

ростей недостаточна, то начинается снижение скорости вращения второго колеса. Преобразователи частоты управляются при этом аналоговым сигналом $\pm 10\text{В}$ с выхода контроллера машинного отделения, задание на который приходит с панельного компьютера, к которому подключены потенциометрические выходы джойстиков.

В маневровом режиме преобразователи получают задание с джойстиков на 6 скоростей «Вперед» и «Назад» для каждого колеса. Управление происходит также аналоговым сигналом $\pm 10\text{В}$.

В аварийном режиме управление преобразователями частоты осуществляется непосредственно с джойстиков на дискретные входы ПЧ в режиме «Заданные скорости». Преобразователи запрограммированы на три скорости как вперед, так и назад

На базе панельного компьютера 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;

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

Сообщения об авариях выводятся на монитор в мигающем красном окне.

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

Список литературы:

[1] Бурда Е.М. Частотно-регулируемый электропривод гребной установки пассажирского судна «Сура»// Международный научно-промышленный форум «Великие реки 2012». Труды конгресса. Н.Новгород ВГАВТ, Т.2 с. 268–271.

О.А. Бурмакин, Ю.С. Мальшев, Ю.В. Варечкин
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРА НА СУДАХ

Использование силы ветра на судах шло параллельно с развитием человечества и достигло пика к середине XIX столетия. Однако, во время плавания на паруснике усилия матросов, работавших в шторм с парусами на высоте 40–50 м, были на пределе человеческих возможностей. В связи с этим Антон Флеттнер решил применить исследования Генриха Густава Магнуса, который в 1852 году доказал, что возникающая поперечная сила, действующая на тело, вращающееся в обтекающем его потоке жидкости или газа, направлена в сторону, где скорость потока и вращение тела совпадают. Доказав на практике возможность использования боковой силы, возникающей в результате эффекта Магнуса, Флеттнер решился переоборудовать трехмачтовик Вискау в роторный корабль.

В октябре 1924 года экспериментальное роторное судно Вискау сошло со стапелей. Роторы Вискау вращались от электродвигателей. Со стороны, где ротор вращался навстречу ветру, создавалась область повышенного давления, с противоположной – пониженного. Результирующая сила и двигала судно. Более того, эта сила примерно в 50 раз превышала силу давления ветра на неподвижный ротор. Помимо всего прочего,

площадь ротора и его масса были в несколько раз меньше, чем площадь парусного вооружения, которое бы давало равную движущую силу. Ротором было намного проще управлять, да и в производстве он был достаточно дешев [1].

Ротор Флеттнера показал себя прекрасно. В отличие от обычного парусного судна, роторный корабль практически не боялся непогоды и сильных боковых ветров, легко мог идти переменными галсами под углом 25° к встречному ветру (для обычного паруса предел около 45°). Два цилиндрических ротора (высота 13,1 м, диаметр 1,5 м) позволили отлично сбалансировать судно – оно оказалось устойчивее парусника, которым Вискау был до перестройки. Испытания проводили и в штиль, и в шторм, и с намеренной перегрузкой – и никаких серьезных недостатков выявлено не было. Наиболее выгодным для движения судна было направление ветра точно по перпендикуляру к оси судна, а направление движения (вперед или назад) определялось направлением вращения роторов.

Однако сложность конструкции роторных движителей, а главное – то обстоятельство, что оснащенные ими суда продолжали оставаться парусниками со всеми недостатками, первый из которых – полная зависимость от ветра, не привели к их широкому распространению.

Первые полномасштабные исследования ветродвижителей были проведены в 1960-1967 годах в гамбургском Институте кораблестроения. Результаты упорной работы позволили построить в 1982 году судно «Дина-Шифф», которое долгое время не имело аналогов в мире. Оно представляет собой парусник, принимающий 16 500 т груза и отличающийся внушительными габаритами: длина – 160,5 м, ширина – 21 м. Высота борта – 13 м, осадка – 9,1 м. Каждая из шести поворотных мачт несет пять прямых парусов, которые растягивались на профилированных реях без промежутков и в целом составляли один эффективный (высокий и узкий) гигантский парус площадью 1200 м^2 (общая площадь всех парусов достигла 7200 м^2). Управляет электромоторами, поднимающими или убирающими любой из 30 парусов, вахтенный офицер из рубки, где установлен компьютер. Кроме парусов на «Дине-Шифф» установили три дизеля по 330 кВт (448 л.с.). Судно развивало среднюю скорость 12 узлов, а при благоприятном ветре – до 16.

Особенно серьезно к разработке ветродвижителей и ветродвигателей относятся в тех странах, где природные запасы нефти ограничены или вообще отсутствуют. Так, в Японии только за период 1980–1986 годов вошли в строй 10 судов, имеющих кроме механического и ветровой движитель. Типичный их представитель – прибрежный танкер «Шин Эйтоку Мару» водоизмещением 1600 т, спущенный на воду в июле 1980 года компанией «Имамуре Шипбилдинг». Основные его размеры: длина – 66, ширина – 10,6, осадка – 4,4 м. Оснащен двумя парусами площадью по 97 м^2 каждый и двигателем мощностью 1177 кВт (1600 л.с.). Средняя скорость танкера – 12 узлов (22 км/ч). Время, которое он проходит под парусами за год, составляет 15 процентов от общего. Управление ветровым движителем осуществляется по командам ЭВМ.

Еще одной разновидностью парусов, которые получили распространение в наше время, можно считать – воздушный змей. По сути это тоже парус, но несколько другой формы. В судоходной компании «Beluga Projects» такой тип движителя уже экономит их расходы на топливо коммерческих судов. Примерно 15–20% мощности корабль развивает благодаря гигантскому воздушному змею площадью 160 м^2 , в планах компании – увеличение его до 320 м^2 . Змей укреплен на носу корабля на канате, его поведение контролируется компьютером. Обычно он парит на высоте порядка 100 м и на расстоянии около 500 м от корабля, при этом тянет судно за собой. Специалисты компании SkySails GmbH & Co. KG планируют оснастить своей системой около 400 судов – каждый такой «тюнинг» позволит заметно сократить расход топлива и количество вредных выбросов в атмосферу.

Сегодня существует достаточно много различных проектов ветродвижителей и ветродвигателей, как реализованных, так и находящихся на стадии разработок. Есть

из чего выбирать, однако специалисты пришли к выводу, что наиболее целесообразным вариантом является установка на морских и речных судах ветродвижителя как дополнения к основному механическому двигателю. Это даст 25–30 процентов экономии топлива и обеспечит судам вполне приемлемую скорость в 16 узлов, а кроме того, позволит вместо мощной энергетической установки применять сравнительно небольшую. И еще одно обязательное условие: использование всех новых видов парусных движителей требует широкого внедрения компьютеров. Только быстродействующая вычислительная техника может учесть все параметры, влияющие на движение корабля, и этим повысить безопасность его плавания.

Идея использовать энергию ветра кардинально новым способом принадлежит известному исследователю Жаку-Иву Кусто. 23 декабря 1986 года, Жак-Ив Кусто и его коллеги Люсьен Малавар и Бертран Шарье получили совместный патент № US4630997 на «устройство, создающее силу посредством использования движущейся жидкости или газа». Общее описание звучит следующим образом: «Устройство помещается в среду, движущуюся в некотором направлении; при этом возникает сила, действующая в направлении, перпендикулярном первому. Устройство позволяет избежать использования массивных парусов, в которых движущая сила пропорциональна площади паруса». Турбопарус Кусто отличается от роторного паруса Флеттнера. Собственно, турбопарус – это поставленное вертикально самолетное крыло, по крайней мере, принцип создания движущей силы схож с принципом создания подъемной силы самолета. Для того чтобы турбопарус всегда был повернут к ветру наиболее выгодной стороной, он оборудован специальными датчиками и установлен на поворотной платформе. В апреле 1985 года в порту Ла-Рошель была спущена на воду «Алкиона» – первый полноценный корабль, оборудованный турбопарусами. Турбопаруса на ней служат не единственным движителем, но помогают обычной сцепке из двух дизелей и нескольких винтов (что, кстати, позволяет сократить расход горючего примерно на треть) [1].

Сегодня предпринимаются попытки возродить идею Флеттнера и сделать роторные паруса массовыми. В 2010 году появился третий в истории корабль с роторными парусами – тяжелый сухогруз E-Ship1, который был построен по заказу компании Enecon, одного из крупнейших производителей ветрогенераторов в мире. Судно оборудовано четырьмя роторами Флеттнера и традиционной силовой установкой на случай безветрия и для получения дополнительной мощности. Роторы вращаются с помощью паровой турбины производства Siemens, использующей энергию отработавших газов. Высота роторов 27 метров, диаметр 4 метра. Все-таки роторные паруса служат лишь вспомогательными движителями: для 130-метрового грузовика их мощности маловато, чтобы развивать должную скорость. Главными двигателями являются два дизеля 3.5 MW. Скорость до 16 узлов в ходовом режиме. Использование ветра позволяет экономить до 40% топлива в ходовом режиме [1].

Примечательно, что при таком количестве вариантов ветродвижителей на судах, ветрогенераторы практически не применяются. Однако, с точки зрения электроэнергетики, применение ветроэнергетической установки (ВЭУ) для электропитания судовых потребителей может быть перспективной областью для исследований. Мощность судовой ВЭУ ограничена габаритами и характеристиками судна. Поэтому наиболее выгодно, по мнению авторов, обеспечить совместную работу ВЭУ и валогенераторной установки (ВГУ) морских судов для самого продолжительного по времени и малого по электрической нагрузке ходового режима. Обе установки являются генераторными комплексами переменной частоты вращения. Их автономная работа, и работа параллельно с сетью, в отличие от совместной, подробно исследована и освещена [2, 3].

Для питания судовых потребителей ветрогенератор включается параллельно судовому валогенератору через звено постоянного тока (рис. 1). В этом случае стано-

вится возможным использование одного инвертирующего устройства для двух источников энергии, что уменьшает стоимость предлагаемой ветроустановки.

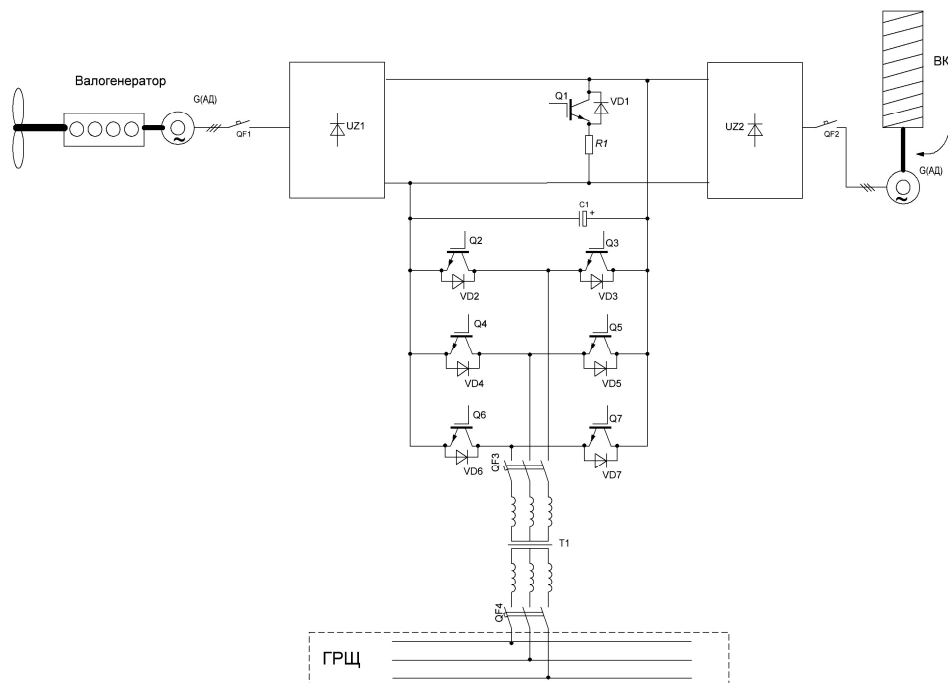


Рис. 1. Схема одновременной работы ВГУ и ВЭУ на ГРЩ

Мощность ВЭУ, в этом случае, целесообразно выбирать по мощности нагрузки в ходовом режиме. При достаточной силе ветра ВЭУ может автономно обеспечить электроэнергией ходовые потребители, а при снижении ветра ВГУ будет забирать необходимую мощность на себя. Предложенная схема обеспечивает автоматическое распределение мощности между ВГУ и ВЭУ. Стабилизация напряжения и частоты генерируемой электроэнергии осуществляется инвертором и системой стабилизации напряжения в звене постоянного тока. Таким образом, есть возможность параллельной работы комбинированной системы ВГУ и ВЭУ с основной судовой электростанцией.

Основные требования к ветродвигателю судовой ВЭУ следующие: 1) наименьшие массо-габаритные показатели при широком рабочем диапазоне скорости ветра и максимальной эффективности; 2) наименьшее влияние на технические характеристики судна; 3) малые шумы и вибрации; 4) безопасность; 5) простота обслуживания.

Этим требованиям удовлетворяют ветродвигатели с вертикальной осью вращения [4]. Наиболее предпочтительны спиральные ветровые турбины рис. 2. Они производят до 50% больше электроэнергии в год по сравнению с генераторами с горизонтальной осью вращения и вырабатывают электроэнергию при скорости ветра от 1 м/с до 60 м/с, выдерживают мороз, лед, песок и влажность [5].

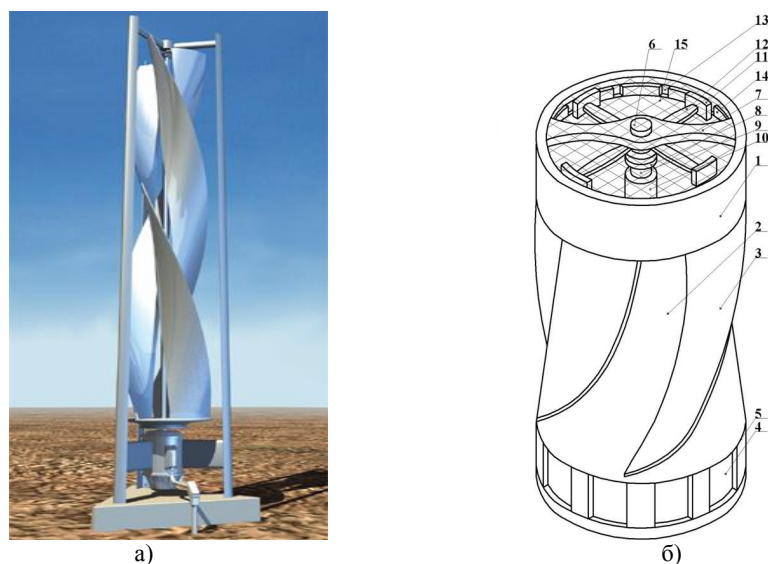


Рис. 2. Ветрогенераторы с вертикальной осью вращения:

а) турбина компании Windaus, б) патент Ковязина В.А. и Деркачёва С.В.

1 – полый цилиндрический корпус; 2 – трубчатая мачта; 3 – винтообразные рёбра; 4 – отверстия; 5 – нижняя часть мачты; 6 – ротор ветряного двигателя; 7 – подшипниковом щите; 8 – соединительная муфта; 9 – ротор основного электрогенератора; 10 – основной электрогенератор; 11 – возбудитель дополнительного электрогенератора; 12 – лопасти с электромагнитами дополнительного электрогенератора; 13 – статор дополнительного электрогенератора; 14 – обмотки статора дополнительного электрогенератора; 15 – защитная решётка

Экономически обоснованным будет применение ВЭУ и судов, оснащенных ВЭУ, в северных и восточных районах России, где среднегодовые скорости ветров превышают 5 м/с [6].

Список литературы:

- [1] <http://www.popmech.ru/article/8606-to-li-machta-to-li-parus>
- [2] Расчет элементов силового электрооборудования судовой пропульсивной системы с обратимым МДП-валогенератором / Хватов О.С., Бурмакин О.А., Тарпанов И.А. // Международный научно-промышленный форум «Великие реки -2009». Труды конгресса. Н. Новгород: НГАСУ, 2009.
- [3] Хватов О.С. Управляемые генераторные комплексы на основе машины двойного питания: Монография / НГТУ, Н.Новгород, 2000. – 204 с.
- [4] Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие / Р.В. Городов, В.Е. Губин, А.С. Матвеев. – 1-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 294 с.
- [5] <http://helixturbineenergy.com/>
- [6] <http://greenpeace.narod.ru/windpwr.htm>