

Andrzej OLENCKI

UNIwersytet Zielonogórski Instytut Informatyki i Elektroniki, ul. Licealna 9, 65-417 Zielona Góra

Testery liczników energii elektrycznej podłączonych do sieci

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. Zainteresowania to elektronika i projektowanie urządzeń elektronicznych – kalibratory napięcie, prądów i mocy, mierniki parametrów sieci i jakości energii, testery liczników energii i zabezpieczeń.

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

**Streszczenie**

Omówiono testery liczników energii elektrycznej podłączonych do sieci energetycznej i kluczowy problem tych testerów – specyfikację dokładności testera w szerokim zakresie dynamicznym napięć, prądów i mocy. Przedstawiono rozwój testerów w ciągu ostatnich kilkunastu lat i ich koncepcje do najnowszego zintegrowanego testera liczników z funkcjami testera przekładników i analizatora jakości energii. Z przedstawionej analizy wynika, że krajowe testery opracowane i produkowane w Zielonej Górze są zgodne z aktualnym stanem techniki na świecie a ich asortyment w pełni pokrywa aktualne potrzeby krajowych użytkowników bez konieczności korzystania z importu.

Słowa kluczowe: sprawdzanie liczników energii, testery liczników energii, licznik kontrolny, licznik wzorcowy.

Testers of energy meters connected to the power network**Abstract**

This article presents an idea of a portable energy meter testers named as Portable Working Standard for Testing Electricity Meters, which are used for testing single and three phase energy meters, current and potential instrument transformers and installations on site. The key issue of the accuracy specifications of testers in wide dynamic range of voltages, currents and power are discussed in section 2. Accuracy specification of testers from Zielona Gora are described in table 1. There is presented progress of testers and their concepts, from three phase testers 0,2 and 0,1 classes (Calport 100 presented in fig.2), economy single phase testers 0,5 and 0,2 classes (Caltest 10 presented in fig.3), testers with additional function of three phase current and potential instrument transformer testing (Calport 100 Plus presented in fig.4) to the newest integrated testers designed as three instruments in one compact case – the Energy Meter Tester and the Instrument Transformer Tester and the Power Quality Analyser (PWS 3.3 from MTE Switzerland and Caltest 300 from Calmet Poland presented in fig.5). Analysis of technique state shows, that we keep good position in the world market in portable energy meter testers.

Keywords: energy meter testing, energy meter testers, portable working standard, electricity meter, tester, current transformer tester, potential transformer tester, power quality analyser.

1. Testowanie i testery liczników energii

Rozliczenia pomiędzy dostawcą energii elektrycznej i jej odbiorcą są wykonywane na podstawie wskazań użytkowych liczników energii, które okresowo lub w przypadku sporów są sprawdzane na dokładność wskazań. Na błąd naliczania energii ma wpływ dokładność samego licznika oraz poprawność jego włączenia do sieci, dokładność przekładników prądu i napięcia oraz parametry jakości energii elektrycznej – czynniki te powinny być uwzględniane w ocenie dokładności systemów pomiarowych stosowanych w rozliczeniach energii elektrycznej.

Dawniej liczniki odłączano od sieci, demontowano z obiektu i sprawdzano ich dokładność na stacjach wzorcowniczych w liczni-

kowniach. Sprawdzanie poprawności ponownie włączonego licznika do sieci badano na podstawie ręcznie rysowanych wskazań wektorowych. W ciągu ostatnich kilkunastu lat nastąpił szybki postęp w zakresie rozwoju testerów liczników energii elektrycznej, które, oprócz funkcji licznika kontrolnego (urządzenie, które przetwarza energię na proporcjonalną jej liczbę impulsów), mają implementowane takie funkcje jak:

- graficzna wizualizacja trójfazowego wskaźnika wektorowego,
- pomiar i rejestracja parametrów sieci,
- analiza harmonicznych,
- automatyczne obliczanie błędów sprawdzanego licznika,
- testowanie przekładników prądu i napięcia,
- monitorowanie parametrów jakości energii i ich ocena na zgodność z wymaganiami normy EN50160.

Dla potrzeb rozszerzenia zakresu pomiaru prądu i jednocześnie umożliwienia bezinwazyjnego włączania w obwód prądowy, testery są wyposażane w szeroki asortyment cęgów prądowych. Dla potrzeb protokołowania wyników pomiaru w obecności klienta, w zestaw testera wchodzi miniaturowe drukarki. Zasilanie testerów jest możliwe z pomocniczego napięcia zasilania, a w przypadku jego braku możliwe jest zasilanie testera z obwodu pomiarowego.

Urządzenia do testowania liczników energii podłączonych do sieci, z uwagi na różnorodność funkcji i ich szybki rozwój, nie mają ustalonej nazwy własnej. Występują tu nazwy: Portable Working Standard tłumaczone przez dystrybutora tych urządzeń jako Przenośne systemy do kontroli układów napięcia zasilania, a w energii elektrycznej, Testery liczników energii od Energy Meter Testers lub dwuczłonowe Analizatory parametrów sieci i testery liczników energii – dla potrzeb artykułu urządzenia te nazwano testerami liczników.

2. Specyfika dokładności testera liczników – kluczowy problem

Użytkowe liczniki energii elektrycznej, w szerokim zakresie prądów, mają wyspecyfikowany błąd pomiaru energii w postaci jednoskładnikowej – w postaci multiplikatywnej składowej błędów wyrażonej w procentach wartości mierzonej opisaną wskaźnikiem klasy dokładności. Aby spełnić wymaganie zapasu dokładności przy sprawdzaniu liczników użytkowych, liczniki kontrolne stosowane w stacjach wzorcowniczych (zwane dalej licznikami kontrolnymi) oraz testery liczników powinny mieć również wyspecyfikowany błąd pomiaru energii w postaci jednoskładnikowej - multiplikatywnej składowej błędów, tylko w odpowiednio wyższej klasie dokładności.

Aby uzyskać wysoką klasę dokładności w szerokim zakresie dynamicznym napięć i prądów, wymagany zakres dynamiczny jest dzielony na wewnętrzne podzakresy napięć i prądów. Przełączenie podzakresów liczników kontrolnych może odbywać się zarówno ręcznie jak i automatycznie – wartości napięć i prądów są nastawiane przez sterownik stacji wzorcowniczej, który może również sterować zmianą podzakresu licznika kontrolnego. Z kolei tester liczników powinien mieć funkcję automatycznej zmiany podzakresów, przynajmniej podzakresów prądowych, ponieważ wartość prądu płynącego przez tester liczników może się zmieniać w szerokim zakresie wraz ze zmianą obciążenia obiektu.

Dla potrzeb sprawdzania różnorodnych liczników (o różnych zakresach napięć i prądów) bez występowania problemu niewystarczającego zapasu dokładności testera wymaga się, aby klasa dokładności wyrażona w procentach wartości mierzonej była spełniona w szerokim zakresie dynamicznym napięć $kU=1:10$, prądów co najmniej $kI=1:100$ i mocy co najmniej $kP=1:1000$. W

testerach liczników (urządzenia przenośne o małych gabarytach i z funkcją automatycznej zmiany zakresów) wymaganie to jest tak trudne do spełnienia, że tylko nieliczne firmy specyfikują klasę dokładności 0,5; 0,2; 0,1 czy 0,05 w tak szerokim zakresie dynamicznym. Błąd mocy (energii) dla niejednostkowego współczynnika mocy jest tu odnoszony do mocy (energii) pozornej. Stan techniki światowej w zakresie testerów liczników energii, w tym dynamicznego zakresu napięć, prądów i mocy, jest wyznaczany przez szwajcarską firmę MTE [1] i niemiecką firmę ZERA [2].

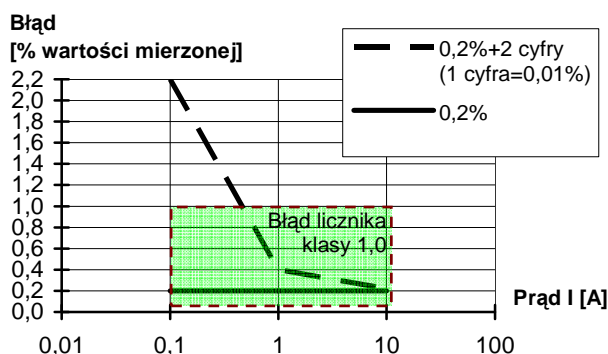
W tabl.1 zestawiono krajowe testery liczników firmy Calmet w Zielonej Górze: trójfazowe Calport 100, Calport 100Plus i Caltest 300 oraz jednofazowy Caltest 10, których klasa dokładności jest wyspecyfikowana jednostkownie w procentach wartości mierzonej dla szerokiego zakresu dynamicznego zbliżonego do stanu techniki światowej.

Tab. 1. Dokładność krajowych testerów liczników energii
Table. 1. Accuracy of Polish energy meter testers

Typ testera	Zakres dynamiczny dla **)			Klasa dokładności dla P
	U	I	P	
Calport 100 [3]	1:12	1:200	1:2400	0,1 i 0,2
Calport 100Plus [4]	1:16	1:300	1:4800	0,1 i 0,2
Caltest 10 [5] *)	1:3	1:100	1:300	0,2 i 0,5
Caltest 300 [6]	1:10	1:1200	1:12000	0,05 i 0,1

*) Caltest 10 jest testerem o wejściu prądowym wyłącznie cęgowym,
**) zakres dynamiczny jest podany dla zakresów bezpośrednich.

Pozostałe krajowe testery mają specyfikowany błąd dwuskładnikowo z podaniem składowej addytywnej w postaci np. liczby cyfr [7, 8] albo też nie jest podawany zakres dynamiczny przy specyfikacji ich klasy dokładności [9, 10]. Rys.1 przedstawia wykres błędu testera klasy 0,2 w zakresie dynamicznym prądu $K_i=0,1:10$ oraz klasy 0,2+2 cyfry dla wartości cyfry 0,01% i pokazuje, że testery z nawet niewielką składową addytywną błędnie nie spełniają wymagań dokładnościowych dla potrzeb sprawdzania użytkowych liczników energii.



Rys. 1. Wykres błędów testera dla dwóch rodzajów specyfikacji dokładności

Fig. 1. Error characteristics of a tester for two kind of accuracy specification

3. Geneza krajowych testerów liczników energii

Krajowe testery liczników energii wywodzą się z dwóch gałęzi genealogicznych:

- analizatorów obwodów trójfazowych serii Anot zakładu Energomiar w Gliwicach,
- kalibratorów napięć, prądów i mocy opracowanych w Zielonej Górze (Lumel, Calmet).

Kalibratory mocy serii SQ33 [11] i serii C200 [12] umożliwiały sprawdzanie liczników energii ale odłączonych od sieci. Kalibratory są urządzeniami pomiarowymi o wysokiej klasie dokładności, ale zwyczajowo mają specyfikowane błędy dopuszczalne w postaci dwuskładnikowej: składowej multiplikatywnej (w procentach wartości nastawionej) i składowej addytywnej (w procentach wartości zakresu i/lub cyfrach) - z tego powodu w niektórych punktach pomiarowych nie mogły spełnić wymagań dokładnościowych przy sprawdzaniu niektórych liczników energii. Dopiero najnowszy trójfazowy kalibrator mocy typu C300 [21], dla mocy ma wyspecyfikowaną klasę dokładności 0,05 jednostkownie w procentach wartości nastawionej w wyjątkowo szerokim zakresie dynamicznym $kP=1:50000$ i z tego powodu może pełnić funkcję jednostanowiskowej stacji wzorcowniczej.

Na początku lat 90-tych opracowano tester LE10 [13] klasy 0,2 przeznaczony dla potrzeb sprawdzania liczników podłączonych do sieci - licznik miał funkcje pomiaru napięć, prądów i kątów fazowych oraz pomiaru częstotliwości impulsów wyjściowych, co umożliwiała ręczne obliczenie błędnie sprawdzanego licznika. W testerze tym uzyskano szeroki zakres dynamiczny prądów $kI=1:1920$ ale przy ręcznym wyborze podzakresu prądu. Tester LE10 był zrealizowany w postaci kasy 19" charakterystycznej dla konstrukcji liczników kontrolnych.

4. Testery klasy 0,2 i 0,1

W końcu lat 90-tych opracowano trójfazowy tester liczników typu Calport 100 [3] klasy 0,2 o szerokim zakresie dynamicznym (tabl.1), w którym zaimplementowano następujące funkcje:

- graficznej wizualizacji trójfazowego wskaźnika wektorowego w układach gwiazdy i trójkąta dla potrzeb weryfikacji poprawności połączeń,
- pomiaru parametrów sieci - napięć, prądów, kątów fazowych, współczynników mocy, mocy, częstotliwości,
- pełnej analizy harmonicznych - napięć, prądów, mocy czynnej i mocy biernej,
- automatycznego obliczania błędnie sprawdzanego licznika,
- obliczania błędnie liczydła licznika,
- sprawdzania liczników maksymalnych.

Tester Calport 100 opracowano i wdrożono do produkcji pod potrzeby energetyki krajów Unii Europejskiej. Przez kilka lat, w swojej klasie, wyznaczał stan techniki światowej, np. jako pierwszy tester tej klasy umożliwiał określenie kierunku przepływu harmonicznych dzięki funkcji analizy harmonicznych mocy czynnej [14]. Doświadczenia z seryjnej produkcji na eksport testera Calport 100 w klasie 0,2 szybko umożliwiły podniesienie jego klasy dokładności do 0,1. Przenośny tester Calport 100 wyposażony w szeroki asortyment cęgów prądowych i możliwość drukowania protokołów w obecności klienta zaprojektowano w budowie przystosowanej do pracy w terenie w trudnych warunkach środowiskowych (rys.2) i jest funkcjonalnym odpowiednikiem testera PWS 2.3 firmy MTE [15].

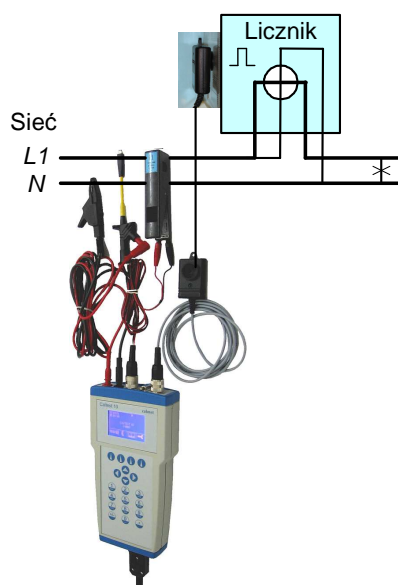


Rys. 2. Konstrukcja przenośnego testera przystosowanego do pracy w trudnych warunkach w terenie

Fig. 2. Design of a portable tester for using in heavy conditions on site

5. Testery liczników bezpośrednich

Szeroko rozpowszechnione jednofazowe liczniki bezpośrednie z zakresami prądów do 100A można sprawdzać z zastosowaniem testera trójfazowego, ale jest to rozwiązanie drogie. Bardziej ekonomicznym i wygodniejszym rozwiązaniem jest zastosowanie specjalizowanego cęgowego jednofazowego testera klasy 0,5 i 0,2 przystosowanego do bezinwazyjnego testowania liczników bezpośrednich bez konieczności przerywania obwodu prądowego [16], co zilustrowano na rys.3.



Rys. 3. Schemat podłączenia jednofazowego testera bez rozłączania obwodu prądowego

Fig. 3. Connection scheme of a single phase tester without disconnecting of a current path

W grupie cęgowych testerów jednofazowych stan techniki jest wyznaczany przez tester CheckMeter 2.1 [17] i jego krajowy odpowiednik Caltest 10 [5]. Testery jednofazowe mają węższy zakres dynamiczny dla napięć i prądów (tabl.1) i ich podstawowym zakresem prądowym jest zakres 100A. Testery te mogą być

również wyposażane w cęgi 10A, 1000A i cęgi elastyczne 30/300/3000A.

6. Testery z funkcją testowania przekładników

Po kilku latach doświadczeń z trójfazowymi testerami klasy 0,2 i 0,1 zaimplementowano w nich dodatkową funkcję trójfazowego testowania błędów i obciążalności przekładników prądu i napięcia w sieciach nn i SN. W ten sposób z testera PWS 2.3 rozwinął się tester PWS 2.3 Plus [18], który wyznacza stan techniki i jego krajowy odpowiednik Calport 100 Plus [4].

Testery z funkcją trójfazowego testowania przekładników mają konfigurowalne wejścia w następujących układach:

- $3xU+3xI$ dla potrzeb sprawdzania liczników oraz obciążalności przekładników,
- $6xI$ dla potrzeb sprawdzania błędów przekładników prądu,
- $6xU$ dla potrzeb sprawdzania błędów przekładników napięcia,

i w związku z tym mają dużą liczbę wejść pomiarowych, co przedstawiono na rys.4. W testerach tych stosowany jest szeroki asortyment cęgów prądowych i napięciowych, co przy w/w konfigurowalności wejść pomiarowych umożliwia realizację kilkudziesięciu kombinacji układów pomiarowych.



Rys. 4. Widok wejść testera liczników i przekładników

Fig. 4. Inputs view of an energy meter and transformer tester

7. Testery z funkcją monitorowania jakości energii

Aktualnie najbardziej zaawansowanym testerem jest Three-phase Portable Working Standard and Power Quality Analyser PWS 3.3 [19] oraz jego krajowy odpowiednik Caltest 300 [6] przedstawiony na rys.5. Są to zintegrowane testery [20], które umożliwiają:

- testowanie liczników energii,
- testowanie przekładni i obciążalności przekładników prądowych i napięciowych w sieciach nn i SN,
- pomiary, rejestrację i analizę jakości energii.

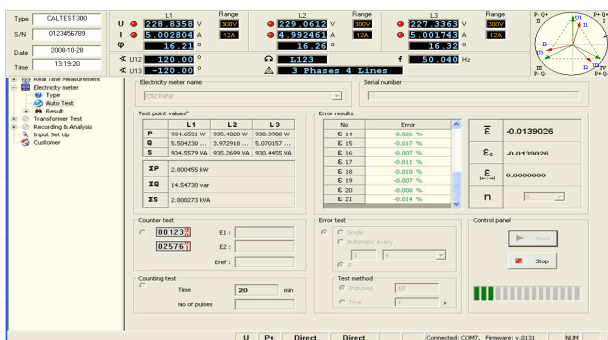
Podwyższono w nich klasę dokładności do 0,05 i 0,1 przy jednoczesnym rozszerzeniu zakresu dynamicznego (tabl.1).



Rys. 5. Widok zintegrowanego testera Caltest 300 (trzy urządzenia w jednej kompaktowej obudowie)

Fig. 5. View of the Caltest 300 integrated tester (three instruments in one compact case)

Duża liczba zacisków przy kompaktowej obudowie powodują, że na płycie czołowej (rys.5) testera nie ma już miejsca na ekran z klawiaturą, który powinien mieć przekątną przynajmniej 10", aby wystarczająco wyraźnie wizualizować wyniki pomiarów odpowiednio do możliwości testera – przykładowy ekran automatycznej procedury pomiaru błędu licznika przedstawiono na rys.6. W związku z tym zaproponowaliśmy dla tego rodzaju testera odejście od stosowania ekranów o niewystarczających rozmiarach na korzyść stosowania Laptopa przynajmniej 10". Umożliwia to podłączenie testera do obwodu pomiarowego i odejście użytkownika do wygodniejszego miejsca w celu konfiguracji testera, realizacji pomiarów w czasie rzeczywistym lub rejestracji dla dalszej analizy błędów licznika z uwzględnieniem procesów dynamicznych występujących w sieci losowo i sporadycznie.



Rys. 6. Ekran automatycznego testu błęd licznika

Fig. 6. Automatic error test screen of energy meter

8. Wnioski

W ciągu ostatnich dziesięciu lat dokonał się przełom w zakresie urządzeń do testowania liczników energii podłączonych do sieci: od urządzeń wymagających ręcznego rysowania wskazań wektorowych i bez możliwości sprawdzenia dokładności licznika ze względu na niewystarczającą klasę dokładności, do testerów umożliwiających sprawdzenie liczników użytkowych wszystkich klas dokładności, sprawdzenie przekładni i obciążalności przekładników, sprawdzenie jakości energii na zgodność z wymaganą

normą, sprawdzenie poprawności połączeń w układach bezpośrednich, półpośrednich i pośrednich.

Potrzeba stosowania najbardziej zaawansowanych zintegrowanych testerów występuje tylko czasami, gdy zachodzi konieczność wyjaśniania losowych zdarzeń w sieci energetycznej, które mogą powodować błędy w rozliczeniach energii czy awarie urządzeń. W pozostałych przypadkach wystarcza stosowanie testerów klasy 0,1 i 0,2 z funkcją (lub bez) sprawdzania przekładników nn i/lub SN, a w układach bezpośrednich wystarcza stosowanie ekonomicznych i bezinwazyjnych testerów jednofazowych klasy 0,5.

Dokładność krajowych testerów opracowanych i produkowanych w Zielonej Górze jest specyfikowana w szerokim zakresie dynamicznym napięcie, prądów i mocy zgodnie z aktualnym stanem techniki na świecie. Oferowana rodzina czterech testerów Calport 100, Calport 100 Plus, Caltest 10 i Caltest 300 praktycznie w pełni pokrywa wymagane przez użytkowników potrzeby pomiarowe i dotychczas zaspakajane częściowo z udziałem testerów zagranicznych.

9. Literatura

- [1] Reference Standards, Working Standard and Standard Meter, www.mte.ch.
- [2] Reference Meters and Primary Standards, www.zera.de.
- [3] Analizator parametrów sieci energetycznej i tester liczników energii Calport 100A, www.calmet.com.pl/PDF/Calport100A_katalog.pdf.
- [4] Three Phase Power Network Analyser and Energy Meter Tester type Calport 100 Plus, user's manual, Calmet, Zielona Góra, 2009.
- [5] Tester liczników energii i miernik parametrów sieci energetycznej Caltest 10, www.calmet.com.pl/PDF/Caltest10_katalog.pdf.
- [6] Trójfazowy analizator sieci i tester liczników energii Caltest 300, www.calmet.com.pl/PDF/Caltest300_katalog.pdf.
- [7] Analizator obwodów trójfazowych typ ANOT-10, www.elektryka.com.pl/files/ANOT-10_2007.08.06.pdf.
- [8] Przenośny licznik kontrolny typ PLK-10, www.elektryka.com.pl/files/PL_PLK10_20090115.pdf.
- [9] Licznik kontrolny typ LK-10, www.elektryka.com.pl/files/LK-10_2007.08.06.pdf.
- [10] Tester liczników TL-1, www.elektryka.com.pl.
- [11] Kalibrator mocy i energii w układzie trójfazowym typu SQ-33, Norma zakładowa ZN-87/MERA-005/324, Lumel, Zielona Góra, 1987.
- [12] Kalibratory mocy jednofazowe i trójfazowe serii C200, www.calmet.com.pl/PDF/C200_katalog.pdf.
- [13] Wzorcowy elektroniczny licznik energii elektrycznej prądu trójfazowego typu LE-10, Norma zakładowa ZN-93/Calmet 007, Calmet, Zielona Góra, 1993.
- [14] Olencki A., Urbański K., Analizator Calport 100 – nowy trend w diagnostyce i eksploatacji sieci energetycznych, II Konferencja Naukowo-techniczna "Diagnostyka w sieciach elektroenergetycznych zakładów przemysłowych", Płock, 2001, 3-10.
- [15] Three-phase Portable Working Standard for testing electricity meters PWS 2.3, Meter Test Equipment, Switzerland, 2002.
- [16] Olencki A., Urbański K., Szymkiewicz J., Testowanie jednofazowych liczników energii u użytkownika, Elektroinfo, (2008), n.7-8, 88-89.
- [17] Single-phase Portable Working Standard for Testing of Electricity Meters CheckMeter 2.1, Meter Test Equipment, Switzerland, 2009.
- [18] Three-phase Portable Working Standard for testing Electricity Meters and Instrument Transformers PWS 2.3 Plus, Meter Test Equipment, Switzerland, 2007.
- [19] Three-phase Portable Working Standard and Power Quality Analyser PWS 3.3, Meter Test Equipment, Switzerland, 2009.
- [20] Olencki A., Urbański K., Szymkiewicz J., Testowanie liczników energii z funkcją monitorowania jakości energii elektrycznej, Elektroinfo, (2008), n.11, 37.
- [21] Trójfazowy kalibrator mocy i tester aparatury energetycznej typu C300, Instrukcja obsługi, 2008, Calmet, Polska, www.calmet.com.pl.