

Domowy, grzejnikowy regulator temperatury

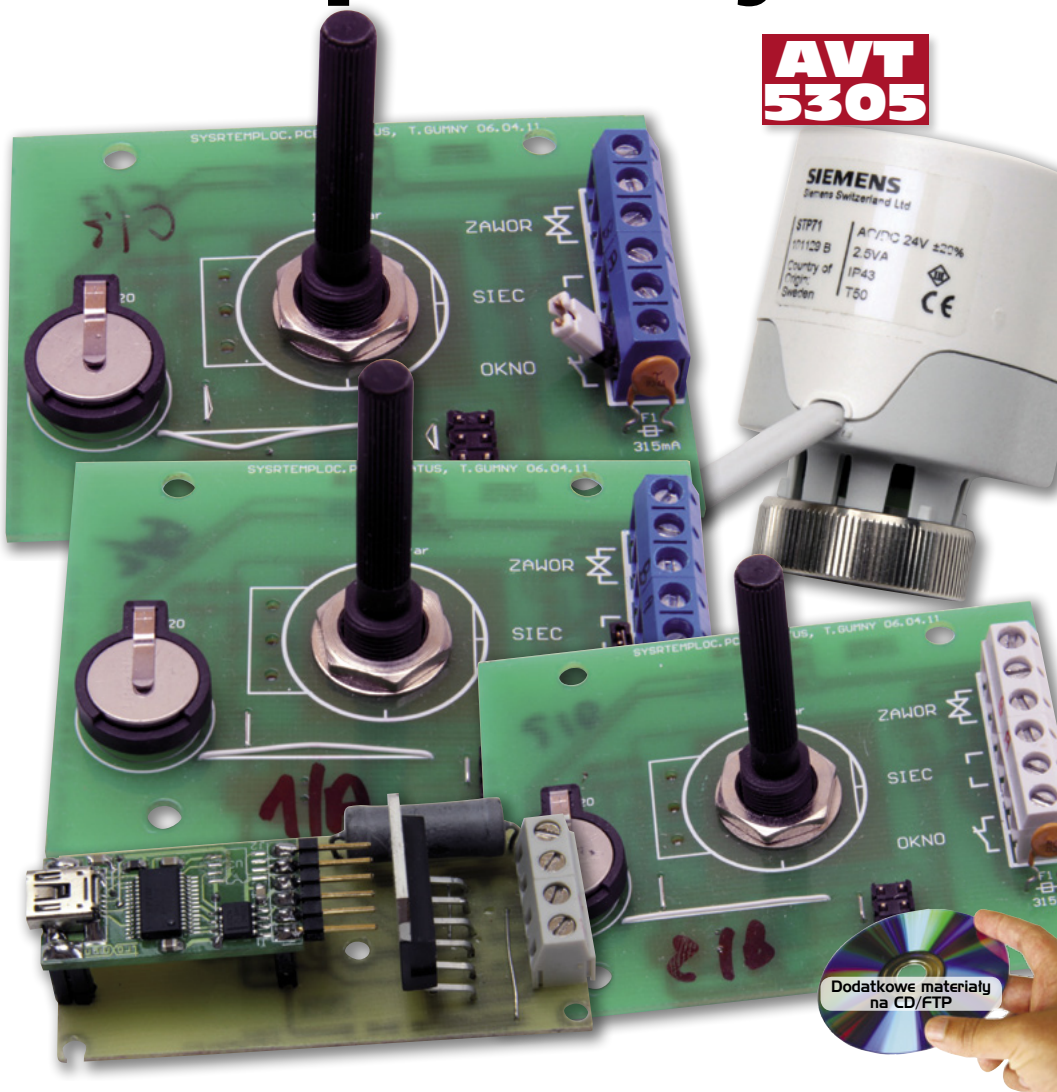
Przeglądając publikacje w prasie i Internecie można spotkać nieprzebraną liczbę konstrukcji regulatorów temperatury.

Nic w tym dziwnego skoro zapewnieniu komfortu ciepłego od zarania dziejów człowiek poświęca dużo swojego czasu. Większość spotykanych rozwiązań bazuje na sterowaniu źródłem ciepła, np.: piecem gazowym CO lub kotłem na paliwo stałe. Sprawdza się to doskonale w przypadku, gdy jesteśmy właścicielami domku lub mieszkania, w którym nie ma centralnego ogrzewania, a nastawnik źródła daje nam możliwość sterowania temperaturą w funkcji czasu.

A co zrobić gdy ma się w mieszkaniu tylko grzejnik centralnego ogrzewania?
Rekomendacje: nasz projekt przyda się w każdym mieszkaniu osiedlowym i wielu innych, w których nie mamy wpływu na pracę pieca CO.

Odpowiednia regulacja podnosi komfort w mieszkaniu i wpływa na koszty ogrzewania, które niestety stale wzrastają. W tym wypadku raczej nie da się regulować źródła ciepła, jakim może być lokalny węzeł ciepły lub kotłownia, która najprawdopodobniej jest już wyposażona w regulator pogodowy dostosowujący wydajność do temperatury otoczenia. Można mieć wpływ jedynie na pracę grzejnika popularnie zwanego kaloryferem.

Najprostszym i najczęściej spotykanym sposobem jest regulacja temperatury grzejnika poprzez mechaniczny zawór termostatyczny bezpośredniego działania (tzw. głowicę termostatyczną). Zasada działania jest doskonale wszystkim znana – element rozszerzający się pod wpływem temperatury bezpośrednio steruje zamykaniem i otwieraniem grzybka zaworu, zmieniającego wy-



dajność grzejnika. Taki układ działa niezależnie, utrzymując względnie dobrze temperaturę w pomieszczeniu. Sporadycznie spotyka się zawory, w których element czuły na temperaturę jest połączony z zaworem kapilarą, co umożliwia umieszczenie „głowicy pomiarowej” z dala od grzejnika w miejscu lepiej odzwierciedlającym temperaturę w pomieszczeniu. Dzięki temu znacznie lepsza jest jakość regulacji.

Skoro te proste układy działają, po co głowić się nad czymś bardziej rozbudowanym i kosztownym?

Głównym powodem są wady wspomnianego wcześniej układu:

- *Brak uwzględnienia obciążenia* cieplnego pomieszczenia w *funkcji czasu*. O ile zgaszenie światła przed wyjściem z pomieszczenia już nie dziwi, to nie znam nikogo, komu chce się kręcić zaworem

i obniżać temperaturę pomieszczenia przed przerwą w użytkowaniu, a już na pewno nikt nie biega po wszystkich pokojach aby przymknąć zawory grzejnikowe np. tuż przed wyjściem do pracy. Nie zawsze też przebywamy w pomieszczeniu całą dobę, a przecież każde z pomieszczeń (sypialnia, salon itp.) ma inny harmonogram „użytkowania”, który można skrupulatnie wykorzystać do oszczędzania energii. Gdy pomieszczenie jest zajęte utrzymujemy w nim komfortową temperaturę, gdy pomieszczenie pozostanie wolne, możemy **obniżyć** temperaturę oszczędzając nieco energii cieplnej. Celowo wyróżniłem słowo „obniżyć”, bo pierwsze co przychodzi na myśl przy oszczędzaniu to – wyłączyć. Niestety, w większości przypadków jest to nieprawda. Całkowite wyłączenie



Fotografia 1. Przykładowy zestaw zaworu i siłownika termoelektrycznego

ogrzewania może doprowadzić do degradacji pomieszczenia, a nawet poważnego uszkodzenia. W miarę spadku temperatury niebezpiecznie zbliżamy się do punktu rosy, w którym następuje kondensacja zawartej w powietrzu wilgoci. Wilgoć osadzając się na tynkach, a jeżeli ten stan przeciąga się, to nawet na konstrukcji, staje się powodem wzrostu szkodliwych grzybów, deformacji drewnianych elementów wyposażenia (podłogi) i korozji elementów stalowych (stelaże sufitów i zbrojenia). Nie wspominać o skrajnych przypadkach awarii z powodu uszkodzenia instalacji hydraulicznych, w których pozostała woda.

- *Brak ograniczeń na bezmyślne użytkowanie pomieszczenia.* Zapewne niejedną raz zdarzyło się nam zapomnieć o wyłączeniu grzejnika w czasie przewietrzania pomieszczenia. Termostat mechaniczny, nawet najbardziej rozbudowany, nas nie wyręczy z tego obowiązku a wręcz pogorszy sytuację, otwierając całkowicie zawór w wychłodzonym pomieszczeniu. I pieniądze ulatują nam bezpowrotnie za okno. Oczywiście w żadnym wypadku nie odradzam wietrzenia. Jest ono konieczne choćby dlatego, że używamy tlen zawarty w pomieszczeniu. Niewątpliwie każdemu przyda się urządzenie, które zwolni go z obowiązku każdorazowego wyłączenia grzejnika po otwarciu okna.

Przypuśćmy, że jedziemy na narty. Przed wyjazdem „zakręcamy” grzejnik. No i wra-

camy do „lodówki”. Oszczędności oszczędnościami, ale nie wolno dopuszczać do nadmiernego wychłodzenia pomieszczenia. Zabezpieczenie przed nadmiernym obniżeniem temperatury w pomieszczeniu jest spotykane w termostatach mechanicznych. W naszym sterowniku również ją zaimplementowaliśmy. Nawet gdy wyłączymy grzejnik, sterownik zadba, aby temperatura w pomieszczeniu nie spadła poniżej bezpiecznej, ustalonej wartości, także wtedy, gdy zapomnimy zamknąć okna. Ta funkcja jako zabezpieczająca ma najwyższy priorytet, bez względu na niepotrzebne straty energii.

Wszystko dobrze, ale jak to zrealizować? Elektroniczny regulator temperatury nie jest specjalnie złożonym układem, problemem pozostaje sposób połączenia elektroniki regulatora z mechaniką zaworu. Kilkanaście lat wstecz byłby to powód do zmartwień, ponieważ asortyment zaworów był niewielki, a koszty spore, zapewne ze względu na czysto przemysłowy „rodowód” konstrukcji zestawu siłownik-zawór. Współcześnie mamy jednak do wyboru kilkanaście typów zaworów wraz z siłownikami elektrycznymi przystosowanymi do właśnie takich układów. Co ciekawe, siłowniki elektryczne powstały jako rozwinięcie linii głowic termostatycznych i posiadają znormalizowany gwint M30x1,5, który rozwiązuje 99% problemów z montażem na istniejącym zaworze grzejnikowym (chyba, że mamy nietypowy, starszy konstrukcyjnie zawór, ale i wtedy są dostępne adaptory mechaniczne umożliwiające montaż siłownika elektrycznego). Na obniżenie kosztu rozwiązania siłownika duży wpływ miała zmiana jego konstrukcji. W klasycznym elektrycznym siłowniku zaworu źródłem napędu jest dwufazowy silnik elektryczny. Napędza on przez redukcyjną przekładnię zębatą trzpień zaworu. Wymagana precyzja i ilość elementów powodowały znaczny koszt takiego rozwiązania. Współczesne siłowniki dla takich zastosowań mają odmienną konstrukcję, składają się z rozszerzającego się pod wpływem przyłożonego napięcia polimeru lub podgrzewanego bimetalu, naciskającego przez popychacz na trzpień zaworu. Konstrukcja jest prosta i niezawodna, ale w porównaniu z zaworem napędzanym silnikiem wolniejsza przy przejściach ze stanu otwartego do zamkniętego i mniej dokładna. W praktyce wykorzystuje się tylko dwa położenia zaworu, czasem kilka pośrednich przy wykorzystaniu sterowania PWM. Poza niską ceną napęd termoelektryczny ma tę niezaprzeczalną zaletę, że jest cichy. W warunkach mieszkaniowych to bardzo istotna cecha, bo chyba nikt nie chciałby mieć chrobotającego zębatkami zaworu w sypialni... Jest więc idealny do współpracy z domowym regulatorem. Przykładowy zestaw zaworu i siłownika (Siemens STP71) przedstawia **fotografia 1**.

AVT-5305 w ofercie AVT:

AVT-5305/1A – płytka drukowana
 AVT-5305/1B – płytka drukowana + elementy
 AVT-5305/2A – płytka drukowana
 AVT-5305/2B – płytka drukowana + elementy
 AVT-5305/3A – płytka drukowana
 AVT-5305/3B – płytka drukowana + elementy

Podstawowe informacje:

- Regulator lokalny, może zastąpić zawór termostatyczny na centralnej instalacji CO;
- Możliwość bezpośredniego sterowania przez stycznik półprzewodnikowy grzałkami elektrycznymi;
- Współpraca z typowymi zaworami grzejnikowymi z gwintem M30x1,5;
- Typ zaworu definiowany programowo, NO lub NC;
- Dwustanowa regulacja temperatury w zakresie <10°C..30°C> co 0,5°C;
- Możliwość korekty wartości zadanej w zakresie <-5°C..+5°C> co 0,5°C;
- Definiowana histereza temperatury załączania grzejnika <0,5°C..3,0°C> co 0,5°C;
- Definiowana zwłoka czasowa regulacji (filtr) <1 min, 59 min> co 1min, dla dostosowania reakcji regulatora do bezwładności cieplnej pomieszczenia;
- Współpraca z czujnikiem otwarcia okna, eliminująca straty ciepła podczas wietrzenia pomieszczenia;
- Funkcja zabezpieczająca przed nadmiernym spadkiem temperatury pomieszczenia;
- Tzy stany pracy (Wyłączony, Gotowy, Komfort), z definiowanymi wartościami temperatur, umożliwiające dostosowanie wydajności grzejnika do obciążenia czasowego pomieszczenia;
- Tygodniowy kalendarz, z maksymalnie 9 zmianami trybu pracy każdego dnia;
- Możliwość ręcznego programowego indywidualnego sterowania zaworem otwórz/zamknij dla ułatwienia napełniania i odpowietrzania instalacji;
- Możliwość połączenia w sieć do 9 regulatorów lokalnych;
- Nieskomplikowane okablowanie wykorzystujące tylko jedną parę typowych przewodów instalacyjnych YDY2x1,0, zarówno dla komunikacji jak i zasilania;
- Możliwość centralnego, sprzętowego ustawienia wszystkich regulatorów w stan „anty-zamarzania” 10°C, np. przy pomocy sterowania z centralki włamaniowej;
- Interfejs do komunikacji z komputerem;
- Parametry regulacji ustawiane z komputera poprzez terminal znakowy;
- Diody LED sygnalizujące stan regulatora;
- Zasilanie ze wspólnego, zewnętrznego zasilacza 24 V_{DC}.

Dodatkowe materiały na CD/FTP:

- <ftp://ep.com.pl>, user: 19623, pass: 6c5r20n3
- wzory płytek PCB
 - karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w **Wykazie elementów** kolorem czerwonym

Projekty pokrewne na CD/FTP:

- (wymienione artykuły są w całości dostępne na CD)
- AVT-5178 Termostat dwustrefowy z interfejsem RS485 (EP 3/2009)
 - AVT-5152 Termostat dobowy (EP 10/2008)
 - AVT-5113 Mikroprocesorowy regulator temperatury PID z interfejsem MODBUS (EP 10-12/2007)
 - AVT-950 Termostat elektroniczny (EP 9/2006)
 - AVT-557 Zdalnie sterowany (DTMF) termostat (EP 12/2003-1/2004)

Na **rysunku 2** pokazano schemat układu regulacji temperatury. Sercem układu automatyki jest regulator temperatury pomieszczenia. Sygnałami wejściowymi jest termometr pomieszczeniowy, czujnik otwarcia okna oraz potencjometr korekcji temperatury.

Wewnętrznie układ składa się z dwóch regulatorów: nadrzędnego czasowego zajmującego się odmierzaniem czasu, obsługującą kalendarza i wypracowaniem wartości

zadanych harmonogramem i podrzędnego realizującego regulację temperatury. Regulacja temperatury zrealizowana jest jako dwustanowa ON-OFF, z jednostronną histerezą temperaturową przy załączaniu grzejnika, histerezą czasową blokującą zbyt szybką reakcję regulatora na zmiany temperatury. Na podstawie tych danych wypracowane jest sterowanie siłownika termoelektrycznego zaworu.

Regulator nadrzędny wypracowuje 4 stany pracy, w zależności od ustawionego harmonogramu tygodniowego:

Stan 1-WYŁĄCZ – jest to stan, gdy pomieszczenie jest dłuższy czas nieużywane, utrzymywana jest w nim najniższa temperatura zadana, nie działa korekta temperatury, regulator reaguje na otwarcie okna, wyłączając zawór, zabezpieczając jednak pomieszczenie przed wychłodzeniem poniżej 10 °C.

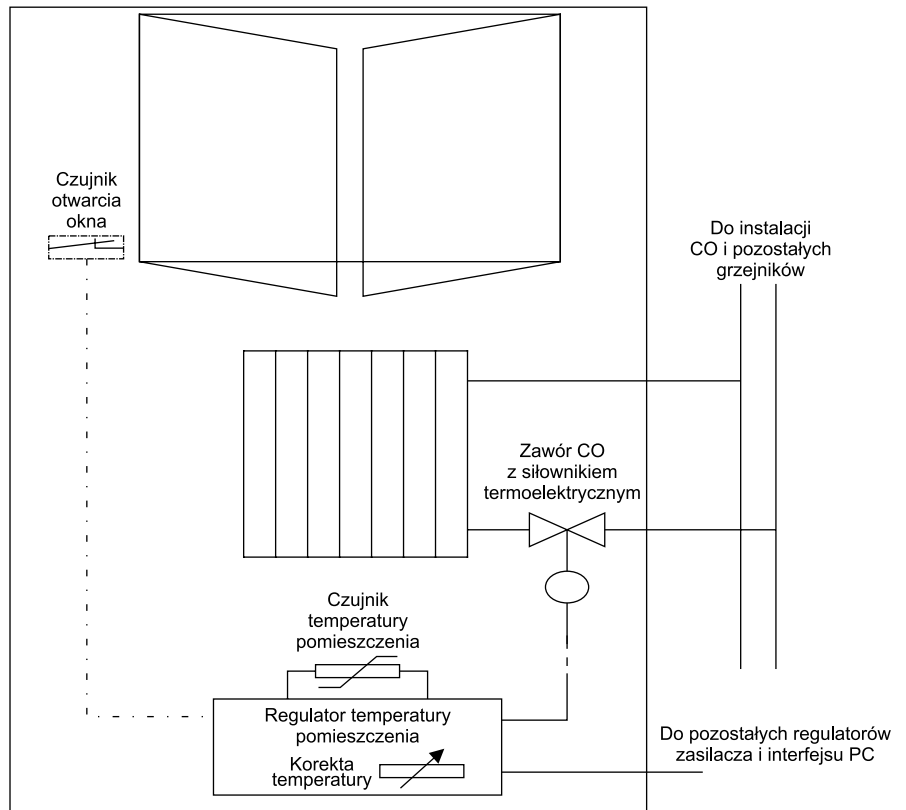
Stan 2-GOTOWY – jest to stan, gdy w najbliższym czasie pomieszczenie będzie użytkowane, temperatura zadana jest wyższa niż w trybie WYŁĄCZ., ale niższa niż w trybie użytkowania (KOMFORT). Ten pośredni stan pozwala na szybsze doprowadzenie pomieszczenia do stanu normalnego użytkowania KOMFORT, eliminując dyskomfort klasycznej dwustanowej regulacji, gdzie wchodzimy do wychłodzonego pomieszczenia po trybie WYŁĄCZ. W trybie tym nie działa korekta temperatury, regulator reaguje na otwarcie okna, wyłączając zawór, zabezpieczając jednak pomieszczenie przed wychłodzeniem poniżej 10°C.

Stan 3-KOMFORT – jest to stan normalnej eksploatacji pomieszczenia, utrzymywana jest najwyższa zadana temperatura, istnieje możliwość potencjometrycznej korekty zadanej temperatury dla szybkiego dopasowania temperatury do własnych preferencji. Regulator oczywiście reaguje na otwarcie okna zamknięciem zaworu, zabezpieczając jednak pomieszczenie przed wychłodzeniem poniżej 10 °C.

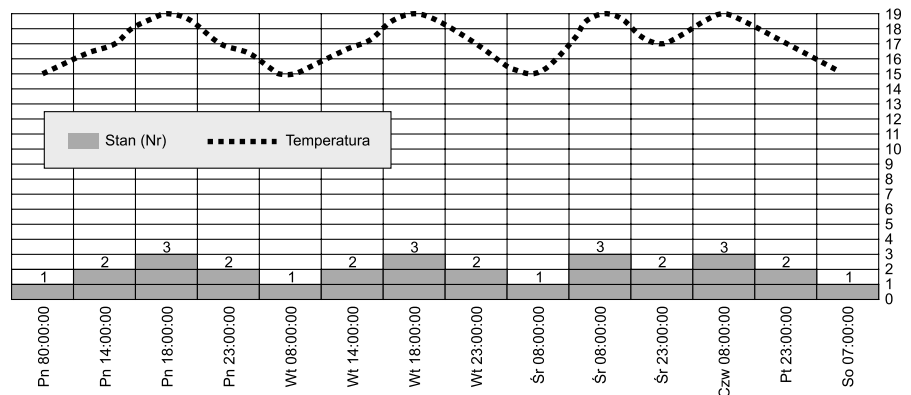
Stan 4 – jest stanem niejawnym, w którym regulator jest wyłączony „sprzętowo” poprzez odwrócenie polaryzacji zasilania, umożliwia to „grupowe” wyłączenie ogrzewania, np. z centralki włamaniowej, gdy dłuższy czas pomieszczenia nie będą użytkowane. W tym stanie regulator pełni tylko funkcję zabezpieczenia przez „zamarzaniem”, czyli niezależnie od otwarcia okna utrzymuje stałą temperaturę pomieszczenia = 10°C, oczywiście nie działają wtedy harmonogramy i korekta temperatury.

Przykładowy harmonogram przedstawia rysunek 3.

W każdym z tych trybów podrzędny regulator temperatury działa w sposób identyczny. Jeżeli temperatura pomieszczenia <Bieżąca temperatura> jest niższa od temperatury zadanej pomniejszonej o histerezę <Histereza temperatury> i stan ten utrzymuje się przez



Rysunek 2. Schemat układu regulacji



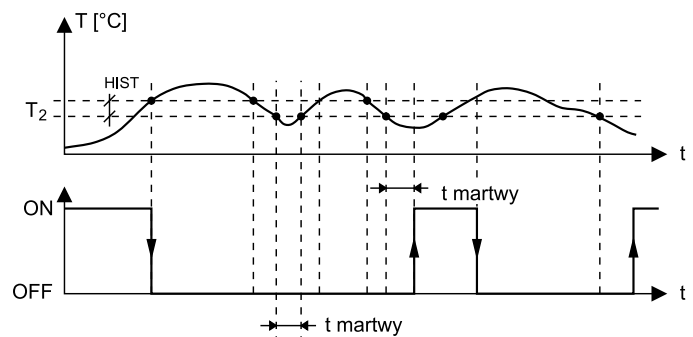
Rysunek 3. Przykładowy harmonogram tygodniowy

dłuższy niż <Czas martwy>, zostaje wystawiony zawór grzejnika. Wystawienie to zostaje podtrzymane do osiągnięcia temperatury zadanej, a po jej przekroczeniu już bez histerezy zostaje zdjęte i w zależności od charakterystyki pomieszczenia proces cyklicznie zostaje powtórzony. Obrazowo zasadę działania regulatora temperatury przedstawia rysunek 4. Oczywiście zmiana korekty lub stanu odpowiednio wpływa na przebieg regulacji.

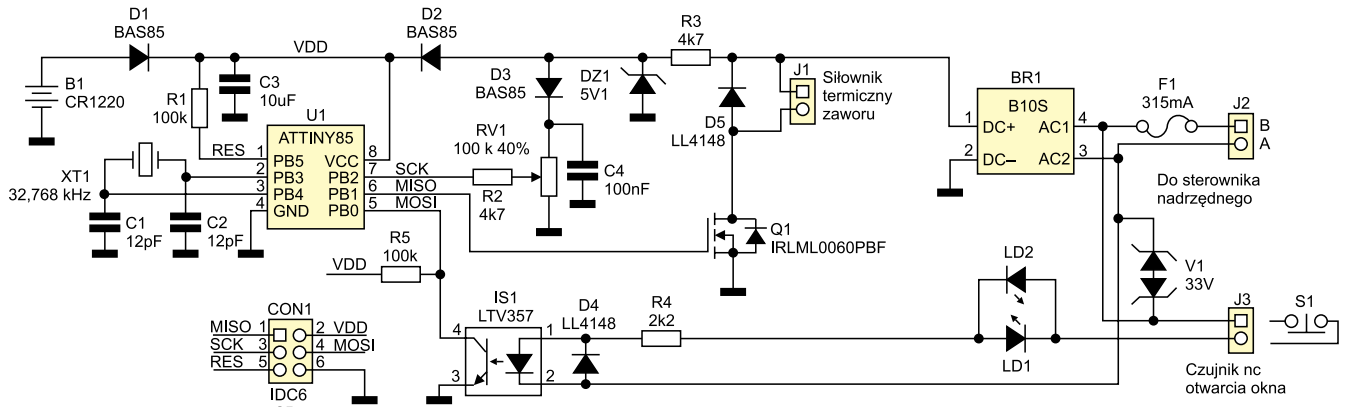
Budowa regulatora

Schemat regulatora pokazano na rysunku 5. Układ zrealizowany jest

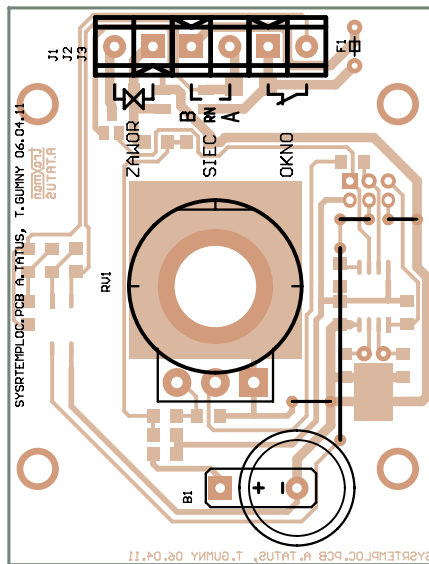
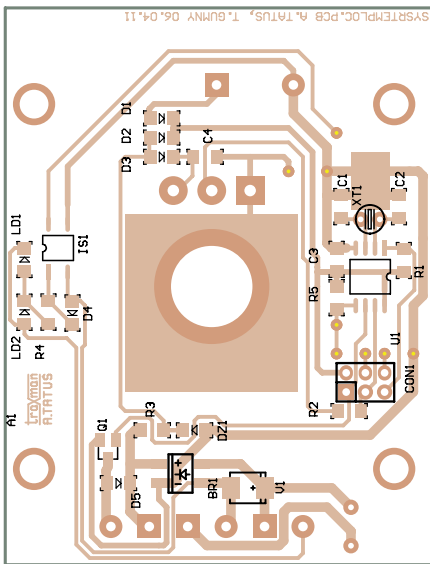
w oparciu o procesor jednonukładowy ATtiny85 pracujący z zewnętrznym oscylatorem kwarcowym 32768 kHz. Podczas normalnej pracy układ regulatora jest zasilany z 24 V. Prostownik na wejściu zapewnia poprawną polaryzację zasilania także w przypadku odwrócenia biegunowości napięcia zasilania



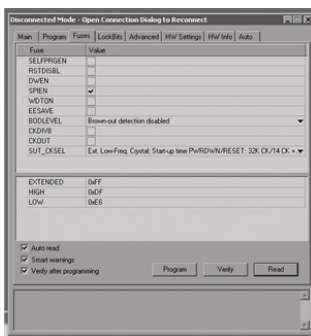
Rysunek 4. Zasada działania regulatora temperatury dla jednej temperatury zadanej



Rysunek 5. Schemat ideowy regulatora



Rysunek 6. Schemat montażowy regulatora



Rysunek 7. Bity konfiguracji mikrokontrolera

jącego. Napięcie 5 V stabilizowane diodą DZ1 zasila procesor. W przypadku zaniku zewnętrznego zasilania, działanie samego procesora jest podtrzymywane baterią B1 typu CR1220. Procesor wykrywa ten stan i obniża pobór prądu do niezbędnego minimum. Temperatura pomieszczenia jest mierzona czujnikiem wbudowanym w procesor U1. Potencjometr PV1 służy do korekty temperatury i jest cyklicznie odczytywany przetwornik analogowo-cyfrowy procesora. Tranzystor T1 pełni funkcję klucza załączającego zasilanie siłownika zaworu. Obwód transoptora umożliwia

komunikację, wykrycie odwrócenia polaryzacji zasilania i sprawdzenie stanu styku okiennego. Jako czujnik otwarcia okna wykorzystany jest czujnik kontaktronowy normalnie zamknięty stosowany w systemach sygnalizacji włamania. Po otwarciu okna pin PBO na dłuższy czas przyjmuje stan wysoki, co jest traktowane jako otwarcie okna. Diody LD1/2 służą do sygnalizacji stanu regulatora. Podczas normalnej pracy (okno zamknięte) świeci dioda LD2. W czasie komunikacji z terminalem przygasa w rytm przesyłanych danych. Jeżeli w tym stanie świeci dioda LD1, należy odwrócić polaryzację zasilania regulatora przez zmianę przewodów na złączu J2. Dioda LD1 sygnalizuje sprzętowe ustawienie regulatorów w stan „anty-zamarzania” przez odwrócenie polaryzacji zasilania.

Montaż

Układ zmontowany jest na płytce jednostronnej drukowanej, na której rozmieszczenie elementów przedstawia rysunek 6. Montaż nie wymaga szerszego opisu. Jedynym elementem mogącym sprawić problemy jest potencjometr, który w zależności od wykonania wymaga różnego sposo-

bu montażu. W modelowych egzemplarzach regulatora zastosowano potencjometr z długą osią z tworzywa sztucznego, który był wygodniejszy do montażu od strony druku. Płytkę regulatora zamontowaną jest w górnej części fabrycznej obudowy typu PP73, przy wykorzystaniu dostarczonych w komplecie wkrętów. Należy pamiętać o okablowaniu złącz przed zamontowaniem płytki w obudowie oraz o zapewnieniu swobodnego przepływu powietrza wokół otworów obudowy – czujnika nie można montować we wnękach lub zasłaniać. Utrudniłoby to cyrkulację powietrza i pogorszyło regulację. Regulator nie powinien być narażony na bezpośrednie promieniowanie słoneczne lub wystawiony na działanie innych źródeł ciepła. Najczęściej mocuje się go obok wyłącznika oświetlenia na ścianie naprzeciw okna. Zawór i czujnik otwarcia okna należy podłączyć możliwie krótkimi przewodami o dostosowanym przekroju do długości, aby po uwzględnieniu spadków napięcia zapewnić 24 V ± 10% dla zaworu. Przekrój przewodu dla magistrali zasilającej i moc zasilacza należy dobrać uwzględniając liczbę regulatorów i zaworów.

Po zmontowaniu należy zaprogramować układ U1. Ustawienie bitów konfiguracyjnych przedstawia rysunek 7. UWAGA: W pierwszej kolejności, na fabrycznych ustawieniach fuse-bitów, należy zaprogramować pamięć FLASH i EEPROM. Programowanie fuse-bitów, szczególnie tych odpowiadających za włączenie zewnętrznego oscylatora (SUT_SEL), musi być ostatnią czynnością. Odwrócenie kolejności skutkuje koniecznością programowania przy częstotliwości taktującej ISP równej 6.4 kHz. Czasem pojawiają się też problemy z zaprogramowaniem pamięci EEPROM.

W przypadku konieczności przeprogramowania procesora, należy w pierwszej kolejności ustawić zegar ISP na 6,4 kHz, ustawić taktowanie procesora z wewnętrznego oscylatora RC 8 MHz, zmienić zegar ISP na 500 kHz, zaprogramować pamięci FLASH i EEPROM i ponownie włączyć zewnętrzny oscylator kwarcowy.

**Wykaz elementów
Płytki regulatora**

Rezystory: (SMD 1206)

- R1, R5: 100 kΩ
- R2, R3: 4,7 kΩ
- R4: 2,2 kΩ (5%)
- RV1: 100 kΩ (potencjometr P20EC)

Kondensatory:

- C1, C2: 12pF (SMD, 1206)
- C3: 10 μF (SMD, A)
- C4: 100 nF (SMD, 1206)

Półprzewodniki:

- BR1: B105 mostek prostowniczy SMD
 - D1, D2, D3: BAS85 (MINIMELF)
 - D4, D5: LL4148 (MINIMELF)
 - DZ1: dioda Zenera 5,1 V (MINIMELF)
 - IS1: LTV357
 - LD1: dioda LED czerwona (SMD 1206)
 - LD2: dioda LED zielona (SMD 1206)
 - Q1: IRLML0060PBF (SOT-23)
 - U1: ATTINY85 (SOP-8)
 - V1: 33 V (transil dwukierunkowy SMB)
- Inne:**
- B1: Bateria litowa CR1220 z oprawką do druku
 - CON1: IDC6 (złącze szpilkowe IDC 2×3 2,54 mm)
 - F1: 315 mA (bezpiecznik polimerowy np. RXE315)
 - J1...J3: ARK2 (5 mm)
 - XT1: kwarc 32768 Hz

Płytki minimodułu USB

Kondensatory:

- C1, C3, C4: 100 nF (SMD 0805)
- C2: 2,2 μF (SMD 0805)

Półprzewodniki:

- U1: FT232RL (SSOP-28)
- U2: ISO7721A (SO-8)

Inne:

- J1, J2: SIP4 (złącze szpilkowe 1×4, 2,54 mm)
- J3: USBMINI (złącze USB MINI do druku, kątowne)
- L1: dławik 1 μH (SMD 0805)

Płytki interfejsu PC

Rezystory: (SMD 1206)

- R1, R2, R6, R7: 4,7 kΩ
- R3: 10 kΩ
- R4, R5, R9, R10: 2,2 kΩ
- R8: 10 Ω/2 W (rezystor metalizowany)

Kondensatory:

- C1, C4, C6: 100 nF (SMD 1206)
- C2, C3: 10 nF (SMD 1206)
- C5: 2,2 nF (SMD 1206)

Półprzewodniki:

- D1, D2: FR3 (dioda SMD 3A)
 - DZ1: dioda Zenera 5,1 V (MINIMELF)
 - Q1, Q2: BC847 (SOT-23)
 - U1: L6203
- Inne:**
- J1, J2: ARK2 (5 mm)

Ustawianie parametrów regulacji

Regulator ogrzewania w zasadzie powinno się ustawić raz w roku, na początku sezonu grzewczego. Przy obecnym tempie wprowadzania nowych wersji systemów operacyjnych może się zdarzyć, że po kilkukrotnym użyciu nie będzie na czym uruchomić programu komputerowego do konfigurowania regulatorów. Dlatego zaproponowaliśmy inne rozwiązanie. Cały system komunikacji jest umieszczony w regulatorze, a od strony kom-

putera nie jest wymagane żadne dedykowane oprogramowanie – wystarczy program terminala dla portu szeregowego. Systemy operacyjne się zmieniają, ale w każdym można znaleźć taki program. W DOS-ie nie był on nawet potrzebny – parametry transmisji można było ustawić instrukcją MODE i uruchomić konsolę zleceniem COPY. W systemach Windows standardowo instalowany jest program HYPERTERMINAL. W Linuxie można wykorzystać MINITERM lub GTKTERM.

Port szeregowy w swojej pierwotnej postaci występuje już tylko w komputerach stacjonarnych. Komputery przenośne wymagają stosowania przejściówek USB-RS232C lub stacji dokujących.

Komunikacja z regulatorami wymaga ustawienia parametrów transmisji. Okno parametrów z programu HyperTerminal ilustruje **rysunek 8**. W programie terminala należy wyłączyć wyświetlanie wysyłanych znaków (lokalne echo).

Wyszliśmy z założenia, że skoro ustawiania parametrów regulatora dokonuje się sporadycznie, to powinno ono być maksymalnie uproszczone i nie może wymagać od osoby obsługującej zagłębienia do instrukcji obsługi. Dlatego wszystkie wprowadzane parametry są opisywane, podawane są dopuszczalne zakresy a nawet sugerowane dotychczas obowiązujące wartości.

Zasadniczo format linii dla jednego parametru wygląda tak:

Opis parametru (dodatkowe uwagi)
(zakres wartości) <wartość sugerowana> = nowa wartość

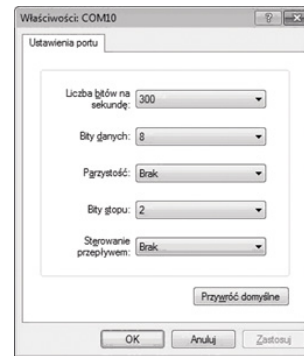
Wartość sugerowana jest w większości przypadków pobierana z pamięci EEPROM i może być zatwierdzona klawiszem ENTER. W takim wypadku w miejscu nowej wartości pojawia się napis „OK”.

W terminalu zasadniczo nie działają klawisze DELETE/BACKSPACE. Dlatego naciśnięcie klawisza ESC po błędnie wpisanej wartości pozwala powtórzyć wpisywanie parametru od początku. Jeśli jednak ESC będzie pierwszym naciśniętym klawiszem, oznacza to rezygnację z ustawiania parametru i przejście do kolejnego.

Program na bieżąco kontroluje podawane wartości i nie pozwoli na wprowadzenie błędnych danych. Temperaturę można ustawić z półstopniową rozdzielczością. Akceptowane są formaty liczb: z wiodącym zerem (0.5), bez niego (.5), z przecinkiem (10,5) chociaż w tym wypadku zamiast przecinka zostanie wyświetlona kropka, całkowity (20) i rzeczywisty z kropką dziesiętną (18.).

Ustawianie uruchamia się przez wysłanie z terminala identyfikatora regulatora. Identyfikatorem jest duża litera „A” do „I”.

Na czas ustawiania pozostałe regulatory nie załączają zasilania swoich zaworów, aby nie zakłócać komunikacji. Z tego powodu maksymalny czas ustawiania musiał zostać



Rysunek 8. Okno parametrów transmisji programu Hyper Terminal.

ograniczony do 5 minut i po tym czasie ustawianie zostanie przerwane. Jeśli jednak w dowolnym momencie ustawiania ponownie wyślemy identyfikator regulatora, ten 5-minutowy czas będzie liczony od nowa.

Wywołany regulator zgłasza się nagłówek: AVT-5305 Regulator CO 1.00 A.Tatus T.Gumny

Następnie wyświetla się linia zmiany identyfikatora. Bezpośrednio po zaprogramowaniu każdy regulator ma identyfikator „A”. Dlatego przy pierwszym podłączeniu należy regulatorom nadać unikalne identyfikatory. Dokonuje się tego wpisując w poniższym wierszu (lub zatwierdzając ENTER-em) cyfrę odpowiadającą wybranej literze-identyfikatorowi i tak: „1” odpowiada literze „A”, „2” literze „B”, „3” literze „C” a „9” literze „I”.

Jeśli w sieci znajdą się dwa lub więcej regulatory o identycznych identyfikatorach, bo np. zapomnieliśmy zmienić identyfikatory przed zainstalowaniem lub przez pomyłkę nadaliśmy dwóm regulatorom identyczny identyfikator, to ich odpowiedzi podczas ustawiania będą się wzajemnie zakłócały. W takim wypadku konieczne jest dokonanie zmiany zdublowanych identyfikatorów. W zasadzie powinno się w tym celu odłączyć od sieci wszystkie zakłócające się regulatory poza jednym, ale taki sam skutek będzie miało rozwarcie czujnika otwarcia okna. Zatem nawet mając regulatory o identycznych identyfikatorach można się z każdym indywidualnie skomunikować - wystarczy otworzyć okna przy wszystkich pozostałych. Oczywiście takie zabiegi nie są konieczne po nadaniu regulatorom unikalnych identyfikatorów.

Identyfikator regulatora
(1-A,2-B..9-I) <1> = 3

Wynikiem takiego wpisu będzie zmiana identyfikatora z „A” na „C”.

Typ zaworu (NO-otwarty bez zasilania)
(1=NO,2=NC) <2> = 1

W tym miejscu ustawia się typ zaworu podłączonego do regulatora. Najczęściej spotykany jest zawór normalnie otwarty (NO), który do zamknięcia wymaga podania napięcia zasilającego.

Tryb pracy zaworu

(0-zamknięty,1-otwarty,2-auto) <2> = 1
 Czasem zachodzi potrzeba ustawienia zaworu na stałe w określonej pozycji. Wpisując tutaj „0” spowodujemy, że zawór będzie zawsze zamknięty, „1” na stałe otworzy zawór a „2” umożliwi regulację temperatury. Przykład powyżej pokazuje przełączenie regulatora z pracy automatycznej na tryb z zaworem zawsze otwartym, co jest potrzebne np. podczas napełniania lub odpowietrzania instalacji centralnego ogrzewania. Przy sterowaniu zaworu uwzględniany jest typ zaworu (NO, NC). Uwaga: Ustawienie na dłuższy czas trybu „0” w czasie silnych mrozów może spowodować zamarznięcie wody w instalacji!

Czas martwy (godz:min)
 (0:01..0:59) <0:10> = **0:20**

„Czasem martwym” określa się czas, jaki upływa od momentu podania sygnału sterującego zaworem do wykrycia tego działania przez czujnik temperatury. Zatem jest to suma czasów otwarcia (lub zamknięcia) zaworu, czasu nagrzewania kaloryfera, czasu rozchodzenia się ciepła w pomieszczeniu oraz opóźnienia samego czujnika.

Bieżąca temperatura
 (10.0..30.0°C) <22.5> = **OK**

Czujnik temperatury wbudowany w procesor ATtiny85 ma stosunkowo dobrą dokładność nachylenia charakterystyki ADC(T), ale zupełnie nieakceptowalne przesunięcie, które według danych producenta może wynosić nawet 10°C! Wpisanie rzeczywistej temperatury panującej w pomieszczeniu zmierzony dokładnym termometrem pozwala procesorowi obliczyć stałą poprawkę, która później będzie uwzględniana przy obliczaniu temperatury. Wyświetlana jest temperatura w zakresie 0..50°C, ale dla zwiększenia dokładności skalowanie musi być dokonane w zakresie temperatur 10..30°C.

Histeresa temperatury
 (0.5..3.0°C) <1.0> = **.5**

Ten parametr określa dopuszczalne obniżenie temperatury w pomieszczeniu w stosunku do wartości zadanej przez układ regulacji.

Korekta KOMFORTu = +5.0°C

W tym miejscu wyświetlana jest aktualna korekta temperatury ustawiona potencjometrem na regulatorze. Korekta dotyczy tylko stanu „3” czyli „Komfort” i może zmieniać się w granicach od -5°C do +5°C zależnie od położenia suwaka potencjometru.

Stan 1-WYŁACZ. (10.0..30.0°C) <15.0> = **17.0**
 Stan 2-GOTOWY (10.0..30.0°C) <18.0> = **19**
 Stan 3-KOMFORT (10.0..30.0°C) <20.0> = **21.5**

Regulator utrzymuje w pomieszczeniu temperaturę, która odpowiada jednemu z trzech stanów nazwanych umownie: „WYŁĄCZ.” - pomieszczenie nieużytkowane, „GOTOWY” - pomieszczenie o obniżonej temperaturze i „KOMFORT” - pomieszczenie użytkowane.

W tym ostatnim stanie temperatura zadana może być dodatkowo korygowana za

pomocą potencjometru dostępnego na obudowie regulatora.

Aktualny czas (godz:min - dzień)
 (0:00..23:59) <22:07> = **22:09** - (1=Po-n,2-Wto..7-Nie) <1> = **OK**

Regulator jest wyposażony w programowy zegar czasu rzeczywistego, który do poprawnego działania musi zostać ustawiony. Dokonuje się tego wpisując w tym miejscu aktualny czas i numer kolejny dnia tygodnia („1”-poniedziałek, „2” - wtorek, itd., „7” - niedziela). Przykład powyżej pokazuje niewielką korektę czasu bez zmiany dnia.

Na wypadek zaniku napięcia zasilającego działanie zegara jest podtrzymywane przez baterię litową.

Najważniejszym elementem konfiguracji regulatora jest wpisanie tygodniowego harmonogramu zmian temperatur. Przedstawiony poniżej przykład harmonogramu jest mocno abstrakcyjny, za to pokazuje pełne możliwości programu.

Godz:min(0:00..23:59)-Stan(1..3,ESC lub 0-Koniec)

Poniedz.
 1. o godz. <6:00> = **OK** ustaw <3> = **OK**
 2. o godz. <8:00> = **OK** ustaw <1> = **OK**
 3. o godz. <14:00> = **OK** ustaw <2> = **OK**
 4. o godz. <16:00> = **OK** ustaw <3> = **OK**
 5. o godz. <23:00> = **OK** ustaw <2> = **OK**
 6. o godz. <23:01> = **OK** ustaw <0> = **OK**

Jeśli w pamięci nie zdefiniowano wcześniej kolejnej zmiany, program sugeruje czas o minutę późniejszy. Wpisywanie zmian w ciągu doby można zakończyć klawiszem ESC lub wpisując 0 na pozycji stanu.

Wtorek
 1. o godz. <8:00> = **OK** ustaw <1> = **OK**.
 2. o godz. <14:00> = 23:59 ustaw <3> = **2**
 Jeśli ostatnia zmiana ma nastąpić o 23:59, program automatycznie przejdzie do kolejnego dnia.

Sroda
 1. o godz. <8:00> = **7:00** ustaw <1> = **1**
 2. o godz. <14:00> = **OK** ustaw <2> = **OK**
 3. o godz. <20:01> = **16:00** ustaw <2> = **3**

Przywrócenie typowego harmonogramu dobowego.

Czwartek
 1. o godz. <8:00> = **OK** ustaw <1> = **OK**
 2. o godz. <14:00> = 9:00 ustaw <2> = **2**
 3. o godz. <16:00> = 13:00 ustaw <3> = **3**
 4. o godz. <13:01> = 18:00 ustaw <0> = **2**
 5. o godz. <18:01> = 20:00 ustaw <0> = **3**
 6. o godz. <20:01> = 21:00 ustaw <0> = **2**
 7. o godz. <21:01> = 22:00 ustaw <0> = **3**
 8. o godz. <22:01> = 23:00 ustaw <0> = **2**
 9. o godz. <23:01> = 23:59 ustaw <3> = **1**

Program zezwala na zdefiniowanie dziewięciu zmian stanu w ciągu doby. Po ustawieniu dziewiętej zmiany przechodzi od razu do kolejnego dnia.

Piątek
 1. o godz. <8:00> = **OK** ustaw <1> = **OK**

2. o godz. <14:00> = **OK** ustaw <2> = **OK**
 3. o godz. <16:00> = **OK** ustaw <3> = **OK**
 4. o godz. <16:01> = **OK** ustaw <0> = **2**
 5. o godz. <16:02> = **OK** ustaw <0> = **OK**.

Ustawianie harmonogramu dnia można zakończyć przez zatwierdzenie sugerowanego stanu „0”.

Sobota
 1. o godz. <8:00> = **OK** ustaw <3> = **OK**
 2. o godz. <23:00> = **OK** ustaw <2> = **OK**
 3. o godz. <23:01> =

Chcąc zakończyć wpisywanie programu dobowego, można nacisnąć klawisz ESC już przy wpisywaniu godziny.

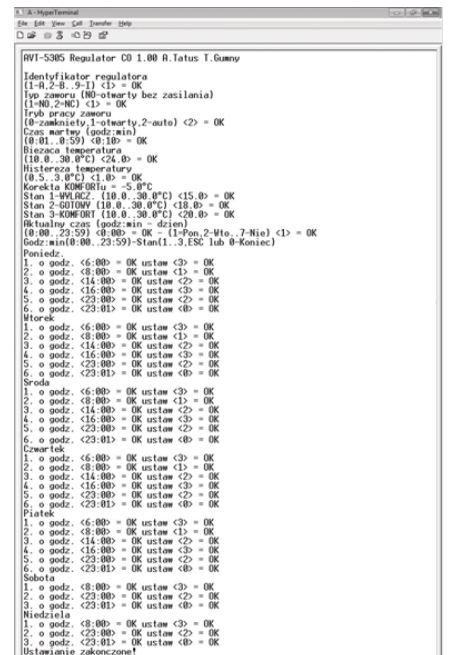
Niedziela
 1. o godz. <0:00> =

Można również zdefiniować dobę bez zmian stanu. Poprawne zakończenia ustawiania regulatora jest potwierdzane komunikatem:

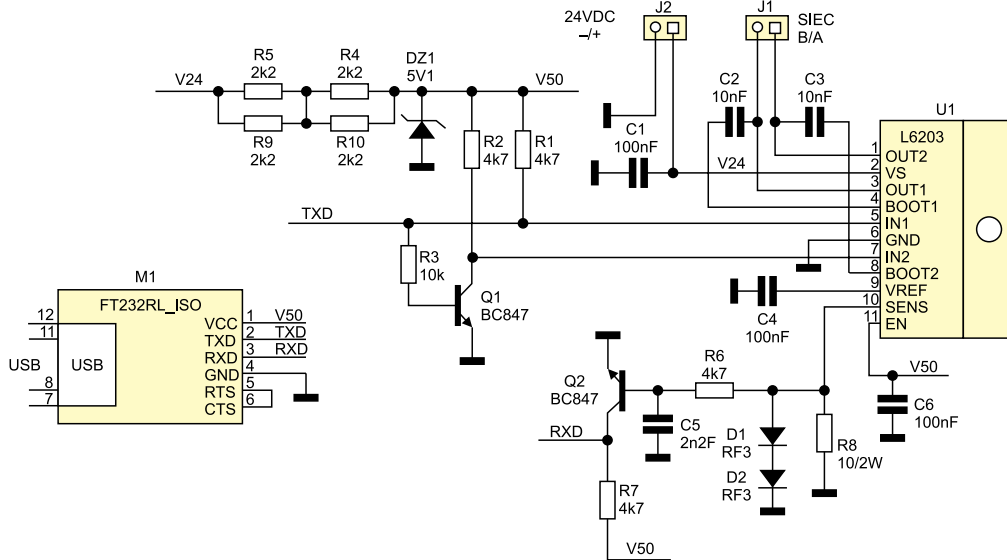
Ustawianie zakończone!

Przerwanie ustawiania wymuszone przez upływ czasu lub wysłanie innego identyfikatora jest sygnalizowane komunikatem: „Ustawianie przerwane!”. W tym wypadku wskazane jest powtórzenie ustawiania przy najmniej w celu sprawdzenia zapisanych wartości.

Na czas ustawiania wszystkie regulatory w sieci są blokowane (nie załączają swoich zaworów). Dla ograniczenia udaru prądowego, który mogłoby wywołać równoczesne załączenie kilku zaworów, proces ten odbywa się stopniowo w 6-sekundowych odstępach. Regulator o identyfikatorze „A” załącza swój zawór natychmiast, dla regulatora „B” opóźnienie wynosi 6 sekund, dla „C” - 12 sekund a dla ostatniego („I”) - 48 sekund. Tak samo wygląda procedura załączania zaworów po zaniku zasilania.



Rysunek 9. Wartości domyślne po zaprogramowaniu procesora



Rysunek 11. Schemat interfejsu PC

Mikrokontroler dość intensywnie wykorzystuje wbudowany przetwornik analogowo-cyfrowy. Pierwszym odczytywanym kanałem jest ADC1(PB2). Napięcie na tym wejściu jest przetwarzane przy napięciu zasilającym jako napięcie odniesienia. To samo napięcie zasila potencjometr. Dzięki temu wahania zasilania mają minimalny wpływ na dokładność odczytu położenia suwaka potencjometru. Odczytana wartość jest skalowana do zakresu ± 10 , co w przyjętej w programie konwencji odpowiada korekcie „Komfortu”o $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Drugim mierzonym napięciem jest... wewnętrzne napięcie odniesienia $V_{bg}=1.1\text{ V}$. Nie ono nas jednak interesuje, Odczytując napięcie o dość dokładnie znanej wartości można określić wielkość napięcia zasilającego, które jest w tym wypadku napięciem odniesienia. Spadek napięcia zasilającego poniżej 4 V oznacza dla procesora brak zasilania z centralki. W takim wypadku procesor ogranicza się do realizacji zegara czasu rzeczywistego i automatu ustalającego obowiązujący stan i temperaturę. Dzięki temu natychmiast

po przywróceniu zasilania regulator zaczyna stabilizować właściwą temperaturę.

Ostatnim i najważniejszym mierzonym kanałem jest wbudowany czujnik temperatury. Jego typowa czułość wynosi około 1°C na bit. Dla zwiększenia rozdzielczości napięcie czujnika jest mierzone 18-krotnie. Właściwa wartość przesunięcia jest obliczana „wstecz” na podstawie rzeczywistej temperatury podanej przez użytkownika na etapie ustawiania regulatora. Obliczona wartość jest zapamiętywana w pamięci nietolnej i używana do obliczania temperatury w pomieszczeniu.

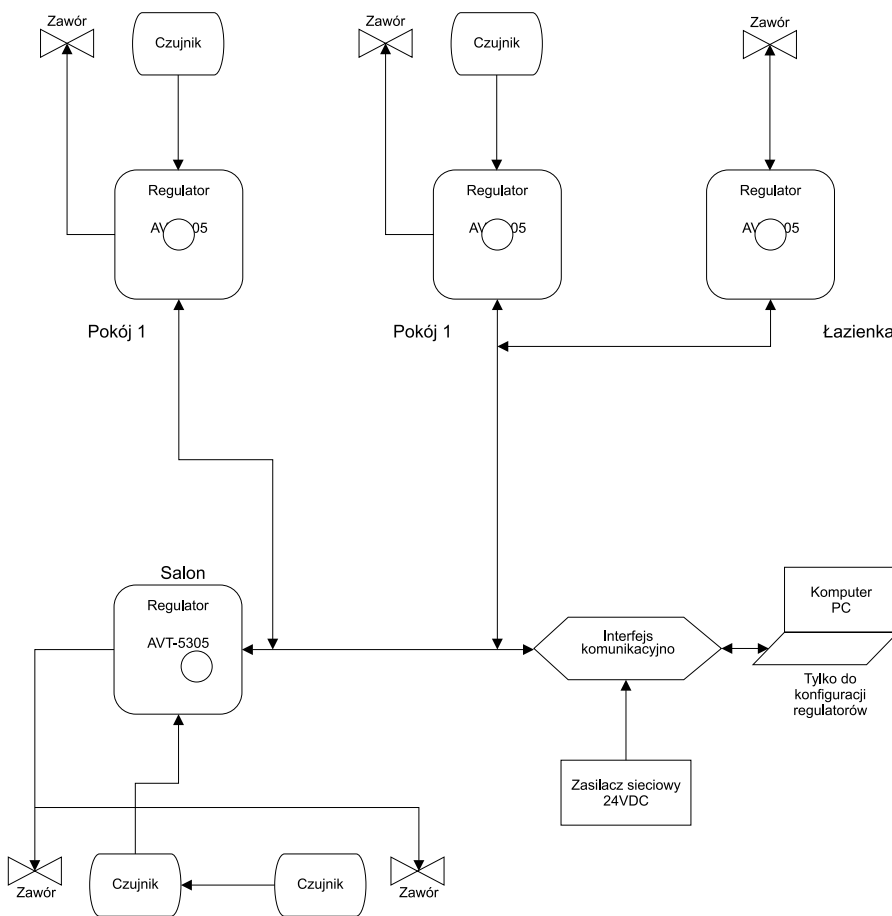
Dążenie do ograniczenia poboru prądu daje jeszcze jeden ważny skutek. Otóż dzięki obniżeniu mocy traconej w procesorze minimalizuje się błąd pomiaru temperatury wynikający z jego samopodgrzewania.

Interfejs zasilająco – sterujący

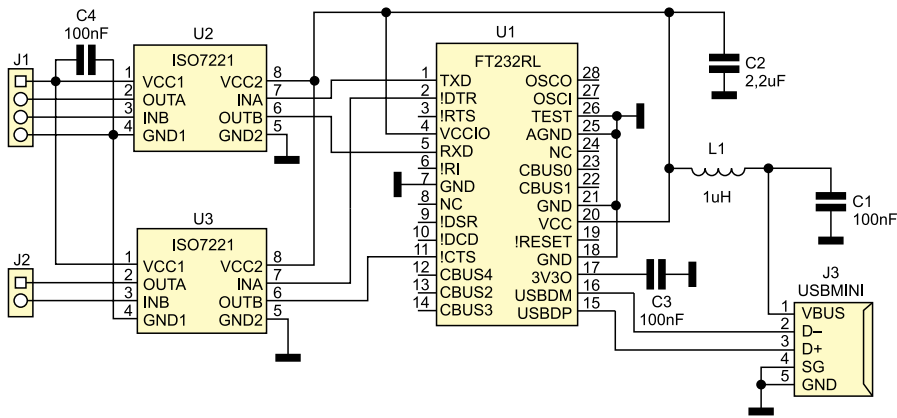
Do zasilania i umożliwienia komunikacji między komputerem i regulatorami opracowano prosty interfejs sprzętowy zasilany napięciem stałym 24 V. Połączenie linii zasilających i komunikacyjnych ułatwia poprowadzenie instalacji, ponieważ do każdego regulatora wystarczy doprowadzić jedną parę typowych przewodów instalacyjnych. Wymagało to jednak zaprojektowania własnego układu interfejsu, którego schemat przedstawiono na **rysunku 11**.

Napięcie na wyjściu interfejsu ma biegunowość odwracaną w rytm danych nadchodzących z portu szeregowego. W ten sposób jest realizowana komunikacja od komputera do regulatorów. Do odwracania polaryzacji zastosowano nieco nietypowo sterownik silników krokowych L6203, który zawiera dwa niezależne półmostki zbudowane z tranzystorów MOSFET. Układ L6203 jest wyposażony w kompletny układ sterujący tranzystorami, pompą ładunkową dla górnej gałęzi wspomaganą w momentach przełączania układami bootstrap. Przy tym wbudowana logika zapobiega równoczesnemu załączeniu tranzystorów jednego półmostka. Pomimo dość wysokiej ceny układ jest łatwo dostępny i pozwala zaoszczędzić garść elementów, które byłyby potrzebne przy dyskretniej realizacji takiego zadania.

Tranzystor Q1 pełni funkcję negacji dzięki której wejście IN2 jednego z półmostków w U1 jest sterowane przeciwnej fazie niż sygnał TXD i wejście drugiego półmostka (IN1). Obwód diody DZ1 dostarcza napięcie 5 V dla części cyfrowej interfejsu. Regulatory, a właściwie ten jeden, z którym prowadzona jest komunikacja, odpowiada przez odpowiednie załączenie zaworu. Interfejs monitoruje prąd



Rysunek 12. Przykładowy schemat blokowy systemu regulacji temperatury



Rysunek 13. Schemat interfejsu USB z optoizolacją.

na swoim wyjściu za pomocą tranzystora Q2. Jeśli spadek napięcia na rezystorze pomiarowym R8 przekroczy 0,7 V co odpowiada prądowi wyjściowemu 70..80 mA, tranzystor Q2 zostanie wysterowany i wymusi niski stan na linii RXD. W ten sposób odbierane są bity napływające z regulatora i mogą być wysłane dalej do komputera. Diody D1 i D2 ograniczają moc traconą na rezystorze R8 w czasie normalnej pracy, gdy możliwe jest równoczesne załączenie kilku zaworów. Z kolei układ złożony z R6/C5 filtruje szpilki napięcia, które powstają w momentach przełączania półmostków w układzie L6203. Złącze J1 to wyjście interfejsu do którego można podłączyć do 9 regulatorów. Połączenie może mieć postać magistrali, strukturę gwiazdową lub mieszaną.

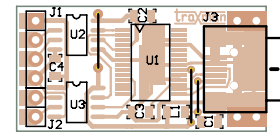
Złącze J2 służy do podłączenia zasilacza +24 V_{DC}. Dobierając zasilacz dla całego systemu należy zwrócić uwagę, aby miał wystarczającą wydajności prądową do zasilania interfejsu i wszystkich regulatorów wraz z zaworami. Przykładowy schemat połączeń systemu regulacji przedstawiono na rysunku 12.

Jako że komputery PC powoli przestają być wyposażane w interfejs RS232C, do interfejsu został opracowany minimodul USB<->RS232 oparty o popularny układ

FTDI232RL. Moduł zapewnia pełną izolację galwaniczną dzięki zastosowaniu układów typu ISO7221. Schemat minimodułu przedstawiony jest na rysunku 13. Układ jest zasilany z USB, ale izolatory wymagają doprowadzenia zasilania 5 V przez złącze J1 z zasilacza odseparowanego galwanicznie od komputera PC. Moduł umożliwia realizację transmisji ze sprzętowym potwierdzeniem, która w interfejsie dla regulatorów temperatury nie jest wykorzystywana. Dlatego układu U3 można, a ze względu na znaczny pobór prądu, nawet nie należy montować. Rozmieszczenie elementów na płytce modułu przedstawia rysunek 14, natomiast na płytce interfejsu – rysunek 15.

Możliwości rozbudowy

Regulator i cały system może zostać przystosowany do sterowania grzejników elektrycznych bez żadnych zmian sprzętowych. Wystarczy w miejsce zaworu wpiąć rezystor 270 Ω/5 W (dla umożliwienia komunikacji) oraz równoległe do niego wejście sterujące (24 V_{DC}) stycznika półprzewod-

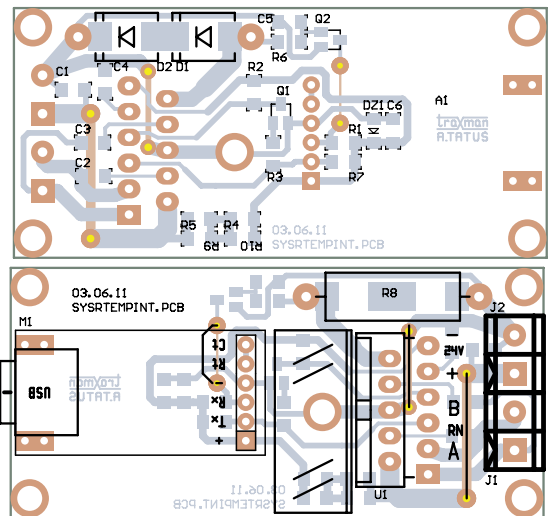


Rysunek 14. Rozmieszczenie elementów na płytce minimodułu interfejsu PC

nikowego SSR załączającego elektryczne grzałki. Należy przy tym zadbać o właściwe ustawienie typu zaworu NO/NC przy konfigurowaniu regulatora.

Ze względu na to, że komunikacja regulatorów z terminalem odbywa się na warstwie fizycznej portu szeregowego, podłączając do interfejsu konwertery UART/IrDA lub Bluetooth można próbować wykorzystać telefony komórkowe, na których największe perspektywy daje jednak zastosowanie samodzielnych modułów konwerterów Ethernet/RS232C.

Adam Tatuś
adam.tatus@ep.com.pl
Tomasz Gumny
tomasz.gumny@ep.com.pl



Rysunek 15. Rozmieszczenie elementów na płytce interfejsu PC

Listing 1. Funkcja wczytująca jedną cyfrę z terminala.

```
stamp readldigit( stamp pop, unsigned char mini, unsigned char maxi ) // wczytaj jedna cyfre
{
    unsigned char // cyfra nie moze byc mniejsza od mini
    faza, z; // cyfra nie moze byc wieksza od maxi
    stamp
    nowa;

    faza = F1;
    do{
        if( (faza & (F1|F2)) != 0 ) { z = uart2byte(); }
        if( (faza & (F1 )) != 0 ) { if( z == ESC )
            { nowa.stan = EXIT; faza = F0; continue; } } // wyjdź z EXITem
        if( (faza & ( F2)) != 0 ) { if( z == ESC )
            { nowa.stan = SKIP; faza = F0; continue; } } // wyjdź ze SKIPem
        if( (faza & (F1 )) != 0 ) { if( z == ENT )
            { if( (pop.godz >= mini) && (pop.godz <= maxi) )
                { nowa.godz = pop.godz; nowa.stan = LAST; faza = F0; continue; } } } // wyjdź z wartoscia pop.godz
        if( (faza & (F1 )) != 0 ) { if( isdigit(z) )
            { if( ((z - '0') >= mini) && ((z - '0') <= maxi) )
                { byte2uart( z ); nowa.godz = z - '0'; nowa.stan = OKAY; faza = F2; continue; } } } // czytaj cyfre
        if( (faza & ( F2)) != 0 ) { if( z == ENT )
            { faza = F0; continue; } } // wyjdź z wpisana cyfra
    }while( (faza != F0) && (cOnline == SETUP) );
    if( nowa.stan == LAST ) cstr2uart( „OK” );
    return( nowa ); // zwraca cyfre w nowa.godz
}
```