

Streszczenie rozprawy doktorskiej pt.:

„Zarządzanie jakością napięcia w okrętowym systemie elektroenergetycznym w stanach awaryjnych”

Niniejsza rozprawa doktorska stanowi odpowiedź na postulat Marine Accident Investigation Branch MAIB, sformułowany po wypadku na statku *Queen Mary II* w 2010 r. . Na wspomnianej jednostce doszło do awarii filtra harmonicznego, a wzrost poziomu zniekształceń napięcia doprowadził po kilkunastu sekundach do zaniku zasilania w całej sieci okrętowej. Ostatecznie MAIB rekomendował opracowanie stosownych procedur zarządzania poziomami zniekształceń napięcia w przypadku ich nagłego i nadmiernego wzrostu spowodowanego nieprawidłową pracą lub awarią kluczowych elementów systemu, aby tym samym zmniejszyć ryzyko wystąpienia zakłóceń w funkcjonowaniu okrętowego systemu elektroenergetycznego.

Po analizie aktualnego stanu prawnego, omówionego w rozdziale 3, oraz funkcjonalności typowych układów zarządzania mocą na statkach (PMS), zaproponowano rozwiązanie polegające na obniżeniu częstotliwości napięcia i zwiększeniu obciążenia liniowego elektrowni okrętowej, a w dalszej kolejności załączanie do pracy równoległej dodatkowych zespołów prądotwórczych. W efekcie sformułowano główną tezę rozprawy doktorskiej jako:

„Możliwe jest zmniejszenie poziomu zniekształceń napięcia w okrętowym systemie elektroenergetycznym w stanach awaryjnych za pomocą prostych środków, takich jak: zmniejszenie częstotliwości napięcia zasilającego, zwiększenie mocy pobieranej przez odbiorniki liniowe, załączenie dodatkowych zespołów prądotwórczych do pracy równoległej oraz kontrola mocy odbiornika nieliniowego, a tym samym zmniejszenie ryzyka zakłóceń w funkcjonowaniu okrętowego systemu elektroenergetycznego.”

Stwierdzono, że proponowane rozwiązanie wymaga modyfikacji oprogramowania istniejących układów PMS, które w istocie staną się układami zarządzania mocą i jakością napięcia PQMS (Power & Power Quality Management System). Szczegóły autorskiej propozycji i opracowanego algorytmu zarządzania jakością napięcia w stanach awaryjnych przedstawiono w rozdziale 4.

Kluczowy jest rozdział 5 rozprawy doktorskiej, w którym omówiono wyniki badań symulacyjnych i eksperymentalnych weryfikujących przyjęte założenia. Badania wykonano dla dwóch obiektów: laboratoryjnego modelu fizycznego elektrowni okrętowej UMG i systemu elektroenergetycznego statku *Horyzont II*. W tym celu opracowano ich modele symulacyjne w środowisku PLECS, opracowano procedurę ich kalibracji oraz przeprowadzono weryfikację eksperymentalną za pomocą zaplanowanych serii pomiarów w różnych konfiguracjach badanych systemów. Na tej podstawie wykazano, że zaproponowane rozwiązanie umożliwi relatywnie szybką (w czasie kilku sekund) i znaczną (w praktyce nawet do 30%) redukcję poziomów zniekształceń napięcia. Dodatkowo, w rozdziale 6 przedstawiono zweryfikowane eksperymentalnie możliwości rozwoju algorytmu poprzez sterowanie odbiornikami nieliniowymi dużych mocy, co jednak będzie możliwe dopiero po postulowanej przez wielu autorów, zmianie przepisów towarzystw klasyfikacyjnych.

Ostatecznie w obu przypadkach przeprowadzone badania symulacyjne i eksperymentalne potwierdziły słuszność przyjętych założeń (a tym samym główną tezę pracy) oraz możliwość łatwej implementacji proponowanego algorytmu.

Mariusz Górniak

An abstract of the doctoral dissertation entitled:

„The management of voltage quality in ship power system in emergency conditions”

This doctoral dissertation is a response to the recommendation of the Marine Accident Investigation Branch MAIB, formulated after the accident on the *Queen Mary II* in 2010. The harmonic filter failure on the above-mentioned vessel led to the increase in the level of voltage distortions and, after several seconds, black-out occurred. Ultimately, MAIB recommended developing appropriate procedures for managing the levels of voltage distortions in the event of their sudden and excessive increase caused by incorrect operation or failure of key system components, thus reducing the risk of disturbances in the functioning of the marine power system.

After the analysis of the current legal status, discussed in Chapter 3, and the functionality of typical PMS systems, a solution was proposed, that consists in decrease the voltage frequency and increase the linear load of a marine power plant, and then connecting additional generating sets for parallel operation. As a result, the main thesis of the doctoral dissertation was formulated as:

“It is possible to reduce the level of voltage distortions in the marine power system in emergency conditions by simple means, such as: decreasing the frequency of the supply voltage, increasing the power consumed by linear receivers, switching on additional generating sets for parallel operation and controlling the power of a non-linear receivers, thus reducing the risk of disruptions in the functioning of the marine power system.”

It was found that the proposed solution requires modification of the software of the existing PMS systems, which in fact will become PQMS (Power & Power Quality Management System) systems. Details of the author’s proposal and the developed voltage quality management algorithm in emergency conditions are presented in Chapter 4.

Chapter 5 of the doctoral dissertation is of key importance, as it discusses the results of simulation and experimental studies verifying the adopted assumptions. The tests were carried out for two objects: the physical model of the ship power plant at GMU laboratory and the power system of the *Horyzont II* ship. For this purpose, their simulation models in the PLECS environment were developed, a procedure for their calibration was proposed and

experimental verification was carried out by means of planned series of simulations and measurements in various configurations of the tested systems. On this basis, it has been shown that the proposed solution will enable a relatively quick (within a few seconds) and significant (in practice even up to 30%) reduction of voltage distortion levels. Additionally, Chapter 6 presents the experimentally verified possibilities of the algorithm development by controlling high-power non-linear receivers, which, however, will only be possible after the amendment of the regulations of classification societies postulated by many authors.

Eventually, in both cases, the simulation and experimental studies confirmed the correctness of the adopted assumptions (and thus the main thesis of the work) and the possibility of easy implementation of the proposed algorithm.