

УДК 621. 316722. 1.

ИМПУЛЬСНЫЙ СТАБИЛИЗАТОР НАПРЯЖЕНИЯ С ПРИНЦИПОМ УПРАВЛЕНИЯ ПО ОТКЛОНЕНИЮ С АСТАТИЗМОМ ПЕРВОГО ПОРЯДКА. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СТАБИЛИЗАТОРА

Зайцев Г. Ф., Лысенко Д. А., Булгач Т. В., Градобоева Н.В.

(Держ. унів-т інформаційно-комунікаційних технологій)

В статье приводится математическая модель импульсного стабилизатора напряжения с принципом управления по отклонению с астатизмом первого порядка, на основании которой исследуется устойчивость стабилизатора.

1. Математическая модель импульсного стабилизатора напряжения с принципом управления по отклонению с астатизмом первого порядка. Основой математической модели астатического импульсного стабилизатора напряжения (рис.1) является математическая модель статического стабилизатора ([1], рис. 6). В отличие от этой модели в модель астатического стабилизатора, согласно функциональной схеме ([3], рис.1), включено интегрирующее звено с передаточной функцией $K_I(p) = k_I / p$.

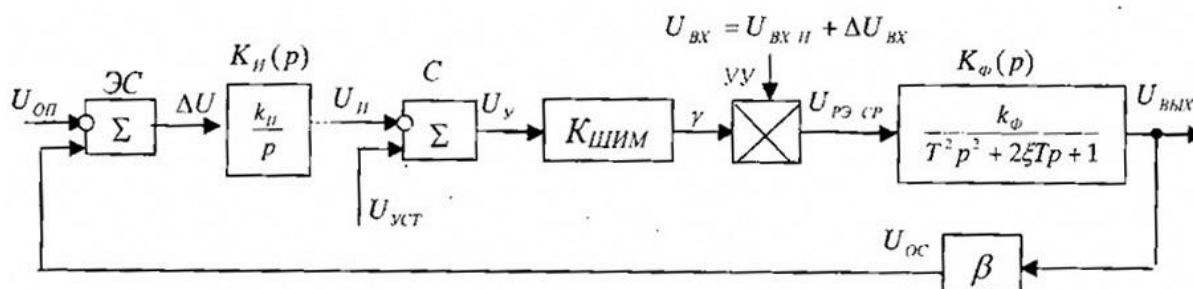


Рис.1. Математическая модель импульсного стабилизатора напряжения с принципом управления по отклонению с астатизмом первого порядка

2. Анализ устойчивости импульсного стабилизатора напряжения с принципом управления по отклонению с астатизмом первого порядка. Традиционный статический импульсный стабилизатор напряжения содержит фильтр нижних частот, который на математической модели стабилизатора ([1], рис. 6) представлен колебательным звеном. Колебательное звено по мере возрастания частот вносит запаздывание от 0° до 180° . Поэтому включение интегрирующего звена, вносящего запаздывание колебаний во всей области частот, равное 90° , может вывести стабилизатор из устойчивого состояния равновесия. В связи с этим необходимо исследовать устойчивость импульсного стабилизатора напряжения.

Анализ устойчивости стабилизатора выполним с помощью метода логарифмических частотных характеристик (ЛЧХ). Согласно математической модели (рис.1) передаточная функция стабилизатора в разомкнутом состоянии при "замороженном" значении $U_{ВХ} = U_{ВХ.Н} = const$ равна

$$K_p(p) = \frac{U_{ос}(p)}{\Delta U(p)} = \frac{k_I k_{ШИМ} U_{ВХ.Н} k_\phi \beta}{p(T^2 p^2 + 2\xi T p + 1)}, \quad (1)$$

откуда, заменив $p = j\omega$, получим комплексную передаточную функцию

$$K_p(j\omega) = \frac{U_{oc}(j\omega)}{\Delta U(j\omega)} = \frac{k_{и}k_{ШИМ}U_{ВХ Н} k_{\phi}\beta}{j\omega(1-T^2\omega^2 + j2\xi T\omega)} = N(\omega)e^{j\psi(\omega)}, \quad (2)$$

где
$$N(\omega) = \frac{k_p}{\omega\sqrt{(1-T^2\omega^2)^2 + 4\xi^2 T^2\omega^2}}, \quad - \text{модуль КПФ}; \quad (3)$$

$$\psi(\omega) = -90 - \arctg \frac{2\xi T\omega}{1-T^2\omega^2}, \quad - \text{аргумент КПФ}. \quad (4)$$

Анализ устойчивости стабилизатора выполним при следующих параметрах :

$k_{и,} = 4,1$; $k_{ШИМ} = 0,5[1/V]$; $U_{ВХ Н} = 60В$; $\beta = 0,4167$.
 $k_{\phi} = 0,8$; $T = 0,01$ с; $\xi = 1,2$.

Коэффициент усиления стабилизатора в разомкнутом состоянии:

$$k_p = k_{и}k_{ШИМ} U_{ВХ Н} k_{\phi} \beta = 4,1 \cdot 0,5 \cdot 60 \cdot 0,8 \cdot 0,4167 = 41,003 .$$

Согласно (3.) выражение для построения логарифмической амплитудно-частотной характеристики (ЛАЧХ) будет иметь вид:

$$L(\omega) = 20 \lg N(\omega) = 20 \lg k_p - 20 \lg \omega - 20 \lg \sqrt{(1-T^2\omega^2)^2 + 4\xi^2 T^2\omega^2}. \quad (5)$$

Для построения ЛАЧХ определяем: $20 \lg k_p = 20 \lg 41,003 = 32,256$ дБ, частоту сопряжения

$$\omega_1 = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,01} = 100 \text{ 1/с}$$

Найденные значения откладываем на логарифмическом бланке (рис. 2) и строим ЛАЧХ $L(\omega)$ стабилизатора.

Расчетные данные для построения логарифмической фазо-частотной характеристики в соответствии с формулой (4.) сведены в таблицу 1.

Табл.1

ω	$2\xi T\omega$	$1-T^2\omega^2$	$\frac{2\xi T\omega}{1-T^2\omega^2}$	$-\arctg \frac{2\xi T\omega}{1-T^2\omega^2}$	-90°	$\psi(\omega)$
1	0,024	0,999	0,024	$-1,376^\circ$	-90°	$-91,376^\circ$
10	0,24	0,9	0,266	$-14,33^\circ$	-90°	$-14,33^\circ$
50	1,2	-0,75	1,6	$-57,99^\circ$	-90°	$-147,99^\circ$
1/T=100				-90°	-90°	-180°
300	7,2	-8	-0,9	-138°	-90°	-228°
500	12	-24	-0,5	-153°	-90°	-243°
1000	24	-99	-0,242	-166°	-90°	-256°
5000	120	-2499	-0,048	$-177,25^\circ$	-90°	$-267,25^\circ$

По данным табл.1 на рис. 2 построена кривая ЛФЧХ $\psi(\omega)$. Из построенных ЛЧХ стабилизатора следует, что стабилизатор при принятых параметрах устойчив и имеет запасы устойчивости по фазе $\gamma = 45^\circ$, по амплитуде 15 дБ. Такие запасы устойчивости обеспечивают устойчивую работу стабилизатора при возможных изменениях его параметров.

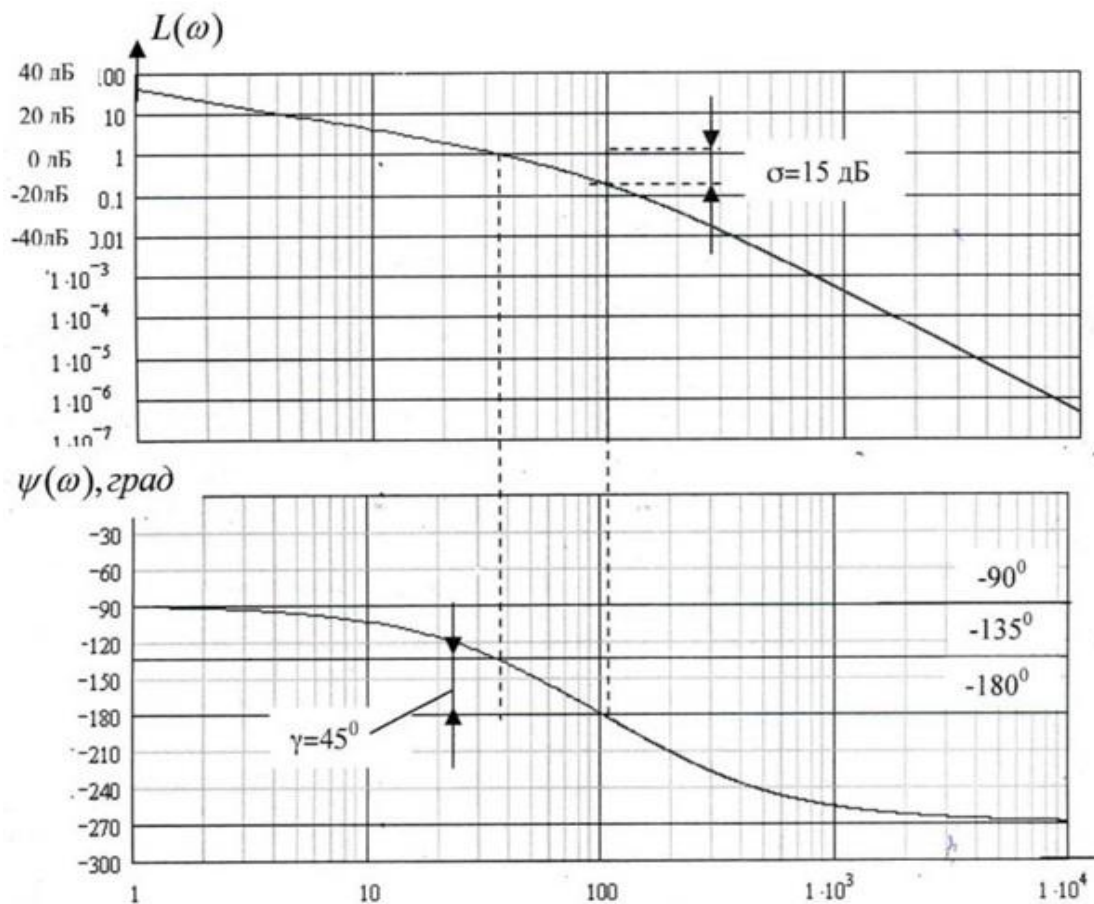


Рис. 2. Логарифмические амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики импульсного стабилизатора напряжения с астатизмом первого порядка

По данным табл.1 на рис.2 построена кривая ЛФЧХ $\psi(\omega)$. Из построенных ЛЧХ стабилизатора следует, что стабилизатор при принятых параметрах устойчив и имеет запасы устойчивости по фазе $\gamma = 45^\circ$, по амплитуде 15 дБ. Такие запасы устойчивости обеспечивают устойчивую работу стабилизатора при возможных изменениях его параметров.

Литература

1. Зайцев Г. Ф., Булгач В. Л., Каргаполов Ю. В. Импульсный стабилизатор напряжения с принципом управления по отклонению. Функциональная схема, математическая модель стабилизатора // Вісник ДУІКТ. – 2009. – Том 7 (4). – С. 369-380.
2. Зайцев Г. Ф., Булгач В. Л., Каргаполов Ю. В. Импульсный стабилизатор напряжения с принципом управления по отклонению. Анализ динамических характеристик стабилизатора. // Вісник ДУІКТ. – 2010. – Том 8(1). – С. 74-79.
3. Зайцев Г. Ф., Лысенко Д. А., Булгач Т. В., Градобоева Н. В. Импульсный стабилизатор напряжения с принципом управления по отклонению с астатизмом первого порядка. // Вісник ДУІКТ. – 2011. – Том 9 (2). – С. 118-124.