

Michał FERENC

## KIERUNKI BADAŃ W ZAKRESIE MIERNICTWA I AUTOMATYKI PROCESÓW ENERGETYCZNYCH

**Streszczenie.** Przedstawiono przegląd prac naukowo-badawczych w dziedzinie metrologii i automatyzacji procesów energetycznych. Główną uwagę zwrócono na tematykę i zakres badań prowadzonych w latach 1990 – 1994. Ze względu na ograniczone ramy opracowania przedstawiono tylko niektóre wyniki badań. Szczegółową ich charakterystykę zawiera cytowana w artykule literatura.

## DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF MEASUREMENT AND CONTROL OF POWER PLANT PROCESSES

**Summary.** In paper the main directions of scientific research works in the field of measurement technology and control problems of power plant processes has been presented. The main attention was paid to range and themes of investigations had been made in 1990 – 1994 years. In regard to restricted volume of this paper was only chosen results of works showed. Detail list of own literature references was supplemented to this paper.

## HAUPTRICHTUNGEN DER FORSCHUNG IM BEREICH METROLOGIE UND AUTOMATISIERUNG VON ENERGETISCHEN PROZESSEN

**Zusammenfassung.** Im Aufsatz ist eine Übersicht der wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiet von Messkunde und Automatisierungstechnik von energetischen Prozeßen dargestellt worden. Die Aufmerksamkeit wurde auf die Themen und Bereich der Untersuchungen gewidmet, die im 1990 – 1994 Jahren durchgeführt waren. Aus dem Grunde einer begrenzten Fassung dieses Aufsatzes wurde am Ende ein Referenzmaterial gegeben, durch die ein Einsicht über o.g. Problematik ermöglicht werden könnte.

## 1. WPROWADZENIE

W ostatnim 5-leciu w Zakładzie Miernictwa i Automatyki Procesów Energetycznych wykonano prace dotyczące następujących dziedzin:

- modele matematyczne obiektów energetycznych związane z ich regulacją i pracą w warunkach zmiennego obciążenia,
- pomiary ciepłone, bilanse energetyczne obiektów przemysłowych,
- projektowanie, konstrukcja i realizacja układów pomiarowych i automatycznego sterowania związanych z gospodarką energetyczną, utylizacją odpadów, oczyszczaniem ścieków itp.

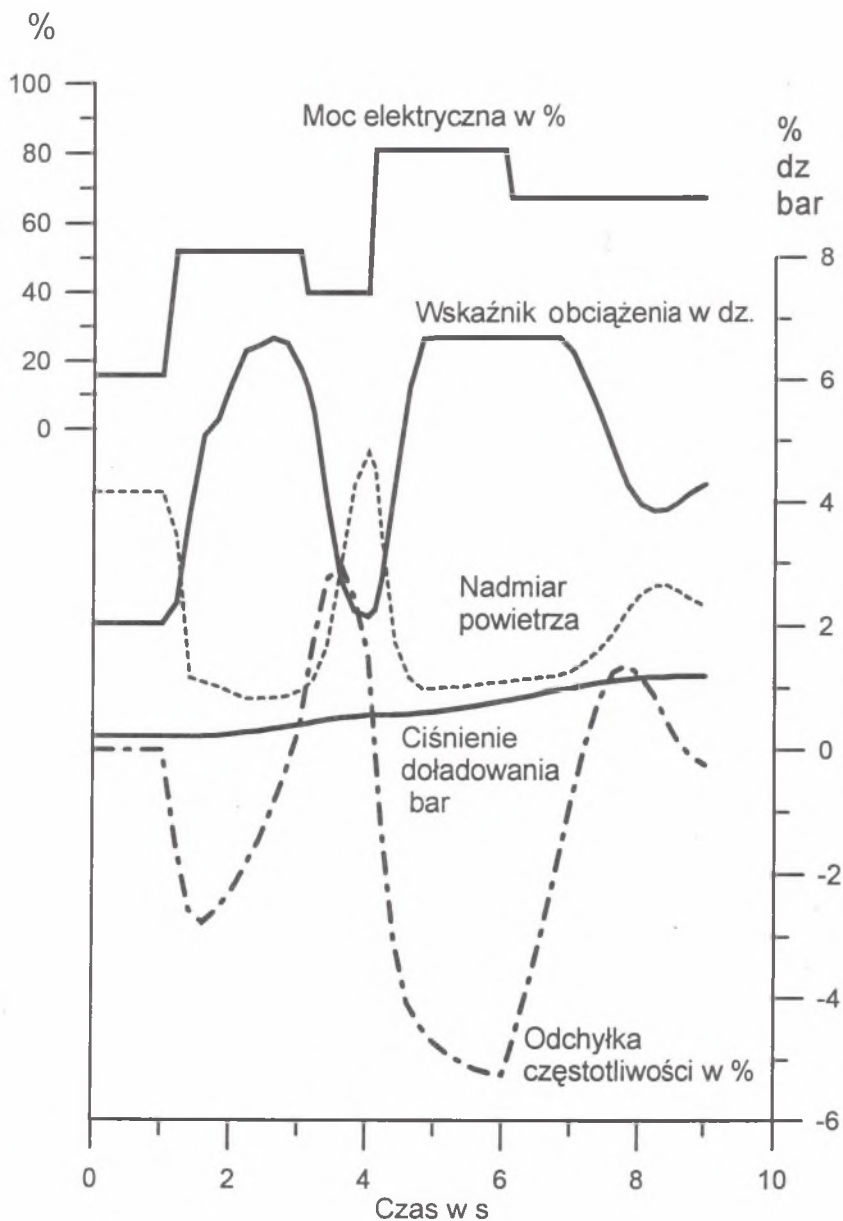
Obszary działalności dydaktycznej były następujące:

- wykłady, ćwiczenia tablicowe i laboratoria z podstaw automatyki dla studentów Wydziału IŚiE na kierunku Budowa Maszyn (studia dzienne, zaoczne, wieczorowe),
- wykłady i laboratoria z metrologii wielkości energetycznych dla studentów Wydziału IŚiE na kierunku budowa maszyn (studia dzienne, zaoczne i wieczorowe),
- laboratorium pomiarów maszyn ciepłych dla studentów Wydziału IŚiE na kierunku budowa maszyn (studia dzienne, zaoczne i wieczorowe),
- laboratorium urządzeń chłodniczych dla studentów Wydziału IŚiE na kierunku budowa maszyn, specjalność chłodnictwo, studia dzienne,
- laboratorium z termodynamiki dla studentów Wydziału Mechaniczno-Technologicznego, studia dzienne (prowadzone razem z Instytutem Techniki Ciepłej),
- wykłady i laboratorium z maszyn elektrycznych dla studentów Wydziału IŚiE (MiBM) sem. IV, studia dzienne zawodowe.

## 2. MODELE MATEMATYCZNE OBIEKTÓW ENERGETYCZNYCH

### 2.1. Model dynamiki średnioobrotowego silnika wysokoprężnego

Opracowany w ubiegłych latach matematyczny model dynamiki średnioobrotowego silnika wysokoprężnego i związany z nim program komputerowy został udoskonalony i przystosowany do obliczeń nowych typów silników z uwzględnieniem ich pracy w różnych układach napędowych, na przykład w zespołach prądotwórczych, napędach okrętowych ze śrubą stałą, nastawną, przy pracy równoległej dwóch silników napędzających jedną śrubą itp. [1 – 2]. Opracowane programy komputerowe okazały się bardzo przydatne do obliczania dopuszczalnych obciążeń zespołów prądotwórczych dla awaryjnego zasilania elektrowni jądrowych. W roku 1994 wykonano obliczenia dla czeskiej elektrowni jądrowej TEMELIN (rys. 1). Zakład współpracuje z Zakładem Urządzeń Technicznych ZGODA w Świętochłowicach.

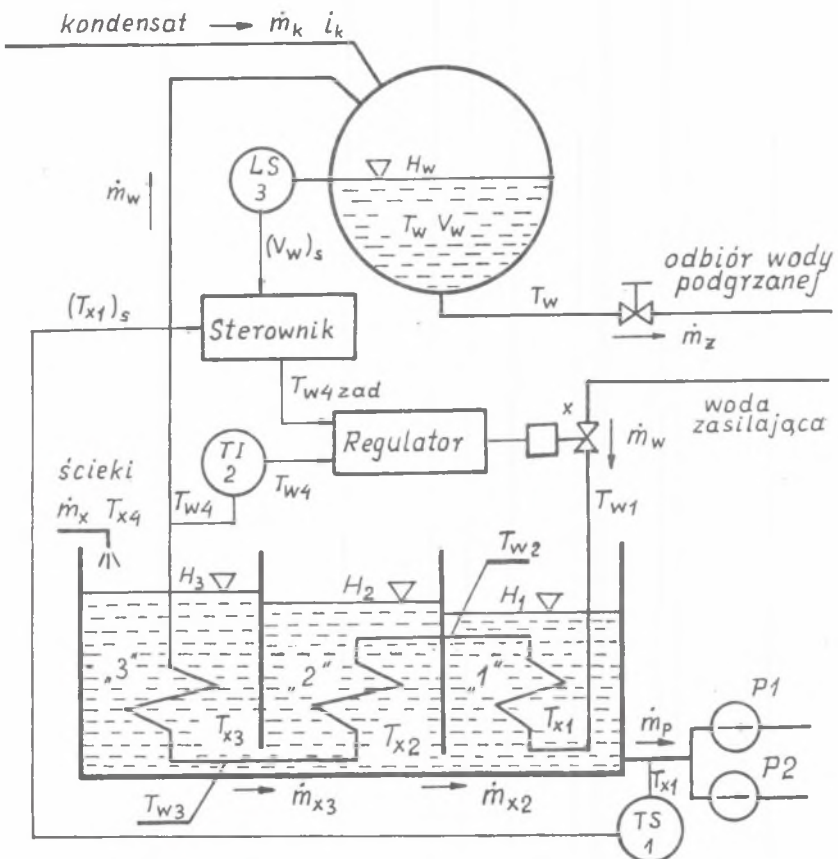


Rys. 1. Przebieg podstawowych parametrów zespołu prądotwórczego przy wrzucie dwóch kolejnych obciążeń

Fig. 1. Principal parameters performance diagram of generating set with two successive load inputs

## 2.2. Model dynamiki procesu odzysku ciepła ze ścieków przemysłowych

W latach 1990 – 1992 opracowano model matematyczny i program komputerowy służący do analizy działania układów regulacji i sterowania procesem odzysku ciepła ze ścieków przemysłowych w przemyśle włókienniczym [3], rys. 2. Opracowany program komputerowy umożliwia dobranie optymalnego programu sterowania procesem odzysku ciepła.



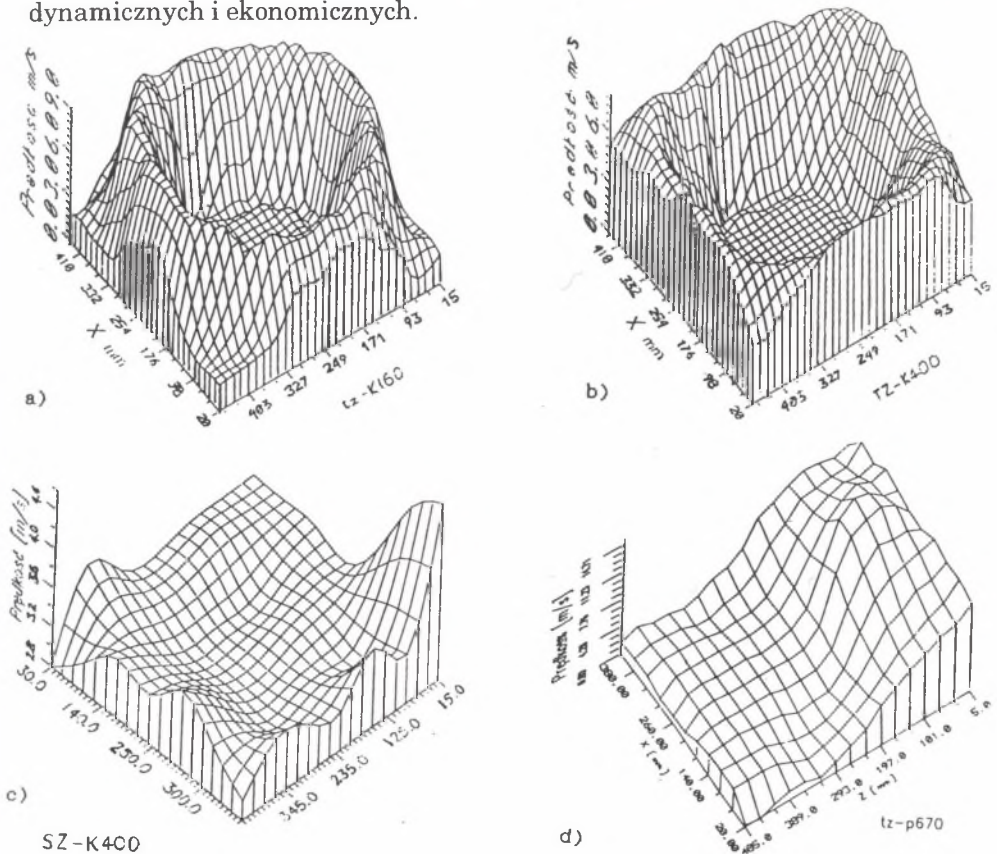
Rys. 2. Schemat instalacji do odzysku ciepła z gorących ścieków: TS/1 Sygnalizacja temperatury ścieków, TS/2 Pomiar temperatury wody, LS/3 Sygnalizacja poziomu wody

Fig. 2. Scheme of heat recovery installation from hot sludge: TS/1 – Signalization of sludge temperature, TS/2 – Measurement of water temperature, LS/3 – Signalization of water level

### 3. POMIARY CIEPLNE, BILANSE ENERGETYCZNE OBIEKTÓW PRZEMYSŁOWYCH

#### 3.1. Badania zespołu wymiennik – wentylator

Rozwój nowych konstrukcji wymienników ciecz–powietrze dla chłodnictwa związany jest z identyfikacją procesów wymiany ciepła oraz szronienia powierzchni wymienników. Na zlecenie Politechniki Krakowskiej wykonano badania rozkładu pól prędkości na czołach wymienników dla różnych konfiguracji wentylator–wymiennik [4, 5], rys. 3. Celem pracy była identyfikacja charakterystyk przepływowych wymiennika po stronie powietrza dla wypracowania metodologii projektowania wymienników o wysokich wskaźnikach termodynamicznych i ekonomicznych.



Rys. 3. Pole prędkości powietrza na wylocie z wymiennika dla różnych badanych zestawów wymiennik – wentylator

Fig. 3. Air velocity field at the heat exchanger outlet for a different heat exchanger – fan sets

W celu realizacji złożonego i czasochłonnego procesu pomiarowego opracowano algorytmy pomiarowe, zaprojektowano, wykonano i oprogramowano mikroprocesorowy układ pomiarowy prędkości powietrza wraz z układem samoczynnego pozycjonowania czujnika pomiarowego [6]. Opracowano także oprogramowanie do obróbki danych pomiarowych i obliczenia syntetycznych wskaźników charakteryzujących przepływ powietrza przez wymiennik.

#### 4. PROJEKTOWANIE, KONSTRUKCJA I REALIZACJA UKŁADÓW POMIAROWYCH I AUTOMATYCZNEGO STEROWANIA ZWIĄZANYCH Z GOSPODARKĄ ENERGETYCZNĄ, UTYLIZACJĄ ODPADÓW, OCZYSZCZANIEM ŚCIEKÓW

##### 4.1. Przepływomierz do pomiaru strumienia powietrza

W Zakładzie MiAPE opracowano koncepcję i algorytm działania anemometru do pomiaru prędkości powietrza o temperaturze do 80°C umożliwiającego określenie wartości strumienia powietrza w kanałach o dużych przekrojach poprzecznych [8].

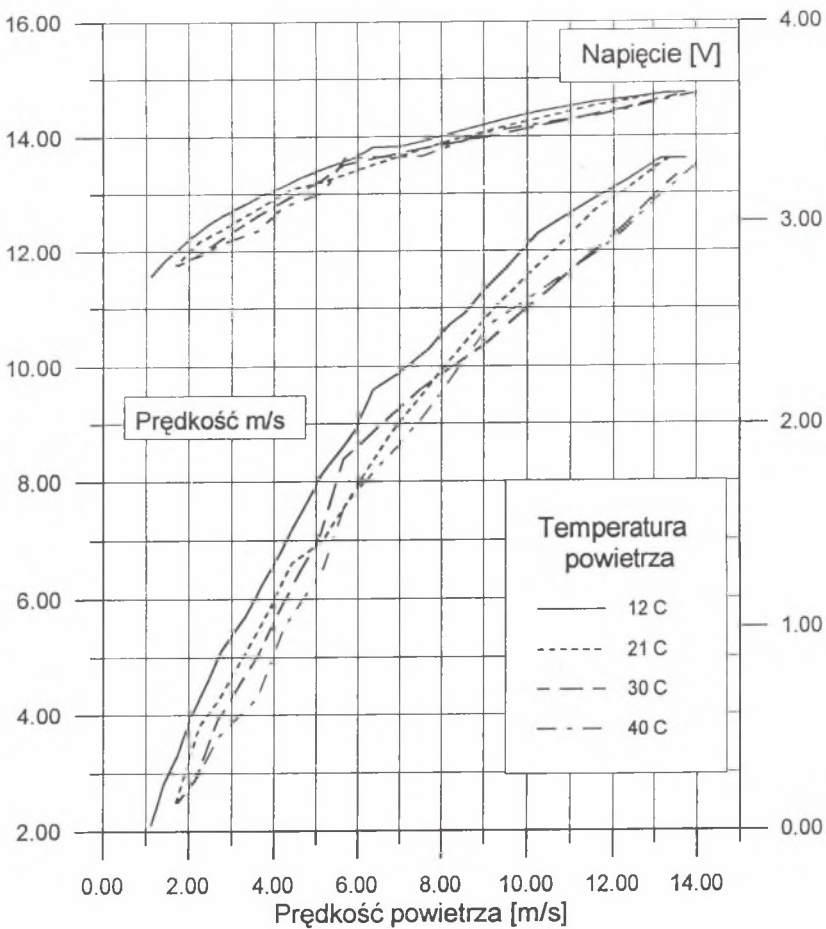
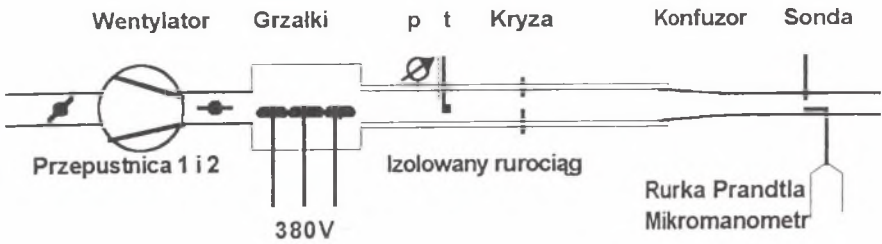
Wykonano egzemplarz prototypowy oparty na czujniku termooanemometrycznym o dużej trwałości i mikrokomputerowym programowanym przeliczniku. Przyrząd mierzy prędkość powietrza oraz jego ciśnienie i temperaturę. Dla danego przekroju kołowego lub prostokątnego określa położenie punktów pomiarowych na przekroju, po dokonaniu pomiarów prędkości w tych punktach oblicza rzeczywisty strumień powietrza sprowadzony do warunków normalnych, rys. 4. Może być stosowany zwłaszcza w układach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych oraz do pomiarów małych prędkości powietrza (strumieni w kanałach o małych prędkościach przepływu).

Wyniki pomiarów chwilowych i średnich oraz wartości strumieni obliczone dla danego przekroju są wizualizowane na wbudowanym wyświetlaczu, zapamiętywane w pamięci nieulotnej i mogą być wysłane zarówno w czasie pomiarów, jak i po ich zakończeniu do systemu komputerowego.

##### 4.2. Regulator stałego przepływu

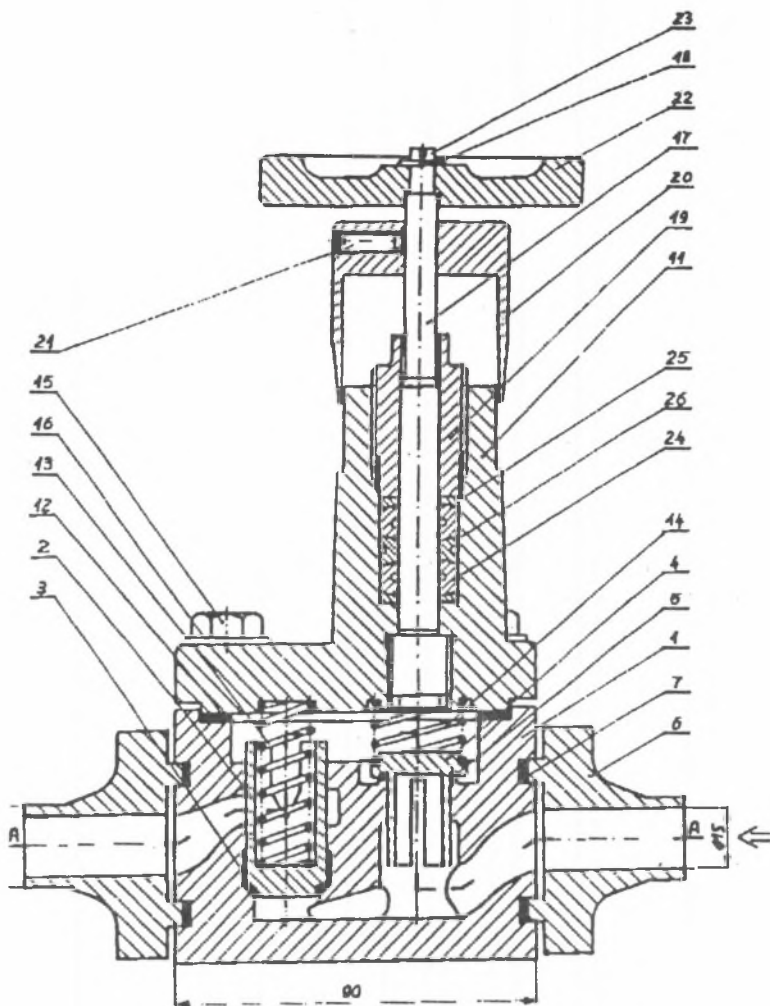
W ramach prac CPBP 02.06 i prac BW prowadzonych w Zakładzie Miernictwa i Automatyki Procesów Energetycznych zaprojektowano, skonstruowano i wykonano dwa prototypy regulatorów stałego przepływu rys. 5, służące do stabilizacji przepływu amoniaku przez parowniki w urządzeniach chłodniczych z obiegiem pompowym [4]. Na bazie tych prac został opracowany quasi-statyczny model matematyczny regulatora stałego przepływu [3].

Po przeprowadzeniu badań uzupełniających [13] określono parametry tego modelu i opracowano program komputerowy służący do projektowania i kon-



Rys. 4. Schemat stanowiska badawczego i charakterystyka wzorcowania termoanemometru

Fig. 4. Test facility and hot anemometer calibration



Rys. 5. Konstrukcja regulatora stałego przepływu: 1 – korpus, 2 – zawór różnicowy, 3 – uszczelnienie, 4 – zawór dławiaczy, 5 – uszczelnienie, 6 – kołnierz, 7 – uszczelka, 11 – pokrywa, 12 – uszczelka, 13 – sprężyna zaworu różnicowego, 14 – sprężyna zaworu dławiącego, 15, 16 – mocowanie pokrywy, 17 – trzpień zadajnika, 18 – mocowanie pokrętła, 19 – dławik, 20 – wskaźnik zadajnika, 21 – mocowanie wskaźnika, 22 – pokrętło zadajnika, 23 – mocowanie pokrętła, 24, 25, 26 – uszczelnienie trzpienia zadajnika

Fig. 5. Construction of the constant flow controller: 1 – frame, 2 – differential valve, 3 – seal, 4 – throttle valve, 5 – seal, 6 – flange, 7 – seal, 11 – cover, 12 – seal, 13 – spring of differential valve, 14 – spring of throttle valve, 15 – cover fastening, 16 – cover fastening, 17 – mandrel of setter, 18 – knob fastening, 19 – choke, 20 – setter indicator, 21 – indicator fastening, 22 – setter knob, 23 – knob fastening, 24, 25, 26 – sealing of a setter mandrel

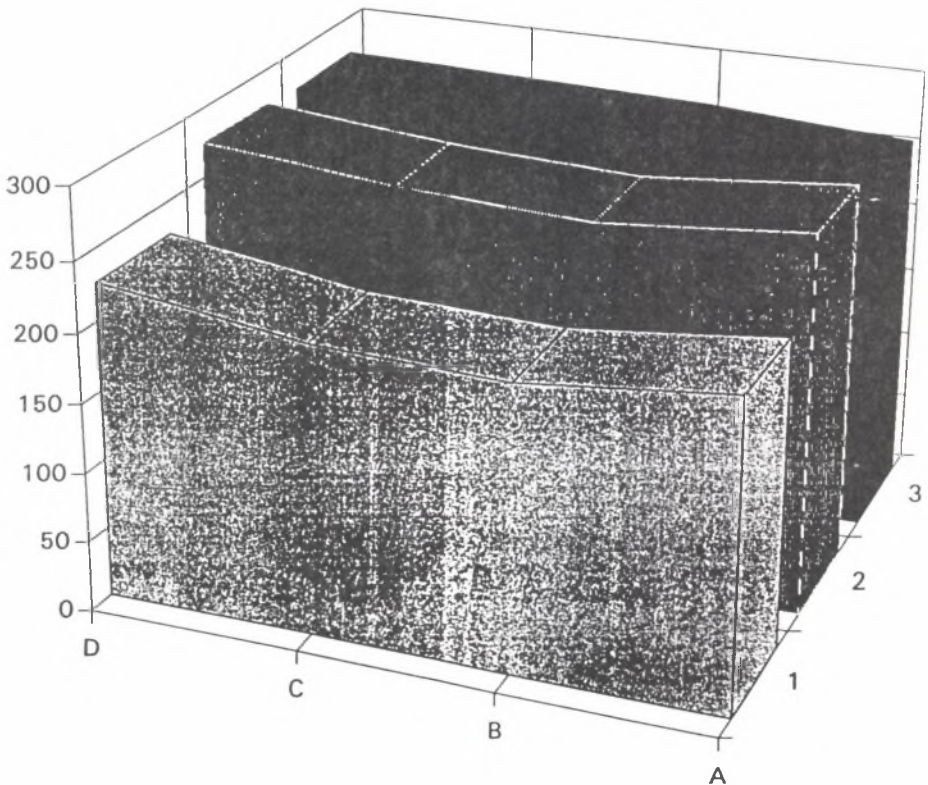


struowania regulatorów tego typu. Program umożliwia indywidualizację cech konstrukcyjnych regulatora w zależności od miejsca jego zabudowy w instalacji, rodzaju przepływającego czynnika i żądanej charakterystyki przepływowej.

Opracowany program komputerowy okazał się bardzo przydatny do obliczania parametrów konstrukcyjnych i projektowania regulatorów stałego przepływu.

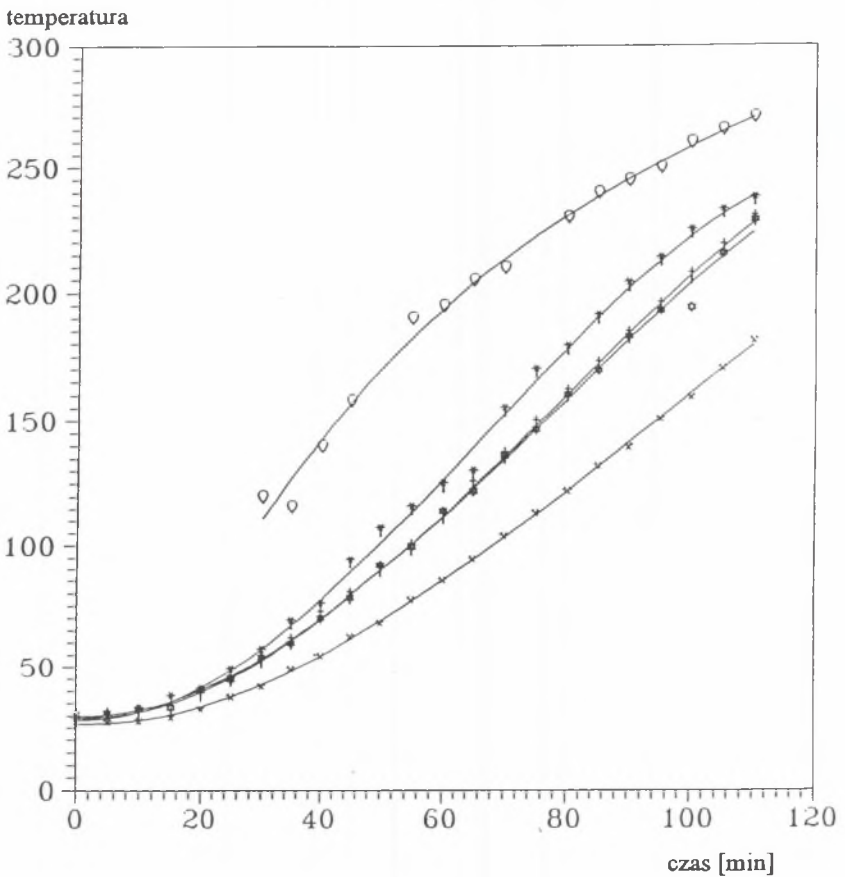
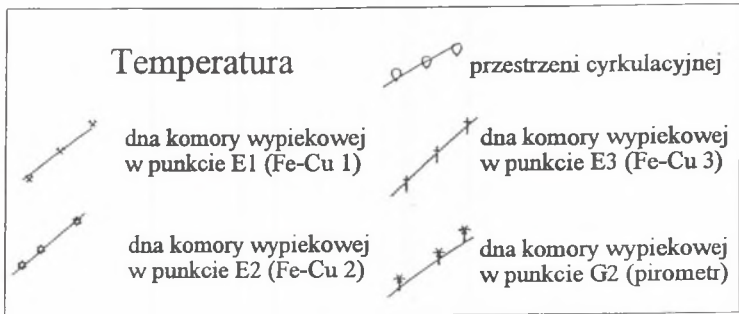
#### 4.3. Badanie pola temperatur i wskaźników energetycznych pieca piekarniczego typu PKCE-1

Dokonano pomiarów elektrycznego piekarskiego pieca o mocy 54 kW w stanach: nieustalonym w czasie rozgrzewu oraz w stanie quasi-ustalonym,



Rys. 6. Rozkład temperatur w trzeciej od dołu komorze wypiekowej pieca piekarniczego

Fig. 6. Distribution of temperatures in third from below chamber of baking oven



Rys. 7. Krzywe nagrzewania trzech stref komory wypiekowej i przestrzeni cyrkulacyjnej pieca piekarniczego

Fig. 7. Heating-up curves for 3 zone of baking chamber and circulation's space of baking oven

gdy temperaturą w komorze cyrkulacyjnej sterował regulator. Wyniki pomiarów zilustrowano graficznie prezentując je w postaci trójwymiarowych wykresów rozkładów temperatur na poszczególnych półkach wypiekowych, rys. 6 i 7. Ponadto określono rozkład temperatur na obudowie pieca oraz takich elementach, jak uchwyty i drzwi komór. W pracy określono jednostkowy wskaźnik zużycia energii, co pozwoliło na porównanie badanego pieca z podobnymi konstrukcjami europejskimi. Wyniki badań potwierdziły, że produkowany w Oświęcimiu piec piekarski nie ustępuje konstrukcjom zagranicznym i jego produkcja po wyeliminowaniu drobnych usterek jest celowa.

#### **4.4. Opracowanie i budowa prototypu sterownika nadzorującego pracę wentylatorów w elektrowni ciepłej**

W pracy zaprojektowano i wykonano sterownik dla wentylatorów wyciągowych kotła elektrowni zawodowej opalanego palnikami węglowymi.

Sygnałami wejściowymi dla sterownika są:

- położenie klap sterujących pierwszego i trzeciego wentylatora wyciągowego spalin,
- stan pracy pierwszego, drugiego, trzeciego i czwartego młyna węglowego.

Sterownik generuje następujące sygnały wyjściowe:

- przełączenie pierwszego i trzeciego wentylatora spalin z obrotów niskich na wysokie i odwrotnie.

Sterownik ponadto sygnalizuje następujące stany:

- przejścia z sterowania ręcznego na automatyczne,
- niewłączenie automatyki lokalnej pierwszego lub trzeciego wentylatora wyciągowego,
- wypadnięcie więcej niż jednego młyna węglowego,
- niewłaściwe podciśnienie w komorze spalin kotła.

Korzyści z zainstalowanych sterowników w elektrowni są następujące:

- zastosowanie sterownika istotnie ułatwia pracę operatora,
- sterownik, włączając wysokie obroty wentylatora tylko w sytuacjach koniecznych, oszczędza energię potrzeb własnych (w granicznym przypadku o jedną trzecią).

## **LITERATURA**

- [1] Ferenc M., Fiutkowski M.: Modele matematyczne regulatorów prędkości obrotowej stosowane w analizie dynamiki 4-suwowych średnioobrotowych silników wysokoprężnych. Biuletyn Informacyjny „ZGODA”, 1990, nr 1–2.

- [2] Ferenc M., Fiutkowski M., Wideł S.: Zasady doboru charakterystyki dynamicznej regulatora prędkości obrotowej średnioobrotowego silnika wysokoprężnego napędzającego prądnicę (w druku).
- [3] Ferenc M., Sochański J., Wideł S.: Komputerowa symulacja układu sterowania procesem odzysku ciepła ze ścieków w przemyśle włókienniczym. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka, z 114, Gliwice 1992.
- [4] Ostrowski P., Widenka J., Mędrych J.: Określenie pól prędkości strumienia powietrza wymuszonego wentylatorem na czole wymiennika ciepła urządzeń chłodniczych. Praca zbiorowa *Rozwój maszyn i urządzeń chłodniczych w badaniach teoretycznych i eksperymentalnych*, t. 2, Kraków 1991.
- [5] Ostrowski P., Widenka J., Mędrych J.: Analiza działania zespołu wymiennik ciepła–wentylator. *Chłodnictwo* 1992, nr 5.
- [6] Ostrowski P., Mędrych J.: Mikrokomputerowy zestaw do pomiarów cieplnych wraz z oprogramowaniem. II Międzynarodowa Konferencja Naukowo–Techniczna „Termiczna utylizacja odpadów, procesy, maszyny, urządzenia”. Gliwice 1991.
- [7] Miksch K., Ostrowski P. i inni: Aparat do ciągłego pomiaru aktywności oddechowej mikroorganizmów. *Ogólnopolskie Sympozjum*, Gliwice Rudy–Raciborskie 1990.
- [8] Chmielniak T., Kosman G., Ostrowski P.: Systemy monitorowania parametrów cieplnych i mechanicznych urządzeń cieplnych i mechanicznych siłowni. Międzynarodowa Konferencja Elektroenergetyka – Kozubnik 1993.
- [9] Ostrowski P.: Układ automatyki instalacji do spalania osadów z oczyszczalni ścieków. III Międzynarodowa Konferencja „Termiczna utylizacja odpadów, mity i rzeczywistość”. Poznań, kwiecień 1994.
- [10] Ostrowski P.: System monitorowania gazów na wysypiskach śmieci. *Sympozjum Komputer a ekologia*. Poznań 1994.
- [11] Ostrowski P., Mędrych J.: Układ sterowania instalacji termicznej utylizacji osadów z oczyszczalni ścieków. *Sympozjum Komputer i Ekologia*. Poznań 1994.
- [12] Kopeć St., Ostrowski P. i inni: Programowany zbiór zadań z podstaw automatyki, t. 1. Skrypt uczelniany Pol. Śl., nr 1669, Gliwice 1994.
- [13] Ogulewicz Wł.: Matematyczny model regulatora stałego przepływu. Praca doktorska. Politechnika Śląska 1994.
- [14] *Rozwój maszyn i urządzeń chłodniczych w badaniach teoretycznych i eksperymentalnych*. Praca zbiorowa, t. 1 i 2. Politechnika Krakowska, Kraków 1991.