

Ciemna i jasna strona mocy

Moc jest jednym z ważniejszych parametrów urządzeń elektrycznych i elektronicznych. Nawet, jeśli funkcja danego urządzenia nie jest bezpośrednio związana z wykonaniem jakiejś pracy w sensie fizycznym (napędzanie silnika, oświetlenie, wzmacnienie sygnału akustycznego itp.), to i tak każde urządzenie, musi być zasilane, a więc musi czerpać moc ze źródła. Pomiary mocy są więc jednymi z podstawowych.

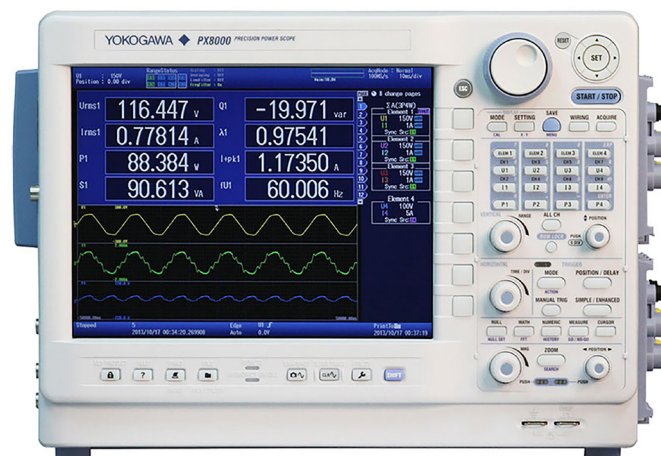
Moc elektryczna jest definiowana jako iloczyn napięcia i prądu. Obie te wielkości fizyczne potrafimy mierzyć z dużą dokładnością, znacznie gorzej jest z bezpośrednimi metodami pomiarów mocy i energii. Znane są wprawdzie mierniki wykorzystujące ustrój magnetoelektryczny, który dzięki specjalnej budowie reaguje na iloczyn prądu i napięcia, jednak w czasach techniki cyfrowej rozwiązanie takie jest raczej mało przydatne. W sieciach prądu zmiennego problemem jest fakt występowania różnych rodzajów mocy. O ile względnie łatwo można poradzić sobie metodami tradycyjnymi z mocą czynną, to z mocą bierną jest już trochę trudniej. W tradycyjnych watomierzach stosowano specjalny układ składający się z dodatkowej cewki i rezystora, które zapewniały wymagane do pomiaru przesunięcie fazowe między prądem i napięciem.

Tradycyjne metody są jednak mało przydatne we współczesnej technice cyfrowej. Naszpikowane procesorami urządzenia nie mają problemu z obliczeniami matematycznymi, wystarczy dostarczyć im dane określające ilościowo napięcia i prądy występujące w układzie. Ważną rolę odgrywają interfejsy – inaczej trzeba mierzyć napięcia i prądy w energetyce, inaczej podczas badań urządzeń w stanie *standby*. Pewnym wyzwaniem są pomiary mocy przetwornic i zasilaczy impulsowych. Bardzo strome zbocza i krótkie czasy impulsów narzucają konieczność stosowania dużych szybkości próbkowania i dużych rozdzielczości przetworników analogowo-cyfrowych. Wszystkie te czynniki powodują, że jest zaledwie kilku liczących się producentów mierników mocy i innych urządzeń pośrednio związanych z tą tematyką. Skoro już o nich mowa, to należy wspomnieć również o miernikach jakości energii, sztucznych obciążeniach, zasilaczach arbitralnych, monitorach, licznikach ładunku itp. Krótki przegląd urządzeń przedstawiono w artykule.

Oscyloskop do pomiaru mocy – Yokogawa PX8000

Oscyloskop to chyba najbardziej uniwersalny przyrząd pomiarowy. Można nim zmierzyć w zasadzie wszystko co mierzy się w elektronice, a trudność polega przede wszystkim na ewentualnym doborze interfejsów i przemyśleniu odpowiedniego układu pomiarowego. Od oscyloskopu mierzącego moc wymagana jest jeszcze możliwość wykonywania złożonych operacji matematycznych, takich jak całkowanie. Wynika to z matematycznej definicji mocy. Dysponując 2-kanalowym oscyloskopem mierzącym prąd i napięcie, moc może być wówczas obliczona jako całka za okres z iloczynu tych parametrów. Mimo takich możliwości obliczeniowych zwykle oscyloskopy cyfrowe nie są jednak dedykowane do pomiarów mocy. O ile w prostych układach zasilających mogą być stosowane z powodzeniem, to w pomiarach zasilaczy impulsowych i przetwornic pracujących z dużymi częstotliwościami problemem może być zbyt mała szybkość próbkowania oscyloskopu. W efekcie obliczenie całki impulsu jest w takim przypadku obarczone zbyt dużym błędem, czego rezultatem jest również duży błąd obliczenia mocy.

Wyjątkiem jest precyzyjny oscyloskop PX8000 produkowany przez Yokogawę (fotografia 1). Należy jednak zadać pytanie czy jeszcze jest to oscyloskop czy już osobliwy miernik mocy? Biorąc pod uwagę



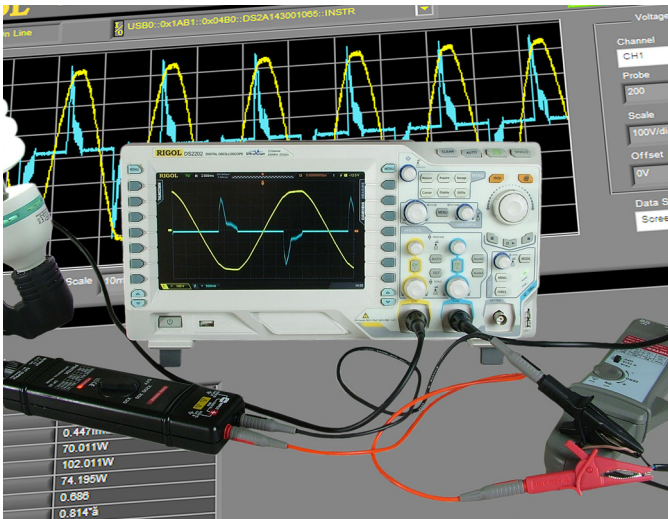
Fotografia 1. Oscyloskop do pomiarów mocy Yokogawa PX8000

zasadę działania można uznać, że PX8000 jest oscyloskopem, jednak raczej trudno byłoby wykorzystywać ten przyrząd do pomiarów innych niż moc, w każdym razie byłoby to niewygodne. Parametry PX8000 pod pewnymi względami są lepsze od typowych mierników mocy. Do wyznaczania przedziałów całkowania mogą być na przykład wykorzystywane kursory ekranowe, dzięki czemu możliwe stają się pomiary stanów przejściowych. Jedną z najważniejszych zalet oscyloskopu PX8000 jest duża szybkość akwizycji danych i szerokie pasmo. Cechy te są niezbędne do analizy jakości mocy. W pomiarach takich wymagane jest dokładne określenie wysokich harmonicznych. Dla wielu przyrządów jest to parametr krytyczny w przypadku pomiarów wysokoczęstotliwościowych przetwornic.

Oscyloskop Yokogawa PX8000 jest wyposażony w 3 pary wkładek napięciowych i prądowych umożliwiających pomiary w sieciach 3-fazowych zarówno w konfiguracji gwiazdy, jak i trójkąta. Uzupełnieniem są dwie klasyczne wkładki oscyloskopowe. Pomiary prądu są wykonywane z użyciem cęgów prądowych lub sond prądowych z wyjściem napięciowym. Zależności fazowe są bardzo dobrze przedstawiane na wykresach X-Y oraz na trójwymiarowych wykresach wskazowych.

System do pomiarów mocy – oscyloskop Rigol DS2002 + program „Ultra Power Analyzer”

Pomiarami mocy wykazuje zainteresowanie coraz większa grupa posiadaczy oscyloskopów. W efekcie Rigol, znany wszystkim producent sprzętu klasy średniej, opracował system składający się z oscyloskopu rodziny DS2000 i specjalnie opracowanego oprogramowania „Ultra Power Analyzer” (fotografia 2). W ten prosty sposób wymagana moc obliczeniowa została rozdzielona pomiędzy sprzęt pomiarowy i komputer. Nie zlikwidowano w ten sposób barier wynikających z samej fizyki. Nadal obowiązują ograniczenia związane z pasmem pomiarowym oscyloskopu i szybkością akwizycji. Niezwykle istotne mogą też okazać się nawet różnice w opóźnieniach poszczególnych kanałów oscyloskopu. Firmware przyrządu musi zawierać odpowiednie procedury wyrównywania tego parametru.

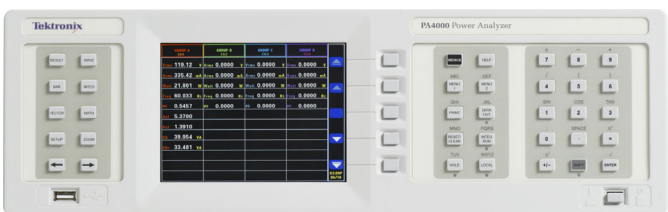


Fotografia 2. System do pomiarów mocy Rigola – oscyloskop rodziny DS2000, sonda prądowa i wysokonapięciowa + oprogramowanie „Ultra Power Analyzer”

Zwykle użytkownicy oscyloskopów są świadomi niedoskonałości posiadanego sprzętu i chcąc nie chcąc akceptują fakt, że mogą za ich pomocą prowadzić tylko te pomiary, które mieszczą się w zakresie ich możliwości. Ta sama zasada dotyczy systemów przeznaczonych do pomiarów mocy. Nie wszystkie przyrządy muszą przecież być przystosowane do badania mocy *standby* czy pomiarów strat mocy w stanach przejściowych w zasilaczach impulsowych. Ale nie tylko ograniczenia techniczne są czynnikiem pogarszającym dokładność pomiarów. Bywa ona znacząco obniżana również na skutek nieświadomości metody pomiarowej. Na przykład w omawianym systemie Rigola oscyloskopy są wyposażane w 8-bitowe przetworniki analogowo-cyfrowe, co już samo w sobie wpływa ograniczająco na rozdzielczość pomiaru, tymczasem nader często użytkownicy tak ustawiają czułość kanałów pomiarowych, aby oba przebiegi (napięcia i prądu) były wyświetlane na połowie ekranu. Być może efekt wizualny jest wtedy lepszy, ale jednocześnie w sztuczny sposób zmniejszana jest, i to aż 2-krotnie, rozdzielczość pomiaru każdego z tych parametrów. Funkcje pomiarów automatycznych w oscyloskopach DS2000 Rigola normują dane zapisane w rejestrze akwizycji do wybranych czułości kanałów. Podobny problem występuje ze skalowaniem osi czasu. Należy dążyć do wyświetlania pełnych okresów przebiegu lub ich wielokrotności i dobierając czułość tak, aby były wyświetlane na całej wysokości ekranu.

Zaletą rozwiązań zastosowanych przez Rigola jest łatwa konfiguracja systemu do pracy z wieloma oscyloskopami, program komunikuje się bowiem z oscyloskopem za pośrednictwem interfejsu WiFi lub USB.

System Rigola wykorzystujący oscyloskopy rodziny DS2000 i program „Ultra Power Analyzer” umożliwia wykonywanie pomiarów: napięcia skutecznego, prądu skutecznego, mocy czynnej, mocy biernej, mocy pozornej, współczynnika mocy, przesunięcia fazowego, impedancji odbiornika energii, współczynnika szczytu napięcia, współczynnika szczytu prądu, prądu rozruchowego, strat przełączania, tętnień i szumów na wyjściach zasilaczy i przetwornic, prowadzi analizę zawartości harmonicznego prądu, wyznacza obszar bezpiecznej pracy (SOA – Safe Operating Area).



Fotografia 3. Miernik jakości energii Tektronix PA4000

Miernik jakości energii – Tektronix PA4000

Innym przykładem przyrządu przeznaczonego do badania jakości energii jest PA4000 Tektroniksa (fotografia 3). Nie jest to specjalizowany oscyloskop, jak w przypadku omawianego wcześniej PX8000, lecz dedykowany do pomiarów mocy miernik oparty na procesorze DSP. Zastosowanie takiej techniki pomiarowej pozwoliło na zaimplementowanie wielu skomplikowanych algorytmów obliczeniowych. PA4000 mierzy szereg parametrów związanych z jakością energii w sieciach 1- i 3-fazowych. W tym celu wyposażono go w odpowiednią liczbę kanałów pomiarowych. Miernik PA4000 jest przystosowany do pomiarów przebiegów o współczynniku kształtu dochodzącym nawet do 10. Odpowiednią precyzję zapewnia procesor DSP. Na dokładność oceny jakości energii duży wpływ ma szerokość pasma gwarantująca pomiar nawet stu harmonicznego przebiegów w sieciach zasilających.

Jak już wiemy, do obliczenia mocy niezbędna jest znajomość napięcia i natężenia prądu. Dokładność wyznaczenia każdego z tych parametrów decyduje o dokładności obliczenia mocy. Z pomiarem prądu wiąże się bardzo istotne zagadnienie konstrukcji bocznika, szczególnie wtedy, gdy natężenia są bardzo duże. Element ten oprócz precyzji wykonania musi charakteryzować się jak najmniejszą wrażliwością na zmiany temperatury, gdyż przepływający przez niego prąd o dużym natężeniu będzie w sposób naturalny wywoływał samopodgrzewanie. Tektronix stosuje opatentowane przez siebie rozwiązania, tzw. *Spiral Shunt*. Bifilarna konstrukcja takiego bocznika minimalizuje ponadto szkodliwe indukcyjności mogące mieć wpływ na wyniki pomiarów w zakresie wysokich częstotliwości.

Miernik mocy PA4000 może pracować w kilku trybach przeznaczonych do pomiarów określonych klas urządzeń elektrycznych. Są to np.: Standby – pomiary mocy urządzeń w trybach uśpienia, Ballast – pomiary mocy nowoczesnych systemów oświetleniowych, a także Integrator, PWM motor. Miernik umożliwia profilowanie nastaw usprawniające i przyspieszające prawidłowe skonfigurowanie przyrządu przed rozpoczęciem pracy.

Pomiary standby – Yokogawa WT310, WT500, WT1800, WT3000

Coraz częściej mówi się o zielonej energii, o konieczności wprowadzenia energooszczędnych urządzeń elektrycznych i elektronicznych, w ogóle o oszczędzaniu energii. Tymczasem większość, jeśli nie wszystkie, współczesne urządzenia nie mają już tradycyjnych wyłączników sieciowych, zwykłych mechanicznych hebli odcinających fizycznie układ od źródła zasilania, a jedynie przyciski powodujące przechodzenie układu w stan uśpienia. Zdarza się, że ten stan nie jest zbyt głęboki, a prąd spoczynkowy choć mniejsza się znacząco, to w skali globalnej nie jest pomijalny. Szacuje się, że w nieodległej przyszłości, bo w roku 2020, energia zużywana w stanie *standby* przez wszystkie urządzenia na ziemi będzie równa ok. 50 TWh w skali roku! Tylko radykalne kroki podjęte już dzisiaj mogą to niekwestionowane marnotrawstwo zminimalizować. Opracowano więc szereg zaleceń, a przede wszystkim metodykę pomiarów zużycia energii w stanie *standby*. Zajmuje się tym International Electrotechnical Commission (IEC). Opracowano odpowiednie normy regulujące powyższe zagadnienia.



Fotografia 4. Precyzyjny analizator mocy Yokogawa WT1800



Fotografia 5. 4-kanałowy zasilacz arbitralny Hameg (obecnie Rohde&Schwarz) HMP4040

Z każdą normą są związane rozporządzenia, które muszą być respektowane przez wszystkich producentów sprzętu elektronicznego.

Generalnie pomiar mocy *standby* wcale nie jest zagadnieniem tak trywialnym, jakby wydawać się mogło. Pierwszą trudnością jest spotykana niestabilność urządzeń po przejściu w stan uśpienia. Zjawisko to narzuca minimalną częstość próbkowania mocy w czasie pomiaru. Dla urządzeń wykazujących stabilność w stanie *standby* jako wystarczający czas pomiaru uznaje się minimum 15 minut. Z zebranych danych usuwana jest trzecia ich część, a na podstawie reszty określana jest stabilność urządzenia. Pomiaru urządzeń wykazujących dużą niestabilność muszą być poprzedzane co najmniej 10-minutową fazą inicjującą. Wymienione kroki postępowania obowiązują dla metody pomiaru z próbkowaniem. W praktyce są stosowane jeszcze metody uśredniania odczytu i odczytu bezpośredniego. Metody z uśrednianiem nie mogą być jednak stosowane dla urządzeń charakteryzujących się cyklicznymi zmianami obciążenia, z kolei pomiary z odczytem bezpośrednim przeznaczone są wyłącznie dla sprzętu wykazującego się dużą stabilnością.

Najciekawsze dla przeciętnego użytkownika jest jednak to, że normy związane z zagadnieniem pomiarów *standby* określają również szereg innych wymagań, takich jak maksymalny przepływ powietrza czy stabilność parametrów sieci zasilającej.

Można powiedzieć, że pomiary *standby* zostały zdominowane przez firmę Yokogawa. W jej ofercie znajduje się kilka przyrządów wykorzystywanych do tego rodzaju pomiarów, np. WT310, WT500, WT1800 (fotografia 4), WT2000. Wszystkie realizują opisane wyżej założenia: dokonują pomiaru mocy, określają stabilność wyników, odmierzają wymagane w wybranej metodzie czasy pomiarów itd. Pomiary są prowadzone metodą z próbkowaniem, która jest zalecana przez IEC/EN do większości przypadków, ale mogą też mierzyć z uśrednianiem. Mierniki komunikują się z komputerami za pośrednictwem interfejsów: GPIB, Ethernet, USB lub RS232. Każdy pomiar kończy się wygenerowaniem raportu zawierającego komplet wyników i ewentualne uwagi.

Zasilacze programowalne i arbitralne – Hameg (obecnie Rohde&Schwarz) HM8143 i HMP4040

Pomiary mocy są prowadzone w ustalonych warunkach zbliżonych do tych, które występują podczas normalnej eksploatacji urządzenia. Testy powinny jednak obejmować również sprawdzanie odporności na zakłócenia wprowadzane od strony zasilania.

Nieodzowną pomocą w takich przypadkach są zasilacze arbitralne. Stosując je można bardzo prosto wymusić w warunkach laboratoryjnych żądany rodzaj zakłócenia bez potrzeby czekania, aż zakłócenie to wystąpi podczas normalnej pracy (z dużym prawdopodobieństwem może nie wystąpić nigdy w akceptowalnym przedziale czasu).

Zasilacze takie znajdują się w ofercie Rohde&Schwarz (dawniej firmowała je firma Hameg). Są to na przykład modele HM8143 i HMP4040 (fotografia 5).

Zasilacze arbitralne umożliwiają programowanie własnego kształtu napięcia wyjściowego. Istnieją konstrukcje przystosowane do programowania napięć przemiennych, to znaczy takich, w których znak napięcia jest dowolny. We wspomnianych zasilaczach HM8143 i HMP4040 polaryzacja napięcia musi być jednak stała. Przyrządy tego typu zawierają zwykle kilka sekcji, np. HM8143 ma dwie, a HMP4040 cztery. Charakteryzują się dość dużą obciążalnością każdej z nich. Całkowita moc pobierana ze wszystkich sekcji zasilacza HMP4040 nie może przekraczać 384 W. Nie wynika to z prostego sumowania mocy każdej sekcji. Przykładowo, wydajności prądowe sekcji są równe maksymalnie 10 A przy napięciu maksymalnym 32 V, co daje 320 watów na sekcję.

Zasilacze mierzą prąd i napięcie bezpośrednio na obciążeniu. Są przystosowane do pomiarów 4-przewodowych, co znacząco zmniejsza błędy wynikające ze spadków napięć na przewodach połączeniowych z obciążeniem. Istotną cechą jest galwaniczna separacja każdej sekcji umożliwiająca szeregowo ich łączenie w celu zwiększenia napięcia na obciążeniu. Jedynie masa sekcji pierwszej jest połączona z masą urządzenia.

Zasilacze mogą pracować w trybie ze stabilizacją napięcia (CV) lub prądu (CC). Dla podwyższenia bezpieczeństwa w przyrządach zastosowano bezpieczniki elektroniczne.

Przebieg arbitralny zasilacza HP4040 składa się ze 128 punktów zapisanych w wewnętrznej pamięci nieulotnej. Oprócz pracy ciągłej możliwe jest również programowanie liczby powtórzeń dla każdego przebiegu. Zasilacze mogą pracować także w trybie sztucznego obciążenia.

Sztuczne obciążenia – B&K IT8513C+

Myli się ten, kto sądzi, że do pomiarów mocy na przykład zasilacza czy wzmacniacza mocy wystarczy zwykła żarówka (nie tzw. energooszczędna) lub jakiś megaopornik (mega w znaczeniu: mający duże wymiary). W pomiarach takich wręcz nieocenione korzyści stwarzają urządzenia zaliczane do grupy sztucznych obciążeń. Jedną z ciekawszych konstrukcji tego typu na pewno jest urządzenie produkowane przez B&K (znana także pod nazwami B+K Precision, Sefram, ITECH i Lodestar) oznaczone symbolem IT8513C+ (fotografia 6). Bez takiego urządzenia nie sposób wyobrazić sobie uruchamiania na przykład sterownika silnika prądu stałego pracując nawet ze słuchawkami na uszach. Podobne „atrakcje” byłyby na pewno nie do zniesienia przy pracy z systemem oświetleniowym dużej mocy.

Sztuczne obciążenie IT8513C+ charakteryzuje się wieloma bardzo atrakcyjnymi cechami funkcjonalnymi, jego największą wadą jest natomiast praca wyłączenie ze źródłami stałoprądowymi. Jest to przyrząd 2-końcówkowy, który może być traktowany jako regulowana rezystancja dużej mocy. Pozornie jest to więc urządzenie bardzo proste, wręcz prymitywne, lecz są to tylko pozory. W rzeczywistości



Fotografia 6. Sztuczne obciążenie B&K (ITECH) IT8513C+

zachowanie się obciążenia wynika z algorytmów realizowanych przez procesor. Użytkownik wybiera jeden z 4 trybów pracy: CV – rezystancja obciążenia zmienia się tak, aby na wyjściu utrzymać stałe napięcie, CC – rezystancja zmienia się tak, aby utrzymać stały prąd płynący przez obciążenie, CW – utrzymywana jest stała mocy wydzielana w obciążeniu, CR – utrzymywana jest stała rezystancja obciążenia.

Niezależnie od trybów pracy przewidziano kilka rodzajów zabezpieczeń – urządzenie ma moc 600 W, mamy do czynienia z dużymi prądami (do 120 A) i niebezpiecznymi napięciami (do 120 V). Rolą zabezpieczeń jest nie tylko ochrona użytkownika przed niebezpiecznymi sytuacjami, ale też maksymalna ochrona samego źródła mocy, do którego obciążenie jest dołączone.

Sztuczne obciążenie IT8513C+ pracuje statycznie lub dynamicznie. Możliwe jest programowanie zmian rezystancji obciążenia wg algorytmu użytkownika. Oprócz pomiarów mocy urządzenie to jest bardzo przydatne do pomiarów pojemności akumulatorów. Przewidziano do tego celu specjalny tryb pracy.

SMU – Yokogawa GS610

SMU (Source Measurement Unit) to urządzenie łączące w pewnym stopniu funkcje zasilacza arbitralnego i sztucznego obciążenia (fotografia 7). Przyrząd oznaczony symbolem GS610 wyróżnia się dużą precyzją i dokładnością nie gorszą niż 0,02%, szerokim zakresem napięć i prądów, a także, co ważne, możliwością pracy w każdej z czterech ćwiartek układu współrzędnych. Wszystkie gniazda są więc przystosowane do pracy jako źródła prądu, ale mogą też pobierać prąd ze źródeł zewnętrznych. Napięcie jest regulowane w zakresie od 200 mV do 110 V, natężenie prądu natomiast jest nastawiane w zakresie od 20 μ A do 3,2 A.

W SMU rozszerzono liczbę trybów pracy w porównaniu z omawianym wcześniej sztucznym obciążeniem. Są to:

- źródło napięciowe/pomiar prądu (VS/IM),
- źródło napięciowe/pomiar napięcia (VS/VM),
- źródło prądowe/pomiar napięcia (IS/VM),
- źródło prądowe/pomiar prądu (IS/IM),
- źródło napięciowe (VS),
- źródło prądowe (IS),
- pomiar rezystancji (VS/IM lub (S/VM).

SMU realizuje ustalony algorytm pomiarowy składający się z kilku cykli. Momenty inicjowania każdego z nich są wyznaczone wewnętrznym przebiegiem synchronizującym. Możliwa jest też synchronizacja zewnętrzna, co więcej, SMU mogą być łączone ze sobą w synchroniczną sieć składającą się maksymalnie z 4 urządzeń.

SMU GS610 ma rzadko spotykaną funkcję generowania „zera” na wyjściu. Nie powoduje ona zmian warunków elektrycznych na zaciskach przyrządu, np. przez zwarcie wyjścia do masy. Funkcja generowania „zera” tak steruje obwodami wyjściowymi, aby na zaciskach nie wystąpiło żadne napięcie i nie popłynął żaden prąd.



Fotografia 7. SMU (Source Measurement Unit) Yokogawa GS610

Podsumowanie

Moc jest jednym z ważniejszych parametrów wszelkich urządzeń, nie tylko elektrycznych. Jednym z pierwszych pytań przy zakupie samochodu jest pytanie o moc silnika, gdy kupujemy żarówkę w sklepie też kierujemy się przede wszystkim jej mocą (choć w tym przypadku bardziej adekwatnym parametrem byłby raczej strumień świetlny), kupując wzmacniacz akustyczny również najpierw interesuje nas jego moc. Przykładów jest wiele. Można więc zadać sobie pytanie, dlaczego mimo tak dużego znaczenia tego parametru nie wykonujemy zbyt często (jeśli w ogóle) stosownego pomiaru? Być może powodem jest jego złożoność. Trzeba zmierzyć napięcie, trzeba zmierzyć prąd, wykonać odpowiednie obliczenia. Napięcie mierzy się względnie łatwo – wystarczy przyłożyć sondę do określonego punktu i odczytać wynik z przyrządu. Sytuacja nieznacznie komplikuje się, gdy trzeba zmierzyć napięcie różnicowe. Zupełnie źle jest już z pomiarem natężenia prądu. Trzeba albo ingerować w obwód, albo dysponować odpowiednio czułymi cęgami prądowymi. A może przyczyną unikania pomiarów mocy jest mała dostępność odpowiednich mierników?

Wydaje się, że na wszystkie pytania można odpowiedzieć twierdząco. O ile multimetr mierzący napięcie i prąd znajdziemy w każdym branżowym sklepie, to watomierza, nie mówiąc już o bardziej zaawansowanym przyrządzie, raczej w nim nie dostaniemy. Niestety, mierniki mocy nie należą do urządzeń tanich. Zwykle są to wyroby produkowane przez liderów rynku i mieszczą się w wysokich przedziałach cenowych. Raczej nic nie wskazuje na to, żeby coś miało się w tej dziedzinie zmienić. Przeciętnemu użytkownikowi sprzętu pozostaje ufać parametrom podawanym w specyfikacjach technicznych wyrobów, albo odwoływać się do metod technicznych.

Jarosław Doliński, EP



Najpopularniejsze zestawy do samodzielnego montażu
Pełna oferta dostępna na www.sklep.avt.pl

Ładowarki i zabezpieczenia

AVT 3120 Automatyczna ładowarka akumulatorów ołowiowych

Urządzenie nadzoruje proces ładowania i ustala jego optymalne parametry. Cały cykl podzielony jest na 4 etapy przełączane w zależności od stopnia naładowania akumulatora. Gdy akumulator osiągnie prawidłowe napięcie, ładowanie zostaje automatycznie zakończone. O stanie akumulatora i etapie ładowania informują 3 diody led. Ładowarka daje możliwość regulacji prądu ładowania, więc zabezpiecza przed uszkodzeniem akumulatora (zbyt duży prąd) oraz pozwala zaoszczędzić czas (zbyt mały prąd).

Wybrane parametry:

- ładowanie akumulatorów ołowiowych 12 V o pojemności od 10...100 Ah
- regulacja prądu ładowania w zakresie około 1...10 A
- zabezpieczenie przed przeładowaniem akumulatora
- wieloetapowy przebieg procesu ładowania
- zasilanie: transformator 17 V lub fabryczny prostownik
- wymiary płytki: 103x54 mm

