

**ÉTUDES ET RÉALISATIONS
ÉLECTRONIQUES / INSTRUMENTATIONS / AUTOMATISME**

Route de Brindas – Parc d'Activité d'Arbora – N°2
69510 - Soucieu en Jarrest
FRANCE

Tél. 04 72 31 31 30 – Fax. 04 72 31 31 31
Tel. Intern. +33 4 72 31 31 30 – Fax. Intern. +33 4 72 31 31 31



Ardetem&ZPAS Sp. z o.o.
ul. Słupiecka 14
57-402 Nowa Ruda
tel./fax 74 872-47-06, 74 872-74-67
e-mail: ardetem@ardetem.com.pl
www.ardetem.com.pl



CYFROWY PRZETWORNIK POMIAROWY

EVA3000

Od wersji 03.12



Program
SlimSET

Instrukcja użytkownika

SPIS TREŚCI

Deklaracja zgodności UE	str.2
Ogólne warunki gwarancji	str.3
1. Ogólne informacje	str.4
2. Wygląd	str.4
3. Charakterystyka	str.5
4. Podłączenie	str.7
5. Programowanie	str.12
6. Lista informacji o błędach	str.36
7. Adresowanie Modbus	str.36
8. Znaczenie różnych liczników energii	str.43
9. Szczególny przypadek współczynnika mocy	str.43

DEKLARACJA ZGODNOŚCI UE

Producent :

ARDETEM-SFERE
Route de Brindas
Parc d'activité d'Arbora n°2
69510 Soucieu-en-Jarrest
France

Deklaracja, dotyczy produktu :

Nazwa : cyfrowy przetwornik pomiarowy
Typ : EVA3000

Odpowiada następującym normom i dyrektywom :

Dyrektywa 2014/30/UE
EN 61326-1 : 2013

Dyrektywa niskonapięciowa 2014/35/UE
EN 61010-1 : 2011

Soucieu-en-Jarrest, 3 grudzień 2018

Jacques Huguet
Podpis Prezesa





Przyrząd może być podłączony do niebezpiecznych napięć elektrycznych.

Musi być zamontowany, podłączony i zaimplementowany z poszanowaniem aktualnych regulacji przez wykwalifikowanego technika, przeszkolonego z zasad bezpieczeństwa, który przeczytał tę instrukcję.

To urządzenie może zostać zainstalowane w środowisku określonym w 2 stopniu zanieczyszczeń / Kategoria przepięć II (zgodnie z normą UE) bądź lepszym dla maksymalnej wysokości 2000m.

Przed instalacją bądź pracami naprawczymi, upewnij się że, źródło zasilania urządzenia jest odłączone.

Gdy urządzenie jest permanentnie podłączone do źródła niebezpiecznego napięcia, niezbędnym jest dodanie sposobu wyłączenia źródła zasilania (przełącznik, bezpiecznik lub wyłącznik obwodu) w pobliżu produktu, dla łatwego dostępu i dla oznaczenia go jako sposobu odcięcia zasilania do urządzenia.

Ten sposób wyłączenia powinien odciąć wszystkie przewody prowadzące napięcie.

Dostępne części urządzenia to wszystkie porty komunikacji (µUSB lub RS485) i wyjścia analogowe.

Osoba która zaprojektowała system (elektryczna instalacja zawierająca urządzenie) jest w pełni odpowiedzialna za bezpieczeństwo i musi upewnić się, że został on zaprojektowany zgodnie z aktualnymi standardami bezpieczeństwa.

To urządzenie jest « Open Type Liste Process Control Equipment ». Aby zapobiec jakimkolwiek uszczerbkom zdrowotnym spowodowanym dostępem do części urządzenia pod napięciem musi ono zostać zainstalowane w szafie.



To urządzenie zawiera elektroniczne komponenty i nie powinno być wyrzucane wraz z odpadami domowymi. Powinno zostać zutylicowane zgodnie z WEEE (zużyty sprzęt elektroniczny i elektryczny), zgodnie z aktualnymi regulacjami.

OGÓLNE WARUNKI GWARANCJI

Warunki gwarancji i okres

To urządzenie posiada gwarancję przez okres 1 roku przed jakimikolwiek defektami spowodowanymi projektem lub wytworzeniem urządzenia, gdy funkcjonuje ono w normalnych warunkach.

Warunki interwencji *: Interwencje nie objęte gwarancją zostaną poddane akceptacji oszacowania naprawy. Klient pokryje koszty naprawy i zostaną one mu przywrócone po naprawie. Bez pisemnej zgody na oszacowanie naprawy w ciągu 30 dni produkty nie będą przechowywane,

* Pełne warunki gwarancji i szczegóły dostępne na żądanie.

1. INFORMACJE OGÓLNE

CYFROWY PRZETWORNIK POMIAROWY

SIEĆ JEDNO/TRÓJFAZOWA SYMETRYCZNA / NIESYMETRYCZNA

3 LUB 4 PRZEWODOWA

SZYBKI I DOKŁADNY

POMIAR RZECZYWISTEJ WARTOŚCI SKUTECZNEJ

PRZYSTOSOWANY DO SIECI ELEKTRYCZNYCH ZNIEKSZTAŁCONYCH

Przetworniki EVA3000 są specjalnie zaprojektowane do pomiaru, kontroli i transmisji wszystkich parametrów sieci elektrycznej zmiennej, gdzie szybkość i dokładność są niezbędne : napięcie, prąd, moc, energia, częstotliwość, itd.....

Programowanie przez program na PC SlimSET przy pomocy standardowego kabla USB / μ USB lub mikro-konsolę dotykową z wyświetlaczem LCD.

Otoczenie

Temperatura użytkowania : -10°C do +55°C

Temperatura składowania : -25°C do +70°C

Znak : 

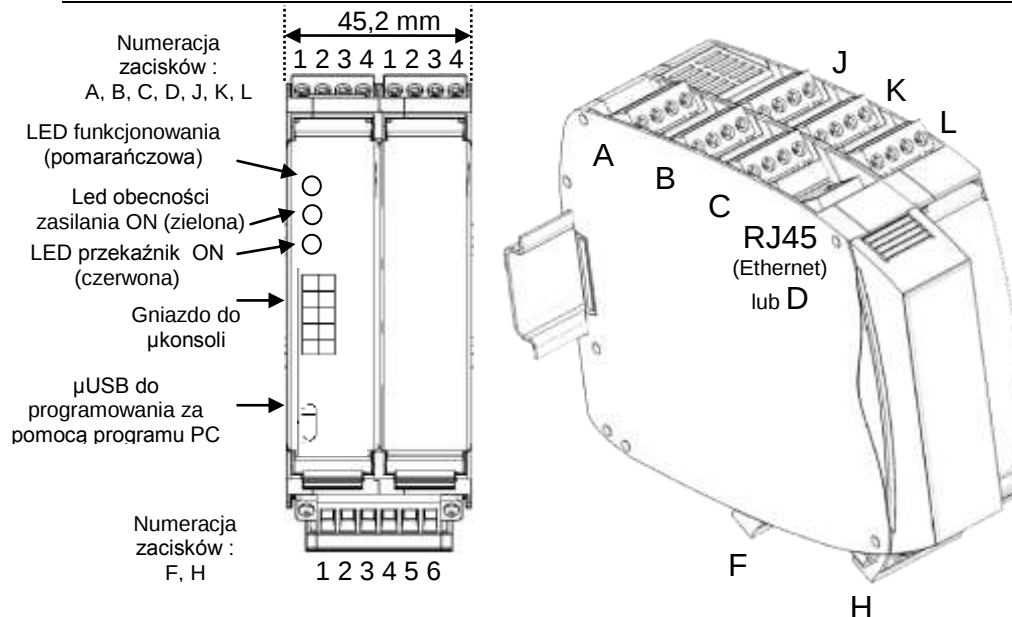
Funkcjonalność

- Uniwersalny do wszystkich typów sieci elektrycznej.
Mozliwość wyboru znamionowego wejścia przez programowanie
Prąd : 1 lub 5 A AC
Napięcie :
 - 60V L-N / 100V L-L
 - 110V L-N / 190V L-L
 - 250V L-N / 440V L-L
 - 350V L-N / 600V L-L
- Pomiar wysokiej jakości : pomiar ciągły bez przerw, użytkowanie w sieciach silnie zniekształconych (kąt fazowy, itp.)
- Krótki czas cyklu pomiarowego : 20ms
- Uniwersalne zasilanie pomocnicze

Dostępne opcje :

- 6 wyjść analogowych
- 3 wyjścia przekątnikowe
- Wyjście cyfrowe RS485
- Wyjście Ethernet (Modbus TCP)
- Analiza harmoniczných
- Wejście binarne

2. WYGLĄD



Zabezpieczenie obudowa / zaciski : IP 20
Rozłączalne zaciski śrubowe (prądowe zabezpieczone przed rozłączeniem (2,5 mm², linka lub drut)
Obudowa z tworzywa samogasącego czarnego PA66 UL 94VO
Montaż w szafach zatrzaskowy na symetrycznej szynie DIN.

3. CHARAKTERYSTYKA

■ Wejścia

Napięcie	4 programowalne zakresy - 60V L-N / 100V L-L - 110V L-N / 190V L-L - 250V L-N / 440V L-L - 350V L-N / 600V L-L
Prąd	2 programowalne zakresy : 1A i 5 A AC z przełączaniem automatycznym zakresów
Przekroczenie mierzalne :	1,2 In ; 1,2 Un
Przeciążalność :	ciągła : 750 V, 2 In chwilowa 10 s : 1000 V, 10 In chwilowa 0,5 s : 100 A
Pobór mocy :	wejście napięciowe : rezystancja 1,5MΩ wejście prądowe : <0,2 VA (łącznie z przekładnikiem prąd.)
Napięcie próby	3 kV / 50 Hz / 1 min. pomiędzy wejściami prądowymi
Częstotliwość	10...50...65 Hz (inne częstotliwości do uzgodnienia)
Typ sieci	jednofazowa, trójfazowa symetryczna lub niesymetryczna z lub bez zera

■ Wyjścia

Wyjście RS485 (opcja N)

Typ	2 przewodowe z izolacją galwaniczną
Prędkość	4800 / 9600 / 19200 bodów
Protokół	Modbus/Jbus RTU 8 bitów parzystość programow.
Format danych	Całkowity 16 bitów (tabela jednostek) lub 32 bity przecinek i jednostka stałe

Wyjścia przekaźnikowe (opcja 2R lub 3R)

Typ styku	załączalny z izolacją galwaniczną 3kV) Wyjście 1NO
Zdolność łączeniowa	5A – 250 VAC
- jako wyjście progowe	
Ustawienie progu	0 do 100% zakresu pomiarowego programowane
Histeresa przełączania	0 do 15% progu programowana
Opóźnienie	0 do 15s programowane
- jako wyjście impulsowe	
Częstotliwość	4 / 2 / 1 impulsy / sekundę programowana zależna od szerokości impulsu
Szerokość impulsu	100 / 200 / 400ms programowana

Wyjścia analogowe (opcja 2A, 4A lub 6A)

Sygnal wyjściowy: programowany z izolacją galwaniczną 1kV między wyjściami :

Wyjścia dwukierunkowe :

-20/20mA, -10/10mA
-5/5mA, 0/5mA, 0/10mA, 0/20mA, 4/20mA

Wyjścia jednokierunkowe :

0/5mA, 0/10mA, 0/20mA, 4/20mA

Ustawienie zakresu	0 do 100% zakresu pomiarowego programowane
Obciążalność	do 500Ω (20mA)
Dokładność karty	0,05% dla 0/20mA 0,1 % dla -20/+20mA
Rozdzielczość	16 bitów
Tętnienia szczytowe maks.	< 25mVpp dla obciążenia 500Ω
Czas odpowiedzi	typowy 40ms (wejście/wyjście)
Dryft termiczny	< 100 ppm/°C

Wyjście Ethernet (opcja F)

Protokół :	TCP/IP (Modbus) z izolacją galwaniczną
Prędkość	10 / 100M
Przyłączenie	RJ45

Wyjście binarne (opcja T)

Napięcia nominalne 24VDC ±30% z izolacją galwaniczną 3kV

Analiza harmonicznych (opcja H)

Pomiar harmonicznych napięcia i prądu dla 3 faz do 50-tej.. Retransmisja możliwa przez Modbus.

Wyjście Profibus lub Profinet (opcja PB lub PN)

■ Zasilanie

Zasilanie uniwersalne

20...250 VAC / 21,5...250 VDC
Pobór mocy : 11 VA max. dla AC i 6W max. dla DC

■ Pomiar

Klasa dokładności	Napięcia, prądy : 0,1
	Moce : klasa 0,2
	Energia czynna : klasa 0,5
	Energia bierna : klasa..... 0,5

Metoda pomiaru	szybkie jednoczesne próbkowanie 3 napięć i 3 prądów. Obliczenia cyfrowe na 32 bitach. Pomiar TRMS sygnałów zdeformowanych aż do 127 harmonicznej.
Filtracja cyfrowa	programowalna na kilku poziomach
Energie	zapamiętywane
Czas cyklu	20ms (dla wszystkich typów sieci)

■ Przyłączenie

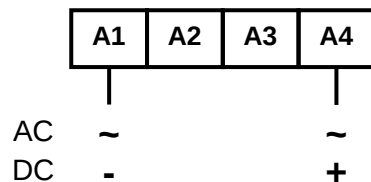
Szczegóły w dokumentacji dołączonej do aparatu

■ Zgodność z normami

Zabezpieczenie elektryczne	EN 61010-1
Klasa zabezpieczenia	II
.....	Podwójna izolacja, wejścia napięciowe
.....	zabezpieczone przez impedancję.
.....	Wejścia prądowe izolowane
.....	elektrycznie pomiędzy sobą.
Otoczenie i dokładność.....	IEC 61357-12
Dyrektywa CEM 2014/30/UE	EN 61326-1
Liczniki energii	IEC 62053-22
Stopień skażenia	2
Kategoria pomiaru	CAT III 300 VAC L-N
.....	CAT II 600 VAC L-N
Napięcie próby Wej./Wyj.....	3kVAC 50Hz 1min.

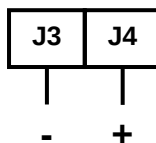
4. PODŁĄCZENIE

4.1 ZASILANIE :



4.2 WEJŚCIE BINARNE :

24VDC +/- 30%

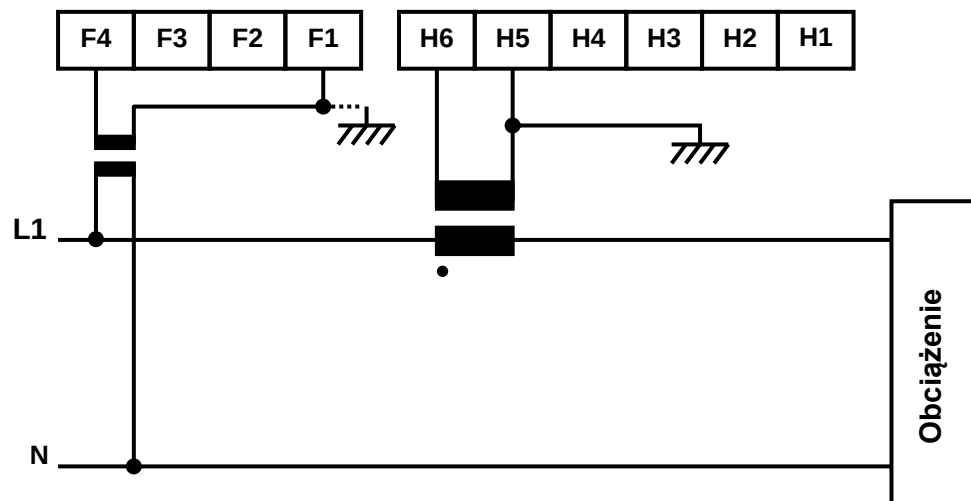
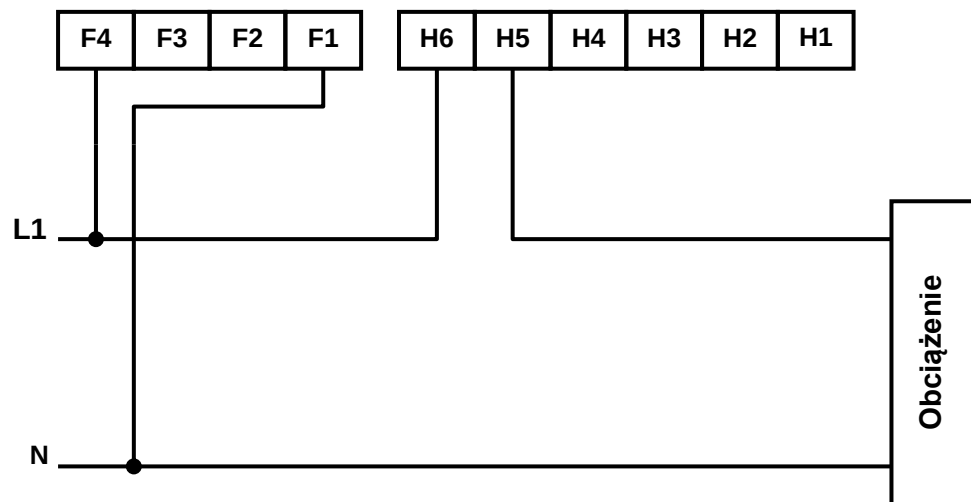


4.3 WEJŚCIA POMIAROWE :

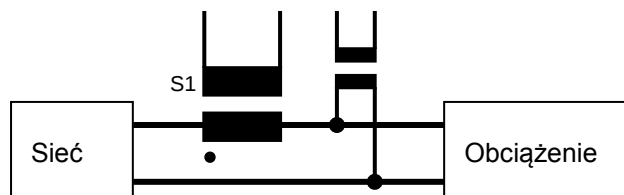
Sieć wejściowa (UL_1 , UL_2 , UL_3 , IL_1 , IL_2 , IL_3) może przenosić również znaczące zakłócenia i w ten sposób cały tok przetwarzania może być zakłócony. W celu zapobieżenia temu i polepszenia odporności na zakłócenia należy przestrzegać następujących reguł :

- Nie prowadzić w pobliżu siebie sieci wejściowej i przewodów zasilania pomocniczego aparatu.
- Nie prowadzić w pobliżu siebie sieci wejściowej i przewodów wyjściowych aparatu (wyjścia analogowego, impulsowego, przekaźnikowego, wyjścia cyfrowego).
- Dla wszystkich obwodów wyjściowych aparatu stosować kable ekranowane uziemione na obu końcach.

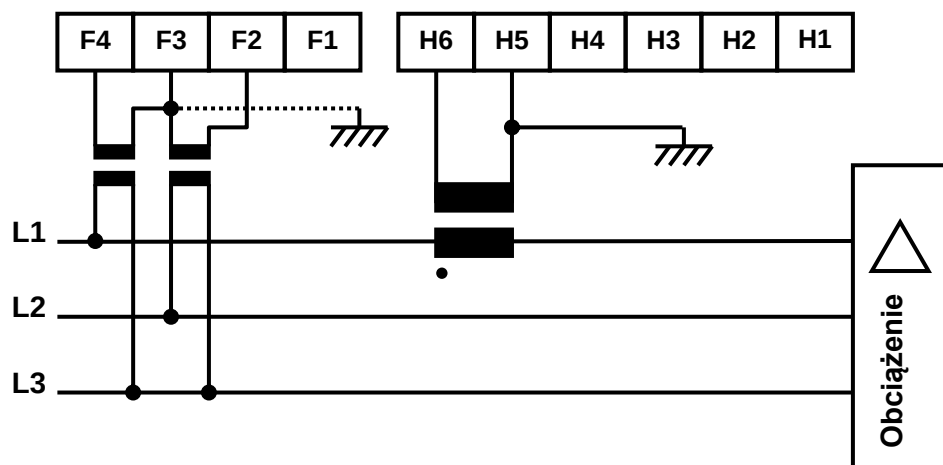
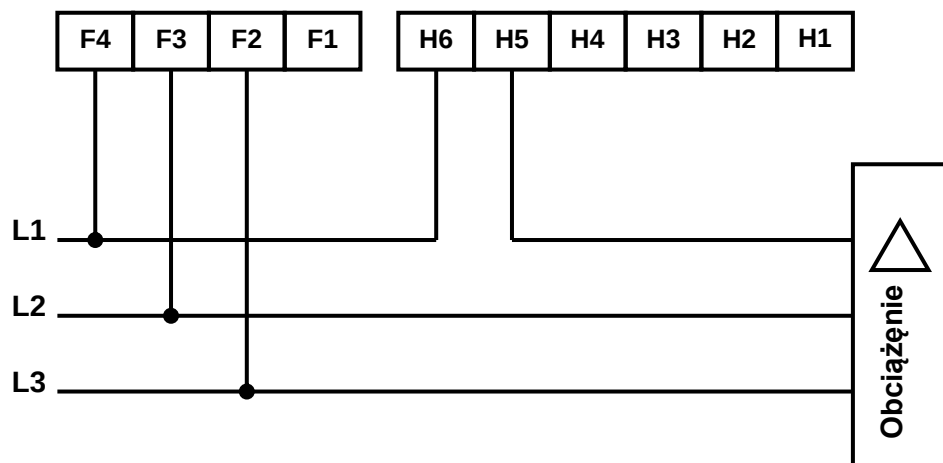
[SINGLE P] : Jednofazowa



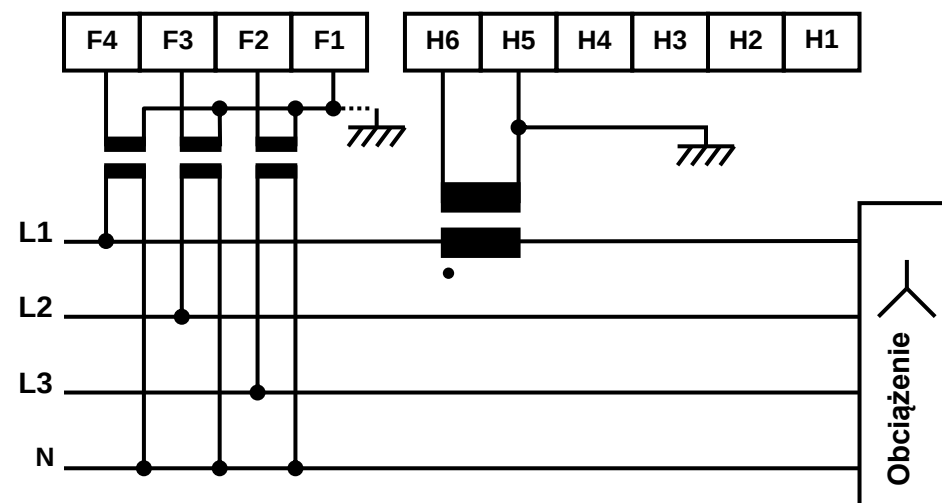
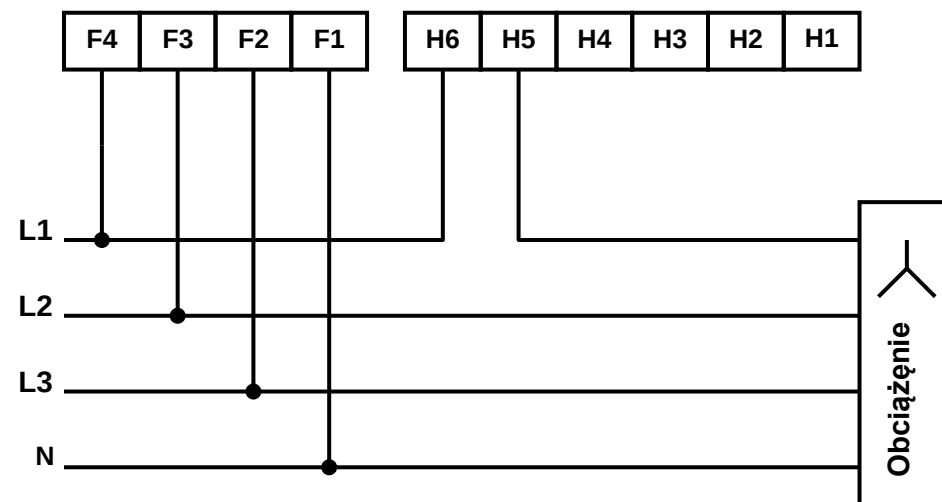
Aby uniknąć wpływu prądu pobieranego na pomiar napięcia, podłącz przekładniki prądowe przed przekładnikami napięciowymi.



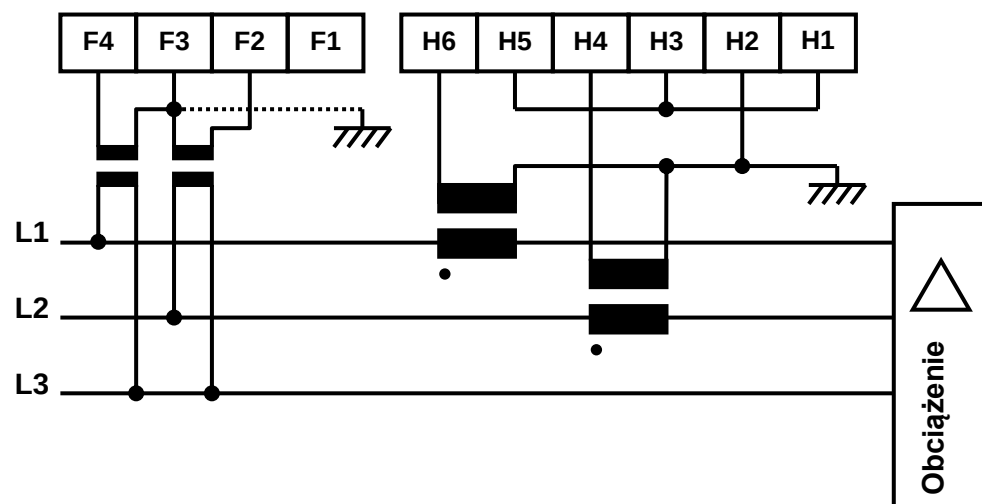
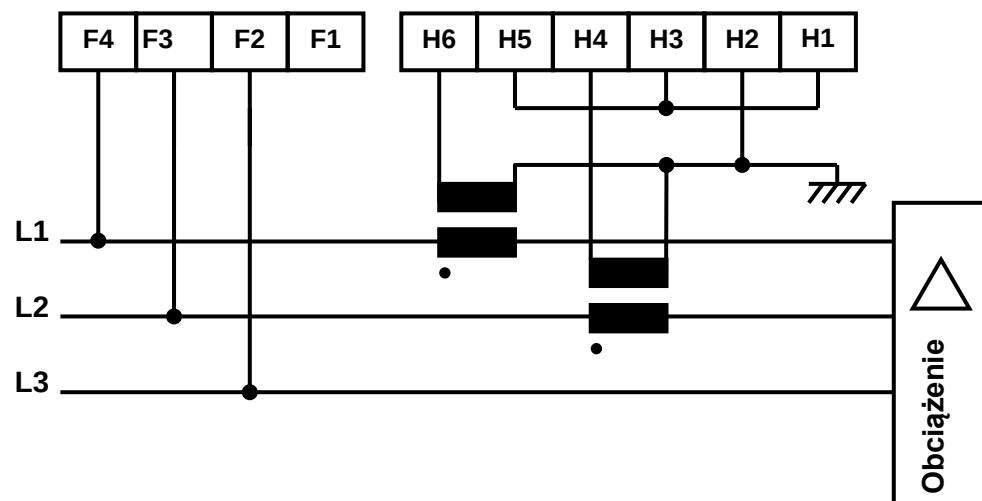
[3W BAL] : 3-przewodowa symetryczna bez zera



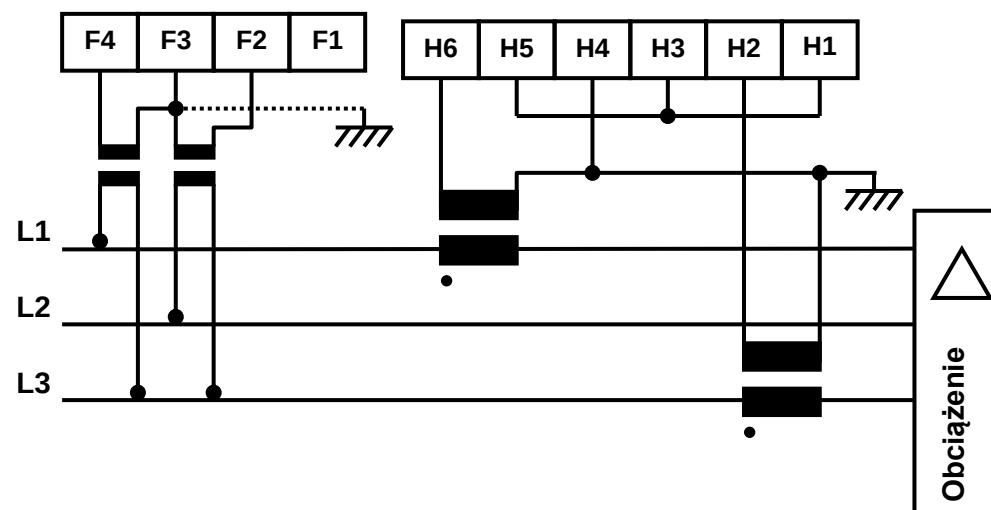
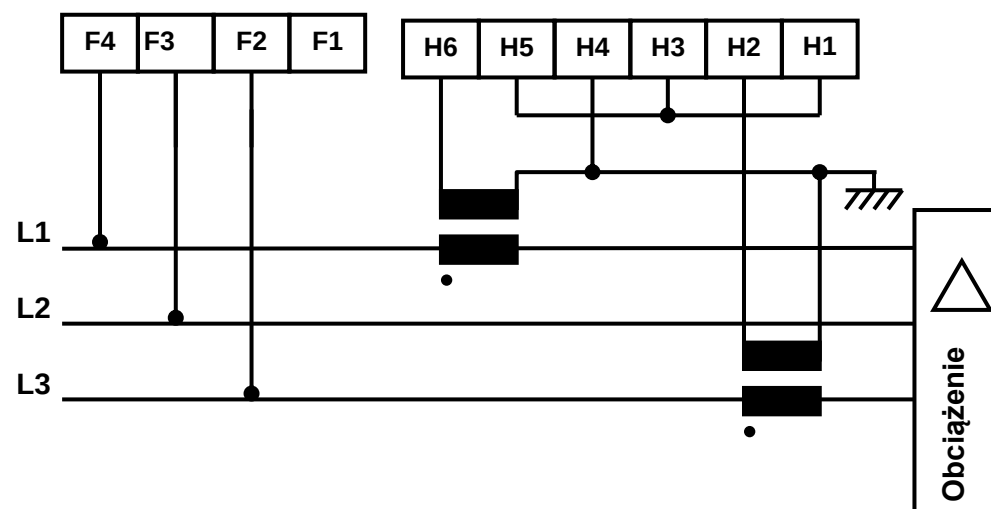
[4W BAL] : 3-przewodowa symetryczna z zerem



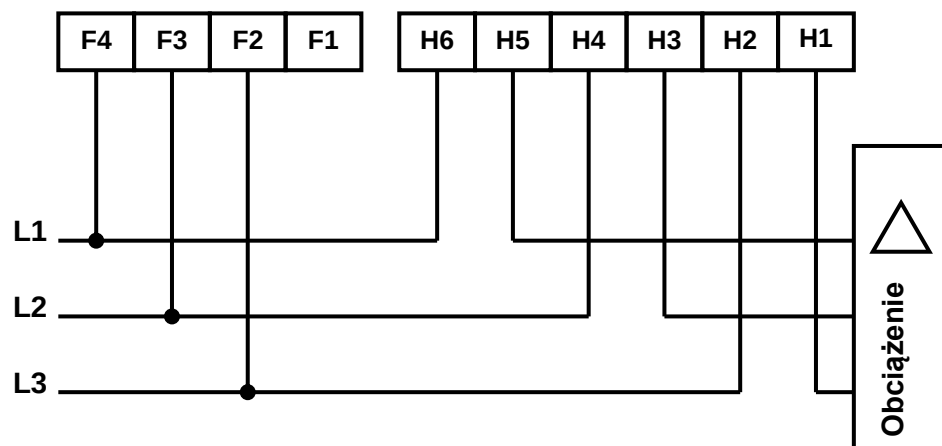
[3W 2I UN] : Trójfazowa 3-przewodowa niesymetryczna z pomiarem 2 prądów (IL3 nieprzyłączony)



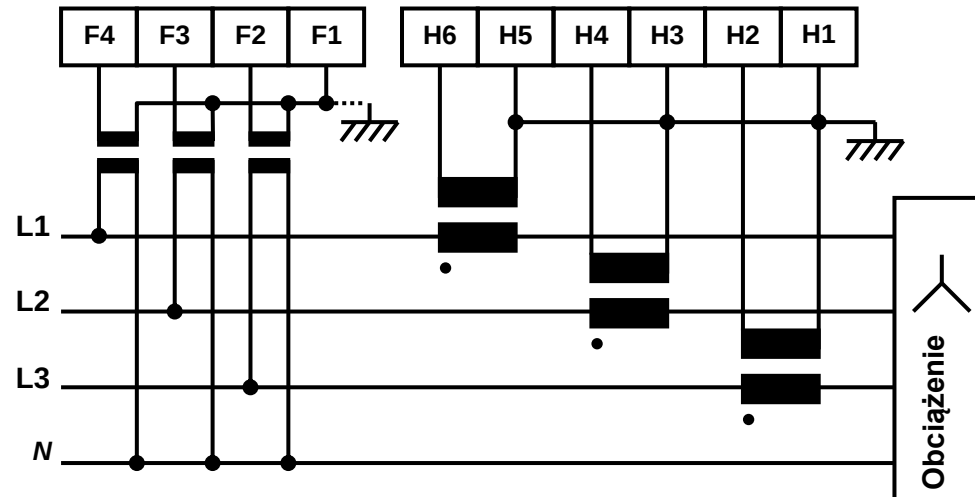
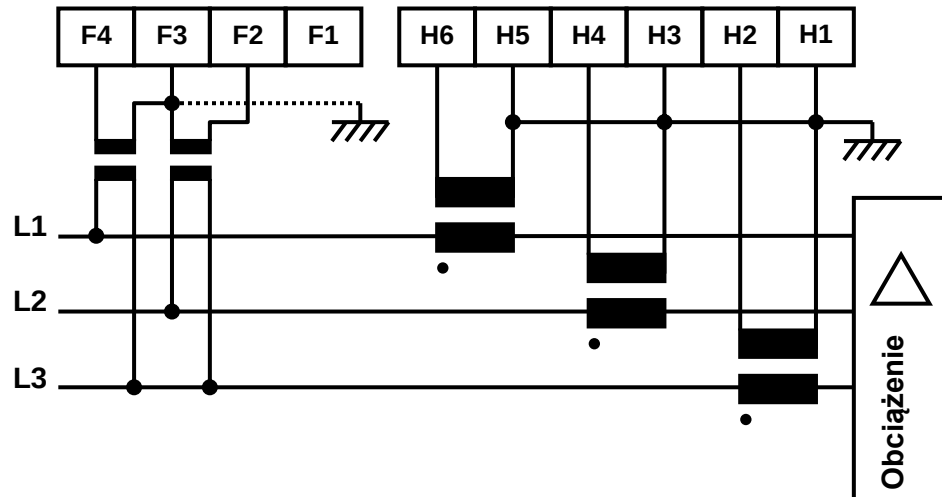
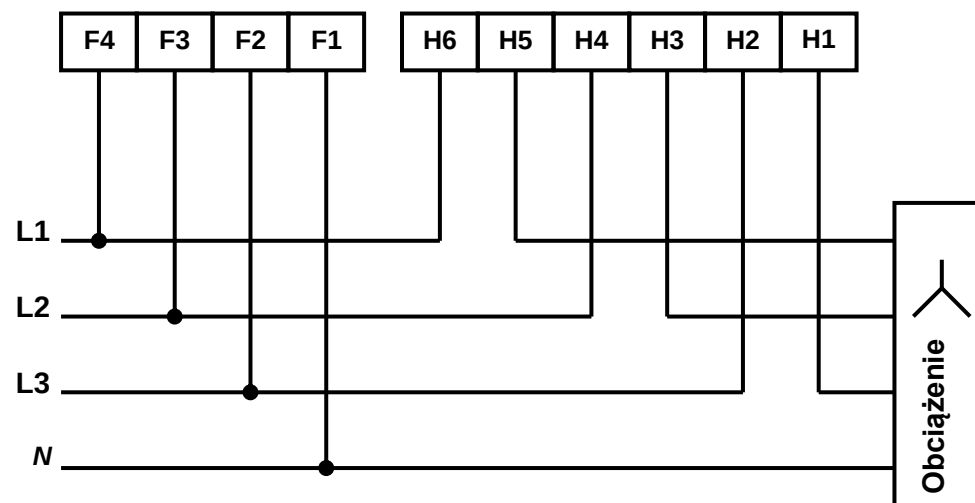
[3W 2I UN] : Trójfazowa 3-przewodowa niesymetryczna z pomiarem 2 prądów (IL2 nieprzyłączony)



[3W 3I UN]: Trójfazowa 3-przewodowa niesymetryczna bez zera (3 prądy)

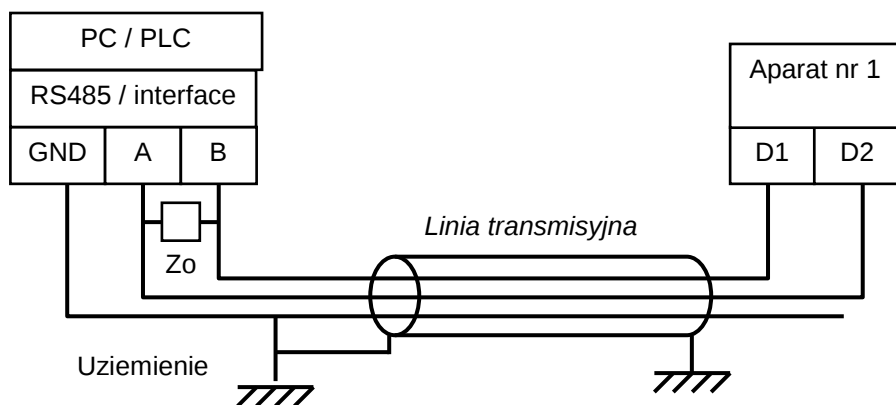


[4W UNBAL] : Trójfazowa niesymetryczna z zerem



4.4 WYJŚCIE CYFROWE RS485 :

- Rezystor końca linii Z_0 pozwala na zmniejszenie wpływu odbicia w liniach długich.
Dla prędkości <9600 bodów rezystor nie jest konieczny, od 1000m przy 9600 bd i 700m przy 19200 bd jest on wymagany.
- Należy używać kabli ekranowanych w celu zmniejszenia wpływu otoczenia. Podłącz uziemienie do obu końców kabla ekranowanego.
- W przypadku problemów z komunikacją: zmień polaryzację Rx i Tx na masterze. Sprawdź czy z urządzenia nadrzędnego przychodzi transmisja do urządzenia po kablu Tx.
- Jeśli to konieczne, podłącz rezystor końca linii Z_0 (120 ohm) przy EVA.
- UWAGA: zawsze polaryzować linię na poziomie mastera.

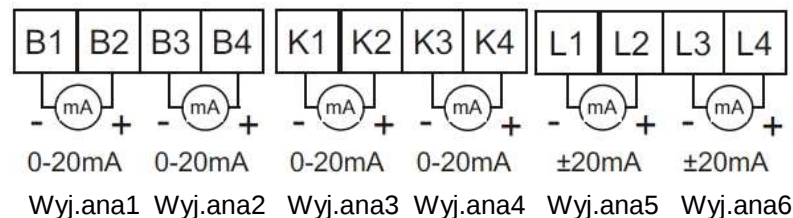


Uwaga :

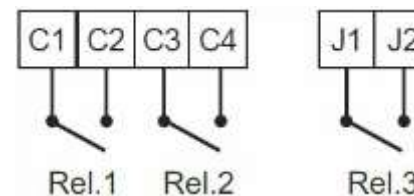


Przy podłączeniu 2 przewodowym, urządzenie nadrzędne master musi mieć możliwość pracy w takim systemie. Działanie to jest wykonywane z poziomu programu, jeśli jest wybór 4 lub 2 przewodów, i/lub z poziomu interfejsu RS485, przy użyciu mikro-przełączników, które zatwierdzają emisję z sygnałem RTS (lub DTR).

4.5 WYJŚCIA ANALOGOWE :



4.6 WYJŚCIA PRZEKAŹNIKOWE :



5. PROGRAMOWANIE

● Przez mikro-konsolę

Mikro-konsola, przyłączana na płytę czołową, pozwala wizualizować pomiary lub dokładnie modyfikować oprogramowanie aparatu przy pomocy klawiatury dotykowej. Pozwala również przenosić pliki oprogramowania pomiędzy produktami z tej samej gamy i zainstalowanymi tymi samymi opcjami.

Menu programowania i szczegóły funkcji dostępnych z konsoli są opisane na następnych stronach.

Wyświetlacz LCD graficzny podświetlany pozwala na wizualizację 3 informacji :

- wartość pomiaru (wysokość 5 mm) z jednostką,
- wartości wyjść analogowych i numer urządzenia,
- stan wyjść przekaźnikowych i komunikacji przez RS485.
- Przewijane informacje pomocy przy programowaniu (programowanie w kilku językach).
- Zabezpieczenie programowania przy pomocy kodu.
- Programowanie dostępne przy pomocy kodu dostępu.

● Przez program konfiguracyjny SlimSET

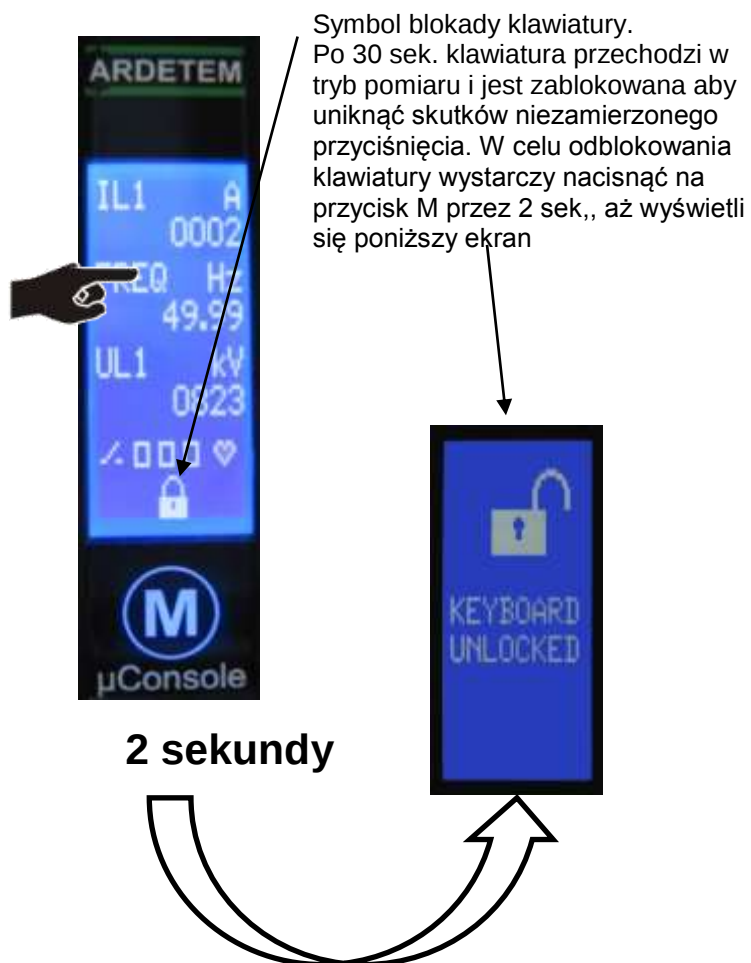
Do komunikacji urządzeń serii EVA3000 z PC potrzebny jest standardowy kabel USB / μ USB. W celu przyłączenia kabla do EVA3000 należy zdjąć płytkę czołową i przyłączyć wtyczkę μ USB do gniazda μ USB. Wtyczkę USB przyłączyć do portu USB komputera.

Program SlimSET pozwala na odczyt pomiarów lub modyfikację konfiguracji przetwornika.

Każda konfiguracja może być zapamiętana w formie pliku na dysku. Ten plik może służyć do konsultacji, modyfikacji, powielania lub zapisu do przetworników. Ten plik może być utworzony z lub bez przyłączonego przetwornika. Program umożliwia zapamiętanie konfiguracji istniejącego aparatu przed przekazaniem go do serwisu. Utworzony plik może być wydrukowany na dowolnym typie drukarki.

Ekran pomiarowy

Odblokowanie klawiatury



Opis

Ekran dotykowy.
Naciśnięcie na ekran pomiarów pozwala na bezpośredni dostęp do wszystkich funkcji.

Symbol odzwierciedlający stan przełączników, jeśli ta opcja jest obecna.
Kwadrat pusty : przełącznik nieczynny
Kwadrat pełny : przełącznik czynny

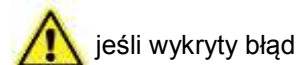


Przycisk dotykowy :
- pozwala odblokować klawiaturę,
- dostęp do menu głównego, jeśli jest wyświetlony ekran główny,
- powrót do menu głównego lub programowania podczas wyświetlania



Wyswietlacz pomiarów :
nazwa, jednostka, wartość

Wskaźnik funkcjonowania :
Serce miga : funkcjonowanie normalne lub
Symbol  podczas komunikacji przez RS485 lub

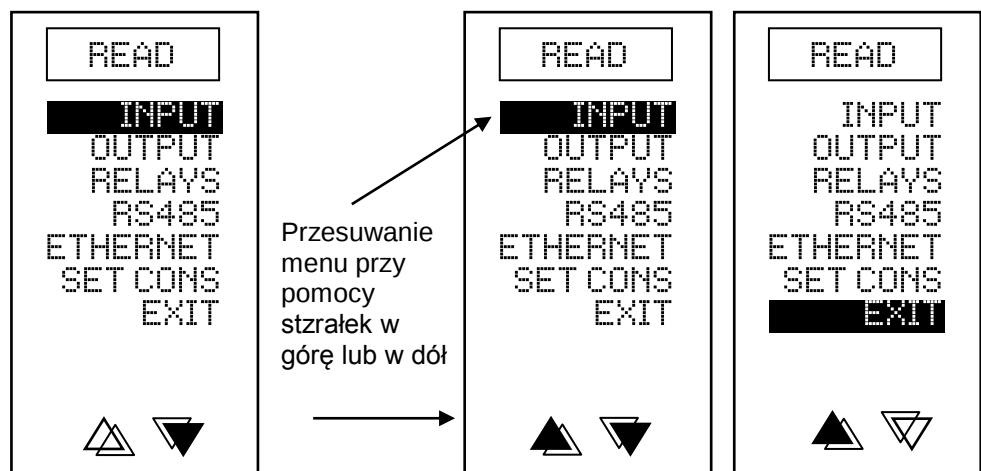


lub
(wersja Bus)
M (tryb master)
S (tryb slave)

► komunikacja przez bus przez magistralę dla wersji N
----- bez komunikacji

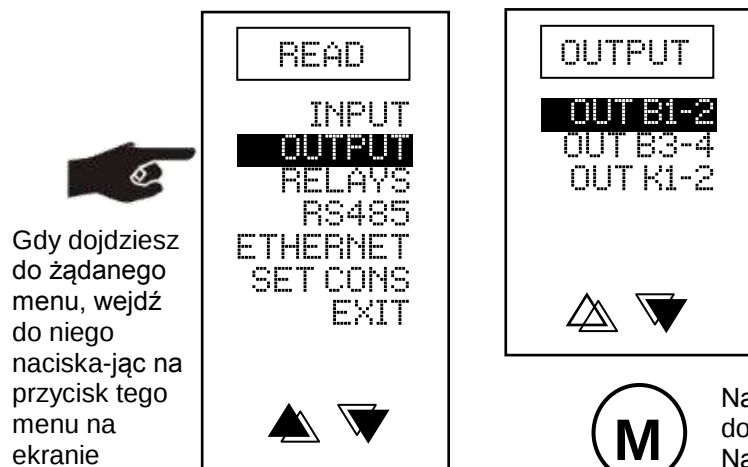
Przewijanie listy menu :

Przykład :



Uwaga : pusta strzałka w górę oznacza, że jesteś w górnej części menu.

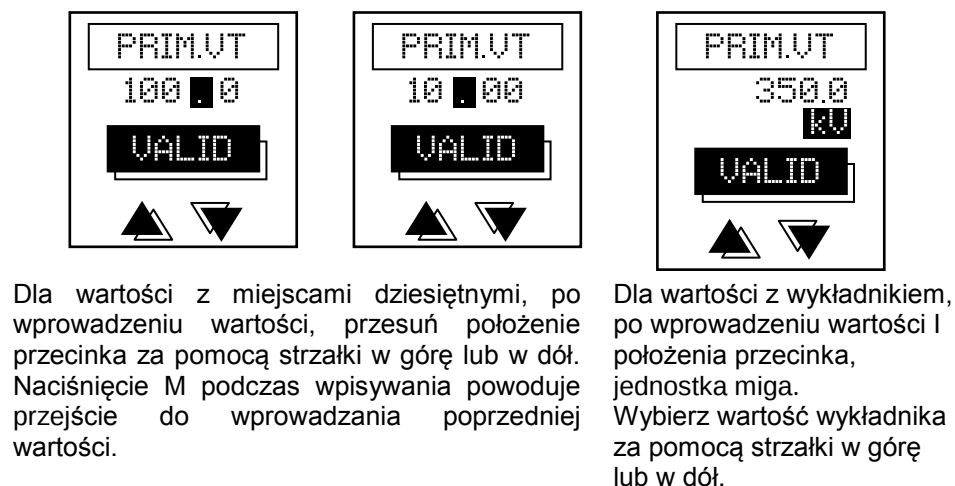
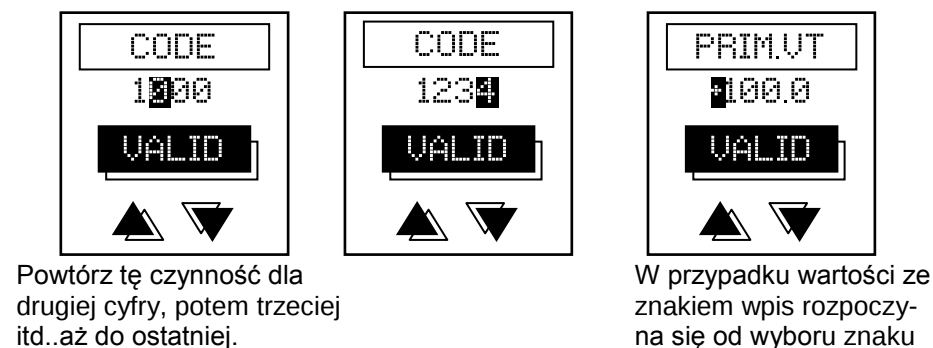
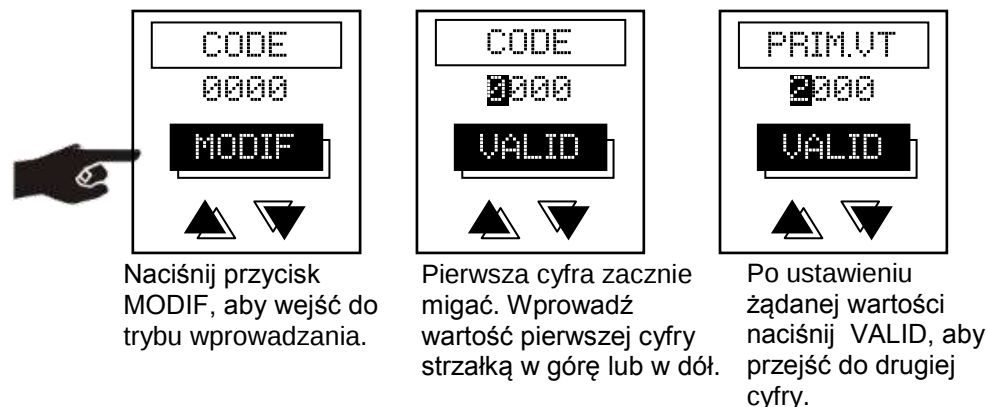
Uwaga : pusta strzałka w dół pokazuje, że jesteś w donej części menu



Gdy dojdiesz dożądanego menu, wejdź do niego naciska-jąc na przycisk tego menu na ekranie (oprócz klawiszy w górę i w dół)

Następnie wejdiesz do wybranego menu. Naciśnięcie przycisku M spowoduje powrót do poprzedniego menu.

Wprowadzanie wartości :



EKRAN POMIARÓW



Naciśnięcie ekranu w trybie pomiarów umożliwia dostęp do funkcji bezpośrednich lub do wyświetlania błędów.



Jeśli wykryto błąd (wyświetla )



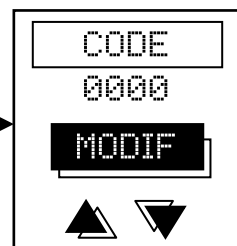
Bezpośredni dostęp do menu (patrz strona 19)



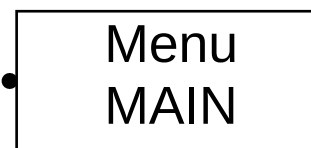
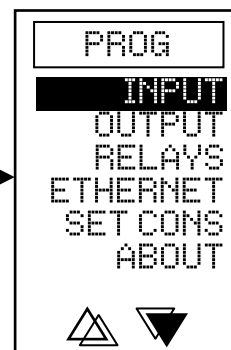
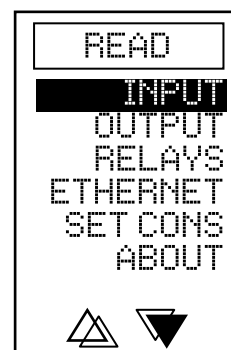
Nacisnij przycisk **(M)**
Umożliwia to dostęp do menu głównego.



Kod domyślny :
0000



Jeśli kod = « DISABLE »
wejdź do menu « SET CODE »



Dostęp do konfiguracji

ODCZYT:

Dostęp do odczytu konfiguracji.

Menu identyczne z programowaniem konfiguracji, ale modyfikacja niemożliwa (klawisz MODIF znika przy wprowadzaniu parametrów). Klawisze   są zastępowane klawiszami  , gdy uzyskujesz dostęp do wybranego parametru, te klawisze umożliwiają powrót do poprzedniego menu lub dostęp do następnego parametru. Naciśnij ekran, aby przewinąć odczyt konfiguracji parametru po parametrze.

PROGRAMOWANIE:

Dostęp do konfiguracji urządzenia.

Uwaga :

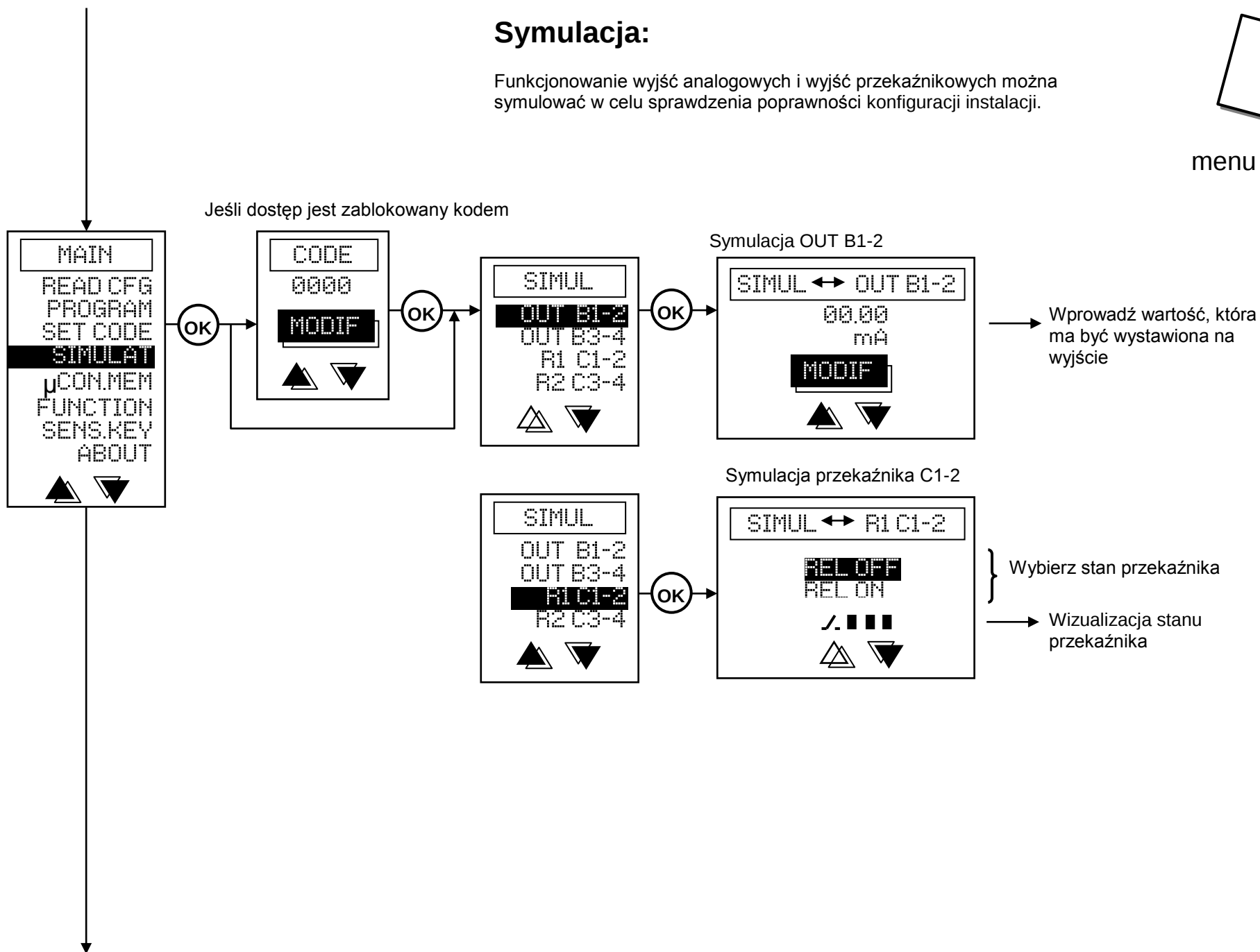
Instrument powróci do ekranu pomiaru, jeśli przez 1 minutę nie zostanie naciśnięty żaden przycisk. w trybie programowania i 20 sekund w trakcie odczytu.

Symulacja:

Funkcjonowanie wyjść analogowych i wyjść przełącznikowych można symulować w celu sprawdzenia poprawności konfiguracji instalacji.

menu
MAIN

menu simulation



menu
MAIN

menu
MAIN

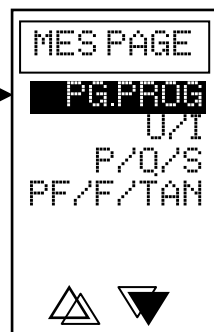
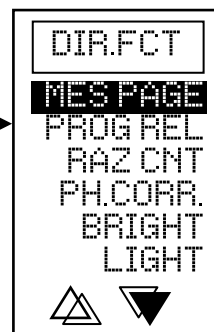


Menu DIR.FCT

EKRAN POMIARÓW



Naciśnij ← lub → , aby przejść do poprzedniej lub następnej strony pomiaru.



Wybór pomiarów do wyświetlenia.
Uwaga: P.PROG (strona domyślna) to strona programowania pomiarów (patrz menu SET CONS => PAGE PROG)

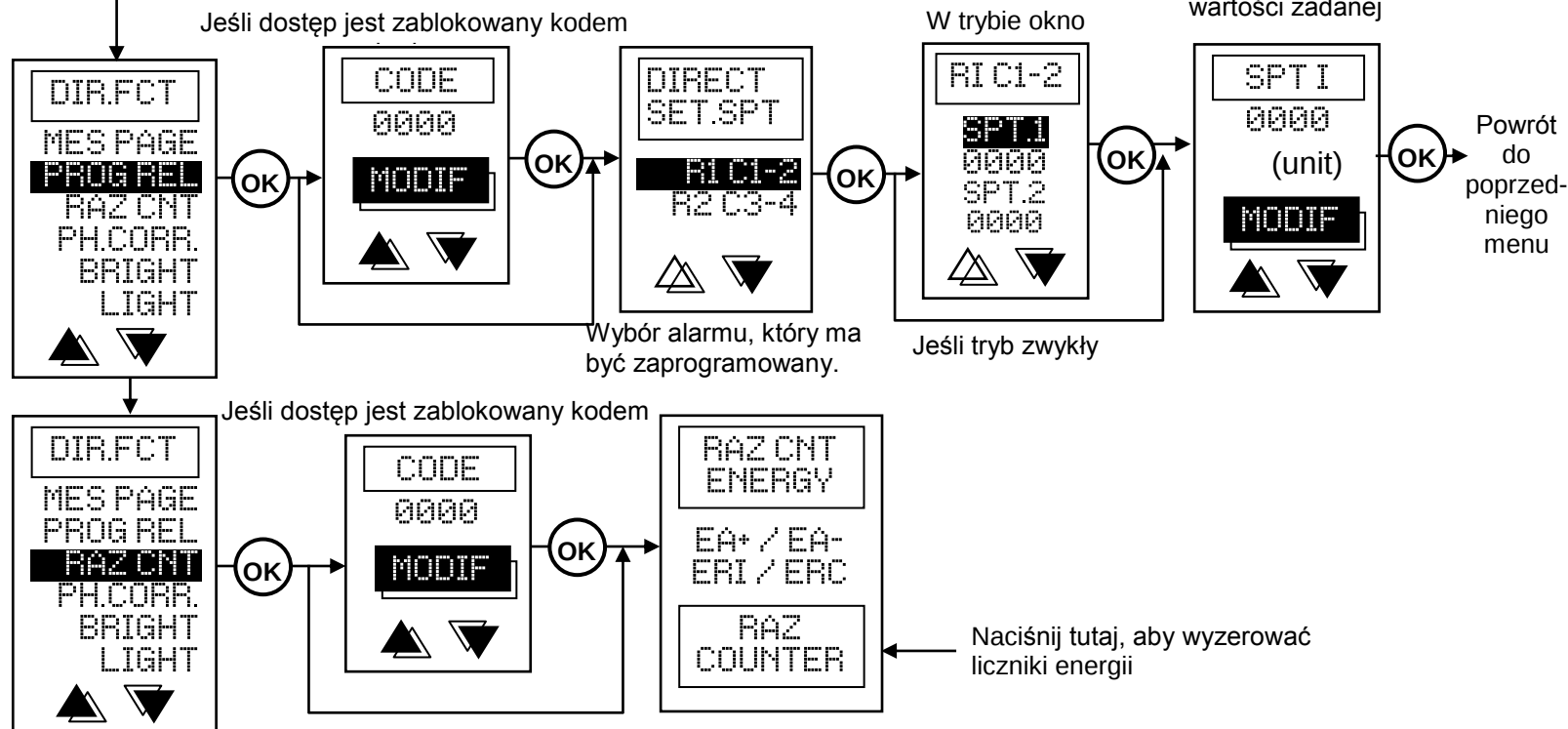
Funkcje z dostępem bezpośrednim

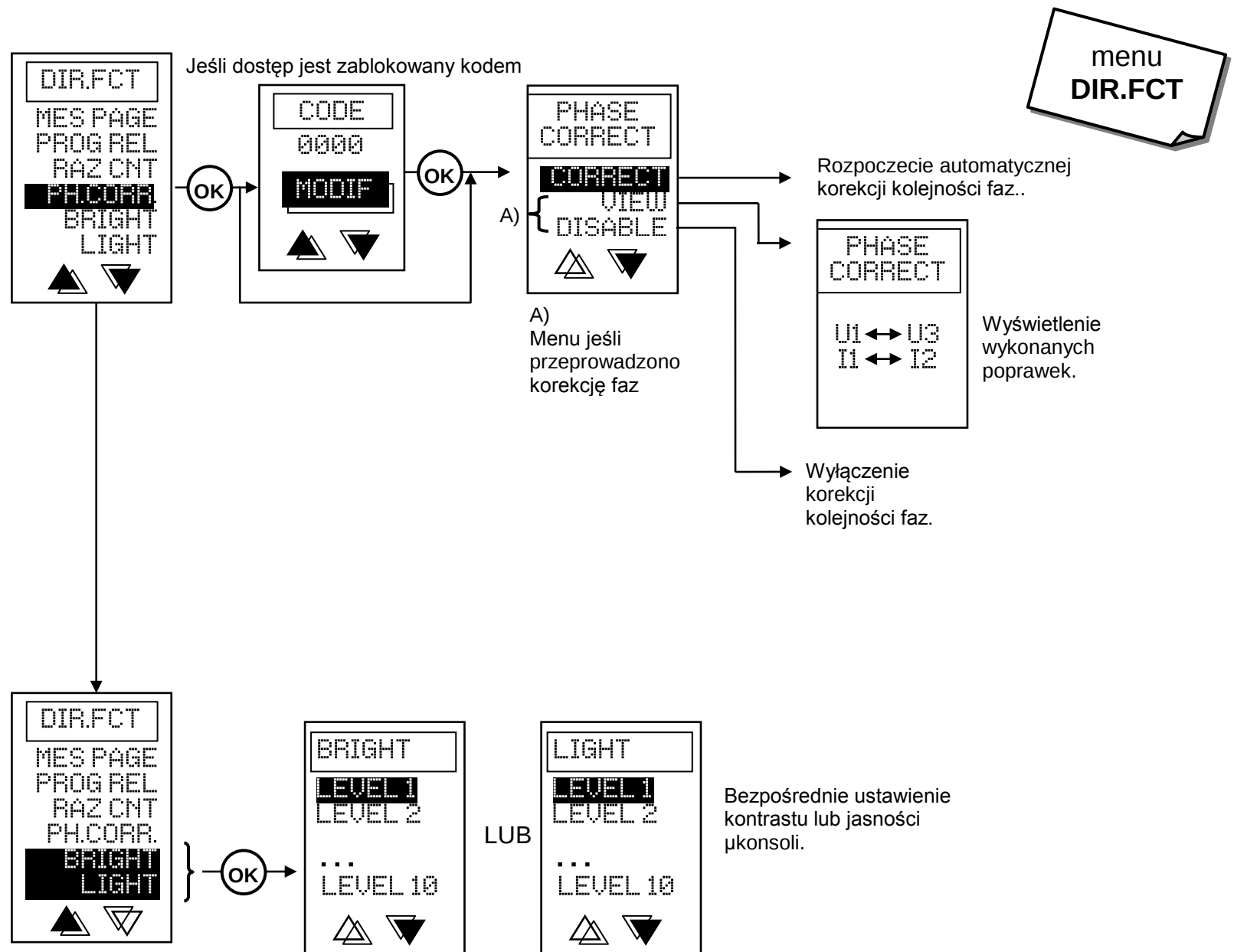
Aby uprościć korzystanie, niektóre funkcje mogą być dostępne w bardziej bezpośredni sposób. Te funkcje to:

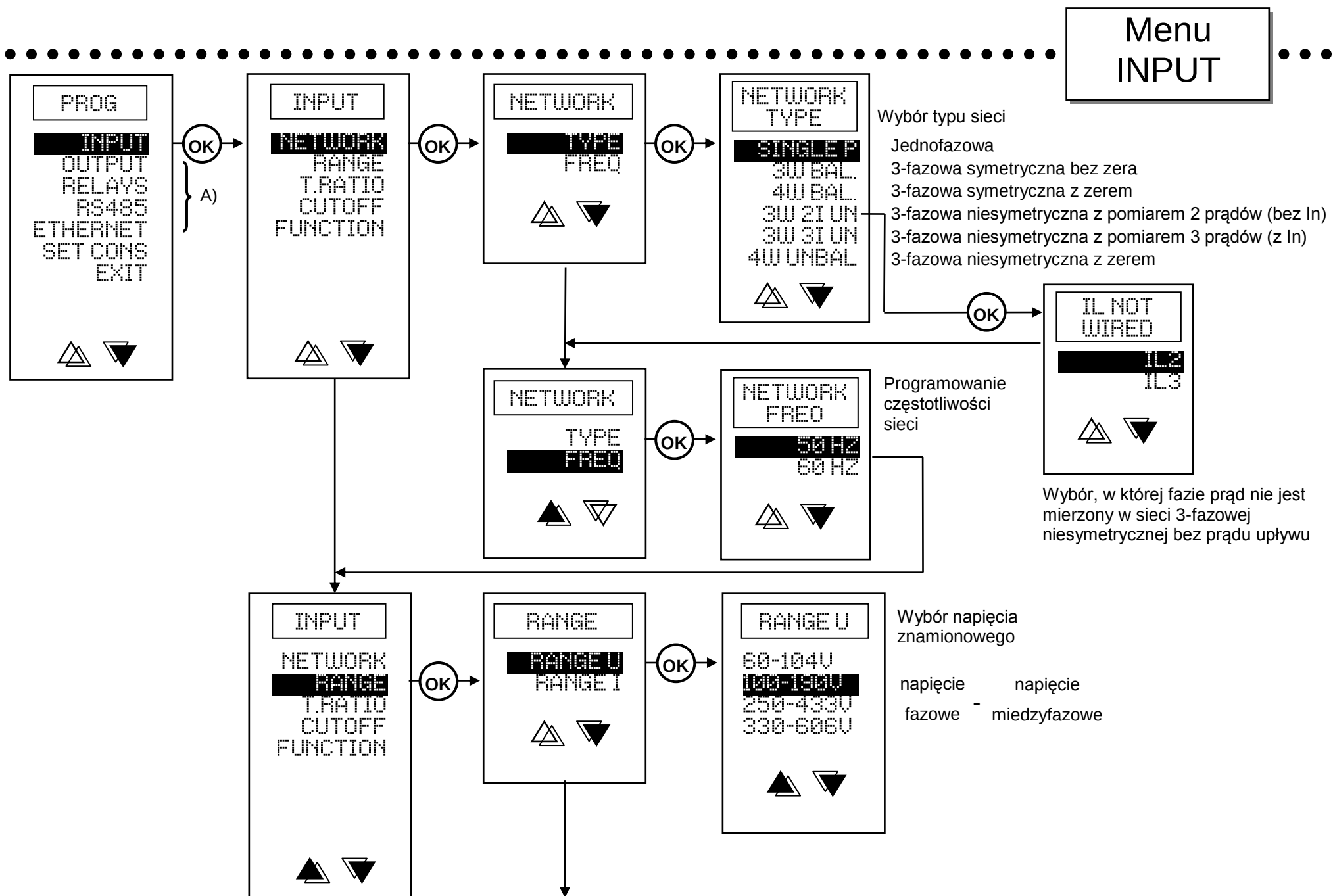
- wybór pomiarów do wyświetlenia,
- programowanie progów alarmowych,
- zerowanie liczników energii,
- dostęp do menu korekty kolejności faz,
- ustawienie kontrastu,
- ustawienie jasności.

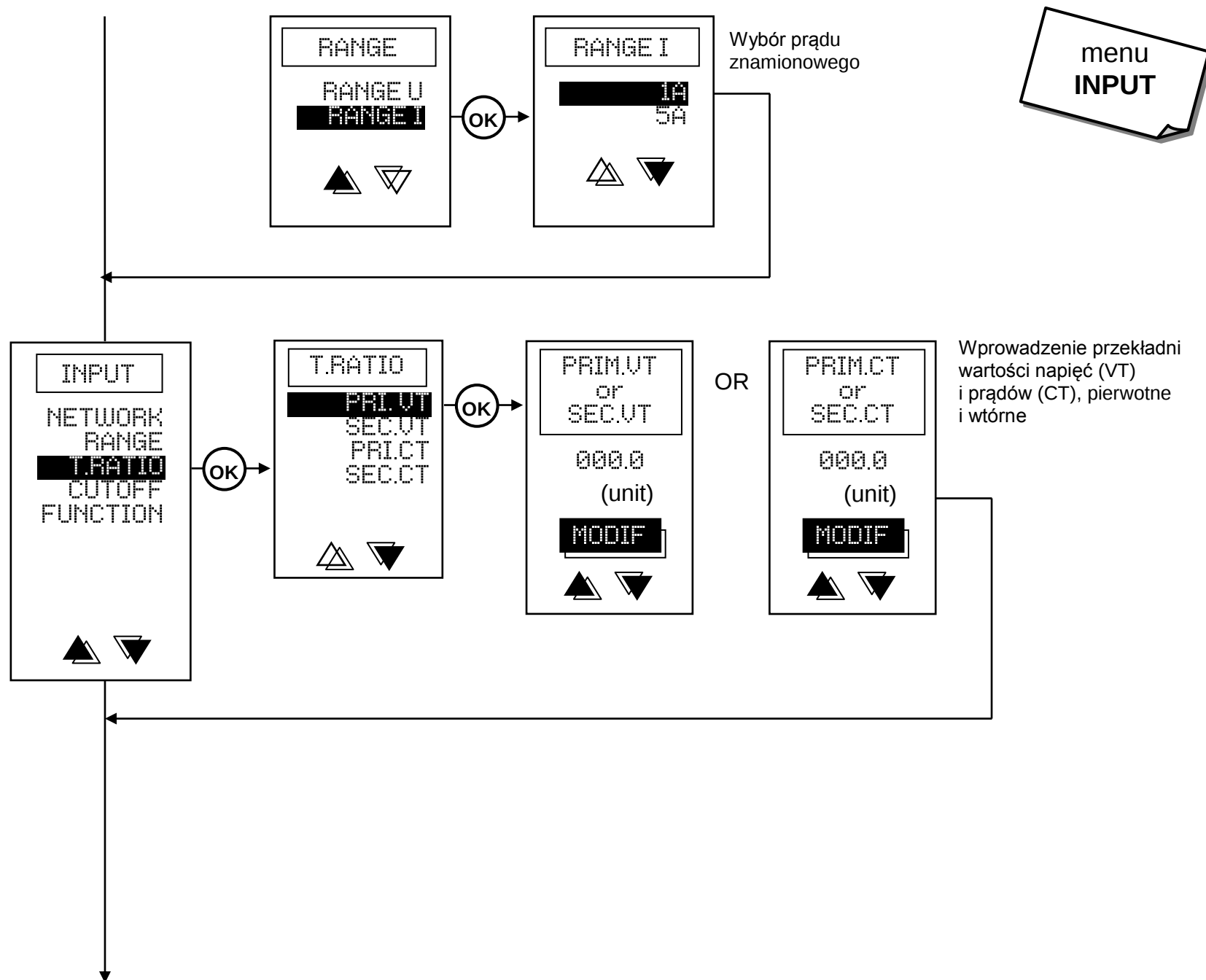
Dostęp do tych funkcji można uzyskać na dwa różne sposoby:

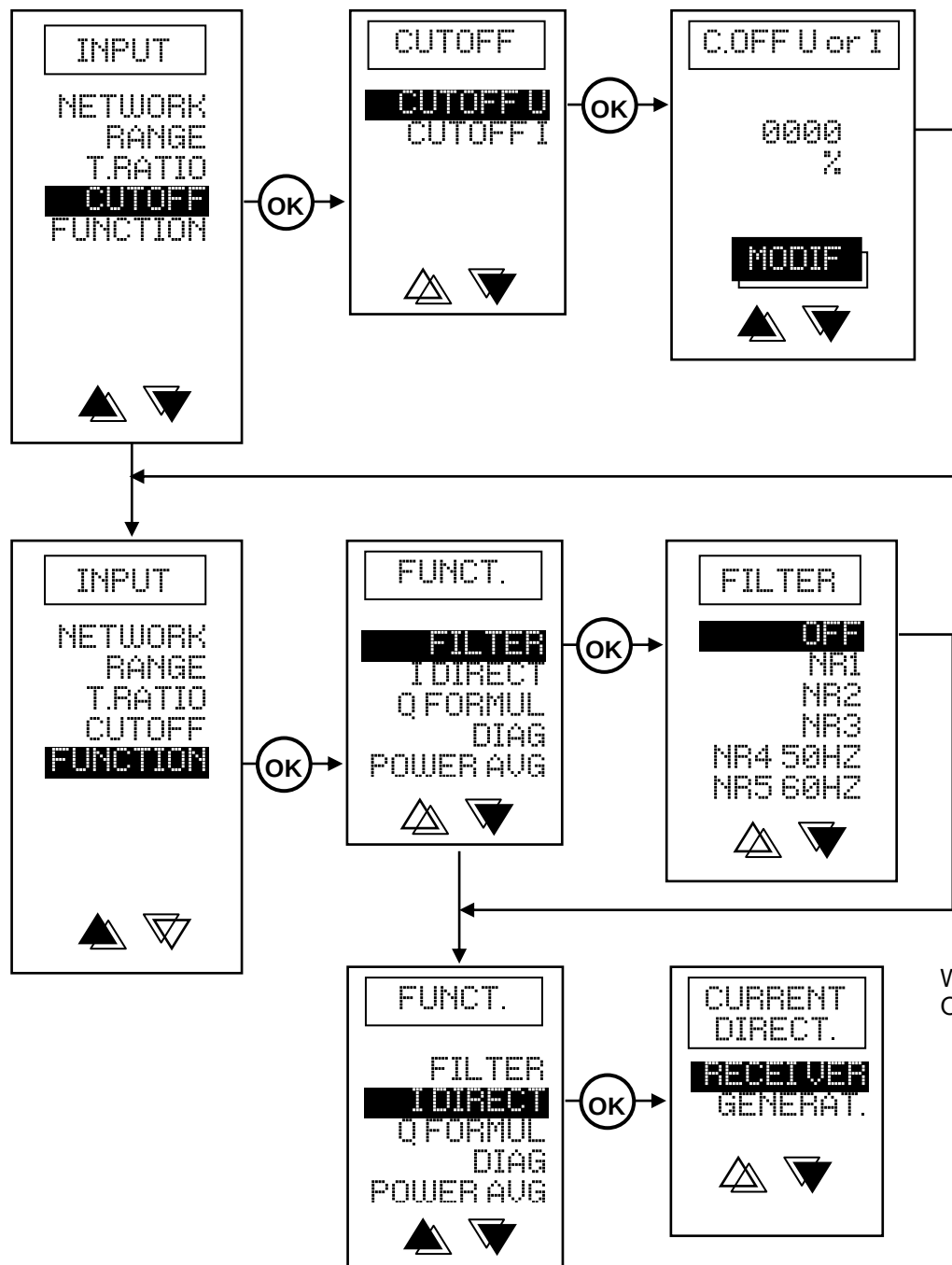
- 1) Naciskając ekran w trybie pomiaru,
- 2) W menu MAIN => FONCTION.









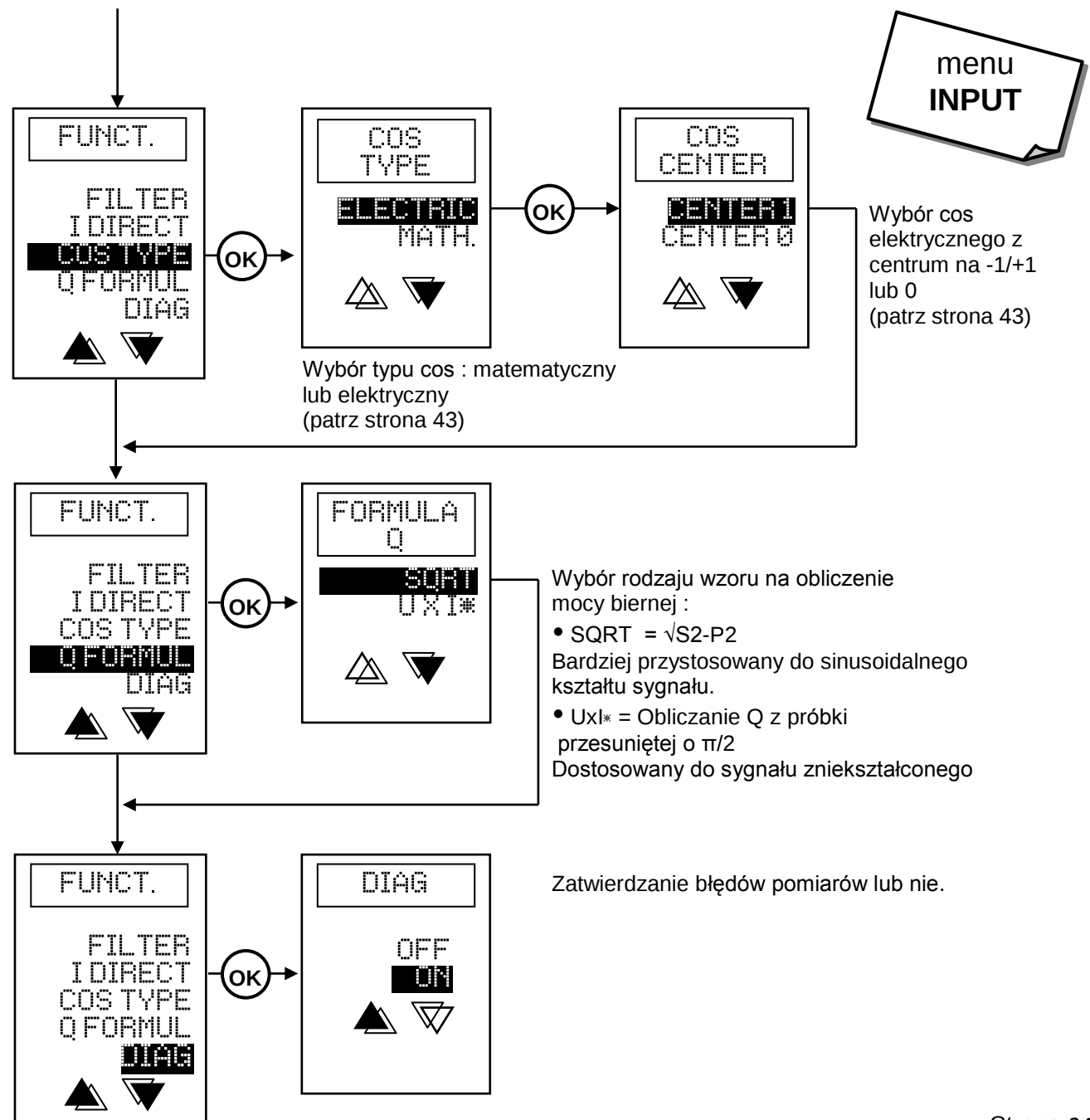


Programowanie
odcięcia prądu I
napięcia (cut-off) w %
wartości znamionowej.
Wartość poniżej, której
pomiar zostanie
ustawiony na zero.

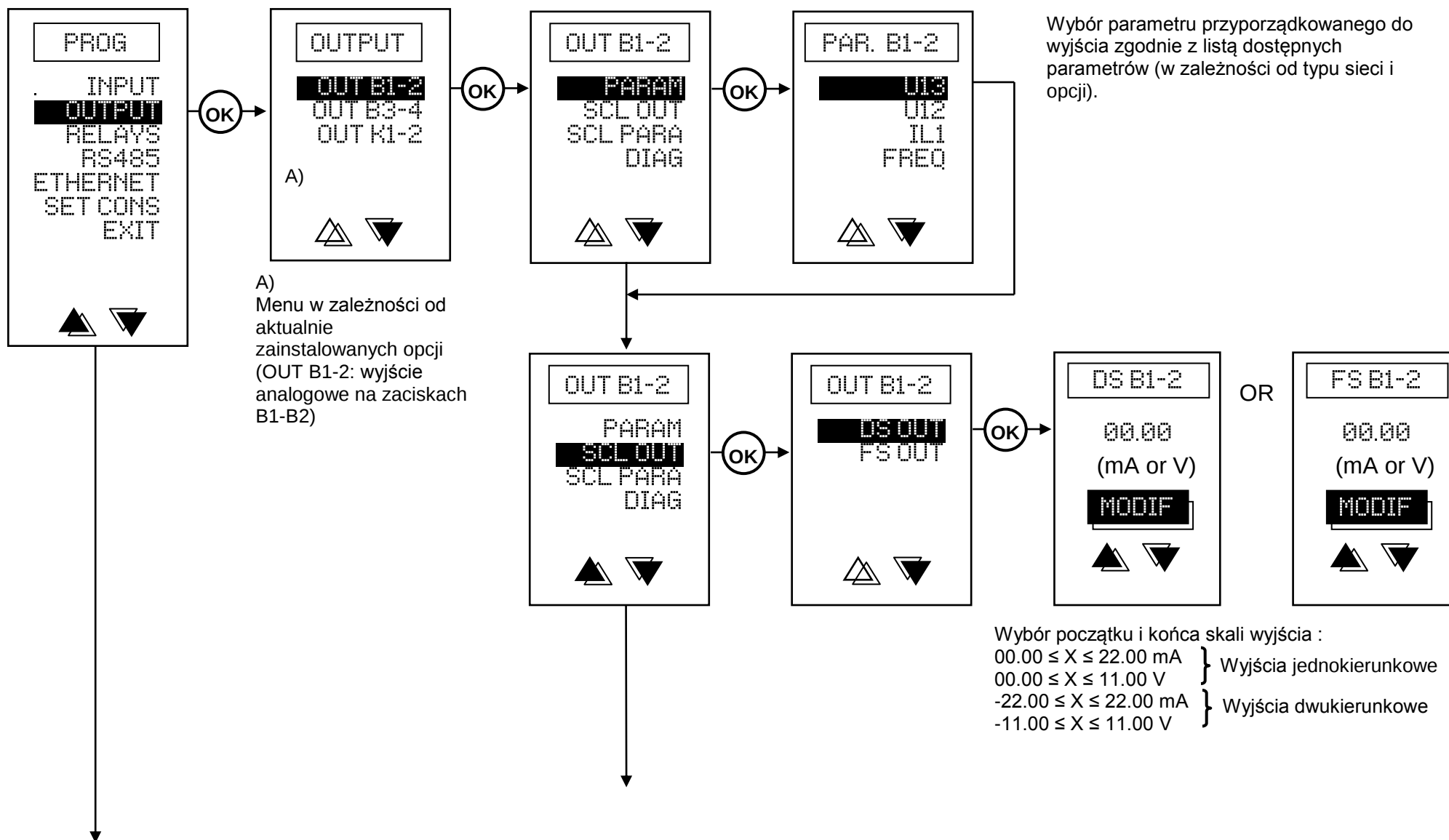
menu
INPUT

Wybór filtracji cyfrowej.
Zwiększ wartość w przypadku niestabilnych
pomiarów.
W przypadku niestabilnej częstotliwości sieci
wybierz NR4 50HZ dla sieci 50Hz lub
NR5 60HZ dla sieci 60HZ.

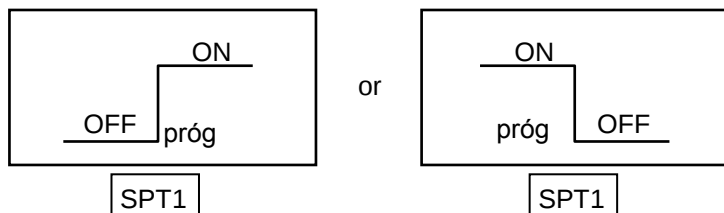
Wybór trybu pracy : odbiornik lub generator.
Określa kierunek prądu (obróć o 180°).



Menu OUTPUT

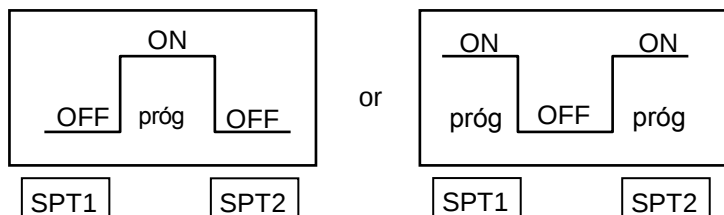


• Tryb progowy



Legenda:
ON styk zwarty
OFF styk rozwarty

• Tryb okno

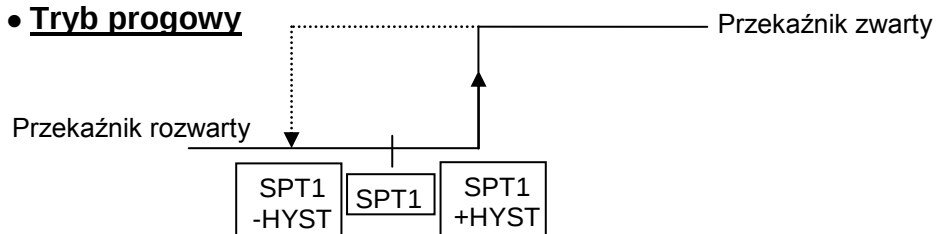


HYST

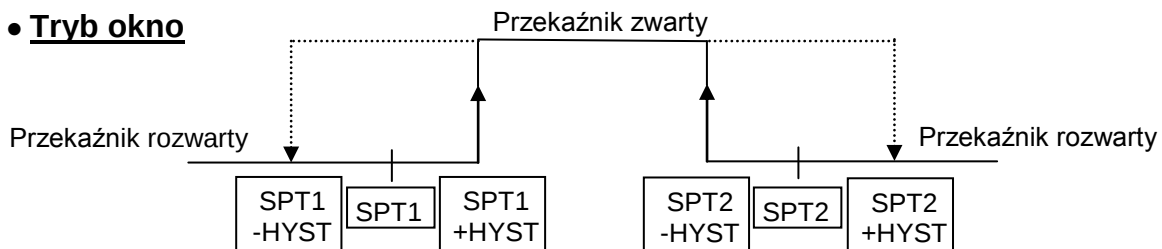
• Ustawienie histerezy

Histereza jest ustawiona symetrycznie wokół zadanego progu.

• Tryb progowy



• Tryb okno



DELAYx

• Czas opóźnienia alarmu

Aktywny za każdym razem, gdy zmienia się stan alarmu.
Ustawienie czasu opóźnienia od 0 do 999,9 sek.

menu
RELAYS

Menu programowania (lub odczytu) wyjść
przełącznikowych (jeśli opcja istnieje)

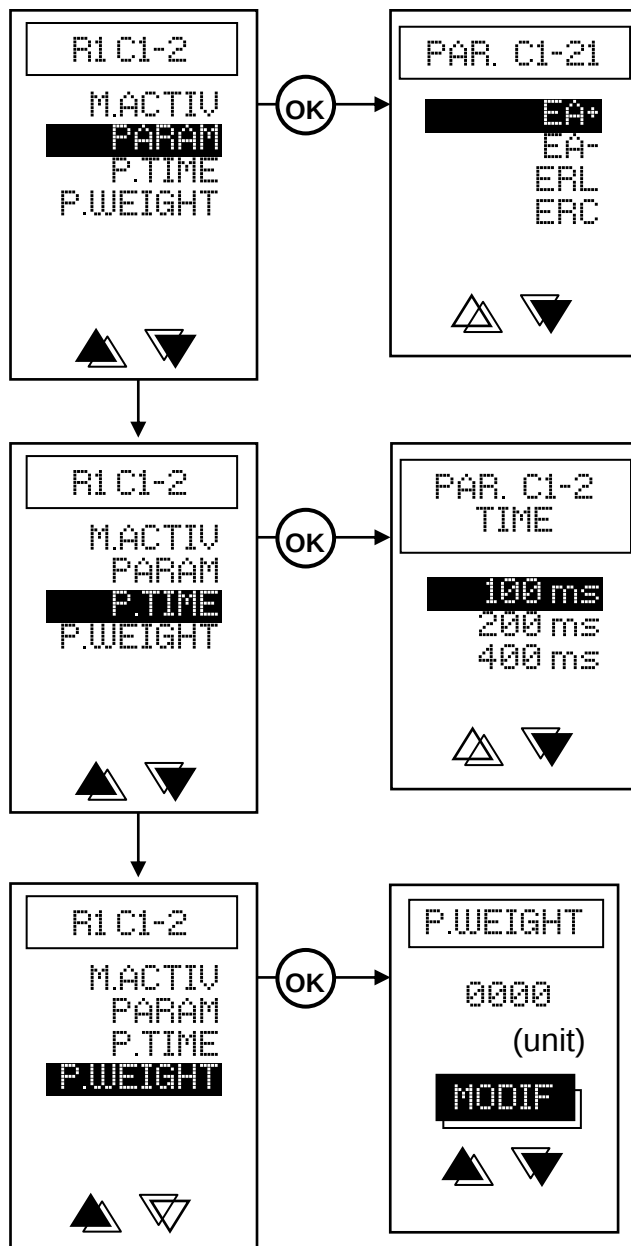
Menu RELAYS

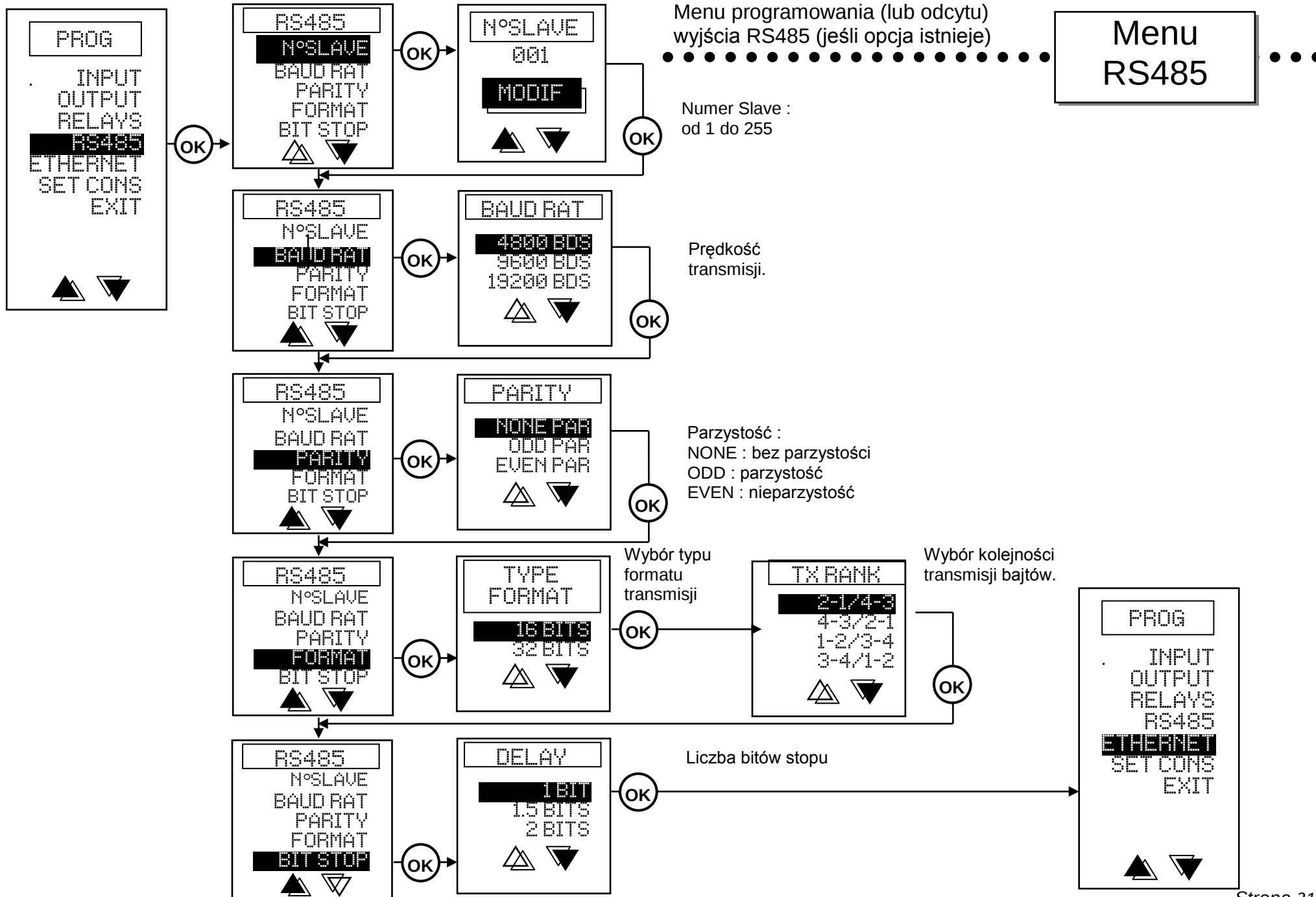
Wybór parametru przyporządkowanego do
wyjścia impulsowego przełącznika.

..... Tryb IMPULSOWY

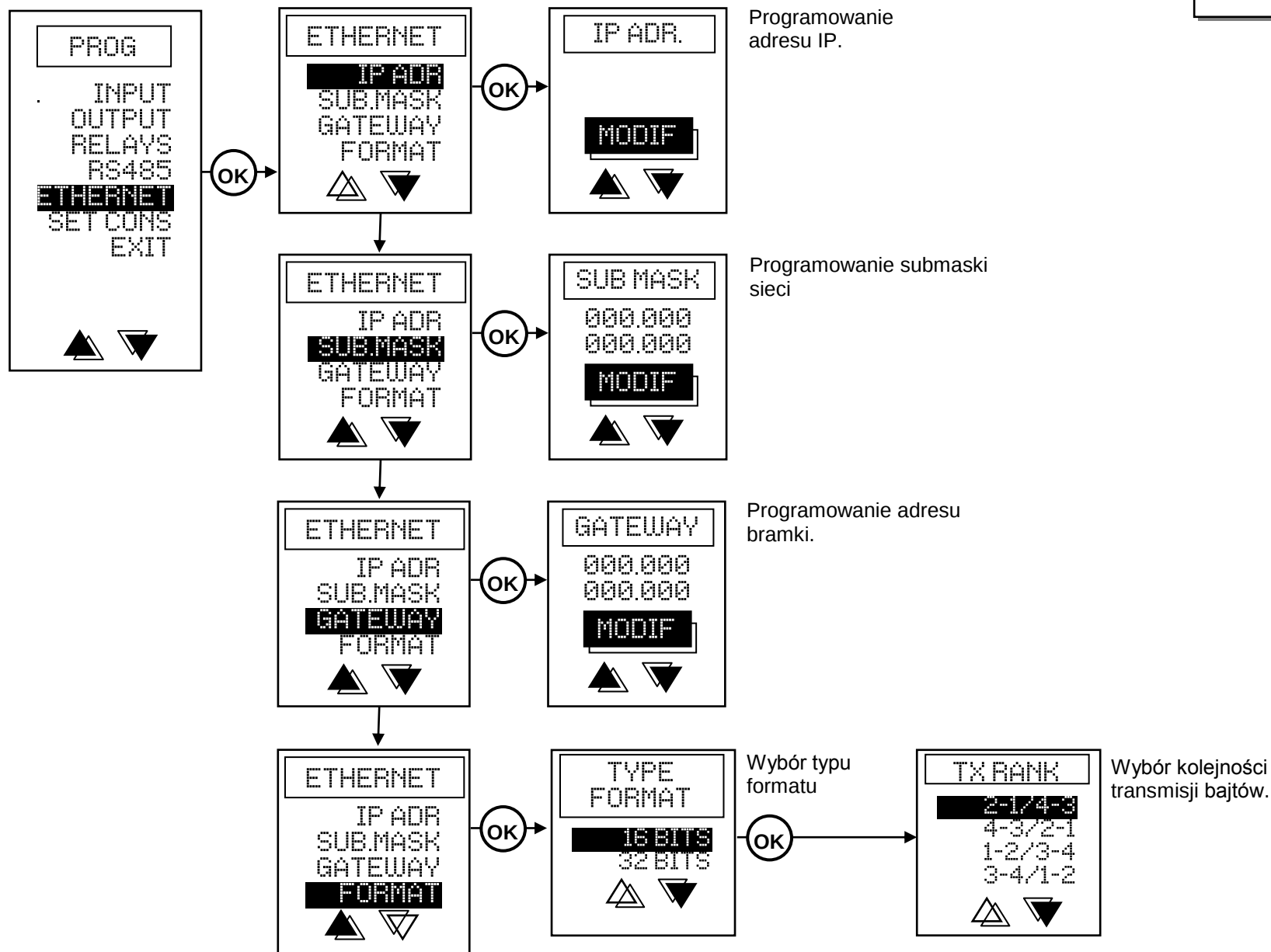
Czas trwania impulsu.

Ustawienie wagi impulsu w jednostce
parametru pierwotnego.

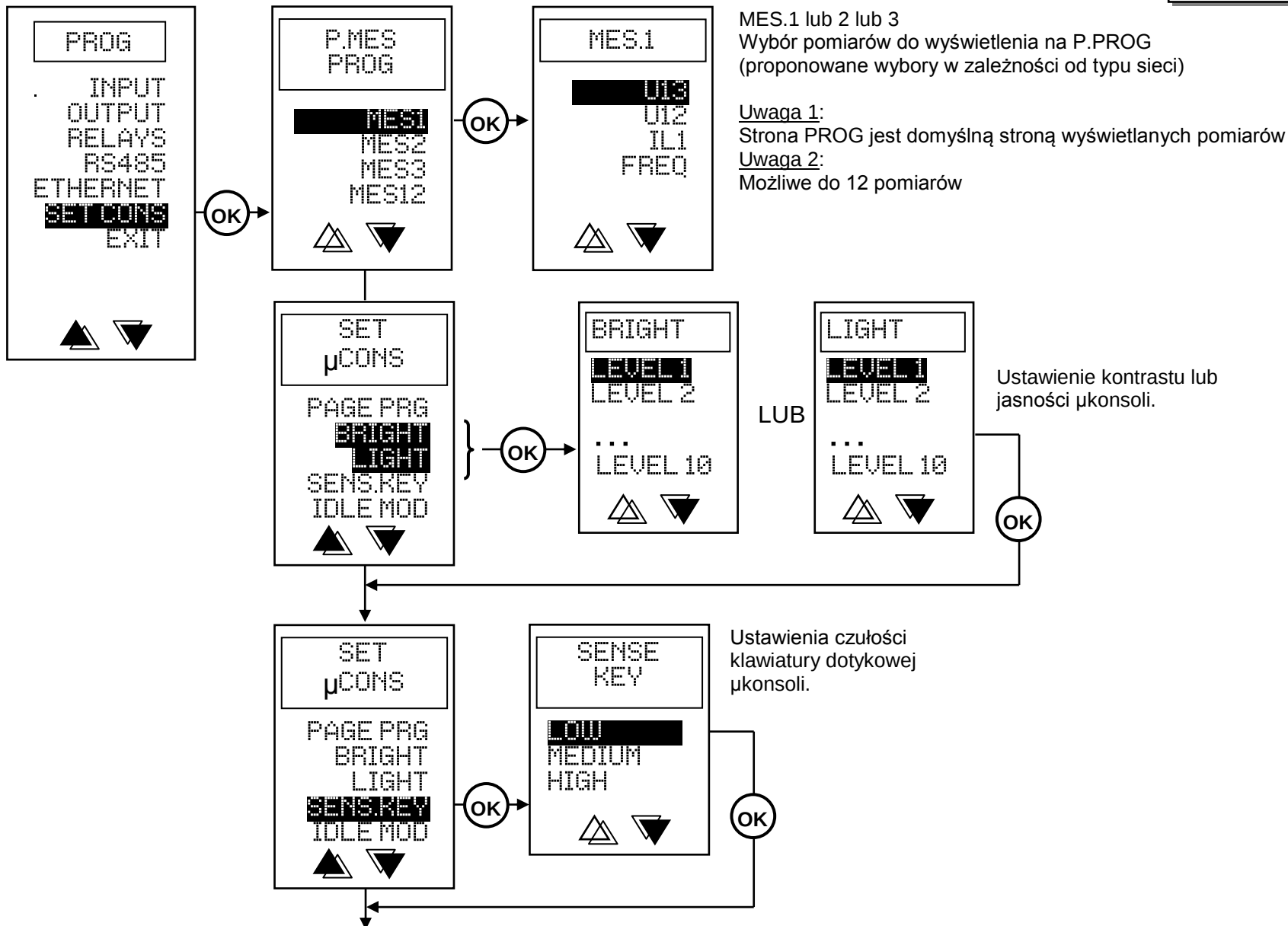


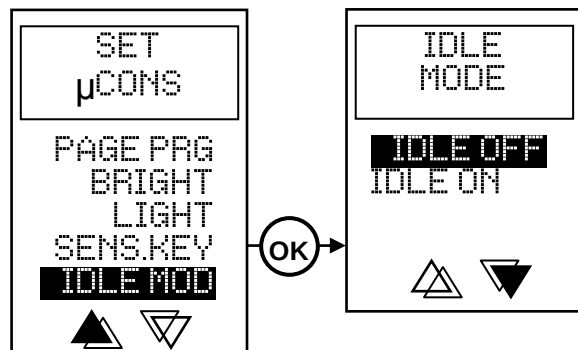


Menu ETHERNET

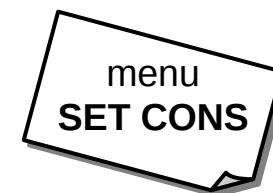


Menu SET CONS



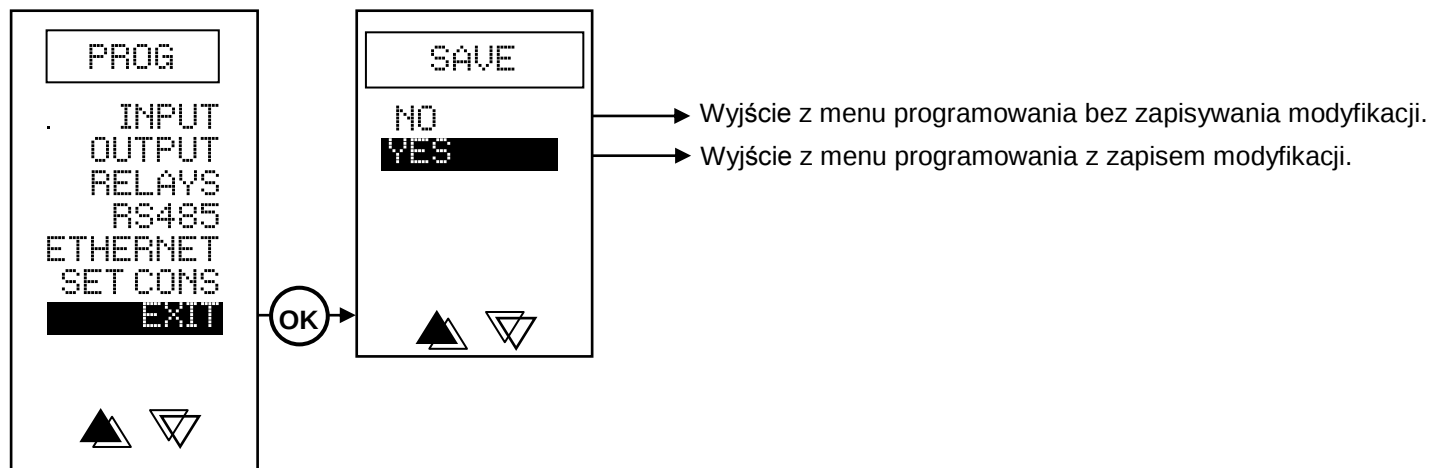


Tryb wygaszenia μkonsoli
po 10 min. bezczynności.



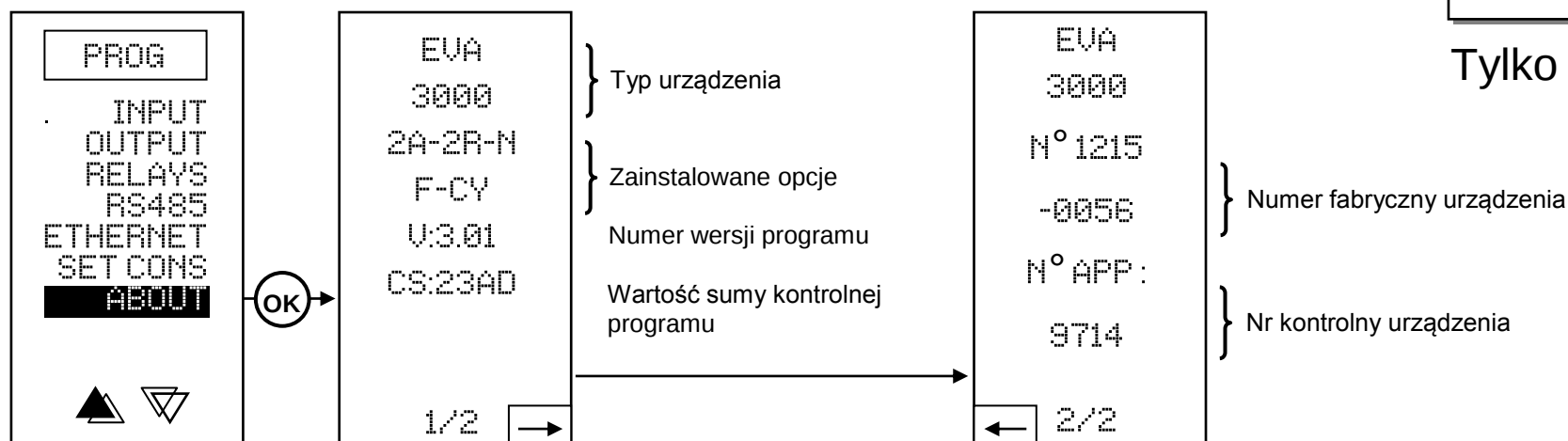
Menu EXIT

Tylko w trybie programowania



Menu ABOUT

Tylko w trybie odczyt



6. Lista informacji o błędach:

CALIBRAT:	Błąd w danych kalibracyjnych
CONFIG:	Błąd w danych konfiguracji
CAL U:	Przekroczenie napięcia znamionowego
CALI:	Przekroczenie prądu znamionowego
WIRING:	Problem z kolejnością faz
FREQ:	Częstotliwość poza zakresem
BUS:	Problem na magistrali dolnej urządzenia
NEW:	Wykryto nowe urządzenie na magistrali dolnej
FAT:	Błąd systemu
FAT-REST:	Błąd systemu, ale został przywrócony
CALC:	Błąd obliczenia

7. Adresowanie Modbus

1. STANDARDOWE FUNKCJE MODBUS (RTU)

Pomiary urządzenia są dostępne :

- przez RS 485 ze standardowymi sekwencjami Modbus.
- przez Ethernet (opcja F) na porcie «dane» ze standardowymi sekwencjami Modbus i TCP Modbus

W przypadku protokołu TCP Modbus numer urządzenia podrzędnego jest ustalony na 1.

1.1 Funkcja Modbus 03: odczyt N słów

Funkcja 3: odczyt N słów							
Numer Slave	3	Adres 1-szego słowa		Liczba słów		Suma kontrolna	
		MSB	LSB	MSB	LSB	CRC	CRC
DATA (6 bajtów)						CRC16 (2 bajty)	

Odpowiedź									
Numer Slave	3	Ilość bajtów (2xN)	Wartość 1-szego słowa		...	Wartość słowa N		Suma kontrolna	
			MSB	LSB		MSB	LSB	CRC	CRC
DATA (3+Nx2 bajtów)								CRC16 (2 bajtów)	

1.2 Funkcja Modbus 16: zapis N słów

Funkcja 16:Zapis N słów										
Numer Slave	16	Adress 1-szego słowa		Liczba słów (N)		Liczba bajtów (2xN)	Wartość N słów		Suma kontrolna	
		MSB	LSB	MSB	LSB		MSB	LSB	CRC	CRC
DATA (7+Nx2 bajtów)									CRC16 (2 bajty)	

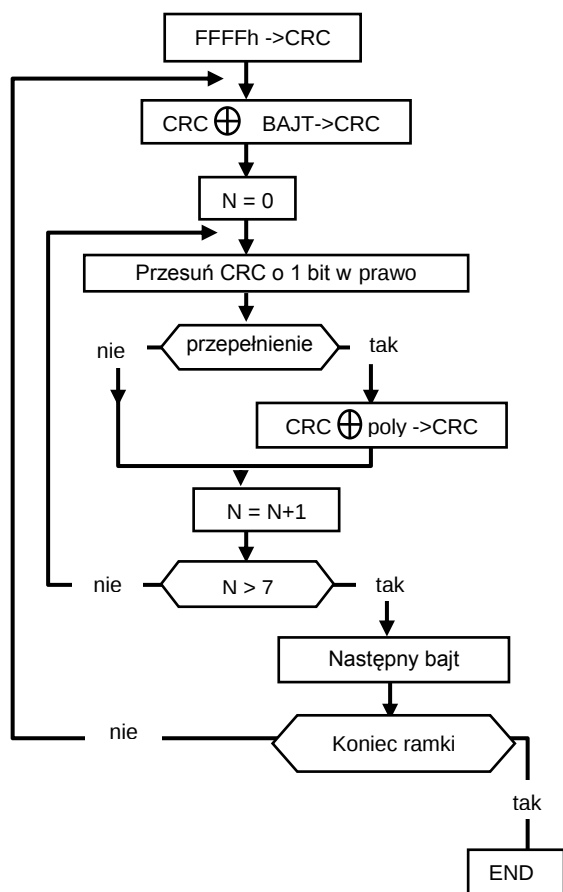
Odpowiedź							
Numer Slave	16	Adress 1-szego słowa		Liczba słów (N)		Suma kontrolna	
		MSB	LSB	MSB	LSB	CRC	CRC
DATA (6 bajtów)						CRC16 (2 bajty)	

1-3. Algorytm obliczania CRC16

- Uwaga 1: $\oplus$ = exclusive or
- Uwaga 2: poly = A001h
- Uwaga 3: obliczenie CRC16 obejmuje wszystkie bajty w ramce (oprócz CRC16)
- Uwaga 4: WAŻNE dla CRC16, pierwszym wysyłanym bajtem jest część młodsza

Przykład:

Ramka 1 - 3 - 0 - 75 - 0 - 2 - CRC16=180-29 (dziesiętnie)



2. FUNKCJE MODBUS TCP

2.1 Standard Modbus / Modbus TCP porównanie

Sekwencja Modbus składa się z następujących elementów:

Standard Modbus:

DANE	CRC
------	-----

TCP Modbus:

Nagłówek TCP	DANE
--------------	------

Modbus TCP używa jedynie strefy danych Modbus standard (bez sumy kontrolnej – CRC) i dodaje specyficzny nagłówek. Numer slave aparatu jest stały 1.

2.2 Specyficzny nagłówek TCP :

Nagłówek jest złożony z 6 bajtów (0 do 5).

Bajt	Zawartość	Uwaga
0	Id. operacji	Zdefiniowany przez stację odbiorczą (żądający)
1		
2	Id. protokołu	TCP Modbus = 0
3		
4	Szerokość ramki	Obliczany od bajtu 6 do końca sekwencji
5		

3. ADRESY POMIARÓW

3-1 Formaty 2-1/4-3, 4-3/2-1, 1-2/3-4 lub 3-4/1-2

Wartość odczytana z tabeli 1 daje moduł pomiaru na 4 znaczących cyfrach. Aby znać jednostkę i położenie przecinka tego pomiaru, należy odczytać odpowiedni rejestr z tabeli 2.

Format pomiarów 2-1/4-3, 4-3/2-1, 1-2/3-4 lub 3-4/1-2	Adres	Jednostka pomiarów
1-U13 (napięcie międzyfazowe)	0	V, kV
2-U12 (napięcie międzyfazowe)	1	V, kV
3-U23 (napięcie międzyfazowe)	2	V, kV
4-IL1 (prąd fazy 1)	3	A, kA
5-IL2 (prąd fazy 2)	4	A, kA
6-IL3 (prąd fazy 3)	5	A, kA
7-Moc czynna całkowita	6	W,kW,MW
8- Moc bierna całkowita	7	Var,kVar,Mvar
9- Moc pozorna całkowita	8	VA,kVA,MVA
10-Częstotliwość	9	Hz
11- cos φ całkowity (współczynnik mocy : P/S)	10	-
12-Prąd upływu In	11	A
13- Energia czynna zużyta – mniej znaczące słowo	12	Wh,kWh,MWh,GWh
14- Energia czynna zużyta – bardziej znaczące słowo	13	Wh,kWh,MWh,GWh / 65536
15- Energia czynna oddana – mniej znaczące słowo	14	Wh,kWh,MWh,GWh

16- Energia czynna oddana – bardziej znaczące słowo	15	Wh,kWh,MWh,GWh / 65536
17- Energia bierna indukcyjna – mniej znaczące słowo	16	Varh,kVarh,MVarh,GVarh
18- Energia bierna indukcyjna – bardziej znaczące słowo	17	Varh,kVarh,MVarh,Gvarh / 65536
19- Energia bierna pojemnościowa – mniej znaczące słowo	18	Varh,kVarh,MVarh,GVarh
20- Energia bierna pojemnościowa – bardziej znaczące słowo	19	Varh,kVarh,MVarh,Gvarh / 65536
21-UL1 (napięcie fazowe 1)	20	V, kV
22-UL2 (napięcie fazowe 2)	21	V, kV
23-UL3 (napięcie fazowe 3)	22	V, kV
24-PL1 (moc czynna fazy 1)	23	W,kW,MW
25-PL2 (moc czynna fazy 2)	24	W,kW,MW
26-PL3 (moc czynna fazy 3)	25	W,kW,MW
27-QL1 (moc bierna fazy 1)	26	Var,kVar,Mvar
28-QL2 (moc bierna fazy 2)	27	Var,kVar,Mvar
29-QL3 (moc bierna fazy 3)	28	Var,kVar,Mvar
30-COSL1 (współczynnik mocy fazy 1: P/S)	29	-
31-COSL2 (współczynnik mocy fazy 2: P/S)	30	-
32-COSL3 (współczynnik mocy fazy 3: P/S)	31	-
33- Moc czynna średnia (10/15 min*)	32	W,kW,MW
34-Moc bierna średnia (10/15 min*)	33	Var,kVar,Mvar
35-Najwyższa moc czynna średnia (10/15 min*)	34	W,kW,MW
36- Najwyższa moc bierna średnia (10/15min*)	35	Var,kVar,Mvar
37-diagnostyka / błędy pomiarów	36	-
38-Tangens φ (opcja)	37	-
...	...	...
...	...	...
52- SL1 (moc pozorna fazy 1)	51	VA, kVA, MVA
53- SL2 (moc pozorna fazy 2)	52	VA, kVA, MVA
54- SL3 (moc pozorna fazy 3)	53	VA, kVA, MVA
...	...	...

58- Wybrany pomiar n° 1	57	
59- Wybrany pomiar n° 2	58	-
...		
69- Wybrany pomiar n° 12	68	-
...	...	...
...	...	...
...	...	...
...	...	...
125-Test pomiarów = 12345	124	-

*10/15min= czas całkowania pomiarów (patrz konfiguracja pomiarów)

3-2 Adresy jednostek pomiarów :

Jednostki i przecinek zależą tylko od zaprogramowanej przekładni prądowej i napięciowej. Nie zmienia się to podczas pracy, więc nie ma potrzeby ciągłego odczytu tej tabeli.

Przecinek i jednostka pomiaru	Adres	Możliwy przecinek / jednostka
1- Przecinek (bajt starszy) / Jednostka (bajt młodszy) U13	125	0,1,2,3 / 0,1
2- Przecinek (bajt starszy) / Jednostka (bajt młodszy) U12	126	0,1,2,3 / 0,1
3- Przecinek (bajt starszy) / Jednostka (bajt młodszy) U23	127	0,1,2,3 / 0,1
4 Przecinek (bajt starszy) / Jednostka (bajt młodszy) IL1	128	0,1,2,3 / 0,1
5- Przecinek (bajt starszy) / Jednostka (bajt młodszy) IL2	129	0,1,2,3 / 0,1
6- Przecinek (bajt starszy) / Jednostka (bajt młodszy) IL3	130	0,1,2,3 / 0,1
7- Przecinek (bajt starszy) / Jednostka (bajt młodszy) P	131	0,1,2,3 / 0,1,2
8- Przecinek (bajt starszy) / Jednostka (bajt młodszy) Q	132	0,1,2,3 / 0,1,2
9- Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) S	133	0,1,2,3 / 0,1,2
10- Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) f	134	2 / 0
11- Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) COS	135	3 / 0

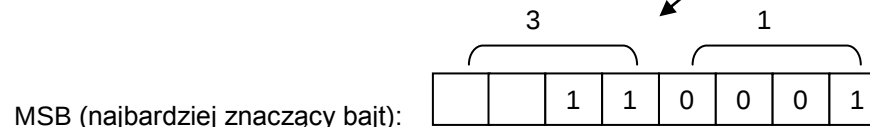
12- Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) In	136	0,1,2,3 / 0
13- Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) EA zużyta	137	0,1,2,3 / 0,1,2,3
14- -	138	-
15- Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) EA oddana	139	0,1,2,3 / 0,1,2,3
16- -	140	-
17- Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) ER indukcyjna	141	0,1,2,3 / 0,1,2,3
18- -	142	-
19 Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) ER pojemnościowa	143	0,1,2,3 / 0,1,2,3
20- -	144	-
21- Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) UL1	145	0,1,2,3 / 0,1
22- Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) UL2	146	0,1,2,3 / 0,1
23- Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) UL3	147	0,1,2,3 / 0,1
24- Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) PL1	148	0,1,2,3 / 0,1,2
25- Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) PL2	149	0,1,2,3 / 0,1,2
26- Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) PL3	150	0,1,2,3 / 0,1,2
27- Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) QL1	151	0,1,2,3 / 0,1,2
28- Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) QL2	152	0,1,2,3 / 0,1,2
29- Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) QL3	153	0,1,2,3 / 0,1,2
30- Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) COSL1	154	3 / 0
31- Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) COSL2	155	3 / 0
32- Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) COSL3	156	3 / 0
33- Średnia moc czynna (N minut)	157	0,1,2,3 / 0,1,2
34- Średnia moc bierna (N minut)	158	0,1,2,3 / 0,1,2

35- Maksimum mocy czynnej średniej (N minut)	159	0,1,2,3 / 0,1,2
36- Maksimum mocy biernej średniej (N minut)	160	0,1,2,3 / 0,1
37-diagnostyka / błąd pomiarów	161	0 / 0
38-Tangens φ (opcja)	162	0,1,2,3 / 0,1
52- Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) SL1	176	0,1,2,3 / 0,1,2
53- Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) SL2	177	0,1,2,3 / 0,1,2
54- Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) SL3	178	0,1,2,3 / 0,1,2
...	...	...
58- Wybrany pomiar n° 1	182	0,1,2,3 / 0,1
59- Wybrany pomiar n° 2	183	0,1,2,3 / 0,1
...	...	...
69- Wybrany pomiar n° 12	193	0,1,2,3 / 0,1
...	...	...
125- Przecinek (bajt starszy) Jednostka (bajt młodszy) Test pomiaru (123,45 k)	249	2 / 1

1 / x = pomiar z rozdzielczością x 10: przykład P = 2534 1 / 2 daje 253.4 MW
0 / x = pomiar bez przecinka : przykład diagnostyka = 32 0 / 0 daje błąd N°32

Położenie przecinka : 0: xxxx. 1: xxx.x 2: xx.xx 3: x.xxx
Jednostka : 0: x1 1: kilo 2: Mega 3: Giga

Przykład: Przekładnia prądowa = 5kA/1A , wyświetlane = 5.00kA
Transmisja 5000 według tabeli pomiarów i 3/1 zgodnie z tabelą przecinków/jednostek.



3-3 Format 32 bitowy:

Jednostki i przecinki są ustalone, wszystkie pomiary są kodowane na 32 bitach (liczby podwójne całkowite)

Pomiar format 32 bitowy	Adres	Jednostka pomiaru
1-UL1 (napięcie fazy 1)	0	V
2-UL2 (napięcie fazy 2)	2	V
3-UL3 (napięcie fazy 3)	4	V
4-U12 (napięcie międzyfazowe)	6	V
5-U23 (napięcie międzyfazowe)	8	V
6-U31 (napięcie międzyfazowe)	10	V
7-IL1 (prąd fazy 1)	12	A
8-IL2 (prąd fazy 2)	14	A
9-IL3 (prąd fazy 3)	16	A
10- Moc czynna całkowita	18	W
11- Moc bierna całkowita	20	VAr
12- Moc pozorna całkowita	22	VA
13-cosφ całkowity (współcz.mocy: P/S)	24	x100
14- częstotliwość	26	Hz x10
15- Energia czynna zużyta (OUT)	28	kWh
16- Energia czynna oddana (IN)	30	kWh
17- Energia bierna indukcyjna	32	kVArh
18- Energia bierna pojemnościowa	34	kVArh
19-PL1 (moc czynna fazy 1)	36	W
20-PL2 (moc czynna fazy 2)	38	W
21-PL3 (moc czynna fazy 3)	40	W
22-QL1 (moc bierna fazy 1)	42	VAr
23-QL2 (moc bierna fazy 2)	44	VAr
24-QL3 (moc bierna fazy 3)	46	VAr
...	...	...
...	...	...
27- Prąd upływu	52	A
28- cosφL1 (współcz.mocy fazy 1: P/S)	54	x100
29- cosφL2 (współcz.mocy fazy 2: P/S)	56	x100
30- cosφL3 (współcz.mocy fazy 3: P/S)	58	x100
31- średnia moc czynna (N minut*)	60	-
32- średnia moc bierna (N minut*)	62	-
33- Najwyższa moc czynna średnia (N minut*)	64	-

34- Najwyższa moc bierna średnia (N minut*)	66	-
35-Diagnostyka	68	-
36-Tangens φ (opcja)	70	x100
37- nieużywany	72	-
38- nieużywany	74	-
39- Wybrany pomiar n° 1	76	Jak wybranego pomiaru 1
40- Wybrany pomiar n° 2	78	Jak wybranego pomiaru 2
41- Wybrany pomiar n° 3	80	Jak wybranego pomiaru 3
42- Wybrany pomiar n° 4	82	Jak wybranego pomiaru 4
43- Wybrany pomiar n° 5	84	Jak wybranego pomiaru 5
44- Wybrany pomiar n° 6	86	Jak wybranego pomiaru 6
45- Wybrany pomiar n° 7	88	Jak wybranego pomiaru 7
46- Wybrany pomiar n° 8	90	Jak wybranego pomiaru 8
47- Wybrany pomiar n° 9	92	Jak wybranego pomiaru 9
48- Wybrany pomiar n° 10	94	Jak wybranego pomiaru 10
49- Wybrany pomiar n° 11	96	Jak wybranego pomiaru 11
50- Wybrany pomiar n° 12	98	Jak wybranego pomiaru 12
51-SL1 (moc pozorna fazy 1)	100	VA
52-SL2 (moc pozorna fazy 2)	102	VA
53-SL3 (moc pozorna fazy 3)	104	VA
..	...	...
62-Test pomiaru 123.45	124	Kx100

3-4 Transmisja harmoniczných (opcja H)

Harmoniczne są transmitowane w postaci bajtów (8 bitów), niezależnie od wybranego formatu pomiaru.

Rząd	1-szy bajt	Rząd	2-gi bajt	Adres
THD	IL1	THD	UL1	500
THD	IL2	THD	UL2	501
THD	IL3	THD	UL3	502
IL1	H 3	H 5		503
	H 7	H 9		504
	H 11	H 13		505
	H 15	H 17		506
	H 19	H 21		507
	H 23	H 25		508
	H 27	H 29		509
	H 31	H 33		510
	H 35	H 37		511
	H 39	H 41		512
	H 43	H 45		513
	H 47	H 49		514
UL1	H 3	H 5		515
	H 7	H 9		516
	H 11	H 13		517
	H 15	H 17		518
	H 19	H 21		519
	H 23	H 25		520
	H 27	H 29		521
	H 31	H 33		522
	H 35	H 37		523
	H 39	H 41		524
	H 43	H 45		525
	H 47	H 49		526
IL2	H 3	H 5		527
	H 7	H 9		528
	H 11	H 13		529
	H 15	H 17		530
	H 19	H 21		531
	H 23	H 25		532
	H 27	H 29		533
	H 31	H 33		534
	H 35	H 37		535

H 39	H 41	536
H 43	H 45	537
H 47	H 49	538
UL2	H 3	539
	H 7	540
	H 11	541
	H 15	542
	H 19	543
	H 23	544
	H 27	545
	H 31	546
	H 35	547
	H 39	548
	H 43	549
	H 47	550
IL3	H 3	551
	H 7	552
	H 11	553
	H 15	554
	H 19	555
	H 23	556
	H 27	557
	H 31	558
	H 35	559
	H 39	560
	H 43	561
	H 47	562
UL3	H 3	563
	H 7	564
	H 11	565
	H 15	566
	H 19	567
	H 23	568
	H 27	569
	H 31	570
	H 35	571
	H 39	572
	H 43	573
	H 47	574

Przykład:

EVA3000 nr 10 dla IL1, 3 harmoniczna 10%, 5 harmoniczna 5%, 7 harmoniczna 3%, i 9 harmoniczna 0%, 2 słowa są odczytywane od adresu 503

Zapytanie: 10-3-1-247-0-2-CRC16

Odpowiedź: 10-3-4-10-5-3-0-CRC16

3-5. Format pomiarów

Format przesyłanych pomiarów przez łącze cyfrowe zależy od wybranej konfiguracji :

■ Format 2 – 1 / 4 – 3

Ramka zapytania o pomiar EA OUT z URZĄDZENIA N°10:

10-3-0-12-0-2-CRC16

Odpowiedź URZĄDZENIA: 10-3-4-bajt2-bajt1-bajt4-bajt3-CRC16

EA OUT= bajt1 + bajt2 x 256 + bajt3 x 256² + bajt4 x 256³

Ramka zapytania o pomiar częstotliwości z URZĄDZENIA N°10:

10-3-0-9-0-1-CRC16

Odpowiedź URZĄDZENIA: 10-3-2-bajt-2-bajt1 -CRC16

CZĘSTOTLIWOŚĆ= bajt1 + bajt2 x 256

■ Format 4 – 3 / 2 – 1

Ramka zapytania o pomiar EA OUT z URZĄDZENIA N°10:

10-3-0-12-0-2-CRC16

Odpowiedź URZĄDZENIA: 10-3-4- bajt4- bajt3- bajt2- bajt1-CRC16

EA OUT= bajt1 + bajt2 x 256 + bajt3 x 256² + bajt4 x 256³

Ramka zapytania o pomiar częstotliwości z URZĄDZENIA N°10:

10-3-0-9-0-1-CRC16

Odpowiedź URZĄDZENIA: 10-3-2-bajt-bajt1 -CRC16

CZĘSTOTLIWOŚĆ= bajt1 + bajt2 x 256

■ Format 1 – 2 / 3 – 4

Ramka zapytania o pomiar EA OUT z URZĄDZENIA N°10:

10-3-0-12-0-2-CRC16

Odpowiedź URZĄDZENIA: 10-3-4-bajt1-bajt2-bajt3-bajt4-CRC16

EA OUT= bajt1 + bajt2 x 256 + bajt3 x 256² + bajt4 x 256³

Ramka zapytania o pomiar częstotliwości z URZĄDZENIA N°10:

10-3-0-9-0-1-CRC16

Odpowiedź URZĄDZENIA: 10-3-2-bajt1-bajt2 -CRC16

CZĘSTOTLIWOŚĆ= bajt1 + bajt2 x 256

■ Format 3 – 4 / 1 – 2

Ramka zapytania o pomiar EA OUT z URZĄDZENIA N°10:

10-3-0-12-0-2-CRC16

Odpowiedź URZĄDZENIA: 10-3-4-bajt3-bajt4-bajt1-bajt2-CRC16

EA OUT= bajt1 + bajt2 x 256 + bajt3 x 256² + bajt4 x 256³

Ramka zapytania o pomiar częstotliwości z URZĄDZENIA N°10:

10-3-0-9-0-1-CRC16

Odpowiedź URZĄDZENIA: 10-3-2-bajt1-bajt2 -CRC16

CZĘSTOTLIWOŚĆ= bajt1 + bajt2 x 256

Energia jest przesyłana z takim samym mnożnikiem jak moc całkowita.

Dla harmonicznnych, wartość harmonicznnych kodowana jest w % jako liczba całkowita pomiędzy 0 a 100.

■ Format 32 bitowy

Ramka zapytania o pomiar EA OUT z URZĄDZENIA N°10:

10-3-0-28-0-2-CRC16

Odpowiedź URZĄDZENIA: 10-3-4-bajt2-bajt1-bajt4-bajt3-CRC16

EA OUT= bajt1 + bajt2 x 256 + bajt3 x 256² + bajt4 x 256³

Ramka zapytania o pomiar częstotliwości z URZĄDZENIA N°10:

10-3-0-26-0-2-CRC16

Odpowiedź URZĄDZENIA: 10-3-4- bajt2-bajt1-bajt4-bajt3-CRC16

CZĘSTOTLIWOŚĆ= bajt1 + bajt2 x 256 + bajt3 x 256² + bajt4 x 256³

W tym formacie przecinki i jednostki są ustalone, nie ma tutaj drugiej tabeli do odczytu. Jak można zobaczyć w tabeli 7.3.2, częstotliwość przesyłana jest w Hz z 1 cyfrą po przecinku: odczytana wartość = 500 dla 50.0Hz.

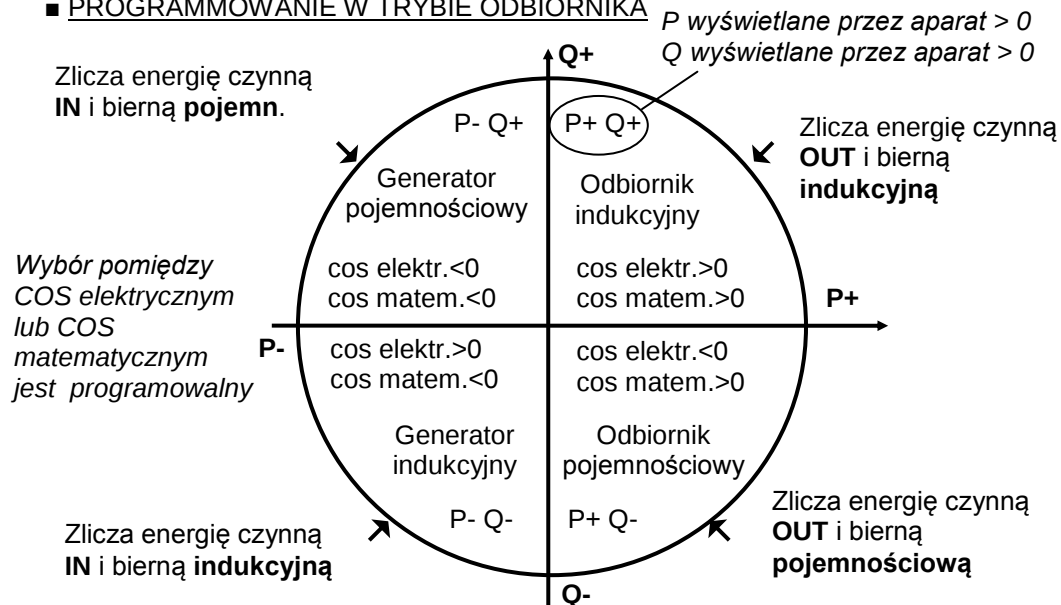
Pomiary są na 32 bitach zamiast 16 w innych formatach (za wyjątkiem energii, które są zawsze na 32 bitach), powoduje to jednak wydłużenie sekwencji.

3.6. Zerowanie liczników energii

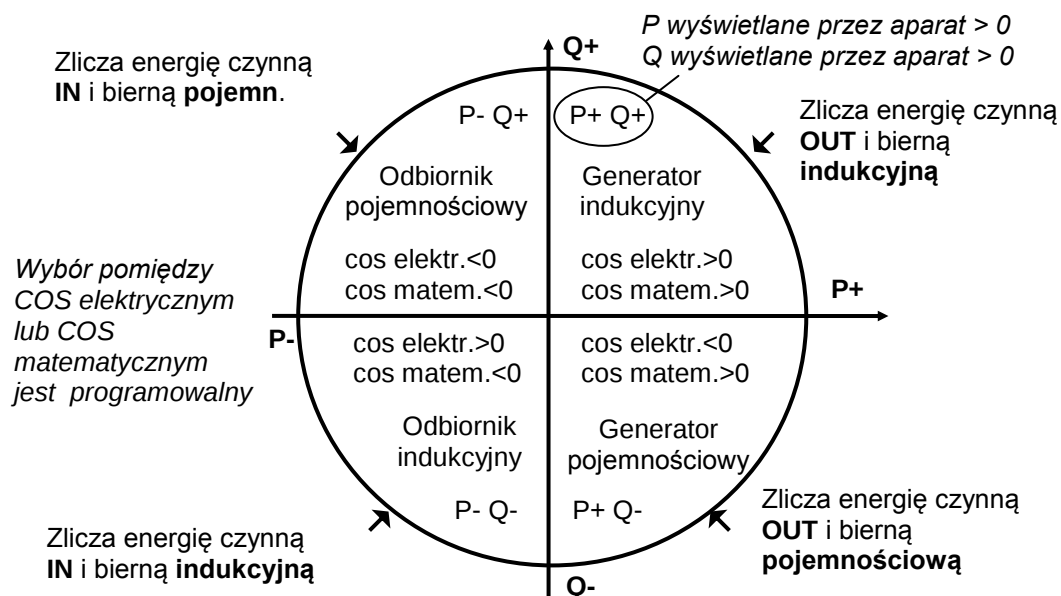
W MODBUS wszystkie liczniki energii można zresetować do zera, wpisując liczbę całkowitą o wartości 8481 pod adresem 1080

8. Znaczenie różnych liczników energii

■ PROGRAMOWANIE W TRYBIE ODBIORNIKA



■ PROGRAMOWANIE W TRYBIE GENERATORA



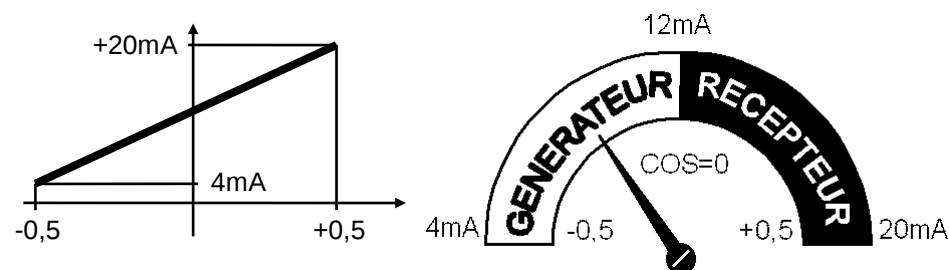
9. Szczególny przypadek współczynnika mocy ($\cos \phi$)

Współczynnik mocy może być transmitowany przez wyjście analogowe na 3 różne sposoby :

■ COSINUS MATEMATYCZNY :

znak cosinusa określa kierunek prądu (odbiornik / generator)

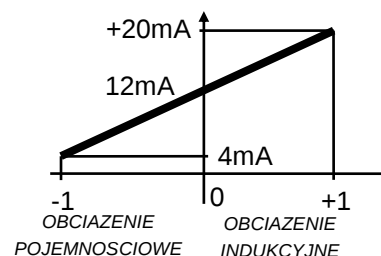
Przykład : obciążenie może być odbiornikiem lub generatorem prądu, na wyjście jest transmitowany prąd 4-20mA dla cosinusa zawartego pomiędzy -0,5 a +0,5



■ COSINUS ELEKTRYCZNY Z CENTRUM 0 :

znak cosinusa oznacza rodzaj obciążenia (pojemnościowe lub indukcyjne)

Przykład : pomiar sieci z kompensacją cosinusa przez kondensatory. Obciążenie jest indukcyjne, ale wskutek kompensacji może zmienić się na pojemnościowe. Wartość cosinusa oscyluje pomiędzy +/-1. Wyjście zaprogramowane na 4-20mA dla cos od -1 do +1.



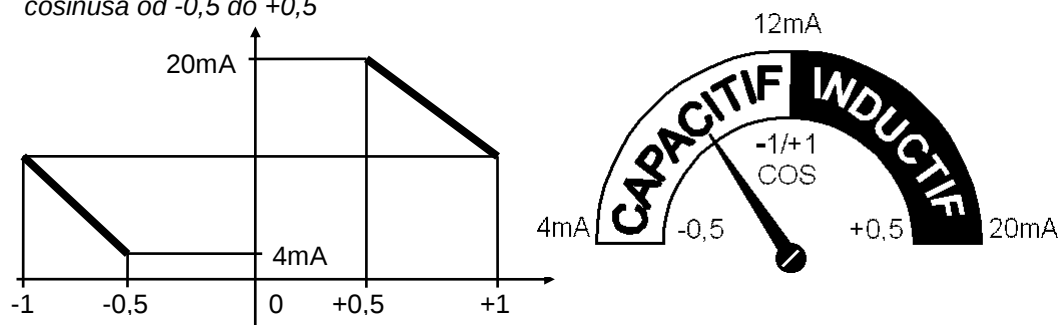
Cosinus oscyluje pomiędzy +/-1, wyjście prądowe przełącza się między 4 a 20mA. Używanie miernika wskazówkowego nie jest możliwe, liniowa funkcja przetwarzania pozwala na używanie wskaźnika cyfrowego na wyjściu prądowym.

Dla uniknięcia przełączania pomiędzy 4 a 20mA , należy ustawić następującą konfigurację :

■ **COSINUS ELEKTRYCZNY Z CENTRUM +/-1 :**

znak cosinusa wskazuje na charakter obciążenia
(pojemnościowe lub indukcyjne , wyjście prądowe z centrum dla cosinusa +/-1).

Przykład : dla przykładu jak wyżej wyjście zaprogramowane 4-20mA dla cosinusa od -0,5 do +0,5



Jeśli cosinus oscyluje pomiędzy +/-1 , to wyjście analogowe pozostaje na poziomie 12mA. Nieliniowa funkcja przetwarzania nie pozwala używać wskaźnika cyfrowego na wyjściu prądowym.