

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW  
MERA-PIAP

Al. Jerozolimskie 202

02-222 Warszawa

Telefon 23-70-81

O 74 OŚRODEK AUTOMATYKI ELEKTRYCZNEJ A

Zespół Budowy Serwomechanizmów Wykonawczych

Główny wykonawca mgr inż. Marian Wrzesień

Wykonawcy mgr inż. Jacek Rogoziński  
tech. Mirosław Woźny

Konsultant

Nr zlecenia

u-22.04.14

Laserowe urządzenia sterujące maszynami  
do prac drenarskich.

Etap 18. Wprowadzenie zmian do prototypu  
UL-5 wynikających z badań modelowych  
i badania układu ze zmianami.

Zleceniodawca Plan koordynacyjny - problem węzłowy 06.1

Pracę rozpoczęto dnia 1.08.81

zakończono dnia 10.02.82

Kierownik Zespołu

Kierownik Ośrodka

wz. Głenew  
dr. inż. P. Jabłoński

p.o. Z-cy Dyr. d/s  
Automatyki

prof. dr. inż. T. Missala

dr. inż. T. Gałazka

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron 6

Egz. 1 BOINTE

rysunków 3

Egz. 2 ORRMZiT KPHSW

fotografii -

Egz. 3 OAE

tabel -

Egz. 4

tablic -

Egz. 5

załączników 1

Egz. 6

Nr rejestr. 4782

## Analiza deskryptorowa

URZĄDZENIA AUTOMATYCZNEJ REGULACJI I STEROWANIA, ELEMENTY  
UZYSKANIA INFORMACJI, CZUJNIKI, URZĄDZENIA POMIAROWE, ZESPOŁY  
OPTYCZNE-FIŁTRY, ZESPOŁY MECHANICZNE, PRZEKŁADNIE ZĘBATE,  
UKŁADY ELEKTRONICZNE ROZDZIELACZE ELEKTROHYDRAULICZNE.

## Analiza dokumentacyjna

Sprawozdanie zawiera dokumentację badań czystości patentowej  
laserowego urządzenia sterującego UL-5.

### Tytuły poprzednich sprawozdań:

1. Opracowanie podzespołów modelu użytkowego urządzeń dla koparki  
drenarskiej JAR-160 oraz ciągnika gąsienicowego TD-20E /nr rej. 2060/.
2. Montaż i uruchomienie modelu użytkowego urządzeń dla ciągnika TD-20E  
opracowanie programu prób i badań modelu oraz przeprowadzenie badań  
laboratoryjnych /nr rej. 2153/.
3. Udział MERA-PIAP w badaniach poligonowych modelu użytkowego zabudowa-  
nego na ciągniku TD-20E /nr rej. 2183/.
4. Udział MERA-PIAP w badaniach poligonowych modelu użytkowego zabudowa-  
nego na koparce JAR-160 /nr rej. 2226/.
5. Dokumentacja Techniczno-Ruchowa Laserowego urządzenia sterującego  
UL-3 dla koparki JAR-160 /nr rej. 2270/.
6. Dokumentacja Techniczno-Ruchowa Laserowego urządzenia sterującego  
UL-5 dla ciągnika TD-20E /nr rej. 2271/.
7. Analiza czystości patentowej rozwiązań technicznych - teren PRL  
/nr rej. 2272/.
8. Opracowanie i wykonanie dokumentacji technicznej dla prototypu lasero-  
wych urządzeń sterujących dla koparki JAR-160 i ciągnika TD-20E  
/nr rej. 2273/.
9. Norma Zakładowa - projekt /nr rej. 2302/.
10. Badania poligonowe laserowego urządzenia sterującego UL-5  
/nr rej. 2996/.
11. Badania prototypów urządzeń UL-3 /nr rej. 2607/.
12. Badania pełne laserowego urządzenia sterującego UL-5 /nr rej. 2665/.
13. Badania dynamiczne i modelowe układu sterowania laserowego sprzętem  
TD-20E /nr Stalowa Wola: 942/81/.
14. Sprawdzenie czystości patentowej UL-5 ze zmianami /nr rej. 4683/.

62-50 Teoria i podst. Acch. mag. sterowania

UKD

MERA-PIAP/TW 391/78 5000

Wstęp.

W ramach etapu 18 pracy U-22.04.14 wprowadzono zmiany do prototypu laserowego urządzenia sterującego UL-5, przeprowadzono badania poligonowe układu ze zmianami oraz wykonano analizę czystości patentowej urządzenia UL-5 ze zmianami. Wymieniony zakres prac wykonano do dnia 30.09.1981r. Jednakże negatywny wynik badań prototypu z wprowadzonymi zmianami zmusił Mera-PIAP oraz OBRMZiT KP HSW do rozszerzenia zakresu prac etapu 18 o zmiany wprowadzone do osprzętu melioracyjnego zamontowanego na ciągniku TD-20E. Efektem końcowym tych zmian jest pozytywny wynik badań poligonowych ciągnika gąsienicowego z osprzętem melioracyjnym sterowanym laserowym urządzeniem sterującym UL-5.

1. Geneza powstania przyczyna wprowadzania zmian do prototypu UL-5

W początkowej fazie współpracy z OBRMZiT KP HSW urządzenie UL-5 sterowało maszyną drenarską w ten sposób, że w przypadku pojawienia się błędu regulacji, urządzenie wypracowywało sygnał sterujący - poprzez hydrauliczne zespoły wykonawcze - podnoszeniem lub opuszczaniem "kroju" osprzętu melioracyjnego. W czasie dalszych prac OBRMZiT KP HSW zmierzających do usprawnienia działania tego osprzętu, wprowadzono zmiany w systemie sterowania polegające na tym, że zaczęto sterować kątem "płetwy" osprzętu melioracyjnego, uzyskując - przy swobodnym zawieszeniu "kroju" - wpływanie lub wypływanie "kroju". Ta zmiana spowodowała jednak zasadniczą zmianę charakteru obiektu regulacji jakim jest ciągnik gąsienicowy wyposażony w osprzęt melioracyjny. Na rys.1 przedstawiono uproszczone schematy blokowe układów regulacji zamkniętej: dotychczasowego oraz zmienionego. Z rys.1 wynika, że wprowadzenie zmiany do układu sterowania są przyczyną

niestabilności strukturalnej układu regulacji./ w torze regulacji dwukrotnie występuje człon całkujący/

Następstwem tego spostrzeżenia była próba znalezienia takiego korektora, który by zapewnił stabilność układu regulacji przy zachowaniu wymaganej dokładności regulacji oraz nieingerowaniu w osprzęt melioracyjny. Działania te zostały przeprowadzone w pierwszym rzędzie w ramach etapu 17 - podczas badań modelowych osprzętu drenarskiego. /sprawozdanie nr 942/81 OBRMZIT KP HSW z. Jak to wynika z wniosków zawartych w tym sprawozdaniu, najlepszą metodą dla zapewnienia stabilności układu regulacji jest zastosowanie wersji W3 /patrz sprawozdanie 942/81 / z korekcją zerowego położenia płetwy przy  $\varphi = 10^\circ$ . Następne wersje w kolejności ich skuteczności działania to W3 i W2 bez korekcji.

Wnioski zawarte w ww. sprawozdaniu stanowiły podstawę do wprowadzenia zmian do prototypu UL-5, który następnie został poddany próbom w czasie badań poligonowych.

## 2. Badania poligonowe ciągnika gąsienicowego sterowanego urządzeniem UL-5 z wprowadzonymi zmianami.

Opis i wyniki badań poligonowych zostały zamieszczone w sprawozdaniu nr 961/81 OBRMZIT KP HSW /załącznik/. Jednakże wydaje się celowym uwypuklenie różnic pomiędzy zmianami wprowadzanymi do urządzenia UL-5, a zmianami wprowadzonymi do osprzętu melioracyjnego.

### 2.1. Zmiany wprowadzone do urządzenia UL-5.

Istotą wprowadzonych zmian do urządzenia UL-5 było wprowadzenie do układu sterowania nieliniowego bloku korekcyjnego /rys.2/, którego działanie polegało na sprowadzaniu kąta wychylenia "płetwy"

do zera w momencie gdy błąd regulacji został wyzerowany. W następstwie miało to zapewniać stabilizowanie układu regulacji zamkniętej w przypadkach, gdy błąd regulacji osiągał wartość zerową. Badania poligonowe wykazały, że w czasie szybkiego sprowadzania kąta płetwy do zera następuje odbicie się "kroju" od ziemi poprzez zmieniającą kąt pochylenia "płetwę". W tej sytuacji - w momencie osiągnięcia <sup>przez</sup> "kroju" położenia zadanego - następuje wprowadzenie błędu regulacji przez nieliniowy układ korekcyjny prostujący płetwę. W badaniach modelowych zjawisko odbijania się kroju nie zostało uwzględnione. Dlatego też uzyskano wynik pozytywny z badań modelowych. Badania poligonowe wykazały jednak, że żadna z wersji korektora zaproponowanego w czasie prowadzonych badań modelowych nie spełniła oczekiwań na wystabilizowanie układu regulacji zamkniętej z zachowaniem odpowiedniej dokładności regulacji. W tej sytuacji OBRMZiT KP HSW podjął decyzję o wprowadzeniu zmian do osprzętu melioracyjnego.

## 2.2. Zmiany wprowadzone do osprzętu melioracyjnego.

Zmiana wprowadzona do osprzętu melioracyjnego polegała na tym, że detektor promieniowania laserowego urządzenia UL-5 zamocowano do podstawy umieszczonej na "kroju" i związanej bezpośrednio z "płetwą"/rys.3/. Przy takim położeniu detektora sygnał sprzężenia zwrotnego zależał nie tylko od położenia "kroju" w stosunku do płaszczyzny światła laserowego /tak było w poprzedniej wersji sterowania/, ale również od kąta "płetwy". Można zatem napisać /dla układu autonomicznego/, że:

$$\varepsilon = k_1 \cdot x + k_2 \cdot \alpha \quad (1)$$

Jeżeli ponadto uwzględnimy, że:

$$\alpha = \dot{x} \quad (2)$$

to:

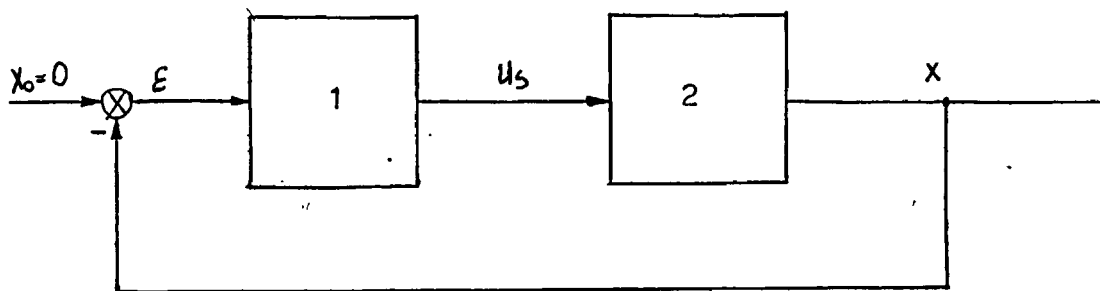
$$\varepsilon = k_1 \cdot x + k_2 \cdot \dot{x} \quad (3)$$

Z zależności (3) wynika, że dzięki wprowadzonym zmianom do osprzętu melioracyjnego, uzyskano klasyczny korektor prędkościowy. Badania przeprowadzone z taką wersją sterowania dały wynik pozytywny.

/

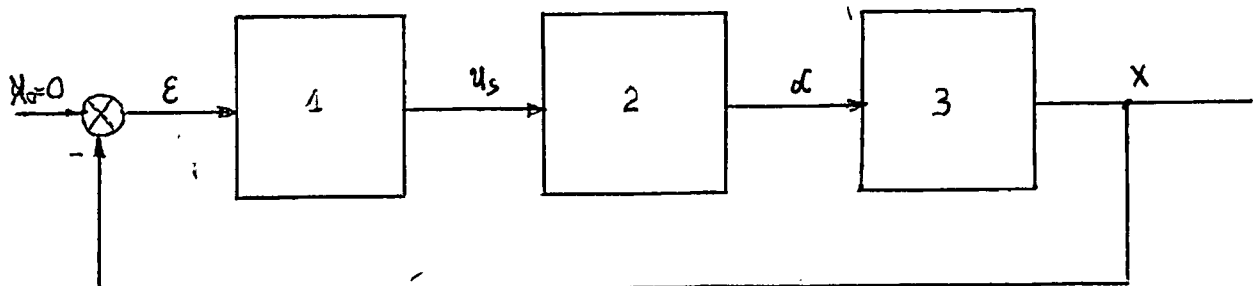
### 3. Wnioski z badań dotyczące laserowego układu sterującego UL-5.

- 3.1. Pomiarы dokonane po przeprowadzeniu drenowania wykazały, że błąd prowadzenia kroju nie przekracza 2 cm na długości drenu 3 ÷ 5 m. Pozwala to na prowadzenie układanie drenu ze spadkami większymi niż 3 ÷ 6 ‰ bez występowania przeciwsпадków.
- 3.2. W czasie prowadzonych badań uzyskano zasięg działania urządzenia UL-5 250 m, przy współpracy urządzenia UL-5 z nadajnikiem GL-4B produkcji polskiej /PZO/.
- 3.3. Dokładność sterowania osprzętem melioracyjnym spełnia wymagania normy BN-78/9191-14 "Bezrowkowe układanie rurociągów drenarskich. Wymagania i badania przy odbiorze".
- 3.4. W związku z osiągniętymi wynikami działania urządzenia UL-5 nie jest wymagane wprowadzanie żadnych zmian do tego urządzenia.
- 3.5. Ewentualna produkcja może być realizowana na podstawie wcześniej opracowanej dokumentacji technicznej.



- 1 - regulator proporcjonalny
- 2 - siłownik hydrauliczny /człon całkujący/  
- błąd regulacji
- $u_s$  - sygnał sterujący
- $x$  - położenie kroju

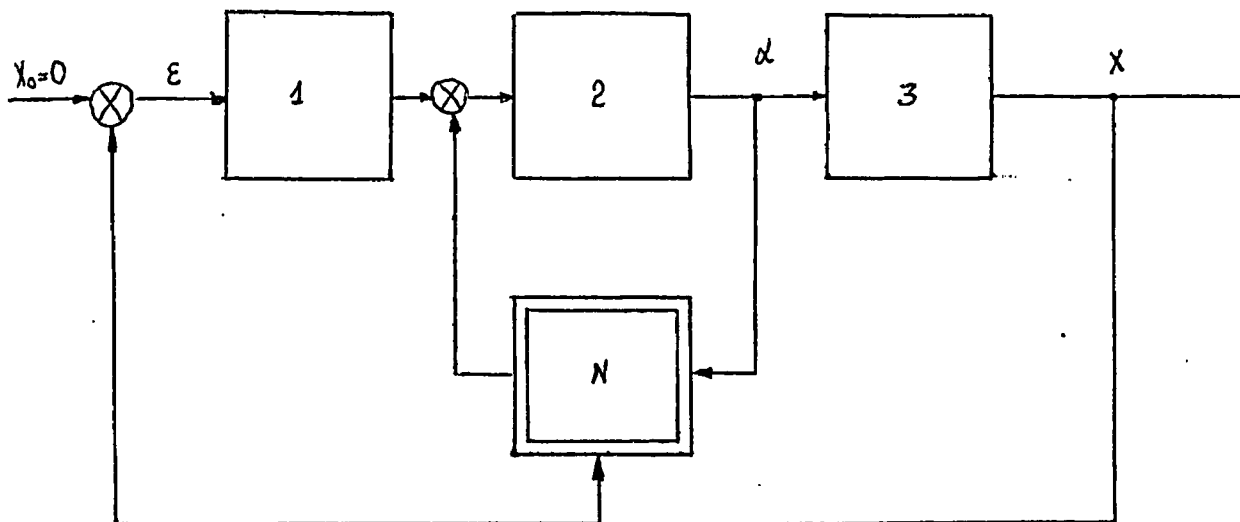
a/ Układ regulacji z pierwotną wersją osprzętu



- 1 - regulator proporcjonalny
- 2 - siłownik hydrauliczny płetwy /człon całkujący/  
3 - krój /człon całkujący/  
- kąt płetwy

b/ Układ regulacji położenia kroju poprzez zmianę kąta płetwy

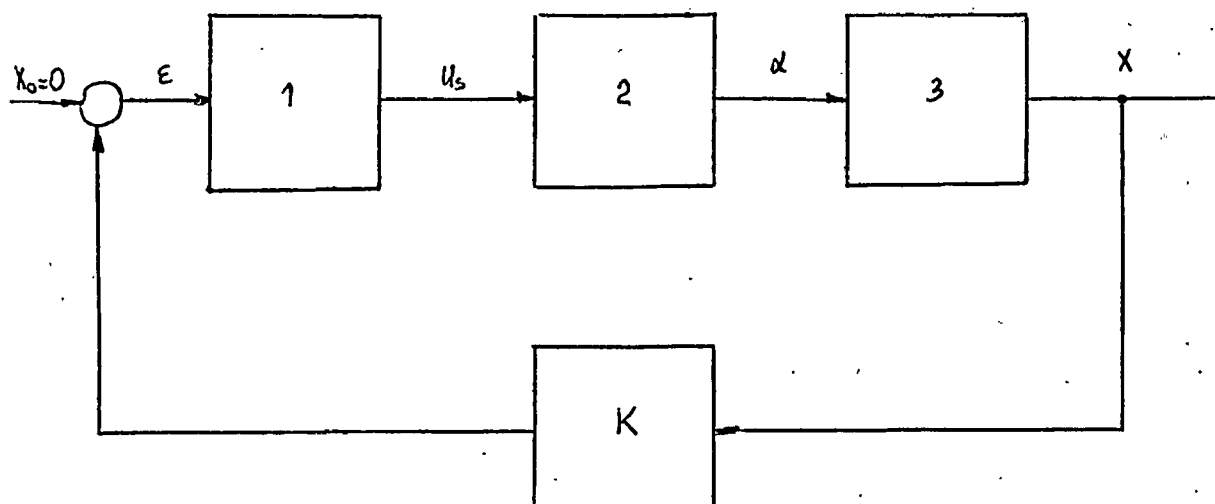
Rys.1 Schematy blokowe układów regulacji kroju maszyna drenarskiej



- 1 - regulator proporcjonalny
- 2 - siłownik hydrauliczny pletwy
- 3 - krój
- N - człon nieliniowy

Rys.2 Układ regulacji z korektorem nieliniowym /zmiany wprowadzone do urządzenia UL-5/.





- 1 - regulator proporcjonalny
- 2 - siłownik hydrauliczny płetwy
- 3 - krój
- K - układ sprzężenia zwrotnego wraz z korektorem prędkościowym

Rys.3. Układ regulacji z korektorem prędkościowym /zmiany wprowadzone do osprzętu melioracyjnego/.