

4. Утворення лісових відходів на Львівщині по ДЛГО "Львівліс".
5. Гелетуха Г.Г. Развитие биоэнергетики в Украине: состояние и перспективы. /Проблемы промышленной теплотехники / Гелетуха Г.Г. // V Международная конференция 22 – 26 мая 2007 г. – Киев. – с. 20 – 21.
6. Прокип А.В., Ефективність отримання енергії з деревини / Прокип А.В. // Науковий вісник // Українського державного лісотехнічного університету. Випуск 14.1., - Львів, 2004 с 181 – 184.
7. Соуфера С. А., Биомасса как источник энергии / Соуфера С.А., Заборски О.Я. – М. : Мир, 1985. – 368с.
8. Гелетуха Г.Г., Обзор современных технологий сжигания древесины с целью выработки тепла и электроэнергии / Гелетуха Г.Г., Железная Т.А. // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1995. №5. – С. 16-18.

Abstract

The article represents the search results of optimal relationship between the amount of wood waste and a binder with a further physical mechanical studying of grains obtained. The research had two stages: the determination of grains' properties with different relationship of a binder concerning wood waste and grain formation under the high positive pressure.

The optimal relationship of wood waste and a binder (waste of pulp and paper plant) were found experimentally. The calorific power, dynamic and static capacity of the grains obtained was determined.

The research show, that grains obtained by vulcanian method with addition of binder according to the dynamic and static capacity, the calorific power and energies for their formation, correspond and sometimes exceed grain indices obtained with press pelletizer.

Key words: *ecological monitoring, vulcanian method, fuel grains, wood waste, dynamic and static strength of grains, calorific power*

УДК 621.311

ВЛИЯНИЯ МОЩНЫХ ТИРИСТОРНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ НА ПИТАЮЩУЮ ИХ АВТОНОМНУЮ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЮ

А.А. Жиленков

Старший преподаватель

Кафедра «Электрооборудование судов и автоматизация производства»

Керченский государственный морской технологический университет

ул. Орджоникидзе, 82, г. Керчь, Украина, 98309

Представлені результати експериментальних досліджень впливу потужних тиристорних випрямлячів на автономну електростанцію, що їх живить

Ключові слова: автономна електростанція, потужні тиристорні випрямлячі

Представлены результаты экспериментальных исследований влияния мощных тиристорных выпрямителей на питающую их автономную электростанцию

Ключевые слова: автономная электростанция, мощные тиристорные выпрямители

Введение

Тиристорный электропривод постоянного тока не теряет своей актуальности. Он отличается высокой надежностью, низкой стоимостью и простотой алгоритмов управления, позволяя использовать скалярное управление вместо векторного в транзисторных системах. В настоящее время во многих производственных механизмах горной, металлургической, полиграфической, цементной и других отраслях промышленности, а также в электроприводе на различном транспорте ши-

роко применяется электропривод постоянного тока. Такие ведущие фирмы как Siemens, ABB, BOSCH и др. наряду с современными приводами переменного тока провели модернизацию аналоговых систем приводов постоянного тока и успешно применяют современные тиристорные электроприводы с цифровым управлением, достигая на этом поприще больших успехов.

Таким образом, нет оснований утверждать, что в ближайшем будущем произойдет полное вытеснение тиристорных систем регулирования постоянного тока электроприводом переменного тока.

В то же время, уже не одно десятилетие стоит проблема обеспечения электромагнитной совместимости мощных полупроводниковых преобразователей с питающими их сетями и другими устройствами, питающимися от этих сетей. Эта проблема усугубляется со временем, так как общая мощность преобразовательной нагрузки, задействованной на предприятиях, продолжает расти. И особенно актуальна она в автономных электроэнергетических системах, электростанция которых характеризуется ограниченной мощностью и возможностью существенной нестабильности параметров электроэнергии. К подобным объектам относятся морские суда с электродвижением, электровозы, буровые установки с приводом постоянного тока и т.п. Настоящие исследования направлены на изучение влияния тиристорного электропривода постоянного тока электродвижительного комплекса автопарома «Ейск» на судовую электроэнергетическую систему.

Автопаром «Ейск» - однопалубный, двухвинтовой, автомобильно-пассажирский паром, с четырьмя ярусами рубок, с дизель-электрической энергетической установкой и подруливающим устройством.

Его пропульсивный комплекс - гребная электрическая установка, которая состоит из двух гребных электродвигателей постоянного тока типа МП2-М-650-152-8МЗ с принудительной системой вентиляции через воздухоохладитель.

Номинальная мощность каждого гребного электродвигателя (ГЭД): 710кВт. Номинальное напряжение 440В.

Питание и регулирование частоты ГЭД осуществляется тиристорными преобразователями (ТП).

Основные характеристики ТП:

- выпрямленный номинальный ток: 1600А;
- выпрямленное номинальное напряжение: 460В.

Источники электроэнергии на судне:

Главные дизель-генераторы (ДГ) состоят из 4-тактных двигателей 6VD26/20AL-2 с газотурбинным наддувом (3шт.) и генераторов переменного тока SSEE569-6V (3шт.), мощностью 750кВт (800кВА).

Для парома принята единая электроэнергетическая система с гребной электрической установкой (ГЭУ) переменного-постоянного тока и отбором мощности на питание судовых потребителей от шин главных генераторов. Такая система позволяет уменьшить количество генераторов на судне, более полно и экономично использовать установленную мощность электроэнергетической установки, уменьшить количество применяемой аппаратуры и улучшить условия эксплуатации парома.

Вместе с тем, с целью обеспечения необходимого качества электроэнергии, отбираемой на питание судовых потребителей, потребовались специальные меры для уменьшения искажений формы синусоидальной кривой напряжения генераторов, возникающих при коммутации силовых тиристорных статических преобразователей ГЭУ. Для компенсации указанных искажений применены специально разработанные сдвоенные реакторы, одна из обмоток которых включена в цепь главного тока, а другая — в цепь отбора мощности.

Сдвоенные реакторы за счет взаимной индукции компенсируют коммутационные провалы напряжения и тем самым улучшают качество электроэнергии, отбираемой на собственные нужды.

Питание двух ГЭД постоянного тока, работающих на ВФШ, с обслуживающими механизмами и

оборудованием осуществляется от трех бесщеточных дизель-генераторов переменного тока. От главных дизель-генераторов так же осуществляется отбор электроэнергии для питания судовых потребителей.

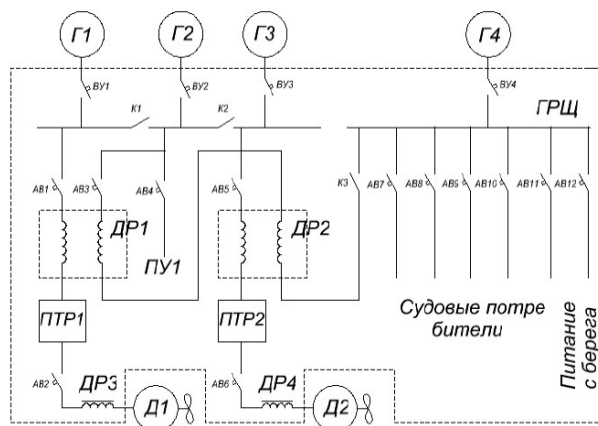


Рис. 1. Структурная схема СЭЭС парома «Ейск»

Генераторы состоят из следующих основных узлов: трехфазный генератор с внутренними полюсами; трехфазный возбудитель с внешними полюсами; вращающаяся выпрямительная группа; устройство возбуждения с электронным регулятором напряжения.

Схемой ГЭУ предусмотрены следующие режимы работы:

- 3 главных генератора 2ГЭД — ледовый режим полной мощности;
- 2 главных генератора → 2ГЭД — режим работы в чистой воде;
- 1 главный генератор → 2ГЭД — аварийный режим.

Переход с одного режима работы ГЭУ на другой осуществляется путем изменения количества включенных в схему генераторов и может выполняться без перерыва в работе ГЭД.

Соответствие мощности ГЭУ режиму работы обеспечивается автоматически соответствующими изменениями в схеме регулирования ГЭУ при отключении или включении автоматических выключателей генераторов.

Возбуждение ГЭД независимое, $U_{\text{н}}=220$ В. Каждый ГЭД получает питание от своего тиристорного преобразователя ТПР1 / ТПР2 – типа КТЭ 1600/460 ЕВО, но на номинальный выпрямленный ток 1600 А, с плавным регулированием напряжения 460-0-460 В. Оба тиристорных преобразователя устанавливаются в ЦПУ и имеют по 3 секции с силовыми тиристорными мостами (шкаф силовой ШС) и по 1 секции управления (шкаф управления ШУ).

Изменение частоты вращения ГЭД производится изменением величины подводимого к ГЭД напряжения; реверс — изменением полярности напряжения на выходе тиристорного преобразователя при постоянном токе возбуждения ГЭД.

Для системы электроснабжения исследуемого судна характерны следующие проблемы:

- низкое значение коэффициента мощности;
- срабатывание устройств защиты генераторов электростанции по перегрузке;

- загрузка генераторов по активной мощности составляет всего 50%, что в случае дизель-генераторов приводит к росту расхода топлива и появлению нагара;
 - повышенные акустические шумы частей ТП ГЭД при определенных нагрузках.

Анализ работы системы электроснабжения проводился с помощью специального анализатора качества электроэнергии Fluke 434 и цифрового мультиметра DMK32-40-62, совместно с ноутбуком Dell Latitude E5420. Такой комплекс имеет полный набор функции, позволяющих измерять практически любой параметр сети, фиксировать провалы и выбросы переменных, параметры переходных процессов, прерывания, интервал пикового потребления, промежуточные гармоники и разбаланс.

С помощью данного комплекса были проведены замеры среднеквадратичных и пиковых значений линейных и фазных токов и напряжений, потребляемой активной и реактивной мощности, коэффициента мощности, определены коэффициенты искажений формы тока и напряжения, значения гармоник тока и напряжения, суммарный коэффициент гармонических искажений, параметры дисбаланса системы.

Измерения проводились в ходу теплохода при различных скоростях вращения гребных двигателей.

Результаты исследования

В ходе исследований проводились замеры на скоростях 350 об/мин, 300 об/мин, 260 об/мин, 200 об/мин, 120 об/мин. При этом подключение измерительных приборов к сети проводилось на выходе ДГУ №2. В присоединении прибора к выходу других ДГУ не было необходимости, так как активная и реактивная потребляемая мощность, согласно полученным измерениям, при скорости вращения ГД 300 об/мин, распределяется равномерно между генераторами, что обеспечивает практически равные значения коэффициента мощности, а также схожий гармонический состав по току и напряжению.

Ниже, в таблице 1, представлены измеренные значения гармоник тока и напряжения при номинальной скорости судна, а на рис.2 - рис.11 представлены диаграммы гармоник тока и напряжения для различных точек подключения и различных режимов работы судна.

Гармонический состав по току и напряжению приведен в процентном отношении к основной гармонике. При анализе этих данных можно реально оценить вклад каждой из гармоник в суммарное гармоническое искажение формы тока и напряжения.

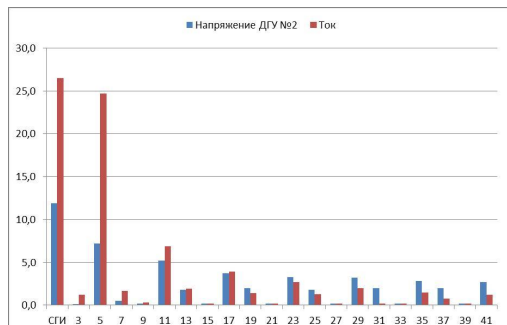


Рис. 2. Гармоники напряжения и тока ДГУ №2 при скорости вращения ГД 300об/мин (в работе ДГУ №1 и №2)

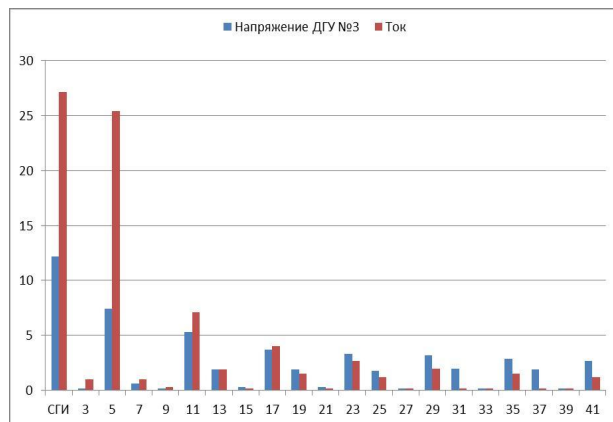


Рис. 3. Гармоники напряжения и тока ДГУ №32 при скорости вращения ГД 300об/мин (в работе ДГУ №1 и №2)

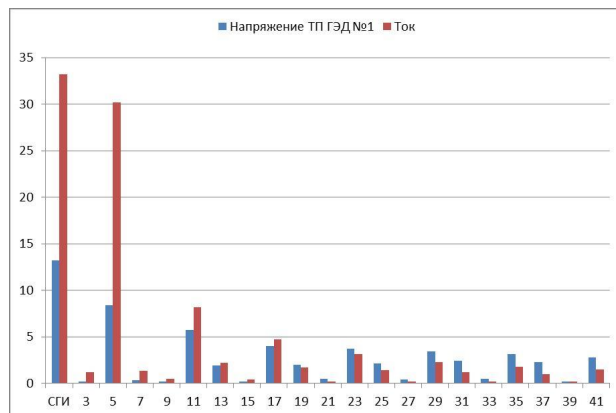


Рис. 4. Гармоники напряжения и тока ТП ГЭД №1 при скорости вращения ГД 300об/мин (в работе ДГУ №1 и №2)

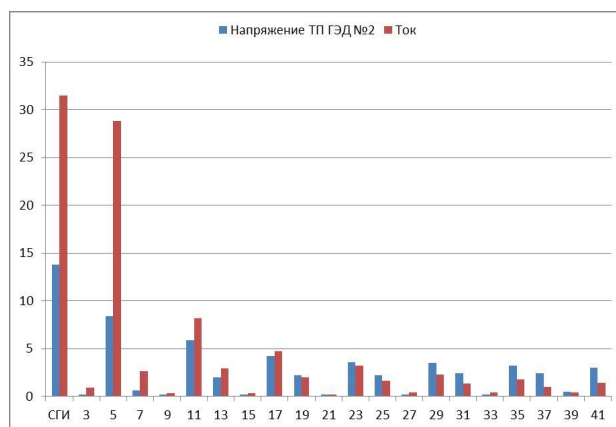


Рис. 5. Гармоники напряжения и тока ТП ГЭД №2 при скорости вращения ГД 300об/мин (в работе ДГУ №1 и №2)

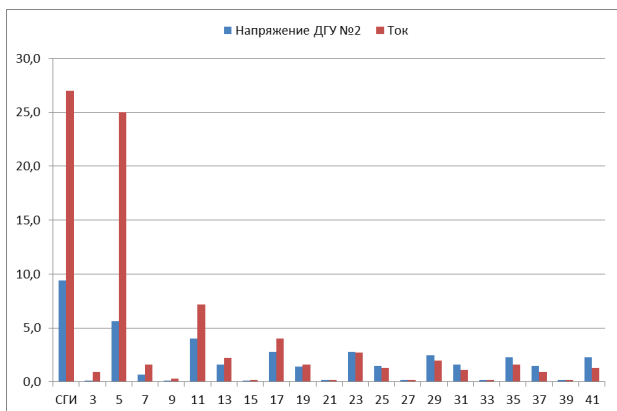


Рис. 6. Гармоники напряжения и тока ДГУ №2 при скорости вращения ГД 350об/мин (в работе ДГУ № 1,2,3)

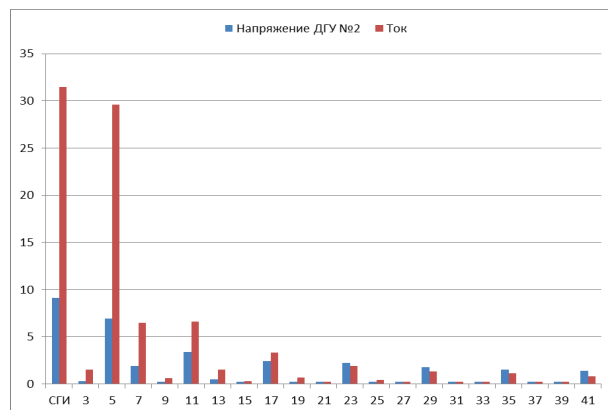


Рис. 9. Гармоники напряжения и тока ДГУ №2 при скорости вращения ГД 200 об/мин (в работе ДГУ №2)

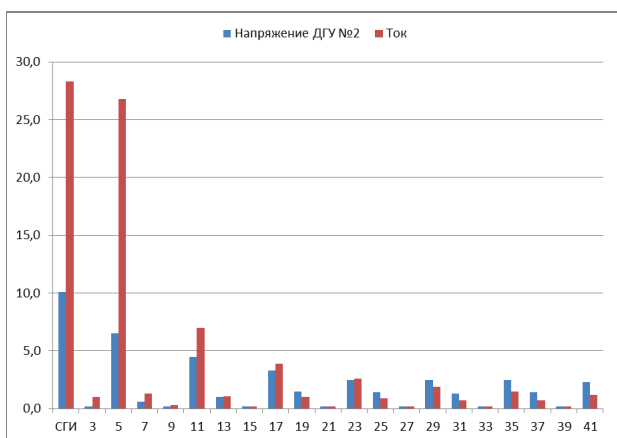


Рис. 7. Гармоники напряжения и тока ДГУ №2 при скорости вращения ГД 260 об/мин (в работе ДГУ № 1 и 2)

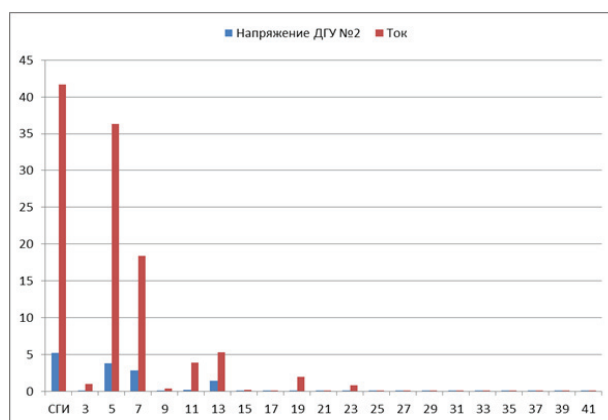


Рис. 10. Гармоники напряжения и тока ДГУ №2 при скорости вращения ГД 120 об/мин (в работе ДГУ № 1 и 2)

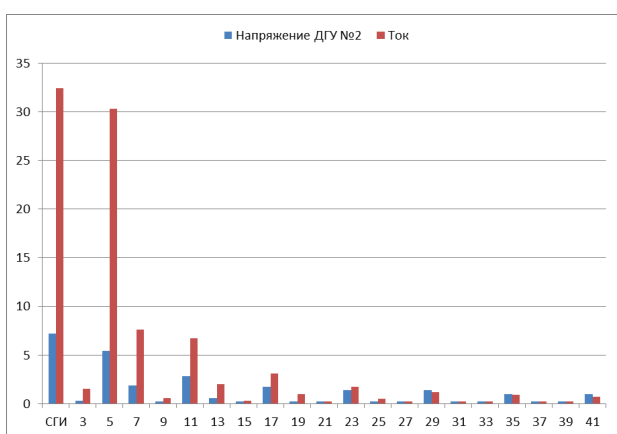


Рис. 8. Гармоники напряжения и тока ДГУ №2 при скорости вращения ГД 200 об/мин (в работе ДГУ № 1 и 2)

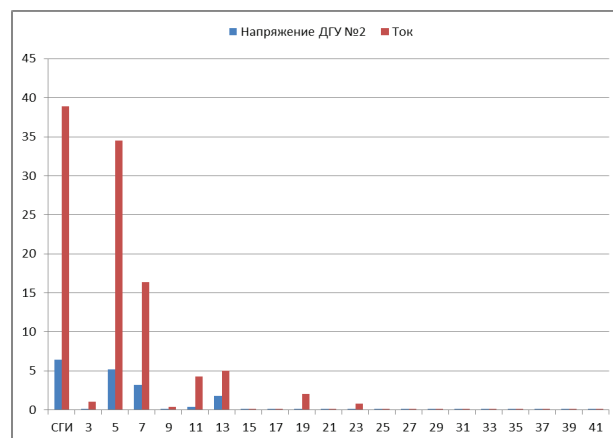


Рис. 11. Гармоники напряжения и тока ДГУ №2 при скорости вращения ГД 120 об/мин (в работе ДГУ №2)

Таблица 1

Гармоники тока и напряжения

		ДГУ № 2	ДГУ № 3	ТП ГЭД 1	ТП ГЭД 2
Гармоники напряжения в процентном отношении от основной	СГИ	11,9	12,2	13,2	13,8
	3	0,1	0,2	0,2	0,2
	5	7,2	7,4	8,4	8,4
	7	0,5	0,6	0,3	0,6
	9	0,2	0,2	0,2	0,2
	11	5,2	5,3	5,7	5,9
	13	1,8	1,9	1,9	2,0
	15	0,2	0,3	0,2	0,2
	17	3,7	3,7	4,0	4,2
	19	2,0	1,9	2,0	2,2
	21	0,2	0,3	0,5	0,2
	23	3,3	3,3	3,7	3,6
	25	1,8	1,8	2,1	2,2
	27	0,2	0,2	0,4	0,2
	29	3,2	3,2	3,4	3,5
	31	2,0	2,0	2,4	2,4
	33	0,2	0,2	0,5	0,2
	35	2,8	2,9	3,1	3,2
37	2,0	1,9	2,3	2,4	
39	0,2	0,2	0,2	0,5	
41	2,7	2,7	2,8	3,0	
Гармоники тока в процентном отношении от основной	СГИ	26,5	27,1	33,2	31,5
	3	1,2	1,0	1,2	0,9
	5	24,7	25,4	30,2	28,8
	7	1,7	1,0	1,3	2,6
	9	0,3	0,3	0,5	0,3
	11	6,9	7,1	8,2	8,2
	13	1,9	1,9	2,2	2,9
	15	0,2	0,2	0,4	0,3
	17	3,9	4,0	4,7	4,7
	19	1,4	1,5	1,7	2,0
	21	0,2	0,2	0,2	0,2
	23	2,7	2,7	3,1	3,2
	25	1,3	1,2	1,4	1,6
	27	0,2	0,2	0,2	0,4
	29	2,0	2,0	2,3	2,3
	31	0,2	0,2	1,2	1,3
	33	0,2	0,2	0,2	0,4
	35	1,5	1,5	1,8	1,8
37	0,8	0,2	1,0	1,0	
39	0,2	0,2	0,2	0,4	
41	1,2	1,2	1,5	1,4	
Kf	5,1	5,1	6,9	7,4	

На рис.12 показана сводная диаграмма, отражающая изменения собственных гармонических искажений тока и напряжения на выходе ДГУ №2 в зависимости от режимов работы ГЭД.

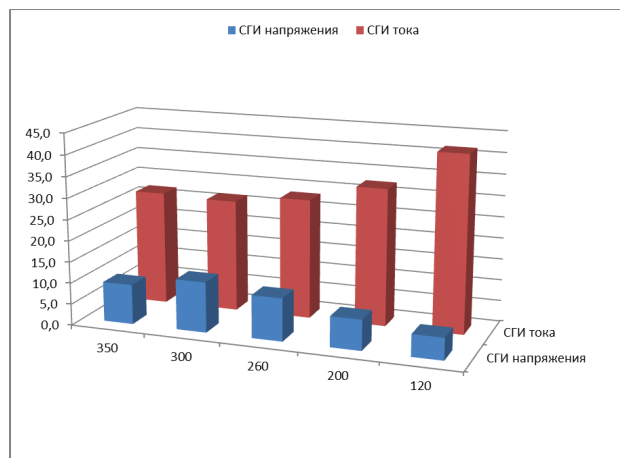


Рис. 12. Изменение СГИ тока и напряжения в зависимости от режимов работы судна

Таблица 2 содержит результаты измерений пик-факторов тока и напряжения для различных режимов работы судна и позволяет получить первоначальное впечатление о функционировании системы электро-снабжения.

Пик-фактор или коэффициент амплитуды - это отношение величины амплитуды тока или напряжения к его действующему значению. Он показывает реальное значение искажения формы тока и напряжения. Величина пик - фактора выше 1,8 говорит о сильном искажении. Величина CF = 1,41, напротив, говорит об отсутствии искажений.

Из результатов измерений видно, что коэффициент амплитуды CF по току варьируется между 1,52 и 1,92, выходя за допустимые пределы искажений при понижении нагрузки. Данное обстоятельство объясняется тем, что при понижении скорости ГЭД увеличивается СГИ по току.

Коэффициент амплитуды CF по напряжению в номинальных режимах варьируется между 1,46 и 1,54, увеличивая значения при повышении нагрузки. Данное обстоятельство объясняется тем, что при повышении скорости ГД увеличивается СГИ по напряжению.

Характер изменения искажений тока и напряжения в зависимости от изменения нагрузки ТП подтверждается и диаграммой на рис.12.

Таблица 2

Значения пик-факторов тока и линейного напряжения

Режим	Пик- фактор напряжения $U_{ЛВ}$	Пик- фактор тока I_A
350об/мин (в работе ДГУ №1,2,3)	1,48	1,52
300об/мин (в работе ДГУ №1,2)	1,54	1,62
260об/мин (в работе ДГУ №1,2)	1,49	1,58
200об/мин (в работе ДГУ №1,2)	1,46	1,73
200об/мин (в работе ДГУ №2)	1,48	1,69
120об/мин (в работе ДГУ №1,2)	1,42	1,92
120об/мин (в работе ДГУ №2)	1,43	1,86

Согласно ГОСТ 13109-97, суммарные гармонические искажения (СГИ) по напряжению должны быть меньше 8%, а СГИ по току - меньше 30%. Проведем анализ измеренных гармонических составляющих тока и напряжения. Рассмотрим таблицу 3, в которой приведены значения гармоник по напряжению на оптимальном ходу теплохода, величины которых превышают допустимые значения.

Таблица 3

Величины гармоник по напряжению превышающих допустимые значения

		ДГУ №2	ТП ГЭД 1	ТП ГЭД 2	Допустимые значения
Гармоники напряжения в процентном отношении от основной	СГИ	11,9	13,2	13,8	8,0
	5	7,2	8,4	8,4	6,0
	11	5,2	5,7	5,9	3,5
	15	0,2	0,2	0,2	0,15
	17	3,7	4,0	4,2	2,0
	19	2,0	2,0	2,2	1,5
	23	3,3	3,7	3,6	1,5
	25	1,8	2,1	2,2	1,5
	27	0,2	0,4	0,2	0,2
	29	3,2	3,4	3,5	1,0
	31	2,0	2,4	2,4	1,0
	33	0,2	0,5	0,2	0,2
	35	2,8	3,1	3,2	1,0
	37	2,0	2,3	2,4	1,0
	39	0,2	0,2	0,5	0,2
	41	2,7	2,8	3,0	1,0

Оптимальный ход обеспечивается теплоходом на протяжении 95 % времени, поэтому данному режиму уделяется наиболее подробная часть анализа.

В итоге, в оптимальном ходу теплохода, мы получаем, что гармоники под номерами №5, №11, №15, №17, №19, №23, №25, №27, №29, №31, №33, №35, №37, №39 и №41 превышают допустимые значения.

При этом СГИ гармоник по току при номинальной нагрузке для различных точек подключения варьируется между 26,5% и 33,2%, превышая допустимое значение 30 %.

СГИ по напряжению на выходе ДГУ при изменении нагрузки варьируется от 6,4% до 12,2%, выходя при этом за пределы нормы при увеличении нагрузки. СГИ по току на выходе ДГУ при изменении нагрузки варьируется от 26,5% до 38,9%, выходя при этом за пределы нормы при понижении нагрузки.

Следует отметить, что при увеличении числа работающих на сеть генераторов, показатель СГИ уменьшается за счет распределения нагрузки на большее количество генераторов, при этом большие значения гармоник находится в пределах нормы. Однако данный режим использования ДГУ экономически не выгоден в виду увеличения эксплуатационных расходов и материальных затрат (на топливо, масло).

Выводы

На основании проведенных замеров существующую сеть можно охарактеризовать следующим образом:

- наличие гармоник тока и напряжения, значения которых существенно превышают допустимые, вызывая различные негативные последствия для судового электрооборудования, вплоть до срыва работы самих ТП, генерирующих их;
- высокое значение пик - фактора СФ, характеризующего искажение формы синусоиды тока и напряжения;
- срабатывание функциональных защит при динамически изменяющихся высоких нагрузках и, как следствие, выход генераторов из синхронизма вплоть до полного обесточивания судна;
- при использовании двух ДГУ нет возможности обеспечения оптимальной скорости по причине наличия в сети высших гармоник.

Литература

1. Качество электрической энергии на судах: Справочник [Текст] / Шейнихович В.В., Климанов О.Н., Пайкин Ю.И., Зубарев Ю.Я. – КЗО-Л.: Судостроение, 1988. – 160 с.
2. Плахтина, О. Г., Частотно-управляемые асинхронные и синхронные электроприводы [Текст] / О. Г. Плахтина, С. С. Мазепа, А. С. Куцук. – Львов. : Издательство Национального Университета «Львовская политехника», 2002. – 227 с.

Abstract

With the help of the inspection center on the vessel there were held the measurements of root-mean-square and peak values of linear and phase currents and voltages, consumed active and reactive power, power factor, current and voltage waveform distortion factor, current and voltage harmonic values, cumulative rate of harmonic distortion, data of the system disbalance. The measuring was carried out taking into consideration various rotational velocities of rowing engines.

On the ground of the taken measurements, the analyzed ship mains may be characterized as next:

Existence of current and voltage harmonics which values considerably exceed acceptable ones, causing various negative consequences for ship electric equipment up to the stoppage of generating TP ;

Peak factor high value which characterizes the shape defect of current and voltage sinusoid;

Operation of functional shielding, when changing high voltages, and, as a result generators hold-off up to the total ship de-energizing;

Absence of the opportunity to supply optimum speed, because of upper harmonics in main without additional sources of energy.

Key words: *autonomous power station, powerful thyristor rectifiers*