

ПОДОБРЯВАНЕ КАЧЕСТВОТО НА ПРОЦЕСА НА РЕГУЛИРАНЕ НА АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА ЗА ПОСТИГАНЕ НА ЖЕЛАНИЯ КУРС НА КОРАБА

Светлана Герганова-Савова
ТУ-Варна, Варна ул. “Студентска” 1,
e-mail: gerganova-savova@mailcity.com

Резюме: Повишаването на качеството е свързано с основното изискване за решаване на задачата за контрол на движението на кораба - да се осигури висока точност, надеждност и достоверност на резултатите. На преден план излизат потока на сигналите и обработката им, взаимодействието между входните и изходните връзки. Точността се определя от нормалното функциониране на системата, липсата на аномални резултати, грешки и повреди. Изследват се показатели на качеството на система за автоматично регулиране на курса на кораба, като се съставя уравнението на динамиката, построява се и се моделира структурната схема. Качеството на преходните процеси, получени при различни случаи може да се подобри с включването на определени типове регулатори.

Ключови думи: Качество, висока точност, надеждност, желан курс на кораба.

1. Въведение

Световното корабоплаване винаги се е нуждаело от регулация не само в правно, но и в техническо и оперативно отношение. Международната морска организация (International Maritime Organization, IMO), е международна, междуправителствена организация за регулиране на морския транспорт. Системите за автоматично управление (САУ) на курса на кораба са неизменна част от оборудването на съвременните кораби. При правилната настройка на авторуля, който е един от основните елементи на тази система, се намалява загубата на ходовото време до 3 % за сметка на по - точното поддържане на кораба на зададения курс и намаляване на съпротивителните моменти на корпуса и руля. Ъглите на въртене на руля при автоматичното управление са 20 – 30 % по-малко, отколкото при ръчния режим.

В теорията на управлението физическата структура и технологичната реализация на системите за управление са на заден план, докато на преден план излизат потока на сигналите и обработката им, взаимодействието между входните и изходните връзки [1, 2, 3]. Към външните въздействия се отнасят отклоненията на системата, предизвикани от изменението на състоянието на обекта или от неговото взаимодействие със средата. Ако обекта на регулиране е кораб с дадена предавателна функция, външните въздействия това са измене-

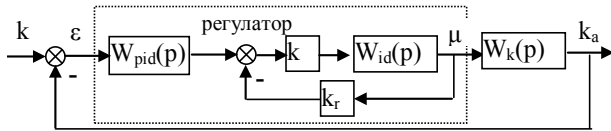
нието на натоварването, скоростта, действието на вятъра, течението и т. н. Всички съществуващи САУ на курса на кораба, независимо от конструкцията на отделните звена, работят на принципа на отклонението.

2. Същност на разработката

Анализа на работата се прави при типови въздействия близки до реалните управляващи и смущаващи въздействия в нормални или най-трудни режими на работа. За системите, като корабите, работещи в условията на клатене, смущенията имат периодична съставка, определянето на качеството е при хармонично входно въздействие, което позволява най-пълноценно да се оценят динамичните свойства. Вълнението помага за рискливостта на кораба. Винтът и рулят временно се оголват, което води към влошаване на маневреността. Така качеството в преходен режим се оценява от M – показател на колебателност, което е максималната стойност на амплитудно честотната характеристика, и се получава при резонансната честота [2, 3]. Въпреки че честотните методи за оценяване на качеството са коствени, но при хармонично въздействие, например клатенето на кораба при вълнение на морето, се явяват пряк критерий за качеството на преходния процес и в определен смисъл това е оценка за устойчивостта на системата, т.к. е

свързано с пререгулирането [4]. Трябва М да не надвишава 1.25, 1.3.

От структурната схема дадена на фиг.1 [1] може да се състави уравнението на динамиката на система за автоматично управление на курса на кораба.



Фиг. 1.

Характерното тук е по-сложния неконвенционален регулатор, който формира управляващия сигнал. Регулаторът е тип АВР и се състои от ПИДР и последователно на него пропорционално звено и идеално интегриращо звено - изпълнителен двигател, обхванати от локална безинерционна отрицателна обратна връзка, което е ЛБТ на руля. Предавателната функция на кораба е:

$$W_k(p) = \frac{k_k}{p(T_k p + 1)} \quad (1)$$

В зависимост от натоварването на кораба, от скоростта на хода и от отклонението на руля за корабите от морския флот параметрите се изменят в границите $K_k = 0.01-0.08s$ и $T_k = 15-40 s$.

Предавателната функция на звеното в глобалната обратна връзка, което е жирокомпас, се приема равна на 1 [1, 2].

Ще се разгледа първоначално предавателната функция на затворената система без регулатор, която е:

$$W_s(p) = \frac{k_k}{T_k p^2 + p + k_k} \quad (2)$$

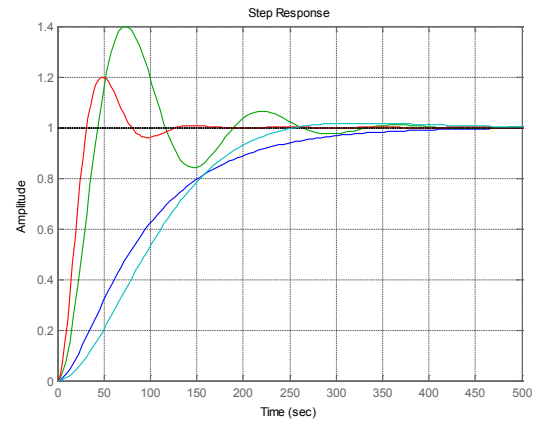
За различните случаи на параметрите [1,2] за формула (2) се получават преходни процеси от типа - фиг.2:

Варианта с най-високия максимум има пререгулиране 40%, другия колебателен процес е с пререгулиране 20%. Двата колебателни процеса и двата апериодични са с еднакво време на затихване на преходния процес.

При така препоръчаните стойности и ЛБТ на руля (изменя се от 1.2 за 20 х. тонен танкер до 12 за 300 х. тонен танкер) се включва ПИДР. Предавателната функция на регулатора АВР от

фиг.1 разписана подробно е:

$$W_{reg} = \left(k_p + k_d p + \frac{k_i}{p} \right) \left(\frac{k \frac{k_{id}}{p}}{1 + k \frac{k_{id}}{p} k_r} \right)$$



Фиг. 2.

Ако се пренебрегне продължителността на отклонението на руля,

$$\frac{k \frac{k_{id}}{p}}{1 + k \frac{k_{id}}{p} k_r} = \frac{k_{id}}{p + k_{id} k_r} = \frac{1}{\frac{p}{k_{id}} + k_r} = \frac{1}{k_r}$$

за регулатора се получава предавателна функция (3):

$$W_{reg} = \left(k_p + k_d p + \frac{k_i}{p} \right) \frac{1}{k_r} \quad (3)$$

Предавателната функция на отворената система е:

$$W_o = W_{reg} W_k = \frac{1}{k_r} \left(k_p + k_d p + \frac{k_i}{p} \right) \left(\frac{k_k}{p(T_k p + 1)} \right)$$

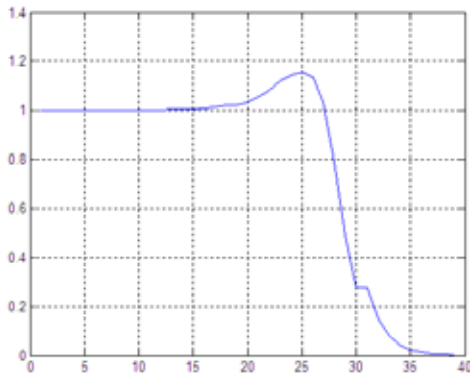
Предавателната функция на затворената система е:

$$W_s = \frac{W_{reg} W_k}{1 + W_{reg} W_k} = \frac{k_d k_k p^2 + k_p k_k p + k_i k_k}{k_r T_k p^3 + (k_r + k_d k_k) p^2 + k_p k_k p + k_i k_k}$$

АЧХ на системата като формула, в Matlab и като графика (фиг.3) са показани по-долу.

$$A(\omega) = \frac{\sqrt{\left(1 - \frac{k_r + k_d k_k \omega^2}{k_i k_k}\right)^2 + \left(-\frac{k_p \omega + \frac{k_r T_k}{k_i k_k} \omega^3\right)^2}}{\sqrt{\left(1 - \frac{k_r + k_d k_k \omega^2}{k_i k_k}\right)^2 - \left(-\frac{k_p \omega + \frac{k_r T_k}{k_i k_k} \omega^3\right)^2}} \left(\left(1 - \frac{k_d \omega^2}{k_i}\right)^2 + \left(\frac{k_p}{k_k}\right)^2 \right)$$

$$Aw = \frac{((1 - kd^2/ki^2)^2 + kp^2/kk^2) * ((1 - (kr + kd*kk*w^2)/ki*kk)^2 - kp*w/ki + kr^2*Tk^2*w^6/ki^2*kk^2) / (1 - (kr + kd*kk*w^2)^2/ki^2*kk^2 - (kp*w/ki - kr*Tk*w^3/ki*kk^2)^2)^{1/2}}$$



Фиг.3.

Тук M=1.16, което е в рамките на препоръчителните стойности [4, 5] за добро качество.

Направено е моделно изследване, показано на фиг.4, от което се получава:

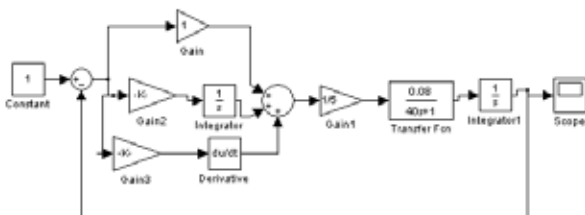
num =

1.0e-003 *

0 0.000000000000002 0.4 0.0004

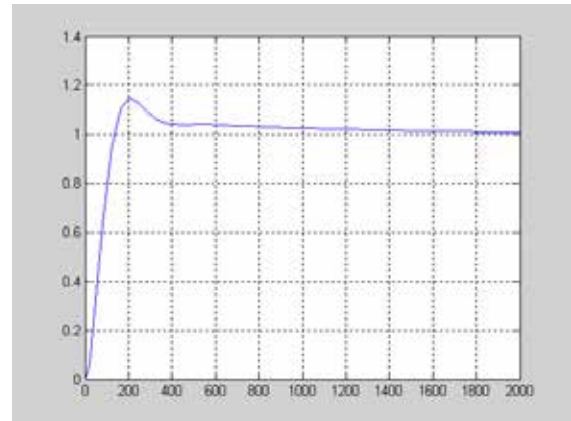
den =

1.00 0.025 0.0004 0.0000004



Фиг.4.

С включването на ПИДР се подобрява качеството и преходния процес, показан на фиг.5 е с пререгулиране 10%, времето за затихване на преходния процес от 450 е намаляло на 350 s.



Фиг.5.

По-добро качество може да се получи с допълнителни настройки на ПИД регулатора съобразно допълнителни изисквания за преходен процес.

3. Заключение

В настоящо време повечето кораби са оборудвани с показаните регулатори от типа AVR, производство на известни международни фирми. Принципните им схеми са аналогични. В съответствие с международните изисквания, САУ на курса на кораба трябва да обезпечи и преход от автоматическо на ръчно управление при неизправности от всякакъв род в системата. Не е коректно да се определя качеството на работа на системата, когато не се знае какво става в даден момент в и другите звена, в обекта на регулиране, какво е входното въздействие и смущенията. Не може да се говори за добър или лош регулатор, ако той не е изследван съвместно с обекта на регулиране.

4. Литература

- [1] avtomatizacia.hit.bg, 2014.
- [2] <http://podlodka.info/education/35-technical-aids-to-navigation/398-autopilots.html?showall=1>, 2014.
- [3] seaspirit.ru/navigator/navigation/obshhie-karakteristiki-avtorulevyx, 2014.
- [4] Gene Franklin, J. David Powell, Abbas Emami-Naeini. Feedback Control of Dynamic Systems Pearson Education Inc., New Jersey, 2006.

[5] Richard Dorf, Robert Bishop. Modern Control Systems, New Jersey, 2008.

Данни за авторите

Гл.ас. д-р инж. **Светлана Георгиева Герганова – Савова**. Завършила ТУ-Варна специалност Автоматизация на производството

през 1978. В момента е главен асистент д-р в същата катедра. Научни интереси: Теория на автоматичното регулиране и управление, Управление на качеството.

Рецензент:
доц. д-р **Виолета Станчева**,
Технически Университет – Варна

IMPROVING THE QUALITY OF THE PROCESS OF ADJUSTING THE AUTOMATIC SHIP ROUTING SYSTEM TO ACHIEVE FOLLOWING THE DESIRED VESSEL'S COURSE

Svetlana Gerganova-Savova

Technical University - Varna, Varna, Studentska str.1;
e-mail: gerganova-savova@mailcity.com

Abstract: - Quality improvement is related to the primary demands for solving the task of controlling the vessel's movement - to ensure high accuracy, reliability and credibility of the results. There come to the fore, the flow of signals and their processing, as well as the interaction between the input and output connections. Accuracy is defined by the normal operation of the system, the absence of abnormal results, errors and failures. Quality indexes from the automatic ship routing system have been studied, an equation of the dynamics has been worked out and a structural scheme has been drawn and modeled. The quality of the transitional processes, which come as a result in different cases, can be improved through including certain regulator types.

Key-Words: Quality, high accuracy, reliability, following the desired vessel's course.

Literatura

[1] avtomatizacia.hit.bg, 2014.
[2] <http://podlodka.info/education/35-technical-aids-to-navigation/398-autopilots.html?showall=1>, 2014.
[3] seaspirit.ru/navigator/navigation/obshhie-karakteristiki-avtorulevyx, 2014.

[4] Gene Franklin, J. David Powell, Abbas Emami-Naeini. Feedback Control of Dynamic Systems Pearson Education Inc., New Jersey, 2006.
[5] Richard Dorf, Robert Bishop. Modern Control Systems, New Jersey, 2008.