

УДК 681.5.017

А.А. ИВАНОВА, студент (НИ ТПУ)  
Р.Б. АБЕУОВ, к.т.н. (НИ ТПУ)  
г.Томск

### РАЗРАБОТКА ОБЩИХ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА АДАПТИВНОЙ АВТОМАТИКИ РАЗГРУЗКИ ЭНЕРГОУЗЛА

В настоящее время одной из важнейших задач, является задача поддержания основных режимных параметров ( $f$ ,  $U$ ) электроэнергетических систем (ЭЭС) в допустимых пределах, при возникновении аварий, сопровождающихся возникновением дефицита мощности и глубоким снижением частоты и напряжения. Наиболее характерным видом управляющих воздействий (УВ), используемым для решения этой задачи, является отключение нагрузки потребителей.

В электроэнергетических системах эксплуатируется большое количество устройств аварийной разгрузки, осуществляющих отключение нагрузки (ОН) потребителей на подстанциях распределительной электрической сети по факту недопустимого изменения режимных параметров или приёма внешнего сигнала ОН. К таким устройствам относятся: автоматическая частотная разгрузка (АЧР), автоматика ограничения снижения напряжения (АОСН), устройства отключения нагрузки (УОН).

В эксплуатируемых в ЭЭС устройствах АЧР и АОСН отключаемые потребители жестко распределены по ступеням ОН. Это приводит к тому, что при изменении мощности нагрузки потребителей (в соответствии с суточным графиком) меняется реальный объём ступени отключения нагрузки. Как следствие, срабатывание устройств противоаварийной автоматики с действием на отключение нагрузки приводит к её отключению в большем, чем требуется в реальных условиях, объёме [1].

Проведенные исследования показали, что существующие устройства аварийной разгрузки энергоузла, обладают множеством недостатков, основными из которых являются:

- Отсутствие контроля текущих значений мощности нагрузки, отключаемых потребителей;
- отсутствие возможности адаптации к изменению основных режимных параметров энергосистемы и потребляемой мощности нагрузки в энергоузле;

- жесткое распределение отключаемых потребителей по ступеням отключения нагрузки;
- избыточное действие при отключении нагрузки;
- низкий уровень избирательной способности.

В связи с этим возникла необходимость разработки такого устройства разгрузки энергоузла, которое было бы лишено выявленных недостатков. Это устройство должно определять объем отключения мощности нагрузки на основании адаптации к её изменению и позволит уменьшить избыточное действие противоаварийной автоматики при ОН.

Алгоритм работы такого устройства приведен на рисунке 1.

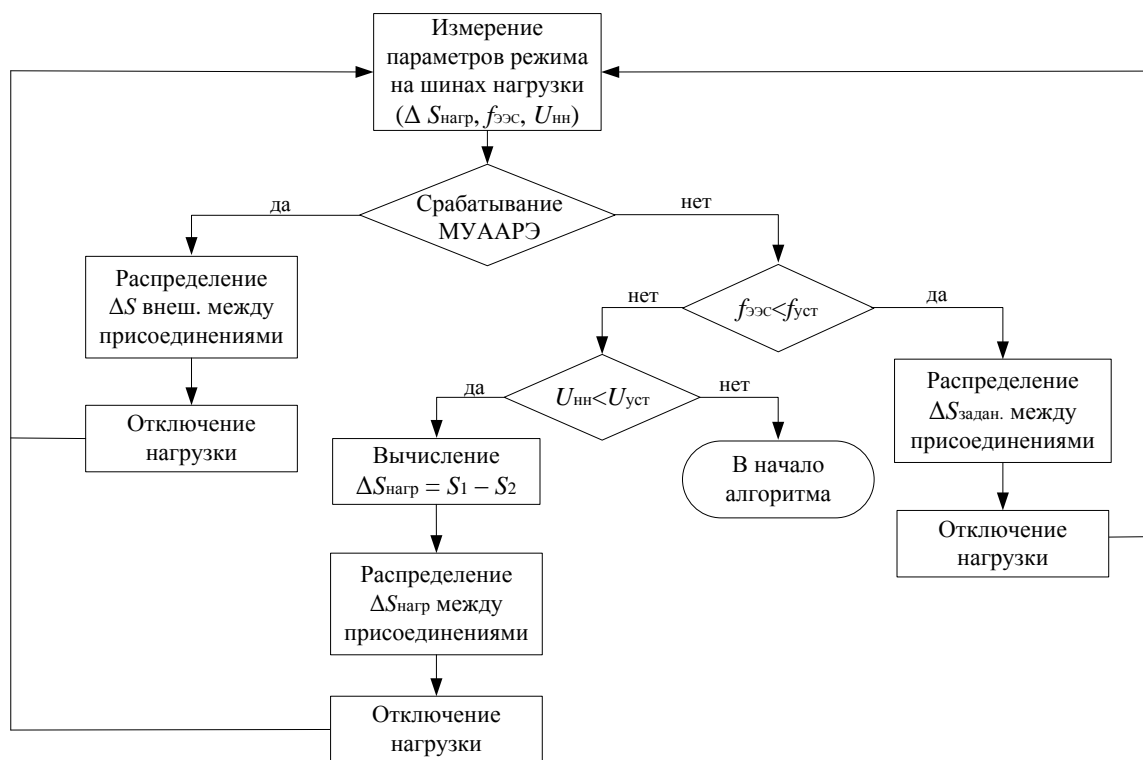


Рисунок 1 – Алгоритм работы многофункционального устройства адаптивной автоматики разгрузки энергоузла

Как видно, устройство действует на отключение нагрузки при наступлении одного из трех возможных событий: поступление сигнала ОН от внешнего устройства ПА; снижение частоты или напряжения ниже уставки срабатывания.

В случае приема сигнала от внешнего устройства противоаварийной автоматики, алгоритм устройства отключения нагрузки (УОН) распределяет полученный объем управляющего воздействия ( $\Delta S$  внеш.) между линейными ячейками потребителей. Подбор отключаемых присоединений

осуществляется с учетом категории надежности электроснабжения, таким образом, чтобы суммарная мощность отключаемой нагрузки наиболее близко соответствовала величине ( $\Delta S$  внеш.). Затем подается сигнал на отключение выбранных присоединений потребителей.

В случае снижения значения частоты в ЭЭС, ниже заданной уставки по частоте, срабатывает алгоритм автоматической частотной разгрузки МУААРЭ, который осуществляет дозированное отключение части нагрузки  $\Delta S$  задан. на шинах низшего напряжения подстанции, соответствующей текущему отклонению частоты. Выбор отключаемых присоединений осуществляется с учётом категории надежности электроснабжения потребителей, таким образом, чтобы уменьшить избыточное действие АЧР.

В случае снижения напряжения на шинах потребителя ниже заданной уставки по напряжению, срабатывает алгоритм автоматики ограничения снижения напряжения МУААРЭ. Вычислительный блок алгоритма АОСН, рассчитывает определенный объём полной мощности нагрузки  $\Delta S$  нагр, при отключении которого значение напряжения повысится до заданного уровня. Рассчитанная мощность отключения нагрузки  $\Delta S$  нагр, в блоке сравнения алгоритма АОСН сопоставляется с мощностями нагрузок всех имеющихся присоединений и их комбинациями. Выбирается одно или несколько отключаемых присоединений с учетом категории надежности электроснабжения, которые имеют самые близкие значения мощности нагрузки к величине  $\Delta S$  нагр, после чего, подается сигнал на отключение выбранных потребителей.

Структурно–функциональная схема многофункционального устройства адаптивной автоматики разгрузки энергоузла, приведена на рисунке 2.

Структурно-функциональная схема устройства включает в себя следующие блоки:

- блок измерения;
- блок вычисления управляющих воздействий АОСН;
- блок сравнения и формирования сигнала на управление нагрузкой;
- исполнительный орган отключения нагрузки.

Перечисленные блоки в составе устройства, выполняют следующие функции:

- Блок измерения (БИ) производит непрерывное измерение уровня напряжения и частоты на шинах потребителя и значение тока, протекающего через вводной выключатель трансформатора понижающей подстанции.

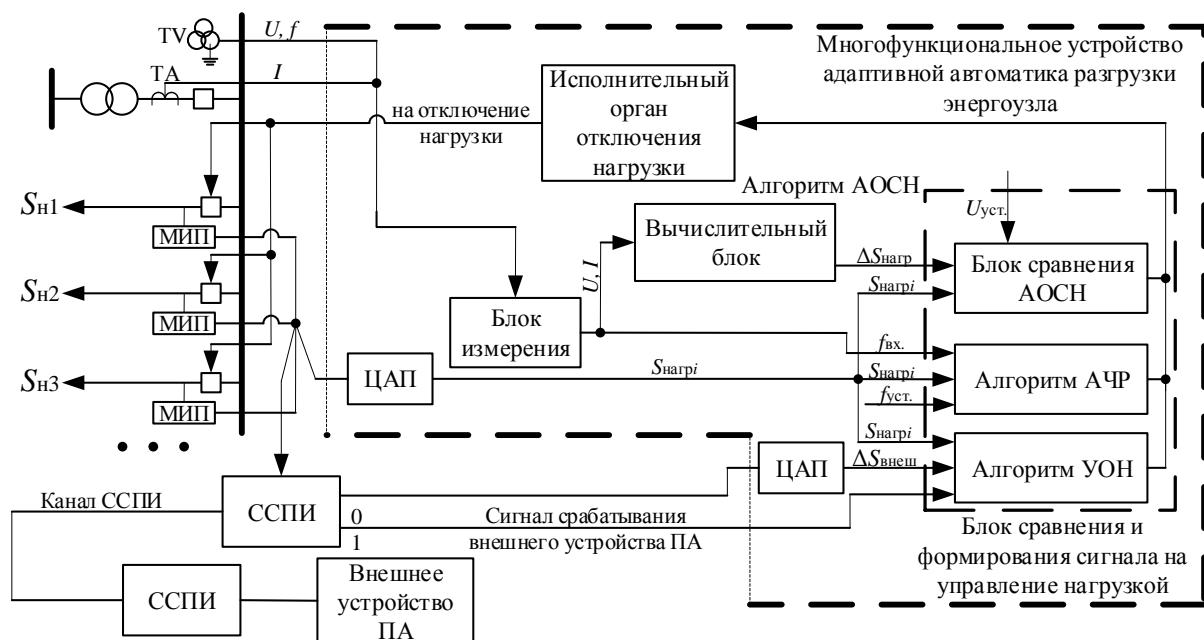


Рисунок 2 – Структурно-функциональная схема многофункционального устройства адаптивной автоматики разгрузки энергоузла

- Блок вычисления управляющих воздействий АОСН определяет объём нагрузки, которую необходимо отключить, для обеспечения нормируемого значения напряжения в аварийных ситуациях, приводящих к его снижению.

- Блок сравнения и формирования сигнала на управление нагрузкой осуществляет сравнение текущих режимных параметров на входе алгоритмов с уставками срабатывания и рассчитывает объём отключения нагрузки. В случае превышения одним из режимных параметров уставки срабатывания алгоритмов МУААРЭ, происходит формирование сигнала на отключение нагрузки в энергоузле. Сигнал срабатывания поступает в исполнительный орган отключения нагрузки, осуществляющий отключение линейных ячеек потребителей. Исполнительный орган подает дискретные сигналы на отключение нагрузок с помощью выходных реле.

Устройство работает следующим образом. Измеренные параметры от блока измерения, а также параметры, характеризующие значения полной мощности подключенных нагрузок от многофункциональных измерительных преобразователей (МИП), поступают в вычислительный блок и в блок сравнения и формирования сигнала на управление нагрузкой. В последний кроме этого от системы сбора и передачи информации (ССПИ) поступают сигнал на срабатывание и сигнал характеризующий величину отключения нагрузки при срабатывании внешнего устройства ПА.

*Алгоритм АОСН*

При снижении напряжения ниже уставки блок вычисления управляющих воздействий АОСН рассчитывает объём полной мощности  $\Delta S$  нагр, при отключении которого напряжение восстановится до нормированного значения. Рассчитанная мощность в блоке сравнения и формирования сигнала на управление нагрузкой сравнивается с мощностями нагрузок присоединений и их комбинациями, выбирается одно или несколько присоединений с учетом категории надежности электроснабжения, которые имеет самые близкие значения мощностей нагрузок к величине  $\Delta S$  нагр, и подается сигнал на отключение выбранных присоединений.

*Алгоритм АЧР*

При снижении частоты на шинах потребителя ниже уставки срабатывания алгоритм АЧР осуществляет отключение части нагрузки, соответствующей текущему отклонению частоты. При этом отключаемые присоединения подбираются таким образом, чтобы суммарный объём отключаемой нагрузки наиболее точно соответствовал заданному объёму нагрузки, подключаемому под действие АЧР на этой подстанции, с учетом категории надежности потребителей.

*Алгоритм УОН*

В случае приёма сигнала ОН от внешнего устройства ПА, алгоритм УОН осуществляет отключение части нагрузки в энергоузле. При этом отключаемые присоединения подбираются таким образом, чтобы суммарный объём отключаемой нагрузки наиболее точно соответствовал объёму отключаемой нагрузки ( $\Delta S$  внеш.), полученному от внешнего устройства противоаварийной автоматики.

Если же сигналов на отключение нагрузки от внешнего устройства ПА не поступало, а режимные параметры находятся в допустимых пределах, то устройство находится в режиме ожидания, выполняя постоянный мониторинг основных режимных параметров ЭЭС и нагрузки.

Разработанное многофункциональное устройство адаптивной автоматики разгрузки энергоузла выполнено по модульному принципу и совмещает в себе функции автоматической частотной разгрузки, автоматики ограничения снижения напряжения, устройства отключения нагрузки действующего по факту приема внешнего сигнала. Устройство может осуществлять разгрузку энергоузла при снижении основных режимных параметров в ЭЭС и отвечает следующим требованиям:

- адаптивность – способность подстраиваться к изменениям нагрузок, частоты и напряжения, то есть устройство имеет возможность производить расчет нового значения отключаемой мощности, при каждом изменении нагрузок или режимных параметров ЭЭС;

- избирательная способность, которая даёт возможность оптимального подбора отключаемых нагрузок с учетом категории надежности электроснабжения, что позволяет уменьшить ущерб от недоотпуска электроэнергии потребителям, за счет уменьшения избыточного действия ПА при отключении нагрузки.

Применение многофункциональных устройств адаптивной автоматики разгрузки энергоузла позволит осуществлять более эффективное ограничение нагрузки потребителей в аварийных ситуациях, избегая при этом избыточного действия противоаварийной автоматики. Данное устройство может работать как самостоятельно, так и в составе системы противоаварийной автоматики в качестве исполнительного устройства.

#### Список литературы:

1. Ландман А.К., Петров А.Э., Данилов М.В. Адаптивная система специальной автоматики отключения нагрузки как элемент Smart Grid // Журнал ИСУП. – 2014. – № 5.