

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW
MERA-PIAP
Al. Jerozolimskie 202 02-222 Warszawa Telefon 23-70-81

OFA
OŚRODEK AUTOMATYKI MECHANICZNEJ A

Grupa Problemowa ds. Modelowania, Optymalizacji i Obliczeń
Inżynierskich

Główny wykonawca dr inż. J. Jabłkowski

Wykonawcy: J. Jabłkowski, S. Frydliński, J. Miłosz, A. Serwach

Konsultant

Nr zlecenia

1760

Badania symulacyjne zakresu i rodzaju
stosowania środków automatycznej regu-
lacji...

Etap 4. Badania symulacyjne środków auto-
matycznej regulacji poligonu automatyki
ciepłowniczej w Poznaniu.

Etap 5. Automatykacja węzłów w aspekcie
energetycznym. Ogólne wnioski wynikające
z badań symulacyjnych poligonu automatyki
ciepłowniczej w Warszawie, Szczecinie
i Poznaniu

Zleceniodawca

Ośrodek Badawczo-
Rozwojowy Ciepłownictwa przy SPEC

Pracę rozpoczęto dnia maj 1984

Kierownik Grupy Problemowej

dr inż. J. Jabłkowski

zakończono dnia 27 XI 84

Kierownik Ośrodka

dr inż. T. Gałazka

p.o. Z-cyc Dyr. ds. Aut.

dr inż. T. Gałazka

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron 83

Egz. 1 PIAP - BOINTE

rysunków 23

Egz. 2 PIAP - OAM

fotografii -

Egz. 3 OBRC-SPEC

tabel } 21

Egz. 4 OBRC-SPEC

tablic } 21

Egz. 5 OBRC-SPEC

załączników 1

Egz. 6 OBRC-SPEC

Nr rejestr. 5336

4

Analiza dokumentacyjna W pracy przedstawiono rezultaty badań symulacyjnych, zgrupowane w dwóch częściach; pierwsza dotyczy sieci ciepłych poligonów automatyki ciepłowniczej, druga - węzłów ciepłych automatyzowanych. Sprawozdanie zawiera wyniki badania sieci ciepłej poligonu poznańskiego i badania uzupełniającej sieci ciepłej poligonu szczecińskiego a także wyniki badań automatyki w aspekcie energetycznym, wyniki badań automatyki w węźle z regulatorem pogodowym c.o. wyposażonym w inercyjny czujnik temperatury zewnętrznej oraz badania uzupełniające procesów przejściowych w węźle poligonu warszawskiego. Zamieszczono wnioski ogólne dot. środków automatycznej regulacji zastosowanych na poligonach automatyki ciepłowniczej.

Tytuły poprzednich sprawozdań

- 1/ J. Jabłkowski i inni: "Metodyka badań symulacyjnych środków automatycznej regulacji oraz badania symulacyjne węzłów zautomatyzowanych z regulatorami różnicy ciśnień i regulatorami przepływu /Oprac. MERA-PIAP/. Nr rej. 4934, W-wa - listopad 82 r.
- 2/ J. Jabłkowski i inni: "Badania symulacyjne środków automatycznej regulacji poligonu automatyki ciepłowniczej w W-wie." Oprac. MERA-PIAP, Nr rej. 5062, W-wa - czerwiec 83 r.
- 3/ J. Jabłkowski i inni: "Badania symulacyjne środków automatycznej regulacji poligonu automatyki ciepłowniczej w Szczecinie. Badania symulacyjne procesów szybkozmiennych w węźle zautomatyzowanym. Kryteria jakości pracy węzłów zautomatyzowanych." Oprac. MERA-PIAP, Nr rejestr. 5227, W-wa, maj 84 r.

	str.
1. WSTĘP	3
2. UZUPEŁNIAJĄCE BADANIA SYMULACYJNE POLIGONU SZCZECIŃSKIEGO	4
3. BADANIA SYMULACYJNE POLIGONU POZNAŃSKIEGO	8
4. PODSUMOWANIE WYNIKÓW SIECIOWYCH BADAŃ SYMULACYJNYCH	35
4.1. OCENA METODY SYMULACJI	35
4.2. WYKRYTE WŁASNOŚCI SIECI	36
4.3. KIERUNKI DAJSZYCH DZIAŁAŃ W DZIEDZINIE AUTOMATYZACJI CIEPŁOWNICTWA	39
5. BADANIA UZUPEŁNIAJĄCE PROCESÓW PRZEJSCIOWYH W WĘZŁE WYMIENNIKOWYM SZEREGOWO-ROWNOLEGŁYM	41
6. BADANIA AUTOMATYKI W WĘZŁACH CIEPLNYCH W ASPEKCIE ENERGETYCZNYM	62
7. BADANIA AUTOMATYKI W WĘZŁE Z REGULATOREM POGODOWYM C.O. WYPOSAŻONYM W INERCYJNY CZUJNIK TEMPERATURY ZEWNĘTRZNEJ	70
8. WNIOSKI OGÓLNE DOTYCZĄCE AUTOMATYZACJI WĘZŁÓW W SIECIACH CIEPLNYCH POLIGONÓW AUTOMATYKI CIEPŁOWNICZEJ	73
9. BIBLIOGRAFIA	76
ZAŁĄCZNIK NR 1	

621.3.0.84 regulacja automatyczna

4. WSTĘP

Niniejsze opracowanie zawiera wyniki realizacji etapów 4 i 5 umowy 1404/81 z dnia 17 XI 81 r. zawartej między OBRC-SPEC i PIA. Praca objęta tą umową jest częścią tematu nr 4.4.2-08 umieszczonego w planie prac B + R Programu Rządowego nr 8, kierunek 4 - Ciepłownictwo.

W sprawozdaniu przedstawiono wyniki dwóch etapów łącznie. Dwa są tego powody: - po pierwsze, już po rozpoczęciu prac w ramach tego zlecenia, zatwierdzony został przez Zleceniodawcę podział pracy na dwa równoległe wątki merytoryczne; tj. działania automatyzowanych węzłów i działania sieci poligonowych z automatyzowanymi węzłami. Przy tym część dotycząca działania sieci związana jest ściśle z kolejnym poligonem, natomiast problematyka badania węzłów rozwijana jest w poszczególnych etapach. W znacznym stopniu niezależnie od problemów występujących na danym poligonie. Tym dwóm wątkom merytorycznym poświęcono odpowiednio cz. I i II tego sprawozdania. Drugi powód wspólnego przedstawienia rezultatów etapów 4 i 5 wiąże się z faktem, iż etap 5 w kształcie sformułowanym ostatecznie w Aneksie nr 3 umowy 1404/81 nie stanowi odrębnej całości poświęconej jednemu poligonowi, a składają się nań zagadnienia, których podjęcie okazało się celowe i niezbędne w toku realizacji dotychczasowych prac.

Ze względów formalnych można stwierdzić, że rozdziały 3 i 7 odpowiadają etapowi 4, zaś rozdziały 2,4,5,6 i 8 etapowi 5.

W sprawozdaniu pominięto problemy związane z przygotowaniem modeli symulacyjnych; z punktu widzenia użytkownika wyników badań są to na ogół specyficzne zagadnienia "warsztatowe", a ponadto były one omawiane wcześniej /2/ /3/. Obecnie przyjmuje się

4

że zarówno modelowanie sieci jak i węzłów zautomatyzowanych opiera się na gruntownie przygotowanych i dostatecznie sprawdzonych podstawach /por. /1//, a uruchamianie modeli poszczególnych obiektów ma charakter rutynowy.

Sprawozdanie zawiera:

- wyniki badań uzupełniających, dot. sieci poligonu szczecińskiego /rozd. 2/
- wyniki symulacji sieci poligonu poznańskiego - Osiedle Kopernika /rozd. 3/
- wyniki badań automatyki w aspekcie energetycznym /rozd. 6 i 7/
- rezultaty wykorzystania sygnału temperatury zewnętrznej z inercją do prowadzenia źródła i do wysterowania regulatora pogodowego /rozd. 3 i 7/
- wyniki badania uzupełniającego procesów przejściowych w węzle poligonu warszawskiego /rozd. 5/
- podsumowanie dotychczasowych badań symulacyjnych poligonów automatyki ciepłowniczej /rozd. 4 i 8/.

2. UZUPEŁNIAJĄCE BADANIA SYMULACYJNE POLIGONU SZCZECIŃSKIEGO

Uzupełniające badania symulacyjne sieci szczecińskiej miały na celu sprawdzenie zachowania się sieci w przypadku wyposażenia odbiorników komunalnych wyłącznie w regulatory ciśnienia dyspozycyjnego /bez pogodowych/.

Pierwotnie taki wariant automatyzacji nie był przewidywany i dlatego nie ~~uz~~gędniono go w badaniach opisanych w /6/.

Przed wszystkim skorygowano parametry charakterystyki źródła tak, aby odpowiadały charakterystyce rzeczywistej, określonej na podstawie pomiarów opisanych w /9/. Okazuje się, że w rzeczywistości źródło ma większą niż dotychczas przyjmowano impedancję

wewnętrzna, tzn. ciśnienie dyspozycyjne w źródle szybciej spada o funkcji wzrostu przepływu niż przyjmowano w badaniach /6/.

Dalej zredukowano liczbę zmiennych obserwowalnych, ograniczając ją tylko do tych, które były mierzone w rzeczywistości /Oto lista tych zmiennych wraz z odpowiadającymi im wskaźnikami względnymi:

- QCP - wydajność źródła w $/m^3/h/$ /odpowiednik G1 z /9//;
- QQ1 - przepływ do osiedla Ustronie w $/m^3/h/$ /odpowiednik G2 z /9//;
- QP3 - przepływ do kombinatu szklarniowego w $/m^3/h/$ /odpowiednik G4 z /9//;
- Qp7 - przepływ do reszty sieci w $/m^3/h/$ /odpowiednik sumy G3 + G10 z /9//;
- PCP - ciśnienie dyspozycyjne w źródle w $/mH_2O/$;
- PRG - ciśnienie dyspozycyjne w komorze G17 /rozgałęzienie do kombinatu szklarniowego i reszty sieci/ w $/mH_2O/$;
- WSKG - względna zmiana przepływu QCP;
- WSK1 - względna zmiana przepływu QQ1;
- WSKS - względna zmiana przepływu QP3;
- WSKR - względna zmiana przepływu QP7.

Przebadano następujące warianty:

Wariant I. bez regulatorów + nominalne przewodności wszystkich odbiorników /podobnie jak w /6/ tylko inna charakterystyka źródła/; ten wariant był uznany za bazowy /odniesienie we wskaźnikach względnych/ dla tutaj opisywanych symulacji;

Wariant R1 - z regulatorami ciśnienia dyspozycyjnego /za wyjątkiem QI2, QI3 - szklarnie oraz QI5, QI7 - przemysł/; wartości minimalnej i maksymalnej przewodności względnej dla poszczególnych odbiorników były następujące:

	<u>MIN</u>	<u>MAX</u>
QI2, QI3	0 %	100 %
QI5, QI7	30 %	100 %
pozostałe	80 %	100 %

czyli odpowiadały przyjętym w /6/ dla przypadków braku regulatorów pogodowych w węzłach;

Wariant R2 - jak R1 z uwzględnieniem histerezy regulatorów hydraulicznych.

W wariancie R2 przyjęto bardzo dużą histerezę - 10 % wartości nastawy co kilkakrotnie przekracza wartość maksymalną histerezy, deklarowaną przez producenta, ale niestety jest bliższe rzeczywistości niż deklaracji. Przyjęto ponad to, że w przypadku, gdy przewodność odbiornika jest na poziomie MIN, to obowiązuje charakterystyka "wzrostowa" pętli histerezy, a dla przewodności na poziomie MAX jest odwrotnie. Efekt histerezy zasymulowano podstawiając różne od nominalnych wartości ciśnień dyspozycyjnych odniesienia w równaniu przewodności odbiornika /9/, a więc:

$$\Delta P_n \leftarrow 1,05 \quad \Delta P_n \quad \Psi \quad \text{MIN}$$

$$\Delta P_n \leftarrow 0,95 \quad \Delta P_n \quad \Psi \quad \text{MAX}$$

Wyniki symulacji zestawiono w tablicy 1. Na ich podstawie sformułowano następujące wnioski:

- fakt, że po korekcie charakterystyki źródła wg danych z pomiarów, globalny przepływ symulowany dla warunków nominalnych odpowiada maksymalnemu zaobserwowanemu w pomiarach fizycznych oznacza, że przyjęte z danych WPEC przewodności odbiorników w modelu odpowiadają rzeczywistości;

Tablica 1

Wyniki badań uzupełniających poligonu szczecińskiego

Wariant	QCP	QQ1	QP3	QP7	PCP	PRG	WSKG	WSK1	WSKS	WSKR
	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h	mH ₂ O	mH ₂ O	%	%	%	%
I	2851,2	349,39	826,47	1675,3	119,18	109,53	0	0	0	0
R1MAX	2851,2	349,39	826,47	1675,3	119,18	109,53	0	0	0	0
R1MIN	1668,4	294,30	0	1374,1	199,61	196,69	-41,48	-15,77	-100	-17,98
R2MAX	2830,8	342,81	833,76	1654,3	121,01	111,47	-0,71	-1,88	0,88	- 1,26
R2MIN	1696,8	299,87	0	1396,9	198,06	195,05	-40,49	-14,17	-100	-16,62

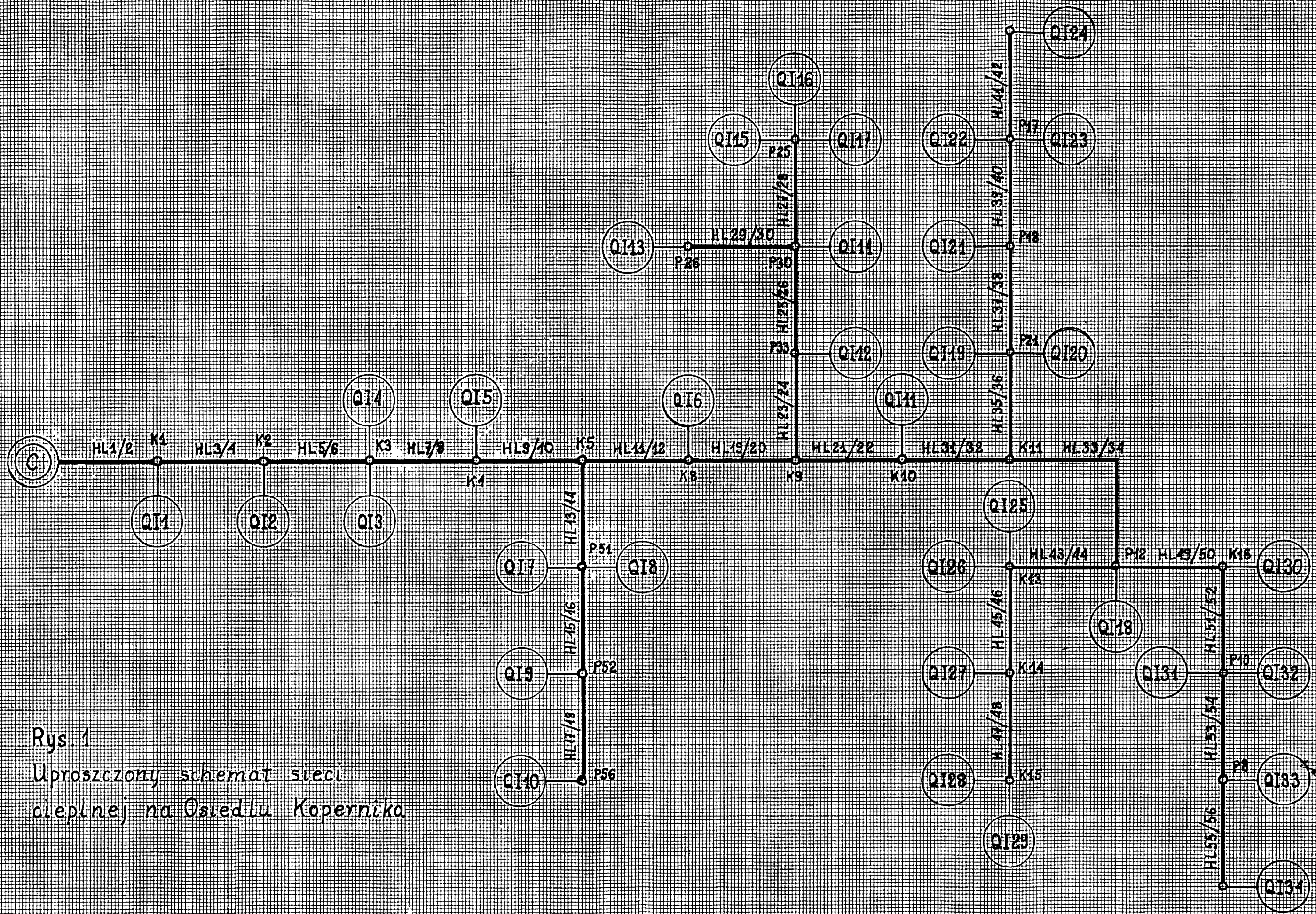
- zmiany poboru czynnika przez szklarnie i odbiorniki przemysłowe powodować będą w skrajnym przypadku znaczne wahania ciśnienia dyspozycyjnego w sieci, ale te wahania dzięki regulatorom hydraulicznym nie wpływają istotnie na pobór czynnika przez węzły ciepłownicze komunalne; zatem korzyść ze stosowania regulatorów ciśnienia dyspozycyjnego w tych węzłach jest ewidentna;
- nawet bardzo duża /nie dopuszczalna z punktu widzenia wymagań technicznych - histereza regulatorów ciśnienia dyspozycyjnego tylko nieznacznie pogarsza właściwości hydrauliczne odbiorników komunalnych, co oznacza, że nie jest tu potrzebna zbyt wielka precyzja regulacji.

3. BADANIA SYMULACYJNE POLIGONU POZNAŃSKIEGO

Jako poligon do sprawdzania skuteczności automatyzacji węzłów c.o. w Poznaniu wybrano Osiedle Kopernika. Sieć ciepłownicza tego osiedla jest typową wewnątrz-osiedlową siecią rozdzielczą /ma strukturę drzewiastą/. Jest ona zasilana z lokalnej kotłowni. Obciążenie tej sieci jest jednorodne - węzły dwufunkcyjne szeregowo-szeregowe przede wszystkim w budynkach mieszkalnych, ale także w kilku pawilonach użyteczności publicznej. Wyjątek stanowi pawilon - budynek nr 31, gdzie znajduje się węzeł jednofunkcyjny c.o. Wszystkie węzły wyposażono w układy automatycznej regulacji II stopnia c.w., oraz w regulatory pogodowe c.o. z zaworami trójdrogowymi. Oznacza to, jeżeli założymy poprawny dobór zaworów regulacyjnych, że węzły charakteryzują się stałą opornością hydrauliczną, czyli rozdział czynnika do poszczególnych odbiorników jest niezmienny, niezależnie od działania regulatorów.

Celem symulacji jest ocena wpływu automatyzacji obwodów c.o. na pobór energii cieplnej przez sieć i na stabilność parametrów termicznych procesu, a ściślej mówiąc na przebiegi temperatury powrotnej w poszczególnych miejscach sieci, ale głównie w źródle. Ze względu na stałą oporność hydrauliczną odbiorników, efekty działania automatyki można zaobserwować wyłącznie po stronie termicznej procesu i stąd ta redukcja celu. Również z tego powodu, istotnie uproszczone oprogramowanie symulacyjne przez pominięcie równań hydraulicznych. Przepływy przez poszczególne odbiorniki są traktowane jako parametry stałe w procesie symulacji.

Podczas budowy modelu matematycznego dokonano niewielkich uproszczeń struktury rzeczywistej sieci, sprowadzających się do zagregowania węzłów w przypadkach /dość częstych w osiedlu/, gdy kilka węzłów zasila jeden budynek. Po takim uproszczeniu, schemat zastępczy sieci /rys. 1/ zawiera 34 odbiorniki. Odpowiadający mu graf węzłów tj. właściwy model matematyczny pokazano na rys. 2.



Rys. 1
Uproszczony schemat sieci
cieplnej na Osiedlu Kopernika

Do symulacji użyto opisaną w podręczniku /1/ metodę wykorzystującą pakiet podprogramów użytkowych FINN II. Przyjęta tu wszakże szereg dodatkowych uproszczeń:

- z uwagi na stałość przepływów uproszczono podprogram opóźnienia transportowego w odniesieniu do bibliotecznego;
- ze względu na małą rozległość sieci pominięto straty ciepłe w rurociągach, zatem w programach statycznych rurociągi w ogóle nie występowały, natomiast w programach dynamicznych reprezentowane były wyłącznie przez czyste opóźnienia transportowe;
- ze względu na to, że stałe czasowe budynku przekraczają o o mniej więcej dwa rzędy typowe wartości opóźnień transportowych, uproszczono podprogram odbiornika wprowadzając tam ekwiwalentną temperaturę zewnętrzną jako średnią z całej doby, zamiast liczyć tę temperaturę z równania różniczkowego.

Parametry modelu matematycznego określono według zasad opisanych w podręczniku /1/ i szczegóły nie są interesujące dla odbiorców wyników. Konieczne jest jednak zamieszczenie kilku komentarzy ogólnych, gdyż z uwagi na zrozumiałą zresztą niepełność danych dostarczonych z WPEC /tylko parametry obliczeniowe bez wyników badań fizycznych/ trzeba było przyjmować założenia upraszczające estymacji parametrów. Oto ich charakterystyka:

- przyjęto, że stosunek przepływu w instalacji wewnętrznej c.o. do przepływu sieciowego wynosi zawsze 3 : 1;
- założono, że wszystkie węzły w warunkach obliczeniowych /TZ = - 18°C/; TWE = 153°C, TP = 71°C/ są idealnie dopasowane;
- uznano, że nadmiar wody sieciowej dla c.w. jest dobrany tak, aby przy średnim rozbiorze c.w. powrót w warunkach obliczeniowych wynosił tyle samo, co dla samego c.o. bez rozbioru c.w. i bez dodatku wody sieciowej dla c.w.;

- zawory regulacyjne są tak dobrane, że w występującym podczas badań zakresie zmian wymuszeń możliwe jest zarówno dodawanie, jak i ujmowanie ilości energii dostarczanej do danego odbiornika;
- regulator c.o. działa tak, że przy zerowym rozbiórze c.w. temperatura powrotu z obwodu c.o. niezależnie od temperatury zasilania, jest równa temperaturze powrotu z całego węzła w warunkach braku automatyki c.o. dla temperatury zasilania wg wykresu ciepłowniczego;
- wszystkie dane obliczeniowe /ilości ciepła i przepływy dla c.o. i c.w. / wzięto z wykresu dostarczonego przez WPEC.

Kolejne założenia upraszczająco-porządkujące trzeba było przyjąć przy określaniu przebiegów czasowych zmiennych wymuszających. Badania symulacyjne przeprowadzono w cyklu całodobowym. Przyjęto dwa przebiegi temperatury zewnętrznej: dla dnia przejściowego i dnia zimnego /patrz załącznik/. Rozbiór c.w. jest oczywiście różny dla każdego węzła. Tutaj dla prostoty i z braku danych przyjęto dwa rodzaje bezwymiarowego rozbioru /patrz również załącznik/. Jeden bardziej gwałtowny o wąskich szczytach /rozbioru dla odbiorników symulujących jeden lub dwa węzły i drugi, bardziej rozmyty, dla odbiorników symulujących więcej niż dwa węzły. Przebiegi dobowe temperatury zasilania omówiono dalej.

Model matematyczny obiektu uzupełniono na koniec blokiem przetwarzania danych, w którym obliczona jest ilość zużytego przez sieć ciepła ILCIEP, względna oszczędność w produkcji ciepła OCIEP oraz wskaźniki bezwymiarowe oceniające skuteczność sterowania siecią zdefiniowane w /7/ i wcześniej użyte do oceny skuteczności różnych sposobów sterowania siecią białostocką /8/. Zarówno ilości zużytego ciepła jak i wskaźniki względne obliczone były za okres całej badanej doby.

Badania symulacyjne przeprowadzono dla różnych sposobów sterowania źródłem zawsze dwuwariantowo dla danego sposobu sterowania /węzły nie zautomatyzowane i węzły zautomatyzowane tzn. wyposażone w regulatory pogodowe/. Jako bazowy, przyjęto cykl wystawiania najprymitywniejszego. Mianowicie dwustanowa zmianę temperatury zasilania w źródle w cyklu dziennie-nocnym wg średniej prognozowanej temperatury zewnętrznej na nadchodzący cykl /dzień/noc/. Oprócz tego sprawdzono sterowanie wielostanowe w cyklach kilkugodzinnych z wyborem temperatury zasilania wg temperatury prognozowanej na dany cykl lub bieżącej na początku cyklu. Sprawdzono także skuteczność sterowania źródłem wg bieżącej temperatury zewnętrznej lub też temperatury zewnętrznej mierzonej czujnikiem o dużej energii. Są to raczej przypadki hipotetyczne - trudno sobie wyobrazić sensowne sterowanie w ten sposób kotłowni węglowej. Tym niemniej zasymulowano je celem oceny koncepcji dr Zingera bardzo ostatnio u nas propagowanej przez koordynatora PR-8. Szczegółowy plan badań przedstawiono w tablicy 2, natomiast wyniki badań są umieszczone w tabulogramach.

Te obszernie badania prowadzą do poniższych /częściowo nie oczekiwanych/ wniosków:

- zastosowania automatyki węzłów szeregowo-szeregowych z zaworami trójdrogowymi c.o. prowadzi do podwyższenia temperatury powrotu do źródła;
- oszczędność energii z tytułu sterowania automatyki wg tej koncepcji jest tak niewielka, że bez prowadzenia obliczeń ekonomicznych można stwierdzić nieopłacalność tego przedsięwzięcia;

- różnice między różnymi sposobami sterowania źródłem, a zwłaszcza zyski w odniesieniu do sposobu najprostszego, są tak małe, że wydaje się najrozsądniejsze stosowanie sterowania najprostszego - dwustawnego w cyklu dziennie-noctnym.

W rezultacie nasuwa się ogólniejsza konkluzja, że w przypadku sieci osiedlowych zasilanych z lokalnych kotłowni, wszelka automatyzacja jest niepotrzebna. Nie należy również przesadzać z częstością przesterowywania źródła. Ważne jest natomiast trafne ocenienie średniej prognozowanej temperatury zewnętrznej na kilka godzin do przodu.

TABLICA 2 /opis w tekście/

Nr wariantu	0	W TA	WP TIN	5 TIN
1 ^x	01	DP	WP 1	A
2 ^x	02	DP	WP 1	A
3	01	DZ	WP 1	A
4	02	DZ	WP 1	A
3'	01	DZ	WP 2	A
4'	02	DZ	WP 2	A
5	01	DZ	WP 1	C 1 ✓
6	02	DZ	WP 1	C 1
7	01	DZ	WP 1	B 1
8	02	DZ	WP 1	B 1
9	01	DZ	WP 2	B 2
10'	02	DZ	WP 2	B 2
9 ^x	01	DP	WP 1	B 2
10 ^x	02	DP	WP 1	B 2
11	01	DZ	WP 1	C 2
12	02	DZ	WP 1	C 2

LEGENDA cd.

B e /B1, B2/

B -ysterowanie kilkustanowe co parę godzin

B1 -ysterowanie na średnią temperaturę zewnętrzną kilku godzin

B2 -ysterowanie na temperaturę zewnętrzną początkową /aktualną/ cyklu kilkugodzinnego

i tak:

dla DP B2 :

- godziny przesterowań TIME = 0, 10, 12

TIME e /0,10/ TA_b = 3^oC TH = 82^oC

TIME e /10,12/ TA_b = 5^oC TH = 76^oC/

TIME e /12,24/ TA_b = 8^oC TH = 71^oC

dla DZ B1 :

- godziny przesterowań TIME = 0,6, 10, 14, 18

TIME e /0,6/ TA_{śr} = -13^oC TH = 137^oC

TIME e /6, 10/ TA_{śr} = -14,9^oC TH = 142^oC

TIME e /10,14/ TA_{śr} = -8,1^oC TH = 121^oC

TIME e /14,18/ TA_{śr} = -4,8^oC TH = 110^oC

TIME e /18,24/ TA_{śr} = -8,5^oC TH = 123^oC

dla DZ B2 :

- godziny przesterowań TIME = 6,10, 16, 20

TIME e /0,6/ TA_{śr} = -13,8^oC TH = 140^oC

TIME e /6,10/ TA_b = -16^oC TH = 146^oC

TIME e /10,12/ TA_b = -13^oC TH = 137^oC

TIME e /12,16/ TA_b = -8^oC TH = 121^oC

TIME e /16,20/ TA_b = -5^oC TH = 111^oC

TIME e /20,24/ TA_b = -8^oC TH = 121^oC

LEGENDA cd.

C e /C1, C2/

C1 - sterowanie temperaturą zasilaną w ciągły sposób
zależny od temperatury zewnętrznej z inercją TAI
spełniająca równanie różniczkowe $\dot{T}_{AI} = \frac{T_A - T_{AI}}{\tau_{AU}}$

C2 - sterowanie temperaturą zasilania w ciągły sposób
zależny od zewnętrznej temperatury TA .

TIME =	0.0	TA =	3.0	TP =	82.0	TCH =	51.1
TIME =	1.0	TA =	3.0	TP =	82.0	TCH =	51.1
TIME =	2.0	TA =	3.0	TP =	82.0	TCH =	51.1
TIME =	3.0	TA =	3.0	TP =	82.0	TCH =	51.1
TIME =	4.0	TA =	3.0	TP =	82.0	TCH =	51.1
TIME =	5.0	TA =	3.0	TP =	82.0	TCH =	50.9
TIME =	6.0	TA =	3.0	TP =	82.0	TCH =	50.4
TIME =	7.0	TA =	3.0	TP =	82.0	TCH =	49.1
TIME =	8.0	TA =	3.0	TP =	82.0	TCH =	47.1
TIME =	9.0	TA =	4.0	TP =	82.0	TCH =	46.1
TIME =	10.0	TA =	5.0	TP =	71.0	TCH =	45.6
TIME =	11.0	TA =	7.0	TP =	71.0	TCH =	43.0
TIME =	12.0	TA =	8.0	TP =	71.0	TCH =	40.3
TIME =	13.0	TA =	9.0	TP =	71.0	TCH =	40.1
TIME =	14.0	TA =	10.0	TP =	71.0	TCH =	40.4
TIME =	15.0	TA =	11.0	TP =	71.0	TCH =	40.6
TIME =	16.0	TA =	10.0	TP =	71.0	TCH =	40.3
TIME =	17.0	TA =	9.0	TP =	71.0	TCH =	39.8
TIME =	18.0	TA =	8.0	TP =	71.0	TCH =	39.7
TIME =	19.0	TA =	7.0	TP =	71.0	TCH =	39.4
TIME =	20.0	TA =	7.0	TP =	71.0	TCH =	38.7
TIME =	21.0	TA =	7.0	TP =	71.0	TCH =	37.8
TIME =	22.0	TA =	7.0	TP =	82.0	TCH =	37.6
TIME =	23.0	TA =	6.0	TP =	82.0	TCH =	40.4
TIME =	24.0	TA =	5.0	TP =	82.0	TCH =	44.7
SGG =	0.1046E 00	ILCIEP =	0.3334E 03	OCIEP =	0.0		
SR(01) =	0.1378E-01	SR(02) =	-0.6095E-02	SR(03) =	0.1004E-01		
SR(04) =	0.1603E-01	SR(05) =	0.2243E-01	SR(06) =	0.2223E-01		
SR(07) =	0.4187E-01	SR(08) =	0.2237E-01	SR(09) =	0.1622E-01		
SR(10) =	0.2594E-01	SP(11) =	0.2223E-01	SR(12) =	0.1258E-01		
SR(15) =	0.2233E-01	SF(14) =	0.1108E-01	SR(15) =	0.2246E-01		
SR(16) =	0.2243E-01	SF(17) =	0.2242E-01	SR(18) =	0.1433E-01		
SR(19) =	0.3543E-01	SR(20) =	0.1623E-01	SR(21) =	0.3609E-01		
SR(22) =	0.1276E-01	SR(23) =	0.1458E-01	SR(24) =	0.6617E-02		
SP(25) =	0.1877E-02	SR(26) =	0.1468E-01	SR(27) =	0.1470E-01		
SR(28) =	0.1515E-01	SR(29) =	0.1778E 01	SR(30) =	0.1408E-01		
SR(31) =	0.2488E-01	SF(32) =	0.1237E-01	SR(33) =	0.2440E-01		
SR(34) =	0.1442E-01	SR(35) =	0.1975E-01				

Tablica 4

SYMULACJA NR 2 *

TIME =	0.0	TA =	3.0	TR =	82.0	TCH =	51.0
TIME =	1.0	TA =	3.0	TR =	82.0	TCH =	51.0
TIME =	2.0	TA =	3.0	TR =	82.0	TCH =	51.0
TIME =	3.0	TA =	3.0	TR =	82.0	TCH =	51.0
TIME =	4.0	TA =	3.0	TR =	82.0	TCH =	50.9
TIME =	5.0	TA =	3.0	TR =	82.0	TCH =	50.7
TIME =	6.0	TA =	3.0	TR =	82.0	TCH =	50.3
TIME =	7.0	TA =	3.0	TR =	82.0	TCH =	48.9
TIME =	8.0	TA =	3.0	TR =	82.0	TCH =	46.9
TIME =	9.0	TA =	4.0	TR =	82.0	TCH =	46.2
TIME =	10.0	TA =	5.0	TR =	71.0	TCH =	46.7
TIME =	11.0	TA =	7.0	TR =	71.0	TCH =	44.4
TIME =	12.0	TA =	8.0	TR =	71.0	TCH =	41.5
TIME =	13.0	TA =	8.0	TR =	71.0	TCH =	42.4
TIME =	14.0	TA =	10.0	TR =	71.0	TCH =	44.0
TIME =	15.0	TA =	11.0	TR =	71.0	TCH =	45.6
TIME =	16.0	TA =	10.0	TR =	71.0	TCH =	46.1
TIME =	17.0	TA =	9.0	TR =	71.0	TCH =	44.8
TIME =	18.0	TA =	8.0	TR =	71.0	TCH =	43.3
TIME =	19.0	TA =	7.0	TR =	71.0	TCH =	41.6
TIME =	20.0	TA =	7.0	TR =	71.0	TCH =	40.0
TIME =	21.0	TA =	7.0	TR =	71.0	TCH =	38.8
TIME =	22.0	TA =	7.0	TR =	82.0	TCH =	38.5
TIME =	23.0	TA =	6.0	TR =	82.0	TCH =	42.5
TIME =	24.0	TA =	5.0	TR =	82.0	TCH =	47.8
SCG =	0.1068E 00	ILCIEP =	0.3186E 03	UCIEP =	0.4717E 01		
SR(01) =	0.5459E-01	SR(02) =	0.3327E-01	SR(03) =	0.5081E-01		
SR(04) =	0.5901E-01	SR(05) =	0.6541E-01	SR(06) =	0.6533E-01		
SR(07) =	0.9324E-01	SR(08) =	0.6529E-01	SP(09) =	0.5750E-01		
SR(10) =	0.6617E-01	SP(11) =	0.6535E-01	SR(12) =	0.5428E-01		
SP(13) =	0.6547E-01	SP(14) =	0.5227E-01	SR(15) =	0.6554E-01		
SP(16) =	0.6553E-01	SI(17) =	0.6551E-01	SR(18) =	0.5795E-01		
SR(19) =	0.3641E-01	SP(20) =	0.5771E-01	SR(21) =	0.6723E-01		
SR(22) =	0.5474E-01	SP(23) =	0.5622E-01	SR(24) =	0.2411E-01		
SR(25) =	0.4060E-01	SR(26) =	0.5721E-01	SR(27) =	0.5724E-01		
SP(28) =	0.5466E-01	SR(29) =	0.6058E-01	SR(30) =	0.5620E-01		
SR(31) =	0.7041E-01	SR(32) =	0.5395E-01	SR(33) =	0.6881E-01		
SP(34) =	0.5675E-01	SR(35) =	0.6133E-01				

21

TIME =	0.0	TA =	-11.0	TF =	130.0	TCH =	72.5
TIME =	1.0	TA =	-11.0	TI =	140.0	TCH =	75.6
TIME =	2.0	TA =	-12.0	TI =	140.0	TCH =	78.6
TIME =	3.0	TA =	-13.0	TI =	140.0	TCH =	79.3
TIME =	4.0	TA =	-14.0	TI =	140.0	TCH =	79.4
TIME =	5.0	TA =	-15.0	TI =	140.0	TCH =	79.1
TIME =	6.0	TA =	-16.0	TI =	140.0	TCH =	78.6
TIME =	7.0	TA =	-16.0	TI =	140.0	TCH =	77.0
TIME =	8.0	TA =	-15.0	TI =	140.0	TCH =	74.3
TIME =	9.0	TA =	-14.0	TI =	140.0	TCH =	72.9
TIME =	10.0	TA =	-13.0	TI =	117.0	TCH =	72.2
TIME =	11.0	TA =	-10.0	TI =	117.0	TCH =	66.9
TIME =	12.0	TA =	-8.0	TI =	117.0	TCH =	60.7
TIME =	13.0	TA =	-6.0	TI =	117.0	TCH =	60.0
TIME =	14.0	TA =	-4.0	TI =	117.0	TCH =	60.3
TIME =	15.0	TA =	-4.0	TI =	117.0	TCH =	60.5
TIME =	16.0	TA =	-5.0	TI =	117.0	TCH =	60.1
TIME =	17.0	TA =	-5.0	TI =	117.0	TCH =	59.5
TIME =	18.0	TA =	-6.0	TI =	117.0	TCH =	59.2
TIME =	19.0	TA =	-7.0	TI =	117.0	TCH =	58.8
TIME =	20.0	TA =	-8.0	TI =	117.0	TCH =	57.7
TIME =	21.0	TA =	-9.0	TI =	117.0	TCH =	56.4
TIME =	22.0	TA =	-9.0	TI =	140.0	TCH =	56.0
TIME =	23.0	TA =	-10.0	TI =	140.0	TCH =	61.7
TIME =	24.0	TA =	-10.0	TI =	140.0	TCH =	70.2
SGG =	0.7498E-01	JLCIEP =	0.6315E 03	OCIEP =	0.0		
SR(01) =	0.1280E-01	SR(02) =	-.2184E-02	SR(03) =	0.1094E-01		
SR(04) =	0.1140E-01	SR(05) =	0.1981E-01	SR(06) =	0.1965E-01		
SR(07) =	0.9912E-02	SR(08) =	0.1973E-01	SR(09) =	0.1514E-01		
SR(10) =	0.2033E-01	SR(11) =	0.1959E-01	SR(12) =	0.9064E-02		
SR(13) =	0.1948E-01	SR(14) =	0.1206E-01	SR(15) =	0.1956E-01		
SR(16) =	0.1955E-01	SR(17) =	0.1955E-01	SR(18) =	0.1333E-01		
SR(19) =	0.1330E-01	SR(20) =	0.1497E-01	SR(21) =	0.1394E-01		
SR(22) =	0.8950E-02	SR(23) =	0.1291E-01	SR(24) =	0.1939E-01		
SR(25) =	0.1088E-01	SR(26) =	0.1274E-01	SR(27) =	0.1271E-01		
SR(28) =	0.1154E-01	SR(29) =	0.1578E-01	SR(30) =	0.1343E-01		
SR(31) =	0.1352E-01	SR(32) =	0.1001E-01	SR(33) =	0.1751E-01		
SR(34) =	0.1317E-01	SR(35) =	0.1535E-01				

22

TIME =	0.0	TA =	-11.0	TI =	130.0	TCH =	72.9
TIME =	1.0	TA =	-11.0	TI =	140.0	TCH =	76.4
TIME =	2.0	TA =	-12.0	TI =	140.0	TCH =	81.1
TIME =	3.0	TA =	-13.0	TI =	140.0	TCH =	81.1
TIME =	4.0	TA =	-14.0	TI =	140.0	TCH =	79.9
TIME =	5.0	TA =	-15.0	TI =	140.0	TCH =	78.4
TIME =	6.0	TA =	-16.0	TI =	140.0	TCH =	76.5
TIME =	7.0	TA =	-16.0	TI =	140.0	TCH =	73.7
TIME =	8.0	TA =	-15.0	TI =	140.0	TCH =	71.2
TIME =	9.0	TA =	-14.0	TI =	140.0	TCH =	70.8
TIME =	10.0	TA =	-13.0	TI =	117.0	TCH =	71.3
TIME =	11.0	TA =	-10.0	TI =	117.0	TCH =	65.0
TIME =	12.0	TA =	-8.0	TI =	117.0	TCH =	57.5
TIME =	13.0	TA =	-6.0	TI =	117.0	TCH =	58.6
TIME =	14.0	TA =	-4.0	TI =	117.0	TCH =	61.6
TIME =	15.0	TA =	-4.0	TI =	117.0	TCH =	64.1
TIME =	16.0	TA =	-5.0	TI =	117.0	TCH =	63.9
TIME =	17.0	TA =	-5.0	TI =	117.0	TCH =	62.5
TIME =	18.0	TA =	-6.0	TI =	117.0	TCH =	61.7
TIME =	19.0	TA =	-7.0	TI =	117.0	TCH =	60.0
TIME =	20.0	TA =	-8.0	TI =	117.0	TCH =	57.5
TIME =	21.0	TA =	-9.0	TI =	117.0	TCH =	54.7
TIME =	22.0	TA =	-9.0	TI =	140.0	TCH =	53.3
TIME =	23.0	TA =	-10.0	TI =	140.0	TCH =	61.8
TIME =	24.0	TA =	-10.0	TI =	140.0	TCH =	74.2
SGG =	0.9890E-01	ILCIEP =	0.6317E 03	OCIEP =	-0.03		
SR(01)	= 0.1561E-01	SP(02)	= 0.1825E-02	SR(03)	= 0.1440E-01		
SR(04)	= 0.1514E-01	SP(05)	= 0.2301E-01	SR(06)	= 0.2344E-01		
SR(07)	= 0.1285E-01	SP(08)	= 0.2349E-01	SR(09)	= 0.1819E-01		
SR(10)	= 0.2390E-01	SR(11)	= 0.2370E-01	SR(12)	= 0.1219E-01		
SR(13)	= 0.2295E-01	SR(14)	= 0.1515E-01	SR(15)	= 0.2304E-01		
SR(16)	= 0.2304E-01	SR(17)	= 0.2304E-01	SR(18)	= 0.1758E-01		
SR(19)	= 0.1810E-01	SR(20)	= 0.1704E-01	SR(21)	= 0.1874E-01		
SR(22)	= 0.1165E-01	SR(23)	= 0.1509E-01	SR(24)	= 0.2350E-01		
SP(25)	= 0.1414E-01	SR(26)	= 0.1573E-01	SR(27)	= 0.1566E-01		
SR(28)	= 0.1351E-01	SR(29)	= 0.1807E-01	SR(30)	= 0.1660E-01		
SR(31)	= 0.1641E-01	SR(32)	= 0.1338E-01	SR(33)	= 0.2040E-01		
SR(34)	= 0.1609E-01	SR(35)	= 0.1748E-01				

TIME =	0.0	TA =	-11.0	TH =	140.0	TCH =	70.5
TIME =	1.0	TA =	-11.0	TH =	140.0	TCH =	70.5
TIME =	2.0	TA =	-12.0	TH =	140.0	TCH =	70.5
TIME =	3.0	TA =	-13.0	TH =	140.0	TCH =	70.5
TIME =	4.0	TA =	-14.0	TH =	140.0	TCH =	70.4
TIME =	5.0	TA =	-15.0	TH =	140.0	TCH =	70.2
TIME =	6.0	TA =	-16.0	TH =	140.0	TCH =	70.6
TIME =	7.0	TA =	-16.0	TH =	140.0	TCH =	77.0
TIME =	8.0	TA =	-15.0	TH =	140.0	TCH =	74.3
TIME =	9.0	TA =	-14.0	TH =	140.0	TCH =	72.9
TIME =	10.0	TA =	-13.0	TH =	117.0	TCH =	72.2
TIME =	11.0	TA =	-10.0	TH =	117.0	TCH =	66.9
TIME =	12.0	TA =	-8.0	TH =	117.0	TCH =	60.7
TIME =	13.0	TA =	-6.0	TH =	117.0	TCH =	60.0
TIME =	14.0	TA =	-4.0	TH =	117.0	TCH =	60.3
TIME =	15.0	TA =	-4.0	TH =	117.0	TCH =	60.5
TIME =	16.0	TA =	-5.0	TH =	117.0	TCH =	60.1
TIME =	17.0	TA =	-5.0	TH =	117.0	TCH =	59.5
TIME =	18.0	TA =	-6.0	TH =	117.0	TCH =	59.2
TIME =	19.0	TA =	-7.0	TH =	117.0	TCH =	59.8
TIME =	20.0	TA =	-8.0	TH =	117.0	TCH =	57.7
TIME =	21.0	TA =	-9.0	TH =	117.0	TCH =	56.4
TIME =	22.0	TA =	-9.0	TH =	140.0	TCH =	56.0
TIME =	23.0	TA =	-10.0	TH =	140.0	TCH =	61.7
TIME =	24.0	TA =	-10.0	TH =	140.0	TCH =	70.2
SGG =	0.8095E-03	IJCIEP =	0.6280E-03	OCIEP =	0.0		
SR(01) =	0.1620E-01	SR(02) =	0.7543E-02	SR(03) =	0.1390E-01		
SR(04) =	0.1442E-01	SR(05) =	0.2209E-01	SR(06) =	0.2276E-01		
SR(07) =	0.1271E-01	SR(08) =	0.2286E-01	SR(09) =	0.1848E-01		
SR(10) =	0.2361E-01	SR(11) =	0.2278E-01	SR(12) =	0.1228E-01		
SR(13) =	0.2292E-01	SR(14) =	0.1542E-01	SR(15) =	0.2301E-01		
SR(16) =	0.2290E-01	SR(17) =	0.2298E-01	SR(18) =	0.1592E-01		
SR(19) =	0.1533E-01	SR(20) =	0.1855E-01	SR(21) =	0.1603E-01		
SR(22) =	0.1260E-01	SR(23) =	0.1604E-01	SR(24) =	0.2362E-01		
SR(25) =	0.1507E-01	SR(26) =	0.1682E-01	SR(27) =	0.1684E-01		
SR(28) =	0.1592E-01	SR(29) =	0.2003E-01	SR(30) =	0.1731E-01		
SR(31) =	0.1735E-01	SR(32) =	0.1480E-01	SR(33) =	0.2156E-01		
SR(34) =	0.1738E-01	SR(35) =	0.2029E-01				

40.

TIME =	0.0	TA =	-11.0	TI =	140.0	TCH =	82.0
TIME =	1.0	TA =	-11.0	TI =	140.0	TCH =	82.0
TIME =	2.0	TA =	-12.0	TI =	140.0	TCH =	82.6
TIME =	3.0	TA =	-13.0	TI =	140.0	TCH =	81.5
TIME =	4.0	TA =	-14.0	TI =	140.0	TCH =	80.0
TIME =	5.0	TA =	-15.0	TI =	140.0	TCH =	78.4
TIME =	6.0	TA =	-16.0	TI =	140.0	TCH =	76.5
TIME =	7.0	TA =	-16.0	TI =	140.0	TCH =	73.7
TIME =	8.0	TA =	-15.0	TI =	140.0	TCH =	71.2
TIME =	9.0	TA =	-14.0	TI =	140.0	TCH =	70.3
TIME =	10.0	TA =	-13.0	TI =	117.0	TCH =	71.3
TIME =	11.0	TA =	-10.0	TI =	117.0	TCH =	65.0
TIME =	12.0	TA =	-8.0	TI =	117.0	TCH =	57.5
TIME =	13.0	TA =	-6.0	TI =	117.0	TCH =	58.6
TIME =	14.0	TA =	-4.0	TI =	117.0	TCH =	61.6
TIME =	15.0	TA =	-4.0	TI =	117.0	TCH =	64.1
TIME =	16.0	TA =	-5.0	TI =	117.0	TCH =	63.9
TIME =	17.0	TA =	-5.0	TI =	117.0	TCH =	62.5
TIME =	18.0	TA =	-6.0	TI =	117.0	TCH =	61.7
TIME =	19.0	TA =	-7.0	TI =	117.0	TCH =	60.0
TIME =	20.0	TA =	-8.0	TI =	117.0	TCH =	57.5
TIME =	21.0	TA =	-9.0	TI =	140.0	TCH =	54.7
TIME =	22.0	TA =	-9.0	TI =	140.0	TCH =	53.3
TIME =	23.0	TA =	-10.0	TI =	140.0	TCH =	61.3
TIME =	24.0	TA =	-10.0	TI =	140.0	TCH =	74.2
SGG =	0.1098E-06	ILCIER =	0.6259E-03	OCIER =	0.7395E-00		
SR(01) =	0.2201E-01	SR(02) =	0.7224E-02	SR(03) =	0.1982E-01		
SR(04) =	0.2070E-01	SR(05) =	0.2923E-01	SR(06) =	0.2921E-01		
SR(07) =	0.1828E-01	SR(08) =	0.2920E-01	SR(09) =	0.2432E-01		
SR(10) =	0.3005E-01	SR(11) =	0.2923E-01	SR(12) =	0.1812E-01		
SR(13) =	0.2935E-01	SR(14) =	0.2131E-01	SR(15) =	0.2944E-01		
SR(16) =	0.2942E-01	SR(17) =	0.2941E-01	SR(18) =	0.2243E-01		
SR(19) =	0.2203E-01	SR(20) =	0.2442E-01	SR(21) =	0.2272E-01		
SR(22) =	0.1857E-01	SR(23) =	0.2276E-01	SR(24) =	0.3103E-01		
SR(25) =	0.2185E-01	SP(26) =	0.2229E-01	SR(27) =	0.2333E-01		
SR(28) =	0.2192E-01	SR(29) =	0.2658E-01	SR(30) =	0.2379E-01		
SR(31) =	0.2357E-01	SR(32) =	0.2077E-01	SR(33) =	0.2795E-01		
SP(34) =	0.2391E-01	SR(35) =	0.2637E-01				

TIME =	0.0	TA =	-11.0	TP =	129.9	TCH =	73.5
TIME =	1.0	TA =	-11.0	TP =	129.9	TCH =	73.5
TIME =	2.0	TA =	-12.0	TP =	130.2	TCH =	73.5
TIME =	3.0	TA =	-13.0	TP =	130.8	TCH =	73.6
TIME =	4.0	TA =	-14.0	TP =	131.9	TCH =	73.8
TIME =	5.0	TA =	-15.0	TP =	133.2	TCH =	74.1
TIME =	6.0	TA =	-16.0	TP =	134.9	TCH =	74.3
TIME =	7.0	TA =	-16.0	TP =	136.5	TCH =	73.6
TIME =	8.0	TA =	-15.0	TP =	137.7	TCH =	71.9
TIME =	9.0	TA =	-14.0	TP =	138.3	TCH =	71.3
TIME =	10.0	TA =	-13.0	TP =	138.3	TCH =	71.0
TIME =	11.0	TA =	-10.0	TP =	137.4	TCH =	70.5
TIME =	12.0	TA =	-8.0	TP =	135.5	TCH =	70.8
TIME =	13.0	TA =	-6.0	TP =	132.9	TCH =	70.7
TIME =	14.0	TA =	-4.0	TP =	129.7	TCH =	70.1
TIME =	15.0	TA =	-4.0	TP =	126.5	TCH =	68.7
TIME =	16.0	TA =	-5.0	TP =	124.0	TCH =	66.5
TIME =	17.0	TA =	-5.0	TP =	122.1	TCH =	64.2
TIME =	18.0	TA =	-6.0	TP =	120.6	TCH =	62.7
TIME =	19.0	TA =	-7.0	TP =	119.8	TCH =	61.2
TIME =	20.0	TA =	-8.0	TP =	119.5	TCH =	59.6
TIME =	21.0	TA =	-9.0	TP =	119.8	TCH =	57.9
TIME =	22.0	TA =	-9.0	TP =	120.2	TCH =	57.6
TIME =	23.0	TA =	-10.0	TP =	120.8	TCH =	53.8
TIME =	24.0	TA =	-10.0	TP =	121.6	TCH =	60.9
SGG =	0.8910E-01	ILCIEP =	0.6278E-03	CCIEP =	0.0	0.59%	
SR(01) =	0.2258E-01	SR(02) =	0.7154E-02	SR(03) =	0.2022E-01		
SR(04) =	0.2110E-01	SR(05) =	0.2972E-01	SR(06) =	0.2961E-01		
SR(07) =	0.1984E-01	SR(08) =	0.2971E-01	SR(09) =	0.2494E-01		
SR(10) =	0.3052E-01	SR(11) =	0.2967E-01	SR(12) =	0.1880E-01		
SR(13) =	0.2989E-01	SR(14) =	0.2187E-01	SR(15) =	0.2997E-01		
SR(16) =	0.2995E-01	SR(17) =	0.2994E-01	SR(18) =	0.2235E-01		
SR(19) =	0.2203E-01	SR(20) =	0.2509E-01	SR(21) =	0.2277E-01		
SR(22) =	0.1936E-01	SR(23) =	0.2326E-01	SR(24) =	0.2949E-01		
SR(25) =	0.2193E-01	SR(26) =	0.2301E-01	SR(27) =	0.2395E-01		
SR(28) =	0.2266E-01	SR(29) =	0.2722E-01	SR(30) =	0.2431E-01		
SR(31) =	0.2454E-01	SR(32) =	0.2150E-01	SR(33) =	0.2877E-01		
SR(34) =	0.2450E-01	SR(35) =	0.2708E-01				

TIME =	0.0	TA =	-11.0	TI =	129.9	TCH =	721.9
TIME =	1.0	TA =	-11.0	TI =	129.9	TCH =	721.9
TIME =	2.0	TA =	-12.0	TI =	130.2	TCH =	721.6
TIME =	3.0	TA =	-13.0	TI =	130.8	TCH =	711.6
TIME =	4.0	TA =	-14.0	TI =	131.9	TCH =	70.8
TIME =	5.0	TA =	-15.0	TI =	133.2	TCH =	70.0
TIME =	6.0	TA =	-16.0	TI =	134.9	TCH =	69.4
TIME =	7.0	TA =	-16.0	TI =	136.5	TCH =	68.2
TIME =	8.0	TA =	-15.0	TI =	137.7	TCH =	67.1
TIME =	9.0	TA =	-14.0	TI =	138.3	TCH =	68.0
TIME =	10.0	TA =	-13.0	TI =	138.3	TCH =	69.3
TIME =	11.0	TA =	-10.0	TI =	137.4	TCH =	71.1
TIME =	12.0	TA =	-8.0	TI =	135.5	TCH =	74.6
TIME =	13.0	TA =	-6.0	TI =	132.9	TCH =	77.2
TIME =	14.0	TA =	-4.0	TI =	129.7	TCH =	78.7
TIME =	15.0	TA =	-4.0	TI =	126.5	TCH =	78.4
TIME =	16.0	TA =	-5.0	TI =	124.0	TCH =	75.0
TIME =	17.0	TA =	-5.0	TI =	122.1	TCH =	70.8
TIME =	18.0	TA =	-7.0	TI =	120.6	TCH =	67.7
TIME =	19.0	TA =	-8.0	TI =	119.8	TCH =	64.3
TIME =	20.0	TA =	-9.0	TI =	119.5	TCH =	60.7
TIME =	21.0	TA =	-9.0	TI =	119.8	TCH =	57.4
TIME =	22.0	TA =	-10.0	TI =	120.2	TCH =	56.0
TIME =	23.0	TA =	-10.0	TI =	120.8	TCH =	56.8
TIME =	24.0	TA =	-10.0	TI =	121.6	TCH =	58.2
SGG =	0.1555E 00	ILCIEP =	0.6205E 03	OCIEP =	0.0		1.74%
SP(01)	= 0.4003E-01	SP(02)	= 0.2403E-01	SR(03)	= 0.5710E+01		
SR(04)	= 0.3958E-01	SR(05)	= 0.4220E-01	SR(06)	= 0.4821E+01		
SR(07)	= 0.4123E-01	SR(08)	= 0.4850E-01	SR(09)	= 0.4258E+01		
SR(10)	= 0.4939E-01	SP(11)	= 0.4841E-01	SR(12)	= 0.3665E+01		
SR(13)	= 0.4902E-01	SP(14)	= 0.3944E-01	SR(15)	= 0.4906E+01		
SR(16)	= 0.4906E-01	SP(17)	= 0.4901E-01	SR(18)	= 0.4042E+01		
SR(19)	= 0.4232E-01	SP(20)	= 0.4315E-01	SR(21)	= 0.4326E+01		
SR(22)	= 0.3799E-01	SR(23)	= 0.4107E-01	SR(24)	= 0.4473E+01		
SR(25)	= 0.4025E-01	SP(26)	= 0.4573E-01	SR(27)	= 0.4387E+01		
SR(28)	= 0.4207E-01	SR(29)	= 0.4741E-01	SR(30)	= 0.4366E+01		
SR(31)	= 0.4529E-01	SR(32)	= 0.4027E-01	SR(33)	= 0.4935E+01		
SR(34)	= 0.4443E-01	SR(35)	= 0.4701E-01				

TIME =	0.0	TA =	-11.0	TR =	130.0	TCH =	72.5
TIME =	1.0	TA =	-11.0	TR =	137.0	TCH =	75.0
TIME =	2.0	TA =	-12.0	TR =	137.0	TCH =	77.1
TIME =	3.0	TA =	-13.0	TR =	137.0	TCH =	77.6
TIME =	4.0	TA =	-14.0	TR =	137.0	TCH =	77.6
TIME =	5.0	TA =	-15.0	TR =	137.0	TCH =	77.4
TIME =	6.0	TA =	-16.0	TR =	142.0	TCH =	76.9
TIME =	7.0	TA =	-16.0	TR =	142.0	TCH =	76.2
TIME =	8.0	TA =	-15.0	TR =	142.0	TCH =	75.1
TIME =	9.0	TA =	-14.0	TR =	142.0	TCH =	74.0
TIME =	10.0	TA =	-13.0	TR =	121.0	TCH =	73.3
TIME =	11.0	TA =	-10.0	TR =	121.0	TCH =	68.5
TIME =	12.0	TA =	-8.0	TR =	121.0	TCH =	62.9
TIME =	13.0	TA =	-6.0	TR =	121.0	TCH =	62.3
TIME =	14.0	TA =	-4.0	TR =	110.0	TCH =	62.6
TIME =	15.0	TA =	-4.0	TR =	110.0	TCH =	60.7
TIME =	16.0	TA =	-5.0	TR =	110.0	TCH =	57.0
TIME =	17.0	TA =	-5.0	TR =	110.0	TCH =	55.6
TIME =	18.0	TA =	-6.0	TR =	110.0	TCH =	55.2
TIME =	19.0	TA =	-7.0	TR =	123.0	TCH =	57.3
TIME =	20.0	TA =	-8.0	TR =	123.0	TCH =	60.1
TIME =	21.0	TA =	-9.0	TR =	123.0	TCH =	59.6
TIME =	22.0	TA =	-9.0	TR =	123.0	TCH =	59.4
TIME =	23.0	TA =	-10.0	TR =	123.0	TCH =	60.5
TIME =	24.0	TA =	-10.0	TR =	123.0	TCH =	62.3
SGG =	0.7186E-01	ILCIEP =	0.6207E-03	OCIEP =	0.17714E-01		
SR(01) =	0.7829E-02	SR(02) =	-1.8175E-02	SR(03) =	0.5406E-02		
SR(04) =	0.5909E-02	SR(05) =	0.1425E-01	SR(06) =	0.1415E-01		
SR(07) =	0.5641E-02	SR(08) =	0.1425E-01	SR(09) =	0.1010E-01		
SR(10) =	0.1506E-01	SR(11) =	0.1422E-01	SR(12) =	0.4091E-02		
SR(13) =	0.1446E-01	SR(14) =	0.7073E-02	SR(15) =	0.1454E-01		
SR(16) =	0.1452E-01	SR(17) =	0.1450E-01	SR(18) =	0.7687E-02		
SR(19) =	0.7579E-02	SR(20) =	0.1029E-01	SR(21) =	0.2300E-02		
SR(22) =	0.47714E-02	SR(23) =	0.8518E-02	SR(24) =	0.1315E-01		
SR(25) =	0.6262E-02	SR(26) =	0.8580E-02	SR(27) =	0.8628E-02		
SR(28) =	0.7977E-02	SR(29) =	0.1185E-01	SR(30) =	0.2919E-02		
SR(31) =	0.9542E-02	SR(32) =	0.6786E-02	SR(33) =	0.1355E-01		
SR(34) =	0.9145E-02	SR(35) =	0.1213E-01				

TIME =	0.0	TA =	-11.0	TI =	130.0	TCH =	72.9
TIME =	1.0	TA =	-11.0	TI =	137.0	TCH =	75.3
TIME =	2.0	TA =	-12.0	TI =	137.0	TCH =	78.5
TIME =	3.0	TA =	-13.0	TI =	137.0	TCH =	78.2
TIME =	4.0	TA =	-14.0	TI =	137.0	TCH =	77.0
TIME =	5.0	TA =	-15.0	TI =	137.0	TCH =	75.4
TIME =	6.0	TA =	-16.0	TI =	142.0	TCH =	75.5
TIME =	7.0	TA =	-16.0	TI =	142.0	TCH =	72.5
TIME =	8.0	TA =	-15.0	TI =	142.0	TCH =	72.4
TIME =	9.0	TA =	-14.0	TI =	142.0	TCH =	72.6
TIME =	10.0	TA =	-13.0	TI =	121.0	TCH =	72.3
TIME =	11.0	TA =	-10.0	TI =	121.0	TCH =	67.7
TIME =	12.0	TA =	-8.0	TI =	121.0	TCH =	61.1
TIME =	13.0	TA =	-6.0	TI =	121.0	TCH =	62.5
TIME =	14.0	TA =	-4.0	TI =	110.0	TCH =	65.7
TIME =	15.0	TA =	-4.0	TI =	110.0	TCH =	64.3
TIME =	16.0	TA =	-5.0	TI =	110.0	TCH =	58.5
TIME =	17.0	TA =	-5.0	TI =	110.0	TCH =	55.8
TIME =	18.0	TA =	-6.0	TI =	110.0	TCH =	54.7
TIME =	19.0	TA =	-7.0	TI =	123.0	TCH =	57.5
TIME =	20.0	TA =	-8.0	TI =	123.0	TCH =	61.6
TIME =	21.0	TA =	-9.0	TI =	123.0	TCH =	60.3
TIME =	22.0	TA =	-9.0	TI =	123.0	TCH =	59.1
TIME =	23.0	TA =	-10.0	TI =	123.0	TCH =	59.6
TIME =	24.0	TA =	-10.0	TI =	123.0	TCH =	60.5
SGG =	0.8068E-01	ILCIEP =	0.6231E-03	OCIEP =	0.1336E-01		
SR(01) =	0.5950E-02	SR(02) =	-.9994E-10	SR(03) =	0.3437E-02		
SR(04) =	0.4144E-12	SR(05) =	0.1249E-01	SR(06) =	0.1244E-01		
SR(07) =	0.4071E-02	SR(08) =	0.1252E-01	SR(09) =	0.0231E-02		
SR(10) =	0.1344E-01	SR(11) =	0.1256E-01	SR(12) =	0.2339E-02		
SR(13) =	0.1296E-01	SR(14) =	0.5341E-02	SR(15) =	0.1303E-01		
SR(16) =	0.1302E-01	SR(17) =	0.1299E-01	SR(18) =	0.0444E-02		
SR(19) =	0.6370E-02	SR(20) =	0.8644E-02	SR(21) =	0.7154E-02		
SR(22) =	0.3388E-02	SR(23) =	0.7112E-02	SR(24) =	0.1138E-01		
SR(25) =	0.5064E-02	SR(26) =	0.7596E-02	SR(27) =	0.7691E-02		
SR(28) =	0.17163E-02	SR(29) =	0.1100E-01	SR(30) =	0.7740E-02		
SR(31) =	0.8585E-02	SR(32) =	0.5624E-02	SR(33) =	0.1264E-01		
SR(34) =	0.8241E-02	SR(35) =	0.1147E-01				

TIME =	0.0	TA =	-11.0	TI =	140.0	TCH =	79.5
TIME =	1.0	TA =	-11.0	TI =	140.0	TCH =	79.5
TIME =	2.0	TA =	-12.0	TI =	140.0	TCH =	79.5
TIME =	3.0	TA =	-13.0	TI =	140.0	TCH =	79.5
TIME =	4.0	TA =	-14.0	TI =	140.0	TCH =	79.4
TIME =	5.0	TA =	-15.0	TI =	140.0	TCH =	79.2
TIME =	6.0	TA =	-16.0	TI =	140.0	TCH =	78.6
TIME =	7.0	TA =	-16.0	TI =	146.0	TCH =	78.2
TIME =	8.0	TA =	-15.0	TI =	146.0	TCH =	77.5
TIME =	9.0	TA =	-14.0	TI =	146.0	TCH =	76.5
TIME =	10.0	TA =	-13.0	TI =	137.0	TCH =	75.7
TIME =	11.0	TA =	-10.0	TI =	137.0	TCH =	73.3
TIME =	12.0	TA =	-8.0	TI =	121.0	TCH =	71.2
TIME =	13.0	TA =	-6.0	TI =	121.0	TCH =	68.2
TIME =	14.0	TA =	-4.0	TI =	121.0	TCH =	64.0
TIME =	15.0	TA =	7.0	TI =	121.0	TCH =	63.2
TIME =	16.0	TA =	5.0	TI =	111.0	TCH =	62.6
TIME =	17.0	TA =	-5.0	TI =	111.0	TCH =	59.8
TIME =	18.0	TA =	-6.0	TI =	111.0	TCH =	56.6
TIME =	19.0	TA =	-7.0	TI =	111.0	TCH =	55.4
TIME =	20.0	TA =	-8.0	TI =	111.0	TCH =	54.2
TIME =	21.0	TA =	-9.0	TI =	121.0	TCH =	54.9
TIME =	22.0	TA =	-9.0	TI =	121.0	TCH =	57.4
TIME =	23.0	TA =	-10.0	TI =	121.0	TCH =	59.2
TIME =	24.0	TA =	-10.0	TI =	121.0	TCH =	61.1
SGG =	0.1191E-06	TA =		TI =		TCH =	
SR(01) =	0.12933E-01	ILCI EP =	0.6265E-03	OCIEP =	0.0	0.24%	
SR(04) =	0.2701E-01	SP(02) =	0.1291E-01	SR(03) =	0.2639E-01		
SR(07) =	0.2533E-01	SP(05) =	0.3573E-01	SR(06) =	0.2564E-01		
SR(10) =	0.3674E-01	SF(08) =	0.3577E-01	SR(09) =	0.3156E-01		
SR(13) =	0.3632E-01	SR(11) =	0.3579E-01	SR(12) =	0.2517E-01		
SR(16) =	0.3638E-01	SR(14) =	0.2850E-01	SR(15) =	0.2641E-01		
SR(19) =	0.2650E-01	SR(17) =	0.3626E-01	SR(18) =	0.2802E-01		
SR(22) =	0.2637E-01	SR(20) =	0.3199E-01	SR(21) =	0.2727E-01		
SR(25) =	0.2935E-01	SR(23) =	0.3031E-01	SR(24) =	0.3746E-01		
SR(28) =	0.3072E-01	SP(26) =	0.3105E-01	SR(27) =	0.3116E-01		
SR(31) =	0.3131E-01	SR(29) =	0.3460E-01	SR(30) =	0.3123E-01		
SR(34) =	0.3181E-01	SF(32) =	0.2833E-01	SR(33) =	0.3586E-01		
		SF(35) =	0.3583E-01				

TIME =	0.0	TA =	-11.0	TH =	140.0	TCH =	83.0
TIME =	1.0	TA =	-11.0	TH =	140.0	TCH =	83.0
TIME =	2.0	TA =	-12.0	TH =	140.0	TCH =	82.6
TIME =	3.0	TA =	-13.0	TH =	140.0	TCH =	81.5
TIME =	4.0	TA =	-14.0	TH =	140.0	TCH =	80.0
TIME =	5.0	TA =	-15.0	TH =	140.0	TCH =	78.4
TIME =	6.0	TA =	-16.0	TH =	140.0	TCH =	76.5
TIME =	7.0	TA =	-16.0	TH =	146.0	TCH =	75.8
TIME =	8.0	TA =	-15.0	TH =	146.0	TCH =	76.2
TIME =	9.0	TA =	-14.0	TH =	146.0	TCH =	76.5
TIME =	10.0	TA =	-13.0	TH =	137.0	TCH =	77.3
TIME =	11.0	TA =	-10.0	TH =	137.0	TCH =	75.8
TIME =	12.0	TA =	-8.0	TH =	121.0	TCH =	75.4
TIME =	13.0	TA =	-6.0	TH =	121.0	TCH =	72.8
TIME =	14.0	TA =	-4.0	TH =	121.0	TCH =	68.1
TIME =	15.0	TA =	-4.0	TH =	121.0	TCH =	68.8
TIME =	16.0	TA =	-5.0	TH =	111.0	TCH =	68.2
TIME =	17.0	TA =	-5.0	TH =	111.0	TCH =	65.1
TIME =	18.0	TA =	-6.0	TH =	111.0	TCH =	57.2
TIME =	19.0	TA =	-7.0	TH =	111.0	TCH =	54.3
TIME =	20.0	TA =	-8.0	TH =	111.0	TCH =	51.6
TIME =	21.0	TA =	-9.0	TH =	121.0	TCH =	52.3
TIME =	22.0	TA =	-9.0	TH =	121.0	TCH =	55.7
TIME =	23.0	TA =	-10.0	TH =	121.0	TCH =	57.3
TIME =	24.0	TA =	-10.0	TH =	121.0	TCH =	50.5
SGG =	0.1622E 00	ILCIEP =	0.156E 03	OCIEP =	0.1982E 01		
SR(01)	= 0.4746E-01	SP(02)	= 0.2988E-01	SR(03)	= 0.4374E-01		
SR(04)	= 0.4478E-01	SR(05)	= 0.5373E-01	SR(06)	= 0.5377E-01		
SR(07)	= 0.4409E-01	SR(08)	= 0.5391E-01	SR(09)	= 0.4973E-01		
SR(10)	= 0.5530E-01	SR(11)	= 0.5415E-01	SR(12)	= 0.4328E-01		
SP(13)	= 0.5528E-01	SR(14)	= 0.4676E-01	SR(15)	= 0.5534E-01		
SR(16)	= 0.5530E-01	SR(17)	= 0.5526E-01	SR(18)	= 0.4597E-01		
SR(19)	= 0.4409E-01	SR(20)	= 0.5020E-01	SR(21)	= 0.4504E-01		
SR(22)	= 0.4579E-01	SR(23)	= 0.4961E-01	SR(24)	= 0.5585E-01		
SR(25)	= 0.4927E-01	SR(26)	= 0.5147E-01	SR(27)	= 0.5173E-01		
SR(28)	= 0.5196E-01	SR(29)	= 0.5554E-01	SR(30)	= 0.5105E-01		
SR(31)	= 0.5177E-01	SR(32)	= 0.4881E-01	SR(33)	= 0.5663E-01		
SR(34)	= 0.35252E-01	SR(35)	= 0.5796E-01				

TIME =	0.0	TA =	3.0	TH =	82.0	TCH =	51.1
TIME =	1.0	TA =	3.0	TH =	82.0	TCH =	51.1
TIME =	2.0	TA =	3.0	TH =	82.0	TCH =	51.1
TIME =	3.0	TA =	3.0	TH =	82.0	TCH =	51.1
TIME =	4.0	TA =	3.0	TH =	82.0	TCH =	51.1
TIME =	5.0	TA =	3.0	TH =	82.0	TCH =	50.9
TIME =	6.0	TA =	3.0	TH =	82.0	TCH =	50.4
TIME =	7.0	TA =	3.0	TH =	82.0	TCH =	49.1
TIME =	8.0	TA =	3.0	TH =	82.0	TCH =	47.1
TIME =	9.0	TA =	4.0	TH =	82.0	TCH =	46.1
TIME =	10.0	TA =	5.0	TH =	76.0	TCH =	45.6
TIME =	11.0	TA =	7.0	TH =	76.0	TCH =	44.0
TIME =	12.0	TA =	8.0	TH =	71.0	TCH =	42.7
TIME =	13.0	TA =	9.0	TH =	71.0	TCH =	41.5
TIME =	14.0	TA =	10.0	TH =	71.0	TCH =	40.8
TIME =	15.0	TA =	11.0	TH =	71.0	TCH =	40.7
TIME =	16.0	TA =	10.0	TH =	71.0	TCH =	40.3
TIME =	17.0	TA =	9.0	TH =	71.0	TCH =	39.9
TIME =	18.0	TA =	8.0	TH =	71.0	TCH =	39.7
TIME =	19.0	TA =	7.0	TH =	71.0	TCH =	39.4
TIME =	20.0	TA =	7.0	TH =	71.0	TCH =	38.7
TIME =	21.0	TA =	7.0	TH =	71.0	TCH =	37.8
TIME =	22.0	TA =	7.0	TH =	71.0	TCH =	37.6
TIME =	23.0	TA =	6.0	TH =	71.0	TCH =	36.3
TIME =	24.0	TA =	5.0	TH =	71.0	TCH =	35.4
SGG =	0.1062E 00	ILCLIP =	0.3288E 03	OCIEP =	0.1679E 01		
SR(01) =	0.1231E-01	SR(02) =	-.8133E-02	SR(03) =	0.3093E-02		
SR(04) =	0.1437E-01	SR(05) =	0.2080E-01	SR(06) =	0.2071E-01		
SR(07) =	0.14116E-01	SR(08) =	0.2035E-01	SR(09) =	0.11484E-01		
SR(10) =	0.2180E-01	SR(11) =	0.2037E-01	SR(12) =	0.1104E-01		
SR(13) =	0.2141E-01	SR(14) =	0.1060E-01	SR(15) =	0.2150E-01		
SR(16) =	0.2146E-01	SR(17) =	0.2144E-01	SR(18) =	0.11260E-01		
SR(19) =	0.13325E-01	SR(20) =	0.1529E-01	SR(21) =	0.3408E-01		
SR(22) =	0.11229E-01	SR(23) =	0.11400E-01	SR(24) =	-.19840E-02		
SR(25) =	0.17779E-02	SR(26) =	0.11488E-01	SR(27) =	0.1499E-01		
SR(28) =	0.1391E-01	SR(29) =	0.1828E-01	SR(30) =	0.1386E-01		
SR(31) =	0.2507E-01	SR(32) =	0.1231E-01	SR(33) =	0.2473E-01		
SR(34) =	0.1480E-01	SR(35) =	0.1984E-01				

TIME =	0.0	TA =	3.0	TH =	82.0	TCH =	51.0
TIME =	1.0	TA =	3.0	TH =	82.0	TCH =	51.0
TIME =	2.0	TA =	3.0	TH =	82.0	TCH =	51.0
TIME =	3.0	TA =	3.0	TH =	82.0	TCH =	51.0
TIME =	4.0	TA =	3.0	TH =	82.0	TCH =	50.9
TIME =	5.0	TA =	3.0	TH =	82.0	TCH =	50.7
TIME =	6.0	TA =	3.0	TH =	82.0	TCH =	50.3
TIME =	7.0	TA =	3.0	TH =	82.0	TCH =	48.9
TIME =	8.0	TA =	3.0	TH =	82.0	TCH =	46.9
TIME =	9.0	TA =	4.0	TH =	82.0	TCH =	46.2
TIME =	10.0	TA =	5.0	TH =	76.0	TCH =	46.7
TIME =	11.0	TA =	7.0	TH =	76.0	TCH =	46.0
TIME =	12.0	TA =	8.0	TH =	71.0	TCH =	45.6
TIME =	13.0	TA =	9.0	TH =	71.0	TCH =	45.4
TIME =	14.0	TA =	10.0	TH =	71.0	TCH =	44.7
TIME =	15.0	TA =	11.0	TH =	71.0	TCH =	45.8
TIME =	16.0	TA =	10.0	TH =	71.0	TCH =	46.1
TIME =	17.0	TA =	9.0	TH =	71.0	TCH =	44.8
TIME =	18.0	TA =	8.0	TH =	71.0	TCH =	45.3
TIME =	19.0	TA =	7.0	TH =	71.0	TCH =	41.6
TIME =	20.0	TA =	7.0	TH =	71.0	TCH =	40.0
TIME =	21.0	TA =	7.0	TH =	71.0	TCH =	38.8
TIME =	22.0	TA =	7.0	TH =	71.0	TCH =	38.5
TIME =	23.0	TA =	6.0	TH =	71.0	TCH =	38.9
TIME =	24.0	TA =	5.0	TH =	71.0	TCH =	39.0
SGG =	0.1207E+00	ILCIEP =	0.3127E+03	DCIEP =	0.6485E+01		
SR(01) =	0.5352E-01	SR(02) =	0.53098E-01	SR(03) =	0.4871E-01		
SR(04) =	0.5741E-01	SR(05) =	0.6383E-01	SR(06) =	0.6394E-01		
SR(07) =	0.39334E-01	SR(08) =	0.6402E-01	SR(09) =	0.5663E-01		
SR(10) =	0.6536E-01	SR(11) =	0.6423E-01	SR(12) =	0.5337E-01		
SR(13) =	0.6526E-01	SR(14) =	0.5207E-01	SR(15) =	0.6527E-01		
SR(16) =	0.6523E-01	SR(17) =	0.6521E-01	SR(18) =	0.5584E-01		
SR(19) =	0.8306E-01	SR(20) =	0.5760E-01	SR(21) =	0.6425E-01		
SR(22) =	0.5554E-01	SR(23) =	0.5677E-01	SR(24) =	0.2330E-01		
SR(25) =	0.4186E-01	SR(26) =	0.5912E-01	SR(27) =	0.5934E-01		
SR(28) =	0.5772E-01	SR(29) =	0.6305E-01	SR(30) =	0.5731E-01		
SR(31) =	0.7237E-01	SR(32) =	0.5547E-01	SR(33) =	0.7101E-01		
SR(34) =	0.5902E-01	SR(35) =	0.6405E-01				

TIME =	0.0	TA =	-11.0	TH =	129.9	TCH =	73.5
TIME =	1.0	TA =	-11.0	TH =	129.9	TCH =	75.5
TIME =	2.0	TA =	-12.0	TH =	133.4	TCH =	75.7
TIME =	3.0	TA =	-13.0	TH =	136.8	TCH =	75.0
TIME =	4.0	TA =	-14.0	TH =	140.3	TCH =	76.8
TIME =	5.0	TA =	-15.0	TH =	143.7	TCH =	78.6
TIME =	6.0	TA =	-16.0	TH =	147.2	TCH =	80.1
TIME =	7.0	TA =	-16.0	TH =	147.2	TCH =	80.3
TIME =	8.0	TA =	-15.0	TH =	143.7	TCH =	78.2
TIME =	9.0	TA =	-14.0	TH =	140.3	TCH =	75.6
TIME =	10.0	TA =	-13.0	TH =	136.8	TCH =	73.0
TIME =	11.0	TA =	-10.0	TH =	126.5	TCH =	70.1
TIME =	12.0	TA =	-8.0	TH =	119.6	TCH =	66.2
TIME =	13.0	TA =	-6.0	TH =	112.7	TCH =	62.6
TIME =	14.0	TA =	-4.0	TH =	105.8	TCH =	59.1
TIME =	15.0	TA =	-4.0	TH =	105.8	TCH =	55.8
TIME =	16.0	TA =	-5.0	TH =	109.2	TCH =	54.1
TIME =	17.0	TA =	-5.0	TH =	109.2	TCH =	54.3
TIME =	18.0	TA =	-6.0	TH =	112.7	TCH =	56.7
TIME =	19.0	TA =	-7.0	TH =	116.1	TCH =	55.7
TIME =	20.0	TA =	-8.0	TH =	119.6	TCH =	56.5
TIME =	21.0	TA =	-9.0	TH =	123.0	TCH =	57.2
TIME =	22.0	TA =	-9.0	TH =	123.0	TCH =	58.6
TIME =	23.0	TA =	-10.0	TH =	126.5	TCH =	60.6
TIME =	24.0	TA =	-10.0	TH =	126.5	TCH =	63.6
SGG =	0.8156E-01	ILCIEP =	0.6191E-03	OCIEP =	0.0		1.96%
SR(01) =	0.1016E-02	SR(02) =	-0.1475E-01	SR(03) =	-0.1247E-02		
SR(04) =	-0.7520E-03	SR(05) =	0.7460E-02	SR(06) =	0.7373E-02		
SR(07) =	-0.7511E-03	SR(08) =	0.7456E-02	SR(09) =	0.3363E-02		
SR(10) =	0.8237E-02	SR(11) =	0.7414E-02	SR(12) =	-0.2579E-02		
SR(13) =	0.7596E-02	SR(14) =	0.3170E-03	SR(15) =	0.7661E-02		
SR(16) =	0.7634E-02	SR(17) =	0.7634E-02	SR(18) =	0.9390E-03		
SR(19) =	0.1063E-02	SR(20) =	0.3468E-02	SR(21) =	0.1787E-02		
SR(22) =	-0.2135E-02	SR(23) =	0.1643E-02	SR(24) =	0.5819E-02		
SR(25) =	-0.8319E-03	SR(26) =	0.1597E-02	SR(27) =	0.1630E-02		
SR(28) =	0.9475E-03	SR(29) =	0.4787E-02	SR(30) =	0.1975E-02		
SR(31) =	0.2688E-02	SR(32) =	-0.1204E-03	SR(33) =	0.6567E-02		
SR(34) =	0.2118E-02	SR(35) =	0.5002E-02				

TIME =	0.0	TA =	-11.0	TI =	129.9	TCH =	72.9
TIME =	1.0	TA =	-11.0	TI =	129.9	TCH =	72.9
TIME =	2.0	TA =	-12.0	TI =	133.4	TCH =	72.9
TIME =	3.0	TA =	-13.0	TI =	136.8	TCH =	74.0
TIME =	4.0	TA =	-14.0	TI =	140.3	TCH =	75.7
TIME =	5.0	TA =	-15.0	TI =	143.7	TCH =	77.5
TIME =	6.0	TA =	-16.0	TI =	147.2	TCH =	79.0
TIME =	7.0	TA =	-16.0	TI =	147.2	TCH =	79.3
TIME =	8.0	TA =	-15.0	TI =	143.7	TCH =	77.6
TIME =	9.0	TA =	-14.0	TI =	140.3	TCH =	75.3
TIME =	10.0	TA =	-13.0	TI =	136.8	TCH =	72.8
TIME =	11.0	TA =	-10.0	TI =	126.5	TCH =	70.3
TIME =	12.0	TA =	-8.0	TI =	119.6	TCH =	66.7
TIME =	13.0	TA =	-6.0	TI =	112.7	TCH =	63.1
TIME =	14.0	TA =	-4.0	TI =	105.8	TCH =	59.6
TIME =	15.0	TA =	-4.0	TI =	105.8	TCH =	55.8
TIME =	16.0	TA =	-5.0	TI =	109.2	TCH =	52.5
TIME =	17.0	TA =	-5.0	TI =	109.2	TCH =	53.6
TIME =	18.0	TA =	-6.0	TI =	112.7	TCH =	53.9
TIME =	19.0	TA =	-7.0	TI =	116.1	TCH =	54.7
TIME =	20.0	TA =	-8.0	TI =	119.6	TCH =	55.5
TIME =	21.0	TA =	-9.0	TI =	123.0	TCH =	56.1
TIME =	22.0	TA =	-9.0	TI =	123.0	TCH =	57.7
TIME =	23.0	TA =	-10.0	TI =	126.5	TCH =	59.7
TIME =	24.0	TA =	-10.0	TI =	126.5	TCH =	62.7
SGG =	0.8189E-01	ILCIEP =	0.6251E-03	OCIEP =	0.4605E-00		
SR(01) =	-.46838E-02	SF(02) =	-.2239E-01	SR(03) =	-.5054E-02		
SR(04) =	-.8639E-02	SF(05) =	-.4765E-03	SR(06) =	-.4819E-03		
SR(07) =	-.8302E-02	SF(08) =	-.4258E-03	SR(09) =	-.4376E-02		
SR(10) =	0.4807E-03	SR(11) =	-.3747E-03	SR(12) =	-.1022E-01		
SR(13) =	-.1499E-04	SF(14) =	-.7261E-02	SR(15) =	0.0276E-05		
SR(16) =	-.1819E-04	SF(17) =	-.1968E-04	SR(18) =	-.6441E-02		
SR(19) =	-.6832E-02	SF(20) =	-.4057E-02	SR(21) =	-.7997E-02		
SF(22) =	-.9389E-02	SF(23) =	-.5657E-02	SR(24) =	-.1542E-02		
SR(25) =	-.7808E-02	SF(26) =	-.5337E-02	SR(27) =	-.5268E-02		
SR(28) =	-.5631E-02	SR(29) =	-.2030E-02	SR(30) =	-.5193E-02		
SR(31) =	-.4399E-02	SF(32) =	-.7097E-02	SR(33) =	-.7226E-03		
SR(34) =	-.4728E-02	SF(35) =	-.2049E-02				

1%

4. PODSUMOWANIE WYNIKÓW SIECIOWYCH BADAŃ SYMULACYJNYCH

Poniżej zrekapitulowano doświadczenia z okresu trzech lat użytkowania metody symulacji sieci ciepłych /1/ z wykorzystaniem pakietu oprogramowania FINN II. W tym okresie wykonano z jej pomocą trzy duże cykle badań: sieci białostockiej /8/, sieci szczecińskiej /6/ i rozdz. 2. tego sprawozdania/, oraz sieci Osiedla Kopernika w Poznaniu rozdz. 3. tego sprawozdania. Badania białostockie prowadzono celem oceny przydatności różnych typów wskaźników jakości sterowania siecią i skuteczności różnych sposobów tego sterowania. Było to potrzebne do zaprojektowania oprogramowania użytkowego dla systemu CRPD instalowanego w WPEC - Białystok. Pozostałe dwa obiekty symulowano celem oceny skuteczności masowej automatyzacji węzłów ciepłych.

Rekapitulację przeprowadzono zarówno w aspekcie oceny przydatności stosowanej metody, jak również w aspekcie wykrytych własności sieci ciepłych, a także w aspekcie narzucających się kierunków dalszych badań w dziedzinie automatyzacji ciepłownictwa.

4.1. OCENA METODY SYMULACJI

W każdym z przypadków zastosowania FINN-a do symulacji sieci wprowadzono pewne uproszczenia i modyfikacje podprogramów bibliotecznych. Wynikało to zarówno ze szczególnych właściwości danego obiektu, jak również ze skąpych z reguły danych wejściowych niezbędnych do budowy modelu matematycznego. Tak więc dla Białegostoku przyjęto, że odbiorniki komunalne mają stałą oporność hydrauliczną i pominięto w ogóle wpływ rozbioru ciepłej wody użytkowej. W przypadku Szczecina badano tylko hydraulikę sieci, pomijając procesy cieplne. Natomiast dla Poznania

dla Poznania odwrotnie niż w Szczecinie badano tylko procesy cieplne, pomijając zjawiska hydrauliczne /zakładając stały rozdział czynnika do poszczególnych odbiorników/. W każdym przypadku dodatkowo stosowano szczegółowe zabiegi upraszczające w używanych podprogramach.

Ten stan rzeczy potwierdził zasadność rezygnacji z przekształcenia FINN-a w sztywny i zamknięty system oprogramowania /1/. Jak wykazała trzyletnia eksploatacja, robić tego nie warto. Kosztem zwiększonego nieco wysiłku programisty uzyskuje się dzięki temu dużą elastyczność w stosowaniu metody, a także możliwość oszczędnego wykorzystywania pamięci komputera i możliwość minimalizacji czasu obliczeń. Te ostatnie cechy są szczególnie ważne w przypadku rozbudowanych modeli i symulacji dynamiki przepływu ciepła.

Dla przykładu po wielu zabiegach optymalizujących program czas liczenia jednego cyklu dobowego w Osiedlu Kopernika, na szybkim komputerze R-32, wynosił ponad godzinę. To samo bez zabiegów upraszczających, a więc przy bezkrytycznym wykorzystaniu oprogramowania bibliotecznego, trwałoby kilkakrotnie dłużej.

W konkluzji stwierdzić można, że trzyletni okres eksploatacji potwierdził przydatność metody /1/. Nie ma potrzeby wprowadzania do niej zmian pod warunkiem elastycznego i krytycznego traktowania wykorzystywanego oprogramowania w kolejnych zastosowaniach praktycznych.

4.2. WYKRYTE WŁASNOŚCI SIECI

We wszystkich omawianych badaniach uwagę zwracano na własności regulacyjne sieci. Ogólnym wnioskiem nasuwającym się w tym aspekcie jest bardzo zła sterowalność sieci ciepłych i bardzo duża wrażliwość na zmiany przewodności

hydraulicznej odbiorników. Przyczynami są tu nieliniowe własności hydrauliczne /tzw. prawo kwadratu/ i opóźnienie transportowe w przekazywaniu ciepła.

Najskuteczniejsze sterowanie siecią uzyskuje się przez zmiany temperatury zasilania w źródle /tzw. sterowanie jakościowe/. Zdecydowanie gorzej przedstawia się sterowanie wydajnością pomp w źródle i przepompowniach, a zupełnie nieskuteczne jest sterowanie zasuwami magistralnymi. W dwóch ostatnich przypadkach, skutek sterowania tzn. względna zmiana ilości dostarczonego ciepła jest zawsze kilkakrotnie mniejszy od szkodliwego efektu ubocznego tzn. względnej zmiany ciśnień dyspozycyjnych w punktach sieci położonych za miejscem wprowadzenia sterowania /patrząc od strony źródła/.

W sieciach rozległych, gdzie opóźnienia transportowe między źródłem i odbiornikami wynoszą kilka i więcej godzin jedynym sensownym sposobem sterowania jest sterowanie dwustopniowe temperaturą zasilania w cyklu dziennie-nocny /dwa razy na dobę/. Przy tym i tak efekt sterowania z poprzedniego cyklu nakłada się na efekt sterowania bieżącego. Podstawą wyboru wartości wysterowywanej temperatury zasilania powinny być przy tym średnia prognozowana temperatura zewnętrzna na nadchodzący cykl /dzień lub noc/. Jest rzeczą zastanawiającą że również w przypadku sieci małych, gdzie opóźnienia transportowe nie przekraczają godziny, prymitywne sterowanie jakościowe w cyklu dziennie-nocny okazuje się niewiele gorsze od innych bardziej wyszukanych, a zatem bardziej uciążliwych sposobów sterowania.

Niska sterowalność sieci sprawia, że błędy w prognozie zewnętrznej temperatury średniej na nadchodzący dzień/noc rzędu jednego do dwóch stopni, a także błędy nastawy tempe-

ratury zasilania dwu- trzykrotnie większe od poprzednich nie mają istotnego wpływu na skuteczność sterowania jakościowego. Powyższe oceniono na podstawie zachowania się wskaźników zdefiniowanych w /7/, których postać wydaje się być dobra, a przynajmniej nie była jak dotychczas przez nikogo kwestionowana.

Zastosowanie regulacji pogodowej w węzłach szeregowo-równoległych może spowodować kompletne rozregulowanie hydrauliczne sieci i uniemożliwienie poprawnej pracy źródła. Przyczyna tkwi w tym, że regulatory pogodowe mogą powodować zmiany przewodności odbiorników w bardzo szerokim zakresie /od zera do powyżej 100 %/ odnośnie do wartości nominalnej/ a reagują praktycznie natychmiast na zmiany temperatury zewnętrznej, czego nie można powiedzieć o źródle i sieci magistralnej. Przy tym częściowe wyposażenie węzłów w danej sieci w regulatory pogodowe zdecydowanie pogarsza warunki pracy węzłów niezautomatyzowanych.

Zastosowanie regulatorów pogodowych w węzłach szeregowo szeregowych w układzie z zaworem trójdrogowym, bocznikujący obwód c.o. powoduje z kolei podwyższenie temperatury powrotu do źródła, natomiast wynikająca z takiej automatyzacji oszczędność energii jest pomijalnie mała.

Inaczej sprawa ma się z powszechnym zastosowaniem regulatorów ciśnienia dyspozycyjnego w węzłach komunalnych. Jest to zabieg korzystny, gdyż praktycznie uniezależnia odbiorniki komunalne od wahań ciśnienia w sieci wywołanych działaniem odbiorników szklarniowych i przemysłowych, które charakteryzują się dużymi zmianami przewodności. Przy tym dokładność regulacji hydraulicznej nie musi być w tym zastosowaniu zbyt wysoka. Dopuszczalne jest stosowanie regulatorów o du-

żym zakresie proporcjonalności.

4.3. KIERUNKI DALSZYCH BADAŃ W DZIEDZINIE AUTOMATYZACJI CIEPŁOWNICTWA

Wnioskiem nieodparcie nasuwającym się w wyniku dotychczas przeprowadzonych metodą FINN II symulacyjnych badań sieci jest nieopłacalność powszechnej automatyzacji węzłów cieplnych za pomocą regulatorów pogodowych. Pokrywa się to z wynikami innych badań numerycznych /dr Śnieżyk - Wrocław a także z wynikami badań obiektowych i symulacyjnych pojedynczych węzłów cieplnych. Także bieżąco wskazuje na to, że wniosek nie powinien być zlekceważony przez specjalistów odpowiedzialnych za decyzje w sprawie automatyzacji ciepłownictwa, choćby byli oni bardzo sceptycznie nastawieni odnośnie do wartości i przydatności badań symulacyjnych w tej branży.

Drugim wnioskiem jest celowość wyposażenia węzłów komunalnych w regulatory ciśnienia dyspozycyjnego. Z tym, że tu ponownie proponujemy instalowanie tych regulatorów w sposób umożliwiający utrzymanie stałego przepływu wody sieciowej przez węzeł niezależnie od rozbioru sieci c.w. i niezależnie od typu węzła - szeregowo-równoległy czy szeregowo-szeregowy. Jest to zresztą chyba najprostsze z możliwych rozwiązań układowych. Proponujemy je konsekwentnie od trzech lat w kolejnych sprawozdaniach z realizacji zadania "Opracowanie i wdrożenie nowych środków automatyki węzłów cieplnych." Jak dotąd bezskutecznie.

Trzeci z nasuwających się wniosków, poparty jak dotąd wyłącznie wynikami badań symulacyjnych metodą FINN II, sugeruje celowość podjęcia szczegółowych badań racjonalizacji sterowania termicznego źródłami ciepła. Trzeba jedna

podkreślić, że dotychczasowe wyniki badań nie pozwalają oczekiwać nadzwyczajnych oszczędności energetycznych również tą drogą. Wynika to ze stwierdzonej bardzo niskiej sterowalności sieci ciepłych. Proponujemy zatem podjęcie badań symulacyjnych racjonalizacji sterowania termicznego źródłami ciepła w różnych odmianach sieci /rozległość, konfiguracja itp./. Sugerujemy posłużenie się właśnie techniką symulacji, bowiem trzeba sobie wyobrazić przeprowadzenie takich badań bezpośrednio na obiektach w rozsądnym interwale czasu i przy możliwych do poniesienia nakładach. Trzeba przy tym podkreślić, że sprawa metodyki sterowania termicznego nie musi być łączona ze sprawą /dość popularną ale jednocześnie kosztowną/ wyposażenia sieci w komputerowe systemy CRPD. Można sobie wyobrazić opracowanie dla danej sieci racjonalnej metodyki sterowania opartej o dane pomiarowe wcale nie pochodzące z systemu CRPD w stylu np. białostockiem.

Proponujemy wreszcie podjęcie choćby ograniczonych badań poligonowych układów automatyzacji węzłów komunalnych, w których wykorzystywany jest efekt akumulacji ciepła w budynku. Układy takie powinny lepiej pasować do krajowych sieci zasilanych ze źródeł opalanych węglem. Szczegółowo o tym pisaliśmy we wspomnianych opracowaniach dotyczących naszych środków automatyki. Trzeba tu zaznaczyć, że przyjęcie w tym zakresie naszych propozycji pozwalałoby na łatwe wyposażenie węzłów wcześniej wyposażonych w regulatory hydrauliczne w automatykę termiczną c.o. bez konieczności przeróbek instalacji technologiczne węzła. Zatem proponujemy bezpieczny kierunek dalszych badań automatyzacji węzłów, który jeśli nawet okaże się nieudany /jak teraz okazały się regulatory pogodowe/ to zawsze pozostanie w węzłach pożyteczne regulatory hydrauliczne.

5. BADANIA UZUPEŁNIAJĄCE PROCESÓW PRZEJŚCIOWYCH W WĘZLE WYMIENNIKOWYM SZEREGOWO-RÓWNOLEGŁYM

Przedmiotem badań był węzeł wymiennikowy szeregowo-równoległy, znajdujący się w budynku przy ul. Czumy 2 bl. 3 na poligonie ciepłowniczym w Warszawie. Posłużono się modelem dynamiki przedstawionym w SOWIE /4/, parametry modelu zostały określone wg danych Zleceniodawcy; dane te były podawane we wcześniejszych opracowaniach /2/ /3/, a w części dotyczącej dynamiki wymienników i regulatorów podano je w pracy /6/.

Celem badania było określenie wpływu niektórych parametrów procesów zachodzących w wymienniku II st. c.w. na oscylacyjny charakter pracy tego wymiennika. Model odpowiadał węzłowi, wyposażonemu w regulator c.w. typu Mertik oraz regulator spadku ciśnienia w przyłączy BRU-3A. Czujnik temperatury regulatora c.w. umieszczony był w stabilizatorze znajdującym się za kolektorem wyjściowym wymiennika II st. c.w., bądź w zasobniku. Zawór regulatora pogodowego w obwodzie c.o. był podczas badań całkowicie otwarty.

W toku badań na obiekcie rzeczywistym stwierdzono występowanie silnych oscylacji przepływu w obwodzie pierwotnym wymiennika II st. c.w. i oscylacji temperatury w kolektorze na wyjściu wymiennika po stronie wtórnej. Wyniki badań na obiekcie posłużyły do identyfikacji parametrów modelu stabilizatora /opóźnienie transportowe i inercja/ oraz umożliwiły skorygowanie wartości wydajności cieplnej tego wymiennika.

Przyjęto, że w warunkach rzeczywistych czynnikiem inicjującym oscylacje są zmiany rozbioru c.w., w modelu odwzorowano to w taki sposób, że na początku eksperymentu następowała skokowa zmiana rozbioru, następnie rozbiór c.w. był stały, zaś

w układzie następowały drgania typu cyklu granicznego. W poszczególnych eksperymentach symulacyjnych zmieniano wartości następujących parametrów:

- opóźnienia transportowego sygnału temperatury w stabilizatorze bądź w zasobniku - TOZW, w granicach $20 + 1000$ s
- stałej czasowej określającej inercję tego sygnału - TZBW w granicach $10 + 500$ s.
- objętościowego natężenia przepływu po stronie wtórnej - QPO w granicach $0,25 \cdot 10^{-3} + 1,5 \cdot 10^{-3}$ m³/s
- temperatury wody sieciowej zasilającej węzeł -TZS, w granicach $90^{\circ}\text{C} + 110^{\circ}\text{C}$.

W trakcie badań rejestrowano w postaci graficznej i liczbowej zmiany przepływu w obwodzie pierwotnym wymiennika II st. c.w. - QCW, temperaturę "rzeczywistą" w kolektorze wyjściowym tego wymiennika po stronie wtórnej - T_1 oraz temperaturę w kolektorze wskazywaną przez rejestrator - T_2 . Rozróżnienie tych temperatur było konieczne ze względu na dużą inercyjność wskazań termometru oporowego - stała czasowa w tym przypadku wynosiła ok. $90 + 100$ s. Ponadto w toku badań oceniano okres oscylacji TOSC.

W przypadku wystąpienia oscylacji o charakterze cyklu granicznego oceniano amplitudę przepływu QCW i temperatur T_1 i T_2 ,
czy przebieg jest słabo lub silnie tłumiony, bądź
w innych przypadkach oceniano, czy proces ma charakter ustalony. Rezultaty badań symulacyjnych zestawiono w tabeli 19 oraz na rys. 3 do 12.

Tabela 19

Badanie procesów przejściowych w węzle wymiennikowym szeregowo-równoległym

Nr badania	P a r a m e t r y				R e z u l t a t y				Uwagi:
	TOZW /s/	TZBW /s/	QPO /m ³ /s/Δp	TZS /oC/	TOSC /s/	QCWmax /m ³ /s/·10 ³	T ₁ max min /oC/	T ₂ max min /oC/	
1	20	30	1,02	95	340	0,719	63,8 43,7	59,8 48,6	Identyfikacja Stan podstawowy
2	10	30	1,02	95	320	0,658	63,0 43,8	59,2 49,1	
3	50	30	1,02	95	400	0,815	65,5 43,4	61,7 47,2	
4	150	30	1,02	95	620	0,942	67,7 43,0	65,5 44,8	
5	1000	30	1,02	95					Przebieg tłumiony Regulacja dwustawna
6	20	10	1,02	95	280	0,705	63,2 44,0	59,0 49,5	
7	20	100	1,02	95	480	0,602	62,7 43,5	60,4 47,2	
8	20	250	1,02	95					Przebieg tłumiony
9	20	500	1,02	95					Przebieg b.s. nie tłumiony
10	20	30	0,25	95	320	0,597	72,4 45,7	65,5 50,3	
11	20	30	0,80	95	340	0,746	65,9 42,9	61,3 48,3	
12	20	30	1,20	95	340	0,638	62,2 45,4	59,0 49,6	
13	20	30	1,50	95					Przebieg tłumiony
14	20	30	1,02	90	360	0,795	61,8 41,5	58,5 47,3	
15	20	30	1,02	105	340	0,495	66,0 48,3	61,7 51,5	
16	20	30	1,02	110	340	0,342	65,4 50,9	61,5 53,0	

HH

Badania 1 + 5 / nr badań wg Tabeli 19/ ukazują wpływ zmian opóźnienia transportowego TOZW na proces. Z większą wartością opóźnienia transportowego wiąże się dłuższy okres oscylacji TOSC oraz większe amplitudy zmian QCW, T_1 i T_2 , *typ.* dla TOZW = 10s, największa temperatura w kolektorze wyjściowym wynosi $T_1 = 63^{\circ}\text{C}$, a największy przepływ QCW = $0,66 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, a odpowiednie wartości dla TOZW = 150s wynoszą QCW = $0,94 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ i $T_1 = 67,7^{\circ}\text{C}$. Dla wartości TOZW $\gg 250\text{s}$ proces jest tłumiony, a dla wartości TOZW = 1000 s regulator pracuje jako dwustawny.

Badania 1 oraz 6 + 9 ukazują wpływ zmian stałej czasowej inercji temperatury w stabilizatorze na proces. Im większa jest stała czasowa TZBW, tym mniejsze amplitudy oscylacji z jednoczesnym wydłużaniem okresu oscylacji TOSC. W przypadku stałej czasowej TZBW = 500s, przebieg jest silnie tłumiony.

Badania 1 oraz 10 + 13 pozwalają ocenić wpływ zmian natężenia przepływu QPO w wymienniku II st. c.w. po stronie wtórnej na proces. Zwiększenie przepływu zmniejsza amplitudy temperatur dla przepływu QPO = $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ przebieg jest wyraźnie tłumiony. Zmiany QPO nie mają wpływu bezpośredniego na okres oscylacji, zależność między QPO i QCW nie ma charakteru monotonicznego.

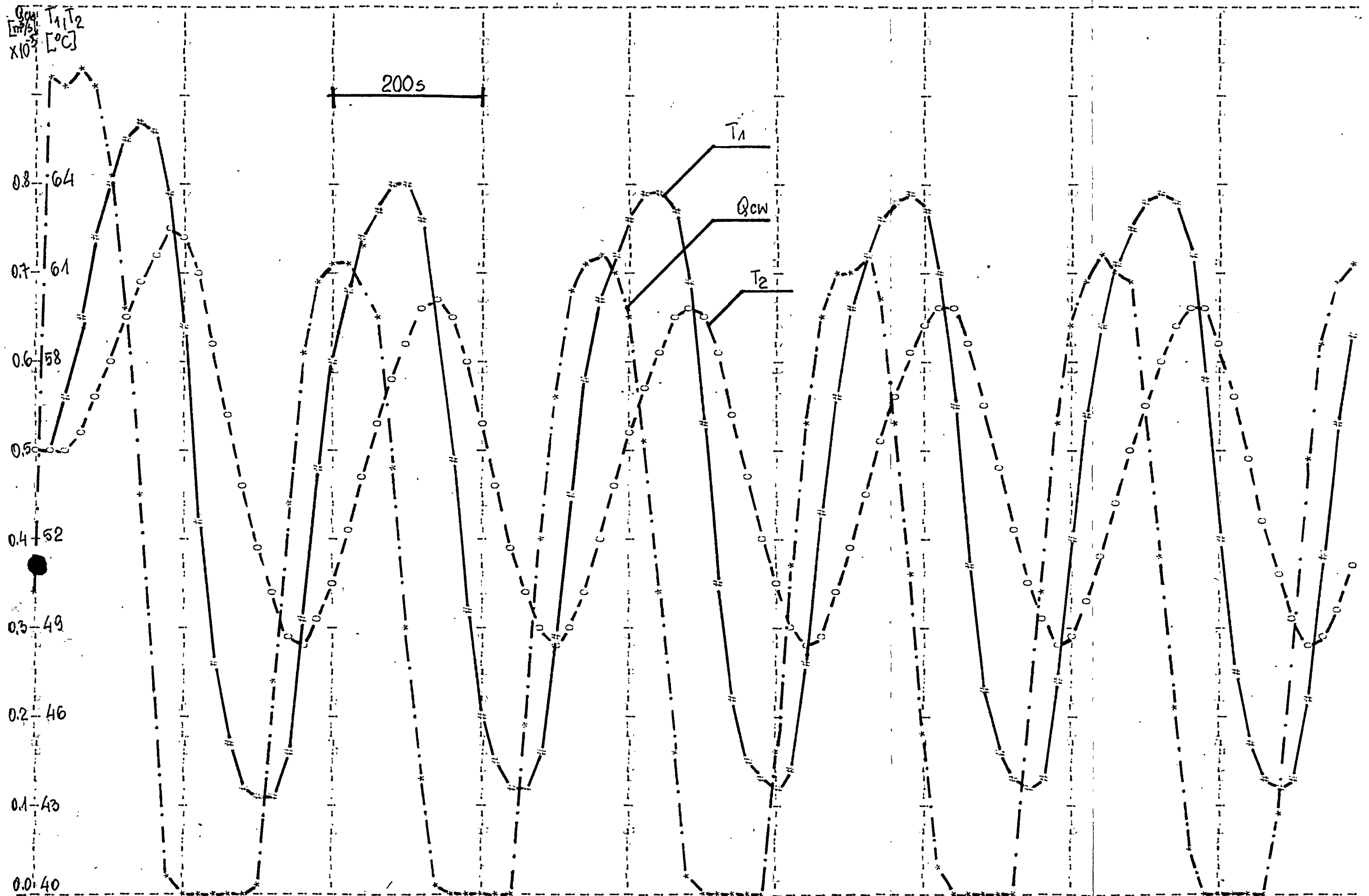
Badania 1 oraz 14 + 16 pozwalają ocenić wpływ zmian temperatury wody sieciowej zasilającej TZS na proces. Zmiany te nie mają istotnego wpływu na okres oscylacji. Wzrost TZS zmniejsza wyraźnie amplitudę zmian QCW, a także amplitudę zmian temperatur T_1 i T_2 , przy tym zmniejszeniu amplitudy towarzyszy wzrost wartości maksymalnych i minimalnych.

Omawiając przedstawione rezultaty można stwierdzić, że:

- zmiany temperatur wody sieciowej zasilającej nie zmieniają w istotny sposób charakteru badanego procesu,

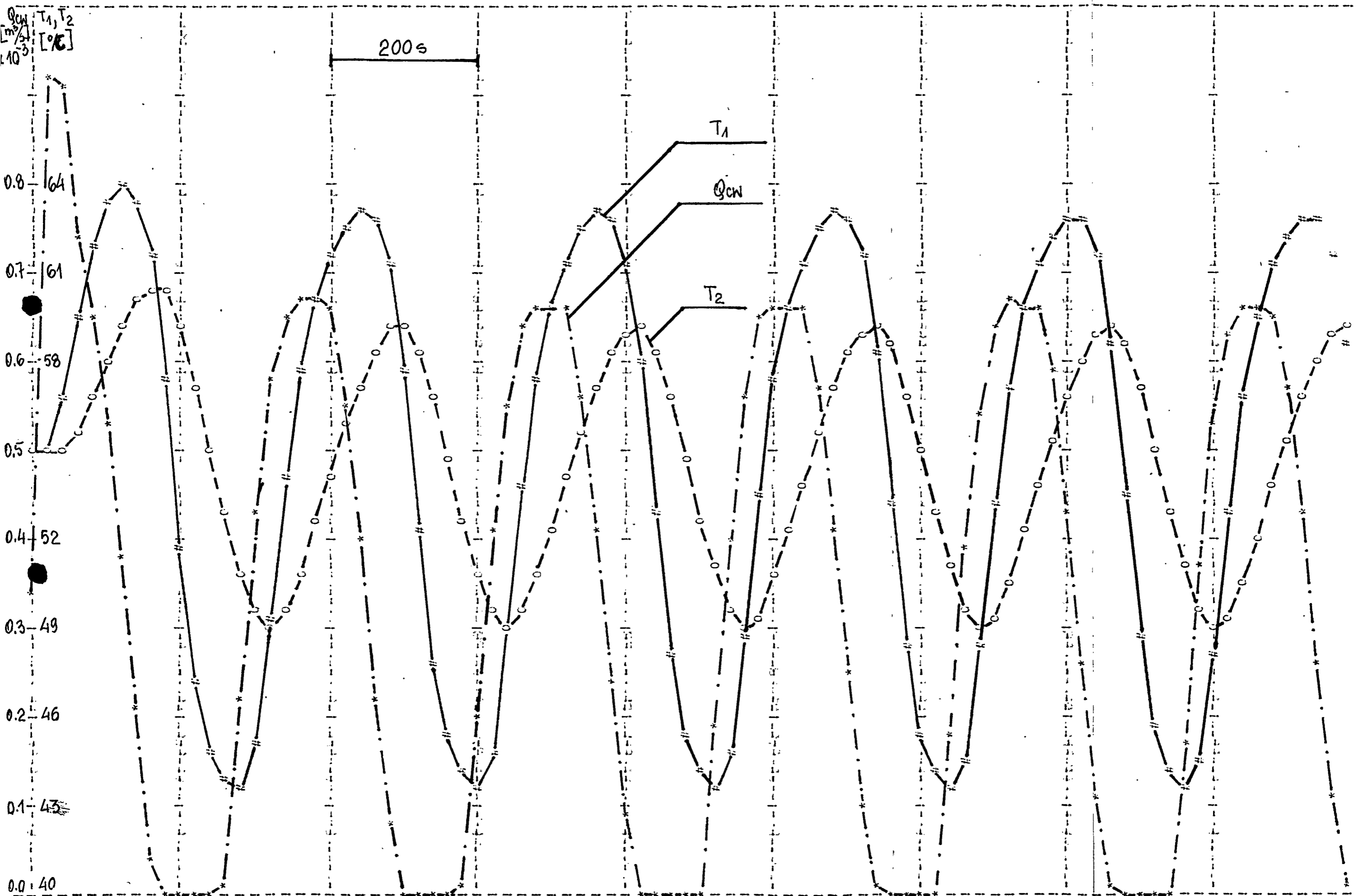
- zmiany natężenia przepływu po stronie wtórnej QPO wyraźnie wpływają na amplitudę temperatur: im wyższy przepływ, tym mniejsza amplituda. Wpływ na okres oscylacji jest pomijalny. Dla przepływu przekraczającego nominalny o ok. 50 % występuje tłumienie oscylacji jednak w warunkach rzeczywistych, proces może mieć charakter quasi-ustalony tylko w okresie, w którym nie występują zmiany rozbioru c.w.,
- zmiany stałej czasowej związanej z inercją sygnału temperatury w stabilizatorze TZBW mają zasadniczy wpływ na charakter pracy badanego układu regulacji. Odpowiednio duża wartość TZBW zapewnia silne tłumienie oscylacji,
- zmiany opóźnienia transportowego TOZW są drugim czynnikiem w istotny sposób determinującym przebieg badanego procesu. Wzrost opóźnienia transportowego zwiększa amplitudę temperatur T_1 , przepływu QCW oraz wydłuża okres oscylacji TOSC. Przy odpowiednio dużym opóźnieniu, co może odpowiadać umieszczeniu czujnika w zasobniku, układ pracuje w trybie regulacji dwustawnej.

Z powyższego wynika, iż stabilizator może spełniać swoją funkcję pod warunkiem, że jego konstrukcja zapewni małe opóźnienie transportowe /rzędu ponad ^{dziesięciu/} /sekund/ i inercją o dużej stałej czasowej /rzędu kilku minut/.

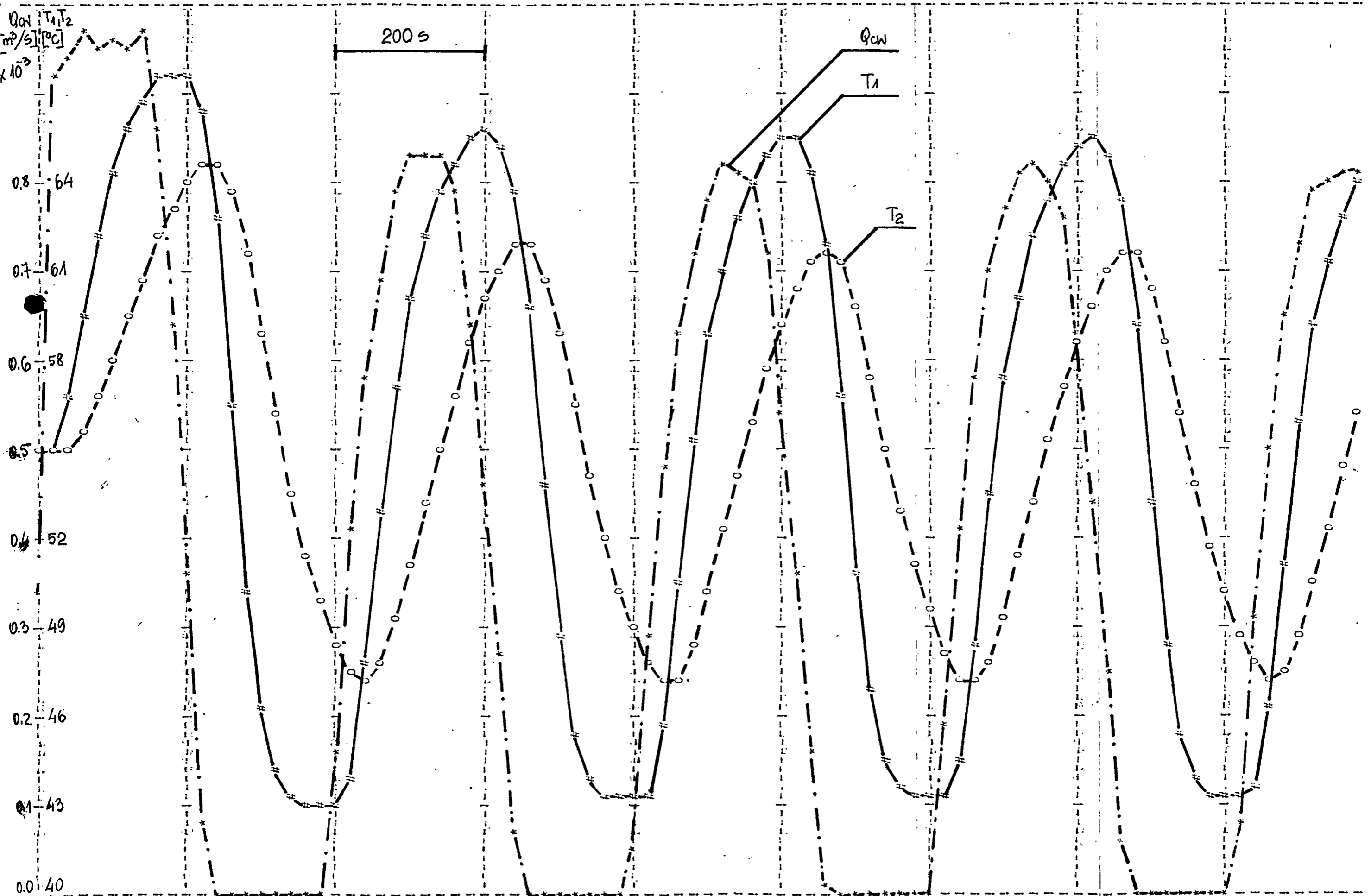


Rys.3 Procesy przejściowe w węzle wymiennikowym szereg.-równol. Badanie nr 1

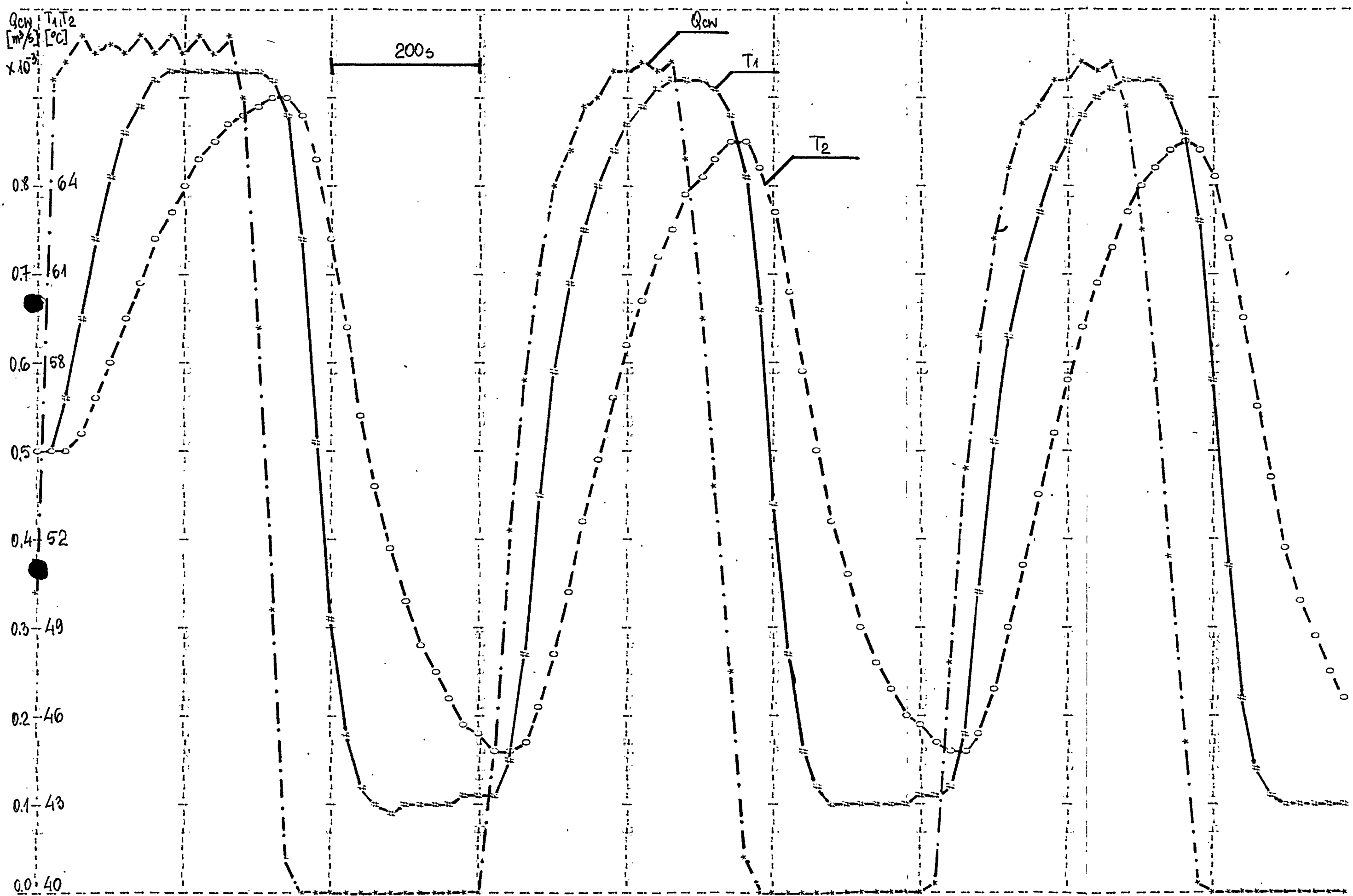
47



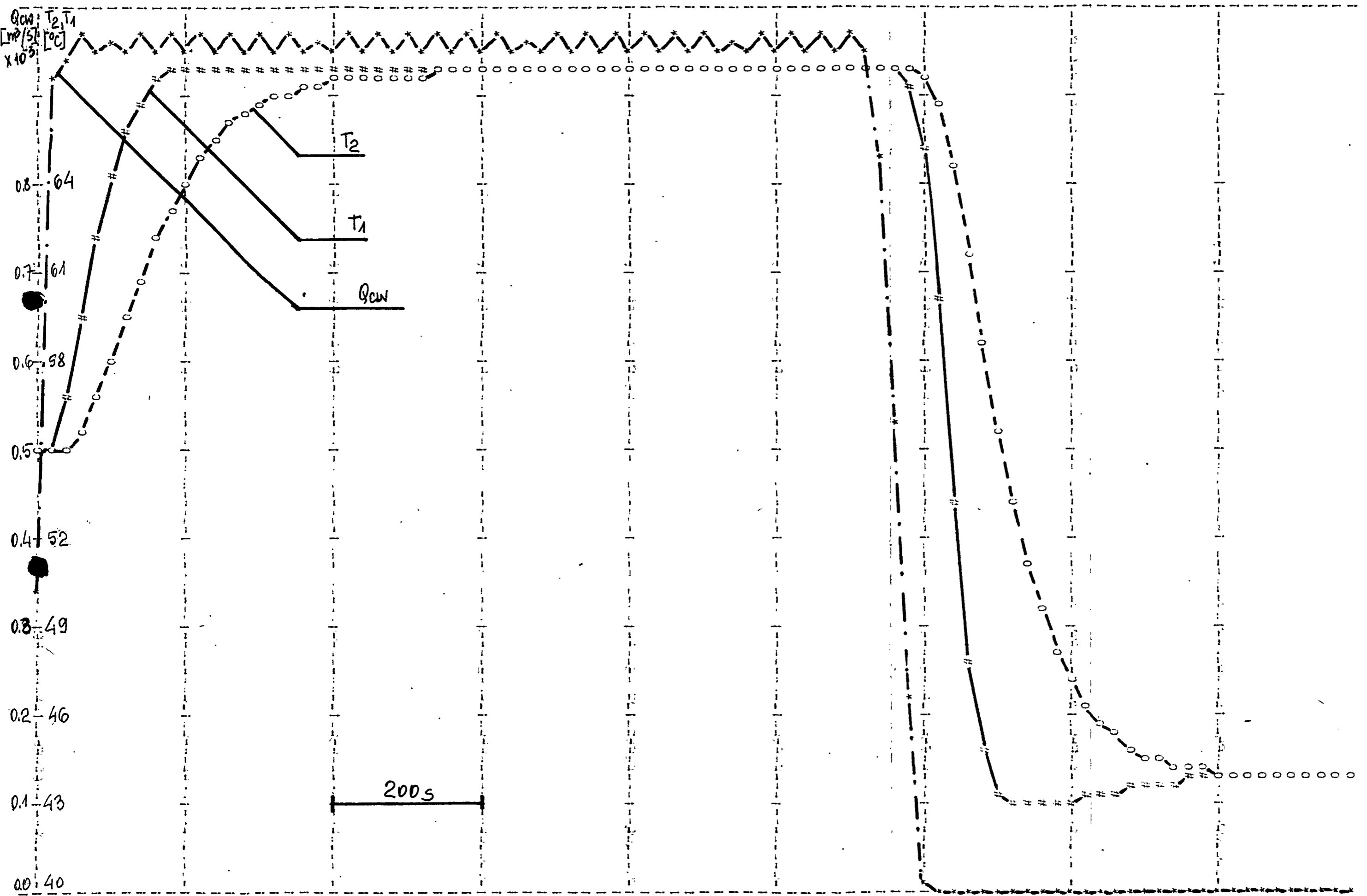
Rys. 4 Procesy przejściowe w węzle wymiennikowym szereg.-równol. Rezultaty badania nr 2



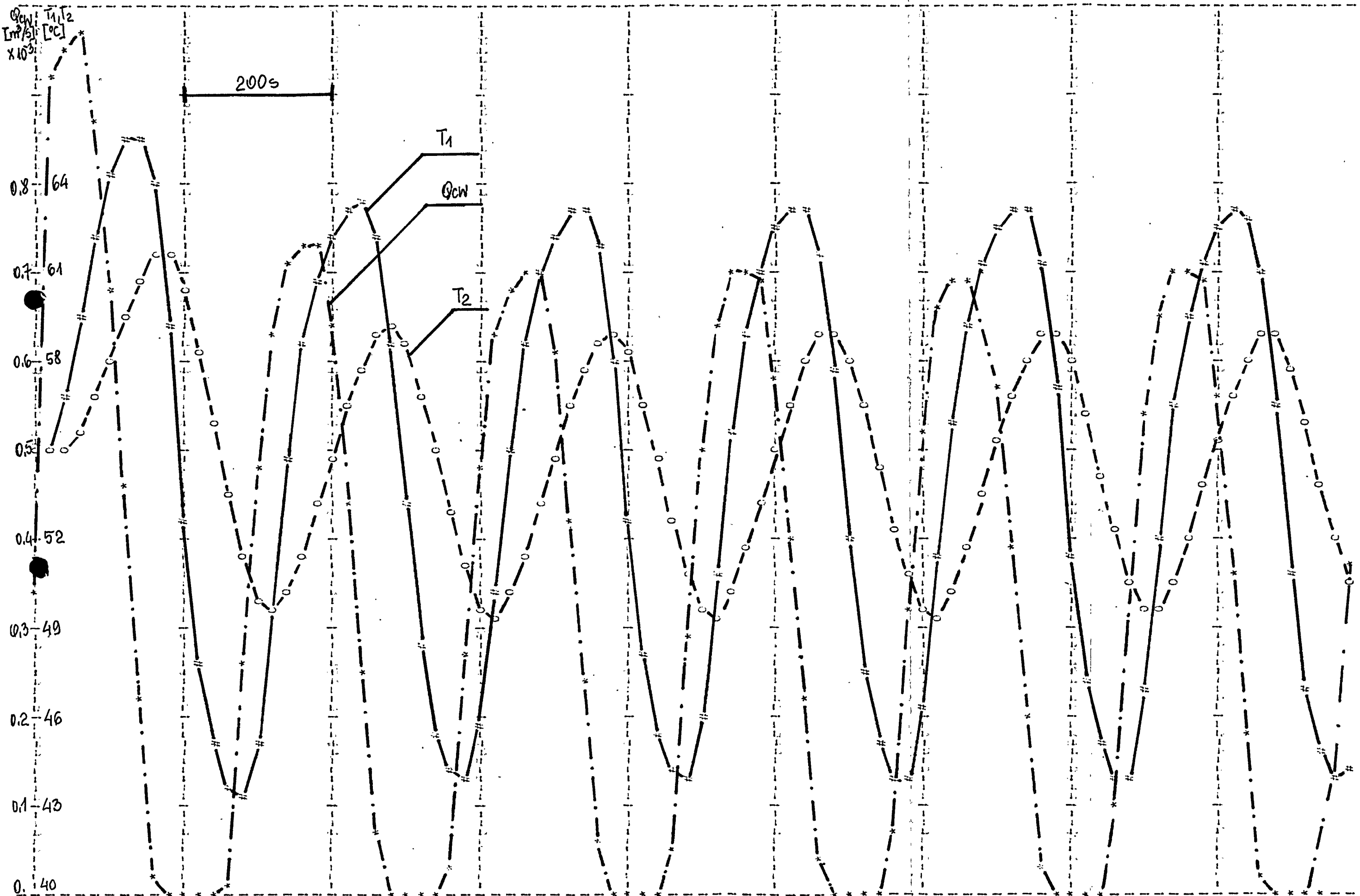
Rys.5 Procesy przejściowe w węzle wymiennikowym szereg.-równol. Rezultaty badania nr 3



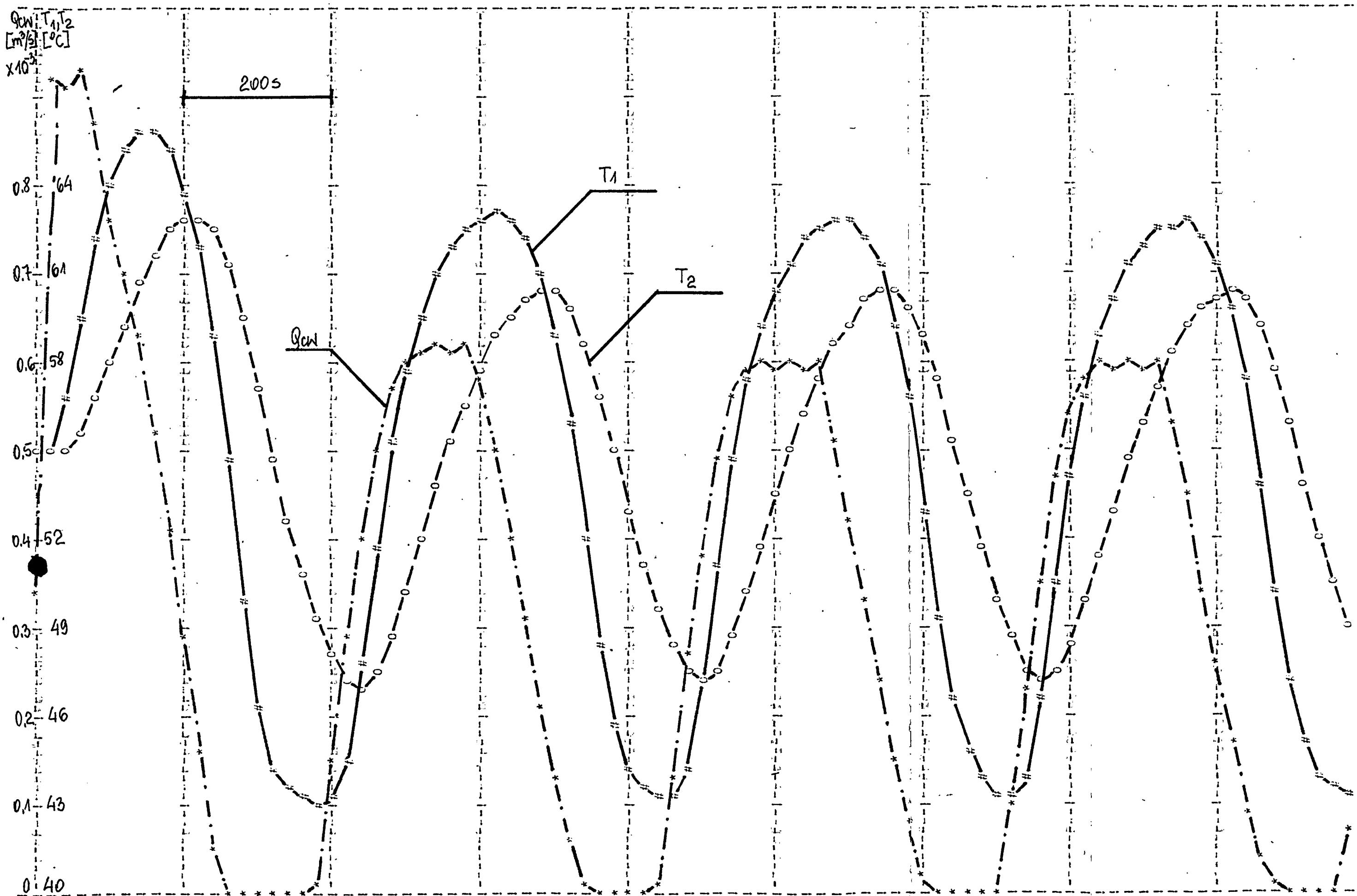
Rys. 6 Procesy przejściowe w węzle wymiennikowym szeregowo-równoległym. Rezultaty badania nr 4



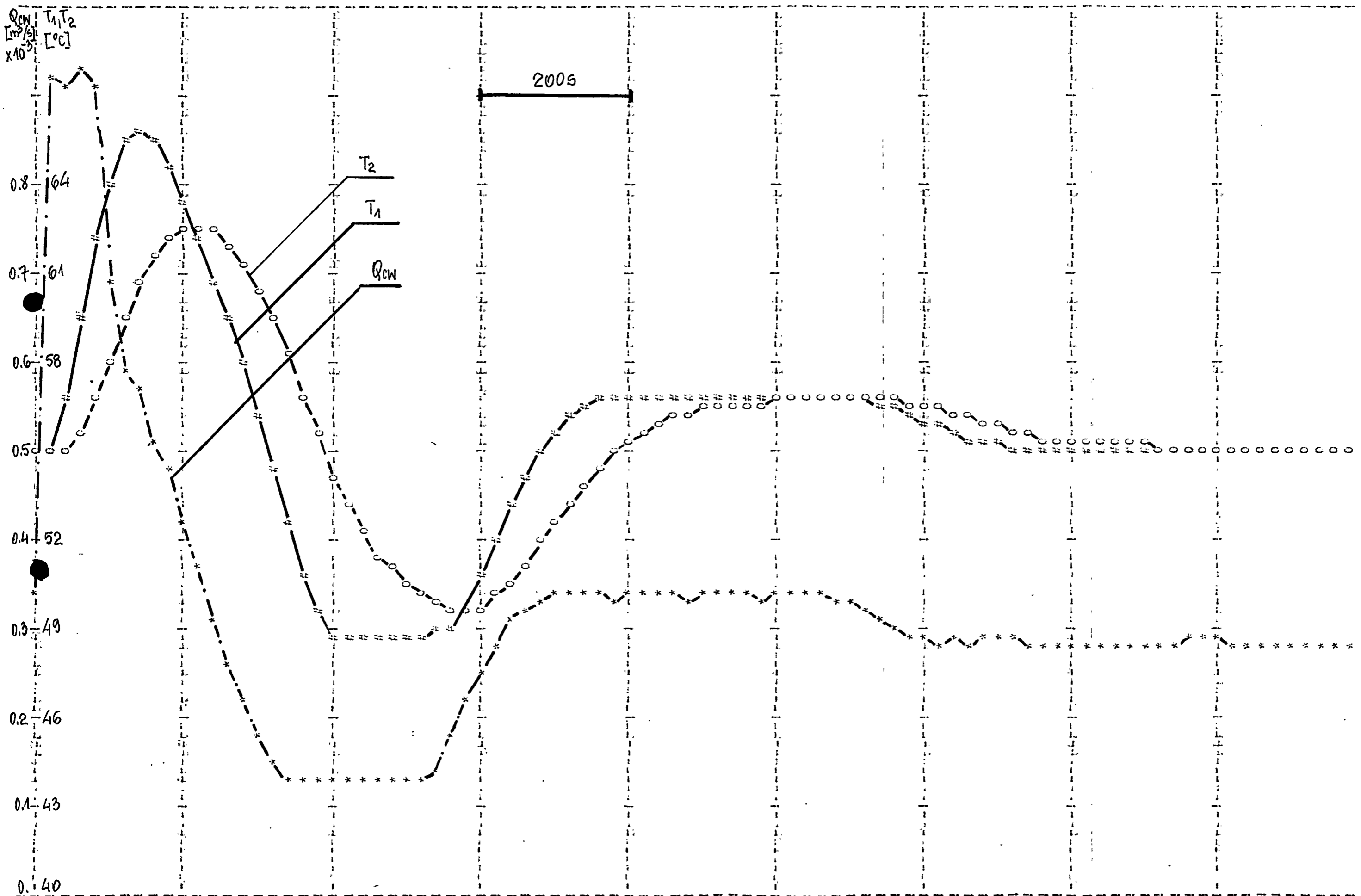
Rys. 7 Procesy przejściowe w węzle wymiennikowym szereg.-równod. Rezultaty badania nr 5



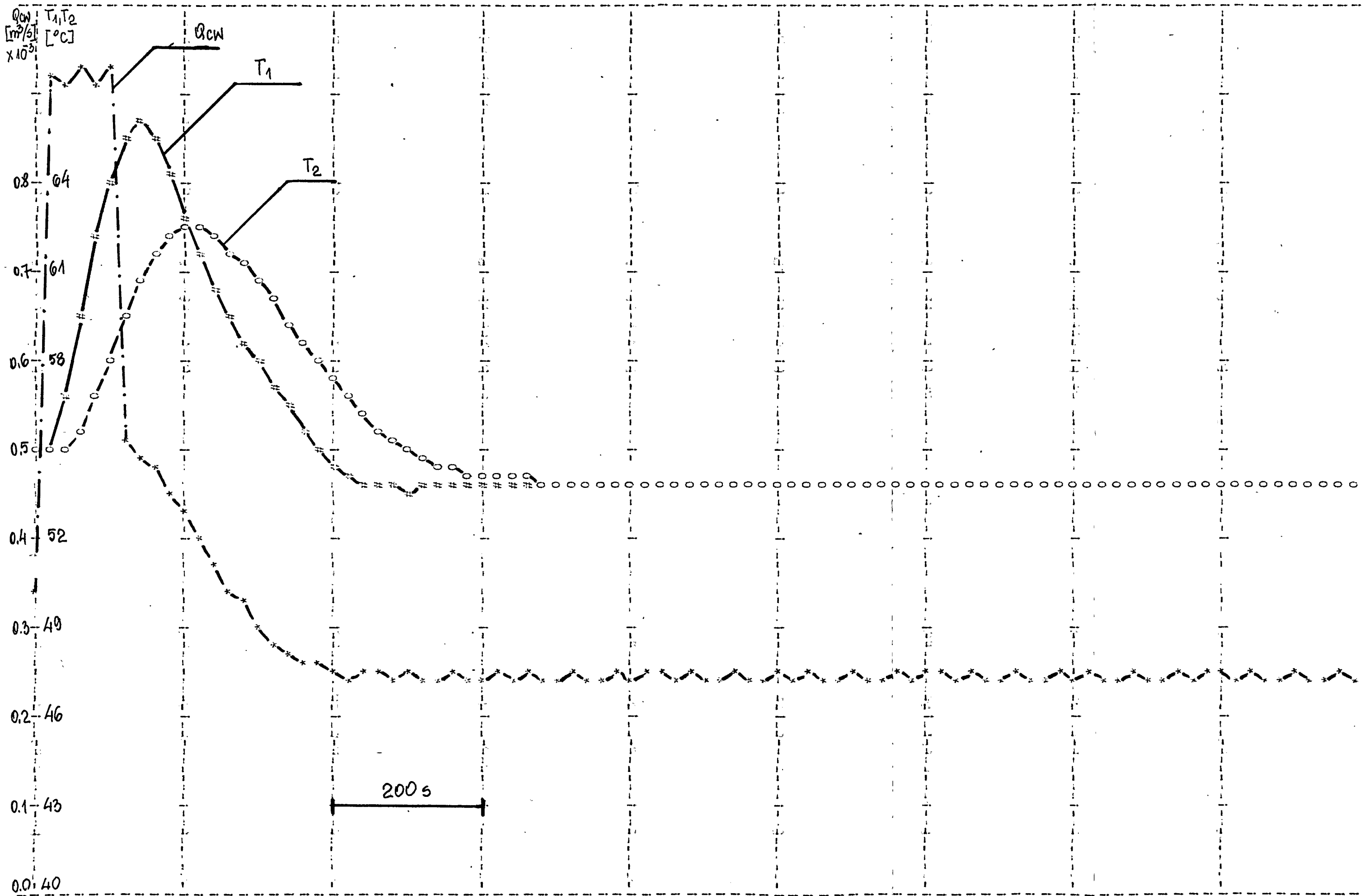
Rys. 8 Procesy przejściowe w węzle wymiennikowym szeregowo-równoległym. Rezultaty badania nr 6



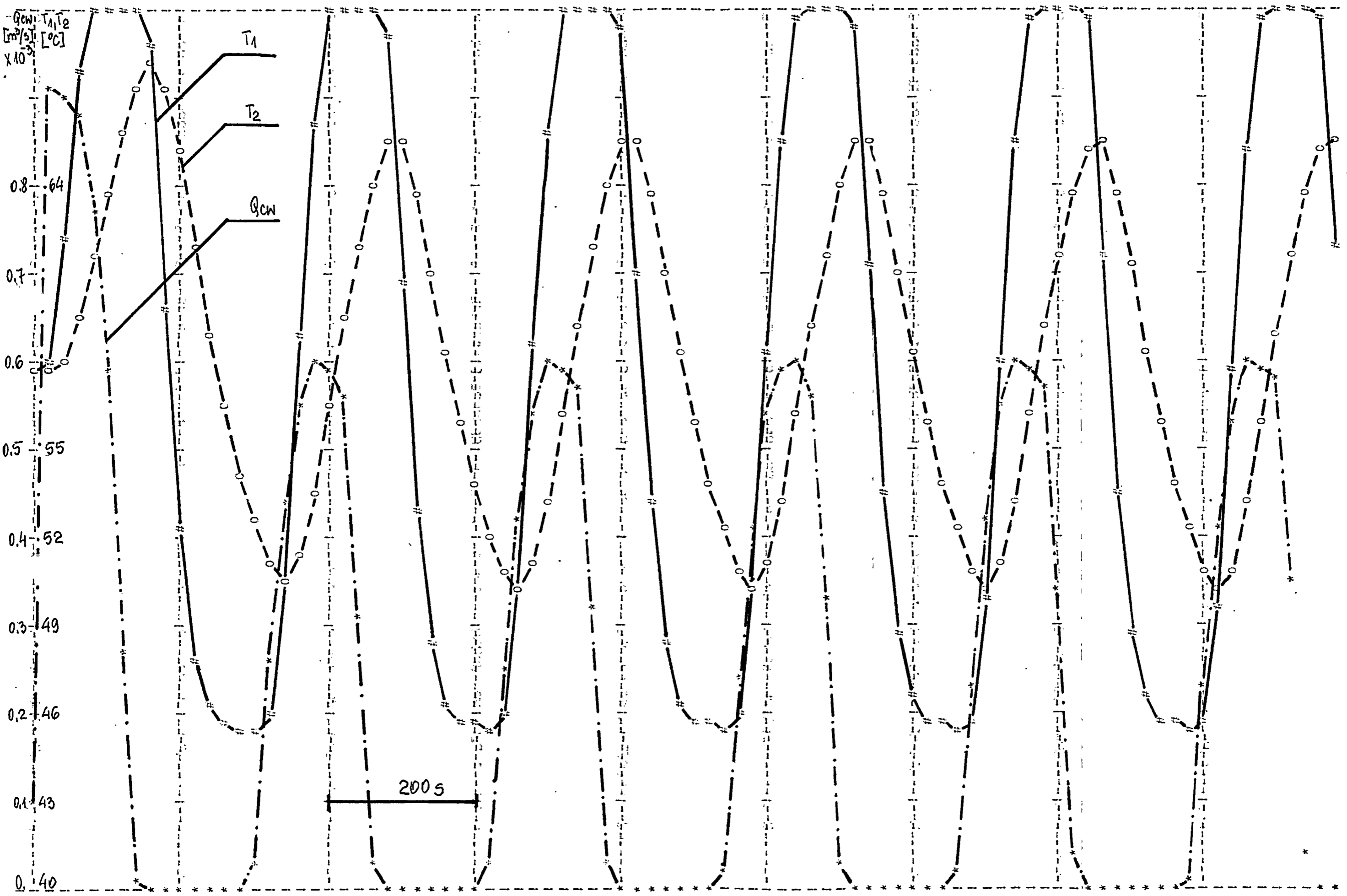
Rys. 9 Procesy przejściowe w węzle wymiennikowym szeregowo-równoległym. Rezultaty badania nr 7



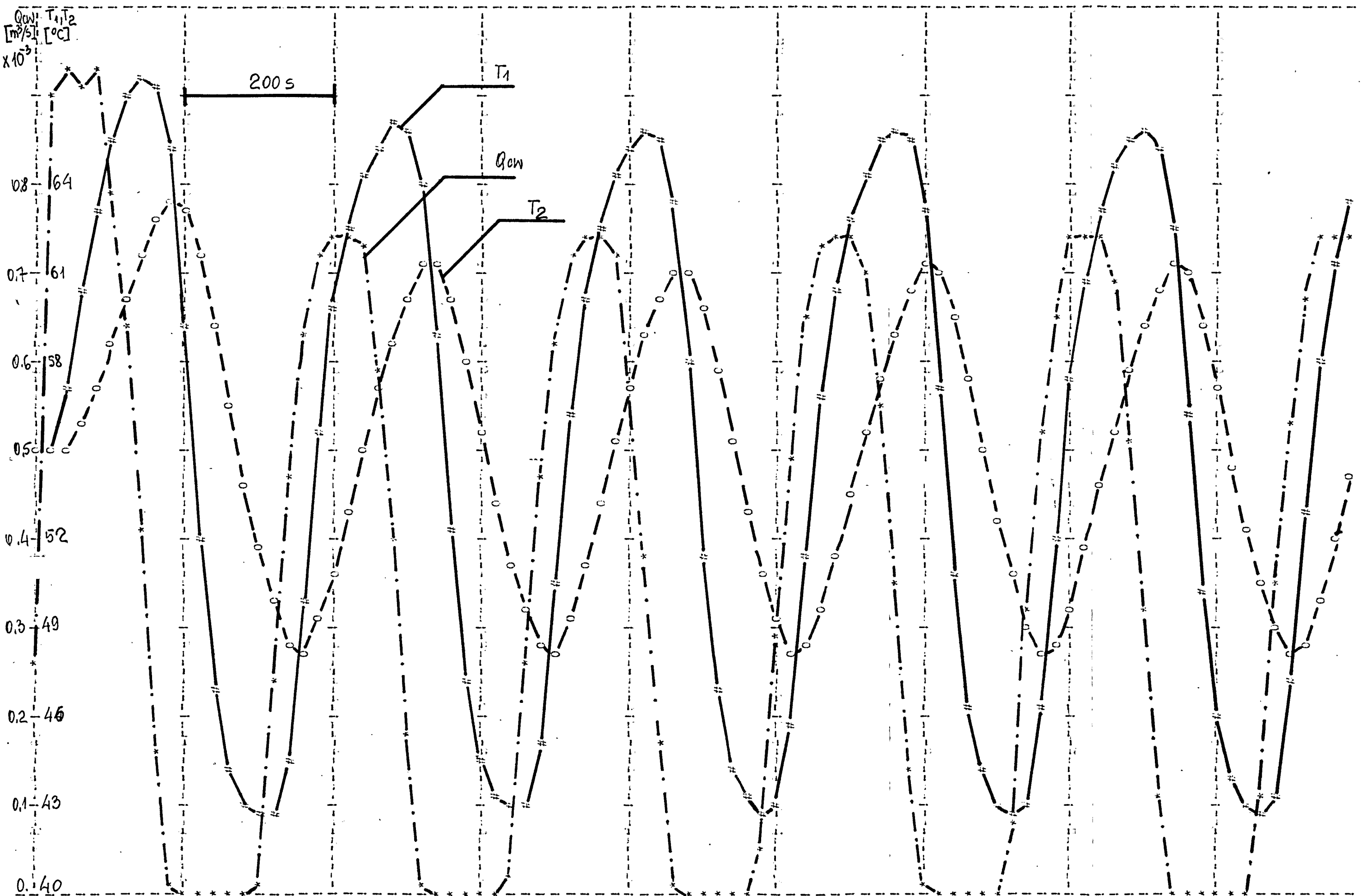
Rys. 10 Procesy przejściowe w węzle wymiennikowym szeregowo-równoległym. Rezultaty badania nr 8.



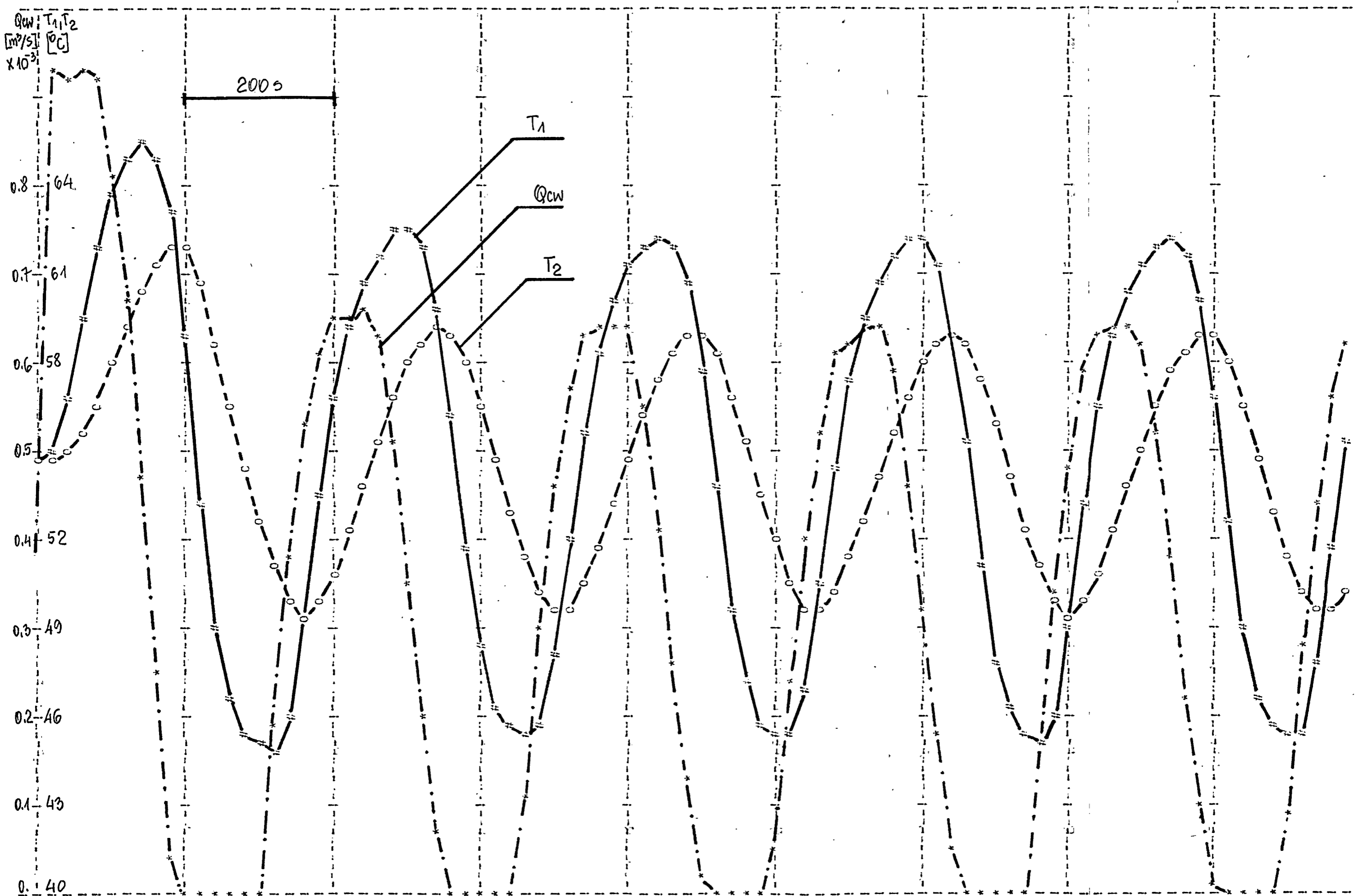
Rys. 11 Procesy przejściowe w węzle wymiennikowym szeregowo-równoległym. Rezultaty badania nr 9



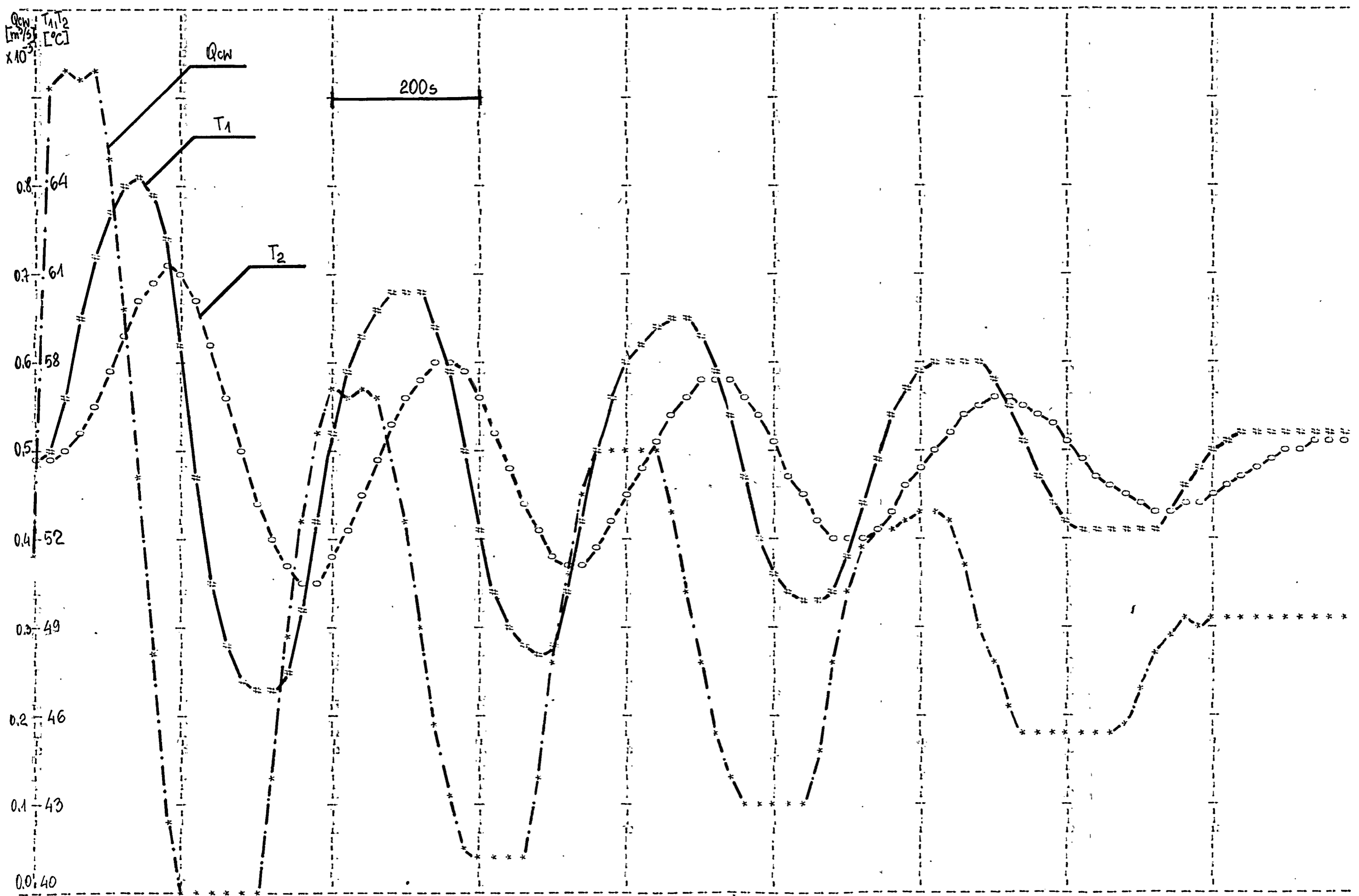
Rys. 12 Procesy przejściowe w węzle wymiennikowym szeregowo-równoległym. Rezultaty badania nr 10



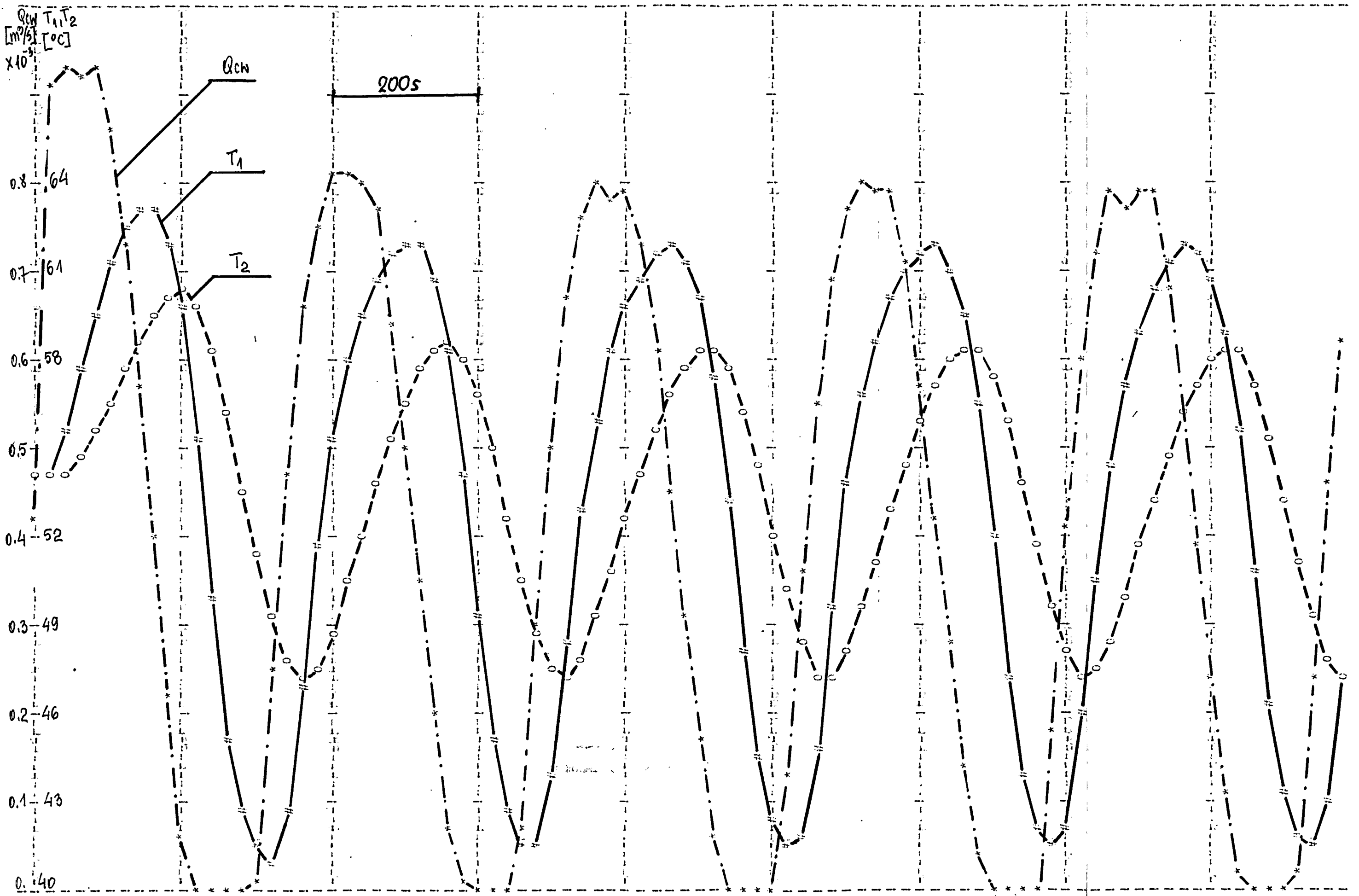
Rys. 13 Procesy przejściowe w węzle wymiennikowym szeregowo-równoległym. Rezultaty badania nr 11



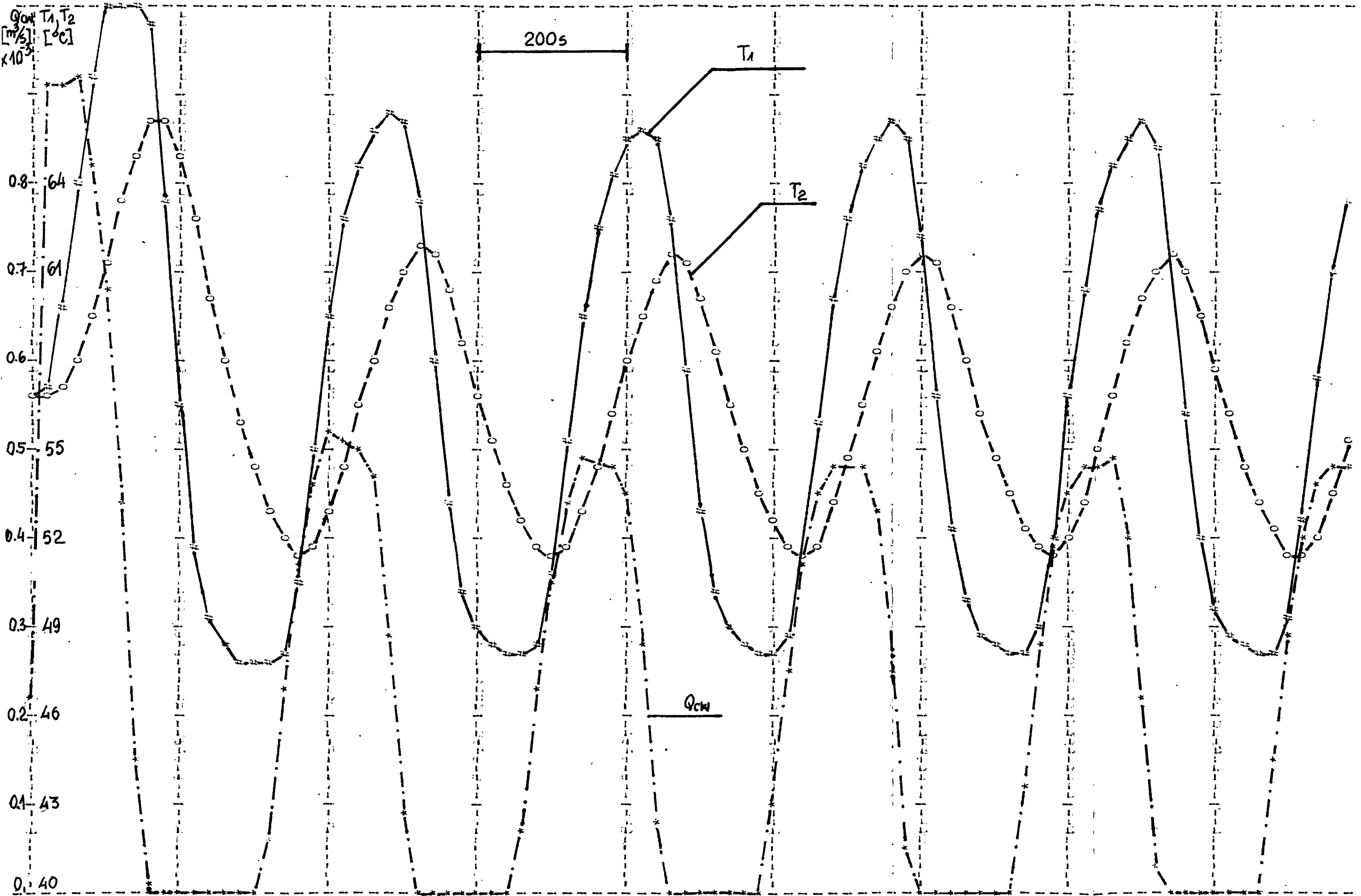
Rys. 14 Procesy przejściowe w węzle wymiennikowym szeregowo-równoległym. Rezultaty badania nr 12



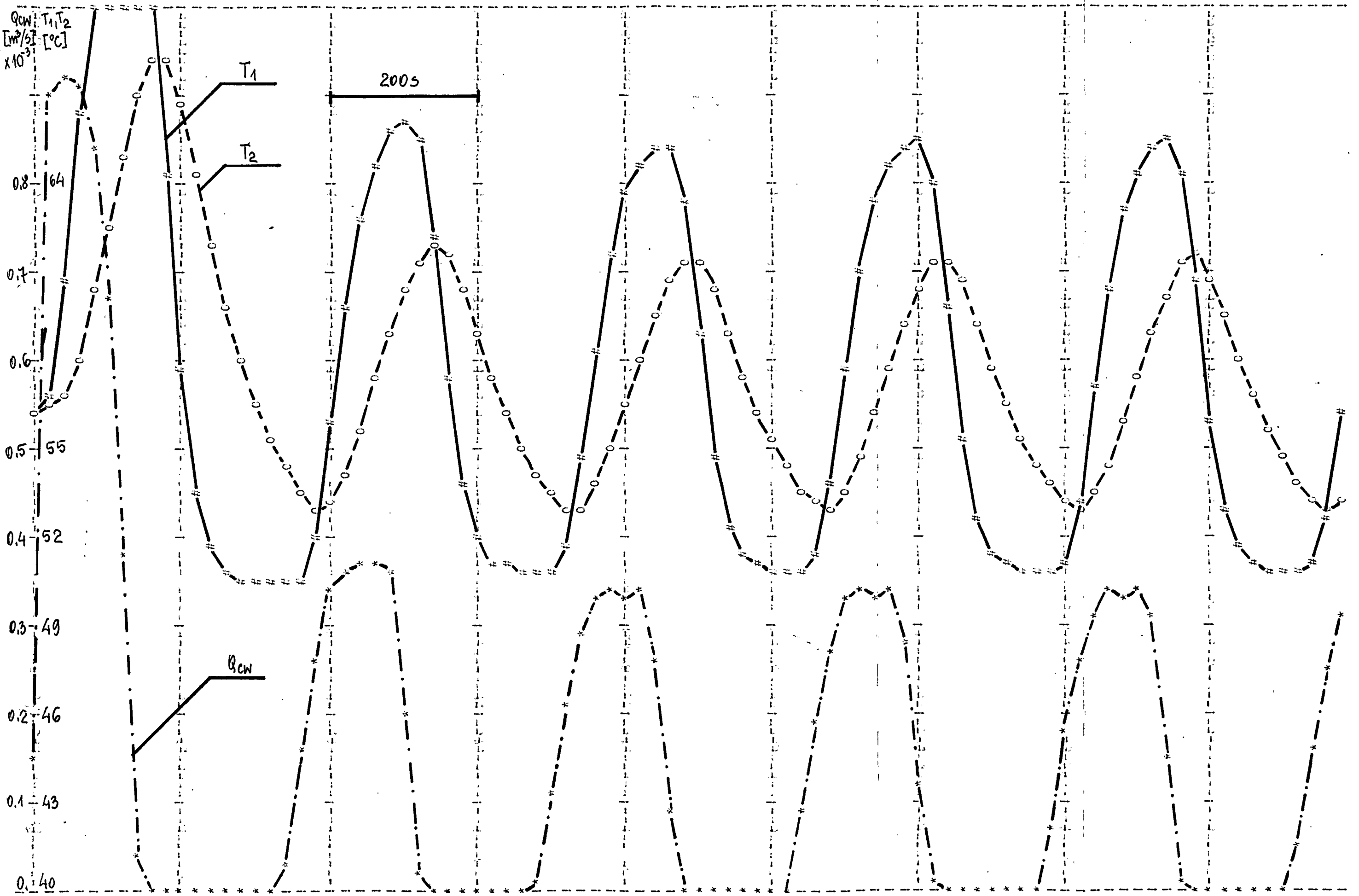
Rys.15 Procesy przejściowe w węzle wymiennikowym szeregowo-równoległym. Rezultaty badania nr 13



Rys. 16 Procesy przejściowe w węzle wymiennikowym szeregowo-równoległym. Rezultaty badania nr 14



Rys. 17 Procesy przejściowe w węzle wymiennikowy szeregowo-równoległym. Rezultaty badania nr 15



Rys. 18 Procesy przejściowe w węzle wymiennikowym szeregowo-równoległym. Rezultaty badania nr 16

6. BADANIA AUTOMATYKI W WĘZŁACH CIEPLNYCH W ASPEKTCIE ENERGETYCZNYM

Przedmiotem badań był węzeł cieplny szeregowo-równoległy poligonu warszawskiego, ten sam co w badaniu omówionym w poprzednim rozdziale. Zastosowano jednak inny model tego węzła, a mianowicie taki, który pomijał procesy przejściowe związane z dynamiką wymienników i regulatorów, a uwzględniał procesy o stałych czasowych rzędu godzin, związane z dynamiką budynku i zasobnika c.w.

Celem badania było określenie zależności między automatyzacją węzła a zużyciem energii cieplnej przez ten węzeł. Celowość takiego badania wynika z co najmniej dwóch powodów. Po pierwsze, oszacowanie możliwych do uzyskania oszczędności w zużyciu energii cieplnej stanowi jedną z przesłanek do obliczenia możliwych do akceptowania nakładów finansowych na automatyzację. Po drugie, w warunkach rzeczywistych - tj. na poligonie takie badanie jest bardzo trudne, czy wręcz niemożliwe do przeprowadzenia, bo trudno wyobrazić sobie, aby dwa identyczne co do potrzeb cieplnych budynku, zasilane z węzłów o różnej automatyce. Nawet niewielkie różnice usytuowania budynku staranności jego wykonania pod względem izolacji cieplnej, czy wreszcie przyzwyczajenia zamieszkujących go lokatorów mogą dawać różnice w zużyciu energii tego samego rzędu, co różnice wynikające ze stopnia automatyzacji.

W badaniach oceniano cztery warianty automatyki węzła, które mogłyby być zastosowane w węźle cieplnym w budynku przy ul. Czumy 2 bl. 3 na poligonie ciepłowniczym w Warszawie.

Wariant 1 to układ regulacji wyposażony tylko w regulator temperatury c.w. typu Mertik. Przewodność obwodu c.o. dobrano tak, że odpowiada ona przewodności tegoż obwodu z regulatore

pogodowym w warunkach pełnego otwarcia zaworu regulatora. Takiego wariantu nie uwzględniano dotychczas w badaniach objętych tym zleceniem. Wariant ten przyjęto jako bazowy i w stosunku do niego oceniane były skutki zastosowania dalszych regulatorów.

Wariant 2 to układ wyposażony w regulator temperatury c.w. typu Mertik oraz regulator pogody c.o. typu EZRT. Pełniejszy opis i szczegółowe dane takiego układu regulacji znajdują się w pracach /2/ i /3/.

Wariant 3 to układ wyposażony w regulatory jw. i dodatkowo regulator ciśnienia, umiejscowiony w przyłączy, a występowany sygnałem spadku ciśnienia na wszystkich trzech wymiennikach. Pełniejszy opis i szczegółowe dane takiego układu regulacji znajdują się w pracach /2/ i /3/.

Wariant 4 to układ, wyposażony w regulator temperatury c.w. i regulator różnicy ciśnień skojarzony z regulatorem dwustawnym temperatury, umiejscowionym w gałęzi c.o., występowany sygnałem spadku ciśnienia na 3 wymiennikach i sygnałem temperatury w pomieszczeniach ogrzewanych. Taki wariant układu regulacji był zaproponowany w pracy /5/.

Wszystkie badania prowadzono w cyklu 24-godzinny. Warunki zewnętrzne i warunki zasilania odpowiadały trzem okresom występującym w sezonie grzewczym i były typowe dla doby "zimowej" /środek sezonu grzewczego, temperatury ujemne/, "przejściowej" /np. kwiecień, październik/ i "cieplej" /początek lub koniec sezonu grzewczego, wysokie temperatury dodatnie/. Obliczenia były wykonywane dla właściwej temperatury wody sieciowej zasilającej /odpowiednio do zaleceń GIGB/ temperatury za niskiej, średnio o 10°C , i temperatury za wysokiej, średnio o 10°C . W każdym z tych przypadków zakłada

ny był jednakowy rozbiór c.w. typowy dla dnia o rozbiórce nieco większym od przeciętnego. Te warunki pracy węzła zestawiono w załączniku.

W tabeli 20 zestawiono rezultaty przeprowadzonych badań energii zużytej w pojedynczym 24-ro godzinnym cyklu dla trzech typów dób i trzech rodzajów zasilania, podano także maksymalne i minimalne temperatury w pomieszczeniach w trakcie badanych okresów. W kolejnej tabeli 21 przedstawiono jakie oszczędności energii /w procentach/ dają warianty automatyki 2,3,4 w stosunku do wariantu 1, w ^{leżności} zakresie od temperatury zasilania i typu doby.

Tak przedstawione wyniki same w sobie nie dają należytego pojęcia o możliwych do poczynienia oszczędnościach energii w ciągu całego sezonu, bo np. wariant automatyki nr 2 nie daje żadnej oszczędności w przypadku doby typu "przejściowego" i za niskiej temperatury zasilania, a pozwala oszczędzić ponad 33 % ciepła w przypadku doby typu "ciepłego" i za wysokiej temperatury zasilania. Dlatego, aby umożliwić ocenę oszczędności w skali całego sezonu, przyjęto wskaźnik zużycia za sezon, obliczony następująco:

- założono, że w ciągu sezonu liczba dób typu "zimnego" "przejściowego" i "ciepłego" ma się do siebie w stosunku 3 : 2 : 1,
- założono, że przeciętnie występuje w 50 % ^{dób} dla każdego typu zasilanie prawidłowe, a w 25 % za wysokie i w tyluż za niskie bądź, w drugim przypadku, że 80 % to zasilanie prawidłowe a po 10 % przypada na przegrzew i niedogrzew.
- posługując się danymi o zużyciu ciepła z tabeli 20 obliczono najpierw przeciętne /tj. uwzględniające w odpowiednich procentach.

Tabela 19

Zużycie energii E i temperatura w pomieszczeniach TP ogrzewanych dla badanego węzła cieplnego przy różnych wariantach automatyki.

Wariant automatyki		1			2			3			4
		zimny	przejściowy	ciepły	Z	P	C	Z	P	C	P
Temp. zasilania	Dzień										
	E/MWh/	18,5	9,9	9,7	17,9	9,7	7,6	18,3	9,6	7,7	9,6
	TPmax /°C/	19,1	19,1	21,6	18,7	19,0	19,8	19,0	18,9	20,0	18,6
	TPmin /°C/	18,2	18,1	18,5	18,1	18,1	18,3	18,1	17,9	18,4	17,9
za niska	E/MWh/	16,8	8,0	7,9	16,7	8,0	6,9	16,7	8,0	6,9	7,3
	TPmax /°C/	17,9	17,9	20,4	17,9	17,9	19,4	17,8	17,9	19,5	17,8
	TPmin /°C/	17,4	17,3	18,3	17,4	17,3	18,3	17,0	17,3	18,3	17,1
za wysoka	E/MWh/	19,3	11,6	11,4	18,1	11,0	7,6	19,0	11,1	8,1	10,9
	TPmax /°C/	20,2	20,4	23,0	18,8	19,9	19,9	19,0	19,9	20,2	19,5
	TPmin /°C/	18,2	18,3	18,7	18,1	18,3	18,4	18,1	18,3	18,4	18,3

66

Tabela 20

Oszczędność energii cieplnej w węźle z wariantami automatyki nr 2, 3 i 4 w stosunku do wariantu 1. Wszystkie dane w procentach.

Wariant automatyki	Temperatura zasilania		prawidłowa	za niską	za wysoką	Wskaźnik za cały sezon grzewczy	
	Dzień					50/25/25	80/10/10
2	Z		3,24	0,60	6,22	5,49	5,20
	P		2,02	0,0	5,17		
	Ø		21,65	12,66	33,33		
3	Z		1,08	0,60	1,55	3,83	3,76
	P		3,03	0,0	4,31		
	C		20,62	12,66	28,94		
4	Z		-	-	-	-	-
	P		3,03	8,75	6,03		
	C		-	-	-		

zasilanie prawidłowe, za niskie i za wysokie/ zużycie energii dla danego typu doby, dla otrzymanego rezultatu stosowano właściwy mnożnik, wynikający ze stosunku 3 : 2 : 1, następnie sumowano otrzymane rezultaty dla każdego wariantu automatyzacji i porównywano między sobą dla poszczególnych wariantów automatyki./dla wariantu nr 4 ze względu na węższy program badań symulacyjnych takie pełne porównanie nie było możliwe/. Otrzymane rezultaty zestawiono w dwóch ostatnich kolumnach tabeli 21.

Jak widać z tabeli 20 w dniu zimnym zużycie ciepła jest przeciętnie ok. dwukrotnie wyższe niż w przejściowym, zaś w dniu ciepłym niższe o ok. 20 % niż w dniu przejściowym, z wyjątkiem wariantu 1, gdzie jest niemal równe. Tak niewielkie różnice między dniem przejściowym i ciepłym wynikają z faktu, iż założone prowadzenie źródła w dniu ciepłym nie jest adekwatne do potrzeb i przy temperaturze wody sieciowej określonej jako "prawidłowa" a nawet przy "za niskiej" występuje przegrzew w pomieszczeniach.

Jak pokazano w Tabeli 21 zarówno wariant 2, 3 jak i 4 dają oszczędność energii w stosunku do wariantu 1. Ta oszczędność wynosi od 0 do 33,33 %, z tym, że w przypadku dnia przejściowego i zimnego wahania wynoszą od 0 do 8,75 %, zaś w przypadku dnia ciepłego są dużo wyższe i wynoszą od 12,66 % do 33,33 %.

Dla wariantu 2 oszczędności są nieco większe niż w wariantach 3, przy tym najniższe temperatury rejestrowane w przebiegu dobowym są w obu wariantach podobne.

Wariant 4 w dniu przejściowym wyróżnia się największymi oszczędnościami.

Te spostrzeżenia potwierdzają się po uwzględnieniu wskaźnika oszczędności za cały sezon grzewczy, dla wariantu 2 wynosi on przeszło 5 %, a dla wariantu 3 niecałe 4 %.

Ogólnie stwierdzić można, że bardziej rozbudowana automatyka /tj. przede wszystkim automatyzacja obwodu c.o./ ujawnia swoje zalety w dziedzinie oszczędności energii przede wszystkim w przypadkach za wysokiej temperatury wody sieciowej zasilającej, przy temperaturze prawidłowej, bądź za niskiej oszczędności są mierne.

Ponieważ 3,5 + 5,5 % oszczędności w wyniku automatyzacji c.o. i ew. zastosowania regulatora spadku ciśnienia wydaje się być poniżej oczekiwań, należy go przedyskutować ogólnie, oceniając jak mogą wpływać niedokładności modelu czy przyjętej metody.

Przyjęcie trzech typów Δt i trzech przebiegów zmian temperatury wody sieciowej zasilającej jest oczywiście poważnym uproszczeniem, występuje przecież wiele stanów pośrednich między przyjętymi. W świetle otrzymanych rezultatów nie ma jednak powodu przypuszczać, że w stanach pośrednich wystąpiłyby większe oszczędności energii cieplnej niż miało to miejsce w stanach zbadanych.

W modelu symulacyjnym przyjęto stałe ciśnienie w magistrali zasilającej; w rzeczywistości ulega ono zmianom, zwłaszcza gdy węzły sieci są zautomatyzowane. Jeśli pominiemy zmiany ciśnienia wynikające z awarii lub z oddziaływania odbiorników o szczególnych właściwościach /np. szklarnie/, to można założyć, że większemu zapotrzebowaniu na ciepło ze strony węzła towarzyszyć będzie spadek ciśnienia, wynikający z podobnego oddziaływania wielu węzłów. Przypadkiem zmniejszonego zapotrzebowania towarzyszyć będzie wzrost ciśnienia. W rezultacie, w przypadku badanego węzła wystąpiłyby nieco większe oszczędności przy przegrzewach.

W przypadku zbyt niskich temperatur zasilania nie wystąpiłyby dodatkowe oszczędności wynikające ze spadku ciśnienia.

Z kolei dyskusyjny jest problem naliczania wskaźnika oszczędności za cały sezon grzewczy. Z użytym tu sposobem naliczania tego wskaźnika, wiąże się przyjęcie pewnego modelu wymuszeń dla działania węzła w ciągu całego sezonu. Taki model został przyjęty arbitralnie i jest oczywiście uproszczeniem, jednak z porównania wyników zamieszczonych w Tabeli 20 i 21 widać, że jeśli sezon grzewczy nie będzie miał charakteru zupełnie nietypowego /np. dużej ilości dni ciepłych/, to każdy przyjęty sposób obliczania będzie prowadził do podobnych rezultatów.

Przyjęty model symulacyjny nie uwzględnia też stanów awaryjnych, nie szczelności, złego dopasowania nastaw regulatorów do potrzeb ogrzewanego obiektu, braku konserwacji itp. Trudno sobie jednak wyobrazić sytuację, w której te okoliczności wpłynęłyby istotnie na możliwość zwiększenia oszczędności energii w trakcie sezonu grzewczego.

Podsumowując te rozważania ogólne, można stwierdzić, że rezultat $3,5 + 5,5$ % oszczędności w wyniku automatyzacji c.o. jest określony poprawnie, a istotne odchylenia, zwłaszcza w górę, są mało prawdopodobne.

7. BADANIA AUTOMATYKI W WĘZLE Z REGULATOREM POGODOWYM C.O. WYPOSAŻONYM W INERCYJNY CZUJNIK TEMPERATURY ZEWNĘ- TRZNEJ

W omawianym tu badaniu użyto tego samego modelu węzła, co w poprzednim rozdziale: jest to model przystosowany do symulacji procesów wolnozmiennych w węzle wymiennikowym szeregowo-równoległym. Celem badania było poznanie właściwości układu regulatora pogodowego c.o., w którym sygnał temperatury zewnętrznej, użyty do wysterowania regulatora, cechuje dużą inercyjność. Łącznie z badaniami, przedstawionymi w rozdziale 3, poświęconymi ocenie potencjalnych możliwości prowadzenia źródła przy wykorzystaniu informacji o aktualnej temperaturze zewnętrznej pochodzącej z czujnika o dużej inercyjności, pozwoli to na weryfikację hipotezy o przydatności takiego sposobu podejścia przy automatyzacji sieci ciepłych.

Badanie przeprowadzono dla dwóch układów regulacji: układu z regulatorem pogodowym EZRT i układu wyposażonego w dodatkowy regulator spadku ciśnienia, umiejscowiony w przyłączu - odpowiada to wariantowi 2 i 3 według systematyki przyjętej w poprzednim rozdziale. Ze względu na znaczną ilość koniecznych obliczeń i związane z tym koszty ograniczono się do uwzględnienia dnia przejściowego i trzech temperatur zasilania. Obliczenia przeprowadzono dla kolejnych przypadków, różniących się stałą czasową inercji sygnału temperatury zewnętrznej, a mianowicie dla przypadku o stałej czasowej: 60s, 1 h, 5 h, 10 h, 20 h. Oceniono różnice w zmianach ^{suma} ~~całkowitego~~ przepływu przez węzeł i temperatury w pomieszczeniach ogrzewczych, brano też pod uwagę zużycie energii cieplnej przez węzeł.

W prezentacji wyników uwzględniony będzie jedynie wariant automatyki, w wariacie 2 wnioski ogólne i szczegółowe z przeprowadzonych badań są identyczne.

Jeśli chodzi o temperaturę pomieszczeń, to różnice wynikające z różnej stałej czasowej w żadnym zbadanym przypadku nie przekraczają $0,1^{\circ}\text{C}$, przy tym praktycznie nie odnotowuje się różnicy między układem o stałej czasowej 60s i 1h oraz między układami o stałych czasowych 10h i 20h, zaś różnice między układem o stałej czasowej 5h i 10h są b. niewielkie.

Różnice w zużyciu energii cieplnej przez węzeł nie przekraczają 9 %, a ich zależność od stałej czasowej ma charakter przypadkowy. W Tabeli 22 zestawiono dane, dotyczące sumarycznego przepływu przez węzeł, rejestrowane w wybranych chwilach czasu. W pojedynczych przypadkach, w których przy wystawieniu sygnałem temperatury zewnętrznej o małej inercyjności daje się zaobserwować duża zmiana przepływu - zwiększenie inercyjności wpływa na "wygładzenie" przebiegu zmian przepływu. Dotyczy to zwłaszcza sytuacji, w których temperatura zasilania jest za wysoka.

Oceniając ogólnie zbadane przypadki, stwierdzić można, że układ z czujnikiem inercyjnym ujawniać będzie oczekiwane właściwości w warunkach wysokich temperatur zewnętrznych i występującego jednocześnie przegrzewu i zapobiegać będzie wówczas szybkiemu przemykaniu zaworu regulatora c.o. przy szybkim ^{chwilowym} ~~określonym~~ wzroście temperatury zewnętrznej. Stałą czasową takiego układu należy dobrać jako $T < 5h$. Na koniec należy jeszcze przypomnieć, że te rezultaty dotyczą układu, w którym regulator pogodowy działa jako ogranicznik przepływu.

Tabela 21

Sumaryczny przepływ przez węzeł, rejestrowany w wybranych chwilach czasu w m³/s dla różnych stałych czasowych układu opóźniającego sygnał temperatury wewnętrznej.

Temp. zasilania stała czasowa	prawidłowa					za niska					za wysoka				
	60s	1h	5h	10h	20h	60s	1h	5h	10h	20h	60s	1h	5h	10h	20h
0	2,28·10 ⁻³	2,28·10 ⁻³	2,28·10 ⁻³	2,28·10 ⁻³	2,28·10 ⁻³	2,38·10 ⁻³	2,40·10 ⁻³	2,40·10 ⁻³	2,40·10 ⁻³	2,40·10 ⁻³	2,27·10 ⁻³	2,30·10 ⁻³	2,28·10 ⁻³	2,18·10 ⁻³	2,11·10 ⁻³
3	2,28·10 ⁻³	2,28·10 ⁻³	2,28·10 ⁻³	2,28·10 ⁻³	2,28·10 ⁻³	2,38·10 ⁻³	2,41·10 ⁻³	2,41·10 ⁻³	2,41·10 ⁻³	2,41·10 ⁻³	2,27·10 ⁻³	2,30·10 ⁻³	2,30·10 ⁻³	2,27·10 ⁻³	2,16·10 ⁻³
6	2,29·10 ⁻³	2,29·10 ⁻³	2,29·10 ⁻³	2,29·10 ⁻³	2,29·10 ⁻³	2,45·10 ⁻³	2,47·10 ⁻³	2,47·10 ⁻³	2,47·10 ⁻³	2,47·10 ⁻³	2,28·10 ⁻³	2,30·10 ⁻³	2,30·10 ⁻³	2,30·10 ⁻³	2,25·10 ⁻³
9	2,42·10 ⁻³	2,42·10 ⁻³	2,42·10 ⁻³	2,42·10 ⁻³	2,42·10 ⁻³	2,55·10 ⁻³	2,57·10 ⁻³	2,57·10 ⁻³	2,57·10 ⁻³	2,57·10 ⁻³	2,28·10 ⁻³	2,31·10 ⁻³	2,31·10 ⁻³	2,32·10 ⁻³	2,32·10 ⁻³
12	2,39·10 ⁻³	2,39·10 ⁻³	2,39·10 ⁻³	2,39·10 ⁻³	2,39·10 ⁻³	2,53·10 ⁻³	2,56·10 ⁻³	2,56·10 ⁻³	2,56·10 ⁻³	2,56·10 ⁻³	2,21·10 ⁻³	2,35·10 ⁻³	2,34·10 ⁻³	2,35·10 ⁻³	2,34·10 ⁻³
15	1,98·10 ⁻³	2,16·10 ⁻³	2,36·10 ⁻³	2,36·10 ⁻³	2,36·10 ⁻³	2,51·10 ⁻³	2,54·10 ⁻³	2,54·10 ⁻³	2,54·10 ⁻³	2,54·10 ⁻³	1,67·10 ⁻³	1,85·10 ⁻³	2,32·10 ⁻³	2,32·10 ⁻³	2,32·10 ⁻³
18	2,37·10 ⁻³	2,37·10 ⁻³	2,37·10 ⁻³	2,37·10 ⁻³	2,37·10 ⁻³	2,52·10 ⁻³	2,55·10 ⁻³	2,55·10 ⁻³	2,55·10 ⁻³	2,55·10 ⁻³	2,26·10 ⁻³	2,15·10 ⁻³	2,24·10 ⁻³	2,34·10 ⁻³	2,34·10 ⁻³
21	2,35·10 ⁻³	2,35·10 ⁻³	2,34·10 ⁻³	2,31·10 ⁻³	2,34·10 ⁻³	2,51·10 ⁻³	2,54·10 ⁻³	2,54·10 ⁻³	2,54·10 ⁻³	2,54·10 ⁻³	2,21·10 ⁻³	2,09·10 ⁻³	1,89·10 ⁻³	1,92·10 ⁻³	2,08·10 ⁻³
24	2,35·10 ⁻³	2,35·10 ⁻³	2,34·10 ⁻³	2,34·10 ⁻³	2,34·10 ⁻³	2,51·10 ⁻³	2,54·10 ⁻³	2,54·10 ⁻³	2,54·10 ⁻³	2,54·10 ⁻³	2,21·10 ⁻³	2,09·10 ⁻³	1,89·10 ⁻³	1,92·10 ⁻³	2,08·10 ⁻³
E/MWh/	9,62	9,64	10,52	10,52	10,52	8,02	8,02	8,02	8,02	8,02	11,05	11,04	11,12	11,14	10,68

8. WNIOSKI OGÓLNE DOTYCZĄCE AUTOMATYZACJI WĘZŁÓW W SIECIACH CIEPLNYCH POLIGONÓW AUTOMATYKI CIEPŁOWNICZEJ

Przedstawione tu wnioski ogólne powstały w związku z badaniami symulacyjnymi węzłów, a dotyczą: oceny przyjętej metody i użytkowanych modeli, zbadanych właściwości ogólnych układów automatyki oraz sugestii dotyczących dalszych badań w tej dziedzinie.

Przy modelowaniu węzłów korzystano z pakietu oprogramowania SOWA /4/, zazwyczaj z drobnymi modyfikacjami i uzupełnieniami dot. np. naliczania wartości wskaźnika jakości. Istotniejsze zmiany dotyczyły jedynie modelu instalacji wewnętrznej c.o. wraz z budynkiem /5/. W przypadku każdego modelu użytkowanego w ramach badań w tym zleceniu dysponowano rezultatami pomiarów na obiekcie, pozwalając to na dodatkową identyfikację. Nigdy nie pociągało to za sobą konieczności istotnych zmian struktury modelu, a jedynie drobne korekty wartości parametrów. Pozwala to stwierdzić, że użytkowany pakiet oprogramowania SOWA jest sprawdzonym i użytecznym narzędziem w badaniach symulacyjnych węzłów. Zdaniem autorów, to stwierdzenie rozciąga się nie tylko na przypadki, w których modelowanie wsparte jest obszerniejszymi wynikami pomiarów na obiekcie rzeczywistym, ale także na przypadki, w których poszukuje się odpowiedzi, dotyczących dynamiki działania węzła bez posiadania wyników badań obiektu w warunkach eksploatacyjnych. Inaczej mówiąc, właściwości poszczególnych elementów składających się na model węzła są dostatecznie poznane i możliwe jest korzystanie z nich przy badaniu modeli różniących się od dotychczasowych strukturą i wartościami parametrów.

Z kolei przejdziemy do omówienia zastosowania regulatorów w węzle. Nie budzi wątpliwości konieczność wyposażenia obwodu c.w. w zasobnik i regulator ciągły / lub krokowy /; natomiast współpraca wymiennika typu IAD lub WWB z dostępnymi krajowymi

regulatorami proporcjonalnymi bezpośredniego działania jest źródłem wielu kłopotów i trudności. W toku badań oceniono kilka możliwych do przyjęcia rozwiązań jak umieszczenie czujnika temperatury w zasobniku bądź stabilizatorze za wymiennikiem, albo w kieszeni olejowej, a także zwiększenie wydajności pompy ładująco-cyrkulacyjnej. Wszystkie te rozwiązania cechowała ogólna prawidłowość, że większym amplitudom zmian natężenia przepływu wody sieciowej towarzyszą mniejsze amplitudy temperatury regulowanej i odwrotnie. W kolejnych badaniach wskazano ~~tak~~ też możliwości ^{ano} ~~opracowania~~ drgań typu cyklu granicznego przez zastosowanie stabilizatora o odpowiednich cechach konstrukcyjnych.

Problem regulacji pogodowej c.o. rozpatrywano łącznie z zastosowaniem dodatkowych regulatorów w przyłączy; oceniano zmiany przepływu sumarycznego przez węzeł oraz zmiany spadku ciśnienia na węźle w powiązaniu ze zmianami temperatury w pomieszczeniach ogrzewanych. W wyniku badań zdyskwalifikowano układ z dodatkowym regulatorem przepływu w przyłączy i potwierdzono zagrożenia wynikające z "kaskadowego" łączenia regulatorów. We wszystkich typach badanych układów ujawniono niedostateczne uwzględnienie akumulacyjności budynku. Korzystnie wyróżniał się układ z regulatorem stabilizującym spadek ciśnienia na węźle. W powiązaniu z wynikami badań sieci /patrz rozdz. 234 tego sprawozdania/ oraz wynikami przedstawionymi w pracy /5/ wskazuje to na zalety pomysłu wyposażenia węzła w układ regulacji stabilizujący spadek ciśnienia na węźle. W wyniku przebadania kilku zaproponowanych wariantów kryterium oceny działania automatyki stwierdzono, że jeśli kryterium takie bierze pod uwagę jednocześnie ograniczenie wahań parametrów po stronie sieciowej i stabilizację temperatur, istotnych z punktu widzenia użytkownika, to wynik oceny przy użyciu tego kryterium zależy głównie od sformułowanych arbitralnie preferencji projektanta kryterium.

Inaczej mówiąc, stabilizacja parametrów po stronie sieciowej wiąże się zawsze ze zwiększonymi wahaniami po stronie instalacyjnej - taką cechę miały badane regulatory pogodowe c.o. Należy też podkreślić, że korzyści w dziedzinie oszczędności energii, możliwe do uzyskania w wyniku rozbudowania automatyki węzła, a wynoszące co najwyżej kilka procent, są poniżej oczekiwań.

Na koniec wspomniemy o możliwości i celowości dalszych badań symulacyjnych w dziedzinie węzłów cieplnych. Dotychczas, prowadzone prace symulacyjne powstawały jako uzupełnienie badań i prób poligonowych, w ścisłym z nimi powiązaniu. Obecnie, gdy istnieje sprawdzone narzędzie w postaci zweryfikowanych modeli takie ścisłe powiązanie nie jest koniecznością. Istnieje przy tym szereg problemów, których zbadanie w warunkach rzeczywistych trudno sobie wyobrazić, należą do nich np. porównania różnych rozwiązań struktury węzła cieplnego, z różnymi wariantami automatyki i nastaw regulatorów, działających w ogrzewanym obiekcie w identycznych warunkach zewnętrznych. W takim przypadku konsekwentne zastosowanie badań symulacyjnych może dać szczególne korzyści.

BIBLIOGRAFIA

- /1/ Serwach A. Miłosz J. : Komputerowa symulacja sieci cieplnych /metoda i zasady użytkowania/. Biuletyn MERA-PIAP nr 5/100-6/191, 1983 r.
- /2/ Jabłkowski J. i inni: Badania symulacyjne zakresu i rodzaju stosowania środków automatycznej regulacji ... Etap 1. Metodyka badań symulacyjnych środków automatycznej regulacji oraz badania symulacyjne węzłów zautomatyzowanych z regulatorami różnicy ciśnień i regulatorami przepływu. Sprawozdanie MERA-PIAP nr rejestr. 4934, listopad 1982r.
- /3/ Jabłkowski J. i inni. Badania symulacyjne zakresu i rodzaju stosowania środków automatycznej regulacji ... Etap 2. Badania symulacyjne środków automatycznej regulacji poligonu automatyki ciepłowniczej w Warszawie. Sprawozdanie MERA-PIAP nr rejestr. 5062, czerwiec 1983 r.
- /4/ Omylińska b. i inni: Symulacja komputerowa węzłów cieplnych Etap III /SOWA/. Sprawozdanie MERA-PIAP nr rejestr. 2869, czerwiec 1980 r.
- /5/ Serwach A., Jabłkowski J. : Opracowanie i wdrożenie nowych środków automatyki węzłów cieplnych. Etap 2,1. Koncepcja regulatorów mikroprocesorowych dla węzłów cieplnych w budownictwie mieszkalnym wielorodzinnym. Sprawozdanie MERA-PIAP nr rejestr. 5122, grudzień 1983 r.
- /6/ Jabłkowski J. i inni: Badania symulacyjne zakresu i rodzaju stosowania środków automatycznej regulacji ... Etap 3. Badania symulacyjne środków automatycznej regulacji poligonu automatyki ciepłowniczej w Szczecinie. Etap 6. Badania symulacyjne procesów szybkozmiennych w węźle zautomatyzowanym. Kryteria jakości pracy węzłów zautomatyzowanych. Sprawozdanie MERA-PIAP nr rejestr. 5227, maj 84 r.

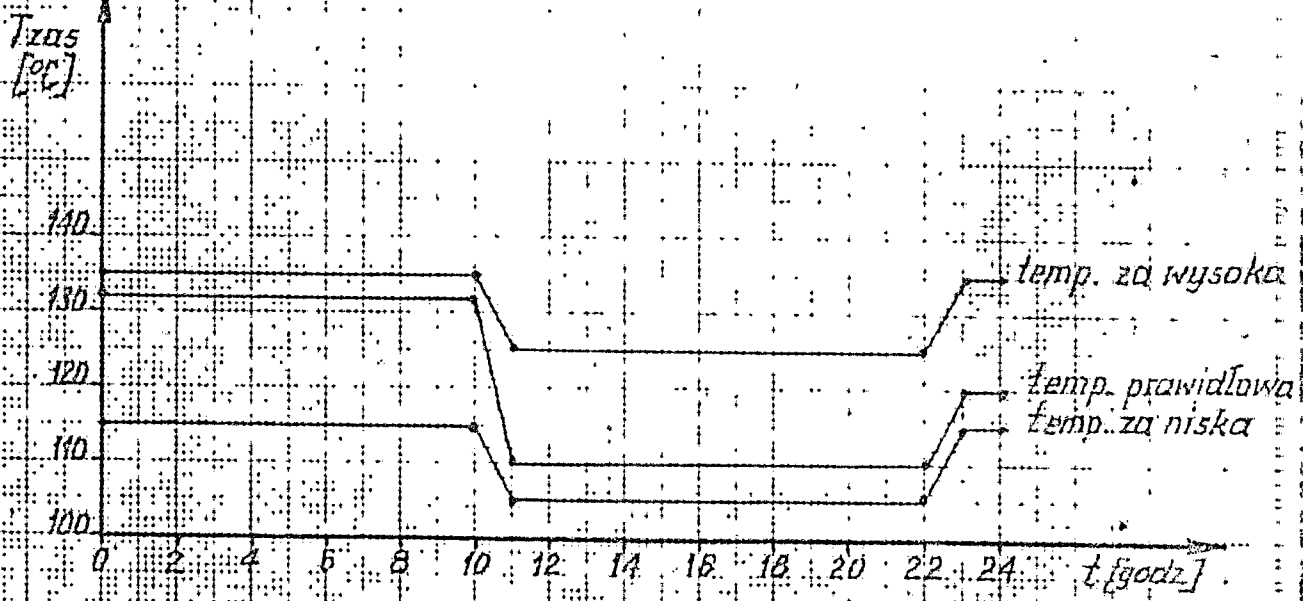
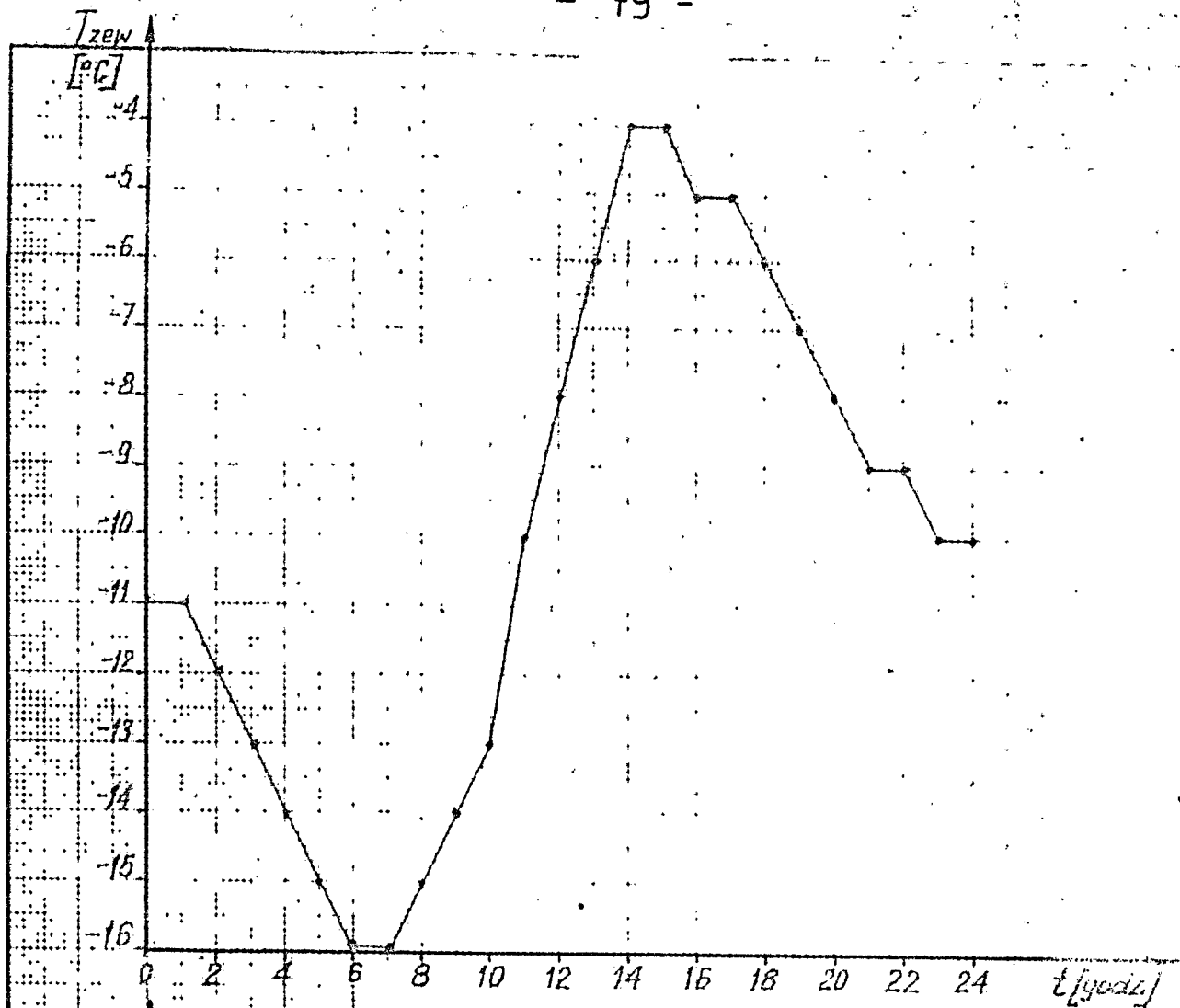
- /7/ Serwach A.: Koncepcja wspomaganego komputerem sterowania siecią ciepłą. Biuletyn MERA-PIAP, nr 3/98, 1983 r.
- /8/ Miłosz J. Serwach A.: Realizacja i badania prototypowego układu automatyki sieci ciepłej Białegostoku. Etap 32 - Wybrane algorytmy diagnostyczne sterowania siecią ciepłą. Opracowanie MERA-PIAP nr rejestr. 5120, W-wa, listopad 1983
- /9/ Purczyński J. i inni.: Zautomatyzowanie rozdziału i użytkowania ciepła w węzłach ciepłych szeregowo-równoległych c.o. i c.w. szklarniach magistrali ciepłowniczej Dn 800 w Szczecinie. Etap III. Opracowanie WPEC Szczecin i Politechniki Szczecińskiej, maj 1984 .

ZAŁĄCZNIK 1

Charakterystyka wymuszeń zastosowanych w badaniach symulacyjnych.

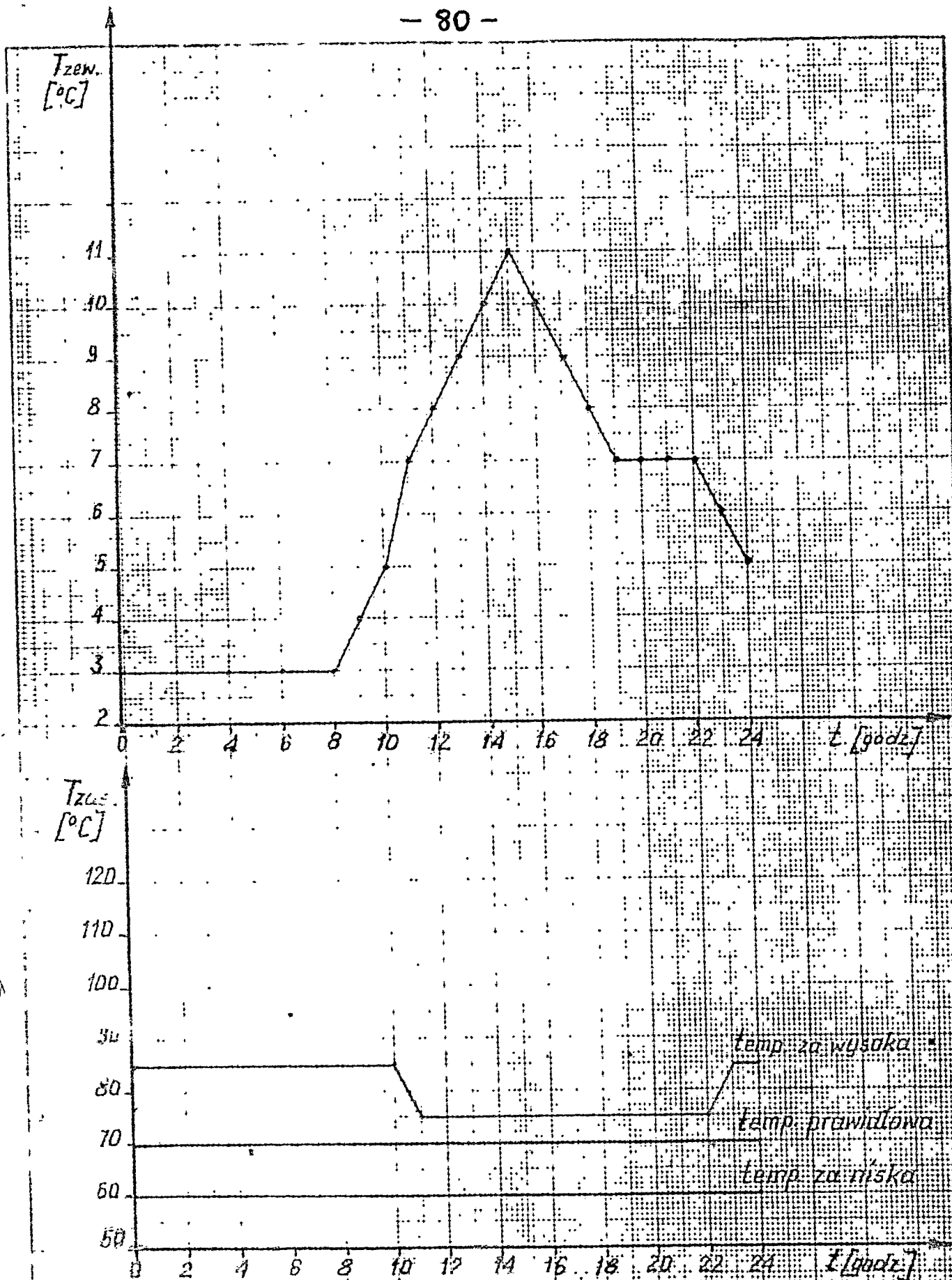
Załącznik przedstawia w postaci graficznej przebiegi czasowe zmiennych wejściowych /wymuszeń/ użytych w badaniach modeli węzła oraz sieci. Ze względu na różnice w warunkach działania w ciągu sezonu grzewczego przyjęto 3 rodzaje wymuszeń, odpowiadające typowym warunkom zewnętrznym i warunkom zasilania mającym miejsce w dniach : ciepłym /rys. 19 -odpowiada początkowi i końcowi sezonu grzewczego/, przejściowym /rys.20, np. kwiecień, październik/ i zimnym /rys. 21/. W każdym z tych dni przyjmowano jednakową charakterystykę rozbiórki ciepłej wody, typową dla dnia o rozbiórce nieco wyższym od przeciętnej /rys. 22 dotyczy pojedynczego węzła /rys. 23 odbiorników zagregowanych/.

Charakterystyki wymuszeń zaczerpnięto z pracy /3/.



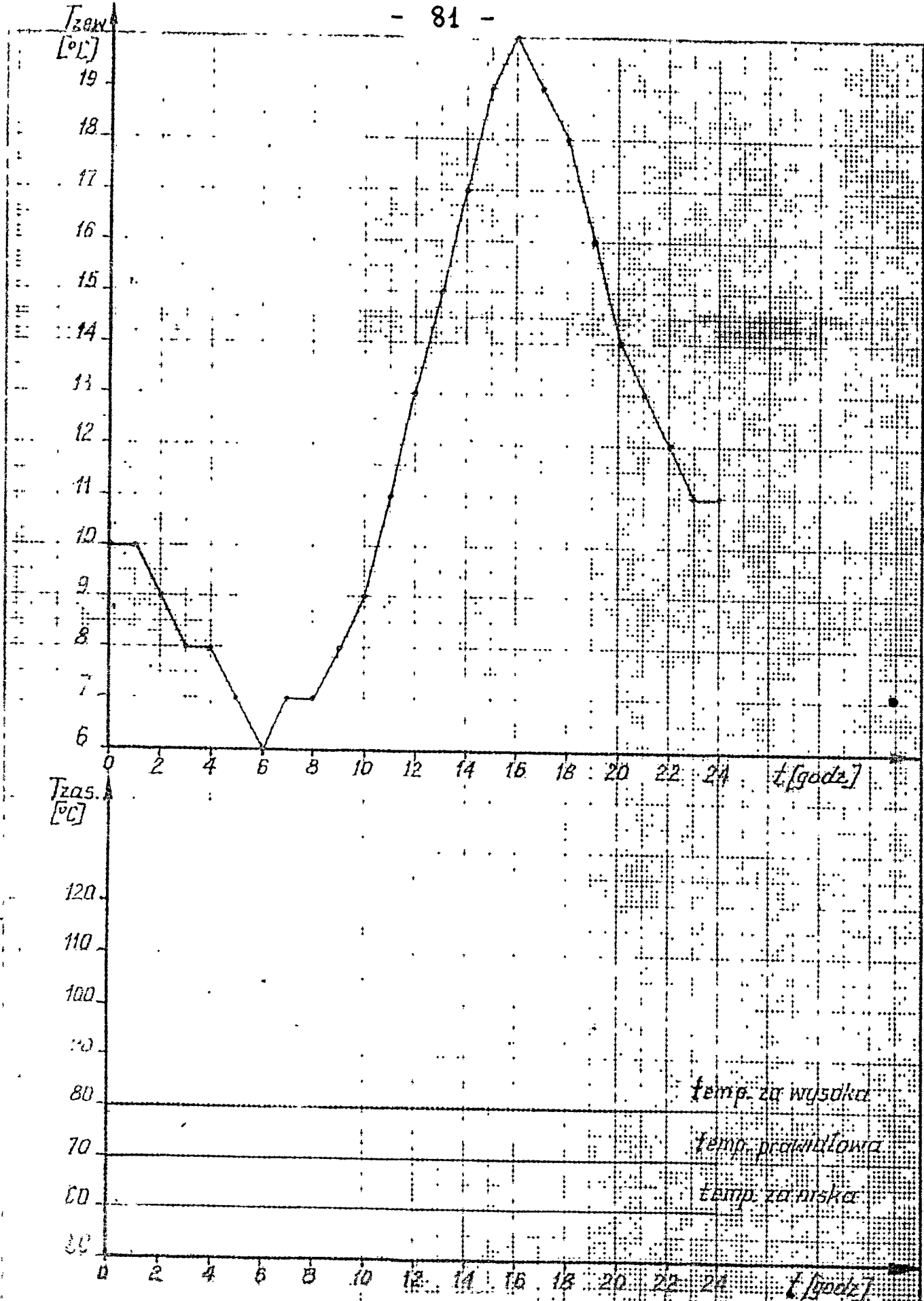
Rys. 19

Dobowy przebieg temperatury zewnętrznej i temperatury zasilania. Dzień „zimny”



Rys. 20

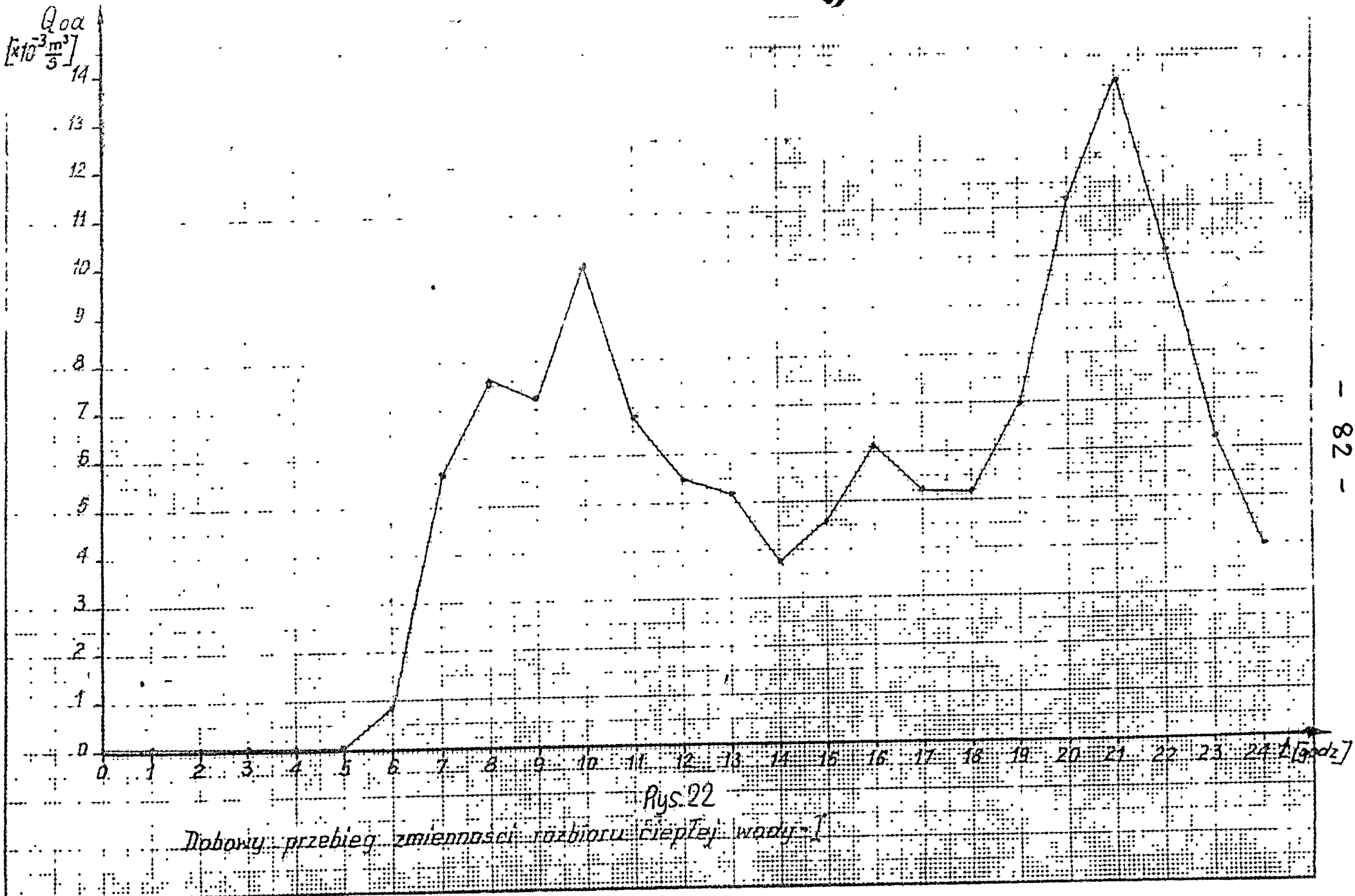
Dobowy przebieg zmian temperatury zewnętrznej i temperatury zasilania. Dzień „przejściowy”.



Rys. 21

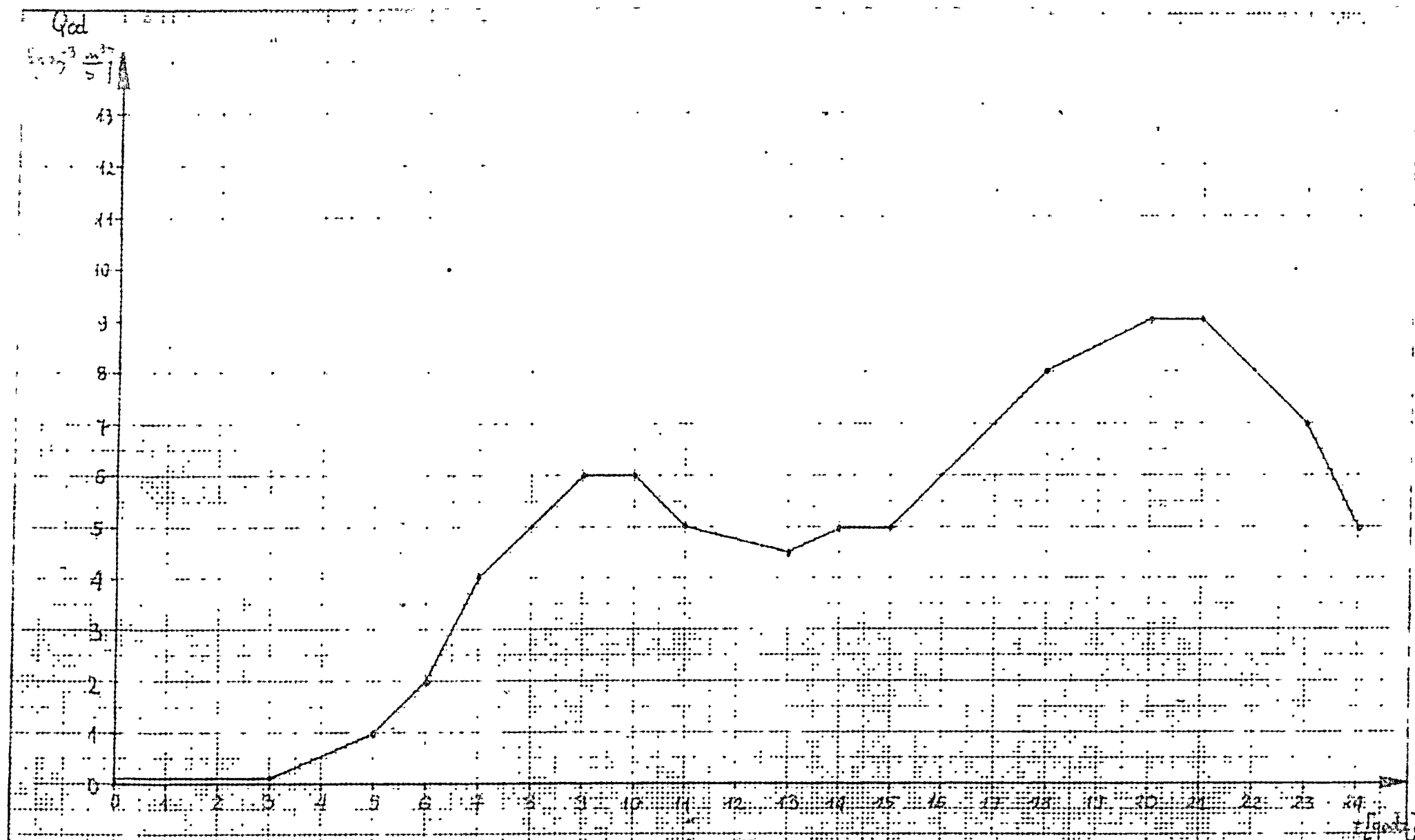
Dobowy przebieg zmian temperatury zewnętrznej i temperatury zasilania. Dzień „ciepły”

Q_{oa}
 $[\times 10^{-3} \frac{m^3}{s}]$



Rys. 22

Dobowy przebieg zmienności rozbioru ciepłej wody



Rys. 23

Dobowy przebieg zmienności rozbiórki ciepłej wody - II

18