектов электроэнергетики и установок потребителей в составе ЭЭС
  - требования к основным объектам электроэнергетики и энергопринимающим установкам потребителей, их оборудованию и устройствам
  - общие и специальные требования организационно-технического характера
  - порядок и условия взаимодействия (в том числе информационного) субъектов отрасли
5. Принцип Правил: «частичная кодификация + системные требования + инновации»
6. Правила учитывают действующие требования отраслевых НТД (ПТЭ, РД, МУ, СТО...)

---

7. Правила учитывают зарубежный опыт организации нормативно-технического обеспечения в современной электроэнергетике (страны Евросоюза и США)
8. Основные положения и проект Правил рассмотрены и одобрены на заседаниях Научного совета РАН и НТК НП «НТС ЕЭС» в 2010-2011 гг., прошли публичное обсуждение и согласование в 2012-2013 гг., общественное рассмотрение в 2013 г.

## Структура Правил технологического функционирования ЭЭС

- Охватывает все стадии «жизненного цикла» энергосистемы
- Учитывает необходимость установления требований в отношении элементов энергосистемы и их «взаимодействия» для обеспечения функционирования энергосистемы в целом
- Учитывает наличие технологических связей ЕЭС России с электроэнергетическими системами иностранных государств



- 1. Общие положения**
- 2. Системные требования и условия работы ЭЭС**
- 3. Организация оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике и оперативно-технологического управления**
- 4. Планирование режимов работы ЭЭС**
- 5. Управление электроэнергетическим режимом ЭЭС**
- 6. Организация переключений в электроустановках**
- 7. Управление энергосистемой и объектами электроэнергетики в характерные периоды года и в особых условиях**

## Структура Правила технологического функционирования ЭЭС (продолжение)

8. Системные требования к ЛЭП, оборудованию электрических станций и сетей и электроустановкам потребителей электрической энергии
9. Релейная защита и автоматика
10. ИТ-инфраструктура релейной защиты и автоматики, оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике и оперативно-технологического управления

---

11. Планирование развития ЭЭС
12. Требования к электроснабжению мегаполисов 

---

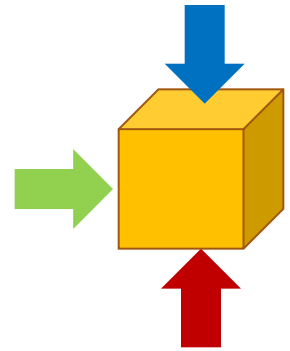
13. Организация параллельной (совместной) работы ЭЭС России и ЭЭС иностранных государств

---

14. Требования по обеспечению готовности персонала организаций электроэнергетики
15. Контроль технического состояния объектов электроэнергетики для обеспечения надежного функционирования электроэнергетической системы

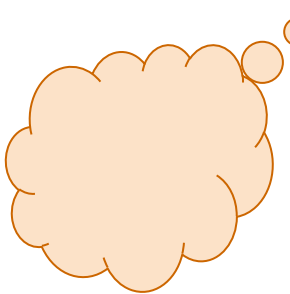
## Особенности электроснабжения мегаполиса (1)

- ❑ стесненное территориальное размещение объектов электроэнергетики
- ❑ большая концентрация мощности действующих электростанций и тенденция к росту единичной мощности оборудования на них
- ❑ тенденции к росту распределенной генерации малой мощности с единственным источником топливоснабжения
- ❑ сложные топология электрической сети и настройка параметров ее режима работы, высокая токовая нагрузка элементов электрической сети
- ❑ предельный уровень токов короткого замыкания в электрических сетях напряжением 110 кВ и выше, тенденция к постоянному росту уровня токов короткого замыкания при развитии электрической сети и генерирующих мощностей
- ❑ высокая доля комбинированной выработки электрической и тепловой энергии, взаимное влияние режимов электро-, тепло- и газоснабжения





### [ МЕГАПОЛИС ]

Наиболее крупная форма расселения, образующаяся при срастании большого количества соседних городских агломераций, отличающаяся развитой транспортной системой, плотной застройкой и численностью населения превышающей **1 миллион** человек



## Особенности электроснабжения мегаполиса (2)

- ❑ высокая плотность и устойчивый рост электрической нагрузки потребителей, тенденции к расширению внешних границ мегаполиса, а также росту потребления прилегающих территорий
- ❑ высокая доля электроприемников первой и второй категории надежности электроснабжения, в том числе потребителей инфраструктуры жизнеобеспечения, не допускающих перерывов в электроснабжении 
- ❑ распределение потребителей с учетом административно-географических кластеров, необходимость учета зон централизованного теплоснабжения
- ❑ необходимость диверсификации топливного баланса и резервирование топливоснабжения электростанций, расположенных на территории мегаполиса
- ❑ наличие экологических ограничений (высокая концентрация выбросов и сбросов загрязняющих веществ электростанций) 
- ❑ необходимость расширения применения когенерации и тригенерации, а также возобновляемых источников энергии



1	Москва	11 980
2	Санкт-Петербург	5 028
3	Новосибирск	1 524
4	Екатеринбург	1 429
5	Нижний Новгород	1 269
6	Казань	1 176
7	Самара	1 172

**МЕГАПОЛИСЫ  
РОССИИ**  
численность населения  
городского округа,  
[тыс. чел]  
**РОССТАТ**  
(01.01.2013)

8	Омск	1 161
9	Челябинск	1 156
10	Ростов-на-Дону	1 104
11	Уфа	1 087
12	Волгоград	1 019
13	Красноярск	1 017
14	Пермь	1 014
15	Воронеж	1 004

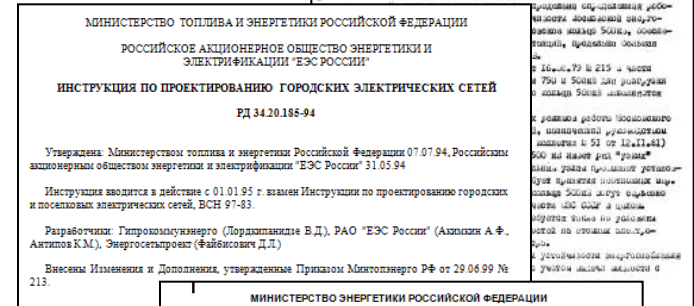
## Примеры из истории стандартизации требований

- ❑ **Приказ Министра энергетики и электрификации СССР от 09 февраля 1982 г. №94 «О мерах по повышению надежности и устойчивости Московского кольца 500 кВ»**



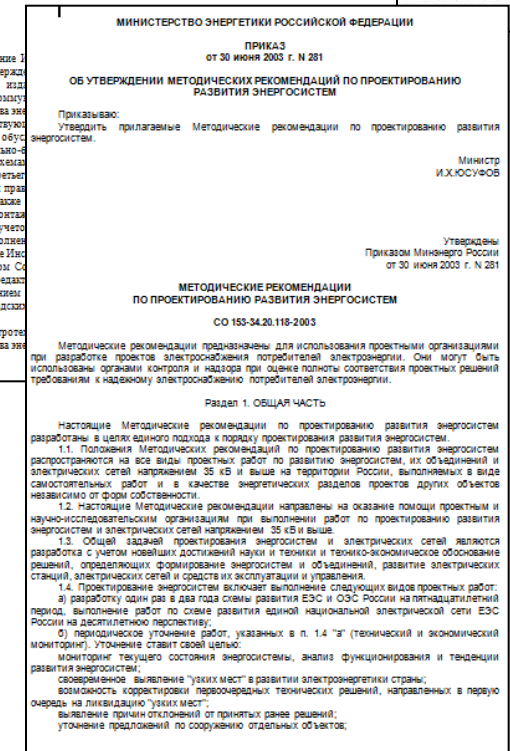
- ❑ **РД 34.20.185-94 Инструкция по проектированию городских электрических сетей**

Утверждена Министерством топлива и энергетики Российской Федерации 07 июля 1994 г., РАО "ЕЭС России" 31 мая 1994 г.



- ❑ **СО 153-34.20.118-2003 Методические рекомендации по проектированию развития энергосистем**

Приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 30 июня 2003 г. N 281

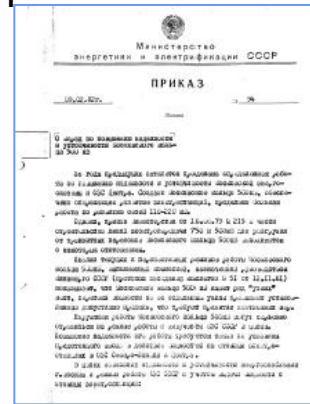




## Принципы построения электрических сетей Москвы и области


### □ Приказ Министра энергетики и электрификации СССР от 09.02.82 №94 «О мерах по повышению надежности и устойчивости Московского кольца 500 кВ»:

- Обеспечить выполнение в 1983 году «Схемы развития основных сетей 220 кВ и выше Московской энергосистемы» и «Схемы развития электрических сетей 110, 220 кВ г. Москвы на период 1986–1990 гг.» в соответствии с **Основными принципами построения электрических сетей Московской энергосистемы** (утв. ЭСП, Мосэнерго, 1980 г.)



- Схемы электрических сетей напряжением 110–500 кВ энергосистемы должны выполняться с учетом **повышенных требований к надежности** электроснабжения потребителей г. Москвы
- Сеть напряжением 500 кВ является системообразующей сетью энергосистемы, **осуществляет связь** Московской энергосистемы с ОЭС Центра. Сеть 500 кВ должна быть рассчитана на замкнутый режим работы. Значительные **транзитные перетоки** мощности в смежные энергосистемы по электрическим сетям Московской энергосистемы должны быть **исключены**
- Сеть напряжением 220 кВ предназначена, главным образом, **для приема мощности электростанций**, выдающих ее в сеть этого напряжения, и для питания сети 110 кВ. Схема сети 220 кВ - **кольцо** вокруг г. Москвы (двух- и трехцепное) и периферийное кольцо в области. Сеть 110 кВ является основной распределительной сетью высокого напряжения энергосистемы

## Принципы построения электрических сетей Москвы и области (2)

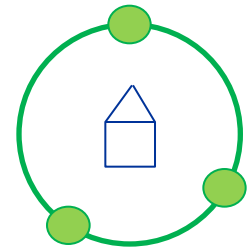
- Схема электрических сетей напряжением 110, 220 и 500 кВ должна удовлетворять требованиям электроснабжения потребителей с **нормативным качеством напряжения и загрузкой оборудования**
  - как для нормального режима – при полной схеме и при плановом отключении одного любого элемента сети (ЛЭП, трансформатора, системы шин) N-1
  - как для послеаварийных режимов:
    - ✓ при одновременном отключении **обеих цепей** двухцепной ЛЭП или совпадении аварийного отключения одной из ЛЭП с плановым ремонтом другой N-1-1
    - ✓ при совпадении аварийного отключения одной из **систем (секций) шин** с плановым ремонтом другой
    - ✓ при потере на одной электростанции **всей генерируемой мощности**, скоммутированной на сеть рассматриваемого напряжения ⊗
- В **расчетах устойчивости энергосистемы** и отдельных ее частей и при разработке мероприятий по повышению устойчивости в качестве расчетных аварий рассматриваются:
  - **одновременное отключение** обеих цепей двухцепной ЛЭП
  - **отказ в отключении** одного из выключателей ЛЭП, при коротком замыкании на ней 
  - **совпадение** аварийного отключения одной из ЛЭП с плановым ремонтом другой
- Схема электрических сетей Московской энергосистемы должна обеспечивать **надежное автоматическое отделение на несинхронную работу части энергосистемы** с потребителями г. Москвы и московскими электростанциями при серьезных авариях в ЕЭС СССР

## Проектирование городских электрических сетей

### □ РД 34.20.185-94 Инструкция по проектированию городских электрических сетей

Общие требования к проектированию городских электрических сетей схемы электроснабжения крупных (250— 500 тыс.) и крупнейших (500 тыс. — 1 млн) городов:

- Создание вокруг города **кольцевой магистральной сети** напряжением 110 кВ и выше с **двухсторонним питанием** и понижающими подстанциями
- Кольцевая сеть 110 кВ и выше крупнейших городов должна быть связана по сети внешнего электроснабжения не менее чем с двумя **независимыми источниками питания** энергосистемы через разные **опорные подстанции**
- Опорные подстанции рекомендуется располагать в противоположных местах кольцевой сети. Линии связи кольцевой сети с опорными подстанциями энергосистемы во всех случаях должны сооружаться **по разным трассам**
- Сооружение **глубоких вводов** 110 кВ и выше для питания отдельных (центральных) районов города, не охватываемых кольцевой сетью указанного напряжения
- **Подстанции глубокого ввода** 110-220 кВ с трансформаторами 25 МВА и более, а также пункты перехода воздушных линий 110-220 кВ в кабельные, при размещении их на селитебной территории, должны выполняться, как правило, **закрытыми**
- В крупных и крупнейших городах при невозможности **прокладки ВЛ 35 кВ и выше** из-за стесненности территории либо по обоснованным градостроительным соображениям должны предусматриваться **кабельные линии**
- **Электроприемники первой категории** (важные элементы городского хозяйства) должны обеспечиваться электроэнергией от **двух независимых источников** (перерыв электроснабжения только на время автоматического восстановления питания)



## Проектирование электрических сетей городов

### □ СО 153-34.20.118-2003 Методические рекомендации по проектированию развития энергосистем

#### Общесистемные требования по проектированию электрических сетей городов

- проектировать сеть 220-330 кВ внешнего электроснабжения крупных и крупнейших городов с использованием принципа кольцевой конфигурации
- предусматривать не менее двух подстанций 220-330 кВ для связи с сетью энергосистемы, прокладывая ВЛ по различным трассам
- минимизировать транзитные перетоки мощности через городскую сеть
- обеспечивать питание потребителей города без ограничений при отключении двухцепной питающей ВЛ 220 кВ на связи сетей города с энергосистемой
- при развитии сетей 110 кВ применять двухцепные ВЛ с двусторонним питанием в схемах электроснабжения крупных и крупнейших городов, присоединяя не более 5 промежуточных подстанций
- применять двухцепные тупиковые ВЛ в схемах электроснабжения крупных городов с присоединением до 2 ПС 110 кВ, при условии резервирования потребителей первой категории по сети вторичного напряжения
- присоединять к двум одноцепным тупиковым ВЛ не более 3 подстанций

## Опыт эксплуатации в ненормальных условиях

- ❑ **Отчет по расследованию аварии в ЕЭС России, произошедшей 25 мая 2005 г.**
  - Техническое задание на выполнение проекта «Комплексная система противоаварийного управления в электрической сети Московской энергосистемы» / утв. Председателем Правления ОАО «СО-ЦДУ ЕЭС» Б.И. Аюевым 30.12.2005
  - Исследование режимов Московской энергосистемы в процессе развития аварии в мае 2005 г. / Герасимов А.С., Есипович А.Х, Кощеев Л.А., Шульгинов Н.Г. //Электричество, №8, 2008. с.2-12
- ❑ **Концепция технического перевооружения энергетического хозяйства г. Москвы и Московской области** / под научным руководством академика А.Е. Шейндлина, г. Москва, РАН, 2005 г.
  - Программа развития и технического перевооружения ОАО «Мосэнерго» 2007-2013 гг.
  - О ходе реализации Концепции технического перевооружения энергетического хозяйства Москвы и Московской области и задачи на будущее / Фортон В.Е., Шейндлин А.Е., Копсов А.Я., Кучеров Ю.Н., Нечаев В.В., Шевченко И.С. //Электрические станции, №11, 2007. с.10-31
- ❑ **Выводы по итогам:**
  - Авария на СШГЭС летом 2009 г.
  - Аномальная жара лета 2010 г.
  - Переохлажденный дождь зимой 2010-2011 гг.
  - Подготовки и прохождению ОЗП

## Действующие нормативные документы

- ❑ **Энергетическая стратегия города Москвы** на период до 2025 года (Постановление Правительства Москвы от 02.12.2008 № 1075-пп)
  - ❑ **Штабы по обеспечению безопасности электроснабжения** (Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 86)
- 
- ❑ **Проект ФЗ «Технический регламент «О безопасности при нарушении электроснабжения»** – внесен в Правительство РФ (2005 г.)
    - *объекты потребителей должны иметь не менее двух независимых источников электроснабжения от электрической сети общего назначения и одного автономного источника электроснабжения системы жизнеобеспечения*
  - ❑ **Проект ФЗ «Технический регламент «О безопасности электрических станций и сетей»** – принят Государственной Думой ФС РФ в I чтении (26.06.2009)
    - *в части требований к энергетическим объектам и потребителям при нарушениях электроснабжения предлагается осуществлять дополнительное резервирование как объектов электроэнергетики, так и потребителей с целью предотвращения прекращения электроснабжения потребителей, относящихся к группе потребителей, нарушение электроснабжения которых влечет возникновение угрозы жизни и здоровью граждан, имуществу физических и юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, негативного воздействия на окружающую среду.*
  - ❑ **Перевод схем электроснабжения многоквартирных домов на вторую категорию надежности** (распоряжение Правительства Москвы от 18.10.2010 № 2273-РП) – утратило силу 20.04.2012

## Постановка задачи на работу

### □ Определение нормативных требований по обеспечению надежности мегаполисов

- Общие требования
- Требования к **внешнему** электроснабжению
- Требования к **внутреннему** электроснабжению
- Требования к **объектам генерации** в мегаполисе
- Требования к электроснабжению **объектов жизнеобеспечения**
- Требования к **органам исполнительной власти** мегаполиса
- Требования к **системному оператору**

### □ Оценка существующего состояния Московской энергосистемы и укрупненная оценка рисков в отношении новых нормативных требований

- Анализ **электроэнергетического комплекса** (структура, размещение, концентрация)
  - Генерирующие мощности, в т.ч. крупные ТЭЦ
  - Баланс электроэнергии и мощности, в т.ч. на перспективу
  - Электросетевой комплекс 110 кВ и выше, в т.ч. ЛЭП, крупные подстанции
  - Пропускная способность электрических связей, загрузка линий и трансформаторов
- Оценка **последствий потери** крупного источника электро- и теплоснабжения (ТЭЦ) или крупной подстанции
  - Оценка вероятности рассматриваемых событий
  - Моделирование возмущений, в т.ч. переходных процессов и установившихся режимов
  - Анализ послеаварийного режима, в т.ч. каскадного развития аварии
  - Определение зоны распространения аварий

## Постановка задачи на работу (2)

- Оценка **условий обеспечения** надежности электроснабжения потребителей, в т.ч. особых потребителей в составе инфраструктуры жизнеобеспечения
- Оценка имеющихся средств по обеспечению надежности
- Оценка затрат (капиталовложений) на повышение надежности

### □ **Формулировка предложений в отношении новых нормативных требований**

- Целесообразность с учетом оценки риска
- Уточнение с учетом результатов проведенного анализа
- Дополнение с учетом выявленных факторов

### □ **Исходные данные**

- Технологические правила работы электроэнергетических систем (проект), 2012-2013
- Энергетическая стратегия г. Москвы до 2025 г.
- Схемы и программы перспективного развития
- Схема развития электрических сетей Московской энергосистемы напряжением 110 кВ и выше
- Отечественная и зарубежная нормативно-техническая и методическая база



## Отчетность по работе



- ❑ **Этап I** Проведение анализа соответствия современного состояния Московской энергосистемы требованиям проекта ТПР по параметрам общих требований к энергоснабжению мегаполиса и параметрам внешнего электроснабжения, в том числе по требованиям к пропускной способности внешних связей, и проведение оценки условий реализации требований ТПР для повышения надежности Московской энергосистемы (97 стр. + Приложения)
- ❑ **Этап II** Проведение анализа современного состояния Московской энергосистемы требованиям проекта ТПР по параметрам внутреннего электроснабжения, в том числе на соответствие новому классу расчетных возмущений, и параметрам источников энергии и проведение оценки условий реализации требований ТПР для повышения надежности Московской энергосистемы (120 стр. + Приложения)
- ❑ **Этап III** Проведение анализа соответствия современного состояния Московской энергосистемы требованиям проекта ТПР по параметрам электроснабжения объектов инфраструктуры жизнеобеспечения и составу организационно-технических мероприятий и проведение оценки условий реализации требований ТПР в этих частях по повышению надежности Московской энергосистемы (51 стр.)

