

## Разработка и внедрение комплекса программ оптимизации распределения нагрузок между энергоблоками ГРЭС

### Задачи

Внедрение комплекса программ оптимизации распределения нагрузок между энергоблоками ГРЭС направлено на достижение следующих целей:

- ✚ Экономия топлива за счет отработки оперативным персоналом расчетов оптимального распределения нагрузок между энергоблоками ГРЭС и оптимальных расходов охлаждающей воды на конденсаторы турбин.
- ✚ Повышение степени обоснованности заявок ГРЭС на продаваемую электроэнергию по прогнозным значениям технико-экономических и стоимостных показателей электроэнергии.

Комплекс программ направлен на решение следующих задач:

- ✚ Оперативный расчет энергетических характеристик энергоблоков с учетом реальных условий работы, технического состояния оборудования и оптимальных расходов охлаждающей воды на конденсаторы турбин.
- ✚ Расчет оптимального распределения нагрузок между энергоблоками заданных нагрузок ГРЭС с учетом реальных условий работы и технического состояния оборудования энергоблоков.
- ✚ Формирование рекомендаций оперативному персоналу по оптимальным нагрузкам энергоблоков и оптимальным расходам охлаждающей воды на конденсаторы турбин.
- ✚ Расчет прогнозных технико-экономических и стоимостных показателей электроэнергии ГРЭС для формирования заявок на продаваемую электроэнергию.

### Преимущества использования решения

По результатам исследований, выполненных РУП «БЕЛТЭИ» на Литовской и Кармановской ГРЭС оптимизация распределения нагрузок между энергоблоками, включая оптимизацию расходов охлаждающей воды на конденсаторы турбин, дает экономию порядка 0,3% от годового расхода топлива на ГРЭС. В абсолютном выражении на ГРЭС с 8-ью энергоблоками 300 МВт это составляет порядка 12000 т у.т/год.

### Техническое решение

Основой комплекса являются энергетические характеристики энергоблоков (ЭХ) – зависимости расходов топлива на энергоблоки от электрических мощностей генератора «нетто» (за вычетом собственных нужд). ЭХ определяются характеристиками котлов и турбин. Характеристика паровой турбины – зависимость расхода тепла на турбину от ее электрической мощности «нетто» существенно зависит от давления пара в конденсаторе, а последний от расхода охлаждающей воды, который при каждом значении электрической мощности турбины должен быть оптимальным. Поэтому расчет ЭХ энергоблоков сопровождается расчетом оптимальных расходов воды на конденсаторы турбин при разных значениях их электрической мощности.

С учетом указанного, комплекс программ оптимизации распределения электрических нагрузок между энергоблоками включает в себя:

- ✓ расчет энергетических характеристик каждого из энергоблоков, включая расходы тепла и электроэнергии на собственные нужды;
- ✓ расчет оптимальных расходов охлаждающей воды на конденсаторы турбин;
- ✓ расчет оптимального распределения электрических нагрузок между энергоблоками.

Энергетические характеристики энергоблоков рассчитываются по специально разработанной математической модели, которая учитывает: фактические внешние условия работы энергоблоков (виды и характеристики сжигаемого топлива, температуры наружного воздуха и охлаждающей воды); фактический состав работающих вспомогательных механизмов; начальные параметры пара; реальное техническое состояние оборудования (параметры пылесистем, присосы воздуха; температуры уходящих газов котлов, фактические степени чистоты конденсаторов; температурные напоры (недогревы) регенеративных подогревателей турбин и др.). Учитываются отборы тепла из тепловой схемы турбоагрегатов сверх нужд регенерации.

Расчет оптимальных нагрузок энергоблоков производится по методу относительных приростов расхода топлива на энергоблоки с использованием опубликованного 15.10.1975г. в бюллетене изобретений №38 «Способа распределения нагрузки между параллельно работающими агрегатами электростанций».

Полученный при указанном сочетании алгоритм оптимизации позволяет учитывать точки предоткрытия регулирующих клапанов ЦВД турбины и исключать нежелательное дросселирование острого пара в клапанах, учитывать «скачки» характеристик относительных приростов энергоблоков.

Коммерческий диспетчер использует комплекс для получения на каждые следующие сутки прогнозных абсолютных, удельных расходов топлива по ГРЭС в целом и его стоимости в диапазоне от минимальных до максимально возможных электрических нагрузок ГРЭС с заданным шагом по мощности электростанции.

Каждой точке прогнозной энергетической и стоимостной (по топливу) характеристике ГРЭС соответствует оптимальное распределение нагрузок между энергоблоками.

Периодический ввод информации (по мере ее обновления) о техническом реальном состоянии оборудования качеству топлива, ограничениях по мощности энергоблоков, нагрузок бойлеров, РУ 40/13 обеспечивает инженер цеха наладки и испытаний оборудования (ЦНИО).

Комплекс программ состоит из следующих программных модулей, объединенных единым интерфейсом пользователя:

- ✓ модуль расчета энергетических характеристик энергоблоков;
- ✓ модуль оптимизации распределения нагрузок между энергоблоками;
- ✓ модуль расчета оптимальных расходов воды на конденсаторы турбин и формирования рекомендаций персоналу;
- ✓ программа расчета прогнозных показателей ГРЭС в рабочем

- ✓ диапазоне ее электрических нагрузок;
- ✓ средства ведения базы данных, содержащей исходные энергетические характеристики оборудования, константы и др.;
- ✓ программы взаимодействия с персоналом ГРЭС, обеспечивающая ввод необходимых данных и вывод результатов расчета на видеogramмы и печать;
- ✓ программа взаимодействия с имеющейся на ГРЭС информационной сетью (ввод измеряемых параметров из сети, выдача данных в сеть по запросу).

Программный комплекс предлагается разместить в виде автоматизированного рабочего места (АРМ) на компьютере начальника смены станции, инженера ЦНИО, коммерческого диспетчера (инженера по сбыту продукции).

Указанные места связываются посредством информационной сети ГРЭС для рабочего взаимодействия (например, передача данных из ЦНИО о фактическом состоянии оборудования и др.).

Программный комплекс работает в операционных средах Windows XP SP2 или Windows Vista, Windows Selen, обеспечивающие создание удобного интерфейса.

Комплекс программ разрабатывается в среде Visual studio 2010 с использованием пакета net frame work 4.0, на языке программирования C#(sharp). В качестве СУБД используется пакет MS SQL SERVER 2008.

## Референс-объекты

Комплексы алгоритмов и компьютерных программ оптимизации распределения нагрузок между энергоблоками РУП «БЕЛТЭИ» сдадо эксплуатацию на Березовской и Лукомльской ГРЭС ПО «Белэнерго» в 2010-2011 гг.

Березовская ГРЭС имеет следующий состав основного оборудования: 3 газо-мазутных дубль-энергоблока с паровыми турбинами 160 МВт ст. №№ 1, 2, 6 ; 2 газо-мазутных дубль-энергоблока с паровыми турбинами 160 МВт ст. №№ 3, 4, реконструированные по «сбросной» схеме в парогазовые энергоблоки ПГУ-210 (мощность 210 МВт) с установкой ГТУ 25 МВт по две на энергоблок. Газо-мазутный дубль-энергоблок ст. № 5 реконструируется по «сбросной» схеме в парогазовый энергоблок ПГУ-240 (мощность 240 МВт) с установкой 2-х ГТУ по 30 МВт и новой паровой турбины мощностью 180 МВт.

Лукомльская ГРЭС имеет в своем составе: 4 газо-мазутных дубль-энергоблока с паровыми турбинами 300 МВт, 4 газо-мазутных моно-энергоблока с паровыми турбинами 300 МВт. Проточные части турбин ст. №№ 1, 2 и 3 реконструированы для повышения экономичности и мощности.

При разработке программ для Березовской и Лукомльской ГРЭС использован опыт РУП «БЕЛТЭИ» по разработке и внедрению в промышленную эксплуатацию программ оптимизации распределения нагрузок между энергоблоками 300 МВт Кармановской ГРЭС (год внедрения - 1982) между энергоблоками 160 и 300 МВт Литовской ГРЭС (год внедрения - 1985), программ оптимизации распределения тепловых и электрических нагрузок между турбо-котлоагрегатами и энергоблоками ТЭЦ №21 Мосэнерго (2 энергоблока с турбинами Т-250-240, 6 турбин Т-100-130, одна турбина ПТ-80-130, 8 котлов ТГМ-96, год внедрения - 1989), программ оптимизации распределения



Научно-исследовательское и проектное  
республиканское унитарное предприятие «БЕЛТЭИ»  
(РУП «БЕЛТЭИ»)

[www.beltei.by](http://www.beltei.by)

---

тепловых и электрических нагрузок между котлами и теплофикационными турбинами Гродненской ТЭЦ-2 (5 котлов, работающих на общий паропровод, 2 турбины ПТ-60-130, одна турбина Р-50-130, топливо – газ, мазут, год внедрения - 2008).

#### **О нас**

Работы по оптимизации распределения нагрузок между основным оборудованием тепловых электростанций – одно из главных направлений деятельности Лаборатории управления режимами ТЭС. Научные сотрудники лаборатории имеют значительный опыт разработок и внедрений в данной предметной области.

#### **РУП «БЕЛТЭИ»**

**Лаборатория технико-экономических расчетов и анализа в энергетике**

Республика Беларусь, 220048, г. Минск, ул. Романовская Слобода, д. 5

Тел./факс: +375 17 200 40 57, тел. +375 17 200 48 42

E-mail: [hafi@beltei.by](mailto:hafi@beltei.by), [lr@beltei.by](mailto:lr@beltei.by)

---

#### **ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ**

**РУП «БЕЛТЭИ»**

**Лаборатория ТЭР и А в энергетике**

Разработка и внедрение комплекса программ оптимизации распределения нагрузок между энергоблоками ГРЭС