

**ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГООБЪЕКТОМ С ЦЕЛЬЮ
ОПТИМИЗАЦИИ ЕЕ ПАРАМЕТРОВ**

Рачкевич В.И.

*Научный руководитель – Новиков С.О.
БНТУ, Минск, Беларусь, rachkevich16@gmail.com*

Целью данной работы является исследование переходных процессов в энергосистеме при дефиците мощности.

Для выполнения исследования разработано специальное программное обеспечение, позволяющее производить расчеты режимов энергосистемы при дефиците мощности, имеется возможность моделировать аварийные ситуации, работу АЧР, изменение нагрузки и корректировать различные параметры энергосистемы.

На рисунке 1 приведена блок-схема программы.

Начало программы изображено в виде блока 1, последовательно за которым следует блок 2 - ввод и считывание данных. Обязательные для ввода параметры: небаланс мощности, постоянная времени, расчетный интервал времени, регулирующий эффект нагрузки. Остальные параметры являются опциональными. При включении переключателей АЧР – происходит считывание данных для АЧР-1 и АЧР-2.

Блок 3 - проверяется условие попадания текущего времени в диапазон требуемого расчетного интервала;

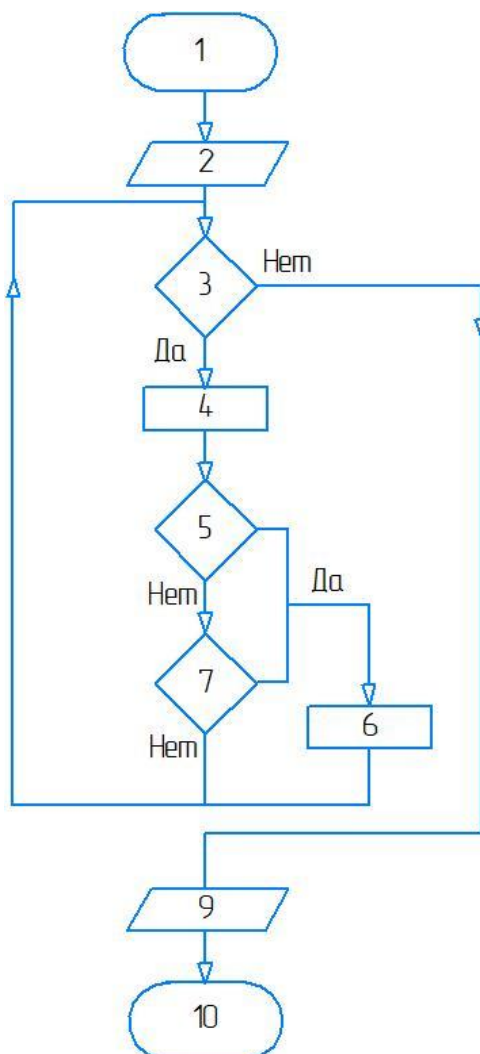


Рисунок 1 – Блок-схема программы

Блок 4 - расчет частоты, и пересчет всех параметров, требующих пересчета после итерации. Формирование/пополнение массивов выходных данных;

Блок 5 – проверка выполнения условий для отключения очередной ступени АЧР-1;

Блок 6 – пересчет небаланса мощности и параметров, зависящих от него, запуск выдержки времени между обработкой очередей;

Блок 7 – проверка выполнения условий для отключения очередной ступени АЧР-2;

Блок 8 – интерпретация и вывод данных: график, таблица, соблюдение стандартов;

Блок 9 – конец.

Суммарная мощность генерирующих источников энергосистемы в каждый момент времени должна быть равна нагрузке энергосистемы $P_g = P_n$. При сохранении этого баланса частота в энергосистеме составляет 50 Гц.

В изолированно работающих энергосистемах при аварийном отключении генерирующего источника и в отделившихся районах крупной энергосистемы возможны дефициты генерирующей мощности. Такой дефицит $P_g < P_n$ влечет снижение частоты. Границы аварийного снижения частоты приведены на рисунке 2.

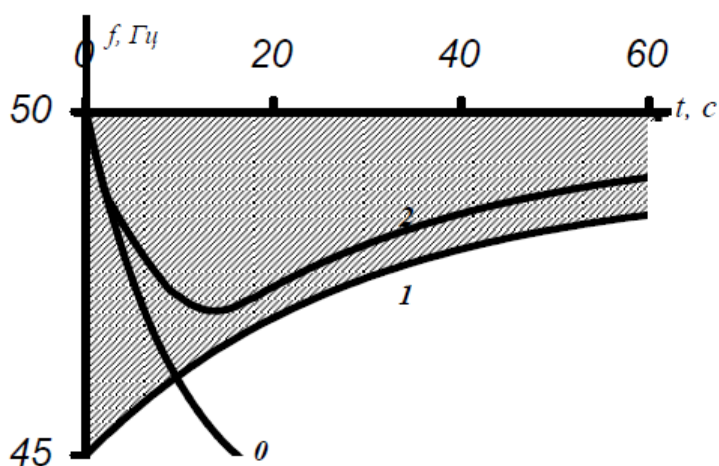


Рисунок 2 – Границы допустимого аварийного снижения частоты в энергосистеме

В регулировании частоты принимает также участие и нагрузка энергосистемы. Явление регулирующего эффекта нагрузки (K_n) – при отклонении частоты в сети от нормы, потребление как активной, так и реактивной мощности изменяется.

При воздействии небаланса мощности ΔP изменение частоты во времени определяется выражением (1):

$$\Delta f = \frac{\Delta P}{k_n} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_j}} \right). \quad (1)$$

где ΔP – небаланс мощности;

T_j – эквивалентная постоянная времени энергосистемы;

t – текущий момент времени.

Не все потребители одинаково реагируют на отклонение частоты, связи с чем их разделяют на группы, включая в каждую группу потребителей, у которых зависимость потребления от частоты одна и та же.

В течение суток состав потребителей энергосистемы меняется: днем осветительная нагрузка в основном отсутствует, а преобладает нагрузка промышленных предприятий, в вечерние часы промышленная нагрузка несколько снижается, а осветительная увеличивается. С изменением состава потребителей изменяется и регулирующий эффект нагрузки. Обычно эти изменения не очень велики. Однако при отделении электростанции от энергосистемы регулирующий эффект нагрузки может изменяться в широких диапазонах.

Зависимость потребляемой мощности от частоты для n-ой группы определяется формулой (2).

$$P_n = P_{\text{ном}}(f/f_{\text{ном}})^n \quad (2)$$

где n – номер группы потребителей.

Для изучения влияния K_n проведен расчет в разработанной программе, результаты расчета сведены в таблицу 1, а также построен график – рисунок 3. Данные для расчета: дефицит мощности – 13,5 МВт, постоянная времени – 8 сек, суммарная мощность АЧР – 10 МВт, количество ступеней АЧР – 10, выдержка времени между отключениями двух ступеней – 0,15 сек, время – 20 сек.

Таблица 1 – Результаты расчета.

K_n	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0
Установившаяся частота, Гц	47,3	47,43	47,54	47,21	47,33	47,43	47,53	47,62	47,71	47,44	47,52
Отработало ступеней	8	8	8	7	7	7	7	7	7	6	6

Анализируя данные можно заметить, что при любом увеличении регулирующего эффекта нагрузки частота на шинах растет. Также из графика видно, что при большем K_n , за одно и тоже время (20 сек) срабатывает меньше ступеней АЧР. При этом установившаяся частота на 20 секунде может быть больше чем в системе с большим количеством отключившихся ступеней АЧР.

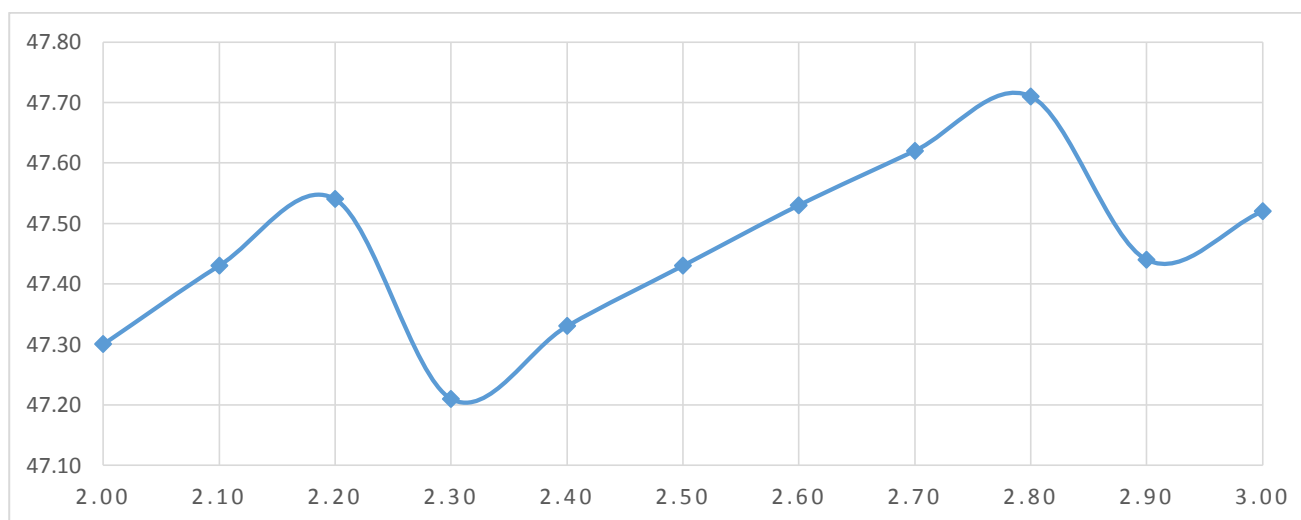


Рисунок 3 – Зависимость частоты от регулирующего эффекта нагрузки

Вывод: зная к какой условной категории относится потребитель – можно изменить регулирующий эффект нагрузки – тем самым отключить меньшее число потребителей при той же мощности. Особенно это актуально в малых системах с малым количеством присоединений.

По результатам анализа системы у которой регулирующий эффект нагрузки может значительно изменяться во времени очевидно, что такой объект может производить регулирование частоты за счёт изменения состава потребителей.

Список литературы:

1. Новиков С.О., Новикова Л.И., Титко В.Ю. Режимы управления автоматикой слежения за частотой энергосистемы. «Системный анализ и прикладная информатика». 2020. – 10-13с.
2. Окин, А.А. Противоаварийная автоматика / А.А. Окин. – М. : МЭИ, 1995. – 212 с.
3. Оперативно-диспетчерское управление. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Противоаварийная автоматика энергосистем. Нормы и требования : ГОСТ 34045-2017. – Введ. 30.01.2017. – М. : Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации : Межгос. Технический комитет по стандартизации, 2017. – 19 с.
4. Павлов, Г.М. Аварийная частотная разгрузка энергосистем / Г.М. Павлов, А.Г. Меркурьев. – СПб : ГВЦ Энергетики, 1998. – 52 с.