

## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

„Metody redukcji odkształcenia napięć i prądów powodowanych przez przekształtniki energoelektroniczne w sieciach elektroenergetycznych”

Autor: Mgr inż. Chamberlin Stéphane Azebaze Mboving

### 1. Informacje bibliograficzne na temat rozprawy

Tom rozprawy liczy 257 stron i zawiera 7 rozdziałów, 5 załączników oraz bibliografię obejmującą 290 źródeł.

### 2. Charakterystyka rozprawy

Rozwój energoelektroniki niesie ogromne korzyści, jednak ma również negatywne skutki. Do tych drugich zalicza się obniżenie jakości energii znacząco wpływające na kompatybilność elektromagnetyczną urządzeń i instalacji elektrycznych. Rozwiązaniu problemu związanego z obecnością i redukcją harmonicznych poświęcono wiele publikacji, co świadczy o znaczeniu i jednocześnie o braku rozwiązań w tej dziedzinie. Znanemu wpływowi harmonicznych na pracę urządzeń elektrycznych towarzyszą dodatkowe czynniki, takie jak asymetria prądów i napięć oraz kompensacja mocy biernej. Jednym z etapów na drodze do rozwiązania tych problemów jest ujednoczony dobór urządzeń kompensujących uwzględniający wszystkie znane rozwiązania techniczne. Mimo twierdzenia autora o dążeniu do rozwiązania problemów harmonicznych, asymetrii napięć i prądów oraz mocy biernej, najwięcej uwagi poświęcono pierwszemu problemowi. Z mojego punktu widzenia wydaje się to prawidłowe, ponieważ warunki pracy symetrycznej z harmonicznymi występują najczęściej. Autor szczegółowo, a czasem nawet zbyt szczegółowo zbadał różne topologie aktywnych i pasywnych filtrów harmonicznych. Autorowi udało się osiągnąć cel określony w rozprawie, a mianowicie opracować układ filtra i system sterowania nim umożliwiające skuteczną kompensację harmonicznych i mocy biernej także w warunkach pracy asymetrycznej. W efekcie zaproponowano filtr hybrydowy złożony z równoległego filtra aktywnego połączonego szeregowo z filtrem dla jednej harmonicznej.

Uzyskane wyniki opierają się na badaniach symulacyjnych. Należy zauważyć, że w ramach postawionych zadań badania symulacyjne przeprowadzono prawidłowo, co w ostatnim czasie jest coraz częściej podnoszoną kwestią. Ponadto warto podkreślić szerokie zastosowanie testów laboratoryjnych, których wyniki potwierdzają główne wnioski rozprawy.

### 3. Uwagi dyskusyjne

1. Rozprawa skupia się na redukcji harmonicznych, asymetrii i mocy biernej przy częstotliwości podstawowej. Obniżenie poziomu harmonicznych było przedmiotem wielu badań, natomiast na temat redukcji asymetrii napięć i prądów dostępnych jest mniej wyników. W szczególności takich prac nie ma przy badaniu filtrów pasywnych, obecne są jednak prace w kontekście użycia układu SAPF. Przy rozwijaniu filtra HAPF stwierdzono, że „Układ HAPF2 z zaproponowanym systemem sterowania nie może kompensować składowej asymetrycznej”.

2. Nie jest do końca jasne, dlaczego kompensacja mocy biernej jest zastosowana tylko przy częstotliwości podstawowej, mimo że filtry aktywne pozwalają na kompensację chwilowej mocy urojonej.

3. W rozdziale 2. autor zauważa, że najczęściej stosowaną topologią jest topologia z równoległymi połączeniami filtrów aktywnych i pasywnych, co eliminuje zjawiska rezonansu między siecią elektroenergetyczną a filtrem pasywnym. Z tego powodu w pracy badawczej autor skupił się na drugiej topologii. Ten wniosek nie jest logiczny i wystarczająco uzasadniony.

4. Wydaje się, że pewne wyniki badań są znane w literaturze naukowej. W szczególności dotyczy to badań, w których w sieci elektroenergetycznej występuje 5. harmoniczna oraz jednocześnie podłączony jest tylko filtr nastrojony na 7. harmoniczną. Naturalnie rezonans może wystąpić przy harmonicznej o niższej częstotliwości, a filtr musi być nastrojony na częstotliwość najniższej harmonicznej obecnej w sieci.

5. W punkcie 4.3.3.1 stwierdzono, że „Zbadano wpływ odkształconego napięcia w sieci elektrycznej oraz impedancji sieci na skuteczność filtracji”. Badania te jednak nie pozwalają na wysnucie żadnego przydatnego wniosku, ponieważ nie przeprowadzono analizy porównawczej parametrów źródła harmonicznych po stronie sieci i po stronie odbiorczej. Ponadto powinno się wykonać szereg eksperymentów z różnymi wartościami mocy źródeł harmonicznych.

6. W rozdziale 5. stwierdzono, że indukcyjność dławika wejściowego układu SAPF powinno się dobrać tak, aby wartość ta była równa lub nieco mniejsza niż indukcyjność dławika wejściowego prostownika (obciążenie nieliniowe). Czy jest to prawda tylko w przypadku układu SAPF podłączonego w punkcie z jednym prostownikiem? Czy jest to jednak prawda także w przypadku podłączenia dużej liczby prostowników (kompensacja centralna)? Jeśli tak, to w drugim przypadku trudno określić parametry indukcyjności wejścia prostownika zastępczego w warunkach pracy.

7. W badaniach poświęconych hybrydowemu filtrowi aktywnemu podano niestety tylko wyniki symulacji komputerowej. W badaniach tych stwierdzono, że „Zależność impedancji od częstotliwości od strony zacisków prostownika (Rys. 6.10) wskazuje, że system zasilania ma charakter wyłącznie indukcyjny. Rezonans równoległy między układem PHF (pracującym samodzielnie) a siecią elektryczną został całkowicie wyeliminowany”. W rzeczywistych sieciach elektrycznych (szczególnie z dużą liczbą rozproszonych systemów wytwarzania energii) impedancja systemu przy częstotliwościach harmonicznych jest jednak trudnym do przewidzenia wynikiem zależności. W tym przypadku nie wyklucza się wystąpienia zjawisk rezonansu między filtrem a siecią.

Jeśli stwierdza się, że impedancja systemu jest wyłącznie indukcyjna, powinno się ograniczyć rozważane parametry sieci, np. biorąc pod uwagę sytuacje w punktach połączeń elektrycznie odległych od źródeł wytwarzania energii elektrycznej.

W głównej mierze negatywne uwagi nie umniejszają istotnej wartości pracy.

#### **4. Ocena merytoryczna rozprawy**

1. Niemal wszystkie wnioski dotyczące topologii filtrów są interesujące z punktu widzenia nauki i techniki oraz stanowią właściwy krok na drodze do rozwiązania problemów kompensacji harmonicznych.
2. Przy analizowaniu istniejących metod kompensacji harmonicznych przeprowadzono szczegółową symulację komputerową skuteczności ich działania w różnych warunkach pracy.
3. W trakcie badania stosowano prawidłowe podejście metodologiczne.
4. Ważnym elementem pracy jest potwierdzenie wyników symulacji komputerowej w warunkach laboratoryjnych, czego w ramach tej pracy dokonano wystarczającą liczbę razy.
5. Należy zauważyć, że badanie charakterystyki częstotliwościowej filtrów pasywnych na stanowisku badawczym w laboratorium nie było ograniczone tylko do parametrów podanych przez producenta. Dodatkowe badania i weryfikację charakterystyki częstotliwościowej przeprowadzono, używając programowalnego źródła napięcia AC.
6. Tekst został starannie zredagowany. Występuje bardzo mało literówek i błędów stylistycznych. Pod tym względem zarówno doktorant, jak i jego promotor zasługują na uznanie.

#### **5. Ogólna ocena i wniosek końcowy**

Potwierdzam, że przedmiotowa rozprawa doktorska przedstawia wartościowe badania interesującego i aktualnego problemu naukowego i technicznego oraz dowodzi szerokich zainteresowań naukowych doktoranta. W mojej opinii mgr inż. Chamberlin Stéphane Azebaze Mboving zasługuje na tytuł doktora.

#### **ZAŁĄCZNIK: Uwagi cząstkowe**

1. Brak końcowego wniosku do każdego rozdziału rozprawy.
2. Umieszczenie wielu małych wykresów na jednej ilustracji utrudnia czytanie.
3. Na stronie 157 na początku rozdziału umieszczono dużą ilość tekstu ze znaczną liczbą odniesień od rysunków (4.65, 4.67, 4.68, 4.69, 4.70). Rysunki te zamieszczono dopiero w dalszej części tekstu. Podane w ten sposób informacje trudno się analizuje. Zaleca się umieszczenie rysunku po odniesieniu się do niego w tekście.
4. W tekście pojawia się pewna liczba literówek i innych pomyłek:
  - s. 7 – „W niniejszej pracy skupiono się na ograniczaniu zakłóceń, takich jak asymetria, harmoniczne i moc bierna harmonicznej podstawowej”, ale czy „moc bierna harmonicznych podstawowych” jest zakłóceniem? Niepoprawne wyrażenie.
  - ss. 10, 31, 184 – „5.2.1.3 Influence of invert”.
  - s. 34 – „na rys. 2.14(b) i (c)”, ale na tym rysunku jest tylko litera a) i b).
  - s. 98 – „then com the”.
  - s. 136 – „volataye”.
  - s. 150 – „efficiency”, „can be reduced be adding”.
  - s. 186 – „enouth”.
  - s. 199 – „gird”.
  - s. 206 – „is du to the”.
  - s. 208 – rząd harmonicznej dla wartości 6,87 to nie 543 Hz.

Profesor

Iaroslav Shkliarskii

*/podpis nieczytelny/*

Petersburg (Rosja), wrzesień 2020 r.

## REVIEW FOR THE DOCTORAL DISSERTATION

«Methods for Reducing Voltage and Current Distortion Caused by Power  
Electronic Converters in Power Systems»

Author: M. Sc. Chamberlin Stéphane Azebaze Mboving

### 1. Dissertation bibliographic data

The volume of the dissertation is 257 pages, it consists of 7 chapters, 5 appendices and a bibliography from 290 sources.

### 2. Dissertation characteristics

The development of power electronics has a negative effect apart from a large positive effect. It consists of a decrease in the power quality which significantly affects the electromagnetic compatibility of electrical equipment and systems. A large number of publications is devoted to solving the problem associated with the presence of harmonics and their reduction what indicates the relevance and at the same time the lack of solutions in this area. The well-known effect of the harmonic's influence on the operating modes of electrical equipment is accompanied by additional factors. These factors include current and voltage unbalances and reactive power compensation. One of the steps of solving these problems is a unified choice of compensating devices which includes all known technical solutions. Although the author claims to solve problems concerning harmonics, voltage and current unbalances and reactive power most attention is paid to the first problem. And this from my point of view seems to be correct since symmetric modes with harmonics are the most common. The author has studied in details and sometimes even in too many details various topologies for active and passive harmonic filters. The author managed to achieve the goal that he stated in his dissertation work, namely to develop a filter structure and its control system which would effectively compensate harmonics and reactive power even in unbalanced mode. As a result, a hybrid filter is proposed consisting of a parallel active filter connected in series with a single-tuned filter.

The results obtained are based on the simulation studies. It should be noted that within the framework of the tasks under consideration the simulation studies were carried out correctly which has recently raised more and more questions. In addition, it is worth noting the widespread use of laboratory tests the results of which confirm the main conclusions of the work.

### 3. Discussion notes

1. The work focuses on reducing harmonics, unbalance and reactive power at the fundamental frequency. A lot of research has been done on reducing the level of harmonics but there are less results on reducing voltage and current unbalances. In particular when studying passive filters such studies are not observed; when using SAPF, such studies are present; when developing HAPF, it was noted that «The HAPF2 with the proposed control system does not have ability to compensate the asymmetry component».
2. It is not entirely clear why reactive power compensation is applied only at the fundamental frequency although active filters allow you to compensate the instantaneous imaginary power.
3. In Chapter 2 the author notes that the most commonly used topology is a topology with active and passive filter connections in parallel thereby eliminating resonance phenomena between the grid and the passive filter. For that reason the author has focused its research on the other topology. This conclusion is not logical and reasonable enough.
4. Some of the research results seem to be known in the scientific literature. In particular in studies where the 5th harmonic is present in the grid and at the same time only a filter tuned to the 7th harmonic is connected. Obviously, resonance can occur at a harmonic with a lower frequency, and the filter need be tuned to the frequency of the lowest harmonic existing in the grid.
5. In section 4.3.3.1 it is noted that «The influence of the distorted electrical grid voltage as well as the grid impedance on the filter efficiency were examined». However these studies do not allow any useful conclusion to be drawn since a comparative analysis of the harmonic source's parameters from the grid side and from the consumer side has not been carried out. In addition a series of experiments should be carried out with different powers of the harmonic sources.
6. Chapter 5 shows that the inductance of the SAPF input reactor should be selected with a value equal to or slightly less than the inductance of the rectifier input reactor (non-linear load). Is this only true for the SAPF that connects at a point with one rectifier? Or is this also true in the case of connecting a large number of rectifiers (centralized compensation)? If yes then in the latter case it is difficult to determine the input inductance parameters of the equivalent rectifier under operating conditions.
7. Unfortunately only the results of computer simulation are presented in the studies of the hybrid active filter. In such studies it was noted that «The impedance versus frequency observed at the rectifier terminals (Figure 6.10) shows that the power system is purely inductive. The parallel resonance between the PHF (when operating alone) and the electrical grid is completely eliminated». However in real electrical networks (especially with a large number of distributed power generation

systems), the system impedance at harmonic frequencies is a difficultly predictable relationship. In this case the occurrence of resonance phenomena between the filter and the grid is not excluded.

If it is noted that the system impedance is purely inductive then a restriction should be made on the considered parameters of the grid. For example, considering the situations at the connection points that are electrically remote from sources of electricity generation.

The comments made which are largely contradictory do not detract from the essential value of the work.

#### **4. The distinctive part of the work**

1. Almost all the conclusions regarding the filter topology are of scientific and technical interest and are a good step in the development of solving harmonic compensation problems.
2. When analyzing the existing methods for the harmonic compensation a detailed computer simulation of their operation efficiency in various modes was carried out.
3. The correct methodological approach is applied when conducting research.
4. An important component of the work is the confirmation of the computer simulation results in laboratory facilities which has been done in this work in sufficient quantity.
5. It should be noted that the study of the passive filter frequency characteristics on the laboratory test bench was not limited only to the data provided by the manufacturer. Additional studies and verification of frequency characteristics were carried out using a programmable AC voltage source.
6. The text has been carefully edited, there are very few typos and stylistic errors. In this case both the dissertation candidate and the supervisor deserve gratitude.

#### **5. Overall assessment and final conclusion**

I confirm that the doctoral dissertation is a valuable research on an interesting and topical scientific and technical issue and proves that the doctoral student has broad scientific interests. I consider that M. Sc. Chamberlin Stéphane Azebaze Mboving deserves doctorate assignment.

#### **APPENDIX: Partial comments**

1. There is no final conclusion for each chapter of the thesis.
2. It is not very convenient to look at many small graphs that fit into one picture.
3. On page 157 at the beginning of the section there is a lot of text with a lot of references to figures (4.65, 4.67, 4.68, 4.69, 4.70). And only then the figures are shown. It is difficult to analyze the information presented this way. It is recommended to give the figure after mentioning it.

4. There are some word errors and other inaccuracies:

pp. 7 «This work focuses on mitigating disturbances such as asymmetry, harmonics and reactive power of fundamental harmonics», but is the « reactive power of fundamental harmonics» a disturbance? Inconvenient wording

pp. 10, 31, 184 «5.2.1.3 Influence of invert»

pp. 34 «in Figure 2.14(b) and (c)», but on the Figure only a) and b)

pp. 98 «then com the»

pp. 136 «volataye»

pp. 150 «efficiency», «can be reduced be adding»

pp. 186 «enough»

pp. 199 «gird»

pp. 206 «is du to the»

pp. 208 the harmonic order of 6,87 is not a 543 Hz.

Professor



Iaroslav Shkliarskii

Saint-Petersburg (Russia), September 2020