

Лабораторная работа № 5

Исследование системы автоматического регулирования (машина-двигатель, управляемая регулятором Дж. Уатта). Условие устойчивости И. А. Вышнеградского.

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

ВВЕДЕНИЕ В РАБОТУ

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

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

Представленную систему уравнений можно записать в виде одного уравнения:

$$T_a T_r^2 \ddot{\mu} + (T_a T_k + \Theta T_r^2) \dot{\mu} + (T_a \gamma + \Theta T_k) \mu + (\gamma \Theta + 1) \mu = f$$

или

$$T_a T_r^2 \ddot{\varphi} + (T_a T_k + \Theta T_r^2) \dot{\varphi} + (T_a \gamma + \Theta T_k) \varphi + (\gamma \Theta + 1) \varphi = -T_r^2 \ddot{f} - T_k \dot{f} - \gamma f.$$

Состояния равновесия системы определяются как:

$$\varphi_c = -\frac{\gamma}{1 + \gamma \Theta} f_0, \quad \mu_c = \frac{1}{1 + \gamma \Theta} f_0.$$

Состояние равновесия данной системы - устойчиво, если выполняется условие:

$$(T_a T_k + \Theta T_r^2)(T_a \gamma + \Theta T_k) > T_a T_r^2 (\gamma \Theta + 1).$$

В случае, когда $\Theta = 0$, условие устойчивости следующее:

$$T_a T_k \gamma > T_r^2 \quad (\text{условие устойчивости И. А. Вышнеградского})$$

Порядок выполнения работы:

1. По дифференциальному уравнению составьте структурную математическую модель системы.
2. Используя ранее заданные параметры объектов получите графики переходных процессов
$$\left. \begin{matrix} \varphi(t) \\ \mu(t) \\ \varepsilon(t) \end{matrix} \right\} \text{ на одном поле}$$
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 и каким образом определяется ?
3. Какое состояние равновесия называется устойчивым (неустойчивым) ?
4. В чем заключается условие устойчивости Вышнеградского ?
5. Какое основное правило регулирования ?
6. Как определяется устойчивость ?
7. Вопросы к первым лабораторным работам.