

Из таблицы следует, что при номинальной нагрузке коэффициент искажений синусоидальности кривой выходного напряжения составляет 3,57–4,72 %, что указывает на низкий уровень гармонических искажений и соответствует нормам. В то же время коэффициент искажений тока составляет 25,8–27,1 %, что требует внимания, так как это может негативно сказаться на работе питающей сети и самого генератора. Анализ значений коэффициентов искажений позволит определить, насколько энергосберегающее устройство влияет на качество электроэнергии и работу генератора. Полученные результаты подчеркивают необходимость дальнейшего анализа и возможных мер по снижению искажений тока для повышения общей эффективности и снижения влияния на питающую сеть.

Данное исследование поможет в разработке рекомендаций по оптимизации работы резервных электрогенераторов, улучшению качества электроэнергии и снижению потерь, связанных с гармоническими искажениями.

#### Л и т е р а т у р а

1. Энергоэффективные испытательные стенды / М. Н. Погуляев, И. В. Дорошенко, В. А. Савельев, В. В. Тодарев // Энергоэффективность. – 2018. – № 9. – С. 26–30.
2. Погуляев, М. Н. Энергосберегающее устройство нагружения резервных электрогенераторов на основе статических преобразователей / М. Н. Погуляев // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2022. – № 3 (90). – С. 96–103.
3. Simulation model of an asynchronous machine with wound rotor in matlab simulink / M. Pohulyayev, J. Doroshenko, V. Zakharenko, M. Pohulyayev, N. Mitrahkova // SUSE-2021 : E3S Web of Conferences, Kazan, 18–20 Feb. 2021 / Kazan Federal University. – Kazan, 2021. – Vol. 288. – P. 0110.

УДК 621.313

### РЕГУЛИРОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ В УСТРОЙСТВАХ НАГРУЖЕНИЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

**М. Н. Погуляев, В. Е. Назарчук**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

*Рассмотрена возможность регулирования коэффициента мощности в устройствах нагружения дизель-генераторных установок, выполненных на основе статических преобразователей. Показано, что изменением угла управления тиристорным преобразователем в диапазоне 15–60° можно задавать коэффициент мощности генератора в пределах 0,4–0,9.*

**Ключевые слова:** дизель-генераторная установка, синхронный генератор, устройство нагружения, управляемый выпрямитель, ведомый инвертор, тиристорный преобразователь.

### POWER FACTOR REGULATION IN THE LOADING DEVICES OF DIESEL GENERATOR SETS

**M. N. Pogulyayev, V. E. Nazarchuk**

*Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus*

*The possibility of regulating the power factor in the loading devices of diesel generator sets based on static converters is considered. It is shown that by changing the control angle of the thyristor converter in the range of 15–60°, the generator power factor can be set in the range of 0,4–0,9.*

**Keywords:** diesel generator set, synchronous generator, loading device, controlled rectifier, driven inverter, thyristor converter.

Дизель-генераторные установки (ДГУ) используются в качестве резервных источников питания и обеспечивают функционирование наиболее ответственных потребителей при исчезновении центрального электроснабжения. Такие установки обычно длительно находятся в неактивном состоянии (холодном резерве). Чтобы гарантировать, что генераторные установки безотказно сработают при аварийных ситуациях необходимо регулярно проводить их техническое обслуживание и испытания под нагрузкой с помощью устройств нагружения (УН). При этом одновременно производятся испытания как приводного двигателя, так и синхронного генератора (СГ).

Нагружающее устройство должно создавать нагрузку от минимальной равной 10 % до максимальной равной 110 % номинальной мощности генератора при коэффициенте мощности 0,8, с возможностью его регулирования. Помимо известных устройств нагружения ДГУ в настоящее время перспективными являются устройства нагружения, выполненные на статических преобразователях [1]. В традиционных устройствах регулирование коэффициента мощности производится изменением соотношения активного и индуктивного сопротивлений нагрузки, что требует применение коммутационных аппаратов, снижающих надежность устройства.

Цель работы – исследование возможности регулирования коэффициента мощности устройства нагружения ДГУ, выполненного на управляемых выпрямителях (тиристорах) [2]. Функциональная схема такого УН представлена на рис. 1. В ее состав входят: СУ – система управления; Д – двигатель; СГ – нагружаемый синхронный генератор; УВ – управляемый выпрямитель; ВИ – инвертор, ведомый сетью;  $L$  – реактор; Т – трансформатор согласования (при необходимости).

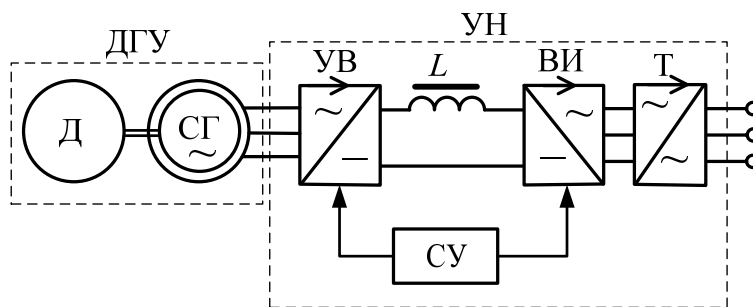


Рис. 1. Блок-схема устройства нагружения на управляемых выпрямителях

В тиристорных преобразователях при задержки подачи управляющего импульсов на тиристоры на угол  $\alpha$  первая гармоника тока  $I_1$  отстает по фазе от основной гармонике напряжения на угол  $\varphi$ :

$$\varphi = \alpha + \frac{\gamma}{2},$$

где  $\gamma$  – угол межвентильной коммутации.

$$\gamma = \arccos \left( \cos \alpha - \frac{2X_r I_d}{\sqrt{2}U_r} \right) - \alpha,$$

где  $X_r$  – индуктивное сопротивление генератора в режиме коммутации;  $I_d$  – выпрямленный ток;  $U_r$  – линейное напряжения генератора.

Коэффициент мощности нагрузки генератора  $K_m$ :

$$K_m \approx \cos\varphi = \cos\left(\alpha + \frac{\gamma}{2}\right). \quad (1)$$

Таким образом, коэффициент мощности генератора можно задавать углом  $\alpha$  управляемого выпрямителя.

Работа данной схемы нагрузителя была проверена на имитационной модели, созданной в программе Matlab и его приложениях [3]. В модели коэффициент мощности рассчитывается по формуле

$$K_{m1} = \frac{P_1}{S_1}, \quad (2)$$

где  $P_1$ ,  $S_1$  – активная и полная мощности генератора соответственно.

В таблице представлены значения коэффициента мощности генератора мощностью 30 кВА при номинальных значениях напряжения 0,4 кВ и тока нагрузки 43,3 А, полученные с использованием формулы (1) и при численном моделировании по формуле (2).

**Сравнение расчетов значений коэффициента мощности генератора**

$\alpha$ , град	60	45	30	15
Значения $K_m$ по формуле (1)	0,412	0,615	0,793	0,918
Значения $K_{m1}$ по формуле (2)	0,4	0,61	0,78	0,903

Полученные близкие результаты свидетельствует о возможности регулирования коэффициента мощности в диапазоне 0,4–0,9 при данной схемной реализации УН. В ходе исследования также было установлено, что, управляя ведомым инвертором, можно задавать необходимый ток нагрузки генератора, а само устройство является энергосберегающим, рекуперировав в сеть до 82 % вырабатываемой энергии. Таким образом, нагрузители на основе управляемых полупроводниковых выпрямителей являются перспективными устройствами для испытания синхронных генераторов под нагрузкой.

#### Л и т е р а т у р а

1. Энергоэффективные испытательные стенды / М. Н. Погуляев, И. В. Дорощенко, В. А. Соловьев, В. В. Тодарев // Энергоэффективность. – 2018. – № 9. – С. 26–30.
2. Погуляев, М. Н. Энергосберегающее устройство нагружения резервных электрогенераторов на основе статических преобразователей / М. Н. Погуляев // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2022. – № 3 (90). – С. 96–103.
3. Simulation model of an asynchronous machine with wound rotor in matlab simulink / J. Doroshchenko, V. Zakharenko, M. Pohulayev, N. Miftakhova // SUSE-2021 : E3S Web of Conferences, Kazan, 18–20 Feb. 2021 / Kazan Federal University. – Kazan, 2021. – Vol. 288. – P. 0110.