

Czym i jak będziemy sprawdzać urządzenia EAZ

dr hab. inż. Andrzej OLENCKI, prof. UZ

Projektant urządzeń elektronicznych w zakładach Lumel 1977-89, Inmel 1989-90 i Calmet od 1990. Studia (Bydgoszcz, Charków 1972-77), doktorat (Wrocław 1984-86), habilitacja (Kijów 1989-91). Od 1991 profesor Instytutu Informatyki i Elektroniki oraz kierownik Zakładu Elektroniki i Układów Mikroprocesorowych. Zainteresowania to odtwarzanie i pomiar wielkości elektroenergetycznych.

e-mail: A.Olencki@iie.uz.zgora.pl



dr inż. Krzysztof URBAŃSKI

Autor ukończył Wyższą Szkołę Inżynierską w Zielonej Górze - Wydział Automatyki i Metrologii. Praca doktorska dotyczyła budowy wielofazowych kalibratorów mocy. Zainteresowania skupiają się na konstruowaniu urządzeń do analizy i rejestracji parametrów jakości energii elektrycznej i budowie źródeł sygnałów (kalibratorów) odtwarzających te parametry.

e-mail: K.Urbanski@iie.uz.zgora.pl



dr inż. Jan SZMYTKIEWICZ

Adiunkt w Instytucie Informatyki i Elektroniki, a wcześniej pracownik działu rozwoju zakładów Lumel, Inmel i Calmet. Jest współautorem kilkunastu wdrożonych do produkcji kalibratorów uniwersalnych napięć i prądów stałych i przemiennych (ang. multifunction calibrator), kalibratorów sygnałów przemysłowych, termoelektrycznych, termorezystancyjnych oraz kalibratorów mocy jedno i trójfazowych. Szczególnym obszarem zainteresowań jest cyfrowa adiustacja przyrządów pomiarowych.

e-mail: J.Szmytkiewicz@iie.uz.zgora.pl



Streszczenie

Opisano aktualny stan w zakresie testerów zabezpieczeń elektroenergetycznych i możliwości zastosowania nowoczesnych trójfazowych kalibratorów mocy do zautomatyzowanego testowania urządzeń elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej EAZ w zakresie do 100A.

Abstract

Actual state for Protective Relay Test Systems and modern Three Phase Power Calibrators possibilities to use for automated testing of protection devices in current range up to 100A are described.

Słowa kluczowe: tester zabezpieczeń, sprawdzanie zabezpieczeń

Keywords: Protective Relay Test System, protection relay testing

1. Wstęp

Artykuł nawiązuje do publikacji [1], zamieszczonej na stronie Instytutu Energetyki w Warszawie, opisującej perspektywy rozwoju krajowych testerów przeznaczonych do badania urządzeń EAZ. Koncepcja naszej publikacji ma charakter polemiczno-informacyjny. Wiele zagadnień poruszonych w [1] aktualizujemy i przedstawiamy nasz pogląd na perspektywę rozwoju krajowych testerów zabezpieczeń (przełączników).

Tester zabezpieczeń (a ściślej system testujący) umożliwiające ręczne i zautomatyzowane testowanie możliwie dużego asortymentu zabezpieczeń (w tym zabezpieczeń odległościowych) składa się z:

- testera trójfazowego - wielofazowego (przynajmniej trójfazowego) źródła napięć i prądów o programowanych wartościach napięć, prądów, częstotliwości, kątów fazowych i ewentualnie o programowanych kształtach oraz o dodatkowych wejściach pomiarowych (zegarkowych, impulsowych, analogowych, binarnych) i wyjściach (binarnych, zasilania pomocniczego),
- programu komputerowego do sterowania pracą testera trójfazowego i procesem testu zabezpieczenia.

Zadanie budowy tak rozumianego systemu testującego zabezpieczenia jest zadaniem trudnym i do jego realizacji są preferowane zespoły projektowe, które mają wieloletnie doświadczenie:

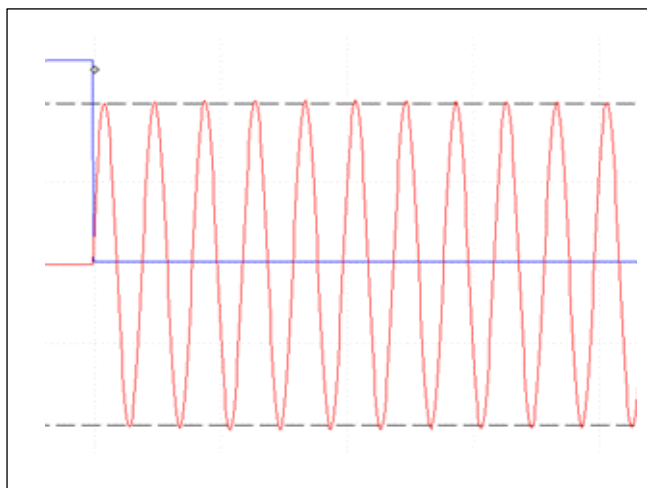
- w badaniach urządzeń EAZ – z takiego zespołu niewątpliwie pochodzą Autorzy pracy [1],
- w budowie programowanych trójfazowych źródeł napięć i prądów zwanych trójfazowymi kalibratorami mocy – z takiego zespołu pochodzą Autorzy tego artykułu, którzy opracowali trójfazowe kalibratory mocy SQ33 [2] (produkowany jako Inmel 33 [3]), C233 [4] i C300 [5].

Aktualnie są znane i dostępne następujące krajowe testery lub urządzenia przeznaczone między innymi do sprawdzania zabezpieczeń: UTC-GT Instytutu Elektrotechniki [1], TZ-2c firmy Apex [6], EMEX100 firmy Jawi [7], serii WP i APZLE firmy Energo-pomiar Elektryka [8,9] i C300 firmy Calmet [5]. Urządzenia te zostały opracowane w różnych latach głównie w odpowiedzi na konkretne indywidualne potrzeby użytkownika i są w zasadzie testerami jednofazowymi – wyjątek stanowi najnowszy krajowy tester C300 kierowany do szerokiego grona użytkowników jako urządzenie trójfazowe.

2. Kalibratory jako testery zabezpieczeń

Autorzy publikacji [1] słusznie zauważają, że zagadnienia związane z koniecznością regulacji amplitudy napięcia i prądu, kąta przesunięcia fazowego i częstotliwości zostały już rozwiązane i zastosowane w kalibratorach na wystarczającym poziomie dokładności. Zgłaszają jednak dwa ograniczenia w możliwości stosowania kalibratorów do sprawdzania zabezpieczeń.

Po pierwsze - kalibratory nie spełniają wymagań dynamicznych, zadany parametr powinien stabilizować swoją wartość w pierwszych milisekundach od chwili załączenia bez przeregulowań. Faktycznie czas odpowiedzi tradycyjnego kalibratora na skokową zmianę nastawy wynosi w najlepszym przypadku setki milisekund, zatem nie nadają się do badania czasu zadziałania zabezpieczenia i wartości rozruchowej (progu zadziałania zabezpieczenia) metodą dynamiczną. Natomiast ich ograniczone właściwości dynamiczne nie stanowią przeszkody przy badaniu wartości rozruchowej metodą statyczną ("metodą najeżdżania"). W kalibratorze C300 zastosowano próbkująco-pamiętającą pętlę stabilizacji napięć i prądów z wyrównaniem charakterystyk dynamicznych torów nastawy i sprzężenia zwrotnego, co pozwoliło uzyskać wymagany milisekundowy proces przejściowy bez przeregulowań. Na rys.1 pokazano przykładowy proces przejściowy na wyjściu kalibratora przy skokowej zmianie prądu z 0A na 30A. Dlatego kalibrator C300 wyposażono w wejścia zegarkowe do pomiaru czasu zadziałania przełącznika przy zdejmowaniu charakterystyk czasowo prądowych lub do identyfikacji stanu zadziałania przełącznika przy zdejmowaniu charakterystyk rozruchowych metodami statyczną i dynamiczną on/off (Dynamic On/Off Method).



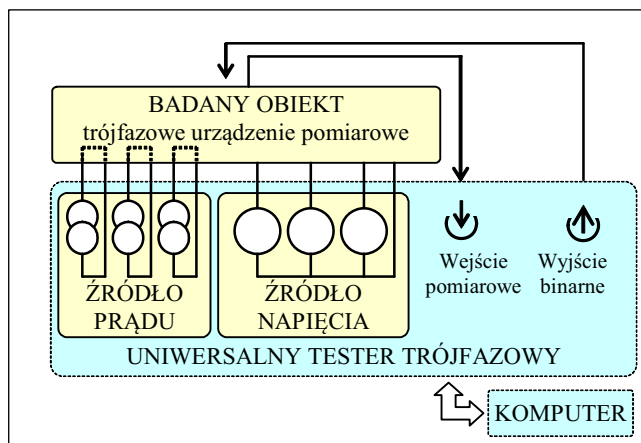
Rys. 1. Typowy proces przejściowy na wyjściu kalibratora C300
Fig. 1. A typical transient response of the C300 Calibrator

Drugie ograniczenie o wąskim zakresie prądów wyjściowych kalibratorów, zbliżonym do prądów znamionowych (tj. 1A i 5A), nie dotyczy krajowych kalibratorów mocy, które wyróżniają się szerokim zakresem do 50A (SQ33) i do 100A (C233) odtwarzania prądów. W kalibratorze C300 utrzymano wymagany zakres prądów 100A w układzie trójfazowym dla potrzeb sprawdzania zabezpieczeń o prądzie znamionowym I_n równym 5A w zakresie prądów $20 \cdot I_n$ bez konieczności stosowania dodatkowych wzmacniaczy. Wewnętrzne podzakresy prądowe kalibratora wyprodukowano na wspólne zaciski prądowe, co jest konieczne przy zautomatyzowanym zdejmowaniu charakterystyk rozruchowych zabezpieczenia.

3. Idea uniwersalnego testera trójfazowego

Stosowane masowo trójfazowe urządzenia pomiarowe takie jak: liczniki energii, przetworniki pomiarowe, przekładniki prądu i zabezpieczenia są bardzo dobrze przygotowane do automatyzacji procesu sprawdzania, ponieważ ich sygnał wyjściowy ma ogólnie znany "protokół transmisji":

- liczniki energii są wyposażone w standardowe wyjście impulsowe,
- przetworniki pomiarowe mają standardowe wyjście stałoprądowe,
- przekładniki prądu mają zdefiniowaną charakterystykę przetwarzania ze znormalizowanym prądem wyjściowym,
- przekładniki i zabezpieczenia w momencie włączenia zmieniają stan wyjścia napięciowego lub beznapięciowego.



Rys. 2. Schemat systemu testującego
Fig. 2. A test system scheme

Dlatego są już oferowane systemy testujące złożone z komputera i uniwersalnego testera trójfazowego (rys.2) zawierającego

przynajmniej trzy wyjścia prądowe i trzy wyjścia napięciowe oraz wejścia pomiarowe:

- impulsowe do zliczania impulsów przy badaniu liczników energii,
- analogowe do pomiaru napięć i prądów stałych przy badaniu przetworników pomiarowych,
- analogowe do pomiaru prądów przemiennych przy badaniu przekładników prądu,
- zegarkowe do pomiaru czasu przy sprawdzaniu zabezpieczeń, a także wejścia i wyjścia binarne wymagane przy sprawdzaniu niektórych rodzajów zabezpieczeń.

Znane uniwersalne testery trójfazowe wywodzą się z testerów zabezpieczeń. Są nazywane jako zaawansowany tester zabezpieczeń i system pomiarowy (Advanced Protection Relay Test Set and Measurement System [10]) lub jako tester zabezpieczeń i uniwersalny kalibrator (Protection Relay Test Set and Universal Calibrator [11]). Ponieważ krajowy uniwersalny tester trójfazowy typu C300 wywodzi się z kalibratorów, został nazwany jako trójfazowy kalibrator mocy i tester aparatury energetycznej [5].

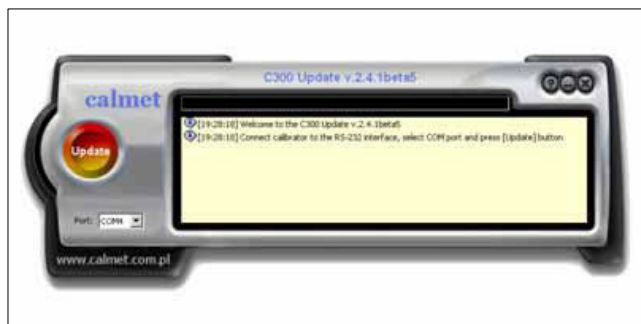
Uniwersalne testery trójfazowe pozwalają testować szeroki asortyment urządzeń pomiarowych, np. testery [11,5] są dodatkowo dedykowane do testowania mierników, rejestratorów i analizatorów jakości energii elektrycznej. Urządzenia te nie zawierają klawiatur, przełączników (za wyjątkiem sieciowego) i wyświetlaczy i są sterowane wyłącznie za pomocą komputera z wyspecjalizowanym oprogramowaniem.

W konstrukcji urządzeń testujących faktycznie dokonał się już przełom [1] i kalibrator C300 jest już cyfrowym urządzeniem testującym nowej generacji, w którym do odtwarzania napięć i prądów wektora trójfazowego zastosowano technikę cyfrową i technologie procesorów DSP. Umożliwia to wyeliminowanie przełączników i mierników i przejście sterowania wyłącznie przez komputer, a to oznacza spełnienie kolejnego warunku do automatyzacji procedur testujących.

Wewnętrzne oprogramowanie (firmware) uniwersalnego testera trójfazowego zarządza pracą:

- kilku systemów procesorowych,
- ponad dziesięć pętli odtwarzania i stabilizacji parametrów wektora trójfazowego,
- kilku-kilkunastu torów pomiarowych.

Aby sprawnie usuwać usterki firmware wykryte w czasie eksploatacji lub korygować firmware pod indywidualną potrzebę klienta, urządzenia nowej generacji wyposaża się w możliwość wykonywania aktualizacji firmware przez użytkownika. Na rys.3 przedstawiono widok okna programu *C300 update* do wykonywania wymiany firmware testera C300.



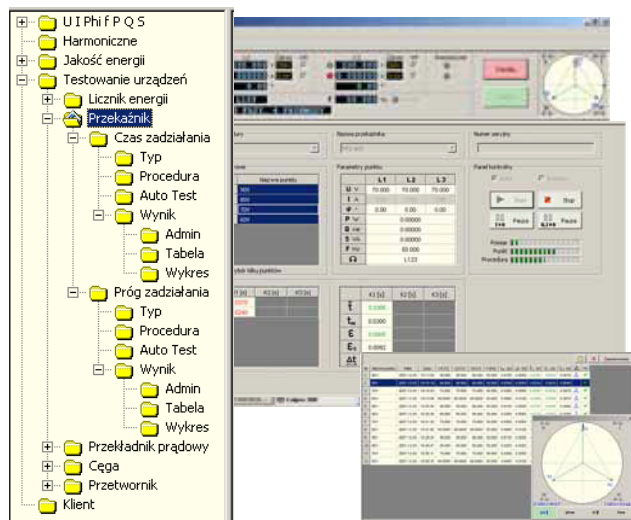
Rys. 3. Widok okna programu *C300 update*
Fig.3. Window view of the *C300 update* program

4. Funkcje programu komputerowego

Program komputerowy do sterowania pracą uniwersalnego testera trójfazowego i procesem testowania urządzeń jest bardzo rozbudowany ze względu na duży asortyment badanych urządzeń, często o zdecydowanie różnych wymaganiach oraz różny stopień automatyzacji testu wymagany w zależności od aktualnej potrzeby

użytkownika. Na rys.4 przedstawiono przykładowe fragmenty okien programu *Calpro300* kalibratora C300 – z lewej strony umieszczono strukturę programu. Aktualnie program *Calpro300* zawiera trzy pakiety:

- *Calpro300 Basic* [12] bazowy z modułami "U I Phi f P Q S" do programowania nastaw kalibratora i "Harmoniczne" z możliwością programowania przebiegów poliharmonicznych,
- *Calpro300 PQ Power Quality* [13] do programowania parametrów jakości energii,
- *Calpro300 TS Test System* [14] do zautomatyzowanego testowania urządzeń z modułami "Licznik energii", "Przełącznik", "Przekładnik prądowy", "Cęga" i "Przetwornik".



Rys. 4. Funkcje programu *Calpro 300*
Fig. 4. *Calpro 300* software functions

Najprostsze i ręczne badanie wartości rozruchowych i odpadu zabezpieczeń z zastosowaniem metody statycznej jest już możliwe z poziomu modułu "U I Phi f P Q S" pakietu *Basic*, który pełni funkcje klawiatury i wyświetlacza do programowania nastaw oraz wyświetlacza statusu wyjścia kalibratora (górny prawy pasek na rys.4).

Moduły pakietu *TS Test System* mają funkcje bazy danych typu urządzenia, procedury pomiarowej, klienta, wyników w postaci tablic i wykresów z możliwością eksportu do arkusza Excel oraz funkcje automatycznego testu. Aktualnie moduł "Przełącznik" zawiera następujące moduły:

- "Czas zadziałania" umożliwiający krokowe lub automatyczne zdjęcie charakterystyki czasu zadziałania w funkcji wielkości mierzonej,
- "Próg zadziałania" umożliwiający krokowe lub automatyczne zdjęcie charakterystyki wartości rozruchowej i czasu zadziałania w funkcji wielkości mierzonej.

Przełącznik a raczej zabezpieczenie jest zdecydowanie najbardziej złożonym obiektem testowania z zastosowaniem kalibratora C300. Z tego powodu moduł "Przełącznik" jest aktualnie rozbudowywany o kolejne moduły w celu realizacji tych funkcji, które mogą być obsługiwane przez tester typu C300: odtwarzania przebiegów z plików zapisanych w formacie Comtrade, gotowych modułów testowania poszczególnych rodzajów zabezpieczeń (odległościowych, różnicowych, SPZ).

5. Czym i jak będziemy testować EAZ

Nowoczesne uniwersalne testery trójfazowe są kierowane do szerokiego grona użytkowników i z tego powodu możliwe jest zwiększenie seryjności ich produkcji i znaczne obniżenie ich ceny. Będą się stawać bardziej atrakcyjne niż trójfazowe kalibratory mocy, wymuszalniki z kontrolnymi licznikami energii, testery przekładników. Szczególnie racjonalne będzie ich stosowanie w tych miejscach, gdzie zachodzi potrzeba badania kilku rodzajów urządzeń: zabezpieczeń, liczników energii i przetworników pomiarowych, np. w elektrociepłowni, gdzie zastępują kilka przy-

rządów pomiarowych. Przy testowaniu zabezpieczeń wyłącznie w układach jednofazowych nadal będą stosowane testery jednofazowe, ponieważ potencjalnie mają mniejsze gabaryty i wagę, większą moc wyjściową i niższą cenę.

Coraz więcej testerów nie będzie posiadać klawiatur, przełączników i wyświetlaczy a ich rolę będą przejmować przenośne komputery w postaci Laptopów i specjalizowanych terminali, które coraz częściej będą łączone z testerem z zastosowaniem łączny bezprzewodowych. Szybko będzie następować automatyzacja badań zabezpieczeń z ułatwianiem przygotowywania procedur pomiarowych. Automatyczne testy będą miały możliwość powtarzania pomiarów w celu automatycznej statystycznej obróbki wyników pomiarów dla potrzeb ich właściwej interpretacji. Stosowane będą statyczne i dynamiczne metody testowania w zależności od potrzeby lub przyzwyczajenia użytkownika - standardem będzie możliwość wyboru metody testowania. Automatyczne testy nie wyprą prostych funkcji testowych wymaganych dla potrzeb sprawdzenia poprawności i ciągłości połączeń oraz wstępnej identyfikacji testowanego obiektu.

6. Wnioski

Dotychczasowa oferta krajowych testerów zabezpieczeń została rozszerzona o trójfazowy tester typu C300, który wywodzi się z trójfazowych kalibratorów mocy. Koncepcja testera C300 i oprogramowania *Calpro 300* nawiązuje do idei budowy uniwersalnego testera trójfazowego kierowanego do szerokiego grona użytkowników trójfazowych urządzeń pomiarowych, w tym zabezpieczeń. Idea ta jest realizowana w aktualnie najbardziej nowoczesnych testerach zabezpieczeń.

7. Literatura

- [1] Kuran Z., Skrodzki S.: Czym i jak będziemy badać urządzenia EAZ, www.ien.com.pl.
- [2] Olencki A., Urbański K.: Kalibratory mocy prądu przemiennego, Krajowy Kongres Metrologii KKM'98, 1998, Tom3, 233-241.
- [3] Kalibratory mocy i energii Inmel 33, www.inmel.com.pl.
- [4] Kalibrator napięć i prądów przemiennych typu C233 i C233B, C233 instrukcja obsługi 2007-01, www.calmet.com.pl.
- [5] Trójfazowy kalibrator mocy i tester aparatury energetycznej typu C300, C300 instrukcja obsługi 2007-06, www.apex.com.pl.
- [6] Tester zabezpieczeń TZ-2c, Apex, www.apex-apex.pl.
- [7] Wiliński J.: Cyfrowe wymuszalniki prądu EMEX100 I EMEX400DC, Wiadomości Elektrotechniczne Nr2/2005.
- [8] Pilny Z., Wróblewski W.: Przegląd wymuszalników prądu przemiennego produkowanych przez Energopomiar-Elektrykę, www.elektryka.com.pl.
- [9] Nanko D., Sanocki J.: Przegląd urządzeń produkowanych przez APBE Energopomiar-Elektryka, www.elektryka.com.pl.
- [10] DRTS-6 Advanced Protection Relay Test Set and Measurement System, www.isatest.com.
- [11] CMC 256 plus Protection Relay Test Set and Universal Calibrator. Technical Data, www.omicron.at.
- [12] Calpro300 Basic. Program komputerowy do sterowania kalibratorem typu C300. Wersja bazowa –sterowanie kalibratorem C300. Instrukcja obsługi, Calmet, 2007, www.calmet.com.pl.
- [13] Calpro 300 PQ. Program komputerowy do sterowania kalibratorem typu C300. Wersja PQ Power Quality – generacja parametrów jakości energii. Instrukcja obsługi, Calmet, 2007, www.calmet.com.pl.
- [14] Calpro 300 TS. Program komputerowy do sterowania kalibratorem typu C300. Wersja TS Test System – automatyczne testowanie urządzeń. Instrukcja obsługi, Calmet, 2007, www.calmet.com.pl.

Title: What with and how we will be testing of protective relays

Artykuł recenzowany