

тора вода насосом вновь подается внутрь баллона, распыляется в нем и испаряется в нем при контакте с перегретым водяным паром.

Горячего водяного пара, находящегося в баллоне, достаточно для бесперебойной работы паровой турбины в темное время суток. Из-за расхода пара и охлаждения баллона за ночь подъемная сила азростата уменьшится всего на 10–20 %, что мало повлияет на его высоту. В дневное время в результате нагрева солнечным излучением запас пара будет восполняться.

Мощность турбогенератора можно изменять в течение суток в соответствии с нуждами потребителя. При диаметре баллона свыше 100 м подъемной силы водяного пара, находящегося внутри баллона, достаточно для подъема конструкции в воздух.

При атмосферном давлении плотность наружного воздуха равна $1,3 \text{ кг/м}^3$, а плотность водяного пара внутри баллона равна $0,6 \text{ кг/м}^3$. Таким образом, подъемная сила одного кубического метра баллона составляет $0,7 \text{ кг/м}^3$.

Одним из вариантов паропровода может быть трубчатая конструкция из мягких оболочек и мягкой теплоизоляции. В качестве материала несущей оболочки возможна армированная стеклоткань, применяемая в настоящее время в воздуховодах большого диаметра. Масса такого гибкого паропровода длиной 7000 м составит всего 15 % от массы оболочки баллона.

Поглощающее покрытие представляет собой систему каналов и клапанов, по которой с помощью газодувки мощностью 50 кВт прокачивается водяной пар.

Работа системы клапанов организована таким образом, что пар движется только по каналам, освещенным солнцем.

Внутренняя часть баллона изолирована от атмосферного воздуха многослойной пленочной теплоизоляцией толщиной 1 м. Многослойная пленочная теплоизоляция при малой массе обладает высокой теплоизолирующей способностью.

Прозрачная оболочка выполнена из полиэфровой пленки. Полиэфровая пленка отличается высокой прозрачностью, прочностью, долговечностью и не темнеет в течение всего срока эксплуатации установки.

Пленочные конструкции раскреплены к каркасу из капроновых канатов. Конструкция рассчитана на ураганный ветер скоростью до 50 м/с.

Солнечные азростатные электростанции серии СА предназначены для размещения в районах с количеством солнечных дней в году не менее трехсот.

Существует, однако, обстоятельство, которое может помешать широкому распространению солнечных азростатных электростанций наземного базирования. Дело в том, что баллоны чрезвычайно уязвимы с военной точки зрения. В баллон диаметром 200–300 метров трудно промахнуться при стрельбе из любого оружия, а попадание в него даже ружейной пули хотя и не приведет к немедленному прекращению работы электростанции, но чревато весьма неприятными последствиями.

УДК 621.311

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТНОЙ РАЗГРУЗКИ БРЕСТСКОГО ЭНЕРГОУЗЛА

Хвисючик С.Н.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент КАЛЕНТИОНОК Е.В.

Опыт эксплуатации энергосистем показывает, что ряд системных аварий, сопровождающихся дефицитом мощности происходит со снижением частоты, что в свою

очередь может закончиться остановкой электростанций с потерей ими собственных нужд. Такие аварии являются для потребителей одними из самых серьезных по своим последствиям из-за вызываемого ими значительного времени перерыва электроснабжения. Поэтому для сохранения собственных нужд электростанций при возникновении аварийных режимов с глубокими и длительными понижениями частоты применяется отделение от энергосистемы ряда генерирующих источников с примерно сбалансированной нагрузкой собственных нужд и наиболее ответственных потребителей. Это позволяет ускорить процесс восстановления нормальной работы тепловых электрических станций и потребителей в послеаварийных режимах [1].

Основное назначение автоматической частотной разгрузки (АЧР) – отключение части менее ответственных потребителей, сохранение в работе электрических станций. Сохранение в работе электростанций дает возможность быстро восстановить питания потребителей после ликвидации аварийной ситуации [2].

Выполним оценку эффективности автоматической частотной разгрузки Брестского энергорайона, посредством выделения на изолированную работу Брестской ТЭЦ (ТЭЦ-18) вместе с подстанцией Брест-Западная. Исследуем изменение частоты в различных аварийных режимах, при необходимости произведем необходимые расчеты объема и размещения АЧР на соответствующих подстанциях. Расчет изменения частоты будем производить с помощью комплекса программ под названием «POWER» [3].

Схема энергорайона представлена на рисунке 1. От схемы сети Брестского энергоузла отделяется на изолированную работу энергорайон, включающий подстанцию Брест-Западная и ТЭЦ-18, вследствие вывода в ремонт одной из цепей линии 110 кВ Брест-Западная–Брест-1 и аварийном отключении второй цепи этой линии. Во втором случае отделяем энергорайон, включающий только Брестскую ТЭЦ. Отделение происходит в результате вывода в ремонт одной из линий соединяющих Брестскую ТЭЦ с подстанцией Брест-Западная и аварийном отключении второй линии. В каждом из режимов отделения рассмотрим также случай, когда происходит отключение одного из генераторов.

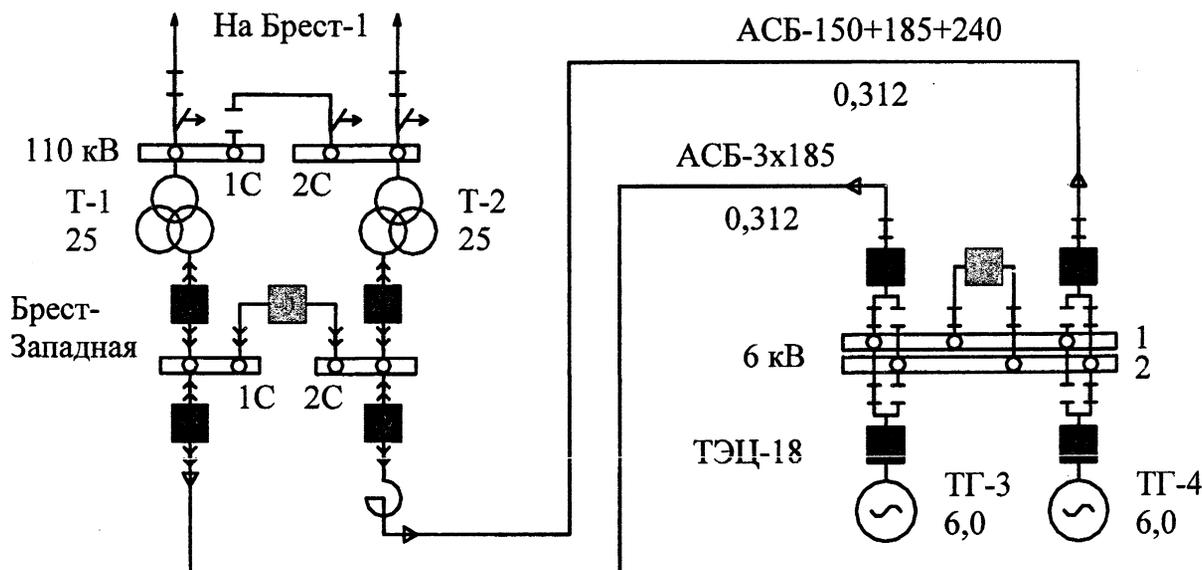


Рис. 1. Схема Брестского энергорайона

Для расчета примем данные по нагрузкам энергорайона в зимнем и летнем режимах, полученные по результатам контрольных замеров Брестскими электросетями.

Рассмотрим возможные режимы:

Режим 1: работает два генератора, подключена нагрузка ТЭЦ-18 и ПС Брест-Западная. В данном режиме определен избыток генерируемой мощности.

Режим 2: работает только ТГ-3, подключена нагрузка ТЭЦ-18. В данном режиме определен избыток генерируемой мощности.

Режим 3: работает только ТГ-3, подключена нагрузка ТЭЦ-18 и Брест-Западная. В данном режиме недостаток генерируемой мощности в энергорайоне.

Режим 4: работает два генератора, подключена нагрузка ТЭЦ-18. В данном режиме определен избыток генерируемой мощности.

Режим 5: работает два генератора, подключена нагрузка ТЭЦ-18 и Брест-Западная. В данном режиме определен дефицит генерируемой мощности.

Режим 6: работает только ТГ-3, подключена нагрузка ТЭЦ-18. В данном режиме определен избыток генерируемой мощности.

Режим 7: работает только ТГ-3, подключена нагрузка ТЭЦ-18 и Брест-Западная. В данном режиме недостаток генерируемой мощности в энергорайоне.

Режим 8: работает два генератора, подключена нагрузка ТЭЦ-18. В данном режиме определен избыток генерируемой мощности.

Расчет аварийных режимов начинаем ввода данных: генераторов, АЧР и ЧАПВ, общих данных. Далее выполняем расчет по методу Рунге-Кутты. После выполнения расчета выводим результаты в виде графиков.

Проанализируем результаты расчетов:

Режим 1: частота устанавливается на допустимом уровне (50,21 Гц), благодаря действию автоматических регуляторов скорости (АРС) турбин.

Режим 2: частота устанавливается на уровне 52 Гц, благодаря действию АРС турбин.

Режим 3: происходит погашение энергорайона в течение 1,7 с из-за большого дефицита мощности. Происходит срабатывание очереди АЧР1 на подстанции Брест-Западная объемом 1,68 МВт при частоте 47,18 Гц. Таким образом, для сохранения в работе генератора ТГ-3 требуется установка более быстродействующих очередей АЧР.

Режим 4: вследствие большого избытка мощности происходит повышение частоты на 10 % выше номинальной (выше 55 Гц), срабатывают автоматы безопасности паровых турбин, отключая генераторы. В данном режиме для сохранения собственных нужд станции требуется отключение одного из генераторов.

Режим 5: частота благодаря действию АРС турбин частота устанавливается на уровне 49,42 Гц.

Режим 6: частота устанавливается на уровне 50,37 Гц.

Режим 7: срабатывают очереди АЧР1 объемом 1,7 и 6,1 МВт соответственно при частоте 47,09 Гц и 45,98 Гц, далее происходит повышение частоты и срабатывание ЧАПВ и начинается повторяющийся процесс с описанной последовательностью. В данном режиме требуется изменение уставок и объемов АЧР так как происходит излишнее отключение нагрузки.

Режим 8: вследствие большого избытка мощности происходит повышение частоты на 10 % выше номинальной (выше 55 Гц), срабатывают автоматы безопасности паровых турбин, отключая генераторы. В данном режиме для сохранения собственных нужд станции требуется отключение одного из генераторов.

Произведем расчет режимов 3, 5 и 7 с новыми уставками АЧР ($f_{cp} = 46,5$ Гц и 47,2 Гц на $f_{cp} = 49,2$ Гц и 46,6 Гц с интервалом 0,4 Гц).

Проанализируем полученные результаты:

Режим 3: частота устанавливается на уровне 49,7 Гц, благодаря действию АРС турбин и срабатыванию очередей АЧР.

Режим 5: частота устанавливается на уровне 49,77 Гц, благодаря действию АРС турбин и срабатыванию очереди АЧР1 мощностью 0,7 МВт на ТЭЦ.

Режим 7: частота устанавливается 49,08 Гц благодаря действию АРС турбин и срабатыванию очередей АЧР.

На рисунках 2–5 покажем изменение частоты 3 и 7 режимов с первоначальными и измененными уставками АЧР. Как видно из приведенных рисунков, новые уставки АЧР позволяют сохранить в работе генерирующие источники ТЭЦ-18.

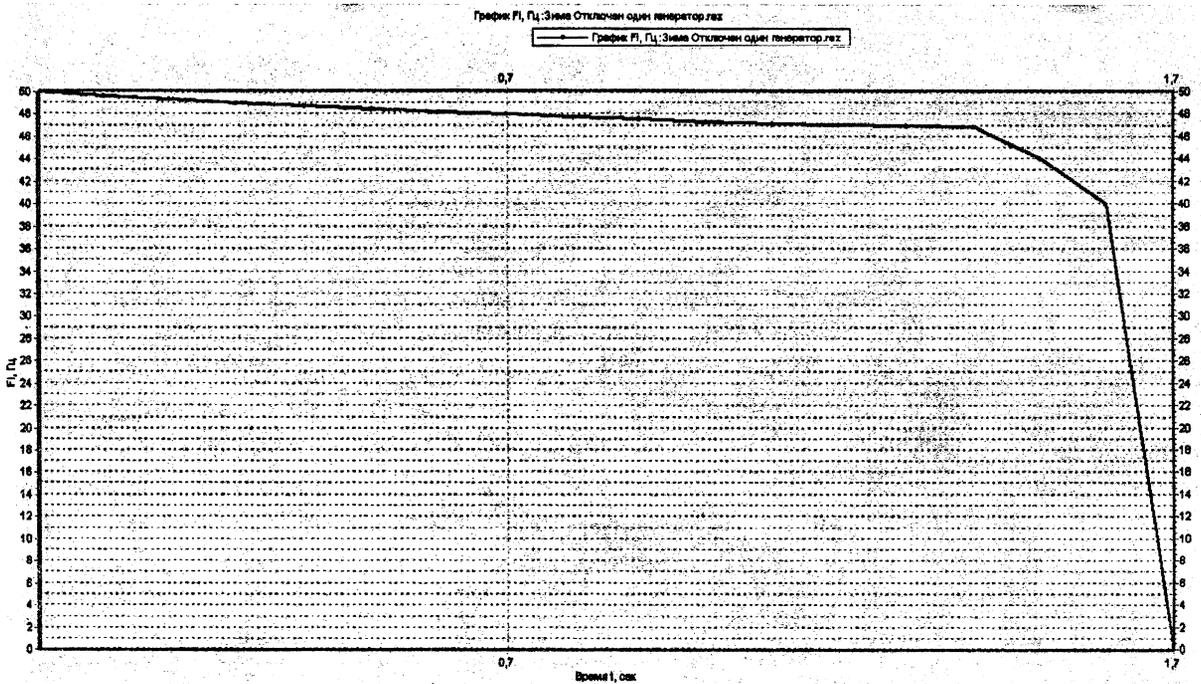


Рис. 2. Изменение частоты в режиме 3 с первоначальными уставками АЧР

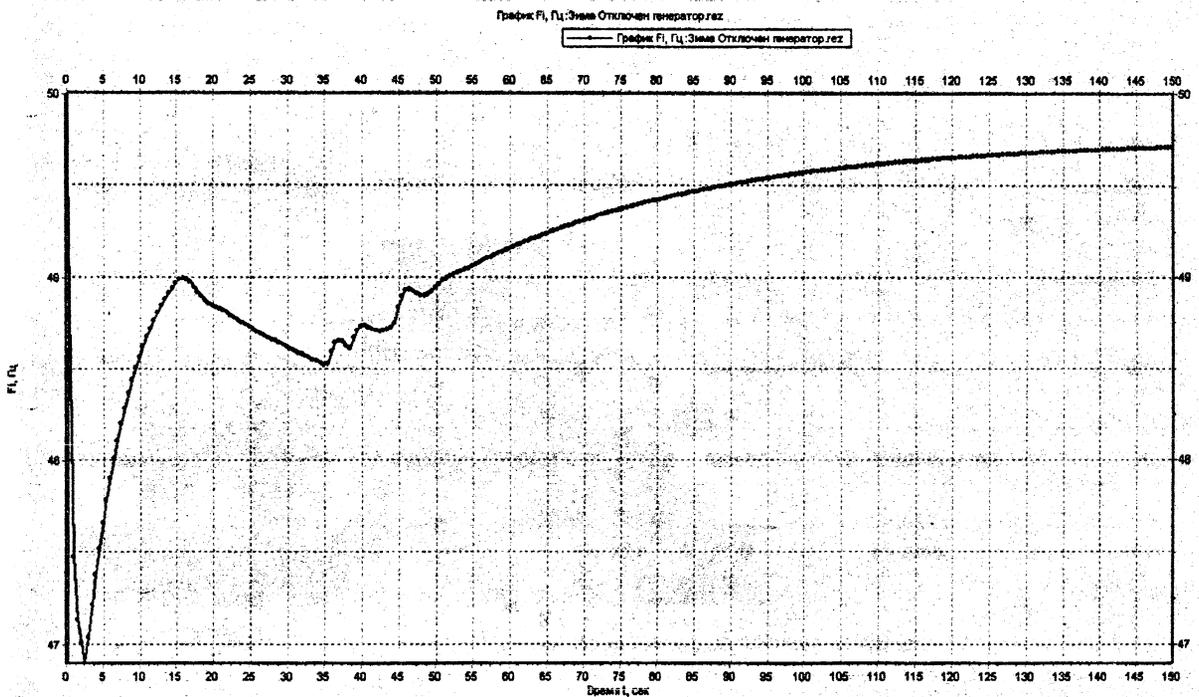


Рис. 3. Изменение частоты в режиме 3 с измененными уставками АЧР

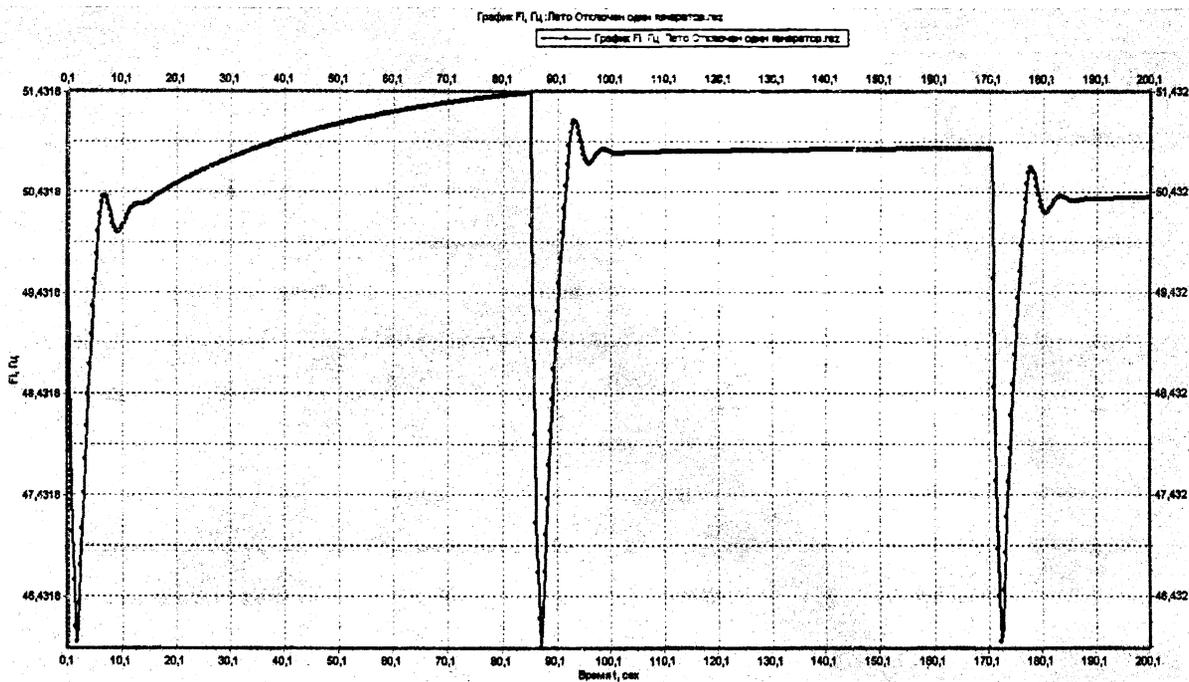


Рис. 4. Изменение частоты в режиме 7 с первоначальными уставками АЧР

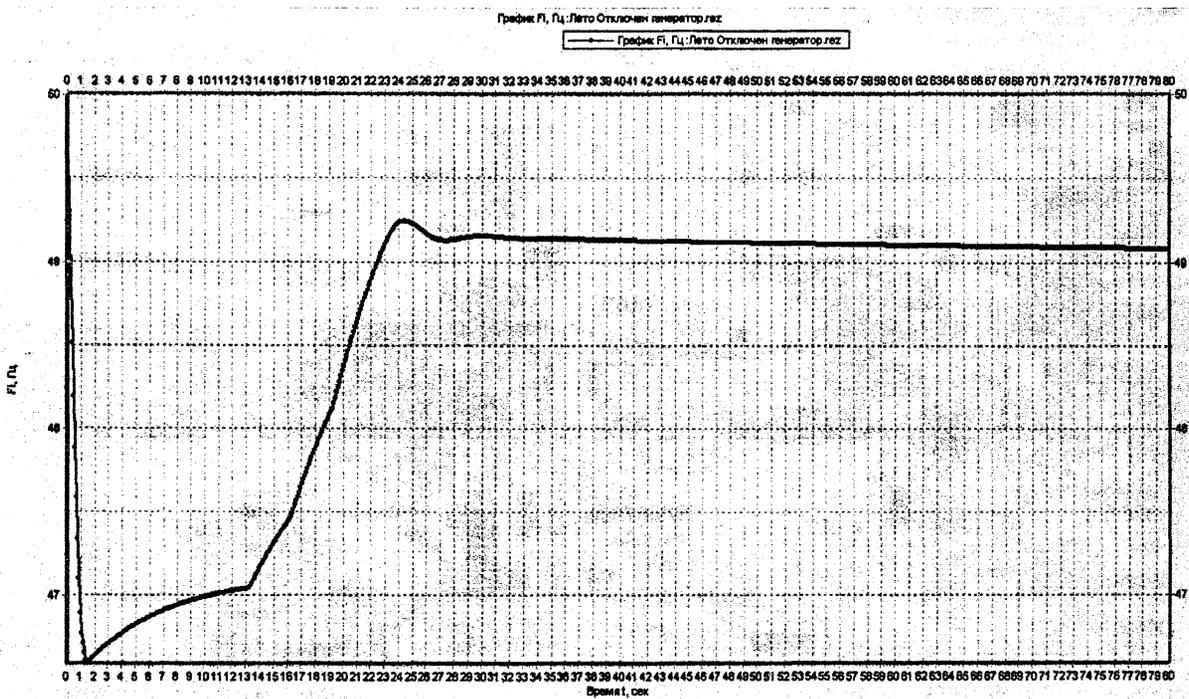


Рис. 5. Изменение частоты в режиме 7 с измененными уставками АЧР

Литература

1. Калентиюнок Е.В. Оперативное управление в энергосистемах: учебно-метод. пособие. В 4 ч. Ч 4. Предупреждение и ликвидация аварийных режимов / Е.В. Калентиюнок; Под ред. В.Т. Федина. – Минск: БНТУ, 2004. – 187 с.
2. Рабинович Р.С. Автоматическая частотная разгрузка энергосистем. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.
3. Разработка алгоритмов и программ для анализа работы АЧР при дефиците активной мощности в Белорусской энергосистеме. Отчет о НИР / БГПА; Руководитель Е.В. Калентиюнок. – Минск: БГПА, 2002. – 31 с.