

Определяне коефициента на усилване при изследване на преходни процеси на изпълнително устройство в хидравлична система с цифрово управление

Илчо Ангелов, Александър Митов

Determining the gain coefficient in the research of transient response of actuator device in digital control hydraulic system: This paper is a continuation of research on hydraulic system contained two parallel supplied 3/2 digital control valves. These valves are connected with two straight pipelines that supplied actuator device. Based on already known synthesized mathematical simulation model that shows the response of the actuator in the form of the transition process is shown methodology for determining the gain coefficient of this open loop hydraulic system.

Key words: Hydraulic System, Digital Control, Simulation Model, Transient Response, Gain

ВЪВЕДЕНИЕ

Всяка система за автоматично регулиране и управление се нуждае от изследване на устойчивост и качество на преходния процес. Устойчивостта се определя най-вече от затихването на процеса. Освен това, за да се постигне по-голяма устойчивост е необходимо в установен режим регулируемата величина да има достатъчно близка стойност до първоначално зададената такава. Това от своя страна налага задължителното изследване на точността на регулиране чрез определяне на абсолютната и относителна грешка след затихване на преходния процес. От друга страна е необходимо затихването на преходния процес да се извършва достатъчно бързо и с допустими отклонения по отношение на пререгулиране от зададената стойност на регулируемата величина, тоест възниква необходимост от оценка на качеството на преходния процес.

Точността в установен режим и качеството на преходния процес изследвани заедно определят качеството на регулиране на изследваната автоматична система.

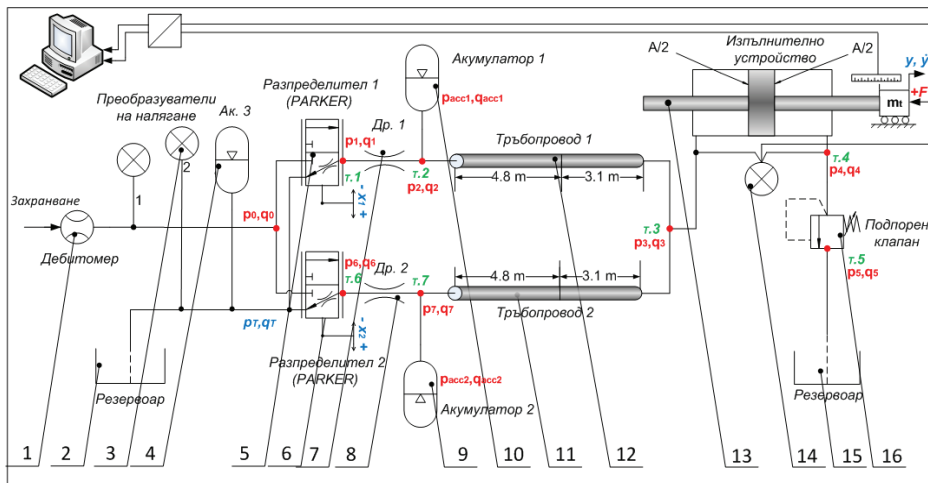
Всяка реална система за автоматично регулиране и управление работи при определени стойности на задаващото и смущаващо въздействие и техните характерни изменения. Получаването на малки стойности на отклонението от зададената стойност не определят напълно качеството на регулиране. Точността, респективно относителната грешка се определят при наличието или отсъствието на отклонения, след затихването на преходния процес и при различни стойности на коефициента на усилване, които стойности се определят в редица случаи от параметрите на входния сигнал. Не е достатъчно оценката на качеството на регулиране на една автоматична система да се извърши въз основа само на един числен показател.

В [1] и [2] е извършена оценка на качеството на регулиране на разглежданата в настоящата работа хидравлична задвижваща система с цифрово управление на база на други два показателя – логаритмичен декремент (LD) на затихване и време на регулиране.

В настоящата работа е представена методика за определяне коефициента на усилване, абсолютната и относителна грешка в позиционирането, според която методика тези показатели се оценяват непосредствено по кривата на преходния процес. Изследваните преходни характеристики представляват реакция на изпълнително устройство при различни честоти на входния управляващ цифров сигнал и с различни стойности на неговия ход. Характеристиките са получени вследствие на синтез на математичен симулационен модел [1] на изследвана експериментална уредба, основаваща се на управление на изпълнително устройство чрез два или повече паралелно захранвани трипътни, двупозиционни хидравлични разпределителя, които от своя страна захранват едностранно това устройство посредством прави тръбопроводи.

1. СХЕМА И ПОСТАНОВКА НА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНАТА УРЕДБА

На Фиг.1 е показана схема на експерименталната уредба, описана по-подробно в [2].



Фиг.1 Схема на експерименталната постановка.

2. СИМУЛАЦИОНЕН МОДЕЛ

Моделът е синтезиран върху верифициран математичен симулационен модел [1] на експериментална система състояща се от тръбопровод и предвключен трипътен, дву-позиционен (3/2) разпределител с цифрово управление. Въз основа на верифицирания модел са извършени серия от изследвания, с цел оценка на влиянието както на параметрите на входния управляващ сигнал, така и на включени допълнителни хидравлични устройства преди и след въвеждане на изпълнително устройство в системата. Симулационният модел се състои от основен модел и три подчинени подсистеми (Subsystems) реализиран в средата на програмния пакет Matlab/Simulink [2].

3. МЕТОДИКА ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ КОЕФИЦИЕНТА НА УСИЛВАНЕ, АБСОЛЮТНАТА И ОТНОСИТЕЛНА ГРЕШКА НА ИЗСЛЕДВАНАТА СИСТЕМА

Въз основа на извършен литературен преглед [3,4,5,6] на известни методи за определяне на коефициента на усилване е обобщена методика за неговото определяне, приложена в случай на вече получена (експериментално или числено) преходна характеристика в графичен вид. Тази методика може да бъде представена достатъчно точно като последователност от следните действия:

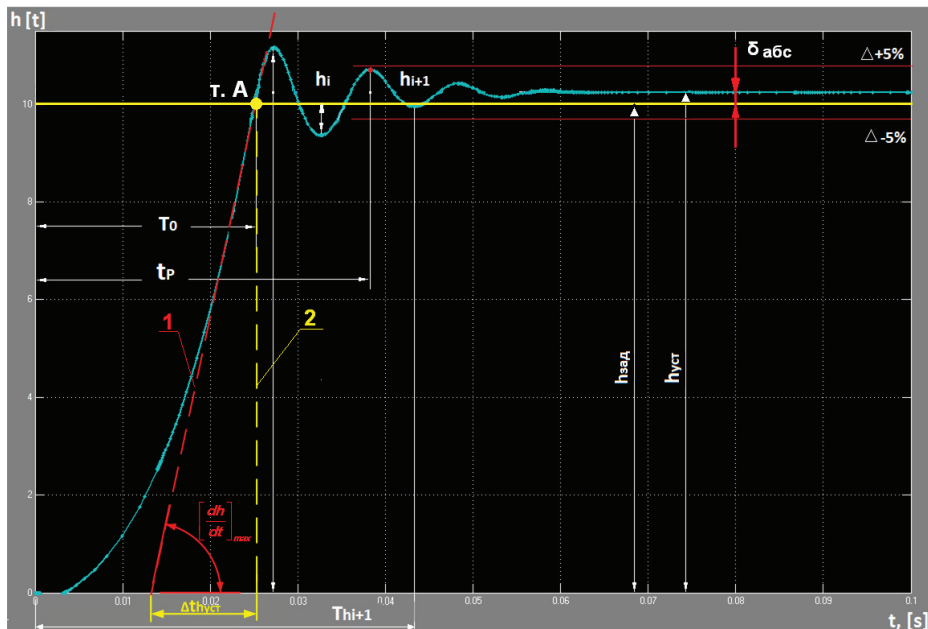
1. Построяване на графична линейна зависимост апроксимираща в максимална степен т.нар. преден фронт на вече получената преходна характеристика. Тази линейна зависимост (линия 1) е показана с червен цвят на Фиг.2.

2. Построяване на перпендикулярна линейна зависимост от пресечната точка ($t.A$, Фиг.2) на преходната функция с установената (в някой случай предварително зададена) стойност на изследваната величина. Тази линейна зависимост (линия 2) е показана с жълт цвят на Фиг.4.

3. Определяне на времето ($\Delta t_{\text{уст}}$, Фиг.2) получено между построените в т.1 и т.2 от методиката графични зависимости, отчетено от пресичането им с абсцисната (времева) ос на преходната характеристика.

За да бъде определен коефициентът на усилване е необходимо да бъде изчислен тангенсът на ъгъла между построената в т.1 от методиката апроксимационна

права линия и абсисната ос, представен на Фиг.4 като $[dh/dt]_{max}$ или това е максималната скорост на отработка на регулируемата величина. В такъв случай коефициентът на усилване представлява отношение между $h_{уст}$ и определеното в т.3 време – $\Delta t_{уст}$.



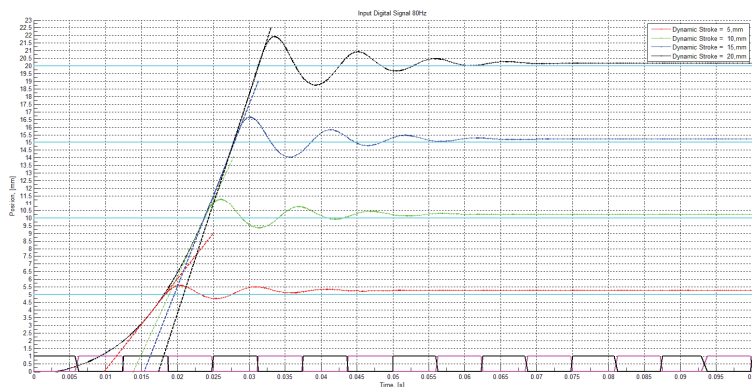
Фиг.2. Примерна симулационна преходна характеристика на изследваната система онаглеждаваща необходимите параметри за изследване качеството на регулиране.

Абсолютната грешка ($\delta_{абс}$) представлява разликата (в размерен вид) между предварително зададената ($h_{зад}$, Фиг.2) (експериментално получена или пресметната) стойност на изследваната величина, както и установената ѝ стойност ($h_{уст}$) след затихването на преходния процес. Относителната грешка (δ') представлява процентното отношение между получената абсолютна грешка и установената след затихването стойност ($h_{уст}$) на изследваната величина, която в конкретния случай представлява реакция на изпълнителното устройство в разглежданата хидравлична система с цифрово управление:

$$\delta' = \frac{|h_{зад} - h_{уст}|}{h_{зад}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

4. РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ НА ИЗВЪРШЕНИТЕ СЪГЛАСНО ПРЕДСТАВЕНАТА МЕТОДИКА ИЗСЛЕДВАНИЯ

На Фиг.3 са показани симулационни преходни характеристики получени съгласно възприетата в [1] методика и представляват реакция на изпълнителното устройство при различни стойности на неговия ход и при различни честоти на входния управляващ цифров сигнал [2]. Резултатите от изчисленията за коефициента на усилване, абсолютната и относителната грешка на изследваната хидравлична задвижваща система са показани в Таблица 1.



Фиг.3 Симулационна преходна характеристика при 80Hz честота на управляещия сигнал и ход на изпълнителното устройство 5÷20mm.

Таблица 1

№	Честота Hz	Ход mm	h _{max} mm	h _з mm	h _{уст} mm	Δh _{уст} s	t _{анр} s	T ₀ s	T _{hmax} s	T s	t _p s	ω ₀ s ⁻¹	σ _{max} %	δ _{бас} mm	δ' %	k m/s
1	10	5	5,30	5	5,10	0,008750	0,010000	0,01875	0,02100	0,01400	0,03250	448,80	6,00000	0,10000	2,00000	0,57
2		10	10,77	10	10,05	0,011250	0,013750	0,02500	0,02800	0,01250	0,04100	502,65	7,70000	0,05000	0,50000	0,89
3		15	16,00	15	15,00	0,016250	0,015000	0,03125	0,03350	0,01250	0,04500	502,65	6,66667	0,00000	0,00000	0,92
4		20	21,05	20	20,00	0,019250	0,017000	0,03625	0,03750	0,01250	0,05500	502,65	5,25000	0,00000	0,00000	1,04
5	20	5	5,30	5	5,30	0,008750	0,01000	0,01875	0,02100	0,01450	0,03250	433,32	6,00000	0,30000	6,00000	0,57
6		10	10,77	10	10,25	0,013025	0,01260	0,02563	0,02800	0,01300	0,03740	483,32	7,70000	0,25000	2,50000	0,77
7		15	16,00	15	15,23	0,015625	0,01500	0,03063	0,03350	0,01250	0,04300	502,65	6,66667	0,23000	1,53333	0,96
8		20	21,25	20	20,23	0,018500	0,01750	0,03600	0,03750	0,01100	0,04400	571,20	6,25000	0,23000	1,15000	1,08
9	40	5	5,50	5	5,30	0,008125	0,01063	0,01875	0,02050	0,01350	0,03100	465,42	10,00000	0,30000	6,00000	0,62
10		10	11,20	10	10,25	0,011250	0,01375	0,02500	0,02750	0,01250	0,03640	502,65	12,00000	0,25000	2,50000	0,89
11		15	16,50	15	15,23	0,011875	0,01625	0,02813	0,03250	0,01400	0,04280	448,80	10,00000	0,23000	1,53333	1,26
12		20	21,75	20	20,25	0,015000	0,01813	0,03313	0,03600	0,01350	0,04600	465,42	8,75000	0,25000	1,25000	1,33
13	80	5	5,55	5	5,30	0,008125	0,01000	0,01813	0,02000	0,01300	0,03050	483,32	11,00000	0,30000	6,00000	0,62
14		10	11,30	10	10,25	0,009375	0,01438	0,02375	0,02625	0,01700	0,03600	369,60	13,00000	0,25000	2,50000	1,07
15		15	16,60	15	15,23	0,012600	0,01500	0,02760	0,03000	0,01350	0,04150	465,42	10,66667	0,23000	1,53333	1,19
16		20	21,90	20	20,23	0,013125	0,01750	0,03063	0,03350	0,01300	0,04500	483,32	9,50000	0,23000	1,15000	1,52
17	160	5	5,60	5	5,30	0,007625	0,00938	0,01700	0,01900	0,01300	0,02800	483,32	12,00000	0,30000	6,00000	0,66
18		10	11,30	10	10,25	0,010000	0,01250	0,02250	0,02500	0,01150	0,03540	546,36	13,00000	0,25000	2,50000	1,00
19		15	16,65	15	15,23	0,011750	0,01450	0,02625	0,02900	0,00900	0,04000	698,13	11,00000	0,23000	1,53333	1,28
20		20	22,00	20	20,23	0,013250	0,01625	0,02950	0,03250	0,01350	0,04300	465,42	10,00000	0,23000	1,15000	1,51

Анализът на получените във връзка с поставената цел резултати се основава на графичното представяне на изменението на коефициента на усилване, абсолютната грешка представени (Фиг.4) във функция на честотата на входния сигнал и при различни ходове на изпълнителното устройство.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

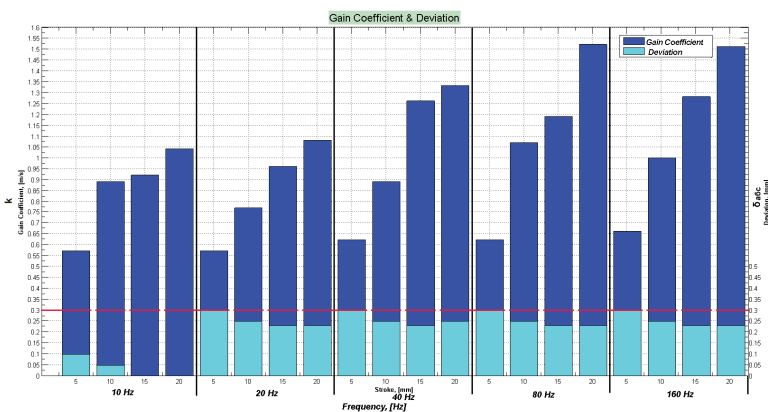
На база на представената методика и получените въз основа на нея резултати за коефициента на усилване, абсолютната и относителна грешка, изчислени на база симулационни преходни характеристики, могат да бъдат направени следните важни изводи, касаещи качеството на регулиране на изследваната система:

1. При изменение на честотата на входния управляещ сигнал в диапазона от 10=160Hz се наблюдава изменение на стойностите на коефициента на усилване **K** (Виж Таблица 1, Фиг.3), съответно (0,5÷0,66 - ход 5mm; 0,77÷1,07 - ход 10mm; 0,92÷1,28 - ход 15mm; 1,04÷1,52 - ход 20mm;).

2. Изменението на честотата на входния цифров сигнал в диапазона 10÷160Hz при различни стойности на хода на изпълнителното устройство в интервала 5÷20mm не влияе върху изменението на абсолютната δ_{abs} и относителна грешки δ (Таблица 1, Фиг.2).

3. В съответствие с горепосочените изводи и тези касаещи логаритмичния декремент на затихване и времето на регулиране [1,2] на изследваната хидравлична система с цифрово управление следва, че честотата на входния управляващ сигнал може да се ограничи на 80Hz, тъй като при тази честота се постига максимална скорост на обработка на регулируемата величина, без изменение на грешката при изпълнение на съответния ход на изпълнителното устройство.

4. Така представената методика за графо-аналитично определяне на коефициента на усилване, абсолютната и относителна грешка е подходяща за изследване на системи, чиито преходни процеси имат колебателно-затихващ характер.



Фиг.4 Изменение на коефициента на усилване и абсолютната грешка.

Литература:

- [1]. Ангелов, И., Ал. Митов, Оценка качеството на регулиране при изследване на преходни процеси на изпълнително устройство в хидравлична система с цифрово управление, ТУ-София, ЕМФ-2013, Созопол, 2013
- [2]. Ангелов, И., А.Митов, Изследване на динамични процеси в хидравлична система в цифрово управление на изпълнителното устройство, ИПФ-Сливен, 2013
- [3]. Ангелов, И., Лекции по дисциплината „Автоматично регулиране и управление на ХПТ”.
- [4]. Драганов, Б., Автоматично регулиране и управление, Техника, София, 1980.
- [5]. Иващенко, Н., Автоматическое регулирование, Машгиз, 1972.
- [6]. Макаров, И., Б.Менский, Линейные автоматические системы, Москва, 1982.

За контакти:

Доц. д-р инж. Илчо Иванов Ангелов, Технически Университет – София, кат. Хидроаеродинамика и Хидравлични машини, 0887 857820, ilangel@tu-sofia.bg
 Маг. инж. Александър Стоянов Митов, Технически Университет – София, кат. Хидроаеродинамика и Хидравлични машини, 0886 208937, alexander_mitov@mail.bg

Докладът е рецензиран.