

# Письмо в редакцию: роль ёмкостных накопителей в проектировании системы электропитания

С интересом прочитал в журнале «Современная электроника» № 8 за 2015 год статью начальника отдела разработки компании ООО «КВ Системы» Олега Негребы.

Кратко проблематику сам автор статьи описывает следующим образом: энергопотребление процессорных устройств зависит от динамической загрузки процессора и может меняться за короткие промежутки времени. Такая динамика предъявляет жёсткие требования к источнику питания по качеству выходного напряжения при скачкообразном изменении выходного тока.

Ссылаясь на статью Давида Моррисона «Modeling DC-DC Converter Transient Response», автор утверждает, что «ограниченное быстродействие обратной связи по напряжению у источников электропитания требует установки между ними и динамической нагрузкой ёмкостных накопителей энергии».

Главный практический PR-посыл статьи можно сформулировать так: «Для решения этих вопросов компанией «КВ Системы» были разработаны и освоены в серийном производстве модульные изолированные источники КМС, позволяющие за счёт очень большого быстродействия обратной связи по напряжению уменьшить количество, а во многих случаях и полностью исключить накопители энергии, улучшив при этом массогабаритные показатели всей системы электропитания».

Таким образом, автор напрямую связывает выбор элементов выходного LC-фильтра (к коим относится и ёмкостный накопитель) импульсных источников с быстродействием обратной связи и даёт команду разработчикам – быстродействие этой самой связи очень повышать!

Как мне кажется, данные рекомендации разработчикам систем электропитания весьма революционны, есть вероятность введения в заблуждение покупателей модулей КМС (МДМ-А).

Очень важно разобраться в трёх понятиях.

1. Что такое медленная обратная связь в импульсных источниках?

2. Могут ли модули КМС (МДМ-А) за счёт большого быстродействия обратной связи во многих случаях полностью исключить накопители энергии и улучшить массогабаритные показатели?

3. Что же проведует в области источников электропитания «иноземный» Д. Моррисон?

## НАЧНЁМ С МЕДЛЕННОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

До сих пор считалось, что LC-фильтр на выходе источника, такого как модуль КМС (МДМ-А), является минимально необходимой и неустраняемой частью – основой импульсного преобразователя. Кроме статьи уважаемого Давида Моррисона опубликовано много работ по оптимизации таких LC-фильтров, в том числе и отечественных.

1. Различают оптимизацию по устранению остатков квантования (пульсаций рабочей частоты преобразователя), оптимизацию по уменьшению воздействия пульсаций входной сети, оптимизацию переходных процессов, вызванных воздействиями со стороны нагрузки, сети и т.д.

2. Для применений, где очень важны массогабаритные показатели используют двухзвенные LC-фильтры на выходе, а иногда и трёхзвенные. Быстродействие LC-фильтра является определяющим для быстродействия всего источника. Его частоту среза невозможно, по многим ограничениям (в том числе по теореме Котельникова), приблизить даже к половинной частоте преобразования. Типовыми значениями для современных источников (при частотах преобразования в диапазоне до 500 кГц) является диапазон частот среза фильтра – примерно 0,5...5 кГц. В этих практических условиях, говоря о быстродействии обратной связи, можно смело употреблять термин «бесконечное» по отношению к быстродействию выходного LC-фильтра.

Таким образом, по вопросу быстродействия обратной связи по напряжению для импульсных преобразователей следует вывод: за исключением некоторых случаев организации

обратной связи сложными способами с многочисленными преобразованиями, в том числе цифровыми (положительные дела с цифровыми обратными связями в источниках электропитания кардинально улучшилось за последнее десятилетие), вопрос о проблемах «медлительности» обратной связи в импульсных источниках просто не стоит, неактуален и, по всей видимости, является скорее пиар-ходом автора статьи.

**Медленной обратной связи в импульсных источниках сегодня в практическом смысле не существует!**

## О ВОЗМОЖНОСТЯХ МОДУЛЕЙ КМС (МДМ-А)

Рассмотрим часть структуры импульсного источника электропитания, на 99% определяющую реакцию выходного напряжения источника на внешние воздействия – простейший LC-фильтр. При мгновенном увеличении выходного тока, когда скорость изменения тока в индуктивности LC-фильтра в сотни раз меньше, чем скорость наброса нагрузки (на практике нагрузка, например, от микропроцессора может появиться за 5...10 нс), никакая обратная связь вообще не способна повлиять на скачок напряжения вниз – ни медленная, ни быстрая, т.к. индуктивность LC-фильтра полностью блокирует реакцию силовой части.

Поясню, если скачок тока является функцией Хевисайта, то скачок выходного напряжения вниз  $\Delta U = \Delta I \times R_c$ , где  $R_c$  – внутреннее сопротивление конденсатора LC-фильтра.

Тут уж призыв исключить выходной конденсатор (ёмкостный накопитель) приведёт к полной утрате возможности улучшения массогабаритных показателей системы электропитания.

Как говорится, «поздно пить боржоми...».

Имеется много не надуманных, а практических случаев нелинейной нагрузки, нагрузки с участками отрицательного сопротивления, нагрузки с противо-эдс, когда от источника требуется обратимость энергетического пути, и многое другое. И в этих случа-

ях рекомендации автора статьи, похоже, ошибочны, а модули КМС (МДМ-А) без выходных накопителей – вредны!

Увы, ограниченный формат журнального отзыва на статью не позволяет мне рассказать об интересных и даже захватывающих моментах борьбы с переходными процессами в импульсных источниках электропитания классическими методами.

### И, наконец, о бедном, но уважаемом Давиде Моррисоне

Бедный потому, что ничего об исключении ёмкостных накопителей в импульсных источниках и обратной связи с «очень большим быстро-

действием» впрямую он и не писал. Как говорится, «попал под лошадь». Я не поленился и сделал перевод упомянутой статьи.

### Что же по пиаровской части статьи от «КВ Системы»

Мы заказали у этой компании несколько штук рекламируемых модулей для испытаний на возможность, как говорится в статье: «КМС позволяют реализовать компактные децентрали-

зованные системы электропитания без использования существенных ёмкостных накопителей энергии».

В конце концов, кто его знает, может, предлагаемый в статье Олега Негребы перенос ёмкостных накопителей ближе к входу и подальше от нагрузки позволит энергии обойти нехороший LC-фильтр?

По результатам испытаний обещаю подготовить статью с рисунками и даже формулами.

*С уважением, главный конструктор ГК Александр Электрик (вчера), инновационной группы «ВИПАГ» (сегодня), к.т.н. А.Ю. Гончаров.*

P.S. Только что получили письмо от директора ООО «КВ Системы» Е.В. Жиржир с отказом. Видно, гранаты не той системы.

## Новости мира News of the World Новости мира

### Электронные компоненты и модули для транспортного приборостроения

Коллеги, приглашаем принять участие в конференции «Электронные компоненты и модули для транспортного приборостроения», где специалисты вашей компа-

нии смогут представить поставляемые вами электронные и электротехнические компоненты предприятиям транспортного приборостроения и машиностроения.

Конференция пройдёт 6 апреля 2016 года в Москве, в КВЦ «Сокольники» в первый день работы 10-й специализирован-

ной выставки информационных технологий и электроники для транспорта и транспортных коммуникаций «Электроника-Транспорт 2016».

Организатор конференции – журнал «Современная электроника».

[www.e-transport.ru/transpribor](http://www.e-transport.ru/transpribor)



Светотехническая продукция для промышленности, бизнеса, городской инфраструктуры

*Впервые в Москве!*

**6-9 июня 2016 г.**  
Москва, ЦВК «Экспоцентр»

В рамках выставки  
«ЭЛЕКТРО 2016»



[WWW.PROMLIGHT-EXPO.RU/MSK](http://WWW.PROMLIGHT-EXPO.RU/MSK)

Поддержка и содействие:

