

Zegar pierwotny ZP-7

Artykuł poświęcono opracowanej i zrealizowanej ostatnio w Toruńskiej Fabryce Wodomierzy konstrukcji zegara pierwotnego typu ZP7. Zegar ten charakteryzuje się dobrymi własnościami metrologicznymi oraz wartościami eksploatacyjnymi stawiającymi go w rzędzie wyrobów o najwyższej klasie jakości. Zegar ZP7 jest pierwszą w kraju konstrukcją w grupie elementów sieci czasu, w której obok zespołów mechanicznych i teletechnicznych zastosowano zespoły elektroniczne /półprzewodnikowe/.

1. W s t ę p

Wobec wycofania z produkcji Łódzkiej Fabryki Zegarów w 1961 r. zegara pierwotnego HF2 opartego na mięgżywojennej konstrukcji niemieckiej zaszła konieczność opracowania konstrukcji i uruchomienia produkcji zegara, który zająłby jego miejsce. Zapotrzebowanie na zegary pierwotne przeznaczone do bezpośredniego sterowania niewielkich, minutowych sieci czasu w szkołach, szpitalach, urzędach, zakładach przemysłowych i innych instytucjach, jest znaczne. Uruchomiona w 1964 r. w Toruńskiej Fabryce Wodomierzy produkcja zegara pierwotnego ZP3M nie zaspokaja potrzeb w tej dziedzinie, gdyż konstrukcja tego zegara /o bardzo wysokiej klasie/ nie jest przystosowana do produkcji wielkoseryjnej, a wysoka cena i konieczność konserwacji przez wysoko kwalifikowanego pracownika są istotnymi hamulcami rozwoju jego produkcji. Zastosowanie zegara ZP3M ogranicza się do dużych sieci czasu, często wyposażonych w centrale zegarowe.

Wobec powyższego przystąpiono w 1963 r. w Toruńskiej Fabryce Wodomierzy do prac nad konstrukcją nowego zegara pierwotnego, który oznaczono symbolem ZP7. Zegar ten, pięciokrotnie tańszy niż zegar ZP3M, ma wypełnić lukę powstałą po przerwaniu produkcji zegara HF2 zaspokajając potrzeby wszystkich instytucji, które w ramach prac nad usprawnianiem organizacji powinny posiadać sprawnie działającą sieć czasu. Konstrukcję zegara ZP7 opracowano w oparciu o

możliwości technologiczne T.F.W., stosując daleko posuniętą unifikację ze sprzętami już produkowanymi. Część elektryczną opracowano w oparciu o elementy półprzewodnikowe i teletechniczne krajowej produkcji. Serię prototypową wykonaną na podstawie dokumentacji konstrukcyjnej, opracowanej w zakładowym biurze konstrukcyjnym T.F.W. poddano badaniom w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów, także badaniom dodatkowym w Politechnice Warszawskiej i w Przemysłowym Instytucie Elektroniki - Oddział w Toruniu.

Uwzględniając wnioski z badań prototypów, przy ściślejszej współpracy z Zakładem Pomiarów Czasu Przemysłowego Instytutu Automatyki i Pomiarów opracowano ostateczną wersję zegara ZP7. Efektem współpracy jest zaliczenie zegara do grupy A nowoczesności.

2. Charakterystyka techniczna

Własności metrologiczne uzyskane praktycznie:

| | |
|-------------------------------------|----------------------|
| Średni przyrost dobowy poprawki | 1,5 s/d ₂ |
| Uchybienie standardowe | 1 s/d ² |
| Rozstęp przyrostu dobowego poprawki | 4 s/d |

Cechy konstrukcyjne:

| | |
|--|-------------------------|
| Napięcie zasilania mechanizmu zegarowego | ~ 220 V |
| Napięcie zasilania sieci czasu | 50 V lub 24 V |
| Napięcie stabilizowane obwodu sterowania | 12,8 V |
| Napęd | sprężynowy |
| Naciąg | mikrosilnik elektryczny |
| Pojemność napędu | 36 godzin |
| Regulator | balansowy |
| Okres regulatora | 0,4 s |
| Wychwył | typu szwajcarskiego |
| Impulsy wyjściowe | minutowe |
| Polaryzacja impulsów wyjściowych | naprzemian zmienna |
| Czas trwania impulsu | 5 ± 2s |
| Dopuszczalne obciążenie wyjścia | 0,5 A |
| Temperatura pracy | 20 ± 5°C |
| Moc pobierana | 6 W |
| Główne wymiary | 150x200x330 mm |
| Ciężar | ok. 4,5 kg |

3. Konstrukcja zegara

Wygląd zewnętrzny zegara przedstawiono na rys.1.

Zegar pierwotny ZP7 składa się z czterech zasadniczych zespołów:

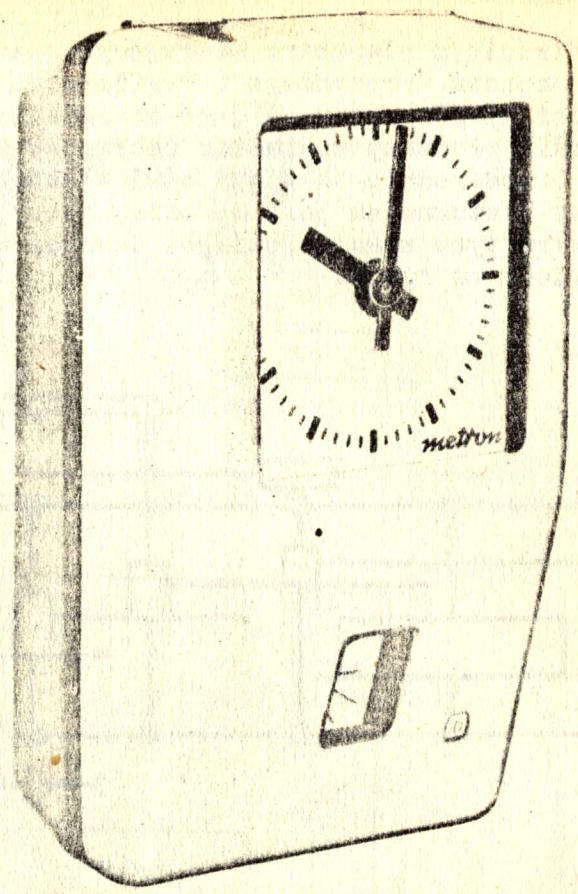
1. mechanizmu zegarowego z regulatorem balansowym, który spełnia rolę zespołu sterującego,

2. Układu elektrycznego sprzężonego fotoelektrycznie, z mechanizmem zegarowym, który służy do wytwarzania, wzmacniania i wysyłania do cieci czasu impulsów prądowych o minutowej repetycji i kolejno zmiennej polaryzacji,

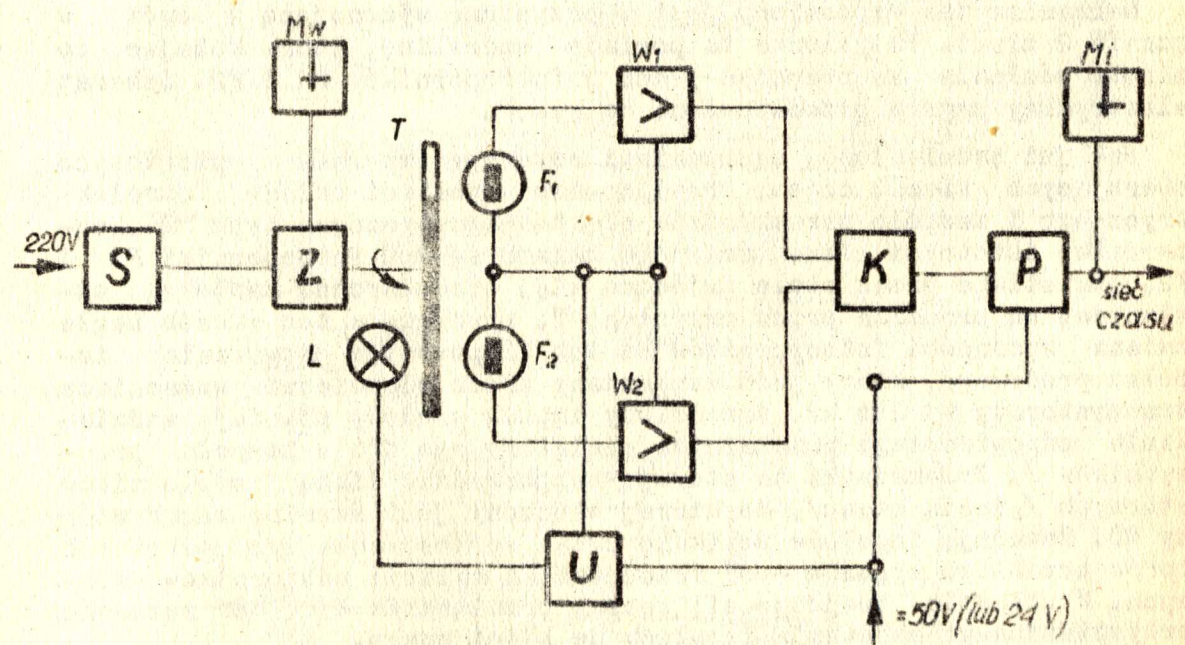
3. Zegara wtórnego,

4. Obudowy zegara, w której umieszczone są powyższe zespoły.

Schemat blokowy zegara ZP7 przedstawiono na rys. 2.



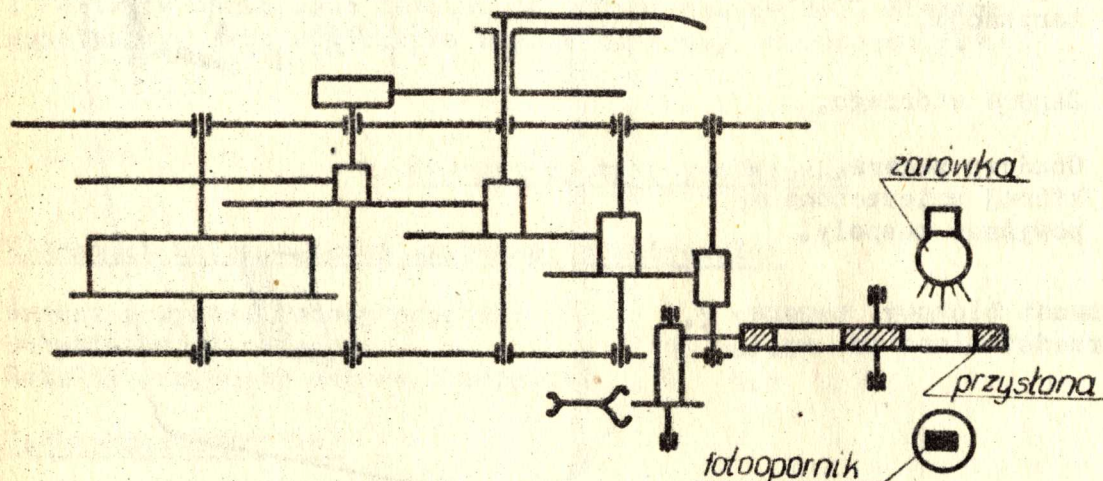
Rys.1. Zegar pierwotny ZP-7 w obudowie



Rys.2. Schemat blokowy zegara pierwotnego ZP7

S - zespół naciągowy, Z - mechanizm zegarowy, L - lampka oświetlająca, T - przysłona, $W_{1,2}$ - wzmacniacze, P - zespół przekaźników, K - zespół przełącznika zmiany wskazań, M_w - mechanizm wskazań mechanizmu zegarowego, M_i - wtórny mechanizm wskazań /impulsowy/, U - zasilacz stabilizowany, $T_{1,2}$ - fotooporniki

Właściwym elementem sterującym zegara jest mechanizm zegarowy Z z napędem sprężynowym i regulatorem balansowym. Częstość naciągu wynosi 15-20 godzin, a jego energia uzupełniana jest przez samoczynnie włączany mechanizm naciągowy S z silnikiem MSS-2W, zasilanym bezpośrednio z sieci oświetleniowej 220 V, 50 Hz. Jako regulator zastosowana jest wysokiej klasy przystawka balansowa z wychwytem typu szwajcarskiego. Schemat mechanizmu zegarowego przedstawiono na rys.3.

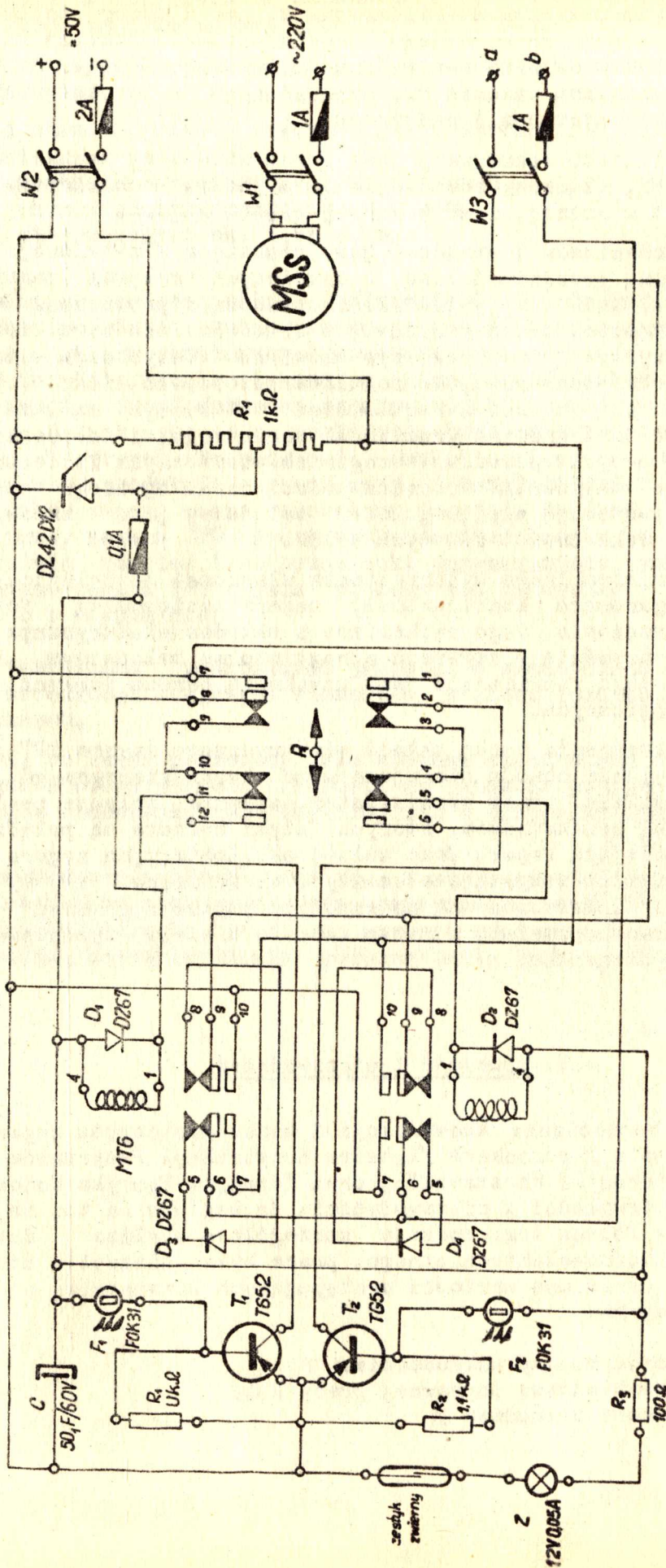


Rys.3. Schemat mechanizmu zegarowego

Mechanizm ten wyposażony jest w przysłonę wykonującą 1 obrót w czasie 2 minut. Przysłonka ta posiada szczelinę, która kolejno co minutę odsłania na przemian jeden z fotoporników F1 i F2. Schemat elektryczny zegara przedstawiono na rys.4.

Jak już nadmieniono, nadawanie i rewersję impulsów minutowych sterujących siecią czasu, zrealizowano w postaci układu fotoelektrycznego i zespołu przekaźników elektromagnetycznych typu MT6. Najbardziej istotnymi elementami tego układu są dwa fotoporniki F1 i F2, oświetlane przez stale świecąca się, niedożarzoną żarówkę, odsłanianie na przemian przez przysłonę T. Wywołana w ten sposób nagła zmiana oporności fotoporników F1 lub F2 powoduje powstanie impulsu prądowego, który jest wzmacniany przez odpowiedni wzmacniacz tranzystorowy W1 lub W2. Wzmocniony impuls prądowy powoduje zadziałanie odpowiedniego przekaźnika miniaturowego MT6 w zespole przekaźników P. Przekaźniki te sterują bezpośrednio linią odbiorników wtórnych /siecią czasu/, do której włączony jest również zegar wtórny MT. Rewersję impulsów uzyskano przez zastosowanie dwu odrębnych torów przebiegu sygnału - od fotopornika do linii odbiorników wtórnych. W układzie znajduje się ręczny przełącznik K do ręcznego przyspieszonego nadawania impulsów do sieci czasu.

Układ fotoelektryczny i uzwojenia przekaźników zasilane są z zasilacza stabilizowanego U, którego głównymi elementami są dioda Zenera i oporowy dzielnik napięcia. Napięcie stabilizowane wynosi



Rys. Schemat elektryczny zegara ZP7

12,8 V. Zarówno zasilacz stabilizowany U, jak i obwód sterowany sieć czasu/ są zasilane ze wspólnego źródła napięcia stałego 50 V /lub 24 V/. Aktualne wskazania mechanizmu zegarowego Z są przedstawione za pomocą mechanizmu wskazań Mw, wyposażonego w tarczę zegarową oraz wskazówki: minutową i godzinową.

Stan sieci czasu wskazywany jest przez wbudowany mechanizm zegara wtórnego MT, włączony równoległe do wyjścia. Mechanizm Mw umieszczony jest w dolnej, a MT w górnej części zegara.

Całość mechanizmów i urządzeń jest zamknięta w metalowej obudowie z odchyloną przednią ścianą, z oszklonymi tarczami zegarowymi. Przewody zasilania i wyjścia sieci czasu są odprowadzone do łączówek naciskowych przez przepusty w obudowie. Niektóre fragmenty konstrukcji wymagają szczegółowego omówienia. Dotychczas w zegarach pierwotnych stacjonarnych jako regulator stosowano niemal wyłącznie wahadło. Wadą zegarów z regulatorem wahadłowym są duże wymiary gabarytowe oraz znaczna wrażliwość na wstrząsy i nieprawidłowość zawieszenia. Z tych powodów w zegarach pierwotnych /przeznaczonych do sterowania małych lub średnich sieci czasu/ogólnego przeznaczenia często stosuje się regulator balansowy jako zapewniający dostateczną dokładność dla tych celów.

Dążąc do maksymalnego wykorzystania własności metrologicznych mechanizmu zegarowego konstruktorzy zegara zastosowali fotoelektroniczne sprzężenie tego mechanizmu z układem elektrycznym, co jest niewątpliwie nowością w zegarach z regulatorem balansowym. Efektem zastosowania tego rozwiązania jest uzyskanie bardzo dobrych własności metrologicznych.

Godną podkreślenia cechą układu elektrycznego zegara ZP7 jest całkowite oddzielenie obwodu sterującego od obwodu sterowanego. Obwód sterujący zasilany przez stabilizator napięcia zaleca prąd kolejno na cewki przekaźników, których styki robocze są połączone z baterią zasilającą zegar. Jako zaletę eksploatacyjną zegara należy wymienić fakt, że wszystkie elementy elektroniczne /z wyjątkiem fotooporników/ umieszczone są na wspólnej płytce z obwodem drukowanym, co w razie potrzeby w dużym stopniu ułatwia wymontowanie i wymianę całego zespołu.

4. Trwałość i niezawodność

W trakcie opracowania konstrukcji i badań prototypów zegara ZP7 przeprowadzono w 2 ośrodkach /Katedra Konstrukcji Przyrządów Precyzyjnych Politechniki Warszawskiej oraz Toruńska Fabryka Wodomierzy/ analizę jego trwałości i niezawodności. Ze względu na to, że była to pierwsza w Polsce tego rodzaju szczegółowa analiza dotycząca zegara mechaniczno-elektronicznego, praca była niezwykle utrudniona. Niemniej, określono wartości następujących parametrów niezawodnościowych zegara:

- średni czas między uszkodzeniami T
- prawdopodobieństwo poprawnej pracy $R(t)$
- intensywność uszkodzeń λ

Parametry te obliczono na podstawie danych o niezawodności elementów, które zawiera układ.

Zbieżność wyników uzyskanych w obydwu ośrodkach przemawia za ich miarodajnością.

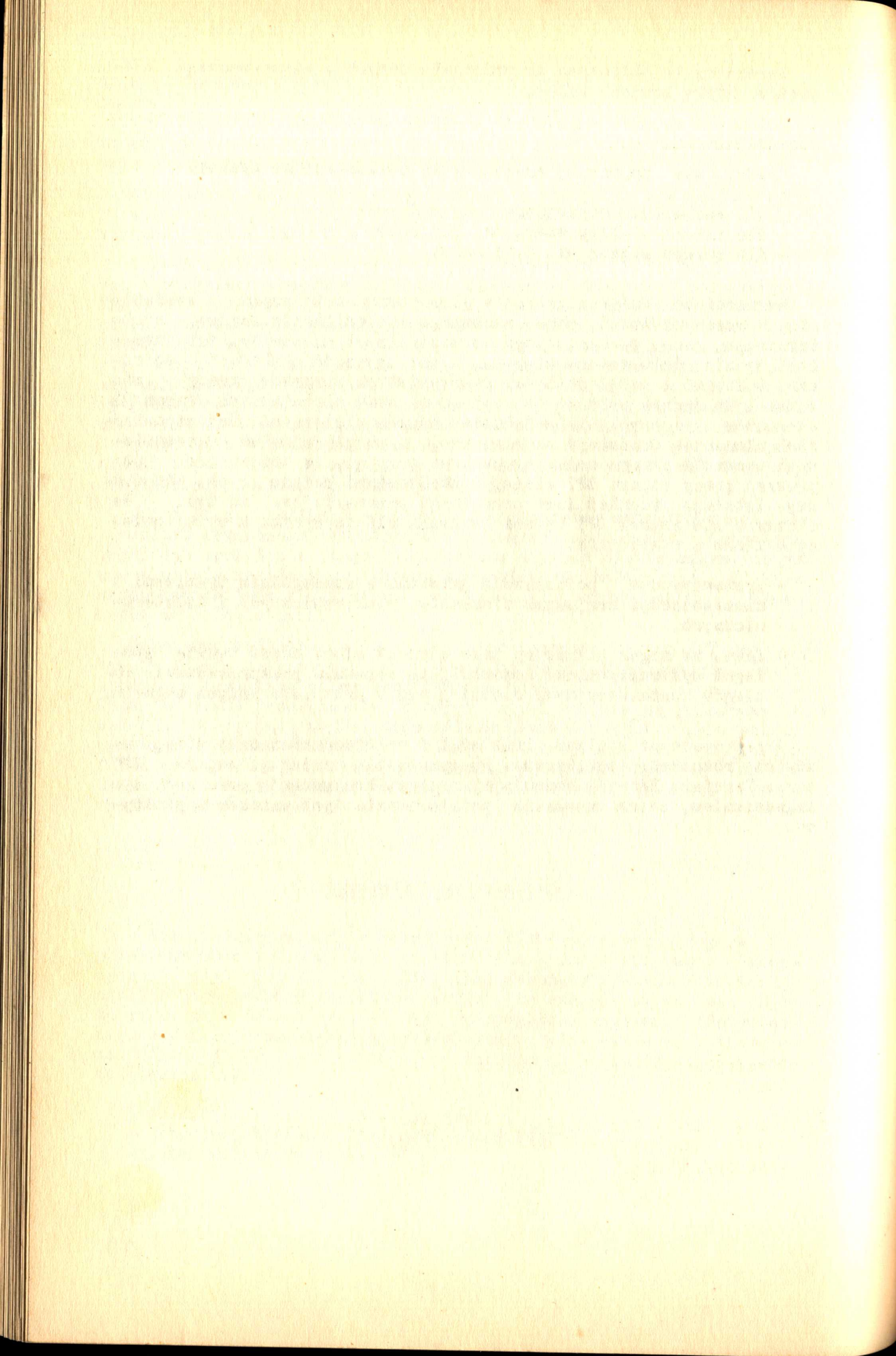
Średni czas poprawnej pracy między uszkodzeniami wynosi:

- dla mechanizmu zegarowego ok. 1,6 roku
- dla układu elektrycznego ok. 3,2 roku
- dla całego zegara ok. 1,15 roku.

Wartości te dotyczą układu z elementami obciążonymi nominalnie. W rzeczywistości, wobec znacznego niedociążenia zarówno elektrycznego, jak i mechanicznego poszczególnych elementów, ich trwałość będzie wielokrotnie większa, a intensywność uszkodzeń mniejsza. Obliczeń z uwzględnieniem rzeczywistych warunków pracy nie można było jednak wykonać ze względu na brak odpowiednich danych dla elementów krajowych. Na podstawie danych o niezawodności odpowiednich elementów produkcji zagranicznej, z uwzględnieniem rzeczywistych warunków pracy, można szacunkowo przyjąć, że średni czas poprawnej pracy zegara ZP7 między uszkodzeniami będzie o ok. 30% większy. Istnieją również inne przesłanki przemawiające za tym, że niezawodność zegara ZP7 będzie większa niż to wynika z wyżej podanych liczb a mianowicie:

- systematyczne podnoszenie jakości, a szczególnie trwałości i niezawodności krajowych elementów elektronicznych i teletechnicznych,
- fakt, że zegar pierwotny jako element sieci czasu będzie podlegał systematycznemu dozorowi, co zapewni przeprowadzenie zabiegów konserwacyjnych częściej niż w przypadku innych zegarów.

Przeprowadzona analiza trwałości i niezawodności dała wyżej omówione rezultaty teoretyczne. Po opanowaniu produkcji zegara ZP7 przez Toruńską Fabrykę Wodomierzy nastąpi kontynuacja prac nad tym zagadnieniem, celem uzyskania potwierdzenia tych wyników w praktyce.



LITERATURA DOTYCZĄCA SIECI CZASU I ICH ELEMENTÓW

1. V o v e l l e P.: Presentation d'un pilote á quartz á faible consommation pour application horlogères - Actes - VII Congrès International de Chronometrie, Lausanne 1964.
2. P l a n k K.L.: Neuzzeitliche Quartzuhrenzentrale für Schiffe - Actes - VII Congrès International de Chronometrie, Lausanne 1964.
3. G u i s s e t J. L.: Résultats de réception de signaux horaires - Actes - VII Congrès International de Chronometrie, Lausanne 1964.
4. G r e s c e t o G. i n.: Service de distribution de l'heure et dispositif pour la remise á l'heure automatique des horloges - Actes - VII Congrès International de Chronometrie, Lausanne 1964.
5. G e n t s c h M.: Uhrenfernsteuerung - Actes - VII Congrès International de Chronometrie, Lausanne 1964.
6. L e i n e r G.: Die Elektrischen Uhrenanlagen der Deutschen Bundesbahn. Berichtsbuch des VI Internationalen Kongresses für Chronometrie - München 1959.
7. L e i t e n b e r g e r W.: Die Uhrenanlagen der Deutschen Bundesbahn - Elsners Taschenbuch für den fernmeldetechnischen Eisenbahndienst, 1959.
8. F i e d o t o w W.N.: Těchničeskie elektrozimieritieli vremeni. Izd. "Maszinstrojenie", Moskwa, 1966.
9. T r o j a n o w s k i j W.W.: Elektrozčasowyje sistiemy i mehanizmy. Maszigiz, Moskwa, 1951.
10. S i d o r o w N.W.: Ekspłustacija elektrozčasowych ustrojstw. Izd. Min. Komunalnego Choz., Moskwa, 1962.
11. S z p o l j a n s k i j W.A., C z e r n j a g i n B.M.: - Električeskie pribory vremeni. Izd. "Maszinstrojenie", Moskwa, 1964.
12. T r y l i Ń s k i W.: Zegary i zegarki mechaniczne oraz urządzenia zegarowe elektromechaniczne. Wyd. Pol. Warszawa, 1960 /skrypt/.

13. S c h i n d l e r G.: Fortschritte der Elektronik in der Uhrentechnik. Die Uhr., nr 12, 1966.

14. British Standart Code of Practice. CP 327.403 - Impuls Clock and Timing Systems; Brit. Standart. Inst., London, 1952.