

## **PODSTAWY EKSPLOATACJI SYSTEMÓW**

### **ĆWICZENIE LABORATORYJNE NR 2**

# **BADANIE WŁAŚCIWOŚCI WYBRANEGO UKŁADU PRZECIWDESTRUKCYJNEGO**

1. Narzędzia wspomagające realizację ćwiczenia:
  - stanowisko do badania właściwości filtrujących listwy zasilającej;
  - stanowisko do badania charakterystyk bezpieczników topikowych.
2. Przedmiot ćwiczenia:
  - listwa zasilająca „Lestar”.
3. Cel ćwiczenia:
  - zapoznanie z przeciwdestrukcyjnymi funkcjami systemu  
dozorująco – terapeutycznego na przykładzie ochronnej listwy zasilającej.

SPIS TREŚCI	str.
<b>1. CEL ĆWICZENIA</b>	<b>3</b>
<b>2. WIADOMOŚCI OGÓLNE</b>	<b>3</b>
2.1. Zakłócenia w sieci przemysłowej	3
2.2. Wskaźniki jakości przemiennego napięcia zasilającego	3
<b>3. LISTWA ZASILAJĄCA „LESTAR”</b>	<b>4</b>
3.1. Budowa listwy zasilającej	4
3.2. Działanie listwy zasilającej	5
3.2.1. Działanie tłumiące filtra listwy zasilającej	5
3.2.2. Działanie tłumiące warystora listwy zasilającej	6
3.2.3. Zabezpieczenie listwy zasilającej przed skutkami przeciążeń lub zwarc	6
<b>4. OPIS STANOWISKA LABORATORYJNEGO</b>	<b>6</b>
4.1. Stanowisko do badania właściwości filtrujących (tłumiących) listwy zasilającej	7
4.1.1. Opis stanowiska	7
4.1.2. Automatyczny miernik zniekształceń nieliniowych – PMZ - 11	8
4.1.3. Pomiar charakterystyk listwy zasilającej	9
A. Pomiar charakterystyki amplitudowej filtra listwy zasilającej	9
B. Pomiar przyrządem PMZ-11 zawartości harmonicznych zakłóconego napięcia sieci przemysłowej, na wyjściu filtra listwy zasilającej, w funkcji częstotliwości napięcia zakłócającego	11
B1. Pomiar zawartości harmonicznych niezakłóconego napięcia sieci przemysłowej	11
B2. Pomiar zawartości harmonicznych zakłóconego napięcia sieci przemysłowej	12
C. Oszacowanie zawartości harmonicznych za pomocą oscyloskopu	13
4.2. Stanowisko do badania charakterystyk czasowo – prądowych bezpieczników topikowych	14
4.2.1. Opis stanowiska	14
4.2.2. Przygotowanie stanowiska do pomiarów	15
4.2.3. Pomiar czasu zadziałania bezpiecznika topikowego	15
<b>5. PROGRAM ĆWICZENIA</b>	<b>17</b>
5.1. Pomiar charakterystyk listwy zasilającej	17
A. Pomiar charakterystyki amplitudowej filtra listwy zasilającej	17
B. Pomiar zawartości harmonicznych zakłóconego napięcia sieci przemysłowej, na wyjściu filtra listwy zasilającej, w funkcji częstotliwości napięcia zakłócającego	17
5.2. Pomiar charakterystyki bezpieczników topikowych	18
<b>6. UWAGI KOŃCOWE</b>	<b>18</b>
<b>7. PYTANIA KONTROLNE</b>	<b>18</b>
<b>WZÓR SPRAWOZDANIA</b>	<b>19</b>

## 1. CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z działaniem listwy zasilającej, jako systemu dozorująco – terapeutycznego.

## 2. WIADOMOŚCI OGÓLNE

### 2.1. Zakłócenia w sieci przemysłowej

W punktach odbioru energii elektrycznej występują zakłócenia, których źródłami mogą być efekty pracy innych urządzeń lub systemów zlokalizowanych w pobliżu i zasilanych z tej samej sieci. Do najczęściej spotykanych zakłóceń zalicza się chwilowe zmiany napięcia, które dodają się lub odejmują od podstawowej fali sinusoidalnej w sieci zasilania prądem przemiennym 50Hz, lub też nominalnego napięcia zasilania prądem stałym.

Typowymi źródłami tego rodzaju zakłóceń zasilania są urządzenia tyrystorowe, spawarki, zgrzewarki, impulsowe źródła zasilania, przełączniki oraz wyłączniki. Powodują one chwilowe zakłócenia o czasie trwania wynoszącym do kilkuset  $\mu$ s.

W sieciach energetycznych obserwuje się również bardzo często przepięcia i chwilowe zaniki napięcia. Przepięcia wywołane są najczęściej włączaniem lub wyłączaniem obciążeń dużej mocy. Powodują one zmiany wartości napięcia zasilania dochodzące do kilkudziesięciu procent. Typowe czasy trwania tych zakłóceń wynoszą od **1ms do 1s**. Źródłem chwilowych zaników napięcia są awarie w liniach zasilania oraz operacje przełączeń w liniach energetycznych. Zjawiska te powodują utratę zasilania w czasie od **1ms do 1s**.

### **Zakłócenia zasilania stanowią czynniki inicjujące procesy uszkodzeniowe.**

Obecnie w kraju przyjęto dwie normy podstawowe określające wymagane poziomy wrażliwości urządzeń na chwilowe spadki napięcia, zaniki oraz wahania napięcia zasilającego. Poziomy te uzależniono od typu środowiska, w którym urządzenia są eksploatowane.

W obowiązujących normach wprowadzono następujące określenia:

- spadek napięcia rozumiany jako nagłe zmniejszenie wartości napięcia w dowolnym punkcie obwodu zasilania urządzenia elektrycznego lub elektronicznego, a następnie, po krótkim okresie (do około 5sekund) następuje powrót napięcia do wartości znamionowej;
- zanik napięcia, jako chwilową przerwę w zasilaniu urządzenia, która najczęściej nie przekracza 1min;
- wahania napięcia określane jako stopniowe zmiany napięcia zasilającego do wartości mniejszej lub większej w porównaniu z wartością napięcia znamionowego (czas trwania zmiany może być chwilowy lub ciągły).

W badaniach testujących wrażliwość urządzeń na zakłócenia w sieci zasilającej określana jest na podstawie oceny zagrożeń, jakie mogą wystąpić w rzeczywistych warunkach (normy oparte na IEC 1000-4-11).

### 2.2. Wskaźniki jakości przemiennego napięcia zasilającego

Podstawowymi wskaźnikami jakości przemiennego napięcia zasilającego są:

- wartość zasilającego napięcia;
- wartość częstotliwości napięcia zasilającego;
- odkształcenie od sinusoidy – zawartość harmonicznego przebiegu napięcia zasilającego.

#### **Wartość napięcia i częstotliwości**

W sieci przemysłowej wartość napięcia może się wahać w granicach **230V $\pm$ 10%**, a jego częstotliwość **50 $\pm$ 0,5Hz**.

## Zawartość harmonicznych przebiegu napięcia zasilającego

Odształcenie od sinusoidy można określić zawartością harmonicznych przebiegu napięcia zasilającego.

W przebiegach okresowych wyróżnia się podstawową (pierwszą) harmoniczną, której częstotliwość jest równa częstotliwości napięcia zasilającego oraz harmoniczne wyższego rzędu (2,3,...n-tą), których częstotliwości są wielokrotnością częstotliwości podstawowej. Amplituda wyższych harmonicznych zależy od kształtu napięcia zasilającego.

Zawartość harmonicznych w % określa poniższy wzór:

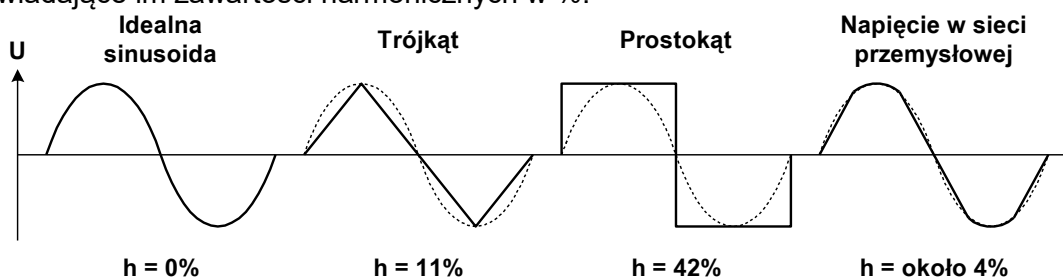
$$h = \sqrt{\frac{A_2^2 + A_3^2 + \dots + A_n^2}{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \dots + A_n^2}} \times 100\%$$

gdzie:

- h – zawartość harmonicznych;
- $A_1 \div A_n$  – amplitudy harmonicznych.

**Dopuszczalna zawartość harmonicznych napięcia w sieci przemysłowej wynosi 6%. Na ogół zawartość harmonicznych napięcia w tej sieci waha się w granicach 2,2 ÷ 3,8%.**

Na rysunku 2.1 przedstawiono przebiegi napięcia o wybranych kształtach i odpowiadające im zawartości harmonicznych w %.



Rys. 2.1. Przebiegi napięcia o wybranych kształtach i zawartość harmonicznych w %

### 3. LISTWA ZASILAJĄCA „LESTAR”

Listwa zasilająca przeznaczona jest do ochrony odbiorników przed zakłóceniami występującymi w sieci zasilającej.

Listwa zasilająca, jako system dozoru – terapeutyczny, składa się z trzech podsystemów (modułów zadaniowych):

- osłonowego - **PO**;
- interwencyjnego – **PI**;
- przeciwwawaryjnego – **PPA**.

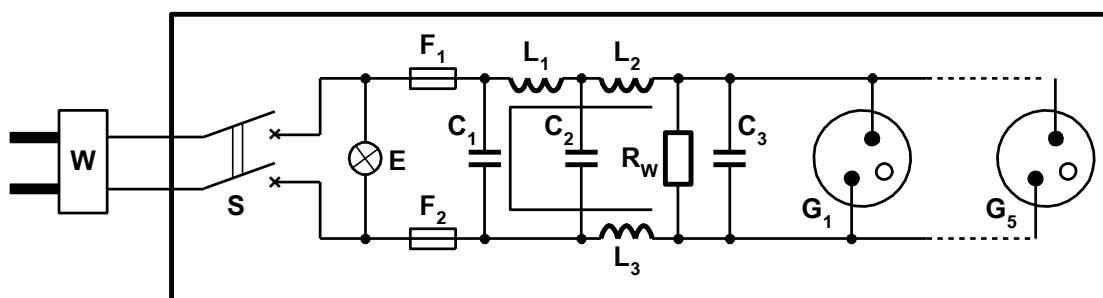
Spełnia ona następujące zadania:

- filtr listwy skutecznie tłumi zakłócenia (**-30dB**) w paśmie częstotliwości **100kHz ÷ 60MHz** (w paśmie **100kHz ÷ 6MHz** najczęściej występują zakłócenia przemysłowe) – **podsystem osłonowy (PO)**;
- warystor likwiduje chwilowe impulsy o dużej wartości napięcia (w ciągu **25ns** prąd płynący przez warystor może osiągnąć wartość **6,5kA**) - **podsystem interwencyjny (PI)**;
- bezpieczniki topikowe (**10A**) zabezpieczają listwę przed skutkami przeciążeń lub zwarc – **podsystem przeciwwawaryjny (PPA)**.

#### 3.1. Budowa listwy zasilającej

Na rysunku 3.1 przedstawiono schemat elektryczny listwy zasilającej.

## LISTWA ZASILAJĄCA "LESTAR"



Rys. 3.1 Schemat elektryczny listwy zasilającej

Listwa zasilająca składa się z następujących elementów:

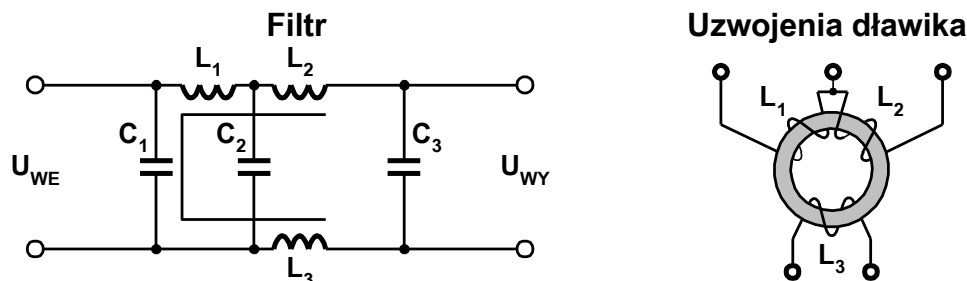
- W – wtyczka sieciowa;
- S – wyłącznik;
- E – dioda sygnalizująca włączenie zasilania;
- F<sub>1</sub> i F<sub>2</sub> – bezpieczniki topikowe – 10A;
- L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> i L<sub>3</sub> – uzwojenia dławików;
- C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> i C<sub>3</sub> – kondensatory;
- R<sub>W</sub> – warystor;
- G<sub>1</sub> ÷ G<sub>5</sub> – gniazda do zasilania odbiorników.

### 3.2. Działanie listwy zasilającej

#### 3.2.1. Działanie tłumiące filtra listwy zasilającej

Filtr listwy zasilającej składa się z dławika i kondensatorów. Trzy uzwojenia dławika L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> i L<sub>3</sub> nawinięte są na jednym toroidalnym ferrytowym rdzeniu.

Na rysunku 3.2 przedstawiono schemat filtra listwy zasilającej i uzwojeń dławika.



Rys. 3.2. Schemat elektryczny filtra listwy zasilającej i uzwojeń dławika

Transmitancję operatorową filtra przedstawia wzór:

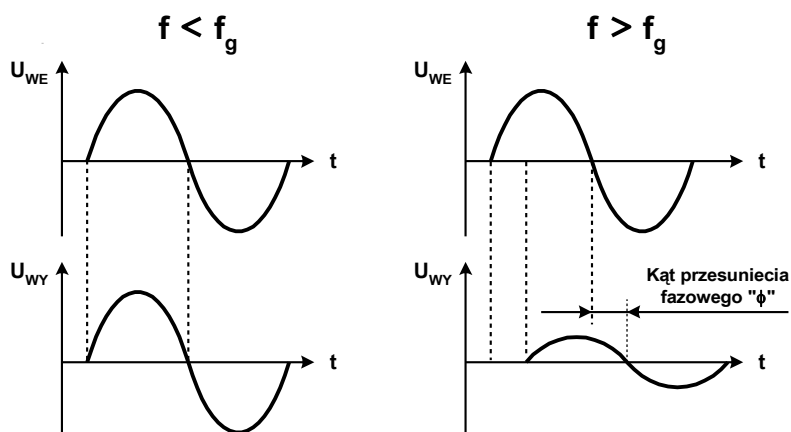
$$G(s) = \frac{k}{T_n^2 s^2 + 2\zeta T_n s + 1}$$

przy czym:

- T<sub>n</sub> – okres drgań własnych nietłumionych;
- ζ – współczynnik tłumienia względnego (0 < ζ < 1);
- k – współczynnik wzmocnienia.

Filtr ten jest filtrem dolnoprzepustowym, a jego częstotliwość graniczna „f<sub>g</sub>” jest równa około **10kHz**. Do częstotliwości granicznej filtr przenosi sygnał sinusoidalny bez istotnej zmiany amplitudy i przesunięcia fazowego. Powyżej tej częstotliwości filtr tłumí sygnał sinusoidalny (maleje amplituda, a sygnał wyjściowy jest przesuwany (opózniany) w fazie w stosunku do sygnału wejściowego).

Na rysunku 3.3 przedstawiono wzajemne usytuowanie sygnału wejściowego i wyjściowego filtra dla dwóch częstotliwości.



Rys. 3.3. Wzajemne usytuowanie sygnału wejściowego i wyjściowego filtra

Aby otrzymać charakterystykę amplitudową w funkcji częstotliwości, należy pomierzyć amplitudy, lub wartości skuteczne, napięcia wejściowego i wyjściowego, dla różnych wartości częstotliwości. W przypadku filtra listwy, pomiar kąta przesunięcia fazowego jest zbędny, gdyż przesunięcie fazowe nie ma znaczenia dla realizowanej przez filtr funkcji.

Wzmocnienie (tłumienie) listwy jest to stosunek amplitudy napięcia wyjściowego do amplitudy napięcia wejściowego:

$$k = U_{WY}/U_{WE}$$

### 3.2.2. Działanie tłumiące warystora listwy zasilającej

Warystor jest rezystorem, którego wartość rezystancji gwałtownie maleje wraz ze wzrostem napięcia. Do napięcia charakterystycznego (napięcie warystora), kiedy prąd jest mniejszy od **1mA**, warystor ma dużą rezystancję. Po przekroczeniu napięcia progowego warystora, przepływający prąd narasta w sposób logarytmiczny, wskutek gwałtownego zmniejszenia się jego rezystancji.

Warystor może przejść ze stanu o dużej rezystancji do stanu o małej rezystancji w czasie krótszym niż **20ns**. Bardzo wysokie przebiegi zmniejszają rezystancję warystora do **0,1 ÷ 50Ω**, w zależności od wartości szczytowej piku napięciowego i średnicy warystora.

Ta cecha warystora wykorzystywana jest do zabezpieczenia odbiorników przed krótkimi przepięciami występującymi np. w czasie burz.

### 3.2.3. Zabezpieczenie listwy zasilającej przed skutkami przeciążeń lub zwarć

Aby zabezpieczyć listwę zasilającą przed skutkami przeciążeń lub zwarć, zastosowano dwa bezpieczniki topikowe o znamionowym prądzie 10A.

Kiedy przez włókno bezpiecznika płynie prąd, na rezystancji włókna odkłada się pewien spadek napięcia – a w rezultacie wydziela się pewna moc (iloczyn prądu i spadku napięcia). Iloczyn mocy i czasu przepływu prądu, decyduje o wartości wydzielanej energii, pod wpływem której włókno bezpiecznika nagrzewa się. Jeśli wartość prądu przekroczy prąd znamionowy **I<sub>N</sub>**, następuje przepalenie włókna i odłączenie odbiornika od zasilania. Wraz ze wzrostem prądu płynącego przez włókno bezpiecznika, maleje czas zadziałania bezpiecznika.

## 4. OPIS STANOWISKA LABORATORYJNEGO

Do badania właściwości listwy zasilającej wykonano dwa stanowiska laboratoryjne.

1. Stanowisko do badania właściwości filtrujących listwy.
2. Stanowisko do badania charakterystyk bezpieczników topikowych.

Właściwości warystora nie będą badane.

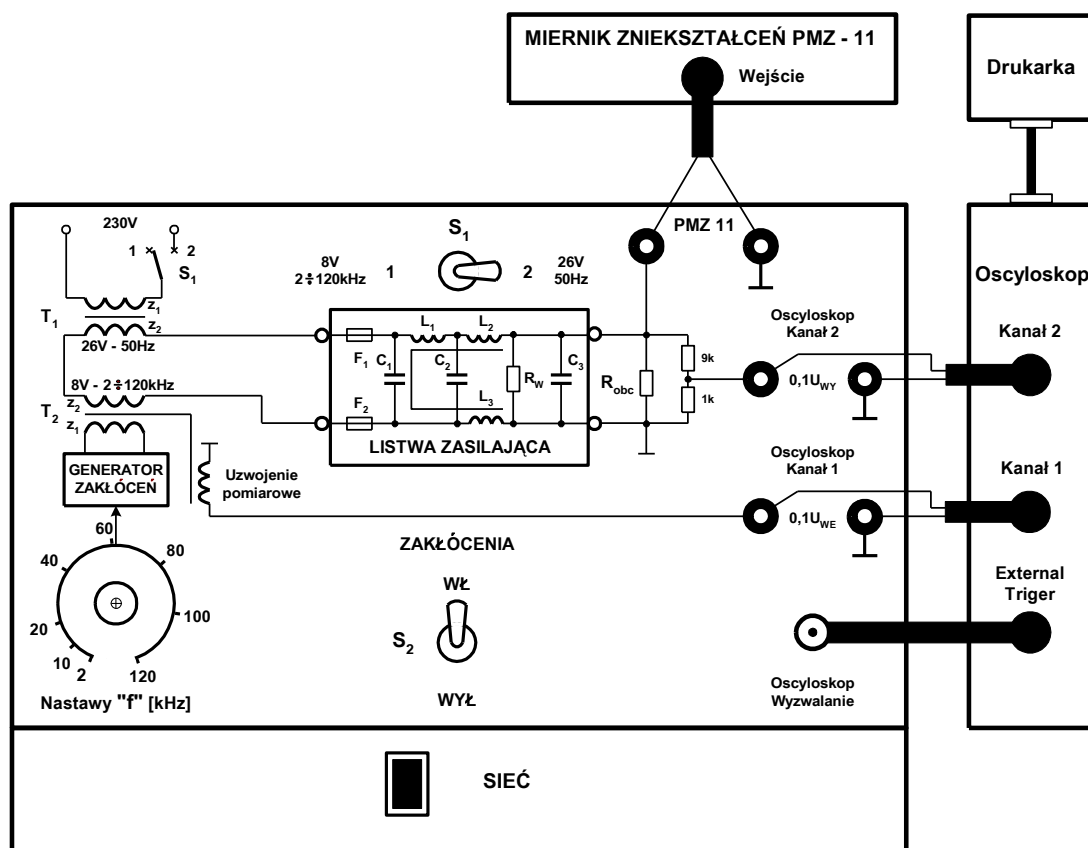
## 4.1. Stanowisko do badania właściwości filtrujących (tłumiących) listwy zasilającej

### 4.1.1. Opis stanowiska

Schemat stanowiska przedstawiono na rysunku 4.1.

Stanowisko składa się z następujących elementów i urządzeń:

- wyłącznik – „SIEĆ”;
- transformator –  $T_1$ ;
- transformator –  $T_2$ ;
- bezpiecznik – **0,5A**;
- generator zakłóceń;
- potencjometr – „ $2 \div 120\text{kHz}$ ”;
- przełącznik –  $S_1$ ;
- wyłącznik –  $S_2$ ;
- listwa zasilająca- „LESTAR”;
- gniazda radiowe i złącze BNC;
- miernik zniekształceń – **PMZ-11**;
- oscyloskop cyfrowy;
- drukarka.



Rys. 4.1. Schemat stanowiska do badania właściwości filtrujących (tłumiących) listwy zasilającej

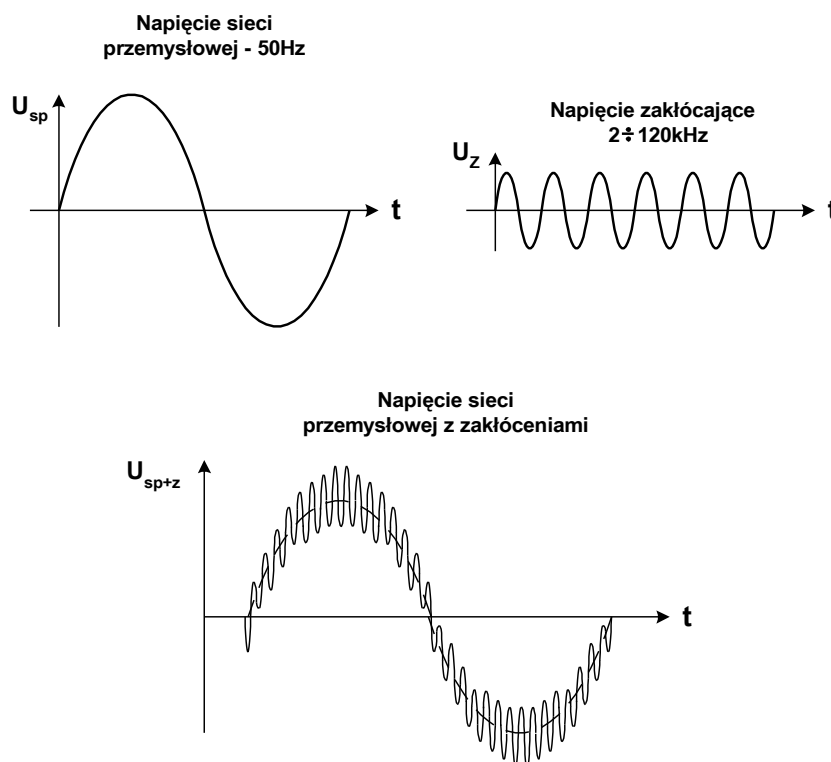
#### Transformator $T_1$

Ze względu na bezpieczeństwo studentów, na listwę zasilającą podawane jest napięcie sieci przemysłowej, poprzez transformator  $T_1$ , o wartości skutecznej około 26V.

#### Generator zakłóceń

Generator zakłóceń wytwarza napięcie sinusoidalne o nastawianej częstotliwości (za pomocą potencjometru posiadającego skalę)  $2 \div 120\text{kHz}$ . Wartość skuteczna tego napięcia wynosi około 8V, co stanowi 30% wartości napięcia na wyjściu transformatora  $T_1$ . Aby można było zsumować napięcie sieci przemysłowej z napięciem zakłócającym, na wyjściu generatora zakłóceń zastosowano transformator  $T_2$ . Uzwojenia wtórne ( $z_2$ ) transformatorów  $T_1$  i  $T_2$  połączono szeregowo.

- Na rysunku 4.2 przedstawiono przebiegi:
- napięcia sieci przemysłowej;
  - napięcia zakłócającego;
  - napięcia sieci przemysłowej z zakłóceniami.



Rys. 4.2. Przebiegi napięć generowanych na stanowisku laboratoryjnym

Przełącznik  $S_1$  umożliwia przyłączenie do listwy zasilającej:

- w położeniu **1** – napięcia zakłócającego;
- w położeniu **2** – napięcia sieci przemysłowej z zakłóceniami.

W położeniu **2** przełącznika  $S_1$ , do listwy zasilającej może być przyłączone tylko napięcie sieci przemysłowej, jeżeli wyłącznik  $S_2$  „Zakłócenia” zostanie ustawiony w pozycji „Zakłócenia wyłączone”.

### Oscyloskop cyfrowy

Oscyloskop cyfrowy służy do obserwacji przebiegów oraz pomiaru:

- częstotliwości przebiegów;
- wartości napięć – międzyszczytowej ( $U_{p-p}$ ), lub skutecznej ( $U_{rms}$ ).

### Drukarka

Za pomocą drukarki można wydrukować przebiegi z ekranu oscyloskopu.

### Bezpieczniki i wyłącznik „Sieć”

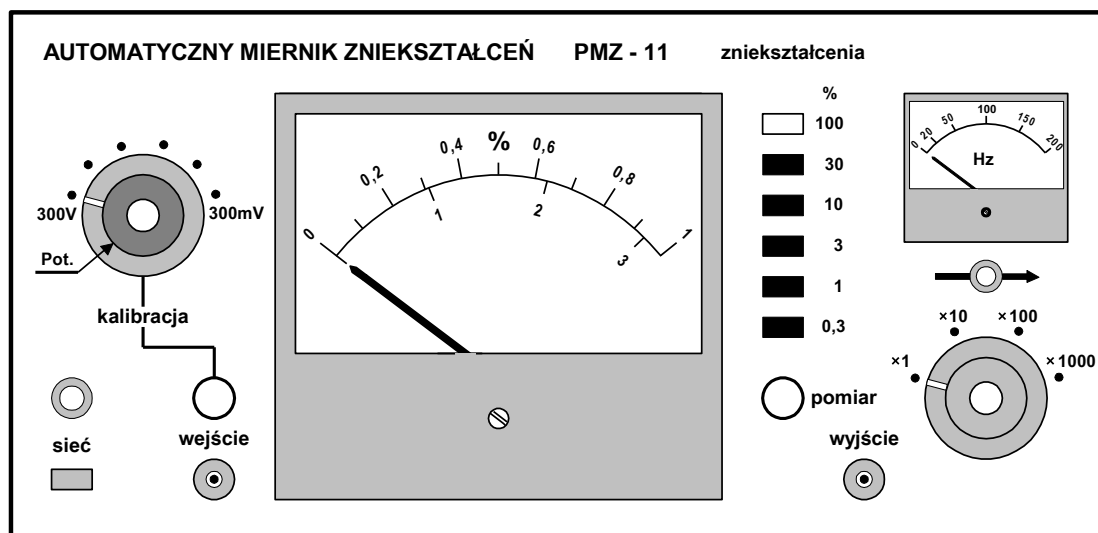
Bezpiecznik **0,5A** zabezpiecza stanowisko i jest umieszczony z tyłu lub z przodu stanowiska. Podświetlany wyłącznik z napisem „Sieć” służy do włączenia zasilania stanowiska napięciem 230V/50Hz.

#### 4.1.2. Automatyczny miernik zniekształceń nieliniowych – PMZ - 11

Automatyczny miernik zniekształceń nieliniowych – PMZ – 11 służy do pomiaru zawartości harmonicznych badanego przebiegu w %.

Na rysunku 4.3 przedstawiono widok płyty czołowej automatycznego miernika zniekształceń nieliniowych PMZ – 11.





Rys. 4.3. Widok płyty czołowej automatycznego miernika zniekształceń nieliniowych PMZ – 11

### Przygotowanie przyrządu do pomiarów

1. Za pomocą sznura sieciowego przyłączyć przyrząd do sieci **230V/50Hz**.
2. Kablem koncentrycznym połączyć gniazdo wejściowe przyrządu z gniazdami radiowymi (PMZ) na stanowisku, zachowując odpowiednią biegunowość.
3. Ustawić przełącznik kalibracji na zakres **300V**.
4. Przełącznik pod miernikiem częstotliwości ustawić w położenie **1**.
5. Wcisnąć przycisk (**biały**) „**zniekształcenia – 100%**”.
6. Wcisnąć przycisk (**czerwony**) „**sieć**”.
7. Odczekać **5** minut w celu nagrzania przyrządu.

### Pomiar zawartości harmonicznych w %

1. Po podaniu badanego sygnału na wejście przyrządu wcisnąć i zwolnić biały przycisk „**Kalibracja**”. Wskazówka na środkowym przyrządzie wychyli się o pewną wartość. Potencjometrem, który zespolony jest z przełącznikiem „Kalibracja” należy ustawić wskazówkę na pełne wychylenie do wartości „**1**” skali. Jeżeli wskazówka nie osiągnie tej pozycji, to należy cofnąć potencjometr w lewe skrajne położenie i przełączyć przełącznik „**Kalibracja**” na kolejną mniejszą wartość napięcia. Ponownie wykonać próbę ustawienia wskazówki za pomocą potencjometru na wartości „**1**” skali.
2. Wcisnąć i zwolnić przycisk „**Pomiar**”. Po krótkim czasie wskazania miernika będą maleć. Jeżeli wskazówka ustawi się poniżej wartości następnego zakresu, należy przełączyć zakres miernika wciskając przycisk 30% pod napisem „Zniekształcenia”. Jeżeli nadal wskazówka ustawi się poniżej wartości następnego zakresu, należy wcisnąć przycisk kolejnego mniejszego zakresu. Czynności te należy powtarzać do chwili, gdy na danym zakresie wskazówka ustawi się powyżej wartości następnego zakresu.
3. Zanotować wartość zawartości harmonicznych.
4. **Po wykonaniu pomiaru wcisnąć przycisk (biały) „Zniekształcenia” – 100%.**  
**Niewykonanie tej czynności może spowodować uszkodzenie przyrządu.**

#### 4.1.3. Pomiar charakterystyk listwy zasilającej

##### A. Pomiar charakterystyki amplitudowej filtra listwy zasilającej

Połączyć stanowisko według schematu przedstawionego na rysunku 4.1. Dodatkowo do gniazda sieciowego stanowiska przyłączyć wejście listwy, a do jednego z gniazd listwy przyłączyć wtyczkę sieciową przewodu wychodzącego ze stanowiska.

1. Ustawić przełącznik **S<sub>1</sub>** w pozycji „**1**” – do listwy zostanie przyłączony generator zakłóceń.
2. Wyłącznik **S<sub>2</sub>** „**Zakłócenia**” ustawić w pozycji „**Włączone**”.

3. Pokrętko potencjometru „**Nastawy f**” ustawić na wartość **2kHz**.
4. Włączyć zasilanie stanowiska wyłącznikiem „**Siec**”.
5. Włączyć zasilanie listwy ustawiając przełącznik listwy w położenie „**1**”.
6. Włączyć zasilanie **PMZ - 11** wyłącznikiem „**Siec**”.

### Przygotowanie oscyloskopu cyfrowego do pomiarów

Do sterowania pracą oscyloskopu służą pokrętkła i przyciski umieszczone na obudowie, które w tekście są opisane pismem pogrubionym np. **Destination**. Przyciski programowalne są umieszczone pod ekranem oscyloskopu i są one opisane w tekście pismem pochyłym pogrubionym np. ***Paraller***.

1. Przyłączyć drukarkę do oscyloskopu – złącze **Parallel**.
2. Włączyć zasilanie oscyloskopu przyciskiem **Line**.
3. Nacisnąć przycisk **Print/Utility**, a następnie ***Hardcopy Menu***.
4. Przyciskiem ***Format*** wybrać **HP print**.
5. Przyciskiem ***Destination*** wybrać ***Paraller***.
6. Nacisnąć przycisk ***Printer Menu***.
7. Przyciskiem ***Faktors*** można wybrać rodzaj drukowania ch-k:
  - **Off** - drukowanie ch-k bez wypisywania nastaw oscyloskopu;
  - **On** - drukowanie ch-k z wypisaniem nastaw oscyloskopu.
8. Przyciskiem ***Gray Scale*** wybrać zakres **Off** - oscylogram czarno-biały.
9. Pokrętkiem **HORIZONTAL** ustawić trójkąt na wartość **0 sekund**.
10. Pokrętkami **Volts/div** ustawić wzmocnienia obu kanałów na wartości **1V**.
11. Pokrętkiem **Position** 1-szego kanału ustawić 1 kanał na wartość **+2V**, a pokrętkiem **Position** 2-go kanału ustawić 2 kanał na wartość **-2V**.
12. Pokrętkiem **Time/div** ustawić podstawę czasu na wartości **200 μs**.
13. Ustawić sposób wyzwalania oscyloskopu:
  - nacisnąć przycisk **Source** i **Ext**;
  - nacisnąć przycisk **Mode** i **Auto**;
  - nacisnąć przycisk **Slope/Coupling** i ustawić **Slope** i **Coupling** - dowolnie, a **Rejekt** w pozycji **HF** i **Nojse Rej** w pozycji **Off**.
14. Pokrętkiem **Level** ustawić poziom wyzwalania na wartość około **0V**.
15. Nacisnąć na przycisk **Voltage**, a następnie **Source 1 i Vrms** oraz **Source 2 i Vrms**. Oscyloskop będzie mierzył wartości skuteczne przebiegów pierwszego i drugiego kanału.
16. Nacisnąć na przycisk **Time**, a następnie **Source 1 i Freg**. Oscyloskop będzie mierzył częstotliwość przebiegu 1 kanału.

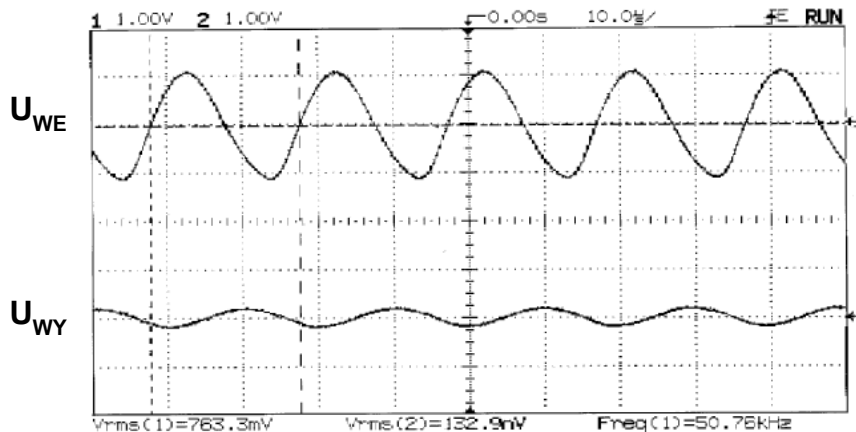
### Wykonanie pomiarów

Po wykonaniu tych czynności należy zapisać w tabeli 5.1 (rozdział 5) wartości napięć pierwszego i drugiego kanału, pamiętając o tym, że do oscyloskopu podawane są sygnały o wartości **0,1** wartości rzeczywistej. Pomiaru wartości napięcia wejściowego i wyjściowego filtra listwy należy dokonać dla wartości częstotliwości opisanych na skali potencjometru „**Nastawy f**”.

Jeżeli stanowisko nie jest wyposażone w przyrząd **PMZ-11**, to wartości napięcia wyjściowego  $U_{WY}$  należy także zapisać w tabeli **5.2.B** w drugim wierszu oznaczonym  $U_{skz}$ .

Wraz ze wzrostem częstotliwości maleje amplituda napięcia wyjściowego listwy, dlatego też należy zmieniać wzmocnienie 2 kanału i podstawę czasu. Dla wybranej częstotliwości np. 40kHz (przy takich samych nastawach wzmocnienia obu kanałów – 1V/dz) można wydrukować przebiegi napięć. W tym celu należy nacisnąć przycisk **Print/Utility** i **Print Screen** (czekać do zakończenia drukowania).

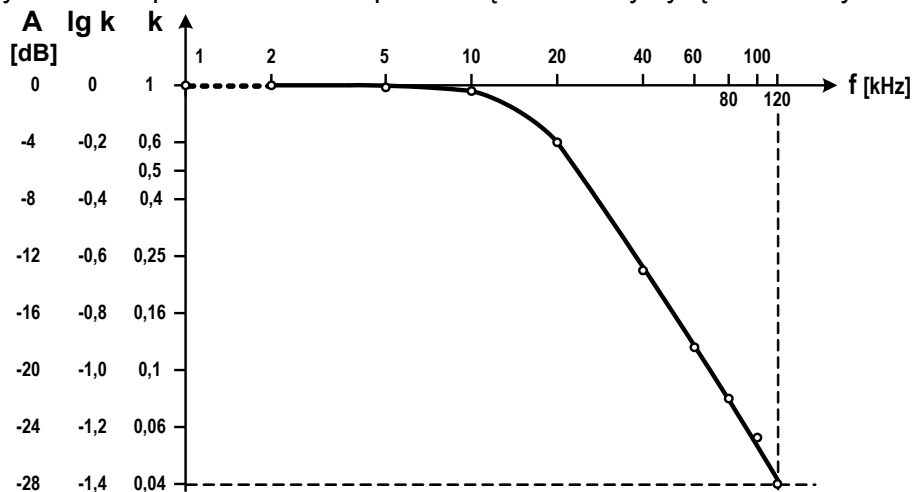
Oscylogram przebiegów napięcia wejściowego i wyjściowego listwy, dla  $f_{zakł} = 50kHz$ , przedstawiono na rysunku 4.4.



Rys. 4.4. Oscylogram przebiegów napięcia wejściowego i wyjściowego listwy zasilającej, dla częstotliwości  $f_{zakł} = 50\text{kHz}$

Na podstawie uzyskanych wyników narysować w skali logarytmicznej charakterystykę amplitudową filtra listwy zasilającej  $A = g(f)$ .

Na rysunku 4.5 przedstawiono amplitudową charakterystykę filtra listwy zasilającej.



Rys. 4.5. Logarytmiczna charakterystyka amplitudowa filtra listwy zasilającej  $A = g(f)$

## B. Pomiar przyrządem PMZ-11 zawartości harmonicznego zakłóconego napięcia sieci przemysłowej, na wyjściu filtra listwy zasilającej, w funkcji częstotliwości napięcia zakłócającego

### B.1. Pomiar zawartości harmonicznego niezakłóconego napięcia sieci przemysłowej

Aby pomierzyć zawartości harmonicznego niezakłóconego napięcia sieci przemysłowej należy:

1. Ustawić przełącznik  $S_1$  w pozycji „2” – do listwy zostaje przyłączony generator zakłóceń i napięcie sieci przemysłowej
2. Wyłącznik  $S_2$  „Zakłócenia” ustawić w pozycji „Wyłączone”.
3. Wyłączyć 1 kanał oscyloskopu naciskając dwukrotnie na przycisk 1 kanału.
4. Pokrętkiem **Position 2-go** kanału ustawić 2 kanał na wartość **0V**,
5. Pokrętkiem **Time/div** ustawić podstawę czasu na wartości **5 ms**.
6. Przyrządem PMZ – 11 pomierzyć zawartość harmoniczną w % niezakłóconego napięcia sieci przemysłowej.
7. Wynik pomiaru zapisać w tabeli 5.2 (rozdział 5).
8. Przełączyć zakres „Zniekształcenia” w pozycję **100%**.
9. Uzyskany przebieg zapisać w pamięci oscyloskopu. W tym celu należy kolejno nacisnąć przyciski **Trace, Mem1, Clear Mem1, Save to Mem1**.

## B.2. Pomiar zawartości harmonicznych zakłóconego napięcia sieci przemysłowej

Aby pomierzyć zawartości harmonicznych zakłóconego napięcia sieci przemysłowej należy:

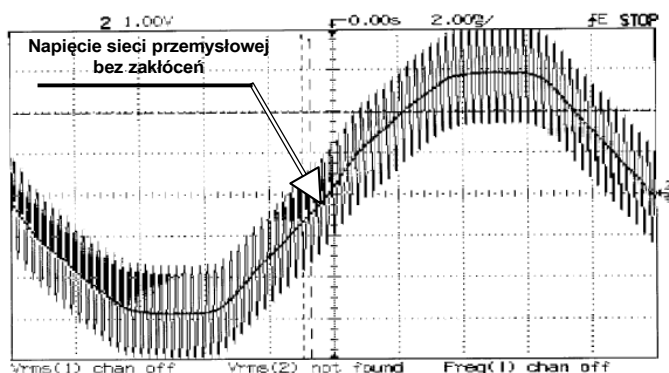
1. Wyłącznik **S<sub>2</sub>** „Zakłócenia” ustawić w pozycji „Włączone”.
2. Pokrętko potencjometru „Nastawy f” ustawić na wartość **2kHz**.
3. Przy włączonych „Zakłóceniach” nie należy kalibrować przyrządu PMZ-11.
4. Przyrządem PMZ – 11 pomierzyć zawartość harmonicznych w % zakłóconego napięcia sieci przemysłowej. W czasie pomiarów, dla zakresu 2 i 10kHz, winien być włączony zakres „Zniekształcenia” – **100%**.
5. W czasie pomiarów, dla zakresu 20 ÷ 120kHz, winien być włączony zakres „Zniekształcenia” – **30% lub 10%**.

Dla częstotliwości **2 i 120 kHz** można wydrukować przebiegi napięcia na wyjściu listwy.

Przed wydrukowaniem przebiegu napięcia zakłóconego na wyjściu listwy, dla częstotliwości 2kHz, należy uwolnić z pamięci niezakłócony przebieg, naciskając na przyciski **Trace**, **Mem1** i **Mem1 On**. Po wydrukowaniu przebiegu należy zamknąć pamięć naciskając na przycisk **Mem1 Off**. Wyniki pomiarów wpisać do tabeli 5.2 (rozdział 5).

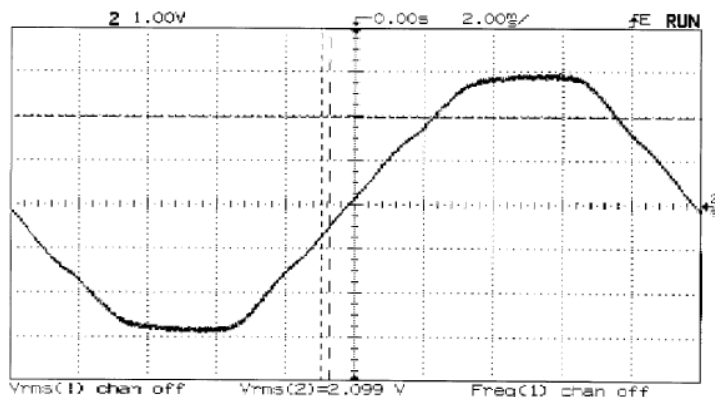
Na podstawie uzyskanych wyników narysować charakterystykę zawartości harmonicznych zakłóconego napięcia sieci przemysłowej, w funkcji częstotliwości napięcia zakłócającego „**h = g(f)**”. Oś częstotliwości narysować w skali logarytmicznej.

Oscylogram przebiegu zakłóconego napięcia wyjściowego listwy, na tle przebiegu niezakłóconego, dla **f<sub>zakł</sub> = 2kHz**, przedstawiono na rysunku 4.6.



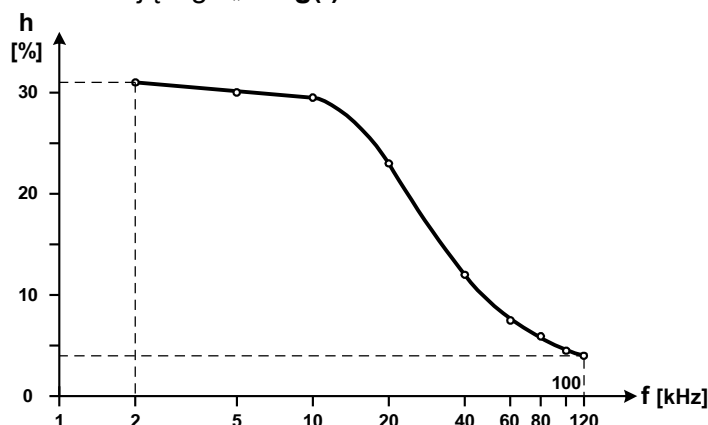
Rys. 4.6. Oscylogram przebiegu zakłóconego napięcia na wyjściu listwy, na tle przebiegu niezakłóconego, dla częstotliwości napięcia zakłócającego **f<sub>zakł</sub> = 2kHz**

Na rysunku 4.7 przedstawiono oscylogram przebiegu zakłóconego napięcia wyjściowego listwy dla **f<sub>zakł</sub> = 120kHz**.



Rys. 4.7. Oscylogram przebiegu zakłóconego napięcia na wyjściu listwy, dla częstotliwości napięcia zakłócającego **f<sub>zakł</sub> = 120kHz**

Na rysunku 4.8 przedstawiono zawartość harmoniczných, na wyjściu listwy, w funkcji częstotliwości napięcia zakłócającego „ $h = g(f)$ ”.



Rys. 4.8. Zawartość harmoniczných, na wyjściu listwy, w funkcji częstotliwości napięcia zakłócającego „ $h = g(f)$ ”

### C. Oszacowanie zawartości harmoniczných za pomocą oscyloskopu

Jeżeli nie jest możliwy do użycia automatyczny miernik zniekształceń nieliniowych PMZ-11, to oszacowania zawartości harmoniczných można dokonać za pomocą oscyloskopu. Przy założeniu, że sinusoida napięcia sieciowego jest idealna, a na nią jest nałożone także sinusoidalne napięcie zakłócające, to wzór na zawartość harmoniczných przybierze postać, jak poniżej.

$$h = \frac{U_{skZ}}{U_{sk(S+Z)}} \times 100\%$$

gdzie:

$U_{skZ}$  - wartość skuteczna napięcia zakłócającego;

$U_{sk(S+Z)}$  - wartość skuteczna zakłóconego napięcia sieci przemysłowej.

Ponieważ zawartość harmoniczných napięcia sieci przemysłowej waha się w granicach  $2,2 \div 3,8\%$ , to przyjęto średnią zawartość harmoniczných  $h = 3\%$ . Wówczas wzór empiryczny na zawartość harmoniczných zakłóconego napięcia sieci przemysłowej przybierze postać:

$$h = \frac{U_{skZ}}{U_{sk(S+Z)}} \times 100 + 3[\%]$$

Aby **oszacować** zawartość harmoniczných, dla ustawionej częstotliwości napięcia zakłócającego, należy za pomocą oscyloskopu pomierzyć:

$U_{skZ}$  - wartość skuteczna napięcia zakłócającego;

$U_{sk(S+Z)}$  - wartość skuteczna zakłóconego napięcia sieci przemysłowej.

Pomiar  $U_{skZ}$  został opisany w pkt. 4.1.3. Aby dokonać pomiarów  $U_{sk(S+Z)}$  należy:

7. Ustawić przełącznik  $S_1$  w pozycji „2” (26V-50Hz) – do listwy zostanie przyłączone napięcie sieci.
8. Wyłącznik  $S_2$  „Zakłócenia” ustawić w pozycji „Włączone”.
9. Wyłączyć 1 kanał oscyloskopu.
10. Ustawić podstawę czasu na wartości **5ms**.

Dla ustawionej częstotliwości ( $2 \div 120$ )kHz pomierzyć wartości skuteczne zakłóconego napięcia sieci i zapisać je w tabeli 5.2.B w trzecim wierszu oznaczonym  $U_{sk(S+Z)}$ . Pomierzone wartości napięć podstawić do wzoru i obliczyć zawartość harmoniczných.

Dla porównania wyników pomiaru wykonano pomiar zawartości harmoniczných powyższą metodą oraz przyrządem PMZ – 11, przy częstotliwości napięcia zakłócającego  $f = 2, 25, 50$  oraz  $100\text{kHz}$ . Wyniki pomiaru umieszczono w poniższej tabeli.

Częstotliwość napięcia zakłócającego	Pomiar PMZ-11	Pomiar oscyloskopem
f[kHz]	h[%]	h[%]
2	33,0	32,1
25	14,7	14,6
50	7,4	7,3
100	4,7	4,8

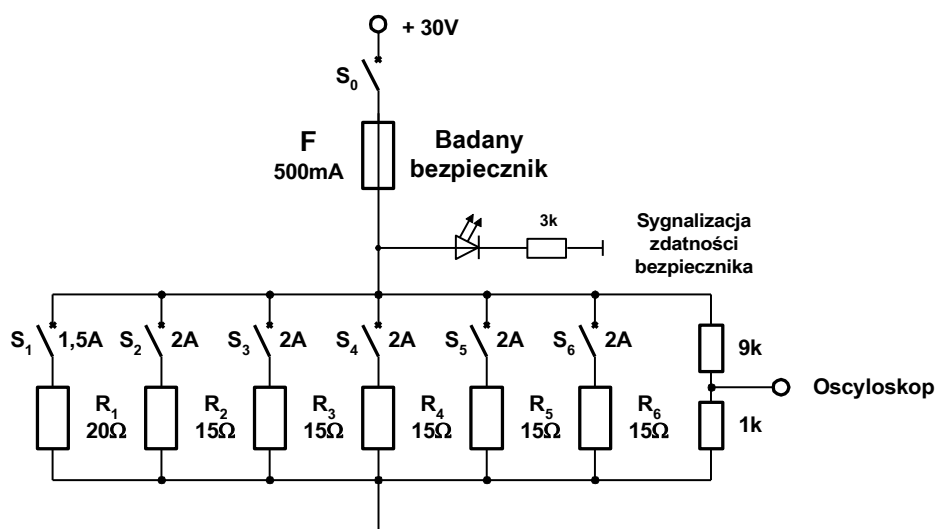
Na podstawie przytoczonych pomiarów widać, że wyniki pomiarów zawartości harmonicznych wykonane przy użyciu oscyloskopu niewiele odbiegają od wyników pomiarów wykonanych przyrządem **PMZ-11**. Należy przy tym uwzględnić dokładność pomiaru przyrządem PMZ-11, która wynosi +/- 5%.

#### 4.2. Stanowisko do badania charakterystyk czasowo – prądowych bezpieczników topikowych

W listwie zasilającej „Lestar” zastosowano dwa bezpieczniki topikowe o prądzie znamionowym **10A**. Chcąc dokonać pomiaru czasu zadziałania bezpiecznika przy 20-krotnie większym prądzie od prądu znamionowego, należałoby zbudować stanowisko, które umożliwiłoby uzyskanie prądu o wartości **200A**. Ze względu na tak duży prąd, zbudowano stanowisko do badania bezpieczników o znamionowym prądzie **0,5A**. Charakterystyki bezpieczników topikowych o różnych wartościach prądów znamionowych są podobne.

##### 4.2.1. Opis stanowiska

Na rysunkach 4.9 i 4.10 przedstawiono schemat elektryczny i widok płyty czołowej stanowiska do badania bezpieczników topikowych.

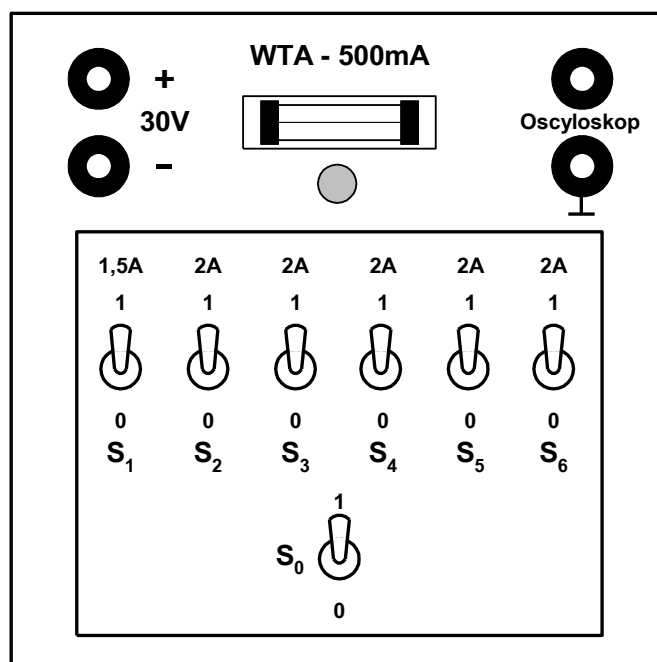


Rys. 4.9. Schemat elektryczny stanowiska do badania bezpieczników

Stanowisko do badania bezpieczników topikowych składa się z:

- zasilacza prądu stałego – **30V/20A**;
- rezystorów obciążenia –  $R_1 \div R_6$ ;
- wyłączników  $S_1 \div S_6$  (do włączania obciążenia);
- badanego bezpiecznika – **F**;
- diody sygnalizującej zadziałanie bezpiecznika (umieszczona pod bezpiecznikiem);
- wyłącznika  $S_0$  (do włączania napięcia na rezystory obciążenia);
- oscyloskopu cyfrowego.

Wartość prądu płynącego przez bezpiecznik zależy od tego, które wyłączniki są włączone. Wartość ta jest sumą wartości prądów płynących przez włączone rezystory obciążenia.



Rys. 4.10. Widok płyty czołowej stanowiska do badania bezpieczników

#### 4.2.2. Przygotowanie stanowiska do pomiarów

1. Ustawić wszystkie wyłączniki  $S_0 \div S_6$  w pozycji „0” (wyłączone).
2. Do gniazda założyć badany bezpiecznik.
3. Na zasilaczu **30V/20A** ustawić napięcie na wartość **30V**.
4. Włączyć zasilanie zasilacza wyłącznikiem „**Sieć**”.
5. W celu sprawdzenia zdatności bezpiecznika należy włączyć **tylko** wyłącznik  $S_0$ . Jeżeli bezpiecznik nie jest przepalony, to zaświeci dioda.

#### Przygotowanie oscyloskopu cyfrowego do pomiarów

1. Włączyć zasilanie oscyloskopu przyciskiem **Line**.
2. Pokrętkiem **Volts/div** ustawić wzmocnienia 1 kanału na wartości **1V** (do oscyloskopu podawane jest napięcie z zasilacza poprzez dzielnik napięcia **1:10**).
3. Pokrętkiem **Position** 1-szego kanału ustawić 1 kanał na wartość **-1V**
4. Pokrętkiem **Time/div** ustawić podstawę czasu na wartości **50 ms**.
5. Pokrętkiem **HORIZONTAL** ustawić trójkąt w odległości **2** działki od lewego brzegu ekranu.
6. Pokrętkiem **Level** ustawić poziom wyzwania na wartość około **1V**.
7. Ustawić sposób wyzwania oscyloskopu: nacisnąć przycisk **Source** i **1**, następnie **Mode** i **Single** oraz **Slope/Coupling** i ustawić **Slope**  $\uparrow$ .

#### Uwaga!

Dla każdej wartości ustawionego prądu, należy zmieniać podstawę czasu i ustawiać trójkąt w odległości **2** działki od lewego brzegu ekranu pokrętkiem **HORIZONTAL**. Wartości podstawy czasu podano w tabeli 5.3 (rozdział 5).

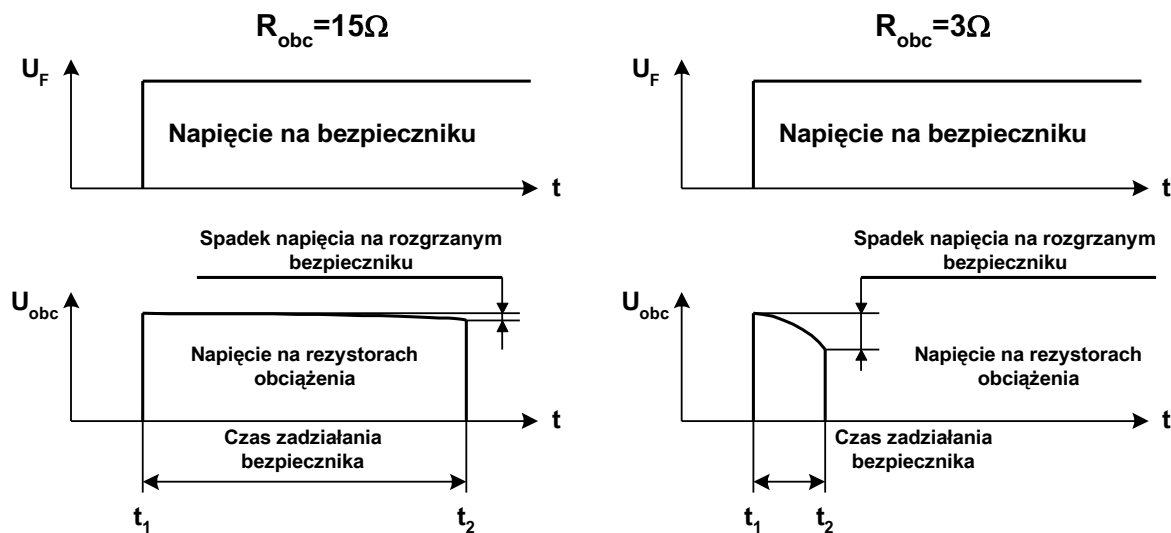
#### 4.2.3. Pomiar czasu zadziałania bezpiecznika topikowego

Pomiar czasu zadziałania bezpiecznika topikowego jest wykonywany oscyloskopem cyfrowym za pomocą kursorów.

Po włączeniu wyłącznika  $S_0$  w chwili  $t_1$  (przy włączonych uprzednio wybranych wyłącznikach  $S_1 \div S_6$ ), przez bezpiecznik i rezystory obciążenia płynie prąd. W chwili  $t_2$  działa bezpiecznik i odłącza napięcie od rezystorów obciążenia.

Na rysunku 4.11 przedstawiono przebiegi napięć na bezpieczniku i za bezpiecznikiem na rezystorach obciążenia, dla dwóch wartości rezystancji obciążenia (**15 i 3Ω**).

W stanie zimnym rezystancja bezpiecznika jest stosunkowo mała i wynosi **kilkadziesiąt mΩ**. Kiedy przez bezpiecznik płynie prąd, zwłaszcza większy od prądu znamionowego bezpiecznika, bezpiecznik w czasie  $t_1 \div t_2$  nagrzewa się i w czasie  $t_2$  następuje przepalenie bezpiecznika. Wraz ze wzrostem temperatury włókna bezpiecznika, rośnie jego rezystancja. Dla badanego bezpiecznika WTA-500mA jego rezystancja osiąga wartość rzędu **1,3Ω**. Na rozgrzanym bezpieczniku odkłada się spadek napięcia tym większy, im mniejsza jest rezystancja obciążenia, co widać na dolnych rysunkach.



Rys. 4.11. Przebiegi napięć na bezpieczniku i rezystorach obciążenia

Na oscyloskopie zostanie zarejestrowany tylko przebieg drugi.

**W celu wykonania pomiarów czasu zadziałania bezpieczników należy:**

1. Wyłącznikami ( $S_1 \div S_6$ ) ustawić wymaganą wartość prądu obciążenia.
2. Ustawić odpowiednią podstawę czasu wg tabeli 5.3.
3. Przed każdym pomiarem nacisnąć na przycisk oscyloskopu **Run**.
4. Włączyć wyłącznik  $S_0$  – zadziała bezpiecznik, a na ekranie oscyloskopu pojawi się przebieg napięcia na obciążeniu;
5. Wyłączyć wyłącznik  $S_0$ ;
6. Uzyskany przebieg zapisać w pamięci oscyloskopu. W tym celu należy kolejno nacisnąć przyciski **Trace, Mem1, Clear Mem1, Save to Mem1**.

Zapisanie przebiegu w pamięci jest niezbędne, gdyż przy jakimkolwiek poruszeniu pokręteł oscyloskopu, przebieg zanika i należałoby ponowić pomiar, zużywając dodatkowy bezpiecznik.

W przypadku zaniku przebiegu na ekranie, należy otworzyć pamięć oscyloskopu naciskając na przyciski **Trace, Mem1 i Mem1 On**.

Pomierzyć kursorami czas zadziałania bezpiecznika. W tym celu należy:

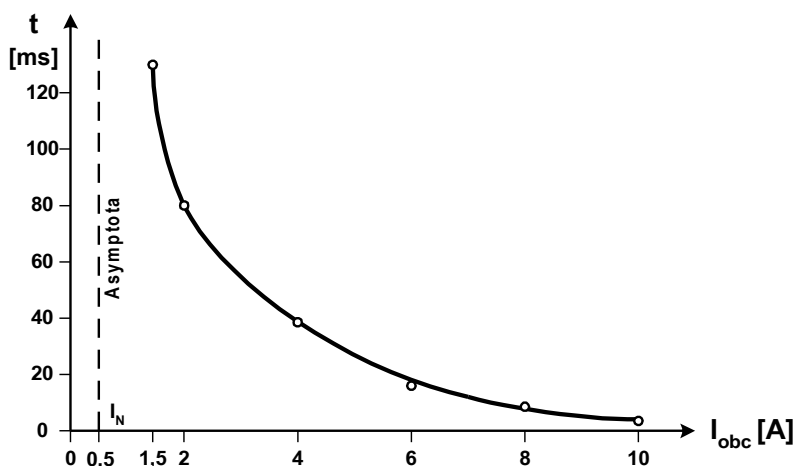
- nacisnąć na przycisk **Cursors i  $t_1$** ;
- pokrętelem kursorów ustawić kursor  $t_1$  na początku przebiegu napięcia;
- nacisnąć na przycisk  **$t_2$** ;
- pokrętelem kursorów ustawić kursor  $t_2$  na końcu przebiegu napięcia;
- odczytać wartość  $\Delta t$  – jest to czas zadziałania bezpiecznika.

Wyniki pomiarów wpisać do tabeli 5.3 (rozdział 5).

Na podstawie uzyskanych wyników narysować charakterystykę czasowo – prądową bezpiecznika  $t = f(I_{obc})$ .



Na rysunku 4.12 przedstawiono charakterystykę czasowo – prądową bezpiecznika topikowego **WTA – 500mA**.



Rys. 4.12. Charakterystyka czasowo – prądowa bezpiecznika topikowego

## 5. PROGRAM ĆWICZENIA

### 5.1. Pomiar charakterystyk listwy zasilającej

#### A. Pomiar charakterystyki amplitudowej filtra listwy zasilającej

W celu wykonania pomiarów należy wykonać czynności opisane w podrozdziale 4.1.3. A.

W czasie wykonywania pomiarów można wydrukować oscylogram przebiegu napięcia wejściowego i wyjściowego listwy, dla jednej wybranej częstotliwości z zakresu  $20 \div 120\text{kHz}$ . Wyniki pomiarów wpisać do tabeli 5.1.

Tabela 5.1

f	kHz	2	10	20	40	60	80	100	120
lg f									
$U_{WE}(V_{rms})$	V								
$U_{WY}(V_{rms})$	V								
$k=U_{WY}/U_{WE}$	-								
lg k	-								
$A = 20\lg k$	dB								

Na podstawie uzyskanych wyników narysować w skali logarytmicznej charakterystykę amplitudową filtra listwy zasilającej  $A = h(f)$ .

#### B. Pomiar zawartości harmonicznego zakłóconego napięcia sieci przemysłowej, na wyjściu listwy zasilającej, w funkcji częstotliwości napięcia zakłócającego

W celu wykonania pomiarów należy wykonać czynności opisane w podrozdziale 4.1.3. B lub C. Wyniki pomiarów wpisać do tabeli 5.2A.

W czasie wykonywania pomiarów można wydrukować:

- Oscylogram przebiegu zakłóconego napięcia na wyjściu listwy, na tle przebiegu niezakłóconego napięcia, dla częstotliwości napięcia zakłócającego  $f_{zakł} = 2\text{kHz}$ .
- Oscylogram przebiegu zakłóconego napięcia na wyjściu listwy, dla częstotliwości napięcia zakłócającego  $f_{zakł} = 120\text{kHz}$ .

Tabela 5.2A

Zawartość harmonicznego niezakłóconego napięcia sieci przemysłowej $h = \dots \%$									
Zawartość harmonicznego zakłóconego napięcia sieci przemysłowej									
f	kHz	2	10	20	40	60	80	100	120
h	%								

W przypadku pomiaru wartości skutecznych napięcia zakłócającego i sieciowego za pomocą oscyloskopu, wyniki pomiarów wpisać do tabeli 5.2B.

Tabela 5.2B

f	kHz	2	10	20	40	60	80	100	120
$U_{skZ}$	V								
$U_{sk(S+Z)}$	V								
$h = \frac{U_{skZ}}{U_{sk(S+Z)}} \times 100 + 3$	%								

$U_{skZ}$  - wartość skuteczna napięcia zakłócającego;

$U_{sk(S+Z)}$  - wartość skuteczna zakłóconego napięcia sieci przemysłowej.

Na podstawie uzyskanych wyników narysować charakterystykę zawartości harmonicznym zakłóconego napięcia sieci przemysłowej, w funkcji częstotliwości napięcia zakłócającego „ $h = g(f)$ ”. Oś częstotliwości narysować w skali logarytmicznej.

### 5.1. Pomiar charakterystyki bezpieczników topikowych

W celu wykonania pomiarów należy wykonać czynności opisane w podrozdziale 4.2.2 i 4.2.3. Wyniki pomiarów wpisać do tabeli 5.3.

Tabela 5.3

Włączone wyłączniki obciążenia		$S_1$	$S_2$	$S_2 \text{ i } S_3$	$S_2 \div S_4$	$S_2 \div S_5$	$S_2 \div S_6$
Prąd obciążenia	A	1,5	2	4	6	8	10
Podstawa czasu	ms	50	20	10	5	2	1
Czas zadziałania bezpiecznika	ms						

Na podstawie uzyskanych wyników narysować charakterystykę czasowo – prądową bezpiecznika  $t = f(I_{obc})$ .

## 6. UWAGI KOŃCOWE

W wyniku wykonania ćwiczenia należy przedstawić sprawozdanie, które powinno zawierać:

- typ i schemat elektryczny badanej listwy zasilającej;
- podstawowe dane listwy zasilającej;
- wyniki pomiarów;
- wykresy charakterystyk listwy zasilającej;
- typ badanych bezpieczników oraz wartość prądu znamionowego bezpiecznika;
- wyniki pomiarów;
- wykres charakterystyki bezpiecznika;
- opisane oscylogramy
- wnioski.

## 7. PYTANIA KONTROLNE

1. Omówić jakie zakłócenia mogą występować w sieci przemysłowej i podać źródła tych zakłóceń.
2. Omówić wskaźniki jakości napięcia przemiennego.
3. Omówić przeznaczenie i podstawowe dane techniczne listwy zasilającej „Lestar”.
4. Narysować schemat filtra listwy zasilającej i omówić jego działanie.
5. Podać podstawowe cechy warystora.
6. W jakim celu w listwie zastosowano bezpieczniki topikowe.
7. Narysować i omówić charakterystykę czasowo – prądową bezpiecznika topikowego.