

КОНТРОЛЛЕРЫ В СИСТЕМАХ ЗАЩИТЫ ОТ ВЕЕРНЫХ ОТКЛЮЧЕНИЙ

¹Кузнецов П.А., студ., ²Соленая О.Я., доц., к.т.н. ³Демченко Г.В., доц., к.т.н.
³Ковалев А.П., проф., д.т.н.

¹(Рыбинский Государственный Авиационный Технический Университет им. П.А. Соловьева, г. Рыбинск, Российская Федерация)

²(Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

³(ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Одной из проблем современных электросетей в густонаселённых районах являются веерные отключения. Основной их причиной является растущее число потребителей энергии (как бытовых, так и промышленных) и, как следствие, неспособность производителей электроэнергии генерировать достаточное количество мощностей для удовлетворения рыночного спроса. В связи с этим и возникают перебои, просадки напряжения и веерные отключения [1].

Последние годы в мировой энергетике господствует тенденция создания «умных» сетей или Smart Grid. Эта концепция позволит перестроить существующую энергосеть в некий единый комплекс, обеспечивающий практически мгновенную связь между поставщиками и потребителями электричества, минимизировать вмешательство человека в работу комплекса и повысить уровень безопасности. Один из ключевых пунктов сети нового поколения является наличие защиты от веерных отключений на автоматическом уровне, и минимизация «человеческого» фактора.

Статистика брака предприятий Ярославской области показывает, что за 2015 год до 19% отбракованной продукции пришлось на проблемы с качеством электропитания [2] (см. Рис 1).

Авторами статьи ведётся разработка одного из таких элементов – комплексной системы защиты электрической сети от веерных отключений. Данная структура позволит наблюдать за состоянием сети и балансом мощностей в режиме, близком к реальному времени. В случае же перегрузки сети она сможет отключать потребителей некритичных категорий для сохранения питания более важных объектов. Если речь идёт о двух потребителях равной категории, то выбор будет сделан в сторону объекта, отключение которого принесёт большие убытки, что программируется в устройстве предварительно. В дальнейшем развитии контроллер сможет сам анализировать кого отключить, основываясь на данных о процессах, происходящих на объектах-потребителях.

Система состоит из следующих элементов: автоматическая система компенсации реактивной мощности и контроллер защиты сети от веерных отключений. Обе части системы являются независимыми и могут быть внедрены как отдельно, так и вместе [3].

В данной статье рассматривается проблема создания программной части второго элемента системы защиты – контроллера защиты от веерных отключений. Это устройство представляет из себя набор единиц автоматики (см Рис. 2) и устанавливается рядом с сервером АСКУЭ. Периферийные и исполнительные устройства размещаются непосредственно на объектах: подстанциях, цехах, щитах и т.д. и служат для коммутации потребителей или их отдельных служб, в зависимости от «глубины внедрения» контроллера.

Данные собираются с сервера АСКУЭ. На основании статистики потребления и заложенных ранее ограничений микропроцессор делает анализ о перегрузке сети в случае перегрузки, пропажи питания, просадок напряжения и т.д. Далее происходит анализ причины нарушения стабильного режима работы.



Суммарное количество брака, получившегося в результате перебоев с электроснабжением, составляет 19,5% от общезаводского.



Теоретический расчет показывает, что при разовом веерном отключении убытки могут составить 2 млн руб. только на один цех

Рисунок 1 - Статистика брака за 2015 год по энергетическим проблемам и распределение брака по группам оборудования

В основе алгоритмов работы контроллера лежат уравнения модели разрушения сложной системы. Т.к. электрическая сеть представляет из себя набор узлов и ветвей, то её можно представить в виде совокупности элементов сложной системы [4].

Изменения, происходящие в структуре сложной системы, могут быть описаны простейшими теоретико-графовыми операциями [5]: стягиванием ребра, удалением (добавлением) ребра, удалением (добавлением) вершины. Изменения структуры системы могут быть разовыми, а могут быть постоянными (периодическими, регулярными). Для второго случая, разумно, ввести понятие *структурной динамики* – изменение структуры системы с течением времени. Несомненно, для описания структурной динамики лучше всего подходит аппарат теории графов [6].

Структурные изменения в сложных системах могут иметь как позитивный характер, когда в системе появляются новые элементы, улучшающие ее функционирование, так и негативный характер, когда из строя по различным причинам выходят элементы системы, что существенно ухудшает или останавливает работу всей системы.

Существует ряд моделей и задач, для описания которых используются потоки в сетях и на графах [5]. Потоками в сетях моделируют автотранспортное движение, перевозку товаров по железным дорогам, перекачку жидкости и газа по сети трубопроводов от источника до пункта потребления и т.д. Но все эти модели и задачи не учитывают возможность внезапного прекращения функционирования узловых элементов сетей (развязки автомобильных и железных дорог, станций высокого давления, трансформаторов и т.п.), а это часто приводит к внештатным ситуациям, не описываемым этими моделями. Нередко отказ одного узлового элемента системы приводит к череде отказов в системе (каскадному отключению), вследствие чего из строя выходит вся система.

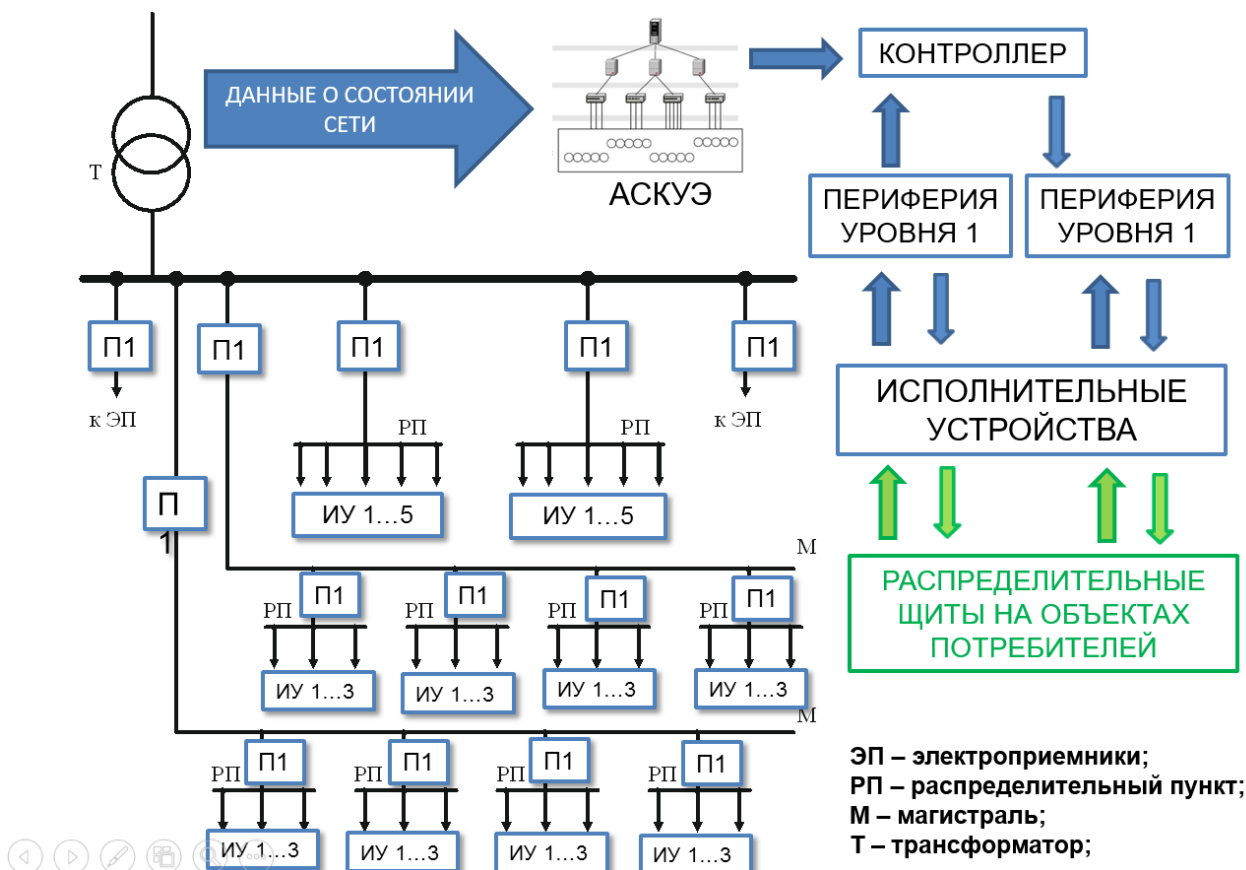


Рисунок 2 – Схема внедрения устройства в существующую энергосистему предприятия

Преобразование вышеописанных алгоритмов позволит реализовать на программном языке в среде Microsoft Visual Studio алгоритм защиты электрических сетей от веерных отключений.

Перечень ссылок

1. Carreras, B. A.; Lynch, V. E.; Newman, D. E.; Dobson, I. (2003). "Blackout mitigation assessment in power transmission systems". 36th Hawaii International Conference on System Sciences. Hawaii.
2. П.А. Кузнецов, Э.В. Пихно, А.В. Юдин «Экономическое обоснование внедрения контроллера защиты сети от веерных отключений»; Сборник тезисов докладов ХЛП молодежной научно-технической конференции «Гагаринские чтения-2016», Т2, М.: МАИ, 2016;
3. П.А. Кузнецов, О.А. Степанов, А.В. Юдин «Структура автоматической системы компенсации реактивной мощности»; Сборник трудов международного форума-конкурса молодых ученых «Проблемы недропользования», Часть 2, СпБ.: СПМИ, 2016;
4. А.А. Кочкаров, М.Б. Салпагаров, Л.М. Эльканова «Дискретная модель разрушения сложных систем»; журнал «Проблемы управления», М. 2007;
5. Емеличев В.А., Мельников О.И., Сарванов В.И., Тышкевич Р.И. Лекции по теории графов. – М.: Наука, 1996;
6. Форд Л., Фалкерсон Д. Потоки в сетях. – М.: Мир, 1966.