ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧНОСТИ НАГРУЗОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРОВ ТЕПЛОВОЗОВ

М. В. Рябков

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

Научный руководитель М. Н. Погуляев

Рассмотрено использование статических преобразователей при нагрузочных испытаний дизель-генераторных установок тепловозов. Их применение позволяет увеличить экономичность испытаний за счет рекуперации электроэнергии в контактную сеть железной дороги. Предложенное решение может быть полезно для производителей и ремонтных компаний тепловозов.

Ключевые слова: дизель-генераторная установка, нагружающее устройство, тиристорный инвертор.

На территории локомотивных депо часто наблюдается стационарное нахождение и работа на максимальной мощности тепловоза в течение нескольких часов. Вблизи тепловоза находится большой бак с водой и облако пара над ним (рис. 1).

Рис. 1. Тепловоз на площадке для проведения испытаний дизель-генераторной установки

Анализ показал, что это связано с проведением реостатных испытаний дизель-генераторной установки (ДГУ) тепловоза после ремонта. Цель таких испытаний – проверить работоспособность узлов и электрической силовой схемы, а также определить устойчивость работы ДГУ при различных нагрузках.

Реостатные испытания проводятся в соответствии с планом проведения ремонтов, при выполнении установленных норм пробега или определенного времени работы.

В процессе реостатных испытаний электричество, вырабатываемое ДГУ тепловоза, не подается на тяговые электродвигатели, а направляется на жидкостный (во-

дяной) или сухой нагрузочный реостат, который обеспечивает необходимые режимы нагрузки для настройки ДГУ и электрической схемы. В депо и на заводах применяются в основном водяные реостаты, где электрическая энергия генератора используется для нагрева воды в баке реостата.

Таким образом, вся выделяемая энергия при испытаниях рассеивается в окружающем пространстве и не используется полезно.

Реостатные испытания в зависимости от типа дизель-генератора могут продолжаться в течение трех и более часов. В таблице в качестве примера приведены продолжительность и режимы испытаний дизель-генератора ПДГ1М маневрового тепловоза ТЭМ2 с генератором относительно малой мощности ГП-300БУ.

Режимы обкаточных испытаний дизель-генератора ПДГ1М

Номер режима	Частота вращения коленчатого вала дизеля, об/мин	Нагрузка, кВт	Продолжительность, мин
1	300	холостой ход	10
2	300	25 ± 10 %	10
3	300	85 ± 10 %	10
4	300	130 ± 15 %	15
5	400	230 ± 15 %	20
6	480	350 ± 15 %	25
7	570	490 ± 15 %	40
8	650	620 ± 15 %	60
9	750	750 ± 15 %	50

По данным таблицы определим количество электроэнергии W, вырабатываемой дизель-генератором за время испытаний:

$$W = \Sigma P_i t_i = 25 \cdot 0{,}166 + 85 \cdot 0{,}166 + 130 \cdot 0{,}25 + 230 \cdot 0{,}333 + 350 \cdot 0{,}416 + \\ + 490 \cdot 0{,}666 + 620 \cdot 1{,}0 + 750 \cdot 0{,}833 = 1844 \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

где P_i и t_i – мощность, кВт, и продолжительность, ч, на каждом режиме испытаний соответственно.

Для повышения экономичности нагрузочных испытаний предлагается использовать преобразователь-инвертор [1, 2] вместо реостата, чтобы рекуперировать полученную электроэнергию в систему электроснабжения железнодорожной контактной сети переменного тока напряжением 25 кВ и частотой 50 Гц.

Исходя из этого, была разработана схема нагружающего устройства (НУ) для испытания дизель-генераторов тепловозов после ремонта (рис. 2).

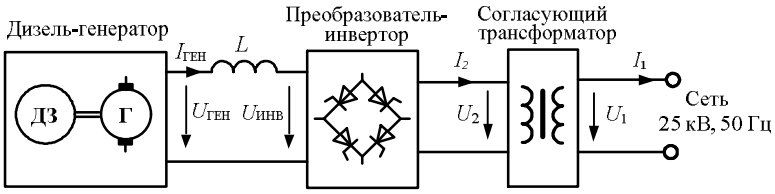
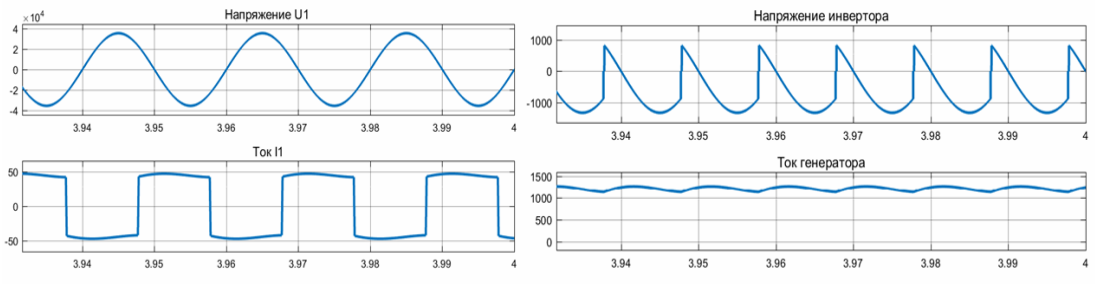


Рис. 2. Функциональная схема нагружающего устройства для испытания дизель-генераторов тепловозов

Напряжение постоянного тока от дизель-генератора передается в инвертор, который преобразует его в переменное напряжение, и через согласующий трансформатор электроэнергия передается в контактную сеть железной дороги 25 кВ. Преобразователь построен на тиристорах в режиме инвертора, ведомого сетью, используя силовой тяговый трансформатор электровоза как согласующий трансформатор.

Используя имитационное моделирование, проведены исследования и анализ работы устройства при нагружении генератора ГП-310БУ дизель-генераторной установки ПДГ1М. Были получены диаграммы напряжений и токов в различных узлах схемы (рис. 3), а также измерены и проанализированы значения входных и выходных мощностей, напряжений и токов.



а) *б*)

Рис. 3. Диаграммы напряжений и токов
на выходе (*а*); на входе инвертора нагружающего устройства (*б*)

Проведенные исследования подтверждают, что предложенное устройство для нагрузки является работоспособным и способно возвращать в сеть до 92 % генерируемой электроэнергии. Для оценки энергоэффективности использован дизель-генератор ПДГ1М, расходующий 5,2 кг топлива в час при работе на холостом ходу, и 224 г/кВт · ч – при номинальной нагрузке. Во время испытаний использовалось 324 кг топлива, что соответствует 385 л, и при текущей цене на дизельное топливо в 2,46 руб. за литр (на 25.11.22 г.) общая стоимость топлива составила 947 руб.

С учетом КПД инвертора $\eta_и$ = 0,95 и трансформатора $\eta_т$ = 0,96 в контактную сеть железнодорожной дороги будет рекуперировано электроэнергия $W_с$:

$$W_с = W\eta_и\eta_т = 1884 \cdot 0{,}95 \cdot 096 = 1718 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

При использовании предложенного преобразователя-инвертора можно снизить расходы на испытания дизель-генератора ПДГ1М на 516 руб. благодаря уменьшению электропотребления от энергоснабжающей организации, что эквивалентно стоимости сэкономленной энергии при одноставочном тарифе в 0,30062 руб./кВт · ч. В Беларуси на 2020 г. насчитывалось 760 локомотивов и 445 секций моторвагонного подвижного состава. Предполагая, что ежегодно проводятся испытания 15–20 % дизель-генераторов подвижного состава, экономия за год составит десятки тысяч рублей.

Литература

1. Энергосберегающие электромеханические стенды для испытания автономных дизель-генераторов / М. Н. Погуляев [и др.] // Чрезвычайн. ситуации: образование и наука. – 2013. – Т. 8, № 1. – С. 106–110.

2. Погуляев, М. Н. Энергосберегающее устройство нагружения резервных электрогенераторов на основе статических преобразователей / М. Н. Погуляев // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2022. – № 3. – С. 96–103.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ С БЕСПРОВОДНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ДЛЯ ТРЕХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

И. С. Семеницкий, М. С. Герасюкевич, В. Д. Салтыков

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

Научный руководитель Л. В. Веппер

В связи с повсеместным использованием частотных преобразователей появилась необходимость в реализации беспроводного управления Описано проектирование системы частотного преобразования с беспроводным управлением для трехфазных асинхронных двигателей.

Ключевые слова: частотный преобразователь, электродвигатель, выпрямитель, инвертор, фильтр, широтно-импульсная модуляция, микропроцессор.

Перед нами были поставлены следующие задачи:

– подобрать подходящий микроконтроллер и описать используемую периферию;

– выбрать протокол удаленного управления;

– описать принцип работы системы и реализовать функциональную схему управления;

– указать достоинства и недостатки системы.

Управлением преобразователем частоты будет заниматься система на базе кристалла ESP8266, которая изображена ни рис. 1. Использование данного микроконтроллера обусловливается несколькими факторами:

1) наличие радиомодуля на борту;

2) наличие необходимой периферии для общения по интерфейсам RS422/485.

Для реализации общения нашего микроконтроллера и преобразователя частоты необходимо использовать USART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) и несколько GPIO (General-Purpose Input/Output) пинов. Usart и Gpio будут использоваться для реализации физического протокола, по которому общается наш преобразователь частоты. Также опционально Gpio пины можно использовать для управления дискретными входами ПЧ. Прошивка микроконтроллера будет реализовываться на базе SDK (Software Development Kit) Esspressif-idf. Esspressif-idf – это бесплатный набор инструментов для работы с ESP8266.

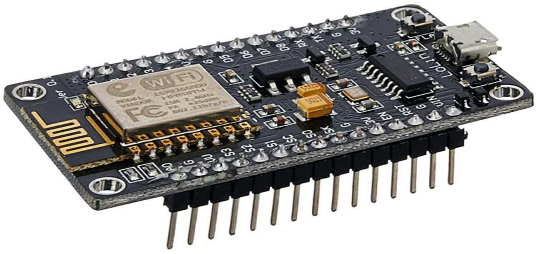


Рис. 1. Внешний вид системы на базе кристалла ESP8266