

Dział "Projekty Czytelników" zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za poprawność tych projektów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie.

Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane **oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany.** Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 100,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przesyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

Termoregulator

027

Precyzyjny dwupołożeniowy regulator temperatury z histerezą czasową

Tematem tego artykułu jest opis konstrukcji precyzyjnego regulatora temperatury z histerezą czasową. Histereza taka jest potrzebna podczas regulacji temperatury w pomieszczeniach o dużej kubaturze (takich jak np. szklarnie, hurtownie, hale produkcyjne) z uwagi na częste, lokalne i chwilowe spadki temperatury (związane np. z otwarciem drzwi, bramy wjazdowej itp.).

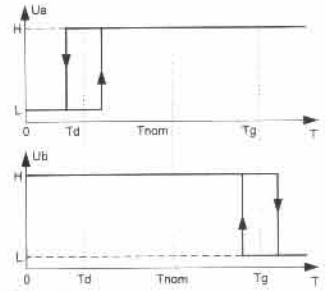
Duża bezwładność cieplna takich pomieszczeń wymaga, aby nie następowała natychmiastowa reakcja urządzenia grzewczego na takie chwilowe wahania. Przedstawiony układ zapewnia reakcję urządzenia grzewczego (takiego jak dmuchawa, pompa obiegu wodnego instalacji CO itp.) na zmiany temperatury z określoną zwłoką czasową, co zapobiega przedwczesnemu zużyciu zarówno elementów wykonawczych urządzeń elektronicznych (przełącznik, stycznik) jak i elementów mechanicznych (np. pompa obiegu wodnego instalacji CO).

Dokładność regulacji wynosi ok. $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, natomiast temperatura nominalna regulacji jest bardzo sze-

roka i waha się od kilku do kilkudziesięciu $^{\circ}\text{C}$ (wartość ustawiana przez użytkownika).

Termoregulator zapewnia regulację temperatury z histerezą (regulacja dwupołożeniowa). Regulacja tego typu polega na tym, że dopóki temperatura nie przekroczy górnego progu temperatury T_g , to styki przełącznika wyjściowego termoregulatora są zwarte (rys.1). Po przekroczeniu temperatury progu górnego przełącznik wyjściowy regulatora wyłącza się. Przełącznik jest znowu włączany, jeżeli temperatura spadnie poniżej progu dolnego T_d . Wartości T_g oraz T_d można zmienić (regulacji podlega dolny próg temperatury T_d oraz szerokość pętli histerezy ΔT , przy czym $T_g = T_d + \Delta T$,

zmiany dokonuje się poprzez regulację potencjomet-



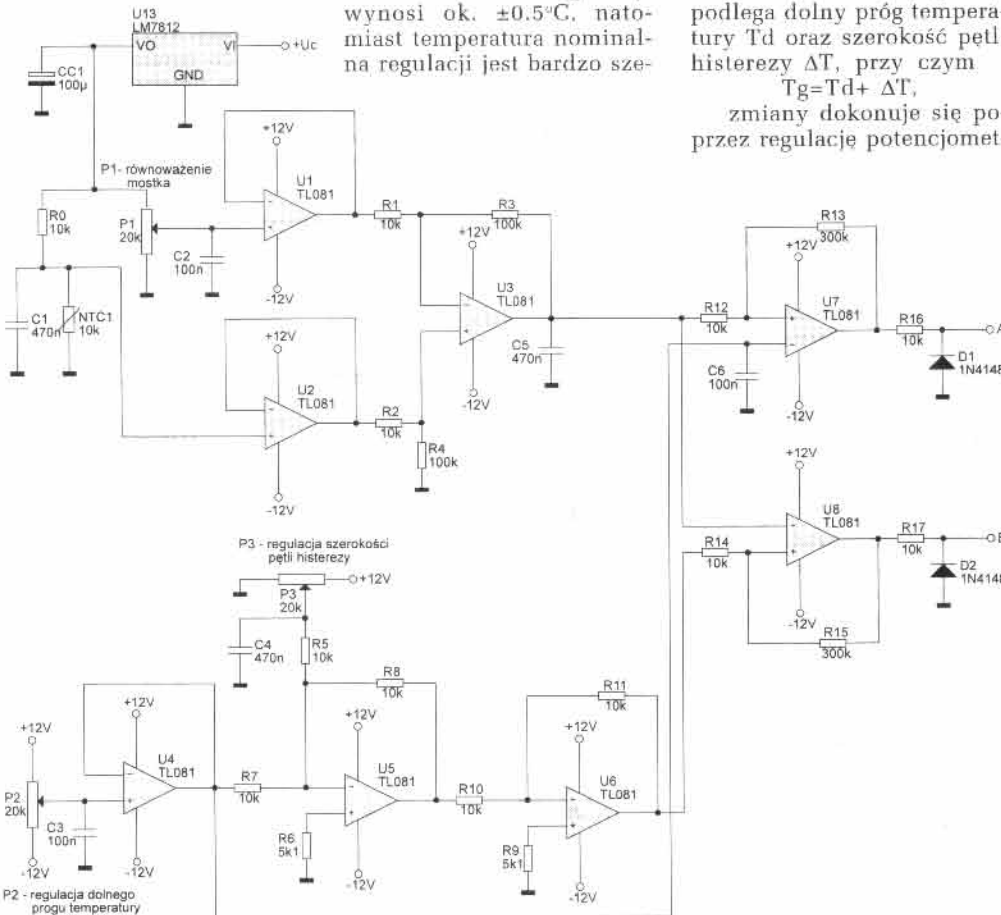
Rys. 1.

row). Termoregulator wyposażony jest także w układ zwłoki czasowej, który powoduje załączenie (wyłączenie) przełącznika po upływie ok. 4 minut od przekroczenia progu dolnego (prógu górnego). Wyście termoregulatora stanowi przełącznik który umożliwia podłączenie stycznika sterującego obwodem mocy (np. pompy obiegu wodnego).

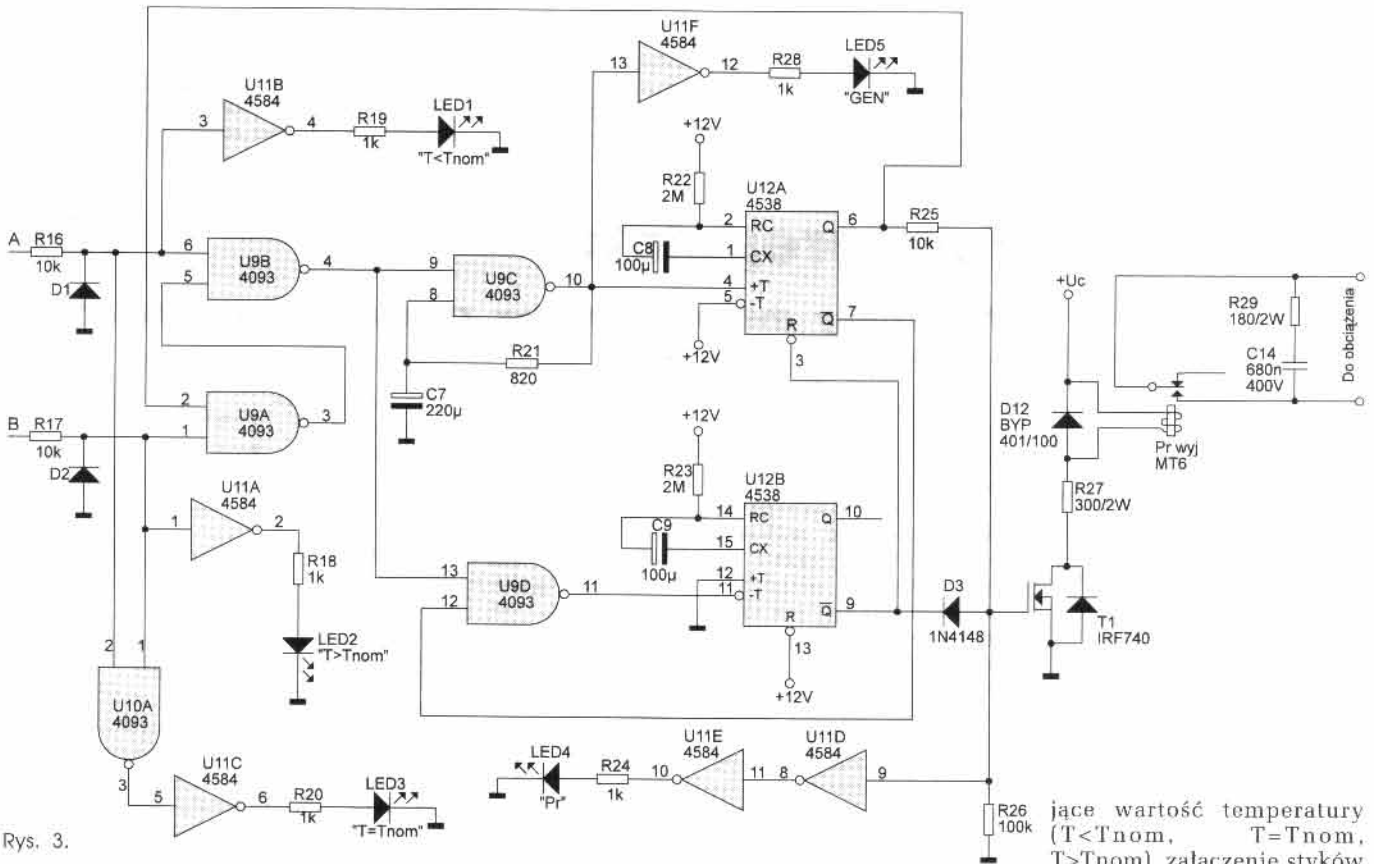
Opis układu

Układ elektroniczny został podzielony na dwie części- część analogową (rys.2) dokonującą pomiaru temperatury i porównującą ją z ustawionymi przez użytkownika progami oraz część cyfrową zapewniającą histerezę czasową i wysterowanie wyjściowego urządzenia wykonawczego w postaci przełącznika (rys.3).

Elementem dokonującym pomiaru temperatury jest termistor NTC o rezystancji nominalnej 10k Ω . Termistor ten znajduje się w jednej gałęzi mostka, którego pozostałe gałęzie tworzą: rezystor R0 oraz potencjometr P1 (służy on do równoważenia mostka w temperaturze nominalnej). Mostek zasilany jest stabilizowanym (przy pomocy układu stabilizatora trójkońcówkowego U13) napięciem +12V blokowanym dodatkowo kondensatorem elektrolitycznym CC1. Napięcie z przekątnej mostka podawane jest poprzez wtór-



Rys. 2.



Rys. 3.

niki (układy U1 oraz U2) na układ wzmacniacza różnicowego, który tworzy wzmacniacz operacyjny U3. Układ ten wzmacnia wypadkowy sygnał z przekątnej mostka 10-krotnie. Wzmocnione napięcie wyjściowe podawane jest na układ dwóch komparatorów zbudowanych na układach U7 oraz U8. Układ U7 porównuje sygnał wejściowy z napięciem odpowiadającym dolnemu progowi temperatury (napięcie to uzyskiwane jest z potencjometru P2 odseparowanego poprzez układ wtórnika U4). Napięcie na wyjściu A przyjmuje stan wysoki po przekroczeniu temperatury odpowiadającej progowi dolnemu. Histerezę temperaturową układu zapewnia układ U8. Na wejście nieodwracające tego układu podawane jest sygnał wejściowy, natomiast na wejście odwracające- sygnał odpowiadający sumie progu dolnego i wartości histerezy. Sygnał ten jest uzyskany poprzez zsumowanie napięcia odpowiadającego progowi dolnemu (P2) z napięciem odpowiadającym wartości histerezy (regulowanym potencjometrem P3). Układ U6 zapewnia właściwą polaryzację sygnału. Warto zauwa-

żyć, że komparatory zbudowane w oparciu o wzmacniacze operacyjne są komparatorami regeneracyjnymi (czyli posiadającymi swoje pętle histerezy, zapewnione przez rezystory R12, R13 i R14, R15). Histereza ta zapewnia dodatkowe uodpornienie układu na chwilowe zmiany i sygnały zakłócające. Zasilanie potencjometru P3 napięciem unipolarnym +12V zapobiega sytuacji, w której próg górny temperatury byłby wyższy od progów dolnego. Rezystor R16 (R17) wraz z diodą D1 (D2) zapewnia translację sygnału logicznego na poziom akceptowalny przez układy CMOS.

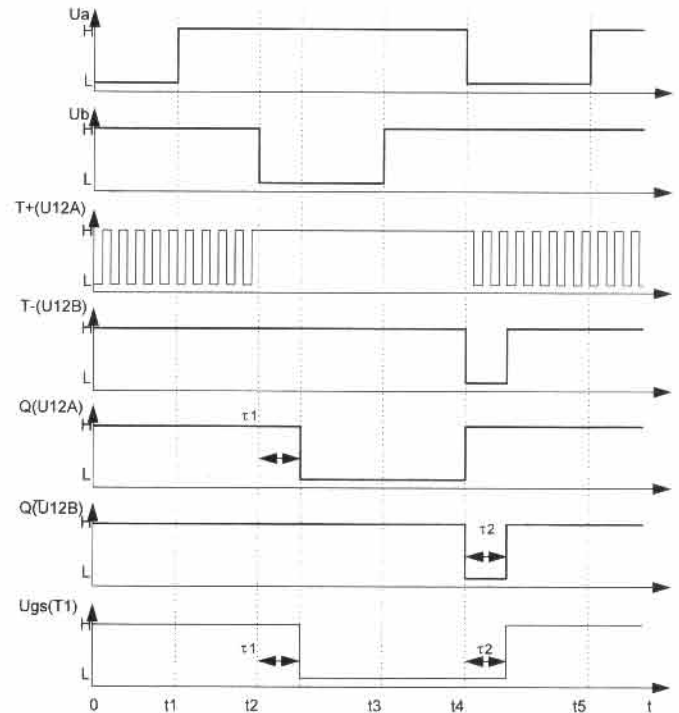
Uzyskane w części analogowej sygnały logiczne A oraz B podawane są na wejście cyfrowego układu przerzutnikowego zrealizowanego za pomocą układów U9 oraz U12 (jest to zmodyfikowany układ przerzutnika typu SR). Bramka Schmitta U9C stanowi generator o częstotliwości ok. 10Hz pobudzający periodycznie układ czasowy U12A. Czasy zwłoki przy włączaniu i wyłączeniu określone są stałymi czasowymi τ_1 ($\tau_1 = C_8 R_{22}$) oraz τ_2 ($\tau_2 = C_9 R_{23}$) i mogą być

ustawiane indywidualnie. Istotę działania części cyfrowej (w postaci przebiegów czasowych) przedstawia rysunek 4.

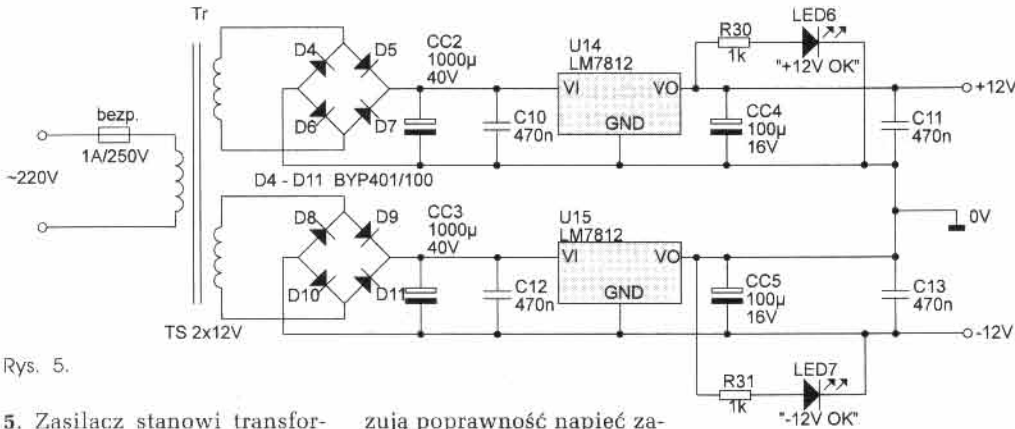
Sygnały cyfrowe A i B podawane są także (poprzez układy pośredniczące U10 oraz U11) na diody świecące LED sygnalizu-

jące wartość temperatury ($T < T_{nom}$, $T = T_{nom}$, $T > T_{nom}$), załączenie styków przełącznika wyjściowego (Pr) oraz diodę kontrolną wewnętrznego generatora (GEN, dioda ta ma charakter diagnostyczny). Dioda D4 służy do ograniczania przepięć na przełączniku w momencie jego wyłączania.

Układ zasilania został przedstawiony na rysunku



Rys. 4.



Rys. 5.

5. Zasilacz stanowi transformator Tr posiadający dwa oddzielne uzwojenia wtórne (transformator 220V/2x12V). Od strony sieci układ chroniony jest za pomocą bezpiecznika 1A/250V. Napięcie wyjściowe transformatora prostowane jest za pomocą mostków diodowych D4..D7 i D8..D11. Wyprostowane napięcia są filtrowane za pomocą pojemności CC2, CC3 (2200µF/40V) i podawane na trójkońcówkowe stabilizatory napięcia stałego U14 i U15. Diody świecące LED sygnali-

zują poprawność napięć zasilających ±12V.

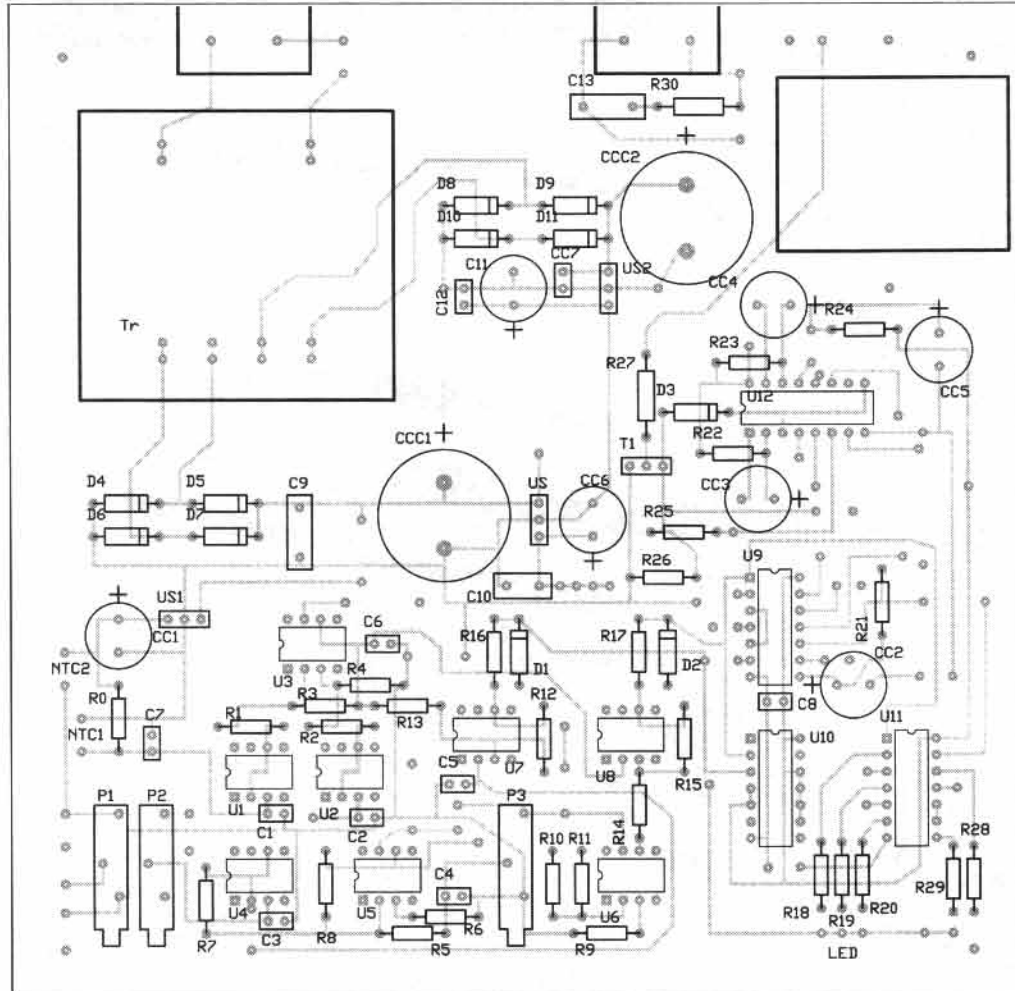
Montaż i regulacja.

Układ należy zamontować na płycie drukowanej, której widok znajduje się na wkładce. Z uwagi na fakt, że mogą być zastosowane różne typy transformatorów sieciowych oraz przekaźników wyjściowych (w zależności od wielkości prądu obciążenia) mozaika ścieżek drukowanych zależy od konkretnego zastosowania. Rozmieszczenie ele-

mentów przedstawia rys.6 (rysunek zmniejszono o ok. 40%).

Ze względów bezpieczeństwa poleca się zabudowanie urządzenia w obudowie plastikowej. Istotne jest także, aby termistor znajdował się na zewnątrz obudowy (tak, aby był zapewniony odpowiedni kontakt cieplny z otoczeniem) oraz, aby przewody doprowadzające były jak najkrótsze.

Termoregulator należy zamocować w miejscu odda-



Rys. 6.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R0, R1, R2, R5, R7, R8, R10, R11, R12, R14, R16, R17, R25: 10kΩ
- R18, R19, R20, R24, R28, R30, R31: 1kΩ
- R3, R4, R26: 100kΩ
- R6, R9: 5,1kΩ
- R13, R15: 300kΩ
- R21: 820Ω
- R22, R23: 2MΩ
- R27: 300Ω/2W
- R29: 180Ω/2W

P, P2, P3: potencjometr montażowy HELIPOT 20kΩ

Kondensatory

- C1, C4, C5, C10, C11, C12, C13: 470nF
- C2, C3, C6: 100nF
- C7: 220µF/25V
- C8, C9, CC1, CC4, CC5: 100µF/25V
- CC2, CC3: 1000µF/40V
- C14: 680nF/400V

Półprzewodniki

- D1, D2, D3: 1N4148
- D4...D12: BYP401/100
- LED1...LED7: LED
- T1: IRF740
- U1...U8: TL081
- U9, U10: 4093
- U11: 4584
- U12: 4538
- U13, U14, U15: LM7812

Różne

- NTC: termistor 10kΩ
- Pr: MT6
- Tr: transformator sieciowy 220V/2x12V
- BEZ: bezpiecznik 1A/250V

lonym od drzwi, okien i kanałów wentylacyjnych (tak, aby przepływające powietrze nie fałszowało wyników pomiaru temperatury). Termoregulator należy podłączyć do sieci zasilającej 220V. Jeśli prąd obciążenia przepływającego przez przekaźnik wyjściowy nie jest zbyt duży (tzn. I_{max}=150..200mA), to można urządzenie zewnętrznie sterować bezpośrednio przy użyciu przekaźnika regulatora. Dla większych prądów obciążenia oraz dla układów trójfazowych należy dobudować dodatkowy przekaźnik (stycznik) o większej obciążalności styków, co umożliwi sterowanie obwodami dużej mocy (rzędu kW). Rozwiązanie takiego układu zależy już od konkretnego zastosowania.

Układ zapewnia zmianę nastaw progu dolnego oraz wartości histerezy. W celu zmiany tych wartości należy zmienić nastawy potencjometrów. W celu ustalenia temperatury nominalnej pracy regulatora należy doprowadzić do tego, aby temperatura w pomieszczeniu była równa temperaturze dolnej. Następnie kręcąc potencjometrem P2 (oznaczonym jako PRÓG DOLNY) należy doprowadzić do zmiany wskazań (gaśnie dioda $T < T_{nom}$, zapala się dioda $T = T_{nom}$). Punkt zmiany należy przyjąć jako temperatu-

re progu dolnego. Następnie należy zwiększyć temperaturę pomieszczenia (do temperatury progu górnego) i kręcąc potencjometrem P3 (oznaczonym jako HISTEREZA) należy doprowadzić do zgaśnięcia diody $T = T_{nom}$ i zaświecenia się diody $T > T_{nom}$. Punkt zmiany należy przyjąć jako temperaturę górną.

Opisany regulator temperatury został zastosowany w hali produkcyjnej o kubaturze kilkuset m³. Układ miał za zadanie utrzymywanie w hali temperatury 15°C z dokładnością $\pm 1^\circ\text{C}$. Stero-

wał on pompą obiegu wody instalacji CO o mocy około 1,5kW (za pomocą układu dodatkowego stycznika). Podczas eksploatacji układ ten działa bez zastrzeżeń, umożliwiając utrzymywanie prawidłowej temperatury. Jest on także w wysokim stopniu niewrażliwy na na-

gle, chwilowe zmiany temperatury spowodowane otwieraniem drzwi i bramy wjazdowej oraz impulsowe zakłócenia przemysłowe, co znakomicie przedłuża żywotność silnika pompy i elementów stykowych.

Adam Myalski