

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW

MERA-PIAP

Al. Jerozolimskie 202

02-222 Warszawa

Telefon 23-70-81

Ośrodek Automatyki Elektrycznej

Główny wykonawca mgr inż. Jan Łukaszewicz

Wykonawcy: mgr inż. M. Wróbel, mgr inż. J. Błaszczewicz, mgr inż. Z. Prokopowicz, mgr inż. A. Kraiński, inż. B. Maksymowicz, J. Doniec, A. Bartniczek, A. Pijanowski

Konsultant

Nr zlecenia

Umowa nr 294/86

Kompleksowy elektroniczny układ regulacji prędkości obrotowej silników wysokoprężnych.
Etap 4. Udział w badaniach funkcjonalnych układu regulacji i modelu wyłącznika prędkości WP1G na agregacie prądotwórczym ZE 40024M /prod. WSW Andrychów/ oraz wprowadzenie uwag /uzupełnień/ do dokumentacji układu regulacji w wyniku tych badań.

Zleceniodawca ILOT GCPBR 6.3 cel 21.

Pracę rozpoczęto dnia 1.04.86r.

Kierownik Zespołu

mgr inż. M. Wróbel

Z-ca Dyrektora
d/s Automatyki

dr inż. T. Gałazka

zakończono dnia 20.09.86

Kierownik Ośrodka

prof. dr inż. T. Missala

Praca zawiera:

stron 5

rysunków

fotografii

tabel

tablic

załączników

Rozdzielnik - ilość egz:

Egz. 1 ZMIN

Egz. 2 ILOT

Egz. 3 ILOT

Egz. 4 OAE

Egz. 5 BOINTE

Egz. 6

Nr rejestr. 5659

Analiza deskryptorowa

POMIAR PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ +
+ BADANIA.

Analiza dokumentacyjna Opis badań, wnioski

Tytuły poprzednich sprawozdań

Praca jest kontynuacją prac na zlec. 1726.
1942, 9503, 1025.

| | | |
|---------------------|---|------|
| P I A P Warszawa | Kompleksowy elektroniczny układ regulacji prędkości obrotowej | 1 |
| | Badania układu regulacji | |
| | | 5659 |

1. Przedmiot pracy.

Przedmiotem pracy były próby funkcjonalne elektronicznego układu regulacji prędkości obrotowej w zespole prądotwórczym ZE 400/24/1-44 KW. Badania miały na celu sprawdzenie parametrów pracy poszczególnych urządzeń układu /regulator, siłownik, czujnik/ oraz ocenę przydatności wyłącznika ^{prędkości WP1G} dla zabezpieczenia układu regulacji przy przekroczeniu obrotów maksymalnych oraz badania zawartego w nim generatora liniowo narastającego przebiegu wartości zadanej.

2. Badania.

2.1. Badania układu regulacji potwierdziły prawidłowość pracy regulatora REL-01, siłownika SE-2502, czujnika CPO-1 /patrz sprawozdanie ZWN nr 264/. W wyniku badań nie stwierdza się konieczności wprowadzenia zmian w dokumentacji układu regulacji.

2.2. Badania wyłącznika prędkości WP1G.

W pierwszej kolejności poddano badaniom układ progowy wyłącznika prędkości. Stwierdzono, że układ prawidłowo jest sterowany impulsowym sygnałem wejściowym z czujnika prędkości lub regulatora. Ustawienie progu zadziałania układu w granicach określonych WT w pełni zabezpiecza zakres ustawianych prędkości. Ustawienie ograniczenia prędkości wykazuje powtarzalność zadziałania zabezpieczenia i trwałe wyłączanie zespołu przy ustawionych obrotach. Układ powrotu do stanu początkowego /układ testowania/ prawidłowo reagował na przełączenia. Podczas ciągłej pracy zespołu układ wyłącznika nie wykazywał przypadkowych zadziałań /wyłączeń układu/ przy zmianach wartości zadanej regulatora oraz zmianach obciążenia. Badania wykazały prawidłową strukturę układów progowych wyłącznika prędkości.

| | | |
|---------------------|---|------|
| P I A P Warszawa | Kompleksowy elektroniczny układ regulacji prędkości obrotowej | 2 |
| | Badania układu regulacji | |
| | | 5659 |

2.3. W działającym układzie regulacji poddano badaniom układ generatora wartości zadanej.

Po podłączeniu generatora do zdalnego potencjometru wartości zadanej regulatora stwierdzono możliwość ustawienia minimalnych obrotów zespołu przy wyłączonym przebiegu narastającym /dodatkowy wyłącznik na płycie czołowej/.

Po włączeniu przebiegu narastającego stwierdzono prawidłowy brak wpływu na wartość zadaną sygnału wyjściowego generatora. Stwierdzono także prawidłową regulację czasu narastania przebiegu. Badania potwierdziły prawidłowość ogólnej koncepcji generatora. Stwierdzono jednak złą odporność linii przesyłowej sygnału wyjściowego generatora na zakłócenia, zależną od miejsca podłączenia ekranu linii. Stwierdzono także brak automatycznego powrotu do obrotów minimalnych /przy włączonym narastającym przebiegu - pozycja "start" dodatkowego wyłącznika/.

Fakty te spowodowały konieczność opracowania nowej płytki generatora. Zmodyfikowany układ wyłącznika został ponownie zamontowany do układu regulacji i przeszedł badania z wynikiem pozytywnym bez niedogodności podanych powyżej.

2.4. Zmiany układowe i konstrukcyjne.

2.4.1. Badania eksploatacyjne, obsługa oraz modyfikacja układu doprowadziły do uzgodnienia polegającego na usunięciu dodatkowego wyłącznika generatora oraz diody świecącej wskazującej jego położenia. Ponieważ dodatkowy wyłącznik był zdublowany wyprowadzeniami na złącze wyjściowe, usunięcie tych elementów nie spowodowało ograniczenia funkcjonalności a podwyższyło parametry urządzenia pod względem technologicznym i ekonomicznym /uproszczenie konstrukcji, mniejszy pobór mocy, zmniejszenie ilości elementów, brak problemu uszczelnienia wyłącznika/.

| | | |
|---------------------|---|------|
| P I A P Warszawa | Kompleksowy elektroniczny układ regulacji prędkości obrotowej | 3 |
| | Badania układu regulacji | 5659 |

Jednocześnie uzgodniono zmiany położenia elementów regulacyjnych w celu zapewnienia łatwiejszego dostępu ^{do nich}. Ponadto stwierdzono, że proponowany zakres sygnału wyjściowego generatora $-0,1 \div -3,5V$ zapewniający zmianę wolnych obrotów od obrotów maksymalnych do bardzo niskich jest niepotrzebny, gdyż ustawianie wolnych obrotów w pobliżu nominalnych jest nieuzasadnione, a zbyt niskie obroty utrudniają znalezienie położenia potencjometru dla zapewnienia rozruchu silnika.

2.4.2. Po analizie podanych zmian uznano za celowe wykonanie dodatkowego modelu wyłącznika WP1G, w którym zrealizowano następujące zmiany:

- nowy układ generatora odpowiadający zmodyfikowanemu badanemu układowi z usuniętym: wyłącznikiem, diodą i jej układem sterowania, ograniczeniem sygnału wyjściowego $-0,35 \div 3V$, co jest wystarczające, /praktycznie przekracza ustawiane granice/ zdecydowanie upraszcza układ i polepsza jego parametry,
- układ podstawowy /układy progowe/ zmontowany na zweryfikowanej płytce drukowanej, zapewniającej lepsze rozmieszczenie elementów, oraz uwzględniającej doświadczenia montażowe i zmienione wymiary elementów w związku z realizacją wymagań PRS.

Obwody drukowane opracowywane były w ramach etapu "Opracowanie dokumentacji konstrukcyjnej". Również w ramach wymienionego powyżej etapu opracowano pozostałe zmiany konstrukcyjne uwzględniające łatwiejszy dostęp do elementów regulacyjnych, zmiany wymiarów obudowy, zmiany mocowania płytek i tranzystora, stabilizatora, zmiany materiałów wynikające z wymagań PRS oraz zmiany opisu płyty czołowej zapewniające większą czytelność i estetykę.

| | | |
|---------------------|---|------|
| P I A P Warszawa | Kompleksowy elektroniczny układ regulacji prędkości obrotowej | 4 |
| | Badania układu regulacji | 5659 |

3. Wnioski końcowe.

Badania zmodyfikowanego wyłącznika prędkości WP1G wskazały na prawidłowe jego działanie w układzie regulacji prędkości obrotowej, co kwalifikuje układ do dalszego opracowywania na etapie prototypu. Wykonanie dodatkowego modelu wyłącznika prędkości i jego przebadanie laboratoryjne pozwoliło na sprawdzenie prawidłowości podstawowych zmian. Jednocześnie było konieczne posiadanie modelu ze względu na prowadzenie dalszych prac konstrukcyjnych, a dwa wykonane modele były niedostępne ze względu na zamontowanie na zespołach prądotwórczych.

ZM i N
Z. K. B.

ark. 1.

a-y. 8

S P R A W O Z D A N I E NR. 264.

z badań funkcjonalnych elektronicznego
układu regulacji prędkości obrotowej
/opracowanie MERA-PIAP w Warszawie/ w
zespole prądotwórczym ZE 400/24/1 -
- 44kW, produkcji WSK Andrychów.

Wykonał : mgr inż. E. Żakowski

.....
..Żakowski E....

Kierownik Działu Badań.

inż. A. Lizis.

.....
.....

Ozn. zmiany

Nr zawiadom.

Data zmiany

Wykonał

Opracował

7

ZM i N
Z. K. B.

ark.2.

a-y. 8

Spis treści.

1. Przedmiot badań
2. Cel badań
3. Czas i warunki badań
4. Aparatura pomiarowa
5. Badania
6. Wnioski
7. Regulacja końcowa zespołu

Ozn. zmiany

Nr zawiadom.

Data zmiany

Wykonał

Opracował

Supremat

8

ZM i N

Z. K. B.

ark. 3

a-y 8

1. Przedmiot badań.

Przedmiotem badań były próby funkcjonalne elektronicznego układu regulacji złożonego z :

- regulatora REL 01 /prototyp/
- silownika SE 2502 /prototyp/
- czujnika indukcyjnego prędkości obrotowej CPO /prototyp/
- wyłącznika progowego prędkości obrotowej WP16 /model użytkowy/.

w zespole prądotwórczym ZE 400/24/1

2. Cel badań.

Celem badań było sprawdzenie poprawności pracy układu elektronicznego regulatora w zespole prądotwórczym o mocy 44kW a w szczególności :

1. Dokonanie zabudowy silownika /sprzęgnięcie go z pompą wtryskową po niezbędnej adaptacji/, czujnika prędkości obrotowej i układu regulatora.
2. Uruchomienie i dostrojenie elektronicznego układu regulacji.
3. Próby stabilności pracy, stałości prędkości obrotowej i czasów doregulowania dla układu z regulatorem
 - konwencjonalnym - mechanicznym
 - elektronicznym PIAP
 - " - f-my Barber-Colman ale z silownikiem SE-2502 prod.PIAP

oraz próby działania wyłącznika progowego prędkości obrotowej WP 16 jako :

- zabezpieczenia silnika od rozbiegania się.

Ozn. zmiany

Nr zawiadom.

Data złożenia

Wykonał

Opracował

Szczegół

9

ZM i N

Z. K. B.

ark. 4

a-y 8

- generatora liniowo narastającej wartości zadanej prędkości obrotowej.

4. Ocena otrzymanych wyników

3. Czas i warunki badań.

Badania przeprowadzono w Dziale Badań-ZKB ZMiN w hamowni zespołów prądotwórczych w terminie : 1.04 - 30.08.1986r.

4. Aparatura pomiarowa.

Do pomiarów dynamicznych prędkości obrotowej użyto układu typ.51B05 oraz oscyloskopu 51B00 f-my DISA-DANIA. Pozostałe pomiary wykonano przyrządami standardowymi stanowiącymi wyposażenie zespołów prądotwórczych.

5. Badania.

W pierwszym etapie wykonano podstawowe pomiary mocy max. odchylenia statycznego, odchyleni dynamicznych i czasów doregulowania dla regulatora stosowanego w zespole prądotwórczym ZE 400/24/1.

Następnie w Instytucie Lotnictwa dokonano adaptacji pompy wtryskowej do sterowania dawki paliwa przez siłownik elektromagnetyczny SE 2502. Tak zaadaptowaną pompę wtryskową wraz z czujnikiem indukcyjnym zamontowano w zespole prądotwórczym, sprzęgając ją jednocześnie z zamontowanym siłownikiem.

Dokonano optymalizacji połączenia dzwigni siłownika z listwą pompy wtryskowej, polegającą na doborze promienia ramienia siłownika i długości cięgna.

Dokonano również ustawienia 1-go z 3 progów wyłącznika

Ozn. zmiany

Nr załącznika

Data zmiany

Wykonał

Opracował

Szczegóły

10

ZM i N
Z. K. B.

ark. 5

a-y 8

prędkości obrotowej WP1G na prędkość obrotową 1650obr/min zespołu po czym kilkakrotnie sprawdzono skuteczność zadziałania tego zabezpieczenia tzn. wyłączenie /poprzez zamknięcie zaworu paliwowego/ zespołu prądotwórczego.

Jednocześnie sprawdzono niezakłóconą pracę wyłącznika progowego WP1G przy zmianach obciążenia zespołu prądotwórczego jak również przy zmianach wartości prędkości zadanej w regulatorze REL 01.

Do potencjometru wartości zadanej regulatora podłączono generator wartości zadanej wyłącznika progowego prędkości obr. WP1G.

Podczas badań wstępnych stwierdzono pewien wpływ połączenia mas regulatora i wyłącznika progowego na wartość zadaną regulatora.

Stwierdzono również brak automatycznego powrotu do wartości minimalnej prędkości obrotowej zespołu /przy generatorze ustawionym w pozycji START/ przy wyłączaniu i ponownym załączeniu zasilania układu regulacji.

W trakcie badań uzgodniono również usunięcie z układu dodatkowego przełącznika START oraz usunięcie diody świecącej wskazującej pozycję tego przełącznika.

Po zamontowaniu zmodyfikowanego modelu użytkowego wyłącznika progowego WP1G, ponownie przystąpiono do prób w zespole prądotwórczym. Stwierdzono prawidłowy wzrost prędkości obrotowej zespołu od wartości minimalnej do nominalnej po każdorazowym wyłączeniu zespołu prądotwórczego lub wyłączeniu i załączeniu zasilania układu regulacji.

Ponadto w czasie pracy ciągłej zespołu, stwierdzono poprzez odłączanie generatora, zgodny z wymaganiami brak wpływu na wartość zadaną regulatora oraz na jakość

Ozn. zmiany

Nr załadow.

Data zmiany

Wykonał

Opracował

Sprawdził

AB

ZM i N

Z. K. B.

ark.6

a-y 8

parametrów regulacji.

Wykonano pomiary stanów przejściowych-dynamicznych prędkości obrotowej, następnie zamieniono regulator elektroniczny RELO1-PIAP na analogiczny regulator f-my Barber-Colman i pomiary powtórzone.

Wyniki pomiarów odchyień statycznych, dynamicznych obrotów i czasów doregulowania zestawiono w TABELI 1.

Odpowiadające im oscylogramy przedstawione są w Załącznikach 1, 2, 3.

Oscylografowanie zmian prędkości obrotowej pozwala na ocenę parametrów dynamicznych zespołu.

Regulacja parametrów A, G, D, I regulatora elektronicznego bez możliwości pomiaru prędkości obrotowej podczas włączenia i wyłączenia obciążenia jest sprawą niemożliwą, a więc niecelowe i niemożliwe jest stosowanie w takim wypadku regulatora elektronicznego.

Uzyskane wyniki pozwalają ocenić obydwa regulatory elektroniczne - układy, jako funkcjonalnie równorzędne.

Odchylenia dynamiczne prędkości obrotowej i czasów doregulowania do wartości ustalonej są prawie identyczne i nie przekraczają dopuszczalnych wartości np. dla zespołów prądotwórczych morskich o zastrzonych kryteriach w porównaniu do zespołów powszechnie używanych.

Regulator mechaniczny stosowany w zespole pozwala na osiągnięcie lepszych parametrów szczególnie krótszych czasów doregulowania.

6. Wnioski.

1. Regulator elektroniczny REL 01 Nr.03 z silownikiem SE 2502 i czujnikiem indukcyjnym jest równoważny, pod

Ozn. zmiany

Nr zawiadom.

Data wykonania

Wykonał

Opracował

Sprawił

12

ZM i N

Z. K. B.

ark.7

ark.8

względem osiąganych parametrów funkcjonalnych w zespole o mocy 44kW. typ ZE 400/24/1 Nr.10034 silnik SW400/E28 Nr183538, prądnica S 200 L4 Nr.20K 248T, a analogicznym regulatorem elektronicznym typ.DYN 1-10006-2 prod. z1978 roku f-my Barber Colman.

2. Stosowanie elektronicznego układu regulacji prędkości obrotowej w zespole tej mocy jest uzasadnione jedynie w następujących przypadkach :

a. pracy z odchyleniem statycznym $\delta = 0$

b pracy równoległej z innym zespołem prądotwórczym lub siecią energetyczną przy odchyleniu statycznym $\delta > 0$ ewentualnie z $\delta = 0$ ale z elektronicznie kontrolowanym rozdziałem mocy czynnych.

Należy wziąć pod uwagę fakt że odchylenie statyczne w zespole prądotwórczym ZE 400/24/1 ma wartość stałą niezmienną. Może to uniemożliwić a w każdym przypadku utrudnić współpracę równoległą zespołów.

3. Zmodyfikowany model użytkowy wyłącznika prędkości obrotowej WP1G spełnił wymagania zarówno jako zabezpieczenie zespołu prądotwórczego przed rozbieganiem oraz jako generator wartości zadanej.

W związku z tym wnioskuje się kontynuowanie prac na etapie prototypu.

7. Regulacja końcowa zespołu.

Ostatecznie zespół wyregulowano, dodano zawór elektromagnetyczny, odcinający paliwo, sterowany przez wyłącznik progowy prędkości obrotowej WP1G/na wypadek rozbiegania się silnika/ Drzwignia ramienna siłownika połączona jest z ciągnem na 3

Ozn. zmiany

Nr załączn.

Data zmiany

Wykonał

Opracował

Sprawił

13

ZM i N

Z. K. B.

ark. 8

a-y. 8

od osi obrotu przeciętym otworze. Wyłącznik progowy wyregulowano na 1650 obr/min.

Moc maksymalna zespołu wynosi 57 kW.

Odchylenie statyczne ustawiono na 0, czyli $f, n = \text{const.}$ w funkcji obciążenia.

Ustawienie pokręteł regulacyjnych w regulatorze REL 01.

G-14⁰⁰, D-12⁰⁰, L-10³⁰, O-O, A-14¹⁰, L-O.

Tak wyregulowany zespół prądotwórczy ZE 400/24/1 został skierowany do eksploatacji.

k o n i e c .

Ozn. zmiany

Nr załącznika

Data zadania

Wykonał

Opracował

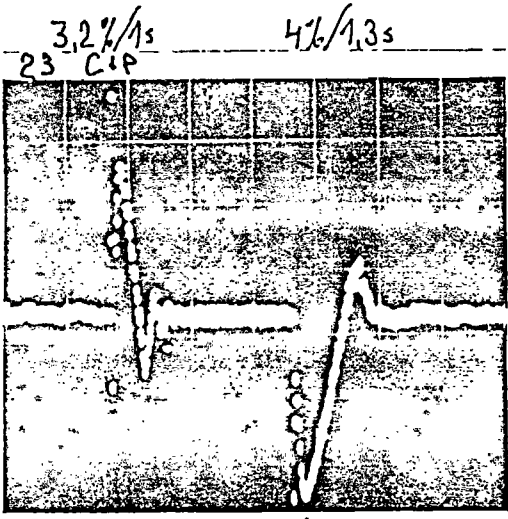
Sprawdził

14

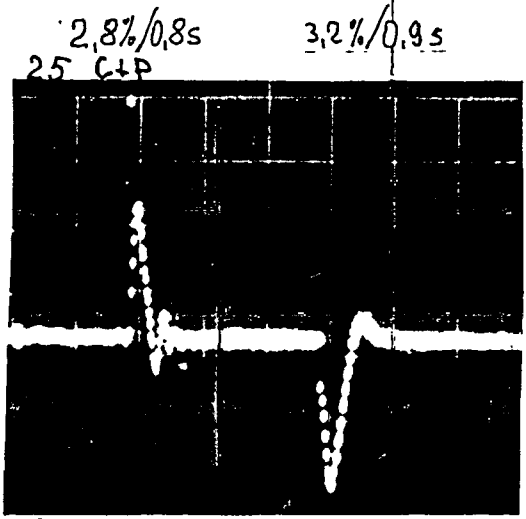
TABELA 1.

Sprawozdanie Nr. 264

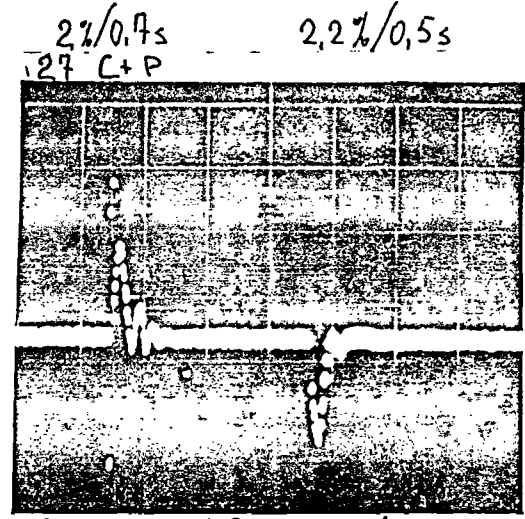
| Zalęznik Nr | REGULATOR | Odchylenie statyczne % | Odchylenie dynamiczne obrotów % | | | | | | Czas dostawiania do wart. ustalonej s | | | | | |
|-------------|---|------------------------|---------------------------------|----------------|--------------------|-------------------|----------------|--------------------|---------------------------------------|----------------|--------------------|-------------------|----------------|--------------------|
| | | | WYŁ. | | | ZAL. | | | WYŁ. | | | ZAL. | | |
| | | | 1,1P _n | P _n | 0,64P _n | 1,1P _n | P _n | 0,64P _n | 1,1P _n | P _n | 0,64P _n | 1,1P _n | P _n | 0,64P _n |
| 1 | DYN 1-10006-2 prod. Barber-Colman. | 0 | 3,2 | 2,8 | 2,0 | 4,0 | 3,2 | 2,2 | 1,0 | 0,8 | 0,7 | 1,3 | 0,9 | 0,5 |
| | SE 2502, CPO 1 Barber-Colman i PIAP. | 5,3 | — | 6,6 | 3,7 | — | 4,7 | 3,0 | 1,0 | 0,5 | — | 1,4 | 0,6 | |
| 2 | REL 01, SE 2502 | 0 | 3,3 | 2,8 | 2,1 | 3,5 | 3,2 | 2,2 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 1,5 | 1,4 | 1,2 |
| | CPO 1 PIAP. | 3,5 | 5,3 | 4,7 | 3,2 | 5,1 | 4,6 | 3,2 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,0 |
| 3 | Mechaniczny | 0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | 2,8 | 4,2 | 3,4 | 3,3 | 3,5 | 2,8 | 2,75 | 0,6 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |



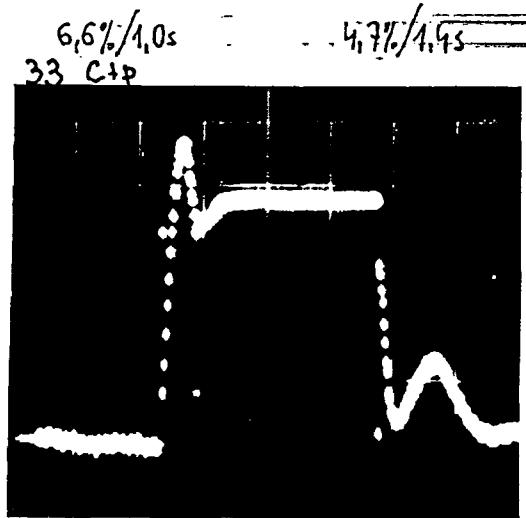
$d_{st}=0$ $1,1 P_n = 50 kW$



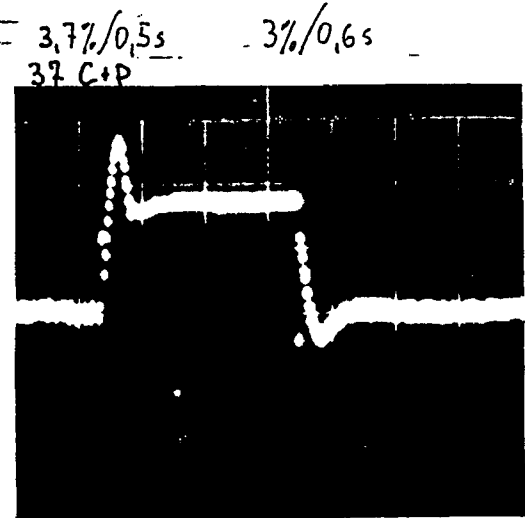
$d_{st}=0$ $1,0 P_n = 45 kW$



$d_{st}=0$ $0,64 P_n = 30 kW$



$d_{st}=5,3%$ $1,0 P_n = 44 kW$



$d_{st}=5,3%$ $0,64 P_n = 30 kW$

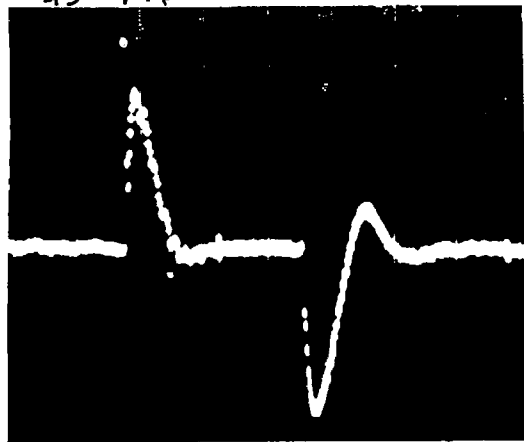
Załącznik do sprawozdania o nr: 1

ARK.

16

3,3%/0,8s.
43 P+P

3,5%/1,5s.



1,1 P_n = 50kW δ_{st} = 0

2,8%/0,8s
45 P+P

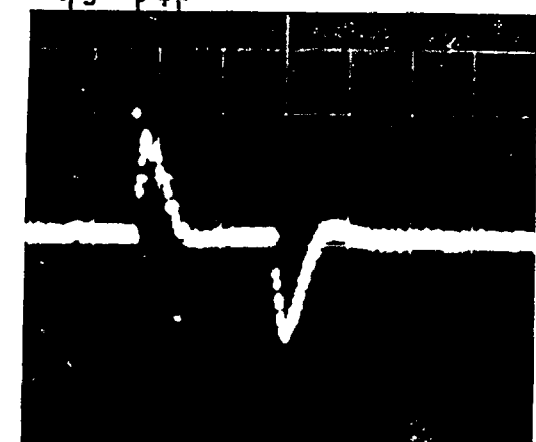
3,2%/1,4s



1,0 P_n = 44kW δ_{st} = 0

2,1%/0,8s.
49 P+P

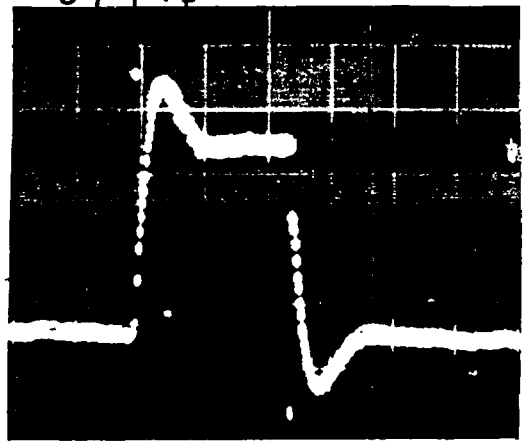
2,2%/1,2s.



0,64 P_n = 30kW δ_{st} = 0

5,3%/1s.
57 P+P

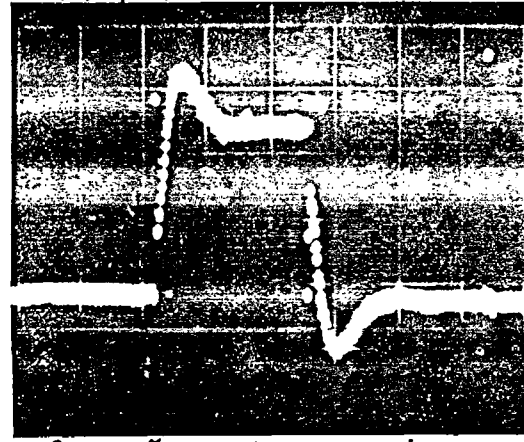
5,05%/1,1s



δ_{st} = 3,5% 1,1 P_n = 50kW

4,7%/1s
59 P+P

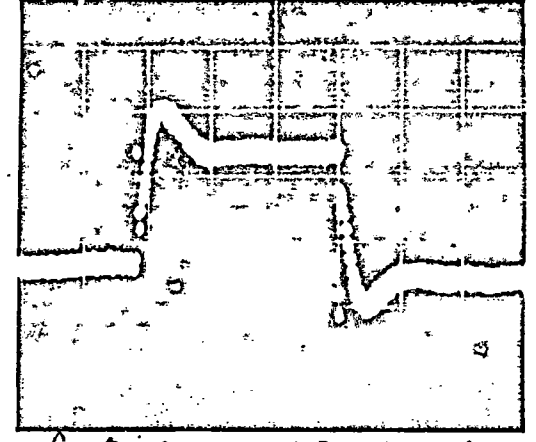
4,6%/1,1s



δ_{st} = 3,5% 1,0 P_n = 44kW

3,2%/1s
63 P+P

3,2%/1s



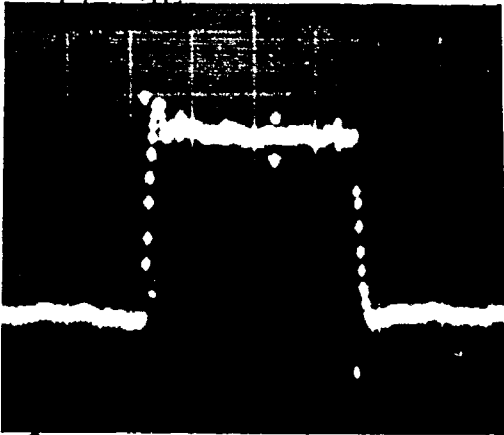
δ_{st} = 3,5% 0,64 P_n = 30kW

Załącznik do sprawozdania o nr: 2

ARK.

4,2%/0,6s
74 R.M.

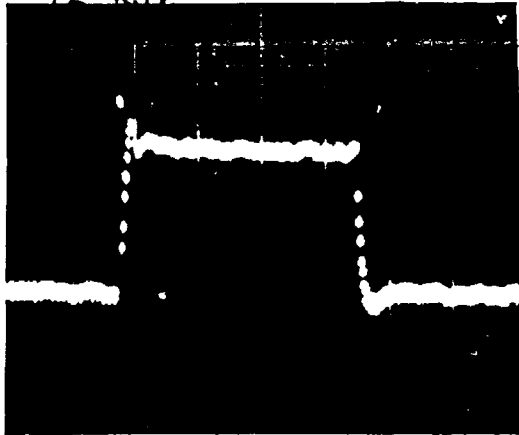
3,5%/0,2s



$\delta_{st} = 2,8\%$ $1,1 P_n = 50 \text{ kW}$

3,4%/0,4s
72 R.M.

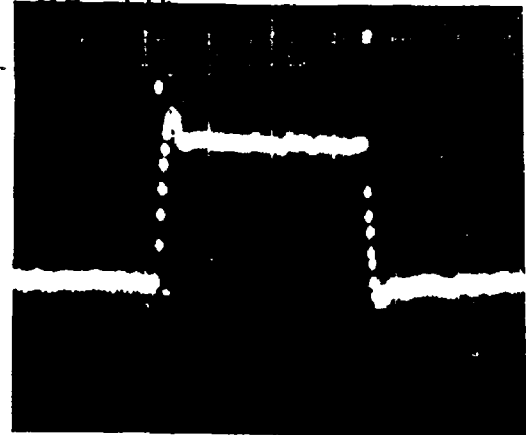
2,8%/0,2s



$\delta_{st} = 2,8\%$ $1,0 P_n = 44 \text{ kW}$

3,3%/0,4s
86 R.M.

2,75%/0,2s



$\delta_{st} = 2,8\%$ $0,64 P_n = 30 \text{ kW}$

18