

STRESZCZENIE

Głównym celem niniejszej rozprawy było poszerzenie opisu pracy podstawowych impulsowych przetwornic napięcia stałego (BUCK, BOOST) w trybie nieciągłego przewodzenia (DCM) poprzez pełniejsze niż dotąd uwzględnienie efektów pasożytniczych. Sama tematyka, związana z modelowaniem impulsowych przetwornic napięcia stałego, jest dość obszerna. Różnorodność układów przetwarzania mocy, związanych z nimi trybów pracy oraz sposobów sterowania sprawiają, że modele prezentowane w literaturze, które opisują pracę przetwornic napięcia stałego, najczęściej dotyczą przypadków idealnych. Wśród dokładniejszych modeli, spotykanych w literaturze, bardzo często można znaleźć opisy, które uwzględniają jedynie wybrane efekty pasożytnicze. Uwzględnienie każdego dodatkowego efektu poważnie komplikuje model. W przetwornicach pracujących w trybie nieciągłego przewodzenia (DCM) mogą pojawić się efekty pasożytnicze, które nie występują w innych trybach pracy. Ich obecność może w niektórych przypadkach silnie wpływać na pracę przetwornic, powodując duże rozbieżności między modelem, a rzeczywistym układem. Wspomniane rozbieżności można zaobserwować, analizując np. charakterystykę częstotliwościową modułu i fazy danej transmitancji małosygnałowej. Należy jednak pamiętać, że same modele małosygnałowe są pewnym przybliżeniem opisującym pracę danej przetwornicy, stąd ich dokładność jest z góry ograniczona.

Pierwsza część niniejszej pracy, na którą składają się rozdziały 2 – 3, stanowi wprowadzenie do tematu impulsowych przetwornic mocy. We wspomnianych rozdziałach krótko opisano różne typy przetwornic, najważniejsze sposoby sterowania, tryby pracy, wybrane przykłady zastosowań oraz techniki modelowania, którym poświęcono cały trzeci rozdział. W rozdziale czwartym opisano wybrane metody wyznaczania charakterystyk częstotliwościowych, będących najczęściej wykorzystywanym narzędziem do weryfikacji modeli małosygnałowych. Na początku wspomnianego rozdziału opisano problem występowania w napięciu wyjściowym zakłóceń o częstotliwości sygnału przełączającego, a następnie zaproponowano kilka rozwiązań, umożliwiających wyodrębnienie sygnału użytecznego. W ostatniej części niniejszej rozprawy skupiono się na identyfikacji efektów pasożytniczych, które występują w podstawowych przetwornicach napięcia stałego pracujących w trybie DCM. Rozdział piąty zawiera opis wybranych efektów pasożytniczych oraz ich wpływ na charakterystyki częstotliwościowe, który udało się potwierdzić w drodze pomiarów. We wspomnianym rozdziale zaproponowano m.in. zmodyfikowany model przetwornicy BUCK, wyprowadzony na potrzeby niniejszej pracy, a następnie porównano go z innymi modelami dostępnymi w literaturze. W celu weryfikacji wspomniane modele porównano z wynikami wielkosygnałowych symulacji w programie OrCAD oraz wynikami pomiarów rzeczywistych przetwornic napięcia stałego.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów zaobserwowano, że dostępne w literaturze modele podstawowych przetwornic napięcia stałego, pracujących w trybie DCM, są najczęściej słuszne jedynie w przypadku zastosowania specyficznego, a czasem nietypowego zestawu parametrów bloku głównego przetwornicy. Zaproponowany w pracy model, uwzględniający szeregowo rezystancje zastępcze elementów bloku głównego, charakteryzował się dobrą zgodnością z wynikami pomiarów otrzymanymi dla wszystkich badanych przetwornic. Dobrą zgodność wspomnianego modelu otrzymano m.in. dzięki identyfikacji innych efektów pasożytniczych, pomijanych w literaturze, które mają zauważalny wpływ na pracę przetwornic w trybie nieciągłego przewodzenia. Z zaprezentowanych badań wynika, że szersze, niż w poprzednich pracach, uwzględnianie efektów pasożytniczych, znacząco poprawia dokładność modeli małosygnałowych.

Marcin Walczak

ABSTRACT

The main goal of the thesis was to extend models of the basic DC-DC converters working in discontinuous conduction mode (DCM) by including the parasitic effects which usually are not taken into consideration. A problem related to modeling of DC-DC converters is quite extensive. A number of topologies, various control techniques, and different conduction modes can be overwhelming, therefore models, presented in the literature, usually refer to the ideal converters, in order to simplify the description of converter operation. More accurate models, which can be found in the literature, usually consider one type of parasitic effects only, but even then the effect is included partially - since any attempt to extend the model by additional parasitic effect, strongly complicates the final transfer function.

Some of parasitic effects which normally don't exist in other conduction modes, can appear in converters working in DCM, and have noticeable impact on the process of power conversion. The impact can be observed in frequency characteristics of control-to-output transfer function, where the parasitic effects are one of the main reasons of inconsistency between calculations and measurement. Other source of the inconsistency is the model itself, since from definition it is only an approximation describing a specific converter.

First part of the thesis consists of chapters 2-3, and contains information that introduce the reader to the DC-DC converters. In these chapters the reader can find information related to the different converters' types and topologies, common control techniques, basic conduction modes, application examples, and description of modeling workflow, where three popular averaging techniques have been explained. A model verification is frequently done by comparison of the calculated frequency characteristics with measured ones. The fourth chapter has been devoted to noise presence in the output voltage, and difficulties it makes during measurement of frequency characteristics. A few algorithms for analyzing measured data, which can help with extraction of the useful signal, have been presented in the chapter.

The last chapter contains a description of a few parasitic effects which exist in the basic DC-DC converters working in DCM. The effects can have a noticeable influence on frequency characteristics, which has been confirmed with measurement. In the chapter a modified model of a BUCK converter, including all of the parasitic resistances, has been presented and compared with the other popular models available in the literature. The comparison process included frequency characteristics of the control-to-output transfer function, which afterward has been verified with the results of a large-signal simulation made in OrCAD, and measured characteristics of physical converters.

Based on the research presented in the thesis one can come to a conclusion that models of the basic DC-DC converters working in DCM, which are available in the literature, are valid only with a specific, and sometimes untypical set of converter parameters. The model presented in the thesis, including all of the parasitic resistances, was valid for all of the analyzed converters. Good consistency between the calculated and the measured characteristics have been achieved by identification, reduction, and compensation of the additional parasitic effects that are not considered in the literature but have a noticeable influence on frequency characteristics of the basic converters working in DCM. According to the research presented in the thesis one can come to a conclusion that taking into a consideration the parasitic effects, described in chapter 5, significantly increases accuracy of small-signal models, compared to the models previously presented in the literature, and thus corrects consistency between calculated and measured frequency characteristics.

Marcin Walczak