

Ewaryst TKACZ

Instytut Aparatury i Automatyki Medycznej  
Politechniki Śląskiej w Gliwicach

#### POŁAUTOMAT HEMATOLOGICZNY

**Streszczenie.** Artykuł zawiera podstawowe informacje dotyczące budowy i działania półautomatu hematologicznego skonstruowanego w Instytucie Aparatury i Automatyki Medycznej. Podane zostały podstawowe dane techniczne i metrologiczne półautomatu.

#### WSTĘP

Współczesna medycyna w coraz większym stopniu opiera swoją działalność diagnostyczną na wynikach badań laboratoryjnych. Występuje więc znaczne uzależnienie rozwoju medycyny od postępu w wykonywaniu tych badań. Stale wzrastające zapotrzebowanie na analizy laboratoryjne o dostatecznie dużej wiarygodności stymuluje konieczność rozbudowy laboratoriów, wyposażanie ich w coraz nowocześniejszy sprzęt oraz ciągłe podwyższanie kwalifikacji personelu. Liczba wykonywanych obecnie analiz laboratoryjnych w Polsce w skali rocznej przekracza 100 milionów i wciąż wykazuje tendencję wzrostową. Wśród wykonywanych obecnie analiz laboratoryjnych pokaźne miejsce zajmują badania hematologiczne. Utrzymanie aktualnie stosowanej techniki tych badań niepotrzebnie wydłuża czas pobytu pacjenta w szpitalu w oczekiwaniu na diagnozę, co w znacznym stopniu zmniejsza możliwości działania leczniczego służby zdrowia, a ponadto zwiększa koszty tegoż leczenia. Wychodząc naprzeciw tym potrzebom w Instytucie Aparatury i Automatyki Medycznej powstał półautomat hematologiczny, który zostanie poniżej omówiony.

#### PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE I METROLOGICZNE PÓŁAUTOMATU

Półautomat hematologiczny charakteryzuje grupa następujących parametrów technicznych i metrologicznych:

##### 1) Parametry mierzone:

- stężenie hemoglobiny HGB
- koncentracja krwinek czerwonych RBC
- hematokryt HCT
- koncentracja krwinek białych WBC

- 2) Wydajność: 15-30 badań na godzinę
- 3) Wymagana objętość próbki krwi: 1 ml
- 4) Zużycie odczynników na jedno badanie:
  - 16 ml odczynnika krwinek czerwonych - OKO
  - 8 ml odczynnika do pomiaru hemoglobiny - OHB
  - 1 ml hemolizatu krwinek czerwonych - HK
  - 24 ml wody destylowanej
- 5) Zasilanie: 220V/50Hz  $\pm$  5%
- 6) Zakres temperatur pracy: 15-40 st. C
- 7) Prezentacja wyników - wskaźniki cyfrowe LED
- 8) Parametry metrologiczne:

Parametr	Zakres pomiarowy	Wymiar	Błąd względny
HGB	0-20	g/100 ml	2%
RBC	(0-10)·10 <sup>6</sup>	1/mm <sup>3</sup>	3%
HCT	0-70	%	3%
WBC	(0-20)·10 <sup>3</sup>	1/mm <sup>3</sup>	5%

#### BUDOWA I DZIAŁANIE

Półautomat hematologiczny jest przeznaczony do pomiaru czterech podstawowych parametrów krwi:

- stężenia hemoglobiny HGB
- koncentracji krwinek czerwonych RBC
- hematokrytu HCT
- koncentracji krwinek białych WBC

Urządzenie składa się z następujących podzespołów funkcjonalnych:

- 1) Układ przygotowania próbek - UPP
- 2) Licznik krwinek czerwonych - LKC
- 3) Licznik krwinek białych - LKB
- 4) Miernik hemoglobiny - MHB
- 5) Zasilacz elektroniczny
- 6) Zasilacz pneumatyczny

UPP wraz z dwoma zasilaczami znajdują się w jednej obudowie, co zapewnia małe wymiary całego urządzenia. Układ przygotowania próbki i poszczególne mierniki są od siebie niezależne i mogą pracować samodzielnie.

W pełnym cyklu pomiarowym półautomat wykonuje kolejno następujące czynności:

- pobranie próbki krwi,
- rozcieńczenie pobranej próbki i dodanie odczynników,
- inkubacja,

- pomiar,
- płukanie kuwet.

Próbkę krwi pobraną na antykoagulent umieszcza się w probówce i podstawia pod ssak UPP. Po wciśnięciu przycisku START UPP pobiera się próbkę krwi i odpowiednio ją rozcieńcza.

Rozcieńczenie krwi odbywa się jednocześnie w trzech równoległych kanałach:

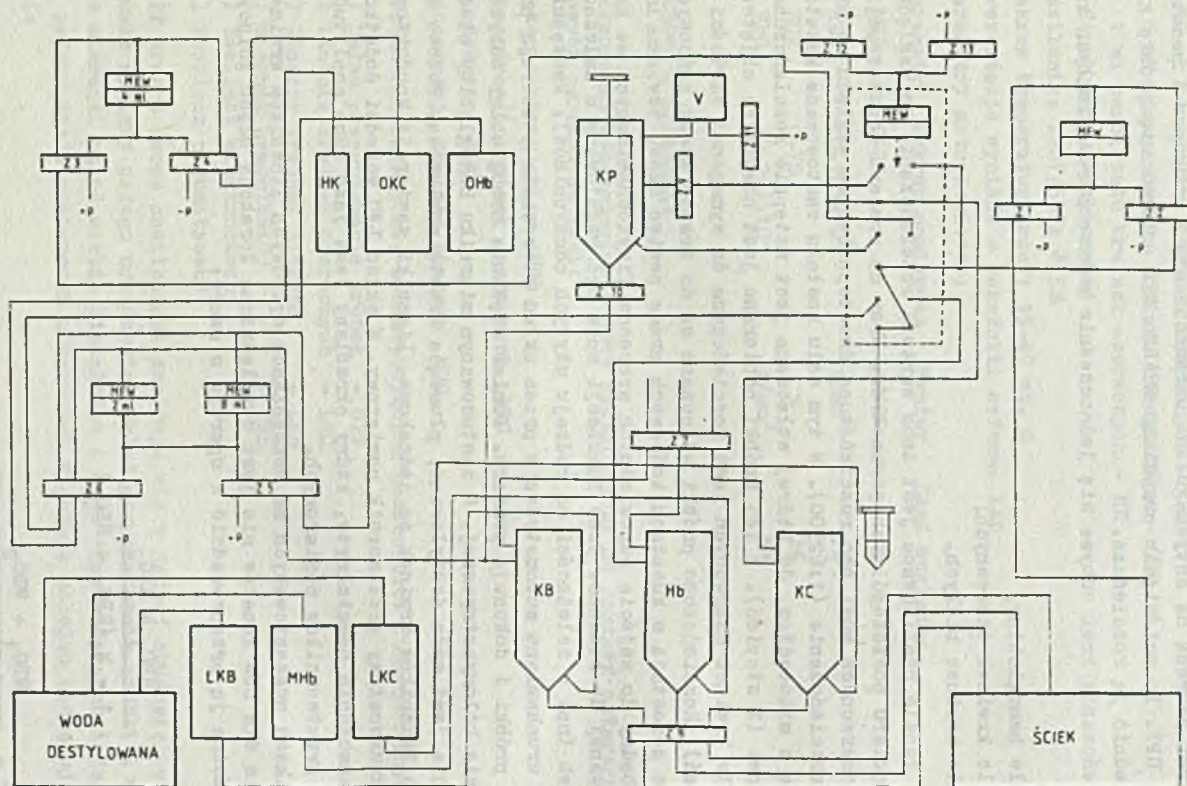
- w kanale hemoglobiny,
- w kanale krwinek czerwonych,
- w kanale krwinek białych.

W każdym kanale realizowana jest inna wartość rozcieńczenia ze względu na metodę pomiaru poszczególnych parametrów. Krew do pomiaru koncentracji krwinek czerwonych musi być rozcieńczona dwustopniowo ze względu na dużą wartość rozcieńczenia (1:62500). W tym celu została zastosowana kuweta pośrednia z mieszałem, do której wtłaczana jest wstępnie rozcieńczona próbka krwi (I stopień). Z tej próbki pobierana jest niewielka objętość i w kanale krwinek czerwonych jest rozcieńczana do wymaganej wartości (V stopień). Rozcieńczone próbki wtłaczane są do trzech kuwet końcowych. Próbki te pozostają w kuwetach końcowych przez pewien czas, tzw. czas inkubacji niezbędny do zajęcia odpowiednich procesów fizykochemicznych we krwi przygotowanej do badania. Czas inkubacji może być regulowany w zależności od potrzeb (np. w zależności od rodzaju użytych odczynników). Następnie mierniki uruchamiane automatycznie przez układ sterowania pobierają przygotowane próbki i dokonują pomiaru. Pomiar stężenia hemoglobiny odbywa się na zasadzie kolorymetrycznej. W zastosowanym mierniku hemoglobiny cieczą odniesienia jest woda destylowana, płuczająca kuetę pomiarową. Budowa i działanie liczników krwinek są jednakowe. Liczniki zawierają konduktometryczny dwukanałowy przetwornik pomiarowy. W skład LKC wchodzi dodatkowo układ wyznaczania hematokrytu, który określany jest jako suma amplitud impulsów przetworników pomiarowych.

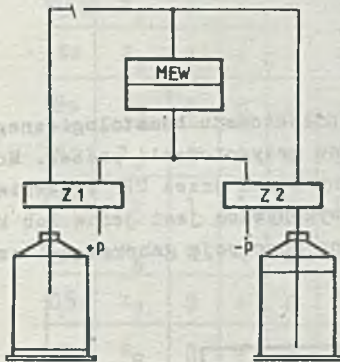
W wynikach prezentowanych na wskaźnikach cyfrowych liczników krwinek oddzielnie dla obu kanałów nie jest uwzględniona korekcja błędu koincydencji. Można ją przeprowadzić w oparciu o wzory:

$$RBC = \frac{RBC_1 + RBC_2}{1 - k_1(RBC_1 + RBC_2)}$$

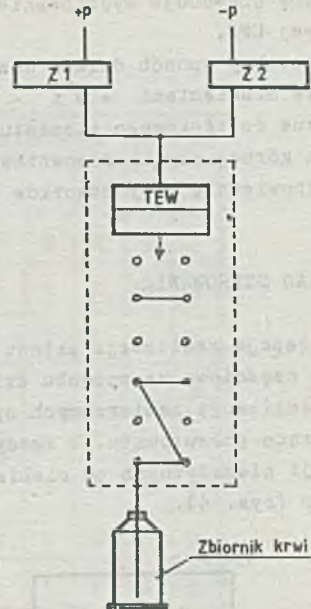
$$WBC = \frac{WBC_1 + WBC_2}{1 - k_2(WBC_1 + WBC_2)}$$



Rys. 1. Półautomat hematologiczny. Schemat blokowy układu przygotowania próbek  
 Fig. 1. Semiautomat for haematology. Block scheme of preparing of samples



Rys. 2. Układ dozujący odczynniki  
Fig. 2. System of reagents dosing



Rys. 3. Dozownik płytkowy  
Fig. 3. Injector of tabulas

gdzie:

$RBC_1, RBC_2, WBC_1, WBC_2$  - wyniki pomiarów RBC i WBC w obu kanałach

$$k_1 = 9,42 \times 10^{-3}$$

$$k_2 = 3,76 \times 10^{-2}$$

Po zakończonym cyklu pomiarowym mierniki są jednokrotnie płukane wodą destylowaną, która jednocześnie płucze kulety końcowe UPP. Cykl pracy półautomatu kończy się wraz z cyklem pomiarowym mierników. Urządzenie jest wówczas gotowe do pobrania następnej próbki krwi.

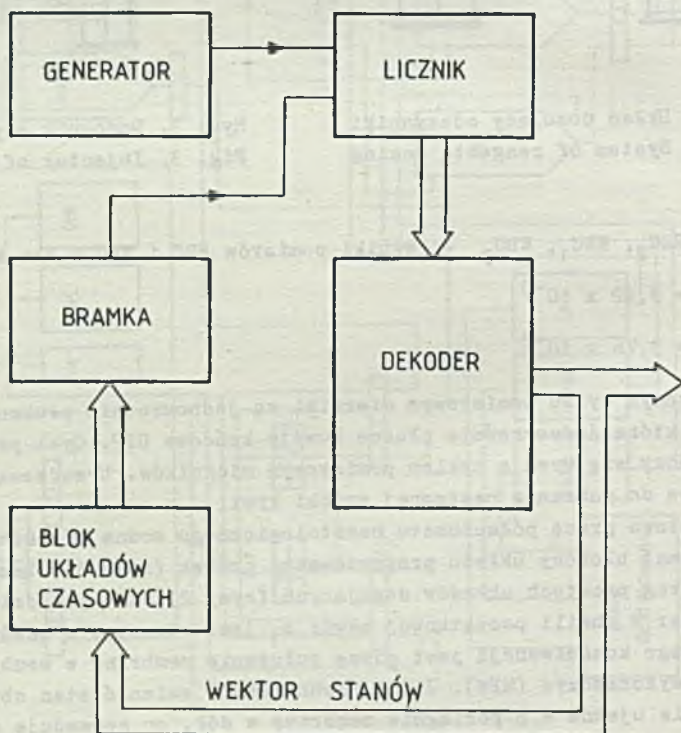
Szczegółowo pracę półautomatu hematologicznego można przedstawić w oparciu o schemat blokowy układu przygotowania próbek (rys. 1). Zamieszczono na nim szereg prostych układów dozujących (rys. 2), których działanie jest następujące: W chwili początkowej zawór  $z_1$  jest otwarty, a zawór  $z_2$  zamknięty, czego konsekwencją jest górne położenie membrany w membranowym elemencie wykonawczym (MEW). Jeśli równocześnie zmienić stan obu zaworów, to ciśnienie ujemne - p pociągnie membranę w dół, co spowoduje wytworzenie podciśnienia nad nią i zasanie odczynnika ze zbiornika. Jeśli teraz zawory powrócą do stanu początkowego, to dodatnie ciśnienie + p, wypychając

membranę spowoduje wydozowanie określonej objętości odczynnika do kufwy końcowej UPP.

W podobny sposób działa dozownik płytkowy (rys. 3) sterowany pneumatycznie ciśnieniami  $+p$  i  $-p$ , doprowadzonymi przez zawory elektromagnetyczne do tłokowego elementu wykonawczego. Ten ostatni steruje z kolei ruchem górnej płytki dozownika, przesuwając parę otworków górnej płytki nad odpowiednie pary otworków dolnej płytki dozownika.

#### UKŁAD STEROWANIA

Koncepcja realizacji układu sterowania półautomatu hematologicznego wynika częściowo ze sposobu działania układu przygotowania próbek. Możliwość realizacji zamierzonych operacji wykonywanych przez UPP zapewnia krokowa praca półautomatu. W każdym z kroków wykonywana jest jedna lub kilka operacji niezależnych od siebie. Zastosowano koncepcję generator-licznik-dekoder (rys. 4).



Rys. 4. Schemat blokowy układu sterowania

Fig. 4. Block scheme of control system

czas	CP	$z_i$	$z_1$	$z_3$	$z_5$	$z_7$	$z_9$	$z_{10}$	$z_{11}$	$z_{13}$	M	SC	SM
		$x_0$	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
0,5s		$x_1$	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0
SZ		$x_2$	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0
8s		$x_3$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
4s		$x_4$	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
SZ		$x_5$	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
3s		$x_6$	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0
0,5s		$x_7$	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0
3s		$x_8$	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0
4s		$x_9$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
4s		$x_{10}$	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0
4s		$x_{11}$	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
4s		$x_{12}$	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
4s		$x_{13}$	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
15 + 30 mn		$x_{14}$	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
3s		$x_{15}$	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
0,5		$x_{16}$	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
CPM		$x_{17}$	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
0,5s		$x_{18}$	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0

CP - cykl pracy z - zawory  
 ..0" - zawór otwarty; mieszadło stoi  
 ..1" - zawór zamknięty; mieszadło w ruchu  
 M - mieszadło  
 SC - start czasownika  
 SM - start mierników  
 SZ - sprzężenie zwrotne

Rys. 5. Tablica sterowania

Fig. 5. Control table

Podstawową zaletą jest jej prostota a ponadto możliwość ustawiania czasu trwania poszczególnych kroków za pomocą blokowania licznika przez układy czasowe. Sterowanie całego półautomatu opisuje tablica sterowania (rys. 5), która w połączeniu ze schematem blokowym UPP szczegółowo wyjaśnia, jakie operacje wykonuje układ przygotowania próbek kolejno w każdym z kroków.

W tablicy sterowania (rys. 5) ujęto oprócz sygnałów sterujących zaworami elektromagnetycznymi również sygnały sterujące:

- mieszadłem w kuwecie pośredniej,
- czasownikiem do odmierzenia czasu inkubacji,
- startem mierników,
- sprzężeniem zwrotnym służącym do uniezależnienia się od czasu pobierania próbki krwi.

#### UWAGI KOŃCOWE

Półautomat hematologiczny został wstępnie przebadany tuż po wykonaniu prototypu, a następnie został poddany szczegółowym badaniom technicznym i eksploatacyjnym, zgodnym z normami obowiązującymi dla tego typu urządzeń. Główny nacisk położono na wyznaczenie powtarzalności i dokładności rozcieńczeń jak również wpływu kontaminacji na wyniki pomiarów. Uzyskano wyniki mieszczące się w przedziałach dopuszczalnych przez normy.

Przeprowadzono również próbę zminimalizowania objętości próbki krwi używanej do badań. Minimalna objętość krwi potrzebna do uzyskania zadawalających wyników badań wynosi ok. 350  $\mu$ l. Półautomat skonstruowany został wyłącznie w oparciu o elementy krajowe względnie dostępne w kraju, co stanowi niewątpliwie zaletę konstrukcji.

Urządzenie, zdaniem autora, mogłoby wypełnić lukę pomiędzy znacznie rozbudowanymi analizatorami stosowanymi w dużych laboratoriach analitycznych a sprzętem, którym aktualnie dysponują małe i średnie laboratoria w przychodniach Zespołów Opieki Zdrowotnej. Zwarta konstrukcja i niezwykle prosta obsługa umożliwiając oznaczenie czterech podstawowych parametrów krwi np. przy łóżku pacjenta w szpitalu.

#### LITERATURA

- [1] Tkacz E.: Półautomat hematologiczny. Praca dyplomowa, Gliwice 1982.
- [2] Brózda M., Mitas Z.: Badanie techniczne i eksploatacyjne półautomatu hematologicznego. Praca dyplomowa, Gliwice 1983.

Recenzent: Dr hab. n. med. Jolanta Dobosz

Wpłynęło do Redakcji 25.10.1984



## ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОЛУАВТОМАТ

## Р е з ю м е

Статья содержит основную информацию относящуюся к конструкции полуавтоматического гематологического анализатора. Представлены основные технические и метрологические данные анализатора.

## SEMIAUTOMATIC HEMATOLOGY ANALIZER

## S u m m a r y

This work presents informations about construction of a semiautomatic haematology analyzer which has been made in the Medical Electronic Institute. The paper gives the basis technical and metrological data about this analyzer.