

**Ostrożnie! Regulator mocy jest galwanicznie połączony z siecią 230 V AC. Podczas uruchamiania i użytkowania należy zachować szczególną ostrożność. Dodatkowo, przy uruchamianiu zalecane jest użycie transformatora separującego.**



# Mikroprocesorowy regulator mocy z oscyloskopem

Niegdyś regulatory mocy były oparte głównie na tyrystorach włączonych w mostku prostowniczym. Tyrystor był wyzwalany układem złożonym z dwóch tranzystorów pracującymi jak diak. W nowszych używano triaków i diaków. Następnym krokiem było użycie układów scalonych, na przykład U208B. Współcześnie ten układ został wyparty z użycia przez bardziej uniwersalne mikrokontrolery. Opisywany projekt regulatora nie jest nieskomplikowanym układem z potencjometrem – poza sterowaniem mocą pokazuje oscylogram przebiegu napięcia i prądu, mierzy napięcie i natężenie prądu średniego, szczytowego, TrueRMS, a także przesunięcie fazowe. Po modyfikacji oprogramowania można obliczyć moc bierną, czynną oraz chwilowe, szczytowe i całkowite zużycie energii.

**Rekomendacje:** urządzenie jest przeznaczone do regulowania mocy silników, grzałek i innych odbiorników zasilanych z sieci energetycznej.

Schemat ideowy proponowanego rozwiązania regulatora mocy pokazano na **rysunku 1**. Jest on zasilany z sieci 230 V AC. Zasilacz

beztransformatorowy, którego głównymi elementami są kondensator C1 i układ U2, zasilają mikrokontroler STM32F103C8T6.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony [www.media.avt.pl](http://www.media.avt.pl)

**W ofercie AVT\* AVT-5643**

**Podstawowe parametry:**

- Regulacja mocy prądu dostarczanego do obciążenia 230 V AC.
- Interfejs użytkownika na bazie wyświetlacza graficznego i impulsatora z przyciskiem.
- Wyświetlanie parametrów napięcia, prądu, przesunięcia fazowego itp.
- Graficzne obrazowanie parametrów.
- Mikrokontroler sterujący – STM32, element wykonawczy – triak.
- Płytki przystosowane do obudowy KM-35.

**Projekty pokrewne na [www.media.avt.pl](http://www.media.avt.pl):**

- AVT-5621 Sterownik różnicowy kolektora słonecznego (EP 3/2018)
- AVT-5618 Sterownik bojlera do instalacji PV (EP 2/2018)
- AVT-5620 Wielozadaniowy termostat (EP 1/2018)
- AVT-5589 4-kanalowy termostat z alarmem (EP 6/2017)
- AVT-1878 Prosty termostat cyfrowy (EP 8/2015)

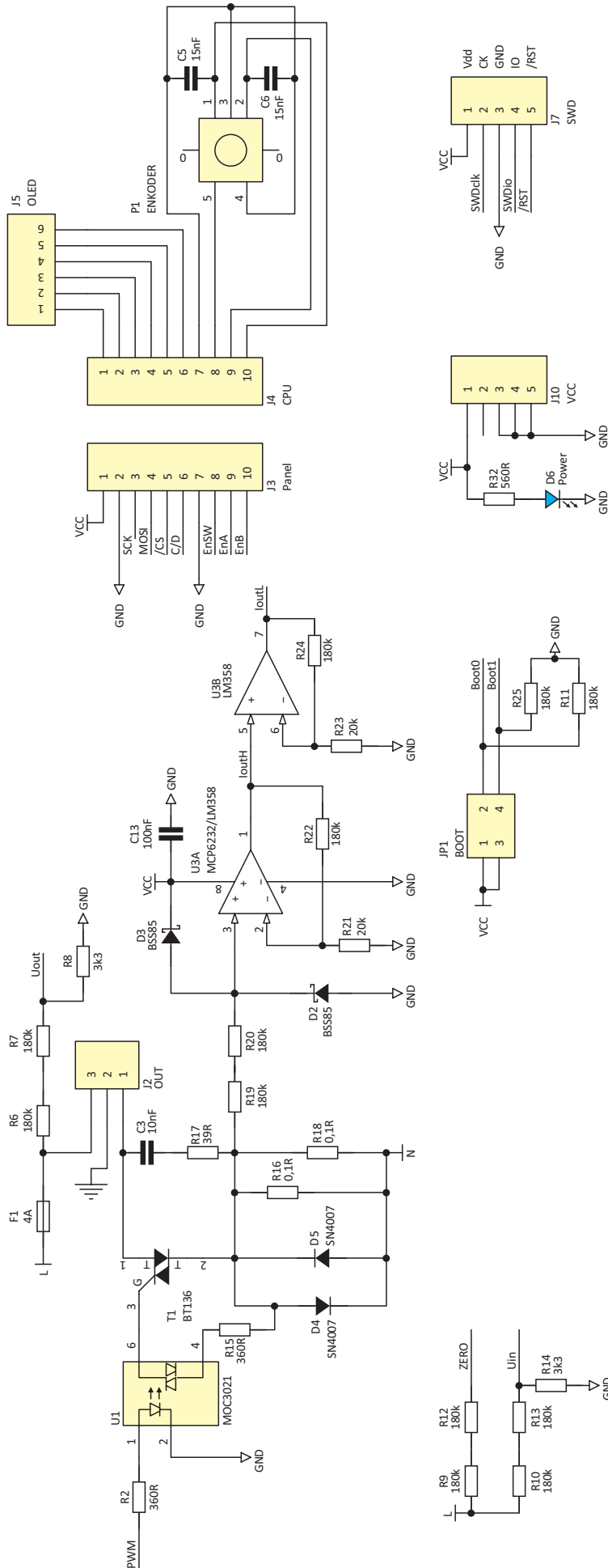
**Uwaga!** Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wylutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.

Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wylutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytki drukowana bez elementów i dokumentacji Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A\*] – płytki drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja na załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! <http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: [kity@avt.pl](mailto:kity@avt.pl).



Rysunek 1. Schemat ideowy regulatora mocy

Zastosowanie mikrokontrolera z rdzeniem 32-bitowym może wydawać się przesadą, jednak bufor wyświetlacza OLED wymaga użycia 1 kB pamięci RAM, a do tego bufora na próbki napięcia i prądu również po 1 kB. Uwzględniając inne zmienne programu, wymaga to użycia mikrokontrolera z 4 kB pamięci RAM, co zmusza do użycia mikrokontrolera w obudowie z 44 lub 64 wyprowadzeniami, z dużą ilością pamięci Flash (na przykład z rodziny AVR mogą to być ATmega64, ATmega644, ATmega128). Porównując ceny takich procesorów z STM32F, wybór jest łatwy – po prostu STM32 jest: tańszy, bardziej wydajny, bogato wyposażony w bloki funkcjonalne (DMA, duża liczba interfejsów komunikacyjnych, dwa szybkie przetworniki A/C), duża ilość RAM i Flash, a przy tym łatwiej pisze się program, ponieważ nie trzeba pamiętać o różnych sposobach i deklaracjach przy dostępie do zmiennych w Flash i RAM.

Mikrokontroler jest taktowany wewnętrznym oscylatorem RC o częstotliwości 8 MHz. Blok PLL mnoży tę częstotliwość dwa razy. Dzięki temu wszystkie elementy mikrokontrolera (CPU, timery, USART, itd.) są taktowane częstotliwością 16 MHz. Nie duża częstotliwość taktująca oraz uspianie układu wpłynęło korzystnie na pobór prądu i generowanie mniejszych zakłóceń EMI.

Napięcie sieciowe, po podzieleniu za pomocą dzielnika rezystorowego złożonego

**Wykaz elementów:**

**Rezystory:** (SMD 1206)

- R1, R3: 470 kΩ
- R2, R15, R29, R31: 360 Ω
- R4, R17: 39 Ω
- R6, R7, R9, R11, R12, R19, R20, R25: 180 kΩ
- R8: 3,3 kΩ
- R10, R13, R22, R24: 180 kΩ/1%
- R14: 3,3 kΩ/1%
- R16: 0,1 Ω/1% (SMD 1210, 1 W)
- R18: 0,1 Ω/1% (THT, 1 W)
- R21, R23: 20 kΩ/1%
- R26...R28, R30: 2,2 kΩ
- R32, R33: 560 Ω

**Kondensatory:**

- C1: 1 μF/400 V (18×10, MKP)
- C4: 100 μF/16 V (elektrolit.)
- C14: 470 nF/400 V (18×10, MKP)
- C2: 1000 μF/16 V (elektrolit.)
- C3: 10 nF/400 V (MKP)
- C5, C6: 15 nF (SMD 1206)
- C7...C13: 100 nF (SMD 1206)

**Półprzewodniki:**

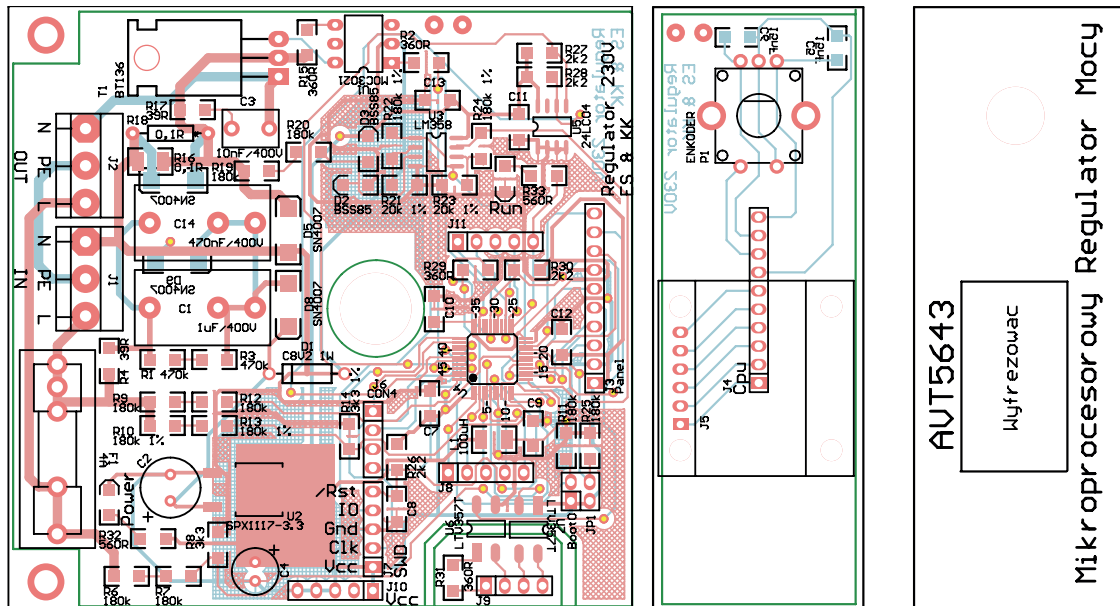
- U1: MOC3021 (DIP6)
- U2: SPX1117-3.3 (SOT-223)
- U3: LM358 (SO-8)
- U4: STM32F103C8T6 (LQFP-48)
- U5: 24LC04 (SO-8)
- U6, U7: LTV357T (MFP4)
- D1: C8V2/1 W (dioda Zenera 8,2 V)
- D2, D3: BSS85 (SMD)
- T1: BT136 (TO-220)
- D4, D5, D8: SN4007
- D6: LED niebieski (SMD 1206)
- D7: LED żółty (SMD 1206)

**Inne:**

- J5: wyświetlacz OLED 0,96" 128×64 niebieski SPI
- F1: bezpiecznik 4 A z gniazdem
- L1: 100 μH (SMD 1210)
- P1: impulsator z przyciskiem
- J1, J2: złącze ARK3
- J3: goldpin kątowny 1×10
- J7: złącze ZL201-05G
- Obudowa KM-35N







Rysunek 2. Schemat montażowy regulatora mocy

znajdują się informacje o dacie i godzinie kompilacji. Przeprowadzane jest też skanowanie magistrali I<sup>2</sup>C. W czasie wyświetlania ekranu diagnostycznego są odczytywane nastawy z pamięci EEPROM i jest odtwarzany stan sprzed wyłączenia regulatora. Po pierwszym uruchomieniu wyjście będzie wyłączone, moc ustawiona na 0% i będzie pokazywany ekran z oscylogramem napięcia wejściowego.

Moc wyjściową można zmniejszać/zwiększać za pomocą pokręcania enkoderem. Krótkie naciśnięcie jego oski zmienia wyświetlany ekran w następującej sekwencji:

- Ekran 1: oscylogram napięcia sieciowego.
- Jak wyżej + parametry napięcia.
- Ekran 2: oscylogram prądu dla wzmacnienia 10.
- Jak wyżej + parametry prądu.

- Ekran 3: oscylogram prądu dla wzmacnienia 100.
- Jak wyżej + parametry prądu.

Przytrzymanie oski przez około 1 sekundę włącza/wyłącza prąd obciążenia. Wyłączenie jest sygnalizowane miganiem wskaźnika nastawy mocy i mocy pobieranej. Brak obciążenia, gdy regulator jest włączony (wskaźnik nastawy mocy nie miga), sygnalizuje miganie wskaźnika poboru mocy (komunikatu „0W”). Uszkodzenie bezpiecznika jest sygnalizowane w oknie.

Wszystkie nastawy są zapisywane w pamięci EEPROM po 5 sekundach bezczynności, o czym informuje komunikat na ekranie wyświetlacza.

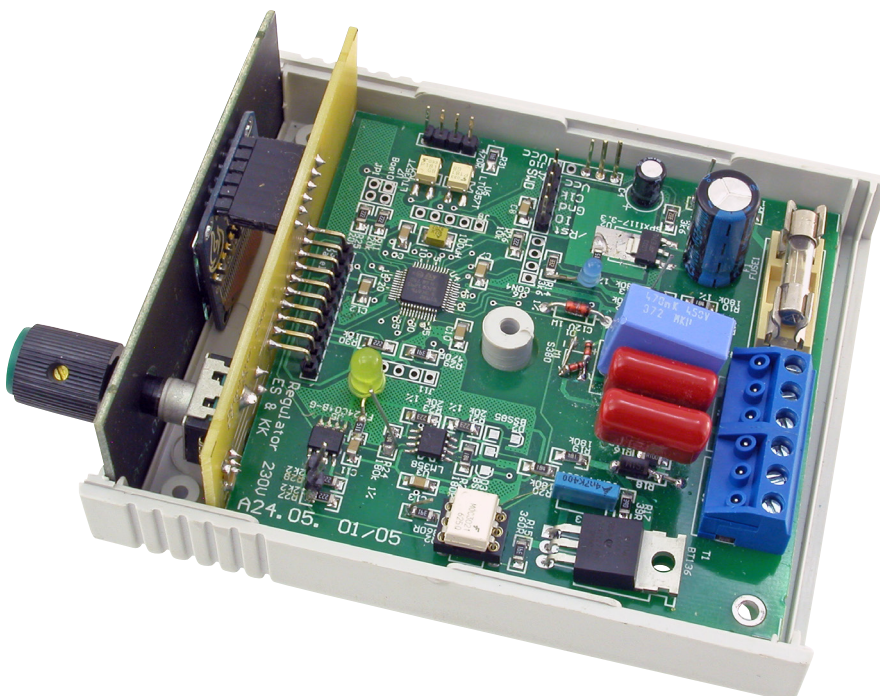
Wyjaśnienia wymaga różnica pomiędzy wskazaniem „Moc ustawiona” a „Aktualna moc”. Regulator ma funkcjonalność

miękkiego startu. Moc dostarczana do obciążenia (a tym samym np. obroty silnika) są zwiększane od 0 do ustawionej wartości w czasie do 2 sekund. Obok etykiety „Aktualna moc” jest pokazywana moc aktualnie dostarczana do obciążenia. Gdy wskazanie aktualne zrówna się z „Mocą ustawioną”, układ miękkiego startu zakończy działanie.

„Punkt wyzwolenia triaka” pokazuje moment wyzwolenia triaka dla dodatniej i ujemnej (niewidocznej) połówki przebiegu. Początek ekranu jest punktem zero. Jest to moment, w którym zmienia się znak napięcia przemiennego.

Na poszczególnych ekranach są wyświetlane następujące informacje:

- Ekran 1: U<sub>rms</sub> – wejściowe napięcie skuteczne w [V], Śr – napięcie średnie półokresowe, m – wartość maksymalna, x – moment załączenia triaka dla połówki dodatniej, y – moment załączenia triaka dla połówki ujemnej, z – przesunięcie prądu (w próbkach), w – liczba zebranych próbek dla jednej połówki sinusoidy.
- Ekran 2: I<sub>Hrms</sub> – prąd RMS (dla sinusoidy wartość skuteczna) obciążenia w mA, śr – prąd średni, m – prąd maksymalny, P<sub>Hrms</sub> – moc RMS (dla sinusoidy wartość skuteczna) obciążenia w [W], śr – moc średnia, m – moc maksymalna, Faza – przesunięcie prądu względem napięcia w stopniach, CosFi – współczynnik CosFi (Faza i CosFi są wyświetlane tylko dla mocy ustawionej na 100%).
- Ekran 3: I<sub>Lrms</sub> – prąd RMS (dla sinusoidy wartość skuteczna) obciążenia w mA, śr – prąd średni, m – prąd maksymalny, P<sub>Lrms</sub> – moc RMS (dla sinusoidy wartość skuteczna) obciążenia w [W], śr – moc średnia, m – moc maksymalna, Faza – przesunięcie prądu

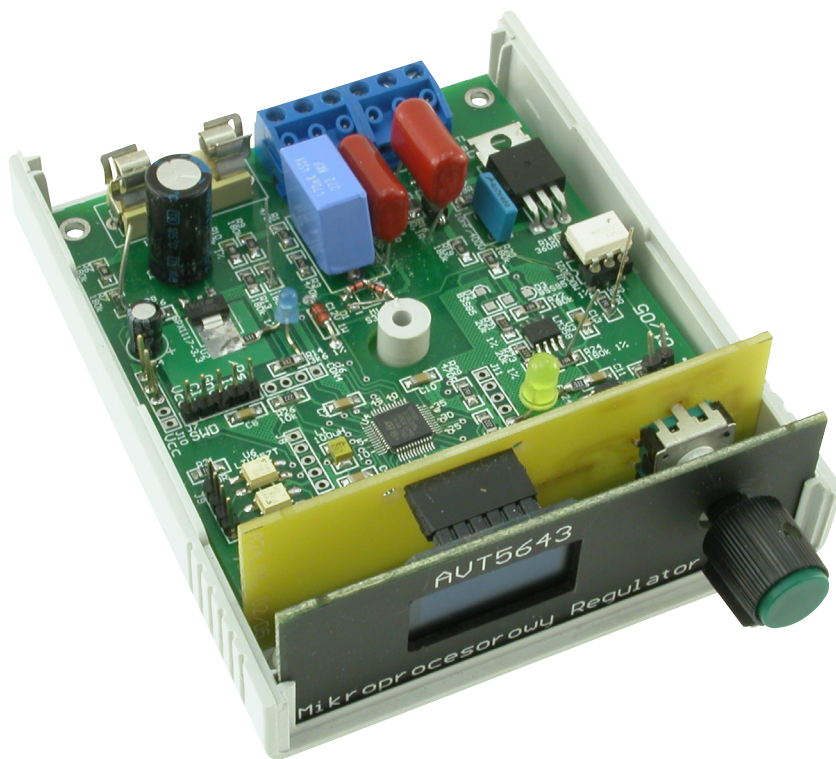


**zawsze z Tobą w wersji mobilnej**



**Tabela 1. Komunikaty o błędach oraz opisy przyczyn ich występowania**

Komunikat	Opis
Informacja Zapis ustawień do EEPROM	Informacja będzie wyświetlona w czasie zapisywania EEPROM. Jest ono wykonywane 5 sekund po zmianie nastaw (po zmianie mocy, ekranu).
Ostrzeżenie Odzyskano konfigurację	W pierwszej kopii EEPROM wykryto błędne CRC. Dane ustawień odzyskano z drugiej kopii.
Ostrzeżenie Inicjacja konfiguracji	Dane w EEPROM niemożliwe do odczytania, przywrócono ustawienia fabryczne.
Awaria Nie wykryto EEPROM lub błąd I <sup>2</sup> C	Brak pamięci EEPROM.
Awaria Błąd zapisu EEPROM lub awaria I <sup>2</sup> C	Zapis do EEPROM nie powiódł się (brak ACK).
Awaria Błąd odczytu EEPROM lub awaria I <sup>2</sup> C	Błąd odczytu pamięci EEPROM (brak ACK).
Alarm Spalony bezpiecznik	Informuje o spalonym bezpieczniku.
Alarm Zadziałanie IWDG	Restart po zadziałaniu układu watchdoga.
Alarm Zadziałanie BOD	Restart spowodowany spadkiem napięcia zasilania.



względem napięcia w stopniach, CosF – współczynnik CosFi (Faza i CosFi są wyświetlane tylko dla mocy ustawionej na 100%).

- Ekran diagnostyczny.

Ponadto wyświetlane są takie informacje, jak: nazwa urządzenia, data i godzina kompilacji, układy odnalezione na magistrali I<sup>2</sup>C, Rst – liczba resetów od inicjalizacji EEPROM, Wr – liczba zapisów do pamięci od jej inicjalizacji, WrAll – całkowita liczba zapisów pamięci od jej zamontowania.

Regulatora można użyć do pomiaru przesunięcia pomiędzy prądem a napięciem, co daje możliwość dobrania elementów kompensujących. Można się więc nim posłużyć

do sprawdzenia działania „oszczędzaczy energii”, to znaczy pomiaru, na ile blisko zera sprowadzają one przesunięcie fazowe, co oczywiście i tak nie będzie miało wpływu na wysokość rachunków za energię, chyba że taka czynność jest wykonywana w ogromnym zakładzie przemysłowym, o poborze mocy rzędu megawatów. W aktualnej wersji oprogramowania przesunięcie jest obliczane tylko dla nastawy „100%”.

Komunikaty wyświetlane podczas użytkowania regulatora oraz opis ich znaczenia umieszczono w **tabeli 1**.

ES2 & KK, EP  
es2@ep.com.pl  
k2@ep.com.pl

REKLAMA