

системы. на одном терминале. Нейронная сеть основана на общем количестве шести входов, т.е. на напряжениях и токах соответствующих трех фаз. Нейронная сеть обучается с использованием этих шести входных данных. Общее количество выходов нейронной сети равно четырем цифрам, т.е. три фазы А, В, С и четвертая земля трехфазной линии передачи.

Нейронная сеть имеет четыре выхода, каждый из которых соответствует состоянию неисправности каждой из трех фаз, и один выход для линии заземления. Следовательно, выходы равны 0 или 1, что означает отсутствие или наличие неисправности на соответствующей линии. Следовательно, различные возможные перестановки могут соответственно представлять каждую из различных ошибок. Предлагаемая нейронная сеть должна быть способна точно различать не менее десяти возможных категорий неисправностей.

### **Библиографический список**

1. Alanzi E. A., Younis M. A., Ariffin A. M. (2014) Detection of faulted phase type in distribution systems based on one end voltage measurement. *Electr Power Energy Syst* 54:288–292.
2. Aziz M. S., Abdel M. A., Hassan M., Zahab E. A. (2012) High-impedance faults analysis in distribution networks using an adaptive neuro fuzzy inference system. *Electr Power Compon Syst* 40(11):1300–1318.
3. Bouthiba T. (2004) Fault location in EHV transmission lines using artificial neural networks. *Int J Appl Math Comput Sci* 14(1):69–78.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В УСТРОЙСТВАХ НАГРУЖЕНИЯ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ**

*М. Н. Погуляев*

*Гомельский государственный технический университет*

*имени П. О. Сухого, Гомель, Республика Беларусь*

*(e-mail: poguljaev@gstu.by)*

В настоящее время синхронные генераторы (СГ) применяются в качестве источника электроэнергии переменного тока в самых различных сферах: на мощных тепло-, гидро- и атомных станциях, в промышленной энергетике, на передвижных электрических станциях, транспортных системах (машинах, самолетах, тепловозах). Широко используются СГ и в автономных резервных источниках. Для обеспечения надежной работы синхронных генераторов периодически проводятся их техническое обслуживание и ремонт с последующим испытанием под нагрузкой. Особенно важны такие испытания для резервных электрогенераторов длительно находящихся в холодном резерве.

Согласно требованиям стандартов и технических условий для резервных электрогенераторов. устройство нагружения (УН) должно создавать нагрузку в пределах от 10 до 110% номинальной мощности генератора при номинальном коэффициенте мощности 0,8. Кроме

того, УН должно имитировать пуск асинхронного короткозамкнутого двигателя, при котором коэффициент мощности может снижаться до 0,5. Существующие устройства нагружения электрогенераторов не в полной мере удовлетворяет данным требованиям.

В связи с этим актуальной является задача разработка новых УН на основе современных полупроводниковых элементов, отвечающих всем необходимым требованиям регламента испытаний [1].

В данной работе представлены результаты исследования устройства нагружения синхронных электрогенераторов на базе статических преобразователей, в которых управляемый выпрямитель (УВ) и ведомый сетью инвертор (ВИ) выполнены на тиристорах (рис. 1). Такое устройство позволяет плавно регулировать величину нагрузки и коэффициента мощности, а также рекуперировать вырабатываемую испытуемым генератором электроэнергию с переменным напряжением и частотой в промышленную сеть.

Для верификации предложенной схемной реализации УН было использовано имитационное моделирование в программной среде Matlab с использованием пакетов расширения Sim Power Systems и Simulink.

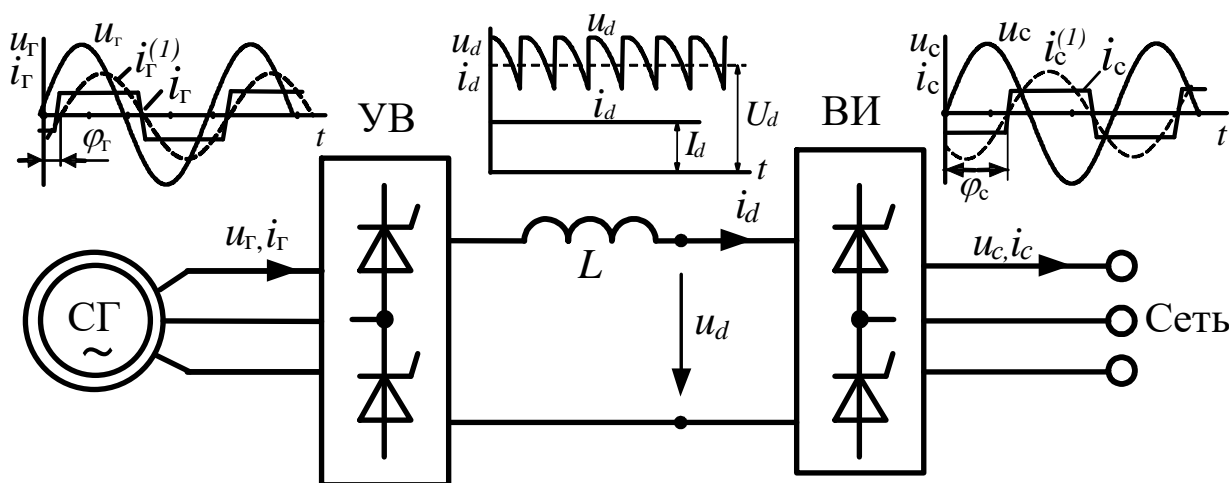


Рис. 1. Функциональная схема устройства нагружения на основе статических преобразователей

Разработанная имитационной модель позволяет задавать различные режимы работы устройства и алгоритмы управления, получать значения различных параметров, производить визуализацию результатов. С ее помощью было проведено численное моделирование работы устройства нагружения с трехфазным синхронным генератором мощностью 8,1 кВА.

В частности, были получены зависимости коэффициента мощности от угла управления первым преобразователем и тока нагрузки генератора от угла опережения второго преобразователя. Установлено, что изменяя угол управления в пределах  $11^{\circ} - 60^{\circ}$  можно задавать коэффициент мощности в диапазоне 0,5 – 0,9, а изменяя угол опережения в диапазоне  $20^{\circ} - 75^{\circ}$  можно задавать ток нагрузки генератора в пределах 0,1 – 1,1 номинального значения.

Выявлено, что для исследуемого генератора, при номинальных значениях коэффициента мощности и тока нагрузки, в сеть возвращается до 82% электроэнергии, вырабатываемой генератором в процессе испытаний. Для генераторов большей мощности это значение может достигать 90% и более. Таким образом, устройство нагружения на основе тиристорных преобразователей может успешно применяться для испытания синхронных электрогенераторов под нагрузкой. Недостаток предложенного УН состоит в том, что из-за практически прямоугольной формы выходного тока появляются высшие гармоники, которые в маломощных электрических сетях могут привести к искажению питающего синусоидального напряжения. Для улучшения гармонического состава выходного тока УН, в дальнейших исследованиях, предполагается использовать широтно-импульсную модуляцию выходного напряжения ведомого инвертора.

### Библиографический список

1. Энергоэффективные испытательные стенды / М. Н. Погуляев и др. // Энергоэффективность. – 2018. – № 9. – С. 26 – 30.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СООБЩЕНИЙ В СИСТЕМАХ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

*Е. М. Портнов, А. М. Баин, В. В. Кокин*

*Национальный исследовательский университет МИЭТ, Россия, Москва*

*(e-mail: evgen\_uis@mail.ru)*

При создании системы энергообеспечения промышленных объектов реализован метод формирования основных компонентов информационного сообщения, предназначенного для передачи от контролируемых пунктов (КП) в пункты управления (ПУ), не общим для всех модулей контроллером, а непосредственно модулем – источником информации.

Централизованный метод формирования информационных сообщений позволяет интегрировать в одно сообщение события, которые зафиксированы центральным контроллером при обработке информации от всех модулей – источников одного и того же вида информации. Рассмотрим временные параметры системы при централизованном методе и при следующих начальных условиях:  $n$  – число модулей одного вида информации, введенные в состав одного КП;  $m$  – число контролируемых объектов, подключенных к одному КП;  $F_{\text{внутр}}^{\text{маг}}$  – скорость передачи данных по внутренней магистрали;  $F_{\text{ПУ-КП}}$  – скорость передачи информации по каналу связи ПУ–КП.

Для анализа принимаем:  $n = 20$ ,  $m = 32$ ,  $F_{\text{внутр}}^{\text{маг}} = 2 \cdot 10^5$ .