



**FIRMA INNOWACYJNO
-WDROŻENIOWA**

ul. Źródlana 8

Koszyce Małe

33-111 Koszyce Wielkie

tel.: 0146210029, 0146360117, 608465631

faks: 0146210029, 0146360117

mail: biuro@elbit.edu.pl

www.elbit.edu.pl

**ZASILACZ WYSOKONAPIĘCIOWY PPS
GENERATOR PRĄDÓW UDAROWYCH**



Spis treści

Wstęp	3
Opis techniczny.....	4
Parametry podstawowe generatora prądów uderowych:	4
Czujniki i przetworniki.....	6
Przetwornik prądu LA 100-P.....	6
Przetwornik prądu ACF3000_18/18	7
Urządzenia wykonawcze.....	8
Sterownik CPU03	8
Ignitron NL7703.....	10
Budowa i działanie urządzenia	12
Sterowanie.....	17
Algorytmy pracy	19
Pomiary	21
Opis programu narzędziowego „WNPPS”	23
Instrukcja użytkowania	29
Instrukcja bezpieczeństwa i higieny pracy	29
Instrukcja obsługi	29
Załączniki.....	31
Dokumentacja towarzysząca.....	31

Wstęp

Generator wysokich uderów prądowych zwany zamiennie zasilaczem wysokonapięciowym jest to urządzenie służące do badań odporności urządzeń na impulsowe pole magnetyczne (zgodnie z normą IEC/EN 61000-4-9) oraz do zasilania urządzeń do spiekania proszków nagrzewanych metodą impulsowo-plazmową (pulse plasma sintering).

Zasada działania polega na kontrolowanym ładowaniu baterii wysokonapięciowych kondensatorów do zadanego napięcia, a następnie na wyładowaniu wysokoprądowym o kontrolowanym przebiegu.

Opis techniczny

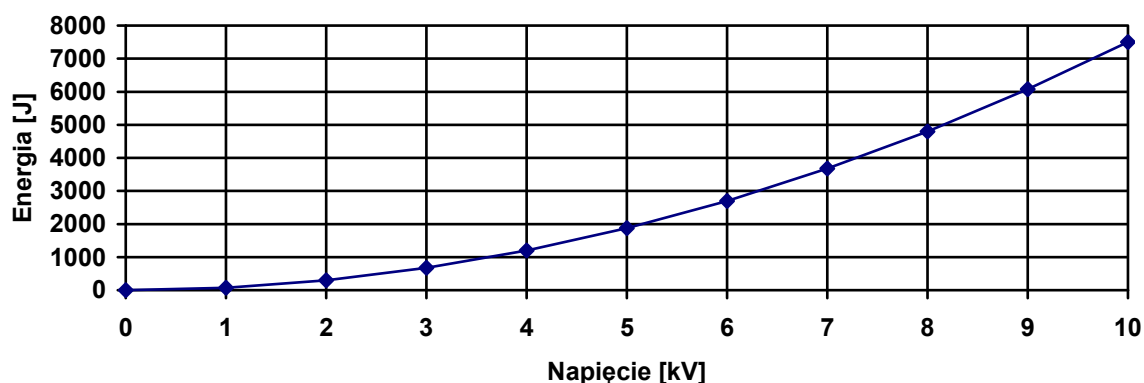
Parametry podstawowe generatora prądów udarowych:

Maksymalny prąd udarowy:	35kA
Kształt impulsu prądowego dla zwartego wyjścia:	
czas czoła:	8 μ s
czas półszczytu:	20 μ s
Maksymalne napięcie wyjściowe:	8kV
Maksymalna energia wyładowania:	4800J
Sterowanie:	tor cyfrowy
Wymiary (dług. X szer. X wys.):	200x60x130cm
Waga:	ok. 230kg
Temperatura pracy:	0÷40°C
Wilgotność:	do 50%

Instalacja elektryczna:

Zasilanie:	trójfazowe
Napięcie zasilana:	3x400VAC
Długość kabla zasilającego:	5m
Moc:	1200W

Energia wyładowania zależy od ustawionego napięcia ładowania baterii kondensatorów.
Zależność energii od napięcia przedstawiono na wykresie:



UWAGA:

W urządzeniu występują ekstremalnie wysokie napięcia, oraz wysokie temperatury. Podczas pracy należy zachować szczególną ostrożność, a każdy przypadek niewłaściwego działania należy zgłaszać do producenta !

Bezwzględnie należy przestrzegać prawidłowego uziemienia zasilacza i dołączonych do niego urządzeń odbiorczych.

Poniżej przedstawiono wyciągi z dokumentacji i opisy ważniejszych podzespołów użytych do konstrukcji urządzenia.

Czujniki i przetworniki

Przetwornik prądu LA 100-P



Własności:

Przetworniki elektryczne firmy LEM transformują prąd pierwotny na izolowany galwanicznie sygnał proporcjonalny do wartości chwilowej lub skutecznej tego prądu w szerokim paśmie częstotliwości od 0 do 800 kHz. Stosowane są do pomiaru prądów stałych i zmiennych do 20 kA (do zastosowań przemysłowych i trakcji elektrycznej) oraz bardzo dużych prądów w procesach galwanicznych do 500 kA (nieuwzględnione w tym rozdziale) oraz napięć do 6400V wartości skutecznej.

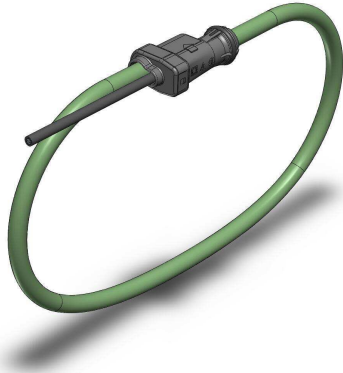
Przetworniki prądowe do zastosowań przemysłowych uszeregowane są w funkcji wzrastających prądów znamionowych od 0.25A do 20 000A. Ponadto podane są osobno przetworniki prądowe z wyjściem 4-20mA lub 0-10V stosowane w układach sterujących procesami technologicznymi, przetworniki napięciowe oraz przetworniki w wykonaniu specjalnym do zastosowań w trakcji elektrycznej.

Głównym celem stosowania przetworników elektrycznych jest uzyskanie izolowanego od strony pierwotnej niskonapięciowego sygnału analogowego lub cyfrowego odzwierciedlającego wartość chwilową (kształt) lub skuteczną elektrycznej wartości mierzonej z wystarczającą dokładnością w danym paśmie częstotliwości. Sygnał ten może być odczytywany lub rejestrowany na mierniku lub monitorze, jak również przetwarzany do sterowania układów elektrycznych

Zakres pomiaru prądu zmiennego:	-160A do 160A
Zakres pomiaru prądu stałego:	-160A do 160A
Zasilanie:	$\pm 12V$ do $\pm 15V$
Dokładność:	0.7%
Czas odpowiedzi:	1 μs
Przepustowość:	200kHz
Pobór prądu:	10mA

Pełna karta katalogowa w załącznikach.

Przetwornik prądu ACF3000_18/18



Własności:

Seria przetworników prądowych ACF przeznaczona jest do pomiaru prądów przemiennych w zakresie od kilkuset miliamperów do kilkuset kiloamperów i częstotliwości od dziesiętnych części Hz do kilkunastu MHz.

Typowymi aplikacjami zastosowań cewek Rogowskiego jest pomiar i rejestracja kształtu przebiegu prądu kluczy półprzewodnikowych, sygnałów sinusoidalnych wyższych częstotliwości,

pulsacyjnych i innych charakteryzujących się dużą zmiennością.

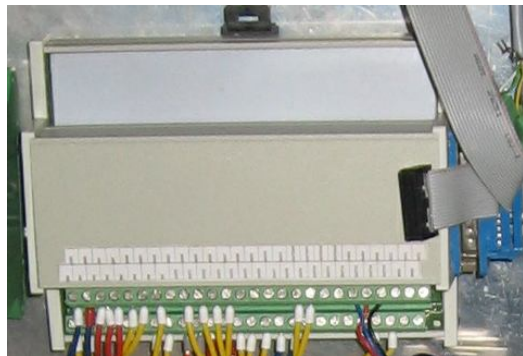
Charakterystyka elektryczna:

Zakres pomiaru prądu:	3000A
Kalibrowane wyjście VRMS at 1000 ARMS / 50Hz:	85mV
Dokładność (25°C, 50Hz):	± 0.5% zakresu
Liniowość (10% to 100% zakresu):	± 0.2% zakresu
Wewnętrzna rezystancja:	120_ ± 15
Rezystancja obciążenia:	1M
Pasmo (-3dB):	10Hz to 20kHz
Błąd fazy (45 – 65Hz):	±1°
Współczynnik temperaturowy:	± 0.05% zakresu/°C

Pełna karta katalogowa w załącznikach.

Urządzenia wykonawcze

Sterownik CPU03



Opis działania

Sterownik CPU03 przeznaczony jest do sterowania prostymi procesami przemysłowymi.

Sterownik posiada osiem wejść i osiem wyjść cyfrowych oraz cztery 12-bitowe wyjścia i cztery 12-bitowe wejścia analogowe. Sterownik przystosowany jest do zasilania z zewnętrznego źródła napięcia stałego, którego wartość powinna zawierać się w granicach od 10V do 30V.

Sterownik posiada wbudowane zabezpieczenie przed odwrotną polaryzacją zasilania oraz wbudowany zestaw elementów przeciwprzepięciowych chroniących czujnik od przepięć powstałych na magistrali RS485/RS422.

Dane techniczne:

Zasilanie:	10÷30Vdc
Pobór prądu:	0.1 ÷ 0.3A
Sygnał wyjściowy	transmisja szeregową
Interfejs:	RS232 lub RS485
Protokół:	MODBUS RTU
Adres urządzenia:	ustawiany 1÷255
Prędkość transmisji:	400, 4800, 9600, 19200, 28800, 57600 kbit/s
Maksymalny zasięg (RS485):	1200m.
Stopień ochrony obudowy:	IP32
Temperatura pracy:	0÷70°C
Parametry wejść cyfrowych:	
punkt przełączenia:	11.8V;
maksymalna częstotliwość sygnału wejściowego:	500Hz
Parametry wyjść cyfrowych:	
maksymalna częstotliwość sygnału wyjściowego:	>2kHz
maksymalny ciągły prąd wyjściowy:	0.5A
Parametry wejść analogowych:	
przetwornik	12-bitowy
częstotliwość kwantyzacji:	1kHz
Każde wejście analogowe może być w procesie produkcyjnym skonfigurowane następująco:	
○ 0÷5V;	
○ 0÷10V;	
○ 0÷20mA;	

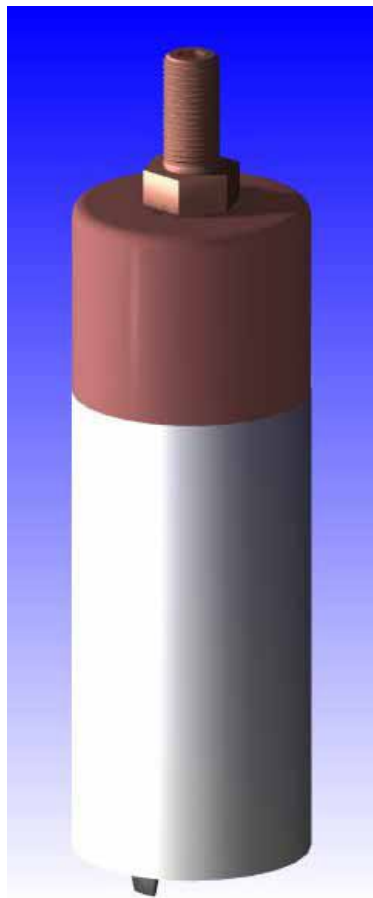
Parametry wyjść analogowych:

przetwornik 12-bitowy;

maksymalna częstotliwość
sygnału wyjściowego: >100Hz

Każde wyjście analogowe może być w procesie produkcyjnym skonfigurowane następująco:

- 0÷5V;
- 0÷10V;

Ignitron NL7703**Opis techniczny**

Ignitron to lampa gazowana trójelektrodowa z ciekłą katodą (rtęć), w której wyładowanie łukowe jest zapoczątkowane za pomocą zapalnika (ignitera). Ignitron służy do prostowania niezbyt wysokich napięć zmiennych, ale może dawać duże wartości natężenia prądu.

Maximum Ratings NL7703

	Damped Discharge	Ringing Discharge
Peak Anode Voltage		
Forward	20,000	20,000 V
Inverse	20,000	20,000 V
Critical Anode Starting Voltage (MIN)	100	100 V
Anode Current		
Peak	100,000	100,000 A
Average	0.75	0.25 A
Maximum Average Time	1	1 Cycle
Length of Conduction	0.3	20 mS
Discharge (Rep Rate) Typical	2	2 Per Minute
Total Charge (Per Minute)	30	30 Coulombs
Ionization Time	0.5	0.5 μ s

Maximum Ratings NL7171

	Damped Discharge	Ringling Discharge
Peak Anode Voltage		
Forward	15,000	15,000 V
Inverse	15,000	15,000 V
Critical Anode Starting Voltage (MIN)	100	100 V
Anode Current		
Peak	35,000	35,000 A
Average	0.75	0.25 A
Maximum Average Time	1	1 Cycle
Discharge (Rep Rate) Typical	2	2 Per Minute
Total Charge (Per Minute)	30	30 Coulombs
Ionization Time	0.5	0.5 μ s

W załącznikach zamieszczono kartę katalogową notę aplikacyjną oraz świadectwo sprawdzenia ignitrona.

Budowa i działanie urządzenia

Zasada działania zasilacza wysokich uderów prądowych polega na kontrolowanym ładowaniu wbudowanej w zasilacz baterii kondensatorów, a następnie na gwałtownym (lawinowym) wyzwoleniu zmagazynowanej w baterii energii elektrycznej w postaci uderu prądowego.

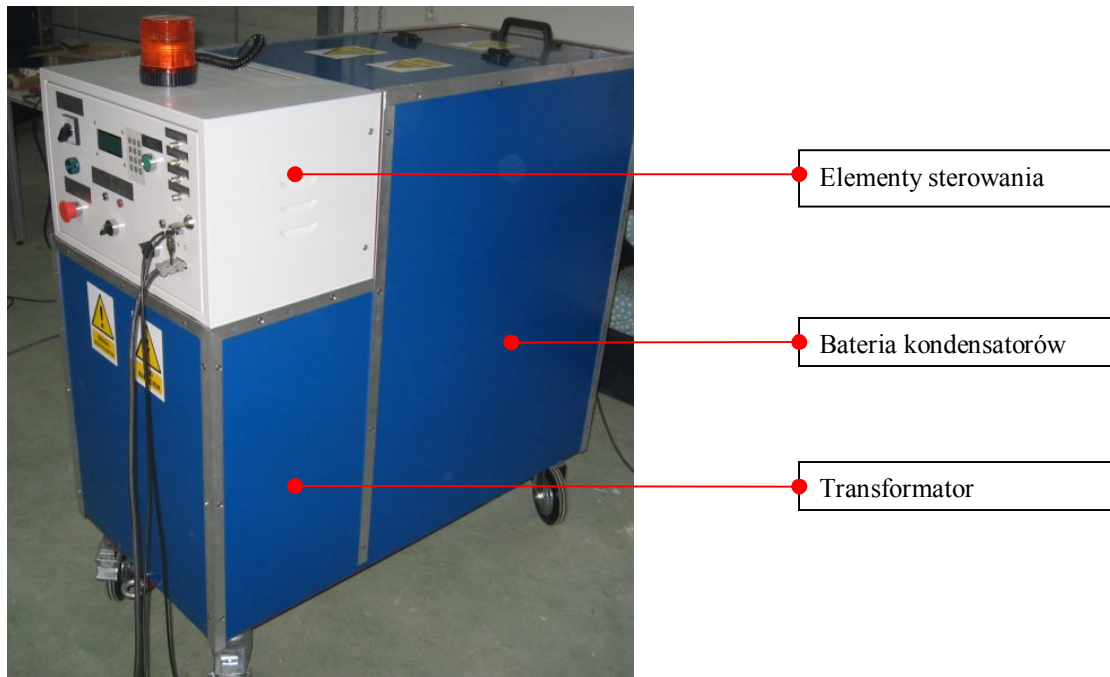
W części sterowniczej umieszczono wszystkie układy pomiarowe, sterownik przemysłowy kontrolujący procesy ładowania i strzału a także posiadający funkcje kontrolno-zabezpieczeniowe oraz układy zasilające i elementy mocy.

Część ta jest szczególnie dobrze ekranowana od wpływu zakłóceń generowanych przez impulsy prądowe.

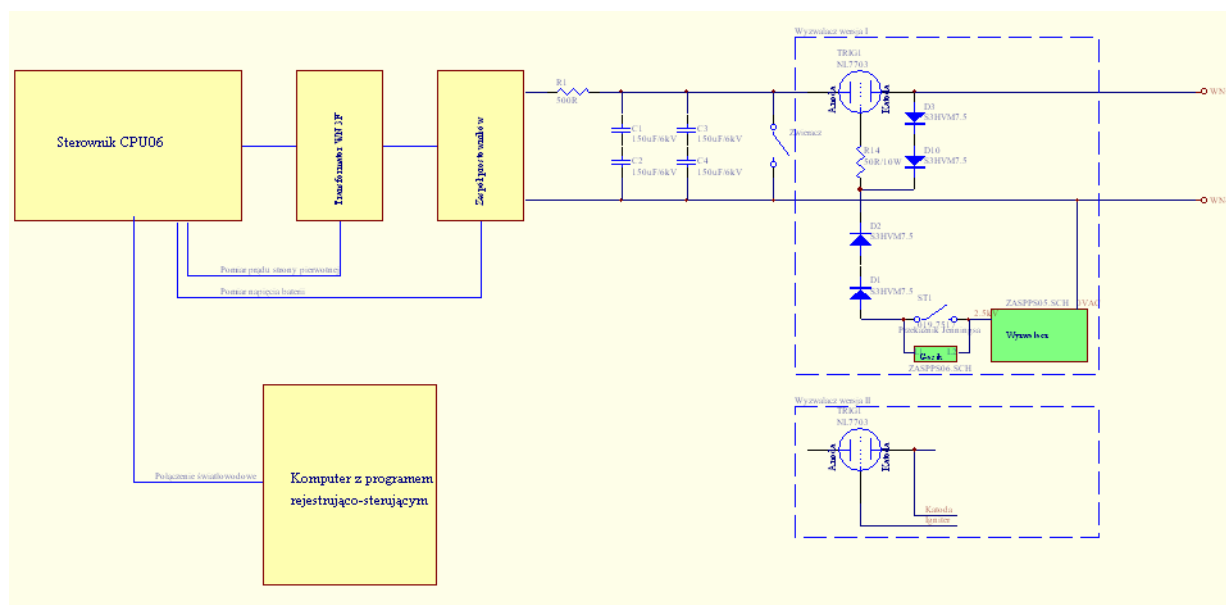
Bezpośrednio pod układami sterowniczymi umieszczono transformator WN, układy prostownicze WN, układy wyzwalające ignitrona oraz elementy dodatkowe (np. układy rozładowcze WN czy przełączające).

W tylnej części zasilacza umieszczono baterię kondensatorów WN. Są to najcięższe elementy zasilacza. Tu magazynowana jest energia wykorzystywana do tworzenia impulsów prądowych.

Nad baterią w tylnej górnej części znajduje się układ wyładowczy zbudowany na ignitronie oraz elementy kształtujące impuls.



Na poniższym schemacie blokowym przedstawiono podstawowe bloki i czujniki pomiarowe w zasilaczu.



Układ sterowania (po spełnieniu wszystkich warunków koniecznych do uruchomienia ładowania) podaje napięcie o określonej amplitudzie na transformator wysokonapięciowy.

Napięcie strony wtórnej po wyprostowaniu w wysokonapięciowym prostowniku trójfazowym poprzez rezystor ograniczający jest podawane na baterie kondensatorów C1, C2, C3, C4.

Równolegle do baterii podłączony jest rezystancyjny układ rozładowujący – zwieracz.

Napięcie z baterii doprowadzone jest też do układu wyzwalającego. W tym modelu zasilacza zastosowano ignitron.

Na zdjęciu obok zamontowany jest ignitron wraz z układami zabezpieczającymi. Z lewej strony widać wewnętrzne części przyłączy wysokonapięciowych.

Ponieważ w ignitronie katoda zbudowana jest z płynnej rtęci jego położenie powinno być podczas pracy pionowe. Zaleca się wypoziomowanie zasilacza z dokładnością $\pm 3^\circ$.

Poziomowania dokonuje się poprzez odpowiednią regulację kółek jezdnych. Pomocna przy tej czynności jest zamontowana obok przyłączy wysokonapięciowych poziomicą.

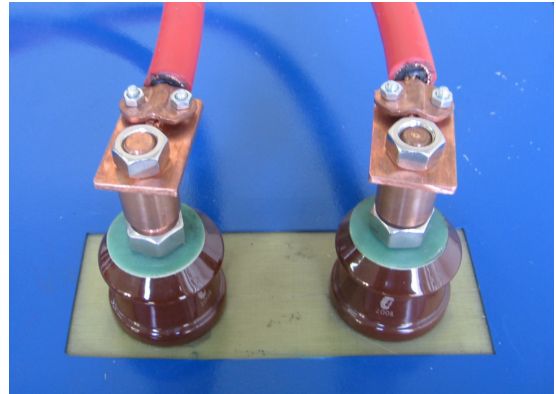


Do ignitera (elektrody sterującej ignitrona) podłączony jest poprzez odpowiednie układy zabezpieczające wyzwalacz. Po otrzymaniu impulsu sterującego od układów sterowania wyzwalacz inicjuje wyładowanie w ignitronie.

Główny prąd wyładowania płynie od anody do katody ignitrona, a następnie poprzez układy formujące do zacisków wyjściowych zasilacza.

Zaciski wysokonapięciowe zakończone są miedzianymi gwintowanymi prętami (M14).

Na zdjęciu obok przedstawiono przyłącza kablowe bez założonej osłony ochronnej.



Tuż przy głównej baterii kondensatorów zamontowana jest zwora bezpieczeństwa, która rozładowuje baterię kondensatorów. Zwora ta opada (zwiera) w momencie wyłączenia prądu zasilającego lub w momencie wciśnięcia wyłącznika bezpieczeństwa (grzyba) lub po otwarciu osłony zabezpieczającej przyłącza wysokoprądowe.

Zwora podnoszona jest ciągiem uruchamianym przez elektromagnes ciągnący.

Jak widać na schemacie blokowym mierzone są na bieżąco dwie wartości:

- prąd wejściowy transformatora (I_{we});
- napięcie baterii kondensatorów (U_{VN}).

Prąd wejściowy transformatora (jego wartość skuteczna) jest wyświetlany na panelu sterującym rozdzielnicą. Od jego wartości zależyysterowanie transformatora WN. Pętla regulacji zrealizowana w sterowniku utrzymuje zadaną wartość tego prądu. Zmieniając go można w pewnych granicach wpływać na szybkość ładowania baterii.

Napięcie baterii kondensatorów poza funkcjami informacyjnymi (panel rozdzielnic) ma również funkcje sterujące. Sterownik sto razy na sekundę porównuje wartość napięcia baterii z wartością zadaną i w zależności od wyniku włącza lub wyłączaysterowanie transformatora. W rezultacie napięcie baterii utrzymywane jest na zadanym poziomie.

Prąd wyjściowy transformatora może być mierzony za pomocą przetwornika Rogowskiego (nie dołączony do zasilacza).

Do aplikacji dobrano ignitron o parametrach wyładowania:

Maksymalne napięcie wyładowania anody:	15kV
Maksymalny prąd wyładowania anody:	35kA

Takie wyraźne przewymiarowanie parametrów wiąże się z ilością strzałów jakie można oddać przez jeden ignitron. Ilość strzałów o maksymalnej energii producent określił na 1000, jednocześnie zaznaczając, że długość życia wyzwalacza zwiększa się dziesięciokrotnie przy zmniejszeniu prądu lub napięcia o połowę.

Dla projektowanego zasilacza przy przykładowych parametrach:

Napięcie wyładowania anody: 5kV

Prąd wyładowania anody (dla 5kV): 20kA

Ilość wyładowań zwiększa się dziesięciokrotnie przy obniżeniu o połowę napięcia lub prądu wyładowania.

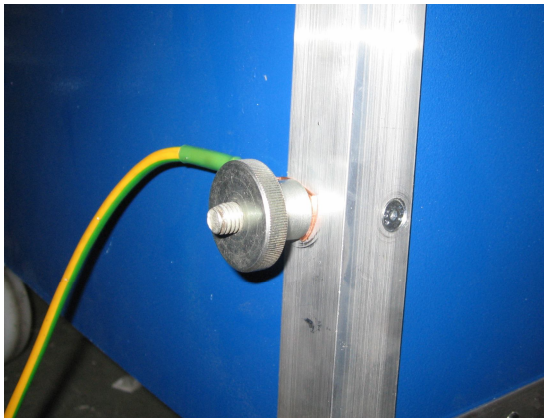
Oszacowano więc, że zakładania ilość strzałów o maksymalnej mocy powinna wynosić:

$$1000 \times 13 \times 8.7 = 113100, \text{ gdzie:}$$

13 zwiększenie ilości strzałów z powodu obniżonego napięcia;

8.7 zwiększenie ilości strzałów z powodu obniżonego prądu.

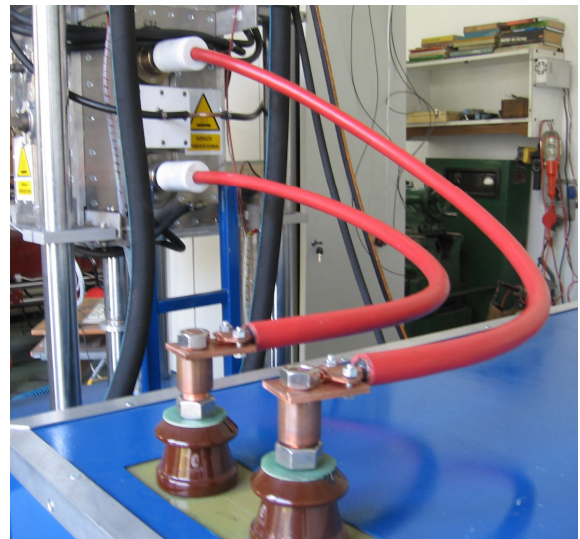
Zasilacz zaprojektowano jako mobilny, posadowiony na czterech skrętnych kółkach z hamulcami. Dodatkowo w ramie nośnej przewidziano ucho wkrętne w celu łatwiejszego transportu (rys obok).



W tylnej części zasilacza przewidziano odpowiedniej wielkości zacisk zerowania (zdjęcie obok). Podczas pracy urządzenia przewód ochronny powinien być dołączony do szynowego przewodu ochronnego w budynku oraz do przyłączy ochronnych w urządzeniu odbiorczym (np. prasie do spiekania na gorąco).

Podłączenia zasilacza wysoko-napięciowego do odbiornika może być wykonane przy pomocy specjalnych przewodów o izolacji przynajmniej 12kV – tak jak to przedstawiona na zdjęciu obok.

Należy zwracać uwagę na jakość połączeń śrubowych, gdyż przy prądach 60kA nawet niewielkie zabrudzenia czy korozje mogą spowodować wybuchowe przepalenie się takiego połączenia. Połączenia te co jakiś czas powinny być czyszczone z tlenków miedzi.



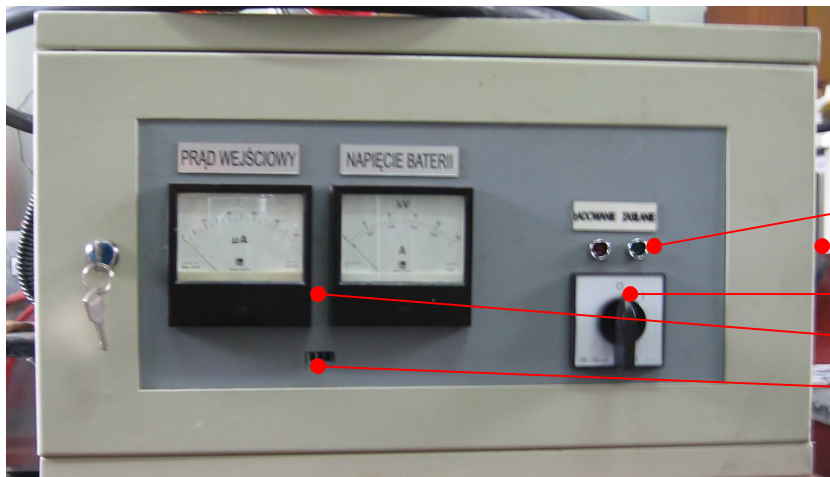
Podłączenie zasilacza do prasy do spiekania na gorąco powinno być zabezpieczone osłonami izolacyjnymi.

Sterowanie

Na poniższym zdjęciu przedstawiono rozmieszczenie elementów sterujących i kontrolnych na rozdzielnicy głównej. Na samej górze rozdzielnicy zamontowana jest stroboskopowa lampa ostrzegawcza (zdjęcie obok). Generuje ona pomarańczowe światło błyskowe w momencie gdy układy pomiarowe sterownika zmierzają na baterii kondensatorów napięcie większe niż 100V.



Uwaga: rozdzielczość układu pomiaru napięcia wynosi 100V. Brak błyskania lampki ostrzegawczej informuje, że napięcie baterii kondensatorów jest mniejsze niż 100V. Jednakże jest to nadal napięcie niebezpieczne dla życia.



Kontrolki
Złącze pilota
Wyłącznik główny
Mierniki
Złącza światłowodowe

Wyłącznik główny powoduje załączenie układu do pracy. Stan zasilania wskazywany jest świeceniem zielonej kontrolki nad wyłącznikiem.

Przemysłowe złącze umieszczone z lewej strony rozdzielnicy służy do podłączenia układów bezpieczeństwa (wyłącznik awaryjny) i ewentualnego sterowania torami analogowymi. Przy pracy autonomicznej podłączany jest tu pilot z wyłącznikiem oraz potencjometrem do zadawania napięcia. W pracy automatycznej połączenie to wykorzystywane jest przez nadrzędny układ sterujący.

Uwaga: wyłączenie układu wyłącznikiem głównym lub wyłącznikiem awaryjnym nie daje pewności rozładowania baterii głównej zasilacza!.



W przypadku nie używania pulpitu zdalnego do gniazda przyłączeniowego należy włączyć specjalną zaślepkę. Symuluje ona działanie pulpitu zdalnego. Wygląd zaśleпки pokazano na rysunku obok.

Na przedniej ścianie rozdzielnicy zamontowano dwa złącza światłowodowe. Dzięki nim możliwa jest komunikacja ze zdalnym komputerem, na ekranie którego można obserwować wszystkie pomiary oraz zdalnie sterować zasilaczem. Połączenie światłowodowe jest połączeniem całkowicie bezpiecznym z pełną izolacją galwaniczną komputera zdalnego i zasilacza. Długość standardowych przewodów światłowodowych dołączanych w komplecie ze stanowiskiem wynosi 3m.

W centralnej części rozdzielnicy zamontowano mierniki analogowe.

Algorytmy pracy

W zasilaczu przewidziano dwa różne tryby pracy: sekwencyjny i automatyczny. Tryb sekwencyjny, umożliwiający ręczne przechodzenie do poszczególnych stanów jest traktowany jako tryb serwisowy i w normalnej pracy jest on zablokowany.

W trybie sekwencyjnym i automatycznym wyróżniono następujące stany:

- oczekiwanie (standby);
- ładowanie;
- strzał;
- rozładowywanie;
- oczekiwanie (standby).

W trybie sekwencyjnym przejście z jednego stanu do następnego następuje tylko po odpowiednim wyzwoleniu. W trybie automatycznym każde przejście jest zdeterminowane warunkami wewnętrznymi (np. naładowaniem baterii kondensatorów), ale generalnie odbywa się bez udziału operatora.

Po podłączeniu komputera z oprogramowaniem sterującym aktualny stan jest wyświetlany na monitorze.

W trybie sekwencyjnym każdy cykl kończy się stanem standby. Sekwencja jest więc taka (przejście do następnego strzału następuje po naciśnięciu przycisku):

standby → ładowanie → strzał → rozładowywanie → standby

W trybie automatycznym można zaprogramować ponadto jeszcze ilość strzałów. Po wykonaniu zadanej ilości strzałów cykl kończy się stanem standby. Przykładowa sekwencja dla zadanej ilości strzałów równych dwa jest więc taka (przejście do następnego strzału następuje automatycznie po spełnieniu odpowiednich warunków):

standby → ładowanie → strzał nr 1 → ładowanie → strzał nr n → rozładowywanie → standby

Stan oczekiwania (standby)

Jest to stan stabilny. Zasilacz nie może sam wyjść z tego stanu. Uaktywnia się automatycznie po włączeniu zasilania. W tym stanie odłączone są wszystkie urządzenia wykonawcze. Działają tylko pomiary.

W obu trybach (sekwencyjnym i automatycznym) po przejściu wszystkich stanów sterownik wraca do stanu oczekiwania.

Stan ładowania

W tym stanie następuje uaktywnienie układów ładowania baterii kondensatorów. Sterownik automatycznie utrzymuje zadany prąd ładowania i zadane napięcie. W początkowej fazie ładowany jest również układ wyzwalania ignitrona.

W trybie sekwencyjnym przejście do następnego stanu nastąpi po naciśnięciu przycisku START, zaś w trybie automatycznym po osiągnięciu napięcia zadanego.

Stan strzału

Tuż przed wyzwoleniem ignitrona odłączane są układy ładowania kondensatora i wyzwalacz. A następnie następuje podanie impulsu prądowego na igniter, co skutkuje zapoczątkowaniem wyładowania łukowego w ignitronie. Po zapoczątkowaniu wyładowania nie ma możliwości przerwania go. Wyładowanie trwa do momentu zmniejszenia napięcia między katodą i anodą ignitrona do wartości przy której samoczynnie gaśnie łuk (około 100V).

W trybie sekwencyjnym przejście do następnego stanu nastąpi po naciśnięciu przycisku START, zaś w trybie automatycznym po czasie ok. 0.1s.

Stan rozładowania

W tym stanie do baterii kondensatorów dołączany jest opornik rozładowujący, co powoduje stopniowe rozładowanie baterii.

W trybie sekwencyjnym przejście do następnego stanu nastąpi po naciśnięciu przycisku START, zaś w trybie automatycznym po 0.1s jeśli następnym stanem jest ładowanie lub po rozładowaniu baterii do napięcia mniejszego niż 100V jeśli następnym stanem jest standby.

Pomiary

Podczas wewnętrznych (zakładowych) prób zdawczo-odbiorczych wykonano sprawdzenie podstawowych parametrów zasilacza wysokonapięciowego. Pomiary wykonywano przy pomocy przetwornika (cewki) Rogowskiego typu ACF3000, rejestrowano zaś na oscyloskopie pomiarowym GWINSTEK GDS-3254 o numerze seryjnym EL162504. Próby wykonywano w warunkach normalnych przy temperaturze otoczenia 22°C i wilgotności powietrza 61%.

Pomiar temperatury ignitrona.

Po wykonaniu 240 strzałów w ciągu 1 minuty, przy napięciu 1kV temperatura ignitrona osiągnęła 34°C. Całkowity ładunek wyniósł 36C. Całkowita energia 18kJ.

Próba wysokonapięciowa.

Wykonano pojedyncze strzały przy różnych stopniowo zwiększanych napięciach, od 1 do 8kV.

Mierzono prąd wyładowania i oceniano poprawność pracy.

Wszystkie próby przeszły pozytywnie.

Pomiar prądu wyładowania.

Wykonano pojedyncze odpalenia ignitrona przy stopniowo zwiększanych napięciach od 1 do 5kV. Rejestrowano kształt prądu. Do zasilacza podłączone były dedykowane kable wysokonapięciowe (ok.1.2m) zaś jako odbiornik 15-centymetrowy pręt grafitowy o średnicy 10mm.

Przykładową rejestrację przedstawiono na rysunku obok.

$U_z = 1\text{kV}$

$I_{\text{max}} = 3.966\text{kA}$

Z wykresu odczytano:

czas czoła:

$T_c = 25.2\mu\text{s}$

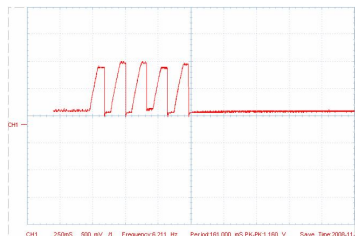
Czas półszczytu

$T_{pp} = 46.6\mu\text{s}$

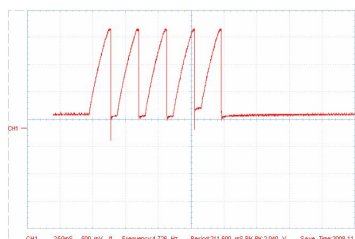


Pomiar maksymalnej częstotliwości od napięcia zadanego.

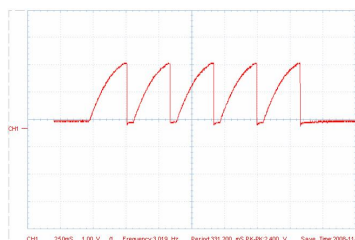
Wykonano pomiary maksymalnej częstotliwości wyładowań od zmienianego skokowo napięcia kondensatorów dla pięciu strzałów. Wyniki rejestrowano. Przykładowe rejestracje przedstawiono poniżej:



$U_z=1\text{kV}$
 $T=150\text{ms}$
 $f=6.67\text{Hz}$



$U_z=2\text{kV}$
 $T=200\text{ms}$
 $f=5\text{Hz}$



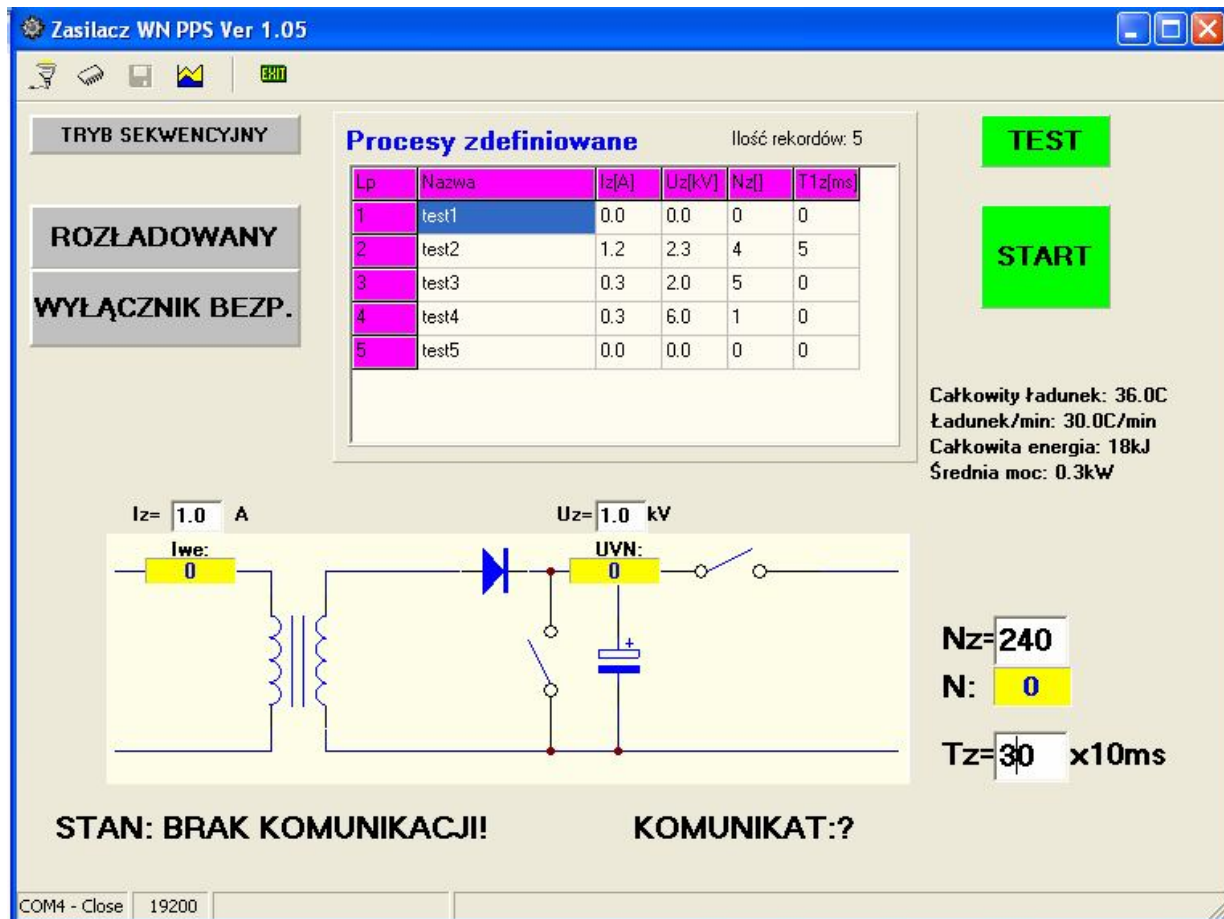
$U_z=3\text{kV}$
 $T=340\text{ms}$
 $f=2.94\text{Hz}$

Opis programu narzędziowego „WNPPS”

Okno główne

Po włączeniu urządzenia i podłączonego doń komputera poprzez kable światłowodowe należy uruchomić program WNPPS.EXE.

Okno widoczne na ekranie wygląda jak na rysunku poniżej:

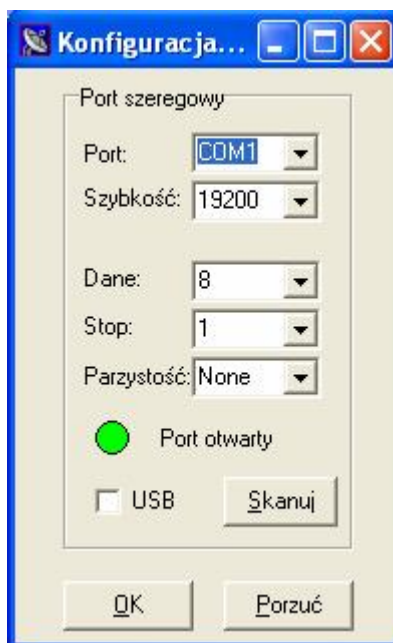


W górnym pasku ikon dostępne są szczegółowe ustawienia programu i niektóre komendy. Omówiono je w kolejności ustawienia w programie.

Konfiguracja portu szeregowego

Okno to pozwala na ustawienie wszystkich potrzebnych parametrów portu szeregowego do komunikacji ze sterownikiem.

Po aktywizacji okno wygląda następująco:



Kolor lampki w oknie ustawień portu określa poprawność konfiguracji i otwartość portu.

Możliwe są następujące ustawienia parametrów:

Port - określa numer portu, do jakiego podłączony jest sterownik tarcz. Można ustawiać następujące wartości: NONE, COM1, COM2, COM3, COM4. Po wciśnięciu przycisku OK następuje automatyczna próba otwarcia ustawionego portu i w przypadku niepowodzenia wyświetlany jest odpowiedni komunikat. Aktualny numer i stan otwarcia portu wyświetlane są w linii paska informacyjnego.

Szybkość - określa szybkość portu w bitach/sekundę. Możliwe są ustawienia: 110, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 56000, 57600, 115200, 128000, 256000. Uwaga: nie wszystkie układy UART akceptują wszystkie podane wyżej szybkości.

Dane - określa długość słowa danych. Możliwe są ustawienia: 4, 5, 6, 7, 8 bitów. Uwaga: nie wszystkie układy UART akceptują długość 4.

Stop - określa ilość bitów stopu. Możliwe ustawienia: 1, 1.5, 2 bity stopu. Uwaga: nie wszystkie układy UART akceptują długość 1.5.

Parzystość - określa rodzaj kontroli parzystości. Możliwe ustawienia: Even, None, Odd, Space (zachowano oryginalną pisownię).

Standardowe ustawienia wymagane przez sterownik to 19200, 8, 1, N.

Diagnostyka

Okno to jest oknem serwisowym i służy do podglądu paczek wysyłanych i odbieranych przez sterownik.

Zapis danych

Jest to funkcja wstawiona do programu z myślą o przyszłościowym wykorzystaniu. Planowane jest włączenie w program przystawki oscyloskopowej do zbierania danych związanych w przebiegiem impulsu prądowego.

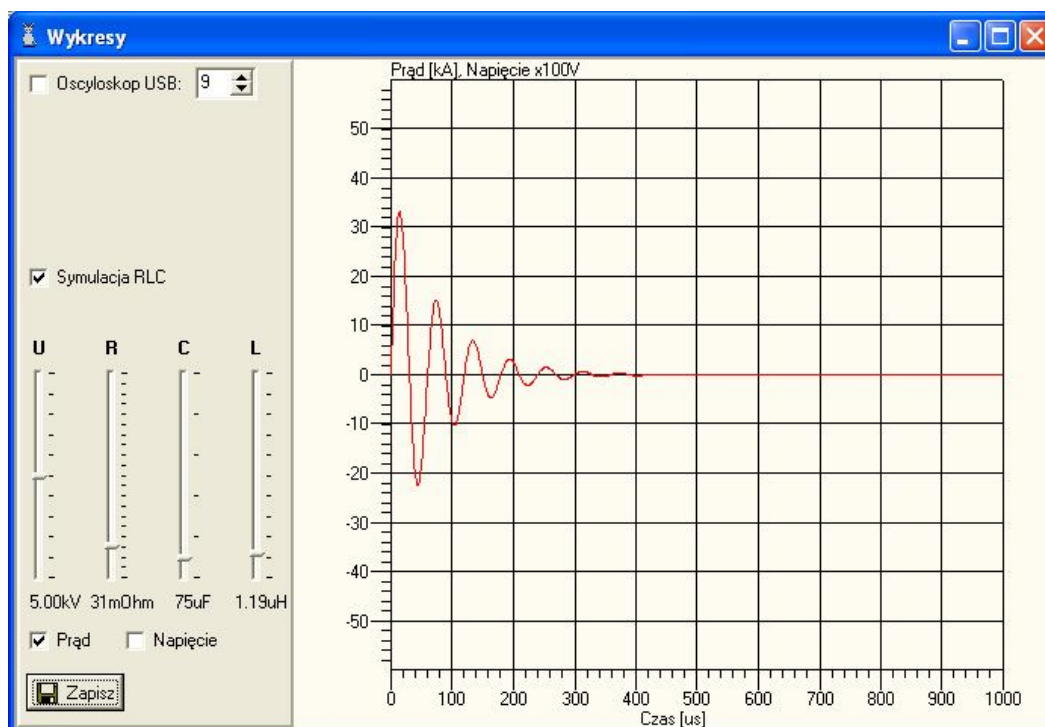
Po naciśnięciu tej ikonki wszystkie zarejestrowane dane są zapisywane na plik dyskowy o nazwie „daneyymmddhhnn.txt”. Gdzie yy oznacza rok zapisu, mm miesiąc, dd dzień, hh godzinę i nn minutę.

Zapis następuje bez kontroli nadpisywania, tzn. że po każdym zapisie należy zmienić nazwę pliku z danymi. Przykładowo plik o nazwie Dane1010091345.txt został zarejestrowany o godz. 13.45 09.10.2010r.

W wersji 1.0 programu funkcja ta jest wyłączona.

Wykresy czasowe

Kolejna ikonka służy do włączania wykresów czasowych. Po uaktywnieniu jej pojawia się okienko jak na poniższym rysunku.



Okno jest podzielone na dwie części. Lewy panel służy do włączania rysowania poszczególnych przebiegów oraz sterowania parametrami. Prawa część przedstawia wykres właściwy.

Symulacja RLC jest funkcją programu, która rozwiązuje układ równań różniczkowych odpowiadający zamknięciu obwodu szeregowo połączonych elementów RLC. Przy następujących warunkach początkowych: pojemność C jest naładowana do napięcia U, przez indukcyjność L nie płynie żaden prąd.

Układ taki odpowiada (przy założeniach upraszczających) schematowi głównemu zasilacza (bez podłączonych elementów kształtujących impuls). Użytkownik ma możliwość obserwacji prądu płynącego w obwodzie i napięcia na kondensatorze. Może też zmieniać warunek początkowy napięcia (do 10kV) oraz poszczególne parametry obwodu. Po włączeniu programu parametry te ustawione są na rzeczywiste wartości, zmierzone (oszacowane) w opisywanym zasilaczu.

W programie (począwszy od wersji 1.04) zaimplementowano też procedury obsługi oscyloskopu cyfrowego. Program umożliwia odczyt danych z tego urządzenia i wrysowanie przebiegu w odpowiedniej skali na wykresie.

Elementy informacyjne okna głównego

W programie umożliwiono podgląd stanu zasilacza. Różne stany sygnalizowane są w programie podświetlaniem odpowiadającym im paneli (rys. obok).

W kolejności od góry umieszczono:

Tryb sekwencyjny/automatyczny – stan tego panela odwzorowuje tryb pracy (w normalnej obsłudze urządzenie jest zawsze w trybie sekwencyjnym);

Rozładowany/naładowany – panel informujący o naładowaniu/rozładowaniu baterii kondensatorów co odpowiada stanowi lampki ostrzegawczej zainstalowanej na zasilaczu.

Wyłącznik bezp. – stan tego panela odpowiada sytuacji wyłączników bezpieczeństwa w układzie sterowania. Poprzez naciśnięcie panela można zmieniać ich stan.



Baza procesów

Program umożliwia zdefiniowanie do 100 procesów. Każdy proces składa się z prądu zadanego (I_z), napięcia zadanego (U_z), zadanej ilości strzałów (N_z), czasu przerwy między strzałami ($T1z$) oraz z nazwy.

Procesy zdefiniowane						Ilość rekordów: 4
Lp	Nazwa	I_z [A]	U_z [kV]	N_z	$T1z$ [ms]	
1	test1	1.2	2.3	4	5	
2	test2	0.0	0.0	0	0	
3	test3	0.1	6.0	5	0	
4	test5	0.3	6.0	1	0	

Zmiana wartości procesu polega na zmianie odpowiedniego pola w tabeli. Program zapisze zmienioną wersję na dysk, a po następnym uruchomieniu odczyta ją.

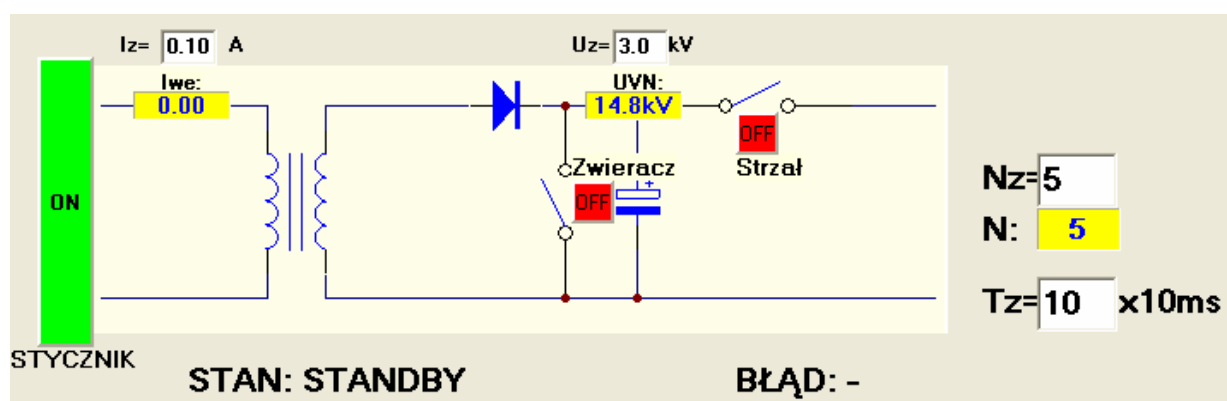
Prawy przycisk myszy (gdy pozycja kursora znajduje się na tabeli procesów) włącza opcje wyboru:

- kasuj - całkowite skasowanie rekordu (procesu);
- wstaw – wstawia nowy rekord (proces);
- sortuj – program automatycznie sortuje rekordy (procesy) po nazwie.

Dwukrotne kliknięcie lewym przyciskiem myszy na procesie ustawia go w oknie głównym programu i transmituje do sterownika zasilacza.

Stan zasilacza

W oknie głównym, pokazano też aktualny stan zasilacza – jest to część pokazana na poniższym rysunku.



Białe pola edycyjne służą do wprowadzania wartości zadanych: prądu strony pierwotnej, napięcia baterii kondensatorów, ilości strzałów i czasu przerwy. Pola żółte są to pola odczytu zmierzonych wartości z zasilacza. Są to: prąd strony pierwotnej, napięcie baterii kondensatorów, aktualna ilość strzałów.

Na rysunku tym występują też trzy panele (przyciski): Stycznik, ST3 (rozładowywanie), ST4 (strzał).

W stanie Standby i w trybie ręcznym można poprzez kliknięcie na każdym z tych przycisków zmienić jego stan (z włączonego na wyłączony a z wyłączzonego na włączony). W każdym innym stanie niż stan oczekiwania sterowanie tymi przyciskami z programu jest blokowane.

Pod schematem zasilacza wyświetlany jest stan urządzenia. Stan ten może przyjmować następujące wartości:

- standby;
- ładowanie;
- oczekiwanie;
- strzał;
- rozładowywanie.

Wszystkie te wartości są aktualizowane z częstotliwością 10Hz czyli dużo wolniej niż zmieniają się one podczas normalnej pracy sekwencyjnej.

Pod schematem zasilacza wyświetlany jest też stan błędów wewnętrznych generowanych przez zasilacz. Stan ten może przyjmować następujące wartości:

- 0: „-” (brak błędu);
- 1: ograniczenie prądowe na stronie pierwotnej zasilacza;
- 2: zwieracz zamknięty.

Wszystkie te wartości są aktualizowane z częstotliwością 10Hz czyli dużo wolniej niż zmieniają się one podczas normalnej pracy sekwencyjnej.

Dodatkowo w tej wersji programu wprowadzono funkcje informacyjne o parametrach fizycznych ustawionej serii wyładowań. Są to:

- całkowity ładunek ciągu wyładowań, w Culombach;
- ilość ładunku jaka przepływnie w ciągu jednej minuty;
- całkowita energia ciągu wyładowań, w kilodżulach;
- średnia moc serii strzałów, w kilowatach.

W programie wprowadzono ograniczenia na maksymalny ładunek i maksymalną moc jak dla ignitrona NL7171.

Instrukcja użytkowania

Instrukcja bezpieczeństwa i higieny pracy

Urządzenie powinno być ustawione w miejscu zapewniającym wygodną obsługę i dostęp do przyłączy elektrycznych oraz rozdzielnic elektrycznej. Podłączając urządzenie do sieci zasilającej należy zabezpieczyć obsługującego przed porażeniem prądem elektrycznym poprzez prawidłowe zerowanie lub uziemianie.

W urządzeniu występują ekstremalnie wysokie napięcia, oraz wysokie temperatury. W czasie pracy zasilacza nie wolno dotykać przyłączy elektrycznych oraz elementów obudowy.

Wyłączenie układu wyłącznikiem głównym lub wyłącznikiem awaryjnym nie daje pewności rozładowania zasilacza. Prace przy podłączaniu przewodów WN można dokonać tylko po rozładowaniu baterii kondensatorów.

W ignitronie występuje wysoka próżnia oraz płynna rtęć. Należy więc zachować szczególną ostrożność przy transporcie zasilacza gdyż ignitron jest wrażliwy na wstrząsy.

Na czas dłuższego wyłączenia zasilacza należy na zaciskach wysokoprądowych założyć zworę.

Wszelkie zauważone w czasie pracy nieprawidłowe działania należy niezwłocznie zgłaszać nadzorowi, przerywając pracę aż do chwili usunięcia usterki.

Ponieważ na zasilaczu występują punkty z wysokim napięciem (przyłącza wysokonapięciowe) włączanie urządzenia może nastąpić tylko w przestrzeni odgradzonej parawanami stałymi (nie bariery fotooptyczne!) i po upewnieniu się, że wszyscy ludzie opuścili strefę zamkniętą.

Zasilacz i dołączone doń stanowiska pomiarowe są podczas pracy źródłem bardzo silnego impulsowego pola magnetycznego i elektrycznego. Pole to może spowodować zakłócenia pracy rozruszników serca, oraz może uszkadzać urządzenia elektroniczne będące w jego okolicy.

Ze względu na warunki pracy ignitrona zaleca się wypoziomowanie zasilacza z dokładnością $\pm 3^\circ$.

Instrukcja obsługi

Obsługa zasilacza polega na podłączeniu do sieci prądu elektrycznego przewodu zakończonego wtyczką oraz uruchomieniu urządzenia za pomocą wyłącznika krzywkowego.

Po upewnieniu się, że bateria kondensatorów jest rozładowana (brak błyskowego światła, pomiar napięcia wskazuje zero) wcisnąć wyłącznik bezpieczeństwa (GRZYB) w nadrzędnym układzie sterowania. Dopiero w tym stanie można podłączyć odbiornik do przyłączy wysokonapięciowych. Odbiorniki można podłączać przewodem o odpowiedniej izolacji napięciowej. Przed przystąpieniem do ładowania baterii wyciągnąć wyłącznik bezpieczeństwa (GRZYB) w nadrzędnym układzie sterowania oraz drzwi strefy zamkniętej.

Następnie po ustawieniu wymaganych parametrów impulsu(ów) oraz trybu pracy można włączyć generację impulsu(ów).

Po zakończeniu próby należy upewnić się, że bateria kondensatorów została rozładowana (w trybie automatycznym następuje to samoczynnie, w trybie sekwencyjnym rozładowanie kontroluje operator).

Następnie można wyłączyć urządzenie.

W czasie nieużywania zasilacza oraz w czasie prac przy przyłączach wysokoprądowych (np. ustawianie matryc w prasie do spiekania proszków) na przyłącza prądowe należy założyć zworę z grubego miedzianego płaskownika.

Załączniki

Dokumentacja towarzysząca

Spis rysunków technicznych:

0148.0.1.0000	Schemat blokowy zasilacza
0148.0.1.0001	Układ sterowania
0148.0.1.0002	Część WN
0148.0.1.0003	Układy pomiarowe
0148.0.1.0004	Głowica światłowodowa
0148.0.1.0005	Wyzwalacz ignitronu
0148.0.1.0006	Układ gaszący
0148.0.1.0007	Cewka Rogowskiego
0148.0.1.0008	Wyzwalacz ignitronu
0148.0.1.0009	Przetwornica 3kV

Karty katalogowe, instrukcje obsługi i świadectwa wzorcowania ważniejszych podzespołów.

Karta katalogowa przetwornika LA 100-P
Karta katalogowa ignitrona NL7703
Nota aplikacyjna ignitrona NL7703
Karta katalogowa ignitrona NL7171