

**Секция 1 ЭНЕРГЕТИКА: ЭФФЕКТИВНОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ, БЕЗОПАСНОСТЬ**

Таблица 2. Итоговые показатели реализации электроэнергии за ноябрь-декабрь месяцы 2012 г. по г. Душанбе, млн. кВт ч.

месяцы	ноябрь		раз- ность, %	декабрь		разность,% за декабрь
	по подсчету			по подсчету		
Показатели головного учета	ОИ ЭН	Энерго-сбыта		ОИ ЭН	Энерго-сбыта	
Прием	130,508	124,0	5,25	198,72	191,02	4,03
Потери	21,533	19,72	9,72	38,75	38,120878	1,65
Производствен-ные нужды ТЭЦ	3,00	3,00	0,0	3,8	3,8	0,0
Полезный отпуск	105,974	101,28	4,63	156,17	149,161	4,7

Исследование загрузки трансформаторов выявило проблему: часть трансформаторов следует отнести к разряду перегруженных.

Расчетные данные свидетельствуют о том, что часть силовых трансформаторов подстанции подошли, а некоторые и перешли порог нагрузочной способности с учетом необходимости ремонта и внеплановых отключений. С учетом дополнительных заявок потребителей многие из перечисленных подстанций, требуют серьезной реконструкции с увеличением установленной мощности трансформаторов. Такая реконструкция требует больших инвестиций.

На одной из подстанции максимальная нагрузка одного трансформатора достигал 135 %, а другого 46 %. Это приводит к увеличению нагрузочных потерь. Оптимизировать потери можно без увеличения мощности трансформаторов. Нужно включить трансформаторы на параллельную работу, тем более что секционный выключатель на напряжении 35 кВ можно включить. Ожидаемый эффект:

- минимизируются потери электроэнергии не менее чем на 24 %;
- снизится средний коэффициент загрузки до 0,9-0,93;
- улучшатся показатели качества электрической энергии.

Выводы.

Вышеуказанное является дополнительным свидетельством необходимости выполнения указаний ПУЭ и ПТЭ и основой фактической оценки технических и коммерческих потерь и использования как расчетных электрических счетчиков, так и счетчиков технического учета.

**Список литературы:**

1. Отчеты Госэнергонадзора Республики Таджикистан
2. <http://www.minenergo.tj>

**О возможностях системы ETAP для электрических расчётов и моделирования**

*Корнев В.А., Шмойлов А.В.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Программный комплекс ETAP, разработан компанией OperationTechnology, Inc.. Его основой является архитектура, состоящая из модулей, выполняющих функции построения однолинейных схем, выполнения различных расчетов, анализа полученных результатов, проверки оборудования, оптимизации, а также управления объектами электроэнергетики в масштабе реального времени (ETAPReal-Time).

Модуль согласования устройств релейной защиты и автоматики ETAP предоставляет возможность осуществлять координацию устройств релейной защиты в сетях переменного и постоянного тока. Он представляет собой рабочую среду с интерфейсом, позволяющую наглядным образом построить систему релейной защиты энергетической сети.

Построение схем защит осуществляется с помощью инструментов графического дизайнера однолинейных схем. ETAP поддерживает множество типов устройств защиты и коммутационных аппаратов, с помощью которых можно построить любую систему релейной защиты.

Встроенная система визуализации времятоковых характеристик обеспечивает задание уставок выбранных устройств защиты. Поддерживается создание неограниченного количества

видов с характеристиками выбранных устройств, графическая правка уставок с помощью переключателей каждой характеристики, а также различные средства взаимодействия между характеристиками (например, определение разницы во времени между кривыми). ЕТАР позволяет создать отдельные виды времятоковых характеристик для всех требуемых участков сети.

В состав модуля входит функция определения последовательности срабатывания устройств защиты и коммутационных аппаратов, включающая в себя встроенный анализ коротких замыканий, пуска двигателей и графические средства визуализации последовательности срабатывания устройств. ЕТАР позволяет, задав место и тип повреждения в сети, получить анимированную последовательность срабатывания коммутационных аппаратов под действием РЗ при коротком замыкании в данной точке. Также, модуль позволяет определить зоны действия защит.

ЕТАР позволяет производить тестирование реальных реле путём их подключения через специальный интерфейс, путём сравнения характеристик реле с данными, измеряемыми как в установившемся режиме, так и во время переходного процесса.

Результаты такого тестирования обеспечивают правильность срабатывания реле, в частности – при токах короткого замыкания, содержащих затухающие аperiodические и колебательные компоненты.

ЕТАР обеспечивает селективную работу релейной защиты в моделируемой системе. Данные по настройкам устройств доступны для других программ.

Основные особенности модуля:

- Согласование защит в сетях переменного и постоянного тока;
- Обширная библиотека характеристик устройств защиты и коммутационных аппаратов ведущих производителей с возможностью добавления пользовательских устройств;
- Создание неограниченного количества видов с характеристиками срабатывания устройств защиты и коммутационных аппаратов;
- Графическая настройка параметров времятоковых характеристик устройств защиты;
- Расширенные графические функции при работе с характеристиками устройств;
- Возможность построения любой схемы защиты;
- Визуализация последовательности срабатывания устройств защиты и коммутационных аппаратов;
- Определение ошибки срабатывания и включение резервных устройств;
- Встроенный анализ коротких замыканий;
- Встроенный анализ пуска двигателей;
- Определение зон действия защит;
- Функции тестирования реле при переходных процессах;
- Вывод фактических переходных характеристик устройств;
- Отчёты по настройкам устройств;
- Экспорт данных в формате COMTRADE.

Алгоритмы анализа электрических цепей, реализованные в ЕТАР, позволяют выполнить расчет однолинейной схемы любой сложности.

ЕТАР можно разделить на две составляющие: первая – расчетная часть для проектирования и вторая – для построения и управления интеллектуальными электрическими системами в режиме реального времени.

**Первая составляющая.** На данном этапе проектирования принятие решений по построению однолинейной схемы, проработке основных компоновочных решений, выбору оборудования, уставок устройств релейной защиты и проверке селективности ее работы и т.д. основывается на проведении соответствующих расчетов распределения потоков мощности в системе, токов короткого замыкания в ключевых точках, надежности системы, а также на множестве других расчетов, которые проводятся с применением численных компьютерных моделей. К ним относятся расчеты пусков двигателей и генераторов, анализ устойчивости электроэнергетических систем и других динамических процессов, частотный анализ, отстройка от резонансов, анализ несимметрии напряжений в больших сетях и другие расчеты.

Программный комплекс ЕТАР имеет возможность для оперативного внесения корректировок в исходные данные, для пересчетов схем и архивации различных версий проекта для сравнения.

В состав ЕТАР, входит базовый пакет, включающий:

- графический редактор для построения схем и задания параметров оборудования;
- средства управления доступом пользователей для разделения обязанностей при работе над проектом;
- заверенная производителями база данных оборудования с возможностью расширения пользователями;
- модуль расчета установившихся режимов, позволяющий рассчитать установившийся режим в системе, потери напряжения и выполнить проверку оборудования по длительным токам;
- инструменты для работы с различными вариантами схемы и отслеживания изменений, именуемые многомерной базой данных: виды схем, конфигурации, редакции данных.

Однолинейная схема представляет собой совокупность множества видов, конфигураций и редакций. Такой подход к организации данных позволяет производить расчет схемы в различных режимах, отличающихся параметрами элементов, состояниями коммутационных аппаратов и внешним видом. При этом вся информация хранится в единой базе данных проекта без необходимости создания большого числа его экземпляров, что облегчает работу;

- средства для создания отчетов в различных форматах: MsWord, MSExcel, PDF, CrystalReports;
- мастера сценариев, исследований и проектов, позволяющие создавать иерархии макросов, запускаемых нажатием одной кнопки:
  - мастер сценариев (нижний уровень) представляет собой макросы по проведению расчетов в определенном модуле с заданными расчетными условиями, конфигурацией, видом, редакцией данных и файлом для записи выходного отчета;
  - мастер исследований (промежуточный уровень) объединяет несколько сценариев в единый макрос для проведения расчетов во множестве модулей или разных расчетов в одном модуле;
  - мастер проектов (верхний уровень) служит для запуска серии различных исследований для одного или нескольких проектов.

Помимо базовой функциональности, ETAP может быть оснащен модулями, выполняющими следующие функции:

- расчет токов короткого замыкания;
- расчет опасности вспышки дуги в системах переменного и постоянного тока;
- моделирование работы устройств релейной защиты и проверка селективности их срабатывания;
- определение сечений кабелей и расчет защиты от поражения электрическим током;
- расчет пуска двигателей по статическим и динамическим моделям;
- расчет динамических процессов, включая анализ устойчивости электроэнергетических систем, в том числе – с применением пользовательских динамических моделей (имеется ввиду интеграция с моделями, созданными в Simulink);
- частотный анализ и отстройка от резонансов;
- оценку надежности системы;
- оптимизацию установившегося режима;
- расчет несимметрии напряжения;
- оптимизацию размещения батарей конденсаторов;
- термический анализ подземной кабельной системы;
- расчет тяжений при прокладке кабелей;
- расчет систем заземления (определение сопротивления растеканию, напряжения прикосновения и шагового напряжения);
- расчет установившихся режимов и коротких замыканий в системах постоянного тока;
- построение и расчеты систем управления вторичными цепями (моделирование логики работы схем и проверка режимов работы входящих в нее элементов);
- анализ разряда и выбор аккумуляторных батарей;
- механические и электрические расчеты ЛЭП;
- интеграцию с геоинформационными системами (GIS) для проектирования протяженных объектов;
- интеграцию с программными средствами для проектирования производителей, таких как SmartPlant® Electrical (Intergraph Corporation, США);
- и др.

**Вторая составляющая**, ETAP Real-Time, предназначена для мониторинга и интеллектуального управления объектами промышленности и электроэнергетики в режиме

реального времени. Создание системы управления реальным объектом начинается с создания его электрической схемы в ETAP и указания ключевых узлов и элементов, в которых производятся измерения. Система ETAP Real-Time может быть интегрирована с любой существующей SCADA или иной измерительной системой. По результатам реальных измерений производится расчет, определяющий параметры в узлах и ветвях оставшейся части схемы. Полученная совокупность данных синхронизируется с одним или несколькими серверами. Система ETAP Real-Time позволяет осуществлять:

- непрерывный мониторинг системы с записью событий;
- интеллектуальное управление электропотреблением и его оптимизацию;
- интеллектуальный сброс и восстановление нагрузки;
- управление и оптимизацию генерации;
- диспетчерское управление;
- автоматическое управление при аварийных ситуациях;
- проверку альтернативных сценариев в виртуальной среде;
- энергоучет;
- интеграцию с картографическими системами GIS.

**Более подробный список возможностей:**

1. Мониторинг энергосистемы.

Система мониторинга и симуляции энергосистемы (PSMS) позволяет операторам, инженерам и менеджерам принимать решения на основе достоверной информации в критических аспектах их бизнеса.

2. Превентивный мониторинг.

Превентивный мониторинг обеспечивает интеллектуальный мониторинг на основе интерфейса, основанного на новейших технологиях

3. Учет электроэнергии.

Встроенный инструмент для учета электроэнергии предоставляет детализированную информацию по электропотреблению основанную на тарифах, стоимости, коэффициентах и других влияющих факторов.

4. Превентивная симуляция.

Превентивная симуляция обеспечивается путем анализа поведения системы при различных событиях, используя данные реального времени, также, при необходимости – архивные.

5. Архив событий.

Архивация событий позволяет определить причину события, увеличить эффективность системных переключений, а также смоделировать альтернативные действия.

6. Прогнозирование нагрузки.

Прогнозирование нагрузки надежно предсказывает нагрузки по системе, базирующиеся на алгоритмах, которые учитывают корреляции множества различных факторов, таких как прогноз погоды и температурный режим.

7. Управление энергопотреблением.

Система управления энергопотреблением (EMS) - набор инструментов, разработанный для снижения энергопотребления, увеличения надежности электрической системы, улучшения режимов работы оборудования, прогнозирования состояния системы, а также оптимизации режимов её работы.

8. Автоматический контроль генерации.

Автоматический контроль генерации - это система, осуществляющая контроль и регулирование генерирующих мощностей в системе, а также передачу мощности из сторонней системы.

9. Экономические факторы.

Учет экономических факторов осуществляется путем оптимизации критериев, влияющих на уровни и параметры оптимизации с точки зрения экономики.

10. Диспетчерское управление.

Контроль параметров энергосистемы выполняет оптимизацию установившегося режима, позволяющую потребителям осуществлять автоматизацию их работы, уменьшить потери мощности, а также снизить пики потребления. Энергетические компании могут улучшить эффективность перетоков мощности, а также повысить безопасность.

11. Планирование энергообмена.

Менеджер управлений перетоками осуществляет планирование и подсчет экономических критериев при покупке и продаже электроэнергии основываясь на состоянии рынков.

#### 12. Управление резервом.

Управление резервом - набор инструментов для постоянного мониторинга величин генерации и потребления, осуществляющих динамический расчет параметров системы с целью определения величины будущего потребления для предотвращения аварийных отключений нагрузки.

В состав программного решения входят также инструменты, позволяющие осуществлять следующие операции с нагрузками:

##### Сброс нагрузки.

Интеллектуальный сброс нагрузки (ILS) - это наиболее совершенный метод сброса нагрузки из представленных на рынке. ILS обеспечивает оптимальный и быстрый сброс нагрузки в зависимости от состояния системы, типа и места повреждения. ILS динамически и в мгновение ока определяет приоритет отключения нагрузок.

##### Сохранение нагрузок.

Сохранение нагрузок - это набор инструментов определяющий минимум величины мощности для отключения для каждой подсистемы. Система рассчитывает оптимальную комбинацию отключаемых нагрузок, которая обеспечит безопасность системы.

##### Восстановление нагрузок.

Восстановление нагрузок - это набор инструментов, обеспечивающих мониторинг системы и определяющие величины подключаемых нагрузок в процессе восстановления системы для сохранения устойчивой и надежной работы.

##### Алгоритм сброса нагрузок.

Алгоритм сброса нагрузок оценивает и подтверждает последовательность сброса нагрузок в режиме реального времени. В состав ILS входит модуль "Анализ динамической устойчивости" для моделирования режима с последующей корректировкой величин сбрасываемых нагрузок и формированием соответствующих рекомендаций перед передачей управляющих сигналов в систему.

Помимо этого, система ETAP Real-Time является основой для создания интеллектуальных сетей Smart Grid.

На основе комплекса ETAP Real Time успешно функционируют системы мониторинга и управления энергосистемами различного масштаба:

- Нефтеперерабатывающий завод ARAMCO Ras Tanura, Саудовская Аравия (энергосистема включающая в себя 40 электростанций и около одной тысячи подстанций);
- Университет Массачусетса, США;
- Американский правительственный центр сбора данных, США;
- Электрические станции Fen Cheng Power, Китай;
- Распределительные сети WeiHai, Китай;
- Канадская энергетическая компания EPCOR, Канада.

В настоящий момент система ETAP Smart Grid реализована в городах Дубае (ОАЭ) и Сиэтле (США) в виде глобальных систем, осуществляющих мониторинг и управление городским хозяйством.

Также шестьдесят одна из шестидесяти четырех АЭС США признали ETAP собственным стандартом и используют его для расчетов и автоматизации своих систем.

##### Вывод:

Система ETAP может быть успешно применена в российских электроэнергетических системах, также в исследовательской работе при создании релейных защит на высоковольтном потенциале линий.

#### Список литературы:

1. <http://etapru.com/>