

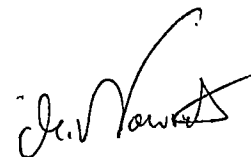
PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW
MERA-PIAP
Al. Jerozolimskie 202 02-222 Warszawa Telefon 23-70-81

4/H2

Ośrodek Automatyki Elektrycznej **BE10**
Zespół Budowy Cyfrowych Urządzeń Systemowych

Główny wykonawca

Wykonawcy mgr inż. Cz. Godzisz, mgr inż. M. Nawrot
tech. B. Drażus



Konsultant mgr inż. W. Świdorski

Nr zlecenia
5227

Protokół z badań zakłócalności
elektromagnetycznej systemu
mikrokomputerowego MERA-60.

Zleceniodawca MERA-PNEFAL

Pracę rozpoczęto dnia 85.03.04

zakończono dnia 85.03.30

Kierownik Zespołu

Kierownik Ośrodka

dr inż. A. Syrczyński

prof. dr inż. J. Miśkalis

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron 15

Egz. 1 BOINTE

rysunków

Egz. 2 MERA-PNEFAL

fotografii

Egz. 3 MERA-PNEFAL

tabel

Egz. 4 MERA-PNEFAL

tablic

Egz. 5 OAE

załączników

Egz. 6

Nr rejestr. 5394

Analiza deskryptorowa

KOMPUTERY: MIKROKOMPUTER, MERA-60,
KOMPATYBILNOŚĆ ELEKTROMAGNETYCZNA,
BADANIA ZAKŁÓCALNOŚCI.

Analiza dokumentacyjna

Protokół z badań zakłócalności elektromagnetycznej systemu mikrokomputerowego MERA-60. Zakres badań obejmował sprawdzenie odporności na zakłócenia sieciowe impulsowe nanosekundowe, impulsowe dużej energii, krótkotrwałe zaniki napięcia sieci oraz na wyładowania elektryczności statycznej.

Protokół zawiera wyniki z badań i wnioski.

Tytuły poprzednich sprawozdań

681.322-181,48 Mikrokomputery

UKD

MERA-PIAP/TW 331/78 5000

Protokół z badań zakłócalności elektromagnetycznej urządzenia.

1. Badane urządzenie: System mikrokomputerowy MERA-60.

1.1. Zleceniodawca: MERA-PNEFAL

1.2. Zlecenie MERA-PIAP nr 5227.

1.3. Konsultacje przy badaniach ze strony zleceniodawcy:
mgr inż. W. Świdorski

1.4. Miejsce przeprowadzenia badań laboratorium MERA-PNEFAL
w dniach od 85.03.04 do 85.03.09.

2. Charakterystyka urządzenia badanego

System mikrokomputerowy MERA-60 typ PE 5000 70/1 nr fabr.
1005/1983 jest umieszczony w szafie i zawiera:

- MPK 60 - pamięć kasetowa nr 83061 - nieużywana w trakcie
badań

- SP60M - czytnik dyskietek nr 83330

- MERA 7953 VGD - monitor ekranowy nr 0238/83.

Rozmieszczenie urządzeń wchodzących w skład zestawu przedsta-
wia rys.1. Na płycie czołowej panelu MERA-60 znajduje się:

- stacyjka służąca do załączenia systemu do sieci

- 3 przełączniki /klucze/ - zasilanie DC, zasilanie AC, zegar

- 3 wskaźniki - zasilanie DC, AC oraz praca mikrokomputera.

Zasilanie zestawu: jednofazowe z sieci prądu przemiennego
50Hz, 220V.

Zestaw jest wykonany jako urządzenie w I klasie ochronności.

Przyłącze sieciowe zrealizowane sznurem sieciowym o długości
6 m zakończonym wtyczką.

Połączenia interfejsowem między urządzeniami są zrealizowane
kablami fabrycznymi, ułożonymi w gabarycie szafy systemu.

Połączenia obwodów sieciowych urządzeń zestawu podaje rys.1.

3. Zakres i warunki badań. Ustalono następujący

Zakres badań systemu:

a/ zakłócalność systemu od strony sieci zasilającej przy
zakłóceniach impulsowych nanosekundowych, 5/100ns, niesym-
etrycznych, oddziaływujących na przyłącze sieciowe - wtyczki
kable sieciowego,

- b/ zakłócalność systemu od strony sieci zasilającej przy zakłóceniach impulsowych dużej energii 1,2/50 μ s i 0,2/50 μ s oddziaływujących j.w,
- c/ zakłócalność systemu od strony sieci zasilającej przy krótkotrwałych zanikach napięcia sieci oddziaływujących jw.
- d/ zakłócalność systemu na bezpośrednie wyładowania elektryczności statycznej /ESD/ na obudowę szafy, płytę czołową szuflady mikrokomputera.

Badania przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych, laboratorium MERA-PNEFAL, przy wzajemnym usytuowaniu urządzeń pokazanym na rys.2. Napięcie zasilania zestawu w czasie badań 215 - 220V. Kabel sieciowy zasilania systemu ułożono na wysokości 5 cm nad podłogą. Nadmiar kabla ułożono w płaską pętlę.

Do kontroli działania systemu wykorzystano następujące testy fabryczne:

- rozkazowy
- przerwań
- pamięci
- konsoli

oraz MRO - /test opracowany przez użytkownika/.

Po wprowadzeniu programu testowego sprawdzano poprawność jego wykonywania w warunkach bez zakłóceń z przyłączonym układem pomiarowym.

Ustalono następujące kryteria oceny efektów zakłóceń:

- niezamierzone przerwanie wykonywania programu testowego niezgodnie z procedurą testu,
- zadziałanie zabezpieczenia od strony zasilania sieciowego mikrokomputera,
- przekłamanie informacji wyświetlanej na monitorze ekranowym /np. niekontrolowane pisanie znaków, przeskok linii, niezamierzony przesów kursora/.

4. Metody symulacji zakłóceń

4.1. Symulacja zakłóceń impulsowych nanosekundowych 5/100ns /od strony obwodu sieciowego.

Pomiary przeprowadzono w układzie jak na rys.3.

Źródło sygnału zakłócającego: symulator zakłóceń sieciowych, NSG 222 /SCHAFNER/. Zakłócenie oddziałuje jednocześnie na dwa przewody fazowe względem potencjału przewodu zerowego.

Punkt pomiarowy: przyłącze sieciowe urządzenia badanego /wtyczka kabla sieciowego/.

Parametry impulsu zakłócającego: kształt impulsu wykładniczy /rys.3/, polaryzacja impulsów dodatnia lub ujemna, amplituda do 1500V, czas zbocza narastającego w zakresie od 5ns do 35ns, czas trwania impulsu ok. 100ns, częstość impulsów 12,5Hz, faza impulsów względem napięcia sieci 90° elektrycznych.

Procedura pomiarów poziomu zakłócalności: urządzenie pracujące w programie testowym zakłócano kolejno impulsami o coraz wyższej amplitudzie i obserwowano wpływ zakłóceń na pracę urządzenia.

Amplitudę impulsów zakłócających zwiększano jeżeli przez okres 1,5 minuty /tj. po wygenerowaniu ok.1000 impulsów/ n zaobserwowano efektów zakłócenia urządzenia.

Poziom zakłócalności urządzenia dla impulsów nanosekundowy jest określany przez najniższą amplitudę impulsu zakłócającego przy, której następuje zakłócenie pracy urządzenia /amplituda impulsu nieobciążonego generatora/.

Pomiarów dokonywano zarówno dla dodatniej jak i ujemnej polaryzacji impulsów zakłócających.

4.2. Symulacja zakłóceń impulsowych 0,2/50µs dużej energii od strony obwodu sieciowego.

Pomiary przeprowadzono w układzie jak na rys.4.

Źródło sygnału zakłócającego: generator zakłóceń impulsowych GZI-50. Zakłócenie oddziałuje w układach:

- symetrycznym - na przewód fazowy i zerowy jednocześnie/R
- niesymetrycznym - na przewód fazowy R lub 0 względem przewodu ochronnego Z

Punkt pomiarowy: przyłącze sieciowe urządzenia badanego
- /wtyczka kabla sieciowego/

Parametry impulsu zakłócającego: kształt impulsu wykładniczy
/rys.4/ polaryzacja impulsów dodatnia lub ujemna; amplituda do 1000V, czas zbocza narastającego 0,2 lub 1,2 μ s, czas trwania impulsu ok. 50 μ s, energia pojedynczego impulsu ok. 0,5J, częstość impulsów 12,5Hz, faza impulsów względem napięcia sieci 90^o elektrycznych.

Procedura pomiarów poziomu zakłócalności: j.w.

- 4.3. Symulacja krótkotrwałych zaników napięcia sieci zasilającej. Pomiary przeprowadzono w układzie jak na rys.5. Źródło sygnału zakłócającego: symulator zakłóceń sieciowych SZS-2. Zanik napięcia następuje w wyniku komutacji napięcia w przewodzie fazowym.

Punkt pomiarowy: przyłącze sieciowe urządzenia badanego.

Parametry zakłócenia: czas zaniku napięcia regulowany płynnie w granicach 0-1000ms, częstość zaników 0,1Hz, zanik jest inicjowany przy naturalnym przejściu prądu sieciowego urządzenia przez wartość zerową, zasilanie urządzenia przed zanikiem -215V.

Procedura pomiarów poziomu zakłócalności: urządzenie pracujące w programie testu ^{wym} zakłócano przez zadawanie coraz dłuższych czasów zaniku napięcia zasilania. Czas zaniku napięcia zwiększano jeżeli dla danej wartości czasu zaniku nie zaobserwowano efektów zakłócenia. Poziom zakłócalności urządzenia dla zaników napięcia jest określany przez najkrótszy czas zaniku przy, którym następuje zakłócenie pracy urządzenia.

- 4.4. Symulacja wyładowań elektryczności statycznej.

Pomiary przeprowadzono w układzie jak na rys.6.

Źródło sygnału zakłócającego: symulator wyładowań elektryczności statycznej SED-2.

Punkty pomiarowe: obudowa /konstrukcja/ szafy mikrokomputera MERA-60. Dla pomiarów zakłócalności monitora -przewodząca płaszczyzna ziemi odniesienia.

Parametry impulsu zakłócającego: kształt impulsu prądu wyładowania wykładniczy /rys.6/, polaryzacja dodatnia, napięcie wyjściowe regulowane płynnie 0...16KV, czas zbocza narastającego 5ns, czas trwania impulsu ok.30ns, amplituda prądu podczas wyładowania 18A /przy napięciu 4kV/ układ wyładowczy 150pF/150 om, wyładowanie następuje w wyniku zbliżenia elektrody symulatora do wybranego punktu pomiarowego.

Procedura pomiarów poziomu zakłócalności: na punkty pomiarowe urządzenia pracującego w programie testowym dokonywano wyładowań elektryczności statycznej o coraz większym napięciu. Dla danego poziomu napięcia i punktu pomiarowego dokonywano 10 wyładowań i obserwowano wpływ zakłóceń na urządzenie.

Poziom zakłócalności urządzenia dla wyładowań elektryczności statycznej jest określany przez najniższą wartość napięcia wyładowania przy której następuje zakłócenie pracy urządzenia.

5. Wyniki pomiarów

1. Zakłócalność zestawu MERA-60 od strony obwodu sieciowego przy zakłóceniach impulsowych nanosekundowych 5/100ns i testach /układ informacji: polaryzacja i amplituda impulsu zakłócającego/ czas trwania zbocza, oraz instrukcja zatrzymania programu wyświetlana na monitorze występująca najczęściej w kilku pomiarach/:

a/ test rozkazowy

+870V/5ns 015750

-800V/5ns 000104

b/ test przerwania

+440V/5ns /+440V/35ns/ 000104

-440V/5ns /-370V/35ns/ 000104

c/ test pamięci

+630V/5ns /*660V/35ns/ 003560 /003556/

-540V/5ns /-430V/35ns/ 003644 /003646/

7

d/ test konsoli

+790V/5ns

zakłócenia w J.C lub w kontrolerze, dla polaryzacji ujemnej pomiarów nie wykonano

e/ test MRO

+770V/5ns

/450V/35ns/

000104

-700V/5ns

/-370V/35ns/

000104

f/ test MRO przy zablokowanych przerwaniach zegarowych

+960V/5ns

/+790V/35ns/

001032 /001036/

-800V/5ns

/-370V/35ns/

001036 /001032/

g/ test przerwaniowy użytkownika, prosty test obsługi
przerwań zaproponowany przez użytkownika

+440V/5ns

001002 /M00230/

-630V/5ns

001006 /M00310/

2. Zakłócalność monitora MERA 7953 VGD od strony obwodu sieciowego przy zakłóceniach impulsowych nanosekundowych 5/100ns przy teście konsoli /zakłócano jedynie obwód sieciowy monitora, obwód sieciowy zestawu bez zakłóceń/

$\pm 1100V/5ns$, $\pm 1060/15ns$, $\pm 920V/35ns$

typowe objawy zakłóceń: błędy w informacji wyświetlanej, przeskoki kursora.

3. Zakłócalność zestawu MERA-60 od strony obwodu sieciowego przy zakłóceniach impulsowych manosekundowych przy teście przerwaniowym i filtrze sieciowym przeciwzakłóceniovym o układzie filtra FP250/4 włączonym w obwód zasilania zestawu

+1550V/5ns

17.3042

POWER FAIL

-1550V/5ns

nie zaobserwowano objawów zakłócenia przy najwyższym poziomie symulatora.

4. Zakłócalność zestawu MERA-60 od strony obwodu sieciowego przy zakłóceniach impulsowych 0,2/50 μs dużej energii 0,5J. Nie stwierdzono objawów zakłóceń przy najwyższych poziomach $\pm 1000V$ generowanym przez GZI-50 i testach przerwaniowym, rozkazowym.

5. Zakłócalność monitora MERA-7953 VGD od strony obwodu sieciowego przy zakłóceniach impulsowych 0,2/50 μs przy teście konsoli /zakłócano jedynie obwód sieciowy monitora, obwód sieciowy zestawu bez zakłóceń/.

+1000V symetryczne /R-O/ nie zaobserwowano objawów zakłóceń

+1000V niesymetryczne /R-Z/ j.w.

-850 V niesymetryczne /R-Z/ występują przekłamania informacji wyświetlanej, przeskoki linii, wielokrotny znak FFF..

+500 V niesymetryczne /O-Z/

-880 V występują przekłamania informacji wyświetlanej /jak wyżej/

6. Zakłócalność zestawu MERA-60 przy krótkotrwałych zanikach napięcia sieci /napięcie sieci przed zanikiem 215V/:

6 ms - dla testu przerw w wystąpiły zakłócenia w informacji wyświetlanej na monitorze,

10 ms - dla testu MRO wystąpiło zerowanie informacji wyświetlanej na ekranie monitora,

11 ms - dla testu MRO występuje automatyczne wczytywanie programu,

13-15ms- zaobserwowano zadziałania bezpiecznika automatycznego w obwodzie symulatora /10A/ oraz bezpiecznika automatycznego zestawu /15A/..

Podobne objawy zaobserwowano przy symulacji kilku kolejnych zaników o czasie trwania 5-6 ms.

7. W celu dokładniejszego określenia zakłócalności jednostki centralnej przy krótkotrwałych zanikach, przeprowadzono monitorowanie sygnałów:

KP STW /pin BA1/ "napięcie stałe w normie"

KP TNW /pin BA2/ "napięcie zmienne w normie"

przy symulacji zaników w obwodzie sieciowym jednostki centralnej. W dalszym opisie i na rysunkach przyjęto oznaczenie tych sygnałów odpowiednio DCL i ACL.

Stwierdzono, że dla zaników trwających do 13ms nie występują zmiany sygnałów DCL i ACL.

Przebiegi sygnałów DCL i ACL dla zaników trwających 14, 22 i 70 ms podano na rys.7.

8. W celu wyjaśnienia przyczyn działania zabezpieczeń w symulatorze i w zestawie wykonano pomiary amplitudy przetężenia prądu sieciowego przy zanikach. W stanie ustalonym amplituda odkształconego prądu sieciowego wynosi ok. 3,8A. Przy zanikach o czasie trwania 5-6ms i odpowiednio 15-16ms występuje przetężenie prądowe o amplitudzie powyżej 30A.
9. Zakłócalność monitora MERA-7953 VGD przy zanikach napięcia sieci, przy teście konsoli:
- | | |
|-------|---|
| 8 ms | występuje zrywanie synchronizacji monitora |
| 13 ms | występuje zerowanie informacji wyświetlanej |
- /Zakłócani jedynie obwód sieciowy monitora, obwód sieciowy zestawu bez zakłóceń/:
10. Zakłócalność zestawu MERA-60 przy wyładowaniach elektryczności statycznej, teście rozkazowymi MRO,
- | | |
|---|---|
| poniżej 1,5kV
przerwanie pracy
μP | przy wyładowaniach na konstrukcję szafy i płytę czołową panelu JC., potencjał odniesienia w czasie pomiaru przewod ochronny wtyczki zasilania sieciowego, |
| poniżej 1,5kV
przerwanie pracy
μP | wyładowania na zacisk ochronny szafy „Z” potencjał odniesienia jak wyżej, |
| poniżej 1,5kV
przerwanie pracy
μP
zakłócenia
monitora | wyładowania na płytę czołową JC, zacisk ochronny szafy połączony z instalacją uziemiającą potencjał odniesienia zacisk ochronny szafy „Z,” |
| 2kV
przerwanie pracy
μP, zakłócenia
monitora | wyładowania na zacisk ochronny „Z” szafa uziemiona jak wyżej, potencjał odniesienia jak wyżej. |
11. Zakłócalność monitora MERA-7953 przy wyładowaniach elektryczności statycznej na płytę ziemi odniesienia:
- | | |
|-----------|---|
| ok. 1,5kV | przy kablu interfejsowym przyłączonym do monitora |
| ok. 3,5kV | przy kablu interfejsowym odłączonym od monitora. |
- Zaobserwowano wyświetlanie dowolnych znaków, występowanie stanów AUTO-COPY, COPY SCREEN.

6. Wnioski

1. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów zakłócalności można określić odporność zestawu MERA-60 na zakłócenia:
 - a/ odporność zestawu na zakłócenia przewodzone niesymetryczne impulsowe nanosekundowe 5/100ns w obwodzie sieciowym wynosi ok. 400V,
 - b/ odporność zestawu na zakłócenia przewodzone impulsowe 0,2/50 μ s o dużej energii /0,5J/ w obwodzie sieciowym ok. 1000 V,
 - c/ odporność zestawu na wyładowania elektryczności statycznej poniżej 1,5 kV /poziom minimalny symulatora,
 - d/ odporność zestawu na krótkotrwałe zaniki napięcia sieci poniżej 6 ms, względnie poniżej 11 ms przy pominięciu zakłóceń monitora.

2. Odporność monitora MERA-7953 na zakłócenia wynosi:
 - a/ na zakłócenia przewodzone niesymetryczne impulsowe nanosekundowe 5/100ns w obwodzie sieciowym wynosi ok. 1000 V,
 - b/ na zakłócenia przewodzone impulsowe 0,2/50 μ s dużej energii 0,5J
 - symetryczne ok. 1000V
 - niesymetryczne ok. 450V,
 - c/ na krótkotrwałe zaniki napięcia sieci ok. 8 ms,
 - d/ na wyładowania elektryczności statycznej poniżej 1,5kV

3. Zalecane poziomy odporności zestawów komputerowych przeznaczonych do sterowania procesów przemysłowych i dla urządzeń komputerowych normalnego wykonania przeznaczonych dla ETO według projektów zaleceń normalizacyjnych JEC, SM EMC, doświadczeń MERA-PIAP wynoszą:

11

	sterowanie	ETO
a/ zakłócenia impulsowe nanosekundowe 5/50ns	> 2kV JEC 801-4	> 1kV SM EMC
nanosekundowe 5/100ns	> 1500V MERA-PIAP	> 1000V MERA-PIAP
b/ zakłócenia impulsowe dużej energii 1,2/50µs /8/20µs/	> 1kV /2kV/ JEC 801-5	0,6kV SM EMC
c/ zaniki napięcia sieci	> 10ms. lub przy zaniku 0,85U/0	20 ms Un/0
d/ wyładowania elektryczności statycznej /JEC 801-2/	> 4kV	> 4kV 8kV.

4. Porównując zalecane poziomy odporności i pomierzone dla zestawu MERA-60 należy stwierdzić, że zestaw MERA-60 cechuje się niską odpornością na zewnętrzne zakłócenia: Niskie poziomy odporności zestawu są przyczyną niskich wskaźników niezawodnościowych eksploatacyjnych zarówno w warunkach laboratoryjnych o niskich poziomach zakłóceń jak w warunkach środowiska przemysłowego. Podwyższenie odporności zestawu może być zrealizowane przez zmiany konstrukcyjne w zestawie MERA-60 i w ograniczonym stopniu przez zastosowanie dodatkowych środków przeciwzakłóceńowych zewnętrznych /przykładowo zastosowanych przez użytkownika/.

5. Podwyższenie odporności na zakłócenia impulsowe nanosekundowe na krótkotrwałe zaniki napięcia sieci oraz na wyładowania elektryczności statycznej wymaga zmian konstrukcyjnych które mogą być wykonane przez producenta. Sugestie poprawy odporności podają p. 6;7,8 wniosków.

Przy aktualnym stanie konstrukcyjnym zestawu MERA-60 użytkownik może podwyższyć poziom odporności zestawu na zakłócenia impulsowe nanosekundowe przez zastosowanie filtra przeciwzakłóceńowego w obwodzie sieciowym. Przykładowo filtr przeciwzakłóceńowy o układzie filtra FP 250/4 /MIFLEKS/1, lecz na wyższy prąd roboczy /ok.10A/, zapewnia osiągnięcie poziomu odporności 1500V /p.3 wyników pomiarów/.

Dla wyeliminowania wpływu pozostałych rodzajów zakłóceń krótkotrwałych zaników sieci i wyładowań elektryczności statycznej, użytkownik powinien zastosować zasilanie zestawu ze źródła zasilania bezprzerwowego i zabezpieczyć środowisko

w otoczeniu zestawu przed powstawaniem ładunku elektryczności statycznej. Zabezpieczenie takie polega na:

- zastosowaniu wykładzin antystatycznych na podłodze,
- zastosowaniu bransoletek uziemiających dla operatorów,
- czy wreszcie obowiązku rozładowania operatora przed dotknięciem urządzeń zestawu /instrukcja obsługi i eksploatacji zestawu/.

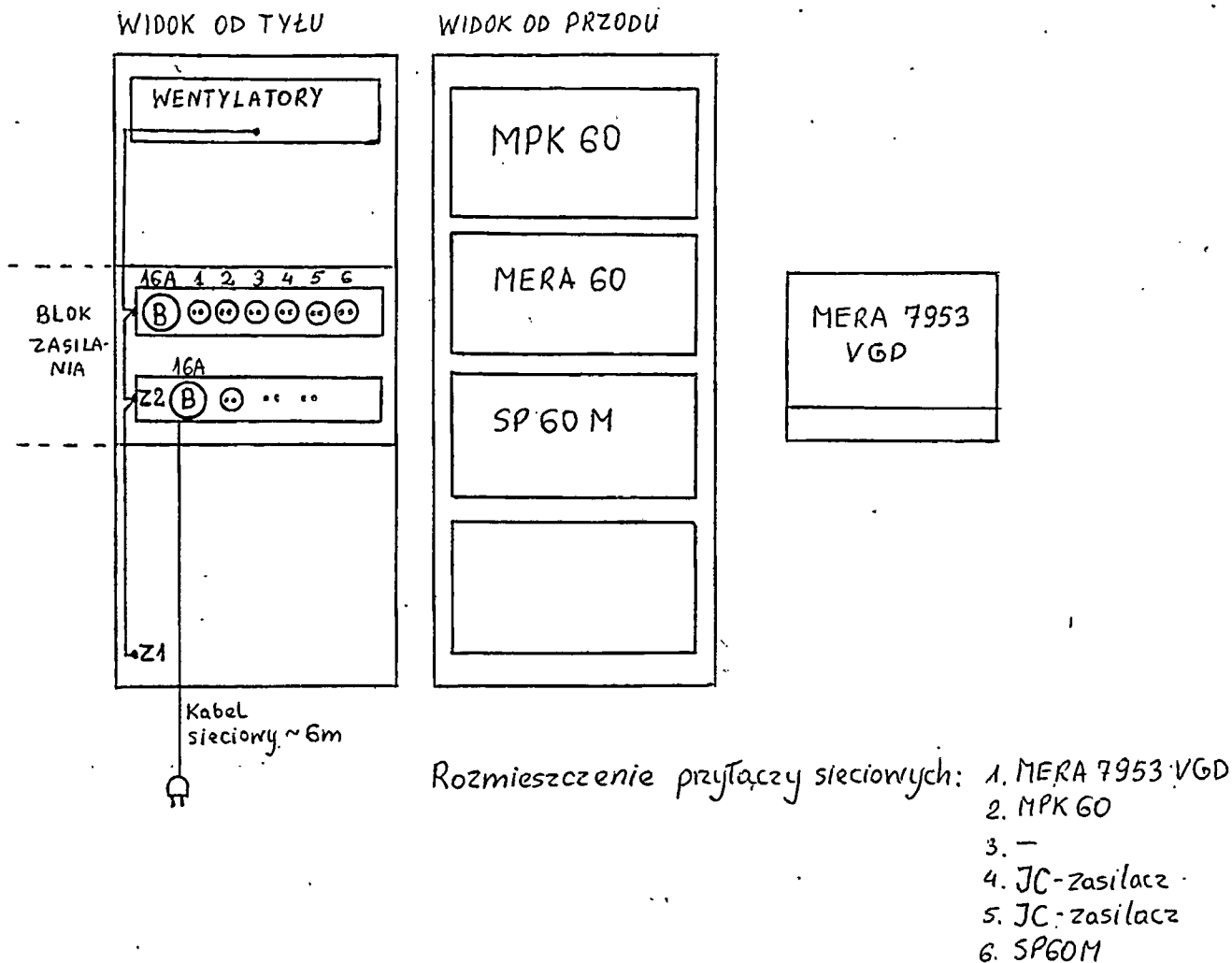
6. Analiza wyników pomiarów /1a, 1b, 1e/ oraz oględziny montażu w panelu jednostki centralnej wskazują, że przyczyną niskiego poziomu odporności na zakłócenia impulsowe nanosekundowe /zakłócenia się układu przerwań/ jest poprowadzenie przewodów obwodów z klawiatury jednostki centralnej na wspólnej trasie /o długości ok. 1m/ z obwodem sieciowym, obwodem sterowania załączaniem i wyłączaniem obwodu sieciowego zestawu.

Należy sądzić, że przy uporządkowanym montażu, zapewniającym dostateczną separację odległościową lub ekranowanie obwodów o wysokim poziomie zakłóceń od obwodów wewnętrznych z sygnałem TTL powinno się uzyskać podwyższenie odporności do poziomu ok. 100V.

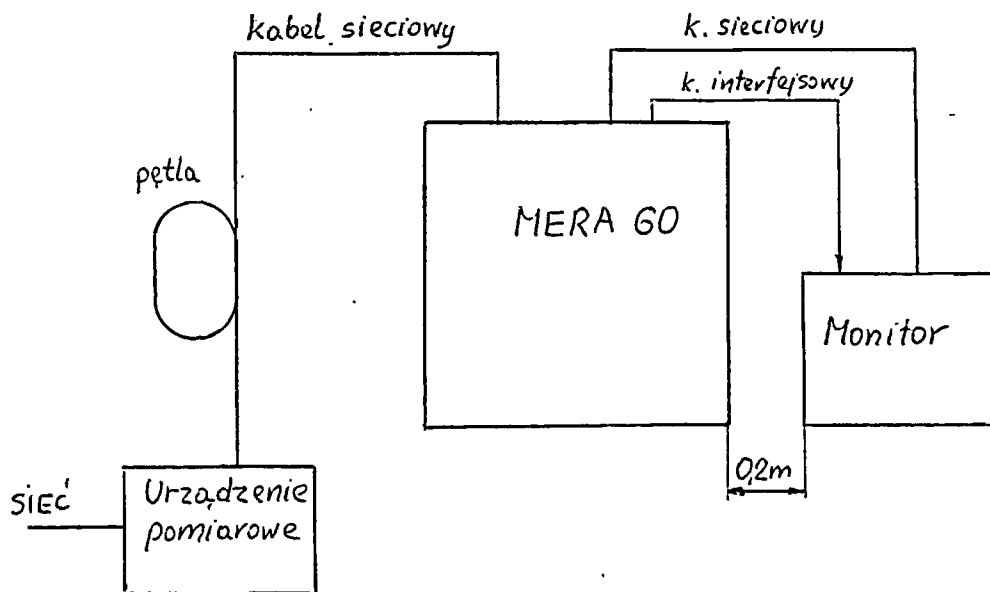
Dalsze podwyższenie możliwe jest przez zastosowanie odpowiedniego filtra przeciwzakłóceniewego w obwodzie zasilania sieciowego zestawu.

7. Niska odporność zestawu MERA-60 na wyładowania elektryczności statycznej /poziom poniżej najniższego poziomu zalecanego 2kV/ wymaga wprowadzenia zmian konstrukcyjnych zapewniających skuteczne elektryczne połączenie osłon, konstrukcji mechanicznych z zaciskiem ochronnym /uziemiającym/ zestawu, oraz stosowanie skutecznego uziemiania konstrukcji o niskiej impedancji.

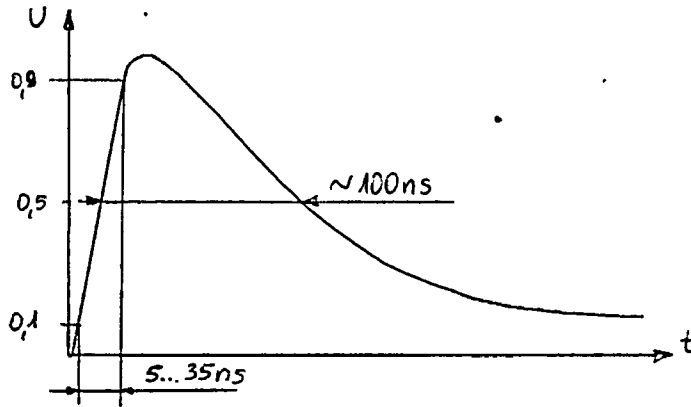
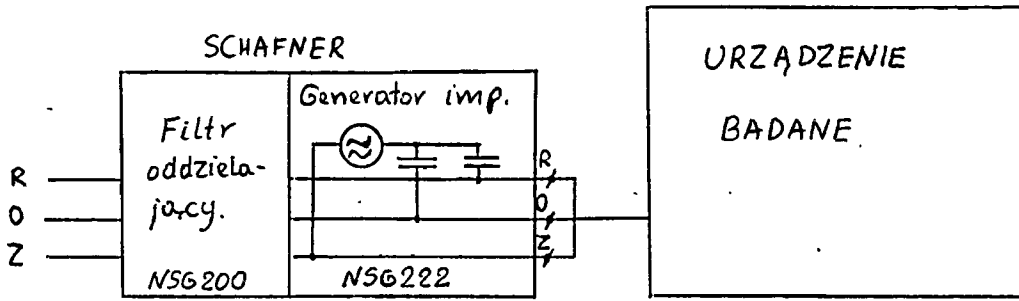
8. Podwyższenie odporności zestawu na krótkotrwałe zaniki wymaga zastosowania zasilaczy o dłuższym czasie trzymywania /o większej zdolności magazynowania energii/ i zastosowania programowego restartu systemu.



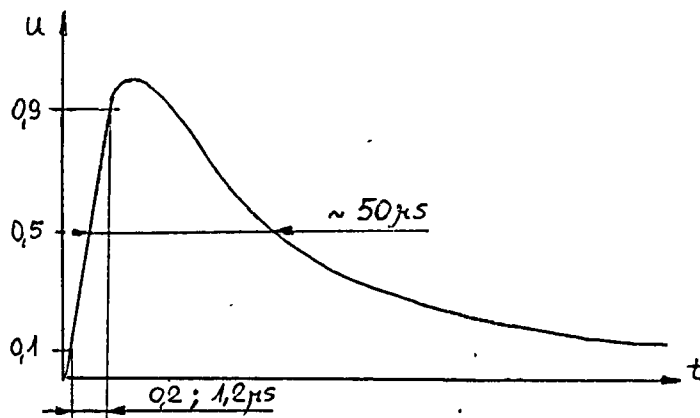
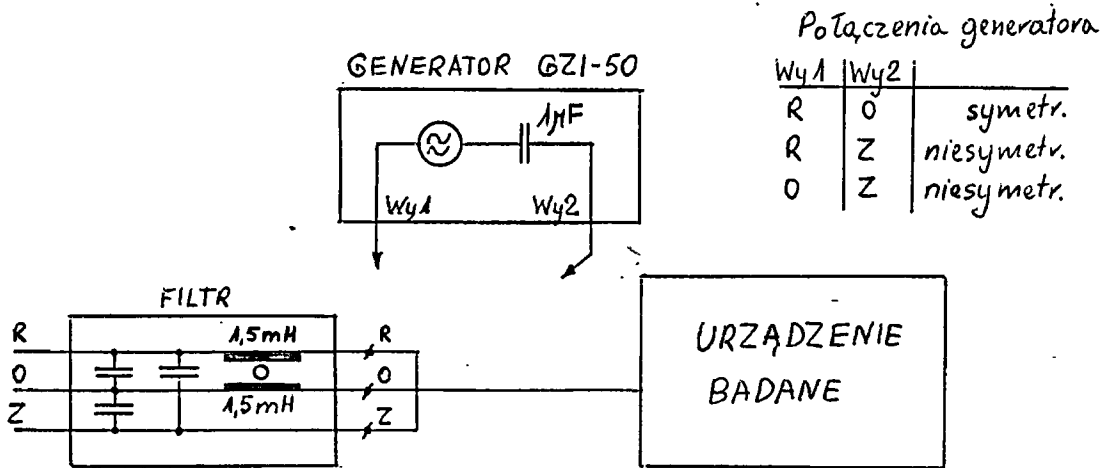
Rys.1 Widok badanego urzadzenia i rozmieszczenie blokow funkcjonalnych.



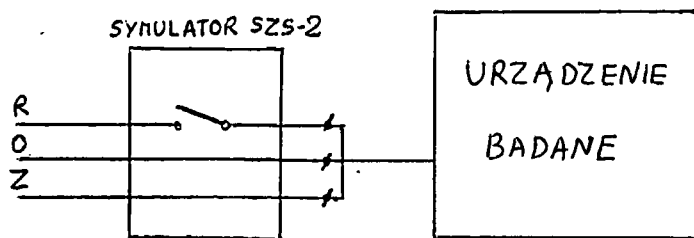
Rys.2 Wzajemne usytuowanie urzadzen w czasie badan.
/widok z gory/



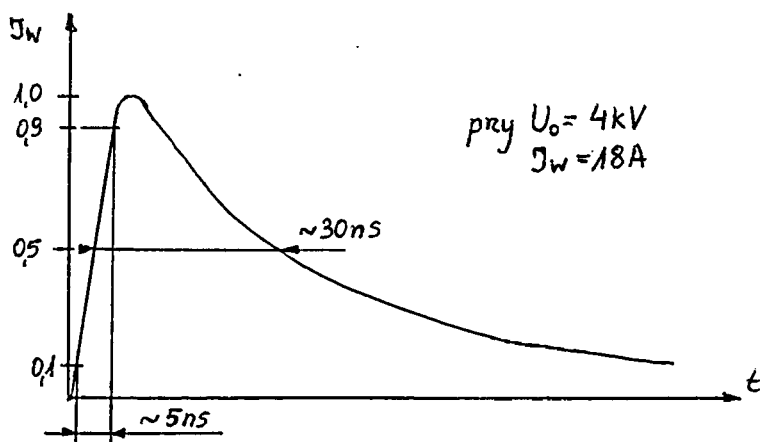
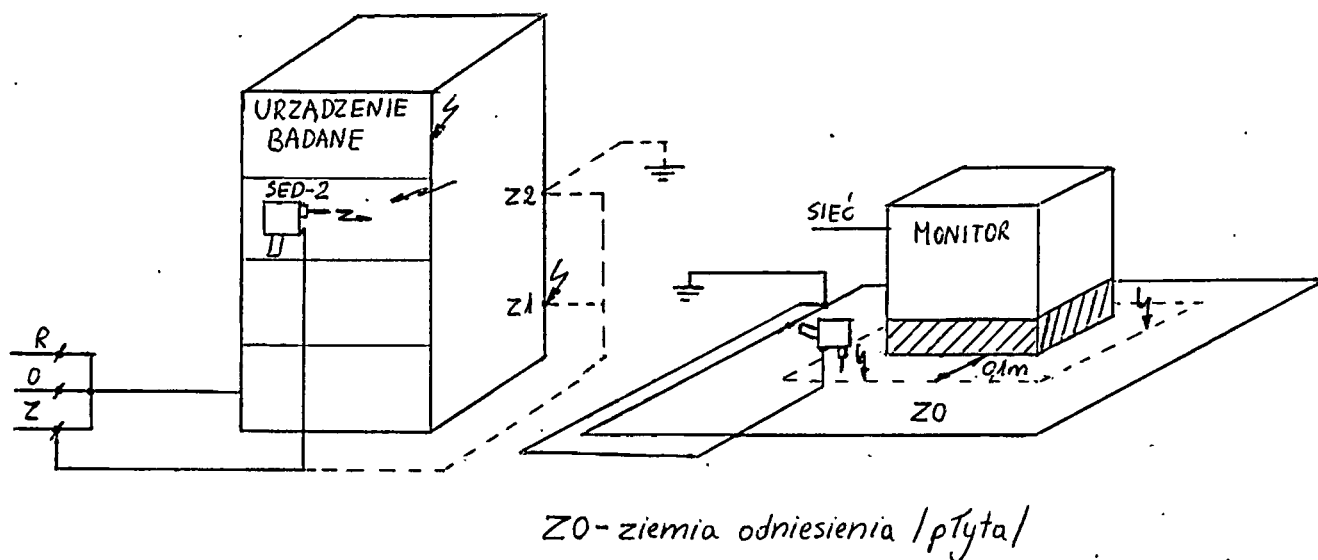
Rys.3 Układ do symulacji zakłóceń impulsowych nanosekundowych oraz kształt impulsu zakłócającego w obwodzie sieciowym.



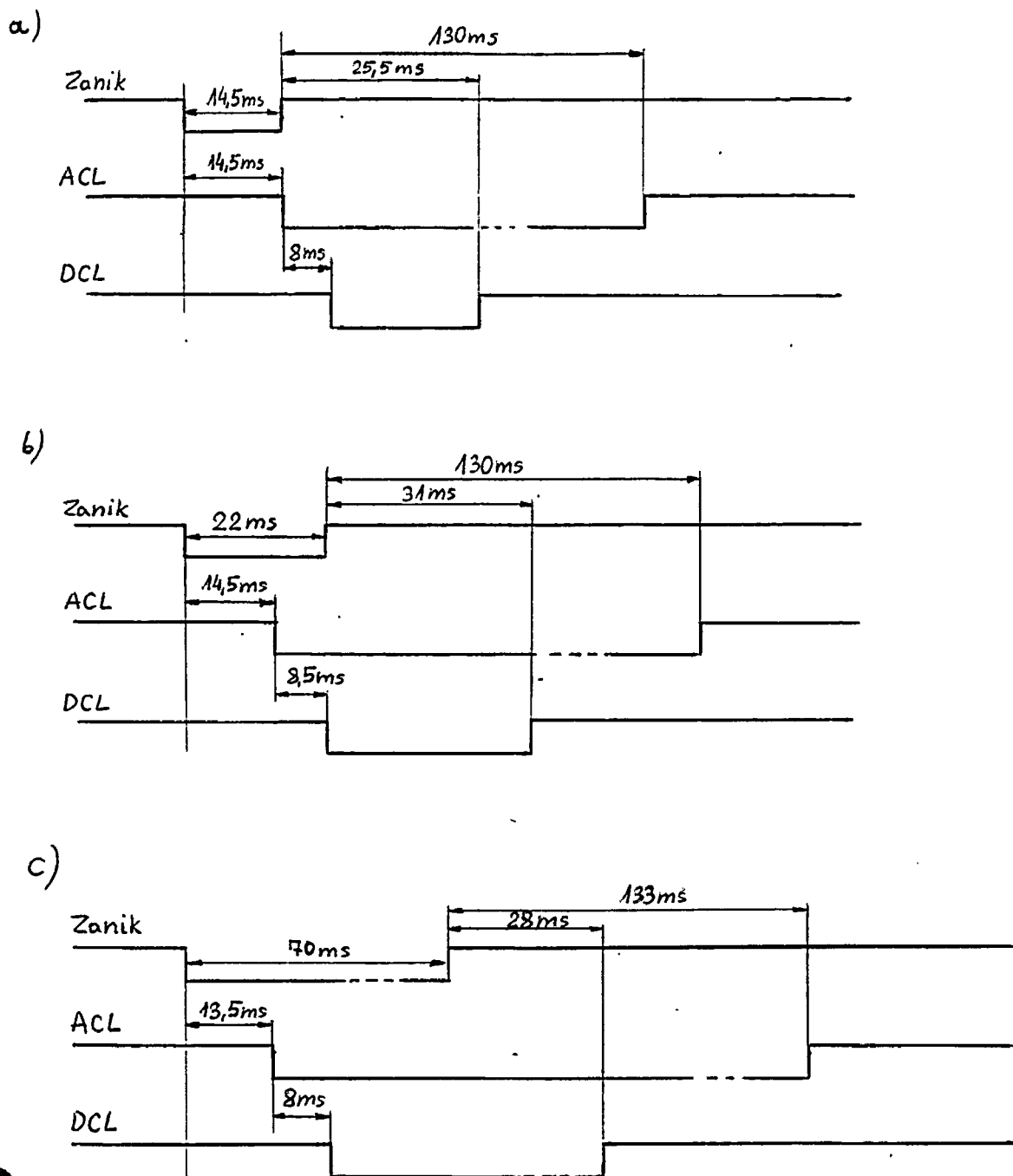
Rys.4 Układ do symulacji zakłóceń impulsowych dużej energii w obwodzie sieciowym i kształt impulsu zakłócającego.



Rys.5. Układ do symulacji krótkotrwałych zaników napięcia sieci zasilającej.



Rys.6 Układy do symulacji wyładowań elektryczności statycznej dla urządzenia badanego i dla monitora oraz kształt i parametry prądu wyładowania symulatora.



Rys.7 Przebiegi wewnętrznych sygnałów DCL i ACL systemu MERA-60 oraz przebiegi impulsu synchronizacji symulatora dla różnych czasów zaniku: a/ 14,5ms b/ 22 ms c/ 70 ms