



Sposób sterowania urządzeniem grzewczym montowanym zwłaszcza w przedziałach sanitarnych ambulansów uwzględniający intensywność nagrzewania szacowaną rekurencyjnie za pomocą metody różnicowej

Przedmiotem wynalazku jest Sposób sterowania urządzeniami grzewczymi montowanymi zwłaszcza w przedziałach sanitarnych ambulansów uwzględniający intensywność nagrzewania szacowaną rekurencyjnie za pomocą metody różnicowej, mający zastosowanie w układach elektronicznych sterowania nagrzewaniem ambulansu.

Systemy ogrzewania i chłodzenia ambulansu w przedziale pacjenta powinny być sterowane niezależnie od systemu przedziału kierowcy. Ogrzewanie/chłodzenie przedziału pacjenta może być zapewnione w systemie połączonym.

Oprócz ogrzewania przedziału kierowcy powinien istnieć niezależny, regulowany system zapewniający:

- ogrzewanie dla ambulansów drogowych typu A i B;
- ogrzewanie świeżym powietrzem dla ambulansów drogowych typu C.

System ten powinien działać w taki sposób, aby przy temperaturze zewnętrznej i wewnętrznej wynoszącej 5 °C, ogrzewanie do temperatury co najmniej 22 °C nie powinno trwać dłużej niż 15 minut. Pomiar temperatury powinien odbywać się w środku noszy i w punkcie środkowym od wylotów nagrzewnicy (jeśli dostępnych jest kilka wylotów).

Ogrzewanie powinno być sterowane za pomocą regulowanego termostatu lub elektronicznego systemu kontroli klimatyzacji

Rzeczywista temperatura nie może różnić się od ustalonej (założonej) temperatury o więcej niż 5°C. System grzewczy powinien być w stanie spełnić kryteria wydajności przy wyłączonym systemie wentylacji i systemie ogrzewania ustawionym na recyrkulację powietrza w przedziale pacjenta.

Instalacja systemu nie może powodować przedostawania się gazów spalinowych do kabiny pacjenta.

Dotychczas nie jest znana metoda wykorzystania metody najmniejszych kwadratów do optymalizacji pracy urządzeń grzewczych ambulansu.

Ze stanu techniki, z opisu chińskiego wynalazku CN117477102A znany jest system sterowania ogrzewaniem akumulatorów pojazdu. System sterowania ogrzewaniem składa się z zestawu akumulatorów samochodowych, modułu klimatyzatora, pompy wodnej, moduł sterującego podzespołami pojazdu, układ czynnika z zaworem sterującym. Moduł sterujący pojazdu może ustawić wartość progową ogrzewania, zestaw akumulatorów może przesyłać w czasie rzeczywistym temperaturę ogniów akumulatora do całego modułu sterującego pojazdu za pośrednictwem zespołu wykrywania temperatury, a gdy temperatura ogniów akumulatora w czasie rzeczywistym osiągnie wartość progową nagrzewania, cały moduł sterujący pojazdu wysyła sygnał do układu sterującego zaworem.

Z innego chińskiego opisu wynalazku CN117460633A znane jest urządzenie sterujące ogrzewaniem i program sterujący urządzeniem. Urządzenie sterujące ogrzewaniem przechowuje mapę wzrostu temperatury wskazującą zależność między natężeniem przepływu chłodziwa a szybkością wzrostu temperatury chłodziwa po stronie wylotowej grzejnika, gdy ilość ogrzewania przez grzejnik jest wartością przewidzianą. W początkowym trybie ogrzewania szybkość wzrostu temperatury cieczy chłodzącej obliczana jest na podstawie temperatury cieczy chłodzącej zarejestrowanej przez pierwsze urządzenie do pomiaru temperatury, a szybkość wzrostu temperatury cieczy chłodzącej obliczana jest na podstawie na podstawie temperatury cieczy chłodzącej wykrytej przez drugie urządzenie do pomiaru temperatury.

Zależność przyrostu temperatury w czasie określamy za pomocą wzoru

$$T_t = T_0 + (T_{max} - T_0)(1 - e^{-\lambda t}) \quad (1)$$

gdzie T_t oznacza temperaturę w momencie t , λ – stałą określającą efektywność ogrzewania obiektu, wielkość $T_{max} - T_0$ - maksymalny przyrost temperatury podczas ogrzania obiektu. Definiujemy $F(t) = T_{max} - T_t$ oraz równanie (1) sprowadzamy do postaci

$$-\frac{F'(t)}{F(t)} = \lambda$$

a następnie zastępujemy równaniem różnicowym

$$\frac{T_{t+\Delta t} - T_t}{\Delta t (T_{max} - T_t)} = \lambda \quad (2)$$

dla $\Delta t \rightarrow 0$.

Na podstawie obserwacji zachowania temperatury $\{(T_{t_j}, t_j)\}_{0 \leq j \leq n}$ ogrzewanego obiektu wyznaczamy wartość estymatora parametru intensywności ogrzewania. Najlepszym estymatorem w sensie średniokwadratowym parametru intensywności jest średnia z ciągu realizacji transformacji temperatur, tzn. średnią z ciągu $\left\{ \frac{T_{t_{j+1}} - T_{t_j}}{(T_{max} - T_{t_j})(t_{j+1} - t_j)} \right\}_{0 \leq j \leq n-1}$.

Celem rozwiązania wedle wynalazku jest opracowanie metody optymalizacji pracy urządzenia grzewczego powierzchni sanitarnej ambulansu, opracowanie metody pozwalającej na wyznaczenie przyrostu temperatury do wymaganej normą według normy PN-EN 1789, gdzie poziom referencyjny $T_0 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$, wymagana temperatura przedziału sanitarnego $T_{req} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ w czasie $t_{req} = 15 \text{ min}$ oraz ustalonej maksymalnej temperatury ogrzania na przykład $T_{max} = 28 \text{ }^\circ\text{C}$ wielkość parametru λ określającego efektywność ogrzewania wynosi 0,0896.

Sposób sterowania urządzeniami grzewczymi montowanymi zwłaszcza w przedziałach sanitarnych ambulansów uwzględniający intensywność nagrzewania szacowaną rekurencyjnie za pomocą metody różnicowej, w którym to dokonuje się pomiaru temperatury za pomocą co najmniej jednego czujnika temperatury zamontowanego w punkcie krzyżowania się osi wylotów nagrzewnicy lub w środku noszy, **charakteryzuje się tym, że** na podstawie ciągu odczytów temperatury $\{T_{t_j}\}_{0 \leq j \leq n}$ w momentach $t_0 \leq t_1 \leq \dots \leq t_n < t_{req}$, gdzie moment ostatniego pomiaru jest mniejszy niż wymagany czas ogrzewania ambulansu, wyznacza się wartość estymatora λ określającego efektywność ogrzewania za pomocą wzoru:

$$\hat{\lambda}_n = \frac{n-1}{n} \hat{\lambda}_{n-1} + \frac{T_{t_n} - T_{t_{n-1}}}{n(T_{max} - T_{t_{n-1}})(t_n - t_{n-1})} \quad (3)$$

z warunkiem początkowym

$$\hat{\lambda}_1 = \frac{T_{t_1} - T_{t_0}}{(T_{max} - T_{t_0})(t_1 - t_0)},$$

gdzie:

T_{max} – maksymalna temperatura ogrzania;

T_0 – poziom referencyjny, równy temperaturze początkowej pomiaru;

T_{t_j} – wartość temperatury w momencie t_j , $0 \leq j \leq n$;

T_{req} – minimalny wymagany poziom temperatury po czasie t_{req} ;

t_{req} – wymagany czas ogrzewania ambulansu, dla którego temperatura przedziału sanitarnego powinna być nie mniejsza niż T_{req} ,

następnie wyznacza się minimalną wymaganą efektywność (ogrzewania) przyrostu temperatury przedziału sanitarnego za pomocą wzoru:

$$\lambda_{min} = \frac{1}{t_{req}} \log \left(\frac{T_{max} - T_0}{T_{max} - T_{req}} \right). \quad (4)$$

Jeżeli na podstawie obserwacji $\{T_{t_j}\}_{0 \leq j \leq n}$ oraz $t_n < t_{req}$ spełniona jest nierówność $\hat{\lambda}_n < \lambda_{min}$ to należy zwiększyć moc urządzenia grzewczego, aby w momencie t_{req} temperatura przedziału sanitarnego przekroczyła wymaganą wartość T_{req} ,

jeżeli natomiast na podstawie obserwacji $\{T_{t_j}\}_{0 \leq j \leq n}$ oraz $t_n < t_{req}$ spełniona jest nierówność $\hat{\lambda}_n \geq \lambda_{min}$ to należy przyjąć, iż minimalna wymagana wielkość temperatury T_{req} przedziału sanitarnego po czasie t_{req} zostanie osiągnięta.

Korzystnie, poziom referencyjny wynosi $T_0 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$, wymagana temperatura przedziału sanitarnego $T_{req} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ w czasie $t_{req} = 15 \text{ min}$ oraz ustalonej maksymalnej temperatury ogrzania w szczególności $T_{max} = 28 \text{ }^\circ\text{C}$ wielkość parametru λ określającego minimalną efektywność ogrzewania wynosi 0,0896.

Korzystnie, pomiar temperatury jest dokonywany w równych czasokresach, w odstępach 1 lub 2, lub 5 lub 10 sekundowych do moment t_{req} .

Korzystnie, wyznacza się minimalna efektywność ogrzewania λ_{min} oraz na podstawie odczytów temperatury $\{T_{t_j}\}_{0 \leq j \leq n}$ przedziału sanitarnego do momentu t_{req} wyznacza się wartość estymatora efektywności ogrzewania za pomocą wzoru (4) w pamięci urządzenia elektronicznego, komputera oraz określa się możliwość spełnienia wymagań ogrzania ambulansu do temperatury T_{req} w czasie t_{req} .

Korzystnie, za pomocą urządzenia komputerowego, mikrokontrolera steruje się mocą urządzenia grzewczego w celu osiągnięcia minimalnej wymaganej wielkość temperatury T_{req} przedziału sanitarnego w czasie t_{req} .

Przedmiot wynalazku został przedstawiony w przykładzie wykonania na załączonym rysunku, na którym Fig. 1 zaprezentowano wymagany wzrost temperatury w czasie dla ogrzewania przedziału ambulansu według normy PN-EN 1789, Fig. 2 przedstawiono pomiar wzrostu temperatury w czasie oraz prognoza ogrzania przedziału sanitarnego ambulansu, Fig. 3 uwidoczniło zmiany wartości parametrów intensywności ogrzewania przedziału sanitarnego w czasie oraz minimalny wymagany poziom intensywności ogrzania.

Procedura testowania systemu ogrzewania powinna być stosowana dla wszystkich typów karetek (A, B, C) i powinna spełniać następujące założenia:

- nie należy podłączać zewnętrznego źródła zasilania,
- w razie potrzeby zainstaluj czujnik temperatury płynu chłodzącego na przyłączy T nagrzewnicy (po stronie silnika).

Procedurę tworzą poniższe etapy:

- otworzyć drzwi przedziału pacjenta;
- schładzać pojazd przez co najmniej 6 godzin w temperaturze określonej w punkcie 4.4.7.1;
- sprawdzić, czy system ogrzewania przedziału pacjenta jest wyłączony;
- uruchomić silnik;

- uruchomić ogrzewanie kabiny kierowcy w najkorzystniejszej pozycji;
- uruchomić silnik do osiągnięcia normalnej temperaturę roboczej (silnik jest uważany za gorący po dwóch otwarciach termostatu);
- zamknąć drzwi przedziału pasażerskiego, uruchomić system ogrzewania przedziału pasażerskiego (regulator w pozycji maksymalnej/pokrętko w położeniu maksymalnym), z silnikiem na biegu jałowym lub przyspieszonym biegu jałowym, jeśli uruchomi się on podczas testu bez ręcznego sterowania.

W raporcie z testu należy wskazać, czy podczas testu zadziałał przyspieszony bieg jałowy. Test:

- początek testu $t_0 = 0$;
- zapis temperatury w czasie;
- koniec testu: $t_0 + 20$ min;
- zatwierdzenie testu: czujniki temperatury powinny osiągnąć wartości wynoszące co najmniej 22°C w czasie $t_0 + 15$ min.

Pomiary zarejestrowane na jednym czujniku na środku noszy powinny spełniać kryteria. Biorąc pod uwagę zmienne warunki użytkowania ambulansów, ustawioną temperaturę należy sprawdzać wyłącznie poprzez porównanie wyświetlanej temperatury (22°C) po 15-minutowym wzroście temperatury. Zmierzona temperatura nie powinna różnić się o więcej niż 5°C .

Przykład

Sposób sterowania urządzeniami grzewczymi montowanymi zwłaszcza w przedziałach sanitarnych ambulansów uwzględniający intensywność nagrzewania szacowaną rekurencyjnie za pomocą metody różnicowej, w którym to dokonuje się pomiaru temperatury za pomocą czujnika temperatury zamontowanego w punkcie krzyżowania się osi wylotów nagrzewnicy lub w środku noszy. Pomiaru można dokonywać za pomocą dowolnego czujnika, w szczególności czujnika temperatury na podczerwień.

W pamięci komputera na podstawie ciągu odczytów temperatury $\{T_{t_j}\}_{0 \leq j \leq n}$ w momentach $t_0 \leq t_1 \leq \dots \leq t_n < t_{req}$ gdzie moment ostatniego pomiaru jest mniejszy niż wymagany czas ogrzewania ambulansu, wyznacza się wartość estymatora λ określającego efektywność ogrzewania za pomocą wzoru:

$$\hat{\lambda}_n = \frac{n-1}{n} \hat{\lambda}_{n-1} + \frac{T_{t_n} - T_{t_{n-1}}}{n(T_{max} - T_{t_{n-1}})(t_n - t_{n-1})} \quad (3)$$

z warunkiem początkowym

$$\hat{\lambda}_1 = \frac{T_{t_1} - T_{t_0}}{(T_{max} - T_{t_0})(t_1 - t_0)},$$

gdzie:

T_{max} – maksymalna temperatura ogrzania;

T_0 – poziom referencyjny, równy temperaturze początkowej pomiaru;

T_{t_j} – wartość temperatury w momencie t_j , $0 \leq j \leq n$;

T_{req} – minimalny wymagany poziom temperatury po czasie t_{req} ;

t_{req} – wymagany czas ogrzewania ambulansu, dla którego temperatura przedziału sanitarnego powinna być nie mniejsza niż T_{req} ,

następnie wyznacza się minimalną wymaganą efektywność (ogrzewania) przyrostu temperatury przedziału sanitarnego za pomocą wzoru:

$$\lambda_{min} = \frac{1}{t_{req}} \log \left(\frac{T_{max} - T_0}{T_{max} - T_{req}} \right) \quad (4)$$

jeżeli na podstawie obserwacji $\{T_{t_j}\}_{0 \leq j \leq n}$, gdzie $t_n < t_{req}$ spełniona jest nierówność $\hat{\lambda}_n < \lambda_{min}$, to należy zwiększyć moc urządzenia grzewczego, aby w momencie t_{req} temperatura przedziału sanitarnego przekroczyła wymaganą wartość T_{req} ;

jeżeli natomiast na podstawie obserwacji $\{T_{t_j}\}_{0 \leq j \leq n}$ oraz $t_n < t_{req}$ spełniona jest nierówność $\hat{\lambda}_n \geq \lambda_{min}$ to należy przyjąć, iż minimalna wymagana wielkość temperatury T_{req} przedziału sanitarnego po czasie t_{req} zostanie osiągnięta.

Poziom referencyjny wynosi $T_0 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$, wymagana temperatura przedziału sanitarnego $T_{req} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ w czasie $t_{req} = 15 \text{ min}$ oraz ustalonej maksymalnej temperatury ogrzania np. $T_{max} = 28 \text{ }^\circ\text{C}$ wielkość estymatora λ określającego efektywność ogrzewania wynosi 0,0896. Pomiar temperatury jest dokonywany w równych czasokresach, w odstępach 1 lub 2, lub 5 lub 10 sekundowych do momentu t_{req} . Wyznacza się minimalna efektywność ogrzewania λ_{min} za pomocą wzoru (4) oraz na podstawie odczytów temperatury $\{T_{t_j}\}_{0 \leq j \leq n}$ przedziału sanitarnego do momentu nieprzekraczającego t_{req} ($t_n < t_{req}$) wyznacza się wartość estymatora efektywności ogrzewania w sposób rekurencyjny w każdym momencie odczytu za pomocą wzoru (3) w pamięci urządzenia elektronicznego, komputera oraz określa się możliwość spełnienia wymagań T_{req} w czasie t_{req} . Za pomocą urządzenia komputerowego, mikrokontrolera steruje się mocą urządzenia grzewczego ~~de~~ w celu osiągnięcia minimalnej wymaganej wielkość temperatury T_{req} przedziału sanitarnego po w czasie t_{req} .

Przykład identyfikacji efektywności urządzenia grzewczego oraz reguła sterowania ogrzewaniem.

Zależność przyrostu temperatury w czasie określamy za pomocą wzoru

$$T_t = T_0 + (T_{max} - T_0)(1 - e^{-\lambda t}) \quad (1)$$

gdzie T_t oznacza temperaturę w momencie t , λ – stałą określającą efektywność zamontowanego urządzenia do ogrzania obiektu, wielkość $T_{max} - T_0$ - maksymalny przyrost temperatury.

Zgodnie z normą PN-EN 1789 (punkt 4.4.7.2) przyjmujemy

$T_0 = 5$ - poziom referencyjny;

$T = 22$ - minimalny wymagany poziom po 15 min

oraz ustalamy maksymalną temperaturę ogrzania ambulansu $T_{max} = 28^{\circ}\text{C}$.

Dla wymagań według normy PN-EN 1789 po 15 min powinna być spełniona nierówność $T_{15} \geq T$. Korzystając ze wzoru (4) spełnienie nierówności $T_{15} \geq T$ jest równoważne spełnieniu warunku, że wielkość intensywności ogrzania $\lambda \geq 0.0896$. Na Fig. 1 przedstawiono wymagania dotyczące ogrzewania w ambulansach według normy PN-EN 1789.

Identyfikacja efektywności urządzenia grzewczego obejmuje następujące czynności:

1. Wykonanie pomiaru.

dokonyjemy pomiaru temperatury obiektu w czasie $\{(T_{t_j}, t_j)\}_{0 \leq j \leq n}$, gdzie $t_n \leq 15$ (obserwujemy do wymaganego czasu 15 min). W chwili 0 włączamy urządzenie grzewcze. Wielkość T_0 -temperatura w chwili zero jako poziom referencyjny, t_j - czas ogrzewania do j -go momentu odczytu, $0 \leq j \leq n$.

2. Estymacja efektywności.

Na podstawie ciągu odczytów $\{(T_{t_j}, t_j)\}_{0 \leq j \leq n}$ temperatury w czasie wyznaczamy wartość estymatora efektywności ogrzewania za pomocą wzoru

$$\hat{\lambda}_n = \frac{n-1}{n} \hat{\lambda}_{n-1} + \frac{T_{t_n} - T_{t_{n-1}}}{n(T_{max} - T_{t_{n-1}})(t_n - t_{n-1})} \quad (3)$$

z warunkiem początkowym

$$\hat{\lambda}_1 = \frac{T_{t_1} - T_{t_0}}{(T_{max} - T_{t_0})(t_1 - t_0)}.$$

Ze wzoru (3) wartość estymatora ogrzewania przedziału sanitarnego wyznaczamy w każdym momencie odczytu jako kombinacja liniowa wartości z chwili poprzedniej i transformacji temperatury z chwili bieżącej. Wraz ze wzrostem n większa waga jest przypisywana wartości estymatora w chwili poprzedniej.

3. Reguła sterowania urządzeniem grzewczym.

Jeżeli na podstawie obserwacji $\{(T_{t_j}, t_j)\}_{0 \leq j \leq n}$ wielkość $\hat{\lambda}_n < \lambda_{min}$ to należy zwiększyć moc urządzenia grzewczego, aby spełnić wymagania normy PN-EN 1789.

Jeżeli na podstawie obserwacji $\{(T_{t_j}, t_j)\}_{0 \leq j \leq n}$ wielkość $\hat{\lambda}_n \geq \lambda_{min}$ to ambulans zostanie nagrany do 22C w czasie 15 min (wymagania normy zostaną spełnione).

Przykładowo dokonujemy pomiarów co 15 sekundy (4 pomiary na minutę) w czasie 10 min (41 odczytów: początkowy oraz 40 pomiarów). Tabela poniżej przedstawia przykładowe odczyty.

Tabela 1. Przykłady pomiarów temperatury w przedziale ambulansu oraz wartości estymatorów intensywności ogrzewania:

Moment	t_j , [min]	T_{t_j} , [C] (przykład 1)	λ_n^1	T_{t_j} , [C] (przykład 2)	λ_n^2
0 min 0 sek	0.00	5.00	NA	5.00	NA
0 min 15 sek	0.25	5.44	0.07652	5.75	0.13043
0 min 30 sek	0.50	5.82	0.07195	6.31	0.11555
0 min 45 sek	0.75	6.20	0.07081	6.78	0.10593
1 min 0 sek	1.00	6.52	0.06779	7.43	0.11008
1 min 15 sek	1.25	6.99	0.07173	8.00	0.11023
1 min 30 sek	1.50	7.50	0.07596	8.77	0.11753
1 min 45 sek	1.75	7.99	0.07877	9.19	0.11322
2 min 0 sek	2.00	8.24	0.07517	9.53	0.10810
2 min 15 sek	2.25	8.49	0.07244	10.32	0.11510
2 min 30 sek	2.50	8.71	0.06971	10.58	0.10947
2 min 45 sek	2.75	9.22	0.07298	11.01	0.10850
3 min 0 sek	3.00	9.60	0.07365	11.59	0.11083
3 min 15 sek	3.25	9.85	0.07216	11.86	0.10737
3 min 30 sek	3.50	10.07	0.07047	12.22	0.10607
3 min 45 sek	3.75	10.31	0.06934	12.73	0.10762

Moment	t_j , [min]	T_{t_j} , [C] (przykład 1)	λ_n^1	T_{t_j} , [C] (przykład 2)	λ_n^2
4 min 0 sek	4.00	10.87	0.07292	13.34	0.11088
4 min 15 sek	4.25	11.04	0.07097	13.42	0.10564
4 min 30 sek	4.50	11.46	0.07253	13.96	0.10801
4 min 45 sek	4.75	11.57	0.07011	14.48	0.11012
5 min 0 sek	5.00	12.04	0.07233	14.69	0.10772
5 min 15 sek	5.25	12.24	0.07127	15.27	0.11089
5 min 30 sek	5.50	12.43	0.07022	15.39	0.10756
5 min 45 sek	5.75	12.76	0.07085	15.60	0.10578
6 min 0 sek	6.00	13.15	0.07217	15.91	0.10554
6 min 15 sek	6.25	13.47	0.07273	16.34	0.10701
6 min 30 sek	6.50	13.52	0.07046	16.91	0.11042
6 min 45 sek	6.75	13.76	0.07031	16.94	0.10673
7 min 0 sek	7.00	14.22	0.07241	17.22	0.10653
7 min 15 sek	7.25	14.29	0.07061	17.79	0.11015
7 min 30 sek	7.50	14.74	0.07264	17.91	0.10805
7 min 45 sek	7.75	14.94	0.07224	18.27	0.10917
8 min 0 sek	8.00	14.98	0.07037	18.36	0.10691
8 min 15 sek	8.25	15.34	0.07158	18.78	0.10895
8 min 30 sek	8.50	15.59	0.07180	18.84	0.10651
8 min 45 sek	8.75	15.78	0.07150	19.26	0.10871
9 min 0 sek	9.00	15.90	0.07061	19.50	0.10874
9 min 15 sek	9.25	16.18	0.07120	19.57	0.10669
9 min 30 sek	9.50	16.59	0.07298	19.75	0.10613
9 min 45 sek	9.75	16.60	0.07120	19.94	0.10577
10 min 0 sek	10.00	16.93	0.07231	20.24	0.10685

Za pomocą wzoru (3) wyznaczamy wartość estymatora efektywności ogrzewania w sposób rekurencyjny. Natomiast za pomocą wzoru (1) dokonujemy prognozy wzrostu temperatury. Wyniki zostały przedstawione na Fig. 2.

Dla przykładu 1 wartość estymatora efektywności ogrzewania po 10 min od rozpoczęcia ogrzewania wynosi $\hat{\lambda} = 0.07231 \leq \lambda_{min} = 0.0896$. Zatem ambulans

nie zostanie nagrany do 22°C w czasie 15 min. Pomiar temperatury jest przedstawiony na Fig. 2, za pomocą krzywej koloru czerwonego, natomiast prognozowane zachowanie wzrostu temperatury przedziału pacjenta w ambulansie jest przedstawione krzywą przerywaną koloru czerwonego. Zgodnie z reguła sterowania należy zwiększyć moc urządzenia grzewczego aby spełnić wymagania normy PN-EN 1789.

Dla przykładu 2 wartość estymatora efektywności ogrzewania po 10 min od rozpoczęcia ogrzewania wynosi $\hat{\lambda} = 0.10685 \geq \lambda_{min} = 0.0896$. Zatem ambulans zostanie nagrany do 22°C w czasie 15 min. Pomiar temperatury jest przedstawiony na Fig. 2 za pomocą krzywej koloru granatowego. Prognozowane zachowanie wzrostu temperatury przedziału pacjenta w ambulansie jest przedstawione krzywą przerywaną koloru granatowego. Zgodnie z regułą sterowania moc urządzenia grzewczego można pozostawić bez zmian, wymagania normy PN-EN 1789 zostaną spełnione.

Fig. 2 przedstawia odczyty temperatury przedziału ambulansu oraz prognozę. Fig. 3 przedstawia wartości estymatora efektywności ogrzewania w każdym momencie odczytu temperatury. W początkowych odczytach widzimy większą zmienność estymatora, natomiast wraz ze wzrostem liczby odczytów stabilizację. Dla przykładu 1 w każdym momencie odczytu temperatury wartość estymatora efektywności ogrzewania jest poniżej λ_{min} , co oznacza że od początkowych odczytów wymagania normy PN-EN 1789 nie są spełnione. Dla przykładu 2 w każdym momencie odczytu temperatury wartość estymatora efektywności ogrzewania jest powyżej λ_{min} , co oznacza że wymagania normy PN-EN 1789 są spełnione w każdym momencie pomiarów.

Instytut Transportu Samochodowego

Politechnika Lubelska

Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego

Pełnomocnik:

Bartłomiej Tomaszewski

Rzecznik patentowy