

УДК 621.311.017

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТНОЙ РАЗГРУЗКИ ЭНЕРГОРАЙОНА

Карпеченко А.А.

Научный руководитель – ассистент Секацкий Д.А.

В энергосистеме (ЭС) в любой момент времени должен быть резерв активной мощности для поддержки номинальной частоты. Дефицит активной мощности, вызванный отключением части генераторов или включением новых потребителей, повлечёт за собой снижение частоты в энергосистеме. Если снижение частоты на несколько десятых герца не представляет особой опасности для нормальной работы энергосистемы, то снижение на 1-2 Гц может привести к полному расстройству работы энергосистемы. Одним из основных методов противоаварийной автоматики, направленных на повышение надёжности работы электроэнергетической системы, является автоматическая частотная разгрузка (АЧР).

Устройства АЧР, используемые для ликвидации аварийного дефицита активной мощности, можно подразделить на три категории:

1 категория АЧР-1 – быстродействующая ($t = 0,1-0,3$ с) с уставками срабатывания от 49 Гц (даже от 49,3 Гц) до 46,5 Гц;

2 категория АЧР-2 – предназначена для восстановления частоты до нормального значения, если она длительно остаётся на уровне ниже требуемого. АЧР-2 работает после того, как отработала часть очередей АЧР-1;

3 категория – совмещенные уставки АЧР-1 и АЧР-2.

Исследуемый энергорайон (рисунок 1) состоит из трёх узлов генерации (КЭС, ТЭЦ-1, ТЭЦ-2) и 6 узлов нагрузки (4 удалённых и 2 местных). Энергорайон получает питание от системы по двум линиям.

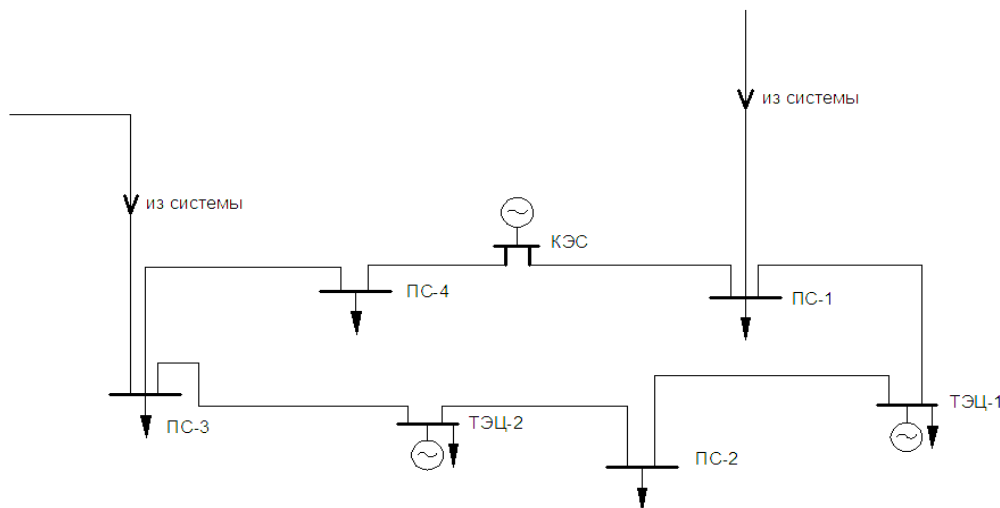


Рисунок 1 – Схема исследуемого энергорайона

Годовой график нагрузки для упрощения представлен двухступенчатым – зимний и летний периоды, а суточный – дневной и вечерней ступенями. В любое время суток и года энергорайон является дефицитным – потребление преобладает над генерацией. Характеристика размещённых на подстанциях устройств АЧР:

- общий объём нагрузки, подключённой к АЧР, составляет 23,13% от максимальной;
- объём АЧР-1 составляет 27,71 %, АЧР-2 – 10,69 %, АЧР совмещённой – 61,60 % от общего количества устройств АЧР;

Объём АЧР-1 по группам уставок частоты представлен на рисунке 2.

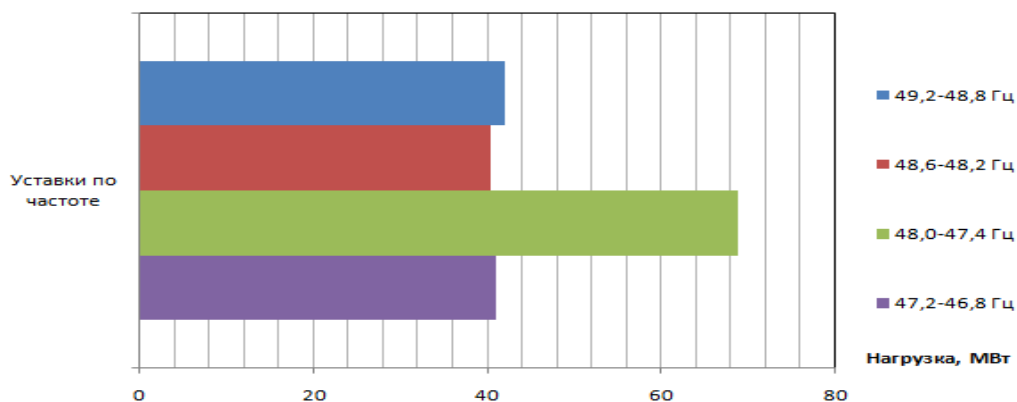


Рисунок 2 – Распределение нагрузки по очередям АЧР I (в т.ч. и совмещённая)

На блок уставок по частоте 48,0-47,4 Гц подключена большая нагрузка, чем на остальные, что нарушает требования о равномерном распределении нагрузки [1], или распределении в виде «перевернутой пирамиды» – первые ступени отключают большую нагрузку, последующие – меньше [2].

Анализ работы АЧР был проведён при помощи программы «Power», разработанной на кафедре «Электрические системы» БНТУ. Исследования будут проводиться в следующих направлениях:

- определение дефицита активной мощности, для возникновения лавины частоты;
- оценка объёма АЧР, выведенного из ЭС, который при выделении на изолированную работу энергорайона не наступала лавина частоты;
- оценка показателей эффективности автоматики при распределении нагрузки по очередям в виде «убывающей пирамиды».

Результаты исследований представим в таблице 1.

Режим	Выделение района на изолированную работу (отключение системных линий)			Минимальный объем работающих комплектов АЧР для предотвращения лавины частоты, %	Дополнительное воздействие до наступления лавины частоты
	Дефицит мощности, МВт	Отключённая АЧР нагрузка, МВт	Установившееся значение частоты, Гц		
Зима вечер	175	149,5	49,1	56	Отключение генератора мощностью более 100 МВт
Зима день	25	15	49,3	10	Отключение генераторов суммарной мощностью

Таблица 1 – Результаты исследований режимов энергорайона

					более 200 МВт
Лето вечер	320	Произошла лавина частоты			
Лето день	80	114	48,2	50	Отключение генераторов суммарной мощностью более 125 МВт

В зимний период АЧР, в случае аварии, выполняет все возложенные функции, а в летний – вечером происходит лавина частоты, днём – нарушается требование о минимизации ущерба [3]: отключённая нагрузка больше, чем изначальный дефицит активной мощности.

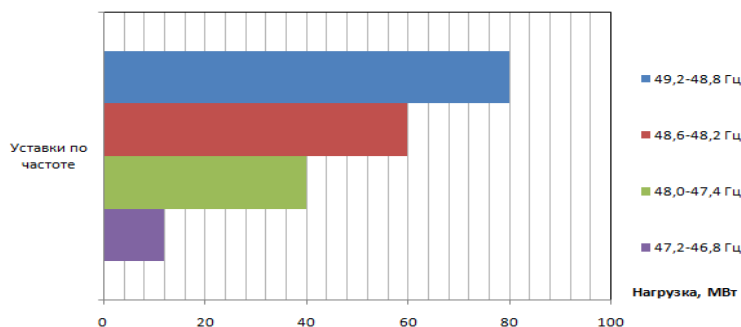


Рисунок 3 – Распределение нагрузки по очередям АЧР-I (в т.ч. и совмещённая)

Произведём оптимизацию распределения нагрузки по ступеням АЧР в соответствии с рекомендациями [2]. После оптимизации диаграмма распределения нагрузок по уставкам АЧР приведена на рисунке 3, а результаты исследований в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты исследований режимов энергорайона

Режим	Выделение района на изолированную работу (отключение системных линий)			Минимальный объем работающих комплектов АЧР для предотвращения лавины частоты, %	Дополнительное воздействие до наступления лавины частоты
	Дефицит мощности МВт	Отключённая АЧР нагрузка, МВт	Установившееся значение частоты, Гц		
Зима вечер	175	151	49,2	35	Отключение генераторов суммарной мощностью более 135 МВт
Зима день	25	22	49,9	8	Отключение генераторов суммарной мощностью более 210 МВт
Лето вечер	320	Лавина частоты			
Лето день	80	72	49,1	15	Отключение генераторов суммарной мощностью более 170 МВт

Оптимизация распределения нагрузки по ступеням АЧР – одно из мероприятий, позволяющих улучшить следующие показатели работы АЧР:

- получить более высокое установившееся значение частоты и больший дефицит активной мощности для наступления лавины частоты и;
- снижение отключённой нагрузки на 35 % в летний день с меньшим объёмом АЧР.

Необходимо отметить, что после проведения оптимизационных мероприятий, летний период вечернего времени суток все же остаётся уязвимым для работоспособности района. Требуется увеличить общий объём устройств АЧР.

В зимний период наблюдается снижение эффективности АЧР при минимизации ущерба – отключённая нагрузка увеличилась на 2,5 МВт в вечернее время суток и 7 МВт в дневное время суток.

Литература

1. Руководящие указания по противоаварийной автоматике энергосистем. Минск: ГПО Бэлэнерго, 2007.
2. Данильчук, В. Н. Автоматика ограничения изменений частоты энергосистем. Практическое пособие для инженеров по обслуживанию частотных автоматик, блокировок и защит. / В. Н. Данильчук. — Киев: Объединенная энергосистема Украины (ОЭС Украины), 2014. — 440 с.
3. Рабинович, Р. С. Автоматическая частотная разгрузка энергосистем /Р. С. Рабинович.— 2-е изд. перераб. и доп. изд.— М: Энергоатомиздат,1989.— 352 с.