

Władysław Przytocki
Energotest Sp. z o.o., Gliwice

ENERGOTEST - GLIWICE

DZIAŁ UKŁADÓW ENERGOGOELEKTRONICZNYCH

PRODUKTY I USŁUGI

ENERGOTEST - GLIWICE

POWER ENGINEERING DEPARTMENT - PRODUCTS AND SERVICES

Abstract: This documents describes products and services of Power Engineering Department of Energotest Gliwice. There are static excitation systems, automatic voltage regulators, excitation and starting systems for synchronous and synchronized asynchronous motors, start-up system for slip-ring induction motors, excitation, start-up and speed control system for large DC motors, digital voltage regulator for tap transformers, power diode and thyristor rectifiers, and industrial control systems.

1. Wstęp

Historia produktów, które omawiamy poniżej sięga roku 1992, kiedy to powstała firma Energotest –Energopomiar, w której rozpoczęto prace nad konstrukcją układów wzbudzenia generatorów. W roku 1996 powstał we współpracy z firmą Energoefekt pierwszy układ wzbudzenia, który zainstalowano w Elektrowni Łaziska na generatorze 200 MW. Był on jednocześnie pierwszym w kraju cyfrowym regulatorem napięcia generatora, opracowanym przez polskich inżynierów. W miarę upływu czasu jak rozwijano ten segment, powstawały nowe konstrukcje. W 1999 roku Energotest-Energopomiar na bazie pracowników własnych i przekształcanego ZRE Gdańsk utworzył spółkę Energotest Gdańsk, która przejęła całość tematyki związanej z układami wzbudzenia generatorów i silników synchronicznych, regulatorami napięcia transformatorów, przemiennikami częstotliwości, kaskadami tyrystorowymi oraz układami automatyki przemysłowej. W roku 2008 w nastąpiło połączenie Energotestu-Energopomiaru, Energotestu Gdańsk, Energoefektu oraz Rynku Automatyki Elektrobudowy w jeden organ, który przyjął nazwę Energotest, Dział Układów Energoelektronicznych tej firmy zajmuje się konstruowaniem, produkcją, uruchomieniami oraz serwisem następujących urządzeń. Ponadto prowadzimy badania modelowe procesów zachodzących w trakcie pracy urządzeń oraz w stanach awaryjnych.

2. Statyczne układy wzbudzenia typu ETWxxSC

Stosowane do generatorów o mocach od 20 ÷500 MW.



Rys. 1. Statyczny układ wzbudzenia typu ETW55SC2 do generatora 55 MW

Dla generatorów dużej mocy wykonywane jako dwukanałowe. Spełniają wymagania PSE S.A. Wyposażone są w ograniczniki regulacji, stabilizator systemowy, układy kompensacji, monitoring i wewnętrznych zabezpieczeń. Komunikują się z zewnętrznymi systemami sterowania za pomocą portów komunikacyjnych RS-485, USB i Ethernet. Posiadają synchronizację czasu z zewnętrznego źródła. Wyposażone są w rejestrator zdarzeń i zakłóceń oraz programy ułatwiające testowanie i dobór nastaw.

Każdy kanał posiada cztery tory regulacji:

- automatycznej regulacji napięcia generatora (tzw. regulacja automatyczna),
- automatycznej regulacji $\cos\phi$,
- automatycznej regulacji mocy biernej,

- automatycznej regulacji prądu wzbudzenia (tzw. regulacja ręczna)

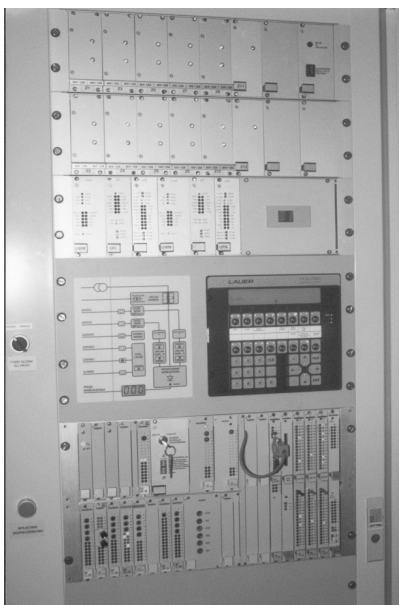
Prostowniki wzbudzenia najczęściej składają się z dwóch szaf prostowniczych wyposażonych w pięciobiegunowe odłączniki, z których jedna zapewnia nominalny prąd wzbudzenia.

W układzie odwzbudzenia stosuje się wyłączniki po stronie prądu stałego lub zmiennego.

Zarówno uzwojenie wzbudzenia jak i prostownik tyrystorowy muszą być zabezpieczone od skutków przepięć, jakie mogą powstać w wyniku zwarć w generatorze, czynności łączeniowych lub podczas pracy asynchronicznej generatora. Dlatego więc równoległe do uzwojenia wzbudzenia generatora umieszczono układ zabezpieczenia od skutków przepięć.

3. Cyfrowe regulatory napięcia generatorów wyposażonych we wzbudnice typu ETWxxC

Stosowane są do generatorów dowolnej mocy wyposażonych we wzbudnice, prądu zmiennego, prądu stałego lub generatorów bezszczotkowych ze wzbudnicą na wspólnym wale. Zawierają w pełni cyfrowy regulator napięcia zawierający dwa niezależne układy automatycznej i ręcznej regulacji napięcia z opcją regulacji $\cos\phi$ lub mocy biernej. W przypadku zakłócenia w pracy jednego układu samoczynnie włącza się do pracy drugi układ. Obydwa układy śledzą się wzajemnie, tak, że przełączanie jest bezudarowe.



Rys. 2. Fragment szafy sterowniczej typu ETEF200C

Stopień wyjściowy regulatora stanowią dwa wzmacniacze tranzystorowe (każdy dla jednego toru regulacji). Są one zasilane z napięcia stałego, które utworzone jest z wyprostowanego napięcia transformatora wzbudzenia (znajdującego się w szafie regulatora) i buforowego napięcia z baterii 220 V DC. Poziomy napięcie zasilających są tak dobrane, że jeżeli napięcie 3 x 400 V jest dostępne to z baterii nie płynie żaden prąd. Posiadają identyczne funkcje jak regulatory w układach wzbudzenia statycznego. W układzie bezszczotkowym posiadają zabezpieczenie od uszkodzenia diod wirujących.

4. Układy wzbudzenia silników synchronicznych typu ETS

Układ ETS przeznaczony jest do rozruchu i wzbudzenia silnika synchronicznego dowolnej mocy. Schemat blokowy układu przedstawiono na rys.3.

Układ ETS wyposażony jest w dwa niezależne układy regulacji:

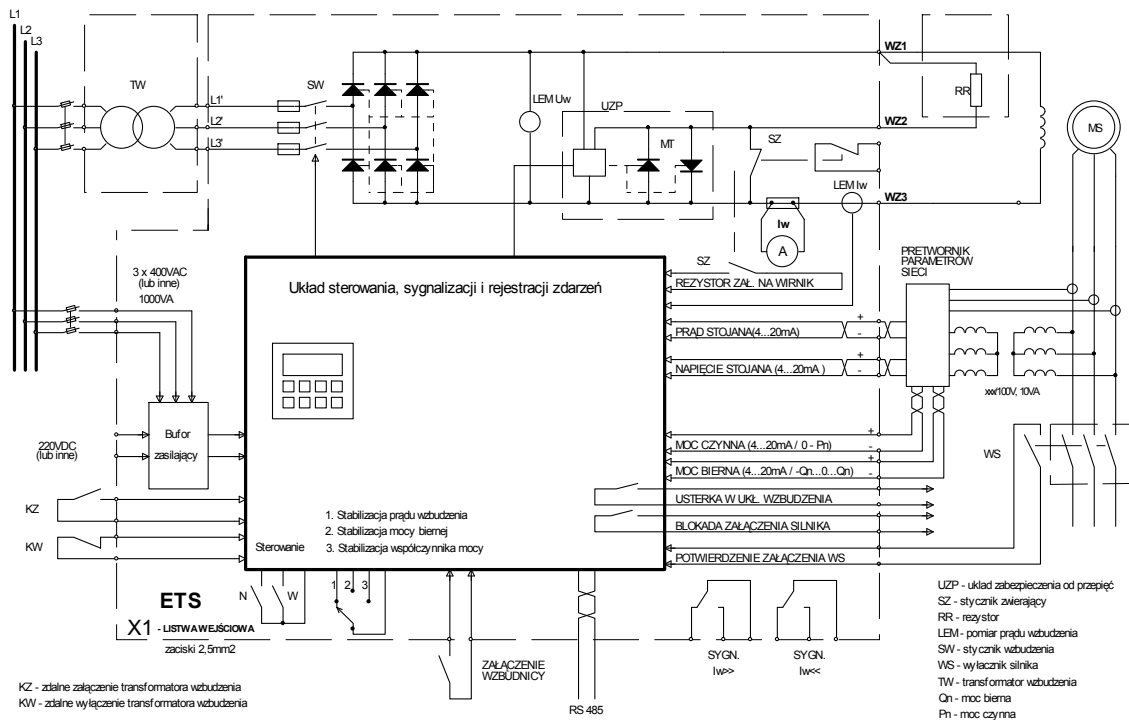
- cyfrowy układ regulacji podstawowej z możliwością pracy w trzech trybach:
 - stabilizacja prądu wzbudzenia,
 - stabilizacja mocy biernej,
 - stabilizacja $\cos\phi$.
- cyfrowy układ regulacji rezerwowej (stabilizacja prądu wzbudzenia)

Po przeprowadzeniu rozruchu, układ sterowania wybiera najbardziej korzystny moment do rozpoczęcia synchronizacji. Wielkość prądu forsowania wzbudzenia zależy od obciążenia silnika przed rozpoczęciem synchronizacji i pozostaje stała do jej zakończenia.

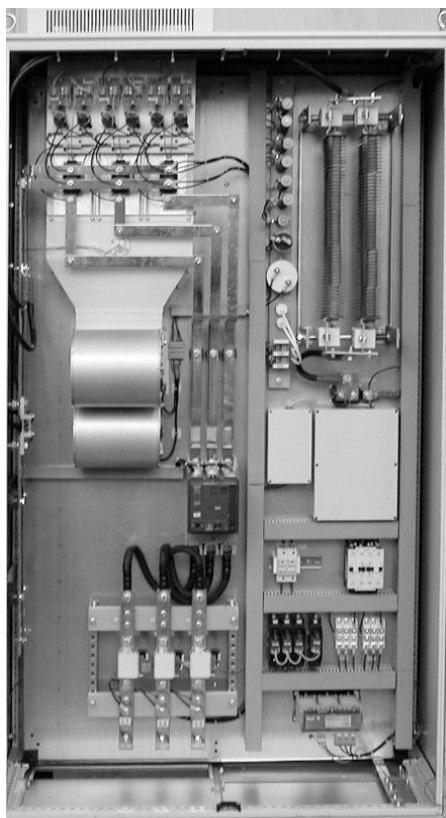
Po synchronizacji prąd wzbudzenia ustala się na poziomie, który został nastawiony przed rozpoczęciem rozruchu.

Układ sterowania, sygnalizacji i rejestracji zdarzeń zbudowany jest w oparciu o układ mikroprocesorowy i jest wyposażony w panel operatorski zainstalowany w szafie ETS. Układ wzbudzenia typu ETS zapewnia:

- zwarcie wirnika przez rezystor w czasie rozruchu asynchronicznego,
- forsowanie prądu wzbudzenia w czasie synchronizacji,
- przejście do pracy synchronicznej,
- rejestrację zakłóceń,
- komunikację z otoczeniem.



Rys. 3. Schemat układu wzbudzenia i rozruchu silnika synchronicznego



Rys. 4. Wnętrze szafy rozdzielczej układu ETS

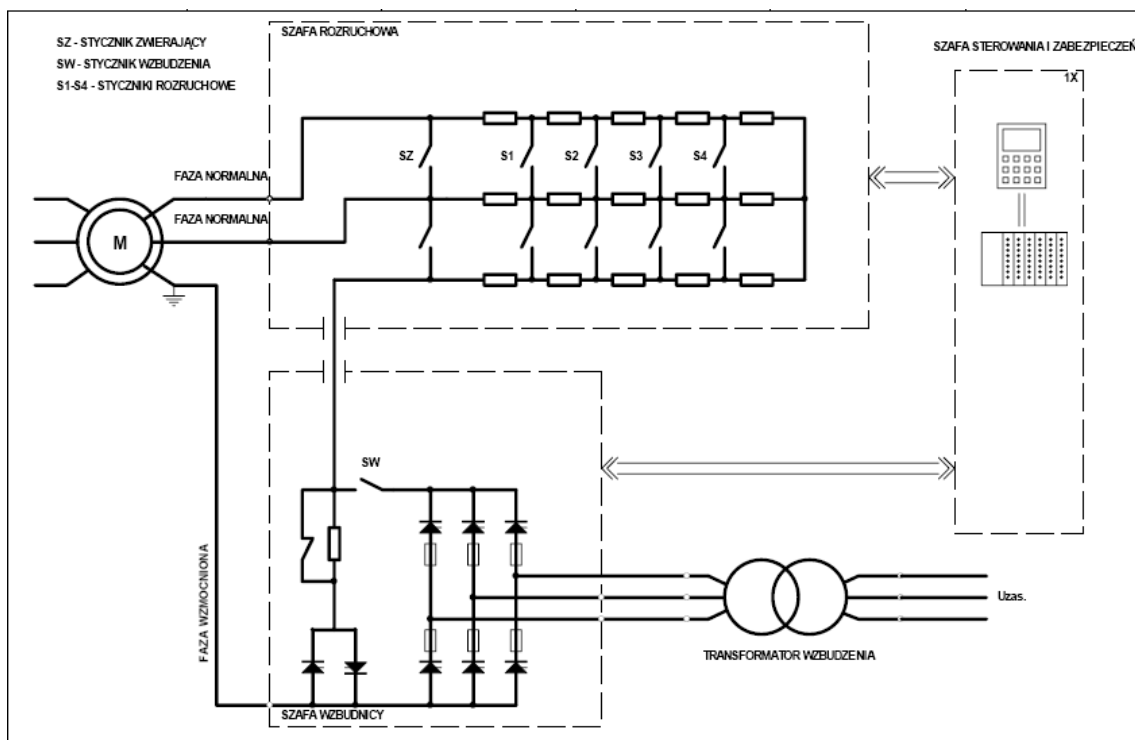
Układ wzbudzenia typu ETS posiada:

- ogranicznik pojemnościowej mocy biernej,
- ogranicznik pułapu wzbudzenia,
- układ optymalizacji momentu synchronizującego,

Układ jest wyposażony w łącze szeregowe umożliwiające sprzęgnięcie układu z komputerowymi systemami sterowania i wizualizacji. Opcjonalne wyposażenie układu ETS stanowi mikroprocesorowe zabezpieczenie silnika chroniące napęd przed:

- przeciążeniem,
- wydłużonym rozruchem,
- zablokowanym wirnikiem,
- zwarcie,
- utratą obciążenia,
- obniżeniem i przekroczeniem napięcia stojana,
- pracą asynchroniczną,
- doziemieniem,
- przekroczeniem dopuszczalnej liczby rozruchów.

5. Układy wzbudzenia i rozruchu silników asynchronicznych synchronizowanych typu ETA



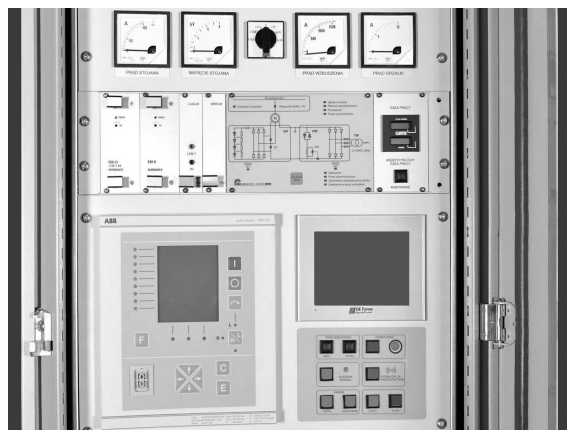
Rys. 5. Schemat układu rozruchu i wzbudzenia silnika asynchronicznego synchronizowanego

W skład zestawu wchodzi:

- szafa układu rozruchowego,
- szafa wzbudnicy tyrystorowej,
- szafa układ sterowania i zabezpieczeń,
- transformator wzbudzenia.

Układ rozruchowy zbudowany jest w oparciu o rozrusznik rezystancyjny, zasilany napięciem trójfazowym z pierścieni ślizgowych wirnika silnika, obciążony odpowiednio dobranymi stopniami rezystorowymi, zwieranymi podczas rozruchu poprzez styczniki. Sterowanie stycznikami zwierającymi odbywa się za pośrednictwem modułów sterujących bezpośrednio z szafy układu sterowania i zabezpieczeń. Po zakończonej sekwencji rozruchu rozrusznik zwierany jest od strony wirnika silnika stycznikami zwierającymi. Układ wyposażony jest w przekładnik prądowy typu LEM, który kontroluje prąd płynący przez rezystory rozruchowe po zakończeniu rozruchu. Jeżeli po zamknięciu styczników zwierających pierścienie wirnika prąd płynący przez rezystory rozruchowe przekroczy zadaną wartość napęd zostaje wyłączony.

Wzbudnica tyrystorowa zbudowana jest jako pełnosterowany mostek trójfazowy zasilany z transformatora wzbudzenia. Mostek zabezpieczony jest bezpiecznikami po jednym w każdej gałęzi. Wzbudnica wyposażona jest w filtry FAC (po stronie zmiennoprądowej) oraz FDC (po stronie stałoprądowej).



Rys. 6. Fragment szafy sterowniczej układu ETA

Sterowanie tyrystorami odbywa się za pośrednictwem transformatorów zapłonowych kluczowanych z układu zapłonowego umiesz-

czonego w szafie wzbudzenia. Załączenie napięcia wyprostowanego na zaciski uzwojenia wzbudzenia odbywa się przy pomocy stycznika wzbudzenia. Stycznik wzbudzenia zabezpiecza urządzenie w przypadku wystąpienia zewnętrznych bądź wewnętrznych zakłóceń, powodując odłączenie prostownika od zacisków uzwojenia wzbudzenia. Rozruch asynchroniczny oraz pracę asynchroniczną umożliwią tyrystory rozruchowe połączone równolegle i przeciwsośnie oraz styk prądowy, normalnie zwarty stycznika wzbudzenia. Wyzwalanie tyrystora zapewnia moduł sterujący kontrolujący prąd bramki tyrystora i generujący informacje o załączeniu, zwarciu lub przerwie w obwodzie bramkowym.

Układ pozwala na pracę w trzech trybach:

- **suszenie wirnika** (przy odłączonym zasilaniu stojana wirnik zostaje zasilany prądem wzbudzenia o wartości nastawianej w układzie sterowania)
- **praca z napędem** (po zainicjowaniu procedury startowej następuje rozruch asynchroniczny silnika. Według zadanego algorytmu zwierane są kolejne stopnie rezystora rozruchowego przy pomocy tyrystorów zwierających. Dzięki temu zapewniony jest łagodny rozruch napędu, jak również ograniczenie wartości prądu rozruchowego stojana. Sekwencja rozruchu kończy się zamknięciem stycznika zwierającego. Następuje wówczas uruchomienie procedury synchronizacji. W obwód wirnika zostaje włączony prostownik wzbudzenia, zasilający wirnik napięciem wyprostowanym. Następnie po zakończeniu forsowania wzbudzenia, w przypadku braku awarii, silnik rozpoczyna bieg synchroniczny oraz uruchomiona zostaje kontrola synchronizmu)

- praca w trybie test

Funkcja ta umożliwia kontrolę:

- układów załączania tyrystorów stopni rozruchowych,
- układu załączania tyrystora zwierającego,
- wentylatora szafy wzbudniczej,
- wentylatora szafy rozruchowej,
- załączenia stycznika zwierającego wirnik,
- załączenia stycznika wzbudzenia.

6. Rozruszniki do silników asynchronicznych pierścieniowych typu ETO

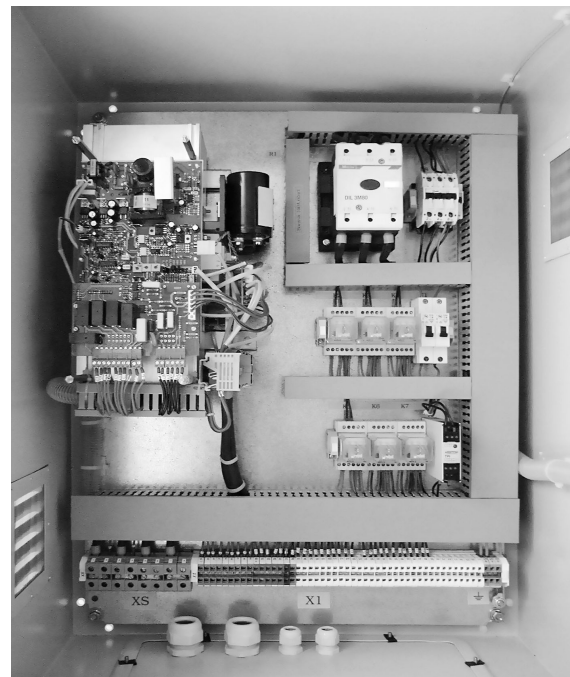
Wykonywane są jako rezystancyjne, wielostopniowe o stopniach zwieranych za pomocą styczników lub rezystorów. Chłodzenie wymuszone lub naturalne. Zakres stosowania od 500 kW

w górę. Pracą styczników steruje sterownik PLC. Stopnie rozruchowe są dobierane indywidualnie dla każdego typu silnika oraz rodzaju obciążenia. Rozruch może odbywać się z blokadą od prądu stojana (układ nie pozwoli na załączenie kolejnego stopnia rozruchowego jeżeli prąd stojana nie będzie poniżej nastawionej wartości). Możliwe jest również zaimplementowanie modelu cieplnego silnika co zabezpieczy silnik przed przegrzaniem w przypadku częstych rozruchów.

7. Rozruszniki prądu stałego typu RPS

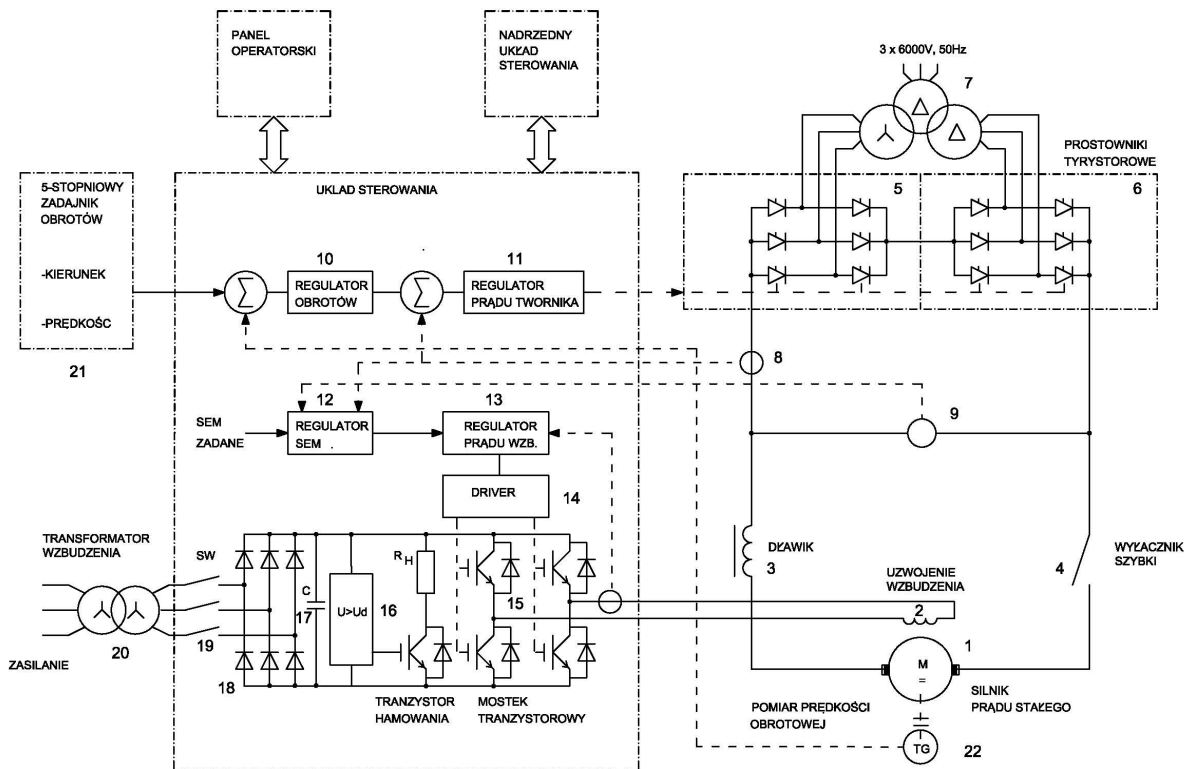
Rozrusznik RPS służy do rozruchu i zasilania silnika prądu stałego zasilanego z sieci prądu stałego.

W wielu zakładach przemysłowych i elektrowniach wykorzystywane są sieci prądu stałego ze względu na pewność napięcia zasilania. Problemem w takich sieciach są silniki prądu stałego. Tradycyjne stycznikowo rezystancyjne układy rozruchowe posiadają szereg wad (udary prądowe) wpływające na żywotność baterii jak również samych silników. Rozrusznik zbudowany na bazie tranzystora IGBT likwiduje te wady, a dzięki dużej częstotliwości kluczowania (3 kHz) prąd silnika ma niski poziom tętnień. Układ posiada ogranicznik prądu rozruchowego, regulowany czas narastania napięcia wyjściowego, regulację prędkości obrotowej, oraz zabezpieczenie od zwarcia i przeciążeń.



Rys. 7. Wnętrze szafy sterowniczej rozrusznika typu RPS

8. Układy regulacji prędkości obrotowej silników prądu stałego dużej mocy typu ETD



Rys. 8. Schemat układu regulacji prędkości obrotowej silnika dużej mocy

Silniki prądu stałego są stosowane do napędzania urządzeń, które ze względów technologicznych są często uruchamiane, zatrzymywane i poddawane rewersji. Dla przykładu można wymienić maszyny walcownicze, maszyny wyciągowe, trądkę elektryczną i spaliniową. Parametrami wejściowymi (wymuszonymi) silników są: moment obciążenia, napięcie zasilania i prąd wzbudzenia. Parametrami wyjściowymi, dopasowującymi się jest prędkość obrotowa i prąd twornika. Schemat funkcjonalny układu, w którym nawrót silnika napędowego uzyskuje się przez rewersję prądu wzbudzenia, przedstawiono na rys. 8.

9. Cyfrowe regulatory napięcia transformatorów zaczepowych typu ETT

Mikroprocesorowy regulator napięcia transformatora typu ETT-02 przeznaczony jest do automatycznej regulacji napięcia strony niższej lub numeru zaczepu (przekładni) transformatora. Może współpracować ze wszystkimi

transformatorami umożliwiającymi zmianę zaczepów pod obciążeniem.



Wyposażenie regulatora w podwójny zestaw przekładników pomiarowych prądowych i napięciowych pozwala na wykorzystanie regulatora do stabilizacji wybranego parametru (napięcie lub numer zaczepu) transformatorów dwuuzwojeniowych oraz trójuzwojeniowych. W celu zabezpieczenia przed przełączeniem po osiągnięciu wartości granicznych regulator posiada blokadę nadnapięciową, podnapięciową,

nadprądową oraz blokadę działającą po osiągnięciu skrajnego zaczeput.

Utrzymanie zadanego napięcia u odległego odbiorcy, zapewnia układ kompensacji prądu obciążenia.



Tel.: +48 32 270-45-18

Fax: +48 32 270-45-17

Energotest sp. z o.o.

ul. Chorzowska 44B

44-100 Gliwice

www.energotest.com.pl

sekretariat@energotest.com.pl

Osoby kontaktowe:

- w sprawach technicznych:
Władysław Przytocki
tel. 602-589-892
- w sprawach handlowych:
Tomasz Kardys
tel. 662-013-637