

## **Л.6. Системы автоматизованого керування та стабілізації динамічних систем, від'ємний зворотній зв'язок**

Система управления — устройство или набор устройств для манипулирования поведением других устройств или систем.

Объектом управления может быть любая динамическая система или её модель. Состояние объекта характеризуется некоторыми количественными величинами, изменяющимися во времени, т.е. переменными состояниями. В естественных процессах в роли таких переменных может выступать температура, плотность определенного вещества в организме, курс ценных бумаг и т.д. Для технических объектов это механические перемещения (угловые или линейные) и их скорость, электрические переменные, температуры и т.д. Анализ и синтез систем управления проводится методами специального раздела математики — теории управления.

Системы управления разделяют на два больших класса:

Автоматизированные Системы Управления (АСУ) (с участием человека в контуре управления);

Системы Автоматического Управления (САУ) (без участия человека в контуре управления).

Система автоматического управления, как правило, состоит из двух основных элементов — объекта управления и управляющего устройства.

Цель управления – изменение состояния объекта в соответствии с заданным законом управления. Такое изменение происходит в результате внешних факторов, например вследствие управляющих или возмущающих воздействий.

Системы автоматической стабилизации. Выходное значение поддерживается на постоянном уровне (заданное значение - константа). Отклонения возникают за счёт возмущений и при включении.

Системы программного регулирования. Заданное значение изменяется по заранее заданному программному закону. Наряду с ошибками,

встречающимися в системах автоматического регулирования, здесь также имеют место ошибки от инерционности регулятора.

Критерием качества, который обычно называют целевой функцией, может быть либо непосредственно измеряемая физическая величина (например, температура, ток, напряжение, влажность, давление), либо КПД, производительность и др.

### Адаптивные системы автоматического управления

Служат для обеспечения желаемого качества процесса при широком диапазоне характеристик изменения объектов управления и возмущений.

### Замкнутые САУ

В замкнутой системе автоматизированного регулирования управляющее воздействие формируется в непосредственной зависимости от управляемой величины. Связь входа системы с его выходом называется обратной связью. Сигнал обратной связи вычитается из задающего воздействия. Такая обратная связь называется отрицательной.

### Разомкнутые САУ

Сущность принципа разомкнутого управления заключается в жестко заданной задающим устройством программы управления, т.е. не учитывается управлением влияние возмущений на характеристики процесса и осуществляется без контроля результата. Примеры таких систем : компьютер, часы, магнитофон и т.п.

### Характеристика САУ

В зависимости от описания переменных системы делятся на линейные и нелинейные. К линейным относятся системы, состоящие из элементов описания, которые задаются линейными алгебраическими или дифференциальными уравнениями.

Если все параметры уравнения движения системы не меняются во времени, то такая система называется стационарной. Если хотя бы один

параметр уравнения движения системы меняется во времени, то система называется нестационарной или с переменными параметрами.

Системы, в которых определены внешние (задающие) воздействия и описываются непрерывными или дискретными функциями во времени относятся к классу детерминированных систем.

Системы, в которых имеет место случайные сигнальные или параметрические воздействия и описываются стохастическими дифференциальными или разностными уравнениями относятся к классу стохастических систем.

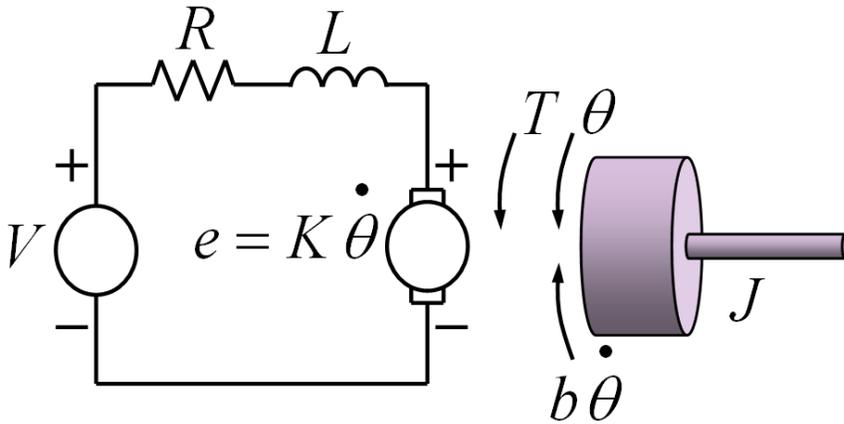
Если в системе есть хотя бы один элемент, описание которого задается уравнением частных производных, то система относится к классу систем с распределенными переменными.

### **Примеры систем автоматического управления**

В зависимости от природы управляемых объектов можно выделить биологический, экологический, экономические и технические системы управления. В качестве примеров технического управления можно привести:

Системы дискретного действия или автоматы (торговые, игровые, музыкальные).

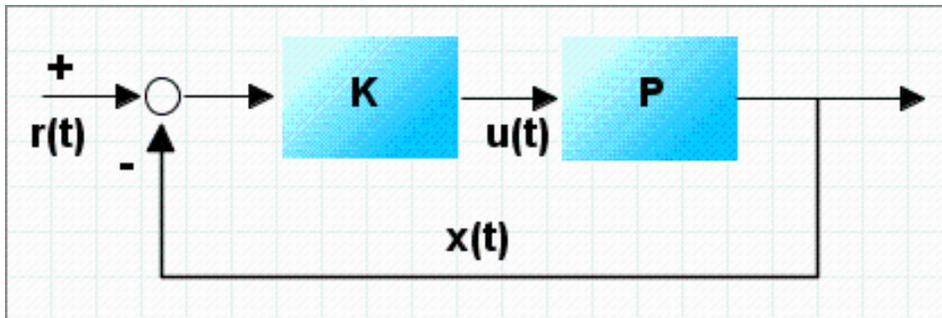
Системы стабилизации уровня звука, изображения или магнитной записи. Это могут быть управляемые комплексы летательных аппаратов, включающие в свой состав системы автоматического управления двигателя, рулевыми механизмами, автопилоты и навигационные системы.



Моторные новообращенные DC электрические сигналы (напряжение и поток) в механическом движении. Электрические и механический характеристики могут иллюстрировать схемная диаграмма и свободная диаграмма тела соответственно (показано в диаграмме выше).

### Параметры

Имя	Значение	Единицы
<b>Параметры</b>		
Момент инерции мотора ( $J$ )	<input type="text" value="0.01"/>	$[[kg \cdot m^2]]$
Коэффициент демпфирования механической системы ( $b$ )	<input type="text" value="0.1"/>	$[[N \cdot m \cdot s]]$
ЭДС ( $K$ )	<input type="text" value="0.01"/>	$[[\frac{N \cdot m}{A}]]$
Сопротивление ( $R$ )	<input type="text" value="1"/>	$[[\Omega]]$
Индуктивность ( $L$ )	<input type="text" value="0.5"/>	$[[H]]$



## Переменные

Имя	Описание
<b>Входящие переменные</b>	
$V(t)$	Подводимое напряжение
<b>Выходящие переменные</b>	
$\theta(t)$	Угловая координата ротора
$i(t)$	Сила тока

## Дифференциальные уравнения модели

Применяем закон Киргофа для замкнутой цепи. Наводимая ЭДС пропорциональна угловой скорости ротора мотора (подсистема, отвечающая электрической схеме)

$$([L \cdot i'(t) + R \cdot i(t) = V(t) - K \cdot \theta'(t)], [V(t)], [\theta(t)]) :$$

Вторая подсистема моделирует механическую компоненту двигателя, представлена дифференциальным уравнением второго порядка - уравнением вращательного движения ротора с моментом инерции  $J$  при наличии демпфирования  $b$ . Вращающий момент пропорционален силе тока в обмотке ротора

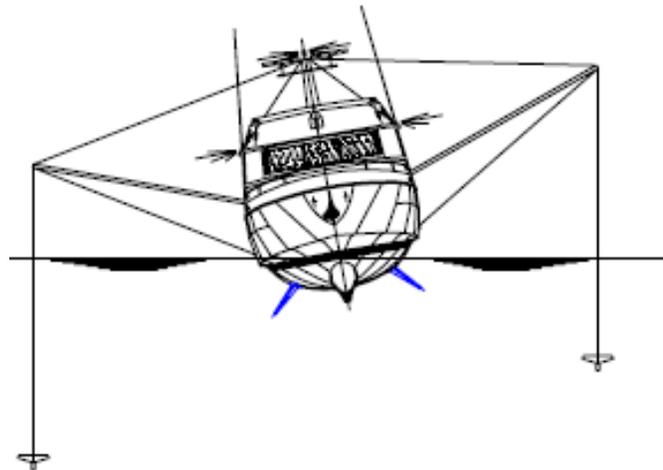
$$([J \cdot \theta''(t) + b \cdot \theta'(t) = K \cdot i(t)], [i(t)], [\theta(t)]) :$$

Полная модель - система дифференциальных уравнений относительно тока  $i(t)$  и углового положения  $\theta(t)$  имеет вид:

$$([L \cdot i'(t) + R \cdot i(t) = V(t) - K \cdot \theta'(t), J \cdot \theta''(t) + b \cdot \theta'(t) = K \cdot i(t)], [V(t)], [\theta(t)]) :$$

### Пассивные системы стабилизации

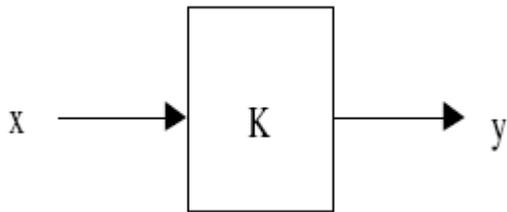
Трюмный киль - длинный киль из металла, сваренный вдоль длины судна в части днища. Трюмные кили используются попарно (один для каждой стороны судна). Трюмные кили увеличивают гидродинамическое сопротивление, когда корпус судна кренится.



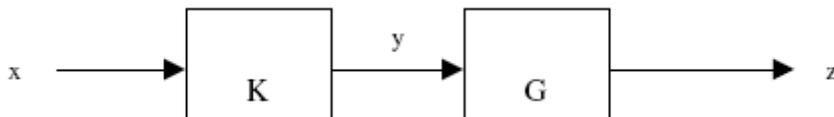
## Активные системы стабилизации

Обычно гироскоп, активизирующий кили, которые размещены посередине судна, либо гидравлический поршень, закачивающий в резервуары окружающую жидкость, чтобы противодействовать вредным движениям судна. К сожалению, их эффективность уменьшается при уменьшении скорости - на ябре или в доке они не обеспечивают никакой реальной эффективности.

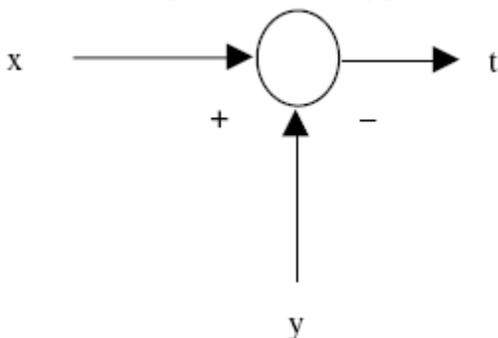
Блок-схема - графическое представление системы (модель или выравнивание). Следующие соглашения используются:



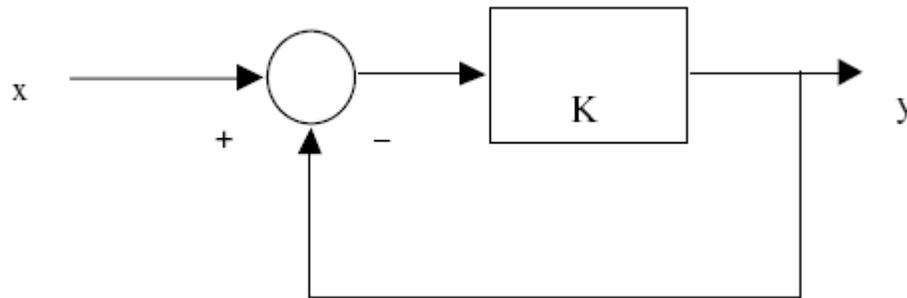
Говорят, что следующие блоки находятся в серии или в каскаде.



Здесь блок представляет уравнение  $t = x - y$  :



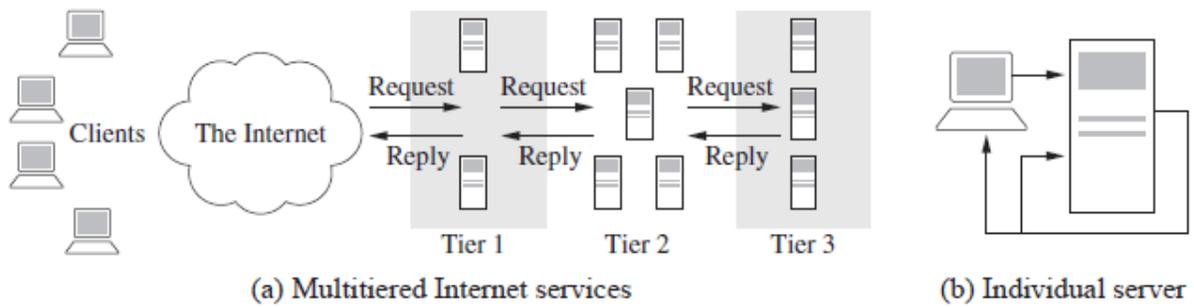
Далее блок-схема контроля обратной связи. Найдите выражение, которое связывает  $x$  с  $y$  (вход с выходом)



### Networks and Computing Systems

Control of networks is a large research area spanning many topics, including congestion control, routing, data caching and power management. Several features of

these control problems make them very challenging. The dominant feature is the extremely large scale of the system; the Internet is probably the largest feedback control system humans have ever built. Another is the decentralized nature of the control problem: decisions must be made quickly and based only on local information.



**Figure 1.10:** A multitier system for services on the Internet. In the complete system shown schematically in (a), users request information from a set of computers (tier 1), which in turn collect information from other computers (tiers 2 and 3). The individual server shown in (b) has a set of reference parameters set by a (human) system operator, with feedback used to maintain the operation of the system in the presence of uncertainty. (Based on Hellerstein et al. [HDPT04].)