

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого
Институт энергетики
Высшая школа энергетического машиностроения

Отчёт по практической работе №3
по дисциплине «Теория автоматического регулирования»
«Выбор параметров пассивно-дифференцирующего звена»

Выполнили:

Студент гр.3231303/21201 п/г 2 _____ А. К. Дмитриев

Студент гр.3231303/21201 п/г 2 _____ А. Д. Ярошевич

Принял:

Доцент ВШЭМ _____ В. А. Суханов

Санкт-Петербург
2025

Реферат

Отчет объемом 12 страниц содержит пять рисунков, три таблицы.

В данной практической работе проведено построение упрощённой математической модели системы автоматического регулирования (САР) паровой турбины с помощью одного колебательного звена. Цель работы состояла в поиске параметров этого звена.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПЕРЕХОДНЫЙ ПРОЦЕСС, КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ЗВЕНО, ПЕРЕДАТОЧНАЯ ФУНКЦИЯ, ПРИБЛИЖЕННАЯ МОДЕЛЬ.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Описание исследуемой САР и исходные данные	4
2 Система уравнений, описывающих переходные процессы в исследуемой САР и её перевод в программный вид	6
3 Методика исследования	8
4 Результаты численного моделирования	9
Заключение	10
Литература	11

Введение

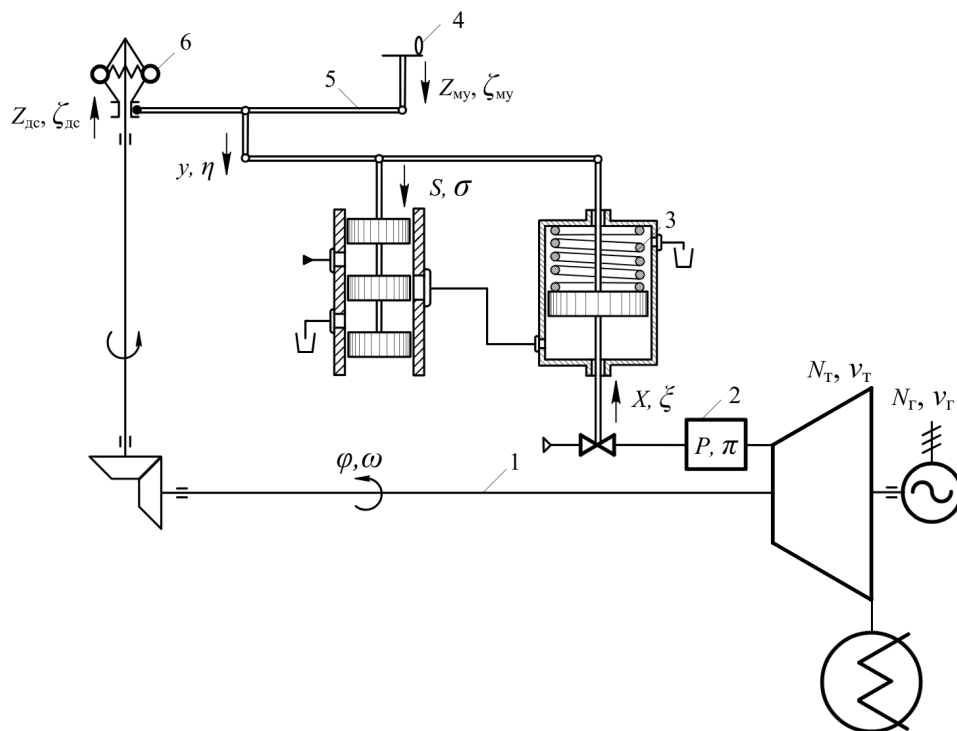
Цель работы состоит в редуцировании математической модели САР конденсационной паровой турбины без промежуточного перегрева и отбора пара до единичного колебательного звена. В ходе исследования использовались классические методы теории автоматического регулирования [1]. Работа проведена с помощью пакетов DifferentialEquations.jl [2] и Makie.jl [3] языка программирования Julia в среде Pluto.

Задача работы заключается в поиске значений параметров колебательного звена, при которых его переходная функция будет эквивалентна исходной переходной функции модели САР ПТУ.

Актуальность исследования заключается в упрощении математической модели, что позволит тратить меньше временных и вычислительных ресурсов на симуляцию.

1 Описание исследуемой САР и исходные данные

Объектом исследования является система регулирования угловой скорости ротора паровой турбины, схема которой изображена на рисунке 1.1.



1 — ротор турбогенератора; 2 — паровая ёмкость между регулирующим клапаном и соплами турбины; 3 — сервомотор; 4 — механизм управления; 5 — управляющий рычаг; 6 — датчик угловой скорости ротора; φ — относительное изменение угловой скорости ротора (величина, характеризующая ошибку регулирования); π — относительное изменение давление пара перед соплами турбины; ξ — относительное изменение положения регулирующего клапана (или поршня сервомотора); η — относительное изменение положения выходной координаты элемента сравнения; ν_T — относительное изменение нагрузки на генераторе; $\zeta_{му}$ — относительное изменение положения механизма управления

Рисунок 1.1 — Принципиальная схема САР угловой скорости ротора

Значения параметров САР указаны в таблицах 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1 — Значения параметров САР из первого набора (№3)

T_a	T_s	δ_ω
5	0.4	0.06

Таблица 1.2 — Значения параметров САР из второго набора (№17)

T_a	T_s	δ_ω
10	0.6	0.06

2 Система уравнений, описывающих переходные процессы в исследуемой САР и её перевод в программный вид

В работе рассматриваются представления САР в структурной форме:

Схема располагаемой САР изображена на рисунке 2.1. Эта система, подготовленная для анализа средствами DifferentialEquations.jl, записана в функции, приведённой на листинге 2.1.

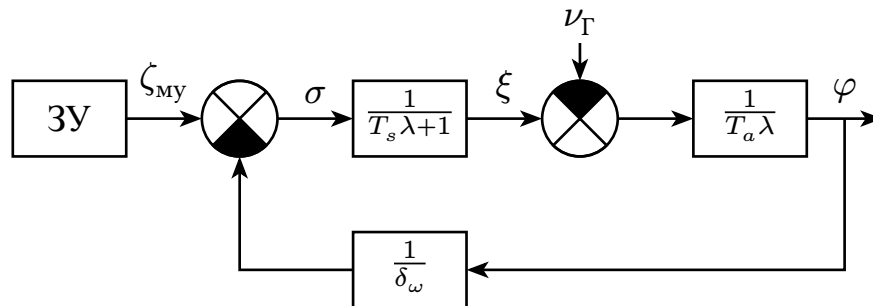


Рисунок 2.1 — Структурная схема располагаемой САР

Листинг 2.1 — Функция, описывающая располагаемую САР

```
1 function simulate_system_ras()
2     (; Ta, Ts, δω, νГ, tspan) = taskparams
3     u0 = [0.0, 0.0]
4
5     function system!(du, u, p, t)
6         φ, ξ = u
7         σ = -φ / δω
8         du[1] = (ξ - νГ(t)) / Ta
9         du[2] = (σ - ξ) / Ts
10    end
11
12    prob = ODEProblem(system!, u0, tspan)
13    solve(prob, Tsit5(), reltol=1e-6, abstol=1e-6)
14 end
```

Схема скорректированной САР изображена на рисунке 2.2. Эта система, подготовленная для анализа средствами DifferentialEquations.jl, записана в функции, приведённой на листинге 2.2.

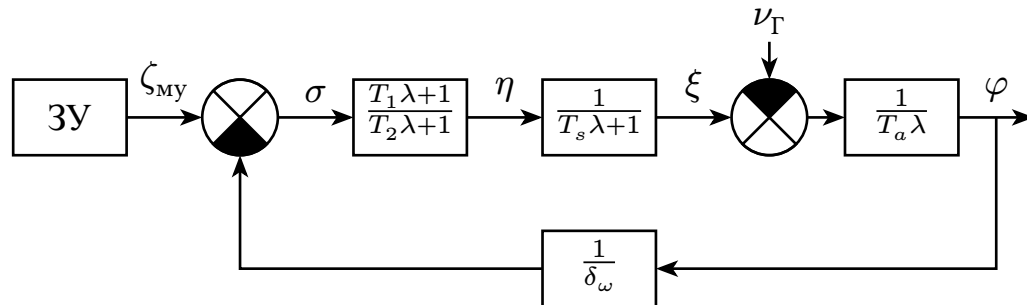


Рисунок 2.2 — Структурная схема скорректированной САР

Листинг 2.2 — Функция, описывающая скорректированную САР

```

1  function simulate_system_cor(T1, T2)
2      (; Ta, Ts, delta_omega, nu_r, tspan) = taskparams
3      u0 = [0.0, 0.0, 0.0]
4
5      function system!(du, u, p, t)
6          phi, xi, eta = u
7          sigma = -phi / delta_omega
8          du[1] = (xi - nu_r(t)) / Ta
9          du[2] = (eta - xi) / Ts
10         du[3] = (-T1 * du[1] / delta_omega + sigma - eta) / T2
11     end
12
13     prob = ODEProblem(system!, u0, tspan)
14     solve(prob, Tsit5(), reltol=1e-6, abstol=1e-6)
15 end

```


3 Методика исследования

4 Результаты численного моделирования

Заключение

Литература

1. Егоршин В.П., Маспанов С.Н., Суханов В.А. Теория автоматического регулирования и автоматизация энергетических установок. учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2021.
2. Rackauckas C., Nie Q. Differentialequations.jl—a performant and feature-rich ecosystem for solving differential equations in julia // Journal of Open Research Software. Ubiquity Press, 2017. т. 5, № 1. с. 15.
3. Danisch S., Krumbiegel J. Makie.jl: Flexible high-performance data visualization for Julia // Journal of Open Source Software. The Open Journal, 2021. т. 6, № 65. с. 3349.