

*Замечание 1.* Порядок оценки (4) есть  $O\left(\delta^{s+1}\right)$  и, он оптимален в классе

решений  $x = A^s z$ ,  $s > 0$ .

*Замечание 2.* Используемое в формулировке теоремы предположение порядка  $s > 0$ , истокорпредставимости точного решения не потребуется на практике, так как при останове по невязке автоматически делается число итераций, нужное для получения оптимального по порядку приближенного решения.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СИМУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

*Захаров А.В., ГТТУ, г. Гомель*

В последнее время, благодаря существенному увеличению быстродействия средств персональной вычислительной техники, получило широкое распространение программное обеспечение, т.н. симуляторы, позволяющее моделировать различные процессы и устройства на ЭВМ. Причем точность воспроизводства симуляторами параметров прототипов может достигать сотых долей процента.

Однако очень часто возникают проблемы с наличием программного обеспечения (ПО) узко прикладного характера. В частности для исследований, проводимых автором возникла необходимость в ПО для моделирования динамики в гидравлических системах управления. В виду отсутствия в нашем распоряжении необходимых программных средств, было принято решение воспользоваться одним из симуляторов электрических схем и элементов, основанное на широко известном положении теории автоматического управления об идентичности математических описаний типовых динамических звеньев различной физической природы [1].

Рассмотрим процесс электрического моделирования динамической системы на примере системы управления гидравлическим питанием с обратной связью по давлению (рис.1)[2,3].

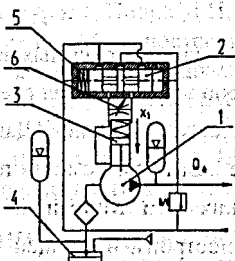


Рис.1. Система управления гидротитанием с обратной связью по давлению: 1-насос; 2-управляющий золотник; 3-поршень цилиндра механизма регулирования подачи насоса; 4-гидробак; 5-эталонная пружина; 6-регулируемый линейный дроссель.

В работе [2] описывается построение структурной схемы (рис.2), описание изображений передаточных функций и коэффициентов данной системы управления.

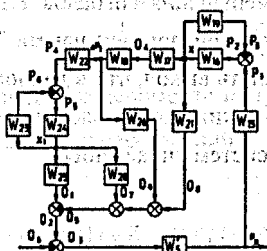


Рис.2. Структурная схема системы управления гидротитанием с обратной связью по давлению

При выводе передаточных функций элементов системы использовались следующие обозначения [1,2,3]:  $S$ —оператор дифференцирования,  $1/s$ ;  $Q_1$ —теоретический расход насоса,  $m^3/s$ ;  $Q_2$ —расход через золотник,  $m^3/s$ ;  $Q_3$ —потери расхода на утечки, сжимаемость в гидравлической нагрузке,  $m^3/s$ ;  $X_2$ —перемещение золотника,  $m$ ;  $X_1$ —перемещение управляющего органа насоса,  $m$ ;  $P_1$ —сила, действующая на золотник от регулируемого давления,  $H$ ;  $P_2$ —результатирующая сила, действующая на управляющий золотник,  $H$ ;  $P_3$ —сила поджатия пружины,  $H$ ;  $Q_4$ —расход в управляющем органе насоса,  $m^3/s$ ;  $Q_5$ —потери расхода на управление насосом,  $m^3/s$ ;  $P_4$ —сила, действующая на управляющий орган подачи насоса от регулируемого давления,  $H$ ;  $P_5$ —результатирующая сила, действующая на управляющий орган подачи насоса,  $H$ ;  $P_6$ —сила поджатия пружины управляющего органа подачи насоса,  $H$ ;  $Q_6$ —расход, потребляемый рабочим гидроцилиндром,  $m^3/s$ ;  $Q_7$ —потери расхода на перемещение управляющего золотника системы управления насосом,  $m^3/s$ ;  $Q_8$ —потери расхода на перемещение управляющего органа подачи насоса,  $m^3/s$ ;  $Q_9$ —расход жидкости через линейный дроссель,  $m^3/s$ ;  $\Delta p_1$ —перепад давление в



**Литература.** 1. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. Москва, "Машиностроение", 1987. 2. Шагинян А.С., Захаров А.В. Анализ динамики привода гидравлического питания вибрационных источников сейсмических волн.//Весті НАН Беларусі. Сер. фіз.-техн. навук.-1999.-№2.-С.109-114. 3. Льюис Э., Стерн Х. Гидравлические системы управления. Москва, "МИР", 1966. 4. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: справочное руководство. Пер. с нем.-М.:Мир, 1982.-512 с., ил.

### ОЦЕНКА СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ ПРОЦЕССА С БЕРНУЛЛИЕВСКИМИ ПРОПУСКАМИ НАБЛЮДЕНИЙ

*Илюкевич Т. И., БГУ, Минск*

Рассмотрим стационарный в широком смысле случайный процесс

$X(t), t \in Z$  с математическим ожиданием  $m^X = 0$ , ковариационной функцией  $R^X(\tau), \tau \in Z$  и спектральной плотностью  $f^X(\lambda), \lambda \in \Pi = [-\pi, \pi]$ . Пусть в результате некоторого эксперимента получено  $T$  последовательных, через равные промежутки времени наблюдений

$$Y(0), Y(1), \dots, Y(T-1) \quad (1)$$

за процессом  $Y(t), t \in Z$ , который связан с процессом  $X(t), t \in Z$  следующим образом:

$$Y(t) = X(t)d(t), \quad (2)$$

$t \in Z$ , где  $d(t), t \in Z$  - бернуллиевская последовательность, для которой

$$d(t) = \begin{cases} 1, & \text{если в момент } t \text{ } X(t) \text{ наблюдаем} \\ 0, & \text{если в момент } t \text{ } X(t) \text{ не наблюдаем} \end{cases} \quad (3)$$

причём  $P\{d(t)=1\} = p > 0, P\{d(t)=0\} = q, t \in Z, p + q = 1$ .

Предположим, что  $d(t), t \in Z$  последовательность независимых случайных величин и  $d(t), t \in Z$  не зависит от процесса  $X(t), t \in Z$ . Возникает задача по наблюдениям за процессом  $Y(t), t \in Z$ , построить оценку спектральной плотности процесса  $X(t), t \in Z$  и исследовать её статистические свойства.

В качестве оценки спектральной плотности рассмотрим статистику

$$\hat{I}^T(\lambda) = \frac{1}{2\pi T} \left[ \sum_{t=0}^{T-1} \frac{Y^2(t)}{p} + \sum_{\substack{t=0 \\ s \neq t}}^{T-1} \frac{Y(t)Y(s)}{p^2} e^{-i\lambda(t-s)} \right], \lambda \in \Pi. \quad (4)$$