

## Лабораторная работа № 4

# ЧАСТОТНЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА НЕПРЕРЫВНЫХ СИСТЕМ

### 1. Цель работы

В лабораторной работе рассматривается применение частотного метода синтеза на примере расчета корректирующего звена для системы управления понижающим преобразователем постоянного напряжения, принципиальная схема которого представлена на Рис.4.1

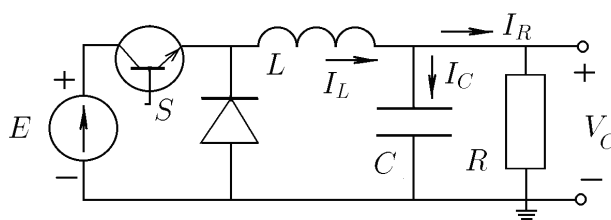


Рис.4.1. Схема понижающего преобразователя постоянного напряжения

В данной схеме не учитывается влияние паразитных активных сопротивлений в цепи дросселя и конденсатора. Ключи реализованы с помощью транзистора и диода, которые находятся в противоположенных состояниях (включено/выключено) и рассматриваются как идеальные ключи. Ключ  $S$ , который реализован на транзисторе, управляется с помощью широтно-импульсного модулятора (ШИМ). Состоянию ключа  $S$  можно поставить в соответствие значение коммутационной функции  $u$ , где открытое состояние транзистора (ключ  $S$  замкнут) соответствует  $u = 1$ , а закрытое состояние транзистора (ключ  $S$  разомкнут) соответствует  $u = 0$ . Предполагаем, что отсутствует режим насыщения ШИМ, при этом управляющий сигнал  $d$  (коэффициент заполнения импульса) на входе ШИМ принадлежит интервалу  $(0,1)$ .

Выходным напряжением преобразователя является напряжение на конденсаторе  $V_C$ , которое измеряется вольтметром с бесконечным внутренним сопротивлением. Цель управления состоит в том, чтобы обеспечить требование

$$\lim_{t \rightarrow \infty} V_C = V_C^d = r = const$$

где  $y = V_C$ ,  $r = V_C^d$ ,  $e = r - y$ . Дополнительные требования также предъявляются на время переходного процесса ( $t_{\Pi}$ ) и перерегулирование ( $\sigma\%$ ) в системе управления.

На рисунке 4.2 представлена структурная схема системы управления преобразователем постоянного напряжения, где сигнал ошибки регулирования  $e$  поступает на корректирующее звено с передаточной функцией  $W_k(p)$ .

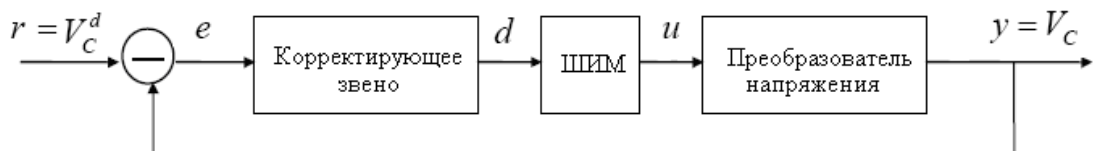


Рис.4.2. Структурная схема системы управления для преобразователя напряжения

## 2. Основные сведения

Первым этапом частотного метода синтеза является построение логарифмической амплитудно-частотной характеристики (ЛАЧХ) для передаточной функции  $W_0(p)$  объекта управления (преобразователя напряжения). Затем вычисляется коэффициент усиления  $k_k$  корректирующего звена в соответствии с требованием к точности в установившемся режиме и строится модифицированная ЛАЧХ объекта управления с учетом коэффициента усиления корректирующего звена  $\bar{L}_0(\omega) = L_0(\omega) + 20 \lg k_k$ . Исходя из требований к качеству переходного процесса ( $t_{\Pi}$  и  $\sigma\%$ ) строят среднечастотный участок желаемой ЛАЧХ, который имеет наклон минус  $20 \text{ дБ/дек}$  и пересекает ось абсцисс в точке  $\lg \omega_c$ , где  $\omega_c$  - частота среза,  $\omega_c = (0.6 \div 0.9) \cdot \omega_{\Pi}$ ,  $\omega_{\Pi}$  - частота положительности ВЧХ замкнутой системы. Для заданной величины перерегулирования  $\sigma\%$ , по номограммам (рис.4.3) определяют запас устойчивости по модулю  $\Delta L$ , ограничивающий среднечастотный участок ЛАЧХ, и  $\omega_{\Pi} = N\pi/t_{\Pi}$ , где  $N$  - коэффициент пропорциональности, соответствующий найденному значению  $P_{max}$ .

Например, при  $\sigma = 25\%$  получаем  $P_{max} = 1.22$ ,  $N = 4$ ,  $\Delta L = 20 \text{ дБ}$ .

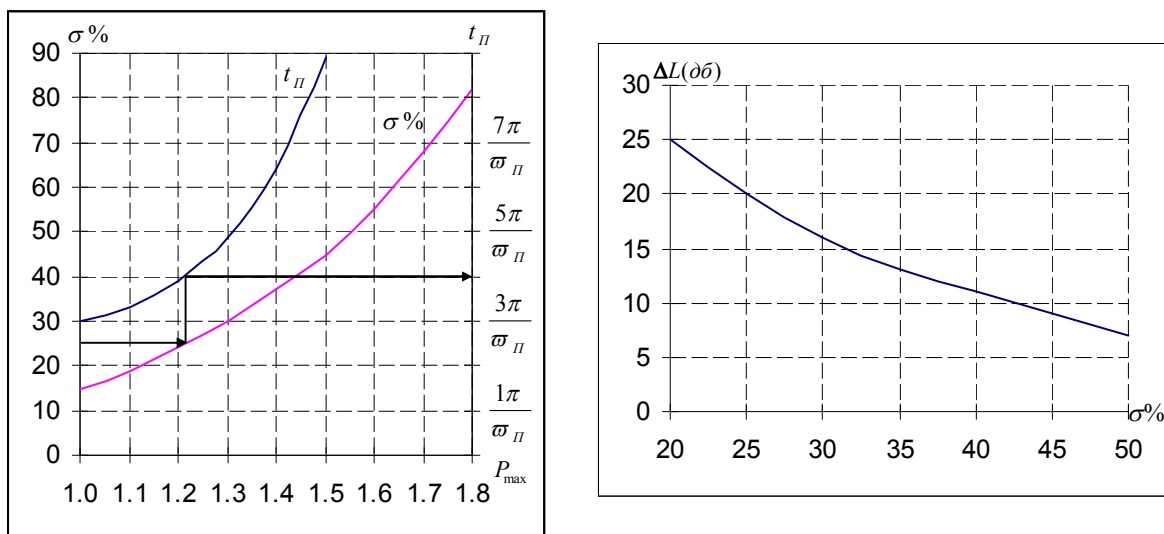


Рис.4.3. Номограммы для определения параметров желаемой ЛАЧХ

В области высоких и в области низких частот желаемую ЛАЧХ разомкнутой системы сопрягают с модифицированной ЛАЧХ  $\bar{L}_0(\omega)$ . Вычи-

тая из желаемой ЛАЧХ модифицированную ЛАЧХ, получают ЛАЧХ нормированного корректирующего звена  $\bar{L}_k(\omega) = L_{раз}^{жс}(\omega) - \bar{L}_0(\omega)$ , по которой определяют нормированную передаточную функцию корректирующего звена  $\bar{W}_k(p)$ . В результате получаем  $W_k(p) = k_k \bar{W}_k(p)$ .

### 3. Методические указания

Для выполнения лабораторной работы необходимо предварительно получить математическую модель преобразователя напряжения в виде системы дифференциальных уравнений. Затем, пренебрегая влиянием ШИМ, перейти к рассмотрению усредненной модели для процессов в преобразователе, где полагаем  $u = d$ . При заданных параметрах преобразователя необходимо найти его передаточную функцию  $W_0(p) = y(p) / d(p)$  и построить ЛАЧХ. Рассчитать параметры корректирующего звена в соответствии с требованиями к качеству переходных процессов в замкнутой системе. Коэффициент усиления  $k_k$  для корректирующего звена в системе статического типа выбирается в соответствии с требованием на относительную ошибку по входу  $r(t)$  в равновесном режиме равную 1%, ( $\bar{e}_0 = 0.01$ ). При синтезе астатической системы управления необходимо ввести дополнительно интегрирующее звено перед блоком ШИМ. Тогда расчет коэффициента усиления  $k_k$  для корректирующего звена необходимо выполнить в соответствии с требованием на относительную скоростную ошибку по входу  $r(t)$  равную 1%, ( $\bar{e}_c = 0.01$ ).

### 4. Порядок выполнения работы

4.1. Получить математическую модель преобразователя напряжения в виде системы дифференциальных уравнений. Реализовать полученную модель средствами пакета прикладных программ *Matlab/Simulink*. Параметры преобразователя приведены в таблице 4.1. Путем численного моделирования получить графики для токов и напряжений в преобразователе при ступенчатом изменении сигнала на входе ШИМ. Исследовать влияние изменений в диапазоне  $\pm 20\%$  напряжения источника питания  $E$  и сопротивления нагрузки  $R$  на процессы в преобразователе напряжения в соответствии со схемой на Рис 4.4. Структурная схема для реализации ШИМ приведена на Рис.4.5. Задать частоту ШИМ  $f_s$  равной 2 кГц.

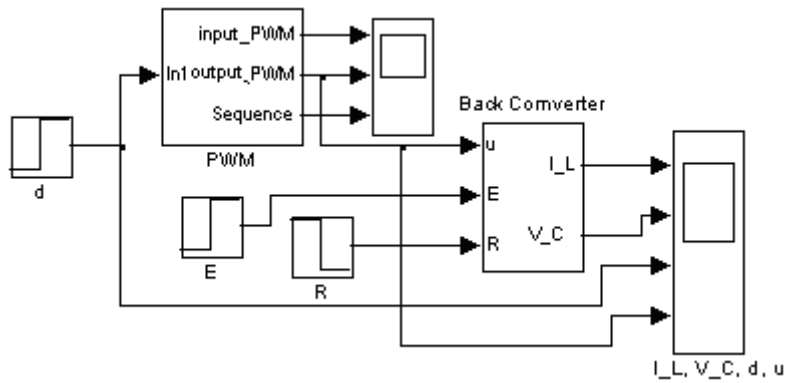


Рис.4.4. Структурная схема системы управления для преобразователя напряжения

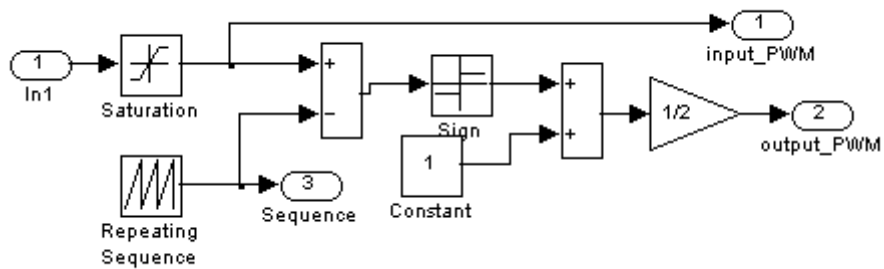


Рис.4.5. Структурная схема реализации ШИМ

4.2. Найти передаточную функцию  $W_0(p)$  для преобразователя напряжения и построить ЛАЧХ. Рассчитать параметры корректирующего звена для системы статического типа в соответствии с требованиями к качеству переходных процессов в замкнутой системе.

Таблица 4.1

Вариант	Параметры преобразователя и требования к системе управления								
	$E, В$	$V_C^d, В$	$R, Ом$	$L, Гн$	$C, Ф$	$f_s, кГц$	$t_{II}, с$	$\sigma, \%$	$\bar{e}$
1	12	10	0.1	$50 \cdot 10^{-6}$	$20 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^{-2}$	20	$10^{-2}$
2	100	80	5	$100 \cdot 10^{-6}$	$40 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^{-1}$	20	$10^{-2}$
3									
4									

4.3. Подготовить модель корректирующего звена и включить его в систему управления. Получить графики переходных процессов для токов, напряжений, ошибки регулирования, сигналов на входе и выходе ШИМ в скорректированной системе. Сравнить показатели качества переходных процессов в замкнутой системе с заданными требованиями. Проверить соответствие заданным расчетным требованиям величины ошибки регулирования в равновесном режиме для скорректированной системы.

4.4. Изменяя параметры корректирующего звена в диапазоне  $\pm 20\%$ , исследовать их влияние на показатели качества переходных процессов в системе управления. Исследовать влияние изменений в диапазоне  $\pm 20\%$  напряжения источника питания  $E$  и сопротивления нагрузки  $R$  на процессы в системе управления для преобразователя напряжения. Рассмотреть различные варианты построения желаемой ЛАЧХ с целью упрощения структуры передаточной функции корректирующего звена.

4.5. Построить ЛАЧХ и рассчитать параметры корректирующего звена для системы управления астатического типа.

4.6. Повторить пункты 4.3 и 4.4 для системы управления астатического типа.

4.7. Исследовать влияние частоты ШИМ на процессы в системе управления.

### ***5. Содержание отчета***

5.1. Цель работы.

5.2. Структурные схемы исследуемых систем.

5.3. ЛАЧХ исходной системы, желаемая ЛАЧХ разомкнутой системы и ЛАЧХ корректирующего звена.

5.4. Передаточная функция корректирующего звена.

5.5. Графики переходных процессов для всех величин в исследуемых системах управления как статического так и астатического типов.

### ***6. Контрольные вопросы***

6.1. Какая часть ЛАЧХ определяет свойства системы в статическом режиме?

6.2. Какая часть ЛАЧХ определяет свойства системы в динамике?

6.3. Как по передаточной функции системы построить ее асимптотическую ЛАЧХ?

6.4. Как учитываются внешние возмущения при синтезе регулятора?

6.5. Как связаны показатели качества замкнутой системы с видом желаемой ЛАЧХ?

6.6. Как по ЛАЧХ корректирующего звена восстановить его передаточную функцию?