

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НОВГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ЯРОСЛАВА МУДРОГО»

---

# МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ СТУДЕНТОВ

Часть 2

XXIV научная конференция  
преподавателей, аспирантов и студентов НовГУ  
20–25 марта 2017 года

ВЕЛИКИЙ НОВГОРОД  
2017



УДК 001  
М29

Печатается по решению  
РИС НовГУ

М29 **Материалы докладов студентов. Ч. 2. XXIV научная конференция преподавателей, аспирантов и студентов НовГУ / сост.: Г. В. Волошина, Т. В. Прокофьева; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2017. – 212 с.**

Сборник содержит материалы докладов студентов XXIV научной конференции преподавателей, аспирантов и студентов НовГУ, проведенной 20–25 марта 2017 г.

Материалы докладов публикуются в авторской редакции.

УДК 001

© Новгородский государственный  
университет, 2017  
© Авторы статей, 2017



## **ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ ВТОРИЧНОГО ПОНИЖАЮЩЕГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ DC-DC**

В современных радиотехнических устройствах значительное место занимают вторичные источники электропитания. Сердцем любого источника питания является цепь обратной связи. Она должна поддерживать выходное напряжение на постоянном уровне. Для этого используется так называемый усилитель ошибки — он минимизирует рассогласование между опорным напряжением и выходным напряжением источника питания.

На практике в любой системе есть задержки. Если задержка распространения сигнала оказывается сильно большой, то получается очень неприятная ситуация. При работе источника наблюдается малое напряжение на выходе, контроллер начинает его повышать. Когда напряжение достигает номинала, контроллер отключается, однако напряжение продолжает нарастать, поскольку в схеме существует задержка. Контроллер пытается скомпенсировать это нарастание и уменьшает напряжение. Однако, из-за задержки, напряжение опять падает ниже номинала. Таким образом, отрицательная обратная связь превращается в положительную, чего нельзя допускать, поскольку положительная обратная связь имеет очень сильные пульсации на выходе и нестабильную работу источника.

Обратная связь в импульсных источниках питания широкополосна — чем шире диапазон частот, в котором работает обратная связь, тем меньше пульсаций на выходе. Также обратная связь с достаточно большим коэффициентом усиления приводит к неустойчивости работы. Одним из примеров неустойчивости является тот факт, когда при отсутствии напряжения на входе, на выходе присутствуют колебания, которые могут достигать достаточно большой амплитуды. По этой причине, при проектировании импульсных преобразователей необходимо принимать меры, обеспечивающие их устойчивость [1].

Данная тема является актуальной и имеет важное научное и практическое значение. Целью является повышение условий обеспечения устойчивости работы вторичного источника питания. Для этого требуется произвести анализ обратной связи источников питания. Рассчитать характеристики обратной связи, влияющие на устойчивость источника питания.

Для реализации устойчивой работы источника питания требуется рассмотреть виды обратной связи с целью последующего выбора. Если напряжение  $U_{oc}$  обратной связи пропорционально току в нагрузке усилителя, то обратная связь такого вида называется обратной связью по току. Для того чтобы получить напряжение  $U_{oc}$ , нужно использовать резистор  $R$ , включаемый последовательно с нагрузкой. В таком случае сопротивление этого резистора должно быть гораздо меньше сопротивления нагрузки для того, чтобы не



уменьшать напряжение на нагрузке. Кроме того, мощность этого резистора должна быть достаточной для пропускания большого выходного тока усилителя [2].

Если напряжение  $U_{oc}$  обратной связи пропорционально выходному напряжению усилителя, то обратная связь такого вида называется обратной связью по напряжению. При этом можно передавать все выходное напряжение на вход схемы или только часть его, используя делитель напряжения, подключаемый параллельно нагрузке. В этом случае сопротивления резисторов делителя напряжения должны быть существенно выше сопротивления нагрузки для того, чтобы не уменьшать ток через нагрузку [2].

Кроме того, возможна комбинированная, или смешанная обратная связь, при которой напряжение обратной связи имеет составляющие, пропорциональные как напряжению на нагрузке, так и току в ней [2].

На данный момент лучшим выбором обратной связи является отрицательная обратная связь по току. Данный вид обратной связи наиболее лучше защищен от паразитных шумов, возникающих при работе источника питания.

Расчет устойчивости источника питания проводится с помощью диаграммы Боде. Она состоит из двух графиков – графика амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), и графика фазо-частотной характеристики (ФЧХ).

На рисунках 1, 2 представлены АЧХ и ФЧХ фильтра высоких частот источника питания.

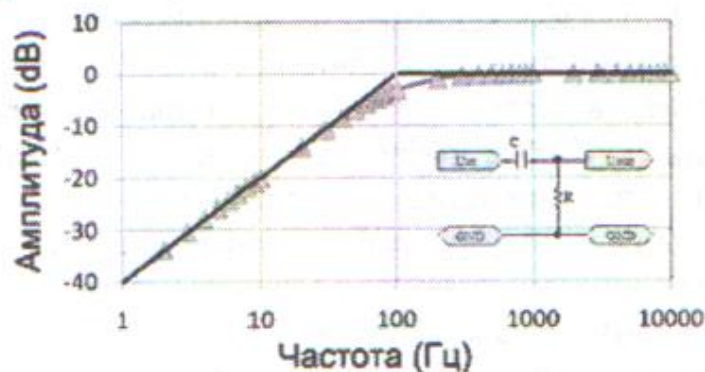


Рис. 1. АЧХ фильтра высоких частот источника питания

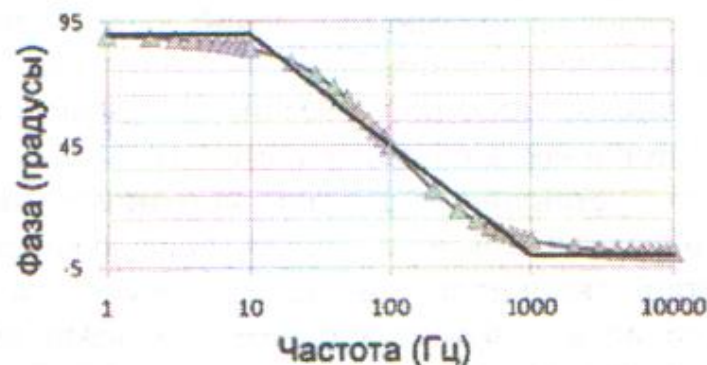


Рис. 2. ФЧХ фильтра высоких частот источника питания

Дальнейшее вычисление позволяет определить нули и полюса характеристик, и через преобразование Гильберта установить устойчивость системы, убедиться, что в источнике питания возникают затухающие колебания, которые не приведут к выводу из строя самого устройства.

Анализ обратной связи в настоящих импульсных источниках не так прост, что является недостатком. Но, с другой стороны, при достаточном изучении устойчивости данная проблема решается.

#### Литература

1. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 3-х томах: Т. 2. Пер. с англ. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Мир, 1993. 371 с.

2. Маниктала С. Импульсные источники питания от А до Z К.: «МК-Пресс», СПб.: «КОРОНА-ВЕК», 2014. 256 с.