

УДК 1682.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТИПОВОГО ЗАКОНА РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ АВТО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Студент гр. 103091-14 Николаев Н.И.

Научный руководитель – ст. преп. Чижарев В.А.

Белорусский национальный Технический Университет

Минск, Беларусь

Принципиальная схема САР показана на рис. 1. Принцип её работы следующий. Напряжение генератора U измеряется трансформатором $TV1$ и выпрямителем $V1 \dots V6$ преобразуется в напряжение U_3 . Напряжение U_3 подается на вход системы встречно задающему напряжению U_0 . В результате получается разность напряжений $\Delta U = U_0 - U_3$. При уменьшении напряжения U_3 разность ΔU возрастает, что приводит к увеличению напряжения возбуждения U_B генератора и к восстановлению его напряжения U заданного значения. При увеличении напряжения U_3 , разность ΔU уменьшается, что вызывает снижение напряжения возбуждения генератора, а, следовательно, и его напряжения U до требуемого значения. Таким образом, само отклонение регулируемой величины (напряжения генератора) от заданного значения вызывает изменение регулирующего воздействия так, чтобы уменьшить это отклонение и вернуть регулируемую величину к заданному значению.

Динамические свойства объекта регулирования и элементов САР описываются следующими дифференциальными и алгебраическими уравнениями.

Синхронный генератор $G1$:

$$T_0 \frac{dU}{dt} + U = k'_0 U_B - k''_0 \left(T_0 \frac{dI}{dt} + I \right), \quad (1)$$

где T_0 – постоянная времени ($T_0 = 1,2$ с);

k'_0 – передаточный коэффициент по регулирующему воздействию ($k'_0 = 30$);

k''_0 – передаточный коэффициент по возмущающему воздействию ($k''_0 = 1,64$ В/А).

Возбудитель – генератор постоянного тока $G2$:

$$T_U \frac{dU_B}{dt} + U_B \equiv k_U U_2, \quad (2)$$

где T_U – постоянная времени ($T_U = 0,5$ с);
 k_U – передаточный коэффициент ($k_U = 2$).

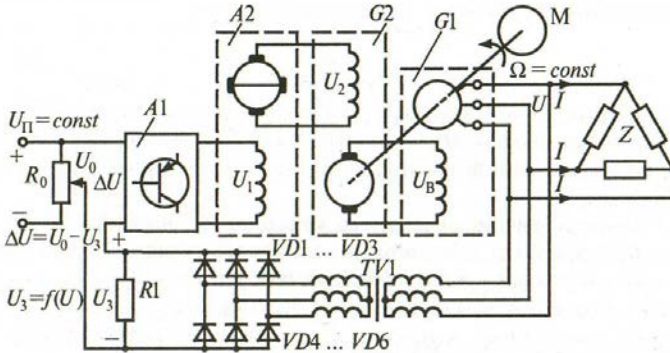


Рисунок 1 – Упрощенная принципиальная схема САР:
 G1-синхронный генератор; G2-генератор возбуждения;
 A2-электромашинный усилитель; A1-электронный усилитель;
 Z-нагрузка; VD1...VD6, TV1-элементы обратной связи;
 R₀-задающий резистор

Электромашинный усилитель A2:

$$T_2^2 \frac{d^2 U_2}{dt^2} + 2bT_2 \frac{dU_2}{dt} + U_2 = k_2 U_1 \quad (3)$$

где T_2 – постоянная времени ($T_2 = 0,15$ с);
 b – коэффициент демпфирования ($b = 1,17$);
 k_2 – коэффициент усиления электромашинного усилителя по напряжению ($k_2 = 2$).

Электронный усилитель A1:

$$U_1 = k_1 \Delta U_0 \quad (4)$$

где k_1 – коэффициент усиления электронного усилителя по напряжению (варьируемая величина $k_1 = 1 \dots 35$).

Понижающий трансформатор TV1:

$$U_1 = k_B U \quad (5)$$

где k_B – передаточный коэффициент (коэффициент трансформации $k_B = 0,001$).

Выпрямительная схема Ларионова $VD1... VD6$:

$$U_3 = k_n U$$

где k_n — передаточный коэффициент схемы Ларионова ($k_n = 2,34$).

Переменные величины (входные, выходные величины, входящие в приведенные выше уравнения) имеют следующий физический смысл:

- U — напряжение на зажимах синхронного генератора, В;
- U_B — напряжение на обмотке возбуждения синхронного генератора (выходное напряжение возбудителя), В;
- I — ток нагрузки синхронного генератора, А;
- U_2 — выходное напряжение электромашинного усилителя, U_1 — напряжение на обмотке управления электромашинного усилителя (выходное напряжение электронного усилителя), В;
- U_3 — сигнал (напряжение) обратной связи, В;
- U_0 — задающий сигнал (задающее напряжение), В;
- $\Delta U = U_0 - U_3$ — сигнал рассогласования, В.

Номинальное напряжение синхронного генератора $U_n = 6300$ В, его номинальный ток $I_n = 688$ А.

Входные воздействия САР:

- задающее воздействие $C/0$ (его значение подбирается в процессе моделирования таким, чтобы при номинальном токе нагрузки $I_n = 688$ А напряжение на выходе САР было равно номинальному значению напряжения $I/n = 6300$ В);
- максимальное возмущающее воздействие — скачкообразное изменение тока нагрузки I от $I_{x1x0} = 0$ до $I_n = 688$ А (I_{x1x0} – ток холостого хода генератора). Отклонение напряжения на зажимах генератора U в установившемся режиме от номинального значения не должно превышать $\pm 5\%$ (± 315 В).

Из анализа принципиальной схемы (рис. 1) и приведенного описания САР следует, что объектом регулирования является синхрон-

ный генератор $G1$ можно представить в виде функциональной схемы, показанной на рис.2.

Из физического принципа работы синхронного генератора и анализа уравнения (1) следует, что при увеличении (уменьшении) напряжения возбуждения U_B напряжение на зажимах генератора U увеличивается (уменьшается). Влияние возмущения (тока нагрузки I) на напряжение U приводит к обратному эффекту: при росте значения тока нагрузки I напряжение U уменьшается, а при снижении тока I напряжение U увеличивается.

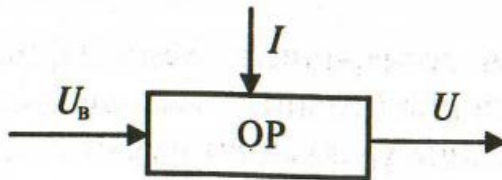


Рисунок 2 – Синхронный генератор как объект регулирования:
 U -регулируемая величина; U_B - регулирующее воздействие;
 I - возмущающее воздействие

В рассматриваемой САР генератор возбуждения $G2$ выполняет роль исполнительного органа (элемента) который можно представить в виде функционального элемента, показанного на рис. 2.3.

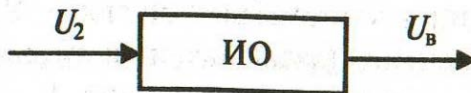


Рисунок 3 – Возбудитель как исполнительный орган

В САР имеется два усилителя $A1$ и $A2$. Первый выполняет роль усилителя напряжения, а второй – усилителя мощности. Как функциональные элементы их можно изобразить в виде, приведенном на рис. 4.

В цепи (канале) обратной связи САР имеются два элемента

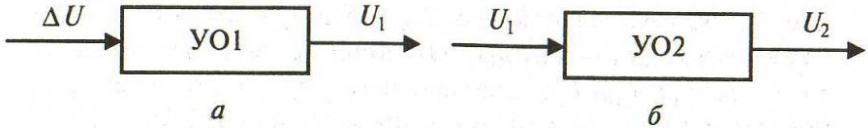


Рисунок 4 – Функциональные схемы *а*-электронного и *б*-электромашинного усилителя

трансформатор напряжения TV1 и выпрямитель VD1...VD6. Первый элемент можно трактовать как воспринимающий орган (ВО), а второй – как преобразующий орган (ПО) (рис.5)

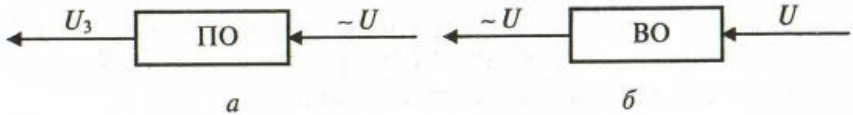


Рисунок 5 – Функциональные схемы элементов, входящих в канал обратной связи: *а*- трансформатора TV1; *б*- выпрямителя VD1...VD6

В рассматриваемой САР (рис.1) применена гальваническая схема сравнения сигналов (задающего U_0 и сигнала обратной связи U_3). Ее функциональную схему можно представить в виде, приведенном на рис.6.

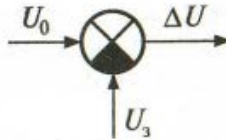


Рисунок 6 – Функциональная схема сравнивающего органа

Объединяя элементарные функциональные схемы (рис. 2...6) в соответствии с принципиальной схемой (рис.1), функциональная схема САР примет вид, показанный на рис.7

Объект регулирования (рис.2) имеет две входных величины и одну выходную. Следовательно, он будет иметь передаточные

функции по каждому каналу: по регулирующему $W_p(p)$ и по возмущающему воздействию $W_B(p)$.



Рисунок 7 - Функциональная схема САР: ОР-объект регулирования; ИО-исполнительный орган; УО1,УО2-усилительные органы 1 и 2; ВО-воспринимающий орган; ПО- преобразующий орган; СО- сравнивающий орган ; ЗО-задающий орган

Передаточную функцию объекта регулирования по регулирующему воздействию $W_p(p)$, руководствуясь принципом суперпозиции, определим на основе уравнения (1) при $I=0$:

$$T_0 = \frac{dU}{dt} + U = k_0' k_B,$$

преобразовав его по Лапласу как

$$T_0 p U(p) + U(p) = k_0' U_B(p),$$

где $U(p)$ и $U_B(p)$ — соответственно изображения по Лапласу регулируемой величины U и управляющего воздействия U .

Из последнего выражения (в левой части) вынесем за скобки $U(p)$:

$$U(p)[T_0 p + 1] = k_0' U_B(p),$$

и на его основе определим

$$W_p(p) = \frac{U(p)}{U_B(p)} = \frac{k_0'}{T_0 p + 1}, \quad (7)$$

Аналогично найдём передаточную функцию объекта регулирования по возмущающему воздействию $W_B(p)$, приняв $U_B = 0$:

$$T_0 \frac{dU}{dt} + U = -k_0'' \left(T_0 \frac{dt}{dt} + I \right);$$

$$T_0 p U(p) + U(p) = -k_0'' [T_0 p I(p) + I(p)];$$

$$U(p) [T_0 p + 1] = -k_0'' I(p) [T_0 p + 1];$$

$$W_B(p) = \frac{U(p)}{I(p)} = \frac{-k_0'' [T_0 p + 1]}{T_0 p + 1} = -k_0'', \quad (8)$$

где $I(p)$ – изображение по Лапласу возмущающего воздействия I .

С учётом передаточных функций (7,8) структурную схему объекта регулирования можно представить как показано на рис. 8.

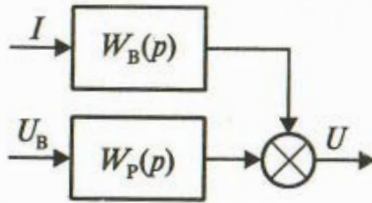


Рисунок 8 – Структурная схема объекта регулирования

Передаточные функции остальных элементов САР, определенные аналогично на основе уравнений (2) – (6), имеют следующий вид:

- исполнительного органа:

$$W_{uo}(p) = \frac{k_u}{T_u p + 1} \quad (9)$$

- усилительного органа 2:

$$W_{y2}(p) = \frac{k_2}{T_2^2 p^2 + 2bT_2 p + 1} \quad (10)$$

- усилительного органа 1:

$$W_{y2}(p) = k_2 \quad (11)$$

- воспринимающего органа:

$$W_{BO}(p) = k_B \quad (12)$$

- преобразующего органа:

$$W_{ПО}(p) = k_{П} \quad (13)$$

На основе функциональной схемы САР (рис. 7) и найденных передаточных функций, путём замены объекта регулирования в этой схеме его структурной схемой (рис. 8) и замещением функциональных обозначений элементов соответствующими им передаточными функциями (9, 10, 11, 12, б, 13), составим структурную схему системы (рис. 9).

Структурная схема САР (рис. 9) является математической моделью, на основе которой выполняется компьютерное моделирование системы в среде ПК <МВТУ>.

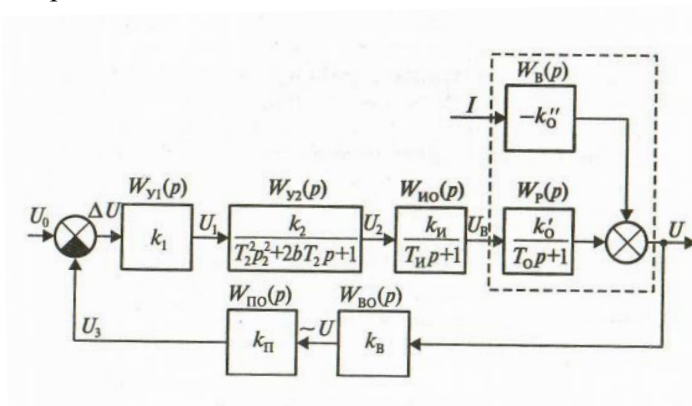


Рисунок 9 – Структурная схема САР напряжения синхронного генератора

Результаты моделирования САР показали, что П- закон регулирования не обеспечивает удовлетворительных показателей качества процесса регулирования. В ходе моделирования исходного варианта САР определены параметры процесса регулирования на границе устойчивости системы; $k_{кр}$ — критический коэффициент П- закона регулирования и $T_{кр}$ — период гармонических колебаний ($k_{кр} = 29, T_{кр} = 2,2с$). В соответствии с заданием для коррекции САР при-

няют ПИД- закон регулирования, параметры которого (k_p , k_d , k_i) рассчитаны с помощью инженерного метода Циглера-Никольса ($k_p = 17,4$; $k_d = 4,8$; $k_i = 15,8$). Результаты моделирования скорректированной САР (на основе ПИД-закона регулирования с помощью метода Циглера-Никольса) показали, что она обеспечивает хорошие показатели качества процесса регулирования по задающему воздействию, но не удовлетворяет требованиям к качеству по возмущению. Посредством подбора параметров ПИД-закона регулирования определены их значения ($k_p = 6, k_d = 2, k_i = 7$), при которых САР обеспечивает требуемые показатели качества процесса регулирования как по задающему, так и возмущаю воздействию.

Литература

1. Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования. Издание третье, исправленное. Москва, издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1975