

Andrzej Piłat

Streszczenie rozprawy doktorskiej pt.:

„Modelowanie okrętowych systemów elektroenergetycznych z uwzględnieniem fluktuacji częstotliwości w stanach quasi-ustalonych”

Rozprawa doktorska poświęcona jest zagadnieniom modelowania okrętowych systemów elektroenergetycznych z uwzględnieniem fluktuacji częstotliwości napięcia. Quasi-okresowe zmiany częstotliwości napięcia zasilającego są jedną z charakterystycznych cech systemów okrętowych, a ich amplituda może przyjmować znaczne wartości na statkach wyposażonych w prądnice wałowe lub elektryczny napęd główny. Szczególnie w tym drugim przypadku nie istnieją proste środki ograniczające to zjawisko, stąd istotnego znaczenia nabiera możliwość ich oceny już na etapie projektowania jednostki pływającej. Ostatecznie tezę pracy sformułowano jako:

„Model okrętowego systemu elektroenergetycznego zrealizowany w programie Typhoon HIL umożliwia wyznaczenie współczynnika fluktuacji częstotliwości chwilowej, a tym samym pogłębione analizy zniekształceń napięć i prądów oraz określenie dopuszczalnych trybów pracy nowoprojektowanych systemów okrętowych, skracając czas i zwiększając bezpieczeństwo koniecznych prób morskich”.

W pracy dokonano przeglądu aktualnego stanu prawnego, dotyczącego jakości napięcia w sieciach okrętowych. Omówiono przyczyny powstawania i skutki fluktuacji częstotliwości napięcia w okrętowych systemach elektroenergetycznych oraz wpływ tych fluktuacji na zmiany poziomu i charakteru zniekształceń napięcia. W analizach wykorzystano autorskie wyniki pomiarów zrealizowanych w kilku wybranych systemach okrętowych.

Jednak najważniejsze części pracy dotyczyły problematyki modelowania analizowanego zjawiska z wykorzystaniem programu Typhoon HIL. Po omówieniu kwestii wykorzystania tego rodzaju narzędzi informatycznych w procesie projektowania jednostek pływających, wskazano na główne problemy modelowania fluktuacji częstotliwości związane ze słabą korelacją zmian mocy chwilowych pędników na statku z elektrycznym napędem głównym. Jest to spowodowane brakiem korelacji pomiędzy możliwym kołysaniem bocznym

i kołysaniem wzdłużnym statku. Analizy oparto na oryginalnych wynikach własnych pomiarów wykonanych w czasie rejsu badawczego i w czasie stoczniowych prób morskich statku.

W kolejnym kroku opracowano i skalibrowano model badanej jednostki w środowisku Typhoon HIL i porównano wyniki pomiarów fluktuacji częstotliwości chwilowej na statku dla różnych warunków z wynikami wykonanych symulacji. Przeprowadzono również symulację zmiany wartości współczynników *THD* i *TIHD* w czasie zmiany częstotliwości napięcia w zakresie zarejestrowanym w czasie prób morskich statku. Stwierdzono, że:

- ✓ największe wartości współczynnika fluktuacji częstotliwości występują jednocześnie dla dużych wartości współczynnika korelacji i odchyżeń standardowych mocy chwilowej pędników oraz możliwe będzie określenie największego możliwego poziomu współczynnika fluktuacji częstotliwości chwilowej dla danego stanu morza, kursu w stosunku do fali oraz prędkości statku, przy założeniu pełnej korelacji zmian mocy chwilowych pędników;
- ✓ możliwa jest poprawna symulacja zmiany charakteru zniekształceń napięcia przy zmianach częstotliwości napięcia na statku z napędami AFE.

Biorąc pod uwagę powyższe wnioski można uznać, że główna teza pracy została udowodniona, pomimo ograniczeń spowodowanych słabą korelacją zmian mocy chwilowych pędników elektrycznego napędu głównego.

Andrzej Piłat

An abstract of the doctoral dissertation entitled:

„Modeling of ship power systems with consideration of frequency fluctuations in quasi-steady states”

The doctoral dissertation concerns the problems of modelling ship power systems, taking into account voltage frequency fluctuations. Quasi-periodic changes in the supply voltage frequency are one of the characteristic feature of ship systems, and their amplitude can take significant values on ship equipped with shaft generators or electric main propulsion. Especially in the latter case, there are no simple measures limiting this phenomenon, therefore the possibility of their assessment at the design stage of the vessel is great importance. Finally, the thesis of the work was formulated as:

„The model of the ship’s power system implemented in the Typhoon HIL software makes it possible to determine the coefficient of instantaneous frequency fluctuations, and thus in-depth analyses of voltage and current distortions and to determine the acceptable operating modes newly designed ship systems, shortening the time and increasing the safety of the necessary sea trials”.

The paper describes the current legal framework regarding the quality of voltage in ship networks. The causes and effects of voltage frequency fluctuations in ship power systems and the impact of these fluctuations on changes in the level and characteristic of voltage distortions are discussed. The analyses are based on original results of measurements carried out in several selected ship systems.

However, the most important parts of the work concerned the issue of modelling the analysed phenomenon with the use of the Typhon HIL software. After discussing the use of this kind of IT tools in the preprocess of designing vessels, the main problems of modelling frequency fluctuations related to the poor correlation of changes in the instantaneous power of propellers of the ship electric main propulsion were pointed out. This is due to the lack of correlation between the possible rolling and pitching of the ship. The analyses were based on original results of own measurements made during the research voyage and during shipyard sea trials.

In the next step, the model of the considered vessel was developed and calibrated in the Typhoon HIL environment and the results of the measurements of the instantaneous frequency fluctuations on the ship for various conditions were compared with the results of the simulations. A simulation of the change in the value of the *THD* and *TIHD* coefficients during the change of the voltage frequency in the range recorded during the ship's sea trials was also carried out. It was found that:

- ✓ the highest values of the frequency fluctuation coefficient occur simultaneously for large values of the correlation coefficient and standard deviations of the instantaneous power of propellers, and it will be possible to determine the highest possible level of the instantaneous frequency fluctuation coefficient for a given sea state, course in relation to the wave and ship speed, assuming full correlation of ship propellers instantaneous power changes;
- ✓ it is possible to correctly simulate changes in the characteristic of voltage distortions during changes of frequency on a ship with AFE drives.

Taking into account the above conclusions, it can be stated that the main thesis of the work has been proven, despite the limitations caused by the weak correlation of changes in the instantaneous power of the electric main drives.