

ОГЛЯД ОСНОВНИХ СХЕМ КЛЮЧОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЗАРЯДНИХ ПРИСТРОЇВ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі проведено огляд основних електричних схем ключових перетворювачів зарядних пристроїв. Обґрунтовано застосування електричної схеми інвертувального перетворювача.

Ключові слова: ключовий перетворювач, електрична схема, зарядний пристрій.

Abstract

The paper provides an overview of the main electrical circuits of key converters of chargers. The application of the electrical circuit of the inverter converter has been substantiated.

Keywords: key converter, electrical circuit, charger.

Вступ

У сучасному світі техніки з її тенденцією до мініатюризації і економічності імпульсні джерела живлення набули широкого поширення практично у всіх сферах життєдіяльності. За порівняннн з лінійними перетворювачами і стабілізаторами енергії імпульсні перетворювачі володіють меншою вагою і розмірами і більш високим ККД.

У лінійних регуляторах напруги надлишки енергії розсіюються на лінійному регулюючому елементі. В імпульсних системах живлення регулюючий елемент являє собою ключ з двома станами - замкнутим і розімкненим і не розсіює потужності. Регулювання напруги або струму відбувається шляхом короткочасного періодичного підключення постійного джерела енергії до навантаження через замкнутий ключ. Якщо період проходження імпульсів постійний, а тривалістю імпульсів регулюють напруга (або струм) , це називається широтно - імпульсною модуляцією (ШІМ) [1]. Інший варіант регулювання - при постійній тривалості імпульсів змінюється період їх повторення. Такий спосіб називається частотно-імпульсною модуляцією (ЧІМ) [2].

Широтно-імпульсна модуляція може бути використана і для передачі аналогової інформації через перетворення аналог - ШІМ-аналог. Необхідність такого перетворення виникає, наприклад, коли потрібно передати постійну опорну напругу високої точності на велику відстань, наприклад від автоматизованої системи управління до виконавчого пристрою. Проста передача аналогової напруги по проводах може привести до значної втрати точності із за перешкод, неминуче виникають в лінії, особливо помітних при малому рівні сигналу. Ідея перетворення полягає в зіставленні рівня постійної напруги від нуля до максимального значення ШІМ- сигналу із змінним коефіцієнтом заповнення (скважність) від нуля до одиниці. Амплітуда ШІМ сигналу в цьому випадку не несе інформації, а значить, сигнал стійкий до перешкод. Крім цього, часто буває необхідно забезпечити гальванічну розв'язку, тобто застосувати розділовий трансформатор. Але оскільки ШІМ сигнал має постійну складову, безпосередньо передати його через трансформатор неможливо, значить, буде потрібно ще одне перетворення. Все це реалізується в перетворювачі (ПКС) [3], широко застосовується в установках Інституту Ядерної Фізики. Влаштований він таким чином. Спеціальний блок системи автоматизованого управління перетворює 12 – розрядне кількість ЕОМ в періодичну послідовність чергуються позитивних і негативних імпульсів тривалістю близько 1 мкс і періодом повторення близько 6.6 мс.

Як уже згадувалося, широтно-імпульсна модуляція використовується для регулювання напруги в імпульсних джерелах живлення. Основою всіх імпульсних БЖ є ключовий перетворювач напруги [4]. Тому метою роботи є аналіз результатів огляду основних схем ключових перетворювачів зарядних пристроїв.

Результати дослідження

Існує три основних схеми ключових перетворювачів: понижуючий перетворювач, підвищуючий перетворювач, інвертуючий перетворювач [5].

Схема понижуючого перетворювача наведена на рисунку 1. Він відноситься до класу так званих прямоходових перетворювачів. Цикл роботи перетворювача можна розбити на дві фази - активна фаза, коли ключ замкнутий і пасивна фаза - при розімкнутому ключі. У активній фазі, або фазі «прямого ходу», джерело напруги E підключений до навантаження R_H через фільтр низьких частот LC . У пасивній фазі ключ розімкнути, енергія з джерела не споживається, але струм продовжує протікати в навантаження за рахунок накопиченої в фільтрі енергії. Діод D потрібен для перехоплювання струму індуктивності, накопиченого під час активної фази. Фільтр розраховується таким чином, щоб максимально придушити пульсації напруги в навантаженні на частоті перемикання ключа. У ШІМ-регулюванні період перемикання ключа T постійний, а час активної фази t_1 змінюється від нуля до T . Таким чином, на навантаженні присутня усереднена напруга, пропорційна вхідній напрузі і коефіцієнту «заповнення» t_1/T , змінюючися від нуля до одиниці:

$$U_{R_H} = E \frac{t_1}{T}. \quad (1)$$

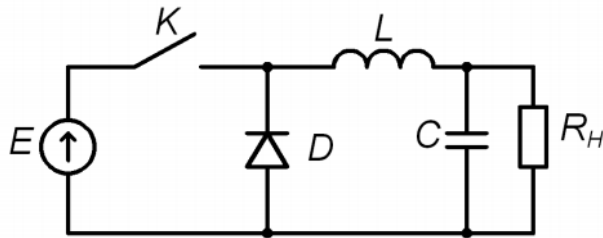


Рис. 1. Електрична схема понижуючого перетворювача

На рисунку 2 наведені осцилограми напруги на діод D і напруги фільтрації ємності C щодо загальної точки схеми, а також струму індуктивності L для понижуючого перетворювача (див. рисунок 1) при напрузі живлення $+24$ В і коефіцієнті заповнення 60% . Напруга на виході завжди менше вхідного, тому перетворювач називається знижувальним. Втрата потужності на регулюючому елементі, характерна для лінійного регулятора, в імпульсному перетворювачі відсутній, його ККД може досягати 95% і обмежується в основному втратами на ключі, в якості яких застосовують розглянуті раніше ключові транзистори [6].

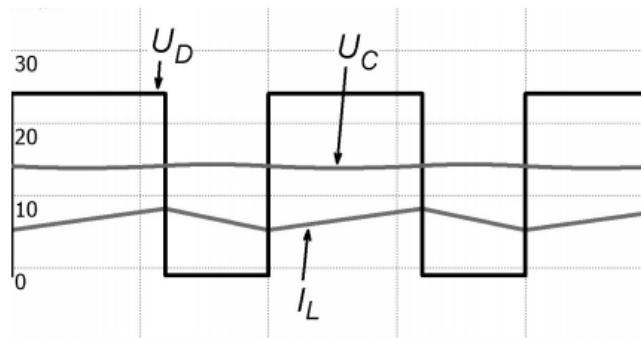


Рис. 2. Осцилограми напруг та струмів у схеми понижуючого перетворювача

У підвищувальному перетворювачі (див. рисунок 3) в активній фазі енергія джерела напруги E передається не в навантаження, а запасається в індуктивності L . При розмиканні ключа до навантаження R_H через діод D виявляється прикладеною сума напруг джерела E і наведеної в індуктивності E_{PC} . Вихідна напруга в такій схемі завжди виявляється вище вхідної. Енергія, накопичена в індуктивності, повністю або частково віддається в навантаження. Такий тип

перетворювача називається зворотньоходовий, так як віддача енергії в навантаження відбувається в пасивній фазі, на «зворотньому ходу». Діод D потрібен для запобігання шунтування вихідної напруги замкнутим ключем. Ємність C згладжує «провали» напруги на навантаженні в активній фазі. Рисунок 4 ілюструє роботу підвищувального перетворювача при напрузі $+24$ В. У даному випадку за час пасивної фази індуктивність не віддає всю накопичену енергію в навантаження. Це називається режимом безперервного струму [7].

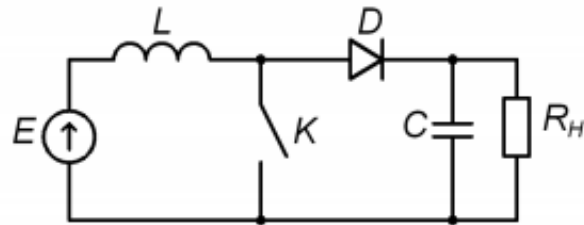


Рис. 3. Електрична схема підвищувального перетворювача

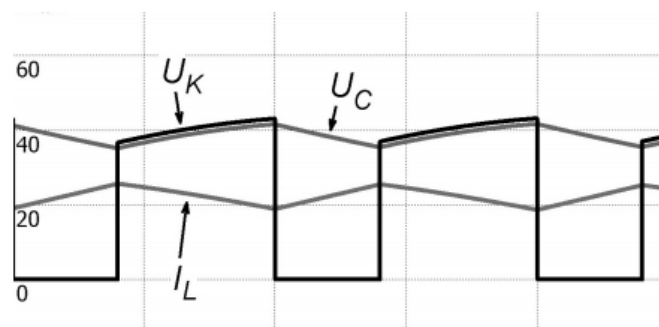


Рис. 4. Осцилограми напруг та струмів у схемі підвищувального перетворювача

Схема третього типу ключового перетворювача - інвертуючого приведено на рисунку 5.

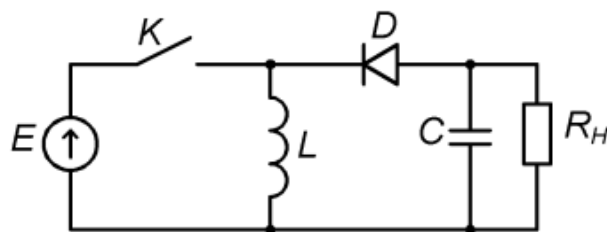


Рис. 5. Електрична схема інвертуючого перетворювача

Він також належить до зворотньоходових перетворювачів. В активній фазі, коли ключ замкнутий, відбувається накопичення енергії в індуктивності. Навантаження при цьому «відключено» діодом D . У момент розмикання ключа струм в індуктивності зберігає те ж значення, але ланцюг струму тепер замикається через діод D і опір навантаження R_N фільтрується ємністю C . При цьому відносно загальної шини напруга на навантаженні має негативну полярність. Абсолютна величина напруги навантаження може бути як більше, так і менше напруги джерела живлення - це залежить від параметрів схеми і вибраного режиму роботи. Осцилограми, що ілюструють роботу інвертуючого перетворювача, показані на рисунку 6 [8].

У всіх розглянутих схемах величина напруги на опорі навантаження залежить від коефіцієнта заповнення активної фази ключа t_1/T . У зворотньоходових схемах коефіцієнт заповнення активної фази який може досягати одиниці, так як енергія передається в навантаження в пасивній фазі, і на це потрібно кінцевий час. Все різноманіття схем перетворювачів зводиться до однієї з трьох розглянутих топологій. Ці схеми широко застосовуються в побутових імпульсних джерелах живлення невеликої потужності (зарядні пристрої, блоки живлення персональних комп'ютерів і т.д.) [9, 10].

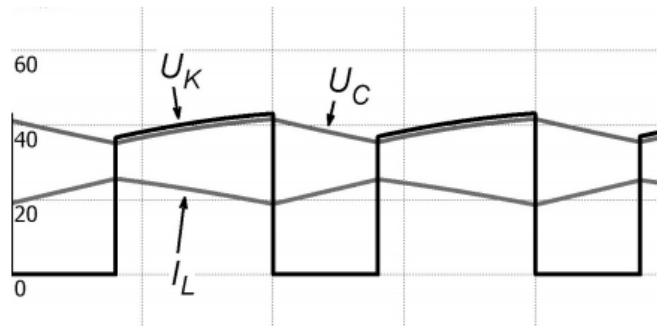


Рис. 6. Осцилограми напруг та струмів у схемі інвертуючого перетворювача

Висновки

У роботі отримано результати аналізу основних електричних схем ключових перетворювачів зарядних пристроїв. Розглянуто три основні варіанти перетворювачів: понижуючого, підвищуючого та інвертуючого. Обґрунтовано застосування електричної схеми інвертувального перетворювача.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Артамонов Б. И. Источники электропитания радиоустройств / Б. И. Артамонов. – М.: Энергоиздат. – 1982г. – 240с.
2. Богатырев Е. А. Энциклопедия электронных компонентов. / Е. А. Богатырев, В. Ю. Ларин, А. Е. Лякин. – Т. 1. – М.: ООО «МАКРО ТИМ», 2006. – ISBN 5-9900833-1-9
3. Браун М. Источники питания. Расчет и конструирование.: Пер. с англ./ М. Браун. – К.: "МК-Пресс", 2007. – 288 с. – ISBN 966-8806-01-8.
4. Гребнев В. В. Микроконтроллеры семейства AVR фирмы Atmel / В. В. Гребнев. – М.: «ИП Радиософт», 2002. – 176 с. – ISBN: 5-93037-091-5.
5. Дэвидсон Г. Л. Поиск неисправностей и ремонт электронной аппаратуры без схем: Пер с англ./ Г. Л. Дэвидсон. – М.: ДМК Пресс, 2002. – 544 с. – ISBN 5-94074-007-3.
6. Зарядные и пускозарядные устройства. Обзор для автолюбителей / А. Г. Ходасевич, Т. И. Ходасевич. – М.: НТ Пресс, 2005. – 192 с. (Автоэлектроника). – ISBN 5-477-00102-X
7. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Г. С. Найвельт, К. Б. Мазель, Ч. И. Хусаинов и др.; под редакцией Г. С. Найвельта. – М.: Радио и связь. – 1986. – 576 с.
8. Костиков В. Т. Источники электропитания электронных средств. Схемотехника и конструирование: Учебник для вузов./ В. Т. Костиков, Е. М. Парфенов, В. А. Шахнов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 344 с. – ISBN 5-93517-052-3.
9. Кичак В.М. Основи схемотехніки. Аналогова та інтегральна схемотехніка. Навчальний посібник із грифом МОНМС України / Кичак В.М., Рудик В.Д., Семенов А.О., Семенова О.О. – Вінниця, 2013. – 267 с. ISBN 978-966-641-513-7
10. Крушевський Ю.В. Настроювання, регулювання та обслуговування РЕА. Навчальний посібник / Крушевський Ю.В., Шутило М.А., Семенов А.О., Коваль К.О. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 160 с.

Семенов Андрій Олександрович — д-р техн. наук, професор, професор кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Гнатенко Андрій Юрійович — студент групи ТКР-19мс, кафедра радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: hnatyk2017@gmail.com

Загоруйко Олександр Олександрович — студент групи ТКР-19мс, кафедра радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: zagoralexua@gmail.com

Semenov Andriy Oleksandrovych — Dr. Sc. (Eng.), Full Professor, Professor of the Chair of Radio-Frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Hnatenko Andrii Yuriiovych — student of group TCR-19мс, Departments of Radio-Frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: hnatyk2017@gmail.com

Zahoruiko Oleksandr Oleksandrovych — student of group TCR-19мс, Departments of Radio-Frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: zagoralexua@gmail.com