

НАВИГАТОР ДИСПЕТЧЕРА

**«Непрерывная адаптивная оптимизация
потерь электроэнергии в
распределительных сетях»**

ООО «СИСТЕЛ»

СОДЕРЖАНИЕ

Введение в Навигатор

- Назначение
- Термин «Навигатор»
- Предпосылки реализуемости
- Расширение традиционного функционала, интеграция
- Граница и объем сети
- Новые решения
- Режимы
- Рекомендации
- Перечень рекомендаций
- Режимный тренажер

СОДЕРЖАНИЕ

Рекомендации по оптимизации потерь электроэнергии

- Описание задачи
- Критерии и ограничения
- Схема оптимизации
- Декомпозиция задачи
- Структура алгоритма
- Алгоритм оптимизации места деления петли (блок 1)
- Алгоритм оптимизации сети (блок 2)
- Оптимизация маршрутов движения мобильных бригад
- Организационные вопросы
- Заключение

НАЗНАЧЕНИЕ НАВИГАТОРА

Автоматическая выдача рекомендаций по адаптивному оптимальному управлению режимом РЭС в темпе процесса:

- в случае аварии, инцидента, технологического нарушения, Навигатор рекомендует наиболее оптимальный переход к нормальному режиму.
- в нормальном режиме Навигатор непрерывно определяет возможности оптимизации потерь электроэнергии и выдает соответствующие рекомендации.

Навигация по запросам оператора «как выполнить» простые повседневные операции: вывод/ввод оборудования; выполнение транзитов; определение мест ОЗЗ; ...

ТЕРМИН «НАВИГАТОР»

Термин “Навигатор” более точно отражает выполняемые функции нежели термин “Советчик”.

Диспетчер пользуется Навигатором диспетчера, также, как водитель пользуется автомобильным навигатором. Только вместо дорожного маршрута диспетчер получает режимный маршрут.

Как только значительно изменяются нагрузки, генерация, топология сети, появляются технологические нарушения, происходят инциденты, аварии и т.п., Навигатор меняет маршрут движения «по режимам» также, как автомобильный навигатор изменяет маршрут движения по дорогам, если автомобиль сбивается с первоначального маршрута.

ПРЕДПОСЫЛКИ РЕАЛИЗУЕМОСТИ

Готовая разработка устойчивых численных методов и алгоритмов дискретной (комбинаторной) оптимизации электрической сети научной школы кафедры Электроэнергетических систем МЭИ академика технических наук Фокина Ю.А.

Наличие исходных данных в необходимом количестве и с требуемым качеством, в темпе процесса. ЦП и РП уже сейчас наблюдаемы, а по ТП имеются замеры или получасовые данные из АИИС УЭ.

Полное обеспечение наблюдаемости распределительной сети планируется Программой цифровой трансформации.

РАСШИРЕНИЕ ТРАДИЦИОННОГО ФУНКЦИОНАЛА, ИНТЕГРАЦИЯ

Навигатор - это интеллектуальное расширение и углубление функционала интегрированной SCADA/EMS/DMS/OMS.

«Расширение» функционала SCADA/EMS/DMS/OMS – это включение ПО автоматического анализа ситуации и ПО автоматической генерации рекомендации по «выходу» из ситуации.

«Углубление» функционала EMS/DMS – это включение ПО комбинаторной оптимизации режимов/топологий сети.

Навигатор интегрируется с другими ПК (ERP, АИИС УЭ, ...), имеет импорт и экспорт CIM модели, профиль которой построен с использованием UML-файла 16 версии МЭК 61970 и 12 версии МЭК 61968.

ГРАНИЦА И ОБЪЕМ СЕТИ

Навигатор настроен на работу в границах радиальной сети 0,4-35 кВ:

- Сеть 0,4 – 35 кВ составляет более 90% активов всей сети распределительной компании, и
- сеть 110-220 кВ находится в ведении АО «СО ЕЭС».

Сеть 110-220 кВ моделируется, включая регулирование РПН трансформаторов и других устройств управления реактивной мощности на ЦП.

Объем сети для РЭС – 1 000 ТП, для РСК – 25 000 ТП.

НОВИЗНА РЕШЕНИЯ

Переход от ручного анализа ситуации/состояния, ручного запуска расчетных приложений к автоматическим анализу и запуску.

Автоматический выбор пакетов ПО, автоматическая расстановка целей и приоритетов в ПО в зависимости от режима, в конкретный момент времени.

Автоматическая динамическая декомпозиция задачи и сети.

Использование численных методов, позволяющих системно и быстро находить рекомендации, близкие к глобальному оптимуму целевой функции для любой топологии/режима.

Включении во все рекомендации оптимизации движения мобильных бригад.

РЕЖИМЫ

Классификация, терминология и определения режимов соответствуют СТО 59012820.29.240.007-2008 “Правила предотвращения развития и ликвидации нарушений нормального режима электрической части энергосистем” АО “СО ЕЭС”.

Режим – это единый процесс преобразования, передачи и потребления электрической энергии в распределительной сети, включая состояние объектов. Иначе режим - это совокупность параметров режима, топологии сети, схем соединения объектов.

Основные режимы работы распределительной электрической сети:

- нормальный,
- аварийный/послеаварийный,
- вынужденный.

РЕКОМЕНДАЦИИ

Навигатор выдает рекомендации по переводу режима из более тяжелого в менее тяжелый, и далее в нормальный, а для нормального режима по переводу из режима с большими потерями электроэнергии в режим с меньшими потерями.

Каждая рекомендация представляет собой несколько перемещений мест деления сети, управляющие воздействия - переключения коммутационных аппаратов на ЦП, РП, ТП.

При этом для каждого топосостояния учитываются установленные времена нахождения категорий потребителей без питания, разрешенные времена нахождения технических параметров режима и оборудования, выходящих за допустимые пределы, время перемещения бригад между объектами, время работы бригад на объектах, другие ограничения, условия работы сети.

ПО РЕКОМЕНДАЦИЯМ НАВИГАТОРА ВЫПОЛНЯЮТСЯ:

Определение, изолирование поврежденного оборудования

Восстановление неповрежденной части сети

Восстановление питания потребителей

Устранение перегрузок на линиях и трансформаторах

Восстановление сети в нормальное/доаварийное состояние

Оптимизация, ввод напряжений в допустимую область

Оптимизация потерь электроэнергии

Оптимизация движения бригад

А также поддержка определения замыкания на землю, моделирования «что, если», «транзита», перевода нагрузки, ...

РЕЖИМНЫЙ ТРЕНАЖЕР

Навигатор включен в режимный тренажер диспетчера.

Навигатор помогает быстро и качественно обучать диспетчеров надежно и оптимально управлять сетью, а также грамотно пользоваться Навигатором.

Тренажер позволяет надежно и оптимально планировать работу распределительной сети на сутки и более вперед.

Описание задачи

Радиальная сеть образуется/поддерживается с помощью мест деления (МД) или разрыва сети коммутационными аппаратами (КА) на ЦП, РП, ТП. Если КА включить, то образуется петля или кольцо замыкания между центрами питания (ЦП) или секциями шин одного ЦП или его выключателями на разных фидерах. В нормальной схеме представлены места нормального деления сети, в режимной – режимного, **в оптимальной — оптимального.**

Задача - перенести МД сети так, чтобы суммарные потери э/э в сети были минимальны. При переносе мест делений надежность питания потребителей не снижается.

Оптимизация выполняется интегрально для суток, внутри суток - на множестве отдельных интервалов времени. Отсчет интервала времени начинается после завершения переноса одного или группы МД для достижения текущего минимума потерь э/э.

Для планирования режима сети и топологии на сутки вперед в Навигаторе используется прогноз нагрузки и генерации, планы по ремонтам.

Рекомендации представляются на схеме сети с указанием оптимальных маршрутов движения бригад, детализируются в диалогах и таблицах. Из множества рекомендаций выводится не более 3-х.

КРИТЕРИИ И ОГРАНИЧЕНИЯ

Основной критерий целевой функции — минимум потерь э/э. В качестве дополнительных критериев целевой функции/ограничений оптимизации вводятся: расход ресурса КА, расход топлива и ресурса автомобилей бригад, время выполнения рекомендаций.

Ограничение по надежности - конечное и каждое промежуточное топологическое состояние сети в рекомендации соответствует требованию ПУЭ к надежности питания потребителей по категориям;

Ограничение по параметрам режимов: токи в линиях, трансформаторах должны оставаться в пределах допустимых значений, которые определяются динамически, непрерывно в соответствии с ПУЭ, стандартами сетевых компаний и другой НТД; напряжение на шинах НН и СН должно соответствовать ГОСТ Р 54149-2010; токи короткого замыкания не должны превышать допустимых значений для коммутационного, линейного и трансформаторного оборудования. Чувствительность защит как правило проверки не требует .

СХЕМА ОПТИМИЗАЦИИ

Сначала планируется оптимизация на сутки вперед, а по наступлению новых суток, при изменении условий по отношению к плановым, производится корректировка плана.

На сутки вперед оптимизация выполняется в соответствии с прогнозом нагрузки/генерации (на каждый час или 30 минут), топологией, составом оборудования по плану ремонтов, наличием бригад.

В темпе текущего процесса предварительный план оптимизации потерь э/э корректируется, если нагрузки/генерация, ограничения параметров режима и топология сети будут отличаться от плановых. Соответственно план оптимизации потерь на оставшееся время текущих суток формируется в темпе процесса.

ДЕКОМПОЗИЦИЯ ЗАДАЧИ

Анализируемая сеть сокращается до зоны ответственности диспетчера, зоны действия бригад, существующей дорожной инфраструктуры в этих зонах.

Оптимизация может выполняться для РЭС или участка РЭС с захватом части соседней сети.

На шаге оптимизации используется микромодель сети — одна петля графа, образованная МД и двумя инцидентными ему, смежными деревьями.

Структура алгоритма

Алгоритм оптимизации реализуется в виде двух функциональных блоков.

Первый блок обеспечивает направленный перебор петель графа по минимуму потерь активной мощности во всей сети. В общем случае крона ветвления дерева вариантов включает несколько десятков ветвей, что позволяет найти практически глобальный оптимум. Если кроной ветвления является одна ветвь - получаем локальный минимум.

Второй блок обеспечивает нахождение оптимального места деления в петле графа (микросети) по минимуму потерь активной мощности.

Первый блок, ведя поиск решения во всей сети, многократно запускает второй блок.

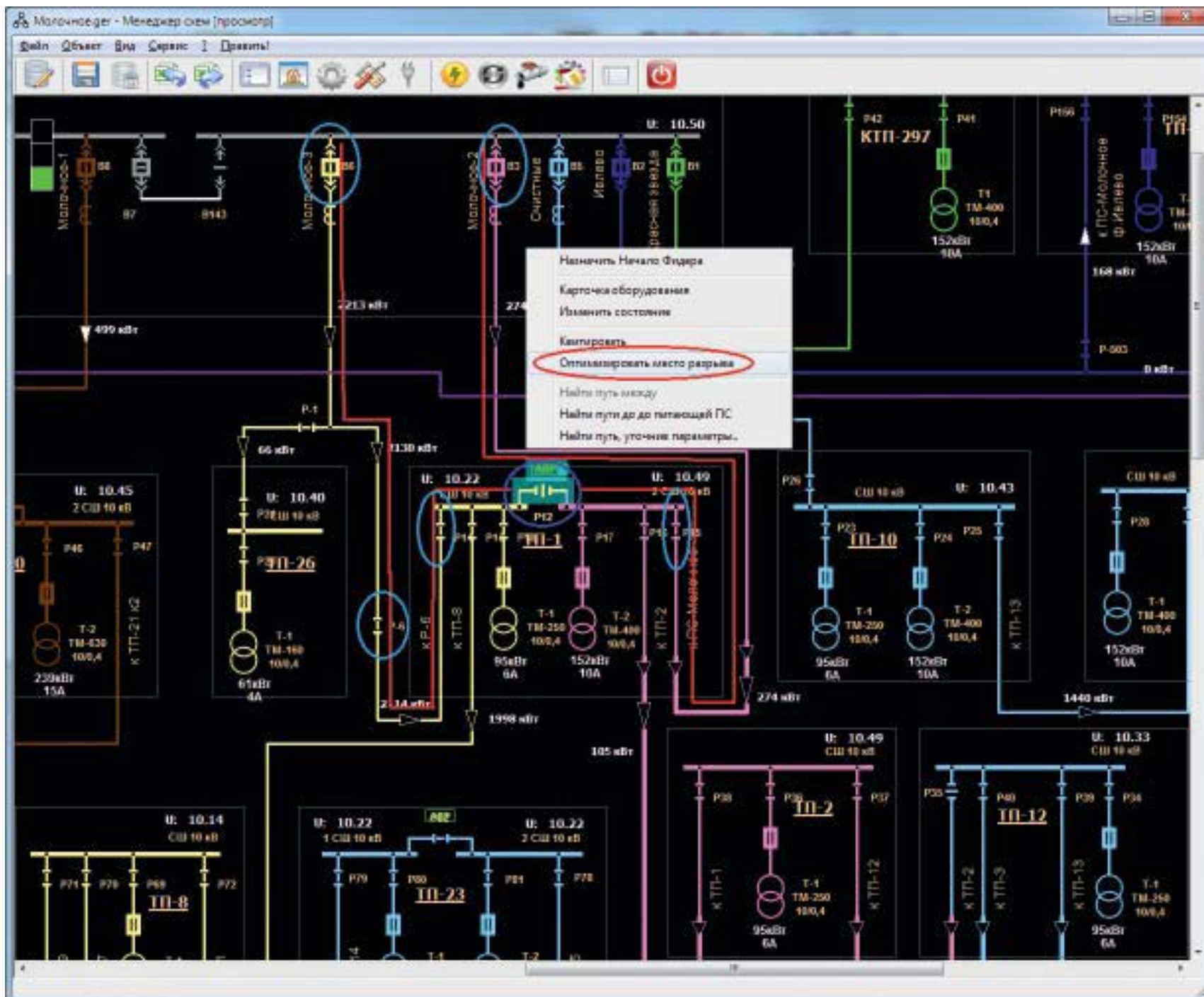
Алгоритм оптимизации МД петли (блок 2)

Строится петля из текущего МД и инцидентных ему деревьев до шин ЦП.

Производится формирование искомых МД в петле для определения оптимального МД, при разрыве которого с помощью его КА в петле достигается минимум суммарных потерь. МД, коммутационными аппаратами, которых запрещено управлять по технологическим или иным причинам, в список не включаются.

Определение оптимального МД петли возможно выполнять несколькими способами:

1. находится направление перемещения МД по петле от текущего и производится пошаговое перемещение до шага, на котором снижение потерь заканчивается.
2. определяется режим петли, по которому определяется точка потоко раздела (активной мощности).

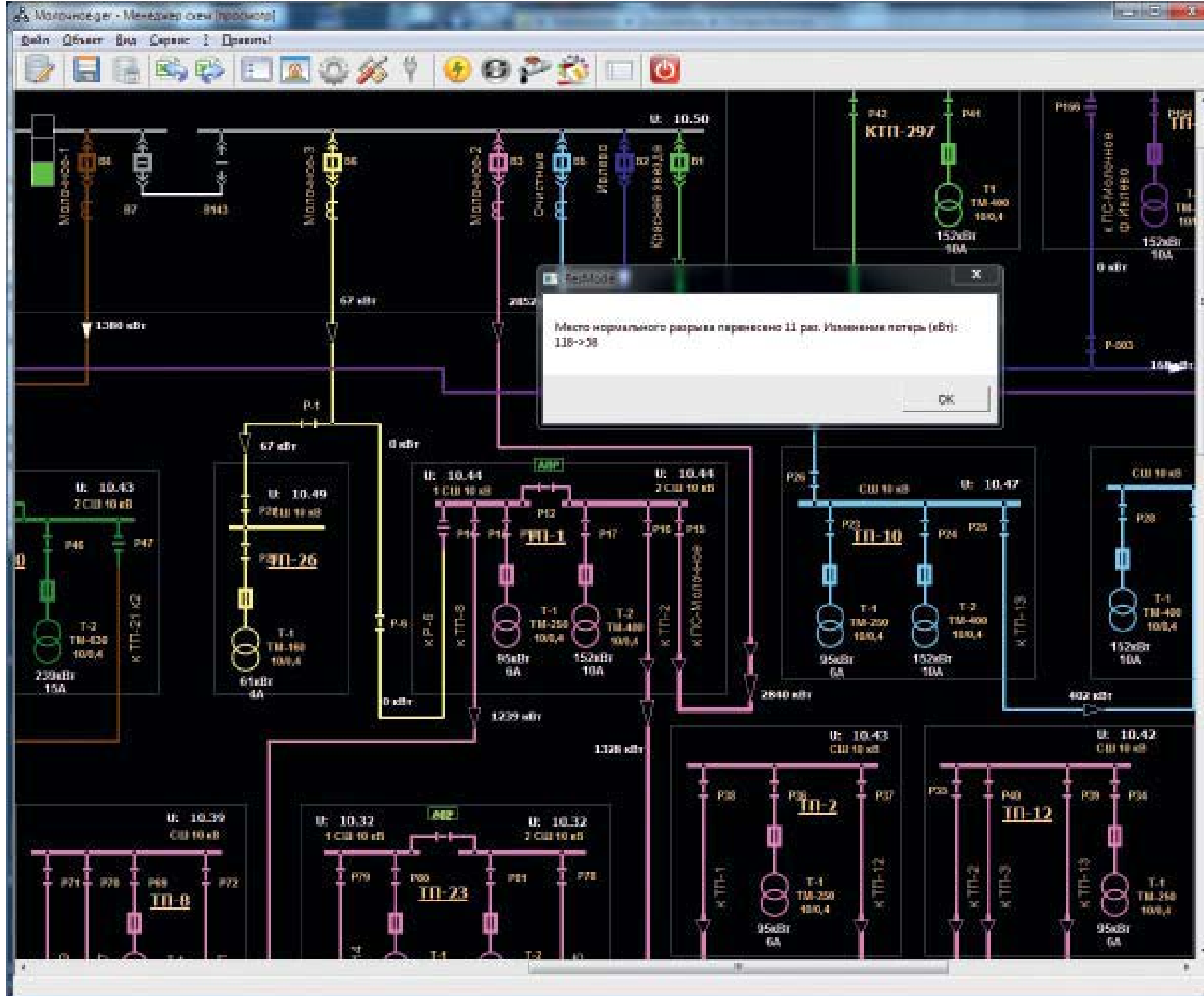


Алгоритм оптимизации сети (блок 1)

Оптимизация всей сети РЭС производится направленной оптимизацией динамически определяемых оптимальных МД петель.

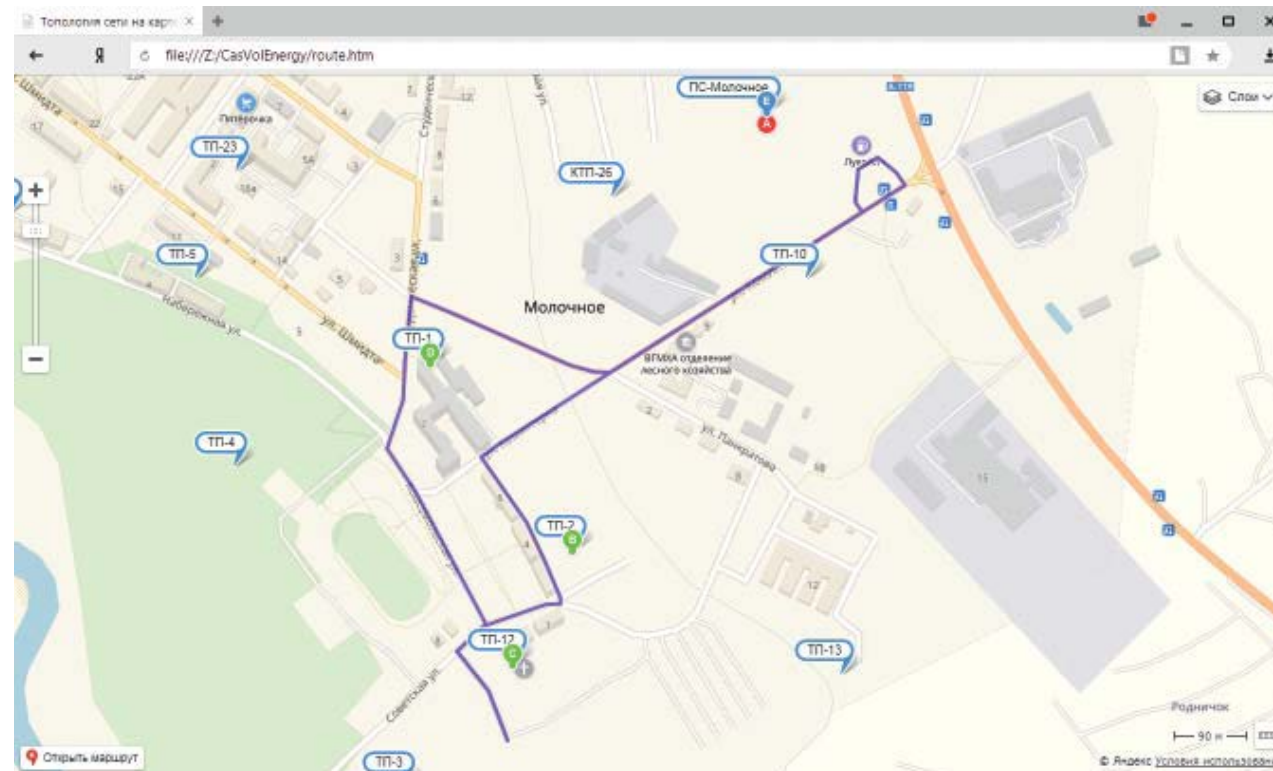
Для определения глобального минимума потерь э/э мы рекомендуем использовать метод ветвей и границ.

Если возможно ограничиться локальным минимумом, то используем метод «скорейшего спуска» по аналогии с методом покоординатного спуска, применяемого для оптимизации функции многих переменных, когда в качестве функций берутся петли, а «спуском» является перемещение МД по ним в направлении снижения потерь. На каждом шаге определяется ведущая петля («координата»), дающая своими МД максимум снижения потерь среди всех петель. Если в ведущей петле брать сразу максимальное снижение потерь, то метод оптимизации по той же аналогии похож на метод «Коши».



Оптимизация маршрутов движения мобильных бригад

Рекомендации по минимизации потерь э/э представляются на схеме сети с указанием оптимальных маршрутов движения бригад для производства требуемых переключений.



Заключение

Разработаны методы, алгоритмы и программное обеспечение адаптивной динамической оптимизации потерь э/э разомкнутой распределительной сети.

Программное приложение включено в программный комплекс «Навигатор диспетчера распределительной электрической сети», предлагающий рекомендации по оптимизации потерь электроэнергии, находящейся в нормальном режиме, в темпе процесса для сети любого размера и сложности.

БЛАГОДАРИМ ЗА ВНИМАНИЕ!

