

1. Wstęp	str. 3
2. Laboratorium warystorów.	str. 4
2.1. Układ do pomiaru charakterystyk statycznych.	str. 4
2.2. Układ do badania trwałości łączeniowej.	str. 6
2.2.1. Budowa i opis stanowiska do badania trwałości łączeniowej.	str. 6
2.2.2. Opisy elementów stanowiska do badań trwałości łączeniowej.	str. 6
2.2.2.1. Schemat i opis obwodu głównego.	str. 6
2.2.2.2. Schemat i opis załącznika tyrystorowego WN	str. 9
2.2.2.3. Schemat i opis układu kontrolnego, sterującego i układu pomiarowego	str. 9
2.2.2.4. Budowa i opis modułu klawiatury (MKL)	str.12
2.2.2.5. Schemat i opis układu kontroli napięcia na kondensatorze zasilającym.	str.14
3. Pomiary .	str.16
3.1. Opis badanych warystorów	str.16
3.2. Cel i zakres badań	str.16
3.3. Opis systemu do archiwizacji wyników badań trwałości łączeniowej.	str.17
3.4. Wyniki pomiarów charakterystyk statycznych.	str.18
3.5. Wyniki bada trwałości łączeniowej	str.32
3.6. Wnioski z badań	str.34
4. Załączniki	str.35
4.1. Wskazówki bezpiecznej obsługi laboratorium warystorów.	str.35
4.2. Obsługa modułu klawiatury (MKL) sterownika SL-01.	str.36
4.3. Obsługa układu i systemu archiwizacji wyników badań trwałości.	str.38
4.3.1. Instalacja karty IEEE-488 w komputerze PC.	str.38
4.3.2. Instalacja oprogramowania pomiarowego i programu użytkowego.	str.38
Wydruki programu do archiwizacji wyników badań.	str.40
Przykłady protokołów z badań charakterystyk dynamicznych.	str.53
Wykaz aparatury i elementów składowych laboratorium warystorów.	str.55
Literatura	str.57

1. Wstęp.

Warystory tlenkowe są to rezystory o nieliniowej charakterystyce prądowo-napięciowej opisanej równaniem:

$$J = C \cdot V^a, \text{ gdzie :}$$

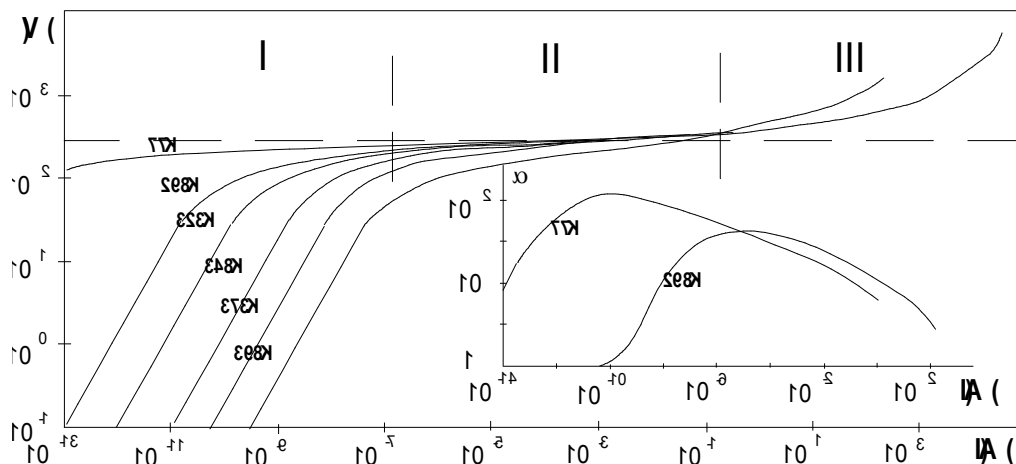
J - gęstość prądu (A/m^2),

V - napięcie (V),

C - stała zależna od materiału, technologii i numeru serii produkcyjnej,

a - współczynnik nieliniowości.

Warystory w praktyce stosujemy do niwelowania przepięć zagrażających elementom obwodu elektrycznego. Gdy napięcie na obiekcie chronionym zaczyna wzrastać ponad określony poziom, następuje gwałtowny spadek rezystancji warystora. Przepięcie zostaje ograniczone do wartości bezpiecznej dla chronionego przed zniszczeniem elementu obwodu elektrycznego. Pracujący w obwodzie warystor jest więc narażony na długotrwałe obciążenie napięciem roboczym oraz na krótkotrwałe, powtarzające się, impulsy przepięciowe. Poddawane tego typu oddziaływaniom warystory mogą ulegać degradacji zmieniając swoje właściwości, w tym także charakterystykę prądowo-napięciową. W wyniku degradacji następuje wzrost prądu upływowego, wzrost wydzielania mocy, wzrost temperatury i w rezultacie może dojść do uszkodzenia warystora w wyniku efektu niestabilności termodynamicznej. Wielkość degradacji można określić badając wielkość zmian napięcia na warystorze przy stałym prądzie i w ściśle określonych warunkach próby, tj. wyznaczając temperaturę, czas próby, rodzaj i wielkość obciążenia. Zmiany charakterystyki $I=f(U)$ na skutek degradacji polegają na obniżeniu jej przebiegu zwłaszcza w jej części środkowej, tj. w miejscu definiowania napięcia charakterystycznego, przy prądzie $I=1mA$. Zmiany, o których mowa są asymetryczne w przypadku, gdy oddziaływanie degradujące było asymetryczne, tj. napięciem, prądem lub impulsami typu jednokierunkowego z jakimi mamy do czynienia w przypadku pracy ogranicznika warystorowego w obwodzie prądu stałego albo symetryczne, gdy oddziaływanie miało charakter symetryczny z jakim mamy do czynienia w obwodach prądu przemiennego. Wielkość degradacji rośnie wraz ze wzrostem przyłożonego obciążenia zarówno długotrwałego, jak i impulsowego. Szybkość degradacji maleje z czasem, po czym się ustala, a następnie znowu wzrasta sygnalizując szybkie zniszczenie warystora. Praktyka dowodzi, że własności warystora zmienione wskutek degradacji są odwracalne, przy czym wygrzewanie w temperaturze 700-970K zawsze powoduje całkowity powrót charakterystyki $I=f(U)$ do wyjściowego kształtu.

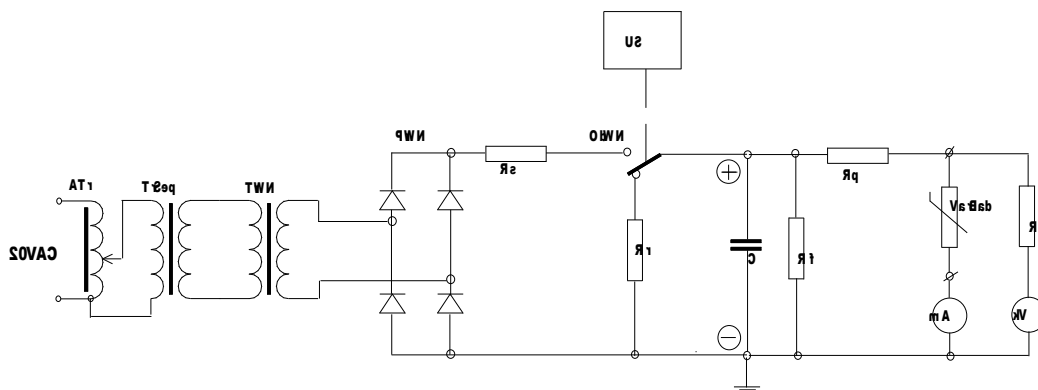


2. Laboratorium warystorów.

Laboratorium warystorów składa się z dwóch pomieszczeń oddzielonych od siebie odpowiednio wytrzymałym oknem. W jednym z nich znajdują się obwody probiercze zasilone z przełączanej baterii kondensatorów WN, zasilaczy oraz osprzętu łączeniowego zaś w drugim pomieszczeniu znajduje się komputer, aparatura pomiarowa oraz urządzenia systemu sterowania i blokad. Układ probierczy składa się z dwóch części: obwód I to układ do pomiaru charakterystyk statycznych, za obwód II to układ do badania trwałości łączeniowej. Obwody te są połączone z resztą układu w taki sposób, aby wyeliminować możliwości pojawiania się zakłóceń w urządzeniach pomiarowych oraz w systemie sterowania i blokad. Możliwe jest badanie warystorów w zakresie napięciowym do 10 kV oraz prądowym do ok. 3 kA przy regulowanym czasie trwania impulsów probierczych do ok. 5 ms. Mogą być prowadzone badania charakterystyk statycznych przy sterowaniu ręcznym jak również charakterystyk dynamicznych w układzie zautomatyzowanym z komputerową rejestracją charakterystyk napięciowo-prądowych cyklicznie po wykonaniu zadanej liczby łączy.

2.1. Układ do pomiaru charakterystyk statycznych.

Stanowisko do pomiaru charakterystyk statycznych stanowi obwód I laboratorium warystorów. Badany warystor jest umieszczany w specjalnym gnieździe umożliwiającym szybką wymianę badanego obiektu oraz zapewniającym odpowiednie ułożenie i docisk elektrod zasilających. Po zainstalowaniu badanego warystora i załączeniu tablicy T1 umieszczonej w pomieszczeniu probierczym zostają doprowadzone do obwodów laboratorium odpowiednie napięcia przemiennie i stałe. Blokada drzwiowa tego pomieszczenia umożliwia załączenie próby tylko z pomieszczenia sterowni laboratorium. Wygląd pulpitu sterującego przedstawiono na rys.1b). Zasilanie obwodów sterujących odbywa się z zasilacza stabilizowanego. Gotowość do załączenia (napięcie sterujące), sygnalizuje Z1 (lampa niebieska). Naciśnięcie przycisku P1 powoduje załączenie napięcia zasilającego całe laboratorium, co sygnalizuje Z2 (lampa czerwona), Z3 (lampa niebieska gotowość obwodu I, pomiarów statycznych) oraz Z5 (lampa niebieska gotowość obwodu II, badania trwałości). Naciśnięcie przycisku P3 spowoduje załączenie napięcia sterującego na elektrozawór dwupołożeniowego odłącznika obwodu I (OWN1). Styki pomocnicze kontrolujące położenia krańcowe tego odłącznika powodują zgaszenie Z3 (lampa niebieskiej) i zaświecenie L4 (lampa czerwonej) sygnalizującej przygotowanie układu probierczego WN do przeprowadzenia próby (styki główne odłącznika zostają przełączone z obwodu rozładowania do pozycji ładowania kondensatora). Naciśnięcie przycisku P7 spowoduje załączenie napięcia zasilającego autotransformator ATR1 układu probierczego.



Schemat ideowy układu elektrycznego do pomiaru charakterystyk statycznych warystorów pokazano na rysunku 2. Napięcie probiercze ustawione autotransformatorem jest mierzone woltmierzem V1 i podawane przez transformator separacyjny TS1 do transformatora podwyższającego TWN1. Napięcie to poprzez prostownik wysokiego napięcia PWN1, rezystor ograniczający prąd 1R i styki główne odłącznika ładuje kondensator filtrujący C1. Odfiltrowane wysokie napięcie probiercze podawane jest do uchwyty mocującego warystor poprzez rezystor pomocniczy 1Rp. Prąd warystora mierzony jest multimetrem cyfrowym (mA), a napięcie warystora woltmierzem analogowym (kV).

2.2. Układ do badania trwałości łączeniowej.

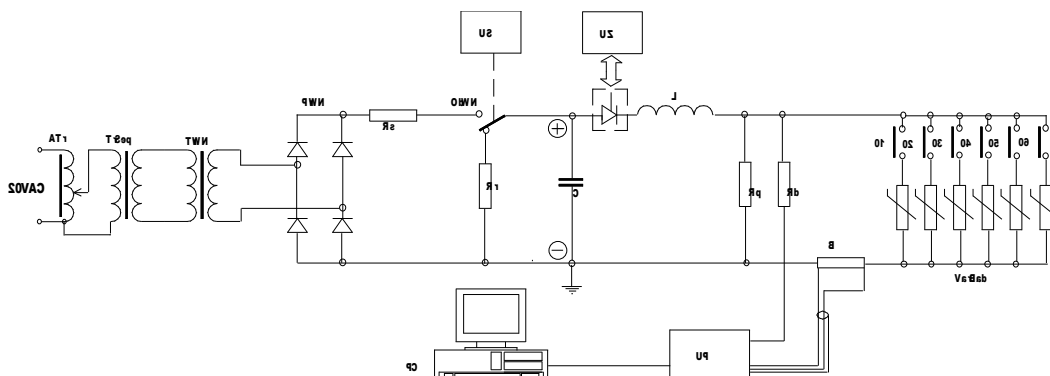
2.2.1. Opis stanowiska do badania trwałości łączeniowej.

Stanowisko do badania trwałości łączeniowej stanowi sześciotorowy obwód II laboratorium warystorów. Warystory są montowane w zestawie 6-ciu uchwytów specjalnych umieszczonych po trzy wspólnie na dwóch podstawach izolacyjnych. Każdy uchwyt posiada zaciski z przegubem kulowym, które ustalają właściwy nacisk powierzchniowy. Widok zestawu uchwytów wraz z umieszczonymi powyżej załącznikami i elementami towarzyszącymi (czujniki temperatury warystorów oraz dzielniki układu kontroli warystorów) przedstawia fotografia na rysunku 3. Wszystkie obwody oprócz sterownika, oscyloskopu i komputera załączane są z pulpitu (rys.1). Gotowość do załączenia (napięcie sterujące) sygnalizuje Z1 (lampa niebieska). Naciśnięcie przycisku P1 spowoduje załączenie napięcia zasilającego całe laboratorium, co sygnalizuje Z2 (lampa czerwona), Z3 (lampa niebieska - gotowości obwodu I, prób statycznych) oraz Z5 (lampa niebieska - gotowość obwodu II, badania trwałości). Naciśnięcie przycisku P5 powoduje załączenie napięcia sterującego na elektrozawór dwupołożeniowego odłącznika obwodu II (OWN2). Styki pomocnicze kontrolujące położenia krańcowe tego odłącznika powodują zgaszenie Z5 (lampa niebieskiej) i zaświecenie Z6 (lampa czerwonej) sygnalizującej przygotowanie układu probierczego WN do przeprowadzenia próby (styki główne odłącznika zastają przełączone z obwodu rozładowania do pozycji ładowania kondensatora). Naciśnięcie przycisku P9 powoduje załączenie napięcia zasilającego autotransformator ATR2 układu probierczego.

2.2.2. Schematy i opisy elementów stanowiska do badań trwałości łączeniowej.

2.2.2.1. Schemat i opis obwodu głównego.

Schemat ideowy układu elektrycznego do badań trwałości łączeniowej pokazano na rys.4. Napięcie probiercze ustawiane autotransformatorem jest mierzone woltmierzem V2 i podawane przez transformator separacyjny do transformatora podwyższającego TWN2.



2.2.2.3. Schemat i opisy układu kontrolno-sterującego i układu pomiarowego.

Schemat blokowy układu kontrolno-sterującego z układem pomiarowym pokazano na rys.6. Układ kontrolno-sterujący zbudowany jest z czterech zespołów konstrukcyjnych: sterownika SL-01, bloku oddzielenia galwanicznego SLOI-01 i układu kontroli warystorów opisanego w [2]. Wyczerpujące opisy budowy i działania sterownika oraz układu oddzielenia galwanicznego sygnałów dwukierunkowych znajdują się w [1]. W płycie sygnałów sterujących bloku oddzielenia galwanicznego SLOI-01 wg [1], wprowadzono zmiany układowe, dzięki którym uzyskano znaczną odporność na zakłócenia przenikające drogą transmisji z obwodu głównego do modułu WE/WY równoległych (PORT A) sterownika SL-01. Układ zasilany jest bezpośrednio z pola 7 strony NN rozdzielni głównej poprzez zegar sterujący całodobowy, stycznik stycznikowy, transformator separacyjny NN i listwę filtruj ochronną typu ACAR.

Układ pomiarowy to oscyloskop Tektronix 2220 z sondą WN i sprzęgiem IEEE-488 połączony złączem GPIB z komputerem PC wyposażonym w kartę IEEE-488/PC2. Oscyloskop, komputer i ploter zasilane są odrębnie poprzez listwę z filtrem sieciowym ACAR. Kanał CH1 oscyloskopu połączono przewodem koncentrycznym bezpośrednio do bocznika koncentrycznego klasy 0,5(R_b). Kanał CH2 oscyloskopu połączono poprzez dynamiczną sondę WN(1000:1) z punktem pomiaru napięcia na zaciskach gniazd warystorów. Zakres stosowanych napięć występujących na kondensatorze zasilającym C2 zależy od ustalonych parametrów prób, tj amplitudy prądu, czasu trwania impulsu i typu warystorów. Centralny punkt uziomu znajduje się na korpusie bocznika koncentrycznego R_b . Oscyloskop pracuje z wykorzystaniem pamięci podzielonej po 2 kB na każdy kanał, opóźnieniem startu przebiegu, alternatywnym wyzwaniem wewnętrznym bez definiowania biegunowości i każdorazowym przygotowaniem wyzwania podstawy czasu z komputera. Nastawę wielkości opóźnienia przebiegu względem momentu wyzwolenia podstawy czasu, można zmieniać wykorzystując podsystem **t_osci.exe**. Pomiarów można odebrać z pamięci oscyloskopu i archiwizować na dysku lub dyskietce wykorzystując podsystem **t_osco.exe**. Pozostałe opcje oprogramowania użytkowego **t_lab.exe** umożliwiają przeglądanie plików danych, ich przeliczenie do postaci czytelnych dla programów graficznych XY, jak również drukowanie gotowych protokółów w formie graficznej opcjonalnie na ploterach POLTIK-MDG lub ROLAND-DXY. Szczegółowy opis oprogramowania podano w p.3.3. Analizując wyniki określamy stopień degradacji warystorów w zależności od prądu, energii impulsu i liczby łączy.

2.2.2.4. Budowa i opis modu u klawiatury (MKL).

Widok modułu klawiatury pokazano na rysunku 1. Moduł MKL służy do komunikacji operatora z układem kontrolno-sterującym laboratorium trwałości łączeniowej warystorów. Klawiatura zawiera zestaw dekadowy oraz klawisze: P-parametr, F-funkcja i A-akceptacja. Wyświetlacz w sekcji AB pokazuje numer wprowadzanego parametru. Sekcja (1-6) wyświetlacza w zależności od numeru wprowadzonego uprzednio parametru wyświetla różne dane jak: parametr, temperatura rzeczywista, stany liczników kanałowych itp. Wyświetlacz w sekcji (1-6) komunikuje o stanach nadzwyczajnych, tj wyświetla numery błędów dwucyfrowo na pozycji (3-4) lub jako wielokropek na całości wyświetlacza. Opis działania i obsługi modułu klawiatury zawiera załącznik w p. 4.2.

Rysunek 1.

a) widok modu u klawiatury MKL, gdzie :

- 1) wyświetlacz numeryczny dwu pozycyjny (A i B),
- 2) wyświetlacz numeryczny 6-cio pozycyjny (6 ÷1),

b) widok pulpitu sterowniczego laboratorium warystorów, gdzie :

- | | |
|--------------------------|-------------------------------------|
| Z1, Z3, Z5 | - lampy sygnalizacyjne niebieskie, |
| Z2, Z4, Z6 | - lampy sygnalizacyjne czerwone, |
| P1, P3, P5, P9, P11, P12 | - przyciski zielone (załączające), |
| P4, P6, P8, P10 | - przyciski czerwone (wyłączające), |
| P2 | - przycisk blokady bezpieczeństwa, |
| PT | - przełącznik dwu pozycyjny. |

2.2.2.5. Schemat i opis układu kontroli napięcia na kondensatorze zasilającym.

Dotychczas stosowany w Laboratorium Warystorów układ kontroli minimalnego ładunku kondensatora zasilającego zmodyfikowano z wielu względów. Najważniejszy z nich to znaczne przekroczenia wymaganego do prób napięcia na kondensatorze podczas zatrzymania pomiarowego cyklu na skutek przekroczenia limitów temperatur wszystkich badanych w cyklu automatycznym warystorów. Ponadto podczas wykonywania prób jednokrotnych w wybranym kanale pomiarowym w celu rejestracji wyniku pomiaru niezbędny jest układ zapewniający utrzymanie napięcia kondensatora w określonych granicach podczas przygotowania do pomiarów. Schemat ideowy zmodyfikowanego układu kontroli napięcia na kondensatorze pokazano na rysunku 7. Układ dyskryminatora napięcia zbudowano wykorzystując przekaźnik specjalny PU i zespół rezystorów nastawczych. Obwód ten włączono w istniejący dzielnik WN układu kontroli napięcia (ładunku) minimalnego (U_K). Styk czynny przekaźnika PU łączy przekaźnik pomocniczy prądu stałego PP (60 V). Styk bierny przekaźnika PP wykonuje czynności łączeniowe w obwodzie sterowania ładowaniem kondensatora zasilającego C. Drugi styk bierny przekaźnika PP steruje układami rezystorów do nastawiania napięcia ograniczenia ładowania i napięcia powrotu ładowania. Układ mimo prostoty zapewnia właściwe działanie przy niewielkiej interakcji między obwodami nastaw w/w poziomów napięć. Układ przekaźnika pomocniczego PP wykorzystuje napięcie pomocnicze niestabilizowane 50 V prądu stałego. Źródło to wraz z elementami towarzyszącymi zapewnia właściwą separację układu wykonawczego sterowania ograniczaniem napięcia od obwodu pomiarowego WN. Układ wykonawczy stanowi nie pokazany na schematach stycznik, którego styki główne łączą napięcie probiercze po stronie pierwotnej autotransformatora ATR2 (rysunek 4).

Nie pokazany na schematach obwód sterowania stycznikiem układu ładowania zrealizowano wykorzystując napięcie stabilizowane 25 V i istniejący w układzie lecz nie pokazany na schemacie przekaźnik dodatkowy prądu stałego. Styki czynne tego przekaźnika wykorzystane są: jeden do podtrzymania własnego a drugi do łączenia w obwodzie cewki napędowej stycznika. Zmiana układu polega na włączeniu styku przekaźnika pomocniczego PP w obwód cewki napędowej stycznika szeregowo ze stykiem w/w przekaźnika dodatkowego. Zatem układ ograniczania napięcia ładowania kondensatora zasilającego uzupełnia o nową funkcję dotychczasowe zasady sterowania stycznikiem, ale nie zmienia obwodu blokad bezpieczeństwa tego układu (P2, P9 i P10 na rysunku 1). Opis układu blokad, sygnalizacji i zasad bezpieczeństwa zastosowanych w laboratorium znajduje się w załączniku (p. 4.1).

3. Pomiary.

3.1. Opis badanych warystorów.

Warystory dostarczone do badań są warystorami cylindrycznymi o średnicy 58 mm i wysokości 10 mm. Powierzchnie czołowe posiadają kołową metalizację galwaniczną z aluminium o średnicy 55 mm, o nieznannej grubości warstwy. Powierzchnia boczna warystora jest zabezpieczona warstwą ochronną typu żywicznego. Obserwacje podczas badań dowodzą, że warstwa ta jest krucha i wskutek zgniotu występującego w gnieździe pomiarowym niekiedy pęka i odpada od powierzchni bocznej warystora. Wada powyższa spowodowana jest brakiem fazowania na krawędzi powierzchni czołowych warystora.

3.2. Cel i zakres badań.

Podstawowym celem badań warystorów o w/w własnościach było doświadczalne określenie amplitudy impulsu prądowego o kształcie pół fali sinusoidy i czasie trwania 5 ms, przy którym trwałość łączeniowa wynosi przynajmniej 20 tys. zadziałań. Ponadto należało zbadać rozrzuty parametrów prądowo-napięciowych warystorów oraz określić zmiany degradacyjne następujące wskutek działania dużymi impulsami prądu. Badania wykonano na partii 44 warystorów. Wyniki przedstawiono w postaci tablic, wykresów, charakterystyk i protokółów. W punkcie 3.4 na stronach 18÷22 pokazano tablice charakterystyk statycznych warystorów w zależności od liczby zadziałań w zakresie 0÷20 tys. Tablice ujmują wyniki z trzech podstawowych punktów pomiarowych. Następne strony zawierają wyniki badań degradacji warystorów w postaci wykresów charakterystyk statycznych naniesionych kolejno dla rosnącej liczby zadziałań. W punkcie 3.5 na stronach 32, 33 znajdują się wyniki badań trwałości łączeniowej w układzie tabelarycznym. Podano tutaj końcowe liczby zadziałań, parametry impulsów prądowych oraz krótkie opisy zjawisk, uszkodzeń lub przyczyn eliminowania warystorów z dalszych badań. Zakres badań obejmował również testowanie systemu komputerowego do obsługi i archiwizacji wyników pomiarów opracowanego dla potrzeb laboratorium.

3.3. Opis systemu do archiwizacji wyników badań trwałości łączeniowej.

Sprzęt systemu składa się z komputera PC z kart IEEE-488, połączonego złączem GPIB z oscyloskopem Tektronix 2220. W komputerze można zainstalować dwie takie karty, z których każda może obsłużyć szesnaście urządzeń pomiarowo-kontrolnych. Oprogramowanie systemu zapewnia obsługę transmisji dwukierunkowej pomiędzy komputerem a oscyloskopem, umożliwia bieżący podgląd graficzny przebiegu prądu dla oceny jego przydatności do archiwizacji, a ponadto umożliwia zapis zweryfikowanych plików danych na dyskietce i na dysku komputera, z automatycznym zapisem daty i czasu pomiaru. Do pliku zapisywane są również parametry pomiaru i nastawy oscyloskopu. Podczas opracowywania wyników wykorzystuje się te zapisy do analizy i obliczeń, np: energii i całki Joule'a. Bloki programowe odczytu i archiwizacji są częścią składową większego systemu **t_lab.exe**, który umożliwia wybór określonych przebiegów z katalogu dyskowego, przeglądanie poszczególnych przebiegów pliku w formie numerycznej lub graficznej, ewentualne przenoszenie tych przebiegów i wykresu energii impulsu na ploter w formie raportu, zapewnia również opcję formatowania i przeniesienia plików danych do właściwych katalogów zajętych przez programy generujące wykresy w układzie X,Y. System obsługi laboratorium składa się z dwóch niżej wymienionych programów:

- 1) **t_osci.exe** zapewnia inicjalizację oscyloskopu, ustalenie parametrów ekranu wyzwalania oraz odczytanie i informowanie operatora o stanie niektórych przełączników. Na podstawie tych informacji operator koryguje ustawienia parametrów oscyloskopu.
- 2) **t_osco.exe** zapewnia bieżące i wielokrotne transmisje przebiegów oraz przygotowania generatora podstawy czasu do wyzwolenia podczas kolejnego pomiaru. Ponadto umożliwia podgląd graficzny przebiegu impulsu prądowego oraz archiwizację na dysku komputera lub dyskietce odczytanych z pamięci oscyloskopu przebiegów i parametrów pomiaru. Programy **t_lab.exe**, **t_osci.exe** i **t_osco.exe** opracowano w środowisku BORLAND-TB 2.0, wykorzystując instrukcje i procedury przewidziane dla sprzętów IEEE-488 przez Tektronix i Advantech, jako dostawców urządzeń współpracujących w układzie. Programy mają układ strukturalny z wyraźnymi odwołaniami do często wykonywanych procedur współpracy z pamięcią komputera i procedur obsługi ewentualnych błędów. Przekaz tekstowy ekranu zawiera proste informacje dotyczące stanu kontrolowanych nastaw oscyloskopu oraz sugerujące możliwy sposób zachowań użytkownika systemu. Opis działania, a zwłaszcza sposobu instalacji systemu odczytu i archiwizacji danych oraz pozostałych opcji programu **t_lab.exe** jako całości, znajduje się w załączniku w p. 4.3. Załącznik zawiera również pełne wydruki programów.

3.6. Wnioski z badań.

Doświadczalnie ustalono, że trwałość 20 tys. cykli łączeniowych przy $T_i = 4.8$ ms i sinusoidalnym kształcie impulsu prądowego osiąga się przy amplitudzie 400 A, co przy występującym wówczas średnim napięciu ograniczonym 2.5 kV odpowiada energii impulsu ok. 2.6 kJ. Powiększanie amplitudy prądu powoduje szybkie malenie trwałości. Dostarczona do badań partia warystorów posiada zawyżony zakres rozrzutu parametrów napięciowych do ok. 2%, wliczając do tego również zmiany typu degradacyjnego. Charakterystyka napięciowo-prądowa pod wpływem degradacji impulsami prądu ulega podwyższeniu, co w praktyce oznacza zmniejszenie prądu upływu przy stałej temperaturze i tym samym napięciu przyłożonym do warystora. Opracowany układ i system do pomiarów oraz archiwizacji wyników sprawdził się w praktyce zarówno podczas pomiarów, jak i w fazie opracowywania wyników badań. Dotychczas osiąga się w laboratoryjnym stanowisku do badań trwałości łączeniowej średnio 100 impulsów/godzinę dla każdego warystora umieszczonego w sześciotorowym zestawie badawczym przy pracy w cyklu automatycznym.

4. Załączniki.

4.1. Wskazówki bezpiecznej obsługi laboratorium warystorów.

Laboratorium warystorów zbudowano w dwóch pomieszczeniach posiadających odrębne wejścia dla obsługi. Pomieszczenie sterowni wyposażono w pulpit, nad którym znajduje się okno z szyb ze szkła organicznego. Okno to zapewnia dobrą obserwację obwodów głównych laboratorium i bezpieczeństwo obsługującego w przypadku eksplozji warystora. Pomieszczenie obwodów głównych posiada blokady bezpieczeństwa są to: blokada zakresu ciśnień sprężonego powietrza stosowanego do przełączania odłączników WN z położenia roboczego ładowania kondensatorów do położenia bezpieczeństwa, które zapewnia samoczynne rozładowanie kondensatorów poprzez rezystory. Blokada zanikowo-napięciowa powodująca wyłączenie laboratorium w przypadku zaniku napięcia głównego lub pomocniczego. Przełączenie odłączników WN do położenia bezpieczeństwa następuje samoczynnie dzięki kondensatorowemu zasobnikowi energii. Energia ta jest wystarczająca do jednorazowego przełączenia dwóch odłączników. Blokady ręczne typu przyciskowego dla obwodów głównych oraz dla obwodów sterowniczych i pomiarowych. W obwód blokad ręcznych włączono zegar sterujący całodobowy, który przerwa obwody blokad laboratorium pracującego w cyklu automatycznym. Możliwe jest wykorzystanie styków pomocniczych zegara w układzie rozdzielni głównej Drugiego Zespołu Laboratoriów i/lub do wyłączania sprężarki. Blokada zamkniętych drzwi pomieszczenia obwodów głównych laboratorium wraz z sygnalizacją świetlną ostrzegawczą nad drzwiami laboratorium. Zapewnia ostrzeżenie o wykonywanej aktualnie próbie i niebezpieczeństwie związanym z obecnością wysokiego napięcia w obwodach głównych laboratorium warystorów. W przypadku, gdy mimo ostrzeżenia osoba niepowołana otworzy drzwi pomieszczenia obwodów głównych, nastąpi samoczynne wyłączenie wszystkich obwodów laboratorium, przełączenie odłączników i rozładowanie kondensatorów WN. Ponadto laboratorium wyposażono w drążek uziemiający zaopatrzony w rezystory do rozładowania pozostałego na kondensatorach ładunku szczytkowego i końcowego zwarcia zacisku WN z szyną uziomu. Operator laboratorium przed przystąpieniem do pracy winien zapoznać się z ewentualnymi uwagami dotyczącymi stanu sprzętu i urządzeń laboratorium wpisanymi do "Dziennika pracy laboratorium". Po sprawdzeniu stanu zabezpieczeń obwodów głównych i pomocniczych oraz zdjęciu drążków uziemiających operator uruchamia obwody sterujące i pomiarowe laboratorium. Sprawność w/w układów upoważnia do uruchomienia układów zasilających obwody głównych laboratorium. Po wykonaniu pomiarów zawsze należy sprawdzić, czy pokrętła autotransformatorów znajdują się w położeniu zerowym.

4.2 Obsługa modułu klawiatury (MKL) sterownika SL-1.

F - funkcje sterujące prób :

- F+0 umożliwia kasowanie jednego znaku wprowadzonego z klawiatury,
Powyższy zapis oznacza sekwencję następujących czynności :
naciśnij **F** i przytrzymując dalej, naciśnij **0**.
Z wyświetlacza zniknie ostatnio wprowadzony znak.
- F+1 umożliwia kasowanie ca ego bufora znakowego,
- F+2 umożliwia odczytanie parametru po uprzednim wprowadzeniu jego numeru,
- F+3 umożliwia odczytanie bajtu diagnostyki (w formie binarnej) po uprzednim wprowadzeniu numeru parametru diagnostyki, w/ g poniższych przykładów:
- P+0, 0; F+3 umożliwia odczyt bajtu flagi,
 - P+0, 1; F+3 umożliwia odczyt numeru aktualnie obsługiwanego kanału,
 - P+0, 2; F+3 umożliwia odczyt bajtu wysłanego rozkazu,
 - P+0, 3; F+3 umożliwia odczyt kanałów załączników awaryjnych,
 - P+0, 4; F+3 umożliwia odczyt kanałów warystorów awaryjnych,
- F+4 umożliwia zatrzymanie cyklu badań automatycznych,
- F+5 umożliwia wznowienie cyklu badań automatycznych,
- F+6 umożliwia jednokrotne uruchomienie próby w wybranym uprzednio kanale prób, sekwencji wprowadzenia parametru tj P+*, *, F+6.

P - parametry prób:

- P+0, 0 umożliwia ustalenie ilości aktywnych kanałów w obwodzie prób automatycznych uruchamianych sterownikiem SL-01.
Przykładowa sekwencja : P+0, 0; 6; A (oznacza ustalenie sześciu kanałów).
Powyższy zapis oznacza sekwencję następujących czynności :
naciśnij **P** i przytrzymując dalej, naciśnij dwukrotnie **0**, wyświetlacz w sekcji AB pokaże (**0 0**),
zwolnij klawisz **P**,
naciśnij klawisz **6**,wyświetlacz w sekcji 6-1 pokaże (**6 0 0 0 0 0**),naciśnij klawisz **A**, diody sygnalizacyjne INTA, INT, RUN, HALT na sterowniku SL-01 zasygnalizują migotaniem roboczą sekwencję przyjscia nowego parametru do pamięci zapisywalnej programu.

P+*, *

- Umożliwia ustalenie limitu temperatury warystora w wybranym kanale. Wykorzystywany w tym celu zakres (01 do 06) oznacza wprost nr kanału, Przykładowa sekwencja : P+0, 1; 60, A (oznacza ustalenie limitu 60 °C w pierwszym kanale pomiarowym, A oznacza akceptację). Zakres wykorzystywanych limitów temperatur (25-70°C).
- Zakres parametrów (07 do 08) nie jest używany.
- Zakres parametrów (09 do 14) umożliwia odczytanie stanu liczników impulsów (prób) wykonanych w poszczególnych kanałach badań.
Przykładowa sekwencja P+0, 9; F+2 (oznacza odczytanie stanu licznika wykonanych prób w pierwszym kanale pomiarowym).
Powyższy zapis oznacza sekwencję następujących czynności :
naciśnij **P** i przytrzymuj c dalej, naciśnij kolejno **0** i **9**, a wyświetlacz w sekcji AB pokaże (**0 9**),zwolnij klawisz **P**,

naciśnij **F** i przytrzymując dalej naciśnij klawisz **2**,
zwolnij klawisz **F**, a wyświetlacz w sekcji 6-1 pokaże aktualny stan licznika.
d) Zakres parametrów (15 do 16) nie jest używany.
e) Zakres parametrów (17 do 22) umożliwia odczytanie rzeczywistej temperatury w wybranym kanale badań.
Przykładowa sekwencja : P+1, 7; F+2 oznacza odczytanie wartości temperatury rzeczywistej w kanale pierwszym.

E - komunikaty o błędach :

Komunikaty o błędach wyświetlane są samoczynnie na wyświetlaczu w sekcji 1-6 na pozycjach środkowych tj 3 i 4. Ponadto o błędach świadczy wielokropek pokazujący się na wszystkich pozycjach wyświetlacza jednocześnie. Należy użyć wówczas funkcji F+0 bądź F+1 albo wykonać RESET sprzętowy (klawisz na sterowniku).

Znaczenie komunikatów jest następujące :

- 01 - szczerzenie się styków załącznika (głównych lub pomocniczych),
- 02 - nie gotowy kondensator zasilający (zbyt niskie napięcie),
- 03 - pełna awaria (stwierdzenie wielu błędów w stanowisku pomiarowym),
- 04 - temperatura przekroczyła ustalony limit,
- 05 - błędnie wpisany nr kanału dla załączania jednokrotnego,
- 06 - kanał awaryjny dla załączania jednokrotnego,
- 07 - kanał awaryjny dla pracy w cyklu automatycznym.

D - diagnostyka sterownika :

W przypadku zawieszenia lub wadliwości pracy sterownika lub innych układów laboratorium, należy wykorzystać sekwencje diagnostyczne omówione w p-cie 4.2, jako funkcje sterujące prób (P+0, *; F+3),

Wyświetlacz w sekcji 1-6 pokazuje wówczas fragment bajtu o danym adresie, którego poszczególne bity mają przypisane programem diagnostycznym znaczenie:

P+0, 0; F+3 sześciobitowy fragment bajtu flagi:

- bit 0 na pozycji 1; 0-bez błędu, 1-oznacza błąd,
- bit 1 na pozycji 2; 1-oznacza blokadę klawiatury i wskaźnika,
- bit 2 na pozycji 3; 1-oznacza zakończenie przerwania 100 ms,
- bit 3 na pozycji 4; 1-oznacza zakończenie pomiaru temperatury,
- bit 4 na pozycji 5; 1-oznacza przekroczenie limitu temperatury,
- bit 5 na pozycji 6; 1-oznacza awarii styków załączników.

P+0, 1; F+3 trójbitowy fragment bajtu z numerem aktualnego kanału prób,

- bit 0 na pozycji 1; 1-oznacza 2^0 ,
- bit 1 na pozycji 2; 1-oznacza 2^1 ,
- bit 2 na pozycji 3; 1-oznacza 2^2 .

P+0, 2; F+3 dwubitowy fragment bajtu aktualnie wysłanego rozkazu do portu C, układu portów równoległych 1,

- bit 0 na pozycji 1; 1-oznacza załączenie pomiaru temperatury,
- bit 1 na pozycji 2; 1-oznacza impuls bramki tyrystorów załącznika.

P+0, 3; F+3 sześciobitowy fragment bajtu z oznaczeniem toru awarii załącznika,

- bit 0 na pozycji 1; 1-oznacza awarii załącznika w kanale 1,
- bit 1 na pozycji 2; 1-oznacza awarii załącznika w kanale 2,
- bit 5 na pozycji 6; 1-oznacza awarii załącznika w kanale 6.

P+0, 4; F+3 sześciobitowy fragment bajtu z oznaczonymi kanałami awarii warystorów,
bit 0 na pozycji 1; oznacza awarii warystora w kanale 1,
bit 1 na pozycji 2; oznacza awarii warystora w kanale 2,
bit 5 na pozycji 6; oznacza awarii warystora w kanale 6.

Uwaga :

Jednoczesne naciśnięcie klawiszy P, F, A, a więc wykonanie sekwencji P+F+A, spowoduje ustawienie lub usunięcie blokady klawiatury i wyświetlacza (ustawienie lub wyzerowanie flagi).

4.3. Obsługa układu i systemu archiwizacji wyników badań trwałości łączeniowej.**4.3.1. Instalacja karty IEEE-488 w komputerze PC.**

Przed instalacją karty IEEE-488 w komputerze PC należy sprawdzić ogólny stan karty. Następnie należy zgodnie z instrukcją producenta sprawdzić ustawienie przełączników DIP-SW i zwór zapewniających właściwą współpracę karty z komputerem. O ile nie ma przeciwwskazań mogących powodować konflikty, np w adresowaniu lub w obsadzeniu już zajętego poziomu przerwań sprzętowych, należy w miarę możliwości doprowadzić do zgodności default 'owej w/w ustawień. Po wykonaniu powyższego należy zapamiętać wartości tych parametrów w celu ich zweryfikowania i wykorzystania w programie konfiguracji softwarowej. Kartę należy zakładać do komputera w stanie bez napięcia.

4.3.2. Instalacja oprogramowania pomiarowego i programu użytkowego.

Do programowego dokończenia instalacji interface 'u GP-IB w komputerze PC bardzo przydatne jest oprogramowanie firmowe National Instruments GPIB-PC Software Instalation Program, 1984 Rev. C.O. Pakiet instalacyjny znajduje się na dyskietce w katalogu GPIB-PC. Instalację uruchamiamy komendą **ibstart x** : gdzie x oznacza literowy symbol stacji, z której rozpoczynamy instalację. Pakiet programowy krok po kroku ułatwia operatorowi wykonanie wszystkich czynności instalacyjnych, konfiguracyjnych a następnie wykonuje sekwencje diagnostyczne sprawdzające prawidłową współpracę interface 'u GPIB z komputerem PC, w którym jest zainstalowany. Pakiet programowy NI zawiera również program konfiguracyjny **ibconf.exe** do wykorzystania zawsze podczas uruchamiania zewnętrznych urządzeń I/O podłączonych do systemu GPIBus. Instrukcje fabryczne urządzeń pracujących w systemie zawierają opisy komend wykorzystywanych następnie przez programy użytkowe obsługujące urządzenia pomiarowe oraz kontrolne współpracujące z komputerem. Komendy te zastosowano również w systemie softwarowym obsługującym laboratorium warystorów, tj w **t_osci.exe** i **t_osco.exe**. Podprogramy te pracują w dwóch pierwszych opcjach menu programu użytkowego **t_lab.exe** do obsługi laboratorium warystorów. W celu zabezpieczenia programu i danych przed nieuprawnionym użyciem wszystkie opcje menu wykorzystujące zbiory zarejestrowanych danych są zabezpieczone poprzez dyskietkę z kodowym zapisem. Zatwierdzone przez operatora dane pomiarowe są na bieżąco zapisywane na dyskietce kodowej operatora, a przed wyjęciem z programu wykonuje się kopię zapasową na dysku twardym komputera PC. Program **t_lab.exe** może być uruchamiany poprzez menu użytkownika lub komendę "t" z dowolnego katalogu. Dyskietka kodowa zawiera więc plik kodu, pakiet instalacyjny GPIB-PC oraz katalog użytkowy TBASIC. W razie utraty lub uszkodzenia programu pakiet obsługi kopiujemy z dyskietki do katalogu C:\USER na dysku twardym komputera.

Wykaz elementów obwodów głównych Laboratorium Warystorów

2	ATR1	Autotransformator	220/250 V, 2000 VA
2	TS1	Transformator	220/100, 300 VA
2	TWN1	Transformator WN	0,1/11 kV, 380 VA
2	PWN1	Prostownik WN	10 kV, 1A
2	OWN1	Odłącznik WN	10 kV, 50 A
2	1R	Rezystor	9 k Ω , 600 W
2	1R _p	Rezystor	22 k Ω , 10 W
2	1R _u	Rezystor	330 k Ω , 50 W
2	C _f	Kondensator	53 μ F, 10 kV
2	mA	Multimetr VC-10T	0,1÷1000 mA
2	R _r	Rezystor	10 Ω , 1000 W
2	1R _d	Sonda WN	1000 M Ω , 30 kV, 100:1
2	kV	Woltomierz URV-2	0÷10 kV
4	ATR2	Autotransformator	220/250 V, 2500 VA
4	TS2	Transformator	220/100 V, 2500 VA
4	TWN2	Transformator WN	0,1/15 kV, 800 VA
4	PWN2	Prostownik WN	10 kV, 1A
4	OWN2	Odłącznik WN	10 kV, 50 A
4	2R	Rezystor	9 k Ω , 600 W
4	2R _u	Rezystor	250 k Ω , 200 W
4	2R _d	Sonda WN	1000 M Ω , 40 kV, 1000:1
4	R _b	Bocznik koncentryczny	10 m Ω , 10 kA, 1s
4	C _z	Bateria kondensatorów	1380 μ F, 10 kV
4	L	Dławik powietrzny	1÷5,7 mH
4	ZT	Załącznik tyrystorowy	10 kV, 1 kA

Literatura :

[1] M. Bartosik, R. Lasota, E. Malinowska, F. Wójcik, P. Nowacki, A. Ratecki, M. Szymański, "Degradacja wysokoenergetycznych warystorów tlenkowych w jednokierunkowym polu elektrycznym o zmiennym natężeniu". Opracowanie IAE P 1385/1991

[2] Piotr Milczarek, "Degradacja warystorów tlenkowych". Praca dyplomowa magisterska IAE P nr D-539/1992

[3] PCL-848A/B Interface Card User's Manual Part No. 90848-000A1 Rev.1, 1989

[4] 2220 Instrument Interfacing Guide Order No. 060-5706-00, 1986

[5] Ploter MDG-1 Instrukcja użytkowania ISS Katowice, 1987

[6] X-Y Plotter- DXY-1300/-1200/-1100 Command Reference Manual No. D3012A090BE Roland Digital Group

[7] Stabilizatory typu ST, MERA SWW 0929-2, 1975