

Особенности использования ШИМ-микроконтроллеров, АЦП, ИОН при управлении стабилизаторами напряжения

Д.Е. Серегин

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия

Обоснование. Качество работы аналого-цифровой аппаратуры в значительной степени зависит от надежности и устойчивости источника питания. Согласно множеству литературы, стабилизаторы напряжения в этом вопросе занимают отдельную тему для изучения [1–3]. Согласно классификации [4] импульсные стабилизаторы относят к регулируемым преобразователям, выходные параметры изменяются в соответствии с управляющим воздействием. В настоящее время использование микропроцессоров в области разработки систем управления в источниках питания выступает в качестве наиболее оптимального решения [2], среди достоинств отмечают компактность, возможность параллельно реализовать активные и пассивные элементы, множество опций для оригинальной регулировки исходя из особенностей применения.

Цель — исследование импульсного стабилизатора напряжения (ИСН) на базе ШИМ-микроконтроллера на устойчивость выходных параметров.

Методы. Метод широтно-импульсной модуляции нашел широкое применение в управлении импульсными регуляторами напряжения [2]. При эксплуатации ИСН с ШИМ нарушается устойчивость и характер колебаний вследствие изменений некоторых параметров (входное напряжение, сопротивление) [5]. Сопротивление изменениям осуществляется применением различных схем коррекции. Для регуляторов с ШИМ особенно важно наличие источника опорного напряжения (ИОН), позволяющего получить сигнал разности с последующим его преобразованием в импульсы. При этом такое устройство на основе логических элементов и использования аналого-цифрового преобразователя, кроме формирования импульсов, имеет ключевую особенность возможности регулировки постоянной составляющей управляющих сигналов [6]. Преобразователь при этом характеризуется высокой точностью стабилизации, способностью отличать несколько значений входного сигнала и широким диапазоном рабочих напряжений.

Далее рассматривается анализ. В расчетах статических и переходных режимов для ИСН нашел применение метод усреднения с этапом линеаризации параметров [7]. Это дает возможность представить импульсную систему в виде линейной, первоначально аппроксимировав ее непрерывной нелинейной системой [1]. После замены эквивалентными схемами выводится передаточная функция (1) преобразованной системы регулятора [6], по параметрам которой действительно провести анализ устойчивости.

$$W(n) = \frac{K(1 - \tau_3 n)}{T_{\Phi}^2 n^2 + 2\zeta T_{\Phi} n + 1} \quad (1)$$

Результаты. Исследование преобразователя напряжения проведено в среде MathCad, анализ производился согласно критериям Найквиста, по которым оценивается устойчивость и ее запас по модулю и фазе [8]. По выраженной передаточной функции (1) получены амплитудно- и фазо-частотные характеристики (рис. 1). Для понимания полученных данных, по логарифмическому частотному критерию, состояние устойчивой работы возможно, когда фазовая характеристика находится выше значения $\pi = 180^\circ$ на всем протяжении, где амплитудная характеристика при этом положительна, т. е. до частоты среза (f_{cp}). Запас устойчивости оценивается по разнице фазового угла $\varphi(f_{cp})$ от значения $-\pi = 180^\circ$ на графике ФЧХ.

Выводы. При помощи представленного метода реально оценить важный критерий импульсного источника питания — его устойчивость. Согласно графику ФЧХ на рис. 1 исследуемого ИСН, угол $\gamma_c = \text{H}^\circ$ на частоте f_{cp} имеет значение:

$$\varphi = \frac{180}{\pi} \arg(W(n)) = 140^\circ,$$

т. е. стабилизатор устойчив, запас устойчивости по фазе: $\gamma_c = \text{H}^\circ = 40^\circ$.

Реализация импульсного источника на интегральных микросхемах обеспечивает высокую степень интеграции в современные электросистемы, имея малые размеры ввиду отсутствия механических элементов,

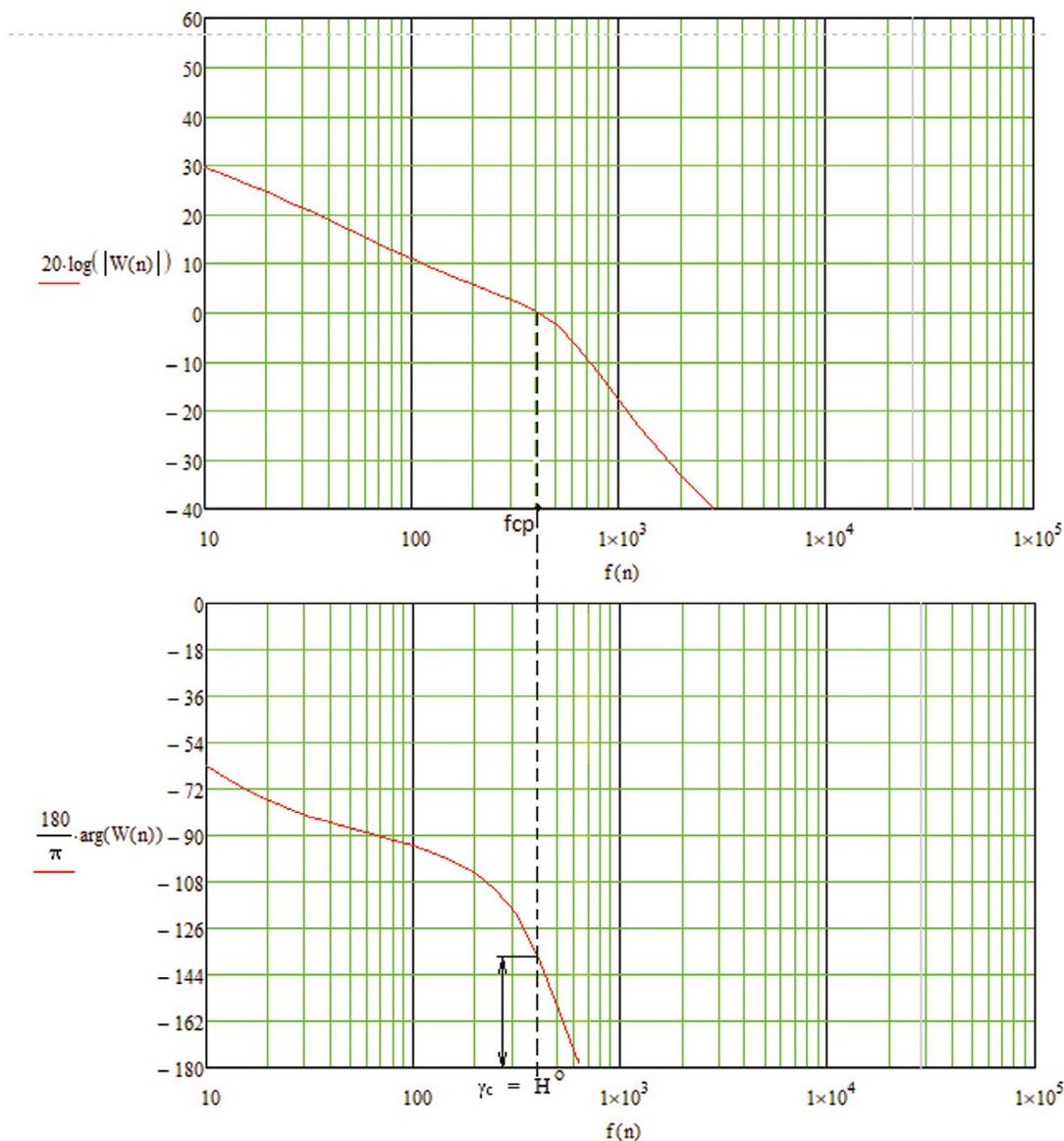


Рис. 1. Характеристики анализируемого регулятора: сверху — АЧХ; снизу — ФЧХ

высокий КПД порядка 90 % [3], кроме использования в схемах с сигналами низкого уровня (<100 мкВ), т. к. переходные процессы создают сопоставимый уровень пульсаций на выходах регулятора.

Ключевые слова: стабилизатор напряжения; широтно-импульсная модуляция; источник опорного напряжения; метод переменных состояния; критерии устойчивости Найквиста.

Список литературы

1. Коржавин О.А. Динамические характеристики импульсных полупроводниковых преобразователей и стабилизаторов постоянного напряжения: учебное пособие для вузов. Москва: Радио и связь, 1997. 300 с.
2. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. 3-е изд. стер. Москва: Додэка-XXI, 2011. 528 с.
3. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. Москва: Мир, 1998.
4. Источники вторичного электропитания: справочное пособие / под ред. Ю.И. Конева. Москва: Радио и связь, 1983.
5. Малинин Г.В. Исследование особых режимов работы импульсных стабилизаторов напряжения: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Чебоксары, 2000. 175 с.
6. Солодовников В.В., Плотников В.М., Яковлев А.В. Основы теории и элементы систем автоматического управления. Москва: Машиностроение, 1985. 536 с.

7. Middlebrook G.W., Cuk S.A. General unified approach to modeling swithed converter. В кн.: IEEE PESC Record. 1976. P. 376–385. doi: 10.1109/PESC.1976.7072895
8. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. Москва: Наука, 1975. 767 с.

Сведения об авторе:

Данила Евгеньевич Серегин — студент, группа РТм-21, факультет систем радиосвязи и радиотехники; Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия. E-mail: dani2092000@gmail.com

Сведения о научном руководителе:

Андрей Андреевич Вороной — кандидат физико-математических наук, доцент; Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия. E-mail: i@voron-1.ru