

mgr inż. BOŻENA BABICZ
mgr inż. MICHAŁ GOLAŃSKI
mgr inż. MARIAN WRZESIEŃ

Przemysłowy Instytut
Automatyki i Pomiarów MERA-PIAP

Warszawa

AUTOMATYZACJA PROCESU STEROWANIA MASZINY MELIORACYJNEJ DO BEZROWKOWEGO DRENOWANIA*)

W artykule omówiono laserowe urządzenie do sterowania narzędziem roboczym maszyny melioracyjnej oraz sygnalizator do wykrywania wiązki laserowej. Przedstawiono tendencje rozwojowe konstrukcji laserowych urządzeń sterujących i pomiarowych.

1. Wstęp

Ostatnie lata przyniosły ogromny wzrost wymagań dotyczących jakości i tempa prac wykonywanych przy zastosowaniu maszyn inżynieryjnych. W związku z tym, staje się konieczne wprowadzenie automatycznego systemu sterowania, uniezależniającego pracę tych maszyn od ocen sytuacji i decyzji operatorów. Rozwój techniki laserowej stworzył warunki do opracowania urządzeń sterowania maszynami z wykorzystaniem lasera. W Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów opracowano urządzenia do automatycznego sterowania narzędziem roboczym maszyn inżynieryjnych oraz urządzenie pomiarowe, wykorzystywane do współpracy z urządzeniem sterowania. Urządzenia te wchodzi w skład systemu POLMATIK.

W artykule zostaną omówione:

laserowe urządzenie do sterowania narzędziem roboczym maszyny melioracyjnej typ UL-5;
sygnalizator do wykrywania wiązki laserowej typ UL-6.

2. Laserowe urządzenie do sterowania narzędziem roboczym maszyny melioracyjnej

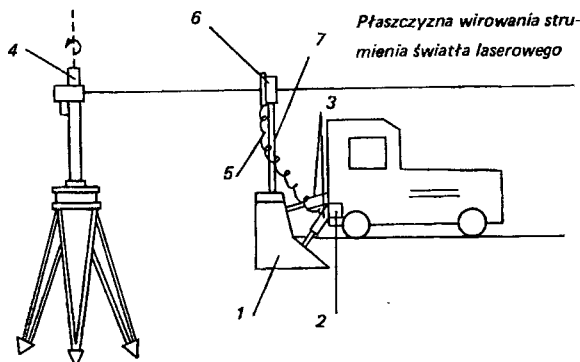
2.1. Zasada działania laserowego urządzenia sterującego narzędziem roboczym maszyny melioracyjnej

Celem sterowania jest utrzymanie narzędzia roboczego maszyny melioracyjnej na zadanej głębokości prowadzenia (rys. 1). Przez zadaną głębokość prowadzenia rozumie się odległość narzędzia roboczego od promienia laserowego stanowiącego linię odniesienia, względem której jest prowadzone narzędzie robocze.

W skład laserowego urządzenia sterującego wchodzi następujące podzespoły (rys. 1):

detektor promieniowania laserowego z mechanizmem prowadzącym;
blok sterowania;
pulpit sterowniczy.

*) Referat został wygłoszony w Poznaniu, w dniu 2.10.1980 r. na konferencji na temat: *Automatyzacja obiektów wodnych i melioracyjnych.*



Rys. 1. Laserowe urządzenia do sterowania narzędziem roboczym maszyny melioracyjnej: 1 – narzędzie robocze; 2 – blok sterujący; 3 – elektrohydrauliczne zespoły wykonawcze; 4 – nadajnik laserowy; 5 – kabel ekranowany; 6 – detektor promieniowania laserowego; 7 – mechanizm prowadzący

Laserowe urządzenie sterujące jest dostosowane do współpracy z nadajnikiem laserowym helowo-neonowym (He-Ne) o długości fali świetlnej emitowanej wiązki światła $\lambda = 632,8 \text{ nm}$.

Moc sygnału świetlnego na wyjściu nadajnika laserowego wynosi około 2 mW, zaś średnica wiązki światła wynosi od 1 do 5 cm w całym dopuszczalnym zasięgu pracy, czyli do 250 m. Laser ma wirującą głowicę, o prędkości obrotowej $10\pi \text{ rad/s} \pm \pi \text{ rad/s}$. Przez obrót wiązki uzyskuje się świetlną płaszczyznę odniesienia oraz impulsowanie światła nadajnika laserowego.

Impulsowy sygnał świetlny jest odbierany przez detektor promieniowania laserowego, umieszczony wraz z mechanizmem prowadzącym na narzędziu roboczym maszyny melioracyjnej. W przypadku, gdy głębokość prowadzenia narzędzia roboczego jest równa wartości zadanej (rys. 1), detektor jest oświetlany centralnie przez promień laserowy, czyli jest oświetlona środkowa część detektora. Sygnał wyjściowy detektora jest wtedy równy zero. Gdy z dowolnej przyczyny narzędzie robocze maszynę zmieni położenie w stosunku do wartości zadanej, detektor promieniowania laserowego sprzężony z narzędziem roboczym za pomocą mechanizmu prowadzącego, przesunie się względem wiązki światła wysyłanej przez nadajnik laserowy. W detektorze zostaje wówczas wytworzony sygnał informujący o wystąpieniu błędów regulacji. Sygnał ten jest przesyłany do bloku sterującego, w którym następuje jego przetworzenie na sygnał sterujący trójpołożeniowym, elektrohydraulicznym zespołem wykonawczym, który stanowi integralną część sterowanej maszyny. Zespół wykonawczy sprowadza narzędzie robocze maszyny do zadanego położenia. W ten sposób narzędzie robocze maszyny jest utrzymywane w stałej odległości od laserowej płaszczyzny odniesienia.

W czasie jazdy maszyny wyposażonej w laserowe urządzenie sterujące często występuje przypadek, w którym tor trajektorii ruchu maszyny jest sieczną koła o środku w punkcie, w którym znajduje się laser. W takim przypadku detektor promieniowania laserowego musi być obracany tak, aby był zawsze zachowany kontakt pomiędzy nadajnikiem laserowym a detektorem. Spełnienie tego warunku jest zapewnione przez zastosowanie układu nadążnego kontrolującego położenie płaszczyzny roboczej detektora w stosunku do nadajnika laserowego (grupy funkcjonalne A i B, rys. 2). W przypadku odchylenia płaszczyzny roboczej detektora od kierunku świecenia nadajnika laserowego, zostają wytworzone impulsy elektryczne sprowadzające detektor do zadanego kierunku za pomocą silnika w detektorze.

Analizę pracy układu nadążnego naprowadzającego detektor promieniowania laserowego na kierunek promienia laserowego przeprowadzono w p.2.5 artykułu. Laserowe urządzenie sterujące można rów-

niez stosować do prowadzenia narzędzia roboczego maszyny, przy założonym spadku wykonywanych rowów melioracyjnych. W tym celu, ustala się odpowiednie nachylenie wiązki światła laserowego względem płaszczyzny poziomej.

Dokładność prowadzenia narzędzia roboczego maszyny za pomocą laserowego urządzenia sterującego zależy od średnicy wiązki laserowej. W punkcie 2.6 przeprowadzono analizę dokładności regulacji w funkcji szerokości wiązki laserowej.

2.2. Podzespoły wchodzące w skład laserowego urządzenia sterującego i ich budowa

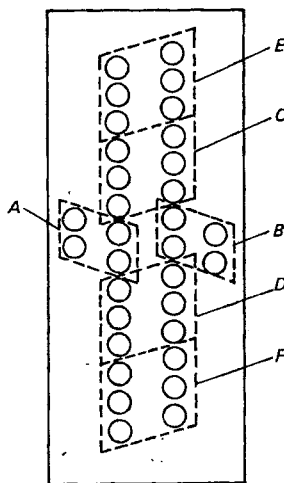
2.2.1. Pulpit sterowniczy

Pulpit sterowniczy służy do wysyłania sygnałów — dyspozycji do laserowego urządzenia sterującego oraz wytwarzania sygnałów sterujących zespołami elektrohydraulicznymi maszyny. Na pulpicie sterowniczym znajdują się lampki sygnalizacyjne, informujące o położeniu narzędzia roboczego maszyny względem laserowej płaszczyzny odniesienia:

- impulsowe świecenie środkowej zielonej lampki sygnalizacyjnej oznacza, że narzędzie robocze znajduje się na zadanym poziomie odniesienia;
- impulsowe świecenie górnej czerwonej lampki sygnalizacyjnej oznacza, że narzędzie robocze maszyny znajduje się powyżej zadanego poziomu odniesienia;
- impulsowe świecenie dolnej czerwonej lampki sygnalizacyjnej oznacza, że narzędzie robocze maszyny znajduje się poniżej zadanego poziomu odniesienia;
- ciągłe świecenie górnej czerwonej lampki sygnalizacyjnej oznacza, że narzędzie robocze znajduje się powyżej zadanego poziomu odniesienia z błędem większym niż 63,5 mm;
- ciągłe świecenie dolnej czerwonej lampki sygnalizacyjnej oznacza, że narzędzie robocze znajduje się poniżej zadanego poziomu odniesienia z błędem większym niż 63,5 mm.

2.2.2. Detektor promieniowania laserowego

Do odbioru impulsów światła laserowego zastosowano detektor z fotodiodami. Impulsowe światło laserowe umożliwia uniezależnienie się od wpływu tła w postaci światła dziennego. W celu dodatkowego uniezależnienia się od wpływu tła, w detektorze zastosowano interferencyjne filtry optyczne, przepuszczające światło o długości fali $\lambda = 632,8 \text{ nm}$.



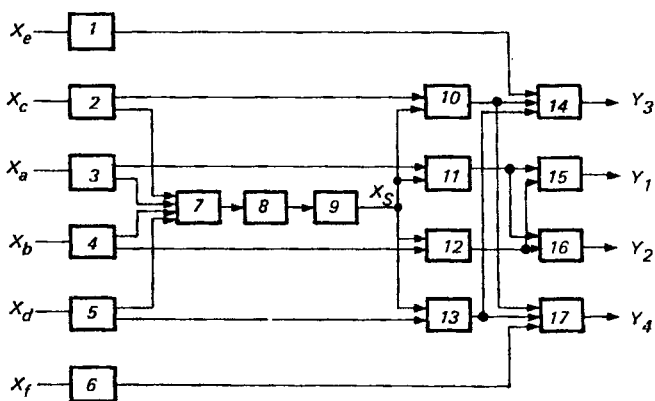
Rys. 2. Rozstawienie fotoelementów w detektorze promieniowania laserowego

Usytuowanie fotodiód w detektorze przedstawiono na rys. 2. Tworzą one sześć grup funkcjonalnych: A, B, C, D, E, F . Fotodiody tworzące daną grupę funkcjonalną są połączone w ten sposób, że na wyjściu grupy funkcjonalnej uzyskuje się sygnał przy oświetleniu którejkolwiek diody tej grupy. Takie rozwiązanie zapewnia utworzenie zastępczego układu diody o dużej powierzchni.

Przy oświetleniu detektora, fotodiody są oświetlane okresowo, przez około $1 \mu\text{s}$, z częstotliwością odpowiadającą prędkości obrotowej głowicy nadajnika laserowego. Pod wpływem padającego impulsowego światła laserowego, oświetlone fotodiody wytwarzają sygnały elektryczne. Sygnały z poszczególnych grup funkcjonalnych A, B, C, D, E, F są następnie wzmacniane i standaryzowane do wartości przyjętych w systemie cyfrowym TTL. W tej postaci sygnały wytworzone przez poszczególne grupy funkcjonalne są przesyłane do bloku sterującego.

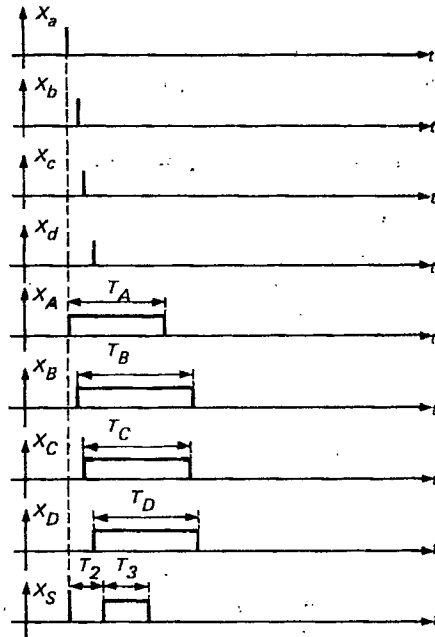
2.2.3. Blok sterowania

Blok sterowania jest przeznaczony do przetwarzania sygnałów elektrycznych wytwarzanych przez detektor promieniowania laserowego na sygnały elektryczne sterujące elektrohydraulicznymi zespołami wykonawczymi maszyny. Schemat blokowy bloku sterującego przedstawiono na rys. 3. Impulsy wytwarzane przez detektor (oznaczone $X_a, X_b, X_c, X_d, X_e, X_f$) są podawane w bloku sterującym na przerzutniki monostabilne (1, 2, 3, 4, 5, 6) wydłużające czas trwania tych impulsów do około 0,1 s. Stałe czasowe poszczególnych przerzutników są tak dobrane, że oświetlenie przez laser fotodiód w grupach A, B, C, D powoduje wytworzenie sygnałów impulsowych, natomiast oświetlenie fotodiód w grupach E i F wytworzenie sygnałów ciągłych.



Rys. 3. Schemat blokowy bloku sterowania

Impulsy wyjściowe z przerzutników o czasach trwania T_A, T_B, T_C, T_D , oznaczone X_A, X_B, X_C, X_D (rys. 4) mogą być przesunięte w czasie. Może to być spowodowane różnicami w stałych czasowych poszczególnych przerzutników oraz niejednoczesnym pojawianiem się tych impulsów na skutek odchylenia się detektora promieniowania laserowego od normalnej do płaszczyzny światła, wyznaczonej przez obracającą się wiązkę światła, w wyniku przechyleń bocznych ciągnika. W celu uniknięcia błędnych informacji o położeniu detektora względem płaszczyzny światła w momencie, gdy powstaje przesunięcie czasowe między impulsami X_A, X_B, X_C, X_D oraz ze względu na to, że $T_A \neq T_B \neq T_C \neq T_D$, zostaje wytworzony (w blokach 7, 8, 9, rys. 3) impuls X_S (rys. 4) o czasie trwania T_S , przesunięty o czas T_2



Rys. 4. Przebiegi czasowe w charakterystycznych punktach układu z rys. 3

(rys. 4) w stosunku do pierwszego z pojawiających się impulsów X_A, X_B, X_C, X_D . Czas T_2 jest większy od maksymalnego czasu opóźnienia impulsów X_A, X_B, X_C, X_D względem siebie, a suma czasów $T_2 + T_3$ jest mniejsza od najkrótszego z czasów T_A, T_B, T_C, T_D (rys. 4). Impuls X_S strojuje impulsy X_A, X_B, X_C, X_D w blokach 10, 11, 12, 13 (rys. 3). Impulsy wyjściowe z tych bloków mają jednakowy czas trwania T_3 . Sygnały te są podawane do układów logicznych (bloki 13, 14, 15, 16, rys. 3) realizujących następujące funkcje:

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= X_A \cdot X_B \cdot X_S \quad \text{i przyjmuje wartość 1 przy oświetleniu fotoelementów grupy A,} \\
 Y_2 &= X_B \cdot \bar{X}_A \cdot X_S \quad \text{i przyjmuje wartość 1 przy oświetleniu fotoelementów grupy B,} \\
 Y_3 &= (X_C \cdot X_S + X_E) \cdot \bar{X}_E \cdot \bar{X}_D \quad \text{i przyjmuje wartość 1 przy oświetleniu fotoelementów C lub E,} \\
 Y_4 &= (X_D \cdot X_S + X_F) \cdot \bar{X}_F \cdot \bar{X}_C \quad \text{i przyjmuje wartość 1 przy oświetleniu fotoelementów grup D lub F.}
 \end{aligned}$$

Sygnały Y_1, Y_2 mają ten sam czas trwania T_3 , natomiast sygnały Y_3, Y_4 w zależności od wartości błędów sterowania są impulsami o czasie trwania T_3 lub sygnałami ciągłymi. Przy centralnym oświetleniu detektora przez promień laserowy, sygnały wyjściowe Y_3 i Y_4 są równe zero. Sygnały Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 z układu logicznego są podawane na wzmacniacze mocy sterujące odpowiednimi zespołami wykonawczymi. Sygnały Y_3, Y_4 są podawane przez wzmacniacze mocy na rozdzielacz elektrohydrauliczny, sterujący podnoszeniem i opuszczaniem narzędzia roboczego maszyny, zaś sygnały Y_1, Y_2 są podawane przez wzmacniacze mocy na silnik elektryczny, umieszczony w głowicy detektora promieniowania laserowego. Silnik ten obraca detektor tak, że płaszczyzna robocza detektora jest nakierowywana na nadajnik laserowy.

Dodatkowo, w bloku sterującym znajdują się dwa układy pamięciowe zastosowane w celu naprowadzenia narzędzia roboczego maszyny na zadany poziom, po utracie kontaktu pomiędzy detektorem i

nadajnikiem promieniowania laserowego, czyli gdy żadna z grup fotoelementów nie jest oświetlona. Sygnał sterujący jest w tym wypadku wytwarzany przez ostatnio oświetloną grupę fotodiod przed utratą kontaktu. Zastosowane układy pamięciowe działają przez około 3 s.

2.3. Uruchamianie laserowego urządzenia sterującego narzędziem roboczym maszyny melioracyjnej

Uruchamianie laserowego urządzenia sterującego przeprowadza się w trzech etapach:

- **Ustawienie i uruchomienie nadajnika laserowego.** Kąt nachylenia płaszczyzny laserowej do poziomu należy ustawić zgodnie z wymaganiami dotyczącymi prowadzonych aktualnie prac melioracyjnych. Maksymalna odległość pomiędzy nadajnikiem laserowym a urządzeniem sterującym znajdującym się na maszynie nie powinna przekraczać 250 m.

- **Wprowadzenie wartości zadanej.** W celu wprowadzenia wartości zadanej uruchamia się ciągnik i ręcznym sterowaniem zagłębia narzędzie robocze maszyny na głębokość równą wartości początkowej wyznaczonej metodami geodezyjnymi na podstawie planów prac melioracyjnych. Następnie, ręcznym sterowaniem przesuwa się detektor promieniowania laserowego za pomocą mechanizmu prowadzącego, do położenia centralnego względem światła laserowego. Położenie to jest wskazywane przez świecenie środkowej, zielonej lampki kontrolnej znajdującej się na pulpicie sterowniczym w kabinie operatora. Przy takim ustawieniu, każde odchylenie w pionie rejestrowane przez detektor odpowiada odchyleniu narzędzia roboczego maszyny od zadanej głębokości prowadzenia narzędzia roboczego.

- **Sterowanie automatyczne pracą maszyny.** Po wprowadzeniu wartości zadanej przelacza się urządzenie laserowe na pracę automatyczną i uruchamia napęd maszyny. Od tej chwili narzędzie robocze maszyny jest automatycznie prowadzone z zachowaniem stałej odległości między nim a promieniem laserowym stanowiącym poziom odniesienia.

2.4. Dane techniczne laserowego urządzenia sterującego

Wielkość wejściowa: impulsowy promień świetlny wytwarzany przez laser He-Ne.

Długość fali świetlnej: $\lambda = 632,8 \text{ nm}$.

Moc sygnału na wyjściu nadajnika laserowego: $2 \text{ mW} \pm 0,5 \text{ mW}$.

Średnica wiązki laserowej: od 1 do 5 cm w całym dopuszczalnym zasięgu pracy, czyli do 250 m.

Prędkość obrotu głowicy wirującej: $10 \pi \text{ rad/s} \pm \pi \text{ rad/s}$.

Wielkość wyjściowa: sygnały stałonapięciowe sterujące ruchem narzędzia roboczego, przyjmujące wartości 0 lub U_m , gdzie:

$$U_m = 22 \text{ V} \begin{matrix} +6 \text{ V} \\ -3 \text{ V} \end{matrix}$$

Rezystancja obciążenia: $R \geq 10 \Omega$.

Napięcie zasilania: $24 \text{ V} \begin{matrix} +6 \text{ V} \\ 3 \text{ V} \end{matrix}$

Pobór mocy w czasie pracy urządzenia: $P \leq 60 \text{ W}$.

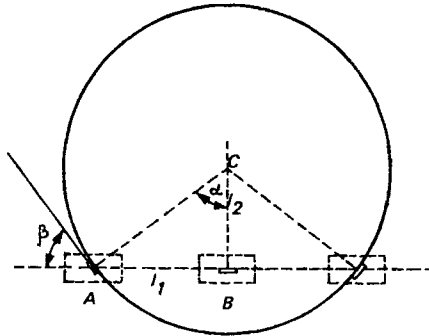
Maksymalna odległość urządzenia od źródła światła laserowego: 250 m.

Masa urządzenia: około 50 kg.

Stopień ochrony: IP-53 według PN-63/E-08106.

2.5. Analiza pracy układu nadążnego naprowadzającego detektor promieniowania laserowego na kierunek promienia laserowego

Na rysunku 5 przedstawiono jeden z możliwych torów ruchu maszyny melioracyjnej oraz zaznaczono położenie płaszczyzny roboczej detektora przy różnych położeniach maszyny.



Rys. 5. Widok z góry ciągnika

Jeśli ciągnik porusza się z prędkością v , to w czasie t_1 przebywa drogę $l_1 = vt_1$. Przyjmijmy, że droga l_1 jest równa odcinkowi \overline{BA} . Przy założeniu, że odległość pomiędzy torem jazdy ciągnika, a nadajnikiem laserowym (odcinek \overline{BC}) wynosi l_2 , możemy napisać, że:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l_1}{l_2} \quad /1/$$

oraz

$$\alpha = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{l_1}{l_2} \quad /2/$$

Jeśli przyjmijmy, że czas jest parametrem oraz, że w punkcie B czas $t=0$, zależność /2/ można przedstawić następująco:

$$\alpha(t) = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{v \cdot t}{l_2} \quad /3/$$

Po zróżniczkowaniu wyrażenia /3/ otrzymamy prędkość zmian kąta α

$$\alpha'(t) = \frac{v \cdot l_2}{l_2^2 + v^2 \cdot t^2} \quad /4/$$

Z zależności /4/ wynika, że przy danej prędkości ciągnika v i stałej odległości toru jazdy od nadajnika laserowego l_2 , maksymalna prędkość zmian $\alpha'(t)$ jest równa:

$$\alpha'_{\max}(t) = \frac{v}{l_2} \quad /5/$$

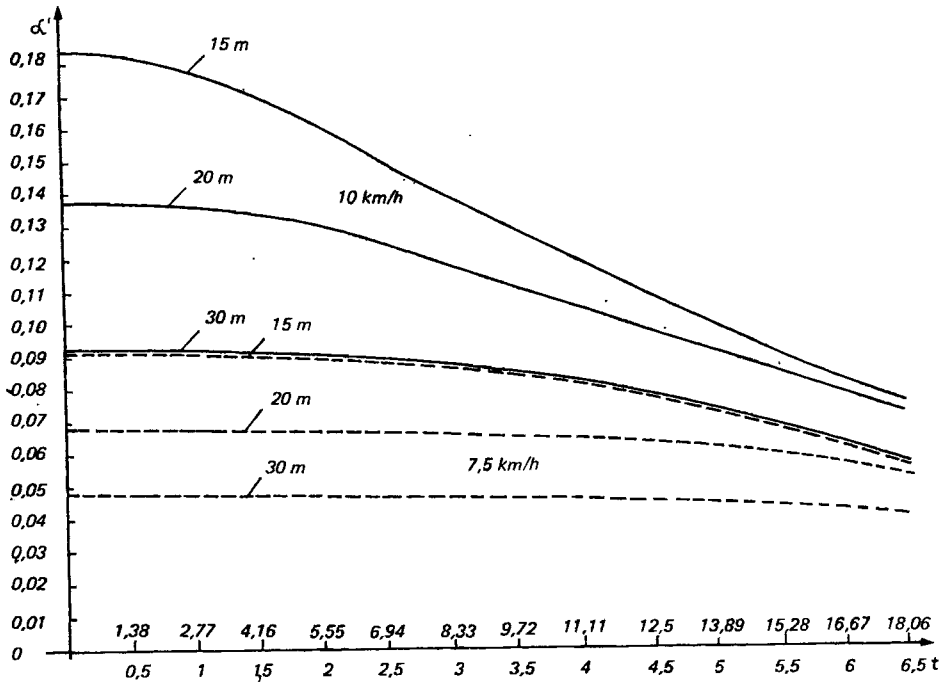
gdy $t = 0$.

Zależność prędkości $\alpha'(t)$ w funkcji czasu t przedstawiono na rys.6. W okresie, gdy ciągnik wykonuje drogę l_1 w czasie t_1 , detektor musi obrócić się o kąt β , aby był utrzymany kontakt między płaszczyzną roboczą detektora a nadajnikiem laserowym. Prędkość obrotu detektora $\beta'(t)$ musi zatem spełniać nierówność:

$$\beta'(t) \geq \alpha'(t) \quad /6/$$

czyli:

$$\beta'(t) \geq \frac{v \cdot l_2}{l_2^2 + v^2 t^2} \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$



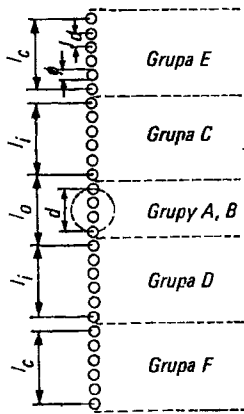
Rys. 6. Zależność prędkości α'/t w funkcji czasu t , przy różnych prędkościach jazdy ciągnika oraz różnych odległościach między nadajnikiem laserowym a detektorem promieniowania

Najtrudniejszy przypadek występuje w chwili $t=0$ (laser świeci dokładnie z boku ciągnika), prędkość ciągnika v jest największa oraz odległość od nadajnika laserowego do toru jazdy l_2 jest najmniejsza. Przy założeniu, że prędkość ciągnika wynosi 10 km/h, a odległość od nadajnika laserowego wynosi 15 m, czas obrotu detektora o 360° musi być krótszy niż 45,24s. To wymaganie musi być spełnione przez laserowe urządzenie sterujące.

2.6. Analiza dokładności sterowania z uwzględnieniem rozbieżności wiązki światła laserowego

Powierzchnię roboczą detektora z zaznaczonymi grupami fotoelementów A, B, C, D, E, F przedstawiono na rys. 2. W celu zwiększenia przejrzystości, na rys. 7 przedstawiono położenie skrajnych powierzchni światłoczułych fotodiod wyżej wymienionych grup.

Z zasady działania laserowego urządzenia sterującego (p. 2.2) wynika, że przy oświetleniu centralnym detektora świeci się środkowa, zielona lampa kontrolna, a urządzenie robocze znajduje się w strefie



Rys. 7. Rozkład powierzchni światłoczułych fotodiod w detektorze promieniowania: l_o – odległość pomiędzy środkami skrajnych, wewnętrznych powierzchni światłoczułych diod grup C i D, $l_o = 25$ mm; l_i – odległość pomiędzy środkami skrajnych powierzchni światłoczułych diod grupy C oraz grupy D, $l_i = 25$ mm; l_c – odległość pomiędzy środkami skrajnych powierzchni światłoczułych diod grupy E oraz grupy F, $l_c = 25$ mm; l_d – odległość pomiędzy środkami powierzchni światłoczułych dwóch sąsiednich diod, $l_d = 5$ mm; ϕ – średnica powierzchni światłoczułej fotodiody; d – średnica wiązki światła laserowego

nieczułości identyfikowanej jako zadany poziom odniesienia. Wartość strefy nieczułości Δx można określić następującą zależnością:

$$\Delta x = |l_o - d - \phi| \quad /7/$$

Zależność ta jest słuszna dla wszystkich wartości średnicy wiązki światła laserowego z zakresu: $d \in [10, 50]$ mm.

W przypadku, gdy wiązka światła oświetla detektor niesymetrycznie, powstają sygnały impulsowe. Strefy pracy impulsowej C_i oraz D_i w funkcji średnicy wiązki światła laserowego można przedstawić następującą zależnością:

$$C_i = D_i = l_i + d + \phi \quad /8/$$

dla wartości średnicy wiązki światła laserowego z zakresu: $d \in [10, 22]$ mm oraz:

$$C_i = D_i = l_o + l_i \quad /9/$$

dla wartości średnicy wiązki światła laserowego z zakresu: $d \in [22, 50]$ mm.

W przypadku, gdy wiązka światła oświetla detektor niesymetrycznie z dużym odchyleniem od centrum detektora, powstają sygnały ciągłe. Strefy pracy ciągłej E_c i F_c w funkcji średnicy wiązki światła laserowego można przedstawić następującą zależnością:

$$E_c = F_c = l_c + l_d \quad /10/$$

dla wszystkich wartości średnicy wiązki światła laserowego z zakresu: $d \in [10, 50]$ mm.

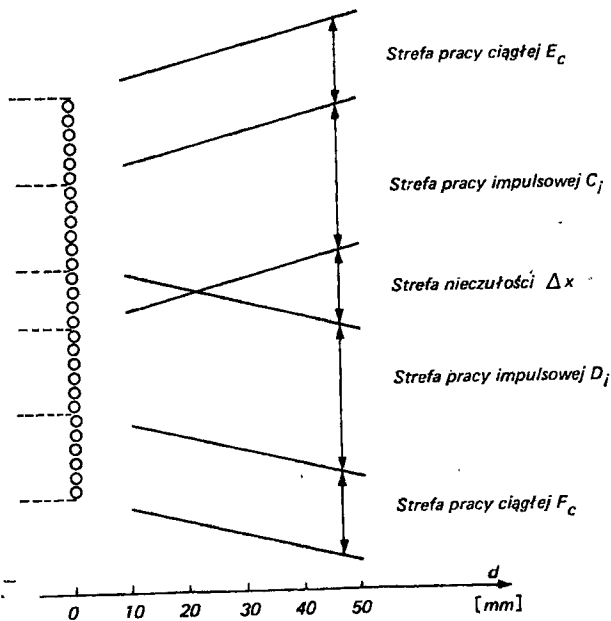
Zależności wartości stref nieczułości, pracy impulsowej oraz pracy ciągłej w funkcji średnicy wiązki światła laserowego przedstawiono na rys. 8.

Dokładność sterowania rozumiana jako połowa strefy nieczułości, jest nie mniejsza niż ± 14 mm. Ma to miejsce przy średnicy wiązki światła laserowego $d = 50$ mm oraz przy założeniu, że przesunięcie narzędzia roboczego pod działaniem jednego impulsu jest nie większe niż wartość strefy nieczułości. W przypadku, gdy pojedynczy impuls sterujący będzie przesuwac narzędzie robocze o wartość x_n wię-

kszą niż wartość strefy nieczułości Δx , sterowanie będzie niestabilne, a wartość błędu regulacji δ przyjmie wartość:

$$\delta = x_n - \frac{\Delta x}{2}$$

Maksymalna wartość błędu regulacji w tym przypadku jest równa x_n , gdy wartość strefy nieczułości jest równa zero (rys. 8).



Rys. 8. Zależności strefy pracy ciągłej, pracy impulsowej oraz strefy nieczułości w funkcji średnicy wiązki światła laserowego

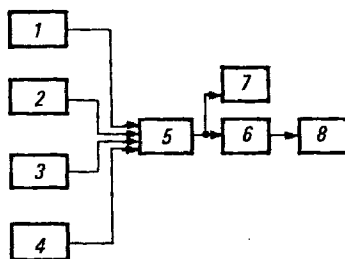
3. Sygnalizator do wykrywania wiązki laserowej

Sygnalizator do wykrywania wiązki laserowej ma zastosowanie przede wszystkim w geodezji i budownictwie do prowadzenia dokładnych pomiarów, np. do wyznaczania płaszczyzny stropów, konstrukcji mechanicznych, osi kominów itp. oraz do prowadzenia prac geodezyjnych, zastępując klasyczny teodolit. Sygnalizator może również współpracować z opisanym wcześniej urządzeniem sterującym narzędziem roboczym maszyny melioracyjnej. Pozwala on wyznaczyć płaszczyznę odniesienia wytworzoną przez wirujący promień laserowy i przyspieszyć w ten sposób nawiązanie kontaktu między detektorem, wchodzącym w skład laserowego urządzenia sterującego, a laserem.

3.1. Budowa i działanie sygnalizatora do wykrywania wiązki laserowej

Sygnalizator jest dostosowany do współpracy z laserem o parametrach podanych w p. 2.1. Sygnalizator jest zbudowany z następujących podzespołów (rys. 9): czterech czujników promieniowania lase-

rowego; układu przetwarzania informacji; generatora akustycznego z głośnikiem; lampek sygnalizacyjnych.



Rys. 9. Schemat blokowy sygnalizatora: 1, 2, 3, 4 – czujniki promieniowania laserowego; 5 – układ przetwarzania informacji; 6 – generator akustyczny; 7 – lampki sygnalizacyjne; 8 – głośnik

Czujniki promieniowania laserowego są przeznaczone do odbioru impulsowego światła laserowego i przetwarzania go na sygnał elektryczny. Sygnał świetlny jest odbierany przez fotodiody. Sygnał elektryczny wytworzony przez fotodiody jest wzmacniony oraz wydłużony do około 0,1 s w przerzutnikach monostabilnych. Na podstawie sygnałów z czujników, układ przetwarzania informacji wypracowuje odpowiednie sygnały sterujące generatorem współpracującym z głośnikiem oraz tranzystorami zasilającymi lampki sygnalizacyjne.

Przy centralnym oświetleniu sygnalizatora (czyli przy oświetleniu środkowych fotodiody), generator akustyczny wytwarza sygnał powodujący włączenie głośnika i zaświecenie środkowej lampki sygnalizacyjnej. Przy niesymetrycznym oświetleniu sygnalizatora, układ przetwarzania informacji wypracowuje sygnały powodujące zaświecenie się odpowiedniej lampki sygnalizacyjnej, wskazującej odchylenie sygnalizatora od laserowej płaszczyzny odniesienia. Sygnalizacja świetlna jest włączana na życzenie użytkownika.

3.2. Dane techniczne sygnalizatora

Wielkość wejściowa: impulsowy promień świetlny wytwarzany przez laser He-Ne.

Długość fali świetlnej: $\lambda = 632,8 \text{ nm}$.

Moc sygnału na wyjściu nadajnika laserowego: $2 \text{ mW} \pm 0,5 \text{ mW}$.

Średnica wiązki laserowej: od 1 do 5 cm w całym dopuszczalnym zasięgu pracy, czyli do 250 m.

Prędkość obrotu głowicy wirującej: $10 \pi \text{ rad/s} \pm \pi \text{ rad/s}$.

Wielkość wyjściowa: sygnał akustyczny lub sygnał świetlny.

Dokładność lokalizacji: $\pm 0,3 \text{ mm}$ (na podstawie badań przeprowadzonych przez Polskie Zakłady Optyczne).

Napięcie zasilania: bateryjne 2 x 6F25C.

Pobór mocy w czasie pracy urządzenia: $P \leq 0,5 \text{ W}$.

Maksymalna odległość między sygnalizatorem i źródłem światła laserowego: 200 m.

Wymiary gabarytowe: walec o średnicy 80 mm i długości 230 mm.

Masa urządzenia: około 0,5 kg.

Stopień ochrony obudowy: IP-55 według PN-63/E-08106.

Czas pracy urządzenia przy zasilaniu bateryjnym: 12 h.

4. Tendencje rozwojowe konstrukcji laserowych urządzeń sterujących i pomiarowych

Rozwój konstrukcji laserowych urządzeń sterujących zmierza do:

- udoskonalania konstrukcji detektora promieniowania laserowego,
- wprowadzania układów kontrolujących dokładność układania sączków melioracyjnych,
- programowego sterowania maszyn.

Najnowsze laserowe urządzenia sterujące są wyposażone w detektory umożliwiające odbiór sygnału laserowego w kącie 360° . W związku z taką konstrukcją, w omawianym typie detektora nie jest potrzebny układ naprowadzający detektor na kierunek promienia laserowego. Wyeliminowanie układu obrotowego upraszcza konstrukcję mechaniczną detektora i wpływa na podniesienie niezawodności urządzenia sterującego.

Blok rejestrujący dokładność ułożenia sączków melioracyjnych jest urządzeniem bardzo pomocnym w układaniu sączków metodą bezrowkową. W laserowym urządzeniu sterującym wskaźnikami układania są lampki sygnalizacyjne, umieszczone w pulpicie sterowniczym. Świecenie ciągłe czerwonych lampek sygnalizacyjnych informuje operatora o wystąpieniu niedopuszczalnego błędu w układzie. Jest to zazwyczaj spowodowane wystąpieniem podziemnej przeszkody na drodze narzędzia roboczego maszyny. W urządzeniach, w których znajdują się blok rejestrujący, dokładność układania sączków jest rejestrowana w postaci zapisu na taśmie magnetycznej. Zapis odbywa się w funkcji drogi. Po odczytaniu taśmy wiadomo, czy odcinek został poprawnie ułożony, czy też kwalifikuje się do poprawy. Układanie sączków metodą bezrowkową wprowadza ograniczenia w postaci najmniejszej głębokości, na jakiej może być układany sączek oraz na długość narzędzia roboczego maszyny. W celu zapewnienia wykonania prac według zasad drenowania należy drogę układanego sączka wielokrotnie łamać, czyli zmieniać odległość sączka od płaszczyzny laserowej.

Realizowanie prac w cyklu łamanym jest możliwe przy zastosowaniu urządzenia do programowego układania sączków. Działanie urządzenia programowego jest oparte na zmianie wartości zadanej wielkości regulowanej w funkcji drogi. Dokonuje się tego przez zmianę wysokości mechanizmu prowadzącego, na którym znajduje się detektor promieniowania laserowego, w stosunku do płaszczyzny laserowej. W takim układzie sterowania laserowa płaszczyzna odniesienia jest pozioma. W programie sterującym jest zawarta informacja o wartości wielkości regulowanej w funkcji drogi przebytej przez maszynę melioracyjną. Sygnał z czujnika drogi jest podawany do bloku programującego, gdzie następuje wytworzenie sygnału elektrycznego o odpowiedniej wartości i znaku, który steruje wysuwem mechanizmu prowadzącego, a tym samym zmieniającego długość mechanizmu prowadzącego.

Istotną zaletą urządzenia programującego jest to, że pozioma płaszczyzna laserowa jest odniesieniem dla wszystkich maszyn pracujących na danym terenie oraz układających sączki pod różnymi kątami nachylenia.

Literatura

- [1] Babicz B., Golański M., Woźny M., Wrzesień M.: Dźwiękowy detektor promieniowania laserowego. Pomiar. Automatyka. Kontrola, 1979, nr 3.
- [2] Golański M., Wrzesień M.: Detektory promieniowania laserowego. Biuletyn Przemysłowego Instytutu Automatyki i Pomiarów MERA-PIAP, 1977, nr 1/63.
- [3] Golański M., Wrzesień M.: Laserowy system sterowania maszyn inżynierskich. Wiadomości Elektrotechniczne, 1977, nr 7.
- [4] Klejman H., Dzieciolowski K., Rzewuski M.: Lasery w telekomunikacji. WNT, Warszawa 1970.
- [5] Klejman H.: Lasery. PWN, Warszawa 1974.