

XIII Seminarium  
**ZASTOSOWANIE KOMPUTERÓW W NAUCE I TECHNICIE 2003**  
Oddział Gdański PTETiS

**KOMPUTEROWE STANOWISKO DIAGNOSTYCZNE  
DO BADANIA SYNCHRONIZATORÓW PRĄDNIC**

**Jacek ZAWALICH**

Politechnika Gdańska, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-925 Gdańsk  
tel: (058) 347 2585 fax: (058) 347 1802 e-mail: j.zawalich@ely.pg.gda.pl

Zadaniem synchronizatorów prądnic jest przeprowadzenie dwóch obiektów elektroenergetycznych ze stanu pracy asynchronicznej do stanu synchronizmu. Od ich stanu technicznego zależy jakość i bezpieczeństwo prowadzonego procesu synchronizacji. Przedstawione w referacie komputerowe stanowisko diagnostyczne pozwala na wykonanie zestawu testów i badań kontrolnych istotnych parametrów synchronizatora. Uzyskane w ten sposób informacje są podstawą do oceny stanu technicznego synchronizatora i jego gotowości do prawidłowej realizacji procesu synchronizacji.

## **1. WPROWADZENIE**

Automatyczne synchronizatory prądnic pełnią bardzo odpowiedzialną funkcję w procesie wprowadzania do ruchu kolejnego zespołu elektroenergetycznego. Ich stan techniczny ma odzwierciedlenie w jakości procesu synchronizacji, czyli zespołu czynności polegających na przeprowadzeniu dwóch obiektów systemu elektroenergetycznego ze stanu pracy asynchronicznej do stanu synchronizmu w możliwie krótkim czasie z uwzględnieniem większości czynników mających wpływ na ten proces. Spełnienie warunków synchronizacji, tzn. warunku częstotliwościowego, amplitudowego oraz fazowego z zadaną tolerancją jest konieczne dla zapewnienia bezpieczeństwa pracy systemu elektroenergetycznego oraz zagwarantowania oczekiwanej jakości dostarczanej energii elektrycznej [1, 2].

Proces synchronizacji był dotychczas realizowany za pomocą automatycznych synchronizatorów budowanych jako oddzielne, autonomiczne urządzenia w wykonaniu analogowym lub mikroprocesorowym. Obecnie coraz częściej myśli się o układach automatycznej synchronizacji prądnic, w których występują aplikacje komputerowe instalowane obok innych programów sterowania i kontroli przeznaczonych dla całej elektrowni.

Powierzenie synchronizatorom tak odpowiedzialnej funkcji sterowniczej, łączy się z koniecznością posiadania informacji o ich bieżącym stanie technicznym. Takie informacje uzyskuje się na podstawie wyników kontrolnych pomiarów istotnych parametrów diagnostycznych. Są one niezbędne do postawienia diagnozy technicznej, aby świadomie

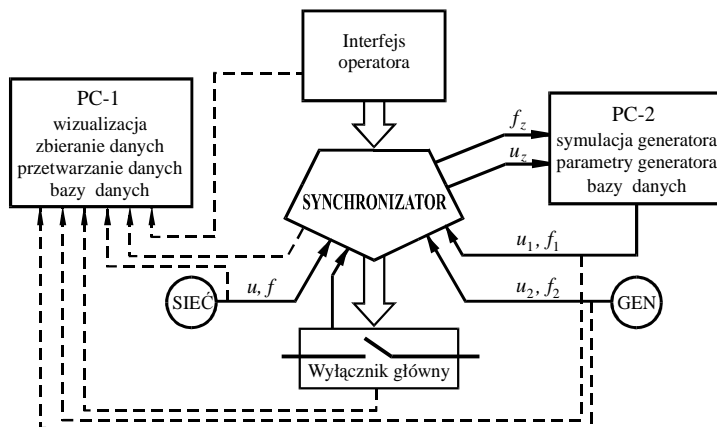
dopuszczając do rozpoczęcia przewidywanego procesu, unikając ewentualnych rozległych awarii systemu elektroenergetycznego [3, 4, 5].

## 2. STANOWISKO DIAGNOSTYCZNE

Do realizacji badań diagnostycznych synchronizatorów wykonano specjalne stanowisko badawcze, w skład którego weszły elektryczne i elektroniczne układy powiązane z obiektem badanym, tablica główna z aparatami sterowniczymi i sygnalizacyjnymi oraz dwa komputery PC (rys. 1). Schemat blokowy stanowiska przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 1. Widok stanowiska badawczego do prowadzenia diagnostyki synchronizatorów prądu



Rys. 2. Schemat blokowy stanowiska diagnostycznego do badania synchronizatorów:  $u, f$  – napięcie i częstotliwość sieci elektroenergetycznej;  $u_1, f_1$  – napięcie i częstotliwość układu symulacyjnego;  $u_2, f_2$  – napięcie i częstotliwość generatora;  $u_z, f_z$  – wartości zadane napięcia i częstotliwości

Jeden z komputerów (PC-1) przeznaczono do zbierania i przetwarzania danych uzyskanych podczas wykonywania testów i pomiarów diagnostycznych. Uruchomiono w nim

system diagnostyczny „Amarylis” wspomagający prowadzenie diagnostyki, wykorzystując 12-bitową kartę I/O typu PCL-813. Drugi komputer (PC-2), z kartą typu PCL-727, przygotowano do symulacji pracy prądnicy synchronizowanej w czasie rzeczywistym. Na przygotowanym stanowisku można badać dowolne rodzaje i typy synchronizatorów.

### 3. SYSTEM DIAGNOSTYCZNY

Stanowisko diagnostyczne zostało wyposażone w system komputerowy „Amarylis” (rys. 3), który umożliwia prowadzenie kompleksowych badań diagnostycznych. System ten głównie wspomaga określanie stanu technicznego na podstawie wykonanych testów i pomiarów kontrolnych [6]. Efektem końcowym tych badań jest otrzymanie oceny zdolności całego urządzenia do wykonywania przewidzianych zadań z uwzględnieniem wymagań użytkownika i przemysłowych warunków pracy.



Rys. 3. Okno powitalne systemu diagnostycznego „Amarylis”

Program „Amarylis” jest wyposażony w podprogramy realizujące pomiary parametrów diagnostycznych. Pozwala to na gromadzenie danych ogólnotechnicznych i specjalistycznych przynależnych do badanego rodzaju synchronizatora oraz danych pomiarowych wraz z ich oceną diagnostyczną. Zastosowane bazy danych umożliwiają tworzenie nowych rekordów zawierających informacje o dowolnych rodzajach synchronizatorów przeznaczonych do badania w powyższym systemie.

#### 3.1. Moduły składowe systemu

System składa się z modułu głównego zarządzającego pracą całego systemu oraz z szeregu modułów podrzędnych związanych z określonymi zadaniami szczegółowymi odpowiedzialnymi za pomiary, kontrolę, ocenę, przetwarzanie i zbieranie danych, interfejs użytkownika oraz komunikację z obiektem badań.

W komputerowym systemie diagnostycznym przedstawienie większości wyników pomiarowych odbywa się za pomocą form graficznych. Każdy pomiar wykonany przy użyciu okna dialogowego można obserwować w postaci wykresu wywołanego z głównego menu. Pozostałe wyniki są podawane w postaci liczbowej lub w formie określenia lingwi-



stycznego w odpowiednich polach wybranej formy graficznej [7]. Zadaniem modułów graficznych jest:

- obsługa wizualizacji wyników pomiarowych w postaci wykresów z możliwością wyboru kanału pomiarowego oraz zakresu zmian analizowanych wartości,
- przedstawienie zakresu nastaw wprowadzanych do synchronizatora,
- sygnalizacja przekroczenia wartości dopuszczalnych.

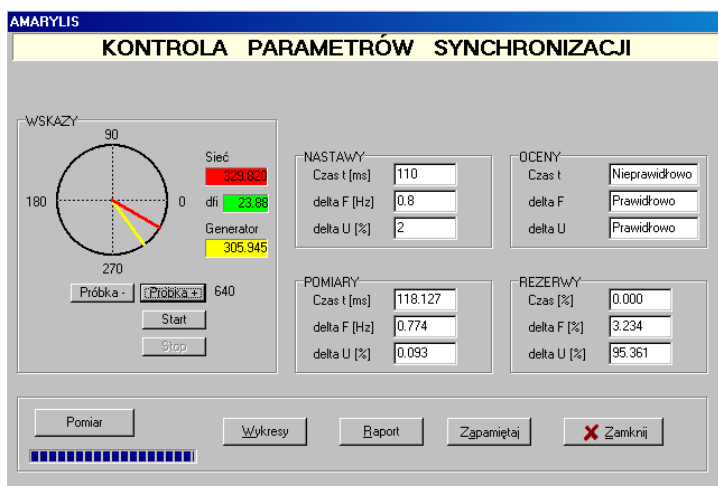
Każda forma graficzna zastosowana w systemie komputerowym posiada swój oddzielny moduł obliczeniowy, w którym są zawarte algorytmy, procedury i funkcje niezbędne do przetwarzania danych pomiarowych, danych zawartych w bazach wejściowych oraz danych wprowadzanych przez użytkownika. Moduły obliczeniowe służą głównie do:

- analizy próbek pomiarowych uzyskanych z badanego synchronizatora,
- aproksymacji liniowej przebiegu kąta niezgodności fazowej,
- wyznaczania parametrów diagnostycznych,
- przygotowania danych dla wizualizacji procesu synchronizacji,
- przeprowadzania kontroli mierzonych parametrów diagnostycznych,
- generowania szczegółowych ocen i końcowej diagnozy o stanie synchronizatora,
- badania spójności i poprawności wprowadzanych i istniejących informacji.

### 3.2. Bloki składowe systemu

System komputerowy „Amarylis” jest zbudowany z interaktywnych okien dialogowych. Każda czynność niezbędna w pracy operatora jest wykonywana w przygotowanych formach przypisanych do modułów obliczeniowych. Grafikę systemu szczególnie odzwierciedla wizualizacja pomiaru napięć za pomocą wirujących wskazów.

Edycja danego okna kontrolnego automatycznie przypisuje odpowiednie kanały pomiarowe połączone ze stanowiskiem badawczym i umożliwia bezpośredni pomiar wybranych sygnałów wejściowych lub wyjściowych synchronizatora. Przykładowe okno dialogowe przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Okno dialogowe kontroli parametrów synchronizacji

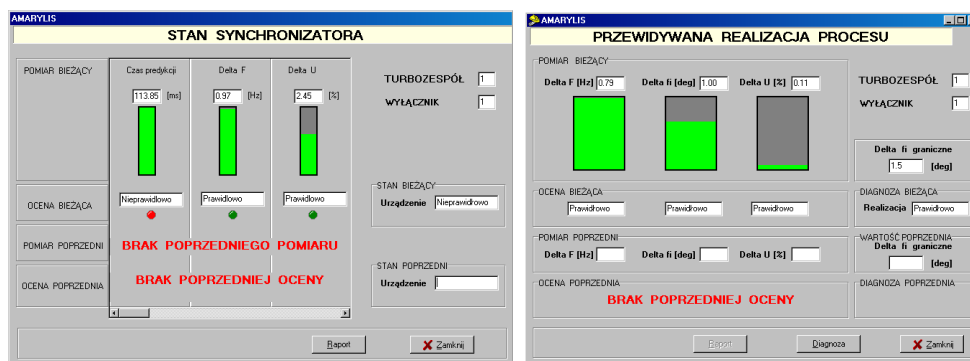
Kontrola i ocena parametrów diagnostycznych jest oparta na porównaniu uzyskanych wartości pomiaru danego parametru diagnostycznego z przyjętymi dopuszczalnymi przedziałami ich zmienności. Przetwarzanie otrzymanych wyników daje odpowiedź na pytanie, czy wartość danej wielkości lub parametru diagnostycznego zawiera się w założonym przedziale dopuszczalnym. Należy tu odróżniać pomiary realizowane w celu przetworzenia w czasie rzeczywistym, dla których istotna jest szybkość obliczeń od pomiarów wykonywanych na użytek diagnostyki, kiedy ważniejsza jest duża dokładność otrzymanych wyników.

W wyniku prowadzonej analizy w grupie pól „OCENY” są wyświetlane określenia lingwistyczne w postaci: „prawidłowo” lub „nieprawidłowo”, a w polach „ZAPASY” – wartości liczbowe  $Z_W$  wyrażające procentowy współczynnik określony wzorem

$$Z_W = \begin{cases} \frac{\frac{|W_k - W_p|}{2} - |W_Z - W_N|}{\frac{|W_k - W_p|}{2}} 100\% & \text{dla } W_p \leq W_Z \leq W_k \\ 0 & \text{dla } W_Z < W_p \text{ lub } W_Z > W_k \end{cases} \quad (1)$$

gdzie:  $W_k$ ,  $W_p$  – minimalna i maksymalna wartość przedziału dopuszczalnego,  $W_Z$  i  $W_N$  – wartość zmierzona i nastawiona mierzonego parametru diagnostycznego.

Dla badanego synchronizatora wyróżniono stan zdatności do realizacji nastawionych w nim wartości z możliwością określenia oceny wewnętrznych układów pomiarowych i sterowniczych oraz stan zdatności do realizacji przewidywanego procesu synchronizacji. Odpowiednie okna dialogowe z interaktywnymi obiektami graficznymi zostały przedstawione na rysunku 5.



Rys. 5. Okno dialogowe stanu technicznego synchronizatora oraz przewidywanej realizacji procesu synchronizacji

System podaje również wartości numeryczne mierzonych parametrów oraz wirtualne kolumny, których wysokość odpowiada przedziałowi dopuszczalnemu, natomiast wartość pomierzona jest wyrażona jasnym kolorem ich wypełnienia.

#### 4. WNIOSKI KOŃCOWE

Synchronizacja prądnic jest procesem o podwyższonym ryzyku, gdyż po pierwsze uczestniczą w nim urządzenia elektroenergetyczne o dużej mocy składające się z wielu elementów podlegających przypadkowym uszkodzeniom, a po drugie – nawet niewielkie nieprawidłowości w przebiegu tego procesu mogą prowadzić do rozległych awarii i szkód w systemie socjotechnicznym. Z tego względu ciągłe i kompleksowe badania synchronizatora są konieczne, aby świadomie i z pełną odpowiedzialnością dopuścić takie urządzenie do wykonania procesu synchronizacji w sposób automatyczny.

Wykonywanie pomiarów parametrów diagnostycznych z podwyższoną dokładnością, bezpośrednia i szybka kontrola poprzez porównanie z przedziałami dopuszczalnymi oraz konieczność archiwizacji pozyskiwanych danych jest możliwe jedynie przez zastosowanie systemu komputerowego. System taki dodatkowo posiada cenną możliwość bezpośredniej wizualizacji otrzymanych wyników w postaci wykresów, przebiegów licznych parametrów oraz wirtualnych elementów, takich, jak wirujące wektory i inne obiekty graficzne, które odzwierciedlają bieżące i archiwalne wartości badanych wielkości fizycznych.

Zastosowane metody pomiarów i algorytmy kontroli istotnych wielkości fizycznych, w komputerowym systemie diagnostycznym, dają możliwość monitorowania aktualnego stanu technicznego synchronizatora, jak również śledzenia występujących zmian i dryftów parametrów odpowiedzialnych za prawidłową pracę urządzenia. Uzyskane wyniki badań na przykładzie reprezentatywnego synchronizatora SM-05B potwierdzają przydatność metod określania stanu technicznego w badaniach diagnostycznych samego urządzenia oraz realizowanego procesu.

#### COMPUTER DIAGNOSIS STAND FOR EGZAMINATION OF POWER GENERATOR SYNCHRONIZERS

The task of an automatic power generator synchronizers is connecting to parallel work the next power generator. The technical condition of generator synchronizers affected the quality and safety of this process. The paper deals with a diagnosis system used to examination of different automatic power generator synchronizers. Full diagnostic investigations consider difference periods of "life", technological and control components as well as performed process. Important problem of this system is establishing technical state by means of suitable tests and measurements.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

1. Lindsey W. C. Synchronization systems in communication and control. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 1972.
2. Grono A.: Nowe rozwiązania automatycznych synchronizatorów obiektów elektroenergetycznych. Zeszyty Naukowe Politechniki Gdańskiej nr 471, Elektryka 69, 1991 (rozprawa habilitacyjna).



3. Grono A.: Komputerowa synchronizacja prądnic. Gdańsk: Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej 2001.
4. Galewski M., Grono A. A statistic method of estimating the time lead in digital synchronizers for large power generating sets. Proc. SEPARATUM-IMEKO 9th, World Congress. West Berlin, 1982, Vol. V, s. 171-178.
5. Strang W. M., Mozina C. J., Beckwith B., Beckwith T. R., Chhak S., Fennell E. C., Kalkstein E. W., Kozminski K. C., Pierce A. C., Powell P. W., Smaha D. W., Uchiyama J. T., Usman S. M., Waudby W. P. Generator synchronizing industry survey results. IEEE Power System Relaying Committee Report. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 11, No 1, January 1996, s. 174-183.
6. Zawalich J.: Diagnostyka układów automatycznej synchronizacji prądnic. Politechnika Gdańska. Gdańsk 2001 (rozprawa doktorska).
7. Tutaj R.: Wizualizacja przemysłowa - aktualne trendy i wymagania. Pomiary Automatyka Robotyka nr 8, 1997, s. 15-17.