

Проведено исследование влияния тепловых потоков в зоне дефектного контактного соединения на температуру его поверхности. Установлена зависимость поверхностной температуры дефектного линейного контактного соединения от удельного сопротивления проводника и условий теплообмена с окружающей средой.

Электрический ток, электрическое сопротивление, температура, тепловой поток, теплопроводность, теплоотдача.

A study of the effect of heat flow in the area of defective pin connection on the temperature of its surface. The dependence of the surface temperature of the defective line pin connections from the resistivity of the conductor and the conditions of heat exchange with the environment.

Electric current, electrical resistance, temperature, heat flow, thermal conductivity, convective heat transfer.

УДК 621.3

ПІДВИЩЕННЯ ККД ІМПУЛЬСНОГО ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ

А.П.Пузанов, кандидат технічних наук

Проаналізовано вторинні джерела електроживлення зі стабілізацією вихідної напруги широтно-імпульсним модулятором з транзисторним ключем, який навантажено на вихідний імпульсний трансформатор. Такі схеми дають можливість досягнути масогабаритних характеристик 300 Вт/дм^3 при частоті перетворення до 200 кГц і ККД до 70% .

Розглянуто резонансні та квазірезонансні схеми АС/DC-перетворювачів із використанням LC-кіл. Показано, що резонансні схеми мають більш високу стабільність і ефективність, дають можливість збільшити частоту перетворення до 2 МГц , що дозволяє для джерел з вихідною потужністю до 100 Вт досягнути малогабаритних характеристик до 930 Вт/дм^3 при ККД до 87% .

Перетворювач напруги, широтно-імпульсний модулятор, стабілізатор напруги, резонансні кола, ефективність.

Стрімкий розвиток нових напівпровідникових технологій привів до революції й у такій області електротехніки, як джерела електроживлення. За короткий термін вторинні джерела електроживлення радикально змінилися: на зміну громіздким пристроям з мережним трансформатором і додатковим транзисторним стабілізатором прийшли мініатюрні імпульсні модулі. Виробляються малогабаритні АС/DC-перетворювачі в корпусах звичайних мікросхем.

Мета досліджень - підвищення ефективності імпульсних джерел живлення.

Матеріали та методика досліджень. Основними джерелами електроживлення є централізовані системи електропостачання зі стандартними параметрами. Звичайно в міських мережах електроенергія подається споживачеві у вигляді трифазного струму з лінійною напругою 380 В, частотою 50(±0,5 Гц) і фазною напругою 220 В. Якість електропостачання визначається ГОСТ 3109-99 [3], однак стабільність напруги і частоти в первинних мережах електроживлення невисокі, що призводить до необхідності застосування стабілізаторів перемінного струму навіть по колах первинного електроживлення. Для живлення сучасних електротехнічних пристроїв потрібні джерела постійного струму напругою +5 В, +12 В або +27 В. Перетворювачі змінної напруги 220 В у постійне (AC/DC) називають вторинними джерелами живлення (ВДЖ) [1].

Узагальнена структура ВДЖ показана на рис.1. Вхідна напруга перемінного струму 220 В перетворюється трансформатором (Тр) до необхідної величини (наприклад, 6 В), випрямляється (В), фільтрується (Ф), а потім за необхідності стабілізується (Ст). Навантаження підключається до виходу стабілізатора. Трансформатор на вході ВДЖ забезпечує і гальванічну розв'язку між мережею первинного електро-живлення і навантаженням.

Якість ВДЖ характеризує коефіцієнт пульсацій на навантаженні:

$$k_n = \frac{\Delta U_n}{U_2},$$

де $\Delta U_n = U_{2\max} - U_{2\min}$; U_2 , $U_{2\max}$, $U_{2\min}$ ~ необхідна постійна, імпульсна максимальна і мінімальна напруга на навантаженні відповідно. Звичайно $k_n = 0,05 \div 0,2$.

Низька частота мережі 50 Гц призводить до необхідності застосування громіздких трансформаторів і фільтрів, при цьому коефіцієнт пульсацій на виході фільтра залежить від величини навантаження і часто виявляється неприпустимо великим. Коефіцієнт корисної дії (ККД) таких ВДЖ дорівнює відношенню потужності, що віддається в навантаження P_n , до потужності P_1 , споживаної від первинної електромережі $\eta = P_n/P_1$, як правило, не вище 40 %.

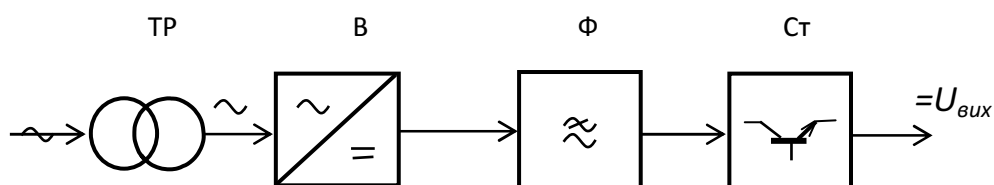


Рис.1. Структурна схема ВДЖ з трансформаторним входом

Розвиток електронних технологій призвело до створення елементної бази, що дозволяє принципово поліпшити техніко-економічні показники ВДЖ у широкому діапазоні потужностей. При цьому суттєво вплинуло

на характеристики ВДЖ створення високовольтних високочастотних електронних ключів, оптронів та інших електронних приладів, що дозволяють перетворювати електроенергію не на частотах первинної електромережі 50 Гц, а на частотах 40–250 кГц. Відповідно змінилися і базові структури ВДЖ. Основною стала “безтрансформаторна” структура ВДЖ (рис.2), відповідно до якої напруга мережі 220 В безпосередньо випрямляється діодним випрямлячем (B_1) і фільтрується низькочастотним фільтром (Φ). Отримана постійна напруга (близько 305 В) перетворюється генератором (M) в імпульсну напругу з підвищеною частотою імпульсів (до 200 кГц), яка потім за допомогою імпульсного високочастотного трансформатора Tr перетворюється в перемінну напругу потрібної амплітуди. Напруга вторинної обмотки імпульсного трансформатора TP випрямляється (B_2) і стабілізується стабілізатором $Ст1$.

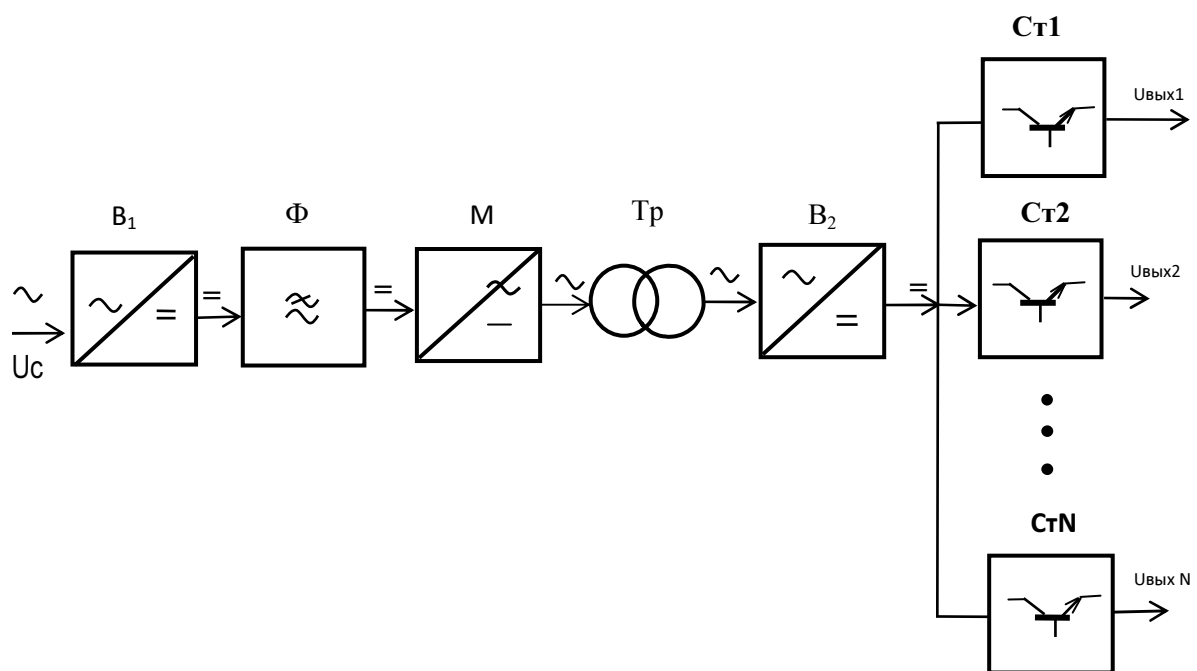


Рис.2. Структура ВДЖ з безтрансформаторним входом

Високочастотний трансформатор має невеликі розміри і забезпечує гальванічну розв'язку між входом і виходом ВДЖ до 5 кВ. Вихідна імпульсна напруга підвищеної частоти потім повторно випрямляється за допомогою найпростішого однофазного діодного мостового випрямляча і фільтрується простим фільтром низьких частот, що звичайно складають з конденсаторів великої ємності (до 1000 мкФ, 500 В). За необхідності кількість вторинних обмоток імпульсного трансформатора може бути збільшено ($Ст1, Ст2, \dots, СтN$) для одержання потрібного складу вторинних напруг $U_{вых1}, U_{вых2}, \dots, U_{выхN}$. Стабілізація вихідної напруги забезпечується шляхом зміни тривалості імпульсів генератора, тому такі схеми одержали назву широтно-імпульсних модуляторів (ШИМ) [1,4].

Нині кілька фірм (Power Integrations, FranMar, Peak, Lambda, Ericsson) випускають AC/DC перетворювачі з мікросхемами ШІМ різної

потужності від 0,5 Вт до 50 Вт, причому перетворювачі потужністю до 6 Вт виконуються у корпусах DIP-8, DIP-8В, або у планарному виконанні – корпус SMD-8В.

Перетворювачі потужності до 25 Вт випускаються у прямокутних корпусах 50x25 мм, висотою 10 – 15 мм, а потужності 25–50 Вт – у корпусах 50x50мм або 25x75 мм.

Результати досліджень. Більшість AC\DC - перетворювачів виконуються за схемою прямого перетворення постійного струму (рис.3). У цій схемі вхідні і вихідні обмотки розташовуються на загальному магнітопроводі реактора, виконаного з феросплаву. Гальванічна розв'язка забезпечується наявністю двох обмоток. Випрямлення забезпечується однополуперіодним діодним випрямлячем (імпульсний діод VD2) і фільтром низьких частот (C_Φ).

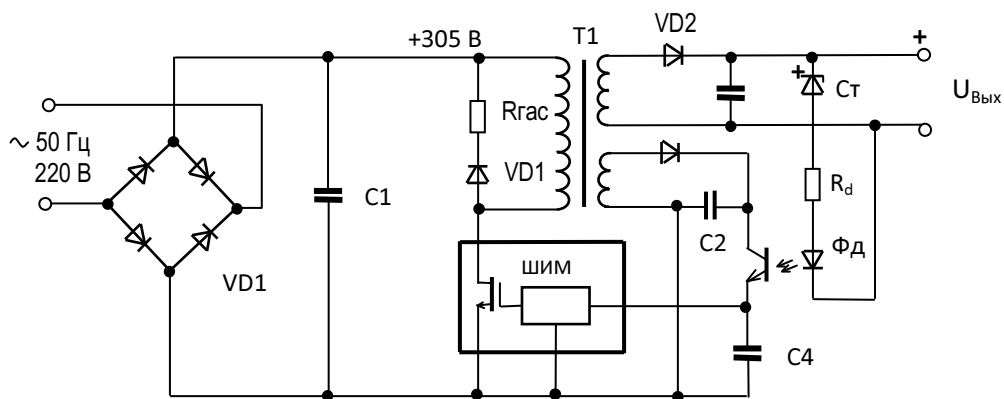


Рис.3. Схема імпульсного AC/DC-перетворювача

Як випрямлячі можуть бути використані напівмостові і мостові схеми, рівень пульсацій яких майже вдвічі нижче, ніж на виході однонапівперіодної схеми.

Перші покоління описаних вище перетворювачів створювалися на основі біполярних транзисторів, що працюють на частотах декількох кГц із досить низьким ККД (50 – 60 %). Відповідно і питомі масогабаритні показники таких ВДЖ не перевищували 300 Вт/дм³. Основними факторами, що обмежують зростання цих показників, були низькі характеристики фільтрів на таких частотах і великі комутаційні втрати потужності в транзисторах. Спроби знизити ці втрати введенням RLC-кіл («сноберів»), які роблять швидше процес переключення транзистора, виявилися недостатньо ефективними, тому що «снобери» самі створюють втрати потужності. Ситуація покращилася з появою могутніх польових транзисторів, що відрізняються високою швидкодією і практично нульовою потужністю імпульсів керування. У результаті стало можливим створення нового покоління перетворювачів з «м'якою» комутацією ключів у моменти, коли струм або напруга на транзисторі близькі до нуля.

Перетворювачі нового покоління були названі квазірезонансними [2,3]. У свою чергу вони розрізняються на два класи: перетворювачі з ко-

мутацією в нулі струму (КНС) і перетворювачі з комутацією в нулі напруги (КНН) [1].

Принцип дії таких перетворювачів заснований на введенні в схеми перетворювачів LC-кіл, які при переключенні ключів створюють квазісінусоїдні коливання, що дозволяють виключати ключ у нулі струму або включати ключ у максимумі напруги (рис.4) [2,4]. Ці ключі можуть ефективно використовуватися в базових схемах ВДЖ. Для перетворювачів потужністю 100 Вт досягнуті питомі характеристики 930 Вт/дм³. Висока ефективність цього типу схем обумовлена практично виключенням втрат при вимиканні. При цьому граничними частотами для перетворювачів із КНТ є частота 2 МГц, подальше її збільшення обмежується втратами в «паразитних» ємностях МОН-транзисторів. Перетворювачі з КНН можуть працювати на високих частотах (до 10 МГц). Оскільки в момент переключення напруга колектор-емітер $U_{ке}$ транзистора близька до нуля, на перезаряд ємностей транзистора енергія майже не втрачається. Крім того, оскільки напруга, що комутується, мала (2–3 В), імпульсна напруга перешкоди, що створюється у мережі перемінного струму 220 В, також є мінімальною.

Нині квазірезонансні перетворювачі потужністю до 100 Вт створюються на основі гібридної товстоплівкової технології. Перетворювачі малої потужності (до 10 Вт) випускаються у 8 – вивідних і 14 – вивідних DIP–корпусах.

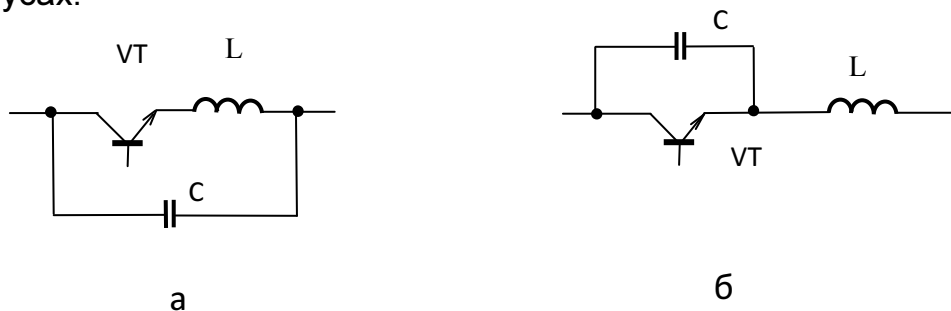


Рис.4. Резонансні ключі:

а – з комутацією в нулі напруги; б – з комутацією в нулі струму

Висновки

Для підвищення ККД та ефективності імпульсних перетворювачів необхідно застосовувати квазірезонансні контури при використанні високочастотних МОН-транзисторів.

Перетворювачі напруги потужністю до 300 Вт з комутацією в нулі напруги можуть працювати на частотах до 10 МГц. При цьому практично дорівнюють нулю втрати при комутації, обумовлені «паразитними» ємностями МОН-транзисторів, що забезпечує високий ККД (до 87 %). Одночасно знижується рівень перешкод, що створює імпульсний перетворювач у мережі змінного струму.

Список літератури

1. Касаткин А.С. Курс электротехники / А.С.Касаткин, М.В.Немцов.— М.: Высш. шк., 2008. — 542 с.
2. Ли Ф.К. Высокочастотные квазирезонансные преобразователи /Ф.К.Ли. ТИИР. — 1988. — Т.76 — №4. — С.12.
3. Розанов Ю. Вторичные источники питания: от сетевого трансформатора до корректора коэффициента мощности / Ю.Розанов, М.Рябчинский, А.Кваснюк / Chip News Украина. — 2004. — №4. — С. 3–8.
4. Самойлов В.Ф. Импульсная техника / В.Ф Самойлов, В.Г.Маковеев. — М.: Связь, 1971. — 224 с.
5. Ступельман В.Ш. Полупроводниковые приборы / В.Ш.Ступельман, Г.А.Филаретов. — М.: Сов. радио, 1973. — 248 с.

Проанализированы вторичные источники электропитания со стабилизацией выходного напряжения широтно-импульсным модулятором с транзисторным ключом, нагруженным на выходной импульсный трансформатор. Такие схемы позволяют достигнуть массогабаритных характеристик 300 Вт/дм³ при частоте преобразования до 200 кГц и КПД 70 %.

Рассмотрены резонансные и квазирезонансные схемы AC/DC- преобразователей с использованием LC-цепей. Показано, что резонансные схемы имеют более высокую стабильность и эффективность, дают возможность увеличить частоту преобразования до 2 МГц, что позволяет для источников с выходной мощностью до 100 Вт достигнуть массогабаритных характеристик 930 Вт/дм³ при КПД до 87%.

Преобразователь напряжения, широтно-импульсный модулятор, стабилизатор напряжения, резонансные цепи, эффективность.

Analyzed secondary power sources with stabilization of output voltage by width-pulse modulator with transistor key, laden on output pulsed transformer, that allows to reach 300 Wt/dm³ under CUE before 70%.

Considered resonant scheme AC/DC converters with use LC-sidebars. Install that resonant scheme has more high efficiency, enable to enlarge a transformation frequency before 2 MHZ, that allows for the power of load before 100 Wt reach 930 Wt/dm³ under CUE before 87%.

Converter of voltage, width-pulse modulator, voltage stabilizator, resonant schemes, efficiency.