

Г.И. Коробко, С.В. Попов, В.В. Лебедев  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ АВТОНОМНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С МОЩНЫМИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

В связи с дефицитом электроэнергии в верхней части г. Н.Новгорода была построена и введена в эксплуатацию автономная электростанция котельной.

Электростанция имеет в своем составе шесть газопоршневых генераторных агрегатов на базе синхронных генераторов типа БГ мощностью 200 кВт [1]. Агрегаты оснащены системой автоматической синхронизации и распределения активных и реактивных нагрузок [2]. Структурная схема электроэнергетической системы (ЭЭС) показана на рис. 1.

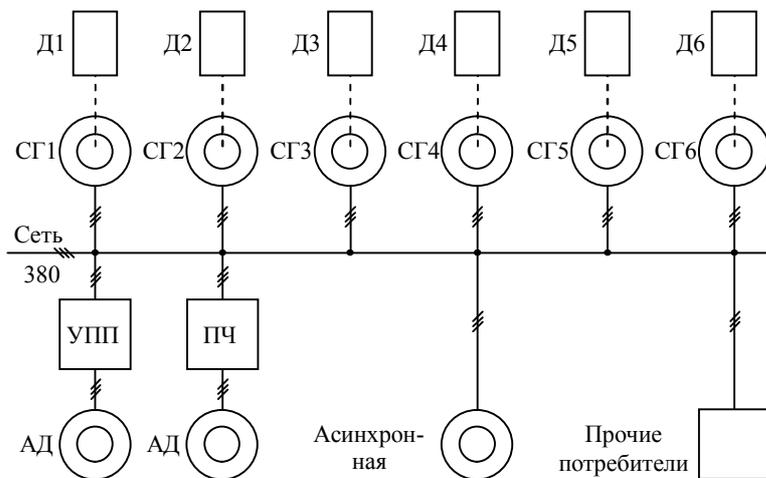


Рис. 1. Структурная схема ЭЭС

Основной нагрузкой электростанции являются два асинхронных электродвигателя АД1 и АД2 мощностью 400 кВт каждый, причем один запускается с помощью устройства плавного пуска (УПП), а другой – от преобразователя (ПЧ) с возможностью регулирования скорости АД. Кроме того, в качестве нагрузки используются асинхронные двигатели с прямым пуском мощностью 55 и 75 кВт и другие менее мощные потребители.

В ходе испытаний электростанции при параллельной работе шести генераторов были отмечены колебания реактивной мощности, возрастающие с уменьшением числа работающих генераторов и с увеличением нагрузки на асинхронный двигатель АД2 работающий от преобразователя частоты ПЧ. Анализ формы сетевого напряжения осциллографическим методом показал, что его форма значительно отличается от синусоидальной. Измерением, проведенным специалистами лаборатории энергонадзора, был определен коэффициент нелинейных искажений сетевого напряжения, при номинальной нагрузке АД2 с установленным стандартным сетевым дросселем на входе ПЧ, который составил 14%. При пуске и работе аналогичного электродвигателя АД2 той же мощности от устройства плавного пуска (УПП) процесса качания реактивной мощности между генераторами не наблюдалось, что объясняется, очевидно,

кратковременностью процесса пуска, после чего УПП шунтируется обводным контактором.

Анализ поведения ЭЭС показал, что процессы перераспределения реактивной мощности между генераторами происходит в результате сбоев в работе штатных систем возбуждения синхронных генераторов. В составе систем возбуждения используются корректоры напряжения КН-8, в основу работы которых заложен принцип импульсного регулирования тока возбуждения. В качестве опорного модулирующего сигнала в корректоре использовано пониженное выпрямленное напряжение генератора (сети) частотой 100 Гц. Искажение формы напряжения генератора (сети) вызывает ложные срабатывания широтно-импульсного модулятора (ШИМ), в связи с чем при параллельной работе генераторов наблюдаются хаотические колебания реактивной мощности.

Устранение колебаний реактивной мощности возможно несколькими способами:

- установкой на входе ПЧ сетевого фильтра с целью улучшения формы питающего напряжения;
- доработкой системы возбуждения с целью исключения ложных срабатываний ШИМ;
- установкой между ПЧ и питающим фидером активного устройства компенсации высших гармонических составляющих.

Первый способ достаточно дорог, поскольку сетевые фильтры гармоник имеют значительные массогабаритные показатели. Второй вариант имеет минимальные затраты, но не решает вопросы, связанные с питанием потребителей качественным напряжением.

Включение в цепь питания ПЧ компенсирующего устройства, построенного по принципу вольтодобавки, позволяет получить близкую к синусоидальной форму напряжения на шинах электростанции при сравнительно небольших массогабаритных показателях и приемлемой стоимости устройства компенсации [3].

Принцип компенсации заключается в передаче в питающую сеть с помощью вольтодобавочного трансформатора высших гармоник напряжения, находящихся в противофазе с высшими гармониками сети. Функционально схема устройства реализующего этот принцип представлена на рис. 2.

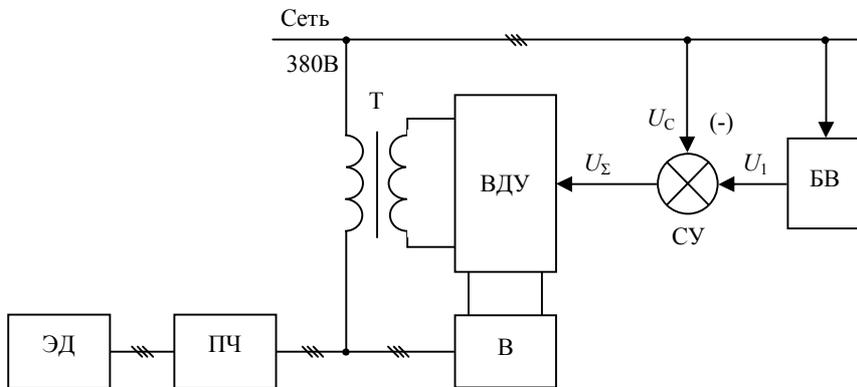


Рис. 2. Функциональная схема компенсирующего устройства

Сигнал сумм высших гармоник формируется на выходе суммирующего устройства (СУ), на входы которого подано напряжение сети и напряжение первой гармоники, полученное в блоке выделения (БВ). В качестве вольтодобавочного устройства используется широтно-импульсный преобразователь, выполненный по мостовой схеме и питающийся постоянным напряжением от выпрямителя В.

Исследования такого устройства показали, что мощность вольтодобавки, необходимая для снижения коэффициента нелинейных искажений до уровня  $6\div 7\%$  от исходной величины в 14% и мощности ПЧ – 400 кВт, составит 18 кВт на фазу.

#### Список литературы:

- [1] Коробко Г.И., Попов С.В., Бишлетов А.В. Разработка и исследование параллельной работы генераторов автономной электростанции: Международный научно-промышленный форум «Великие реки – 2008». Труды конгресса. Н.Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун. – Н.Новгород: НГАСУ, 2009. – с. 304.
- [2] Коробко Г.И., Попов С.В., Бишлетов А.В., Матвеев О.А. Алгоритм автоматического выбора ведущего генератора автономной электростанции при параллельной работе трех и более генераторных агрегатов. Труды 14-го международного научно-методического форума «Великие реки 2012». Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, специалистов и студентов «Проблемы использования и инновационного развития внутренних водных путей в бассейнах великих рек». Том 2. – Н. Новгород: Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2012. – с. 282–284.
- [3] Коробко Г.И., Лебедев В.В. Системы компенсации нелинейных искажений напряжения судовой сети на базе вольтодобавочных устройств. Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск 32. – Н.Новгород: Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2012. – с. 202–206.

*А.С. Репин, В.В. Гуляев, О.А. Бурмакин*  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

## **ДИНАМИКА ЭЛЕКТРОСТАРТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ПУСКА ДИЗЕЛЯ С ДИСКРЕТНО-ИМПУЛЬСНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЭНЕРГИИ**

Системы пуска ДВС с накопителями электрической энергии применяются на транспорте достаточно давно [1]. Практическая реализация таких систем стала возможной благодаря появлению на рынке энергоемких и относительно недорогих накопителей отечественного и зарубежного производства. Применительно к системам пуска такие накопители получили название импульсных конденсаторов сверхвысокой энергоемкости (ИКСЭ), а по принципу аккумуляции заряда представляют собой накопители молекулярного типа.

Начиная с 2002 г. электрическая емкость серийно выпускаемых накопителей возросла с 2–4 Ф до 200–300 Ф на сегодняшний день, рабочие напряжения – с десятков Вольт до сотен Вольт, при устойчивом снижении массогабаритных показателей. Растущие значения энергоемкости накопителей открывают широкие перспективы применения их не только в современных системах запуска двигателей, но и в других системах энергетики, например, в качестве эффективных компенсирующих устройств для устранения провалов напряжений в сетях.

Совершенствование систем пуска с привлечением накопителей развивается по двум направлениям:

1. Использование предварительно заряженного накопителя в качестве самостоятельного источника энергии для питания стартерного двигателя (СД) системы пуска.
2. Использование совместной работы стартерного аккумулятора и накопителя с одновременной работой на общую нагрузку.

Динамика этих систем хорошо изучена, известны их достоинства и недостатки, однако следует отметить одну особенность, присущую всем электростартерным системам пуска с накопителями – их использование вызывает увеличение пикового зна-