

АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ СХЕМА ТРЕНАЖЕРА "АЧР" ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА ЭНЕРГОПРЕДПРИЯТИЯ

Заболотный И.П., Кобазев В.П., Желтов Е.А.

Донецкий государственный технический университет

r504a@fcita.dn.ua

This paper considers the model of automatic frequency unloading testing ground on basis of IMDS program packet. The controlled is power system the frequency unregulated. The automatic frequency unloading (AFU) the plant consists of three categories. The scheme of the second category measuring part is considered in detail. The mathematics description of the training system is given. The training system is allowed to improve reliability of executive personal work.

Исследование надежности работы оперативно-диспетчерского персонала энергосистем показывает, что функции надежности диспетчерского управления обусловлены закономерными и случайными отказами [1]. В [1] сделан вывод, что путь уменьшения ошибок, связанных с закономерными отказами – это лекции и экзамены по ПТЭ и ПТБ и производственным инструкциям, т.е. мероприятия по поддержанию на требуемом уровне технических знаний операторов. Путь уменьшения ошибок, связанных со случайными отказами – это инструктажи, собеседования, противоаварийные тренировки, обеспечивающие внимание и четкость в работе.

В [2] приведены результаты разработки автоматизированных систем оперативного управления на базе AutoCad технологии. Предлагается ее построение в виде ЛВС, распределенной по функциональному признаку. Один из узлов ЛВС это "Тренажер". В нем должен быть реализован комплекс программ для выполнения тренировки оперативного персонала.

Согласно [3] противоаварийное оперативное управление осуществляется согласованными действиями оперативного персонала на разных ступенях иерархии. В типовых инструкциях рассматриваются наиболее характерные аварийные ситуации, к которым также относят снижение частоты в энергосистеме.

В условиях работы энергосистемы с пониженной частотой существенно возрастает как роль АЧР, так и действий оперативного персонала, поскольку в таких условиях надежность электроснабжения снижается. В настоящее время уровни частоты в нормальном режиме находятся на границе аварийно допустимого значения. Следовательно, даже небольшие возмущения могут привести к дефициту активной мощности, сопровождающемуся срабатыванием АЧР. С другой стороны при помощи настройки специальных очередей АЧР на срабатывание с повышенными уставками можно возложить на АЧР не свойственную ей функцию поддержания номинальной частоты энергосистемы в нормальном режиме.

Разработанная в [4] информационная модель и графический интерфейс пользователя позволяет автоматизировать процесс создания модели данных, в том числе и для моделирования работы АЧР. Например, для каждого присоединения подстанции и в целом предприятия электрических сетей задается небаланс активной мощности за вычетом брони на ближайший час. Затем имитируется работа АЧР и определяется отключаемая нагрузка по очередям. В близких к реальным условиям оператор на тренажере выполняет отключения по ГАО, ГОТ, ГОМ, ВЕЕР контролируя для каждого присоединения подстанции номер очереди, отключаемую мощность, аварийную и технологическую бронь, время отключения и включения, недоотпуск электроэнергии.

Структурная схема моделирования АЧР приведена на рис. 1. Схема составлена из блоков входного языка программы IMDS.

Объектом управления является нерегулируемая по частоте энергосистема. Она описывается следующим дифференциальным уравнением:

$$\left(\frac{T_j}{K_H} + 1 \right) \times \Delta f_* = \frac{1}{K_H} P_{\text{неб}*}$$

где T_j – постоянная времени инерции генераторов и нагрузки; Δf_* – отклонение частоты; $P_{\text{неб}*}$ – небаланс активной мощности; K_H – коэффициент нагрузки.

Модель энергосистемы представляют последовательно включенные усилитель (3) и интегратор (4), которые охватываются жесткой отрицательной обратной связью (5). Модель учитывает регулирующий эффект нагрузки. Планируемый дефицит активной мощности в относительных единицах (о.е.) задается блоком 1. На выходе интегратора (4) формируется сигнал Δf_* в о.е., равный отклонению частоты от номинального значения. Величина отклонения зависит от дефицита активной мощности. Частота сети f_c в Гц вычисляется при помощи блоков 6-8 по соотношению:

$$f_c = f_{\text{ном}} - \Delta f_* \times f_{\text{ном}}$$

При этом коэффициент передачи усилителя G и значение константы K равны $f_{\text{ном}}$. Вращающийся резерв генерирующей мощности составляет 5% от суммарной генерирующей мощности энергосистемы. Описывается

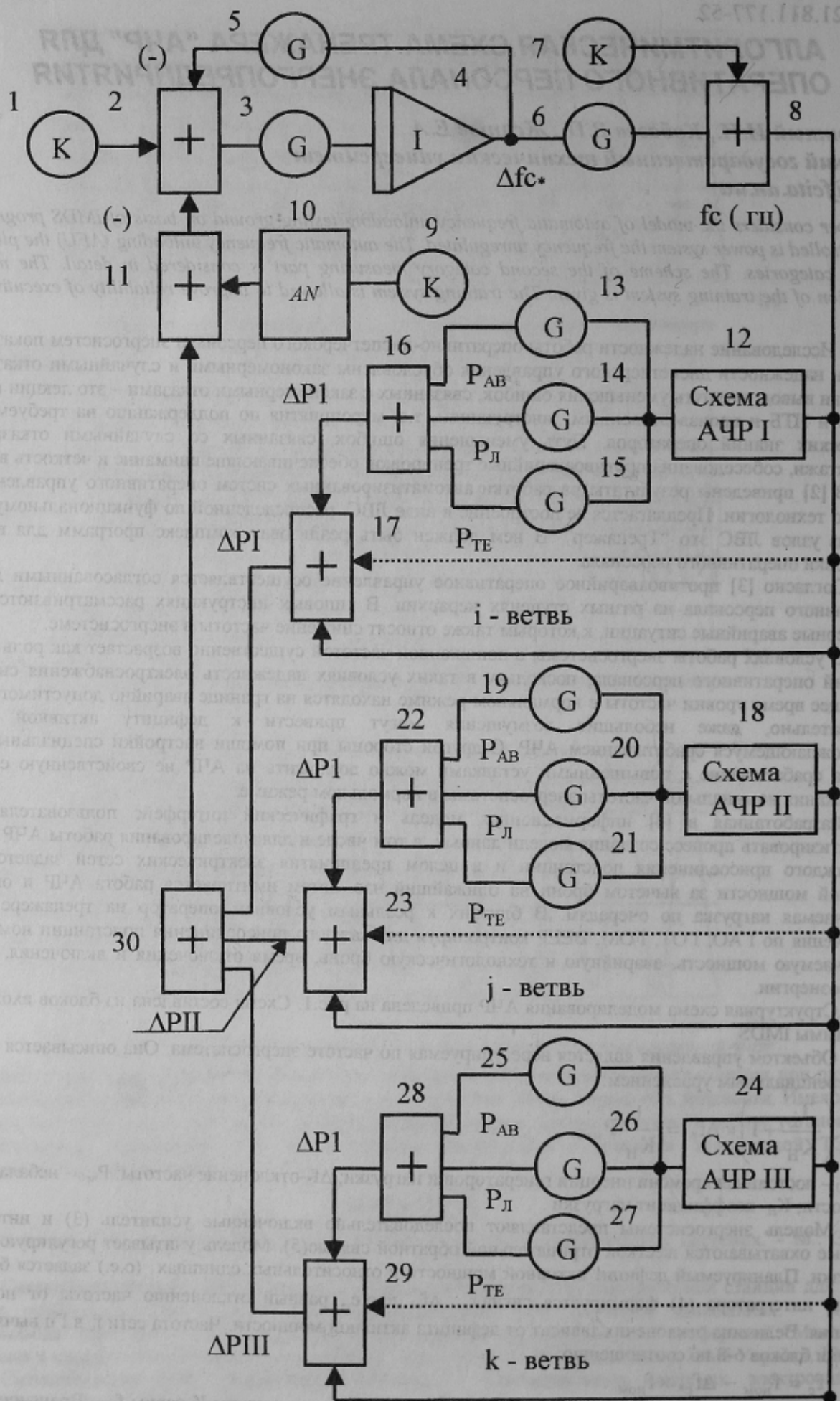


Рисунок 1- Структурная схема моделирования системы АЧР подстанции.

он следующим уравнением:

$$T_J \times \frac{dP_{BP}(t)}{dt} + P_{BP}(t) = P_{BP}^*$$

где $P_{BP}(t)$ - изменения во времени вращающего резерва, P_{BP} - величина резерва. В схеме рис.1 вращающийся резерв моделируется при помощи последовательного соединения константы K (9) и апериодического звена AN (10). Коэффициент передачи звена равен единице, а значение константы определяет величину P_{BP} . При возникновении в сети дефицита активной мощности в первую очередь задействуется вращающийся резерв. Если резерв меньше дефицита мощности, то частота сети снижается. Эта частота воздействует на входы всех ветвей категорий АЧР. Рассмотрим работу ветвей схемы рис.1, моделирующих работу АЧР1, АЧР2 и АЧР3.

Первая быстродействующая категория АЧР имеет i ветвей с разными частотами срабатывания равномерно распределенных в диапазоне 49–46,5Гц. Ступень между уставками смежных очередей принята равной 0,1Гц. Время задержки на срабатывание принято по условию отстройки от кратковременных случайных изменений частоты. Каждая ветвь категории выполнена одинаково и состоит из схемы АЧР ветви (12), выход которой через три усилителя (13-15) подключен к сумматору (16). Все ветви категории соединены с общим сумматором (17). На его выходе формируется сигнал ΔP_i , который равен активной нагрузке, отключаемой очередью.

В исходном состоянии на выходе блока 12 обрабатывается нулевой сигнал, что определяет $\Delta P_i=0$. При снижении частоты в сети ниже уставки срабатывания порогового элемента схемы АЧР1 на ее выходе появляется единичный сигнал. Коэффициенты передачи выходных усилителей G ветви (блоки 13-15) в относительных единицах равны: отключаемой нагрузке очереди P_L , аварийной $P_{ав}$ и технологической $P_{тех}$ броне. Сумматор i ветви преобразует входные сигналы в один в соответствии с соотношением:

$$\Delta P_i = P_{L_i} - (P_{IAB} + P_{ITEX})$$

Выходы ветвей категории АЧР1 подключены к сумматору 17. Он в свою очередь через сумматоры 30 и 11 соединен с сумматором энергосистемы (2). Из схемы подключения входов блока 2 следует, что срабатывание любой ветви АЧР1 вызывает уменьшение дефицита активной мощности в сети и соответственно повышение частоты f_c .

Категория АЧР2 представлена блоками 18-23 и j ветвью. К этой категории относят более ответственных потребителей, поэтому предусматривается повторное включение нагрузки, т.е. реализовано частотное АПВ. Эта очередь в каждой ветви имеет единую уставку по частоте 49,2Гц и нарастающие выдержки по времени. В настоящее время в связи с дефицитом топлива на электростанциях эта уставка несколько ниже. Начальная уставка ветвей АЧР2 по времени 5-10 с и конечная 60 с. Минимальная ступень времени между смежными ветвями схемы составляет 3 с. Схема соединения блоков в ветви такая же как и у предыдущей категории (рис. 1), но измерительная часть имеет ряд особенностей. Пороговые элементы последней имеют одинаковую уставку по частоте и зависимую от скорости снижения частоты выдержку времени.

Схема измерительной части приведена на рис.2. Пороговый элемент схемы ПЭ состоит из последовательно соединенных реле RD и инвертора NL . Зависимая от частоты выдержка времени формируется при помощи интегратора I , сумматора $+$, переключателя $R1$ и двух констант K . Частотное АПВ моделируется инвертором NL , реле RD , логическим И NL , и триггером TT .

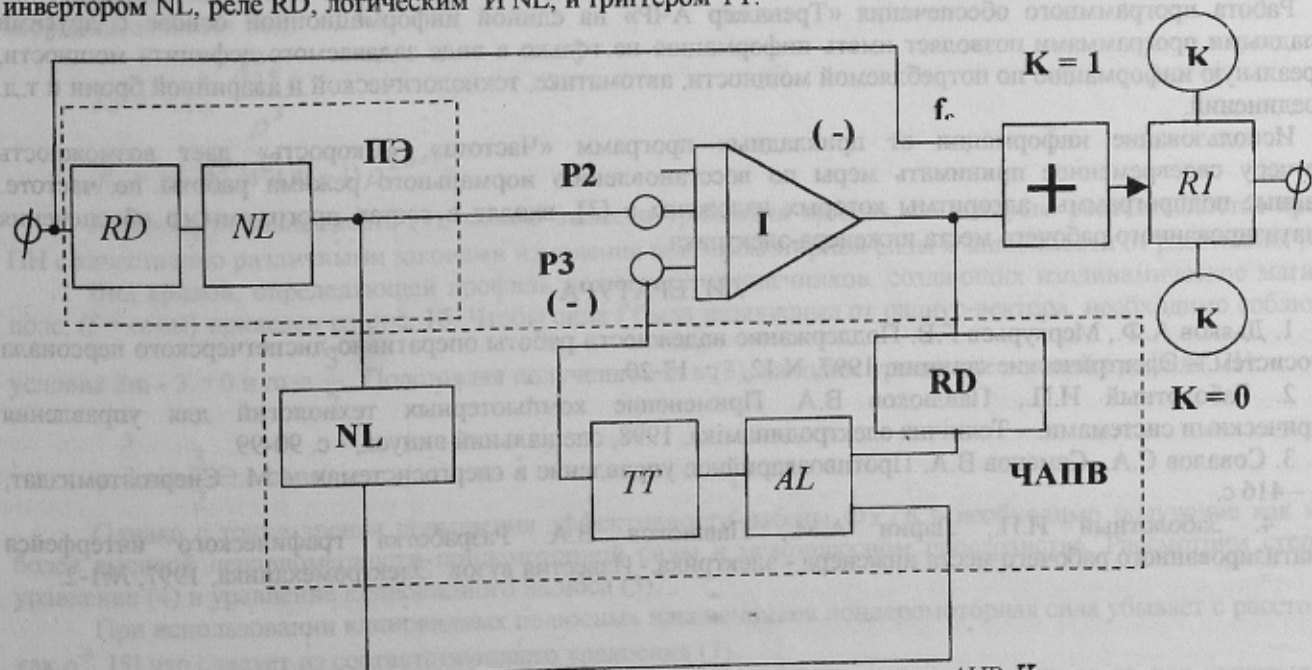


Рисунок 2 – Схема измерительной сети АЧР II

Пороговый элемент срабатывает при частоте сети равной 49.2 Гц. Нужная выдержка времени устанавливается при помощи изменения коэффициента передачи интегратора по второму входу P2.

В исходном состоянии на выходе реле RD порогового элемента будет единичный сигнал. Он преобразуется инвертором NL в нулевой сигнал. В этих условиях на сумматор + поступают: нулевой сигнал интегратора и отрицательный сигнал равный текущему значению частоты в энергосистеме. Выходной сигнал сумматора становится отрицательным и подключает выход переключателя R1 к константе равной нулю (блок 7). Выход переключателя является выходом измерительной части ветви. В схеме рис.1 к нему подключены усилители, задающие величину отключаемой нагрузки. При нулевом выходном сигнале блока R1 отключаемая нагрузка также будет равна нулю.

При понижении частоты в энергосистеме менее 49.2 Гц на выходе инвертора NL порогового элемента появляется единичный сигнал. В результате на второй вход сумматора поступает сигнал линейно увеличивающийся во времени: $f(t)=P2*t$. Одновременно на первый вход сумматора поступает сигнал равный текущему значению частоты сети f_c . В сумматоре эти сигналы вычитаются. При $f(t)>f_c$ на управляющем входе переключателя R1 будет положительный сигнал. Поэтому выход R1 отключается от константы $K=0$ и подключается к константе $K=1$. В этом случае на выходе ветви появляется сигнал, сформированный сумматором 22 и усилителями 19, 20, 21 (рис.1):

$$\Delta P_j = P_j - (P_{jAB} + P_{jTEK})$$

Воздействие этого сигнала на модель энергосистемы вызывает уменьшение дефицита активной мощности

Если во время действия системы АЧР частота в энергосистеме стала возрастать и при этом пороговый элемент схемы АЧРП (рис.2) возвратился в исходное состояние. То на вход логического элемента И AL поступают два единичных сигнала. Элемент AL переключает триггер ТТ в единичное состояние. Выходной сигнал триггера возвращает интегратор в исходное состояние. Скорость возврата определяется передачи P3 интегратора. Как только $f(t)<f_c$ на управляющем входе переключателя R1 появится отрицательный сигнал, который подключает к выходу R1 блок с нулевой константой, что соответствует повторному подключению нагрузки ветви к энергосистеме. В результате сигнал ΔP_j исчезает. Триггер ТТ срабатывает только один раз. Что и обеспечивает однократность действия ЧАПВ.

Дополнительная категория АЧР используется в энергодефицитных районах и предназначена для быстрого отключения нагрузки в тех случаях когда категория АЧР1 не в состоянии предотвратить снижение частоты в энергосистеме ниже 45Гц. Факторы обеспечивающими этот максимальный дефицит следующие: отключение соответствующих линий и трансформаторов связи или изменение в них направление потока мощности, большая скорость снижения частоты. Эта категория реагирует на общесистемные дефициты. Поэтому дополнительная АЧР может в необходимых случаях только дополнить АЧР1. Эта категория АЧР представлена на рис.1 блоками 24-29 и к ветвью. Данная категория моделируется также как и категория АЧР1, но в схеме нет реле времени. Поэтому на энергосистему АЧРП воздействует без задержки во времени.

ВЫВОДЫ

Использование предлагаемого тренажера на предприятиях электрических сетей позволит обеспечить формирование навыков у оперативного персонала по ликвидации причин снижения частоты в сети.

Работа программного обеспечения «Тренажер АЧР» на единой информационной основе с другими прикладными программами позволяет иметь информацию не только в виде задаваемого дефицита мощности, но и реальную информацию по потребляемой мощности, автоматике, технологической и аварийной брони и т.д. присоединений.

Использование информации от прикладных программ «Частота», «Скорость» дает возможность диспетчеру своевременное принимать меры по восстановлению нормального режима работы по частоте. Указанные подпрограммы, алгоритмы которых изложены в [3], входят в состав программного обеспечения автоматизированного рабочего места инженера-электрика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяков А.Ф., Меркурьев Г.В. Поддержание надежности работы оперативно-диспетчерского персонала энергосистем. – Электрические станции, 1997, N 12, - с. 17-20.
2. Заболотный И.П., Павлюков В.А. Применение компьютерных технологий для управления электрическими системами. – Технічна електродинаміка, 1998, спеціальний випуск, - с. 90-99.
3. Совалов С.А., Семенов В.А. Противоаварийное управление в энергосистемах. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 416 с.
4. Заболотный И.П., Ларин А.М., Павлюков В.А. Разработка графического интерфейса автоматизированного рабочего места инженера - электрика. - Известия вузов Электромеханика, 1997, №1-2.