

## Zadania i systemy dystrybucji czasu

### 1. W s t ę p

Dystrybucja czasu jest jedną z trzech zasadniczych funkcji służby czasu. Dwie pozostałe: determinacja i konserwacja są z nią najściślej związane. Wymagają one jednak bardziej specjalnych środków i umiejętności, nie mają też tak powszechnego charakteru. Racjonalne i postępowe rozwiązanie wielu zagadnień technicznych, zwłaszcza w fazie projektowania technologii, organizacji i kontroli nowych lub zmodernizowanych obiektów, wymaga orientacji nie tylko w technicznych możliwościach nowoczesnej aparatury związanej z pomiarem czasu, ale także pewnej wiedzy o systemach umożliwiających zachowanie jednolitości tych pomiarów w granicach projektowanego obiektu, rozsądnego określenia wymagań co do dokładności i niezawodności wybranego systemu oraz warunków i sposobu jego powiązania z systemem czasu obowiązującego. Wiedza o tych dość specjalnych zagadnieniach, mimo ich powszechności, nie jest na ogół dostatecznie rozpowszechniona. Jest to powodem błędów, których można łatwo uniknąć przez poznanie najważniejszych pojęć i zasad obowiązujących w metrologii czasu, o którym przecież mówi się, że jest równoważnikiem pieniądza, chociaż w istocie jest chyba czymś o wiele cenniejszym.

Niniejsze opracowanie ma na celu wprowadzenie w całość tych problemów, które wiążą się z zapewnieniem jednolitego czasu w obrębie określonego obszaru. Zadanie to jest rozwiązywane przez dystrybucję czasu, tj. "zespół czynności i środków technicznych służących do systematycznego przekazywania informacji umożliwiających odtworzenie skali czasu realizowanej w ośrodku konserwacji czasu" <sup>1/</sup>.

<sup>1/</sup> Definicja wg PN-66/N-02051 - Metrologia czasu. Nazwy i określenia.

Blizsze zapoznanie się z tym zagadnieniem wymaga jednak pewnego wprowadzenia o charakterze ogólnym, a to w celu uniknięcia możliwych nieporozumień, które często powstają na tle różnego rozumienia pewnych terminów lub nierozróżnienia pojęć pozornie bliskoznacznych.

Zarówno język polski, jak też i inne powszechnie używane języki światowe nie rozróżniają w potocznym użyciu dostatecznie dokładnie różnych znaczeń, jakie posiada termin "czas". Dokładniejsze omówienia tych znaczeń prowadzi wprost do rozróżnienia dwu podstawowych rodzajów dystrybucji i ma ponadto pewne znaczenie ogólne. Z tego powodu poświęcono mu nieco więcej miejsca, niż to jest konieczne w bezpośrednim związku z tematem.

## 2. Zadania i zakres dystrybucji czasu

Spośród trzech podstawowych pojęć fizyki: *m a t e r i i*, *p r z e- s t r z e n i* i *c z a s u* tylko dwa pierwsze mają wyraźnie nazwane cechy mierzalne:

*m a s e* - jako wielkość określającą ilość materii oraz *d ł u- g o ś ć* /z licznymi jej synonimami/, której miara charakteryzuje ilościowo przestrzeń. Brak jest natomiast odpowiedniego rozróżnienia dla *c z a s u*. Termin ten jest używany zarówno dla oznaczenia pojęcia o tej nazwie, jak też i wielkości fizycznej, której miara określa jego ilość.

Jeżeli jednak wziąć pod uwagę tylko to drugie, metrologiczne znaczenie terminu "czas", to nadal nie będzie ono jednoznaczne. Stosuje się je bowiem zarówno dla określenia *c z a s u t r w a n i a* z *j a w i s k a* /np. w sformułowaniu: "czas reakcji wynosi 3 godziny/, jak też dla wskazania *c h w i l i p o j a w i e n i a* s i e z d a r z e n i a /np. "czas zapoczątkowania reakcji wyznaczono na godzinę trzecią"/. Dystrybucja czasu zrealizowana zgodnie z definicją cytowanej już Polskiej Normy umożliwia dokonywanie pomiarów związanych z obydwooma metrologicznymi znaczeniami terminu "czas". Oczywiście, drugi rodzaj pomiarów jest zagadnieniem szerszym i zawierającym w sobie pomiary czasu trwania. Ta sama Polska Norma wprowadza wyraźne rozróżnienie terminologiczne, nazywając pomiary czasu trwania zjawisk wyznaczaniem *p r z e d z i a ł ó w* /interwałów/ *c z a s u*, a określenie chwili powstania zdarzenia - wyznaczaniem jego *e p o k i* w danym systemie rachuby czasu. Zasadnicza różnica praktyczna, jaka wynika z tego rozróżnienia dla zadań dystrybucji czasu, sprowadza się do innej ilości jednostek informacyjnych, jakie muszą być przez system dystrybucji przyjęte i przekazane. Odpowiednio do tego układ, z którego informacje są pobierane, musi być zdolny do konserwacji /przechowywania/ tylko skali czasu albo też skali czasu i systemu jego rachuby <sup>1/</sup>. W praktyce znalazły zastosowanie i są używane systemy obydwu rodzajów.

<sup>1/</sup> Na marginesie tych rozważań można dostrzec jeszcze inną, osobliwość czasu /jako wielkości/. W odróżnieniu od wszystkich innych wielkości fizycznych czas nie poddaje się żadnym operacjom czynnym. Można go tylko mierzyć, a każdy taki pomiar jest czynnością jednorazową, niemożliwą do powtórzenia. W związku z tym czynności nazywane potocznie przenoszeniem, zakreślaniem, nadawaniem czasu itp., w istocie mogą mieć sens tylko umowny.

Najczęściej jednak stosuje się systemy mieszane, tj. takie, w których układ konserwacji przechowuje informacje szersze /tj. o skali i systemie rachuby czasu/, a układ dystrybucji przekazuje jedynie skalę. Informacja ta zostaje jednak w prosty sposób przetworzona na pełną, a więc zawierającą, dzięki uchwyceniu chwili początkowej innym kanałem informacyjnym, także dane o epoce /systemie rachuby/.

### 3. Środki techniczne dystrybucji

Urządzenia dystrybucji czasu składają się z trzech istotnych członów, których funkcje można wyraźnie rozgraniczyć niezależnie od rodzaju techniki, zastosowanej w tej dystrybucji. Są to:

- urządzenia sterujące,
- elementy transmisyjne /przekazujące/,
- urządzenia odbiorcze.

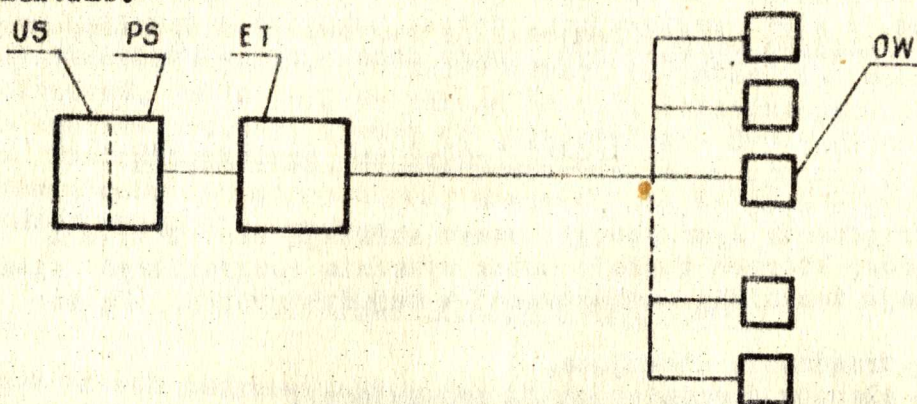
Zadaniem urządzenia lub zespołu urządzeń sterujących jest generacja sygnału informacyjnego zawierającego dane o skali czasu lub też skali i systemie rachuby /współrzędnej/ czasu. Sygnał ten, poza właściwą informacją, musi też posiadać postać odpowiednią do przyjęcia go przez element transmisyjny i przekazania do urządzeń odbiorczych.

Wymagania, narzucone przez zasadę działania elementów transmisyjnych i ich techniczne możliwości, określają warunki, jakim powinien odpowiadać przyjmowany przez nie sygnał. Z drugiej strony generatory tych sygnałów, którymi najczęściej są różnego typu zegary pierwotne, na ogół nie mogą spełnić tych warunków z powodów technicznych. Zwykle stoją tu na przeszkodzie przede wszystkim wymagania o charakterze energetycznym, gdyż bezpośrednie wytworzenie sygnałów o mocy potrzebnej do transmisji jest zawsze trudne, a często niemożliwe. Trudność tę omija się wprowadzając pośrednie przetworzenie sygnału przez taki zespół, który jest w stanie przyjąć słaby sygnał z zegara pierwotnego i przetworzyć go, z udziałem energii pobranej ze źródła zewnętrznego, na sygnał nadający się do transmisji. W niektórych przypadkach przetworzeniu podlega nie tylko moc, ale także inne ilościowe i jakościowe cechy sygnału, a nawet jego forma, aż do zmiany rodzaju wielkości fizycznej, niosącej ten sygnał włącznie.

Jak z tego wynika, pierwszy człon w urządzeniach dystrybucji czasu może zawierać albo tylko pierwotny generator sygnałów albo generator i przetwornik tych sygnałów. Zależnie od zastosowanej zasady działania, techniki jej realizacji i wielkości systemu dystrybucji czasu, element przetwarzający sygnał może być prostym zespołem wbudowanym w zegar pierwotny lub też wyodrębnionym, złożonym urządzeniem, które oprócz swej funkcji istotnej pełni jeszcze inne. Te funkcje dodatkowe mogą być związane z działaniem systemu dystrybucji czasu /np. zapewniać jego kontrolę/ lub też nie mieć z tym systemem zasadniczego związku.

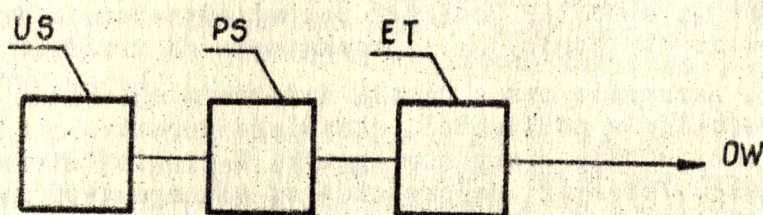
W niektórych systemach dystrybucji czasu powstaje konieczność pośredniego przetwarzania sygnału informacyjnego także po stronie odbiorczej elementu przekazującego. Przyczyny wywołujące taką komplikację są tego samego rodzaju, co i po stronie sterującej: niewystarczająca moc sygnału wyjściowego uzyskiwana z elementu transmisyj-

nego - lub konieczność zmiany rodzaju nośnika sygnału ze względu na zasadę działania odbiorników. Schematy blokowe na rys. 1, 2 i 3 ilustrowają omówione układy dystrybucji czasu i powiązania między ich elementami.

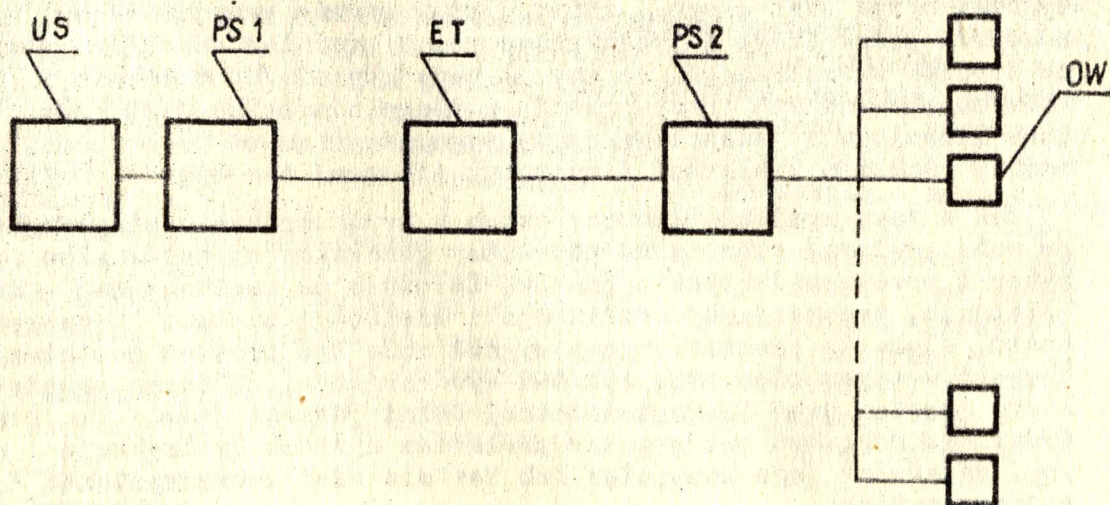


Rys.1. Struktura podstawowa systemu dystrybucji czasu

US - urządzenie sterujące, PS - przetwornik sygnału, ET - element transmisyjny, OW - urządzenia odbiorcze /odbiorniki wtórne/



Rys.2. Struktura systemu dystrybucji czasu z wyodrębnionym przetwornikiem sygnału. Oznaczenia jak na rys.1.



Rys.3. Struktura systemu dystrybucji czasu z podwójnym przetwarzaniem sygnału

PS1 - przetwornik transmisyjny wejściowy /nadawczy/, PS2 - przetwornik transmisyjny wyjściowy /odbiorczy/. Pozostałe oznaczenia - jak na rysunku 1.

Sygnal wytwarzany przez urządzenie sterujące charakteryzują dwie grupy cech ogólnych, niezależnych od jego fizycznej natury. Dotyczą one dokładności i struktury tego sygnału. Sprawa dokładności sygnału sterującego w systemach dystrybucji czasu nie nastrocza specjalnych problemów, innych niż te, które są przedmiotem rozważań i uwagi we wszystkich gałęziach metrologii czasu oraz dziedzinach jej zastosowań. Jedynie wypada może podkreślić ten szczególny aspekt zagadnienia, który wynika z faktu, że od dokładności centralnego zespołu sterującego jest bezpośrednio uzależniona dokładność dużej zazwyczaj lub nawet bardzo dużej ilości odbiorników wtórnych. Ten fakt uzasadnia z góry celowość akceptowania nawet stosunkowo poważnych nakładów, wynikających z kosztowności urządzeń sterujących wysokiej klasy.

Oczywiste dążenie do zapewnienia takich warunków transmisji sygnału sterującego, aby jego dokładność pierwotna nie uległa nadmieremu pogorszeniu podczas przetwarzania i przynoszenia, determinują w znacznym stopniu zarówno strukturę tego sygnału, jak też i naturę jego nośnika.

Jedynym sposobem przenoszenia informacji bez zniekształcenia jest zakodowanie jej przez częstotliwościową modulację nośnika. Częstotliwość przenosi się bowiem bez jakichkolwiek błędów zależnych od środków i warunków transmisji. To, że jest ona określona w sposób zupełny przez okres przebiegu, a więc przez jedną tylko wielkość i to tego samego rodzaju co wielkość, której przesyłana informacja dotyczy - stanowi dodatkową zaletę tego systemu.

Najprostszy sygnał modulowany częstotliwością przebiegu o stałej wartości okresu wystarcza całkowicie do przeniesienia informacji o s k a l i c z a s u. Jeżeli jednak dystrybucji podlega nie tylko skala ale także r a c h u b a c z a s u, to taka najprostsza struktura sygnału jest już niewystarczająca do tego celu. Ponadto pojawia się jeszcze problem nieuniknionego opóźnienia chwili nadejścia sygnału do urządzeń odbiorczych w stosunku do chwili jego powstania w urządzeniu sterującym. Zjawisko opóźnienia sygnału ma w przypadku dystrybucji rachuby czasu znaczenie zasadnicze. Dostosowanie sygnału modulowanego częstotliwością do przekazywania informacji o rachubie /współrzędnej/ czasu rozwiązuje się najprościej przez wprowadzenie do nadawanego przebiegu okresowego odpowiednio kodowanych zakłóceń. Może to być np. przerwa lub grupa krótkich przerw w przypadku sygnału ciągłego /np. przy przebiegu sinusoidalnym/ lub też chwilowa zmiana częstotliwości przebiegu podstawowego. Szczególnie jednak dogodnie jest użycie do tego celu sygnału o charakterze dyskretnym. Pozwala on na przekazanie wystarczającej ilości jednostek informacji przy najlepszych warunkach przesyłania i odbioru, zapewniających łatwe rozróżnienie właściwego sygnału od przypadkowych zaburzeń. Cybernetyczne zalety tej metody transmisji informacji są zresztą powszechnie znane z wielu innych zastosowań i nie wymagają szerszego omówienia.

Warunek minimalizacji opóźnień powstających podczas przekazywania sygnału prowadzi bezpośrednio do określenia techniki transmisji. Największą możliwą do uzyskania szybkość przesyłania daje bowiem wykorzystanie fal elektromagnetycznych lub przebiegów elektrycznych w torach przewodowych - jako nośnika informacji.

Współczesna służba czasu wykorzystuje szeroko do celów dystrybucji czasu odbywa te sposoby, jak również ich różne kombinacje. Nie należy jednak zapominać także o pewnych metodach dawniejszych, zwłaszcza wizualnych i audiowizualnych. Zegar umieszczony na wysokiej wieży, przy właściwej jej lokalizacji, dobrych warunkach widoczności i nie nadmiernych wymaganiach co do dokładności jest jeszcze często bardzo dobrym, bo prostym i powszechnym środkiem dystrybucji czasu. Zalety te często są dodatkowo wzmacniane przez zastosowanie mechanizmów bicia. Efekty dźwiękowe, jakie się przy tym uzyskuje w powiązaniu z efektami plastycznymi wynikającymi z odpowiedniego zaprojektowania tarcz zegara, są niewątpliwie godne uwagi w tych przypadkach, gdy wartości użytkowe mogą być celowo wiązane z wartościami artystycznymi.

Współcześnie stosowane systemy dystrybucji czasu o szerokim zastosowaniu ograniczają się w istocie do trzech następujących:

- system energetyczno-synchroniczny,
- system przewodowo-impulsowy,
- system radiosygnalów <sup>1/</sup>.

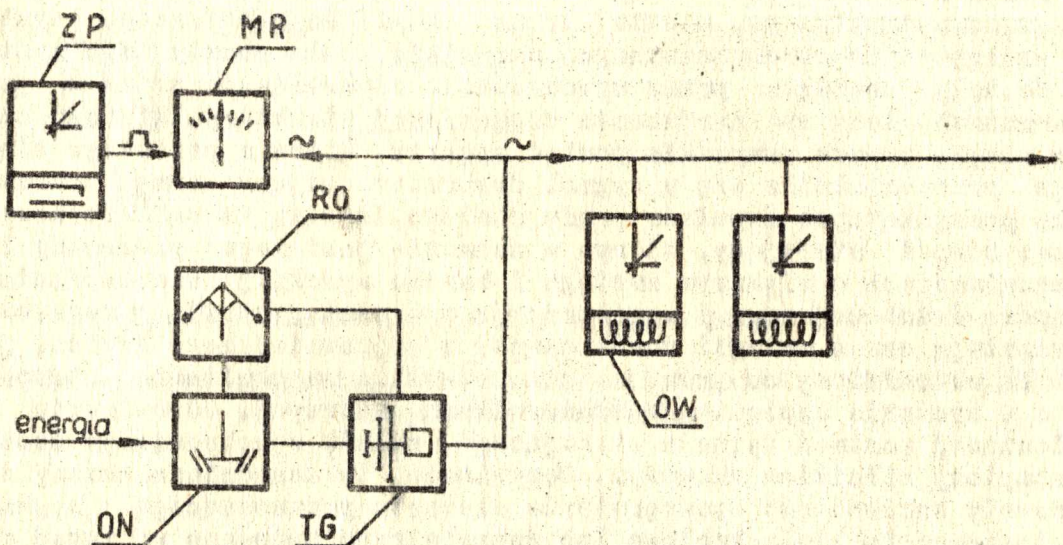
Najbardziej uniwersalnym jest niewątpliwie pierwszy z wymienionych systemów. Sieć dystrybucji czasu jest w nim zespolona nierozdzielnie z powszechną siecią elektroenergetyczną prądu zmiennego, którego częstotliwość jest wykorzystana jako nośnik informacji o skali czasu. Oczywistym warunkiem, który musi tu być spełniony, jest normalizacja i dostateczna stałość tej częstotliwości. Sygnał informacyjny jest tu prądem elektrycznym o ciągłym przebiegu sinusoidalnym, a zawarta w nim informacja stanowi niejako "produkt uboczny" w procesie przetwarzania energii. Ogranicza to możliwości wzbogacenia tego sygnału informacją o rachubie czasu, gdyż warunki związane z dostawą energii elektrycznej wykluczają nakładanie na wytworzony przebieg prądowy takich sygnałów dodatkowych, które byłyby jednocześnie łatwe do detekcji przez odbiorniki wtórne sieci czasu i nieszkodliwe dla działania odbiorników energii elektrycznej.

Pierwotnym urządzeniem sterującym w energetyczno-synchronicznym systemie dystrybucji czasu jest regulator obrotów turbogeneratora. Ze względu na wymaganą dokładność pracy regulator taki powinien być kontrolowany przez urządzenie zegarowe odpowiedniej klasy, zawierające specjalny miernik, wykazujący różnicę pomiędzy znamionową i rzeczywistą częstotliwością wytwarzanego prądu. Odbiornikiem wtórnym dla takiej sieci czasu jest tzw. zegar synchroniczny /staąd nazwa systemu/. Głównym jego elementem jest miniaturowy silnik synchroniczny o mocy zawierającej się zwykle w granicach od 0,5 do 3 W.

---

<sup>1/</sup> Systemy dystrybucji czasu nie mają dotychczas swoich powszechnie przyjętych nazw. Stosowana tu terminologia jest propozycją uwydatniającą najbardziej charakterystyczne cechy poszczególnych systemów. Niestety, nie spełnia ona warunku jednolitości kryterium klasyfikacyjnego, gdyż prowadzi to do tworzenia nazw zbyt długich i przez to niezręcznych.

Silnik ten, przez odpowiednią przekładnię zębatą, uruchamia wskazówki, bębny cyfrowe, napędza taśmy rejestratorów lub chronografów, uruchamia mechanizmy programowego sterowania itp. Na rys.4. przedstawiono schemat energetyczno-synchronicznego systemu dystrybucji czasu. Oczywiście, pętla sprzężenia zwrotnego regulatora obrotów RO może objąć miernik różnicowy MR, który wówczas przestaje być tylko przyrządem kontrolnym, a staje się zespołem nastawczym tego



Rys.4. Schemat systemu energetyczno-synchronicznego

ZP - zegar pierwotny, MR - miernik różnicowy, OW - odbiorniki wtórne /zegary synchroniczne/ RO - regulator obrotów, ON - organ nastawczy, TG - turbogenerator

regulatora. Układy takie są jednak rzadko stosowane ze względu na warunki współpracy systemów sieci energetycznych, w których regulacja turbogeneratorów jest uzależniona od rozplywu mocy i obciążeń wypadkowych. Fakt ten jest źródłem podstawowej wady energetyczno-synchronicznego systemu dystrybucji czasu. Warunki dostawy energii elektrycznej dopuszczają bowiem znacznie szersze odchylenia rzeczywistej częstotliwości prądu elektrycznego od wartości znamionowej niż to może być tolerowane w miernictwie czasu. Dopuszczalne przez energetykę odchylenie  $\pm 1$  Hz w praktyce dochodzi często do  $-2$  Hz. Stanowi to, przy częstotliwości znamionowej 50 Hz, różnicę 4% i powoduje zniekształcenie skali czasu, wyrażające się błędem wskazań odbiorników wtórnych o wartości 58 minut na dobę.

Dystrybucja czasu oparta na systemie sieci energetycznych miała by wiele zalet, do których przede wszystkim należy zaliczyć powszechność, uniwersalność, prostotę i dużą moc odbiorników wtórnych. Wady tego systemu to przede wszystkim wykazana niska dokładność, stosunkowo częste przerwy w dopływie energii elektrycznej, wysokie

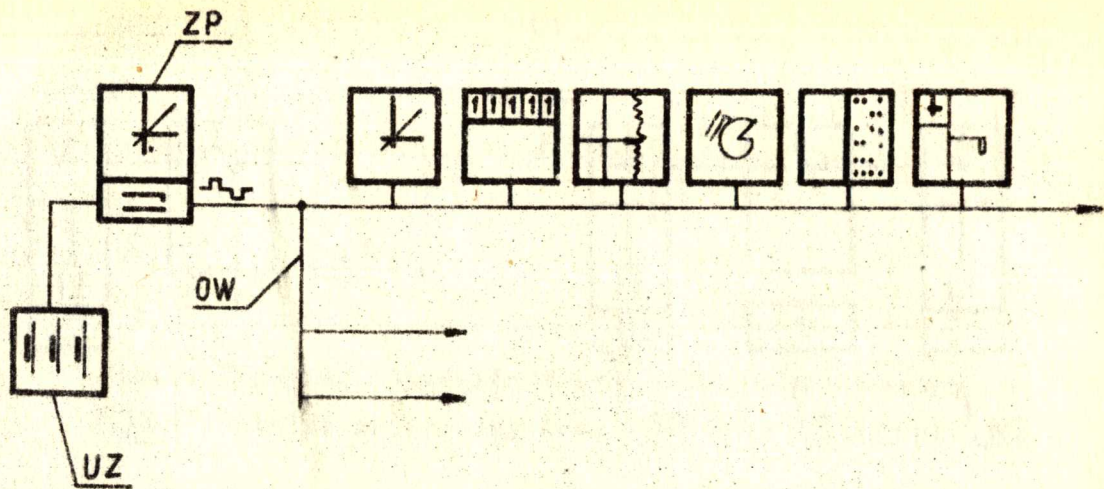
napięcie sygnału oraz czułość silników synchronicznych na spadki tego napięcia. Wady te poważnie ograniczają zastosowanie systemu energetyczno-synchronicznego w tych przypadkach, gdy niezawodność i dokładność stanowią czynnik istotny. Tym niemniej w tych krajach, gdzie energetyka pracuje dobrze /głównie pod względem niezawodności i stałości częstotliwości/, system ten jest dosyć rozpowszechnionym.

Drugi z wyliczonych systemów dystrybucji czasu, nazywany przewodowo-impulsowym, powstał przez modyfikację opisanego systemu energetyczno-synchronicznego. Wszystkie słabe punkty tego systemu zostały usunięte przez wprowadzenie odpowiednich zmian w jego elementach, lecz bez naruszenia zasadniczej struktury. Istotnej zmiany uległa przede wszystkim postać sygnału, która z przebiegu ciągłego przekształciła się w sygnał dyskretny, mający formę okresowych prostokątnych impulsów prądu stałego. Impulsy te są formowane przez zespół sterujący, którym w zasadzie jest zegar pierwotny lub, w urządzeniach o większym zasięgu i bardzo wysokiej niezawodności, zespół dwóch zegarów i współpracującą z nimi centralę zegarową. Korzystają one z energii dostarczanej z najpewniejszego źródła, jakim są akumulatory co jednocześnie pozwoliło na obniżenie stosowanego w systemie napięcia. W odbiornikach wtórnych, odpowiednio do zmienionej postaci sygnału sterującego, silnik synchroniczny został zastąpiony silnikiem skokowym. Oczywiście, te zasadnicze zmiany spowodowały konieczność wyodrębnienia elementu przenoszącego sygnał. Zastosowano tu linie kablowe lub napowietrzne budowane wg zasad stosowanych w teletechnice. Ta konieczność stanowi chyba jedną istotną wadę systemu przewodowo-impulsowego. Do najważniejszych zalet tego systemu zalicza się natomiast cechy następujące:

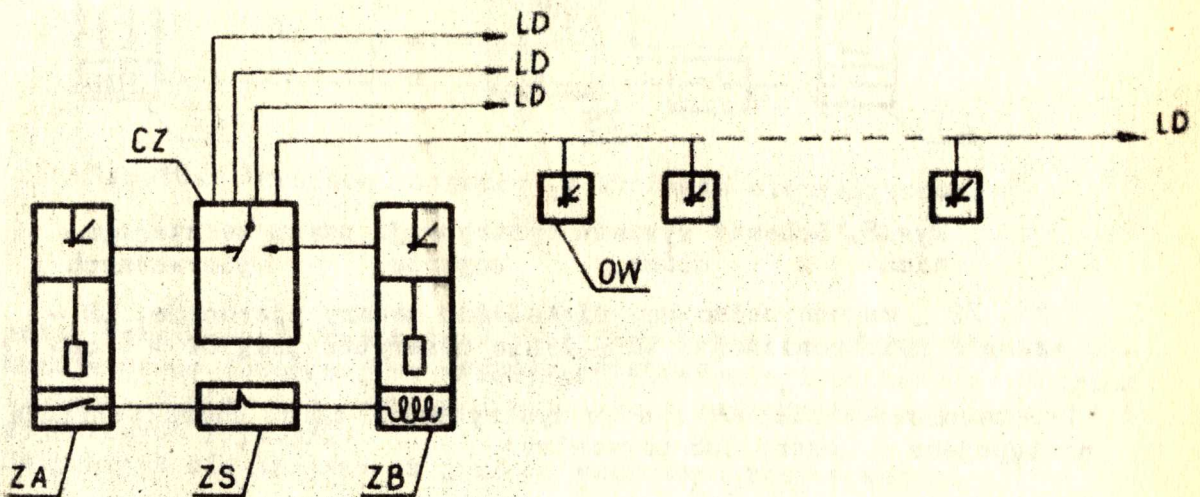
- a. Wysoką niezawodność. Średnia intensywność uszkodzeń osiąga wartość - dla zegara pierwotnego /zależnie od typu/  $45 \cdot 10^{-6}$  godz<sup>-1</sup> - dla zegara wtórnego  $10 \pm 50 \cdot 10^{-6}$  godz<sup>-1</sup>.
- b. Wysoką dokładność. Zależnie od klasy zegara pierwotnego uchybienie standardowe przyrostu poprawki waha się w granicach od 0,01 do 1 sek/d<sup>2</sup>.
- c. Niezależność od ogólnych źródeł energii i niskie napięcie sygnału: 12-60 V.
- d. Wysoką uniwersalność. Istnieje możliwość zestawiania układów o bardzo zróżnicowanych cechach i zasięgu ze stosunkowo niewielką ilością zunifikowanych elementów.
- e. Możliwość synchronizacji z narodowym wzorcem czasu.
- f. Niskie koszty eksploatacji.

Schemat ilustrujący podstawową strukturę impulsowo-przewodowego systemu dystrybucji czasu przedstawiono na rys.5. Przykłady różnych układów, możliwych do zestawienia w tym systemie dla różnych zastosowań ilustrują rys. 6, 7 i 8. Pominęto na nich dla uproszczenia symbole źródeł zasilania.



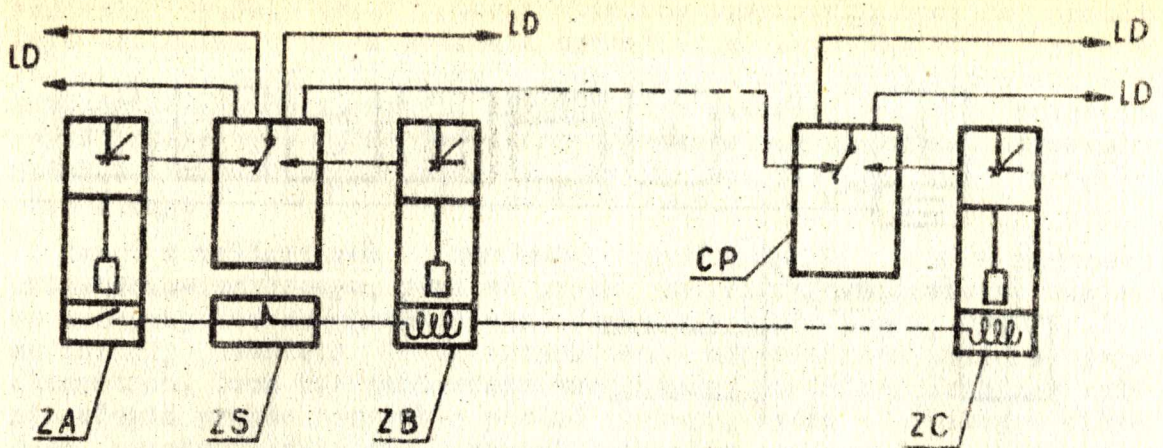


Rys.5. Schemat podstawowy systemu przewodowo-impulsowego  
 ZP - zegar pierwotny, OW - linie odbiorników wtórnych, UZ -  
 urządzenia zasilające

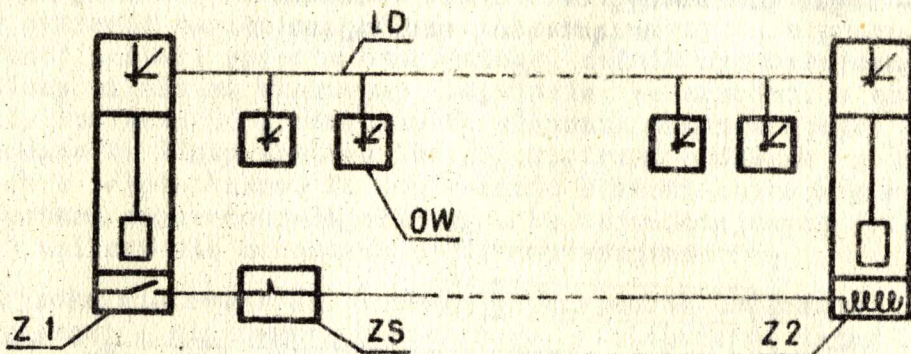


Rys.6. Schemat systemu dystrybucji czasu z pierwotnym zega-  
 rem rezerwowym i centralą zegarową

ZA - zegar pierwotny zasadniczy, ZB - zegar pierwotny rezerwowym  
 ZS - zespół synchronizacji zegarów pierwotnych, CZ - centrala zega-  
 rowa, LD - linie dystrybucyjne sygnałów czasu, OW - odbiorniki  
 wtórne



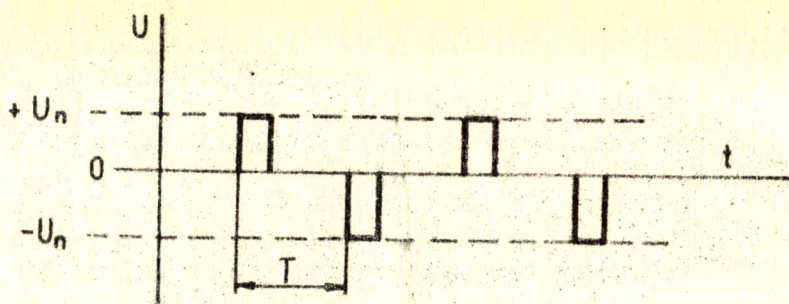
Rys.7. Schemat systemu dystrybucji czasu z podcentralą  
 CP - podcentrala, ZC - zegar rezerwowy podcentrali, inne oznaczenia - jak na rysunku 6.



Rys.8. Schemat systemu dystrybucji czasu ze sterowaniem z dwóch zegarów pierwotnych  
 Z1, Z2 - zsynchronizowane niezależne zegary pierwotne, ZS - zespół synchronizacji, LD - linia dystrybucyjna, OW - odbiorniki wtórne

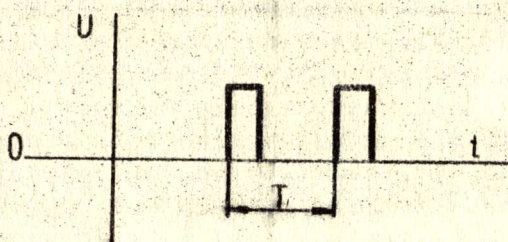
Przewodowo-impulsowy system dystrybucji czasu charakteryzują następujące cechy lub parametry:

- a. Napięcie pracy. Stosowane obecnie napięcia zasilania uległy w praktyce ograniczeniu do dwóch: 24 i 50 V. W niektórych systemach zamiast 50 stosuje się 48 V, co nie ma istotnego znaczenia. Należy jednak zaznaczyć, że zaczyna się rysować tendencja do przejścia z 50 /48/ na 60 V.
- b. Budowa /kształt/ sygnału. Najbardziej rozpowszechniony jest system pojedynczych, okresowych impulsów prostokątnych o kierunku naprzemian przeciwnym /rys.9./. System ten nazywany jest "polaryzowanym" ze względu na trwałą polaryzację magnetyczną zwory w stosowanych tu odbiornikach.



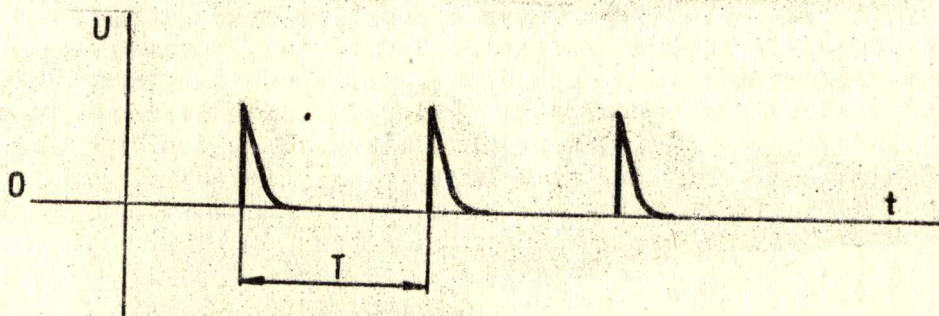
Rys.9. Przebieg sygnałów w systemie polaryzowanym  
 $U_n$  - wartości napięć impulsu,  $T$  - okres sygnału

System z impulsami prostokątnymi jednokierunkowymi /rys.10/, wymagający odbiorników o znacznie niższej sprawności, został obecnie niemal całkowicie zarzucony. Prowadzone są natomiast próby zastąpienia impulsów prostokątnych przez ostre, bardzo krótkotrwałe im-



Rys.10. Przebieg sygnału w systemie niepolaryzowanym

pulsy "szpilkowe" /trójkątne/ /rys.11/. Sygnał o takiej budowie wykazuje pewne interesujące zalety przy transmisji na bardzo długich liniach. System ten wymaga stosowania przetworników wejściowych i wyjściowych /rys.3/. Dotychczas nie znalazł on jeszcze szerszego zastosowania.



Rys.11. Sygnały typu szpilkowego

- c. Częstotliwość sygnału. Parametr ten określa się zwykle przez podanie okresu powtarzalności impulsów sterujących. Najczęściej są stosowane okresy 1 min. i 1 sek. Dla pewnych celów specjalnych stosuje się jednak i inne okresy: 1/2 s, 5 s, 6 s, 20 s, 30 s.
- d. Szerokość /czas trwania/ sygnału - zależy głównie od właściwości elektrycznych /indukcyjność/ i mechanicznych /bezwładność/ stosowanych odbiorników, a także tłumienności linii transmisyjnych.
- e. Sposób łączenia odbiorników wtórnych. Obecnie stosuje się niemal wyłącznie łączenie równoległe zarówno linii w stosunku do źródła sygnału, jak i odbiorników w liniach.

Wymienione cechy i parametry są tylko najbardziej istotnymi. Dla pełnej charakterystyki systemu przewodowo-impulsowego należałoby wyliczyć ich znaczenie więcej, co jednak wykraczałoby poza zadania określone dla niniejszego artykułu.

Obydwa przedstawione dotychczas systemy realizują w sposób bezpośredni dystrybucję tylko skali czasu. Sterowane przez nie odbiorniki mają jednak możliwość realizowania także dystrybucji rachuby czasu. Do tego celu konieczne jest jednak właściwe ich nastawienie, czynność analogiczna do zerowania w innych przyrządach pomiarowych. W tych przypadkach, gdy wymagana dokładność nastawiania wskazań /epoki/ jest rzędu ułamka sekundy - nie jest to bynajmniej łatwe. Stosuje się wówczas albo dość skomplikowane środki dla automatyzacji tej czynności, albo też rezygnuje się z dokładnej nastawy, a za to wprowadza się rachunkową poprawkę odczytań. Wyznaczenie takiej poprawki, nawet z dość dużą dokładnością, jest czynnością stosunkowo prostą.

Przechodząc do charakterystyki trzeciego i ostatniego z wyliczonych systemów - system r a d i o s y g n a l ó w - należy przede wszystkim podkreślić, że może on być użyty, w przeciwieństwie do systemów opisanych poprzednio, do dystrybucji zarówno skali jak i rachuby czasu. System ten jest realizowany w różnej formie zarówno przez radiofonie powszechną, jak też i specjalne radiostacje nadawcze, budowane wyłącznie na użytek służby czasu.

Najbardziej popularną formą radiowej dystrybucji rachuby czasu jest sygnał składający się z sześciu krótkich impulsów nadawanych w odstępie jednosekundowym w ten sposób, że zakończenie ostatniego z nich odpowiada pełnej godzinie. Sygnał ten, wprowadzony w r. 1924 przez radiostację londyńską /BBC/ jest obecnie bardzo rozpowszechniony i stosowany także przez inne radiofonie narodowe w tym i polską. Podobny pod względem strukturalnym, lecz zupełnie inny w formie, jest sygnał czasu nadawany w programach telewizyjnych. Zupełnie inne środki przedstawieniowe umożliwiły tu nadawanie sygnału o każdej porze bez potrzeby kodowania, przez krótkotrwałą projekcję tarczy zegarowej z aktualnymi wskazaniem. Sygnały te mają duże znaczenie dla celów ogólnorganizacyjnych. Dokładność przeniesienia uzyskanej w ten sposób informacji może przy użyciu prostych środków technicznych /np. stopera/ osiągnąć 0,1 sekundy.

Zarówno jednak ta dokładność, jak i okresowa tylko uzyskiwalność takich sygnałów jest niewystarczająca dla wielu celów naukowych, technicznych i lokalnych służb czasu. W związku z tym powstała konieczność emisji ciągłej, a w każdym razie trwającej znacznie dłużej i częściej niż to jest możliwe przy użyciu do tego celu radiofonii powszechnej. W chwili obecnej istnieje kilkadziesiąt radiostacji nadających wyłącznie sygnały czasu dla celów profesjonalnych. Niektóre z nich pracują bez przerwy przez całą dobę, inne - wg określonego programu. Stacje radiowe emitują sygnał w formie przebiegu modulującego częstotliwość nośną w sposób ciągły lub przerywany /impulsowy/. Odpowiednio to tego nazywa się je emisją częstotliwości wzorcowej lub sygnałami czasu. W istocie obydwie te rodzaje sygnałów stanowią formę dystrybucji skali czasu.

Dystrybucja rachuby czasu jest realizowana głównie przez wprowadzenie specjalnego kodu, w którym sygnały impulsowe są w określony sposób przerywane, przedłużane lub zwielokrotniane dla zaznaczenia określonej chwili w danym systemie rachuby czasu. Radiowa dystrybucja sygnałów czasu i częstotliwości wzorcowych jest szeroką, specjalistyczną dziedziną radiotechniki. Zachodzi tu konieczność rozwiązania wielu trudnych problemów, nieistotnych w radiofonii czy radiotelegrafii. Z tego powodu problematyka ta została ujęta w niniejszej pracy w sposób bardzo pobieżny. Wypada jednak co najmniej wspomnieć o zupełnie nowych możliwościach, jakie dla rozwiązania problemu powszechnej dystrybucji skali i rachuby czasu otwiera era łączności za pośrednictwem stacjonarnych sztucznych satelitów Ziemi.

Radiowe sygnały czasu odbiera się, w zależności od celu i żądanej dokładności, albo wspomnianą już metodą słuchową, przy użyciu ręcznie uruchamianego stopera albo też przy pomocy specjalnych rejestratorów - chronografów bębnowych, taśmowych lub cyfrowych /drukujących/. Umożliwiają one bezpośrednie porównanie wskazań lokalnego urządzenia konserwującego czas /zegara pierwotnego/ z często już obecnie stosowanym wzorcem atomowym /cezowym, rubidowym, amoniakalnym/ realizującym skalę czasu ze stałością długoterminową rzędu  $1+2 \cdot 10^{-10}$ .

Praktycznie opanowane też zostało zagadnienie synchronizacji lokalnego zegara kwarcowego przez odpowiednio dobrany sygnał radiowy. Umożliwia to w razie potrzeby lokalną dystrybucję czasu z najwyższą dokładnością bez potrzeby posiadania skomplikowanych & ciągle jeszcze kosztownych zegarów atomowych.

#### 4. W n i o s k i

Dokonany przegląd środków technicznych i systemów dystrybucji czasu naświetla tylko najbardziej zasadnicze ich właściwości. Nie zostały w nim natomiast poruszone bardzo liczne problemy bardziej szczegółowe, o niemałym jednak znaczeniu dla praktyki. Mimo to w oparciu o przytoczone dane można dokonać porównania tych systemów w zakresie dostatecznym do określenia ich przydatności w poszczególnych przypadkach. Wnioski są następujące:

System energetyczny - synchroniczny posiada najwięcej zalet w przypadku opanowania zagadnień zapewnienia dokładności i niezawodności. Pierwszy z tych warunków udało się spełnić w niektórych krajach. Drugi jednak nadal nie jest rozwiązany, a ponieważ dystrybucja skali czasu jest w tym systemie czynnością uboczną - trudno jest liczyć na to, by w najbliższym czasie znalazł on powszechne i pełne zastosowanie.

System przewodowo-impulsowy odznacza się najwyższą niezawodnością i możliwością przystosowania do dowolnych wymagań w zakresie dokładności. Warunkiem pełnego wykorzystania jego zalet jest dostawa pełnego asortymentu odbiorników wtórnych, umożliwiających wykorzystanie jego zalet nie tylko do wskazań czasu, ale i sterowania procesami, względnie automatyczną ich kontrolą.

System dystrybucji oparty na radiosygnalach jest najprawdopodobniej systemem przyszłości. W obecnym stadium jego rozwoju upowszechnienie go, mimo poważnych zalet samej zasady, jest utrudnione przez konieczność instalowania dużych mocy w nadajnikach, stosunkowo złożonych odbiorników oraz trudności w pokonaniu zakłóceń transmisji. Dalsze prace w kierunku opanowania tych trudności na niewątpliwie celowe, a ich rozwiązanie może dać niezwykle interesujące wyniki.

#### L i t e r a t u r a

1. Współczesna służba czasu i częstotliwości wzorcowych. /Praca zbiorowa/ "Problemy telekomunikacji" WKŁ, Warszawa, 1962.
2. Hope-Jones F.: Electrical timekeeping. NAG Press Ltd, London, 1949.
3. Zawielski F.: Czas i jego pomiary. PWN "Omega", Warszawa, 1964.
4. Szumilewicz I.: O kierunku upływu czasu. PWN, Warszawa, 1964.
5. Polska Norma. PN-66/N-02051. Metrologia. Metrologia czasu /chronometria/. Nazwy i określenia, PKN, Warszawa, 1966.
6. Suchocki E.: Elementy sieci czasu. Biuletyn "Elektroprojekt", Nr 7, Warszawa, 1960.
7. Zakrzewski A.: Elementy sieci czasu. Cz. II. Biuletyn "Elektroprojekt", Nr 4, Warszawa, 1962.
8. Leitner G.: Die elektrischen Uhrenanlagen der Deutschen Bundesbahn. Berichtsbuch des VI Int. Kongress f. Chronometrie, Monachium, 1959.
9. Trojanowski W.W.: Elektrozčasowyje sistemy i mechanizmy - Maszgiz, Moskwa 1951.