

STRESZCZENIE

Przekształtniki podnoszące napięcie mają rozległe zastosowanie w układach zasilających w bardzo szerokim zakresie napięć, współczynnika wzmocnienia napięciowego oraz mocy. Różne wymogi podyktowane przez nierzadko wyrafinowane i specjalistyczne zastosowania wymuszały i nadal wymuszają opracowywanie nowych topologii i technologii przekształtników DC-DC podnoszących napięcie.

Układy przekształtników DC-DC, w ogólnym ujęciu, pracują na zasadzie ciągłego powtarzania sekwencji składającej się z magazynowania energii pobranej z wejścia oraz przekazywania tej energii na wyjście przy innym napięciu. Główny podział układów, jaki można przyjąć to klasyfikacja ze względu na rodzaj elementu, który wykorzystywany jest do magazynowania przenoszonej energii: może być to dławik indukcyjny, jak w przypadku klasycznych przekształtników, bądź kondensator.

Mając na uwadze ograniczenia elementów indukcyjnych, można przyjąć, że istotnym kierunkiem rozwoju przekształtników DC-DC mogą być układy o kondensatorach przełączanych, tym bardziej, że ostatnio obserwuje się rozwój technologii kondensatorów ceramicznych, w tym także dedykowanych dla energoelektroniki. Gęstość objętościowa czy wagowa energii w nowoczesnych kondensatorach foliowych, czy szczególnie w ceramicznych dalece przewyższa gęstość w elementach indukcyjnych przy zachowaniu niewielkiej stratności. W tym kontekście technika przełączanych kondensatorów może być obiecująca i umożliwić dalszą miniaturyzację przekształtników.

Rozprawa składa się z dwóch części. Część pierwsza dotyczy badań układu w topologii SCVM (*ang. Switched Capacitor Voltage Multiplier*) wykonanego na bazie tyrystorów. Celem badań było wykazanie przydatności łączników tyrystorowych do budowy układów o przełączanych kondensatorach oraz weryfikacja koncepcji tyrystorowego układu SCVM. W pracy zamieszczono kompletną analizę teoretyczną, procedurę doboru elementów, liczne wyniki symulacyjne oraz laboratoryjne.

W drugiej części pracy, zamieszczono wyniki badań układu MRSCC (*ang. Multilevel Resonant Switched Capacitor Converter*) o charakterze dwukierunkowym dwukwadrantowym z nawrotem prądu. Ze względu na swój wielopoziomowy charakter, przekształtnik MRSCC dobrze nadaje się do pracy przy znacznych napięciach, ponieważ wszystkie elementy tego przekształtnika pracują przy napięciu porównywalnym z napięciem strony niskiej. Możliwe jest zatem konstruowanie przekształtników na napięcia wielokrotnie przekraczające wytrzymałość napięciową elementów, z których są one zbudowane i dotyczy to nie tylko łączników energoelektronicznych, ale także elementów pasywnych oraz układów pomocniczych. Praca zawiera obszerną analizę teoretyczną obejmującą zagadnienia: obciążenia elementów, efektywności napięciowej, strat energii, procedury doboru głównych elementów przekształtnika MRSCC. Szczególną uwagę przywiązano do analizy zjawisk zachodzących przy pracy układu z częstotliwością impulsowania odbiegającą od częstotliwości rezoanansowej. Zagadnienie to opisano na podstawie przeprowadzonych prac analitycznych, symulacji komputerowych oraz pomiarów laboratoryjnych. Część eksperymentalna została zrealizowana z wykorzystaniem zbudowanego układu laboratoryjnego bazującego na łącznikach typu MOSFET SiC o mocy znamionowej 5kW, częstotliwości impulsowania rzędu 260kHz oraz napięciu strony niskiej i wysokiej, odpowiednio 500V i 2kV. Przeprowadzono pomiary sprawności energetycznej oraz efektywności napięciowej układu dla różnych warunków pracy w tym także przy odstrojonej częstotliwości impulsowania. By uniknąć konieczności stosowania wysokonapięciowego sprzętu laboratoryjnego, badania przeprowadzono w układzie kaskady 500V/2kV/500V złożonej dwóch bliźniaczych przekształtników MRSCC. Zaproponowano również modyfikację podstawowego układu MRSCC polegającą na dołączeniu dodatkowych gałęzi komutacyjnych oraz dławika wspomagającego komutację. W wyniku wprowadzonej modyfikacji uzyskano wielokrotną redukcję strat energii związanych z przeładowaniem pojemności pasożytniczych tranzystorów mocy. W rezultacie uzyskano znaczący wzrost sprawności energetycznej przekształtnika. Przeprowadzone badania potwierdziły poprawność koncepcji oraz szczególnie korzystne cechy układu MRSCC.

19.12.2019 Adam Konecny