

REGULATOR TEMPERATURY
CENTRALNEGO OGRZEWANIA
RG14



INSTRUKCJA OBSŁUGI INTERFEJSU

Spis treści:

1. Wstęp.....	3
2. Sposób podłączenie interfejsu szeregowego.....	3
3. Implementacja protokołu LUMBUS.....	4
3.1 Opis indeksów regulatora RG14.	4
3.2 Zdalne sterowanie przekaźnikami.	11
3.3 Zapisywanie programu dobowego.	12
3.4 Zapisywanie dni dodatkowych.....	12
3.5 Zdalne wpisanie nastaw fabrycznych.	12
3.6 Zdalny restart regulatora.....	12
4. Specyfikacja protokołu LUMBUS.....	12
4.1 Podstawowe pojęcia	12
4.2 Warstwa fizyczna	13
4.3 Warstwa transmisji..... ..	14
4.4 Warstwa aplikacji	17
5. Implementacja protokołu MODBUS.....	19
5.1 Opis rejestrów regulatora RG14.....	19
5.2 Zdalne sterowanie przekaźnikami.	25
5.3 Zapisywanie programu dobowego.	26
5.4 Zapisywanie dni dodatkowych.....	26
5.5 Zdalne wpisanie nastaw fabrycznych.	26
5.6 Zdalny restart regulatora.....	26
6. Specyfikacja protokołu MODBUS.....	27
6.1 Ramka w trybie ASCII	27
6.2 Ramka w trybie RTU	28
6.3 Charakterystyka pól ramki	28
6.4 Wyznaczenie LRC	29
6.5 Wyznaczenie CRC..... ..	29
6.6 Format znaku przy transmisji szeregowej	29
6.7 Przerwanie transakcji..... ..	29
6.8 Opis funkcji.	30
6.9 Kody błędów.	31
6.10 Dodatek A: Obliczanie sum kontrolnych LRC i CRC.	33

1. Wstęp.

Mikroprocesorowy regulator temperatury RG14 ma łącze szeregowe w standardzie RS-485 do komunikacji w systemach komputerowych oraz z innymi urządzeniami. Na łączu szeregowym zostały zaimplementowane 2 asynchroniczne protokoły transmisji: firmowy protokół Lumelu LUMBUS oraz protokół MODBUS w trybach ASCII i RTU. Wybór i konfiguracja protokołu następuje z klawiatury regulatora w sposób opisany w *Instrukcji obsługi regulatora RG14*.

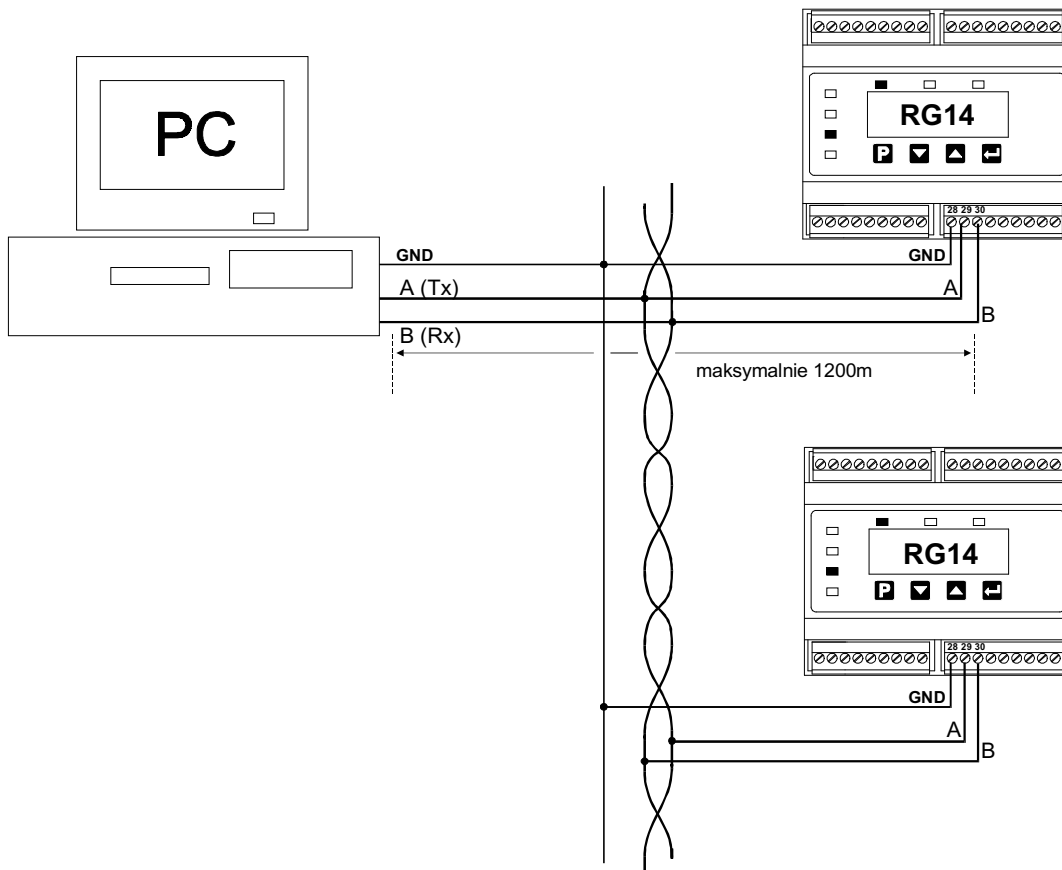
Regulator RG14 ma zmodernizowane i rozbudowane oprogramowanie częściowo bazujące na oprogramowaniu regulatora RG11. W porównaniu do regulatora RG11 dodano kilka nowych funkcji oraz zmieniono działanie innych. Większość nowych parametrów zostało dołączonych końcu pierwotnej listy indeksów (adresów) regulatora RG11. W kilka parametrów zmieniło zakres wartości. Wszystkie nowe lub zmienione parametry zostały zacieniowane w tablicach indeksów (Lumbus) i rejestrów (Modbus). Więcej informacji o oprogramowaniu znajduje się w *Instrukcji obsługi regulatora RG14*.

2. Sposób podłączenie interfejsu szeregowego.

Standard RS-485 pozwala na bezpośrednie połączenie do 32 urządzeń na pojedynczym łączu szeregowym o długości do 1200m. Do połączenia większej ilości urządzeń konieczne jest stosowanie dodatkowych układów pośrednicząco - separujących.

Wyprowadzenie linii interfejsu podano w instrukcji obsługi regulatora. Do uzyskania prawidłowej transmisji konieczne jest podłączenie parą skręconych przewodów linii **A** i **B** równoległe z ich odpowiednikami w innych urządzeniach. Ze względu na możliwość występowania różnic potencjału między nadajnikami RS-485 poszczególnych urządzeń, w niektórych przypadkach znacznie przekraczających dopuszczalne wartości dla tych układów, może okazać się konieczne połączenie ze sobą mas interfejsów oznaczonych symbolem **GND**. Połączenia należy wykonać przewodem ekranowanym. Ekran należy podłączyć do zacisku ochronnego instalacji elektrycznej w pojedynczym punkcie.

Sposób łączenia urządzeń pokazano na rysunku rys.1.



Rys. 1. Sposób łączenia urządzeń.

Do uzyskania połączenia z komputerem PC niezbędna jest karta interfejsu RS 485 lub konwerter RS232 na RS485 z automatycznym sterowaniem kierunkiem transmisji (np. PD5 produkcji Lumel S.A.).

3. Implementacja protokołu LUMBUS.

3.1 Opis indeksów regulatora RG14.

Regulator RG14 został zdefiniowany jako urządzenie pasywne o numerze identyfikacyjnym 15 i dodatkowym 2. Wszystkie indeksy regulatora reprezentują zmienne 16 bitowe typu prostego. Wartość wpisywana pod dany indeks interpretowana jest w zależności od jego numeru: jako dwubajtowa liczba całkowita ze znakiem (*int*), jako dwie jednobajtowe liczby bez znaku (MSB, LSB) lub jako dwa bajty zawierające maskę i znaczniki (MSB, LSB). Oznaczenia {R-}, {-W} w kolumnie *Opcje* oznaczają dopuszczalne działania na zmiennych - odpowiednio odczyt i zapis. W przypadku indeksów do zmiennych interpretowanych bitowo, maska umożliwia dostęp do wybranych bitów danej - ustawienie bitu maski na „1” umożliwi dokonanie operacji na odpowiadającym mu bicie danej bez zmiany innych bitów. Wynikiem odczytu maski jest zawsze wartość "0". Oznaczenie MSB, LSB w kolumnie *Format danej* określają odpowiednio: starszy bajt i młodszy bajt danej.

Zestawienie indeksów regulatora RG14

Tablica 1.

Indeks	Symbol	Opis parametru	Zakres	Format danej	Jednostka	Opcje
9		zestaw parametrów określających stan regulatora		patrz → tablica 2.		{R-}
Parametry regulacji PID:						
10	Pb	zakres proporcjonalności	1..999	int	[%]	{RW}
11	t_i	czas całkowania	0..9999	int	[sek]	{RW}
12	t_d	czas różniczkowania	0..999	int	[sek]	{RW}
13	dUn	minimalna zmiana położenia zaworu	1..100	int	[% x 10]	{RW}
14	zn	strefa nieczułości	0..20	int	[°C]	{RW}
15		zmiana programu dobowego, która będzie obowiązywała do końca dnia kalendarzowego (odpowiada „szybkiej zmianie programu” przyciskiem \boxed{P}).	0..3	int	0 = bez zmian 1 = roboczy 2 = świąteczny 3 = specjalny	{RW}
Program dobowy roboczy: SP						
16	$tSP1$	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
17	$SP1$	poprawka dobową	-60..60	int	[°C]	{RW}
18	$tSP2$	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
19	$SP2$	poprawka dobową	-60..60	int	[°C]	{RW}
20	$tSP3$	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
21	$SP3$	poprawka dobową	-60..60	int	[°C]	{RW}
22	$tSP4$	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
23	$SP4$	poprawka dobową	-60..60	int	[°C]	{RW}
24	$tSP5$	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
25	$SP5$	poprawka dobową	-60..60	int	[°C]	{RW}
26	$SP6$	poprawka dobową	-60..60	int	[°C]	{RW}
Program dobowy świąteczny: SP						
27	$tSP1$	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
28	$SP1$	poprawka dobową	-60..60	int	[°C]	{RW}
29	$tSP2$	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
30	$SP2$	poprawka dobową	-60..60	int	[°C]	{RW}
31	$tSP3$	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
32	$SP3$	poprawka dobową	-60..60	int	[°C]	{RW}
33	$tSP4$	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
34	$SP4$	poprawka dobową	-60..60	int	[°C]	{RW}

c.d. tablicy 1.

35	ŁSP5	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
36	SP5	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
37	SP6	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
Program dobowy specjalny: SP						
38	ŁSP1	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
39	SP1	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
40	ŁSP2	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
41	SP2	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
42	ŁSP3	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
43	SP3	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
44	ŁSP4	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
45	SP4	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
46	ŁSP5	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
47	SP5	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
48	SP6	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
Zegar i kalendarz h h h h i j d R Ł R						
49		rok	2001..2099	int		{RW}
50		dzień:miesiąc	1..31, 1..12	int [MSB,LSB]	[dd,mm]	{RW}
51	dŁ 1-7	dzień tygodnia	0..6	int	pon- niedz	{R-}
52	h h h h	godzina:minuta	0..23,0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
Dni dodatkowe						
53 : 72	dd	dodatkowe dni robocze	1..31, 1..12 0, 0 – brak	int [MSB,LSB]	[dd,mm]	{RW}
73 : 92	dd	dodatkowe dni świąteczne	1..31, 1..12 0, 0 – brak	int [MSB,LSB]	[dd,mm]	{RW}
93 : 112	dd	dni specjalne	1..31, 1..12 0, 0 – brak	int [MSB,LSB]	[dd,mm]	{RW}
Ograniczanie temperatury wody powrotu (cz. 1.) oŁP						
113	R3	mnożnik różnicy	0..100	int	[mnożnik x 100]	{RW}
114	SP3	stała wartość ograniczania	0..100	int	[°C]	{RW}
Krzywa grzewcza (cz. 1.) bŁd						
115	Ł2-R	punkt A –temp. zewnętrzna	-50..50	int	[°C]	{RW}
116	ŁcoR	temp. zadana zasilania	0..150	int	[°C]	{RW}
117	Ł2-b	punkt B –temp. zewnętrzna	-50..50	int	[°C]	{RW}
118	Łcob	temp. zadana zasilania	0..150	int	[°C]	{RW}
119	Ł2-Ł	punkt C -temp. zewnętrzna	-50..50	int	[°C]	{RW}
120	ŁcoŁ	temp. zadana zasilania	0..150	int	[°C]	{RW}
121	Ł2-d	punkt D -temp. zewnętrzna	-50..50	int	[°C]	{RW}
122	Łcod	temp. zadana zasilania	0..150	int	[°C]	{RW}
123	ŁcoH	maksymalna temp. zadana zasilania	0..150	int	[°C]	{RW}
124	dŁŁŁ	przesunięcie krzywej grzewczej	- 50..50	int	[°C]	{RW}
Różnice temperatur dla czujników rŁ						
125	rŁ1	różnica temperatury dla T1	-9.9..10.0	int	[°C x 10]	{RW}
126	rŁ2	różnica temperatury dla T2	-9.9..10.0	int	[°C x 10]	{RW}
127	rŁ3	różnica temperatury dla T3	-9.9..10.0	int	[°C x 10]	{RW}
128	rŁ4	różnica temperatury dla T4	-9.9..10.0	int	[°C x 10]	{RW}

c.d. tablicy 1.

Bloki funkcyjne blo						
129	blo1 blo2 blo3 blo4 blo5 blo6 blo7 blo8	MSB: maska LSB: bit0 = blok1 bit1 = blok2 bit2 = blok3 bit3 = blok4 bit4 = blok5 bit5 = blok6 bit6 = blok7 bit7 = blok8	0..FFh, 0..FFh	int [MSB,LSB]	0 = wyłączony 1 = załączony	{RW}
130	SPc2	zadana temperatura zasilania c.o. po wyłączeniu lub awarii czujnika T2	0..1500	int	[°C x 10]	{RW}
Parametry priorytetu C.W.U. (cz. 1.) Prcu						
131	Prcu	obniżenie temperatury zadanej zasilania w czasie trwania priorytetu c.w.u.	0..500	int	[°C x 10]	{RW}
Automatyczne wyłączenie ogrzewania (cz. 1.) Lato						
132	toff	temperatura wyłączenia ogrzewania	(ton +1)..50	int	[°C]	{RW}
133	coff	czas wyłączenia ogrzewania	0..23*60+59	int	[minuty]	{RW}
134	ton	temperatura załączenia ogrzewania	-50..(toff -1)	int	[°C]	{RW}
135	con	czas załączenia ogrzewania	0..23*60+59	int	[minuty]	{RW}
136	cpo	czas wyłączenia pompy	0..23*60+59	int	[minuty]	{RW}
137	tpo	czas pełnego otwarcia zaworu. Zmiana wartości parametru (gdzie wybrany jest algorytm PID) spowoduje pozycjonowanie napędu zaworu	8..360	int	[sek]	{RW}
Konfiguracja czujników conf						
138	t2 t3 t4 pr	MSB: maska LSB: bit0 = czujnik T2 bit1 = czujnik T3 bit2 = czujnik T4 bit3 = we. impulsowe	0..0Fh, 0..0Fh	int [MSB, LSB]	0 = brak czujnika 1 = jest	{RW}
139	cod	kod bezpieczeństwa	0..9999	int		{RW}
140		numer wersji programu		int		{R-}
141		1-słowo statusu regulatora		patrz → tablica 3.		{R-}
142		2-słowo statusu regulatora		patrz → tablica 4.		{R-}
143	t1	temperatura zasilania	-500..1500	int	[°C x 10]	{R-}
144	t2	temperatura zewnętrzna	-500..1500	int	[°C x 10]	{R-}
145	t3	temperatura wody powrotnej	-500..1500	int	[°C x 10]	{R-}
146	t4	temperatura pomieszczenia	-500..1500	int	[°C x 10]	{R-}
147		temp. ograniczania wody powrotu	0..1500	int	[°C x 10]	{R-}
148		zadana temperatura zasilania	0..1500	int	[°C x 10]	{R-}
149		położenie zaworu	0..10000	int	[%·100]	{R-}
150		stan regulacji automatycznej	0..1	int	0 = STOP 1 = START	{RW}

c.d. tablicy 1.

Zdalne sterowanie elementami wykonawczymi:						
151	S_{err}	zdalne sterowanie elementami wykonawczymi	0..3, 0..3	int [MSB, LSB] MSB: maska LSB: bit0: tryb sterowania elementami wykonawczymi bit1: tryb sterowania przełącznikami otwierania i zamykania	0 = automat. 1 = zdalne 0 = sterow. przez indeks 152 1 = sterow. przez indeks 153	{RW}
152		nowe położenie siłownika zaworu w czasie zdalnego sterowania	0..10000	int	[% x 100]	{RW}
153		stan przełączników w czasie zdalnego sterowania	0..0Fh, 0..0Fh	int [MSB, LSB] MSB: maska LSB: bit0 = P1 bit1 = P2 bit2 = P3 bit3 = P4	0 = wyłączony 1 = załączony	{RW}
154	F_{Ab}	przywrócenie nastaw fabrycznych (oprócz ustawień interfejsu)	AA55h Przy odczycie zwracana jest wartość 0	int		{RW}
155	A_{lg}	algorytm sterowania elementami wykonawczymi. <i>Załączenie algorytmu PID spowoduje pozycjonowanie napędu zaworu.</i>	0..2	int	0 = trójstawny krokowy PID (P_{id}) 1 = trójstawny z histerezą (3onF) 2 = dwustawny dwustopniowy (4onF)	{RW}
Parametry regulacji trójstawnej i dwustawnej: P_{IEC}						
156	h₁	histereza I stopnia kotła	0..500	int	[°C x 10]	{RW}
157	Y_{dl}	strefa rozsunęcia temperatury zadanej dla drugiego stopnia kotła	-99..99	int	[°C]	{RW}
158	h₂	histereza II stopnia kotła	0..500	int	[°C x 10]	{RW}
159	t_{Pc}	czas pełnego zamknięcia zaworu. <i>Zmiana wartości parametru (gdy wybrany jest algorytm PID) spowoduje pozycjonowanie napędu zaworu</i>	8..360	int	[sek]	{RW}
Krzywa grzewcza (cz. 2.) b_{ud}						
160	t_{col}	minimalna temperatura zadana wody zasilania	5..50	int	[°C]	{RW}
Parametry priorytetu C.W.U. (cz. 2.) P_{rcu}						
161	dt₃	wartość obniżenia temperatury ograniczania powrotu	0..500	int	[°C x 10]	{RW}
162	t_{on}	maksymalny czas trwania priorytetu C.W.U.	1..60	int	[minuty]	{RW}
163	t_{off}	minimalny czas przerwy w priorytecie C.W.U.	1..30	int	[minuty]	{RW}

c.d. tablicy 1.

Automatyczne wyłączenie ogrzewania (cz. 2.) L R t o						
164	c r P o	godzina codziennego rozruchu pompy obiegowej i napędu zaworu po automatycznym wyłączeniu ogrzewania	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
Ograniczanie temperatury wody powrotu (cz. 2.) o t P						
165	t 3 - A	punkt A krzywej ograniczania temp. wody powrotu	0..100	int	[°C]	{RW}
166	t 3 - B	punkt B krzywej ograniczania temp. wody powrotu	0..100	int	[°C]	{RW}
167	t 3 - C	punkt C krzywej ograniczania temp. wody powrotu	0..100	int	[°C]	{RW}
168	t 3 - D	punkt D krzywej ograniczania temp. wody powrotu	0..100	int	[°C]	{RW}
Ograniczanie mocy lub przepływu o P r						
169	$\{n\}$	mnożnik wartości mocy lub przepływu. <i>Zapis nowej wartości powoduje zerowanie parametru spod indeksu 172</i>	0..3	int	0 = 1 1 = 10 2 = 100 3 = 1000	{RW}
170		wartość ograniczania mocy lub przepływu	0..30000	int	$(\text{kW} \times 100) \times n$ $(\text{m}^3/\text{h} \times 100) \times n$	{RW}
171		mierzona moc chwilowa lub przepływ chwilowy	0..30000	int	$(\text{kW} \times 100) \times n$ $(\text{m}^3/\text{h} \times 100) \times n$	{RW}
172	H , g h	maksymalna wartość mocy chwilowej lub przepływu	0..30000	int	$(\text{kW} \times 100) \times n$ $(\text{m}^3/\text{h} \times 100) \times n$ 0	{R-} {-W}
173	t r y b	sposób ograniczania mocy lub przepływu	0..3	int	0 = min+max(T2) 1 = min+max 2 = max 3 = min	{RW}
174	t 2 - H	temp. zewnętrzna T2, poniżej której obowiązuje największa wartość progu ograniczania mocy lub przepływu	-50..50	int	[°C]	{RW}
175	o g r H	największa wartość progu ograniczania mocy lub przepływu	1..30000	int	$(\text{kW} \times 100) \times n$ $(\text{m}^3/\text{h} \times 100) \times n$	{RW}
176	H , S t	histereza wyłączenia ograniczania mocy lub przepływu maksymalnego	1..6000	int	$(\text{kW} \times 100) \times n$ $(\text{m}^3/\text{h} \times 100) \times n$	{RW}
177	t o f f	opóźnienie wyłączenia ograniczania, gdy moc lub przepływ < (ogrH - HiSt)	0..360	int	[minuty]	{RW}
178	t 2 - L	temperatura zewnętrzna T2, powyżej której obowiązuje wartość progu ograniczania mocy lub przepływu minimalnego	-50..50	int	[°C]	{RW}
179	o g r L	wartość progu ograniczania mocy lub przepływu minimalnego	1..30000	int	$(\text{kW} \times 100) \times n$ $(\text{m}^3/\text{h} \times 100) \times n$	{RW}
180	t c l o	czas zamknięcia zaworu podczas trwania ograniczania mocy lub przepływu minimalnego	1..360	int	[minuty]	{RW}
181	t o p n	czas otwarcia zaworu podczas trwania ograniczania mocy lub przepływu minimalnego	1..360	int	[minuty]	{RW}

c.d. tablicy 1.

182	ŁRLr	czas braku impulsów energii lub objętości, po którym regulator sygnalizuje uszkodzenie ciepłomierza lub przepływomierza	1..360	int	[minuty]	{RW}
183	WAGR	waga impulsów przychodzących z ciepłomierza lub przepływomierza. <i>Zapis nowej wartości powoduje zerowanie parametru spod indeksu 172</i>	1..30000	int	(x 100)	{RW}
184	WEdn	jednostka impulsów. <i>Zapis nowej wartości powoduje zerowanie parametru spod indeksu 172</i>	0..7	int	0 = Wh / imp. 1 = kWh / imp. 2 = MWh / imp. 3 = MJ / imp. 4 = GJ / imp. 5 = litr / imp. 6 = m ³ / imp. 7 = imp. / litr	{RW}
185	F.Lt	najmniejsza możliwa do zarejestrowania długość impulsu	1..100	int	[ms]	{RW}
Parametry funkcji korekty temperatury ogrzewania wg temperatury pomieszczenia SPt4						
186	SP4	zadana temperatura pomieszczenia	50..400	int	[°C x 10]	{RW}
187	2nt4	strefa nieczułości powyżej temp. zadanej pomieszczenia	02..100	int	[°C x 10]	{RW}
188	R4	współczynnik wpływu odchyłki temperatury pomieszczenia T4 od zadanej, na temperaturę ogrzewania	00..500	int	[x 10]	{RW}
189	dt.c0	maksymalna wartość korekty temperatury ogrzewania	5..100	int	[°C]	{RW}
190	t4H.	maksymalna wartość zadanej temp. pomieszczenia	100..400	int	[°C x 10]	{RW}
191	t4Lo	minimalna wartość zadanej temp. pomieszczenia	50..400	int	[°C x 10]	{RW}
192	RPd	współczynnik wpływu programu dobowego na zadaną temp. pomieszczenia	000..200	int	[x 100]	{RW}
193	F.Lt	współczynnik uśredniania pomiarów temperatury pomieszczenia	1..250	int		{RW}

Odczyt indeksu 9 powoduje przesłanie 14 słów następujących danych :

Indeks 9 {R-} : zestaw parametrów określających stan regulatora:

Tablica 2.

słowo	opis	indeks
1	identyfikator urządzenia	-
2	1 słowo statusu (tablica 3.)	141
3	2 słowo statusu (tablica 4.)	142
4	temperatura wody zasilania T1	143
5	temperatura zewnętrzna T2	144
6	temperatura wody powrotu T3	145
7	temperatura pomieszczenia T4	146
8	temperatura ograniczania wody powrotu	147
9	temperatura zadana wody zasilania	148
10	położenie zaworu (sygnał sterujący UN)	149
11	algorytm regulacji	155
12	temperatura zadana pomieszczenia	186

13	moc chwilowa (przepływ chwilowy)	171
14	wartość ograniczania mocy (przepływu)	170

Opis znaczników statusu regulatora (indeksy 141 i 142):

Indeks 141 { R- } : 1 słowo statusu regulatora:

Tablica 3.

bit	Opis
15	regulator pracuje w TRYBIE AWARYJNYM (błąd pamięci EEPROM)
14	czas i dane kalendarza są nieaktualne
13	temperatura zasilania T1 poza zakresem pomiarowym (<i>RL - 1</i>)
12	temperatura zewnętrzna T2 poza zakresem pomiarowym (<i>RL - 2</i>)
11	temperatura powrotu T3 poza zakresem pomiarowym (<i>RL - 3</i>)
10	temperatura pomieszczenia T4 poza zakresem pomiarowym (<i>RL - 4</i>)
9	stan wejścia binarnego
8	siłownik w trakcie pozycjonowania (tylko dla algorytmu PID)
7	regulator w trybie regulacji automatycznej (<i>St-r-t</i>)
6	regulator w trybie zdalnego sterowania (<i>St-r-r</i>)
5	regulator w trybie sterowanie ręcznego (<i>St-r-E</i>)
4	regulator w trybie ręcznego programowania parametrów (<i>Pr-og</i>)
3	aktywny PRIORYTET C.W.U.
2	aktywne OGRANICZANIE TEMPERATURY WODY POWROTU
1	ogrzewanie: 0 = wyłączone 1 = załączone
0	aktywna REGULACJA WG TEMPERATURY POMIESZCZENIA T4

Indeks 142 { R- } : 2 słowo statusu regulatora:

Tablica 4.

bit	Opis
15	brak impulsów z ciepłomierza lub przepływomierza
14	aktywne OGRANICZANIE MOCY LUB PRZEPŁYWU MAKSYMALNEGO
13	aktywne OGRANICZANIE MOCY LUB PRZEPŁYWU MINIMALNEGO
12	x
11	x
10	x
9	x
8	x
7	x
6	czas: 0 = zimowy, 1 = leni
5	stan przełącznika P1
4	stan przełącznika P2
3	stan przełącznika P3
2	stan przełącznika P4
1	program
0	dobowy:
	00b = brak realizacji programu dobowego 01b = roboczy, 10b = świąteczny, 11b = specjalny

x = zarezerwowany

3.2 Zdalne sterowanie przełącznikami.

Zdalne sterowanie przełącznikami odbywa się przez indeksy 151, 152 oraz 153. Dostęp do poszczególnych bitów zmiennych dostępnych przez indeksy 151 i 153 umożliwiają bity maski umieszczone w starszym bajcie słowa.

Załączenie trybu zdalnego sterowania następuje po ustawieniu na "1" bitu0 zmiennej o indeksie 151. Na wyświetlaczu regulatora pojawi się wówczas komunikat **S t r r**, a sterowanie przełącznikami będzie możliwe tylko przez interfejs lub przy użyciu funkcji sterowania ręcznego. Działanie pozostałych funkcji regulatora pozostaje niezmienione.

Załączenie trybu zdalnego sterowania oraz stany przełączników zostają zapamiętane w pamięci nieulotnej regulatora i obowiązują do czasu wyłączenia zdalnego sterowania. Podczas pracy w trybie zdalnego sterowania możliwe jest uruchomienie funkcji sterowania ręcznego **S t r E** z klawiatury regulatora, która ma wyższy priorytet realizacji. Do chwili zakończenia sterowania ręcznego sterowanie zdalne nie wpływa na stan przełączników.

Możliwe są dwa tryby zdalnego sterowania przełącznikami. Różnica polega na sposobie sterowania przełącznikami otwierania i zamykania: **tryb 1** pozwala na sterowanie tymi przełącznikami przez podanie względnej zmiany położenia zaworu, a **tryb 2** przez bezpośrednie podanie stanu każdego z przełączników. Sterowanie przełącznikami pompy i dodatkowym polega w obu przypadkach na bezpośrednim podaniu ich stanu.



W odróżnieniu od pracy automatycznej, zdalne sterowanie w trybie 2 umożliwia jednoczesne załączenie przełączników P1 i P2, co w przypadku podłączenia napędu trójfazowego może spowodować jego uszkodzenie.

Sposób wyboru danego trybu oraz jego opis podano w tablicy poniżej:

Tablica trybów zdalnego sterowania przełącznikami.

Tablica 5.

Wartości zmiennych:			Opis
Indeks 151	indeks 152	indeks 153	
bit0 = 0 bit1 nieistotny	zapis niemożliwy	zapis niemożliwy	zdalne sterowanie wyłączone
bit0 = 1 bit1 = 0	nowe położenie zaworu wyrażone w [%·100]	bit0 zapis niemożliwy bit1 zapis niemożliwy bit2 = stan przełącznika P3 bit3 = stan przełącznika P4	tryb 1 zdalnego sterowania. 1. przełączniki otwierania i zamykania sterowane przez zmienną pod indeksem <u>152</u> o wartości równej nowemu położeniu zaworu. Położenie podaje w: ([%] otwarcia zaworu) · 100. 2. przełączniki pompy i dodatkowy sterowane przez indeks <u>153</u> .
bit0 = 1 bit1 = 1	zapis niemożliwy	bit0 = stan przełącznika P1 bit1 = stan przełącznika P2 bit2 = stan przełącznika P3 bit3 = stan przełącznika P4	tryb 2 zdalnego sterowania. 1. wszystkie przełączniki sterowane przez indeks <u>153</u> .

Zdalne sterowanie można wyłączyć w następujący sposób:

1. zdalnie, przez wyzerowanie bitu0 zmiennej spod indeksu 151; po wyłączeniu zdalnego sterowania stany przełączników nie są zmieniane do chwili wysterowania przez regulator;
2. ręcznie, przez naciśnięcie i przytrzymanie przycisku **P** podczas załączania zasilania regulatora; wyłączenie zdalnego sterowania w ten sposób powoduje wyzerowanie zmiennych dostępnych przez indeksy 151, 152 i 153;
3. przez przywrócenie nastaw fabrycznych zdalnie (indeks 154) lub ręcznie; również powoduje zerowanie zmiennych spod indeksów 151, 152 i 153;

3.3 Zapisywanie programu dobowego.

Podczas programowania czasów $t_{1..5}$ i poprawek $SP_{1..6}$ programu dobowego (indeksy 16..48) regulator na bieżąco kontroluje jego uporządkowanie. Polega to na sprawdzaniu, czy czas odcinka występującego po aktualnie zapisywanym jest późniejszy (lub taki sam). Jeżeli tak nie jest, zostaje zmieniony na wartość aktualnie zapisywaną.

3.4 Zapisywanie dni dodatkowych.

Dodatkowe dni robocze, świąteczne oraz specjalne umieszczone są pod indeksami odpowiednio: 53..72, 73..92, 93..112. Podczas zapisywania nowej daty dodatkowej sprawdzane jest, czy istnieje już dzień dodatkowy z tą datą. W przypadku powtórzenia się daty dni dodatkowych, regulator nie wykona zapisu daty i zwróci komunikat o błędzie.

3.5 Zdalne wpisanie nastaw fabrycznych.

Nastawy fabryczne wszystkich parametrów regulatora oprócz prędkości transmisji, adresu grupowego i adresu regulatora można przywrócić przez zapisanie wartości AA55h (MSB=170, LSB=85) pod indeksem 154. Po zdalnym wpisaniu nastaw fabrycznych nastąpi kilkusekundowy brak komunikacji z regulatorem. W tym czasie zostaną zapisane nastawy fabryczne, przeprowadzone zostanie rozpoznawanie czujników, po czym regulator powróci do normalnej pracy.

3.6 Zdalny restart regulatora.

W celach serwisowych możliwe jest wywołanie zdalnego restartu regulatora z inicjalizacją wszystkich rejestrów pamięci (reset sprzętowy). Aby to zrobić, należy przesłać wartość AA55h (MSB=170, LSB=85) pod indeks 250. Odczyt wartości spod tego indeksu nie jest możliwy. Po zapisie podanej wartości regulator zachowa się w taki sam sposób, jak po załączeniu zasilania.

4. Specyfikacja protokołu LUMBUS.

Aby uzyskać wymianę informacji przy wykorzystaniu łącza szeregowego należy wybrać typ interfejsu i ustalić sposób interpretacji danych przesyłanych przy jego pomocy. Typ interfejsu definiuje jedynie parametry elektryczne transmisji i sposób łączenia urządzeń. Od interpretacji danych zależą takie cechy jak możliwość obsługi wielu urządzeń, sprawdzanie poprawności transmisji oraz zasady dostępu do urządzenia. Zadaniem protokołu jest określenie jakie typy danych są dozwolone i jak je interpretować.

Cechy protokołu:

- łączność asynchroniczna;
- możliwa współpraca wielu urządzeń;
- wyróżnienie dwóch typów urządzeń - pasywnych i aktywnych;
- możliwa współpraca wielu urządzeń aktywnych;
- detekcja błędów transmisyjnych;
- konstrukcja warstwowa .

4.1 Podstawowe pojęcia

Bit - elementarna jednostka informacji przyjmuje wartość 0 albo 1.

Bajt - ciąg 8 bitów reprezentujący liczbę całkowitą z zakresu 0-255. Bity numerowane są kolejno od 7 do 0, a wartość bajtu określamy na podstawie wzoru:

$$\text{wartość} = \sum_{n=0}^{7} 2^n \times \text{bit}_n .$$

Słowo - dwa bajty reprezentujące liczbę całkowitą z zakresu 0-65535. Pierwszy transmitowany bajt nazywamy starszym a drugi młodszym, wartość słowa określamy na podstawie wzoru:

$$\text{wartość} = 256 \times \text{starszy} + \text{młodszy} .$$

Tetrada - ciąg 4 bitów reprezentujący liczbę z zakresu 0-15. Najczęściej wartość tetrady przedstawia się w zapisie szesnastkowym 0-F. W odniesieniu do bajtu używa się pojęcia tetrady starszej reprezentującej bity 7-4 oraz tetrady młodszej dla bitów 3-0.

Znak - elementarny ciąg bitów wysyłanych i odbieranych przez interfejs jako niepodzielna jednostka informacyjna.

Alfabet - grupa znaków o określonej funkcji w protokole łączności.

Blok - ciąg bajtów reprezentujący określoną strukturę danych.

Pakiet - ciąg znaków używany do wymiany danych pomiędzy urządzeniami. Pakiet zawiera kodowane przy pomocy alfabetów trzy podstawowe bloki : adresowy, danych i kontroli. Dzięki alfabetycznemu kodowaniu bloków uzyskuje się częściową kompresję danych oraz możliwe jest wyróżnienie początku i końca pakietu.

Ramka - ciąg bajtów, który po odpowiednim zakodowaniu tworzy pakiet.

Żądanie - pakiet rozpoczynający wymianę danych pomiędzy dwoma urządzeniami.

Odpowiedź - pakiet wysyłany jako reakcja na odebrane żądanie.

Urządzenie pasywne (slave) - urządzenie, które może jedynie odpowiadać na wysyłane do niego żądania.

Urządzenie aktywne (master) - urządzenie, które może wysyłać lub odpowiadać na żądania.

Uprawnienie - prawo wysyłania żądań.

Urządzenie uprawnione - urządzenie aktywne w danej chwili posiadające uprawnienie.

Pięśćć logiczny - logiczne uporządkowanie urządzeń aktywnych, które określa zasady przekazywania uprawnienia pomiędzy urządzeniami.

4.2 Warstwa fizyczna

Warstwa fizyczna definiuje cechy fizyczne urządzeń współpracujących przy użyciu tego protokołu oraz określa logiczny podział transmitowanych przez nie znaków.

Cechy fizyczne:

- interfejs szeregowy RS-232C albo RS-485;
- szybkość transmisji 1200, 2400, 4800 i 9600 bitów/s;
- znak składa się z 1 bitu startu, 7 bitów danych, 1 bitu nieparzystości i 1 bitu stopu;
- RS-485 łączy się równolegle a urządzenia nieaktywne wyłączają swoje nadajniki;
- urządzenia nieaktywne w sposób ciągły monitorują magistralę, aby asynchronicznie odbierać żądania wysyłane do nich od urządzenia aktualnie aktywnego;
- urządzenie nieaktywne ma obowiązek rozpocząć transmisję odpowiedzi na żądanie w czasie nie większym niż czas potrzebny na transmisję trzech znaków;
- interwały pomiędzy znakami pakietu nie mogą być większe niż czas potrzebny na transmisję dwóch znaków.

Znaki transmitowane przez łącze składają się z 10 bitów. Bity startu i stopu są generowane automatycznie przez układy UART i służą do synchronizacji przy transmisji pojedynczych znaków. Po zostale osiem bitów podzielone zostało w następujący sposób:

- 3..0 tetrada danych (wartość 0..15);
- 6..4 alfabet (wartość 0.. 7);
- 7 bit nieparzystości.

Podzielenie znaku na osiem przedziałów liczbowych pozwala na zdefiniowanie ośmiu alfabetów o następujących funkcjach w protokole:

alfabet	zakres	funkcja	znaczenie znaku
0	0x00..0x0f	początek pakietu wymiany danych	najstarsza tetrada adresu
1	0x10..0x1f	początek pakietu zarządzania	starsza tetrada adresu
2	0x20..0x2f	dla pakietu odpowiedzi znak 0x20 pozwala wydłużyć czas odpowiedzi o czas kompletowania danych	starsza tetrada sumy kontrolnej
3	0x30..0x3f	koniec pakietu	młodsza tetrada sumy kontrolnej
4	0x40..0x4f	pojedyncza tetrada danych	tetrada danych

5	0x50..0x5f	dwie tetrydy danych, pierwsza o wartości 0	druga tetryda danych
6	0x60..0x6f	trzy tetrydy danych, dwie pierwsze o wartości 0	trzecia tetryda danych
7	0x70..0x7f	cztery tetrydy danych, trzy pierwsze o wartości 0	czwarta tetryda danych

Transmisja znaku odbywa się w następującej kolejności: bit startu, bit 0, bit 1, ..., bit 7, bit stopu. Bit nieparzystości jest równy 1 gdy liczba bitów równych 1 jest parzysta, nieparzystość liczymy dla bitów 6-0.

4.3 Warstwa transmisji

Warstwa transmisji definiuje zasady nawiązywania dialogu i wymiany bloków danych pomiędzy urządzeniami. Wyróżniono dwa typy urządzeń: pasywne (slave) oraz aktywne (master). Pasywne mogą jedynie odpowiadać na wysyłane żądania, prawo wysyłania żądania ma tylko jedno z urządzeń aktywnych. Jeżeli w systemie jest więcej urządzeń aktywnych, to tworzą one pierścień logiczny, w którym w danej chwili wyróżnione jest tylko jedno urządzenie aktywne uprawnione do wysyłania żądań. Podczas pracy w pierścieniu urządzenie uprawnione ma obowiązek przekazywania uprawnienia kolejnemu urządzeniu aktywnemu co sprawia, że urządzenia aktywne mogą cyklicznie generować żądania. W warstwie transmisji wydzielono dwie niezależne usługi, zarządzanie pierścieniem i wymiana danych. Nawiązanie dialogu odbywa się zawsze pomiędzy dwoma urządzeniami, urządzeniem uprawnionym i dowolnym aktywnym lub pasywnym. Dialog rozpoczyna urządzenie uprawnione wysyłając zależnie od realizowanej usługi pakiet żądania wymiany danych albo pakiet zarządzania, potwierdzeniem prawidłowego połączenia jest pakiet odpowiedzi wysyłany przez drugie urządzenie albo przejęcie kontroli przez drugie urządzenie.

4.3.1 Struktura pakietu wymiany danych

Pakiet wymiany danych służy do realizacji dialogu pomiędzy urządzeniem uprawnionym i drugim wybranym przez nie urządzeniem. W pakiecie wyróżniono trzy bloki: adresowy, danych i sumy kontrolnej, każdy z nich pełni inną rolę w transmisji oraz posiada własne reguły kodowania.

Pierwszy znak pakietu jest kodowany w alfabecie 0 i zawiera najstarszą tetradę adresu, pozostałe tetrydy adresu i blok danych są kodowane przy pomocy alfabetów 4, 5, 6 i 7 według następującej reguły:

- ciąg tetrad zamieniany jest na ciąg znaków według zasady:
 - ◆ tetryda różna od zera lub ostatnia kodowana jest w alfabecie 4;
 - ◆ dwie tetrydy, pierwsza zerowa i druga różna od zera lub ostatnia są kodowane jako znak w alfabecie 5;
 - ◆ trzy tetrydy, dwie pierwsze zerowe i trzecia różna od zera lub ostatnia są kodowane jako znak w alfabecie 6;
 - ◆ cztery tetrydy, trzy pierwsze zerowe i czwarta różna od zera lub ostatnia są kodowane jako znak w alfabecie 7;
- do znaków dodawany jest bit nieparzystości jako bit 7 znaku;

Dwa ostatnie znaki pakietu reprezentują bajt sumy kontrolnej, starsza tetryda sumy jest kodowana w alfabecie 2, a młodsza w alfabecie 3. Młodsza tetryda sumy kontrolnej jest ostatnim znakiem pakietu. Jeżeli pakiet jest pakietem odpowiedzi to pomiędzy pierwszym i ostatnim znakiem pakietu może wystąpić dowolna ilość znaków 0x20 (spacji). Znak ten służy do utrzymania transmisji na magistrali podczas gdy urządzenie kompletuje dane odpowiedzi.

4.3.2 Blok adresu

Blok adresu jednoznacznie wskazuje na urządzenie lub grupę urządzeń, do których kierowany jest pakiet, a w przypadku odpowiedzi wskazuje urządzenie od którego pochodzi pakiet. Wyróżniono trzy typy adresu:

typ adresu	format binarny		zakres	długość	opis
krótki	00dd	dddd	0..63	bajt	adres urządzenia reprezentowany przez bajt o wartości liczbowej równej: bit 7=0, bit 6=0, bity 5..0=wartość adresu
długi	10dd	dddd dddd dddd	64.. ..16383	słowo	adres urządzenia reprezentowany przez słowo o wartości liczbowej równej: bit 15=1, bit 14=0, bity 13..0=wartość adresu
grupowy	01dd	dddd	0..63	bajt	adres grupy lub grup urządzeń reprezentowany przez bajt o wartości liczbowej równej: bit 7=0, bit 6=1, bit 5..0=1/0 grupa 5..0=tak/nie wartość 64 adresuje wszystkie urządzenia

Grupowe żądania mogą dotyczyć jedynie obiektów wyszczególnionych w aplikacji, taki sposób adresowania wyklucza generowanie przez urządzenia odpowiedzi. Wartość adresu grupowego jest traktowana jako ciąg sześciu bitów, każdy bit oznacza jedną z sześciu grup. Grupa jest adresowana gdy odpowiadający jej bit ma wartość jeden, dozwolone są dowolne kombinacje grup. Urządzenie może należeć do jednej lub kilku grup i reaguje na każde żądanie, które adresuje przynajmniej jedną z grup do której należy urządzenie.

Blok adresu jest pierwszym polem ramki dlatego pierwsza tetrada adresu kodowana jest w alfabecie 0, następne są kodowane przy pomocy alfabetów 4..7. Adresy krótki i grupowy wykorzystują tylko alfabet 4, kodowanie adresu długiego odbywa się wg reguł opisanych w punkcie 1.3.1. Ostatni znak pola adresu musi wystąpić w ramce.

Kodowanie adresu krótkiego (przykład dla adresu 29 0x1d):

utworzenie bajtu o wartości adresu	0x1d;
podzielenie bajtu na starszą i młodszą tetradę	0x01,0x0d;
dodanie do starszej tetrady alfabetu 0	0x01;
dodanie do młodszej tetrady alfabetu 4	0x4d;
dodanie bitu nieparzystości	0x01,0xcd.

Kodowanie adresu długiego (przykład dla adresu 4612 0x1204):

utworzenie pary bajtów o wartości adresu	0x12,	0x04;
ustawienie bitu 15=1 i bitu 14=0	0x92,	0x04;
podzielenie bajtów na tetrady	0x09,0x02,0x00,0x04;	
dodanie do najstarszej tetrady alfabetu 0	0x09;	
dodanie do pozostałych tetrad alfabetu 4,5 lub 6	0x42,	0x54;
dodanie bitu nieparzystości	0x89,0xc2,	0x54.

Kodowanie adresu grupowego

(przykład wywołania urządzeń należących do grupy 1 lub grupy 4):

utworzenie bajtu o wartości reprezentującej wybrane grupy:

ustawienie bitu 1 i bitu 4 (wywołanie grupy 1 i 4)0x12	
bit 6 adresu grupy ustawiony na jeden	0x52;
podzielenie bajtu na starszą i młodszą tetradę	0x05,0x02;
dodanie do starszej tetrady alfabetu 0	0x05;
dodanie do młodszej tetrady alfabetu 4	0x42;
dodanie bitu nieparzystości	0x85,0xc2.

4.3.3 Blok danych

Blok danych składa się z jednego lub więcej bajtów danych zakodowanych w alfabetach 4-7. W warstwie transmisji określono zasady tworzenia i kodowania danych bez wnikania w treść i rodzaj informacji przekazywanej przez ten blok. Podstawowym polem bloku danych jest pierwszy bajt bloku danych nazywany FC (field control), określa on sposób interpretacji całego bloku danych. Pole FC zdefiniowano następująco:

nr bitu FC	7	6	5	4	3	2	1	0
żądanie	x	f4	f3	f2	f1	f0	p	0
odpowieź	x	e3	e2	e1	e0	t1	t0	1

Znaczenie bitów:

- **x** - bit zarezerwowany wartość 0;
- **p** - priorytet informacji 1-wysoki 0-niski;
- **f4..0** - kod funkcji
 - 0 - odczyt parametru,
 - 1 - zapis parametru,
 - 2 - odczyt warunkowy (parametry śledzone),
 - 3 - identyfikacja urządzenia,
 - 4-31 - zarezerwowane;
- **t1..0** - typ urządzenia odpowiadającego
 - 0 - urządzenie pasywne,
 - 1 - aktywne nie gotowe do wejścia do pierścienia,
 - 2 - aktywne gotowe do wejścia do pierścienia,
 - 3 - aktywne pracujące w pierścieniu;
- **e3..0** - kod wykonania operacji określonej w ramce żądania
 - 0 - urządzenie wykonało żądanie poprawnie,
 - 1 - realizacja żądania niemożliwa,
 - 2 - przy odczycie śledzonym pominięto obiekty,
 - 4 - przy zapisie przekroczony zakres;

Następne bajty bloku danych tworzą pole danych. W polu danych mogą występować takie elementy jak indeks, wartość obiektu wskazywanego przez indeks, identyfikator urządzenia nadającego żądanie, typ urządzenia albo pole jest puste.

Obiekty, których dotyczy wymiana danych są reprezentowane liczbowo przez indeks. Występuje on za polem FC przy żądaniach zapisu, odczytu lub odczytu warunkowego i jednoznacznie określa obiekt, którego dotyczy realizowana funkcja. Indeks występuje także w bloku odpowiedzi na żądanie warunkowego odczytu i poprzedza każdą transmitowaną wartość. Wartość liczbowa indeksu jest kodowana jako słowo i zawiera się w przedziale liczbowym 0..65535.

W bloku żądania zapisu oraz w blokach odpowiedzi na żądanie odczytu występuje pole wartości. Sposób interpretacji, długość i format tego pola definiuje warstwa aplikacji.

W funkcji odczytu warunkowego transmitowany jest bajt identyfikatora urządzenia nadającego żądanie. Odpowiedź na tą funkcję zależy od tego czy dana odczytywana warunkowo uległa modyfikacji od czasu poprzedniego odczytu przez urządzenie o takim identyfikatorze. W systemie z wieloma urządzeniami aktywnymi należy unikać powtarzania się identyfikatorów.

W funkcji identyfikacji odczytywane jest słowo typu urządzenia. Każdy typ urządzenia lub wykonanie specjalne musi mieć przydzielony indywidualny numer z zakresu 0..65535, jeśli ma inny zestaw obiektów lub inna jest ich interpretacja. Numer identyfikacyjny służy do automatycznego rozpoznawania urządzeń w sieciach zawierających różne urządzenia posiadające identyczny protokół.

4.3.4 Blok sumy kontrolnej

Blok sumy kontrolnej FCS służy do detekcji błędów transmisyjnych. Jest to jednobajtowa wartość sumy bez przeniesienia wszystkich znaków pakietu z bloków adresowego i danych:

$$\text{FCS} = \text{znak1 xor znak2 xor ... znakN}$$

Bajt sumy kontrolnej po podzieleniu na tetrazy jest kodowany w alfabetach 2 i 3.

4.3.5 Usługi warstwy transmisji

Warstwa transmisji realizuje dwie podstawowe usługi: wymianę danych i zarządzanie pierścieniem logicznym, tworzonym w sieci zawierającej więcej niż jedno urządzenie aktywne.

Do wymiany danych służą cztery podstawowe funkcje: identyfikacja urządzenia, zapis wartości do obiektu, odczyt i odczyt warunkowy.

Funkcje te realizowane są w cyklu żądanie - odpowiedź przy pomocy następujących bloków danych:

Funkcja transmisji	Żądanie		Odpowiedź	
	FC	Pole danych	FC	Pole danych
Odczyt wartości obiektu	00000000	Indeks ...	00000tt1	Wartość
Zapis wartości obiektu	00000100	Indeks Wartość	00000tt1	...
Odczyt warunkowy	00001000	Indeks Identyfikator	00000tt1	Indeks Wartość ...
Identyfikacja	00001100		00000tt1	Typ urządzenia (słowo)

... - ciąg bajtów określony w warstwie aplikacji (domyślnie ciąg pusty)

Zarządzanie pierścieniem logicznym odbywa się przy pomocy funkcji przekazujących uprawnienia. Funkcje te są implementowane tylko w urządzeniach aktywnych i określają zasady pracy tych urządzeń w sieciach typu multi-master. W zależności od topologii sieci (typu interfejsu), różnią się realizacje funkcji zarządzających uprawnieniem.

4.4 Warstwa aplikacji

4.4.1 Standardowe typy danych

Aby ujednolicić formaty przesyłanych wartości, w warstwie zdefiniowano podstawowe typy danych z których mogą być tworzone typy pochodne potrzebne do stworzenia aplikacji konkretnego urządzenia.

Typ	Długość	Zakres liczbowy	Uwagi																																													
float	4 bajty	±1.175494 E-38 .. ±3.402823 E+38	<p>liczba rzeczywista wg standardu IEEE 754 kolejne bajty zawierają następujące informacje:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>nr bitu</th> <th>7</th> <th>6</th> <th>5</th> <th>4</th> <th>3</th> <th>2</th> <th>1</th> <th>0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>bajt 1</td> <td>m7</td> <td>m6</td> <td>m5</td> <td>m4</td> <td>m3</td> <td>m2</td> <td>m1</td> <td>m0</td> </tr> <tr> <td>bajt 2</td> <td>m15</td> <td>m14</td> <td>m13</td> <td>m12</td> <td>m11</td> <td>m10</td> <td>m9</td> <td>m8</td> </tr> <tr> <td>bajt 3</td> <td>x0</td> <td>m22</td> <td>m21</td> <td>m20</td> <td>m19</td> <td>m18</td> <td>m17</td> <td>m16</td> </tr> <tr> <td>bajt 4</td> <td>s</td> <td>x7</td> <td>x6</td> <td>x5</td> <td>x4</td> <td>x3</td> <td>x2</td> <td>x1</td> </tr> </tbody> </table> <p>s- bit znaku 0-liczba dodatnia 1-liczba ujemna x7-0 liczba typu char określająca dwójkowy wykładnik reprezentowanej liczby m22-0 mantysa liczby, dokładność liczby jest 24-bitowa ponieważ wykładnik liczby musi być tak dobrany, aby bit 23 mantysy był równy jeden (liczba wyrównana do 24-bitów m23=1) wartość= (-1)^s 2^x m</p>	nr bitu	7	6	5	4	3	2	1	0	bajt 1	m7	m6	m5	m4	m3	m2	m1	m0	bajt 2	m15	m14	m13	m12	m11	m10	m9	m8	bajt 3	x0	m22	m21	m20	m19	m18	m17	m16	bajt 4	s	x7	x6	x5	x4	x3	x2	x1
nr bitu	7	6	5	4	3	2	1	0																																								
bajt 1	m7	m6	m5	m4	m3	m2	m1	m0																																								
bajt 2	m15	m14	m13	m12	m11	m10	m9	m8																																								
bajt 3	x0	m22	m21	m20	m19	m18	m17	m16																																								
bajt 4	s	x7	x6	x5	x4	x3	x2	x1																																								

bit	1 bajt	prawda 1 fałsz 0	wartość bajtowa bitu kodowana dla fałszu jako zero, dla prawdy jako różna od zera
bajt uchar	1 bajt	0..255 (0..0xff)	liczba naturalna
char	1 bajt	-128..0..127	liczba całkowita w kodzie uzupełnienia do dwóch -wartość \leq \Rightarrow (wartość xor 255)+1 np. $-3 \leq \Rightarrow (3 \text{ xor } 255)+1 \leq \Rightarrow 253$
word (słowo) uint	2 bajty	0..65535 (0..0xffff)	liczba naturalna, starszy bajt pierwszy
int	2 bajty	-32768..0..32767	liczba całkowita w kodzie uzupełnienia do dwóch, starszy bajt pierwszy
ulong	4 bajty	$0..2^{32}-1$ (0..0xffffffff)	liczba naturalna, najstarszy bajt pierwszy
long	4 bajty	$-2^{31}..2^{31}-1$	liczba całkowita w kodzie uzupełnienia do dwóch, najstarszy bajt pierwszy
string	dowolna	znaki ASCII	dowolna liczba bajtów reprezentujących znaki ASCII zakończona bajtem o wartości 0
tablica	dowolna	zależny od typu	ciąg wartości tego samego typu, typ określa sposób kodowania i ilość bajtów reprezentującą pojedynczy element tablicy, ilość elementów reprezentowana jest przez wymiar tablicy
rekord	dowolna	zależny od definicji	ciąg wartości dowolnego typu określonego podczas definicji rekordu

4.4.2 Indeksy

Indeks jest liczbową reprezentacją zmiennej udostępnionej w aplikacji urządzenia. Formatem indeksu jest typ word, co pozwala na zdefiniowanie 65536 zmiennych w urządzeniu. Typy zmiennych dzielimy na dwie grupy:

- **typy proste:** bit, byte, char, word, int, dword, long, float, string;
- **typy złożone:** tablice, rekordy, tablice rekordów.

Dla zmiennych typu prostego przydzielamy jedną liczbę z zakresu 0..65535. Dla różnych zmiennych liczby te nie mogą się powtarzać.

Dla zmiennych typu złożonego przydzielany jest przedział liczbowy z zakresu 0..65535. Pierwsza liczba z zakresu nazywana indeksem bazowym reprezentuje całą strukturę złożoną, następne wartości pozwalają na dostęp do pojedynczych elementów struktury.

Odwołanie się do indeksu, który nie reprezentuje żadnej zmiennej powoduje pojawienie się komunikatu eeee=1, realizacja żądania niemożliwa.

Warstwa aplikacji może definiować własne reguły przydziału indeksów i kodowania danych.

5. Implementacja protokołu MODBUS.

Zestawienie parametrów łącza szeregowego regulatora RG14 dla protokołu MODBUS:

adres regulatora: 1..247;
 prędkość transmisji: 1200, 2400, 4800, 9600 bitów/sekundę;
 tryby pracy: ASCII, RTU;
 jednostka informacyjna: ASCII – 8N1, 7E1, 7O1;
 RTU – 8N2, 8E1, 8O1 oraz dodatkowo 8N1;
 maksymalny czas odpowiedzi: 500 ms

5.1 Opis rejestrów regulatora RG14.

Regulator RG14 został zdefiniowany jako urządzenie o numerze identyfikacyjnym 5Ah.

Wszystkie rejestry regulatora reprezentują zmienne 16 bitowe typu prostego. Wartość wpisywana pod dany rejestr interpretowana jest w zależności od jego numeru: jako dwubajtowa liczba całkowita ze znakiem (int), jako dwie jednobajtowe liczby bez znaku (MSB, LSB) lub jako dwa bajty zawierające maskę i znaczniki (MSB, LSB). Oznaczenia {R-}, {-W} w kolumnie *Opcje* oznaczają dopuszczalne działania na zmiennych - odpowiednio odczyt i zapis. W przypadku rejestrów do zmiennych interpretowanych bitowo, maska umożliwia dostęp do wybranych bitów danej – ustawienie bitu maski na „1” umożliwia dokonanie operacji na odpowiadającym mu bicie danej bez zmiany innych bitów. Wynikiem odczytu maski jest zawsze wartość "0". Oznaczenie MSB, LSB w kolumnie *Format danej* określają odpowiednio: starszy bajt i młodszy bajt danej.

Zestawienie rejestrów regulatora RG14

Tablica 6.

Rejestr	Symbol	Opis parametru	Zakres	Format danej	Jednostka	Opcje
<i>Parametry regulacji PID:</i>						
4010	P_b	zakres proporcjonalności	1..999	int	[%]	{RW}
4011	t_i	czas całkowania	0..9999	int	[sek]	{RW}
4012	t_d	czas różniczkowania	0..999	int	[sek]	{RW}
4013	d_{un}	minimalna zmiana położenia zaworu	1..100	int	[% x 10]	{RW}
4014	z_n	strefa nieczułości	0..20	int	[°C]	{RW}
4015		zmiana programu dobowego, która będzie obowiązywała do końca dnia kalendarzowego (odpowiada „szybkiej zmianie programu” przyciskiem [P]).	0..3	int	0 = bez zmian 1 = roboczy 2 = świąteczny 3 = specjalny	{RW}
<i>Program dobowy roboczy: SP</i>						
4016	t_{SP1}	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
4017	$SP1$	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
4018	t_{SP2}	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
4019	$SP2$	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
4020	t_{SP3}	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
4021	$SP3$	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
4022	t_{SP4}	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
4023	$SP4$	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
4024	t_{SP5}	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
4025	$SP5$	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
4026	$SP6$	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
<i>Program dobowy świąteczny: SP</i>						
4027	t_{SP1}	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
4028	$SP1$	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
4029	t_{SP2}	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
4030	$SP2$	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
4031	t_{SP3}	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
4032	$SP3$	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}

c.d. tablicy 6.

4033	ŁSP4	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
4034	SP4	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
4035	ŁSP5	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
4036	SP5	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
4037	SP6	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
Program dobowy specjalny: SP						
4038	ŁSP1	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
4039	SP1	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
4040	ŁSP2	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
4041	SP2	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
4042	ŁSP3	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
4043	SP3	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
4044	ŁSP4	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
4045	SP4	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
4046	ŁSP5	czas zakończenia poprawki	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
4047	SP5	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
4048	SP6	poprawka dobowa	-60..60	int	[°C]	{RW}
Zegar i kalendarz hhmm dRŁR						
4049		rok	2001..2099	int		{RW}
4050		dzień:miesiąc	1..31, 1..12	int [MSB,LSB]	[dd,mm]	{RW}
4051	dŁ 1-7	dzień tygodnia	0..6	int	pon-niedz	{R-}
4052	hhmm	godzina:minuta	0..23,0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
Dni dodatkowe						
4053 : 4072	dd	dodatkowe dni robocze	1..31, 1..12 0, 0 – brak	int [MSB,LSB]	[dd,mm]	{RW}
4073 : 4092	dd	dodatkowe dni świąteczne	1..31, 1..12 0, 0 – brak	int [MSB,LSB]	[dd,mm]	{RW}
4093 : 4112	dd	dni specjalne	1..31, 1..12 0, 0 – brak	int [MSB,LSB]	[dd,mm]	{RW}
Ograniczanie temperatury wody powrotu (cz. 1.) oŁP						
4113	R3	mnożnik różnicy	0..100	int	[mnożnik x 100]	{RW}
4114	SP3	stała wartość ograniczania	0..100	int	[°C]	{RW}
Krzywa grzewcza (cz. 1.) bŁd						
4115	Ł2-R	punkt A –temp. zewnętrzna	-50..50	int	[°C]	{RW}
4116	ŁcoR	temp. zadana zasilania	0..150	int	[°C]	{RW}
4117	Ł2-b	punkt B –temp. zewnętrzna	-50..50	int	[°C]	{RW}
4118	Łcob	temp. zadana zasilania	0..150	int	[°C]	{RW}
4119	Ł2-Ł	punkt C -temp. zewnętrzna	-50..50	int	[°C]	{RW}
4120	ŁcoŁ	temp. zadana zasilania	0..150	int	[°C]	{RW}
4121	Ł2-d	punkt D -temp. zewnętrzna	-50..50	int	[°C]	{RW}
4122	Łcod	temp. zadana zasilania	0..150	int	[°C]	{RW}
4123	ŁcoH	maksymalna temp. zadana zasilania	0..150	int	[°C]	{RW}
4124	dŁŁŁ	przesunięcie krzywej grzewczej	- 50..50	int	[°C]	{RW}
Różnice temperatur dla czujników rŁ						
4125	rŁ1	różnica temperatury dla T1	-9.9..10.0	int	[°C x 10]	{RW}
4126	rŁ2	różnica temperatury dla T2	-9.9..10.0	int	[°C x 10]	{RW}
4127	rŁ3	różnica temperatury dla T3	-9.9..10.0	int	[°C x 10]	{RW}

c.d. tablicy 6.

4128	<i>rT4</i>	różnica temperatury dla T4	-9.9..10.0	int	[°C x 10]	{RW}
Bloki funkcyjne <i>blo</i>						
4129	<i>blo1</i> <i>blo2</i> <i>blo3</i> <i>blo4</i> <i>blo5</i> <i>blo6</i> <i>blo7</i> <i>blo8</i>	MSB: maska LSB: bit0 = blok1 bit1 = blok2 bit2 = blok3 bit3 = blok4 bit4 = blok5 bit5 = blok6 bit6 = blok7 bit7 = blok8	0..FFh, 0..FFh	int [MSB,LSB]	0 = wyłączony 1 = załączony	{RW}
4130	<i>SPc2</i>	zadana temperatura zasilania c.o. po wyłączeniu lub awarii czujnika T2	0..1500	int	[°C x 10]	{RW}
Parametry priorytetu C.W.U. (cz. 1.) <i>Prcu</i>						
4131	<i>Prcu</i>	obniżenie temperatury zadanej c.o. w czasie trwania priorytetu c.w.u.	0..500	int	[°C x 10]	{RW}
Automatyczne wyłączenie ogrzewania (cz. 1.) <i>LArto</i>						
4132	<i>tOFF</i>	temperatura wyłączenia ogrzewania	<i>tON</i> ..50	int	[°C]	{RW}
4133	<i>cOFF</i>	czas wyłączenia ogrzewania	0..23*60+59	int	[minuty]	{RW}
4134	<i>tON</i>	temperatura załączenia ogrzewania	-50.. <i>tOFF</i>	int	[°C]	{RW}
4135	<i>cON</i>	czas załączenia ogrzewania	0..23*60+59	int	[minuty]	{RW}
4136	<i>cPO</i>	czas wyłączenia pompy	0..23*60+59	int	[minuty]	{RW}
4137	<i>tPO</i>	czas pełnego otwarcia zaworu. Zmiana wartości parametru (gdy wybrany jest algorytm PID) spowoduje pozycjonowanie napędu zaworu	8..360	int	[sek]	{RW}
Konfiguracja czujników <i>CONF</i>						
4138	<i>t2</i> <i>t3</i> <i>t4</i> <i>Pr</i>	MSB: maska LSB: bit0 = czujnik T2 bit1 = czujnik T3 bit2 = czujnik T4 bit3 = we. impulsowe	0..0Fh, 0..0Fh	int [MSB, LSB]	0 = brak czujnika 1 = jest	{RW}
4139	<i>cod</i>	kod bezpieczeństwa	0..9999	int		{RW}
4140		numer wersji programu		int		{R-}
4141		1-słowo statusu regulatora	<i>patrz</i> → <i>tablica 7.</i>			{R-}
4142		2-słowo statusu regulatora	<i>patrz</i> → <i>tablica 8.</i>			{R-}
4143	<i>t1</i>	temperatura zasilania	-500..1500	int	[°C x 10]	{R-}
4144	<i>t2</i>	temperatura zewnętrzna	-500..1500	int	[°C x 10]	{R-}
4145	<i>t3</i>	temperatura wody powrotnej	-500..1500	int	[°C x 10]	{R-}
4146	<i>t4</i>	temperatura pomieszczenia	-500..1500	int	[°C x 10]	{R-}
4147		temp. ograniczania wody powrotu	0..1500	int	[°C x 10]	{R-}
4148		zadana temperatura zasilania	0..1500	int	[°C x 10]	{R-}
4149		położenie zaworu	0..10000	int	[%·100]	{R-}
4150		stan regulacji automatycznej	0..1	int	0 = STOP 1 = START	{RW}

c.d. tablicy 6.

Zdalne sterowanie elementami wykonawczymi:						
4151	Strr	zdalne sterowanie elementami wykonawczymi	0..3, 0..3	int [MSB, LSB] MSB: maska LSB: bit0: tryb sterowania elementami wykonawczymi bit1: tryb sterowania przekaźnikami otwierania i zamykania	0 = automat. 1 = zdalne 0 = sterow. przez rejestr 4152 1 = sterow. przez rejestr 4153	{RW}
4152		nowe położenie siłownika zaworu w czasie zdalnego sterowania	0..10000	int	[% x 100]	{RW}
4153		stan przekaźników w czasie zdalnego sterowania	0..0Fh, 0..0Fh	int [MSB, LSB] MSB: maska LSB: bit0 = P1 bit1 = P2 bit2 = P3 bit3 = P4	0 = wyłączony 1 = załączony	{RW}
4154	FAbc	przywrócenie nastaw fabrycznych (oprócz ustawień interfejsu)	AA55h Przy odczycie zwracana jest wartość 0	int		{RW}
4155	Alg0	algorytm sterowania elementami wykonawczymi. Załączenie algorytmu PID spowoduje pozycjonowanie napędu zaworu.	0..2	int	0 = trójstawny krokowy PID (PID) 1 = trójstawny z histerezą (3onF) 2 = dwustawny dwustopniowy (4onF)	{RW}
Parametry regulacji trójstawnej i dwustawnej: P I E C						
4156	h10	histereza I stopnia kotła	0..500	int	[°C x 10]	{RW}
4157	Yd10	strefa rozsunięcia temperatury zadanej dla drugiego stopnia kotła	-99..99	int	[°C]	{RW}
4158	h20	histereza II stopnia kotła	0..500	int	[°C x 10]	{RW}
4159	tPc	czas pełnego zamknięcia zaworu. Zmiana wartości parametru (gdy wybrany jest algorytm PID) spowoduje pozycjonowanie napędu zaworu	8..360	int	[sek]	{RW}
Krzywa grzewcza (cz. 2.) bud						
4160	tcol	minimalna temperatura zadana wody zasilania	5..50	int	[°C]	{RW}
Parametry priorytetu C.W.U. (cz. 2.) Prcu						
4161	dt3	wartość obniżenia temperatury ograniczania powrotu	0..500	int	[°C x 10]	{RW}
4162	t.on	maksymalny czas trwania priorytetu C.W.U.	1..60	int	[minuty]	{RW}
4163	t.off	minimalny czas przerwy w priorytecie C.W.U.	1..30	int	[minuty]	{RW}

c.d. tablicy 6.

Automatyczne wyłączenie ogrzewania (cz. 2.) LRLO						
4164	crPo	godzina codziennego rozruchu pompy obiegowej i napędu zaworu po automatycznym wyłączeniu ogrzewania	0..23, 0..59	int [MSB,LSB]	[gg,mm]	{RW}
Ograniczanie temperatury wody powrotu (cz. 2.) otP						
4165	t3-A	punkt A krzywej ograniczania temp. wody powrotu	0..100	int	[°C]	{RW}
4166	t3-b	punkt B krzywej ograniczania temp. wody powrotu	0..100	int	[°C]	{RW}
4167	t3-c	punkt C krzywej ograniczania temp. wody powrotu	0..100	int	[°C]	{RW}
4168	t3-d	punkt D krzywej ograniczania temp. wody powrotu	0..100	int	[°C]	{RW}
Ograniczanie mocy lub przepływu oPr						
4169	$\{n\}$	mnożnik wartości mocy lub przepływu. <i>Zapis nowej wartości powoduje zerowanie parametru spod rejestru 4172</i>	0..3	int	0 = 1 1 = 10 2 = 100 3 = 1000	{RW}
4170		wartość ograniczania mocy lub przepływu	0..30000	int	$(\text{kW} \times 100) \times n$ $(\text{m}^3/\text{h} \times 100) \times n$	{RW}
4171		mierzona moc chwilowa lub przepływ chwilowy	0..30000	int	$(\text{kW} \times 100) \times n$ $(\text{m}^3/\text{h} \times 100) \times n$	{RW}
4172	H.9h	maksymalna wartość mocy chwilowej lub przepływu	0..30000	int	$(\text{kW} \times 100) \times n$ $(\text{m}^3/\text{h} \times 100) \times n$ 0	{R-} {-W}
4173	t-yb	sposób ograniczania mocy lub przepływu	0..3	int	0 = min+max(T2) 1 = min+max 2 = max 3 = min	{RW}
4174	t2-H	temp. zewnętrzna T2, poniżej której obowiązuje największa wartość progu ograniczania mocy lub przepływu	-50..50	int	[°C]	{RW}
4175	ogrH	największa wartość progu ograniczania mocy lub przepływu	1..30000	int	$(\text{kW} \times 100) \times n$ $(\text{m}^3/\text{h} \times 100) \times n$	{RW}
4176	H.St	histereza wyłączenia ograniczania mocy lub przepływu maksymalnego	1..6000	int	$(\text{kW} \times 100) \times n$ $(\text{m}^3/\text{h} \times 100) \times n$	{RW}
4177	t.off	opóźnienie wyłączenia ograniczania, gdy moc lub przepływ < (ogrH - HiSt)	0..360	int	[minuty]	{RW}
4178	t2-l	temperatura zewnętrzna T2, powyżej której obowiązuje wartość progu ograniczania mocy lub przepływu minimalnego	-50..50	int	[°C]	{RW}
4179	ogrL	wartość progu ograniczania mocy lub przepływu minimalnego	1..30000	int	$(\text{kW} \times 100) \times n$ $(\text{m}^3/\text{h} \times 100) \times n$	{RW}
4180	t.clo	czas zamknięcia zaworu podczas trwania ograniczania mocy lub przepływu minimalnego	1..360	int	[minuty]	{RW}
4181	t.opn	czas otwarcia zaworu podczas trwania ograniczania mocy lub przepływu minimalnego	1..360	int	[minuty]	{RW}

c.d. tablicy 6.

4182	ŁRLr	czas braku impulsów energii lub objętości, po którym regulator sygnalizuje uszkodzenie ciepłomierza lub przepływomierza	1..360	int	[minuty]	{RW}
4183	WRRR	waga impulsów przychodzących z ciepłomierza lub przepływomierza. Zapis nowej wartości powoduje zerowanie parametru spod rejestru 4172	1..30000	int	(x 100)	{RW}
4184	WEdn	jednostka impulsów. Zapis nowej wartości powoduje zerowanie parametru spod rejestru 4172	0..7	int	0 = Wh / imp. 1 = kWh / imp. 2 = MWh / imp. 3 = MJ / imp. 4 = GJ / imp. 5 = litr / imp. 6 = m ³ / imp. 7 = imp. / litr	{RW}
4185	F.LŁ	najmniejsza możliwa do zarejestrowania długość impulsu	1..100	int	[ms]	{RW}
Parametry funkcji korekty temperatury ogrzewania wg temperatury pomieszczenia SPŁY						
4186	SPY	zadana temperatura pomieszczenia	50..400	int	[°C x 10]	{RW}
4187	ZnŁY	strefa nieczułości powyżej temp. zadanej pomieszczenia	02..100	int	[°C x 10]	{RW}
4188	RY	współczynnik wpływu odchyłki temperatury pomieszczenia T4 od zadanej, na temperaturę ogrzewania	00..500	int	[x 10]	{RW}
4189	dŁ.co	maksymalna wartość korekty temperatury ogrzewania	5..100	int	[°C]	{RW}
4190	ŁYH.	maksymalna wartość zadanej temp. pomieszczenia	100..400	int	[°C x 10]	{RW}
4191	ŁYŁo	minimalna wartość zadanej temp. pomieszczenia	50..400	int	[°C x 10]	{RW}
4192	RPd	współczynnik wpływu programu dobowego na zadaną temp. pomieszczenia	000..200	int	[x 100]	{RW}
4193	F.LŁ	współczynnik uśredniania pomiarów temperatury pomieszczenia	1..250	int		{RW}

Opis znaczników statusu regulatora (rejstry 4141 i 4142):

Rejestr 4141 {R-} : 1 słowo statusu regulatora:

Tablica 7.

bit	Opis
15	regulator pracuje w TRYBIE AWARYJNYM (błąd pamięci EEPROM)
14	czas i dane kalendarza są nieaktualne
13	temperatura zasilania T1 poza zakresem pomiarowym (RL - 1)
12	temperatura zewnętrzna T2 poza zakresem pomiarowym (RL - 2)
11	temperatura powrotu T3 poza zakresem pomiarowym (RL - 3)
10	temperatura pomieszczenia T4 poza zakresem pomiarowym (RL - 4)
9	stan wejścia binarnego
8	siłownik w trakcie pozycjonowania (tylko dla algorytmu PID)
7	regulator w trybie regulacji automatycznej (SŁrŁ)
6	regulator w trybie zdalnego sterowania (SŁrr)

5	regulator w trybie sterowanie ręcznego (SłrE)
4	regulator w trybie ręcznego programowania parametrów (Prog)
3	aktywny PRIORYTET C.W.U.
2	aktywne OGRANICZANIE TEMPERATURY WODY POWROTU
1	ogrzewanie: 0 = wyłączone 1 = załączone
0	aktywna REGULACJA WG TEMPERATURY POMIESZCZENIA T4

Rejestr 4142 {R-}: 2 słowo statusu regulatora:

Tablica 8.

bit	Opis	
15	brak impulsów z ciepłomierza lub przepływomierza	
14	aktywne OGRANICZANIE MOCY LUB PRZEPŁYWU MAKSYMALNEGO	
13	aktywne OGRANICZANIE MOCY LUB PRZEPŁYWU MINIMALNEGO	
12	x	
11	x	
10	x	
9	x	
8	x	
7	x	
6	czas: 0 = zimowy, 1 = leni	
5	stan przełącznika P1	0 = wyłączony 1 = załączony
4	stan przełącznika P2	
3	stan przełącznika P3	
2	stan przełącznika P4	
1 0	program dobowy:	00b = brak realizacji programu dobowego 01b = roboczy, 10b = świąteczny, 11b = specjalny

x = zarezerwowany

5.2 Zdalne sterowanie przełącznikami.

Zdalne sterowanie przełącznikami odbywa się przez rejestry 4151, 152 oraz 4153. Dostęp do poszczególnych bitów zmiennych dostępnych przez rejestry 4151 i 4153 umożliwiają bity maski umieszczane w starszym bajcie słowa.

Załączenie trybu zdalnego sterowania następuje po ustawieniu na "1" bitu0 zmiennej w rejestrze 4151. Na wyświetlaczu regulatora pojawi się wówczas komunikat **Słrr**, a sterowanie przełącznikami będzie możliwe tylko przez interfejs lub przy użyciu funkcji sterowania ręcznego. Działanie pozostałych funkcji regulatora pozostaje niezmienione.

Załączenie trybu zdalnego sterowania oraz stany przełączników zostają zapamiętane w pamięci nieulotnej regulatora i obowiązują do czasu wyłączenia zdalnego sterowania. Podczas pracy w trybie zdalnego sterowania możliwe jest uruchomienie funkcji sterowania ręcznego **SłrE** z klawiatury regulatora, która ma wyższy priorytet realizacji. Do chwili zakończenia sterowania ręcznego sterowanie zdalne nie wpływa na stan przełączników.

Możliwe są dwa tryby zdalnego sterowania przełącznikami. Różnica polega na sposobie sterowania przełącznikami otwierania i zamykania: **tryb 1** pozwala na sterowanie tymi przełącznikami przez podanie względnej zmiany położenia zaworu, a **tryb 2** przez bezpośrednie podanie stanu każdego z przełączników. Sterowanie przełącznikami pompy i dodatkowym polega w obu przypadkach na bezpośrednim podaniu ich stanu.



W odróżnieniu od pracy automatycznej, zdalne sterowanie w trybie 2 umożliwia jednoczesne załączenie przełączników P1 i P2, co w przypadku podłączenia napędu trójfazowego może spowodować jego uszkodzenie.

Sposób wyboru danego trybu oraz jego opis podano w tablicy poniżej:

Tablica trybów zdalnego sterowania przełącznikami.

Tablica 9.

Wartości zmiennych:			Opis
Rejestr 4151	rejestr 4152	rejestr 4153	
bit0 = 0 bit1 nieistotny	zapis niemożliwy	zapis niemożliwy	zdalne sterowanie wyłączone
bit0 = 1 bit1 = 0	nowe położenie zaworu wyrażone w [%·100]	bit0 zapis niemożliwy bit1 zapis niemożliwy bit2 = stan przełącznika P3 bit3 = stan przełącznika P4	tryb 1 zdalnego sterowania. 1. przełączniki otwierania i zamykania sterowane przez zmienną w rejestrze <u>4152</u> o wartości równej nowemu położeniu zaworu. Położenie podaje w: ([%] otwarcia zaworu) ·100. 2. przełączniki pompy i dodatkowy sterowane przez rejestr <u>4153</u> .
bit0 = 1 bit1 = 1	zapis niemożliwy	bit0 = stan przełącznika P1 bit1 = stan przełącznika P2 bit2 = stan przełącznika P3 bit3 = stan przełącznika P4	tryb 2 zdalnego sterowania. 1. wszystkie przełączniki sterowane przez rejestr <u>4153</u> .

Zdalne sterowanie można wyłączyć w następujący sposób:

1. zdalnie, przez wyzerowanie bitu0 zmiennej w rejestrze 4151; po wyłączeniu zdalnego sterowania stany przełączników nie są zmieniane do chwili wystrojenia przez regulator;
2. ręcznie, przez naciśnięcie i przytrzymanie przycisku **P** podczas załączania zasilania regulatora; wyłączenie zdalnego sterowania w ten sposób powoduje wyzerowanie zmiennych dostępnych w rejestrach 4151, 4152 i 4153;
3. przez przywrócenie nastaw fabrycznych zdalnie (rejestr 4154) lub ręcznie; również powoduje zerowanie zmiennych w rejestrach 4151, 4152 i 4153;

5.3 Zapisywanie programu dobowego.

Podczas programowania czasów $t_{1..5}$ i poprawek $SP_{1..6}$ programu dobowego (rejstry 4016.. 4048) regulator na bieżąco kontroluje jego uporządkowanie. Polega to na sprawdzaniu, czy czas odcinka występującego po aktualnie zapisywanym jest późniejszy (lub taki sam). Jeżeli tak nie jest, zostaje zmieniony na wartość aktualnie zapisywaną.

5.4 Zapisywanie dni dodatkowych.

Dodatkowe dni robocze, świąteczne oraz specjalne umieszczone są w rejestrach odpowiednio: 4053..4072, 4073..4092, 4093..4112. Podczas zapisywania nowej daty dodatkowej sprawdzane jest, czy istnieje już dzień dodatkowy z tą datą. W przypadku powtórzenia się daty dni dodatkowych, regulator nie wykona zapisu daty i zwróci komunikat o błędzie.

5.5 Zdalne wpisanie nastaw fabrycznych.

Nastawy fabryczne wszystkich parametrów regulatora oprócz prędkości transmisji, adresu grupowego i adresu regulatora można przywrócić przez zapisanie wartości AA55h (MSB=170, LSB=85) do rejestru 4154. Po zdalnym wpisaniu nastaw fabrycznych nastąpi kilkusekundowy brak komunikacji z regulatorem. W tym czasie zostaną zapisane nastawy fabryczne, przeprowadzone zostanie rozpoznawanie czujników, po czym regulator powróci do normalnej pracy.

5.6 Zdalny restart regulatora.

W celach serwisowych możliwe jest wywołanie zdalnego restartu regulatora z inicjalizacją wszystkich rejestrów pamięci (reset sprzętowy). Aby to zrobić, należy przesłać wartość AA55h (MSB=170, LSB=85) do rejestru 4250. Odczyt wartości tego rejestru nie jest możliwy. Po zapisie podanej wartości regulator zachowa się w taki sam sposób, jak po załączeniu zasilania.

6. Specyfikacja protokołu MODBUS.

Interfejs MODBUS jest standardem przyjętym przez producentów sterowników przemysłowych dla asynchronicznej, znakowej wymiany informacji pomiędzy urządzeniami systemów pomiarowo kontrolnych. Posiada on takie cechy jak:

- prosta reguła dostępu do łącza oparta na zasadzie "master-slave",
- zabezpieczenie przesyłanych komunikatów przed błędami,
- potwierdzenie wykonywania rozkazów zdalnych i sygnalizacja błędów,
- skuteczne mechanizmy zabezpieczające przed zawieszeniem systemu,
- wykorzystanie asynchronicznej transmisji znakowej.

Kontrolery urządzeń pracujących w systemie MODBUS komunikują się ze sobą przy wykorzystaniu protokołu typu master-slave, w którym tylko jedno urządzenie może inicjalizować transakcje (jednostka nadrzędna-master), a pozostałe (jednostki podrzędne-slave) odpowiadają jedynie na zdalne zapytania jednostki nadrzędnej. Transakcja składa się z polecenia wysyłanego z jednostki master do slave oraz z odpowiedzi przesyłanej w odwrotnym kierunku. Odpowiedź zawiera dane żądane przez master lub potwierdzenie realizacji jego polecenia. Master może przysyłać informację do pojedynczych odbiorców lub informacje rozgłoszeniowe (broadcast), przeznaczone dla wszystkich urządzeń podrzędnych w systemie (na polecenia rozgłoszeniowe master nie otrzymuje odpowiedzi).

Format przesyłanych informacji jest następujący:

- **master** ⇒ **slave** : adres odbiorcy, kod reprezentujący żądane polecenie, dane, słowo kontrolne zabezpieczające przesyłaną wiadomość,
- **slave** ⇒ **master** : adres nadawcy, potwierdzenie realizacji rozkazu, dane żądane przez master, słowo kontrolne zabezpieczające odpowiedź przed błędami.

Jeżeli urządzenie slave wykryje błąd przy odbiorze wiadomości, lub nie może wykonać polecenia, przygotowuje specjalny komunikat o wystąpieniu błędu i przesyła go jako odpowiedź do mastera.

Urządzenia pracujące w protokole MODBUS mogą być ustawione na komunikację przy użyciu jednego z dwóch trybów transmisji: ASCII lub RTU. Użytkownik wybiera żądany tryb wraz z parametrami portu szeregowego (prędkość transmisji, jednostka informacyjna), podczas konfiguracji każdego urządzenia.

W systemie MODBUS przesyłane wiadomości są zorganizowane w ramki o określonym początku i końcu. Pozwala to urządzeniu odbierającemu na odrzucenie ramek niekompletnych i sygnalizację związanych z tym błędów.

Ze względu na możliwość pracy w jednym z dwóch różnych trybów transmisji (ASCII lub RTU), definiuje się dwie ramki.

6.1 Ramka w trybie ASCII

W trybie ASCII każdy bajt wiadomości przesyłany jest w postaci dwóch znaków ASCII. Podstawową zaletą tego trybu jest to, iż pozwala on na długie odstępy między znakami (do 1s) bez powodowania błędów.

Format ramki przedstawiono poniżej:

Znacznik początku	Adres	Funkcja	Dane	Kontrola LRC	Znacznik końca
1 znak dwukropka ":"	2 znaki	2 znaki	n znaków	2 znaki	2 znaki: CR LF

Znacznikiem początku jest znak dwukropka (":"- ASCII 3Ah), natomiast znacznikiem końca dwa znaki CR i LF. Część informacyjną ramki zabezpiecza się kodem LRC (Longitudinal Redundancy Check).

6.2 Ramka w trybie RTU

W trybie RTU wiadomości rozpoczynają i kończą się odstępem trwającym minimum 3.5 x (czas trwania pojedynczego znaku), w którym panuje cisza na łączu. Najprostszą implementacją wymienionego interwału czasowego jest wielokrotne odmierzenie czasu trwania znaku przy zadanej szybkości bodowej przyjętej na łączu.

Format ramki przedstawiono poniżej:

Znacznik początku	Adres	Funkcja	Dane	Kontrola CRC	Znacznik końca
T1-T2-T3-T4	8 bitów	8 bitów	n x 8 bitów	16 bitów	T1-T2-T3-T4

Znaczniki początku i końca zaznaczono symbolicznie jako odstęp równy czterem długościom znaku (jednostki informacyjnej). Słowo kontrolne jest 16 bitowe i powstaje jako rezultat obliczenia CRC (Cyclical Redundancy Check) na zawartości ramki.

6.3 Charakterystyka pól ramki

Pole adresowe

Pole adresowe w ramce zawiera dwa znaki (w trybie ASCII) lub osiem bitów (w trybie RTU). Zakres adresów jednostek slave wynosi 0..247. Master adresuje jednostki slave umieszczając jej adres na polu adresowym ramki. Kiedy jednostka slave wysyła odpowiedź, umieszcza swój własny adres na polu adresowym ramki, co pozwala masterowi sprawdzić, z którą jednostką realizowana jest transakcja.

Adres 0 jest wykorzystywany jako adres rozgłoszeniowy, rozpoznawany przez wszystkie jednostki slave podłączone do magistrali.

Pole funkcji

Pole funkcji zawiera dwa znaki w trybie ASCII lub 8-bitów w trybie RTU. Zakres kodów funkcji od 1..255.

Przy transmisji polecenia z jednostki master do slave, pole funkcji zawiera kod rozkazu, określający działanie, które ma podjąć jednostka slave na żądanie mastera.

Kiedy jednostka slave odpowiada masterowi, pole funkcji wykorzystuje do potwierdzenia wykonania polecenia lub sygnalizacji błędu, jeżeli z jakichś przyczyn nie może wykonać polecenia. Potwierdzenie pozytywne realizowane jest poprzez umieszczenie na polu funkcji kodu wykonanego rozkazu. W przypadku stwierdzenia błędu, jednostka slave umieszcza na polu funkcji szczególną odpowiedź, którą stanowi kod funkcji z ustawionym na 1 najstarszym bitem. Kod błędu umieszczany jest na polu danych ramki odpowiedzi

Pole danych

Pole danych tworzy zestaw dwucyfrowych liczb heksadecymalnych, o zakresie 00-FF. Liczby te przy transmisji w trybie ASCII reprezentowane są dwoma znakami, a przy transmisji w trybie RTU jednym. Pole danych ramki polecenia zawiera dodatkowe informacje potrzebne jednostce slave do wykonania rozkazu określonego kodem funkcji. Mogą to być adresy rejestrów, liczba bajtów w polu danych, dane itp.

Pole kontrolne

W protokole MODBUS słowo kontrolne zabezpieczające część informacyjną zależy od zastosowanego trybu transmisji.

W trybie ASCII pole kontrolne składa się z dwóch znaków ASCII, które są rezultatem obliczenia *Longitudinal Redundancy Check* (LRC) na zawartości części informacyjnej ramki (bez znaczników początku i końca). Znaki LRC są dołączane do wiadomości jako ostatnie pole ramki, bezpośrednio przed znacznikiem końca (CR,LF).

W trybie RTU słowo kontrolne jest 16-bitowe i powstaje jako rezultat obliczenia *Cyclical Redundancy Check* (CRC) na zawartości ramki. Pole kontrolne zajmuje dwa bajty dołączane na końcu ramki. Jako pierwszy przesyłany jest mniej znaczący bajt, jako ostatni starszy bajt, który jest jednocześnie znakiem kończącym ramkę.

6.4 Wyznaczenie LRC

Obliczanie LRC polega na sumowaniu kolejnych 8-bitowych bajtów wiadomości, odrzuceniu przeniesień i na koniec wyznaczeniu uzupełnienia dwójkowego wyniku. Sumowanie obejmuje całą wiadomość za wyjątkiem znaczników początku i końca ramki. Wartość 8-bitowa sumy LRC jest umieszczana na końcu ramki w postaci dwóch znaków ASCII, najpierw znak zawierający starszą tetradę, a za nim znak zawierający młodszą tetradę LRC.

6.5 Wyznaczenie CRC

Obliczanie CRC realizowane jest według następującego algorytmu:

1. Załadowanie FFFFh do 16-bitowego rejestru CRC.
2. Pobranie bajtu z bloku danych i wykonanie operacji EXOR z młodszym bajtem rejestru CRC. Umieszczenie rezultatu w rejestrze CRC.
3. Przesunięcie zawartości rejestru CRC w prawo o jeden bit połączone z wpisaniem 0 na najbardziej znaczący bit (MSB=0).
4. Sprawdzenie stanu najmłodszego bitu (LSB) wysuniętego z rejestru CRC w poprzednim kroku. Jeżeli jego stan równa się 0, to następuje powrót do kroku 3 (kolejne przesunięcie), jeżeli 1, to wykonywana jest operacja EXOR rejestru CRC ze stałą A001h.
5. Powtórzenie kroków 3 i 4 osiem razy, co odpowiada przetworzeniu całego bajtu.
6. Powtórzenie sekwencji 2,3,4,5 dla kolejnego bajtu wiadomości. Kontynuacja tego procesu aż do przetworzenia wszystkich bajtów wiadomości.
7. Zawartość CRC po wykonaniu wymienionych operacji jest poszukiwaną wartością CRC.
8. Wartość CRC jest umieszczana na końcu ramki najpierw mniej znaczący bajt, a za nim bardziej znaczący bajt.

6.6 Format znaku przy transmisji szeregowej

W protokole MODBUS znaki są przesyłane od najmłodszego do najstarszego bitu.

Organizacja jednostki informacyjnej w trybie ASCII:

- 1 bit startu,
- 7 bitów pola danych,
- 1 bit kontroli parzystości (nieparzystości) lub brak bitu kontroli parzystości,
- 1 bit stopu przy kontroli parzystości lub 2 bity stopu przy braku kontroli parzystości

Organizacja jednostki informacyjnej w trybie RTU:

- 1 bit startu,
- 8 bitów pola danych,
- 1 bit kontroli parzystości (nieparzystości) lub brak bitu kontroli parzystości,
- 1 bit stopu przy kontroli parzystości lub 2 bity stopu przy braku kontroli parzystości.

6.7 Przerwanie transakcji

W jednostce master użytkownik ustawia ważny parametr jakim jest "maksymalny czas odpowiedzi na ramkę zapytania", po którego przekroczeniu transakcja jest przerywana. Czas ten dobiera się tak, aby każda jednostka slave pracująca w systemie (nawet ta najwolniejsza) zdążyła normalnie odpowiedzieć na ramkę zapytania. Przekroczenie tego czasu świadczy zatem o błędzie i tak jest traktowane przez jednostkę master.

Jeżeli jednostka slave wykryje błąd transmisji, nie wykonuje polecenia oraz nie wysyła żadnej odpowiedzi. Spowoduje to przekroczenie czasu oczekiwania na ramkę odpowiedzi i przerwanie transakcji.

W regulatorze RG14 "maksymalny czas odpowiedzi na ramkę zapytania" wynosi 500 ms.

6.8 Opis funkcji.

W regulatorze RG14 zaimplementowane zostały następujące funkcje protokołu:

kod	znaczenie
03	odczyt n-rejestrów
06	zapis pojedynczego rejestru
16	zapis n-rejestrów
17	identyfikacja urządzenia slave

6.8.1 Odczyt n-rejestrów (kod 03)

Żądanie:

Funkcja umożliwia odczyt wartości zawartych w rejestrach w zaadresowanym urządzeniu slave. Rejestry są 16-bitowymi jednostkami, które mogą zawierać wartości numeryczne związane ze zmiennymi procesowymi itp. Ramka żądania określa 16-bitowy adres początkowy rejestru oraz liczbę rejestrów do odczytania. Maksymalna liczba rejestrów do odczytania jednym rozkazem w regulatorze RG14 wynosi 20.

Funkcja nie jest dostępna w trybie rozgłoszeniowym.

Przykład: Odczyt 3 rejestrów zaczynając od rejestru o adresie 4010 (0FAAh):

adres	funkcja	adres rejestru Hi	adres rejestru Lo	liczba rejestrów Hi	liczba rejestrów Lo	suma LRC
01	03	0Fh	AAh	00	03	40h

Odpowiedź:

Dane rejestrów są pakowane począwszy od najmniejszego adresu: najpierw starszy bajt, potem młodszy bajt rejestru.

Przykład odpowiedzi:

adres	funkcja	liczba bajtów	wart. w rej. 4010 Hi	wart. w rej. 4010 Lo	wart. w rej. 4011 Hi	wart. w rej. 4011 Lo	wart. w rej. 4012 Hi	wart. w rej. 4012 Lo	suma LRC
01	03	06	00	14h	00	00	00	00	E2h

6.8.2 Zapis wartości do rejestru (kod 06)

Żądanie

Funkcja umożliwia modyfikację zawartości rejestru. Jest dostępna w trybie rozgłoszeniowym.

Przykład: Zapis wartości 30 (001Eh) do rejestru o adresie 4010 (0FAAh):

adres	funkcja	adres rejestru Hi	adres rejestru Lo	wartość Hi	wartość Lo	suma LRC
01	06	0Fh	AAh	00	1Eh	22h

Odpowiedź:

Prawidłową odpowiedzią na żądanie zapisu wartości do rejestru jest retransmisja komunikatu po wykonaniu operacji.

Odpowiedź:

adres	funkcja	adres rejestru Hi	adres rejestru Lo	wartość Hi	wartość Lo	suma LRC
01	06	0Fh	AAh	00	1Eh	22h

6.8.3 Zapis do n-rejestrów (kod 16)

Żądanie:

Funkcja dostępna w trybie rozgłoszeniowym. Umożliwia modyfikację zawartości rejestrów. Maksymalna liczba rejestrów do zapisania jednym rozkazem w regulatorze RG14 wynosi 20.

Przykład. Zapis dwóch rejestrów począwszy od rejestru o adresie 4010:

adres	funkcja	adres rej. Hi	adres rej. Lo	liczba rej. Hi	liczba rej. Lo	liczba bajtów	dane Hi	dane Lo	dane Hi	dane Lo	suma LRC
01	10h	0Fh	AAh	00	02	04	00	14h	00	3Ch	E0h

Odpowiedź:

Prawidłowa odpowiedź zawiera adres jednostki slave, kod funkcji, adres początkowy oraz liczbę zapisanych rejestrów.

Odpowiedź:

adres	funkcja	adres rej. Hi	adres rej. Lo	liczba rej. Hi	liczba rej. Lo	suma LRC
01	10h	0Fh	AAh	00	02	34h

6.8.4 Raport identyfikujący urządzenie (kod 17)

Żądanie:

Funkcja pozwala użytkownikowi uzyskać informacje o typie urządzenia, statusie i zależnej od tego konfiguracji.

Przykład:

adres	funkcja	suma LRC
01	11h	EEh

Odpowiedź:

Regulator RG14 w ramce odpowiedzi zwraca swój identyfikator (5Ah).

Odpowiedź dla regulatora RG14:

adres	funkcja	liczba bajtów	identyfikator	suma LRC
01	11h	01	5Ah	93h

6.9 Kody błędów.

Gdy urządzenie master wysłało żądanie do urządzenia slave, to za wyjątkiem komunikatów w trybie rozgłoszeniowym, oczekuje prawidłowej odpowiedzi. Po wysłaniu żądania jednostki master może wystąpić jedno z czterech możliwych zdarzeń: Jeżeli jednostka slave odbiera żądanie bez błędu transmisji oraz może je wykonać prawidłowo, wówczas zwraca prawidłową odpowiedź. Jeżeli jednostka slave nie odbiera żądania, żadna odpowiedź nie jest zwracana. W programie urządzenia master zostaną spełnione warunki timeout dla żądania. Jeżeli jednostka slave odbiera żądanie, ale z błędami transmisji (błąd parzystości, sumy kontrolnej LRC lub CRC), żadna odpowiedź nie jest zwracana. W programie urządzenia master zostaną spełnione warunki timeout dla żądania. Jeżeli jednostka slave odbiera żądanie bez błędu transmisji, ale nie może go wykonać prawidłowo (np. jeżeli żądaniem jest odczyt nie istniejącego wyjścia bitowego lub rejestru), wówczas zwraca odpowiedź zawierającą kod błędu, informując urządzenie master o przyczynie błędu.

Komunikat z odpowiedzią o błędzie zawiera dwa pola odróżniające go od prawidłowej odpowiedzi:

Pole kodu funkcji: W prawidłowej odpowiedzi, jednostka slave retransmituje kod funkcji z komunikatu żądania na polu kodu funkcji odpowiedzi. Wszystkie kody funkcji mają najbardziej znaczący bit (MSB) równy 0 (wartości kodów są poniżej 80h). W błędnej odpowiedzi urządzenie slave ustawia bit MSB kodu funkcji na 1. To powoduje, że wartość kodu funkcji w błędnej odpowiedzi jest dokładnie o 80h większa niż byłaby w prawidłowej odpowiedzi.

Na podstawie kodu funkcji z ustawionym bitem MSB program urządzenia master może rozpoznać błędną odpowiedź i może sprawdzić na polu danych kod błędu.

Pole danych: W prawidłowej odpowiedzi, urządzenie slave może zwrócić dane na polu danych (pewne informacje żądane przez jednostkę master). W odpowiedzi, urządzenie slave zwraca kod błędu na polu danych. Określa on warunki urządzenia slave, które spowodowały błąd.

Poniżej przedstawiono przykład żądania urządzenia master: odczytaj rejestr 4200 (1068h) i odpowiedź urządzenia slave: niedozwolony adres danych, gdyż maksymalny adres rejestru w regulatorze RG14 wynosi 4184.

Przykład żądania:

adres	funkcja	adres rejestru Hi	adres rejestru Lo	liczba rejestrów Hi	liczba rejestrów Lo	suma LRC
01	03	10h	68h	00	01	83h

Przykładowa odpowiedź:

adres	funkcja	kod błędu	suma LRC
01	83h	02	7Ah

W poniższej tabeli przedstawione są możliwe kody błędów i ich znaczenie

kod	znaczenie	przyczyna wystąpienia błędu
01	niedozwolona funkcja	- funkcja spoza listy funkcji; - próba zapisu rejestru tylko do odczytu;
02	niedozwolony adres danych	- próba odczytu lub zapisu rejestru o adresie spoza dopuszczalnych wartości;
03	niedozwolona wartość danej	- próba zapisania danej spoza dopuszczalnego zakresu; - próba zapisania już istniejącej daty dnia dodatkowego; - próba odczytu lub zapisu pojedynczym rozkazem liczby rejestrów większej niż 20;
07	negatywne potwierdzenie	- podczas zapisu danych wystąpiła niezgodność deklarowanej liczby zapisywanych bajtów lub rejestrów z faktycznie przesyłaną (niekompletna ramka danych przy prawidłowej sumie kontrolnej);

6.10 Dodatek A: Obliczanie sum kontrolnych LRC i CRC.

W dodatku tym przedstawiono przykłady funkcji w języku C, obliczające sumę kontrolną LRC dla trybu ASCII oraz CRC dla trybu RTU.

Funkcja do obliczenia LRC ma dwa argumenty:

```
unsigned char *outMsg;    Wskaźnik do bufora komunikacyjnego, zawierające-
                          go dane binarne, z których należy obliczyć LRC

unsigned short usData-   Liczba bajtów w buforze komunikacyjnym
Len;
```

Funkcja zwraca LRC typu *unsigned char*.

```
static unsigned char LRC(outMsg, usDataLen)
unsigned char *outMsg;    // bufor do obliczenia LRC
unsigned short usDataLen; // liczba bajtów w buforze
{
    unsigned char uchLRC = 0; // inicjalizacja LRC
    while (usDataLen--)
        uchLRC += *outMsg++; // dodaje bajt bufora bez przeniesienia
    return ((unsigned char) (- (char) uchLRC));
    // zwraca sumę w kodzie uzupełnienia do dwóch
}
}
```

Poniżej przedstawiono przykład funkcji w języku C obliczającej sumę CRC. Wszystkie możliwe wartości sumy CRC są umieszczone w dwóch tablicach. Pierwsza tablica zawiera starszy bajt wszystkich z 256 możliwych wartości 16-bitowego pola CRC, natomiast druga tablica młodszy bajt.

Wyznaczenie sumy CRC poprzez indeksowanie tablic jest o wiele szybsze niż obliczenie nowej wartości CRC dla każdego znaku z bufora komunikacyjnego.

Uwaga: Poniższa funkcja przestawia bajty sumy CRC starszy/młodszy, tak że wartość CRC zwracana przez funkcję może być bezpośrednio umieszczona w buforze komunikacyjnym.

Funkcja do obliczenia CRC ma dwa argumenty:

```
unsigned char *puchMsg;   Wskaźnik do bufora komunikacyjnego, zawierające-
                          go dane binarne, z których należy obliczyć CRC

unsigned short usDataLen; Liczba bajtów w buforze komunikacyjnym
```

Funkcja zwraca CRC typu *unsigned short*.

```
unsigned short CRC16(puchMsg, usDataLen)
unsigned char *puchMsg;   // bufor do obliczenia CRC
unsigned short usDataLen; // liczba bajtów w buforze
{
    unsigned char uchCRChi = 0xFF; // inicjalizacja starszego bajtu CRC
    unsigned char uchCRClo = 0xFF; // inicjalizacja młodszego bajtu CRC
    while (usDataLen--)
    {
        uIndex = uchCRChi ^ *puchMsg++; // obliczenie CRC
        uchCRChi = uchCRClo ^ crc_hi[uIndex];
        uchCRClo = crc_lo[uIndex];
    }
    return (uchCRChi<<8 | uchCRClo);
}
}
```

```
//tablica starszego bajtu CRC
const unsigned char crc_hi[ ]={
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81,
0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0,
0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01,
0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81,
0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0,
0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01,
0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81,
0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0,
0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01,
0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80,
0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0,
0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01,
0x40
};

//tablica mlodszy bajtu CRC
const unsigned char crc_lo[]={
0x00, 0xC0, 0xC1, 0x01, 0xC3, 0x03, 0x02, 0xC2, 0xC6, 0x06, 0x07, 0xC7, 0x05, 0xC5, 0xC4,
0x04, 0xCC, 0x0C, 0x0D, 0xCD, 0x0F, 0xCF, 0xCE, 0x0E, 0x0A, 0xCA, 0xCB, 0x0B, 0xC9, 0x09,
0x08, 0xC8, 0xD8, 0x18, 0xD9, 0x1B, 0xDB, 0xDA, 0x1A, 0x1E, 0xDE, 0xDF, 0x1F, 0xDD,
0x1D, 0x1C, 0xDC, 0x14, 0xD4, 0xD5, 0x15, 0xD7, 0x17, 0x16, 0xD6, 0xD2, 0x12, 0x13, 0xD3,
0x11, 0xD1, 0xD0, 0x10, 0xF0, 0x30, 0x31, 0xF1, 0x33, 0xF3, 0xF2, 0x32, 0x36, 0xF6, 0xF7,
0x37, 0xF5, 0x35, 0x34, 0xF4, 0x3C, 0xFC, 0xFD, 0x3D, 0xFF, 0x3F, 0x3E, 0xFE, 0xFA, 0x3A,
0x3B, 0xFB, 0x39, 0xF9, 0xF8, 0x38, 0x28, 0xE8, 0xE9, 0x29, 0xEB, 0x2B, 0x2A, 0xEA, 0xEE,
0x2E, 0x2F, 0xEF, 0x2D, 0xED, 0xEC, 0x2C, 0xE4, 0x24, 0x25, 0xE5, 0x27, 0xE7, 0xE6, 0x26,
0x22, 0xE2, 0xE3, 0x23, 0xE1, 0x21, 0x20, 0xE0, 0xA0, 0x60, 0x61, 0xA1, 0x63, 0xA3, 0xA2,
0x62, 0x66, 0xA6, 0xA7, 0x67, 0xA5, 0x65, 0x64, 0xA4, 0x6C, 0xAC, 0xAD, 0x6D, 0xAF, 0x6F,
0x6E, 0xAE, 0xAA, 0x6A, 0x6B, 0xAB, 0x69, 0xA9, 0xA8, 0x68, 0x78, 0xB8, 0xB9, 0x79, 0xBB,
0x7B, 0x7A, 0xBA, 0xBE, 0x7E, 0x7F, 0xBF, 0x7D, 0xBD, 0xBC, 0x7C, 0xB4, 0x74, 0x75, 0xB5,
0x77, 0xB7, 0xB6, 0x76, 0x72, 0xB2, 0xB3, 0x73, 0xB1, 0x71, 0x70, 0xB0, 0x50, 0x90, 0x91,
0x51, 0x93, 0x53, 0x52, 0x92, 0x96, 0x56, 0x57, 0x97, 0x55, 0x95, 0x94, 0x54, 0x9C, 0x5C,
0x5D, 0x9D, 0x5F, 0x9F, 0x9E, 0x5E, 0x5A, 0x9A, 0x9B, 0x5B, 0x99, 0x59, 0x58, 0x98, 0x88,
0x48, 0x49, 0x89, 0x4B, 0x8B, 0x8A, 0x4A, 0x4E, 0x8E, 0x8F, 0x4F, 0x8D, 0x4D, 0x4C, 0x8C,
0x44, 0x84, 0x85, 0x45, 0x87, 0x47, 0x46, 0x86, 0x82, 0x42, 0x43, 0x83, 0x41, 0x81, 0x80,
0x40
};
```




LUMEL

LUMEL S.A.

ul. Słubicka 4, 65-127 Zielona Góra, Poland
tel.: +48 68 45 75 100, fax +48 68 45 75 508
www.lumel.com.pl

Informacja techniczna:

tel.: (68) 45 75 140, 45 75 141, 45 75 142, 45 75 145, 45 75 146
e-mail: sprzedaz@lumel.com.pl

Realizacja zamówień:

tel.: (68) 45 75 150, 45 75 151, 45 75 152, 45 75 153, 45 75 154, 45 75 155
fax.: (68) 32 55 650

Pracownia systemów automatyki:

tel.: (68) 45 75 145, 45 75 145

Wzorcowanie:

tel.: (68) 45 75 163
e-mail: laboratorium@lumel.com.pl

60-006-00-00144
RG14-07/2