

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СПЕЦИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

*П.Ю. Полозов, ст. преп., Е.Г. Поршнева, к.пед.н., доц.
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»*

Представлен альтернативный метод определения частоты вращения коленчатого вала дизель-генератора с применением датчика Холла. Для реализации метода собрана измерительная схема, которая включает датчик Холла, осциллограф, элемент питания. Для регистрации результатов измерений использовалась программа «DisCo» и осциллограф «VM8020». При использовании штатного частотомера погрешность измерений составила 2 %, а в предложенном методе измерения — 1 %. Эксперименты подтвердили, что данный метод более точный, простой и надежный в эксплуатации. Достоинство работы состоит в том, что для проведения настроечных работ на агрегате питания можно, используя компьютерную программу и осциллограф «VM8020», с высокой точностью определить частоту вращения коленчатого вала двигателя.

Введение

Современный этап развития общепромышленных электросетей характеризуется ростом потребляемых мощностей и, как следствие, увеличением интенсивности эксплуатации энергооборудования. Системы электроснабжения испытывают дефицит генерирующих мощностей. В Вооруженных силах Российской Федерации потребители специальных объектов электроэнергию заданных параметров получают от электроустановок, входящих в состав систем автономного электроснабжения. Под системой электроснабжения понимается взаимосвязанная совокупность электроустановок, предназначенных для выработки, преобразования и распределения электрической энергии между потребителями специального объекта.

Одна из актуальных задач, поставленных «Энергетической стратегией России на период до 2030 года», — обеспечение режимной надежности, безопасности и управляемости электроэнергетических систем с обязательным поддержанием качества электроэнергии (КЭ) на высоком уровне» [1]. Повышение КЭ, поступающей к потребителям специальных объектов, весьма актуально. Поэтому возникают вопросы выбора наиболее эффективных устройств и способов регулирования параметров, способствующих повышению надежности электроснабжения [2].

В настоящей работе был проведен эксперимент по стабилизации напряжения дизель-генератора дизельной электрической станции (ДЭС 5И57А), предназначенный для электроснабжения потребителей специальных объектов, с автоматической системой регулирования частоты вращения. Широкое применение дизельных электрических станций обусловлено их достоинствами: возможностью местного и дистанционного управлений, постоянной готовностью дизель-генераторов к пуску и приему нагрузки (с помощью блоков управления и трубчатых электронагревателей, поддерживающих температуру охлаждающей жидкости в заданных пределах); возможностью параллельной работы не только двух дизель-генераторов, но и двух дизельных электрических станций; возможностью перехода потребителей с дизель-генераторов на промышленную сеть и обратно без перерыва в электропитании и др.

ДЭС 5И57А состоит из двух дизель-генераторов мощностью по 100 кВт каждый. Конструкция дизельных электрических станций проста и надежна, однако возникают вопросы, связанные с поддержанием стабильной частоты выходного напряжения.

Цель данной работы — повышение точности определения частоты вращения дизель-генератора с использованием новых измерительных датчиков [3]. Для определения частоты вращения с высокой точностью был проведен эксперимент по минимизации погрешностей при проведении регулировок.

Теоретическая часть исследования

В работе представлены результаты эксперимента с использованием датчика определения положения распределительного вала (ДПВР) на основе эффекта Холла в дизель-генераторе дизельной электрической станции [4]. Датчик, представленный на рис. 1, разработан для широкой области применения, включая автомобильную и военную технику [5, 6]. Датчик рассчитан на диапазон рабочих температур от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$, напряжение питания 4,5–24 В, имеет частотную характеристику до 100 кГц — 10–3600 об/мин. Датчик в данном эксперименте был применен для определения частоты вращения коленчатого вала дизель-генератора.



Рис. 1. Датчик для определения положения распределительного вала двигателя внутреннего сгорания

Измерительные датчики рассматриваемого типа получили широкое применение в автомобильной технике, горной промышленности, медицинской, космической и военной технике и различаются конструкцией в зависимости от области применения [7]. Датчики обладают следующими достоинствами: наличием гальванической развязки, малыми весом и габаритами, безопасностью при обслуживании, низким уровнем напряжения выходного сигнала, высокой точностью измерений и др. [8]. Поскольку методы измерений токов, основанные на законе электромагнитной индукции, не могут применяться в цепях постоянного тока, наиболее распространенным и недорогим способом измерения тока становятся измерения с помощью датчиков, основанных на эффекте Холла [9, 10]. Эффект, открытый Эдвином Холлом в 1879 году, является результатом действия силы Лоренца на заряженные частицы (носители тока) проводника или полупроводника, которые движутся в поперечном магнитном поле [8, 11, 12]. Датчики Холла очень удобны, так как имеют малые размеры и обеспечивают высокую точность измерений.

Датчики на основе эффекта Холла используют физический эффект, в котором магниточувствительный статор реализует весь потенциал элементной базы интегральных датчиков, позволяющий упростить, улучшить измерительные системы, а также удешевлять их [13, 14]. Датчики позволяют проводить точные измерения практически в любых условиях окружающей среды (температура, вибрация, загрязнение), имеют низкую цену компонентов, требуют минимум обрабатываемой электроники, поэтому широко используются в технике [15, 16, 17].

В работе [18] выделены три основные группы повышения качества электроэнергии:

- рационализация методов электроснабжения (например, повышение мощности сети в электропитании потребителей);
- улучшение структуры сети (например, обеспечение номинальной загрузки двигателей, использование корректирующих устройств потребителей);
- использование устройств коррекции качества (например, регуляторов одного или нескольких показателей качества электроэнергии или связанных с ними параметров потребляемой мощности).

Экономически выгодным является третья группа, не связанная с изменениями структуры сети и потребителей. Измерения выходных параметров энергетических установок, в частности частоты вращения вала, необходимо определять с высокой точностью. Штатные частотомеры не удовлетворяют этим требованиям, поэтому необходимо использовать более точные методы измерения. В работе был проведен сравнительный анализ результатов измерения частоты вращения коленчатого вала дизель-генератора с применением датчика Холла с данными измерения, полученными от штатных приборов.

Отклонения электрической частоты от номинальных значений могут происходить из-за некорректной работы блоков контроля напряжения и частоты (временной увод уставок или разрегулирование блоков), неисправности датчиков частоты вращения или топливного насоса высокого давления и др.

Практическая часть исследования

На военной кафедре факультета военного обучения при проведении практических занятий по изучению работы дизельной электрической станции одним из заданий является проверка величины угла наклона регуляторной характеристики дизель-генератора.

Проверка угла наклона регуляторной характеристики проводится в следующей последовательности. Сначала необходимо нагрузить дизель-генератор на номинальную мощность (100 кВт) при частоте тока 50 Гц. Далее снять нагрузку и проверить частоту тока, которая при 3 %-ном основном наклоне регуляторной характеристики должна быть 51,5 Гц, что соответствует частоте вращения вала 1545 об/мин. Затем для регулировки наклона характеристики регулятора ослабить гайку упора 1 (рис. 2) крепления рычага 3 и, перемещая рычаг в нужном направлении, найти такое положение, при котором частота тока будет равна требуемой величине при сбросе нагрузки.

Для повышения точности измерений и, соответственно, точности регулировки частоты вращения коленчатого вала двигателя на блок-

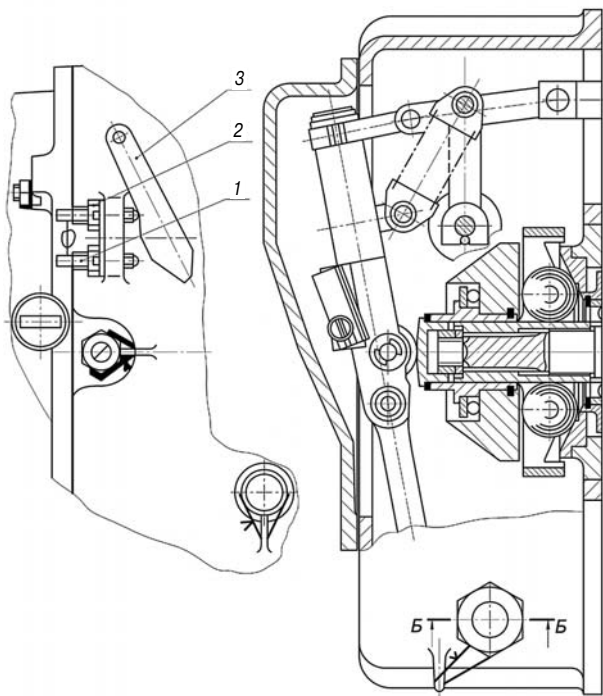


Рис. 2. Регулятор скорости:

1 — упор максимальных оборотов; 2 — упор останова дизеля; 3 — рычаг управления

картере закрепляем датчик, а металлический элемент, воздействующий на датчик, крепим на маховике (рис. 3).

Для регистрации показаний была собрана электрическая измерительная схема с датчиком Холла, показанная на рис. 4. Принцип действия основан на регистрации сигнала осциллографом «ВМ8020» при прохождении болта мимо датчика, т. е. в момент когда происходит замыкание цепи. Программа DisCo в режиме «Осциллограф» регистрирует частоту сигнала в Гц. Принцип работы программы DisCo приведен в интернет-ресурсе [19].

Согласно результатам эксперимента среднее значение частоты сигнала составило 25,7 Гц, следовательно, искомая частота вращения —

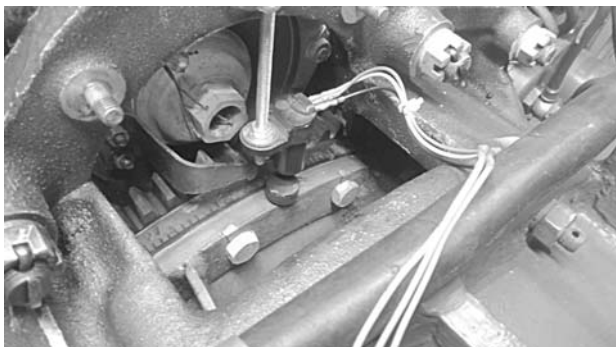


Рис. 3. Установка датчика Холла в дизель-генераторе 1Д20

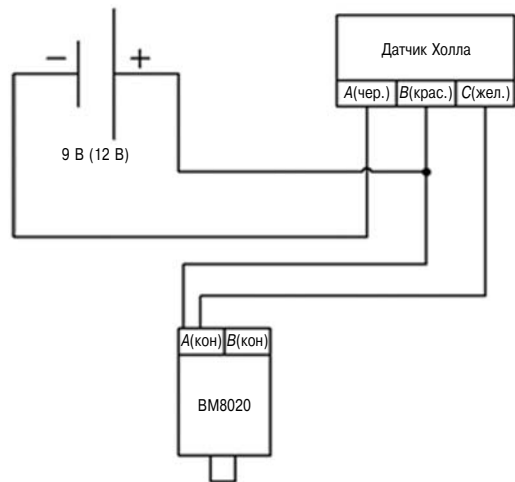


Рис. 4. Схема подключения осциллографа к датчику

1542 об/мин. При снятии показаний со штатного частотомера погрешность измерений составляет 2 %, а в случае применения датчика Холла — 1 %.

Заключение

В результате работы был реализован альтернативный метод определения частоты вращения коленчатого вала дизель-генератора. Эксперимент подтвердил, что данный метод более точный, простой и надежный в эксплуатации. Достоинство работы состоит в том, что для проведения настроечных работ на агрегате питания можно, с использованием компьютерной программы и осциллографа «ВМ8020», с высокой точностью определить частоту вращения коленчатого вала двигателя. Найдено наиболее приемлемое решение точного определения частоты вращения коленчатого вала дизельного агрегата. Данный метод определения частоты вращения вала возможно применять практически в любых установках стационарного типа.

Литература

1. Дудкова В.И., Макашева С.И. Анализ системы стандартов на качество электроэнергии: история и перспективы развития // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. — 2016. — Т. 1. — С. 299–307.
2. Карташев И.И., Рыжов Ю.П. Способы и средства управления режимами электроэнергетических систем и качеством электроэнергии // Электричество. — 2007. — № 9. — С. 20–25.
3. Миниатюрные датчики микроперемещения, углового положения и силы на эффекте холла / П.П. Моисеев [и др.] // Решетневские чтения. — 2015. — Т. 1, № 19. — С. 289–290.
4. Возможность использования датчика холла в физическом практикуме для определения концентрации носителей тока в полупроводниках / Т.Е. Абенов [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2016. — № 1–3. — С. 331–333.

5. Белобородова М.Е., Юдин Б.Д. Методика проведения физического практикума на примере лабораторной работы «Изучение эффекта Холла в полупроводниках» // Преподаватель XXI век. — 2016. — Т. 1, № 4. — С. 260–266.
6. Hall effect and its application in the design & operation of electronically controlled brushless DC Motors / N. Chaudhary [etc.] // International journal of application or innovation in engineering and management. — 2012. — Vol 1, Is. 2. — P. 201–207.
7. Авдоченко Б.И., Карлова Г.Ф., Цырендоржиева А.М. Датчик слабых магнитных полей на основе эффекта холла // Электронные средства и системы управления. — 2017. — № 1–1. — С. 228–230.
8. Онохин Д.А., Бабкин И.М. Перспективные технологии токовых измерений в электроэнергетике // Материалы I Международного заочного конкурса научно-исследовательских работ. Научно-образовательный центр «Знание». — 2010. — С. 194–202.
9. Шарафутдинова Г.Г. Эффект холла // Вопросы науки и образования. — 2017. — № 8(9). — С. 12–13.
10. Preston D.W., Dietz D.W. The art of experimental physics. USA, 1991. — 432 p.
11. Кобус А., Тушинский Я. Датчики Холла и магниторезисторы / М. : Изд-во «Энергия», 1971. — 352 с.
12. Ashcroft N.W., Mermin N.D. Solid state physics. USA. : Saunders college, 1976. — 848 p.
13. Сотников А.Г., Петрушенко А.С. Обеспечение надежности контроля тока и напряжения в приборах морской техники // Морской вестник. — 2015. — № 3 (55). — С. 41.
14. Ramsden E. Hall-effect sensors. Theory and applications. USA, 2006. 250 p.
15. Сысоева С. Автомобильные датчики положения. Современные технологии и перспективы. Часть 1. Потенциометры и датчики Холла — лидеры современного рынка // Компоненты и технологии. — 2005. — № 2. — С. 52–59.
16. Popovic R.S. Hall effect devices second edition. USA, 2004. — 426 p.
17. Методика определения частоты вращения вала центробежного компрессора и дизель-генератора / В.А. Миляев [и др.] // Вестник ЮУрГУ. Сер.: «Машиностроение». — 2018. — № 3. — С. 5–12.
18. Садыкбек Т.А., Матов Р.Е. Способы и технические средства повышения качества электроэнергии // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. — 2014. — № 6 (91). — С. 149–154.
19. Снятие осциллограммы. URL: <http://motor-master.ru/component/content/article/9-disco/3-snyatie-ostsillogrammy>, свободный (дата обращения: 21.11.2018).