

УДК 621.314: 621.311.6

Ю. Е. Паеранд, канд. техн. наук, проф.;

О. Ф. Бондаренко, канд. техн. наук;

Ю. В. Бондаренко, асп.

СПОСІБ КЕРУВАННЯ БАГАТОКОМІРКОВИМ ТРАНЗИСТОРНИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ

Запропоновано комбінований спосіб керування багатокмірковим транзисторним перетворювачем для установок контактного мікрозварювання, який полягає у спільному застосуванні безперервного та імпульсного режимів керування силовими транзисторами перетворювача, що забезпечує високу точність регулювання зварювального струму та ефективне використання електроенергії.

Транзисторні перетворювачі (ТП) знаходять широке застосування в електронних та електротехнічних пристроях та системах. Так, в установках контактного мікрозварювання транзисторний перетворювач виступає одним з найвідповідальніших вузлів, виконуючи функцію регулювання рівня зварювального струму. Контактне мікрозварювання є ефективним способом з'єднання малогабаритних деталей і тому активно використовується в електронній промисловості та приладобудуванні. Високу якість зварних з'єднань в процесі мікрозварювання можна досягти шляхом попереднього підбору і подальшого точного відпрацювання закону, за яким змінюється електричний струм, що протікає через зварюваний контакт [1]. Відомо, що найточніше регулювання рівня струму здатні здійснювати транзисторні перетворювачі з безперервним керуванням, яке передбачає роботу силових транзисторів перетворювача в активному режимі. Однак недоліком безперервного способу керування є значні втрати потужності на транзисторах, які за величини зварювального струму в сотні і навіть тисячі ампер можуть дорівнювати кільком кіловатам. Використання імпульсного керування транзисторами ТП, за якого вони працюють у ключовому режимі, дозволяє знизити втрати потужності, проте не забезпечує точність регулювання струму, достатню для реалізації контактного мікрозварювання високої якості. Об'єднати переваги кожного із зазначених способів керування ТП можливо за рахунок застосування комбінованого (безперервно-імпульсного) способу керування. Огляд відомих способів комбінованого керування транзисторами ТП наведений в [2].

Авторами пропонується спосіб комбінованого керування багатокмірковим транзисторним перетворювачем для установок контактного мікрозварювання, завдяки застосуванню якого забезпечується точне регулювання струму в процесі зварювання та ефективне використання електроенергії.

На рис. 1 показана структурна схема формувача імпульсів зварювального струму на основі багатокміркового транзисторного перетворювача. Джерело живлення ДЖ забезпечує необхідну енергію для зварювання. Транзисторний перетворювач ТП, що складається з n уніфікованих комірок $K_1 \dots K_n$, регулює зварювальний струм $i_{зв}$ в навантаженні H (зварюваному контакті) за необхідним законом. Система керування транзисторним перетворювачем СКТП формує сигнали керування $U_{кер1} \dots U_{керn}$, у відповідності до якого повинні змінюватись струми комірок перетворювача, а також керує перемиканням комірок. Кожна комірка перетворювача включає силовий блок СБ, побудований на потужних транзисторах, що здійснюють безпосереднє регулювання рівня струму комірки, та блок керування силовим блоком БК, який згідно з сигналом від СКТП формує сигнали безперервного та імпульсного керування ($U_{БК}$ та $U_{ІК}$) транзисторами силового блока та переводить їх з активного в ключовий режим роботи та навпаки. Сигнали з датчиків струму комірок ДСК та з датчика струму навантаження ДСН використовуються системою керування СКТП для контролю рівнів струмів.

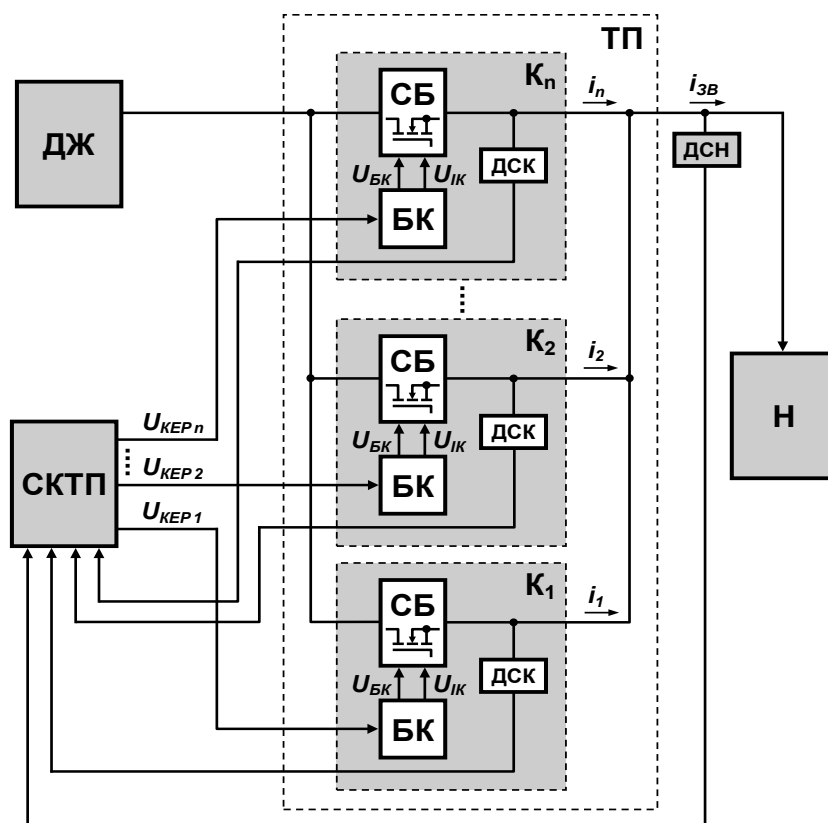


Рис. 1

За допомогою діаграм часу на рис. 2 можна пояснити принцип регулювання струму цим перетворювачем. Загальний зварювальний струм в навантаженні $i_{ЗВ}$ формується як сума n струмів, кожен з яких регулюється окремою транзисторною коміркою у межах від 0 до деякого заданого максимального рівня I_{max} . Зростання загального зварювального струму забезпечується додаванням струмів комірок шляхом послідовного введення їх в роботу. Алгоритм підключення та роботи комірок перетворювача можна описати таким чином. В початковий момент часу t_1 струм в навантаженні формується тільки однією коміркою, при цьому до моменту t_2 досягнення струмом максимального значення транзистор (транзистори) силового блока комірки, керований сигналом безперервного керування $U_{БК}$, з високою точністю регулює струм в активному режимі, а після моменту t_2 транзистор (транзистори) переводиться блоком керування в ключовий режим і продовжує підтримувати до закінчення зварювання досягнутий максимальний рівень струму комірки під впливом сигналу імпульсного керування $U_{ІК}$. В момент часу t_2 до процесу формування струму в навантаженні підключається друга комірка, транзистор якої також на початковому етапі регулює струм в активному режимі, а потім підтримує постійний рівень струму в ключовому режимі.

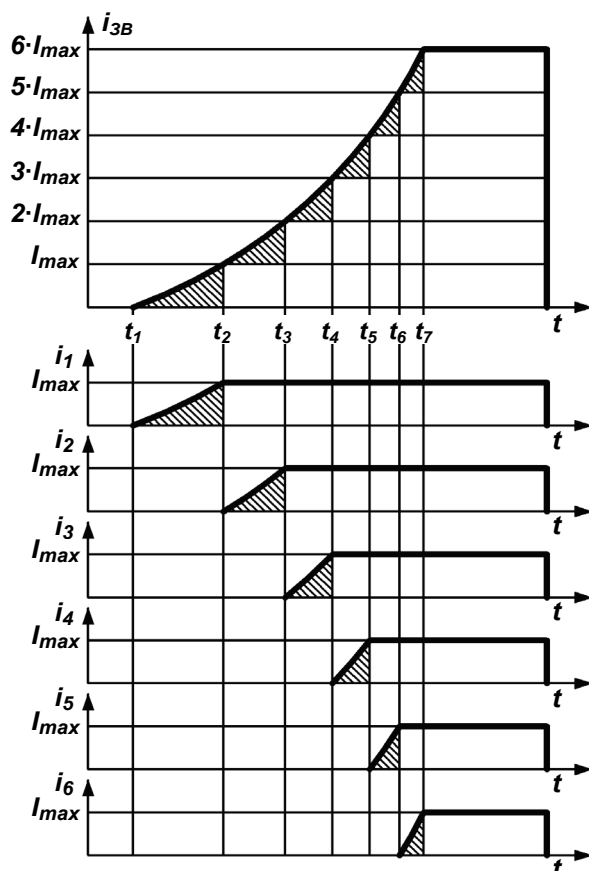


Рис. 2

У разі необхідності подальшого підвищення струму в навантаженні підключаються наступні

комірки, котрі працюють так само. Зони безперервного регулювання на рис. 2 заштриховані.

Оскільки в кожний момент часу безперервно регулюється не весь зварювальний струм, а тільки його частина (від 0 до I_{\max}), очевидно, що рівень втрат потужності на транзисторах буде нижчим, ніж під час регулювання усього зварювального струму в безперервному режимі. Використання ж безперервного регулювання на відповідальних ділянках формування струму дозволяє отримати достатньо високу точність відпрацювання заданого закону зміни струму.

Криву зміни зварювального струму, показану на рис. 2, можна вважати типовою для мікрозварювання. Вона складається з двох основних частин: початкового поступового збільшення струму за певним законом, що визначається конкретними умовами зварювання (матеріалом та товщиною деталей тощо), та стабілізації струму на певному максимальному рівні до закінчення зварювання. Необхідність у забезпеченні саме такого характеру зміни зварювального струму пояснюється особливостями електрофізичних процесів у зварювальному контакті. Окрім закону зміни струму в різних формувачах зварювальних імпульсів може задаватись та контролюватись також закон зміни напруги на зварювальному контакті або закон зміни потужності зварювального імпульсу [3].

Для точного відпрацювання заданого закону зміни струму транзисторним перетворювачем дуже важливо організувати ефективне керування перемиканням комірок.

Схема, що пояснює принцип керування перемиканням комірок ТП показана на рис. 3. Формувач сигналу завдання ФСЗ системи керування транзисторним перетворювачем СКТП формує сигнал завдання $U_{\text{ЗАВД}}$, який визначає закон зміни струму в навантаженні. Загальний сигнал керування ТП $U_{\text{КЕР}}$ є різницевим сигналом між сигналом завдання $U_{\text{ЗАВД}}$ та сигналом зворотного зв'язку з датчика струму в навантаженні $U_{\text{ДСН}}$ і формується за допомогою суматора 1. Сигнали керування комірками $U_{\text{КЕР}1} \dots U_{\text{КЕР}n}$ формуються таким чином. З моменту початку зварювання на першу комірку K_1 безпосередньо надходить загальний сигнал керування $U_{\text{КЕР}}$, тобто $U_{\text{КЕР}1} = U_{\text{КЕР}}$. Датчиком струму першої комірки відстежується поточний рівень вихідного струму комірки і формується пропорційний струму сигнал $U_{\text{ДСК}1}$, який надходить до СКТП. Сигнали $U_{\text{КЕР}1}$ та $U_{\text{ДСК}1}$ порівнюються за допомогою суматора 2. Доки струм комірки K_1 не досягне свого заданого максимального значення I_{\max} , сигнали $U_{\text{КЕР}1}$ та $U_{\text{ДСК}1}$ є рівними, тому сигнал на виході суматора 2 дорівнює нулю. У разі досягнення струмом комірки K_1 максимального значення сигнал $U_{\text{ДСК}1}$ стабілізується на одному рівні U_{\max} , а сигнал $U_{\text{КЕР}1}$ продовжує наростати, при цьому на виході суматора 2 формується позитивний різницевий сигнал, який використовується як сигнал керування $U_{\text{КЕР}2}$ коміркою K_2 , тобто $U_{\text{КЕР}2} = U_{\text{КЕР}1} - U_{\max}$. У разі досягнення струмом комірки K_2 максимального значення I_{\max} і його стабілізації на виході суматора 3 також формується позитивний різницевий сигнал, який використовується як сигнал керування наступною коміркою.

Таким чином, формування сигналу керування першою коміркою $U_{\text{КЕР}1}$ описується формулою

$$U_{\text{КЕР}1} = U_{\text{ЗАВД}} - U_{\text{ДСН}} = U_{\text{КЕР}}, \quad (1)$$

де $U_{\text{КЕР}1}$ — напруга керування першою коміркою; $U_{\text{ЗАВД}}$ — напруга завдання; $U_{\text{ДСН}}$ — напруга з датчика струму навантаження;

Загальний принцип формування сигналу керування комірками з $2-i$ по n -ту описується формулою

$$U_{\text{КЕР}i} = U_{\text{КЕР}i-1} - U_{\max} = U_{\text{КЕР}} - (i-1)U_{\max}, \quad (2)$$

де i — номер комірки перетворювача (з $2-i$ по n -ту); U_{\max} — напруга з датчика струму комірки, пропорційна максимальному струму комірки.

Під час підключення до процесу формування струму в навантаженні останньої n -ї комірки ТП сигнал $U_{\text{ДСК}n}$ надходить до датчика граничного струму ДГС, і у разі досягнення струмом цієї комірки максимального значення I_{\max} ДГС повідомляє про це, виводячи відповідний сигнал на блок індикації БІ.

За необхідності зниження струму в навантаженні комірки послідовно відключаються в зворот-

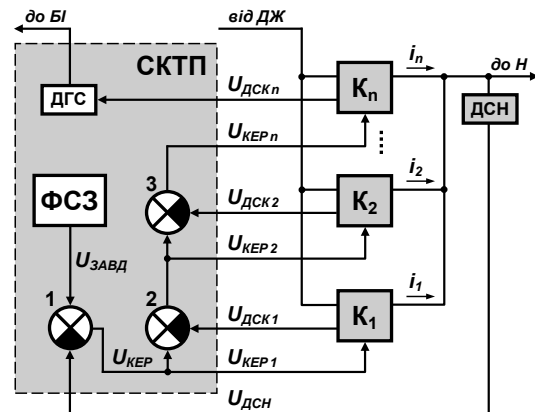


Рис. 3

ному порядку негативним різницеvim сигналом керування, який формується у разі зменшення сигналу завдання.

Якщо з будь-яких причин виходять із ладу одна або навіть кілька комірок, процес формування струму в навантаженні не припиняється. З датчика струму пошкодженої комірки на відповідний суматор буде постійно надходити нульовий сигнал, тому різницеvim сигнал на виході цього суматора дорівнюватиме сигналу керування пошкодженою коміркою і без змін використовуватиметься як сигнал керування наступною робочою коміркою.

Висновки

Запропонований спосіб комбінованого (безперервно-імпульсного) керування багатокомірковим транзисторним перетворювачем для установок контактної мікросварювання дозволяє отримати достатню точність відпрацювання заданого закону зміни струму за рахунок використання безперервного керування транзисторами перетворювача на відповідальних ділянках формування кривої струму, а також дозволяє скоротити втрати потужності на транзисторах перетворювача за рахунок використання імпульсного керування ними протягом решти часу. Запропонований спосіб перемикавання комірок різницеvim сигналом керування є ефективним з точки зору швидкості введення в роботу нових комірок, бо не передбачає жорсткої логіки їх перемикавання, а також він забезпечує автоматичну взаємозаміну уніфікованих комірок перетворювача у разі виходу з ладу однієї чи кількох з них.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Паэранд Ю. Э. Особенности формирования импульсов тока для сварки малогабаритных деталей / Ю. Э. Паэранд, А. Ф. Бондаренко // Технічна електродинаміка. Тем. вип. — 2005. — Ч. 3 — С. 28—31.
2. Паэранд Ю. Э. Многоячейковый транзисторный регулятор тока с комбинированным управлением для установок контактной микросварки / Ю. Э. Паэранд, А. Ф. Бондаренко, Ю. В. Бондаренко // Технічна електродинаміка. Тем. вип. Силова електроніка та енергоефективність. — 2009. — Ч. 3. — С. 10—15.
3. Паэранд Ю. Э. Формирователи импульсов тока для контактной сварки / Ю. Э. Паэранд, А. Ф. Бондаренко, Ю. В. Бондаренко // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 2008. — № 3. — С. 25—30.

Рекомендована кафедрою електроніки

Стаття надійшла до редакції 11.03.11
Рекомендована до друку 31.03.11

Паэранд Юрій Едуардович — завідувач кафедри, **Бондаренко Олександр Федорович** — доцент, **Бондаренко Юлія Валерійвна** — аспірант.

Кафедра електронних систем, Донбаський державний технічний університет, Алчевськ