

P O L S K A A K A D E M I A N A U K
INSTYTUT MASZYN PRZEPLYWOWYCH

PRACE
INSTYTUTU MASZYN
PRZEPLYWOWYCH

TRANSACTIONS
OF THE INSTITUTE OF FLUID-FLOW MACHINERY

85

WARSZAWA - POZNAŃ 1983

P A Ń S T W O W E W Y D A W N I C T W O N A U K O W E

PRACE INSTYTUTU MASZYN PRZEPŁYWOWYCH

poświęcone są publikacjom naukowym z zakresu teorii i badań doświadczalnych w dziedzinie mechaniki i termodynamiki przepływów, ze szczególnym uwzględnieniem problematyki maszyn przepływowych

*

THE TRANSACTIONS OF THE INSTITUTE OF FLUID-FLOW MACHINERY

exist for the publication of theoretical and experimental investigations of all aspects of the mechanics and thermodynamics of fluid-flow with special reference to fluid-flow machinery

RADA REDAKCYJNA – EDITORIAL BOARD

TADEUSZ GERLACH · HENRYK JARZYNA · JERZY KRZYŻANOWSKI
STEFAN PERYCZ · WŁODZIMIERZ PROSNAK
KAZIMIERZ STELLER · ROBERT SZEWAŃSKI (PRZEWODNICZĄCY · CHAIRMAN)
JÓZEF ŚMIGIELSKI

KOMITET REDAKCYJNY – EXECUTIVE EDITORS

KAZIMIERZ STELLER – REDAKTOR – EDITOR
WOJCIECH PIETRASZKIEWICZ · ZENON ZAKRZEWSKI
ANDRZEJ ŻABICKI

REDAKCJA – EDITORIAL OFFICE

Instytut Maszyn Przepływowych PAN
ul. Gen. Józefa Fiszer 14, 80-952 Gdańsk, skr. pocztowa 621, tel. 41-12-71

Copyright
by Państwowe Wydawnictwo Naukowe
Warszawa 1983

Printed in Poland

ISBN 83-01-04191-9
ISSN 0079-3205

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE – ODDZIAŁ W POZNANIU

Nakład 380+90 egz.	Oddano do składania 5 VII 1982 r.
Ark. wyd. 22. Ark. druk. 15	Podpisano do druku 4 III 1983 r.
Pap. druk. sat. kl. V, 70 g	Druk ukończono w marcu 1983 r.
Nr zam. 440/179	N-5/1001.

DRUKARNIA UNIwersytetu IM. A. MICKIEWICZA W POZNANIU

ZYGFERYD DOMACHOWSKI

Działalność naukowa Zakładu Regulacji Maszyn i Automatyki w latach 1976 - 1980

Отдел регулирования машин и автоматики

Исследовательские работы Отдела регулирования машин и автоматики, как теоретические так и экспериментальные, касались в 1976 - 1980 г.г. в основном комплексной автоматизации электроэнергетической системы, а в особенности управления турбоагрегатов большой мощности. Исследования охватывали идентификацию электроэнергетической системы и турбоагрегата, идентификацию управляющих и возмущающих сигналов, динамику управления мощностью и частотой турбоагрегата и электроэнергетической системы, оптимизацию управляющей системы турбоагрегата и блока котел-турбина (классического и ядерного), оптимизацию элементов и агрегатов электрогидравлической системы управления турбоагрегата.

Проведен ряд модельных исследований системы автоматического регулирования турбоагрегата, разработаны новые методы исследований и измерений, разработаны и внедрены элементы и системы автоматического регулирования турбоагрегата.

Кроме того выполнен ряд концепционных, исследовательских, проектных и внедрительных работ по заказам турбинной и металлургической промышленности, а также для энергетики (электростанций).

Department of Machinery Control and Automation

Theoretical and experimental research of the Department of Machinery Control and Automation concerned in the period from 1976 till 1980 mainly complex automation of electric power system and especially control of high capacity turbine sets. The investigations covered identification of controlling and disturbing signals, dynamics of power and frequency control of generating sets and electric power system, optimization of control systems of turbine sets and boiler-turbine units (both classical and nuclear), optimization of components and sets of electrohydraulic control systems of turbine sets.

Numerous model investigations have been carried out, new research and measuring methods have been elaborated, components and systems of automatic control of turbine sets have been worked out and implemented.

Furthermore, conceptional, research, design and implementary works have been carried out for the needs of turbine, iron and steel, and power industry.

1. Wstęp

W latach 1976 - 1980 wykonywano prace objęte koordynowanym przez Instytut problemem międzyresortowym (plan B, problem MR I.26, grupa tematyczna 10), koordynowanym przez Instytut Energetyki w Warszawie (a w II stopniu przez Instytut Automatyki

Systemów Energetycznych we Wrocławiu) problemem węzłowym (plan A, problem 04.2, temat 3) oraz planem własnym Instytutu (plan C2). Kontynuowano badania wynikające z wcześniejszych prac, podjęto także nowe tematy oraz wykonywano prace wiążące się z bieżącymi bezpośrednimi zamówieniami i potrzebami energetyki.

W planie B badania dotyczyły:

- identyfikacji, diagnostyki, metod analizy i syntezy układów regulacji automatycznej turbozespołów elektroenergetycznych, konwencjonalnych i jądrowych (temat 10.1.1 i 10.2.2),

- doskonalenia elementów układu regulacji oraz metod badań eksperymentalnych elementów i układów regulacji automatycznej turbozespołów (temat 10.2.1 i 10.2.6).

W planie A wykonano prace dotyczące koncepcji:

- układu regulacji automatycznej prędkości kątowej, automatu rozruchowego turbozespołu dużej mocy,

- koncepcji, projektu technicznego i modelu technicznego (prototypu) serwomechanizmu elektrohydraulicznego.

W planie C2:

- opracowano i wdrożono elektrohydrauliczny układ automatycznej regulacji częstotliwości i mocy czynnej elektroenergetycznego systemu wydzielonego oraz wykonano:

- inne prace koncepcyjne i wdrożeniowe na rzecz energetyki,

- ekspertyzy i analizy techniczne na rzecz poszczególnych elektrowni, przedsiębiorstw i instytucji.

Większość prac wykonywanych w planach B i A miała charakter badań podstawowych. Prace wdrożeniowe wynikały przede wszystkim z wyników wcześniejszych i bieżących badań podstawowych.

Wyniki prac Zakładu przedstawiono w 45 publikacjach; wygłoszono 28 referatów na konferencjach w kraju i zagranicą. Wykonano 87 opracowań w ramach współpracy z innymi instytucjami oraz 10 opracowań wewnętrznych. Opracowano 3 nowe metody badawczo-pomiarowe i jedną nową technologię. Zgłoszono 2 wnioski wynalazcze (patenty), opracowano i wykonano 4 nowe urządzenia.

Poniżej omówiono ważniejsze prace, wykonane w latach 1976 - 1980.

2. Identyfikacja, diagnostyka, analiza i synteza układów regulacji automatycznej turbozespołów

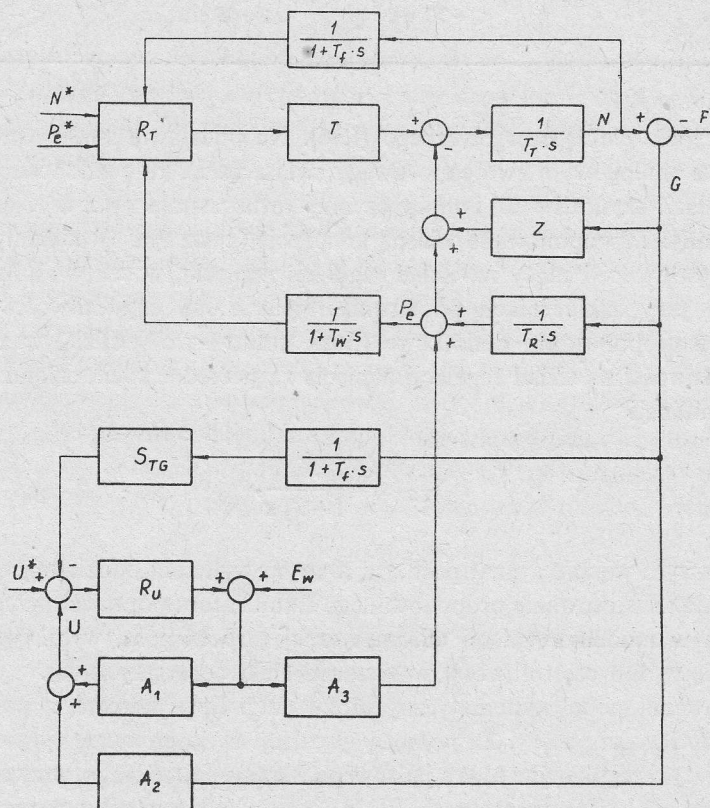
2.1. Identyfikacja

1. Wykonano teoretyczną analizę porównawczą pomiaru prędkości kątowej i częstotliwości w turbozespołach elektroenergetycznych, z punktu widzenia dokładności i czułości regulacji oraz charakterystyk dynamicznych układu regulacji pierwotnej [I.12]. Na tej podstawie oceniono, że w krajowym systemie elektroenergetycznym najwłaściwszy jest

pomiar indywidualny (przy każdym turbozespołe) częstotliwości systemu elektroenergetycznego. Ponadto:

— W modernizowanych układach regulacji turbozespołów pracujących, poprzez wprowadzanie elektrohydraulicznych regulatorów mocy, powinno się stosować bezpośredni pomiar częstotliwości systemu. Ponieważ jest to sposób technicznie prostszy i tańszy niż pomiar prędkości kątowej turbozespołu, a poza tym pozwala uniknąć drgań układu regulacji z powodu zmian napięcia na zaciskach turbogeneratora.

— W nowych turbozespołach powinno się stosować pomiar prędkości kątowej. Taki układ regulacji jest funkcjonalnie prostszy, natomiast z punktu widzenia własności dynamicznych układu regulacji mocy turbozespołu, różnice między pomiarem częstotliwości systemu a pomiarem prędkości kątowej turbozespołu można pominąć. Jeżeli założyć, że regulacja napięcia w takich turbozespołach będzie mieć również wystarczającą jakość, to można pominąć zmiany prędkości kątowej spowodowane zmianami napięcia na zaciskach turbozespołu.



Rys. 1. Uproszczony schemat blokowy regulacji częstotliwości i napięcia turbozespołu

T – turbina, R_T – regulator mocy i częstotliwości turbozespołu, T_T – stała czasowa wirnika turbozespołu, z – współczynnik momentu tłumiącego turbogeneratora, T_R – stała czasowa momentu zwrotnego turbogeneratora, A_1, A_2, A_3 – elementy transmisji turbogeneratora przy regulacji napięcia, R_U – regulator napięcia turbogeneratora, F – częstotliwość systemu elektroenergetycznego, G – poślizg, N – obroty wirnika turbozespołu, P_e – moc czynna turbozespołu, E_w – napięcie wzbudzenia turbogeneratora, U – napięcie turbogeneratora, N^*, P_e^*, U^* – wartości zadane, T_f – stała czasowa miernika częstotliwości (prędkości kątowej), T_w – stała czasowa miernika mocy, S_{TG} – proponowany stabilizator napięcia turbogeneratora

2. Zbadano wpływ zmian napięcia na regulację prędkości kątovej turboszespołu [I.10]. Z wykonanej analizy teoretycznej wynika, że zmiany napięcia na zaciskach turbogenera-tora mogą w szczególności wywoływać niepożądane oscylacje prędkości kątovej turbo-zespołu. Kontynuując te prace, zbadano wzajemny wpływ regulacji napięcia i częstotli-

Tabela 1

Parametr	Tor główny	Tor odchyłki	
		$\pm 2\%$	$\pm 14\%$
Sygnał wyjściowy	$0 \div 20$ mA	$(-20 \div 0 \div 20)$ mA	$(-20 \div 0 \div 20)$ mA
Nieliniowość	$\leq 0,1\%$	$\leq 0,1\%$	$\leq 0,1\%$
Stała czasowa	40 ms	40 ms	40 ms
Termiczny względny (bezwzględny) dryf	$\leq 0,02\%/^{\circ}\text{C}$	$\leq 0,5\%/^{\circ}\text{C}$	$\leq 0,075\%/^{\circ}\text{C}$
czułości przetwarzania	$(\leq 0,7 \text{ obr}/^{\circ}\text{C})$	$(\leq 0,3 \text{ obr}/^{\circ}\text{C})$	$(\leq 0,3 \text{ obr}/^{\circ}\text{C})$
Termiczny dryf zera	$\leq 0,001\%/^{\circ}\text{C}$	$\leq 0,5\%/^{\circ}\text{C}$	$\leq 0,075\%/^{\circ}\text{C}$
Tętnienie przy 3000 obr/min.	≤ -70 dB	≤ -45 dB	≤ -60 dB

wości turboszespołu elektroenergetycznego [I.16]. Na podstawie analizy modelu i badań na komputerze analogowym zwrócono uwagę zwłaszcza na rolę zakłóceń po stronie napięcia w regulacji częstotliwości i mocy czynnej turboszespołu oraz w regulacji otwarcia zaworów turbiny. Zaproponowano własną koncepcję (patrz rys. 1) oddziaływania układu regulacji częstotliwości i mocy na układ regulacji napięcia, w celu stabilizacji procesów przejściowych przy zakłóceniach po stronie napięcia lub częstotliwości turboszespołu. Mianowicie, zaproponowano dodatkowe (poza naturalnym) oddziaływanie układu regulacji częstotliwości na układ regulacji napięcia za pośrednictwem członu (stabilizatora) S_{TG} o transmitancji

$$S_{TG}(s) = \frac{K_s}{1 + T_s s}, \quad (1)$$

mającego na swym wejściu sygnał poślizgu, a swym wyjściem oddziałującego na wartość zadaną napięcia. Zastosowanie proponowanego stabilizatora poprawia przebiegi procesów przejściowych w modelu regulacji automatycznej turboszespołu, wynikające z zakłóceń regulacji napięcia lub częstotliwości w systemie elektroenergetycznym.

3. Opracowano model matematyczny bloku na paliwo jądrowe, z punktu widzenia regulacji częstotliwości i mocy. Za pomocą symulacji na komputerze cyfrowym porównano charakterystyki regulacyjne bloku jądrowego i konwencjonalnego, przy zmianie częstotliwości systemu elektroenergetycznego [I.17]. Z tych badań wynika, że przy oddziaływaniu sygnałem sterującym na zawory turboszespołu bloku jądrowego, w ramach regulacji częstotliwości systemu elektroenergetycznego, powstają nadmierne oscylacje mocy i prędkości kątovej turboszespołu oraz ciśnienia pary przed turbiną. Dalsze badania powinny wskazać strukturę i parametry regulatora bloku na paliwo jądrowe, z punktu widzenia regulacji częstotliwości systemu elektroenergetycznego.

2.2. Diagnostyka

Wykonano wstępne prace dotyczące diagnostyki układów regulacji automatycznej turbozespołów elektroenergetycznych. Opracowano ogólną charakterystykę zakresu i przyczyn nieprawidłowości w działaniu układów regulacji turbozespołów. Rozpatrywano przyczyny strukturalne, konstrukcyjne, montażowe i eksploatacyjne. Sformułowano zalecenia związane z usuwaniem przyczyn nieprawidłowości i zapobieganiem im w przyszłości. W postępowaniu diagnostycznym wyróżniono dwa zakresy, różniące się metodami:

- wykrywanie przyczyn nieprawidłowości wywołujących wyraźne zakłócenia, tj. wyraźne zmiany parametrów stanu turbozespołu,
- wykrywanie przyczyn nieprawidłowości wywołujących nieznaczne zmiany parametrów stanu turbozespołu.

Dla pierwszego z tych zakresów przedstawiono metodę eliminacji, na tradycyjnej podstawie charakterystyk skokowych i częstotliwościowych. Dla drugiego – omówiono metody analizy drgań, analizy charakterystyk szumowych (gęstości widmowej mocy sygnałów, wariancji sygnałów, funkcji korelacyjnych). Wskazano na użyteczność biblioteki charakterystyk szumowych układu regulacji [I.13, 15, III.3].

Na działanie układu regulacji automatycznej turbozespołu wpływa stan dynamiczny całej instalacji turbozespołu. W związku z tym podjęto również fragmentaryczne badania teoretyczne, dotyczące analizy przyczyn i skutków zakłóceń stanu dynamicznego turbozespołu. Opracowano schemat diagnostyczny analizy zakłóceń w pracy turbozespołu elektroenergetycznego. Na podstawie modeli wybranych głównych zakłóceń sformułowano algorytm ich wykrywania w postaci schematu blokowego. Algorytm sprawdzono na przykładach za pomocą komputera cyfrowego [I.27, 30, 31].

Diagnostyka turbozespołów, a szczególnie układów regulacji, wymaga podjęcia prac zmierzających do opracowania stosownych modeli i ich optymalizacji, algorytmów postępowania diagnostycznego i metod pomiarowych. Zagadnienia diagnostyczne już odgrywają dużą rolę z punktu widzenia niezawodności i dyspozycyjności turbozespołów. Ich rola będzie wzrastać w miarę instalowania coraz większych i bardziej złożonych konstrukcyjnie bloków oraz w miarę rozwoju kompleksowej automatyzacji bloków i systemu elektroenergetycznego.

2.3. Metody analizy i syntezy układów regulacji

1. Analizy identyfikacyjne, koncepcyjne, optymalizacyjne i diagnostyczne układów regulacji automatycznej turbozespołów były wykonywane m. in. za pomocą badań modelowych na komputerze hybrydowym (1 moduł MEDA 41TC oraz 2 moduły MEDA 42TA) i poczynając od 1980 r., w coraz większym zakresie na komputerze cyfrowym (R32, język symulacyjny CSMP). W związku z badaniami na komputerze hybrydowym wprowadzono pewne modyfikacje programowe i aparaturowe, wiążące się ze specyficznymi cechami układów regulacji turbozespołów [I.4]. W szczególności opracowano metodę automatycznej optymalizacji parametrycznej modelu na komputerze hybrydowym [I.2]. Wykonano również zestaw modeli analogowych typowych członów regulacji [III.2].

2. W związku z analizą i syntezą złożonych układów hydraulicznych regulacji automatycznej, opracowano algorytm do analizy i optymalizacji liniowych modeli matematycznych takich układów regulacji, zawierających długie linie hydrauliczne [I.37]. Dotychczasowe doświadczenia wskazują, że modele liniowe są bardzo użyteczne i na ogół wystarczają do analizy większości układów, przynajmniej do wstępnej oceny ich własności i do badań porównawczych różnych struktur i parametrów linii hydraulicznych.

Sformułowano ogólną postać transmitancji liniowych układów hydraulicznych, zawierających podukłady o parametrach rozłożonych. W budowie algorytmu opisu tych układów zastosowano metodę energetyczną. Badania przeprowadzono najpierw dla uproszczonego modelu z jedną linią długą, a następnie rozpatrzono ogólną postać takiego układu i wreszcie najdalej posunięte uogólnienie dotyczy układu z wieloma liniami hydraulicznymi.

3. Zmierzając do komputerowej analizy mechnohydraulicznych i elektrohydraulicznych układów regulacji automatycznej turbosespołów, opracowano metodę bezpośredniej transformacji (z ominięciem etapu układania równań) układów mechanicznych w graf przepływu sygnałów [III.7]. Na takiej podstawie analizę układów można wykonywać komputerowo w dziedzinie liczb całkowitych. Metodę tę można stosować do określania funkcji charakterystycznych układów mechanicznych, układania programów w językach symulacyjnych i programowania komputerów analogowych.

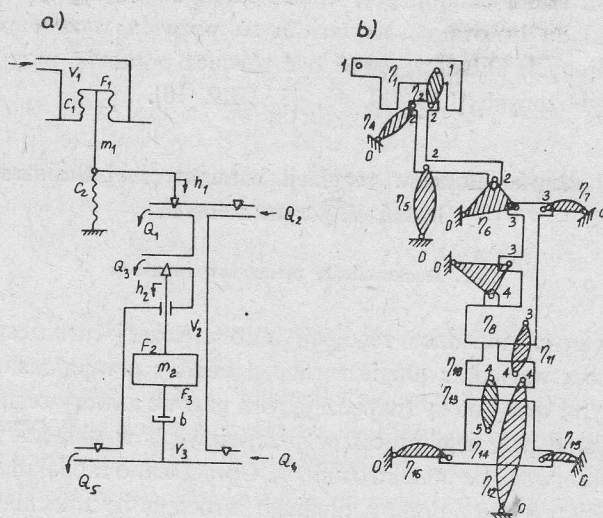
4. Szeroki zakres miały badania dotyczące zastosowania metody liczb strukturalnych do opisu i analizy hydraulicznych układów regulacji automatycznej turbosespołów. Znana w zastosowaniach do układów elektrycznych, a także mechanicznych, metoda liczb strukturalnych została rozszerzona do analizy układów hydraulicznych, przy czym opracowano odmienne ujęcie ogólne tej metody. Opracowano dotychczas nie stosowany uogólniony model sieciowy do opisu i analizy również układów nieelektrycznych — ogólnie do opisu

Tabela 2

Oznaczn. członu	Nazwa członu	Parametry członu	Admitancje członu (s — operator Laplace'a)
η_1	przestrzeń gazowa	objętość V_1 [m ³] ciśnienie p [N/m ²] wykładnik politropy n	$g = \frac{V_1}{np} s$
η_2	człon przekształcający hydr.-mech.	powierzchnia czołowa mieszka F_1 [m ²]	$g = F_1$
η_3	łącznik	masa m_1 [kg]	$g = m_1 s$
η_4	sprężystość mieszka	współczynnik sprężystości C_1 [N/m]	$g = c_1 s^{-1}$
	itd.		

i analizy różnych złożonych układów dynamicznych. Przedstawiono i zastosowano modyfikację obliczeń na liczbach strukturalnych, powodującą oszczędności czasu wykonywania obliczeń. W rezultacie tych prac otrzymano uniwersalną metodę opisu i analizy układów dynamicznych o różnej strukturze fizycznej (rys. 2 i tab. 2). Udostępnia ona aktualnie potrzebny język symboliczny przydatny do komputeryzacji projektowania złożonych

układów dynamicznych, m. in. elektromechanohydraulicznych układów regulacji automatycznej turbozespołów dużej mocy [1.35, 36, 38]. Rozważania teoretyczne uzupełniono programem na komputer cyfrowy, pozwalającym opisywać i analizować układy dynamiczne o pewnej złożoności.



Rys. 2. Schemat konstrukcyjny (a) oraz model topologiczny 2-kategorii (b) układu hydrauliczno-pneumatycznego

5. W dziedzinie identyfikacji zjawisk w hydraulicznych układach regulacji automatycznej opracowano metodę operatorową analizy uderzeń hydraulicznych, opartą na transformacji Laplace'a [1.20]. Metoda transformacji Laplace'a pozwala otrzymać rozwiązanie w postaci operatorowej bezpośrednio w wybranym przekroju systemu hydraulicznego. Stosując odwrotną transformację Laplace'a, otrzymuje się rozwiązanie w funkcji czasu. Ta ostatnia czynność, analitycznie trudna, jest ułatwiona dzięki komputeryzacji obliczeń. Zaletą transformacji Laplace'a jest również możliwość formalnie jednolitego przedstawienia modelu matematycznego systemu hydraulicznego, za pomocą transmitancji, z wykorzystaniem do tego celu teorii czwórników. Wymieniona metoda dotyczy analizy uderzeń hydraulicznych w warunkach ogólnych; nadaje się również do korekcji procesów przejściowych podczas uderzeń hydraulicznych (np. w systemach wodociągowych), poprzez dobór odpowiednich urządzeń korekcyjnych.

6. W badaniach układów regulacji automatycznej najpowszechniejsze są metody liniowe. Jednakże rzeczywiste układy regulacji są w mniejszym lub większym stopniu nieliniowe. Badania nieliniowych układów regulacji metodami ściśle matematycznymi są na ogół pracochłonne, przy czym dotyczą najczęściej tylko niektórych klas układów. Najczęściej do badania nieliniowych układów regulacji stosuje się metody przybliżone, przede wszystkim metody symulacji analogowej i cyfrowej oraz metodę I-harmonicznej. Dokładność tych metod jest na ogół wystarczająca. Istnieją jednak takie układy nieliniowe, również w praktyce technicznej, w odniesieniu do których wymienione metody przybliżone nie są wystarczająco dokładne. Są to m. in. następujące dwie klasy układów:

- klasa 1: układy zawierające histerezę i część liniową z astatyzmem rzędu 1,
- klasa 2: układy zawierające strefę nieczułości i część liniową z astatyzmem rzędu 2.

Dla wymienionych wyżej dwóch klas układów nieliniowych, z narzuconymi dodatkowymi warunkami, opracowano ściśle kryterium stabilności lokalnej (ze względu na małe odchylenia od stanu ustalonego), oparte na badaniu odpowiedzi skokowej, tzw. ekwiwalentnego układu liniowego. Kryterium to pozwala wyznaczyć granice obszaru stabilności wymienionych układów; może być również pomocne przy ocenie i poprawie błędów metod przybliżonych [I.39, 40, 41, 43, III.9, 10].

3. Doskonalenie elementów układów regulacji automatycznej turbozespołów oraz metod badań eksperymentalnych

3.1. Doskonalenie elementów regulacji

1. W hydraulicznych układach regulacji automatycznej turbozespołów elektroenergetycznych występują względnie długie rurociągi między pompą zasilającą a wzmacniaczami hydraulicznymi dużej mocy (napędzającymi parowe zawory regulacyjne). Powoduje to często niekorzystne przebiegi procesów przejściowych w układzie regulacji (drżania, niestabilność) – obserwowane w elektrowniach. Opracowano model matematyczny układu zasilającego, składającego się z pompy, długiego rurociągu i wzmacniacza hydraulicznego [I.21]. Wyniki wstępnych badań teoretycznych potwierdziły możliwość występowania silnych oddziaływań dynamicznych układu zasilającego na sygnały sterujące wzmacniacza hydraulicznego. Pozwoliły również sformułować zalecenia prowadzące do zmniejszenia tych niekorzystnych oddziaływań, do udoskonalenia układu zasilającego.

Wyniki tych badań zostały z powodzeniem wykorzystane w ekspertyzach dotyczących przyczyn nieprawidłowości (drgań) w serwowatorach turbozespołów o mocy 200 i 215 MW [II.27, 32, 34].

2. Wykonano badania zmierzające do doskonalenia zestawu suwak – tuleja, wchodzącego w skład podstawowych elementów hydraulicznych układów regulacji automatycznej turbozespołów. W suwakach często wykonuje się stożki centrujące, których celem jest zmniejszanie tarcia i zapobieganie przyklejaniu się suwaka do tulei. Mimo to, w praktyce występuje często nadmierne tarcie w zestawie suwak – tuleja. Badania laboratoryjne i analiza teoretyczna pozwoliły stwierdzić, że dzieje się tak wtedy, gdy tuleja ma wadę kształtu liniowego. Wówczas obecność stożków centrujących powoduje, wbrew zamierzeniu, zwiększenie tarcia [I.22, 23]. Sformułowano zalecenia dotyczące technologii wykonywania tulei oraz środków zaradczych w przypadku występowania nadmiernego tarcia w zestawie suwak – tuleja.

3. Do pomiaru prędkości kątowej turbozespołów w krajowym systemie elektroenergetycznym w dalszym ciągu służą mierniki mechanohydrauliczne. Jednakże zgodnie z tendencjami rozwoju i wymaganiami odnoszącymi się do układu regulacji prędkości kątowej turbozespołu, sygnał wyjściowy miernika prędkości kątowej powinien być typu elektrycznego. W tym celu opracowano koncepcyjnie, wykonano dokumentację i model techniczny magnetoelektrycznego miernika prędkości kątowej [I.32, II.36, 42, 44]. Miernik ten składa się z tarczy tachometrycznej z magnesami trwałymi, osadzonej na wale wirnika turbozes-

połu, czujnika magnetoelektrycznego i przetwornika elektronicznego. Pomiaru prędkości kątowej dokonuje się w dwóch torach pomiarowych:

- tor główny, pomiar w zakresie $0 \div 3500$ obr/min,
- tor odchyłki, pomiar odchyłki od 3000 obr/min

w dwóch podzakresach: $\pm 2\%$, $\pm 14\%$.

Najważniejsze parametry miernika przedstawia tabela 1. Sygnał wyjściowy miernika służy zarówno do pomiaru jak i do rejestracji prędkości kątowej.

Model techniczny (prototyp) wymienionego miernika prędkości kątowej turbozespołu pracuje w elektrowni Kozienice od 1977 r. Został wypróbowany m. in. podczas rozruchu turbozespołu o mocy 215 MW. Po wykonaniu badań przez użytkownika, w tym porównawczych z innymi, elektrownia Kozienice oceniła go korzystnie, w związku z czym w 1978 r. zamówiła w IMP PAN 10 egzemplarzy.

3.2. Nowe metody i urządzenia badawcze

1. Do badań eksperymentalnych, zwłaszcza dotyczących identyfikacji oraz diagnostyki elementów i układów hydraulicznych (m. in. zawierających hydrauliczne linie długie) jest potrzebne urządzenie do pomiaru współczynnika ściśliwości cieczy. Wartość współczynnika ściśliwości oleju regulacyjnego zależy od zawartości powietrza w oleju – zmienia się w szerokich granicach. Od wartości współczynnika ściśliwości oleju regulacyjnego zależą w sposób istotny charakterystyki dynamiczne hydraulicznego układu regulacji.

Opracowano koncepcyjnie, wykonano dokumentację techniczną i prototyp takiego urządzenia. Umożliwia ono pobieranie próbek oleju i pomiar współczynnika ściśliwości podczas pracy układu hydraulicznego, bez wprowadzania zakłóceń. Urządzenie zostało wypróbowane w laboratorium, próby wypadły zadowalająco. Maksymalne dopuszczalne ciśnienie badanej cieczy wynosi 10 MPa, maksymalny błąd pomiaru $\pm 5\%$.

2. Opracowano koncepcyjnie, wykonano dokumentację techniczną oraz prototyp generatora ciśnienia hydraulicznego o przebiegu sinusoidalnym [I.24]. To urządzenie umożliwia m. in. badanie charakterystyk dynamicznych hydraulicznych elementów i układów regulacji metodami częstotliwościowymi. Za jego pomocą można np. symulować zmiany ciśnienia w układzie zasilającym, co pozwala badać wrażliwość wzmacniaczy i innych elementów hydraulicznych na zakłócenia w układzie zasilającym. Omawiany generator ciśnienia sinusoidalnego był m. in. wykorzystywany do badań serii serwomechanizmów elektrohydraulicznych. Maksymalna częstotliwość oscylacji ciśnienia wynosi 30 Hz, maksymalne ciśnienie generowane wynosi 2,5 MPa.

4. Współpraca z przemysłem

4.1. Prace koncepcyjne

1. W ramach problemu węzłowego 04.2 opracowano koncepcję i model matematyczny elektrohydraulicznego układu regulacji prędkości kątowej i mocy turbozespołu dużej mocy [II.21], na tle sformułowanych ogólnych wymagań, odnoszących się do zadań i cha-

rakterystyk układów regulacji turboszespołów dużej mocy (problem węzłowy 04.2). Konceptja układu regulacji turboszespołu przewiduje powiązanie i współdziałanie z innymi układami regulacji bloku i systemu elektroenergetycznego. Umożliwia pracę turboszespołu w dużym systemie elektroenergetycznym i na własny system wydzielony, automatyczny rozruch i regulację prędkości kątowej i mocy turboszespołu.

Wykonano badania modelowe wymienionej wyżej koncepcji układu regulacji automatycznej turboszespołu [II.22]. Ich celem było porównanie sprzężenia zwrotnego od

- mocy turboszespołu,

- położenia zaworów regulacyjnych turbiny,

ze względu na – po pierwsze – maksymalne przesterowanie prędkości kątowej po nagłym całkowitym ociążeniu turboszespołu, oraz – po drugie – maksymalny czas otwarcia lub zamknięcia zaworów regulacyjnych turbiny, poprzez bezpośrednie oddziaływanie operatora na układ regulacji położenia zaworów.

2. Opracowano koncepcję automatu do sterowania rozruchem turboszespołu, z punktu widzenia nadzoru nad przebiegiem naprężeń termicznych w turboszespołe (problem węzłowy 04.2) [II.14, 23]. Przedstawiono propozycje dotyczące struktury automatu, jego oprogramowania i oprzyrządowania. Oparto się na sformułowanych warunkach automatyzacji rozruchu i odstawiania turboszespołów elektroenergetycznych oraz założeniach co do funkcji automatu. We wstępnym etapie tych prac wykonano analizę regulacji turboszespołu podczas rozruchu, obciążania i normalnej eksploatacji, z punktu widzenia zmiennych naprężeń termicznych w elementach turbiny [II.20] oraz opracowano algorytm regulacji prędkości kątowej i mocy turboszespołu [II.16].

3. Opracowano koncepcję układu regulacji mocy turboszespołu 360 MW z zastosowaniem nastawnika wartości zadanej turbiny w roli przetwornika elektrohydraulicznego (w ramach planu C2).

Turbiny 18K360, o mocy 360 MW, produkowane na podstawie licencji firmy BBC ze Szwajcarii przez Zakłady Mechaniczne im. gen. K. Świerczewskiego ZAMECH w Elblągu, są fabrycznie wyposażone w nastawnik wartości zadanej (prędkości kątowej, mocy czynnej turboszespołu). W dotychczasowym zastosowaniu jego przeznaczeniem jest:

- zadawanie prędkości kątowej podczas rozruchu turboszespołu (i ewentualnie podczas pracy na własny system wydzielony),

- zadawanie mocy turboszespołu podczas jego współpracy z systemem elektroenergetycznym.

Na podstawie analizy dokumentacji technicznej, badań laboratoryjnych i na stacji prób nastawnika wartości zadanej oraz badań modelowych układu regulacji mocy turboszespołu 360 MW, zalecono zastosowanie nastawnika wartości zadanej do automatycznej regulacji mocy turboszespołu. Umożliwia to

- automatyczne sterowanie obciążenia turboszespołu podczas rozruchu,

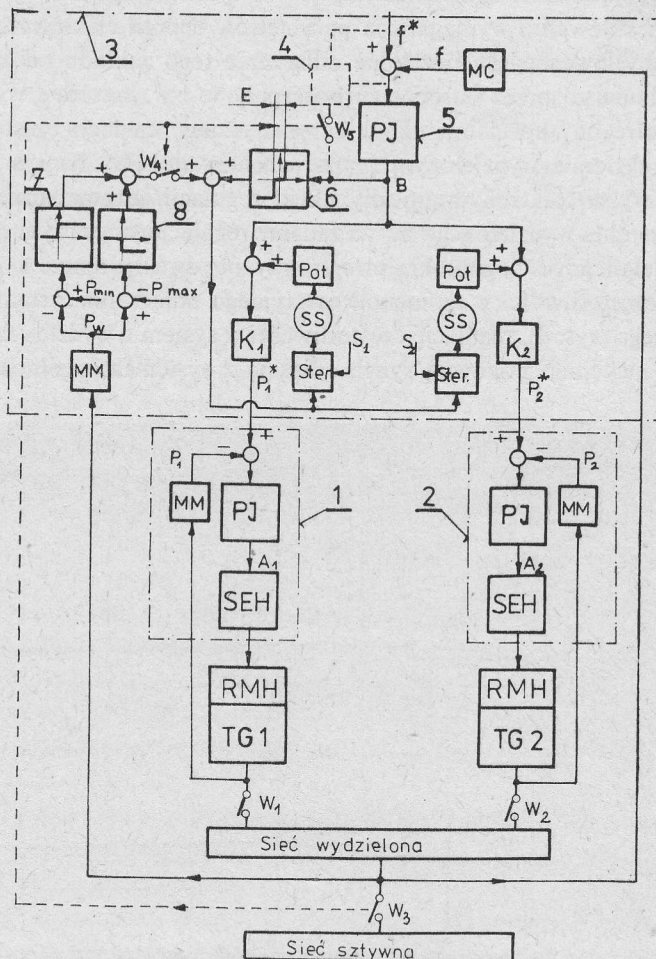
- automatyczną regulację mocy turboszespołu podczas jego współpracy z systemem elektroenergetycznym,

- udział turboszespołu w automatycznej regulacji wtórnej częstotliwości i mocy wymiany systemu elektroenergetycznego (w regulacji pierwotnej częstotliwości systemu elektroenergetycznego turboszespoł uczestniczy za pośrednictwem regulatora mechanicznego turbiny).

Zaletą omawianej koncepcji jest również tzw. pamięć mechaniczna; np. przy zaniku zasilania silnika elektrycznego nastawnika wartości zadanej turbiny, moc turbozespołu nie zmienia się — dalsze sterowanie mocy można wykonywać ręcznie [II.6, 25].

4.2. Modele techniczne i prototypy nowych urządzeń

1. Opracowano teoretycznie i koncepcyjnie, a przy współpracy Instytutu Automatyki Systemów Energetycznych Oddział w Gdańsku zaprojektowano, zbadano i wdrożono elektrohydrauliczny układ automatycznej regulacji częstotliwości i mocy czynnej elektroenergetycznego systemu wydzielonego (tzw. sieci wydzielonej) [I.18, 19, II.70 - 82, IV.1].



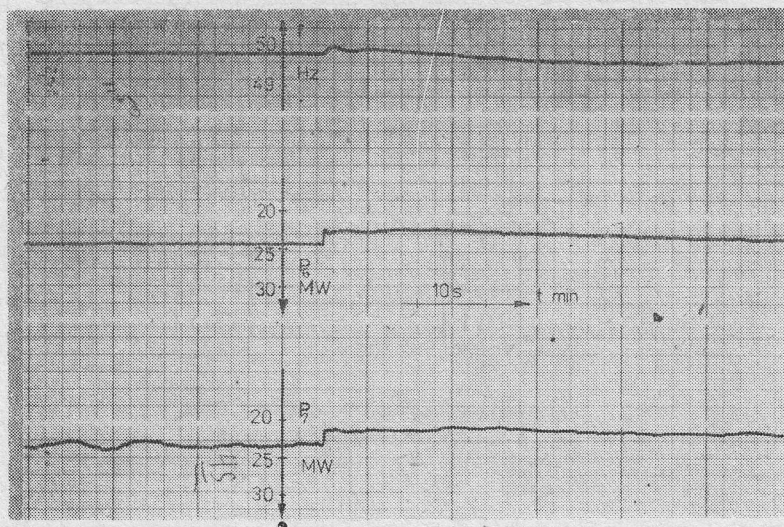
Rys. 3. Schemat blokowy układu automatycznej regulacji częstotliwości i mocy systemu wydzielonego

MM — miernik mocy czynnej, MC — miernik częstotliwości, SEH — serwo mechanizm elektrohydrauliczny, RMH — regulator mechohydrauliczny prędkości kątowej i ciśnienia pary w upuście, PJ — człon proporcjonalno-całkujący, Pot — potencjometr, Ster — sterownik silnika skokowego, SS — silnik skokowy, TG1, TG2 — turbozespoły, W — wyłącznik, P_1 , P_2 — moc czynna turbozespołów, f — częstotliwość, P_w — moc czynna przekazywana do sieci sztywnej (moc wymiany), P_{min} — minimalna moc wymiany, P_{max} — maksymalna moc wymiany, 1, 2 — regulatory mocy czynnej turbozespołów, 3 — regulator częstotliwości sieci wydzielonej i mocy czynnej wymiany, K_1 , K_2 — współczynniki proporcjonalności $K_1 + K_2 = 1$, S_1 , S_2 — sterowanie przez operatora

Wymieniony układ regulacji systemu wydzielonego służy do regulacji mocy czynnej turbozespołów, gdy system wydzielony współpracuje z systemem ogólnokrajowym, a do regulacji częstotliwości, gdy jest niezbędne odłączenie systemu wydzielonego od ogólnokrajowego. Prace rozpoczęto w maju 1974, a zakończono w marcu 1980; wykonano je w ramach planu C2.

Zakłady przemysłu włókienniczego, papierniczego oraz inne wymagają ze względów technologicznych pewności w zasilaniu energią elektryczną i parą wodną, przy tym energią elektryczną o odpowiednim napięciu i częstotliwości prądu. W normalnych warunkach wymagania te są najlepiej spełniane, gdy energia elektryczna jest dostarczana z ogólnokrajowego systemu elektroenergetycznego. Jednak podczas np. zaburzeń atmosferycznych oraz awarii występują lokalne zakłócenia napięcia w systemie ogólnokrajowym. Wówczas jednak dla zagwarantowania wymaganych parametrów energii elektrycznej, dostarczanej do zakładu przemysłowego, jest niezbędne odłączenie tego zakładu od systemu ogólnokrajowego i zasilanie go przez odrębne turbozespoły w tzw. systemie wydzielonym. Do tego celu jest potrzebny specjalny układ automatycznej regulacji częstotliwości prądu elektrycznego w systemie wydzielonym (patrz schemat blokowy na rys. 3).

Wymieniony wyżej elektrohydrauliczny układ regulacji automatycznej częstotliwości i mocy czynnej systemu wydzielonego ma za zadanie regulację mocy czynnej przekazywanej z systemu wydzielonego do ogólnokrajowego, gdy obydwa systemy są połączone, opóźnianie zwwyżki częstotliwości w momencie awaryjnego odłączania systemu wydzielonego od ogólnokrajowego (rys. 4), regulację częstotliwości w systemie wydzielonym z wymaganą dokładnością, a następnie ponowną synchronizację z systemem ogólnokrajowym.



Rys. 4. Odłączenie systemu wydzielonego od systemu ogólnokrajowego, przy mocy wymiany $P_w = 3,3$ MW (5,5%) i nastawach regulatora częstotliwości $K_{RC} = 25$, $T_{RC} = 2s$; A – moment odłączenia

Pracę wykonano na zlecenie Zakładów Energetycznych Okręgu Zachodniego i wdrożono w elektrociepłowni Gorzów na potrzeby Zakładów Włókien Chemicznych „Chemitex-Stilon”. Od 31 marca 1980 r. wdrożony układ regulacji systemu wydzielonego pra-

kuje w normalnej eksploatacji i spełnia całkowicie stawiane mu wymagania. Przykładowo, regulacja częstotliwości w systemie wydzielonym odbywa się z dokładnością większą niż 0,1 Hz, bez uchybu statycznego, turbozespoły zasilające system wydzielony współpracują statecznie, synchronizacja z systemem ogólnokrajowym odbywa się płynnie.

2. W ramach problemu węzłowego 04.2 wykonano serwomechanizm elektrohydrauliczny, służący do przetwarzania elektrycznego sygnału sterującego w sygnał hydrauliczny, dla układu regulacji automatycznej turbozespołu dużej mocy. Wejściowy sygnał sterujący pochodzi z elektronicznego regulatora prędkości kątowej i mocy turbozespołu, wyjściowy sygnał hydrauliczny oddziałuje w torze sygnału sterującego wzmacniaczami hydraulicznymi, napędzającymi parowe zawory regulacyjne turbiny [II.9 - 13, 15, 17, 18, 33, 35, 37, 39, 40, 46, 47, 49].

W serwomechanizmie elektrohydraulicznym występują dwa zasadnicze zespoły: 1) przetwornik elektromechaniczny, 2) przetwornik mechanohydrauliczny. Całość została wykonana we własnym zakresie, od koncepcji poprzez analizy teoretyczne, badania modelowe i laboratoryjne, do dokumentacji technicznej i modelu technicznego serwomechanizmu elektrohydraulicznego. Model techniczny ma zwartą budowę typu wyrobu przemysłowego, nadaje się do zainstalowania w układzie regulacji automatycznej turbozespołu w elektrowni. Po badaniach w laboratorium IMP PAN przewiduje się próby w elektrowni, w układzie regulacji automatycznej jednego z nowych turbozespołów o mocy 360 MW.

Podstawowe parametry techniczne serwomechanizmu elektrohydraulicznego są następujące:

- sygnał wejściowy: $0 \div 20$ mA,
- ciśnienie impulsyjne (sygnał wyjściowy): $0,1 \div 0,5$ MPa,
- ciśnienie zasilające: 2 MPa,
- stała czasowa: mniejsza niż 0,1 s.

4.3. Ekspertyzy

1. W latach 1977 - 1980 wykonywano prace dotyczące modernizacji olejowo-wodnego układu regulacji automatycznej turbodmuchaw wielkopieczowych w Kombinacie Metalurgicznym Huta Katowice w Dąbrowie Górniczej. Zakończono modernizację części olejowej układu regulacji w dwóch turbodmuchawach. W jej wyniku osiągnięto korzystniejsze charakterystyki statyczne i dynamiczne układu regulacji oraz wzrost niezawodności działania [I.44, II.51 - 66, 68].

W części wodnej układu regulacji wykonano dotychczas identyfikację elementów, analizę statyczną i dynamiczną wybranych węzłów. Prace są kontynuowane.

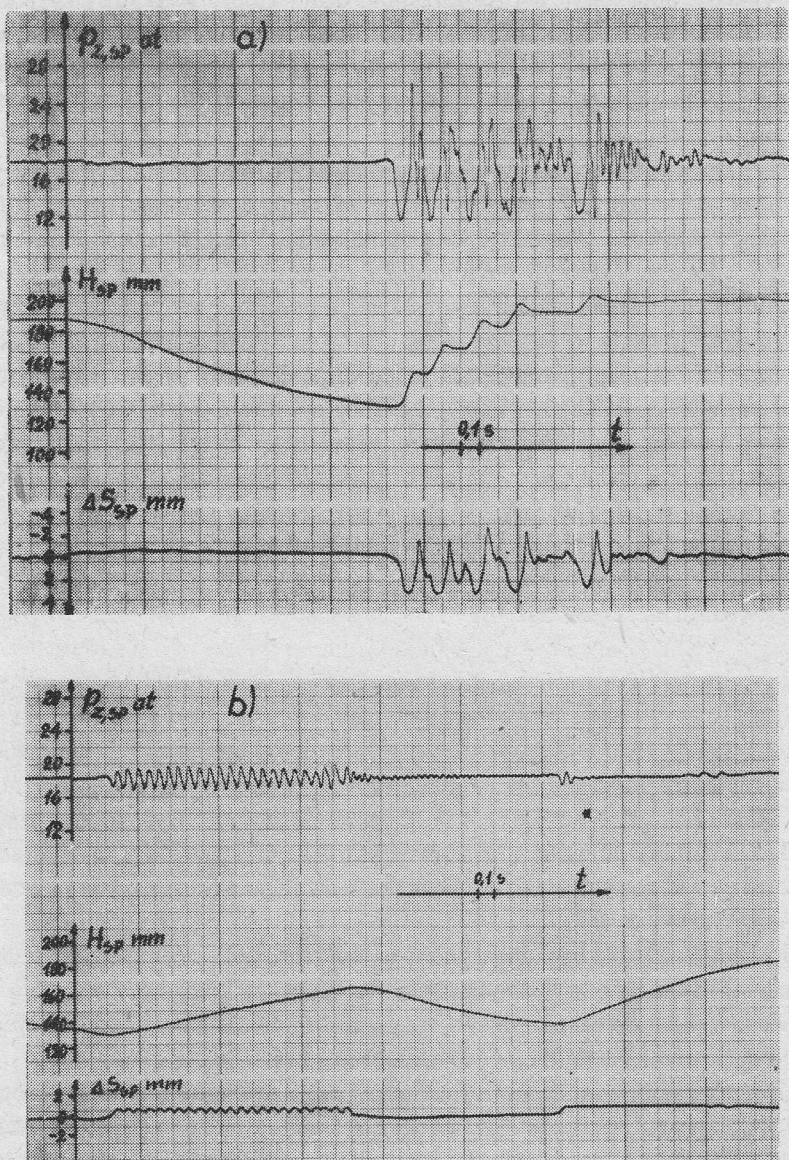
2. W 1979 r. wykonano ekspertyzę po awarii turbodmuchawy wielkopieczowej w Kombinacie Metalurgicznym Huta Katowice w Dąbrowie Górniczej [II.67].

3. W 1976 r. w ramach modernizacji układów regulacji automatycznej turbozespołów pracujących w krajowym systemie elektroenergetycznym włączono do eksploatacji 3 serwomechanizmy elektrohydrauliczne w elektrowni Pątnów (Zespół Elektrowni Pątnów-Adamów-Konin), w turbozespołach o mocy 200 MW [II.8].

4. W latach 1976 ÷ 1980 wykonano badania sprawdzające charakterystyk statycznych i dynamicznych 24 serwomechanizmów elektrohydraulicznych, przed włączeniem ich do

eksploatacji w kilku dużych elektrowniach krajowych, w układach regulacji automatycznej turbozespołów o mocy 50, 200, 215 MW [II.83 - 86], na zamówienie Centrum Naukowo-Produkcyjnego Automatyki Energetycznej (Zakład Produkcji Urządzeń Automatyki) we Wrocławiu.

5. W 1976 r. wykonano weryfikację projektu technicznego układu rurociągów łączących serwomechanizmy elektrohydrauliczne z turbozespołami TC32 oraz TC30/5 w elek-



Rys. 5. Przebiegi ciśnienia oleju zasilającego, położenia serwomotoru SP oraz jego suwaka sterującego po szybkiej zmianie położenia suwaka synchronizatora $\pm 0,2$ mm, przy ograniczeniu położenia suwaka serwomotoru WP wynoszącym 0,56 mm oraz suwaka serwomotoru SP wynoszącym 3,9 mm (a) i 0,62 mm (b)

trociepłowni Gorzów, na zamówienie Biura Studiów i Projektów Energetycznych „ENERGOPOMIAR” w Gliwicach [II.1, 2].

6. W 1977 r. opracowano koncepcję stacji badań (układów regulacji turbozespołów) w Instytucie Maszyn Energetycznych w Elblągu, na zamówienie Politechniki Gdańskiej [II.69].

7. W latach 1977÷1980 wykonano analizę teoretyczną i modelową układów regulacji turbozespołów o mocy 200 i 215 MW, z punktu widzenia występujących nieprawidłowości [II.19, 27, 32]. Na tej podstawie usprawniono działanie serwowatora w układzie regulacji turbozespołu TG4 (200 MW) w elektrowni Pątnów [II. 34]. Wykonano tylko część zamierzonych prac w elektrowniach z powodu trudnej sytuacji w systemie elektroenergetycznym.

8. W 1979 r. włączono do eksploatacji regulator elektrohydrauliczny turbozespołu TG6 w elektrowni Rybnik [II.45].

9. W 1979 r. wykonano ekspertyzę sytuacji awaryjnej turbozespołu TG7 w elektrowni Pątnów (rys. 5). Ustalono przyczyny niestabilnej pracy i usunięto nieprawidłowości w działaniu układu regulacji turbozespołu [II.87].

5. Informacje organizacyjne

5.1. W grudniu 1980 r. Zakład zatrudniał 15 osób, w tym 1 docenta, 2 adiunktów, 2 st. asystentów, 2 asystentów i 5 pracowników koncepcyjnych inżynieryjno-technicznych. Poczynając od 1 stycznia 1978 r. powołano dwa zespoły badawcze:

- badań analitycznych i modelowych elektrohydraulicznych układów regulacji automatycznej turbozespołów,
- badań układów regulacji automatycznej turbodmuchaw wielkopiecowych.

Pracownicy Zakładu podnosili swe kwalifikacje m. in. na kursach specjalistycznych oraz konferencjach szkoleniowych, podczas seminariów i konferencji naukowych, krajowych i zagranicznych oraz krótkotrwałych pobytów w zagranicznych ośrodkach badawczych (w Centralnym Instytucie Kotłowo-Turbinowym w Leningradzie, w Zakładach Škoda w Pilźnie, w Laboratorium Automatyki i Analizy Systemów w Tuluzie, w Zakładach Jugoturbina w Karlovacu). W 1979 r. jeden pracownik Zakładu odbył 5-miesięczny staż naukowy w Electricité de France w Paryżu. Znaczną wartość kształcącą miały również kontakty i współpraca z innymi instytutami, biurami projektów, przedsiębiorstwami gospodarczymi i elektrowniami.

We wrześniu 1978 r. Zakład zorganizował ogólnopolskie seminarium naukowe n.t. „Zagadnienia sterowania i regulacji maszyn przepływowych” [I.15, 21, 30, 32, 33, 39, 45]. Celem seminarium był przegląd i ocena wykonanych prac w ramach problemu międzyresortowego I.26 (Podstawy projektowania maszyn i urządzeń energetycznych) oraz dyskusja na temat kierunku ich dalszego rozwoju, zmian i uzupełnień w programie dalszych zamierzeń. W seminarium uczestniczyło 40 osób, przedstawicieli 10 instytucji krajowych.

W listopadzie 1980 r. Zakład był współorganizatorem konferencji naukowej n.t. „Problemy rozwoju i projektowania maszyn i urządzeń energetycznych”, podsumowującej prace wykonane w problemie międzyresortowym I.26 w latach 1976÷1980 [I.4, 5, 8, 17, 31, 38, 43].

Ponadto, pracownicy Zakładu wygłosili referaty na następujących konferencjach naukowych, krajowych i zagranicznych:

1. 8^e Congrès International de Cybernétique, Namur, 1976 [I.9].
2. VII Krajowa Konferencja Automatyki, Rzeszów 1976 [I.35].
3. Wissenschaftliche Konferenz für Energiewirtschaft, Zittau, 1976.
4. XXII Jugoslawenski Seminar i Izložba za Regulaciju, Mjerenje i Automaciju, „JUREMA 77”, Zagreb, 1977 [I.25].
5. IV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna n.t. „Technologia przepływowych maszyn wirnikowych”, Rzeszów, 1978 [I.22].
6. Konferencja n.t.: Technika kierowania dużymi blokami energetycznymi – BLOEN 1978”, Wrocław, 1978 [I.13, 26].
7. 16th MEDA Seminar – Analog and Hybrid Computers, Praha, 1979 [I.1].
8. II Sympozjum n.t. „Problemy optymalizacji w energetyce”, Gdańsk, 1979 [I.18].
9. IX Sympozjum n.t. „Metody matematyczne w elektrotechnice”, Opole, 1980 [I.3].
10. Konferencja n.t. „Analogowe i hybrydowe metody symulacji układów dynamicznych”, Jabłonna, 1980.
11. VIII Krajowa Konferencja Automatyki, Szczecin, 1980 [I.16].
12. Konferencja Naukowo-Techniczna n.t. „Problemy rozwoju hydraulicznych maszyn wirowych ze szczególnym uwzględnieniem potrzeb energetyki – HYDROFORUM 80”, Porąbka-Kozubnik, 1980 [I.20].
13. Sympozjum Naukowe n.t.: „Współczesne kierunki rozwoju metrologii – METROLOGIA 80”, Warszawa, 1980 [I.24].

5.2. Zaplecze badawcze Zakładu stanowią:

- stacja badań elektrohydraulicznych układów regulacji automatycznej turbozespołów,
- zestaw komputerów analogowych i hybrydowych,
- komputer cyfrowy R32 z językiem symulacyjnym CSMP,
- aparatura pomiarowa i rejestracyjna.

Na ukończeniu jest łącze elektroniczne pomiędzy stacją badań a zestawem komputerów analogowych i hybrydowych. Pozwoli ono badać elektrohydrauliczne elementy regulacji powiązane z elektronicznym modelem całego układu regulacji automatycznej.

5.3. W najbliższych latach Zakład zamierza utrzymywać dotychczasowe zainteresowanie koncepcją, analizą, badaniami modelowymi i doświadczalnymi oraz doskonaleniem układów i elementów regulacji automatycznej i pomiarów turbozespołów. W szczególności uwaga skupia się na następujących zagadnieniach:

- diagnostyka (wykrywanie i przewidywanie zakłóceń w działaniu) układów regulacji automatycznej turbozespołów elektroenergetycznych,
- topologiczne metody analizy i syntezy mechano-hydrauliczno-elektrycznych układów regulacji automatycznej,
- doskonalenie hydraulicznych elementów i układów regulacji automatycznej turbozespołów,

– metody nieliniowe obliczeń i projektowania układów regulacji automatycznej turbozespołów,

– algorytmy optymalizacji uruchamiania, obciążania i odstawiania turbozespołów.

Zakład zamierza utrzymywać i rozszerzać dotychczasową współpracę z przemysłem i energetyką. Jest przewidziane nawiązanie ściślejszej współpracy z Zakładami Mechanicznymi im. gen. K. Świerczewskiego (ZAMECH) w Elblągu, w dziedzinie regulacji turbozespołów elektroenergetycznych i ciepłowniczych, oraz podjęcie prac, wspólnie z Instytutem Automatyki Systemów Energetycznych Oddział Gdańsk, nad wybranymi węzłami układów regulacji automatycznej turbozespołów wodnych.

I. Wykaz publikacji

- [1] Bugała G., *Modelowanie i uprządkowanie napięć dla asynchronnych dwigateli*. Mat. Konferencji Analog and Hybrid Computers, 16th. MEDA Seminar, Praha 1979.
- [2] Bugała G., *Metoda automatycznej optymalizacji parametrycznej w badaniach modelowych układów regulacji na komputerze hybrydowym*. Zesz. Nauk. IMP PAN, nr 96/994/80.
- [3] Bugała G., *Metoda wyznaczania napięć sterujących dla silników asynchronicznych*. Zesz. Nauk. WSJ w Opolu, nr 71, seria Elektryka, z. 14, 1980 (Mat. IX sympozjum Metody Matematyczne w Elektrotechnice, Opole 1980).
- [4] Bugała G., *Badania symulacyjne układów regulacji turbozespołów elektroenergetycznych*. Zesz. Nauk. IMP PAN, nr 114/1022/81 (Mat. konferencji: Problemy Rozwoju i Projektowania Maszyn Energetycznych).
- [5] Ciszewski P., *Analiza teoretyczna właściwości statycznych liniowego przetwornika mechatronicznego*. Zesz. Nauk. IMP PAN, nr 114/1022/81.
- [6] Dawid-Barańska A., *Metoda optymalizacji energetycznej obwodu magnetycznego przetwornika elektromechanicznego*. Zesz. Nauk. IMP PAN, nr 102/1000/80.
- [7] Dawid-Barańska A., *Algorytm obliczania obwodu magnetycznego przetwornika elektromechanicznego*. Przegląd Elektrotechniczny nr 11-12, 1982.
- [8] Dawid-Barańska A., *Optymalizacja energetyczna obwodu magnetycznego przetwornika elektromechanicznego*. Zesz. Nauk. IMP PAN, nr 114/1022/81 (Mat. konferencji: Problemy Rozwoju i Projektowania Maszyn Energetycznych, Gdańsk 1980).
- [9] Domachowski Z., *Etude d'optimisation de la chaîne de commande de turboalternateur faisant partie d'un grand système de puissance*. Mat. konferencji: 8^e Congrès International de Cybernétique, Namur 1976.
- [10] Domachowski Z., *O wpływie zmian napięcia na regulację prędkości kątowną turbozespołów*, Przegląd Elektrotechniczny, 1976 nr 6.
- [11] Domachowski Z., *Zastosowanie komputerów w regulacji automatycznej bloku kotł-turbina oraz systemu elektroenergetycznego*. Biuletyn IMP PAN, nr 161/856/1976.
- [12] Domachowski Z., *Analiza różnych koncepcji pomiaru prędkości kątownej w układzie regulacji pierwotnej turbozespołu elektroenergetycznego*. Arch. Energetyki 1977, nr 4.
- [13] Domachowski Z., *Zagadnienia diagnostyczne w układach regulacji turbozespołów dużej mocy*. Prace Instytutu Automatyki Systemów Energetycznych, nr 33, 1978.
- [14] Domachowski Z., *Rola i stan automatyki turbozespołów z punktu widzenia regulacji częstotliwości i mocy systemu elektroenergetycznego*, Energetyka 1979, nr 10.
- [15] Domachowski Z., *Przegląd problematyki diagnostycznej w układach regulacji turbozespołów dużej mocy*. Zesz. Nauk. IMP PAN, nr 90/992/80.
- [16] Domachowski Z., *Zastosowanie sygnału poślizgu do stabilizacji regulacji napięcia i częstotliwości turbozespołu elektroenergetycznego*. Prace VIII Krajowej Konferencji Automatyki, t. II, Szczecin 1980.
- [17] Domachowski Z., Bugała G., *Analiza porównawcza układów regulacji częstotliwości i mocy bloku jądrowego i konwencjonalnego*. Zesz. Nauk. IMP PAN, nr 114/1022/81.

- [18] Domachowski Z., Klimacki Z., *Elektrohydrauliczny układ regulacji mocy czynnej i częstotliwości sieci wydzielonej*. Mat. II Sympozjum: Problemy Optymalizacji w Energetyce, Gdańsk 1979.
- [19] Domachowski Z., Klimacki Z., Myszkowski W., *Opracowanie i wdrożenie elektrohydraulicznego układu automatycznej regulacji częstotliwości i mocy czynnej systemu wydzielonego*. Energetyka 1981, nr 12.
- [20] Domachowski Z., Orlikowski C., Skiba J., *Metoda operatorowa Laplace'a analizy uderzeń hydraulicznych*. Mat. konferencji naukowo-technicznej: Problemy Rozwoju Hydraulicznych Maszyn Wirowych ze Szczególnym Uwzględnieniem Potrzeb Energetyki — Hydroforum 80, Porąbka-Kozubnik 1980.
- [21] Klimacki Z., *Wpływ przewodów części hydraulicznej układu regulacji turbozespołu na jego własności dynamiczne*. Zesz. Nauk. IMP PAN, nr 90/992/80.
- [22] Klimacki Z., Myszkowski W., *Wpływ błędów kształtu na pracę zestawu tuleja i suwak z centrującymi tłokami stożkowymi*. Prace IV Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej n.t. Technologia Przepływowych Maszyn Wirnikowych, Rzeszów 1978.
- [23] Klimacki Z., Myszkowski W., *Czystość oleju warunkiem niezbędnym poprawnego działania hydraulicznych członów regulatora turbozespołu*. Energetyka 1980, nr 1.
- [24] Klimacki Z., Myszkowski W., *Generator ciśnienia o przebiegu sinusoidalnym*. Mat. sympozjum naukowego: Współczesne Kierunki Rozwoju Metrologii — Metrologia 80, Warszawa 1980.
- [25] Klimacki Z., Orlikowski C., *Teoretičeskiye i eksperymentalnyje issledowanja gidrawličeskoj sistemy regulirovanja s dlinnoj truboj*. Mat. konferencji Jurema 77, z. Teorija i primjena mjerenja i automatike, Zagreb 1977.
- [26] Kubiak J., *Warunki technologiczne rozruchu turbozespołu dużej mocy i związane z tym wymagania stawiane automatom rozruchowym*. Prace Instytutu Automatyki Systemów Energetycznych, nr 33, 1978.
- [27] Kubiak J., *Wykrywanie przyczyn zakłóceń w pracy turbozespołów wielokadłubowych*. Energetyka 1979, nr 3.
- [28] Kubiak J., *Wyważanie wirników turbozespołów w łożyskach własnych przy roboczej prędkości obrotowej*. Energetyka 1979, nr 6.
- [29] Kubiak J., *Optymalne rozruchy i zmiany obciążenia turbiny parowej o mocy 120 MW*. Energetyka 1979, nr 10.
- [30] Kubiak J., *Wykrywanie przyczyn zakłóceń w pracy turbozespołów*. Zesz. Nauk. IMP PAN, nr 90/992/80.
- [31] Kubiak J., *Identyfikacja zakłóceń i parametrów w pracy turbozespołów wielokadłubowych*. Zesz. Nauk. IMP PAN, nr 114/1022/81.
- [32] Lisaj J., *Problemy konstrukcyjne stabilnego miernika prędkości kątowej o podwyższonej dokładności i małej inercji*. Zesz. Nauk. IMP PAN, nr 90/992/80.
- [33] Myszkowski W., *Wpływ błędów kształtu na pracę zestawu tuleja i suwak z centrującymi tłokami stożkowymi w serwomechanizmie elektrohydraulicznym*. Zesz. Nauk. IMP PAN, nr 90/992/80.
- [34] Ordo B., *Zakład Regulacji Maszyn i Automatyki*. [W:] *Działalność naukowa Instytutu Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk w latach 1972 - 1975*, PWN, Warszawa—Poznań 1978.
- [35] Orlikowski C., *Zastosowanie metody liczb strukturalnych do analizy układów hydraulicznych*. Prace VII Krajowej Konferencji Automatyki, t. II, Rzeszów 1977.
- [36] Orlikowski C., *Zastosowanie metody liczb strukturalnych do analizy hydraulicznych układów regulacji*. Zesz. Nauk. IMP PAN, nr 90/992/80.
- [37] Orlikowski C., *Uogólniony algorytm do analizy i optymalizacji hydraulicznych układów sterowania z linią długą*. Prace IMP, z. 77, 1980.
- [38] Orlikowski C., *Topologiczna analiza układów mechanicznych*. Zesz. Nauk. IMP PAN, nr 114/1022/81.
- [39] Szczęsny J., *Charakterystyki dynamiczne układów nieliniowych a problem błędu metod przybliżonych*. Zesz. Nauk. IMP PAN, nr 90/992/80.
- [40] Szczęsny J., *Kryterium stabilności dwóch klas nieliniowych układów automatycznej regulacji. Część I. Układy z histerezą*, Prace IMP, z. 77, 1980.

- [41] Szczęsny J., *Kryterium stabilności dwóch klas nieliniowych układów automatycznej regulacji. Część II. Układy ze strefą nieczułości*. Prace IMP, z. 79, 1980.
- [42] Szczęsny J., *Zmęczeniowe uszkodzenie zaworu regulacyjnego turbiny parowej*. Energetyka 1980, nr 9.
- [43] Szczęsny J., *Wpływ rzędu astatyzmu części liniowej na stabilność nieliniowych układów sterowania z histerezą lub ze strefą nieczułości*. Zesz. Nauk. IMP PAN, nr 114/1022/81.
- [44] Szczęsny J., *Pierwszy etap modernizacji układu regulacyjnego turbozespołu T-30/K-7000 w EC Huty Katowice*. Biuletyn R. N. K. M. Huta Katowice.
- [45] Tymiński K., *Diagnostyka nastawnika prędkości kątowej turbozespołu o mocy 215 MW-Badania modelowe*. Zesz. Nauk. IMP PAN, nr 114/1022/81.

II. Wykaz opracowań na zlecenie

- Biura Studiów i Projektów Energetycznych ENERGOPROJEKT, Gliwice
 - [1] Cegielski A., Weryfikacja projektu technicznego BSiPE Energoprojekt Nr 5275 pt. *Rurociągi w obrębie turbozespołu TC32 i TC30/5 wyłączone z zakresu generalnej dostawy Zamechu*, nr arch. 61/76.
 - [2] Cegielski A., Weryfikacja projektu technicznego BSiPE Energoprojekt Nr 6568 pt. *Rurociągi włączenia serwomechanizmu elektrohydraulicznego do układu olejowego turbiny TC32 i TC30/5*, nr arch. 60/76.
- Gdańskich Zakładów Rafineryjnych, Gdańsk
 - [3] Cegielski A., *Badania układów zabezpieczających, wyzwalających system automatycznego wyłączenia turbozespołu 2700-TZ w elektrociepłowni Gdańskich Zakładów Rafineryjnych*, nr arch. 158/76.
- Instytutu Automatyki Systemów Energetycznych, Wrocław
 - [4] Baranowski Zb., *Analiza sposobów pomiaru prędkości kątowej w układzie regulacji turbozespołu — wybór koncepcji*, nr arch. 139/77.
 - [5] Bugała G., *Badania modelowe układu regulacji prędkości kątowej turbozespołu z punktu widzenia własności miernika prędkości*, nr arch. 218/78.
 - [6] Bugała G., *Badania modelowe nastawnika wartości zadanej turbozespołu o mocy 360 MW*, nr arch. 226/79.
 - [7] Bugała G., Kubiak J., Mioduszewski K., *Opis konstrukcji i działania oraz model matematyczny nastawnika wartości zadanej turbiny 18K360*, nr arch. 76/79.
 - [8] Burzyński M., Orlikowski C., *Sprawozdanie z badań trzech serwomechanizmów elektrohydraulicznych w elektrowni Pątnów*, nr arch. 94/76.
 - [9] Ciszewski P., *Analiza teoretyczna liniowego przetwornika mechanohydraulicznego*, nr arch. 108/79.
 - [10] Ciszewski P., *Analiza optymalizacyjna parametrów nowego serwomechanizmu elektrohydraulicznego*, nr arch. 250/79.
 - [11] Ciszewski P., *Koncepcja stoiska do badań członu wyjściowego nowego typu serwomechanizmu elektrohydraulicznego*, nr arch. 279/79.
 - [12] Ciszewski P., Kubiak J., Orlikowski C., *Model matematyczny części parowej turbiny o mocy 360 MW jako obiektu w obwodzie regulacji mocy i częstotliwości*, nr arch. 75/79.
 - [13] Ciszewski P., Orlikowski C., *Projekt przetwornika elektromechanicznego nowego serwomechanizmu elektrohydraulicznego*, nr arch. 173/80.
 - [14] Dawid-Barańska A., *Analiza wstępna zadań i zarys koncepcji automatu do sterowania rozruchem turbozespołu*, nr arch. 102/78.
 - [15] Dawid-Barańska A., *Opracowanie algorytmu projektowania przetwornika elektromechanicznego z magnesem trwałym*, nr arch. 239/78.
 - [16] Dawid-Barańska A., *Algorytm regulacji prędkości kątowej i mocy podczas rozruchu turbozespołu*, nr arch. 174/79.
 - [17] Dawid-Barańska A., Ciszewski P., *Koncepcja i projekt stanowiska do badań przetwornika elektromechanicznego oraz program badań*, nr arch. 85/80.

- [18] Dawid-Barańska A., Świdurska G., *Program do algorytmu przetwornika elektromechanicznego z magneśm trwałym, wyniki obliczeń i pomiarów sprawdzających*, nr arch. 263/79.
- [19] Domachowski Z., *Ogólna analiza przypuszczalnych przyczyn niesprawności działania układów regulacji turbozespołów o mocy 200 MW*, nr arch. 131/77.
- [20] Domachowski Z., *Analiza regulacji prędkości kątowej podczas rozruchu turbozespołu z uwzględnieniem niemiennego stanu termiczno-wytrzymałościowego*, nr arch. 179/78.
- [21] Domachowski Z., *Koncepcja i model matematyczny układu regulacji automatycznej prędkości kątowej turbozespołu*, nr arch. 221/79.
- [22] Domachowski Z., Bugała G., *Badania modelowe układu regulacji prędkości kątowej turbozespołu*, nr arch. 243/80.
- [23] Domachowski Z., Dawid-Barańska A., *Koncepcja automatu do sterowania rozruchem turbozespołu elektroenergetycznego*, nr arch. 164/80.
- [24] Domachowski Z., Klimacki Z., *Program i analiza wyników badań układu regulacji prędkości kątowej turbozespołu w elektrowni Kozienice*, nr arch. 144/77.
- [25] Domachowski Z., Klimacki Z., *Analiza dotycząca zastosowania nastawnika wartości zadanej turbiny 18K360 do automatycznej regulacji turbozespołu 360 MW*, nr arch. 276/79.
- [26] Domachowski Z., Klimacki Z., Myszkowski W., *Analiza techniczno-ruchowa układu regulacji turbozespołu 13K-215 w elektrowni Rybnik, program badań i zalecenia techniczno-ruchowe*, nr arch. 223/78.
- [27] Klimacki Z., *Ustalenie przyczyn niestabilnej pracy serwowatoru zaworów regulacyjnych turbiny o mocy 200 MW*, nr arch. 195/77.
- [28] Klimacki Z., *Instrukcja eksploatacji serwomechanizmu elektrohydraulicznego turbozespołu 50 MW*, nr arch. 66/78.
- [29] Klimacki Z., *Instrukcja eksploatacji serwomechanizmu elektrohydraulicznego turbozespołu 200 MW*, nr arch. 67/78.
- [30] Klimacki Z., *Instrukcja eksploatacji serwomechanizmu elektrohydraulicznego turbozespołu 215 MW*, nr arch. 68/78.
- [31] Klimacki Z., *Opis techniczny serwomechanizmu elektrohydraulicznego*, nr arch. 69/78.
- [32] Klimacki Z., *Wstępna analiza teoretyczna działania układu regulacji turbozespołu 215 MW z punktu widzenia dostrzeżonych nieprawidłowości*, nr arch. 232/78.
- [33] Klimacki Z., *Koncepcja konstrukcyjna serwomechanizmu elektrohydraulicznego do układu regulacji turbiny dużej mocy*, nr arch. 213/78.
- [34] Klimacki Z., Myszkowski W., *Usprawnienie działania serwowatoru zaworów regulacyjnych turbozespołu TG-4 (200 MW) w elektrowni Pątnów*, nr arch. 189/79.
- [35] Klimacki Z., Szyrszyng R., Orlikowski C., Ciszewski P., Świdurska G., *Projekt przetwornika mehanohydraulicznego*, nr arch. 245/80.
- [36] Kozłowska L., Iżycki Zb., *Pomiary kontrolne charakterystyk miernika prędkości kątowej turbozespołu*, nr arch. 134/80.
- [37] Kubiak J., *Analiza techniczno-ruchowa układu regulacji turbozespołu z punktu widzenia różnych faz ruchu*, nr arch. 157/77.
- [38] Kubiak J., *Analiza pomiarów naprężeń w turbinie przy pomocy sond temperaturowych*, nr arch. 247/78.
- [39] Kubiak J., Klimacki Z., *Model matematyczny układu regulacji prędkości kątowej i mocy czynnej turbozespołu 360 MW*, nr arch. 255/78.
- [40] Kubiak J., Orlikowski C., *Model matematyczny części parowej turbiny o mocy 360 MW, jako obiektu w obwodzie regulacji mocy i częstotliwości*, nr arch. 75/79.
- [41] Lisaj J., *Opracowanie oraz badania niezawodnościowe i klimatyczne bezstykowego czujnika przemieszczeń jako przetwornika obrotów na wielkości elektryczne*, nr arch. 218/77.
- [42] Lisaj J., *Analiza koncepcyjno-projektowa, dokumentacja oraz warunki badań kontrolnych miernika prędkości kątowej*, nr arch. 103/78.
- [43] Mioduszeński K., *Wzmacniacz z kompensacją składowej stałej*, nr arch. 272/79.
- [44] Mioduszeński K., *Miernik prędkości kątowej. Dokumentacja techniczna prototypu zainstalowanego w elektrowni Kozienice w układzie turbozespołu nr 3*, nr arch. 273/79.

- [45] Myszkowski W., *Uruchomienie regulatora mocy i częstotliwości turbozespołu Nr 6 w elektrowni Rybnik*, nr arch. 204/79.
- [46] Myszkowski W., Ciszewski P., Świdurska G., Orlikowski C., Szyszyng R., *Badania laboratoryjne przetwornika mehanohydraulicznego*, nr arch. 246/80.
- [47] Szyszyng R., *Zalecenia technologiczne dotyczące przetwornika elektromechanicznego nowego serwomechanizmu elektrohydraulicznego*, nr arch. 197/80.
- [48] Świdurska G., *Badania układu regulacji prędkości kątowej turbozespołu w elektrowni Kozienice. Atlas wyników pomiarów*, nr arch. A 117/77.
- [49] Świdurska G., *Obwód magnetyczny przetwornika elektromechanicznego – projekt wstępny oraz uwagi dotyczące technologii wykonania*, nr arch. 285/80.
- [50] Tymiński K., *Badania modelowe synchronizatora turbiny o mocy 215 MW*, nr arch. 219/77.
Kombinatu Metalurgicznego Huta Katowice, Dąbrowa Górnicza
- [51] Burzyński M., *Analiza rezultatów zmian wprowadzonych w układzie regulacji turbodmuchawy w Hucie Katowice*, nr arch. 227/77.
- [52] Burzyński M., *Dokumentacja oprzyrządowania do badań zaworu przelewowego regulacji turbodmuchaw Huty Katowice*, nr arch. A 122/78.
- [53] Burzyński M., *Metoda pomiaru stanów przejściowych. Dokumentacja podłączenia tachoprądnicy do wału pompy*, nr arch. A 63/80.
- [54] Burzyński M., Cegielski A., *Analiza, badania wstępne i propozycje zmian układu regulacji turbodmuchaw typu K-700-41 firmy NZL zainstalowanych w elektrociepłowni Kombinatu Metalurgicznego Huta Katowice*, nr arch. 89/77.
- [55] Burzyński M., Cegielski A., Drożyński Zb., *Badania obwodu regulacji prędkości obrotowej turbodmuchaw TD1 i TD2 w elektrociepłowni Kombinatu Metalurgicznego Huta Katowice*, nr arch. 221/77.
- [56] Burzyński M., Jędrzejczyk P., *Pomiary elementów układu regulacyjnego turbozespołu T-30/K-7000 w EC Huty Katowice*, nr arch. A 13/80.
- [57] Burzyński M., Szczesny J., *Badania laboratoryjne zaworu przelewowego turbodmuchawy TD-I Huty Katowice*, nr arch. A-13/79.
- [58] Jędrzejczyk P., *Charakterystyki statyczne i dynamiczne serwomotoru zaworów regulacyjnych turbozespołów T-30/K-700 w EC Huty Katowice*, nr arch. A 16/80.
- [59] Szczesny J., *Program badań w laboratorium IMP PAN zaworu przelewowego układu turbodmuchaw Huty Katowice*, nr arch. A 107/78.
- [60] Piotrowska M., *Metoda i schemat obliczeń numerycznych układu regulacyjnego turbozespołu T-30/K-700*, nr arch. A 53/80.
- [61] Szczesny J., *Założenia projektowe zaworu przelewowo-regulacyjnego dla turbokompresora TD-3 w Hucie Katowice*, nr arch. A 45/79 i A 70/79.
- [62] Szczesny J., *Przegląd i wstępne pomiary układu regulacyjnego turbiny TD-2 przy rozprężniętych wirnikach*, nr arch. A 109/79.
- [63] Szczesny J., *Charakterystyki statyczne i dynamiczne układu regulacji turbokompresora wielkopiecowego w EC Huty Katowice*, nr arch. A6/80.
- [64] Szczesny J., *Zawór regulacyjny turbozespołu T-30/K-700 w EC Huty Katowice*, nr arch. A 15/80.
- [65] Szczesny J., *Analiza regulatora skraplacza turbozespołu T-30/K-700 w EC Huty Katowice*, nr arch. A 46/80.
- [66] Szczesny J., Burzyński M., *Charakterystyki zmodyfikowanego układu regulacyjnego turbokompresora wielkopiecowego TD-I zainstalowanego w elektrociepłowni Huty Katowice*, nr arch. 138/79.
- [67] Szczesny J., Burzyński M., *Ekspertyza turbosprężarki K-3000-61-1 (Nr SH-I) zainstalowanej w EC Huty Katowice*, nr arch. 184/79.
- [68] Szczesny J., Burzyński M., *Pierwszy etap modernizacji układu regulacyjnego wielkopiecowych turbozespołów sprężarkowych T-30/K-700 w EC Huty Katowice*, nr arch. 26/80.
– Politechniki Gdańskiej, Gdańsk
- [69] Domachowski Z., *Koncepcja stacji badań regulacji turbin parowych w Instytucie Maszyn Energetycznych w Elblągu*, nr arch. 32/77.
– Zakładu Energetycznego Gorzów, Gorzów

- [70] Baranowski Zb., *Analiza koncepcyjno-projektowa i opracowanie programu badań laboratoryjnych regulatora elektrohydraulicznego dla sieci wydzielonej w elektrociepłowni Gorzów II*, nr arch. 216/77.
- [71] Burzyński M., Cegielski A., *Oprządkowanie oraz program badań układu regulacyjnego turbiny TC30/5 dla wdrożenia regulatora elektrohydraulicznego w elektrociepłowni Gorzów II*, nr arch. 167/76.
- [72] Burzyński M., Domachowski Z., Klimacki Z., *Program i analiza wyników badań układu regulacji turbozespołu TC30/5 w elektrociepłowni Gorzów*, nr arch. 143/78.
- [73] Cegielski A., *Warunki techniczne i uwagi montażowe dotyczące instalowania serwomechanizmów elektrohydraulicznych typu SEH-215 w elektrociepłowni Gorzów II*, nr arch. 204/76.
- [74] Domachowski Z., *Badania optymalizacyjne układu regulacji automatycznej częstotliwości i mocy sieci wydzielonej*, nr arch. 160/78.
- [75] Domachowski Z., Klimacki Z., *Badania wstępne układu regulacji mocy i częstotliwości systemu wydzielonego w elektrociepłowni Gorzów — wnioski i zalecenia*, nr arch. 293/79.
- [76] Domachowski Z., Klimacki Z., Myszkowski W., *Badania wdrożeniowe elektrohydraulicznego układu regulacji częstotliwości i mocy systemu wydzielonego w elektrociepłowni Gorzów — wnioski*, nr arch. 108/80.
- [77] Klimacki Z., *Koncepcja elektrohydraulicznego układu regulacji częstotliwości i mocy czynnej siłowni przemysłowej (wariant II)*, nr arch. A/132/76.
- [78] Klimacki Z., *Instrukcja eksploatacji elektrohydraulicznego regulatora częstotliwości i mocy czynnej elektroenergetycznego systemu wydzielonego (eh. Gorzów). Dokumentacja techniczno-ruchowa*, nr arch. 126/80.
- [79] Klimacki Z., Myszkowski W., *Badania układu regulacji turbozespołu TC32 oraz badania wstępne elektrohydraulicznych regulatorów mocy turbozespołów TC32, TC30/5 w elektrociepłowni Gorzów*, nr arch. 28/80.
- [80] Myszkowski W., Świdurska G., *Badania układu regulacji elektrohydraulicznej częstotliwości i mocy sieci wydzielonej. Przebieg pomiarów i wyniki badań*, nr arch. A 103/79.
- [81] Myszkowski W., Świdurska G., *Badania układu regulacji turbozespołu TC32 oraz badania wstępne elektrohydraulicznych regulatorów mocy turbozespołów TC32 i TC30/5 w elektrociepłowni Gorzów. Atlas wyników badań*, nr arch. A 5/80.
- [82] Orlikowski C., *Analiza wpływu długiej linii hydraulicznej na dynamikę regulacji turbin TC30/5 i TC32*, nr arch. 222/77.
- Zakładu Produkcji Urządzeń Automatyki, Wrocław
- [83] Myszkowski W., *Sprawozdanie z badań laboratoryjnych serwomechanizmu elektrohydraulicznego*, nr nr arch. 7/215/76, 8/70/76, 9/72/76, 10/168/76, 11/146/77, 12/231/77, 13/70/77, 14/145/77, 15/230/77, 16/71/77, 17/232/77, 18/233/77, 19/13/78, 20/12/78, 21/181/78, 22/46/79, 23/286/78, 24/287/78, 25/258/78, 26/258/78, 27/182/78, 28/183/78, 29/47/79, 30/257/78.
- [84] Myszkowski W., *Badanie drgań samowzbudnych w serwomechanizmie elektrohydraulicznym*, nr arch. A 88/79.
- [85] Świdurska G., *Opracowanie wyników badań serwomechanizmu elektrohydraulicznego nr 22, 29*, nr arch. A 6/79, A 11/79.
- [86] Świdurska G., *Opracowanie wyników badań nad wyjaśnieniem drgań samowzbudnych w serwomechanizmie*, nr arch. A 28/79.
- Zespołu Elektrowni Pątnów, Adamów, Konin
- [87] Klimacki Z., Domachowski Z., Myszkowski W., *Ustalenie przyczyn niestabilnej pracy układu regulacji turbozespołu 13K215 (TG-7) w elektrowni Pątnów*, nr arch. 24/80.

III. Wykaz opracowań wewnętrznych

- [1] Bugała G., *Analiza teoretyczna elektrycznego łącza transmisyjnego pomiędzy stacją badań elektrohydraulicznych układów regulacji i komputerem hybrydowym*, nr arch. 82/77.
- [2] Bugała G., *Modele analogowe transmitancji układów regulacji turbozespołów*, nr arch. 142/79.
- [3] Domachowski Z., *Ogólna analiza nieprawidłowości w działaniu układów regulacji turbozespołów*, nr arch. 65/78.

- [4] Hołyst J., *Pomiar ściśliwości cieczy przy pomocy ultradźwięków — przegląd metod*, nr arch. 148/79.
- [5] Kubiak J., *Niestabilność układu wirującego turbozespołu*, nr arch. 160/80.
- [6] Mioduszeński K., *Wstępne badania wibracji olejowej stacji ciśnień*, nr arch. A 123/78.
- [7] Orlikowski C., *Metoda bezpośredniej transformacji układu mechanicznego w graf przepływu sygnałów*, nr arch. 246/79.
- [8] Szczęsny J., *Konsultacje na użytek dyrekcji IMP PAN i członków Rady Naukowej na temat celowości zmian układu wodnej regulacji na regulację olejową w turbodmuchawach Huty Katowice*, nr arch. A 100/78.
- [9] Szczęsny J., *Analiza wewnętrznych sygnałów elektronicznego modelu histerezy oraz program obliczeń na EMC*, nr arch. 265/79.
- [10] Szczęsny J., *Algorytm i wyniki obliczeń na EMC nieliniowych układów sterowania z histerezą*, nr arch. A 45/80.

IV. Wykaz patentów

- [1] Klimacki Z., Domachowski Z., Ordo B., Dąbrowski J., *Elektrohydrauliczny układ regulacji częstotliwości i mocy czynnej elektroenergetycznego systemu wydzielonego*. Urząd Patentowy PRL, nr 117440.
- [2] Myszkowski W., *Urządzenie do pomiaru i cechowania ciśnienia w stanach nieustalonych*. Urząd Patentowy PRL, nr zgłoszenia P-224 300.

V. Wykaz nowych urządzeń

- [1] Elektrohydrauliczny regulator częstotliwości i mocy czynnej elektroenergetycznego systemu wydzielonego, 1979.
- [2] Miernik magnetoelektryczny prędkości kątowej turbozespołu, 1977.
- [3] Urządzenie do pomiaru współczynnika ściśliwości cieczy, 1978.
- [4] Generator ciśnienia hydraulicznego o przebiegu sinusoidalnym, 1980.