



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(61) Дополнительное к авт. свид-ву —

(22) Заявлено 13.12.78 (21) 2700104/18-24

с присоединением заявки № —

(23) Приоритет —

Опубликовано 07.09.81. Бюллетень № 33

Дата опубликования описания 07.09.81

(11) 758902

(51) М. Кл.³

G 05 D 1/00

(53) УДК 62-50
(088.8)

(72) Автор
изобретения

Г.Э. Шлейер

(71) Заявитель

Ордена Ленина институт проблем управления

(54) СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ КУРСОМ РЕЧНОГО СУДНА

1

Изобретение относится к области управления движением подвижными объектами, в частности, управления угловым движением речного судна.

Существующие способы ручного управления угловым движением судна с использованием сигнала угла курса получили широкое распространение в настоящее время [1].

При управлении крупнотоннажными судами рулевой переключает руль в нужном направлении и, не доходя до заданного направления движения судна, производит обратную переключку руля.

Недостатком такого способа управления является трудность определения момента обратной переключки руля.

В авторулевых типа "АБР" в режиме ручного управления для повышения качества ручного управления момент начала одерживания формируется по сумме двух сигналов

$$\varphi_{\text{тек}} + K_{0.c} \delta, \quad (1)$$

где $K_{0.c}$ — коэффициент обратной связи, перестраиваемый в зависимости от скорости хода судна;

2

$\varphi_{\text{тек}}$ — текущий курс судна;
 δ — угол переключки руля.

Зависимость (1) образования будущего (предсказанного) углового положения судна справедлива только для фиксированной скорости хода и конкретной величины перехода судна по курсу.

С целью устранения этого недостатка был предложен способ управления курсом морского судна, в котором принята следующая стратегия управления при переходе на новый курс:

15 — переключают руль с максимальной скоростью в сторону заданного поворота судна;

20 — в момент, когда алгебраическая сумма сигналов текущего курса угловой скорости судна (с переменным весовым коэффициентом) и угла переключки руля (также с переменным весовым коэффициентом) достигает величины требуемого (будущего) угла курса, переключают руль в обратную сторону с максимальной скоростью;

30 — затем формируют сигнал для определения второго момента времени, когда нужно изменить знак скорости переключки руля, когда алгебраичес-

кая сумма сигналов, образующих предсказанное значение курса, начнет убывать и станет меньше заданного (будущего) значения курса [2].

Рассмотренный способ ручного управления весьма эффективен при управлении морскими судами и оказывается совершенно неприемлемым при управлении поворотом ручного судна.

Способ ручного управления, принятый нами в качестве прототипа, невозможно использовать без коррекции приведенной выше стратегии управления при управлении речным судном. Это объясняется тем, что начало поворота речного судна обычно задают произвольным, но небольшим углом отклонения руля от нулевого положения, а одерживание (выход) на новое направление движения судна осуществляют также путем обратной перекадки руля на какое-то постоянное значение, а не перекадкой руля с максимальной скоростью. При таком управлении формирование моментов переключения рулевого привода должно быть доопределено, что представляет значительные трудности.

Иная стратегия управления речным судном объясняется существенным отличием динамических характеристик углового движения речного судна по сравнению с морским судном.

Неустойчивость углового движения присуща всем плоскодонным судам. В случае же управления речным судном наличие этого явления усугубляется еще и тем, что рулевое управление речного судна обычно оборудовано не следящим рулевым приводом, как это сделано на большинстве морских судов, а интегрирующими приводами, т.е. угол отклонения рукоятки рулевого интервала пропорционален скорости перекадки руля, а не углу перекадки руля.

Для рабочих диапазонов изменения угловой скорости процесс набора угловой скорости речного судна можно представить в динамике интегрирующим звеном первого порядка:

$$\frac{d\varphi}{dt} = K_1 \left(\frac{d\delta}{dt} + K_2 \delta \right), \quad (2)$$

где φ - текущий угол поворота судна;

δ - угол перекадки руля;

$K_{1,2}$ - коэффициенты, зависящие от скорости хода судна, глубины под килем, осадки судна, угла дифферента;

$\frac{d}{dt}$ - производная по времени.

Тогда процесс поворота речного судна на заданный угол можно представить для подавляющего числа возможных ре-

жимов эксплуатации в виде трех последовательно включенных интеграторов:

$$\frac{d^3\varphi}{dt^3} \approx K_4 U, \quad (3)$$

5 где K_4 - коэффициент, зависящий от скорости хода судна, осадки судна, глубины под килем;

10 $U = \frac{d\delta}{dt}$ - скорость перекадки руля (угол отклонения штурвала).

Как известно, управление даже двумя последовательно включенными интеграторами представляет определенную трудность, тем более сложно управление направлением движения речного судна, т.к. необходимо управлять тремя последовательно включенными интеграторами (3). Судоводитель отклоняет рулевой штурвал и задает тем самым скорость перекадки руля. Угол отклонения руля пропорционален интегралу от угла отклонения рулевого штурвала по времени, а угловая скорость судна пропорциональна двойному интегрированию угла отклонения рулевого штурвала по времени, а угол поворота судна - тройному интегралу угла отклонения рулевого штурвала по времени.

30 В то же время процесс перехода морского судна на новый курс при отклонении рулевого штурвала обычно может быть описан как произведение инерционного звена на одно интегрирующее, т.е. при разработке стратегии управления угловым движением речного судна необходимо учесть это существенное отличие.

Целью изобретения является повышение точности и безопасности управления.

Поставленная цель достигается тем, что в способе управления курсом речного судна путем осуществления в первый момент времени перекадки руля на угол, определяемый скоростью судна и заданным углом поворота, осуществления во второй момент времени обратной перекадки руля, а в третий момент времени сведения угла перекадки к нулю дополнительно определяют угловую скорость судна и соответствующее ей прогнозируемое приращение угла поворота судна и осуществляют обратную перекадку руля в момент, когда сумма текущего угла поворота и прогнозируемого приращения угла поворота судна равна заданному углу поворота, причем величину угла обратной перекадки руля определяют согласно зависимости

$$\delta_{\text{обр. перека.}} = K \omega V,$$

где K - весовой коэффициент;

ω - угловая скорость судна;

V - линейная скорость судна, после чего угол поворота обратной перекладки руля уменьшают до нуля при достижении угловой скоростью нулевого значения.

Предлагаемый способ поясняется чертежом, на котором представлен в качестве примера процесс перехода речного судна на новое направление движения - переход с курса φ_0 на $\varphi_{зад}$.

На фиг. 1 приведена зависимость угла перекладки руля $\delta = f(t)$ (угол перекладки руля задает судоводитель). На фиг. 2 приведена зависимость изменения угловой скорости судна во времени $\omega = d\varphi/dt$ и углового поворота судна во времени φ в функции угла перекладки руля.

Рассмотрим процесс управления с использованием предложенного способа (на примере процесса перехода речного судна по курсу, приведенного на фиг. 1, 2).

В случае необходимости изменения направления движения судна с курса φ_0 до курса $\varphi_{зад} = \varphi_{предск}$ переключают руль в требуемом направлении (в нашем случае руль переложено $\delta = +5^\circ$) и остается переложенным до момента времени t_1 , который является вторым моментом времени переключения.

В интервале времени $0-t_1$ угловая скорость судна растет пропорционально углу перекладки руля (который постоянен) и времени (на фиг. 2 угловая скорость обозначена пунктирной линией).

Для определения второго момента времени переключения угла перекладки руля (в нашем случае t_1) формируют сигнал, пропорциональный предсказанному значению будущего угла поворота судна, если в момент времени t_1 начать процесс одерживания судна:

$$\varphi_{предск} = \varphi(t_1) + \Delta\varphi_{предск}(t_1), \quad (4)$$

где $\varphi(t_1)$ - курс судна в момент времени t_1 ;

$$\Delta\varphi_{предск}(t_1) \approx k_1 \frac{d\varphi}{dt}(t_1) \left| \frac{d\varphi(t_1)}{dt} \right| \quad (5)$$

приращение курса в момент времени t_1 .

Величину обратной перекладки руля определяют по совпадению сигнала угла перекладки руля с сигналом пропорциональным (5):

$$\delta_{обр.перекл.} \approx k_2 \frac{d\varphi}{dt}(t_2) \left| \frac{d\varphi(t_2)}{dt} \right| \quad (6)$$

С момента времени t_2 , когда выполнено условие (6), руль остается в отклоненном положении, угловая ско-

рость судна уменьшается пропорционально времени и в момент времени t_3 достигает нулевого значения.

Возвращение руля в нулевое положение производят в момент, когда уг-

ловая скорость $\frac{d\varphi}{dt} = 0$ (в нашем случае это соответствует времени $t=t_3$).

В момент времени $t > t_3$ судно вышло на новое направление движения

$$\varphi_{зад} = \varphi_{пр} = \varphi_{t > t_3}$$

Использование предложенного способа позволит сэкономить расход топлива на 2-3%, сократить время перехода на новое направление движения без перерегулирования, т.е. без дополнительной потери времени и скорости хода судна, сократить процесс обучения судоводителей и повысить безопасность плавания.

Формула изобретения

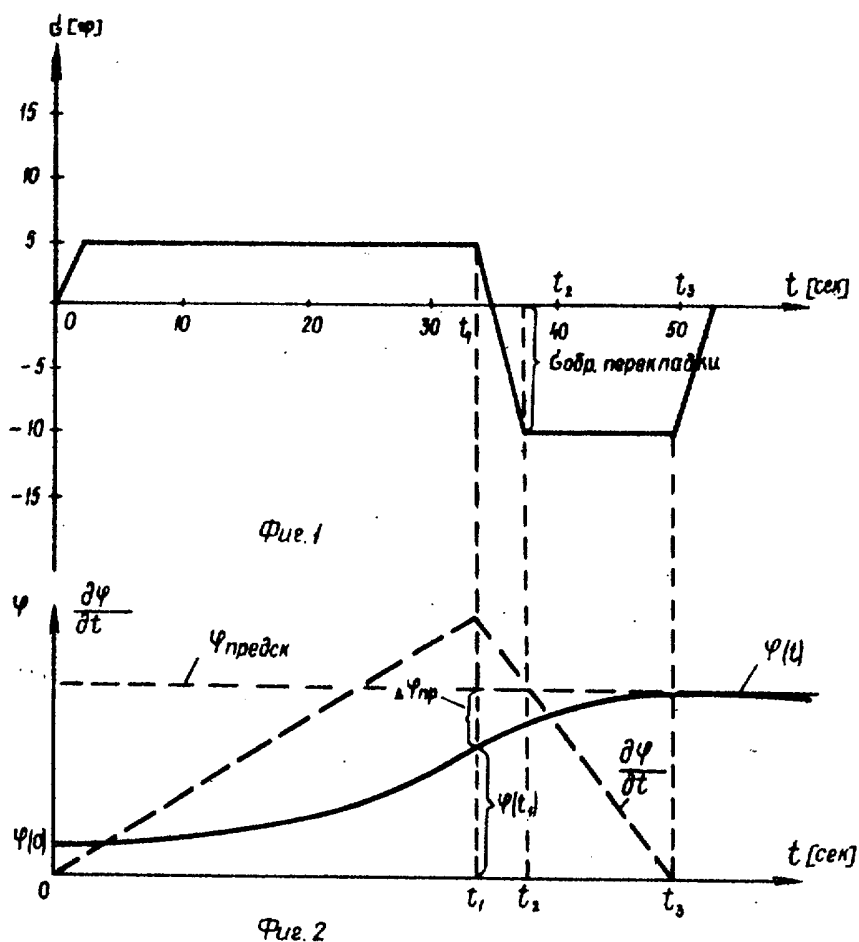
Способ управления курсом речного судна путем осуществления в первый момент времени перекладки руля на угол, определяемый скоростью судна и заданным углом поворота, осуществления во второй момент времени обратной перекладки руля, а в третий момент времени сведения угла перекладки руля к нулю, отличающийся тем, что с целью повышения точности и безопасности управления, определяют угловую скорость судна и соответствующее ей прогнозируемое приращение угла поворота судна и осуществляют обратную перекладку руля в момент, когда сумма текущего угла поворота и прогнозируемого приращения угла поворота судна равна заданному углу поворота, причем величину угла обратной перекладки руля определяют согласно зависимости

$$\delta_{обр.перекл.} = k\omega V,$$

где k - весовой коэффициент;
 ω - угловая скорость судна;
 V - линейная скорость судна, после чего угол поворота обратной перекладки руля уменьшают до нуля при достижении угловой скоростью нулевого значения.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

1. Савченко Н.С., Анненков Н.П. Бортовая система управления БСУ-ЗП. М., "Транспорт", 1974, с. 64.
2. Шлейер Г.Э. Прогнозирование курса судна. "Судостроение", № 12, 1976, с. 27-29 (прототип).



Редактор О. Стенина Составитель Л. Цалаггова Техред А. Ач Корректор Н. Швыдкая

Заказ 6747/64

Тираж 940

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ЦПП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4