

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ СЧИТЫВАЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ПРОЕКТА «НИКА»

Ю. В. Прядко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Беларусь

Научный руководитель С. Н. Кухаренко

Работа выполнялась с целью проработки концепции электропитания считывающей электроники в Многоцелевом Детекторе ускорительного комплекса НИКА. К системе электропитания предъявляется ряд специфических требований, эти требования не позволяют использовать типовые решения электропитания.

Считывающая электроника состоит из системы датчиков частиц, аналого-цифровых преобразователей, вычислительного процессора и интерфейса. Номинальные питающие напряжения составляют 1,1; 1,8; 2,5 В. Средний потребляемый ток составляет 20 А. Отклонение напряжения в диапазоне токов не должно превышать ± 20 мВ, а в переходном режиме ± 50 мВ.

Плотность конструкции первичных преобразователей и схемы обработки сигналов не позволяет разместить источники в непосредственной близости с питаемой схемой. Предложено реализовать подключение считывающей электроники по кабелю длиной около двух метров. Наличие кабеля в системе электропитания, а также высоких требований к стабильности питающих напряжений привело к необходимости разработки системы электропитания с обратной связью по напряжению нагрузки. В результате обзора возможных вариантов было выработано структурное решение, представленное на рис. 1.

Основной особенностью является применение кабеля – Л, который позволит разместить блоки питания за пределами устройства обработки сигналов. Кабель выполнен из свитого монтажного провода ПВ4 2.5.

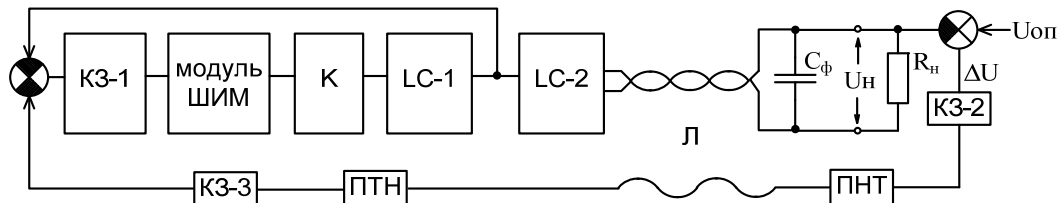


Рис. 1. Структурная схема блока питания

Основу структурной схемы составляет ШИМ преобразователь понижающего типа состоящего из корректирующего звена внутреннего контура регулирования – КЗ-1, модуля ШИМ, силовых ключей – К, сглаживающего – LC-1 и радиочастотного – LC-2 фильтров. В соответствии с предложенной концепцией структура (рис. 1) содержит: внешний контур регулирования, который состоит из схемы сравнения и источника опорного напряжения – $U_{оп}$, корректирующего звена – КЗ-2 и канала передачи сигнала ошибки, выполненного по схеме токовой петли, преобразователи напряжение-ток и ток-напряжение – ПНТ, ПТН.

Проектирование внутреннего контура регулирования выполнено по типовой методике с применением специализированных микросхем TPS40195 и CSD86350Q5D.

Наличие кабеля Л в структуре системы автоматического регулирования (рис. 1) привело к необходимости идентификации его параметров как объекта регулирования. Особенность кабеля в том, что его характеристика связана с импедансом выходного фильтра – LC-2 и емкости нагрузки – C_{ϕ} . Исследование кабеля выполнено методом исследования частотной характеристики системы [1]. Функциональная схема исследования частотной характеристики представлена на рис. 2.

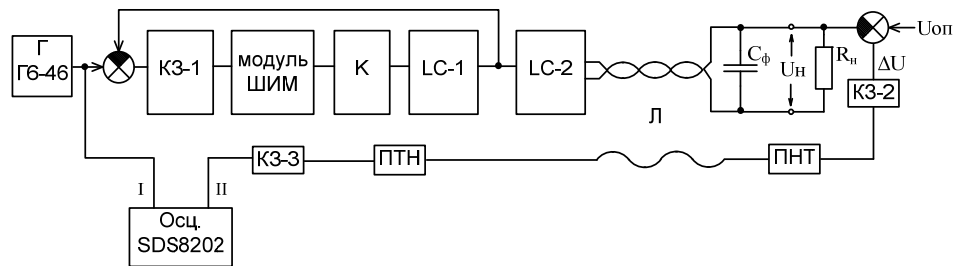


Рис. 2. Схема исследования частотной характеристики

Для ряда частот, задаваемых генератором Г6-46, выполнена запись цифровых осциллограмм осциллографом OWON SDS8202. Последующая обработка цифровых отсчетов, выполнена в программе Mathcad, позволила получить значения коэффициентов передачи и фазового сдвига для каждой из частот. В результате были построены амплитудно-частотные (АЧХ) – *a* и фазо-частотные (ФЧХ) – *б* характеристики объекта регулирования, содержащего кабель (рис. 3). Измерения частотной характеристики проводились для нескорректированных КЗ-2 и КЗ-3. Таким образом, на рисунке представлена собственная АЧХ стабилизатора, кабеля и нагрузки.

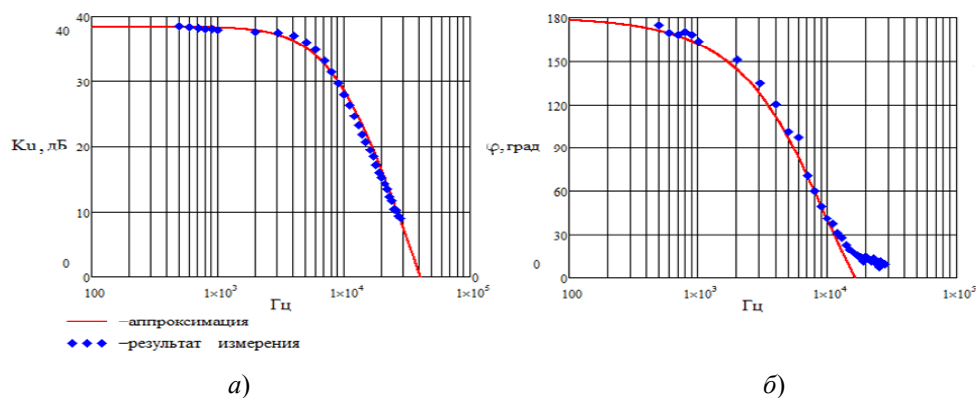


Рис. 3. Амплитудно-частотные *a*) и фазо-частотные *б*) характеристики и их аппроксимирующие зависимости

Аппроксимация экспериментальных данных позволила получить аналитическое представление системы регулирования в виде полинома третьего порядка:

$$w_1(p) = \frac{84}{(1 + \rho\tau_1)(1 + \rho\tau_2)(1 + \rho\tau_3)}, \quad (1)$$

где $\tau_1 = 1,693 \cdot 10^{-5}$; $\tau_2 = 1,67 \cdot 10^{-5}$; $\tau_3 = 1,658 \cdot 10^{-5}$ – постоянные времени аппроксимации.

Зависимость (1) использована при синтезе частотных характеристик КЗ-2 и КЗ-3. В результате синтеза корректирующих звеньев, получена передаточная функция $Wk(p)$:

$$Wk(p) = \frac{(2600 \cdot \pi + p) \cdot (18800 \cdot \pi + p) \cdot (19000 \cdot \pi + p) \cdot (19200 \cdot \pi + p)}{562590 \cdot \pi \cdot (80 \cdot \pi + p) \cdot (16000 \cdot \pi + p) \cdot (16000 \cdot \pi + p)}. \quad (2)$$

С целью практической реализации регуляторов КЗ-2 и КЗ-3 по синтезированному решению, разработана и изготовлена принципиальная схема (рис. 4).

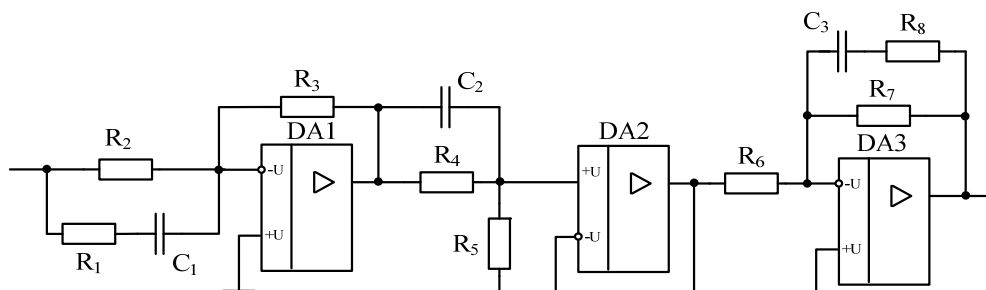


Рис. 4. Схема корректирующих звеньев КЗ-2 и КЗ-3

Выполнены исследования частотной характеристики скорректированной структуры содержащей кабель. Результаты расчетных и измеренных характеристик приведены на рис. 5.

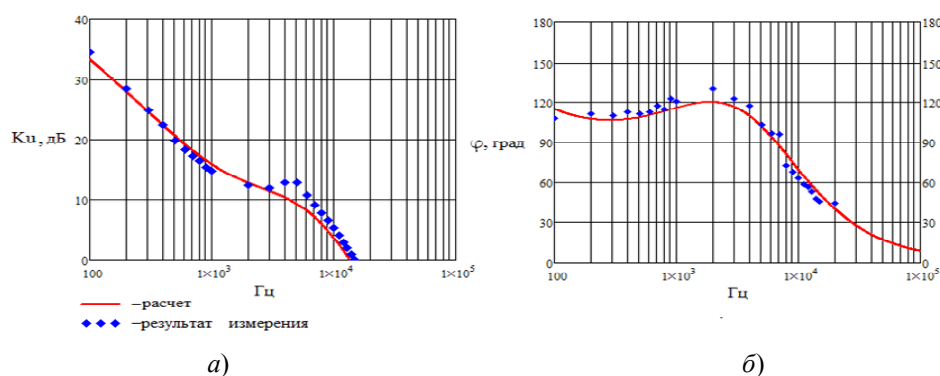


Рис. 5. Характеристики скорректированного стабилизатора напряжения: а – АЧХ и б – ФЧХ

В результате выполненной последовательности расчетов и измерений, получена система управления стабилизатором напряжения, содержащим длинный кабель. Которая имеет следующие технические характеристики: нестабильность напряжения нагрузки при изменении тока нагрузки 0 ± 20 А составляет 0,005 В, диапазон выходных напряжений от 1 до 3 В, амплитуда переходной характеристики не более 50 мВ.

Л и т е р а т у р а

1. Четти, П. Проектирование ключевых источников электропитания : пер. с англ. / П. Четти. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 240 с. : ил.