федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

«Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»

КАФЕДРА СУДОВОЙ АВТОМАТИКИ И ИЗМЕРЕНИЙ

Лаборатория моделирования динамических систем

ДИСЦИПЛИНА: «Теория автоматического управления»

Лабораторная работа № 4

Исследование системы автоматического регулирования (машина-двигатель, управляемая регулятором Ф. Дженкина). Условие устойчивости Д. К. Максвелла.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: получение практических навыков в исследовании устойчивости состояний равновесия простейших астатических систем автоматического регулирования.

ВВЕДЕНИЕ В РАБОТУ

Систему автоматического регулирования условно можно представить в виде объекта регулирования (машина-двигатель) и регулятора, замкнутых в единый контур с внешним возмущением (изменением нагрузки), воздействующим на этот контур извне.

Рис. 4.1.

Математической моделью машины-двигателя, управляемой астатическим регулятором является система дифференциальных уравнений следующего вида:

Система автоматического регулирования
$$\begin{cases} T_a\dot{\varphi} + \Theta\varphi = -\mu - f & \text{– машина-двигатель;} \\ T_r^2\ddot{\mu} + T_k\dot{\mu} = \varphi & \text{– регулятор Ф. Дженкина.} \end{cases} \tag{4.1}$$

где: $f(t)$ – внешнее возмущающее воздействие;

$\varphi(t)$ – регулируемая величина (входной сигнал регулятора);

$\mu(t)$ – регулирующее воздействие (выходной сигнал регулятора).

ПРИМЕЧАНИЕ: $\mu(t)$ для системы уже не является внешним воздействием (как это было при рассмотрении машины-двигателя), а является присущей системе переменной вместе со своими производными $\dot{\mu}(t)$ и $\ddot{\mu}(t)$, определяющей состояние системы.

Представленную систему дифференциальных уравнений можно записать в виде одного уравнения:

а) относительно переменной $\varphi(t)$

$$T_r^2 T_a\dddot{\varphi} + (T_r^2 И + T_k T_a)\ddot{\varphi} + T_k И\dot{\varphi} + \varphi = -T_r^2\ddot{f} - T_k\dot{f} \tag{4.2}$$

б) относительно переменной $\mu(t)$

$$T_r^2 T_a\dddot{\mu} + (T_r^2\Theta + T_k T_a)\ddot{\mu} + T_k\Theta\dot{\mu} + \mu = f \tag{4.3}$$

Внешний вид левой части уравнений (4.2) и (4.3) при смене переменных $\varphi(t)$, $\mu(t)$ не изменяется, характеристическое уравнение системы определяется выражением:

$$T_r^2 T_a p^3 + (T_r^2 И + T_k T_a) p^2 + T_k И p + 1 = 0$$

где λ_1, λ_2, λ_3 – корни этого характеристического уравнения.

Состояние равновесия системы определяются как $\varphi_c = 0$, $\mu_c = f_0$.

Свободное движение системы (движение, возникающее при $f = 0$ и ненулевых значениях начальных условий) может быть представлено в пространстве состояния системы (фазовом пространстве) φ, $\dot{\varphi}$, $\ddot{\varphi}$ или μ, $\dot{\mu}$, $\ddot{\mu}$.

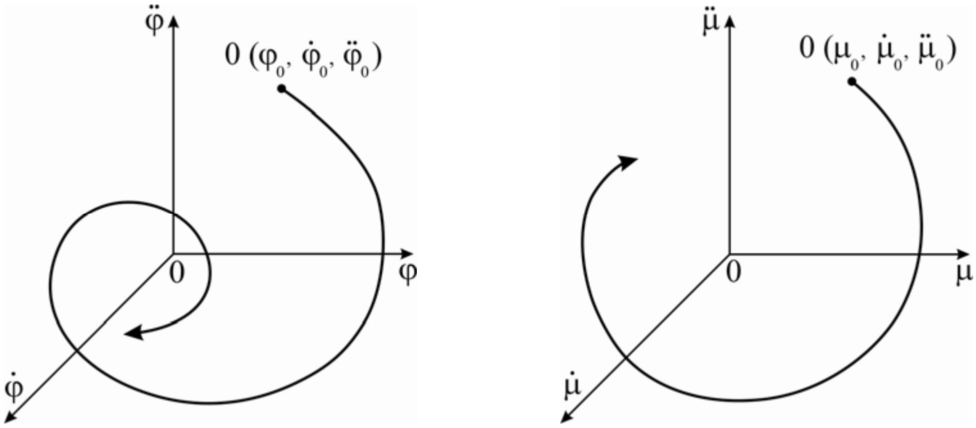

Рис. 4.2.

Состояние равновесия считается устойчивым, если свободное движение системы с течением времени приближается к нему и наоборот̃ неустойчивым, если удаляется от него.

Состояние равновесия данной системы будет устойчивым, если удовлетворяется условие:

$$\Theta^2 T_r^2 T_k + \Theta T_k^2 T_a > T_r^2 T_a \quad \text{(Условие Максвелла).}$$

Структурная математическая модель системы имеет следующий вид:

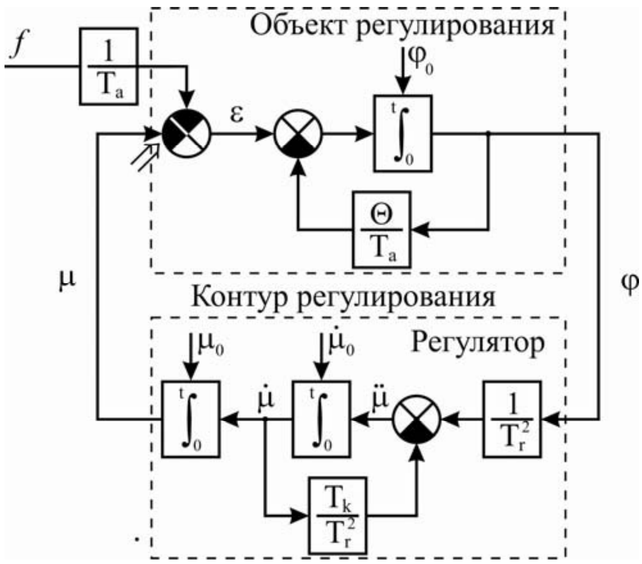

Рис. 4.3.

Обратите внимание на минус в главном контуре (контуре регулирования) отмеченный значком $\Downarrow$.

Основное правило регулирования – сигнал, обходя контур регулирования, должен поменять знак (рис. 4.4).

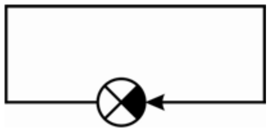

Рис. 4.4.

Порядок выполнения работы:

1. По дифференциальному уравнению составьте структурную математическую модель системы.
2. Используя ранее заданные параметры объектов получите графики переходных процессов

$$\left.\begin{array}{l}\varphi(t)\\ \mu(t)\\ \varepsilon(t)\end{array}\right\}\quad \text{на одном поле}$$

2. Постройте фазовые портреты $\dot{\mu}(\mu)$ и $\dot{\varphi}(\varphi)$.
3. Определите основное свойство системы – устойчива, неустойчива.
4. Используя условие Максвелла изменяя параметры регулятора переведите систему в другое качественное состояние.
5. Получите графики: $\varphi(t)$, $\mu(t)$, $\varepsilon(t)$, $\dot{\mu}(\mu)$, $\dot{\varphi}(\varphi)$.
6. Сделайте необходимые выводы.

Отчет должен содержать:

1. Дифференциальное уравнение и решение дифференциального уравнения.
2. Структурную схему исследуемой системы.
3. Графики, необходимые для изучения системы
4. Выводы об устойчивости системы.

Возможные вопросы на защите:

1. Какие системы называются статическими (астатическими) ?
2. Что такое состояние равновесия ?
3. Какое состояние равновесия называется устойчивым (неустойчивым) ?
4. В чем заключается условие устойчивости Максвелла ?
5. Какое основное правило регулирования ?
6. Как определяется устойчивость ?
7. Вопросы к первым лабораторным работам.