

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW
MERA-PIAP
Al. Jerozolimskie 202 02-222 Warszawa Telefon 23-70-81

Ośrodek Automatyki Elektrycznej

Zespół Budowy Cyfrowych Urządzeń Systemowych

Główny wykonawca mgr inż. Cz. Godzisz

Wykonawcy mgr inż. W. Tomaszewski, mgr inż. M. Tronina,
mgr inż. J. Sielecka, mgr inż. J. Sibilska-Biernacka, tech. W. Dejdharowicz

Konsultant

Nr zlecenia

U-23.01.03.A
etap 1a

Kompatybilność elektromagnetyczna
cyfrowych urządzeń automatyki.
1. Opracowanie metodyki badań odporności
urządzeń na zakłócenia elektromagne-
tyczne.
a. Wykonanie modelu symulatora impulsow-
wych zakłóceń prądowych.

Zleceniodawca Problem węzłowy, plan koordynacyjny

Pracę rozpoczęto dnia 2.02.81

Kierownik Zespołu

dr inż. A. Syrczyński

po. Z-ca Dyr. d/s Automatyki

dr inż. T. Gałązka

zakończono dnia 31.12.81

Kierownik Ośrodka

prof. dr inż. T. Missala

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron 9

Egz. 1 BOINTE

rysunków 9

Egz. 2 OAE

fotografii

Egz. 3 OAE

tabel 2

Egz. 4 OAE-8

tablic

Egz. 5

załączników

Egz. 6

Nr rejestr. 4739

Analiza deskryptorowa

KOMPATYBILNOŚĆ ELEKTROMAGNETYCZNA:
SYMULATOR ZAKŁÓCEŃ + BADANIA ODPORNOŚCI
NA ZAKŁÓCENIA + UKŁADY AUTOMATYCZNEJ
REGULACJI I STEROWANIA.

Analiza dokumentacyjna

Opisano model prostego symulatora prądowych zakłóceń impulsowych /SPZI-1/ umożliwiającego wstrzyknięcie do badanego obwodu, poprzez sprzężenie magnetyczne, dużych prądów /1000...3000A/. Podano charakterystyki oraz opisano wstępne wyniki badań z wykorzystaniem symulatora SPZI-1.

Tytuły poprzednich sprawozdań

62-50 Teoria i podstawy doch. mag. ...

Spis treści
=====

1. Wstęp
2. Koncepcja i przeznaczenie
3. Projekt modelu symulatora
4. Wyniki badania modelu symulatora
5. Wstępne badania z wykorzystaniem symulatora
 - 5.1. Badania wstępne wpływu zakłócającego pola elektromagnetycznego na przewód współosiowy ekranowany
 - 5.2. Wpływ zakłócającego pola elektromagnetycznego na oscyloskop OS-150
6. Wnioski.

Spis rysunków
=====

- Rys.1. Koncepcja generatora z transformatorem wstrzykującym
- Rys.2. Schemat ideowy symulatora SPZI-1
- Rys.3. Płytki drukowane i rozmieszczenie elementów
- Rys.4. Rozwiązanie konstrukcyjne symulatora SPZI-1
- Rys.5. Układ pomiarowy charakterystyk symulatora
- Rys.6. Przebiegi czasowe prądów wtórnych symulatora
- Rys.7. Charakterystyki względne symulatora
- Rys.8. Stanowisko pomiarowe kabli
- Rys.9. Układ pomiarowy z oscyloskopem OS-150.

1. Wstęp

Przy badaniach wpływu zakłóceń elektromagnetycznych na urządzenia techniczne, przy badaniach zakłócalności urządzeń, istotnym problemem jest symulacja zakłóceń. Podstawowym zagadnieniem symulacji zakłóceń środowiska elektromagnetycznego jest zagadnienie wytwarzania kontrolowanego procesu zakłócania przez specjalizowane symulatory. Symulacja silnych pól magnetycznych zawierających składowe wysokiej częstotliwości stwarza złożone problemy techniczne.

W pracy opisano zbudowany model prostego symulatora umożliwiającego wytwarzanie impulsów prądowych o znacznych amplitudach /kilku tysięcy amper/ oraz wstrzyknięcie ich do badanego obwodu poprzez sprzężenia magnetyczne.

Przydatność takiego symulatora zilustrowano wynikami wstępnych badań wpływu pola elektromagnetycznego na kabel koncentryczny; obudowany przyrząd.

2. Koncepcja i przeznaczenie

W praktyce układy elektroniczne, szczególnie kable obwodów zewnętrznych urządzeń, interfejsowych, narażone są na oddziaływanie pól magnetycznych. Do eliminacji wpływu tych zakłóceń powszechnie stosuje się ekranowanie. Odpowiedź ekranowanych przewodników, szczególnie o zwielokrotnionych uziemieniach i ekranach nie jest znana w praktyce inżynierskiej. Praktyczne określenie wpływu ekranów możliwe jest przy wytworzeniu zmiennego pola elektromagnetycznego, które może być sprzęgane z badanym obwodem, wstrzykiwane do oprzewodowania. Koncepcja takiego rozwiązania pokazana na rys.1. Jeśli rdzeń transformatora obejmuje przewód, prąd i napięcie indukowane w przewodzie jest podobne do prądu i napięcia indukowanego przez rzeczywiste pole magnetyczne rozłożone. Pole magnetyczne powstaje w rdzeniu przy rozładowaniu generatora impulsowego na uzwojenie pierwotne rdzenia. Przewód badany poddany jest oddziaływaniu zmiennego pola elektromagnetycznego zawartego w rdzeniu transformatora.

Przy testowaniu przewodu /obwodu/ o wysokiej impedancji efektem oddziaływania pola jest indukowane napięcie. Amplituda i przebieg czasowy tego napięcia uzależnione są od amplitudy i szybkości zmian pola magnetycznego w rdzeniu. Przy testowaniu obwodu o niskiej impedancji pole magnetyczne indukuje prąd, krążący w obwodzie. Przebieg czasowy prądu będzie zbliżony do przebiegu prądu w uzwojeniu pierwotnym transformatora. Amplituda będzie zależała od impedancji obwodu, testowanego, impedancji wewnętrznej generatora.

3. Projekt modelu symulatora

Schemat ideowy modelu symulatora SPZI-1 /symulator prądowych zakłóceń impulsowych/ pokazano na rys.2. Generator impulsowy działa z częstotliwością sieci zasilającej. Kondensator C3 ładuje się w jednym półokresie sieci, w drugim półokresie następuje jego rozładowanie przez wysterowanie bramki tyrystora Th1. Układ wyzwiania bramki tyrystora zbudowany jest na tranzystorach T1 i T2 oraz transformatora separującego TR1. Potencjometr P1 zapewnia regulację fazy wyzwolenia tyrystora względem napięcia sieci. Układ wyposażono w sygnalizację błędnego przyłączenia symulatora do sieci, w przypadku wystąpienia napięcia na przewodzie zerowym "0" zapala się neonówka N. Przy błędnym przyłączeniu symulatora do sieci, ze względów bezpieczeństwa układ nie może być wykorzystywany. Wyjście generatora stanowią zaciski "WY" i "0" umożliwiające przyłączenie uzwojenia pierwotnego transformatora. Wyjście WySo wykorzystywane jest do synchronizacji oscyloskopu. Rozwiązanie konstrukcyjne symulatora pokazano na rys. 4. Na płycie izolacyjnej umocowano obudowany generator oraz rdzeń ferrytowy typu U59. Układ elektryczny, elementy układu, zmontowano na płycie drukowanej pokazanej na rys. 3.

4. Wyniki badania modelu symulatora.

W celu określenia parametrów symulatora przeprowadzono pomiary prądów i napięć obwodów pierwotnego i wtórnego transformatora. Pomiary przeprowadzono dla różnej liczby zwojów uzwojenia pierwotnego przy uzwojeniu wtórnym jednozwojowym obciążonym i nieobciążonym. Uzwojenie pierwotne wykonano przewodem LYg 0,5.

Pomiar prądów i napięć wykonano metodą oscyloskopową /rys.5/. Zastosowano oscyloskop C1-71 z odpowiednią sondą pomiarową 1:10 typu U 22.727.057. Do pomiaru prądów użyto boczniki 100A/60mV /0,6 mom/. Wyniki pomiarów zestawiono w tabeli 1 oraz na rys.6. W tabeli podano wartości szczytowe mierzonych wielkości, na rys.6 podano charakter czasowy prądów wtórnych. Ze względu na zmieniający się charakter przebiegów, występujące oscylacje pasożytnicze i zakłócenia, pomiary małych wartości prądów są obarczone dużym błędem pomiarowym.

Zależność parametrów symulatora od liczby zwojów uzwojenia pierwotnego zilustrowano rodziną względnych charakterystyk podanych na rys.7. Parametry odnoszone są do parametrów mierzonych przy jednym zwoju na pierwotnym uzwojeniu.

Wnioski

1. a/ Wraz ze wzrostem liczby zwojów uzwojenia pierwotnego
 - maleje częstotliwość widma przebiegów prądowych,
 - maleje amplituda prądu wtórnego i napięcia wtórnego biegu jałowego.b/ Relacje względne amplitud prądów i napięć nie są proporcjonalne do liczby zwojów.
2. Ze względu na złożone zależności przy badaniach z wykorzystaniem symulatora należy kontrolować parametry symulatora w układzie badawczym.
3. Należy przeprowadzić badania z wykorzystaniem symulatora w celu ustalenia stanu odniesienia, który by w pełni charakteryzował parametry symulatora. Przykładowo w symulatorach zakłócających napięć impulsowych, takim charakterystycznym stanem jest stan biegu jałowego.

5. Wstępne badania z wykorzystaniem symulatora

5.1. Badania wstępne wpływu zakłócającego pola elektromagnetycznego na przewód współosiowy.

Przy badaniach wpływu pola elektromagnetycznego na przewody różnej konstrukcji, badaniach odpowiedzi przewodów na zakłócające pole elektromagnetyczne, konieczne jest zachowanie zbliżonych warunków pomiarowych. W tym celu zbudowano specjalne stanowisko pomiarowe pokazane na rys.8.

Stanowisko zapewnia zachowanie przy różnych rodzajach kabli odpowiednich geometrycznych wymiarów pętli przewodu o długości ok. 3mb oraz jej usytuowania względem płaszczyzny odniesienia /płaszczyzny ziemi/ na wysokości 50 mm.

Zatem rozwiązanie konstrukcyjne stanowiska zapewnia powtarzalność pomiarów i porównywalne jednakowe warunki pomiarowe dla różnych rodzajów kabli.

Wstępne badania przeprowadzono dla kabla współosiowego, koncentrycznego o oporności falowej 50 om.

Pomiarów napięć na końcach kabla wykonano oscyloskopem typu C1-71 z sondą pomiarową 1:10. Wyniki pomiarów dla różnej konfiguracji połączeń ekranu i żyły kabla zestawiono w tabeli 2. W tabeli podano wartości szczytowe mierzonych napięć.

Badanie przeprowadzono dla 1 i 20 zwojów uzwojenia pierwotnego symulatora SPZI-1. Przy pomiarach małych wartości napięć stwierdzono duży poziom indukowanych napięć zakłócających zniekształcających nawet przebieg czasowy. Częściowo wpływ zakłóceń udało się zredukować przez stosowanie odcinka skręcanej pary przewodów ekranowanej taśmą miedzianą, oraz odpowiednie usytuowanie tego odcinka. Każdorazowo przed pomiarem właściwym dokonano sprawdzenia i redukcji wpływu zakłóceń.

Wnioski

1. Dla izolowanego przewodu mierzone napięcia na obu końcach żyły i ekranu są porównywalne i symetryczne.
2. Przy uziemionym ekranie z obu stron kabla mierzone napięcia na końcach żył są porównywalne i kilkadziesiąt razy niższe od mierzonych napięć w przypadku izolowanego kabla.

3. W przypadku uziemienia ekranu z jednego końca, na drugim występuje pełne napięcie indukowane w ekranie lub w żyłach w przybliżeniu dwukrotnie wyższe od napięć mierzonych w układzie izolowanym.
4. Napięcie mierzone na końcu żyły obciążonej lub końcu żyły od strony uziemionego ekranu jest kilkaset razy niższe od napięć mierzonych na nieobciążonym końcu żyły lub końcu żyły, przy którym nie uziemiono ekranu.
5. Przy badaniach szczegółowych kabli, należy zwrócić uwagę na przebiegi czasowe, wykonać precyzyjniejsze pomiary dla różnych liczb zwojów uzwojenia pierwotnego.

5.2. Wpływ zakłócającego pola elektromagnetycznego na oscyloskop OS-150.

Układ badawczy pokazano na rys. 9. Na obudowę oscyloskopu nawinięto 5 zwojów przewodu LYg 0,5. Uzwojenie pierwotne symulatora posiadało 6 zwojów.

W obwody wtórne i pierwotne symulatora włączono boczniki 100A/60mV zapewniające kontrolę prądów w tych obwodach.

W uzwojeniu zakłócającym oscyloskop zarejestrowano amplitudę 83A. Obserwację strumienia na ekranie oscyloskopu przeprowadzono przy wszystkich wejściach 4-kanałowej wkładki wewnętrznej uziemionych /przełączniki w pozycji GND/.

W wyniku oddziaływania pola zakłócającego zaobserwowano na ekranie odchylenie strumienia wynoszące w amplitudzie 3 mm. Biorąc pod uwagę czułość lampy oscyloskopowej rzędu 6V/cm odpowiada to zakłóceniu ok. 1,8V, które powstało w wyniku zakłócającego pola wewnątrz układów oscyloskopu.

6. Wnioski

1. Zbudowany model symulatora prądowych zakłóceń impulsowych SPZI-1 umożliwia badanie wpływu zakłócających pól elektromagnetycznych na przewodowanie /okablowanie/ urządzeń i urządzenia.

2. Opracowanie metodyki pomiarowej badania wpływu zakłócających pól elektromagnetycznych wymaga przeprowadzenia szeregu badań, poznania zjawisk i mechanizmów oddziaływania zakłóceń. Badania umożliwią określenie warunków pomiarowych parametrów charakteryzujących symulator. Do czasu ostatecznego określenia warunków pomiarowych należy kontrolować parametry zakłóceń /prądy i napięcia/.

3. Symulator znajdzie dużą przydatność przy wyborze konstrukcji kabli i oprowadowania oraz sposobu wykorzystania właściwości konstrukcyjnych kabla przy zakłóceniach pól elektromagnetycznych. Przeprowadzone wstępne badania kabla współosiowego potwierdzają przydatność symulatora przy opracowaniu urządzeń systemu MIR-PROWAY.

4. Proponuje się przeprowadzenie badań różnych rodzajów kabli w celu poznania ich właściwości przy oddziaływaniu pola elektromagnetycznego.

Badania powinny objąć kable o następujących konstrukcjach:

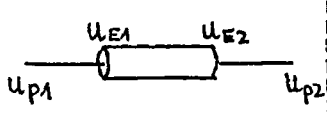
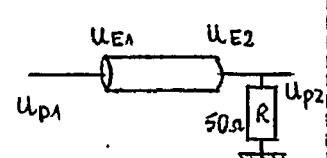
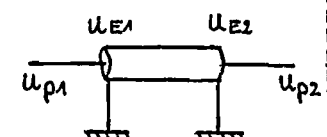
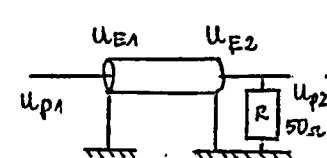
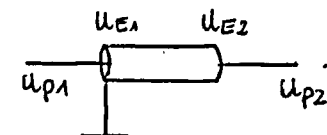
- para skręcana,
- para skręcana w ekranie,
- kabel współosiowy,
- kable z wielokrotnymi ekranami.

Wnioski z badań powinny być sformułowane w postaci zaleceń dla praktyki inżynierskiej.

TABELA 1

LICZBA ZWOJÓW PIER- WOTNYCH	$R_1 = 0,6m\Omega; z_2=1$ $R_2 = 0,6m\Omega$			$R_1 = 0,6m\Omega; z_2=1$ $R_2 = 47\Omega$		$R_1 = 0,6m\Omega; z_2=1$ $R_2 = \infty$	
	$U_{19} [V]$	$I_1 [A]$	$I_2 [A]$	$I_1 [A]$	$I_2 [A]$	$I_{10} [A]$	$U_{20} [V]$
1	125	3666	5666	5333	4,36	5333	220
2	230	1333	4666	3333	3,8	3666	150
3	280	833	4833	3000	2,34	3166	120
4	320	833	4500	2333	2,02	3000	100
5	360	500	4000	1750	1,7	2333	90
6	370	416	3666	1250	1,49	2000	80
7	390	500	3133	1033	1,27	-	70
8	400	416	3333	1500	1,27	1166	60
9	-	-	-	2333	1,06	-	-
10	420	266	2500	500	1,06	1333	52
20	490	166	1666	500	0,59	666	30
40	540	16,6	666	266	0,31	133	14

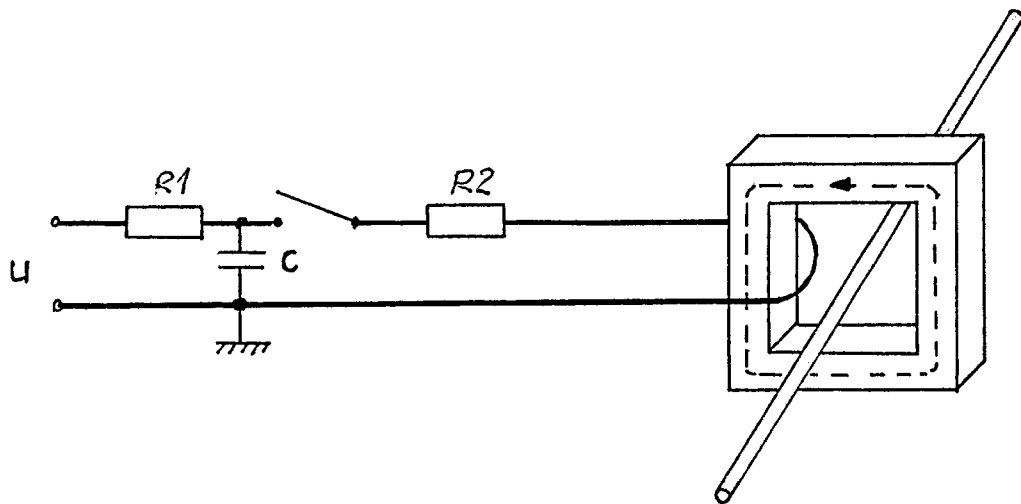
TABELA 2

S C H E M A T	LICZBA ZWOJÓW PIERWOTNYCH	U_{p1} [V]	U_{E1} [V]	U_{p2} [V]	U_{E2} [V]
	1 20	85 10,5	90 10,5	85 20	90 22
	1 20	220 52	200 52	1 0,24	13 4,4
	1 20	1 0,8	0,27^ 0,16	1,1 0,8	0,45 0,12
	1 20	2,2 1,8	0,28 0,15	0,13 0,025	0,34 0,12
	1 20	0,56 0,12	0,02 0	200 48	220 52

zaindukowany prąd w ekranie przy: 1 zw $I_E = 1130A$

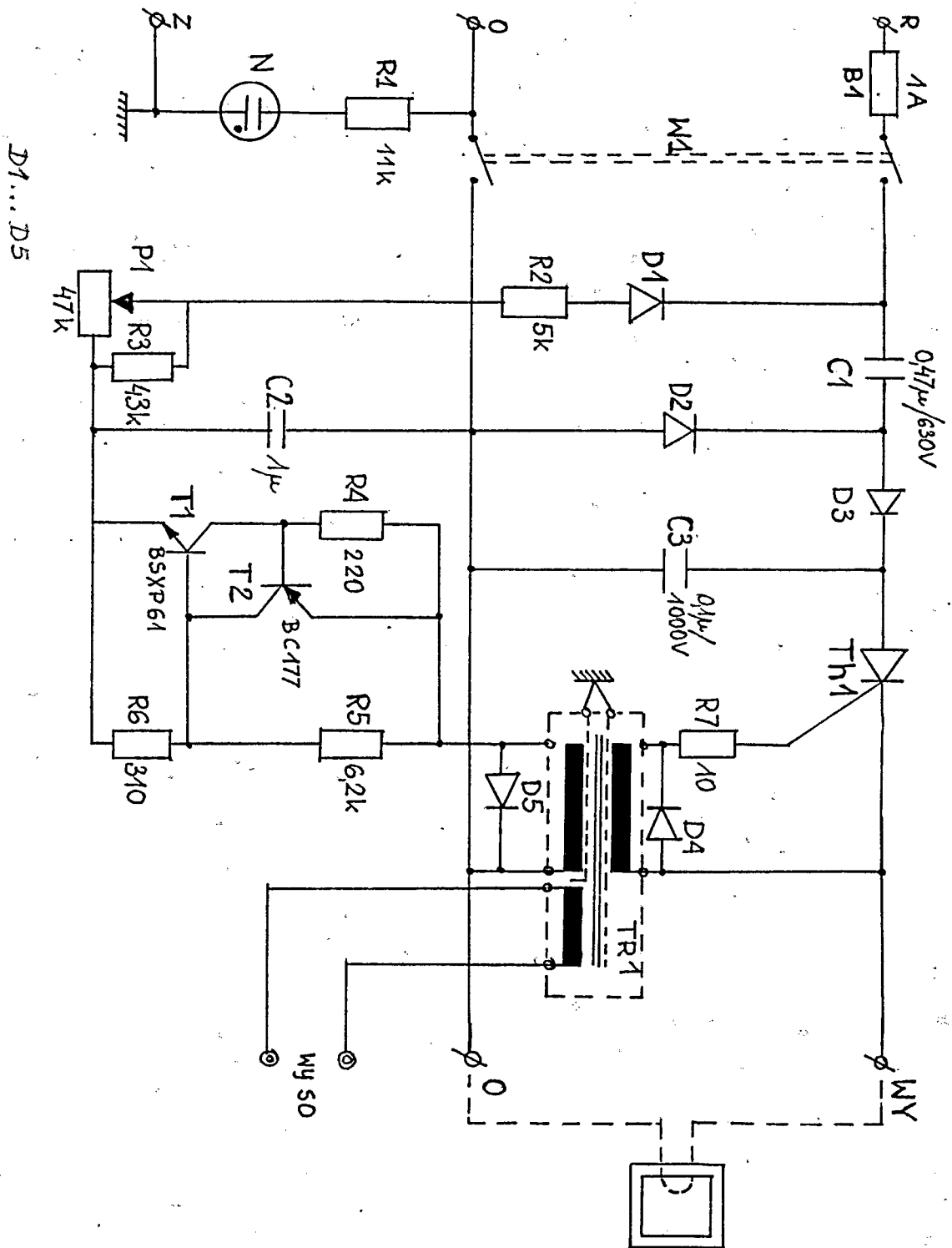
20 zw $I_E = 1330A$

Zakład



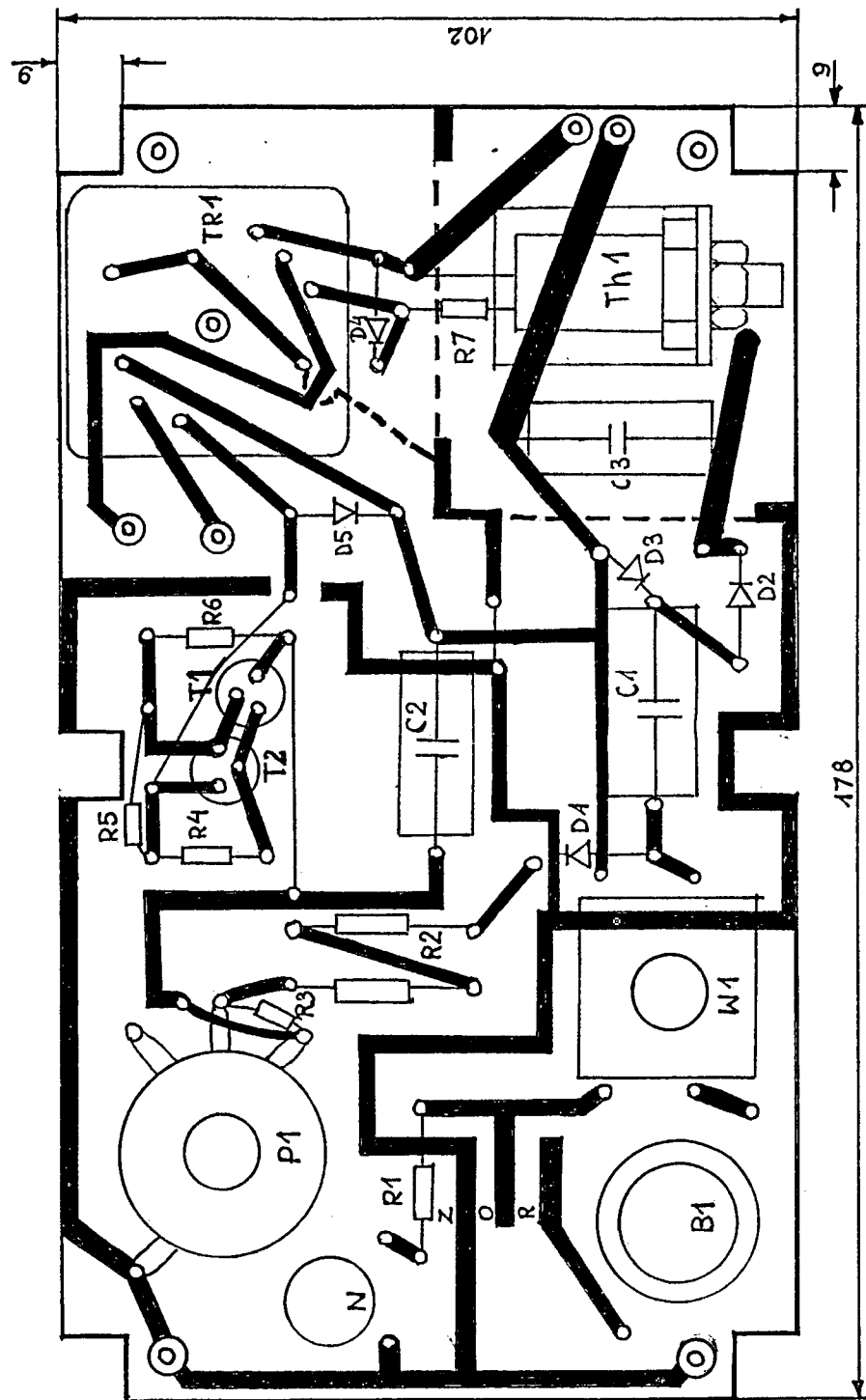
Rys.1. *Konceptcja generatora z transformatorem wstrzykującym.*

Zakład



Rys.2. Schemat ideowy symulatora SPZI-1.

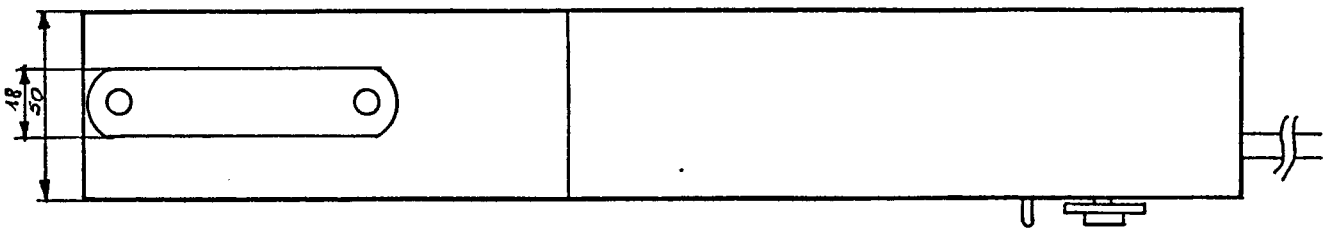
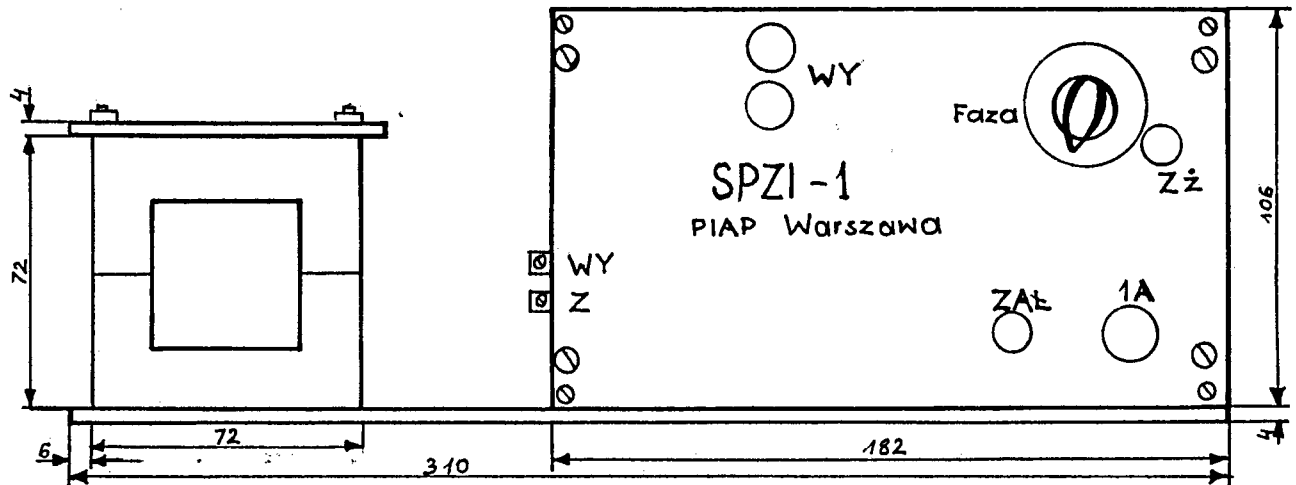
Zakład



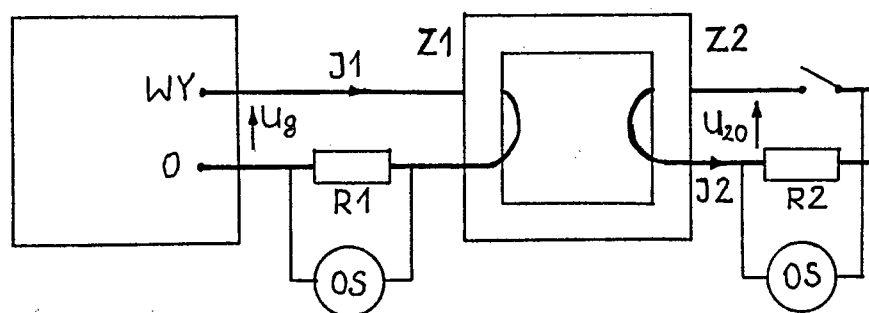
Rys.3. Płytką drukowaną i rozmieszczenie elementów.

14

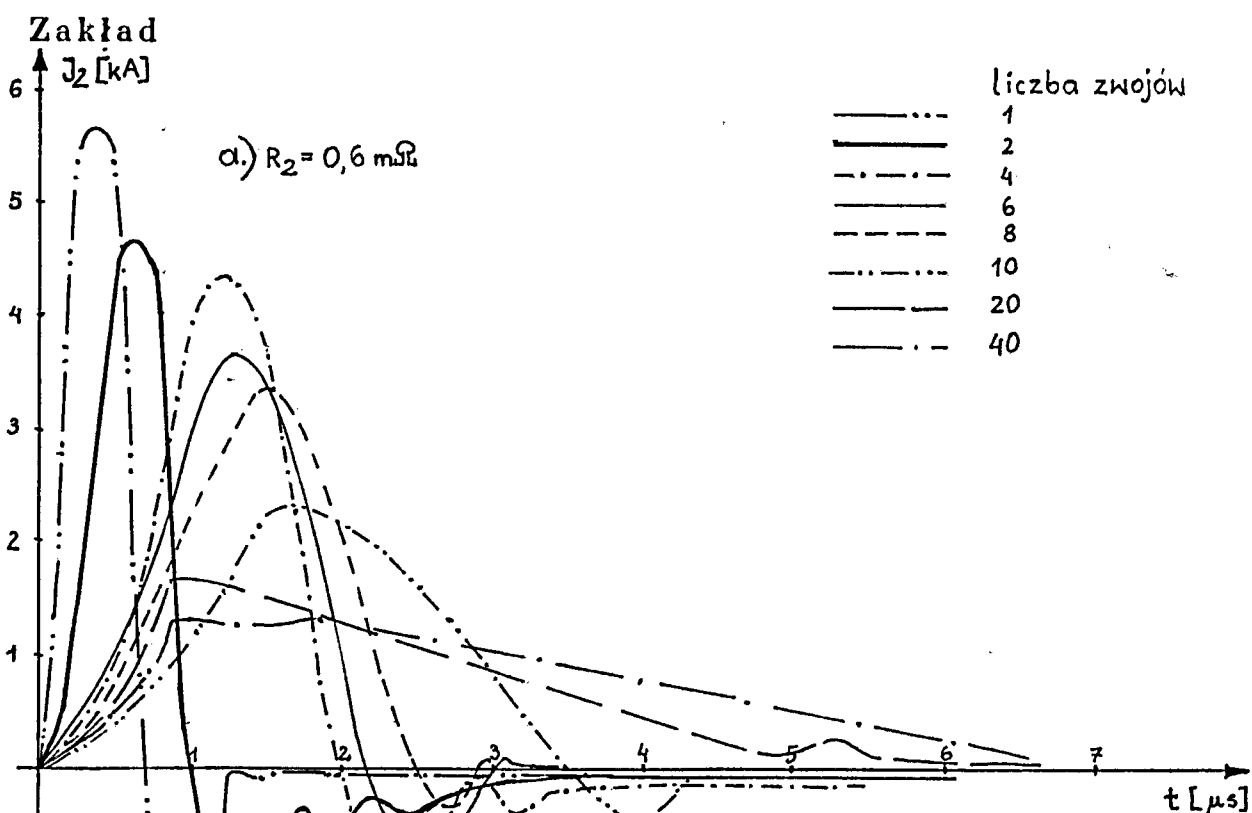
Zakład



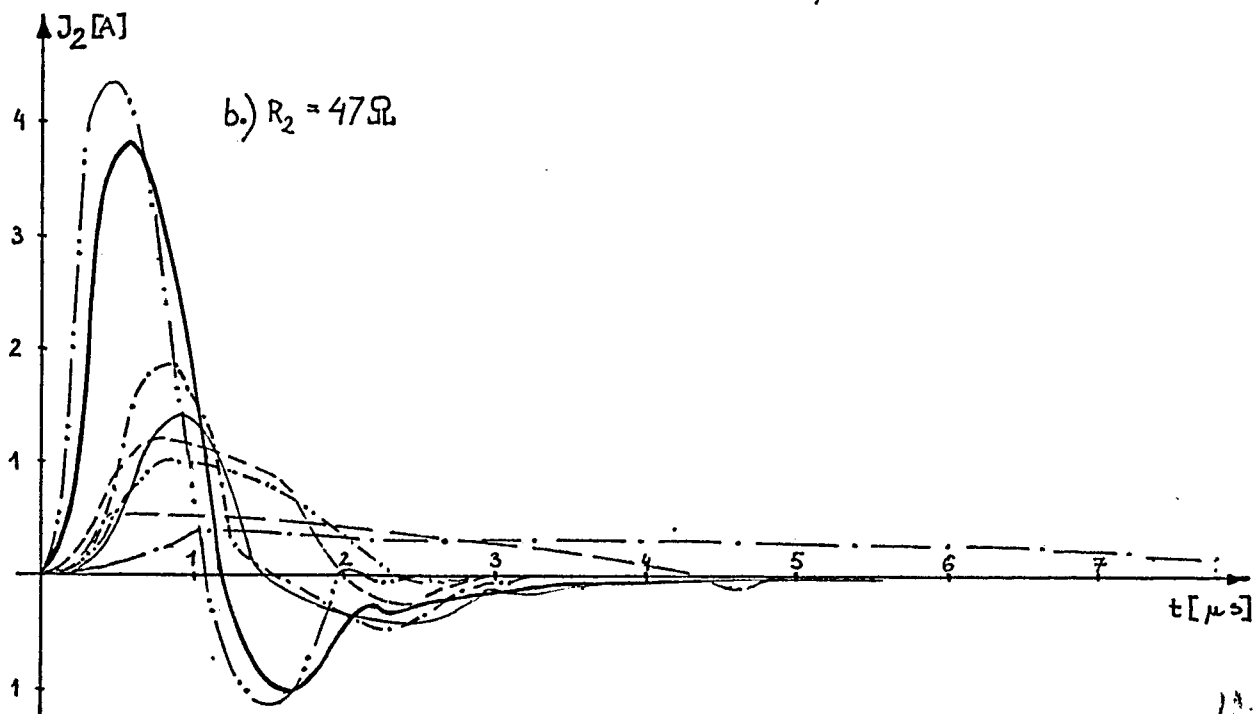
Rys.4. Rozwiązanie konstrukcyjne symulatora SPZI-1.



Rys.5. Układ pomiarowy charakterystyk symulatora.

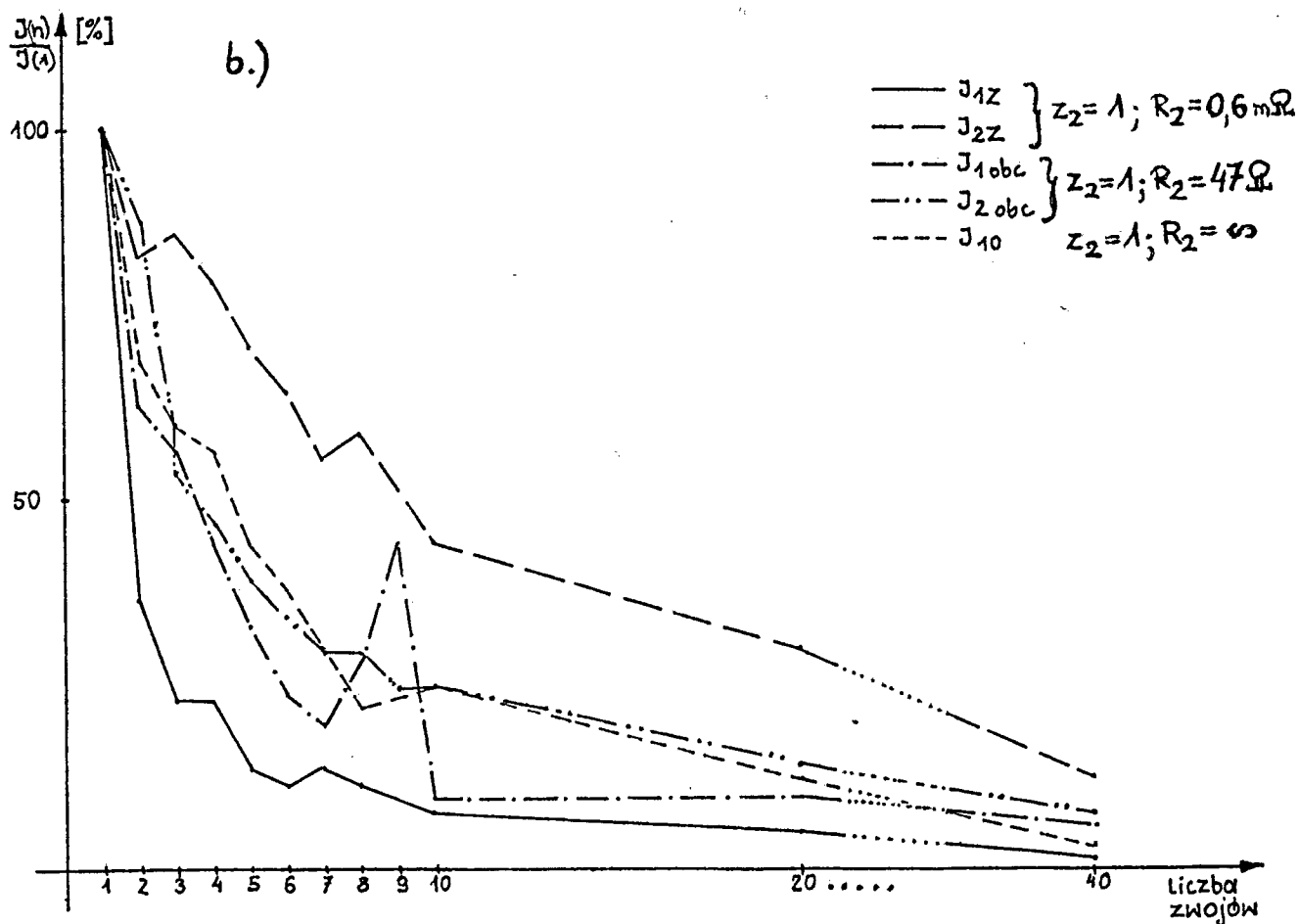
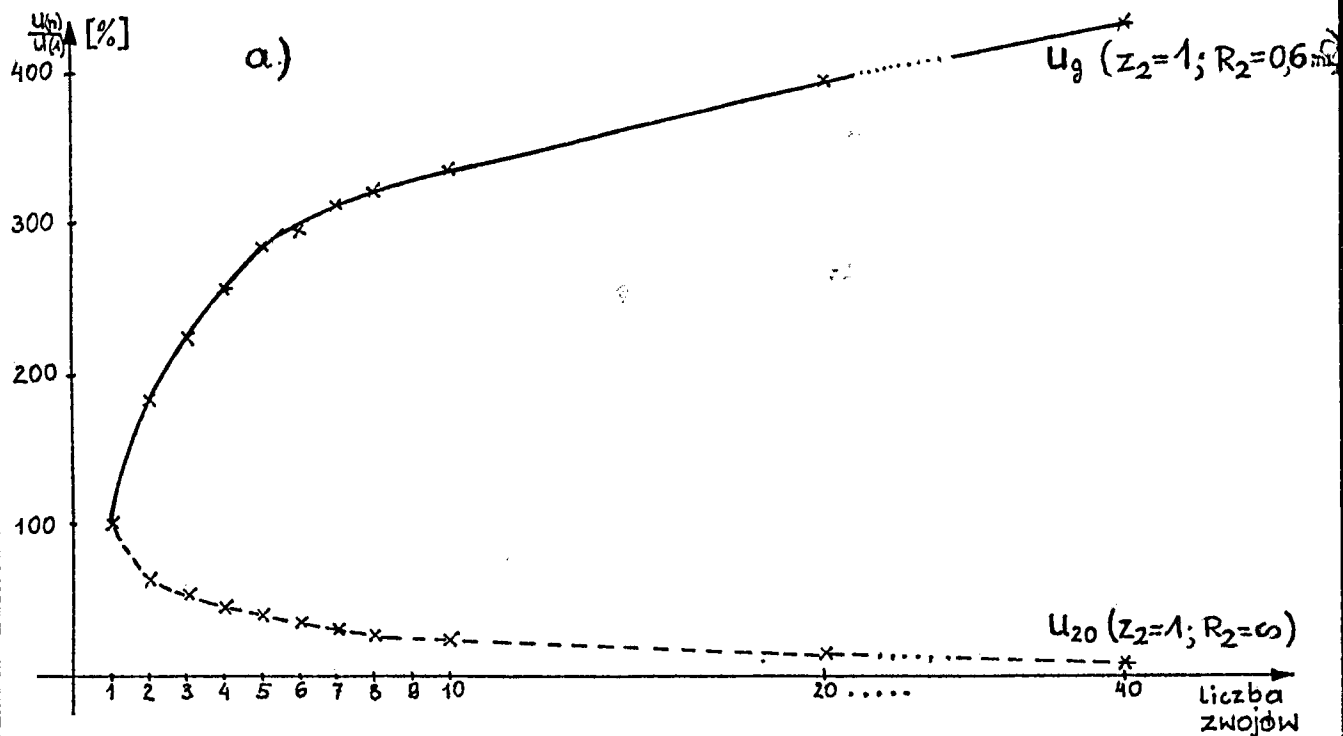


Rys. 6. Przebiegi czasowe prądów wtórnych symulatora. Uzwojenie wtórne 1 zw obciążone rezystorem:
 a.) $0,6 \text{ m}\Omega$
 b.) 47Ω



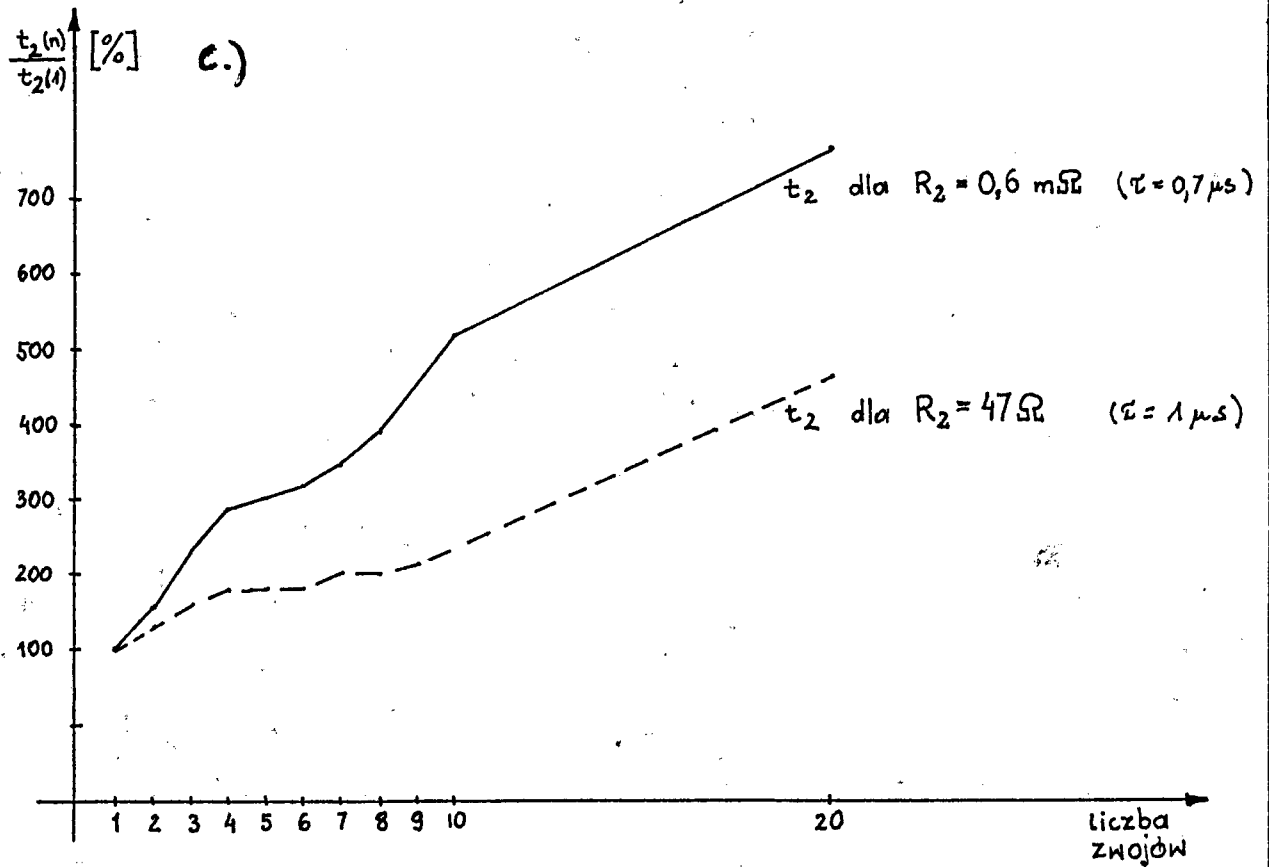
PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW

Zakład



Rys.7. Charakterystyki względne symulatora.
 a.) napięciowa
 b.) prądowa

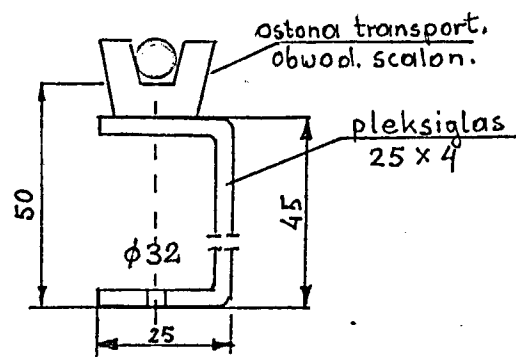
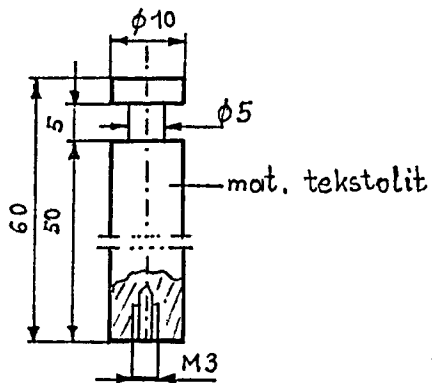
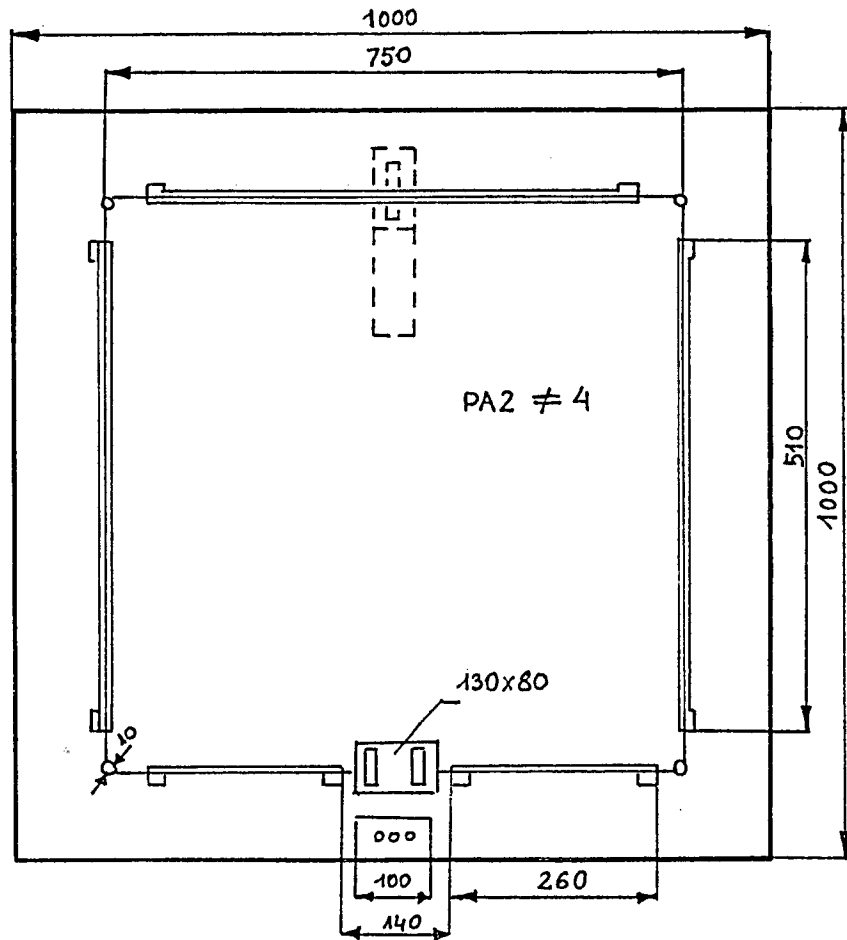
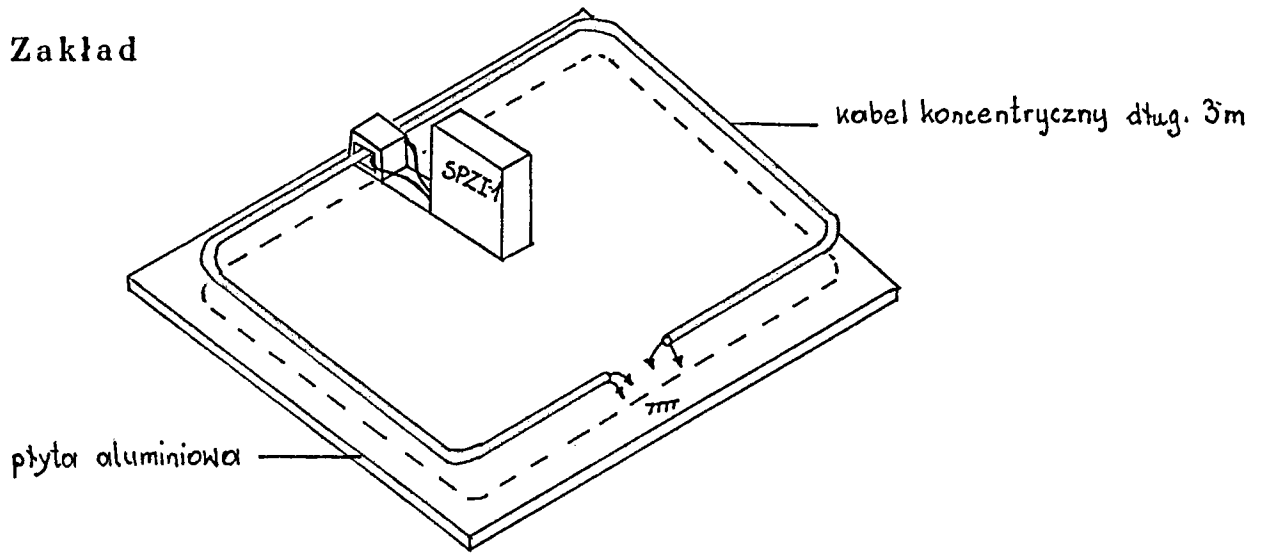
Zakład



Rys.7. Charakterystyki względne symulatora.
c.) czasowa

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW

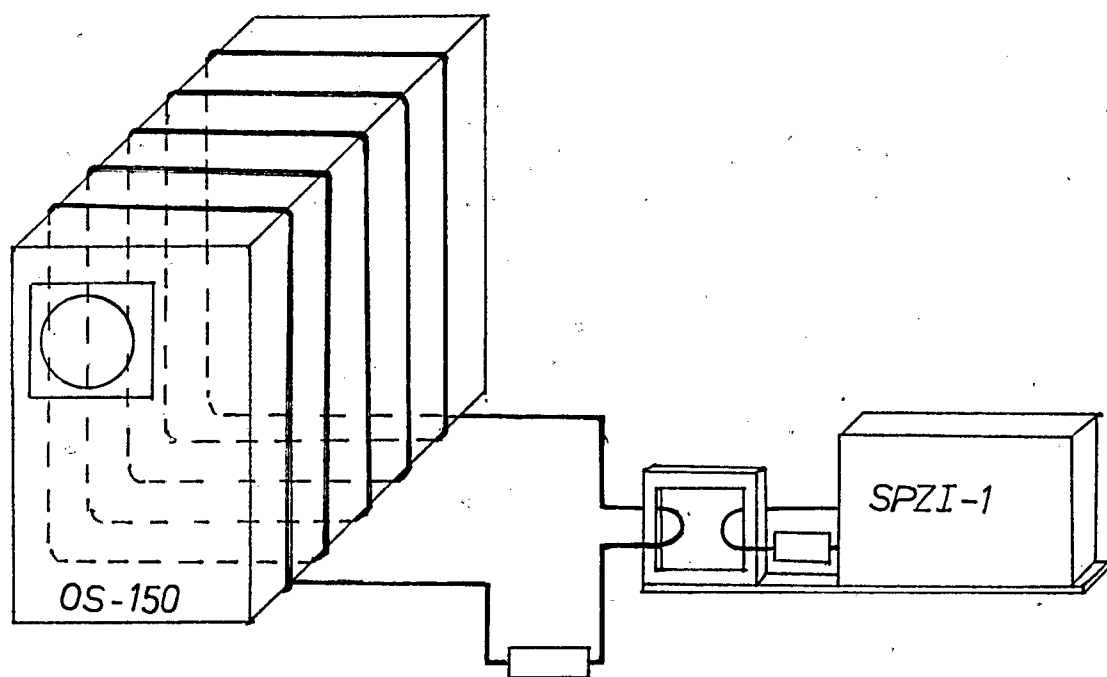
Zakład



Rys.8. Stanowisko pomiarowe kabli.

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW

Zakład



Rys.9. Układ pomiarowy z oscyloskopem OS-150.