

# Синхронизация частоты преобразования унифицированных модулей питания с ШИМ-контроллером внешним синхросигналом

Анатолий Миронов (mironov@aeip.ru)

**В статье анализируются особенности работы импульсных преобразователей с ШИМ-контроллером в режиме синхронизации частоты внешним синхросигналом, описываются алгоритм работы и схемотехнические решения, стабилизирующие работу преобразователей.**

Разработка систем вторичного электропитания (СВЭП), в которых составляющие их преобразователи работают в режиме синхронизации частоты, ведётся давно и уже без особых трудностей. Зная заранее диапазон частот синхросигнала, его форму и амплитуду, разработчик подбирает схемотехнику узлов преобразователя, при которой обеспечивается эффективная работа ключей, не возникает условий для замагничивания магнитопроводов трансформаторов и дросселей.

Реализация же СВЭП на основе унифицированных модулей питания (МП) в режиме синхронизации частоты преобразования, наоборот, сопряжена с определёнными проблемами. При разработке унифицированных рядов МП точные компоненты рассчитываются

на конкретную частоту преобразования, изменение которой чревато увеличением тока подмагничивания, потерь на перемагничивание, насыщением магнитопроводов. Доработка таких МП внесением в схему устройства синхронизации частоты преобразования ведёт к увеличению высокочастотных выбросов напряжения и динамических потерь в ключах преобразователя, снижению КПД и надёжности. Поэтому разработчики унифицированных МП не любят этого режима работы, да и вообще не любят «пускать» в свою разработку «чужие» управляющие сигналы во избежание проблем и отказов. Ведь потребитель может подать и «не тот сигнал». И если узел синхронизации всё же необходимо вводить, то его схемотехника и алгоритм работы должны обеспечивать надёжную работу МП при всех возможных сигналах на управляющих выводах. Проанализируем возможности, которые предоставляют интегральные ШИМ-контроллеры для реализации режима синхронизации частоты преобразования.

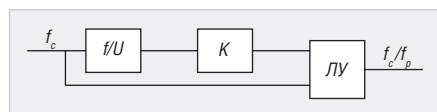


Рис. 1. Структурная схема устройства синхронизации

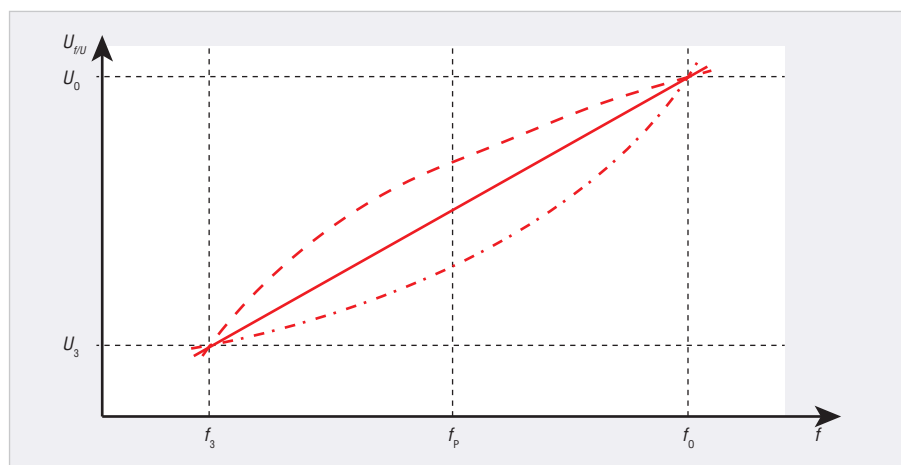


Рис. 2. Статическая передаточная характеристика преобразователя f/U

Контроллеры первого поколения вообще не имеют специального вывода для синхронизации [1]. Точку подключения этого сигнала необходимо получить искусственно добавлением в схему дополнительных электрорадиоэлементов (ЭРИ). Более «продвинутые» микросхемы уже имеют специальный вход, но также требуют дополнительных ЭРИ для реализации этого режима [1].

Современные ШИМ-контроллеры не продвинулись в этом вопросе дальше [2]. И те, и другие имеют одни и те же особенности организации режима синхронизации, а именно:

- требуют дополнительных ЭРИ для реализации необходимого формата сигнала;
- гальванически связаны с «сигнальной землёй» ШИМ-контроллера, в то время как входной синхросигнал подаётся относительно входной «силовой земли», имеющей в общем случае другой потенциал;
- частота синхронизации должна быть больше рабочей частоты ШИМ-контроллера, в противном случае работа преобразователя становится неустойчивой.

Учитывая вышеперечисленные особенности и недостатки, разработаны алгоритм работы и схемотехника узла синхронизации (УС), не только обеспечивающие надёжную работу МП, но и защищающие его от некорректных входных управляющих сигналов. Структурная схема УС показана на рисунке 1.

Преобразователь с УС работает в двух режимах:

1. Работа на собственной частоте преобразования при отсутствии корректного управляющего сигнала на входе синхронизации.
2. Работа на частоте управляющего сигнала при наличии корректного управляющего напряжения на входе синхронизации.

Под корректным сигналом понимается сигнал заданной амплитуды, формы и допустимого диапазона частот. При выполнении этих условий узел

синхронизации работает следующим образом. Управляющий сигнал поступает на вход преобразователя «частота-напряжение»  $f/U$ . Статическая передаточная характеристика преобразователя  $f/U$  графически выглядит так, как показано на рисунке 2. Она может быть линейная либо нелинейная (выпуклая, вогнутая). Требование одно – она должна быть однозначная и стабильная, не изменяющая свои характеристики от температуры, напряжения питания и пр. В данном случае с увеличением частоты управляющего сигнала пропорционально увеличивается выходное постоянное напряжение преобразователя  $f/U$ . Выходное напряжение преобразователя поступает в узел компараторов  $K$  для определения частоты управляющего сигнала. Компараторы настроены на 2 значения напряжения: меньшее по значению напряжение – напряжение захвата  $U_3$  – соответствует минимальному значению частоты  $f_3$  допустимого диапазона внешнего синхронизирующего сигнала, большее по значению напряжение – напряжение отпускания  $U_0$  – максимальному значению частоты  $f_0$  допустимого диапазона сигнала.

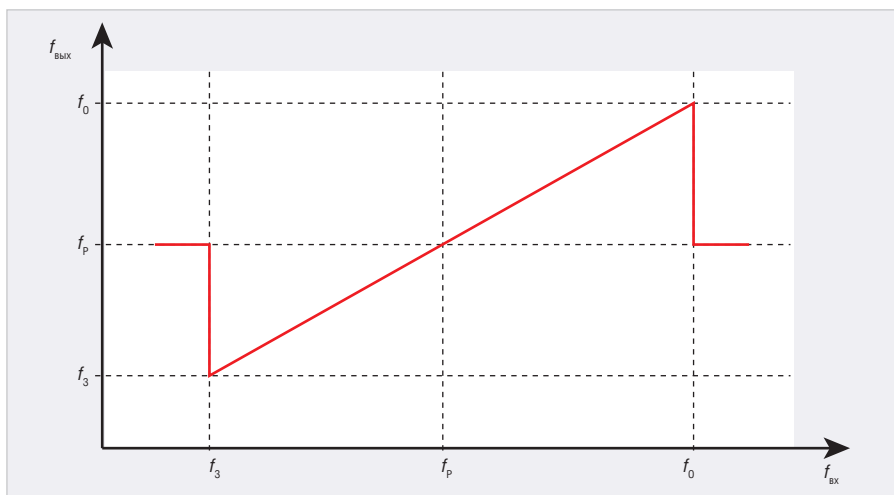


Рис. 3. Статическая передаточная характеристика УС

Сигналы с выходов компараторов  $K$  обрабатываются логическим устройством ЛУ, на вход которого приходит в том числе и управляющий синхросигнал. Если его частота находится в допустимом диапазоне, на выход ЛУ проходит напряжение с частотой синхронизации  $f_c$  внешнего сигнала, которое подаётся на вход синхронизации ШИМ-компаратора. Если частота синхронизирующего сигнала находится вне допустимого диа-

пазона, выход ЛУ блокируется и ШИМ-компаратор работает на собственной рабочей частоте преобразователя  $f_p$ , находящейся примерно в середине диапазона  $f_3-f_0$ . Описанный алгоритм гарантирует работу преобразователя в ограниченном, разрешённом разработчиком, «корректном» диапазоне частот. Результирующая статическая передаточная характеристика УС с учётом описанного алгоритма работы ЛУ представлена на рисунке 3.



25  
ЛЕТ  
НА РЫНКЕ

## AC/DC модули питания МСЗ для монтажа на печатную плату

**3 Вт**

- Низкие пульсации выходного напряжения
- Высокая надежность и срок службы
- Стандартный footprint
- Двойная изоляция между входом и выходом

**Области применения:**

- Телекоммуникационное оборудование и периферийные устройства ПК
- Промышленное, лабораторное и измерительное оборудование
- «Дежурное» питание в различных устройствах

АО «ММП-Ирбис»

111024, Москва, Андроновское шоссе, 26  
Тел./ факс: +7 (495) 987-10-16 / main@mmp-irbis.ru

[www.mmp-irbis.ru](http://www.mmp-irbis.ru)

Реклама

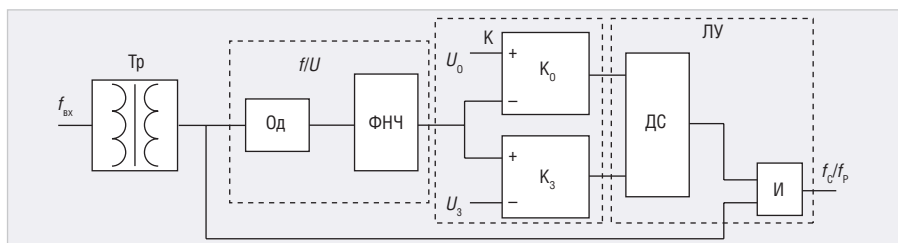


Рис. 4. Функциональная схема УС

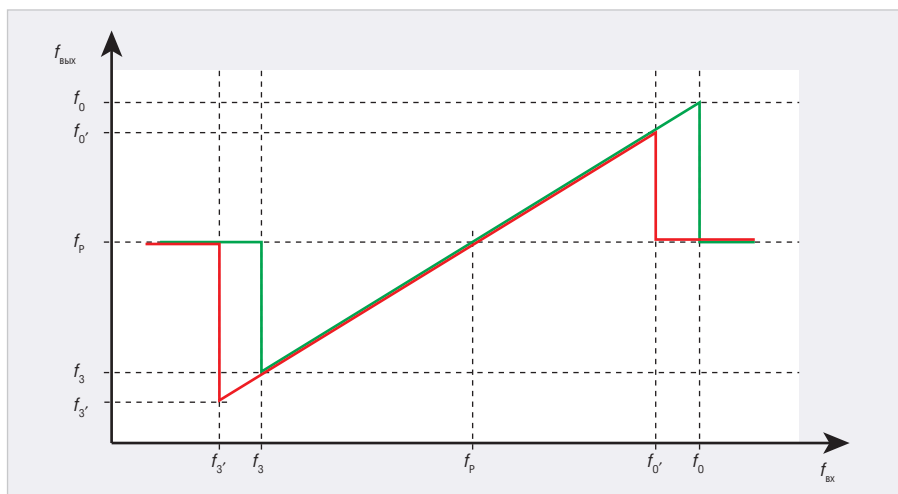


Рис. 5. Реальная статическая передаточная характеристика УС

На основе описанного «идеального» алгоритма работы реализовано устройство синхронизации. При практической реализации узлов УС параллельно решались вопросы помехоустойчивости. На рисунке 4 показана функциональная схема УС, где это обстоятельство нашло отражение.

Входной управляющий сигнал полезно подавать через развязывающий трансформатор *Тр*. Это позволит, если потребуется, заземлить нужный вход синхронизации в нужной точке и исключить помехи от силовых цепей. Кроме того, трансформатор позволяет при необходимости просто форматировать и инвертировать сигнал. Входным сигналом служит переменное напряжение прямоугольной формы.

Преобразователь «частота-напряжение» реализован на основе одновибратора *Од* с триггером Шмитта на входе. Наличие гистерезиса повышает «прямоугольность» и устраняет шумовую составляющую входного сигнала. Сигналы на выходе триггера либо нормализованы по амплитуде и форме, либо отсутствуют.

На выход *Од* подключён фильтр низкой частоты ФНЧ. Каждый передний фронт сигнала на входе *Од* запускает его. Длительность импульса на выходе *Од* всегда постоянна. Импульсы с выхода *Од* поступают в ФНЧ, где сигнал интегрируется и сглаживает-

ся. На выходе ФНЧ действует постоянное напряжение  $U_{f/U}$ , определяемое из выражения:

$$U_{f/U} = U_{од} \times K_3,$$

$$K_3 = t_{и} \times f_c,$$

где  $U_{од}$  – выходное напряжение *Од* во время импульса  $t_{и}$ ;  $K_3$  – коэффициент заполнения;  $t_{и}$  – длительность импульса на выходе одновибратора *Од*;  $f_c$  – частота сигнала синхронизации.

Поскольку длительность выходного импульса *Од* всегда постоянна, с ростом частоты  $f_c$  увеличивается коэффициент заполнения  $K_3$  и, следовательно, постоянное напряжение на выходе ФНЧ. Сигнал с выхода ФНЧ поступает в узел компараторов *К*. Для устойчивой работы в зоне пороговых напряжений  $U_3$  и  $U_0$  каждый из них охвачен положительной обратной связью, глубина которой определяет гистерезис в зоне частот входа в режим синхронизации  $f_3$  и выхода из него  $f_0$ . С учётом этого статическая передаточная характеристика УС деформируется и в реальном УС выглядит, как показано на рисунке 5.

Работа в УС происходит следующим образом. При увеличении частоты синхросигнала захват в режиме синхронизации происходит при частоте  $f_3$  – на графике рисунка 5 движение идёт слева направо по траектории зелёного цвета. Если в сигнале присутствует небольшая девиация частоты, это на работе УС не отражается, так как гистерезис компа-

ратора  $K_3$  удерживает УС в режиме синхронизации до тех пор, пока изменение (уменьшение) частоты не достигнет значения  $f_3$ . Сигналы на выходах компараторов  $K_3$  и  $K_0$  декодируются дешифратором ДС логического узла ЛУ так, что разрешает прохождение синхросигнала через элемент *И* – ШИМ-контроллер преобразователя работает на частоте синхросигнала.

При увеличении частоты синхросигнала выход из режима синхронизации происходит при частоте  $f > f_0$ . Устройство переходит в режим работы на рабочей частоте  $f_p$ , независимо от того что на входе синхронизации присутствует сигнал, корректный по форме и амплитуде, но уже некорректный по частоте. При этом сигналы на выходах компараторов  $K_3$  и  $K_0$  декодируются ДС так, что блокируется прохождение синхросигнала через элемент *И* – на выходе УС сигнал устанавливается в состояние, при котором управляемый ШИМ-контроллер преобразователя переходит в режим работы на собственной рабочей частоте.

При уменьшении частоты синхросигнала возврат в режим синхронизации происходит на частоте  $f_0 < f_0$ , так что небольшая девиация частоты на работу УС также не влияет. Теперь при уменьшении частоты синхросигнала движение на графике рисунка 5 будет происходить справа налево по траектории красного цвета. Выход из режима синхронизации произойдёт на частоте  $f_3 < f_3$  – на выходе УС сигнал устанавливается в состояние, при котором управляемый ШИМ-контроллер преобразователя переходит в режим работы на собственной рабочей частоте.

На основе описанного алгоритма разработана схема устройства синхронизации и опробована в работе на модулях серии МДМ240(480)-ЕП [3]. УС допускает подачу синхросигнала с частотой  $f_c = (0,9...1,1) \times f_p$ . За пределами этого диапазона модули питания автоматически переходят в режим работы на собственной рабочей частоте.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Интегральные микросхемы: Микросхемы для импульсных источников питания и их применение. – М., ДОДЭКА. 1997 г. С. 94, 95, 175.
2. Описание микросхемы LM5026: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm5026.pdf>.
3. Справочный лист на модули питания постоянного тока серии МДМ: [www.aeip.ru](http://www.aeip.ru)



# E·X·P·O ELECTRONICA

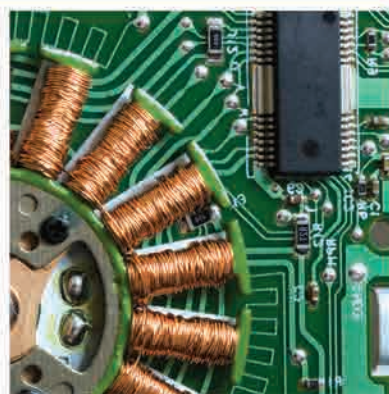
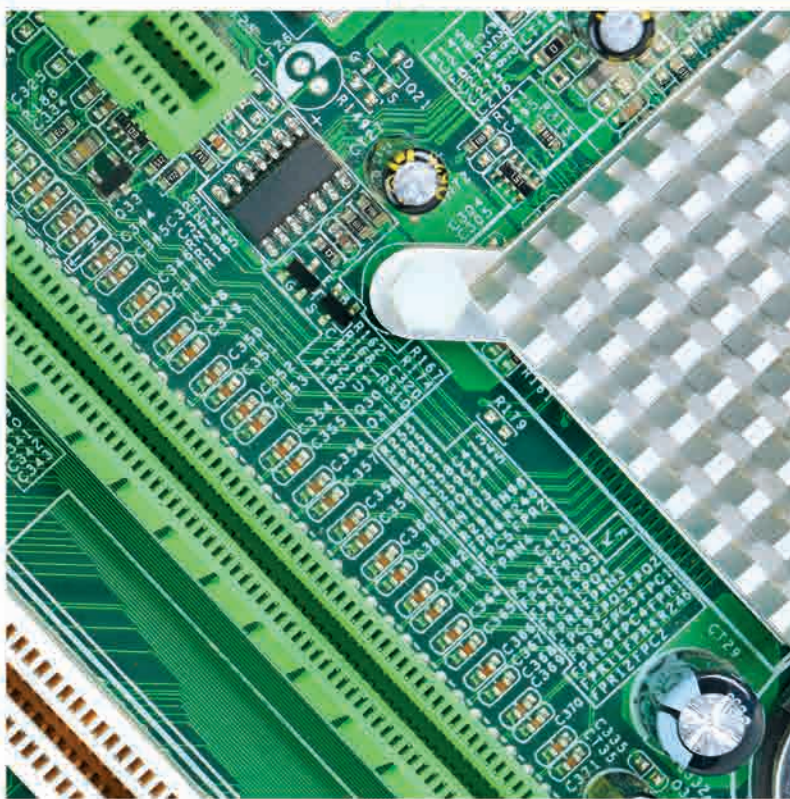


Ufi  
Approved  
Event

15-17  
апреля  
2019

Москва,  
Крокус Экспо

Самая крупная в России  
выставка электронных  
компонентов, модулей  
и комплектующих



Участники:

**431** из 14 стран

Посетители:

**11 073**

из 66 регионов  
России

Совместно с выставкой



Организатор  
Группа компаний ITE  
+7 (499) 750-08-28  
electron@ite-russia.ru

Забронируйте стенд  
[expoelectronica.ru](http://expoelectronica.ru)



Реклама

Только для специалистов