

Tadeusz Chlipalski, Stanisław Legieć, Eryk Soehrich

### ANALIZA PROGRAMÓW REGULACJI JAKOŚCIOWEJ

Cechą charakterystyczną zaopatrzenia w ciepło wielkich obszarów miejskich oraz skupisk przemysłu jest centralne wytwarzanie i przesyłanie czynnika grzejnego. Udział indywidualnej regulacji u poszczególnych odbiorców na skutek nikłego zaangażowania automatyki jest znikomy. Dlatego należy się liczyć, przynajmniej w najbliższym czasie, z centralnym przygotowywaniem czynnika grzejnego. W opracowaniu tym zajęto się analizą programu regulacji jakościowej i zależnościami, które wiążą ze sobą temperaturę zasilania czynnika grzejnego oraz zmienne potrzeby cieplne w całym sezonie ogrzewczym. Zadaniem tego opracowania jest określenie odpowiedzi obiektu, tzn. jego temperatury wewnętrznej na różne programy regulacyjne, które są funkcją charakterystyki cieplnej różnych systemów instalacji wewnętrznej jak i odbiornika. Analizowano następujące sposoby przygotowania czynnika grzejnego:

- 1 - węzeł wymiennikowy z wtórnym obiegiem wymuszonym i konwektorami  

150/80	90/70	$t_p = 22^{\circ}\text{C}$ ,	$m = 0,5$
--------	-------	------------------------------	-----------
- 2 - węzeł wymiennikowy z wtórnym obiegiem wymuszonym i konwektorami  

150/80	90/70	$t_p = 20^{\circ}\text{C}$	$m = 0,5$
--------	-------	----------------------------	-----------
- 3 - węzeł wymiennikowy z wtórnym obiegiem wymuszonym i konwektorami  

150/80	90/70	$t_p = 18^{\circ}\text{C}$	$m = 0,5$
--------	-------	----------------------------	-----------
- 4 - węzeł mieszania pompowego lub hydroelewatorowy i ogrzewanie przez promieniowanie  

150/70	90/70	$t_p = 18^{\circ}\text{C}$	$m = 0,1$
--------	-------	----------------------------	-----------

5 - węzeł mieszania pompowego lub hydroelewatorowy i ogrzewanie przez promieniowanie

$$150/70 \quad 90/70 \quad t_p = 15^{\circ}\text{C} \quad n = 0,1$$

6 - węzeł mieszania pompowego lub hydroelewatorowy i ogrzewanie przez promieniowanie

$$150/70 \quad 90/70 \quad t_p = 12^{\circ}\text{C} \quad n = 0,1$$

7 - węzeł mieszania pompowego lub hydroelewatorowy i ogrzewanie przez promieniowanie

$$150/70 \quad 90/70 \quad t_p = 10^{\circ}\text{C} \quad n = 0,1$$

8 - węzeł mieszania pompowego lub hydroelewatorowy i ogrzewanie radiatorami

$$150/70 \quad 90/70 \quad t_p = 18^{\circ}\text{C} \quad n = 0,3$$

9 - węzeł bezpośredni, ogrzewanie rurami żebrowymi

$$150/70 \quad t_p = 15^{\circ}\text{C} \quad n = 0,3$$

10 - węzeł bezpośredni, ogrzewanie rurami żebrowymi

$$150/70 \quad t_p = 12^{\circ}\text{C} \quad n = 0,3$$

11 - węzeł wymiennikowy, ogrzewanie przez promieniowanie

$$150/80 \quad 90/70 \quad t_p = 18^{\circ}\text{C} \quad n = 0,1$$

Programy regulacji temperatury zasilania w sieci ciepłowniczej uzyskiwano ze znanych równań:

1. Dla węzła wymiennikowego z wtórnym obiegiem pompowym

$$T_{1s} = t_p + \nu_0 \varphi_x \frac{1}{n+1} + (T_{\acute{s}ro} - t_{\acute{s}ro}) \varphi_x^{a-n} + \frac{\Delta T_o}{2} \cdot \varphi_x$$

2. Dla węzła mieszania pompowego i hydroelewatorowego

$$T_{1s} = t_p + \nu_0 \varphi_x \frac{1}{n+1} + \left( \frac{\Delta T_o - \Delta t_o}{2} \right) \varphi_x + \frac{\Delta T_o}{2} \cdot \varphi_x$$

3. Dla węzła bezpośredniego

$$T_{1s} = t_p + \psi_0 \varphi_x \frac{1}{m+1} + \frac{\Delta T_0}{2} \varphi_x$$

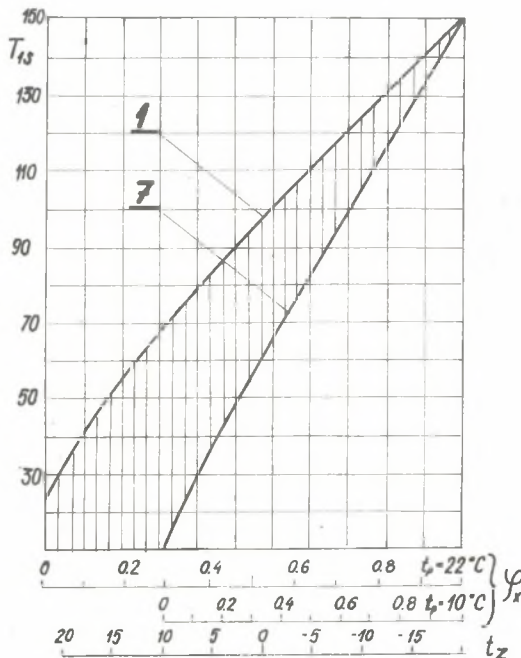
Wzory te ujmują zarówno zmienność temperatury zasilania, wynikającą ze zmiany współczynnika przenikania ciepła dla wymiennika (współczynnik "n") jak i charakterystykę cieplną odbiornika (współczynnik "m").

Ze względu na podobieństwo w sposobie przetwarzania czynnika grzejnego węzłów mieszania pompowego i hydroelewatorowego, programy regulacji jakościowej dla tych węzłów są te same (w tym ujęciu można pominąć hydraulikę układów).

Zgodnie z literaturą przyjmowano następujące wartości charakterystyk cieplnych:

$m = 0,1$  dla płyt promieniujących

$m = 0,3$  dla grzejników radiatorowych i rur żebrowych



Rys. 1. Obszar programowania temperatury zasilania dla różnych węzłów, odbiorników, temperatur pomieszczenia

$m = 0,5$  (0,4-0,6) dla grzejników konwektorowych

$n = 0,1$  - dla ruchu burzliwego

$a = 1,0$

Wymienione krzywe regulacji (od 1-11) zamykają się w obszarze przedstawionym schematycznie na rys. 1.

Z tego obszaru można wydzielić krzywe, których przeznaczenie jest podobne:

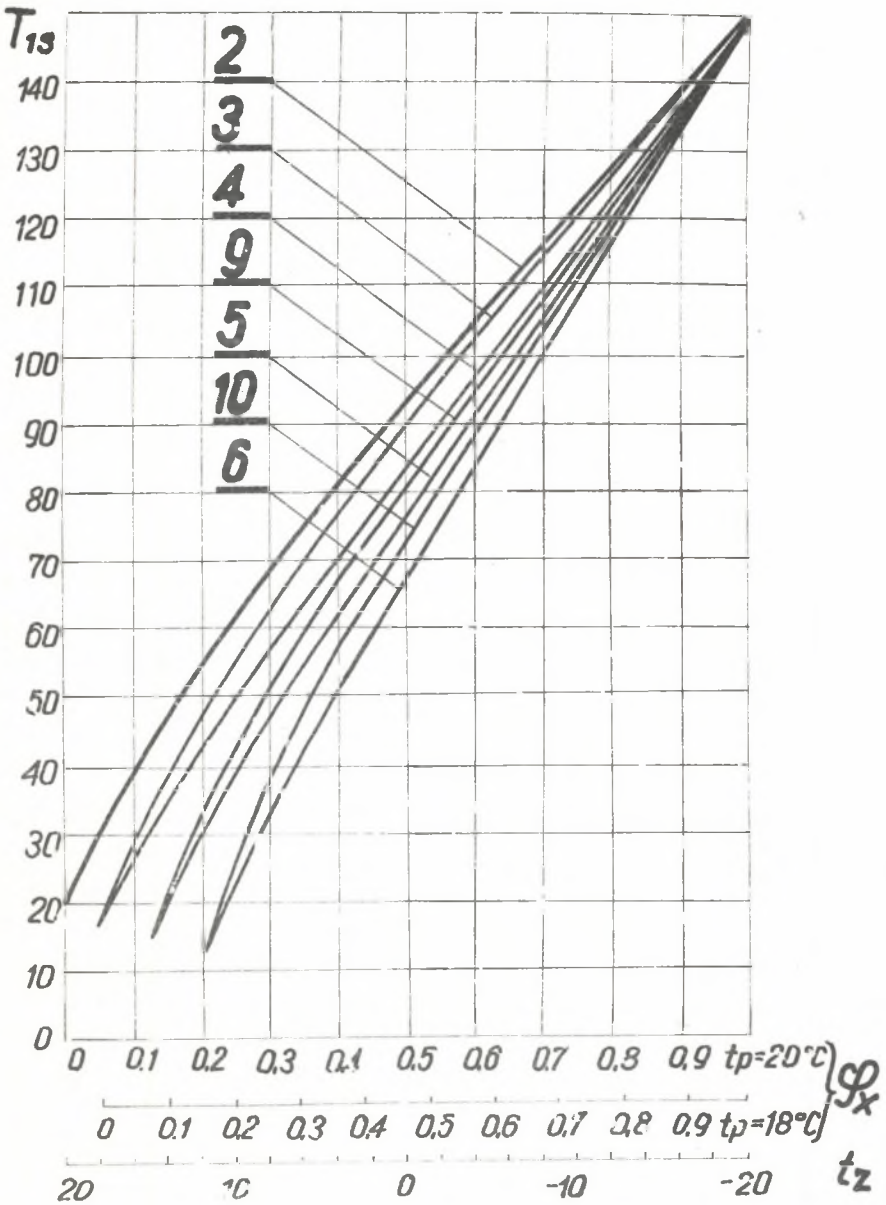
1. Krzywe regulacyjne przeznaczone do prowadzenia sieci, zasilających obiekty budownictwa komunalnego wraz z pomieszczeniami biurowymi i zapleczem przemysłowym - 2, 3, 4, 8, 11.
2. Krzywe regulacyjne przeznaczone do prowadzenia sieci zasilających obiekty budownictwa przemysłowego - 5, 6, 7, 9, 10

Dla 1 grupy proponuje się prowadzenie sieci wg krzywej 3, natomiast dla grupy 2 wg krzywej 2. Należy zauważyć, że grupa 2-a ujmuje w sobie również wymagania grupy 1.

Dla obydwu przypadków analizowano odpowiedzi temperatury pomieszczenia na takie wybrane programy prowadzenia sieci. Decydując się na jakiś wybór należy pamiętać, że powoduje on skutki w postaci odchylenia temperatury pomieszczenia od nominalnej, a wynikającego z różnych charakterystyk cieplnych węzłów i odbiornika.

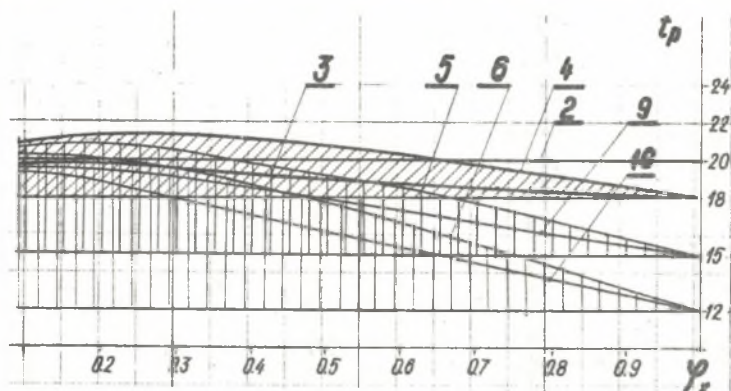
Zestawienie programów regulacji jakościowej dla budownictwa przemysłowego wraz z zapleczem przedstawiono na rys. 2. Obszar ograniczony krzywymi 2 i 4 ujmuje praktyczne wymagania budownictwa komunalnego. Dla tej grupy programów proponuje się prowadzenie sieci wg krzywej 2. Skutki takiego prowadzenia przedstawiono na rys. 3 w postaci odchylenia temperatury pomieszczenia od obliczeniowej. Jak wynika z tej analizy, w obiektach budownictwa komunalnego może wystąpić w okresie przejściowym podniesienie temperatury pomieszczeń rzędu 3 deg, natomiast temperatura pomieszczeń przemysłowych wzrośnie wtedy o 6-8deg. Podobną analizę przeprowadzono dla obiektów o charakterze komunalnym, proponując oczywiście inny sposób prowadzenia sieci (wg krzywej 3).

Wymienione odchylenia temperatury pomieszczenia od nominalnej są wynikiem występowania różnych charakterystyk cieplnych za-



Rys. 2. Zastawienie programów regulacji jakościowej dla przemysłu wraz z zapleczem

równowięzłów jak i odbiorników. Na powyższy rozrzut temperatury pomieszczenia nakłada się dodatkowo odchylenie temperatury



Rys. 3. Odchylenie temperatur pomieszczenia od nominalnych przy prowadzeniu sieci wg krzywej 2 rys. 2

pomieszczenia wynikające z trudności w określeniu chwilowego zapotrzebowania ciepła przez pomieszczenie. Określa je współczynnik obciążenia  $\varphi_x$ , który wyraża zmienność strat ciepłych obiektu tylko w funkcji temperatury zewnętrznej, nie uwzględniając innych czynników wpływających na wielkość tych strat. Dodatkowymi czynnikami zwyżającymi lub obniżającymi straty ciepła są jak wiadomo: prędkość wiatru, nasłonecznienie, warunki eksploatacyjne instalacji i własności cieplno-wilgotnościowe przegród budowlanych. Jak wykazała analiza zależności chwilowego zapotrzebowania ciepła pomieszczeń od obliczeniowego (dla danej temperatury zewnętrznej), chwilowe zapotrzebowanie może się wahać w granicach około  $\pm 10\%$  w odniesieniu do maksymalnej straty cieplnej pomieszczenia. Celem ujęcia wpływu tych dodatkowych czynników należałoby współczynnik obciążenia  $\varphi_x$  odnieść nie do temperatury zewnętrznej mierzonej termometrem, lecz podobnie jak przy określaniu komfortu cieplnego pomieszczeń, wprowadzić pojęcie zewnętrznej temperatury równoważnej. Nie uwzględnienie tych zakłóceń, które powodują wahania chwilowego zapotrzebowania ciepła, może powodować odchyłki temperatur wewnętrznych pomieszczeń w granicach  $\pm 3$  deg. Zmiana warunków ochłodzenia dla obiektów na danym obszarze będzie w przybliżeniu jednakowa, dlatego też odchyłki temperatury pomie-

szczeń od obliczeniowej wynikające ze zmienności warunków zewnętrznych będzie we wszystkich pomieszczeniach w przybliżeniu jednakowa. Odchylenia te będą sumowały się z odchyleniami wynikającymi z rozrzutu charakterystyk cieplnych instalacji i odbiorników.

### W n i o s k i

W obiektach ogrzewanych przy pomocy sprawnie działających instalacji, zasilanych z sieci ciepłowniczej, należy się liczyć z odchyleniami temperatury pomieszczeń od nominalnej, wynikającymi z następujących przyczyn:

- 1) wybranego sposobu jakościowego prowadzenia sieci;
- 2) trudności w ustaleniu chwilowego zapotrzebowania ciepła.

Proponowany program regulacji sieci ciepłowniczej (krzywa 2) dla obiektów budownictwa przemysłowego (rys. 2) powodował przegrzanie pomieszczeń komunalnych o  $2 \div 3$  deg, przemysłowych  $6 \div 8$  deg. Jeśli wziąć pod uwagę trudności w określaniu chwilowego zapotrzebowania ciepła, to odchyłki te będą odpowiednio wyższe i tak  $- 3 \div + 5$  deg dla obiektów komunalnych  $1-3 \div + 10$  deg dla obiektów przemysłowych. Stosowanie programu regulacji jakościowej, dostosowanego do temperatury zewnętrznej równoważnej, spowoduje znaczne obniżenie powyższych odchyłek. Skutki odchylen temperatury pomieszczeń od nominalnej należy analizować zarówno pod względem ekonomicznym (wyższe zużycie energii cieplnej) jak i zachowania warunków pełnego komfortu cieplnego pomieszczenia.

## S t r e s z c z e n i e

Omówiono problemy związane z kolizjami powstającymi przy zasilaniu odbiorników o różnej charakterystyce cieplnej ze wspólnej sieci ciepłowniczej. Opracowano zbiorcze programy prowadzenia temperatury wody sieciowej oraz odpowiednie reakcje tych odbiorników na pewien dobrany, kompromisowy program.

## АНАЛИЗ ПРОГРАММЫ КАЧЕСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

### Резюме

Обсуждено вопросы связанные с коллизиями возникающими во время питания теплоприёмников о разных тепловых характеристиках из сетей общего теплоснабжения. Разработано сборные программы управления температуры сетевой воды, а также определено реакции этих приёмников на некоторую компромисную программу.

## THE PROGRAM OF WATER TEMPERATURE CONTROL FOR HIGH TEMPERATURE DISTRICT HEATING SYSTEMS

### S u m m a r y

The divergences in thermal characteristics of various types of heating plants supplied from district heating systems causes some difficulties in heat flow distribution. The heated objects respond differently to each temperature programme. Some selected programmes and room temperature answers are presented in this paper.