

Рис. 3. Действующие значения фазных токов симметричного трехфазного КЗ.

Е.М. Бурда
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ГРЕБНОЙ УСТАНОВКИ ПАССАЖИРСКОГО СУДНА «СУРА»

В 2009 г. на Городецком судоремонтном заводе было начато строительство мелкосидящего пассажирского колесного судна ПКС 40 «Сура». Это судно должно было решить ряд задач повышения эффективности речных судов и приспособить их к естественным условиям – уменьшить осадку судов, оптимизировать размеры, повысить маневренные качества, обеспечить возможность работы без причальных сооружений и при этом снизить удельные показатели мощности энергетической установки.

В 2011 г. строительство завершилось, а в 2012 г. судно вышло в первую навигацию, получив класс по Правилам Российского Речного Регистра «Р» с индексом «Э» (экспериментальное).

В процессе строительства судна произошли существенные отклонения ряда параметров судна от проектных и расчетных.

Главные размерения и основные характеристики ПКС 40 «Сура»:

	Проект	Факт
Длина габаритная, м	34,0	
Длина по КВЛ, м	24,0	25,0
Ширина габаритная, м	10,8	
Ширина по КВЛ, м	10,3	

Высота габаритная, м	8,1	9,4
Высота борта, м	1,5	1,3
Осадка по КВЛ, м	0,55	0,75
Мощность ГЭУ, кВт	2 x 55	
Экипаж, чел.	11	
Скорость, км/ч	16,5	11,0
Пассажировместимость, чел.	40	40(120)
Автономность, сут.	6	
Класс по Правилам Российского Речного Регистра	« Р »	
Группа по Санитарным правилам	первая	
Тип движительно-рулевого комплекс колесный ДРК		

Принципиальная схема предлагаемого ДРК включает в себя: пару гребных колёс, имеющих симметричную конструкцию с жёстко установленными винтовыми плицами, с отдельно управляемым приводом, установленную в оконечности судна. Поскольку в данном случае гребные колёса являются одновременно движителем и органом управления судном, мы имеем новый тип движительно-рулевого комплекса, который предлагается назвать «колёсным ДРК», сокращённо КДРК. Колёсный ДРК содержит устройство для регулирования заглубления гребных колёс, выполненное в виде рамы, шарнирно закрепленной на транце судна, с приводом её подъёма - опускания.

В режиме маневра, возросшего сопротивления движению (встречный ветер, мелководье), в режиме торможения, колесное судно имеет несомненные преимущества перед винтовым. Конструкция колёсного ДРК обеспечивает изменение величины и направления вектора тяги путём изменения соотношения числа оборотов и направления вращения гребных колёс.

Результаты расчета и испытаний гидродинамики судна при полной загрузке сведены в табл. 1 и представлены на диаграмме (рис. 1).

Таблица 1

Буксировочное сопротивление

Скорость, км/ч	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0
Сопротивление расчетное, кН	0,273	1,036	2,498	5,293	10,671	20,718
Сопротивление фактическое, кН	0,300	2,4	8,5	20,0	-	-

Разница в расчетных и фактических показаниях связана прежде всего с увеличившейся осадкой судна.

Расчет управляемости показывает, что:

- управляемость судна обеспечивается двумя гребными колесами с шевронными плицами, имеющими отдельное управление;
- управляемость на заднем ходу также обеспечивается за счет автономного регулирования частоты вращения колес;
- управляемость судна при ходе по инерции обеспечивается за счет автономного притормаживания гребных колес.

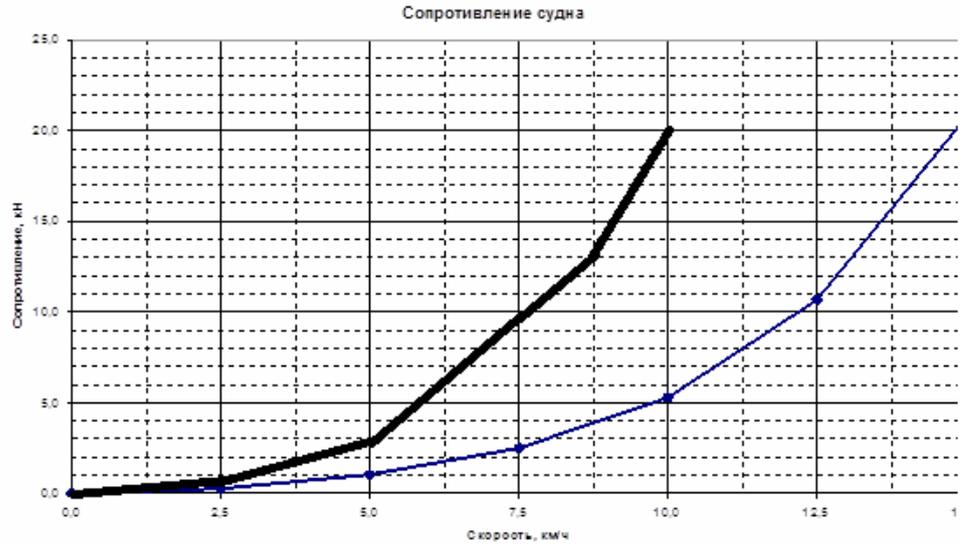


Рис. 1

В качестве гребных электродвигателей выбраны специальные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, предназначенные для частотно-регулируемого электропривода, марки 5A225M4-0001, мощностью 55кВт, номинальное число оборотов в минуту – 1475об/мин. Двигатель имеет усиленную изоляцию обмоток. Электродвигатель поставляется комплектно с редуктором (фирма BONFIGLIOLI (Италия)) на одной раме в виде мотор-редуктора. Изготовитель ВЭМЗ г. Владимир.

Расчетная мощность одного гребного электродвигателя на полном ходу судна составляет 37 кВт. Выбор двигателя на 55 кВт (установленная мощность) был обусловлен перераспределением мощности между двигателями при маневрировании и обеспечением момента перегрузки при стоянке под током.

Фактические результаты испытаний при полной загрузке сведены в табл. 2, а в скобках даны результаты испытаний осенью 2010 г. на фактически пустом судне при осадке 0,45 м

Таблица 2

Режимы работы	Скорость вращения колеса, об/мин	Скорость судна, км/час	Потребляемая мощность ГЭУ, % от номинальной	Момент на валу электродвигателя, % от номинального
Малый ход	7	4,3	3,0 (2,0)	12,9 (8,6)
Средний ход	18	7,4 (9,8)	29,0 (15,0)	50,0 (26,0)
Полный ход 1	24	9,8	64,0	80,0
Полный ход 2	30	10,2 (15,8)	120,0(70,0)	120,0(70,0)

Результаты испытаний показывают, что существенное увеличение осадки судна привело к значительному росту потребляемой мощности.

Система управления электроприводами гребных колес выполнена с использованием преобразователей частоты и джойстиков фирмы «Шнайдер Электрик».

Щит гребной электрической установки (ГЭУ) входит в состав ГРЩ и занимает одну секцию. Преобразователи частоты типа ATV71 установлены в МО рядом с ГРЩ. Преобразователь рассчитан на управление двигателями мощностью до 55кВт с номи-

нальным напряжением 380В и обеспечивает диапазон регулирования частоты от 0 до 50Гц. Точность поддержания скорости составляет 10% от номинального скольжения двигателя. Преобразователи запрограммированы на три скорости как вперед, так и назад. В случае потери сетевого питания при ходе по инерции, управляемость обеспечивается за счет автономного притормаживания гребных колес подачей 12В постоянного тока в две фазы одного из двигателей от аккумулятора емкостью 180Ач. Набор и снижение скорости происходит по S-образным характеристикам, что позволяет избежать резкого приложения усилий в механической части привода колеса. Так как, потребляемая мощность значительно выросла, и дизель-генератор перегружался в динамических режимах, то время разгона с 0 до 30об/мин, которое ранее было запрограммировано на 10 с, пришлось разбить на два этапа: разгон с 0 до 18 об/мин - 10 с, разгон с 18 до 30 об/мин – 30 с.

На базе панельного компьютера ТРС-870Н выполнена система контроля и отображения параметров движительного комплекса теплохода «Сура», а именно:

- направления вектора тяги движительного комплекса;
- частот вращения гребных колес;
- токов, потребляемых электродвигателями гребных колес;
- момента на электродвигателях гребных колес;
- мощностей, потребляемых приводами гребных колес;
- положения гребных колес (заглубление).

Перечисленные параметры движительного комплекса выводятся на монитор в виде мнемосхемы и числовых данных.

Эта система также фиксирует и отображает на мониторе аварийные сигналы, поступающие с преобразователей частоты движительного комплекса:

- короткое замыкание на выходе ПЧ;
- короткое замыкание двигателя;
- короткое замыкание на землю;
- короткое замыкание модуля IGBT;
- короткое замыкание нагрузки;
- обрыв фазы двигателя;
- обрыв трех фаз двигателя;
- недонапряжение на входе преобразователя;
- перегрев преобразователя;
- срабатывание тепловой защиты из-за длительной перегрузки;
- перегрузка ПЧ;
- отсутствие связи с отдельными сегментами системы.

Сообщения об авариях выводятся на монитор в мигающем красном окне.

При перегрузках преобразователь частоты автоматически переводит гребной двигатель на малую скорость.

О.А. Бурмакин, В.В. Гуляев, В.К. Малышев, А.С. Филатов
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ СТАРЕЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Для определения оценки показателей надежности судового электрооборудования (СЭО) необходима исчерпывающая информация о законе распределения соответствующих случайных величин и их параметров. На практике чаще всего закон распре-