



УДК 621.372.542.2

РАСЧЕТ ФИЛЬТРА НИЖНИХ ЧАСТОТ УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ВЕБЕР-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Бранчукова Д.А., Киллер А.И., Попов М.Г.

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова,
г. Новочеркасск

В данной статье рассматривается расчет фильтра нижних частот устройства измерения вебер-амперной характеристики электромагнитов постоянного тока. Активные фильтры имеют ряд преимуществ над пассивными, включая более точную настройку и возможность выбирать вид режекции сигнала

Ключевые слова: электромагнит, диагностика, контроль, вебер-амперная характеристика

CALCULATION OF THE FILTER OF THE LOWER FREQUENCY OF THE DEVICE FOR MEASURING THE WEBER-AMPERE CHARACTERISTICS OF DC ELECTROMAGNETS

Branchukova D.A., Killer A.I., Popov M.G.

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

This article discusses the calculation of the low-pass filter of a device for measuring the weber-ampere characteristic of DC electromagnets. Active filters have several advantages over passive filters, including more precise tuning and the ability to select the type of signal rejection.

Keywords: electromagnet, diagnostics, control, weber-ampere characteristic.

Одним из таких фильтров является фильтр Салена-Кея. На рисунке 1 представлена схема фильтра нижних частот (ФНЧ) Салена-Кея.

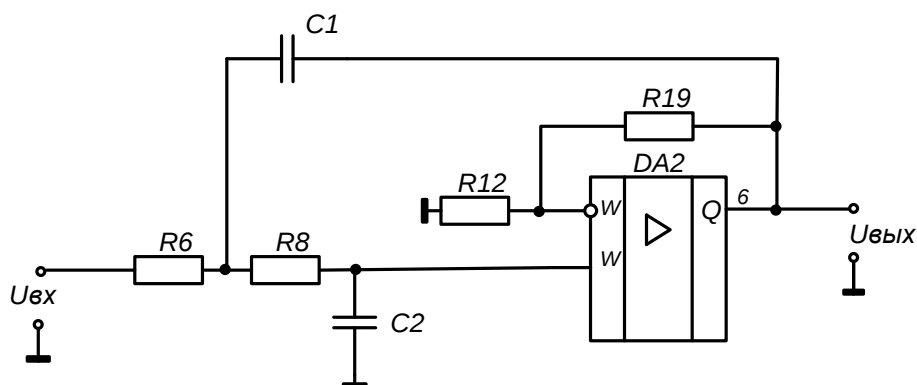


Рис. 1 – Фильтр Салена-Кея

Выбранный фильтр имеет минимальное число ОУ, что сказывается на потребляемой мощности и погрешности фильтра, минимальную чувствительность передаточных характеристик к изменению пассивных элементов и при этом минимальное число пассивных элементов.

На рисунке 2 показаны зависимости входного и выходного сигналов фильтра от времени.

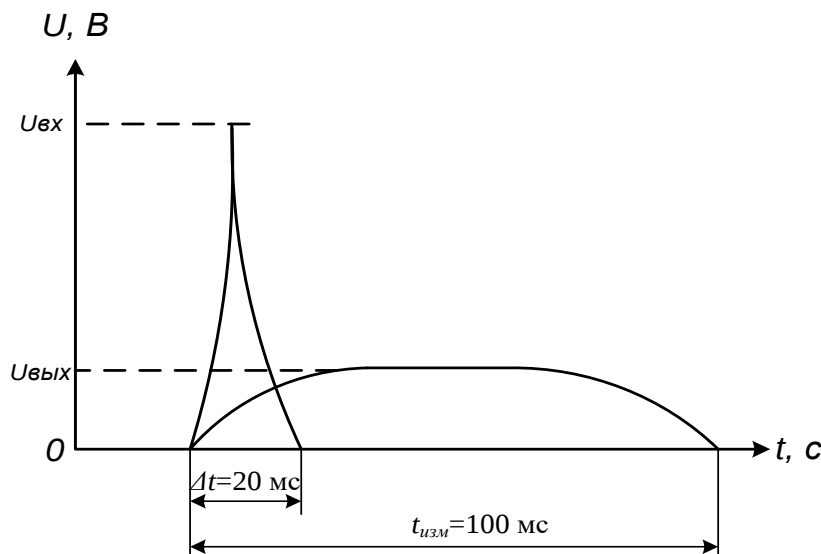


Рис. 2 – Входной и выходной сигналы ФНЧ

Напряжение на входе фильтра имеет пик большой амплитуды, что может привести в насыщение ОУ последующих усилительных каскадов. ФНЧ «сглаживает» характеристику, при этом увеличивая длительность выходного сигнала. Эта длительность не должна превышать времени измерения, которое составляет $t_{изм}=100$ мс.

Рассчитаем частоту среза фильтра $f_{ср}$. Зависимость между входным и выходным сигналом имеет следующий вид:

$$U_{вых} = U_{вх} \left(1 - e^{-\frac{\Delta t}{\tau}} \right),$$

где τ – постоянная времени фильтра.

Необходимо, чтобы $U_{вых}=0,2U_{вх}$, тогда

$$1 - e^{-\frac{\Delta t}{\tau}} = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} = 0,2,$$

$$e^{-\frac{\Delta t}{\tau}} = 0,8,$$

$$\tau = -\frac{\Delta t}{\ln 0,8} = 89,6 \text{ мс} < t_{изм} = 100 \text{ мс}.$$

$$f_{ср} = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 89,6 \cdot 10^{-3}} = 1,78 \text{ Гц}.$$

Для упрощения расчетов примем $C1=C2=C$, $R6=R8=R$, коэффициент усиления $k_{ФНЧ}=2$. Так как

$$k = 1 + \frac{R19}{R12},$$

то $\frac{R19}{R12} = 1$. Выберем $R12 = R19 = 10$ кОм.



Для оптимального соотношения C и R рекомендуют выбирать $C = \frac{10^{-5}}{f_c}$.

Поэтому $C = \frac{10^{-5}}{1,78} \approx 5,6$ мкФ. Из ряда E24 выбираем $C=5.6$ мкФ.

Соппротивление R рассчитаем по формуле

$$R = \frac{\sqrt{a^2 - 4b \frac{C1}{C2}}}{2\omega_c C},$$

где a, b – постоянные коэффициенты, $\omega_c = 2\pi f_{cp}$.

Примем $a=2, b=2$, тогда

$$R = \frac{\sqrt{2^2 - 4 \cdot 2 \cdot 1}}{2 \cdot 2\pi \cdot 1,78 \cdot 5,6 \cdot 10^{-6}} \approx 15,96 \text{ кОм.}$$

Из ряда E192 принимаем $R6=R8=16$ кОм.

Для выбора ОУ необходимо выполнение условия

$$k_{\Phi HЧ} < \frac{f_1}{f_c},$$

$$f_1 > k_{\Phi HЧ} \cdot f_c = 2 f_c,$$

где f_1 – частота единичного усиления ОУ.

В качестве ОУ выбираем OP117A, так как он подходит по частотным характеристикам ($f_1=0,6$ МГц) для рассчитанного фильтра.