



ZAŁĄCZNIK Z1 DO SPECYFIKACJI ISTOTNYCH WARUNKÓW ZAMÓWIENIA

POSTĘPOWANIE NR ZP/124/014/D/13

DOSTAWA INSTALACJI BADAWCZEJ LABORATORIUM INNOWACYJNYCH TECHNOLOGII ELEKTROENERGETYCZNYCH I INTEGRACJI ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII LINTE² WRAZ Z JEJ ZAPROJEKTOWANIEM, MONTAŻEM I URUCHOMIENIEM (PRZETARG NIEOGRANICZONY)

OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA

POLITECHNIKA GDAŃSKA
WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI I AUTOMATYKI

27 marca 2013

Spis treści

- 1 **Wstęp**
 - 1.1 Przedmiot i zakres rzeczowy zamówienia
 - 1.2 Uwarunkowania architektoniczno-budowlane przedmiotu zamówienia
- 2 **Ogólne wymagania dotyczące przedmiotu zamówienia**
 - 2.1 Wymagania dotyczące systemu sterowania i komunikacji
 - 2.2 Ogólne wymagania dotyczące urządzeń badawczych
- 3 **Opis stacji zasilającej oraz zakresu dostaw i prac z nią związanych**
 - 3.1 Rozdzielnica średniego napięcia RSN
 - 3.2 Rozdzielnica główna niskiego napięcia RNN
 - 3.3 Lokalny system sterowania i komunikacji stacji zasilającej
 - 3.4 Zakres zamówienia związany ze stacją zasilającą
- 4 **Wymagania dotyczące urządzeń do konfiguracji obwodów siłowych**
 - 4.1 Rozdzielnica konfiguracyjna niskiego napięcia RKNN
- 5 **Wymagania dotyczące jednostek funkcjonalnych**
 - 5.1 Transformatory wielofunkcyjne ET1, ET2, ET3
 - 5.2 Turbogeneratory TG1 i TG2
 - 5.3 Generator wiatrowy synchroniczny WG1
 - 5.4 Generator wiatrowy asynchroniczny dwustronnie zasilany WG2
 - 5.5 Agregaty prądotwórcze DG1 i DG2
 - 5.6 Mikroturbina gazowa MT
 - 5.7 Dynamiczny system magazynowania energii w kołach zamachowych FW
 - 5.8 Superkondensatorowy zasobnik energii SC
 - 5.9 Statyczny generator mocy biernej STATCOM
 - 5.10 Statyczny kompensator mocy biernej SVC
 - 5.11 Zespolony regulator przepływu mocy UPFC
 - 5.12 Układ przesyłowy prądu stałego HVDC
 - 5.13 Odbiorniki regulowane LOAD1, LOAD2, LOAD3
 - 5.14 Odbiornik regulowany LOAD4
 - 5.15 Modele linii przesyłowych LINE1, LINE2, LINE3, LINE4
 - 5.16 Stanowiska ładowania pojazdów elektrycznych EVCS
 - 5.17 Falownik sprzęgający CINV

6 **Projekty użytkowe**

6.1 Scenariusz odbiorowy

6.2 System BMS

7 **Załączniki**

7.1 Algorytmy regulacji i modele elementów turbozespołów TG1 i TG2

7.2 Model turbiny wiatrowej dla WG1 i WG2

7.3 Model odbiorników regulowanych LOAD1, LOAD2, LOAD3

7.4 Wybrane rysunki budowlane laboratorium

7.5 Schematy elektryczne instalacji badawczej

7.6 Wymagania dotyczące wyposażenia sterowni i serwerowni w sprzęt komputerowy

1 Wstęp

W niniejszym rozdziale przedstawiono:

1.1 Przedmiot i zakres rzeczowy zamówienia

1.2 Uwarunkowania architektoniczno-budowlane przedmiotu zamówienia

1.1 Przedmiot i zakres rzeczowy **zamówienia**

Zawartość dokumentu:

1.1.1 OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA

1.1.2 OGÓLNY OPIS ZAKRESU ZAMÓWIENIA

1.1.1 **Ogólna charakterystyka przedmiotu zamówienia**

Przedmiotem zamówienia jest dostawa instalacji badawczej "Laboratorium innowacyjnych technologii elektroenergetycznych i integracji odnawialnych źródeł energii LINTE²" (zwanego dalej *Laboratorium LINTE²*). Realizacja zamówienia polega na zaprojektowaniu, dostarczeniu, montażu i uruchomieniu przez wykonawcę aparatury badawczej wchodzącej w skład instalacji badawczej. Instalacja ma tworzyć złożony, konfigurowalny model fizyczny aktualnych oraz przyszłościowych systemów elektroenergetycznych, obejmujący urządzenia wytwórcze energii elektrycznej, zasobniki energii, urządzenia transmisyjne i modele linii przesyłowych, przekształtniki energoelektroniczne, a także regulowane odbiorniki energii.

Laboratorium LINTE² wraz z zamawianą instalacją badawczą ma oferować proinnowacyjne usługi B+R, szkolenia, usługi doradcze i projektowe w obszarze elektroenergetyki odnawialnej, generacji rozproszonej, integracji źródeł energii z siecią elektroenergetyczną i innych obszarach nowoczesnej elektroenergetyki i energoelektroniki. Dzięki różnorodności i funkcjonalnej kompletności wyposażenia, laboratorium ma zapewnić bezprecedensowe w skali kraju możliwości badawcze.

Aby zapewnić możliwość wygodnego konfigurowania układów badawczych, definiowania parametrów układów sterowania, uruchamiania testów, monitorowania ich przebiegu, rejestrowania wyników itp., zamawiana instalacja badawcza ma być wyposażona w nowoczesną sieć komunikacyjną oraz sterownie ze stanowiskami operatorsko-inżynierskimi. Dużą elastyczność w zakresie zestawiania obwodów siłowych należy uzyskać za pomocą rozbudowanej rozdzielniczej badawczej niskiego napięcia.

Dodatkowym atutem laboratorium będą przestrzenie do badań urządzeń prototypowych, dla których należy zapewnić rezerwy komutacyjne w rozdzielniczy konfiguracyjnej, umożliwiające w przyszłości dołączanie do instalacji nowych i prototypowych urządzeń. Dzięki temu nowe urządzenia będzie można badać w bogatym i elastycznie definiowanym kontekście.

Dodatkowo, przy zastosowaniu odpowiednich technologii sieciowych oraz inteligentnych interfejsów pomiarowych i sterujących należy zapewnić zdalny i bezpieczny dostęp do instalacji badawczej laboratorium przez Internet.

Szczegółowe informacje techniczne i funkcjonalne na temat zamawianej instalacji badawczej zawarto w kolejnych rozdziałach niniejszego dokumentu.

1.1.2 **Ogólny opis zakresu zamówienia**

Zakres zamówienia obejmuje przede wszystkim:

1. Opracowanie dokumentacji projektowej instalacji badawczej. Dokumentacja projektowa powinna obejmować wszystkie elementy niezbędne do prawidłowego doboru, montażu

i uruchomienia wszystkich elementów instalacji badawczej, w tym m.in. projekty wykonawcze instalacji elektrycznej wraz z obwodami pomocniczymi i automatyką zabezpieczeniową oraz projekty wykonawcze systemu sterowania i komunikacji wraz ze sterownikami jednostek funkcjonalnych i ich algorytmami regulacji. Wykonawca będzie zobowiązany do uzgodnienia dokumentacji projektowej z Zamawiającym, a także uzyskania pozytywnej opinii rzeczoznawcy do spraw bezpieczeństwa i higieny pracy oraz rzeczoznawcy do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych.

2. Dostawę, montaż i uruchomienie urządzeń opisanych szczegółowo w rozdziale 4 (rozdzielnicą konfiguracyjną RKNN) oraz rozdziale 5 (jednostki funkcjonalne) wraz z połączeniami elektrycznymi pokazanymi szczegółowo na schematach w załączniku 7.5.
3. Przyłączenie do instalacji badawczej (elektryczne i komunikacyjne) urządzeń zasilania elektrycznego zainstalowanych w stacji zasilającej (rozdzielnicą średniego napięcia RSN, rozdzielnica główna niskiego napięcia RNN, transformatory zasilające T1 i T2), dostarczonych w ramach odrębnego zamówienia. Szczegółowe wymagania w tym zakresie opisano w rozdziałach numer 2 (ogólne wymagania dotyczące przedmiotu zamówienia) i 3 (opis stacji zasilającej i zakresu dostaw i prac z nią związanych).
4. Przyłączenie do rozdzielnic RKNN linii kablowej niskiego napięcia CL wykonanej ze stosownym zapasem długości w poprzednim etapie budowy (patrz p.4.1.5).
5. Dostawę, montaż i uruchomienie systemu sterowania i komunikacji opisanego szczegółowo w rozdziale 2 (ogólne wymagania dotyczące przedmiotu zamówienia). Istotnymi składnikami systemu sterowania i komunikacji są min. następujące projekty użytkowe: scenariusz odbiorowy, system BMS, schemat jednokreskowy całej instalacji badawczej.
6. Wykonanie dokumentacji techniczno-ruchowej dostarczonych i zainstalowanych urządzeń oraz wykonanych instalacji (wraz ze sterownikami jednostek funkcjonalnych i ich algorytmami regulacji).

UWAGA: Instalacja badawcza laboratorium LINTE² obejmie trzy jednostki funkcjonalne, które nie wchodzi w zakres rzeczowy niniejszego zamówienia: akumulatorowy zasobnik energii BA, elektrownie słoneczne PV1-PV2 oraz hamownia MTB. W zakres rzeczowy zamówienia wchodzi jednak odpowiednie wyposażenie rozdzielnic RKNN (łączniki i układy CZAZ), zgodnie ze schematami elektrycznymi przedstawionymi w załączniku 7.5. Ponadto wykonawca niniejszego zamówienia będzie zobowiązany udzielić wykonawcom zamówień na wyżej wymienione jednostki wszelkich informacji niezbędnych dla prawidłowego włączenia tych jednostek do układu elektrycznego oraz systemu sterowania i komunikacji, w tym systemu BMS.

Wymaga się, aby dokumentacja techniczno-ruchowa instalacji badawczej były sporządzone w języku polskim w wersji drukowanej oraz elektronicznej – za pomocą programu narzędziowego CAD/CAE posiadającego między innymi następujące cechy:

- Dostępna w trybach offline i online baza aparatury i dokumentacji – w odniesieniu do wszystkich zastosowanych urządzeń,
- Automatyczne łączenie wstawianych do projektu urządzeń według logiki elektrycznej jedno- i trójkreskowej, automatyczne powiązania obwodów na schematach wielostronicowych, automatyczne generowanie oznaczeń potencjałów i adresów, automatyczna kontrola błędów w zakresie oznaczania urządzeń i przydzielania ich zacisków,
- Możliwość eksportu projektu do formatu DXF, a także importu podkładów z formatu DXF (z zachowaniem warstw, grup i bloków), możliwość eksportu projektu do formatu PDF (również PDF/A) oraz tworzenia aktywnych dokumentów PDF.

W zakresie zamówienia jest dostawa i zainstalowanie u Zamawiającego wybranego przez Wykonawcę programu narzędziowego CAD/CAE o powyższych cechach funkcjonalnych wraz z licencją na jego użytkowanie przez Zamawiającego udzieloną na czas oznaczony nie krótszy niż 10 lat z 5-letnim okresem wypowiedzenia. Dostawa programu ma pomóc w usprawnieniu procesu projektowania i odbioru instalacji badawczej i powinna zostać zrealizowana przed rozpoczęciem projektowania.

Szczegółowy opis przedmiotu zamówienia zawarto w dalszej części dokumentu.

1.2 Uwarunkowania architektoniczno-budowlane **przedmiotu zamówienia**

Zawartość dokumentu:

1.2.1 LOKALIZACJA BUDYNKU LABORATORIUM

1.2.2 PRZEZNACZENIE POMIESZCZEŃ LABORATORIUM

1.2.1 Lokalizacja budynku laboratorium

Zamawianą instalację badawczą LINTE² należy dostarczyć i zainstalować w specjalnie do tego celu zaprojektowanym i zbudowanym zespole budynków laboratorium zlokalizowanym przy ulicy Sobieskiego 5 w Gdańsku. Zespół składa się z budynku głównego i budynku stacji zasilającej. Umieszczenie zespołu na planie zagospodarowania terenu pokazano w załączniku 7.4 na rysunku 1.

1.2.2 Przeznaczenie pomieszczeń laboratorium

Układ pomieszczeń laboratorium wraz z ich zestawieniem i oznaczeniem zawierają rysunki 2, 3, 4 i 5 w załączniku 7.4.

Główne pomieszczenia laboratorium i ich przeznaczenie na elementy instalacji badawczej LINTE² opisano w tablicy 1.2/1.

Tablica 1.2/1 Główne pomieszczenia laboratorium i ich przeznaczenie

Lp.	Pomieszczenie	Przeznaczenie
1.	Hala laboratoryjna w budynku głównym (0.1)	<p>Pomieszczenie rozdzielnic konfiguracyjnej nn RKNN oraz następujących jednostek funkcjonalnych:</p> <ul style="list-style-type: none">• transformatory ET1, ET2, ET3• turbogeneratory TG1, TG2• generatory wiatrowe WG1, WG2• koła zamachowe FW• bateria superkondensatorów SC• statyczny generator mocy biernej STATCOM• statyczny kompensator mocy biernej SVC• zespolony regulator przepływu mocy UPFC• odbiorniki LOAD1 – LOAD4• modele linii przesyłowych LINE1 – LINE4• wydzielony postument hamowni MTB¹• układ przesyłowy prądu stałego HVDC• falownik sprzęgający CINV• przyłącza rozdzielnic konfiguracyjnej do urządzeń prototypowych

2.	Pomieszczenia sterowni na parterze i piętrze w budynku głównym (0.2a, 0.2b, 0.2c, 0.2d, 1.1b, 1.1c, 1.1d, 1.2)	8 sterowni ze stanowiskami operatorsko-inżynierskimi oraz serwerami
3.	Pomieszczenie pracowni / sali konferencyjnej w budynku głównym (1.8)	1 sterownia ze stanowiskami operatorsko-inżynierskimi
4.	Prototypownia w budynku głównym (0.11)	Konstruowanie układów prototypowych
5.	Rozdzielnia hamowni w budynku głównym (0.12)	Rozdzielnica i inne urządzenia hamowni ¹
6.	Pomieszczenie mikroturbiny gazowej w budynku głównym (2.3)	Mikroturbina gazowa MT
7.	Dach budynku głównego	Elektrownia słoneczna (PV1 i PV2) ¹ , chłodnia wentylatorowa dla mikroturbiny MT ¹
8.	Pomieszczenie 0.13/0.20 w budynku stacji zasilającej (agregatownia)	Agregaty prądotwórcze DG1, DG2 oraz dodatkowe (poza zakresem niniejszego zamówienia) stanowisko do badania prototypowych kogeneratorów gazowych
9.	Pomieszczenie 0.14 w budynku stacji zasilającej (akumulatornia)	Akumulatorowy zasobnik energii BA ¹ (oraz urządzenia zasilania elektrycznego dostarczone w ramach odrębnego zamówienia)
10.	Teren na zewnątrz budynku	Linia kablowa niskiego napięcia CL, stanowiska ładowania pojazdów elektrycznych EVCS

Zamówienie obejmuje wykonanie okablowania siłowego i komunikacyjnego łączącego elementy instalacji badawczej wraz z niezbędnymi systemami montażowymi (koryta, drabinki kablowe itp.)

Budynek został zaprojektowany i wykonany w sposób, który ma minimalizować konieczność wykonywania dodatkowych kanałów kablowych lub przepustów do przejść instalacji przez przegrody budowlane. Nie zwalnia to jednak Wykonawcy z obowiązku ich wykonania (w ścisłym uzgodnieniu z Zamawiającym) oraz usunięcia ewentualnych stwierdzonych kolizji z innymi instalacjami w budynku, gdyby okazało się to niezbędne do montażu elementów instalacji badawczej.

Wymagany przez Zamawiającego sposób rozprowadzenia okablowania w poszczególnych pomieszczeniach laboratorium opisano w tablicy 1.2/2.

Tablica 1.2/2 Sposób prowadzenia okablowania w poszczególnych pomieszczeniach laboratorium

Lp.	Okablowanie	Sposób prowadzenia
1.	Okablowanie siłowe i komunikacyjne na hali badawczej oraz w pomieszczeniu hamowni	Kanały instalacyjne w podłodze hali i odpowiednich pomieszczeń
2.	Okablowanie siłowe i komunikacyjne pomiędzy halą badawczą a dachem laboratorium/pomieszczeniem mikroturbiny	Szachty instalacyjne na ścianie hali
3.	Okablowanie siłowe i komunikacyjne pomiędzy budynkiem stacji zasilającej,	Trasy kablowe: w budynku głównym i w budynku stacji zasilającej oraz w łączniku

¹ Elementy te nie są objęte zakresem niniejszego zamówienia

	a budynkiem głównym	między budynkiem stacji zasilającej, a budynkiem głównym
4.	Okablowanie komunikacyjne w sterowniach i pozostałych pomieszczeniach laboratorium	Sufity podwieszane i podłogi podniesione

Kable i przewody układane nad wejściem głównym i holem budynku, czyli pomiędzy stacją zasilającą a rozdzielnicami w budynku głównym należy zastosować jako:

- a) wielodrutowe miedziane lub wielodrutowe miedziane giętkie, o dozwolonym promieniu gięcia mniejszym od 150 mm, o średnicy zewnętrznej nie większej niż 35 mm;
- b) bezhalogenowe, nierozprzestrzeniające płomienia, nieemitujące toksycznych, agresywnych, korozyjnych gazów oraz gęstych dymów podczas spalania.

Po wykonaniu okablowania w łączniku pomiędzy budynkiem stacji zasilającej a budynkiem głównym Wykonawca zobowiązany będzie do wykonania odpowiednich zabezpieczeń przeciwwilgociowych i przeciwpożarowych wszystkich przepustów kablowych w ścianach obu budynków.

Brama wjazdowa do hali laboratoryjnej umożliwia wjazd samochodu ciężarowego i dostawę urządzeń. Hala wyposażona jest w suwnicę umożliwiającą transport urządzeń w jej wnętrzu.

Dopuszczalne obciążenie posadzki hali laboratoryjnej wynosi 1200 kg/m². Dopuszczalne całkowite obciążenie technologiczne dachu nad halą w osiach 2 – 12 / A – E wynosi 132,30 kN (13 230 kG). Dopuszczalne całkowite obciążenie technologiczne dachu nad częścią administracyjną w osiach 2 – 12 / G – H wynosi 43,47 kN (4 347 kG).

Szczegółowe wymagania konstrukcyjno-montażowe poszczególnych urządzeń zawarto w rozdziałach opisujących elementy instalacji badawczej.

2 **Ogólne** wymagania **dotyczące przedmiotu zamówienia**

W niniejszym rozdziale przedstawiono:

- 2.1 Wymagania dotyczące systemu sterowania i komunikacji
- 2.2 Ogólne wymagania dotyczące urządzeń badawczych

2.1 Wymagania dotyczące systemu sterowania i komunikacji

Zawartość dokumentu:

- 2.1.1 WSTĘP
- 2.1.2 MAGISTRALA KOMUNIKACYJNA
- 2.1.3 STEROWNIKI JEDNOSTEK FUNKCJONALNYCH
- 2.1.4 CYFROWE ZESPOŁY AUTOMATYKI ZABEZPIECZENIOWEJ
- 2.1.5 STANOWISKA OPERATORSKO-INŻYNIERSKIE
- 2.1.6 PODSYSTEM POMIARÓW I REJESTRACJI
- 2.1.7 OPROGRAMOWANIE INSTALACJI BADAWCZEJ
- 2.1.8 INNE WYMAGANIA DOTYCZĄCE SYSTEMU STEROWANIA I KOMUNIKACJI

2.1.1 Wstęp

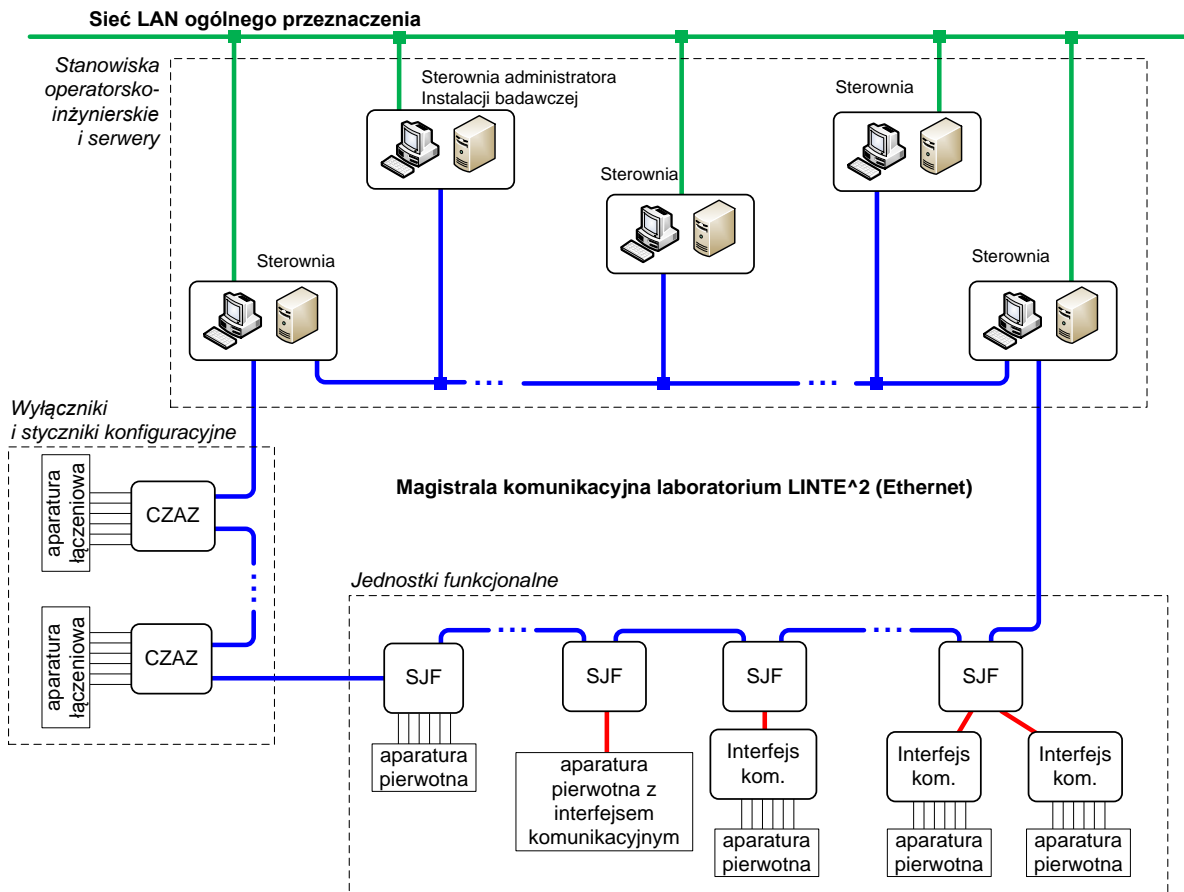
Zamawiany system sterowania i komunikacji laboratorium LINTE² należy zrealizować jako kompleksowy system automatyki rozproszonej obejmujący przede wszystkim:

- magistralę komunikacyjną Ethernet,
- sterowniki jednostek funkcjonalnych (dalej SJF),
- cyfrowe zespoły automatyki zabezpieczeniowej (dalej CZAZ),
- sterownię ze stanowiskami operatorsko-inżynierskimi i serwerami,
- podsystem pomiarów i rejestracji.

Poglądowy schemat systemu sterowania i komunikacji przedstawiono na rys. 2.1/1. W strukturze systemu można wyróżnić następujące trzy bloki obiektów podłączonych do magistrali komunikacyjnej:

- sterowniki SJF stanowiące interfejs pomiędzy systemem sterowania i komunikacji a właściwą aparaturą badawczą pogrupowaną w *jednostki funkcjonalne*,
- cyfrowe zespoły automatyki zabezpieczeniowej stanowiące interfejs pomiędzy systemem sterowania i komunikacji a łącznikami elektrycznymi realizującymi funkcje zabezpieczające i komutacyjne,
- stanowiska operatorsko-inżynierskie do zarządzania systemem sterowania i komunikacji, ulokowane w odrębnych pomieszczeniach nazywanych ogólnie *sterowniami*.

Ponadto, system sterowania i komunikacji powinien być wyposażony w podsystem pomiarów i rejestracji w głównych węzłach instalacji badawczej.



Rys. 2.1/1. Poglądowe przedstawienie struktury sterowania i komunikacji laboratorium LINTE²

System sterowania i komunikacji laboratorium LINTE² powinien umożliwiać między innymi:

- zdalne zestawianie dowolnych jednostek funkcjonalnych wchodzących w skład instalacji badawczej w różnorodne konfiguracje, nazywane *konfiguracjami badawczymi*,
- zdalne i lokalne sterowanie pracą dowolnych jednostek funkcjonalnych, w tym uruchamianie zdefiniowanych harmonogramów pracy konfiguracji badawczych (konfiguracje badawcze wraz z harmonogramami pracy będą nazywane *scenariuszami badawczymi*),
- wykonywanie pomiarów i rejestracji przebiegów czasowych zdefiniowanych wielkości występujących w instalacji badawczej oraz ich wizualizowanie, raportowanie i archiwizowanie,
- nadzór nad pracą całej instalacji badawczej.

2.1.2 Magistrala komunikacyjna

Magistrala komunikacyjna systemu sterowania i komunikacji powinna być siecią światłowodową wielomodową o szybkości nie mniejszej niż 100 Mbps – Ethernet 100 Base-FX (standard IEEE 802.3u).

Część sieci odpowiedzialna za komunikację z cyfrowymi zespołami automatyki zabezpieczeniowej (CZAZ) powinna wykorzystywać protokół IEC 61850-8-1 i mieć formę pierścienia z możliwością automatycznej rekonfiguracji w przypadku awarii. Zastosowane przełączniki sieciowe powinny być w pełni zarządzanymi przełącznikami dostosowanymi do pracy w wymagających systemach czasu rzeczywistego, w szczególności w podstacjach elektroenergetycznych. Przełączniki powinny spełniać wymagania normy IEC 61850-3. Liczba układów CZAZ dołączonych do jednego przełącznika sieciowego nie powinna być większa niż 10.

Pozostałe urządzenia inteligentne, a w szczególności sterowniki SJF, powinny być sterowane i nadzorowane za pomocą jednolitego otwartego protokołu komunikacyjnego na bazie sieci Ethernet, dobrze dopasowanego do roli tych urządzeń w systemie sterowania jednostkami funkcjonalnymi oraz do potrzeb w zakresie wymiany informacji pomiędzy sterownikami i stanowiskami operatorsko-inżynierskimi oraz centralnymi serwerami. Część sieci odpowiedzialna za komunikację ze sterownikami jednostek funkcjonalnych i pozostałymi urządzeniami może być wyodrębniona strukturalnie i nie musi korzystać z protokołu IEC 61850-8-1.

W ramach niniejszego zamówienia należy również zaprojektować i uruchomić sieć LAN ogólnego przeznaczenia (oddzieloną od magistrali komunikacyjnej). Sieć LAN należy zbudować w oparciu o okablowanie strukturalne, gniazda teletechniczne oraz punkty dystrybucyjne PD.1 i PD.2, częściowo wykonane w ramach robót budowlanych. Zamówienie obejmuje dostawę niezbędnych do tego celu urządzeń aktywnych sieci (routery, zarządzalne przełączniki sieciowe, punkty dostępowe). Sieć LAN powinna umożliwiać użytkownikom laboratorium bezpieczny dostęp do Internetu. Do montażu urządzeń aktywnych sieci LAN należy wykorzystać szafy telemechaniki punktów dystrybucyjnych PD.1 i PD.2 zlokalizowane w pomieszczeniach 1.1a i 0.14.

Połączenia komunikacyjne w obrębie magistrali oraz sieci LAN ogólnego przeznaczenia powinny być zabezpieczone przed przepięciami zgodnie z aktualnymi normami i wiedzą techniczną w zakresie wykorzystywanych standardów komunikacyjnych. Ochronniki przeciwprzepięciowe w sieci LAN muszą być dopuszczone do eksploatacji w sieciach Ethernet kategorii 6.

2.1.3 Sterowniki jednostek funkcjonalnych

Znaczna część aparatury pierwotnej i wtórnej tworzącej laboratorium LINTE² będzie zgrupowana w bloki nazywane jednostkami funkcjonalnymi. Z punktu widzenia roli w wymianie energii, jednostki funkcjonalne można podzielić na jednostki wytwórcze (TG1, TG2, WG1, WG2, DG1, DG2, MT, PV1-PV2¹), zasobniki energii (BA¹, FW, SC), układy FACTS (STATCOM, SVC, UPFC, HVDC), urządzenia przesyłowe (linie LINE1 – LINE4 i transformatory ET1, ET2, ET3) oraz odbiory (LOAD1 – LOAD4). Zestaw jednostek funkcjonalnych uzupełniają stanowiska ładowania pojazdów elektrycznych (EVCS) oraz falownik sprzęgający (CINV).

Sterowanie urządzeniami wchodzącymi w skład jednostek funkcjonalnych oraz komunikację jednostek ze stanowiskami operatorsko-inżynierskimi powinny zapewniać sterowniki SJF. Oprócz sterowania urządzeniami pierwotnymi wchodzącymi w skład danej jednostki funkcjonalnej, sterowniki SJF powinny realizować również modele turbin parowych (w jednostkach TG1 i TG2) lub wiatrowych (w jednostkach WG1 i WG2) i ewentualnie inne modele w razie potrzeby. W związku z tym sterowniki jednostek funkcjonalnych należy wykonać jako lokalne komputery sterujące.

Sterowniki SJF należy zlokalizować w sąsiedztwie aparatury pierwotnej, dzięki czemu ułatwione będzie stosowanie połączeń drutowych pomiędzy sterownikami i urządzeniami wchodzącymi w skład jednostki (w celu zapewnienia odpowiednio szybkiej wymiany informacji). Sterowniki powinny być zrealizowane w formie komputerów przemysłowych w obudowach RACK19" lub przystosowanych do zabudowy w szafach 19". Sterowniki powinny mieć budowę modułową, umożliwiającą przyszłą rozbudowę i/lub modyfikację wyposażenia sterownika. Poszczególne sterowniki powinny być wyposażone w niezbędne karty komunikacyjne, pomiarowe oraz karty wejść/wyjść. Należy zapewnić możliwość zdalnego i lokalnego zarządzania oprogramowaniem sterowników. Sterowniki SJF powinny być wyposażone w światłowodowe porty komunikacyjne Ethernet. Wymagana jest synchronizacja zegarów wewnętrznych tych urządzeń z serwerem wzorca czasu.

Konstrukcja sterowników SJF powinna zapewniać możliwość pracy z przerwaniem, swobodne i precyzyjne określanie czasu trwania cyklu obliczeniowego oraz okresów próbkowania wejść

¹ Poza zakresem niniejszego zamówienia.

i aktualizowania wyjść, możliwość skalowania mocy obliczeniowej i uzupełniania zestawu wejść i wyjść. Zamawiający nie narzuca szczegółów rozwiązania sprzętowego i programowego sterowników SJF.

2.1.4 Cyfrowe zespoły automatyki zabezpieczeniowej

Do zestawiania konkretnych konfiguracji badawczych urządzeń pierwotnych będą służyć wyłączniki i styczniki konfiguracyjne umieszczone w rozdzielniach RSN, RNN i RKNN. Za pomocą tych łączników będą również realizowane zabezpieczenia nadprądowe, blokady łączeniowe i inne funkcje elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej. Sterowanie aparaturą łączeniową należy zrealizować przez cyfrowe zespoły automatyki zabezpieczeniowej (CZAZ), takie jak sterowniki polowe, przekaźniki cyfrowe itp. Urządzenia CZAZ będą połączone z magistralą komunikacyjną laboratorium, która zapewni zarówno powiązania wzajemne pomiędzy zabezpieczeniami (*peer-to-peer*), jak i komunikację zabezpieczeń ze stanowiskami operatorsko-inżynierskimi (*client-server*).

Większość urządzeń CZAZ będzie ulokowana w rozdzielnicy konfiguracyjnej RKNN. Połączenia urządzeń CZAZ z aparaturą łączeniową powinny mieć formę połączeń drutowych. Sterowanie urządzeniami CZAZ należy zrealizować z wykorzystaniem komunikacji sieciowej zgodnej z normą IEC 61850. Urządzenia te powinny obsługiwać komunikację klient-serwer ze stanowiskami operatorsko-inżynierskimi oraz komunikację „punkt-punkt” (komunikaty GOOSE) zgodnie z normą IEC 61850. Urządzenia CZAZ powinny być wyposażone w światłowodowe porty komunikacyjne Ethernet. Wymagana jest synchronizacja zegarów wewnętrznych tych urządzeń z serwerem wzorca czasu.

2.1.5 Stanowiska operatorsko-inżynierskie

System sterowania i komunikacji laboratorium LINTE² należy wyposażyć w dziewięć zespołów stanowisk operatorsko-inżynierskich nazywanych ogólnie sterowniami. Każda sterownia będzie zlokalizowana w odrębnym pomieszczeniu. Zestawienie pomieszczeń przeznaczonych na sterownie zawarto w tabelicy 2.1/1.

Tablica 2. 1/1 Zestawienie pomieszczeń przeznaczonych na sterownie

Dane pomieszczenia	Przeznaczenie
1.1d, 1 piętro, 35,5 m ²	sterownia główna 1
1.1c, 1 piętro, 35,5 m ²	sterownia główna 2
1.8, 1 piętro, 80,0 m ²	sterownia główna 3 ²
1.1b, 1 piętro, 35,5 m ²	sterownia administratora instalacji badawczej
1.1a, 1 piętro, 16,7 m ²	serwerownia
0.2d, parter, 27,6 m ²	sterownia ogólna 1
0.2c, parter, 27,6 m ²	sterownia ogólna 2
0.2b, parter, 27,6 m ²	sterownia ogólna 3
0.2a, parter, 16,7 m ²	sterownia ogólna 4
1.2, 1 piętro, 13,2 m ²	sterownia ogólna 5

² Jak również sala seminaryjna i pracownia komputerowa.

Przewiduje się, że trzy sterownie, które będą funkcjonowały jako *sterownie główne*, będą najczęściej wykorzystywane do prezentacji i dyskusji z udziałem większej liczby osób. W związku z tym należy je potraktować jako priorytetowe jeśli chodzi o jakość wyposażenia – wymaga się między innymi wyposażenia tych sterowni w wielomonitorowe ściany graficzne o dużych rozmiarach i dużej rozdzielczości.

Przewiduje się również, że jedna ze sterowni będzie pełniła rolę *sterowni administratora instalacji badawczej*. Oprócz funkcji stanowiska operatorsko-inżynierskiego będzie ona realizować zadania związane z zarządzaniem pracą instalacji badawczej. Sterownia administratora powinna między innymi realizować nadzór nad uprawnieniami użytkowników instalacji badawczej, uprawnieniami poszczególnych stanowisk operatorsko-inżynierskich, oraz konfiguracją, monitorowaniem i diagnostyką sieci komunikacyjnych, a także sprzętu i oprogramowania komputerowego zainstalowanego w instalacji badawczej. Istotną funkcją sterowni administratora będzie również konfigurowanie i parametryzacja urządzeń cyfrowej automatyki zabezpieczeniowej, testowanie tych urządzeń, nadzorowanie ich pracy itp. Sterownia administratora instalacji badawczej – podobnie jak sterownie główne – powinna być wyposażona w wielomonitorową ścianę graficzną.

Sprzęt uciążliwy dla obsługi sterowni, w tym serwery główne systemu, sieciowe pamięci masowe oraz sieciowe urządzenia aktywne należy zlokalizować w specjalnym pomieszczeniu *serwerowni* (1.1a).

Oprócz stanowisk operatorsko-inżynierskich zainstalowanych w sterowniach należy zapewnić możliwość lokalnego sterowania i konfiguracji wszystkich jednostek funkcjonalnych. „Lokalność” odnosi się tu do przestrzennego położenia odpowiedniego interfejsu HMI (w miejscu zainstalowania danej jednostki funkcjonalnej), a nie do zastosowanej technologii komunikacyjnej. Lokalne interfejsy HMI mogą być zrealizowane jako przenośne stanowiska operatorsko-inżynierskie dołączane do magistrali komunikacyjnej laboratorium poprzez lokalne gniazda komunikacyjne. Wymagana jest dostawa dwóch przenośnych stanowisk operatorsko-inżynierskich w formie komputerów przenośnych o zwiększonej odporności na wstrząsy, upadki i zalanie płynami. Stanowiska te powinny zapewniać taką samą funkcjonalność jak stanowiska operatorsko-inżynierskie w sterowniach. Rozdzielnica RKNN powinna być również wyposażona w gniazda do podłączenia lokalnego stanowiska operatorsko-inżynierskiego.

Minimalne wymagania dotyczące sprzętu komputerowego przewidzianego do zainstalowania w sterowniach oraz serwerowni zestawiono w załączniku 7.6.

2.1.6 **Podsystem pomiarów** i rejestracji

System sterowania i komunikacji powinien obejmować również skoordynowany podsystem pomiarów, rejestracji, analizy i prezentacji stanów przejściowych, zakłóceń, jakości energii, sekwencji zdarzeń itp. w głównych węzłach instalacji badawczej. Rejestracje powinny obejmować również wybrane zmienne wewnętrzne systemu sterowania.

Ponieważ sposób rozwiązania kwestii pomiarów i rejestracji silnie zależy od całościowej koncepcji systemu sterowania i komunikacji, a także od rozwiązań dotyczących urządzeń CZAZ oraz przekształtników energoelektronicznych, Zamawiający nie narzuca wymagań, które mogłyby ograniczać Wykonawcę w poszukiwaniu optymalnego rozwiązania całościowego. Zamawiający oczekuje propozycji ofertowych rozwiązania tego zagadnienia przez Wykonawców w sposób spójny z całością rozwiązania systemu sterowania i komunikacji oraz innych elementów instalacji badawczej. Propozycje te będą oceniane w ramach kryterium „Wartość techniczna i funkcjonalność”.

2.1.7 Oprogramowanie instalacji badawczej

Wykonawca dostarczy i uruchomi system sterowania i komunikacji laboratorium LINTE² wraz z wszelkim niezbędnym do tego celu oprogramowaniem.

Oprogramowanie stanowisk operatorsko-inżynierskich

Stawiska operatorsko-inżynierskie w sterowniach należy wyposażyć w kompleksowe oprogramowanie użytkowe i inżynierskie, które powinno w szczególności zapewniać możliwość opracowywania i wykonywania projektów użytkowych, czyli funkcjonalnie kompletnych zestawów aplikacji użytkowych, skryptów, plików wsadowych, baz danych itp. zapewniających określone działanie instalacji badawczej lub jej części (na przykład projekt użytkowy realizujący zdefiniowany scenariusz badawczy, projekt użytkowy realizujący system BMS itp.). Głównymi aplikacjami użytkowymi wchodzącymi w skład projektu użytkowego będą zazwyczaj aplikacje realizujące funkcjonalność SCADA³ oraz algorytmy sterowania realizowane przez SJF.

Oprogramowanie SCADA⁴ powinno umożliwiać odwzorowywanie i wizualizację bardzo złożonych schematów elektrycznych, komunikacyjnych i technologicznych oraz ich konfigurację i sterowanie. Wymagana jest grafika wektorowa z możliwością grupowania obiektów w warstwy i nadawania warstwom reguł dotyczących wyświetlania oraz z automatycznym dopasowywaniem poziomu wyświetlanego detalu do aktualnego powiększenia obrazu. Moduł do opracowywania wizualizacji powinien umożliwiać wygodne⁵ przygotowywanie wizualizacji zarówno schematów elektrycznych, w szczególności schematów jednokreskowych, jak i układów automatyki przemysłowej i procesów technologicznych. Wymagana jest możliwość tworzenia i używania symboli z animacją. Oprogramowanie to powinno również obejmować bogatą bibliotekę predefiniowanych symboli graficznych.

Ponadto, oprogramowanie SCADA powinno zapewniać możliwość realizacji wymiany danych pomiędzy sterownikami w celu emulacji współpracy odległych centrów dyspozytorskich.

Wymagania dotyczące oprogramowania inżynierskiego do projektowania algorytmów sterowania dla sterowników SJF przedstawiono poniżej.

Oprogramowanie do projektowania i realizacji algorytmów sterowania jednostek funkcjonalnych

Wymaga się, aby algorytmy sterowania jednostkami funkcjonalnymi były realizowane przez sterowniki SJF oraz wewnętrzne układy sterujące dostarczanych urządzeń, głównie przekształtników energoelektronicznych. Przekształtniki energoelektroniczne wchodzące w skład jednostek funkcjonalnych należy wyposażyć w oprogramowanie sterujące w zasadzie niepodlegające ingerencji użytkownika, ale zapewniające odpowiednią elastyczność w zakresie kształtowania parametrów i funkcjonalności przekształtnika. Przekształtniki mogą być sterowane i konfigurowane za pomocą sterowników SJF poprzez interfejsy komunikacyjne i/lub połączenia drutowe.

W opisach poszczególnych jednostek funkcjonalnych przedstawiono orientacyjny rozdział funkcji sterowniczych pomiędzy sterowniki SJF i przekształtniki energoelektroniczne. Pokazany rozdział jest hipotezą wstępną, która może podlegać weryfikacji w trakcie projektowania instalacji.

³ Termin SCADA jest tutaj używany w znaczeniu systemu sterującego i nadzorującego procesy produkcyjne (np. produkcja energii elektrycznej) lub infrastrukturalne (np. transmisja i dystrybucja energii elektrycznej), którego funkcje obejmują między innymi: zbieranie i przetwarzanie danych pomiarowych z nadzorowanych urządzeń (np. urządzeń cyfrowej automatyki zabezpieczeniowej, sterowników obiektowych itp.), realizację algorytmów sterowania nadrzędnego tymi urządzeniami, wizualizację sterowanych procesów. W laboratorium LINTE² system SCADA ma realizować sterowanie i nadzór nad urządzeniami dołączonymi do magistrali komunikacyjnej Ethernet.

⁴ Oprogramowanie SCADA oznacza tu zarówno moduły programowe niezbędne do opracowania konkretnego projektu użytkowego, jak i moduły niezbędne do jego wykonywania.

⁵ W szczególności przyjazne dla użytkownika i niewymagające pomocy dostawcy oprogramowania przy tworzeniu nowych projektów.

Wszystkie sterowniki SJF powinny wykorzystywać ten sam system operacyjny; podobnie, zasady i narzędzia do opracowywania algorytmów sterowania wykonywanych przez sterowniki SJF powinny być wspólne dla wszystkich sterowników. Pożądana jest możliwość graficznego definiowania algorytmu sterowania za pomocą schematu blokowego (por. wymagania dotyczące sterowników SJF zawarte w punkcie 2.1.3).

Zamawiający oczekuje rozwiązań zapewniających silne wspomaganie procesu projektowania algorytmów sterowania i komunikacji realizowanych przez sterowniki SJF. Pożądane są zwłaszcza rozwiązania typu *model-based design*, zapewniające możliwość projektowania graficznego i symulacji na stanowisku operatorsko-inżynierskim i automatycznej generacji kodu docelowego kompatybilnego ze sprzętem i oprogramowaniem sterownika. Przykładami komercyjnie dostępnych środowisk zapewniających takie wspomaganie są Matlab-Simulink z modułami Real-Time Workshop, xPC Target i xPC Windows Target firmy MathWorks, LabView z modułem LabView Real-Time Module firmy National Instruments (wspierające platformy docelowe kompatybilne z komputerami klasy PC), VisSim Embedded Controls Developer firmy Visual Solutions (wspierające zwłaszcza platformy docelowe oparte na procesorach sygnałowych Texas Instruments)⁶.

Oprogramowanie do zarządzania siecią komunikacyjną IEC 61850

Wykonawca zobowiązany jest do dostarczenia i zainstalowania oprogramowania niezbędnego do realizacji wszystkich czynności związanych z zarządzaniem systemem komunikacji zgodnej z normą IEC 61850. Przez zarządzanie należy rozumieć w szczególności konfigurację systemu i jego elementów, wprowadzanie modyfikacji i nowych elementów do systemu, diagnostykę oraz sterowanie.

Wykonawca powinien dostarczyć narzędzia programowe umożliwiające:

- tworzenie i modyfikację plików konfiguracyjnych dla urządzeń (ICD i CID)
- tworzenie i modyfikację plików specyfikacji systemu (SSD)
- obsługę plików konfiguracji urządzeń pochodzących od różnych producentów (ICD i CID)
- tworzenie i modyfikację plików konfiguracji systemu (SCD)
- prezentację i edycję plików konfiguracyjnych w formie drzewa danych
- parametryzację urządzeń IED podłączonych do magistrali IEC 61850
- zarządzanie serwerami OPC (jeżeli będą wykorzystywane w systemie)
- zarządzanie bazami danych, np. SQL (jeżeli będą wykorzystywane w systemie)
- zarządzanie urządzeniami IED (m.in. diagnostyka komunikacji, konfiguracja / rekonfiguracja sprzętowa urządzeń, monitorowanie stanów fizycznych wejść i wyjść).

Oprogramowanie do tworzenia kopii zapasowych

Dostawca powinien dostarczyć Zamawiającemu oprogramowanie do automatycznego tworzenia kopii zapasowych projektów użytkowych, baz danych oraz systemów operacyjnych oraz zapewnić programową i sprzętową możliwość zapisywania, przechowywania i odtwarzania tych kopii.

Projekty użytkowe

Za pomocą dostarczonego oprogramowania należy przygotować, przetestować i uruchomić następujące projekty użytkowe gotowe do wykorzystania przez Zamawiającego:

- scenariusz odbiorowy opisany w rozdz. 6.1,

⁶ Zamawiający wymienia te środowiska jedynie w celu lepszego zdefiniowania potrzeb powstającego laboratorium; w żadnym razie nie należy traktować tych przykładów jako sugestii dla Wykonawcy co do wyboru produktów, na których powinien oprzeć swoją ofertę.

- system BMS opisany w rozdz. 6.2,
- schemat jednokreskowy całej instalacji badawczej (razem z urządzeniami zainstalowanymi w stacji zasilającej) odwzorowujący stan wszystkich łączników z kolorowaniem części instalacji elektrycznej będących w różnych stanach napięciowych.

Projekty użytkowe powinny zawierać ergonomiczne i czytelne interfejsy graficzne (GUI) zarządzanych systemów, zapewniające graficzną i numeryczną reprezentację sygnałów i telesterowań. Należy zapewnić możliwość wyświetlania ekranów GUI nie tylko na stanowiskach operatorsko-inżynierskich, ale również na dodatkowym monitorze LCD w holu głównym laboratorium.

Gotowe projekty użytkowe będą podlegały odbiorowi przez Zamawiającego pod kątem poprawności zarządzania działaniem i współdziałaniem poszczególnych urządzeń, jednostek funkcjonalnych oraz wszystkich elementów systemu sterowania i komunikacji laboratorium. Wszystkie projekty użytkowe powinny być dostarczone Zamawiającemu także w wersji źródłowej (edytowalnej). Wykonawca przekaże również szczegółowe informacje na temat zrealizowanych metod sterowania wraz z listami i specyfikacjami parametrów.

UWAGA: Dostęp do projektów użytkowych powinien być możliwy nie tylko bezpośrednio ze stanowisk operatorsko-inżynierskich, ale również z poziomu przeglądarek internetowych – poprzez serwer WWW oddzielony zaporą sieciową od systemu sterowania i komunikacji. Należy dostarczyć zarówno sprzęt, jak i oprogramowanie serwera, a także oprogramowanie do eksportu interfejsów graficznych do serwera WWW.

Licencje i prawa własności intelektualnej

Wykonawca udzieli Zamawiającemu lub zapewni udzielenie przez inne podmioty pełnych, komercyjnych licencji na użyte w instalacji badawczej oprogramowanie oraz dostarczy niezbędne nośniki instalacyjne. Licencje powinny być udzielone na czas oznaczony nie krótszy niż 15 lat. W wyjątkowych przypadkach, gdy producent/dostawca oprogramowania nie dopuszcza tego typu licencji, Zamawiający może dopuścić krótszy okres obowiązywania licencji, jednak nie krótszy niż 5 lat. Dopuszczalność takiego rozwiązania należy uzgodnić z Zamawiającym w ramach uzgodnień dokumentacji projektowej. Zastosowanie skróconego czasu obowiązywania licencji nie może dotyczyć oprogramowania SCADA oraz oprogramowania sieci komunikacyjnej IEC 61850. Prawo do korzystania z oprogramowania w okresie obowiązywania licencji nie może być uzależnione od jakichkolwiek opłat ponoszonych przez Zamawiającego (np. opłat za obowiązkowe wsparcie techniczne).

Liczba licencji na poszczególne pakiety oprogramowania powinna być dostosowana do liczby urządzeń wymagających danego oprogramowania. W szczególności, wymaga się licencji obejmującej 11 stanowisk na oprogramowanie klienckie SCADA (9 stacjonarnych w sterowniach oraz 2 przenośne stanowiska operatorsko-inżynierskie). Wymaga się również 9 licencji typu klient WWW (jedna licencja klienta WWW na każdą licencję klienta pełnego w sterowniach). Oprogramowanie inżynierskie (narzędziowe) do opracowywania i generowania projektów użytkowych dla sterowników SJF powinno być zaopatrzone w pakiet licencyjny umożliwiający jednoczesne korzystanie z tego oprogramowania na 9 stanowiskach operatorsko-inżynierskich w sterowniach.

Dostawa obejmuje również licencje na systemy operacyjne wszystkich dostarczonych urządzeń komputerowych oraz licencje na zainstalowane na tych urządzeniach wszelkie oprogramowanie towarzyszące (np. systemy zarządzania bazami danych).

Licencje nie powinny być w żaden sposób przypisane do sprzętu komputerowego (jak to ma miejsce w przypadku licencji typu OEM), ale powinny zapewniać możliwość instalacji na dowolnych komputerach spełniających odpowiednie wymagania (licencje typu BOX).

Dostawa obejmuje również przekazanie praw własności intelektualnej do wszystkich projektów użytkowych przygotowanych przez Wykonawcę.

2.1.8 Inne wymagania dotyczące systemu sterowania i komunikacji

Istniejąca lokalna sieć komunikacyjna stacji zasilającej (opisana w punkcie 3.4) powinna być przyłączona do magistrali komunikacyjnej laboratorium jako jej integralna część. W szczególności należy zapewnić możliwość wymiany komunikatów GOOSE pomiędzy urządzeniami CZAZ, które będą zainstalowane w RKNN a tymi, które znajdują się w stacji zasilającej. Połączenie sieci lokalnej z magistralą należy w związku z tym zrealizować za pomocą przełącznika sieciowego, a nie układu pośredniczącego typu 'gateway'. Integracja stacji zasilającej z systemem sterowania i komunikacji obejmuje nie tylko warstwę sprzętową, ale również odwzorowanie sygnałów i telesterowań w oprogramowaniu stacji operatorsko-inżynierskich.

System sterowania i komunikacji laboratorium powinien być zabezpieczony przed cyberatakami w sposób odpowiadający aktualnemu stanowi wiedzy i technologii w tej dziedzinie oraz zgodny z europejskimi uregulowaniami prawnymi. Zainstalowane oprogramowanie powinno zapewniać wielopoziomowe zarządzanie uprawnieniami dostępowymi użytkowników.

2.2 Ogólne wymagania dotyczące urządzeń badawczych

Zawartość dokumentu:

2.2.1 WYMAGANIA DOTYCZĄCE WŁAŚCIWOŚCI ELEKTRYCZNYCH I RUCHOWYCH URZĄDZEŃ

2.2.2 WYMAGANIA KONSTRUKCYJNE I MONTAŻOWE

2.2.3 WYMAGANIA DOTYCZĄCE GWARANCJI, SERWISU I POMOCY TECHNICZNEJ

2.2.4 INNE WYMAGANIA ZAMAWIAJĄCEGO

2.2.1 Wymagania dotyczące właściwości elektrycznych i ruchowych urządzeń

W trakcie realizacji zamówienia należy stosować wymagania obowiązujących przepisów i norm, w tym norm i instrukcji branżowych mających zastosowanie do instalacji badawczej.

W stanach nieustalonych wymaga się możliwości utrzymania w ruchu urządzeń aktywnych (źródła, odbiorów i układów FACTS) – przy zachowaniu parametrów granicznych wynikających z budowy urządzenia – dla zmian napięcia w zakresie $-55\% U_n \div +30\% U_n$, zmian częstotliwości z zakresu 43 Hz \div 55 Hz oraz dla szybkości zmian częstotliwości (df/dt) z zakresu ± 10 Hz/s. Wymaga się utrzymania urządzenia w ruchu w czasie nie krótszym niż 30 s¹.

Przeмиenniki częstotliwości i inne przekształtniki energoelektroniczne przyłączone do sieci powinny spełniać wymagania standardu IEEE-519-1992 dotyczące zniekształceń harmonicznych na szynach zbiorczych, tzn. poziom zniekształceń napięcia i prądu powinien być nie gorszy niż:

- całkowite THD napięcia $\leq 5\%$,
- całkowite THD prądu $\leq 5\%$,
- poszczególne harmoniczne napięcia $\leq 3\%$ harmonicznej podstawowej,
- poszczególne harmoniczne prądu powinny spełniać poniższe ograniczenia:

rzęd harmonicznej	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$h \geq 35$
dopuszczalny poziom [%]	4	2	1,5	0,6	0,3

Podane ograniczenia zniekształceń harmonicznych dotyczą pracy z obciążeniem znamionowym.

Wszystkie urządzenia powinny być wyposażone w typowe (wykorzystywane w energetyce zawodowej i/lub wymagane właściwymi przepisami) zespoły zabezpieczeń. Zabezpieczenia urządzeń zlokalizowanych w hali badawczej powinny być zainstalowane w rozdzielnicy RKNN.

Dla przykładu dla TG1 i TG2 wymaga się następujących zabezpieczeń:

- różnicowe generatora ,
- międzyzwojowe ,

¹ Urządzenia nie powinny być wyłączane w przypadku wystąpienia powyższych zmian napięcia i/lub częstotliwości, gdyż uniemożliwiłoby to prowadzenie badań naukowych zmierzających do opracowania nowych algorytmów działania poprawiających stan obecny.

- nadprądowe fazowe bezkierunkowe ,
- ziemnozwarciowe bezkierunkowe,
- ziemnozwarciowe czułe kierunkowe,
- podimpedancyjne,
- podnapięciowe, nadnapięciowe,
- podczęstotliwościowe, nadczęstotliwościowe,
- od mocy zwrotnej,
- od zaniku wzbudzenia,
- od asymetrii obciążenia,
- od przewzbudzenia.

Instalacja badawcza powinna być wyposażona w sieć przycisków bezpieczeństwa zapewniających możliwość całkowitego odłączenia rozdzielnic konfiguracyjnej RKNN od wszelkich źródeł zasilania. Przyciski powinny być zlokalizowane na obudowie rozdzielnic RKNN (5 sztuk) oraz we wszystkich sterownikach (9 sztuk). Stan przycisków powinien być monitorowany poprzez sieć komunikacyjną.

Instalowane maszyny elektryczne (silniki i prądnice) powinny być o podwyższonej sprawności klasy IE2 wg IEC 60034-30, o poziomie drgań nie wyższym niż 2,4 mm/s, oraz o poziomie mocy akustycznej niższym niż 94 dB(A).

W stosunku do następujących jednostek funkcjonalnych: TG1, TG2, WG1, WG2, MT, FW i SC należy zapewnić zarówno możliwość pracy w sieci elektroenergetycznej (inaczej tryb pracy synchronicznej lub *grid-connected*) jak i pracy autonomicznej (inaczej tryb pracy wyspowej lub *stand-alone*).

Stopnie ochrony obudów rozdzielnic, przekształtników, regulatorów, zasobników energii i transformatorów przeznaczonych do ustawienia w hali laboratoryjnej mają być nie niższe niż IP21B. Stopnie ochrony obudów maszyn wirujących przeznaczonych do ustawienia w hali laboratoryjnej mają być nie niższe niż IP31B.

Podstawowym napięciem sterowania i pomocniczym urządzeń jest 230 V / 50 Hz. Do zasilania obwodów bezpieczeństwa należy wykorzystać źródło napięcia gwarantowanego.

Zamówienie obejmuje wykonanie wszystkich prób oraz pomiarów dostarczonych i zainstalowanych urządzeń zgodnie z wymaganiami odpowiednich norm i wiedzy technicznej, a także dozór techniczny nad prowadzonymi pracami instalacyjnymi i uruchomieniowymi.

2.2.2 Wymagania konstrukcyjne i montażowe

Urządzenia i inne elementy wyposażenia laboratorium powinny spełniać następujące wymagania konstrukcyjne i montażowe:

1. Wygląd zewnętrzny wszystkich obudów rozdzielnic, przekształtników, regulatorów itp. przeznaczonych do ustawienia w hali laboratoryjnej powinien być ujednoczony pod względem stylistyki, barw oraz wymiarów zewnętrznych. Kolorystykę urządzeń należy uzgodnić z Zamawiającym (zaleca się zastosowanie koloru RAL=7032). Oznaczenia szaf i aparatury powinny być wykonane w języku polskim i angielskim. Treść i sposób wykonania oznaczeń należy uzgodnić z Zamawiającym.
2. Wirujące zespoły elektromaszynowe powinny być posadowione na wydzielonych postumentach. Postumenty powinny być wyposażone w wibroizolatory mocowane od strony posadzki.
3. Zespoły elektromaszynowe, transformatory, obudowy rozdzielnic i przekształtników oraz inne urządzenia o masie przekraczającej 40 kg przeznaczone do ustawienia w hali laboratoryjnej mają być wyposażone w uchwyty umożliwiające ich przemieszczanie za pomocą suwnicy znajdującej się w hali laboratorium.

4. Jeśli opis wymagań szczegółowych dotyczących urządzenia nie stanowi inaczej, podłączenia elektryczne i teleinformatyczne urządzeń należy wykonać od dołu, wykorzystując zbudowaną do tego celu sieć kanałów kablowych pod posadzką lub podniesioną podłogę techniczną.
5. Dla wszystkich urządzeń zainstalowanych w hali laboratorium i pomieszczeniach rozdzielni należy przyjąć zakres temperatur otoczenia $+5\text{ }^{\circ}\text{C} \div +45\text{ }^{\circ}\text{C}$, zaś dla pomieszczeń sterowni i prototypowni $+15\text{ }^{\circ}\text{C} \div +25\text{ }^{\circ}\text{C}$.
6. Obudowy rozdzielnic, przekształtników i regulatorów powinny być wyposażone w oświetlenie wnętrza samoczynnie włączające się w wyniku otwarcia drzwi obudowy.
7. Dla instalowanych urządzeń maszyn należy przyjąć jako podstawowe chłodzenie powietrzne naturalne lub wymuszone.

2.2.3 Wymagania dotyczące gwarancji, serwisu i pomocy technicznej

Zamawiający wymaga zapewnienia następujących warunków gwarancji i serwisu gwarancyjnego:

1. Okres gwarancji jakości udzielonej na całość instalacji badawczej będzie nie krótszy niż 24 miesiące.
2. Okresy gwarancji jakości udzielonej na poszczególne urządzenia lub grupy urządzeń wchodzących w skład instalacji badawczej będą zgodne z ofertą Wykonawcy, przy czym w żadnym przypadku nie może to być okres krótszy niż 24 miesiące liczone od dnia odbioru końcowego.
3. W okresie gwarancji Wykonawca zobowiązany jest do bezpłatnych napraw gwarancyjnych, czyli usuwania wszelkich wykrytych lub zaistniałych wad, usterek i uszkodzeń elementów instalacji badawczej objętych gwarancją z wyjątkiem uszkodzeń spowodowanych korzystaniem z instalacji badawczej w sposób niezgodny z jej przeznaczeniem.
4. Wszelkie elementy instalacji badawczej wymienione w trakcie naprawy gwarancyjnej będą fabrycznie nowe i będą charakteryzowały się tymi samymi parametrami technicznymi, co elementy podlegające wymianie. Okres gwarancji dla tych elementów biegnie od daty ich wymiany.
5. Zamawiający będzie zgłaszał potrzebę naprawy gwarancyjnej faksem, pocztą elektroniczną lub telefonicznie.
6. Wykonawca potwierdzi przyjęcie zgłoszenia potrzeby naprawy gwarancyjnej w czasie nie dłuższym niż 24 godziny dla zgłoszeń przekazanych w dni powszednie z wyjątkiem piątku oraz w czasie nie dłuższym niż 72 godziny dla zgłoszeń przekazanych w piątek.
7. Czas naprawy gwarancyjnej, czyli czas liczony od potwierdzenia przyjęcia zgłoszenia potrzeby naprawy do jej zakończenia, nie może być dłuższy niż 21 dni.
8. W okresie gwarancji Wykonawca będzie również zobowiązany do nieodpłatnego świadczenia wymaganych przeglądów serwisowych gwarancyjnych.
9. Wykonawca będzie ponosił wszelkie koszty związane z realizacją świadczeń gwarancyjnych.
10. Świadczenia gwarancyjne będą wypełniane w siedzibie Zamawiającego.

Zamawiający wymaga również, by Wykonawca zapewnił świadczenie następujących form pomocy technicznej dla Zamawiającego:

1. Instruktaż dotyczący eksploatacji instalacji badawczej i poszczególnych urządzeń.
2. Pomoc ekspercka (w formie konsultacji) dotycząca tworzenia modyfikacji i uruchamiania projektów użytkowych, w tym konfiguracji i scenariuszy badawczych, projektów SCADA, algorytmów sterowania i innych.

Wymiar pomocy technicznej będzie zgodny z ofertą Wykonawcy, przy czym w żadnym przypadku nie może to być wymiar mniejszy od podanego w tablicy 2.2/1.

Tablica 2.2/1 Zestawienie minimalnych wymagań na pomoc techniczną

Lp.	Rodzaj pomocy technicznej świadczonej w ramach zamówienia	Minimalna wymagana liczba godzin pomocy technicznej
1.	Instruktaż w siedzibie Zamawiającego przed odbiorami częściowymi	50
2.	Instruktaż w siedzibie Zamawiającego przed odbiorem końcowym	10
3.	Instruktaż w siedzibie Zamawiającego w okresie dwóch lat po zakończeniu odbioru końcowego	40
4.	Konsultacje telefoniczne w okresie dwóch lat po zakończeniu odbioru końcowego	50
5.	Konsultacje w siedzibie Zamawiającego w okresie dwóch lat po zakończeniu odbioru końcowego	200

2.2.4 Inne wymagania Zamawiającego

Zamawiający wymaga, by wszystkie dostarczone urządzenia były fabrycznie nowe i wyprodukowane nie wcześniej niż dwa lata przed dostawą do Zamawiającego (o ile w opisie danej jednostki funkcjonalnej nie zaznaczono inaczej). Nie dopuszcza się dostawy urządzeń wycofanych z eksploatacji.

Zamawiający wymaga, by Wykonawca odpowiednio oznakował pomieszczenia, w których zostaną zainstalowane urządzenia instalacji badawczej oraz wyposażył je w wymagany sprzęt ochrony z aktualnymi protokołami badań.

Zamawiający wymaga, by dokumentacja techniczno-ruchowa zawierała w szczególności: charakterystykę techniczną dostarczonych urządzeń, jednostek funkcjonalnych i instalacji wraz z odpowiednimi deklaracjami zgodności, protokoły pomiarów i testów potwierdzające wymagane parametry techniczne, schematy zasadnicze połączeń urządzeń pierwotnych, wtórnych oraz zabezpieczeń i obwodów pomocniczych, czynności związane z uruchomieniem oraz szczegółową instrukcję eksploatacji, w tym wymagania w zakresie oględzin, przeglądów, napraw, prób i pomiarów, postępowanie obsługi w zakresie awarii, zakłóceń i pożarów, wymagania dotyczące kwalifikacji obsługi. W odniesieniu do urządzeń IED Zamawiający wymaga certyfikatów testów funkcjonalnych i testów zgodności wykonanych według normy PN-EN 61850-10.

Wykonawca dostarczy również pełną dokumentację poszczególnych sterowników jednostek funkcjonalnych, w tym ich modele matematyczne i algorytmy sterowania wraz z listami i specyfikacjami parametrów. Dla wszystkich parametrów należy podać ich znaczenie oraz zakresy możliwych zmian. Dokumentacja ta powinna zawierać m.in. szczegółowe dane techniczne, schematy blokowe, listy sygnałów i zmiennych, równania stanów i inne informacje pozwalające na udokumentowanie opracowanych modeli matematycznych oraz zastosowanych układów regulacji w sposób umożliwiający ich przyszły rozwój i modyfikacje przez Zamawiającego. Format tej dokumentacji należy ściśle uzgodnić z Zamawiającym.

3 Opis stacji zasilającej i zakresu dostaw i prac z nią związanych

W niniejszym rozdziale przedstawiono opis niżej wymienionych podsystemów zasilania elektrycznego zlokalizowanych w budynku stacji zasilającej, które zostały dostarczone i uruchomione w ramach odrębnego zamówienia (punkty 3.1 – 3.3), jak również wymagany zakres prac i dostaw dotyczących tych podsystemów pozostający do zrealizowania w ramach niniejszego zamówienia (punkt 3.4).

- 3.1 Rozdzielnica średniego napięcia RSN
- 3.2 Rozdzielnica główna niskiego napięcia RNN
- 3.3 Lokalny system sterowania i komunikacji stacji zasilającej
- 3.4 Zakres prac i dostaw związanych ze stacją zasilającą

3.1 Rozdzielnia średniego napięcia RSN

Zawartość dokumentu:

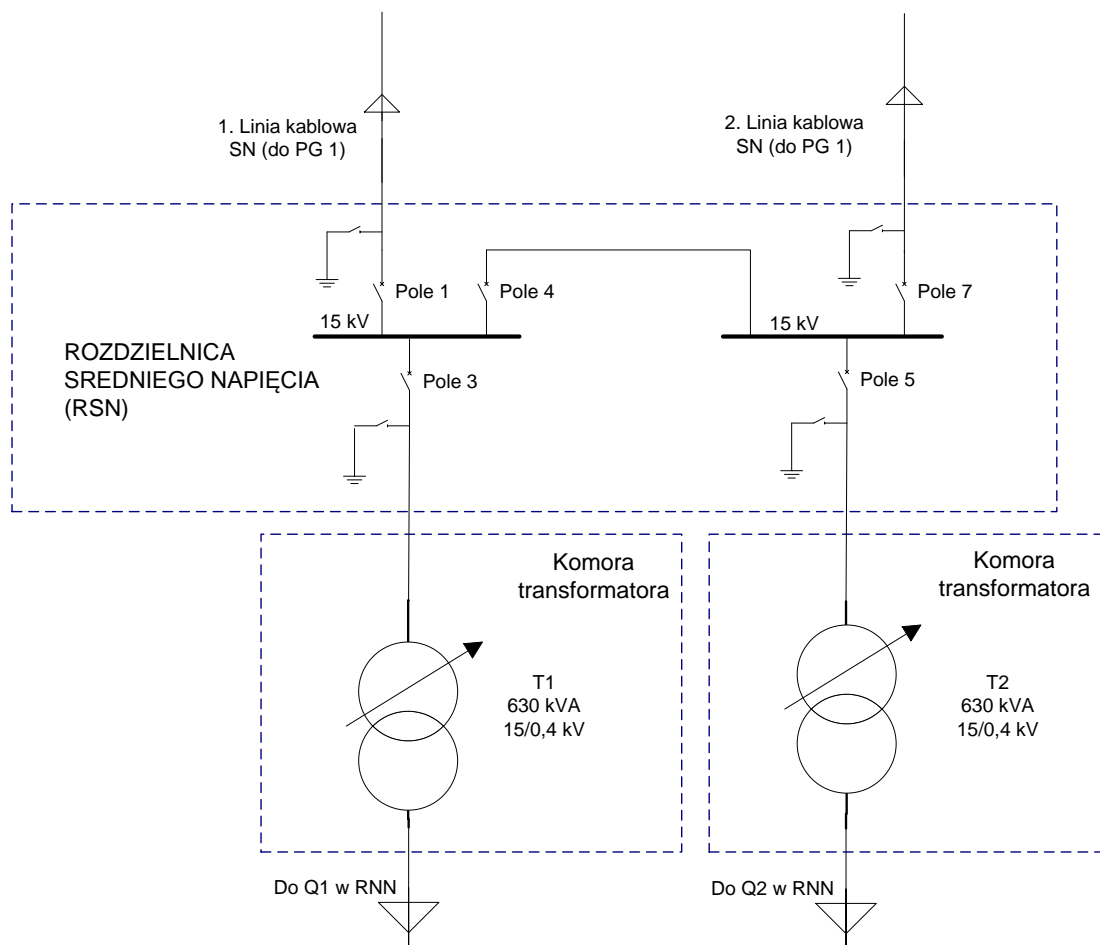
3.1.1 CHARAKTERYSTYKA FUNKCJONALNA

3.1.2 PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE

3.1.1 Charakterystyka funkcjonalna

Rozdzielnica średniego napięcia RSN została zainstalowana w pomieszczeniu nr 0.16 stacji zasilającej LINTE² i uruchomiona. Rozdzielnica łączy transformatory zasilające T1 i T2 z dwiema liniami kablowymi SN. Linie kablowe są zasilane z wewnętrznej sieci rozdzielczej 15 kV Politechniki Gdańskiej (stacja PG1).

Schemat strukturalny zasilania laboratorium LINTE² zamieszczono na rys. 3.1/1.



Rys. 3.1/1 Schemat strukturalny zasilania laboratorium LINTE²

Rozdzielnica RSN jako dwusekcyjna umożliwia zasilanie każdego z transformatorów z oddzielnej linii kablowej 15 kV (jest to podstawowy stan pracy), jak również obu transformatorów z jednej wybranej linii kablowej 15 kV – przy zamkniętym łączniku sprzęgłowym.

Rozdzielnica zapewnia elektryczną blokadę przed połączeniem równoległym obu linii kablowych oraz lokalną rezerwę wyłącznikową realizowaną w standardzie IEC 61850 poprzez komunikaty GOOSE.

W oparciu o komunikaty GOOSE działa intertripping dla każdego spodziewanego kierunku przepływu prądu zwarciego, tzn. miejsce zwarcia jest separowane przez wszystkie sąsiadujące wyłączniki.

Rozdzielnica składa się dwóch pól liniowych (1 i 7) wyłącznikowych z ogranicznikami przepięć służących do wprowadzenia kabli zasilających, dwóch pól pomiarowych (2 i 6) napięcia i prądu, pola sprzęgłowego (4) oraz dwóch pól wyłącznikowych do zasilania transformatorów (3 i 5).

Jako zabezpieczenia zastosowano mikroprocesorowe przekaźniki zabezpieczające typu MiCOM P139 z funkcjami sterowania, pomiarów i nadzoru.

Przekaźniki zabezpieczające poprzez światłowodowe interfejsy zgodne z IEC 61850 są elementami IED jednego z dwóch pierścieni komunikacyjnych stacji zasilającej.

W pomieszczeniu rozdzielni średniego napięcia zainstalowano liczniki energii czynnej pobranej i oddanej, energii biernej indukcyjnej i pojemnościowej oraz mocy maksymalnej z synchronizacją czasu. Pomiary będą służyły do celów badawczych i rozliczeń wewnętrznych.

Należy umożliwić odczyty mocy i energii z liczników zainstalowanych w RSN poprzez system sterowania i komunikacji laboratorium.

3.1.2 Podstawowe parametry techniczne

Podstawowe parametry techniczne rozdzielnicy RSN są następujące:

- napięcie znamionowe: 17,5 kV,
- częstotliwość znamionowa: 50 Hz,
- napięcie zasilania obwodów sterowniczych: 24 V DC z własnej baterii akumulatorów,
- napęd wyłączników: elektryczny,
- napęd odłączników i uzienników: ręczny,
- system wykrywania łuku elektrycznego,
- zabezpieczenia: przekaźniki zabezpieczające zgodne z IEC 61850, z funkcjami sterowania, nadzoru i rejestracji zakłóceń,
- funkcje zabezpieczeń szyn, transformatorów i kabli: nadprądowe przeciążeniowe, zwarciove i ziemnozwarciowe, nadnapięciowe, a także lokalna rezerwa wyłącznikowa,
- komunikacja urządzeń w rozdzielnicy RSN: pomiędzy urządzeniami IED - pozioma o profilu *wydawca-subskrybent* poprzez lokalną światłowodową sieć komunikacyjną 100Mbps w standardzie Ethernet zgodnym z IEC 61850,
- liczniki energii: klasy dokładności 0,5 kompatybilne z systemem odczytów zdalnych PG,
- obsługa lokalna urządzeń rozdzielni RSN: poprzez sieć komunikacyjną w standardzie Ethernet zgodnym z IEC 61850-8-1 - komunikacja z lokalną stacją operatorską HMI PACiS zlokalizowaną w pomieszczeniu rozdzielni nn przy rozdzielnicy RNN wg *Dokumentacji powykonawczej i odbiorowej stacji zasilającej LINTE² Tom V*.

3.2 Rozdzielnica główna niskiego napięcia RNN

Zawartość dokumentu:

3.2.1 CHARAKTERYSTYKA FUNKCJONALNA

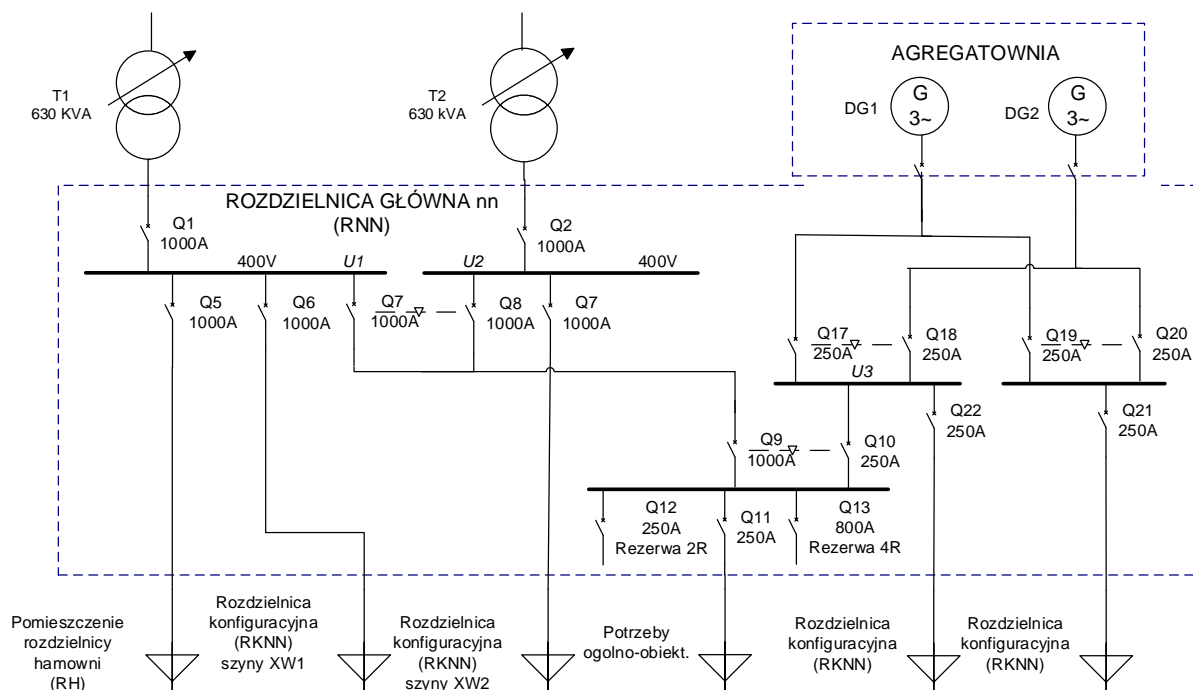
3.2.2 PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE

3.2.1 Charakterystyka funkcjonalna

Rozdzielnica niskiego napięcia RNN została zainstalowana i uruchomiona w pomieszczeniu nr 0.19 stacji zasilającej LINTE². Rozdzielnica zapewnia zasilanie potrzeb ogólno-objektowych oraz instalacji badawczej laboratorium LINTE² napięciem 3x400 V 50 Hz w układzie sieci TN-C-S z dwóch transformatorów 15/0,4 kV/kV o mocy 630 kVA oraz z dwóch agregatów prądotwórczych.

W skład rozdzielnicy wchodzi lokalna automatyka SZR 1 działająca na wyłączniki Q7 i Q8 przełączające zasilanie potrzeb ogólno-objektowych pomiędzy transformatorami T2 i T1 (odpowiednio, poprzez wyłączniki Q2 i Q1). W skład rozdzielnicy wchodzi również lokalna automatyka SZR 2 pozwalająca docelowo na wykorzystanie jednego z agregatów DG1 i DG2 (po ich zainstalowaniu w ramach dostawy instalacji badawczej laboratorium) jako zasilania rezerwowego budynku. Nie przewiduje się pracy instalacji badawczej podczas zaniku zasilania z sieci Politechniki Gdańskiej.

Schemat strukturalny zasilania nn przestawiono na rys. 3.2/1.



Rys. 3.2/1. Schemat strukturalny zasilania nn

3.2.2 Podstawowe parametry techniczne

Podstawowe parametry techniczne rozdzielnic głównej RNN są następujące:

- napięcie znamionowe sieci: 3x400 V,
- napięcie zasilania obwodów sterowniczych: 230 V 50 Hz z lokalnego układu UPS,
- zabezpieczenia: elektroniczne selektywne wyzwalacze wyłączników oraz dodatkowo przekaźniki zabezpieczające MiCOM P139 dla wyłączników Q1, Q2 i Q11 jako zabezpieczenie nadnapięciowe i LRW,
- pomiary jakości energii elektrycznej przez analizatory typu ION7650,
- obsługa lokalna urządzeń rozdzielnic RNN: poprzez lokalną stację operatorską HMI z systemem PACiS - wg *Dokumentacji powykonawczej i odbiorowej stacji zasilającej LINTE² Tom V*.

3.3 Lokalny system sterowania i komunikacji stacji **zasilającej**

Zawartość dokumentu:

3.3.1 LOKALNY SYSTEM STEROWANIA I KOMUNIKACJI

3.3.2 LOKALNE STANOWISKO OPERATORSKIE

3.3.3 LOKALNA SYNCHRONIZACJA CZASU

3.3.1 Lokalny system sterowania i komunikacji

Lokalny system sterowania i komunikacji stacji zasilającej to istniejący system sterowania i komunikacji, wykonany ramach odrębnego zamówienia. System jest zgodny z międzynarodowym standardem IEC 61850. Jako medium komunikacyjne wykorzystano w nim światłowody oraz kable FTP kategorii 6.

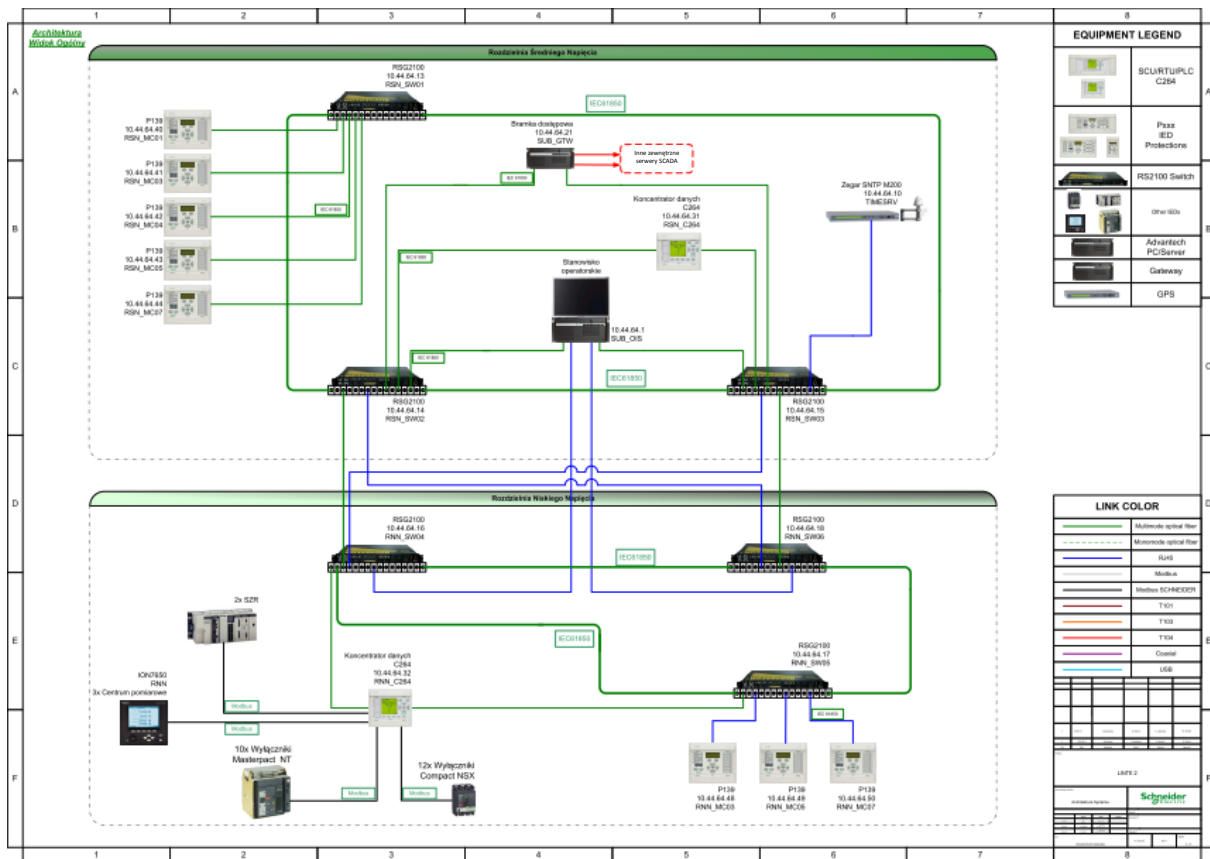
Topologię systemu (rys. 3.3/1) tworzą dwa połączone ze sobą redundantne pierścienie sieci Ethernet. Pierwszy z nich obejmuje rozdzielnię średniego napięcia (RSN), a drugi rozdzielnię niskiego napięcia (RNN). Architektura sieci wykorzystuje mechanizm oparty na protokole eRSTP.

Pierścień sieciowy RSN zawiera 3 hybrydowe (światłowód + UTP/FTP) zarządzalne przełączniki sieciowe firmy RuggedCom, koncentrator danych MiCOM C264 firmy Schneider Electric. Do przełączników sieciowych podłączone są elektroniczne przekaźniki zabezpieczeniowe MiCOM P139 znajdujące się w rozdzielnicy RSN.

Pierścień sieciowy RNN zawiera 3 hybrydowe zarządzalne przełączniki sieciowe firmy RuggedCom oraz koncentrator danych MiCOM C264 firmy Schneider Electric, do którego podłączone są wszystkie urządzenia magistrali Modbus znajdujące się w rozdzielnicy niskiego napięcia: moduły automatyki SZR, analizatory parametrów sieci ION7650, wyłączniki Masterpact NT oraz wyłączniki Compact NSX. Do jednego z przełączników sieciowych podłączone są elektroniczne przekaźniki zabezpieczeniowe MiCOM P139 znajdujące się w rozdzielnicy RNN.

Szafa telemechaniki z urządzeniami wchodzącymi w skład lokalnego systemu sterowania i komunikacji stacji zasilającej oraz lokalnym stanowiskiem operatorskim, jest zainstalowana w pomieszczeniu 0.19.

UWAGA: nie przewiduje się wykorzystania urządzenia GTW (komputer PC) zainstalowanego w lokalnym systemie sterowania i komunikacji stacji zasilającej jako bramki dostępowej do tego systemu z poziomu zdalnych stacji operatorskich i serwerów SCADA głównego systemu sterowania i komunikacji laboratorium LINTE². Urządzenie GTW jest przewidziane do współpracy z innymi zewnętrznymi systemami SCADA (poza zakresem niniejszego zamówienia).



Rys 3.3/1. Topologia lokalnego systemu sterowania i komunikacji w stacji zasilającej

3.3.2 Lokalne stanowisko operatorskie

Funkcje wyświetlania sygnałów i zadawania telesterowań w lokalnym systemie sterowania i komunikacji realizuje lokalne stanowisko operatorskie, zrealizowane na bazie komputera PC z zainstalowanym systemem PACis firmy Schneider Electric.

3.3.3 Lokalna synchronizacja czasu

Lokalna synchronizacja czasu jest realizowana przez serwer czasu Meinberg M200 z 6-kanalowym odbiornikiem C/A GPS i zewnętrzną anteną GPS. Serwer za pomocą protokołu SNTP zapewnia okresową synchronizację czasu z rozdzielczością 1 ms podłączonych do lokalnej sieci koncentratorów danych i urządzeń IED.

3.4 Zakres **zamówienia** związany ze stacją zasilającą

W zakres rzeczowy niniejszego zamówienia wchodzi następujące prace i dostawy uzupełniające wyposażenie stacji zasilającej oraz połączenia elektryczne i komunikacyjne pomiędzy stacją i budynkiem głównym laboratorium:

- dostawa, montaż i uruchomienie agregatów prądotwórczych DG1 i DG2. Opis potrzeb i wymagań Zamawiającego dotyczących agregatów zawarto w punkcie 5.5,
- odwzorowanie sygnałów i telesterowań z agregatów w lokalnym systemie sterowania i komunikacji stacji zasilającej,
- wykonanie połączeń kablowych od zlokalizowanych w RNN wyłączników: od Q5 do pomieszczenia 0.12 rozdzielnicy hamowni (pozostawienie zapasu 15 m w kanale kablowym), od Q6, Q14, Q21, Q22 do rozdzielnicy RKNN na hali oraz od Q17 i Q20 do agregatów prądotwórczych DG1 i DG2,
- wykonanie połączeń kablowych od zlokalizowanych w RKNN łączników wg schematów: do pomieszczenia 0.13 agregatowni (zakończenie linii rozłącznikiem bezpiecznikowym 3 x 250 A) oraz do pomieszczenia 0.14 (zakończenie linii rozłącznikiem bezpiecznikowym 2 x 500 A),
- połączenie istniejącego lokalnego systemu sterowania i komunikacji stacji zasilającej z głównym systemem sterowania i komunikacji laboratorium poprzez sieć komunikacyjną w standardzie zgodnym z IEC 61850. Połączenie powinno umożliwiać zdalne sterowanie i monitorowanie wszystkich urządzeń i układów zlokalizowanych w stacji zasilającej.

4 Wymagania dotyczące urządzeń do konfiguracji obwodów siłowych

W niniejszym rozdziale przedstawiono potrzeby dotyczące następujących urządzeń:

4.1 Rozdzielnica konfiguracyjna niskiego napięcia RKNN

4.1 Rozdzielnica konfiguracyjna niskiego napięcia RKNN

Zawartość dokumentu:

- 4.1.1 CHARAKTERYSTYKA FUNKCJONALNA
- 4.1.2 PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE
- 4.1.3 DODATKOWE WYMAGANIA TECHNICZNE
- 4.1.4 LINIA KABLOWA NISKIEGO NAPIĘCIA CL

4.1.1 Charakterystyka funkcjonalna

Rozdzielnica konfiguracyjna RKNN służy do zestawiania obwodów siłowych instalacji badawczej w odpowiednie konfiguracje badawcze, jak również do zasilania potrzeb własnych urządzeń badawczych. Schemat strukturalny urządzeń i instalacji elektrycznej laboratorium wraz z RKNN przedstawiono w Załączniku 7.5 (schematy 1 – 24). Na schematach 1, 2 i 3 pokazano połączenia RKNN z rozdzielnicą główną RNN, pomieszczeniem rozdzielnicy hamowni RH oraz agregatownią. Schematy 1 i 3 – 24 pokazują połączenia urządzeń badawczych.

Szyny konfiguracyjne rozdzielnicy RKNN oraz podłączone do niej obwody, odbiory i zespoły wytwórcze, w tym rozdzielnica główna RNN powinny być zabezpieczone przez zwarciami i przeciążeniami w sposób zapewniający pełną selektywność zabezpieczeń lub separowanie miejsca zwarcia poprzez *intertripping* wyłączników - w każdej możliwej konfiguracji połączeń. Wykonawca jest zobowiązany do doboru nastaw wszystkich zabezpieczeń. Wymaganie to dotyczy również konfiguracji tworzonych z wykorzystaniem między-szynowych łączników sprzęgłowych. Ponadto dla wszystkich konfiguracji powinna być zapewniona lokalna rezerwa wyłącznikowa (LRW) obejmująca również wyłączniki w RNN stacji zasilającej obsługiwane przez przekaźniki zabezpieczające typu MiCOM P139. Wyposażenie RNN zostało zrealizowane w ramach odrębnego zamówienia.

Rozdzielnica powinna być wyposażona w cyfrowe przekaźniki zabezpieczające zgodne z normą IEC 61850. Aparaty wykonawcze współpracujące z przekaźnikami cyfrowymi muszą być wyposażone w zdalnie sterowany napęd. Aparatami mogą być wyłączniki lub rozłączniki (na schematach rozdzielnicy użyto symboli wyłączników).

4.1.2 Podstawowe parametry techniczne

Rozdzielnica ma być konstrukcją systemową zgodną z PN-EN 61439-1:2011.

Wymaga się następujących właściwości i parametrów technicznych rozdzielnicy:

- mosty szynowe:
 - 9 mostów o danych znamionowych 3x400 V +N , 50 Hz , prąd ciągły 630 A, 800 A przy pracy przerywanej 25% / 6h - temperatura monitorowana,
 - 1 most o danych znamionowych 650 V DC, prąd ciągły 250 A, 500 A przy pracy przerywanej 15% / 6h - - temperatura monitorowana,
 - szyna PE,

- wymiary pól dopasowane do wymiarów kanału kablowego wzdłuż zachodniej ściany hali laboratoryjnej,
- napięcie sterowania: 230 V 50 Hz,
- kable przyłączane od dołu z kanałów kablowych.

Wyłączniki powinny mieć trwałość nie mniejszą niż 7500 cykli łączenia dla kategorii użytkowania AC-3 i nie mniejszą niż 3000 cykli dla kategorii DC-3. Wyłączniki z napędem zdalnym powinny być wyposażone w liczniki cykli. Lokalizacja i sposób montażu wyłączników powinny umożliwiać łatwą wymianę w razie awarii (w szczególności mogą to być aparaty w wersji wysuwnej).

Styczniki konfiguracyjne realizujące bezobciążeniowe przełączanie obwodów prądowych powinny mieć trwałość nie mniejszą niż 50 000 cykli łączenia dla kategorii użytkowania AC-1 i DC-1. Styczniki w obwodach prądu stałego powinny zapewniać wyłączenie obu biegunów (należy zastosować styczniki dedykowane do obwodów prądu stałego lub styczniki AC czterobiegunowe przystosowane do pracy w obwodach prądu stałego).

Wymagana trwałość aparatów odnosi się do wszystkich rodzajów trwałości (elektrycznej i mechanicznej, w tym trwałości mechanicznej napędu zdalnego).

4.1.3 Dodatkowe wymagania techniczne

Rozdzielnica powinna być wyposażona w urządzenia do pomiaru i rejestracji wielkości elektrycznych i jakości energii elektrycznej zgodnie z wymaganiami ogólnymi zawartymi punkcie 2.1. Koncepcja opomiarowania pokazana na schematach 1 – 24 ma charakter ilustracyjny i nie stanowi rozwiązania wiążącego ani zalecanego.

Otwarcie drzwi i osłon powinno być sygnalizowane za pomocą pięciu równomiernie rozmieszczonych migających kolumn sygnalizacyjnych umiejscowionych na RKNN oraz poprzez sieć komunikacyjną do stanowisk operatorsko-inżynierskich. Podobne rozwiązanie powinno dotyczyć sygnalizacji wejścia personelu do korytarza obsługowego z tyłu rozdzielnic.

Zamawiający nie wymaga chłodzenia wymuszonego, wygrodzenia torów szynowych ani systemu gaszenia łuku. Należy jednak zapewnić skuteczną ochronę rozdzielnic przed nadmiernymi narażeniami termicznymi, w szczególności przez zastosowanie czujników temperatury w sekcjach i sygnalizację przekroczeń wartości dopuszczalnych poprzez sieć komunikacyjną na stanowiskach operatorsko-inżynierskich. Należy zastosować system wykrywania łuku powodujący całkowite odłączenie rozdzielnic od wszelkich źródeł zasilania. Odłączenie rozdzielnic od wszelkich źródeł ma również następować poprzez sieć przycisków bezpieczeństwa oraz w przypadku przekroczenia dopuszczalnych wartości temperatury szyn o 20%. System wykrywania zwarć łukowych powinien być monitorowany poprzez sieć komunikacyjną w sposób umożliwiający identyfikację miejsca zwarcia.

Łączniki stanowiące integralną część jednostek funkcjonalnych (np. łączniki do konfiguracji modeli linii przesyłowych lub układu LOAD4) powinny być zamontowane w szafach wchodzących w skład tych jednostek, a nie w rozdzielnic RKNN.

Zamawiający nie wymaga stosowania na elewacjach rozdzielnic elementów sterowniczych do ręcznej obsługi rozdzielnic przez personel pracujący w hali badawczej. Należy natomiast zapewnić lokalne interfejsy użytkownika (panele sterownicze z wyświetlaczami LCD umożliwiającymi wyświetlanie komunikatów tekstowych w języku polskim i angielskim) umożliwiające obsługę, monitorowanie łączników oraz odczyt wielkości elektrycznych.

Rozdzielnica powinna być posadowiona nad kanałem kablowym wzdłuż zachodniej ściany hali laboratoryjnej. Wymagany jest dwustronny dostęp do rozdzielnic (z przodu i z tyłu).

Na elewacji rozdzielnic należy zamontować 5 zespołów gniazd wtyczkowych i teleinformatycznych, wykonanych i podłączonych w ramach robót budowlanych oraz przygotowanych do zamontowania.

4.1.4 Linia kablowa niskiego napięcia CL

Linia kablowa składa się z trzech odcinków kabli 120 mm², które zostały ułożone przez wykonawcę budynku laboratorium w gruncie wzdłuż zachodniej ściany budynku na głębokości 60 cm i kanale kablowym w hali z wykorzystaniem trzech przepustów według rysunku E-01 w rozdziale 7.4.

Końce kabli zostały wyprowadzone z 7 m zapasem w środkowej części kanału kablowego, nad którym będzie posadowiona rozdzielnica konfiguracyjna.

W ramach realizacji zamówienia należy dokonać przyłączenia kabli zgodnie ze schematami ideowymi załączonymi do niniejszego opisu w sposób zapewniający odpowiednie elektryczne i mechaniczne zabezpieczenie odcinków linii kablowej.

Poprawność montażu i ocena jakości technicznej linii kablowej powinna być udokumentowana stosownymi próbami pomontażowymi potwierdzonymi protokołami z przeprowadzonych pomiarów.

5 Wymagania dotyczące jednostek funkcjonalnych

W niniejszym rozdziale przedstawiono potrzeby i wymagania dotyczące następujących jednostek funkcjonalnych:

- 5.1 Transformatory wielofunkcyjne ET1, ET2, ET3
- 5.2 Turbogeneratory TG1 i TG2
- 5.3 Generator wiatrowy synchroniczny WG1
- 5.4 Generator wiatrowy asynchroniczny dwustronnie zasilany WG2
- 5.5 Agregaty prądotwórcze DG1 i DG2
- 5.6 Mikroturbina gazowa MT
- 5.7 Dynamiczny system magazynowania energii w kołach zamachowych FW
- 5.8 Superkondensatorowy zasobnik energii SC
- 5.9 Statyczny generator mocy biernej STATCOM
- 5.10 Statyczny kompensator mocy biernej SVC
- 5.11 Zespolony regulator przepływu mocy UPFC
- 5.12 Układ przesyłowy prądu stałego HVDC
- 5.13 Odbiorniki regulowane LOAD1, LOAD2, LOAD3
- 5.14 Odbiornik regulowany LOAD4
- 5.15 Modele linii przesyłowych LINE1, LINE2, LINE3, LINE4
- 5.16 Stanowiska ładowania pojazdów elektrycznych EVCS
- 5.17 Falownik sprzęgający CINV

5.1 Transformatory wielofunkcyjne ET1, ET2, ET3

Zawartość dokumentu:

5.1.1 CHARAKTERYSTYKA FUNKCJONALNA

5.1.2 PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE

5.1.3 DODATKOWE WYMAGANIA TECHNICZNE

5.1.4 WYMAGANIA POMIAROWE I STEROWNICZE

5.1.1 Charakterystyka funkcjonalna

Zamówienie obejmuje dostawę trzech trójfazowych transformatorów ET1, ET2, ET3. Funkcje transformatorów i ich regulatorów będą zależały od aktualnej konfiguracji badawczej. Zakłada się następujące podstawowe funkcje transformatorów:

- transformatory w stacji WN – modelujące transformatory sprzęgające w sieci 110 kV, 220 kV i 400 kV,
- transformatorów w stacji GPZ,
- transformatory potrzeb własnych elektrowni,
- transformatory sprzętowe – sprzęgające szyny elektrowni o różnych napięciach.

5.1.2 Podstawowe parametry techniczne

Wymagane są następujące podstawowe właściwości i parametry transformatorów:

- typ: suchy żywiczny z przełącznikiem zacsepów oraz regulatorem napięcia,
- napięcie znamionowe: 400 V / 400 V,
- moc znamionowa: ≥ 100 kVA,
- zakres regulacji podobciążeniowej: $\pm 15\%$ / ± 12 st,
- grupa połączeń Yy z możliwością uziemienia punktu gwiazdowego z obu stron,
- przełącznik zacsepów: podobciążeniowy energoelektroniczny,
- regulator napięcia: praca według kryterium napięciowego, zadanej mocy biernej, numeru zacsepów; zwłoka zależna; wymagana możliwość zdalnej regulacji za pośrednictwem systemu sterowania i komunikacji.

5.1.3 Dodatkowe wymagania techniczne

Wymagane jest ponadto spełnienie następujących wymagań dodatkowych:

- Dane przełącznika zacsepów:
 - liczba zacsepów: dostosowana do transformatora,
 - czas realizacji przełączania między dowolnymi zacsepami: w zakresie 0,5..30 sekund - nastawialny zdalnie i lokalnie.

- Blokada regulacji napięcia transformatora
 - podnapięciowa 50% ... 100% U_n ,
 - nadnapięciowa 100% ... 150% U_n ,
 - przeciążeniowa 50% ... 110% S_n ,
 - od skrajnego zaczeptu.
- Dane regulacji napięcia transformatora:
 - opóźnienie regulacji: 0 s ... 99 minut,
 - typ regulacji automatycznej: opóźnienie regulacji niezależne, zależne, stały zaczept.
- Algorytm sterowania napięciem transformatora powinien umożliwiać sterowanie typu podstawowego:
 - góra/dół – przełączanie o jeden zaczept w górę lub jeden zaczept w dół w pełnym zakresie,
 - skok – zadawanie dowolnego numeru zaczeptu,
 - automatyczna regulacja napięcia z zadaną strefą nieczułości
 - identyfikacja numeru zaczeptu
 - zliczanie liczby przełączeń zaczeptów transformatora wywołanych pracą regulatora w zadanym interwale czasowym.

Transformatory oraz przełączniki zaczeptów mają być w obudowach spełniających wymagania wymienione w p.2.2.2.

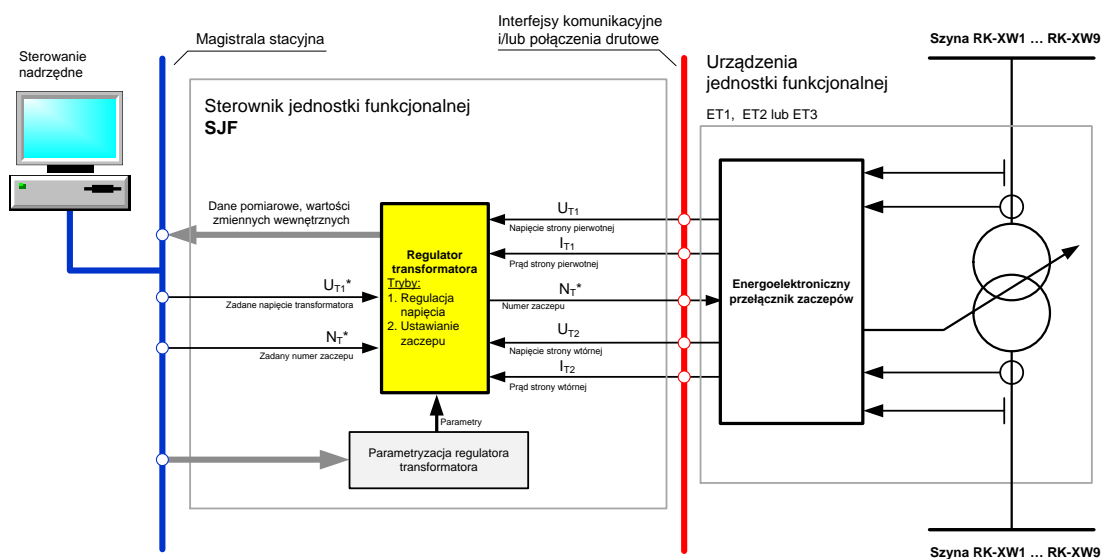
5.1.4 Wymagania pomiarowe i sterownicze

Rys. 5.1/1 przedstawia ogólną ideę sterowania jednostkami ET1, ET2 i ET3 za pomocą regulatora transformatora (zaimplementowanego w sterowniku SJF) i przełącznika zaczeptów (zintegrowanego z transformatorem).

Dla systemu sterowania i komunikacji powinny być dostępne następujące wielkości mierzone: napięcia, prądy, moc czynna i bierna (pomiar po obu stronach transformatora) oraz częstotliwość.

Należy zapewnić możliwość zdalnej konfiguracji regulatora napięcia oraz odczytu wielkości sterujących i kryterialnych.

Należy zapewnić możliwość rejestracji przebiegów wybranych wielkości mierzonych i zmiennych wewnętrznych regulatora (napięć, prądów, mocy, numeru zaczeptu itd.)



Rys. 5.1/1 Ogólna idea sterowania jednostkami ET1, ET2 i ET3

5.2 Turbogeneratory TG1 i TG2

Zawartość dokumentu:

- 5.2.1 CHARAKTERYSTYKA FUNKCJONALNA
- 5.2.2 PODSTAWOWE WYMAGANIA TECHNICZNE
- 5.2.3 DODATKOWE WYMAGANIA TECHNICZNE
- 5.2.4 WYMAGANIA POMIAROWE I STEROWNICZE

5.2.1 Charakterystyka funkcjonalna

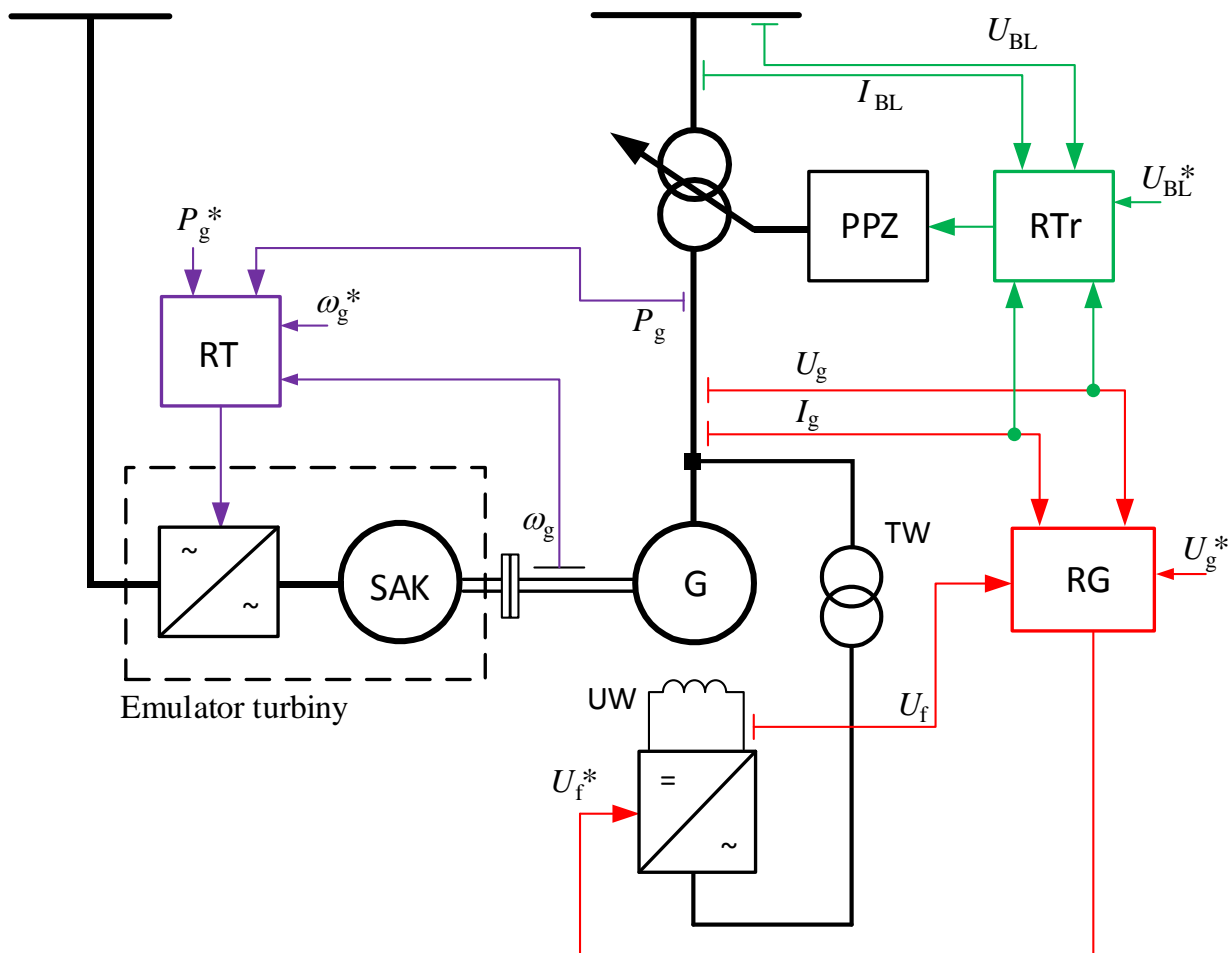
Zamówienie obejmuje dostawę dwóch jednostek funkcjonalnych TG1 i TG2, które mają emulować działanie rzeczywistych elektrowni, elektrociepłowni zawodowych oraz hydrozespołów odwracalnych.

W skład każdej z jednostek wchodzi: generator synchroniczny wraz z regulatorem generatora, transformator wraz z podobciążeniowym przełącznikiem zaczeów i regulatorem transformatora oraz emulator turbiny wraz z regulatorem turbiny.

Emulator turbiny należy zrealizować przy pomocy napędu elektrycznego z silnikiem asynchronicznym klatkowym (SAK). Układ sterowania silnikiem należy zrealizować w sposób umożliwiający emulację rzeczywistego układu turbiny parowej, w szczególności poprzez zastosowanie następujących modeli matematycznych: modelu turbiny, modelu regulatora turbiny oraz uproszczonego modelu kotła parowego wraz z regulatorem.

Jednostki funkcjonalne należy wyposażyć w systemy automatycznej synchronizacji generatorów.

Układ regulacji wzbudzenia generatorów powinien posiadać strukturę umożliwiającą odzwierciedlenie działania stosowanych współcześnie w elektroenergetyce zawodowej układów regulacji przeznaczonych do współpracy ze statycznym układem wzbudzenia. Schemat ogólny jednostek funkcjonalnych TG1 i TG2 pokazano na rys. 5.2/1 (na rysunku pominięto m.in. wymagane łączniki i synchronizator).



Rys. 5.2/1 Schemat ogólny jednostek funkcjonalnych TG1 i TG2 z zaznaczeniem układów regulacji: RG – regulator napięcia generatora, RT – regulator turbiny, RTr – regulator transformatora blokowego, PPZ – podobciążeniowy przełącznik zaczeów, TW – transformator wzbudzenia, UW – układ wzbudzenia, SAK – silnik asynchroniczny klatkowy, G – generator synchroniczny.

5.2.2 Podstawowe wymagania techniczne

W tablicach 5.2/1 – 5.2/3 zawarto podstawowe dane techniczne odpowiednio maszyny synchronicznej, silnika napędzającego oraz przemiennika częstotliwości.

Tablica 5.2/1 Parametry techniczne prądnicy synchronicznej.

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Moc znamionowa, współczynnik mocy	100 kVA / 85 kW
2.	Napięcie znamionowe	3x400 V 50 Hz
3.	Liczba par biegunów	p=2
4.	Prędkość maksymalna	≥ 2000 obr/min
5.	Rodzaj pracy	ciągła
6.	Wykonanie mechaniczne	B3 (na łapach)
7.	Temperatura otoczenia, chłodzenie, stopień ochrony obudowy, poziom drgań i hałasu	zgodnie z wymaganiami konstrukcyjnymi p. 2.2.2
8.	Klasa izolacji	F lub H
9.	Czujnik temperatury uzwojeń	6 x PT100 (2 szt./fazę)

Podstawowe parametry techniczne silnika napędzającego prądnicę przedstawiono w tabelicy 5.2/2. Do połączenia wałów maszyn należy zastosować sprzęgła:

- sztywne, bezluzowe i bezobsługowe,
- dostosowane do obrotów, mocy i momentu obrotowego obu maszyn,
- z możliwością pracy z udarowym momentem obrotowym $\geq 200\%$ momentu znamionowego,
- z możliwością kompensacji odchyłek kątowych $\geq 1^\circ$ oraz osiowych i promieniowych ≥ 2 mm.

Tablica 5.2/2 Parametry techniczne SAK

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Moc znamionowa	100 kW
2.	Napięcie znamionowe	3x400 V 50 Hz
3.	Liczba par biegunów	p=2
4.	Prędkość maksymalna	≥ 2000 obr/min
5.	Sprawność	klasa IE2 wg IEC 60034-30
6.	Rodzaj pracy	ciągła
7.	Wykonanie mechaniczne	B3 (na łapach)
8.	Przeciążalność momentem	$\geq 1,5M_N - 20$ s
9.	Temperatura otoczenia, chłodzenie, stopień ochrony obudowy, poziom drgań i hałasu	zgodnie z wymaganiami konstrukcyjnymi p.2.2.2
10.	Klasa izolacji	F lub H
11.	Czujnik temperatury uzwojeń	6 x PT100 (2 szt./fazę)
12.	Czujnik położenia wału	enkoder inkrementalny optoelektroniczny ≥ 2000 imp./obrót

Silnik ma być przystosowany do zasilania z przekształtnika oraz ma być wyposażony w izolowane łożyska.

Przebieg częstotliwości powinien zapewniać właściwości regulacyjne nie gorsze niż wyspecyfikowane w tabelicy 5.2/3.

Tablica 5.2/3 Parametry techniczne *przebiegu częstotliwości*

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Moc znamionowa	Dopasowana do mocy SAK z możliwością przeciążenia silnika o 10%
2.	Napięcie znamionowe	3x400 V $\pm 10\%$ 50 Hz
3.	Sprawność	$\geq 89\%$
4.	THD napięcia wyjściowego dla 100% obciążenia liniowego	$\leq 5\%$
5.	Temperatura otoczenia, chłodzenie i stopień ochrony obudowy	zgodnie z wymaganiami konstrukcyjnymi p.2.2.2

Przekształtnik powinien być dostarczony ze wszystkimi niezbędnymi do działania filtrami.

Każda z jednostek (TG1 i TG2) powinna być wyposażona we własny system automatycznej synchronizacji. Zastosowane synchronizatory powinny być urządzeniami wykonanymi w technice cyfrowej z równoległym algorytmem regulacji. Obsługa synchronizatora powinna być możliwa za pomocą systemu sterowania i komunikacji laboratorium LINTE².

Transformator blokowy z regulatorem zaczepek powinien mieć następujące parametry:

- typ: suchy żywiczny,
- napięcie znamionowe: 400 V / 400 V,

- moc znamionowa: 100 kVA,
- zakres regulacji podobciążeniowej: $\pm 15\%$ / $\pm 10st$,
- grupa połączeń: Dyn,
- przełącznik zaczeów: podobciążeniowy energoelektroniczny,
- regulator napięcia: praca według kryterium napięciowego, numeru zaczeu; zwłoka zależna; wymagana możliwość zdalnej regulacji za pośrednictwem systemu sterowania i komunikacji.

5.2.3 Dodatkowe wymagania techniczne

Należy ponadto spełnić następujące wymagania dodatkowe:

- Modele turbiny realizowane przez napęd silnika asynchronicznego powinny odpowiadać opisowi zawartemu w punkcie 7.1: *Algorytmy regulacji i modele elementów turbozespołów TG1 i TG2*
- Dane przełącznika zaczeów:
 - liczba zaczeów: dostosowana do transformatora,
 - czas realizacji przełączania między dowolnymi zaczeami: w zakresie 0,5..30 sekund - nastawialny zdalnie i lokalnie. Blokady regulacji napięcia transformatora
 - podnapięciowa 50% ... 100% U_n ,
 - nadnapięciowa 100% ... 150% U_n ,
 - przeciążeniowa 50% ... 110% S_n ,
 - od skrajnego zaczeu.
- Dane regulacji napięcia transformatora:
 - opóźnienie regulacji: 0 s ... 99 minut,
 - typ regulacji automatycznej: opóźnienie regulacji niezależne, zależne, stały zacze.
- Algorytm sterowania napięciem transformatora powinien umożliwiać sterowanie typu podstawowego:
 - góra/dół – przełączanie o jeden zacze w górę lub jeden zacze w dół pełnym zakresie,
 - skok – zadawanie dowolnego numeru zaczeu,
 - automatyczna regulacja napięcia z zadaną strefą nieczułości,
 - identyfikacja numeru zaczeu,
 - zliczanie liczby przełączeń zaczeów transformatora wywołanych pracą regulatora w zadanym interwale czasowym.

5.2.4 Wymagania pomiarowe i sterownicze

Rys. 5.2/2 przedstawia ogólną ideę sterowania jednostkami TG1 / TG2 z podziałem ról pomiędzy sterownikiem jednostki funkcjonalnej (SJF) i przekształtnikami energoelektronicznymi.

Dla systemu sterowania i komunikacji powinny być dostępne następujące wielkości mierzone:

- wielkości związane z generatorem – napięcia, prądy, częstotliwość, prędkość obrotowa oraz moc czynna i bierna,
- wielkości związane z transformatorem (pomiar po obu stronach transformatora) – dwa napięcia międzyprzewodowe oraz prąd w jednej z faz.

Wymagana jest rejestracja następujących wielkości:

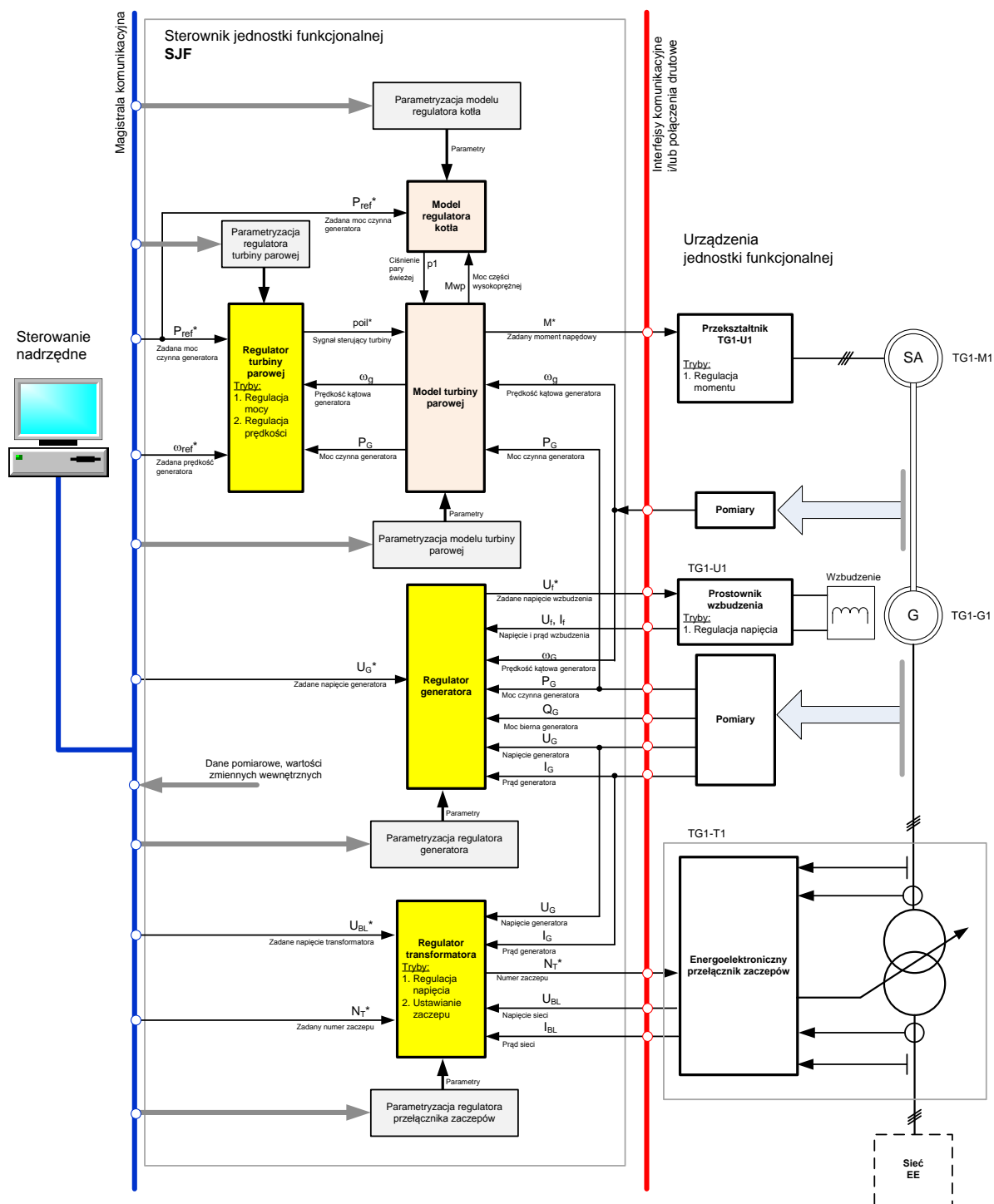
- Wielkości związane z regulatorem napięcia generatora:
 - napięcie generatora U_g ,
 - prąd generatora I_g ,
 - prąd wzbudzenia I_f ,
 - napięcie wzbudzenia E_f ,

- moc czynna generatora P_g ,
 - moc bierna generatora Q_g ,
 - prędkość generatora ω_g ,
 - sygnał ogranicznika kąta mocy,
 - sygnał ogranicznika prądu stojana,
 - sygnał stabilizatora systemowego (PSS),
 - sygnał ogranicznika prądu wzbudzenia,
 - sygnał ogranicznika minimalnego prądu wzbudzenia,
 - sygnał ogranicznika napięcia maksymalnego,
 - sygnał ogranicznika indukcji.
- Wielkości związane z regulatorem turbiny wraz z modelem turbiny:
 - moc czynna generatora P_g ,
 - prędkość generatora ω_g ,
 - sygnał ciśnienia pary świeżej p_1 ,
 - sygnał wyjściowy regulatora kotła Y_{RK} ,
 - ciśnienie pary świeżej p_1 ,
 - strumień pary przepływający przez stację redukcyjno schładzającą M_{SR} ,
 - sygnał ograniczający stopień otwarcia zaworów regulacyjnych turbiny Y_{gc} ,
 - sygnał regulatora turbiny (wynik realizacji funkcji $F(\bullet)$),
 - sygnał pochodzący od regulatora proporcjonalnego RO2,
 - sygnał "poil",
 - sygnał modelujący działanie zaworów intercepcyjnych,
 - sygnały z poszczególnych upustów turbiny (odpowiednio za blokami K1 – K8).
 - Wielkości związane z regulatorem transformatora blokowego:
 - napięcia, prądy i moce,
 - numer zaczepu,
 - liczba przełączeń zaczepów transformatora wywołanych pracą regulatora ,
 - inne (np. sygnały logiczne).

Struktura sterowania SAK powinna zapewniać możliwość pracy TG w sposób zgodny z aktualną „Instrukcją ruchu i eksploatacji sieci przesyłowej” Polskich Sieci Elektroenergetycznych PSE-Operator S.A. dla elektrowni dołączonych do sieci przesyłowej.

Wymagana jest możliwość zadawania następujących wielkości:

- Wielkości związane z regulatorem napięcia generatora:
 - zadane napięcie generatora U_g^* ,
 - maksymalny prąd generatora I_{gmax} ,
 - maksymalny prąd wzbudzenia I_{fmax} ,
 - minimalny prąd wzbudzenia I_{fmin} .
- Wielkości związane z regulatorem turbiny wraz z modelem turbiny:
 - zadana moc czynna generatora P_g^* ,
 - zadana prędkość generatora ω_g^* ,
 - próg górny ogranicznika prędkości kątowej działającego na wytrząsk ω_{gmax} ,
 - próg dolny ogranicznika prędkości kątowej działającego na wytrząsk ω_{gmin} ,
 - wartość zadana ciśnienia pary świeżej p_1^* .
- Wielkości związane z regulatorem transformatora blokowego:
 - zadane napięcie transformatora U_{BL}^* ,
 - zadany numer zaczepu N_T^* .



Rys. 5.2/2 Sterowanie jednostkami TG1 / TG2 z podziałem ról pomiędzy sterownikiem jednostki funkcjonalnej (SJF) i przekształtnikami energoelektronicznymi (oznaczenia na rysunku dotyczą TG1)

5.3 Generator wiatrowy synchroniczny WG1

Zawartość dokumentu:

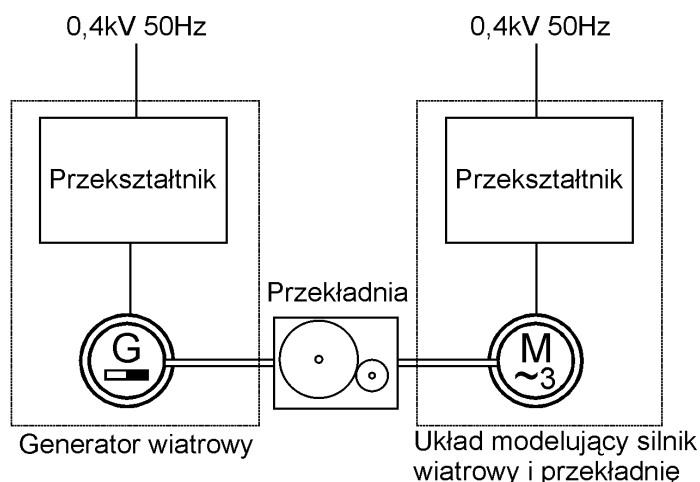
- 5.3.1 CHARAKTERYSTYKA FUNKCJONALNA
- 5.3.2 PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE
- 5.3.3 DODATKOWE WYMAGANIA TECHNICZNE
- 5.3.4 WYMAGANIA POMIAROWE I STEROWNICZE

5.3.1 Charakterystyka funkcjonalna

Zamówienie obejmuje dostawę jednostki funkcjonalnej WG1, która ma emulować działanie rzeczywistej elektrowni wiatrowej z wielobiegunowym generatorem synchronicznym ze wzbudzeniem z magnesami trwałymi (ang. *Permanent Magnet Synchronous Generator - PMSG*).

W jednostce WG1 jako napęd generatora wolnoobrotowego PMSG należy zastosować, zamiast rzeczywistego silnika wiatrowego, napęd elektryczny z silnikiem asynchronicznym klatkowym (SAK). Z uwagi na zastosowanie szybkoobrotowego SAK, należy zastosować przekładnię mechaniczną dostosowującą wysokie obroty SAK do niskich obrotów PMSG. Sterowanie SAK należy zrealizować w sposób umożliwiający emulację właściwości wiatru, silnika wiatrowego oraz układu mechanicznego elektrowni.

Schemat funkcjonalny układu badawczego elektrowni wiatrowej WG1 przedstawiono na rys 5.3/1.



Rys. 5.3/1 Schemat funkcjonalny jednostki wytwórczej WG1

Stojan PMSG należy połączyć z dwukierunkowym przekształtnikiem tranzystorowym, podłączanym bezpośrednio do sieci elektroenergetycznej laboratorium LINTE².

Silnik SAK ma być zasilany z przekształtnika energoelektronicznego, którego układ sterowania powinien umożliwiać emulowanie zakładanych zjawisk fizycznych. Napęd SAK powinien mieć możliwość wyboru pracy w trybie regulacji momentu elektromagnetycznego i regulacji prędkości obrotowej silnika.

Emulowane zjawiska powinny obejmować:

- podmuchy wiatru o różnej sile i szybkości zmian oraz zmiennej długości trwania dla warunków normalnych i ekstremalnych,
- zmiana kierunku wiatru,
- przejścia łopaty przed wieżą,
- bezwładność turbiny wiatrowej.

Działanie dwukierunkowego przekształtnika SAK powinno umożliwiać:

- możliwość hamowania SAK z odzyskiem energii do sieci,
- uzyskanie sinusoidalnych prądów zasilania przekształtnika SAK przy jednostkowym współczynniku mocy.

5.3.2 Podstawowe parametry techniczne

Podstawowe parametry techniczne generatora PMSG przedstawiono w tabelicy 5.3/1.

Tabela 5.3/1 Parametry techniczne generatora PMSG

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Moc znamionowa, współczynnik mocy	60 kVA, 50 kW
2.	Napięcie znamionowe	3x400 V 50 Hz
3.	Prędkość synchroniczna	150 ... 300 obr/min
4.	Sprawność	≥ 90%,
5.	Czujnik położenia wału	enkoder absolutny (obrotowo-kodowy) - optoelektroniczny, rozdzielczość ≥ 20 bitów
6.	Czujnik temperatury uzwojeń	6 x PT100
7.	Rodzaj pracy	ciągła
8.	Temperatura otoczenia, chłodzenie, stopień ochrony obudowy, poziom drgań i hałasu	zgodnie z wymaganiami ogólnymi (p. 2.2)
9.	Klasa izolacji	F lub H

Podstawowe parametry techniczne silnika klatkowego SAK przedstawiono w tabelicy 5.3/2.

Tabela 5.3/2 Parametry techniczne silnika SAK

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Moc znamionowa	60 kW
2.	Napięcie znamionowe	3x400 V 50 Hz
3.	Prędkość synchroniczna	1500 obr/min
4.	Sprawność	≥ 80%
5.	Czujnik temperatury uzwojeń	6 x PT100
6.	Rodzaj pracy	ciągła
7.	Temperatura otoczenia, chłodzenie, stopień ochrony obudowy, poziom drgań i hałasu	zgodnie z wymaganiami ogólnymi (p. 2.2)
8.	Klasa izolacji	F lub H
9.	Czujnik prędkości kątowej	enkoder inkrementalny optoelektroniczny, ≥ 4000 impulsów/obrót

Podstawowe parametry techniczne przekształtnika generatora PMSG przedstawiono w tabelicy 5.3/3.

Tablica 5.3/3 Parametry techniczne przekształtnika generatora PMSG

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Moc znamionowa	Dopasowana do mocy PMSG z możliwością przeciążenia silnika o 10%
2.	Napięcie znamionowe	3x400 V 50 Hz
3.	Zakres zmian napięcia wyjściowego	Zgodnie z wymaganiami ogólnymi (punkt 2.2.1)
4.	Zakres częstotliwości pracy	Zgodnie z wymaganiami ogólnymi (punkt 2.2.1)
5.	Sprawność	≥ 80%
6.	Temperatura otoczenia, chłodzenie i stopień ochrony obudowy	zgodnie z wymaganiami ogólnymi (p. 2.2)

Dwukierunkowy przekształtnik silnika SAK powinien być wykonany w technologii tranzystorowej IGBT. Należy zastosować metodę sterowania wektorowego lub inną o nie gorszych właściwościach.

Podstawowe parametry przekształtnika przedstawiono w tablicy 5.3/4.

Tablica 5.3/4 Parametry techniczne przekształtnika SAK

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Moc znamionowa	Dopasowana do mocy SAK z możliwością przeciążenia silnika o 10%
2.	Napięcie znamionowe	3x400 V 50 Hz ±10 %
3.	Sprawność	≥ 80%
4.	Temperatura otoczenia, chłodzenie i stopień ochrony obudowy	zgodnie z wymaganiami ogólnymi (p. 2.2)

Parametry techniczne przekładni mechanicznej przedstawiono w tablicy 5.3/5.

Tablica 5.3/5 Parametry techniczne przekładni mechanicznej

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Typ przekładni	zębata z zębami skośnymi lub planetarna
2.	Moc wejściowa	65 kW
3.	Znamionowy moment obrotowy T_N	≥ 5 kN
4.	Udarowy moment obrotowy	≥ 2 T_N
5.	Prędkość obrotowa wałka wejściowego	znamionowa prędkość obrotowa SAK
6.	Przełożenie i , gdzie: $i = n_{N\ SAK} / n_{N\ PMSG}$ gdzie $n_{N\ SAK}$ - prędkość obrotowa znamionowa SAK $n_{N\ PMSG}$ - prędkość obrotowa znamionowe PMSG	dopasujące znamionową prędkość SAK do znamionowej prędkości PMSG
7.	Sprawność	≥ 95%
8.	Temperatura otoczenia, chłodzenie, stopień ochrony obudowy, poziom drgań i hałasu	zgodnie z wymaganiami ogólnymi (p. 2.2)

Przekładnia powinna być wyposażona w czujniki poziomu i temperatury oleju.

W przypadku konieczności zastosowania sprzęgła do połączenia wałów maszyn i przekładni należy zastosować sprzęgła:

- bezluzowe i bezobsługowe,
- dostosowane do obrotów, mocy i momentu obrotowego obu maszyn,
- z możliwością pracy z udarowym momentem obrotowym ≥ 200% momentu znamionowego,
- z możliwością kompensacji odchyłek kątowych ≥ 1° oraz osiowych i promieniowych ≥ 2 mm.

5.3.3 Dodatkowe wymagania techniczne

Układ napędowy SAK

Działanie układu napędowego SAK emulujące właściwości rzeczywistej elektrowni wiatrowej jest określone przez zamawiającego w postaci opisu funkcjonalnego, charakterystyk oraz zależności matematycznych przedstawionych w punkcie 7.2 *Model turbiny wiatrowej dla WG1 i WG2*.

Układ napędowy PMSG

Zalecana struktura sterowania wektorowego przedstawiona została w punkcie 7.2 *Model turbiny wiatrowej dla WG1 i WG2*.

Wykonawca zobowiązany jest dostarczyć opis zastosowanej struktury sterowania PMSG.

Struktura sterowania PMSG powinna zapewniać możliwość pracy WG1 w sposób zgodny z aktualną „Instrukcją ruchu i eksploatacji sieci przesyłowej” Polskich Sieci Elektroenergetycznych PSE-Operator S.A. dla elektrowni wiatrowych dołączonych do sieci SN.

5.3.4 Wymagania pomiarowe i sterownicze

Rys. 5.3/2 przedstawia ogólną ideę rozdziału funkcji sterowniczych w jednostce WG1 pomiędzy sterownikiem SJF i przekształtnikami energoelektronicznymi.

Dla nadrzędnego systemu sterowania i komunikacji laboratorium LINTE² mają być dostępne wielkości i parametry układów sterowania PMSG oraz SAK, a w szczególności:

- moc czynna i bierna wytwarzana przez WG1,
- prądy i napięcia stojana PMSG,
- prądy i napięcia sieci EE w miejscu podłączenia WG1 do instalacji LINTE²,
- prędkość obrotowa wału SAK,
- prędkość obrotowa wału PMSG,
- prądy płynące w obwodzie pomiędzy filtrem LC a przekształtnikiem PMSG,
- napięcie w obwodzie pośredniczącym przekształtnika PMSG,
- temperatura oleju przekładni.

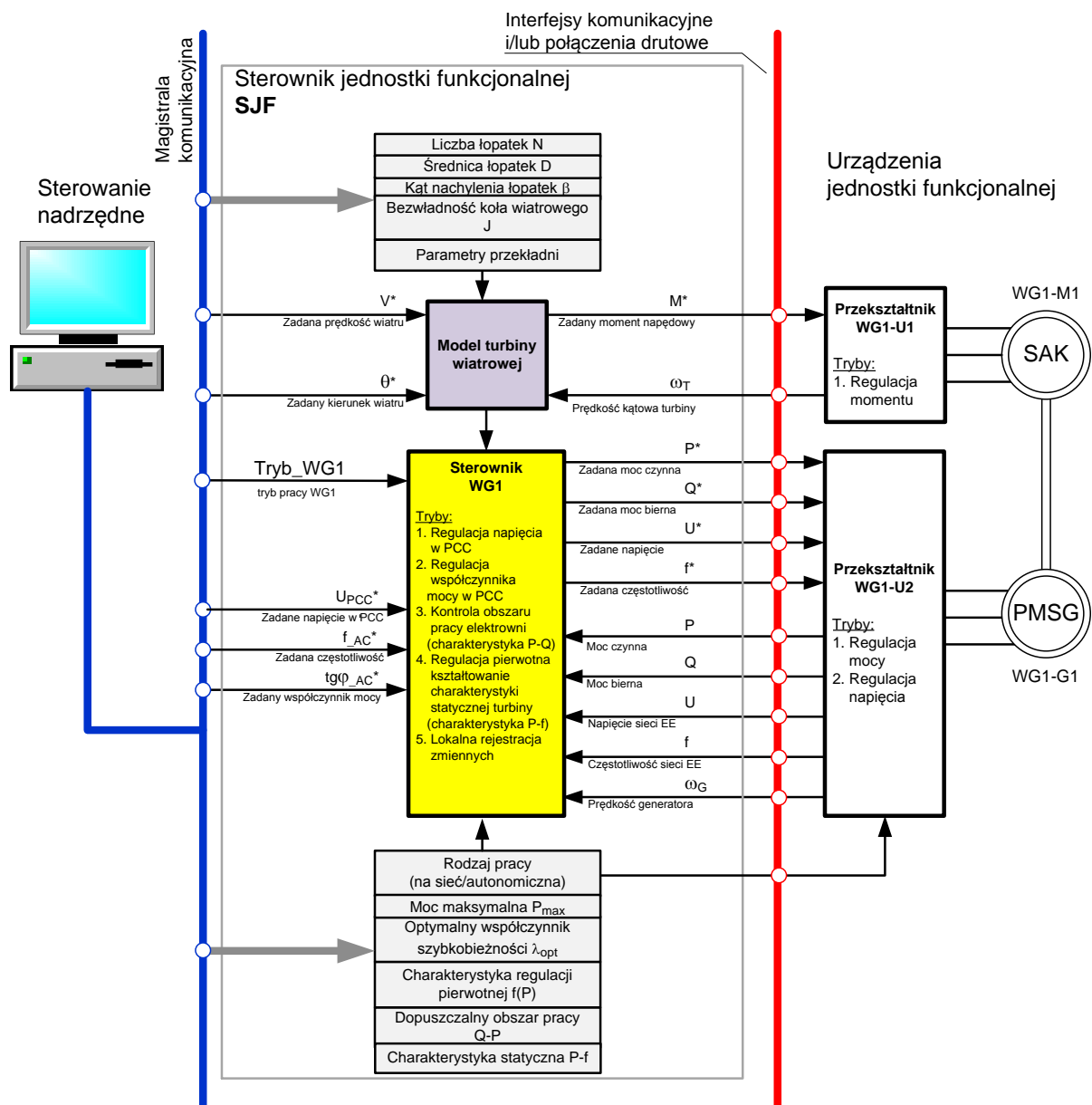
Wielkości elektryczne mają być dostępne jako wartości chwilowe oraz skuteczne liczone za okres napięcia wyjściowego generatora. Sygnały elektryczne powinny być mierzone przy wykorzystaniu przetworników analogowo-cyfrowych o rozdzielczości nie mniejszej niż 12 bitów.

Wykonawca powinien zapewnić możliwość pracy układu elektrowni w trybie automatycznym i trybie sterowania ręcznego przez operatora.

W trybie automatycznym układ regulacji powinien działać tak, aby elektrownia wytwarzała maksymalną moc możliwą do uzyskania w aktualnych emulowanych warunkach wiatrowych.

Użytkownik powinien mieć możliwość ustawienia ograniczenia maksymalnej mocy wytwarzanej w elektrowni. Wartość ograniczenia ma być ustawiana:

- jako stała z możliwością ręcznej zmiany w trakcie testów,
- jako zadany przebieg czasowy.



Rys. 5.3/2. Koncepcja rozdziału funkcji sterowniczych w WG1

Dostarczony przez Wykonawcę algorytm regulacji nadrzędnej powinien umożliwiać niezależne zadawanie przez użytkownika wielkości takich jak:

- generowana moc czynna,
- generowana moc bierna,
- napięcie na zaciskach wyjściowych elektrowni (moduł i częstotliwość),
- współczynnik mocy na zaciskach wyjściowych elektrowni.

Struktura sterowania PMSG powinna zapewniać możliwość pracy WG1 w sposób zgodny z aktualną „Instrukcją ruchu i eksploatacji sieci przesyłowej” Polskich Sieci Elektroenergetycznych PSE-Operator S.A. dla elektrowni wiatrowych dołączonych do sieci przesyłowej.

5.4 Generator wiatrowy asynchroniczny dwustronnie zasilany WG2

Zawartość dokumentu:

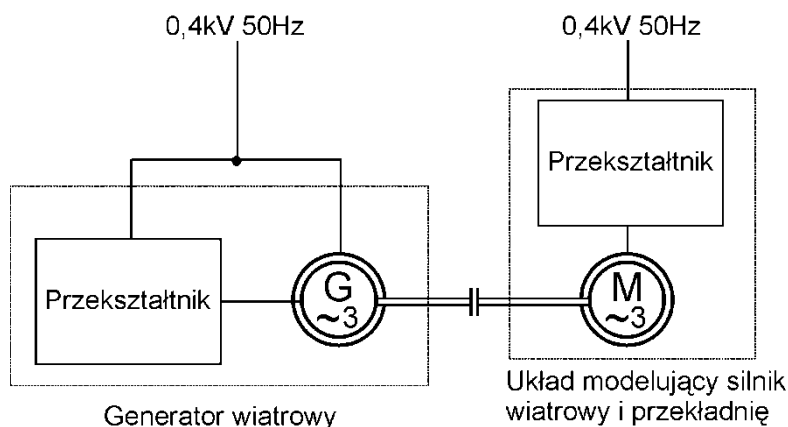
- 5.4.1 CHARAKTERYSTYKA FUNKCJONALNA
- 5.4.2 PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE
- 5.4.3 DODATKOWE WYMAGANIA TECHNICZNE
- 5.4.4 WYMAGANIA POMIAROWE I STEROWNICZE

5.4.1 Charakterystyka funkcjonalna

Zamówienie obejmuje dostawę jednostki funkcjonalnej WG2, która ma emulować działanie rzeczywistej elektrowni wiatrowej z generatorem asynchronicznym pierścieniowym – *maszyną dwustronnie zasilaną* (MDZ).

W jednostce WG2 rzeczywisty silnik wiatrowy należy zastąpić napędem elektrycznym z *silnikiem asynchronicznym klatkowym* (SAK). Sterowanie SAK należy zrealizować w sposób umożliwiający emulację właściwości wiatru, silnika wiatrowego oraz układu mechanicznego elektrowni wraz z przekładnią. Obie maszyny, tj. MDZ i SAK, należy zrealizować jako sprzężone mechaniczne bezpośrednio (bez przekładni)¹ za pomocą sprzęgła.

Schemat funkcjonalny jednostki wytwórczej WG2 przedstawiony został na rys. 5.4/1.



Rys. 5.4/1 Schemat funkcjonalny jednostki wytwórczej WG2

Generator MDZ należy wykonać tak, że stojan i wirnik są uzwojone, a na wale wirnika umieszczone są pierścienie ślizgowe. W obwód wirnika należy włączyć dwukierunkowy przekształtnik energo-elektroniczny oraz filtr sieciowy. Zaciski wyjściowe obwodu: wirnik-przekształtnik-filtr należy połączyć

¹ Generator MDZ jest maszyną szybkoobrotową wymagającą w rzeczywistej elektrowni wiatrowej stosowania przekładni mechanicznej pomiędzy silnikiem wiatrowym. Ponieważ w urządzeniu WG2 zamiast rzeczywistego silnika wiatrowego będzie zastosowany szybkoobrotowy SAK, to przekładnia mechaniczna nie jest wymagana.

z zaciskami stojana MDZ, a zaciski wspólne stojana i wirnika z siecią elektroenergetyczną laboratorium LINTE².

Silnik SAK ma być zasilany z przekształtnika energoelektronicznego, którego układ sterowania powinien umożliwiać emulowanie zakładanych zjawisk fizycznych. Napęd SAK powinien mieć możliwość wyboru pracy w trybie regulacji momentu elektromagnetycznego i regulacji prędkości obrotowej silnika.

Emulowane zjawiska powinny obejmować:

- podmuchy wiatru o różnej sile i szybkości zmian oraz zmiennej długości trwania dla warunków normalnych i ekstremalnych,
- zmiany kierunku wiatru,
- kołysania mechaniczne własne wynikające z asymetrii koła wiatrowego, przejścia łopat przed wieżą oraz elastyczności łopat,
- drgania przekładni mechanicznej,
- uszkodzenia przekładni mechanicznej.

Działanie dwukierunkowego przekształtnika SAK powinno umożliwiać:

- hamowanie SAK ze zwrotem energii do sieci,
- uzyskanie sinusoidalnych prądów zasilania przekształtnika SAK przy jednostkowym współczynniku mocy.

5.4.2 Podstawowe parametry techniczne

Maszyna asynchroniczna pierścieniowa MDZ powinna być zaprojektowana do pracy generatorowej.

Wymagane podstawowe parametry techniczne generatora MDZ przedstawiono w tabelicy 5.4/1.

Tablica 5.4/1 Parametry techniczne generatora MDZ

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Moc znamionowa, współczynnik mocy	60 kVA / 50 kW
2.	Napięcie znamionowe	3x400 V 50 Hz
3.	Prędkość synchroniczna	1500 obr/min
4.	Sprawność	≥ 80%,
5.	Czujnik położenia wału	enkoder absolutny (obrotowo-kodowy) - optoelektroniczny, rozdzielczość ≥ 20 bitów
6.	Czujnik temperatury uzwojeń	6 x PT100
7.	Rodzaj pracy	ciągła
8.	Temperatura otoczenia, chłodzenie, stopień ochrony obudowy, poziom drgań i hałasu	zgodnie z wymaganiami ogólnymi (p. 2.2)
9.	Klasa izolacji	F lub H

Podstawowe parametry techniczne silnika klatkowego SAK przedstawiono w tabelicy 5.4/2.

Tablica 5.4/2 Parametry techniczne silnika SAK

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Moc znamionowa	60 kW
2.	Napięcie znamionowe	3x400 V 50 Hz
3.	Prędkość synchroniczna	1500 obr/min
4.	Sprawność	≥ 80%
5.	Czujnik temperatury uzwojeń	6 x PT100
6.	Rodzaj pracy	ciągła
7.	Temperatura otoczenia, chłodzenie, stopień ochrony obudowy, poziom drgań i hałasu	zgodnie z wymaganiami ogólnymi (p. 2.2)
8.	Klasa izolacji	F lub H

Podstawowe parametry techniczne przekształtnika generatora MDZ przedstawiono w tablicy 5.4/3.

Tablica 5.4/3 Parametry techniczne przekształtnika generatora MDZ

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Moc znamionowa	≥ 50% mocy znamionowej generatora MDZ
2.	Napięcie znamionowe	3x400 V 50 Hz
3.	Zakres zmian napięcia wyjściowego	Zgodnie z wymaganiami ogólnymi (punkt 2.2.1)
4.	Zakres częstotliwości pracy	Zgodnie z wymaganiami ogólnymi (punkt 2.2.1)
5.	Sprawność	≥ 80%
6.	Temperatura otoczenia, chłodzenie i stopień ochrony obudowy	zgodnie z wymaganiami ogólnymi (p. 2.2)

Dwukierunkowy przekształtnik do silnika napędowego SAK ma być wykonany w technologii tranzystorowej IGBT. Należy zastosować metodę sterowania wektorowego lub inną o nie gorszych właściwościach.

Podstawowe parametry przekształtnika SAK przedstawiono w tablicy 5.4/4.

Tablica 5.4/4 Parametry techniczne przekształtnika SAK

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Moc znamionowa	Dopasowana do mocy SAK z możliwością przeciążenia silnika o 10%
2.	Napięcie znamionowe	3x400 V 50 Hz ±10 %
3.	Sprawność	≥ 80%
4.	Temperatura otoczenia, chłodzenie i stopień ochrony	zgodnie z wymaganiami ogólnymi (p. 2.2)

Do połączenia wałów obu maszyn należy zastosować sprzęgło:

- bezluzowe i bezobsługowe,
- dostosowane do obrotów, mocy i momentu obrotowego obu maszyn,
- z możliwością pracy z udarowym momentem obrotowym ≥ 200% momentu znamionowego,
- z możliwością kompensacji odchyłek kątowych ≥1° oraz osiowych i promieniowych ≥ 2 mm.

5.4.3 Dodatkowe wymagania techniczne

Układ napędowy SAK

Działanie układu napędowego SAK, emulujące właściwości rzeczywistej elektrowni wiatrowej jest określone przez zamawiającego w postaci opisu funkcjonalnego, charakterystyk oraz zależności matematycznych zamieszczonych w punkcie 7.2 *Model turbiny wiatrowej dla WG1 i WG2*.

Układ napędowy MDZ

Podstawowa struktura sterowania przedstawiona została w punkcie 7.2 *Model turbiny wiatrowej dla WG1 i WG2*.

Przy pracy MDZ w trybie autonomicznym samowzbudzenie maszyny powinno nastąpić automatycznie przez dołączenie do zacisków stojana dedykowanej baterii kondensatorów. Po wzbudzeniu maszyny i uzyskaniu stabilnej pracy bateria ma być odłączana automatycznie.

Dopuszczalne jest, aby w urządzeniu WG2 zastosować transformator trójfazowy o przekładni 1:1 włączony szeregowo na wyjściu generatora MDZ. Moc transformatora powinna być odpowiednia do mocy MDZ.

5.4.4 Wymagania pomiarowe i sterownicze

Rys. 5.4/2 przedstawia ogólną ideę rozdziału funkcji sterowniczych w jednostce WG2 pomiędzy sterownikiem SJF i przekształtnikami energoelektronicznymi.

Dla nadrzędnego systemu sterowania i komunikacji laboratorium LINTE² powinny być dostępne wielkości i parametry urządzenia WG2, a w szczególności:

- moc czynna i bierna wytwarzana przez MDZ,
- napięcie (moduł, częstotliwość) wytwarzane przez MDZ,
- prądy i napięcia stojana MDZ,
- napięcie i częstotliwość sieci EE,
- współczynnik mocy w miejscu podłączenia WG2 do instalacji LINTE²,
- prądy i napięcia sieci EE w miejscu podłączenia WG2 do instalacji LINTE²,
- prędkość obrotowa wału MDZ,
- prądy płynące w obwodzie pomiędzy filtrem LC a przekształtnikiem MDZ,
- napięcie w obwodzie pośredniczącym przekształtnika MDZ.

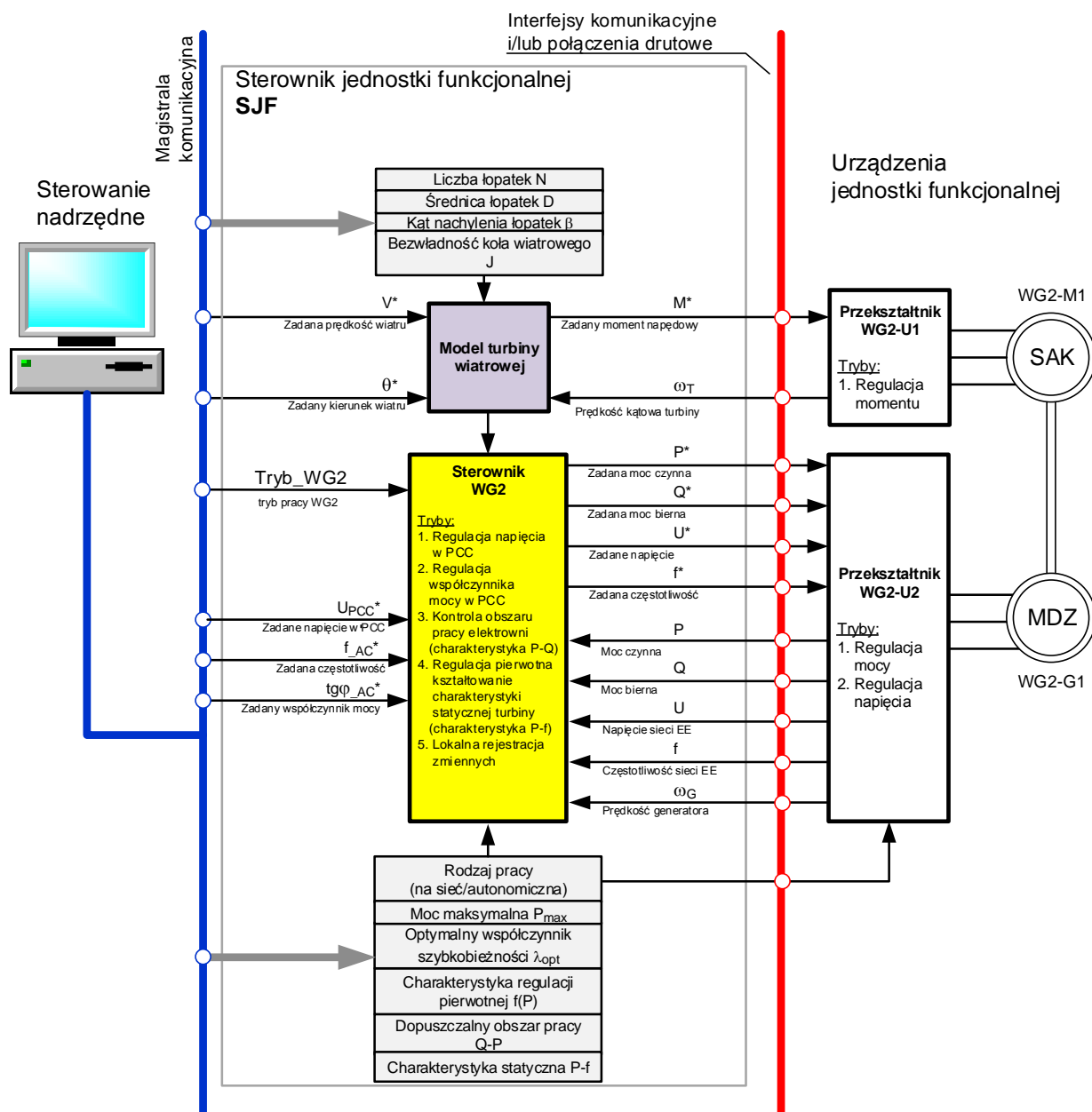
Wielkości elektryczne mają być dostępne jako wartości chwilowe oraz skuteczne liczone za okres napięcia wyjściowego generatora. Sygnały elektryczne powinny być mierzone przy wykorzystaniu przetworników analogowo-cyfrowych o rozdzielczości nie mniejszej niż 12 bitów.

Wykonawca powinien zapewnić możliwość pracy układu elektrowni w trybie automatycznym i trybie sterowania ręcznego przez operatora.

W trybie automatycznym układ regulacji powinien działać tak, aby elektrownia wytwarzała maksymalną moc możliwą do uzyskania w aktualnych emulowanych warunkach wiatrowych.

Użytkownik powinien mieć możliwość ustawienia ograniczenia maksymalnej mocy wytwarzanej w elektrowni. Wartość ograniczenia powinna być ustawiana:

- jako stała z możliwością ręcznej zmiany w trakcie testów,
- jako zadany przebieg czasowy.



Rys. 5.4/2. Koncepcja rozdziału funkcji sterowniczych w WG2

Dostarczony przez Wykonawcę algorytm regulacji nadrzędnej powinien umożliwiać niezależne zadawanie przez użytkownika wielkości takich jak:

- generowana moc czynna,
- generowana moc bierna,
- napięcie na zaciskach wyjściowych elektrowni (moduł i częstotliwość),
- współczynnik mocy na zaciskach wyjściowych elektrowni.

Struktura sterowania MDZ powinna zapewniać możliwość pracy WG2 w sposób zgodny z aktualną „Instrukcją ruchu i eksploatacji sieci przesyłowej” Polskich Sieci Elektroenergetycznych PSE-Operator S.A. dla elektrowni wiatrowych dołączonych do sieci przesyłowej.

5.5 Agregaty prądotwórcze DG1 i DG2

Zawartość dokumentu:

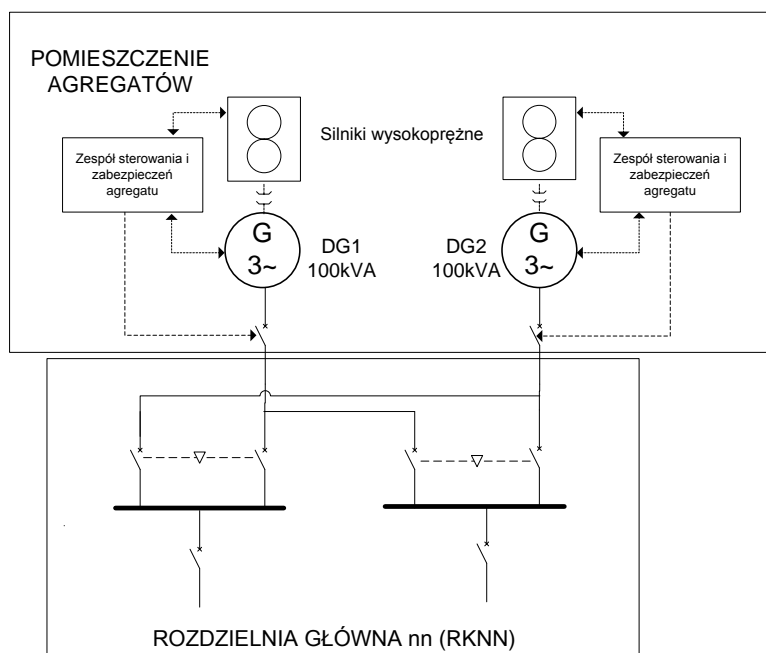
5.5.1 Charakterystyka funkcjonalna

5.5.2 Podstawowe parametry techniczne

5.5.3 Dodatkowe wymagania techniczne

5.5.1 Charakterystyka funkcjonalna

Zamówienie obejmuje dostawę dwóch agregatów prądotwórczych DG1 i DG2, z których każdy ma być autonomicznym zestawem złożonym z silnika wysokoprężnego i prądnicy synchronicznej. Agregaty mają być wyposażone w zbiorniki paliwa oraz układy sterowania i zabezpieczeń. Schemat strukturalny instalacji agregatów prądotwórczych przedstawiono na rys. 5.5/1.



Rys. 5.5/1 Schemat strukturalny instalacji agregatów prądotwórczych DG1 i DG2

Agregaty zostaną połączone z rozdzielnicą główną niskiego napięcia RNN (patrz rozdz. 3). Poprzez odpowiednie zdalne przełączenia w rozdzielni RNN oraz w rozdzielni konfiguracyjnej RKNN (patrz punkt 4.1) agregaty będą wykorzystywane w różnych konfiguracjach instalacji badawczej. Poprzez rozdzielnicę konfiguracyjną RKNN mogą one pracować na sieć wydzieloną lub być synchronizowane z innymi zespołami wytwórczymi oraz z siecią. Wymagane jest zdalne, poprzez sieć komunikacyjną uruchamianie i zatrzymywanie agregatów oraz odczyt ich bieżących parametrów. W trybie pracy

w sieci elektroenergetycznej powinna być zapewniona, poprzez sieć komunikacyjną laboratorium, możliwość sterowania współczynnikiem mocy agregatów.

W przypadku zaniku zasilania z sieci PG poprzez oba transformatory T1 i T2, lokalna automatyka SZR (dostarczona wraz z RNN w ramach oddzielnego postępowania) dokonuje uruchomienia i przełączenia agregatu DG1 do pracy na sekcję potrzeb ogólno-obiektowych Laboratorium LINTE². W przypadku braku gotowości lub usterki agregatu DG1, automatyka SZR (dostarczona wraz z RNN) uruchamia agregat DG2. Sterowanie poprzez automatykę SZR ma wyższy priorytet niż sterowanie zdalne agregatami poprzez sieć komunikacyjną w ramach konfiguracji badawczych. W obu przypadkach działania SZR blokady mechaniczne i elektryczne wyłączników w RNN uniemożliwiają pracę agregatów na pozostałe sekcje RNN, w szczególności wykluczają połączenia z transformatorami T1 i T2, rozdzielnicą RKNN oraz pracę równoległą agregatów. W celu wykluczenia przeciążenia agregatu zasilającego odbiory ogólno- obiektowe, lokalna automatyka w RNN dokonuje odłączenia jednego z wyłączników obwodów niezrezerwowanych (Q13 na rys. 3.2/1).

5.5.2 Podstawowe parametry techniczne

Wymagane podstawowe parametry techniczne agregatów DG1 oraz DG2 przedstawiono w tablicy 5.5/1.

Tablica 5.5/1 Parametry techniczne agregatów DG1 i DG2

Lp.	Parametr	Wartość
1	Moc znamionowa bez limitu motogodzin (PRP - Prime Power wg PN ISO 8528)	100 kVA, $\cos(\phi_n)=0,80$
2	Silnik napędowy	<ul style="list-style-type: none"> • Niskoemisyjny silnik diesla • z wymuszonym obiegiem smarnym, • turbodoładowany, z chłodnicą powietrza doładowującego • prędkość 1500obr/min, • przeciążalność 10% przez okres 1 godziny w ciągu 12 godzin pracy.
3	Wyposażenie silnika napędowego	<ul style="list-style-type: none"> • Elektroniczny regulator obrotów silnika, • regulator prędkości obrotowej silnika spalinowego powinien utrzymywać zmiany częstotliwości w przedziale $\pm 0,5\%$ (w stanach ustalonych i w stanach przejściowych w warunkach prób przewidzianych przez normę PN-ISO-8528), • system paliwowy z pompą podającą paliwo, • filtr paliwa pełno przepływowy, • filtr oleju smarnego pełno przepływowy, • filtr powietrza, • grzałka bloku silnika, • rozrusznik elektryczny z baterią rozruchową akumulatorów i układem konserwującym baterię rozruchową, • chłodnica radiatorowa, • kolektor wydechowy izolowany termicznie, • pompa opróżniania miski olejowej,

		<ul style="list-style-type: none"> • system zabezpieczeń części wirujących i o podwyższonej temperaturze zgodny z CE, • tłumik gazów wydechowych ze zintegrowanym łapaczem iskier.
4	Generator	<ul style="list-style-type: none"> • Napięcie znamionowe 230/400V 50Hz, • bezszczotkowy, samowzbudny, jednołożyskowy, • z wymuszonym obiegiem powietrza chłodzącego, • wyposażony w grzałkę antykondensacyjną, • wyposażony w termistory (za wysoka temperatura uzwojeń – alarm), • wyłącznik zwarciovo-przeciążeniowy, • dokładność regulacji napięcia +/- 1% w pełnym zakresie obciążenia w warunkach ustalonych oraz przy współczynniku mocy indukcyjnym w zakresie od 0,8 do 1, • dopuszczalne przejściowe odchylenie napięcia przy nagłej zmianie mocy w warunkach próby +20% oraz -15%, • klasa wymagań eksploatacyjnych (amplituda. kształt i częstotliwość napięcia) G2 wg. PN ISO 8528.
5	Uzwojenia prądnicy	<ul style="list-style-type: none"> • Klasa izolacji F lub H, • uzwojenia stojana z poskokiem 2/3 eliminujące wielokrotność 3 harmonicznej w przebiegu sinusoidy napięcia oraz zapewniające optymalne zasilanie odbiorów nieliniowych.
6	Rama nośna agregatu	Silnik i generator połączone tarczą sprzęgającą, zamontowane na ramie nośnej wyposażonej w zaczepy transportowe. Rama nośna powinna pomieścić dolny zbiornik paliwa. Całość posadowiona za pośrednictwem elementów antywibracyjnych.
7	Zbiornik paliwa	Zbiornik dolny (pod podstawą agregatu) na 4 godziny pracy z mocą znamionową, z zabezpieczeniem przed przepełnieniem i wyciekami paliwa.
8	Panel instrumentów agregatu	<p>Układ nadzoru pracy generatora powinien kontrolować wszystkie istotne parametry pracy urządzenia oraz wyłączyć generator w przypadku zaistnienia sytuacji awaryjnej.</p> <p>Układ sterowania powinien ponadto umożliwiać zdalne poprzez sieć komunikacyjną oraz lokalne sterowanie i kontrolę stanu pracy agregatu, w tym:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Start, Stop, Standby, Manual, • kasowanie alarmów, • awaryjny stop, • prędkość obrotowa, • temperatura oleju smarowego, • temperatura płynu chłodzącego, • ciśnienie oleju smarowego, • stan silnika, • licznik godzin pracy, • temperatura gazów wylotowych, • niski poziom chłodziwa w radiatorze. <p>Pakiet zabezpieczeń silnika powinien obejmować:</p> <ul style="list-style-type: none"> • wysoką temperaturę płynu chłodzącego (sygnalizacja + wyłączenie),

		<ul style="list-style-type: none"> • wysokie ciśnienie oleju smarowego (sygnalizacja + wyłączenie), • awaryjny stop (wyłączenie), • nadobroty (wyłączenie), • wysoką temperaturę oleju smarowego (sygnalizacja), • niski poziom napięcia DC baterii rozruchowej (sygnalizacja), • nieudany rozruch (sygnalizacja). <p>Pakiet zabezpieczeń generatora powinien obejmować:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zabezpieczenie pod i nad napięciowe, • zabezpieczenie pod i nad częstotliwościowe, • zabezpieczenie przeciążeniowe, • zabezpieczenie przed zwarciami doziemnymi, • zabezpieczenie zwrotnocowe. <p>Urządzenie powinno posiadać rejestrator alarmów i stanów krytycznych umożliwiający rejestrację nie mniej niż 200 wpisów w dzienniku. Odczyt powinien być realizowany lokalnie za pomocą panelu oraz zdalnie za pośrednictwem sieci komunikacyjnej.</p>
9	Wyposażenie dodatkowe	<ul style="list-style-type: none"> • Osłony/ekrany akustyczne, • system gaszenia – gaśnice.

5.5.3 Dodatkowe wymagania techniczne

Generatory należy zainstalować w pomieszczeniu nr 0.13 na istniejących postumentach. W związku z tym nie jest wymagana ich odporność na warunki atmosferyczne.

W ramach niniejszego zamówienia należy również wykonać instalacje spalinowe wraz z tłumikami i odskraplaczami spalin oraz instalacje nawiewowe wraz z żaluzjami, klapami zwrotnymi i tłumikami hałasu dla agregatów DG1 i DG2 oraz dla dodatkowego (poza zakresem niniejszego zamówienia) stanowiska kogeneratora przewidzianego do zainstalowania w pomieszczeniu agregatowni. Sposób wykonanie czerpni powietrza i żaluzji maskujących na elewacji budynku uzgodnić z Zamawiającym i projektantem budynku.

5.6 Mikroturbina gazowa MT

Zawartość dokumentu:

- 5.6.1 CHARAKTERYSTYKA FUNKCJONALNA
- 5.6.2 PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE
- 5.6.3 DODATKOWE WYMAGANIA TECHNICZNE
- 5.6.4 WYMAGANIA BUDOWLANE I MONTAŻOWE

5.6.1 Charakterystyka funkcjonalna

Zamówienie obejmuje dostawę mikroturbiny gazowej z modułem kogeneracyjnym wraz z jej przyłączeniem do instalacji elektrycznej, gazowej i ciepłowniczej laboratorium.

Mikroturbina powinna umożliwiać 2 tryby pracy w instalacji elektrycznej laboratorium:

- praca na wydzieloną sieć odbiorników energii elektrycznej (*standalone mode*),
- współpraca z siecią elektroenergetyczną laboratorium (*grid connected mode*); w tym trybie powinny być dostępne co najmniej następujące dwie opcje:
 - mikroturbina dostarcza nastawioną wartość mocy bazowej, zaś sieć pokrywa nadwyżki zapotrzebowania na moc (*base loading*),
 - mikroturbina dostarcza nadwyżki mocy ponad moc bazową dostarczaną przez sieć (*peak shaving / load following*).

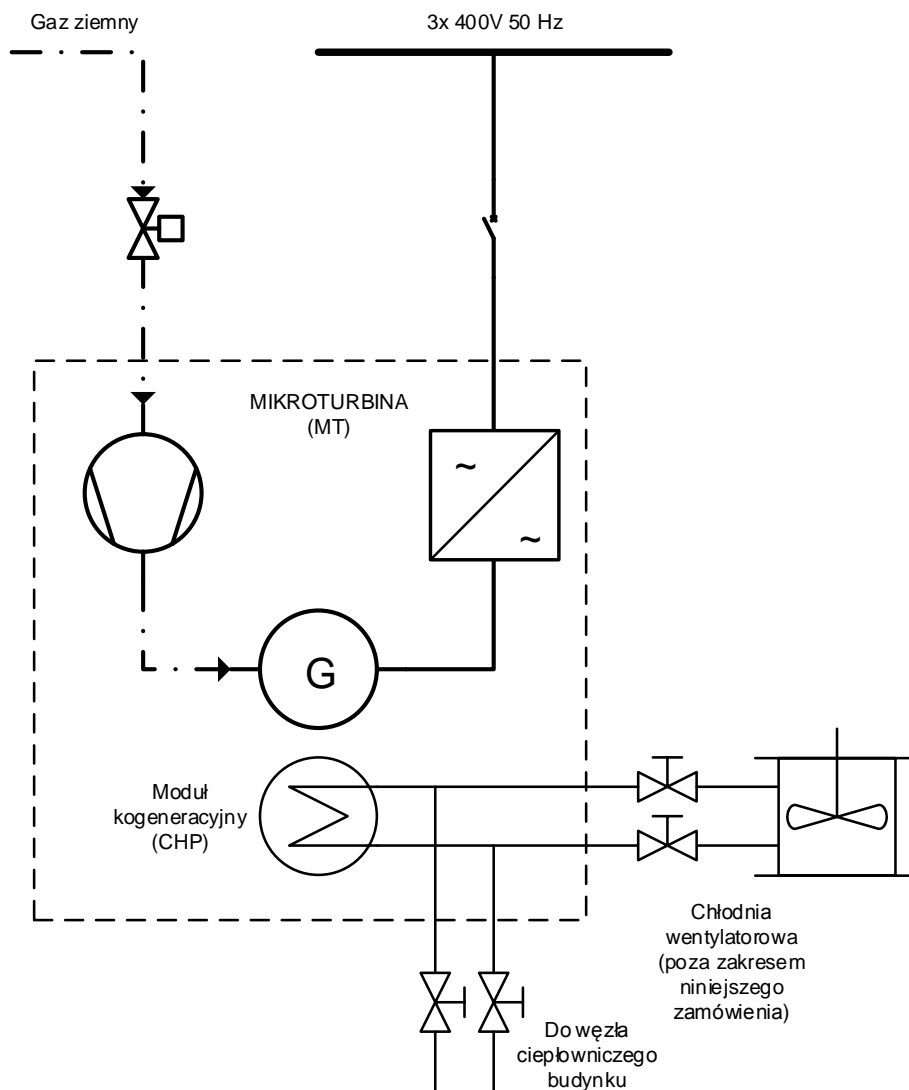
Moduł kogeneracyjny powinien umożliwiać 3 tryby pracy ciepłowniczej:

- bez odbioru ciepła (*bypass*),
- z priorytetem produkcji energii elektrycznej (*electrical load following*),
- z priorytetem produkcji ciepła (*thermal load following*).

Mikroturbina ma umożliwiać współpracę z istniejącym podsystemem ciepła technologicznego w budynku laboratorium: w trybie kogeneracyjnym – z istniejącymi węzłem ciepłowniczym i centralami grzewczo-wentylacyjnymi, a w trybie bez odbioru ciepła – z chłodziwą wentylatorową¹.

Uproszczony schemat funkcjonalny mikroturbiny wraz z układami pomocniczymi przedstawiono na rys. 5.6/1.

¹ Element ten nie jest objęty zakresem niniejszego zamówienia



Rys. 5.6/1 Schemat funkcjonalny mikroturebiny gazowej

5.6.2 Podstawowe parametry techniczne

Wymagane podstawowe parametry techniczne mikroturebiny przedstawiono w tablicy 5.6/1.

Tablica 5.6/1 Parametry techniczne mikroturebiny gazowej

Parametr	Wartość
Napięcie znamionowe	3x400V 50Hz
Moc znamionowa czynna elektryczna	60 (± 5) kW
Moc elektryczna pozorna maksymalna netto	80 (± 5) kVA
Zawartość harmonicznych	<5%
Sprawność elektryczna znamionowa netto odniesiona do wart. opałowej paliwa (LHV)	>26 %

Paliwo gazowe	gaz ziemny wysokometanowy typu E, ciśnienie sieci 1,8-2,5 kPa ²
Moc cieplna w trybie kogeneracyjnym przy znamionowej mocy elektrycznej	110 (± 15) kJ/s
Trwałość - liczba uruchomień ze stanu zatrzymania do pełnej mocy	> 5000
Poziom mocy akustycznej	< 74dB(A)
Poziom drgań	< 2,8 mm/s
Maksymalne wymiary skrajne ³ (wysokość, szerokość, długość):	2000mm x 780mm x 2500 mm
Maksymalna waga	1500 kg
Napięcie pomocnicze	230V 50Hz
Zabezpieczenia prądu	zabezpieczenie nadprądowe zwarciove i przeciążeniowe, od zwarć doziemnych, od zwarć wewnętrznych międzyfazowych, od utraty wzbudzenia, zwrotnomocowe, pod- i nadnapięciowe, pod- i nadczęstotliwościowe
Temperatura otoczenia	+5 °C do + 60 °C

5.6.3 Dodatkowe wymagania techniczne

Zespół mikroturbiny powinien być wyposażony w:

- zintegrowany układ sprężania gazu dla mikroturbiny,
- tłumik czerpni powietrza i wydechu spalin,
- zintegrowany układ regulacji mikroturbiny zapewniający:
 - nadzór i sterowanie pracą mikroturbiny wraz z funkcjami zabezpieczeniowymi,
 - sterowanie dopływem gazu oraz procesem jego spalania,
 - komunikację z układami wspomagającymi pracę mikroturbiny oraz z systemem sterowania i komunikacji laboratorium LINTE².

5.6.4 Wymagania budowlane i montażowe

W skład dostawy i montażu mikroturbiny gazowej wchodzi realizacja następujących elementów składowych:

- wyposażenie laboratorium w układy pomiarowe umożliwiające pomiar i rejestrację ilości energii elektrycznej wyprodukowanej w kogeneracji z ciepłem (w celu ew. uzyskiwania świadectw pochodzenia energii z kogeneracji) – układy pomiarowe powinny umożliwiać pomiar energii elektrycznej wyprodukowanej przez mikroturbinę oraz przez dodatkowy (poza zakresem niniejszego zamówienia) silnik gazowy na istniejącym stanowisku do badania prototypowych generatorów / kogeneratorów gazowych,
- uzgodnienie z projektantem oraz wykonawcą budynku wytycznych wykonawczych w zakresie przyjętych założeń odnośnie montażu mikroturbiny,
- wykonanie instalacji spalinowej wraz z tłumikiem i odskraplaczem spalin oraz instalacji nawiewowej wraz z żaluzją, klapą zwrotną i tłumikiem hałasu,

² Jakość paliwa wg Rozporządzenia Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej nr 1113 z dnia 6 kwietnia 2004 r. w sprawie szczegółowych warunków przyłączenia podmiotów do sieci gazowych, ruchu i eksploatacji tych sieci oraz wg Polskiej Normy PN-C-04753.

³ Maksymalne wymiary skrajne i maksymalna waga związane są z możliwością wprowadzenia mikroturbiny do pomieszczenia. Możliwość wprowadzenia urządzenia o większych wymiarach lub większej wadze należy uzgodnić z Zamawiającym.

- połączenie układów zabezpieczających i pomiarowych z systemem sterowania i komunikacji laboratorium,
- uruchomienie podsystemu ciepła technologicznego w budynku laboratorium po przyłączeniu do niego mikroturbiny,
- uzyskanie wszelkich prawomocnych decyzji i uzgodnień związanych z przyłączeniem mikroturbiny gazowej do sieci gazowej oraz z dopuszczeniem instalacji gazowej wraz z mikroturbiną do eksploatacji.

Wykonawca będzie zobowiązany do integracji mikroturbiny z istniejącym podsystemem ciepła technologicznego. W szczególności oznacza to konieczność modernizacji sterowania tegoż podsystemu w celu zapewnienia poprawnej pracy układu po przyłączeniu mikroturbiny.

Modernizacja układu sterowania powinna również umożliwić przyłączenie do podsystemu ciepła technologicznego dodatkowego silnika gazowego⁴ oraz chłodni wentylatorowej⁴ na istniejącym stanowisku do badania prototypowych generatorów / kogeneratorów gazowych (pom. 0.13/0.20). Modernizacja układu sterowania powinna być przeprowadzona w ścisłej współpracy z Zamawiającym i projektantem podsystemu ciepła technologicznego, który zobowiązany jest do opracowania algorytmu pracy regulatorów w ramach nadzoru autorskiego.

Szczegółowe informacje o obecnym układzie sterowania podsystemu ciepła technologicznego znajdują się w dokumentacji budowlanej powykonawczej.

⁴ Poza zakresem niniejszego zamówienia

5.7 Dynamiczny system magazynowania energii w kołach zamachowych FW

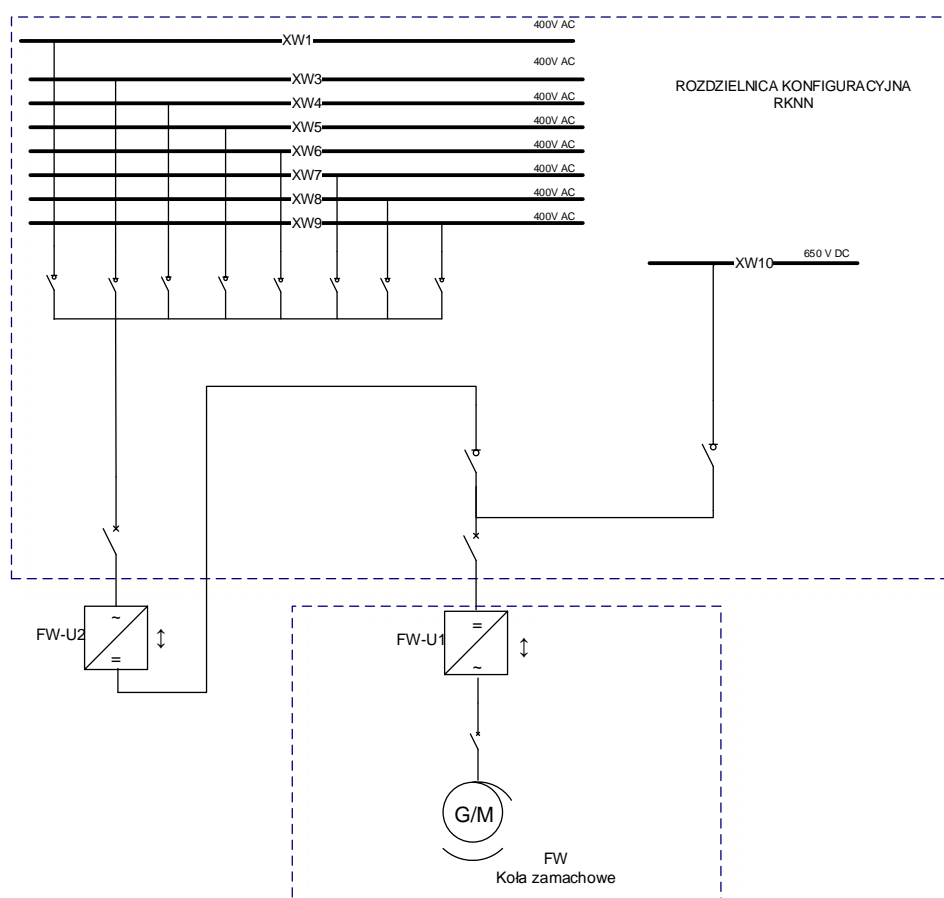
Zawartość dokumentu:

- 5.7.1 CHARAKTERYSTYKA FUNKCJONALNA
- 5.7.2 PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE
- 5.7.3 WYMAGANIA POMIAROWE I STEROWNICZE
- 5.7.4 DODATKOWE WYMAGANIA TECHNICZNE

5.7.1 Charakterystyka funkcjonalna

Zamówienie obejmuje dostawę jednostki funkcjonalnej FW, która ma być jednostką do magazynowania energii w kołach zamachowych z dwukierunkowymi przekształtnikami AC/DC i DC/AC, ze zdalnym sterowaniem i monitorowaniem.

Schemat struktury jednostki przedstawiono na rys. 5.7/1.



Rys. 5.7/1 Schemat zasadniczy zestawu kół zamachowych i odpowiednich sekcji rozdzielnic RKNN

5.7.2 Podstawowe parametry techniczne

Parametry zestawu FW przedstawiono w tabelicy 5.7/1, zaś wymagane parametry jednostek kół zamachowych w tabelicy 5.7/2.

Tablica 5.7/1 Parametry techniczne zestawu kół zamachowych

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Zgromadzona energia zestawu	≥ 1,3 kWh
2.	Maksymalna moc wyjściowa	≥ 120 kW w czasie 30 s
3.	Dwukierunkowy przekształtnik (IGBT) AC/DC ¹	<ul style="list-style-type: none">▪ napięcie wyjściowe DC gwarantujące prawidłową współpracę z falownikiem sprzęgającym z siecią AC 3x400 V,▪ sterowanie powiązane z kontrolą napięcia DC, umożliwiające uzyskanie trybów pracy pokazanych na rys. 5.7/2
4.	Dwukierunkowy przekształtnik DC/AC sprzęgający z siecią 3x400 V AC	<ul style="list-style-type: none">▪ sterowanie umożliwiające uzyskanie trybów pracy pokazanych na rys. 5.7/2

Tablica 5.7/2 Parametry techniczne jednostek kół zamachowych

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Prędkość obrotowa	≥ 25000 obr/min
2.	Łożyskowanie	aktywne magnetyczne pięcio-osiowe
3.	Wirnik silnika/generatora	na wspólnej osi z kołem zamachowym
4.	Przestrzeń części wirujących	w próżni- bezobsługowa pompa próżniowa
5.	Sprawność	> 90%
6.	Trwałość	≥ 10 lat
7.	Zasilanie pomocnicze	230V 50 Hz
8.	Chłodzenie, temperatura otoczenia, stopień ochrony obudowy oraz poziom drgań i hałasu	zgodnie z wymaganiami ogólnymi (p. 2.2)

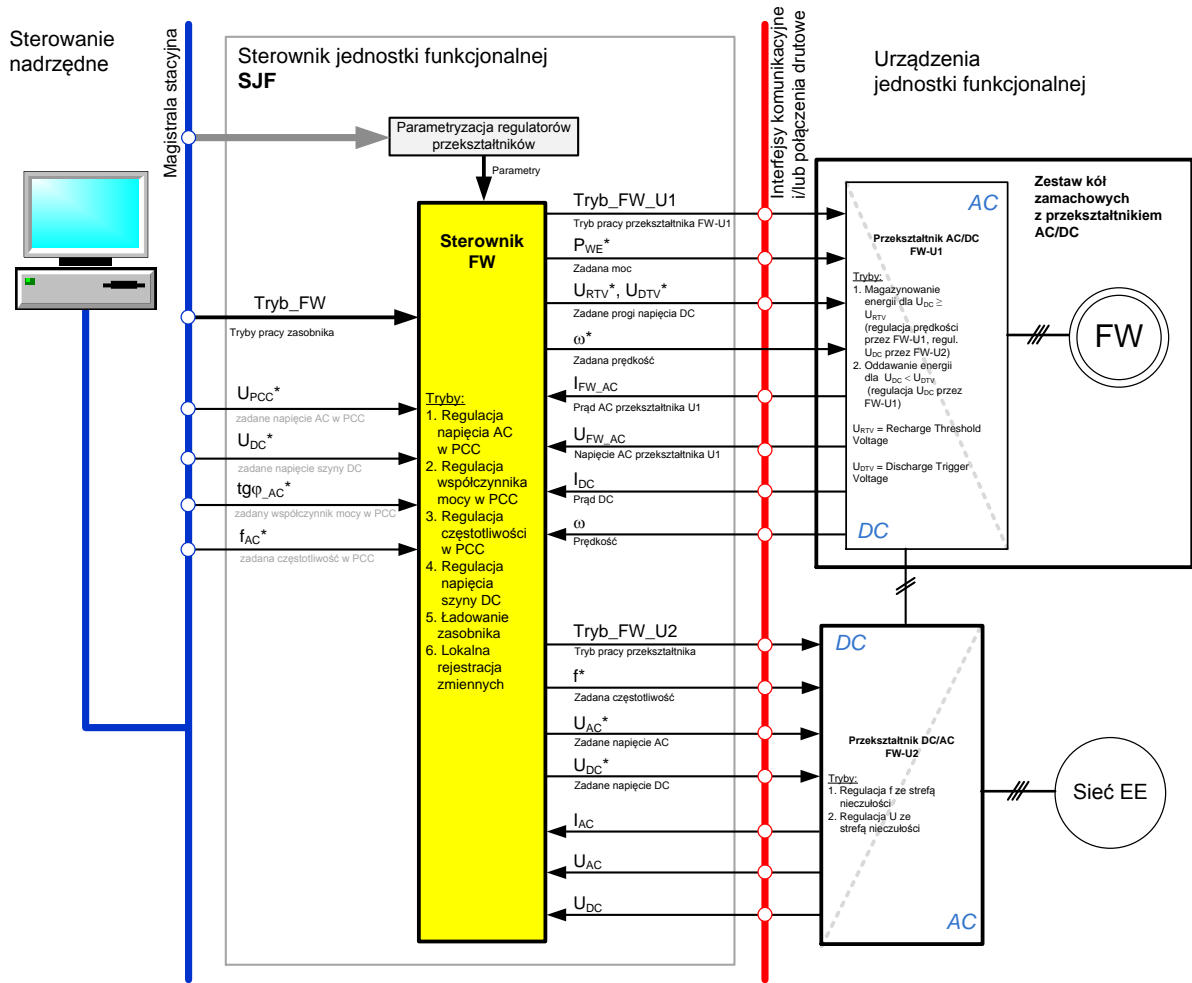
5.7.3 Wymagania pomiarowe i sterownicze

Rys. 5.7/2 przedstawia ogólną ideę sterowania jednostką FW za pomocą sterownika SJF i przekształtników energoelektronicznych.

5.7.4 Dodatkowe wymagania techniczne

Obudowy jednostek powinny być przystosowane do ustawienia w ogólnodostępnej części hali laboratoryjnej.

¹ W niniejszym opisie zakłada się, że przekształtnik AC/DC jest integralną częścią jednostki dostępnej komercyjnie o wyjściu DC, natomiast falownik sprzęgający z siecią AC jest urządzeniem odrębnym. Założenie to nie wyklucza możliwości zastosowania przez Wykonawcę innego rozwiązania.



Rys. 5.7/2 Ogólna idea sterowania jednostką FW

5.8 Superkondensatorowy zasobnik energii SC

Zawartość dokumentu:

- 5.8.1 CHARAKTERYSTYKA FUNKCJONALNA
- 5.8.2 PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE
- 5.8.3 DODATKOWE WYMAGANIA TECHNICZNE
- 5.8.4 WYMAGANIA POMIAROWE I STEROWNICZE

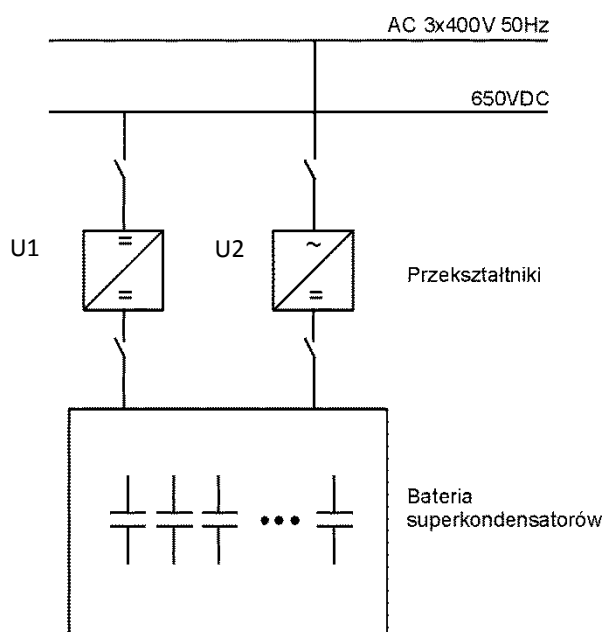
5.8.1 Charakterystyka funkcjonalna

Zamówienie obejmuje dostawę superkondensatorowego zasobnika energii elektrycznej SC, składającego się z baterii superkondensatorów oraz z dwóch przekształtników dwukierunkowych (oznaczonych U1 oraz U2 na rys. 5.11/1).

Bateria superkondensatorów powinna umożliwiać gromadzenie energii nie mniejszej niż 0,6 kWh.

Przekształtnik U1 jest dwukierunkowym przekształtnikiem energii sprzęgającym baterię superkondensatorów z szyną napięcia stałego 650V w rozdzielnicy RKNN. Przekształtnik U2 jest przekształtnikiem dwukierunkowym sprzęgającym baterię z siecią trójfazową 3x400V, 50Hz, poprzez łączniki konfiguracyjne RKNN.

Ogólna struktura jednostki SC przedstawiona została na rys. 5.8/1.



Rys. 5.8/1 Ogólna struktura SC

5.8.2 Podstawowe parametry techniczne

Podstawowe parametry baterii superkondensatorów przedstawiono w tabelicy 5.8/1.

Tablica 5.8/1 Parametry techniczne baterii superkondensatorów

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Maksymalna dysponowana energia przy rozładowaniu do 1/2 napięcia znamionowego	$\geq 0,3 \text{ kWh}$ ($\geq 1,1 \text{ MJ}$)
2.	Liczba cykli ładowania/rozładowania w zakresie napięć $U_{N..1/2U_N}$	$\geq 250\ 000$
3.	Samorozładowanie w ciągu 30 dni spoczynku	napięcie baterii $\geq 50\%$ wartości początkowej
4.	Zasilanie pomocnicze części elektronicznej – jeśli wymagane przez producenta	230 V 50 Hz
5.	Chłodzenie, temperatura otoczenia i stopień ochrony obudowy	zgodnie z wymaganiami ogólnymi (p. 2.2)

Układ powinien być wykonany w sposób zabezpieczający przed wyciekami elektrolitu lub innych szkodliwych substancji znajdujących się wewnątrz superkondensatorów.

Przekształtniki U1 i U2

Parametry dwukierunkowych przekształtników U1 i U2 wykonanych w technologii tranzystorowej IGBT przedstawiono w tabelicy 5.8/2.

Tablica 5.8/2 Parametry techniczne przekształtników U1 i U2

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Napięcie wejściowe	odpowiednie do znamionowego napięcia baterii
2.	Napięcie wyjściowe dla U1	600 – 650 V DC
3.	Napięcie wyjściowe dla U2	3x400 V 50 Hz
4.	Moc znamionowa	150 kW przez czas 10s
6.	Sprawność	$\geq 80\%$
7.	Chłodzenie, temperatura otoczenia i stopień ochrony obudowy	według wymagań konstrukcyjnych (por. rozdz. 2)

5.8.3 Dodatkowe wymagania techniczne

Bateria superkondensatorów powinna zawierać w jednej obudowie zespół odpowiednio połączonych superkondensatorów wraz z układami elektronicznymi.

Układy elektroniczne, stanowiące integralną część baterii mają zapewniać m.in.:

- kontrolę równomiernego rozkładu napięcia na poszczególnych superkondensatorach,
- kontrolę temperatury superkondensatorów.

Napięcie i pojemność baterii mają być dobrane w taki sposób, aby zapewniona była:

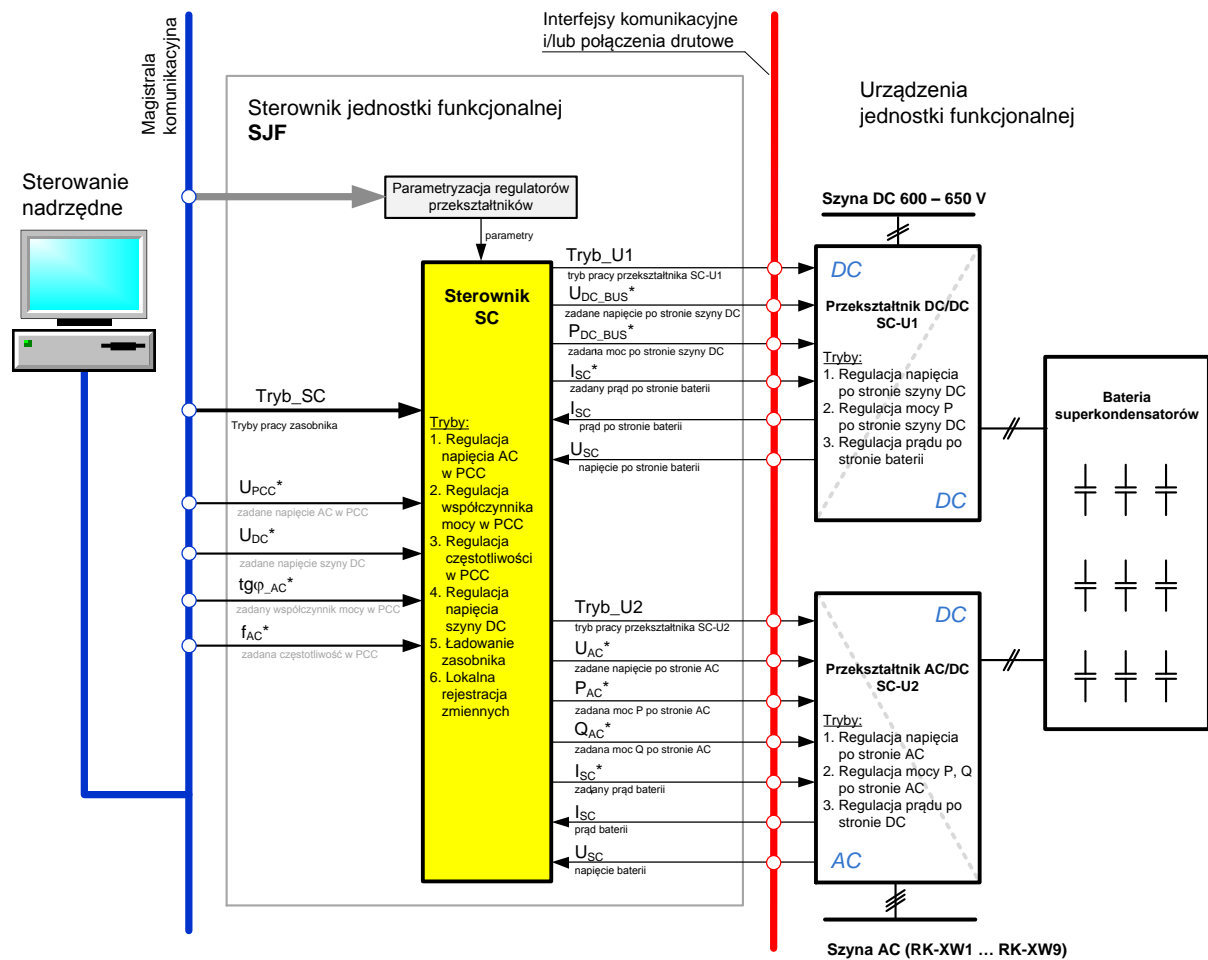
- współpraca pomiędzy baterią a przekształtnikami U1 i U2 sprzęgającymi baterię odpowiednio z szynami prądu stałego oraz z siecią prądu przemiennego,
- ilość energii, którą można zgromadzić w baterii dla cyklu rozładowania $U_{N..1/2U_N}$, nie mniejsza niż 0,6 kWh.

Wykonawca jest zobowiązany dostarczyć szczegółowe opisy techniczne dotyczące parametrów ładowania i rozładowywania baterii.

5.8.4 Wymagania pomiarowe i sterownicze

Dla nadrzędnego systemu komunikacji i sterowania dostępne mają być informacje o stanie pracy poszczególnych urządzeń jednostki (tj. baterii oraz przekształtników U1 i U2) oraz wielkości elektryczne wykorzystywane w programie sterowania SC.

Rys. 5.8/2 przedstawia koncepcję rozdziału funkcji sterowniczych w zasobniku.



Rys. 5.8/2 Koncepcja rozdziału funkcji sterowniczych w jednostce SC

5.9 Statyczny generator mocy biernej STATCOM

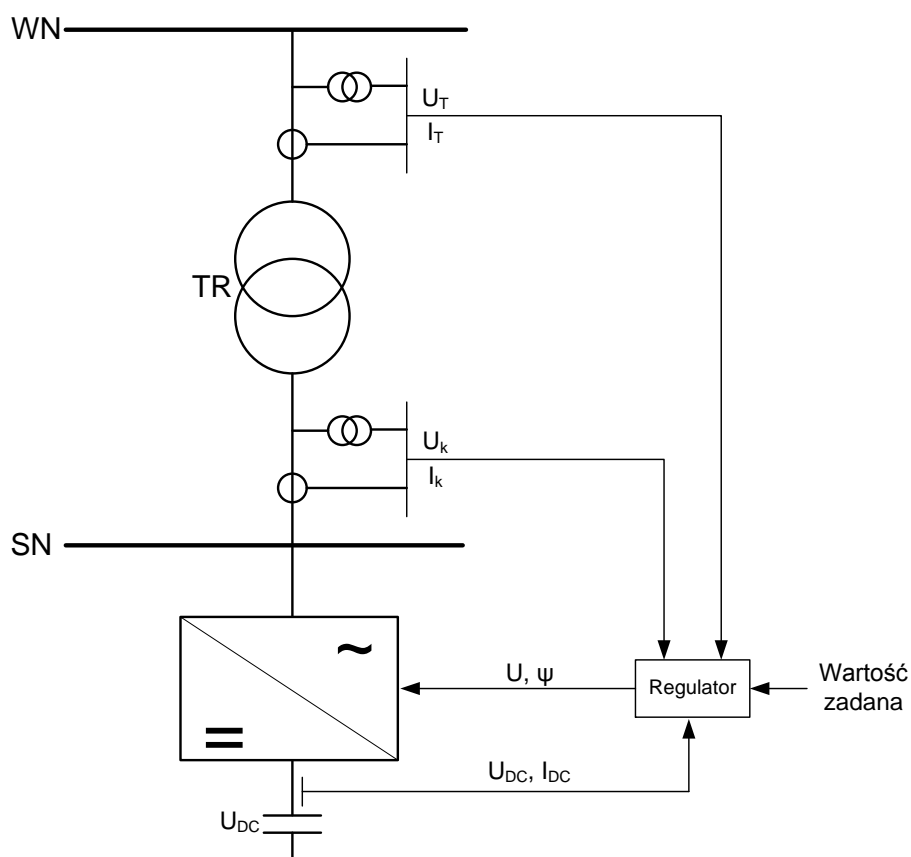
Zawartość dokumentu:

- 5.9.1 CHARAKTERYSTYKA FUNKCJONALNA
- 5.9.2 PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE
- 5.9.3 DODATKOWE WYMAGANIA TECHNICZNE
- 5.9.4 WYMAGANIA POMIAROWE I STEROWNICZE

5.9.1 Charakterystyka funkcjonalna

Zamówienie obejmuje dostawę statycznego generatora mocy biernej STATCOM, do dynamicznej kompensacji mocy biernej. Zasada działania układu polega na wykorzystaniu tranzystorowego przekształtnika energoelektronicznego jako sterowanego źródła prądu przemiennego.

Schemat jednostki funkcjonalnej przedstawia rys. 5.9/1. Jednostkę należy wyposażyć w transformator 400 V / 400 V, a zatem w węzłach oznaczonych jako WN i SN panować będzie napięcie 400 V.



Rys. 5.9/1 Schemat strukturalny układu STATCOM stosowanego w systemie elektroenergetycznym

5.9.2 Podstawowe parametry techniczne

Wymagane są następujące podstawowe właściwości i parametry układu STATCOM:

- napięcie znamionowe: 400 V,
- moc znamionowa: $Q=\pm 50$ kvar,
- regulator: praca według kryterium napięciowego (statyzm), zadanej mocy biernej, zadanego współczynnika $\text{tg}(\varphi)$; wymagana możliwość sterowania zdalnego za pośrednictwem nadrzędnego systemu sterowania i komunikacji.

5.9.3 Dodatkowe wymagania techniczne

- Całe urządzenie w zakresie elementów mocy ma się składać z przekształtnika PWM, baterii kondensatorów oraz transformatora (TR) umożliwiającego pełne wyprowadzenie mocy w wymaganym zakresie pracy,
- układ powinien być widziany od strony systemu jako obciążenie pojemnościowe lub indukcyjne,
- układ ma realizować jako główne następujące kryteria regulacji:
 - kryterium napięciowe – w ramach tego kryterium układ ma utrzymywać wartość napięcia na szynach AC zgodnie zadaną charakterystyką statyczną; równolegle układ ma utrzymywać zadaną wartość napięcia w obwodzie DC; statyzm (nachylenie) tej charakterystyki powinien być nastawiany w zakresie od 0,5% do 10%; wielkości zadawane w regulatorze: napięcie zadane w punkcie przyłączenia po stronie AC, wartość statyzmu, napięcie w obwodzie DC; wielkości mierzone: napięcie AC w punkcie przyłączenia, prąd kompensatora, moc bierna kompensatora, napięcie w obwodzie DC; do regulatora mają być doprowadzone sygnały ze wszystkich układów pomiarowych pokazanych na rysunku w celu pozostawienia możliwości modyfikacji kryteriów sterowania; pomiar w każdej z faz,
 - kryterium współczynnika mocy – w ramach tego kryterium układ ma utrzymywać wartość współczynnika w określonym punkcie sieci w zadanym zakresie; wielkości zadawane w regulatorze: zadana wartość współczynnika mocy oraz dopuszczalne jego odchylenie, lub zakres dopuszczalnych zmian współczynnika (współczynnik minimalny i maksymalny); wielkości mierzone: napięcie w punkcie przyłączenia, prąd kompensatora, moc bierna kompensatora, prąd i moc odbiorów, prąd i moc sumaryczna kompensatora i odbiorów; do regulatora mają być doprowadzone sygnały ze wszystkich układów pomiarowych pokazanych na rysunku 5.9/1 (+ pomiary sumacyjne) w celu zapewnienia możliwości modyfikacji kryteriów sterowania; pomiary powinny być realizowane w każdej z faz.

UWAGA: Powinna być zapewniona możliwość pracy w trybie normalnym (regulacja napięcia lub współczynnika mocy) lub zakłóceniovym (tryb „nic nie rób”). Przejście do drugiego trybu może być konieczne na przykład w przypadku zwarcia w systemie (zmiana napięcia z dużą stromością). Układ sterowania jednostki STATCOM powinien zapewniać możliwość wykrywania zwarć.

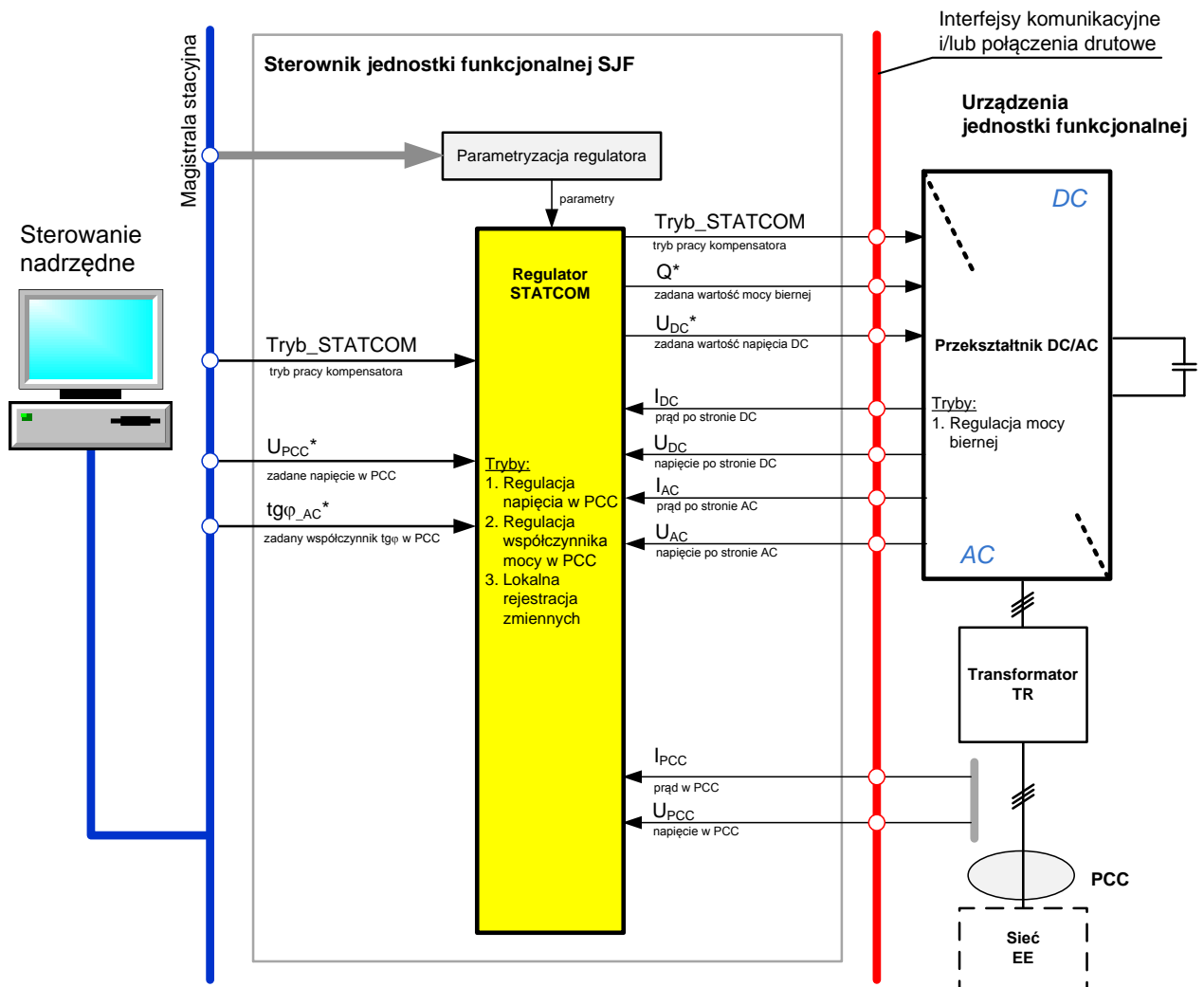
- Algorytm regulacji powinien spełniać następujące warunki:
 - jak najkrótszy czas regulacji – wskazany $0,25\div 0,5$ okresu przebiegu napięcia zasilającego,
 - przeregulowanie $\leq 4\%$,
 - uchyb w stanie ustalonym nie większy niż $\pm 0,5\%$.

5.9.4 Wymagania pomiarowe i sterownicze

Rys. 5.9/2 przedstawia koncepcję rozdziału funkcji sterowniczych w jednostce funkcjonalnej.

Dla nadrzędnego systemu sterowania i komunikacji powinny być dostępne następujące wielkości pomiarowe RMS i chwilowe:

- pomiar po obu stronach transformatora: trzech napięć fazowych i prądów w każdej z faz, mocy czynnej i biernej, wartości współczynnika THD,
- pomiar prądu napięcia i mocy po stronie DC.



Rys. 5.9/2 Koncepcja rozdziału funkcji sterowniczych w jednostce STATCOM

5.10 Statyczny kompensator mocy biernej SVC

Zawartość dokumentu:

5.10.1 CHARAKTERYSTYKA FUNKCJONALNA

5.10.2 PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE

5.10.3 DODATKOWE WYMAGANIA TECHNICZNE

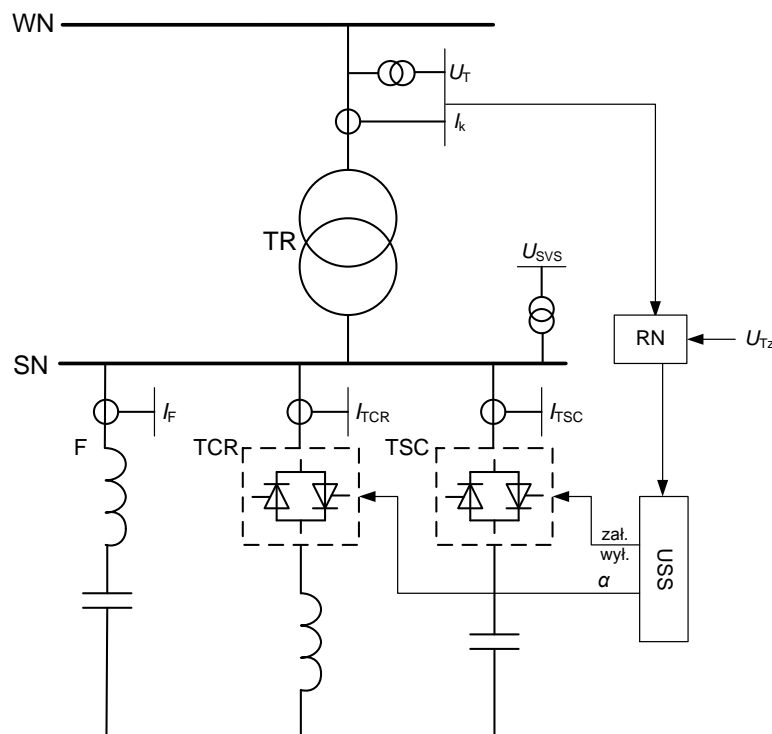
5.10.4 WYMAGANIA POMIAROWE I STEROWNICZE

5.10.1 Charakterystyka funkcjonalna

Zamówienie obejmuje dostawę statycznego kompensatora mocy biernej SVC w układzie hybrydowym obejmującym m.in. dławik regulowany tyrystorowo (TCR), baterie kondensatorów załączanych tyrystorowo (TSC) i filtr pasywny LC (F).

Strukturę układu przedstawiono na rys. 5.10/1.

W laboratorium LINTE² układ SVC wyposażony jest w transformator 400V/400V, a zatem węzły WN i SN reprezentowane są przez napięcie niskie 400 V. Sterowanie układem SVC realizowane jest przez regulator nadrzędny RN oraz układ sterowania susceptancją USS.



Rys. 5.10/1 Schemat strukturalny układu SVC, gdzie: RN – regulator napięcia, USS – układ sterowania susceptancją SVC (układ sterujący załączaniem/wyłączaniem członów TSC oraz regulujący kąt zapłonu tyrystorów TCR).

5.10.2 Podstawowe parametry techniczne

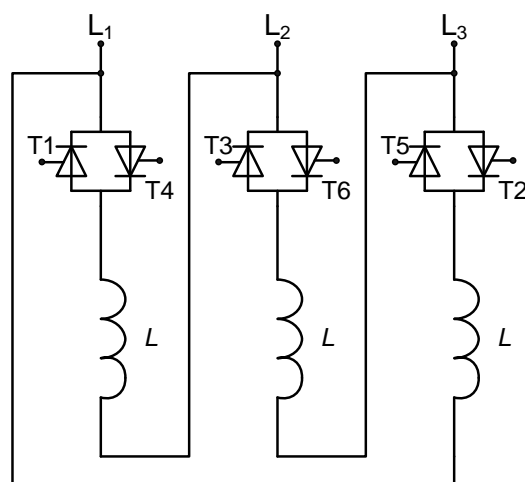
- napięcie znamionowe: 400 V,
- konfiguracja: 3xTSC + 1xTCR+1xF, dostępna moc +50 kvar / -15 kvar,
- moc filtru: 5 kvar,
- moc dławika: 20 kvar ,
- moc pojedynczej baterii: 15 kvar,
- układ połączeń uzwojeń transformatora: Yd,
- moc transformatora: umożliwiająca wyprowadzenie maksymalnej mocy kompensatora,
- regulator napięcia: praca według kryterium napięciowego (statyzm), zadanej mocy biernej, zadanego współczynnika $\text{tg}(\varphi)$; wymagana możliwość sterowania zdalnego za pośrednictwem nadrzędnego systemu sterowania i komunikacji.

5.10.3 Dodatkowe wymagania techniczne

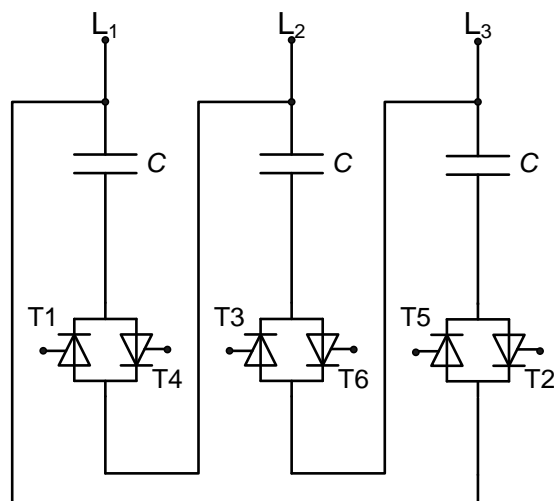
Urządzenie powinno się składać z czterech podstawowych zespołów mocy:

- dławika regulowanego tyrystorowo (TCR) o mocy (indukcyjnej) na poziomie 20 kvar i preferowanej konfiguracji jak na rys. 5.10/2,
- trzech baterii kondensatorów załączanych tyrystorowo (TSC) o mocy pojedynczego członu (pojemnościowej) równej 15 kvar; konfigurację pojedynczego członu TSC przedstawiono rys. 5.10/3. Do obsługi kondensatorów wymagany jest układ ładowania (przygotowanie baterii do załączenia – w układach SVC następuje załączenie kondensatorów wstępnie naładowanych do wartości napięcia równej amplitudzie w chwili, gdy wartość chwilowa napięcia w sieci równa jest napięciu na kondensatorze,
- filtr pasywny LC (F) – wykonany w ten sposób, by stanowił źródło mocy biernej pojemnościowej (przewaga pojemności nad indukcyjnością) o wartości mocy biernej wypadkowej 5 kVar i równocześnie filtrował najbardziej charakterystyczne harmoniczne prądu wprowadzane do układu zasilania przez człon TCR (należy założyć ciągłą pracę filtru – załączenie na stałe, jednakże z możliwością manualnego odłączenia filtru na potrzeby pojedynczych badań, np. analizy pracy bez filtru i oddziaływania układu TCR na system (wymagana jest sygnalizacja takiego stanu),
- transformatora (TR), zapewniającego jak najwierniejsze odtwarzanie struktury dużych kompensatorów SVC; transformator powinien zapewniać możliwość wyprowadzenia pełnej mocy układu.

Obudowy urządzeń mają spełniać wymagania zawarte w p. 2.2.2.



Rys. 5.10/2 Preferowana konfiguracja członu TCR



Rys. 5.10/3 Konfiguracja jednego członu układu TSC

Układ SVC powinien być widziany od strony systemu jako obciążenie pojemnościowe (takie wysterowanie dławików, że przeważa charakter pojemnościowy) lub indukcyjny (takie wysterowanie dławików, że przeważa charakter indukcyjny). W szczególnym przypadku wysterowania dławików może następować pełna wzajemna kompensacja obu członów (indukcyjnego i pojemnościowego); w takim przypadku układ SVC może pobierać tylko niewielką moc czynną z układu zasilania, aby pokryć powstające w nim straty.

Układ powinien umożliwiać pracę w następujących konfiguracjach: F+TCR+3xTSC, F+TCR+2xTSC, F+TCR+TSC, 3xTSC, F+TCR oraz z możliwością wyłączenia filtra F.

Układ powinien realizować sterowanie zgodnie z następującymi kryteriami:

- kryterium napięciowym – w ramach tego kryterium układ ma utrzymywać wartość napięcia na szynach, do których jest przyłączony, zgodnie z zadaną charakterystyką statyczną; statyzm (nachylenie) tej charakterystyki powinien być nastawiany w zakresie 0,5% – 10%; wielkości zadawane w regulatorze: napięcie zadane, wartość statyzmu; wielkości mierzone: napięcie w punkcie przyłączenia, prąd kompensatora, moc bierna kompensatora; do regulatora powinny być doprowadzone sygnały ze wszystkich układów pomiarowych pokazanych na rys. 5.10/1 (w celu zapewnienia możliwości modyfikacji kryteriów sterowania); pomiary powinny być realizowane w każdej z faz,
- kryterium współczynnika mocy – w ramach tego kryterium układ ma utrzymywać wartość współczynnika mocy w określonym punkcie sieci w zadanym zakresie; wielkości zadawane w regulatorze: zadana wartość współczynnika mocy oraz dopuszczalne jego odchylenie, lub zakres dopuszczalnych zmian współczynnika (współczynnik minimalny i maksymalny); wielkości mierzone: napięcie w punkcie przyłączenia, prąd kompensatora, moc bierna kompensatora, prąd i moc odbiorów, prąd i moc sumaryczna kompensatora i odbiorów; do regulatora mają być doprowadzone sygnały ze wszystkich układów pomiarowych pokazanych na rysunku 5.10/1 (+ pomiary sumacyjne) w celu zapewnienia możliwości modyfikacji kryteriów sterowania; pomiary powinny być realizowane w każdej z faz.

UWAGA: Powinna być zapewniona możliwość pracy w trybie normalnym (regulacja napięcia lub współczynnika mocy) lub zakłóceniovym (tryb „nic nie rób”). Przejście do drugiego trybu może być konieczne na przykład w przypadku zwarcia w systemie (zmiana napięcia z dużą stromością). Układ sterowania jednostki SVC powinien zapewniać możliwość wykrywania zwarć.

Algorytm regulacji powinien spełniać następujące warunki:

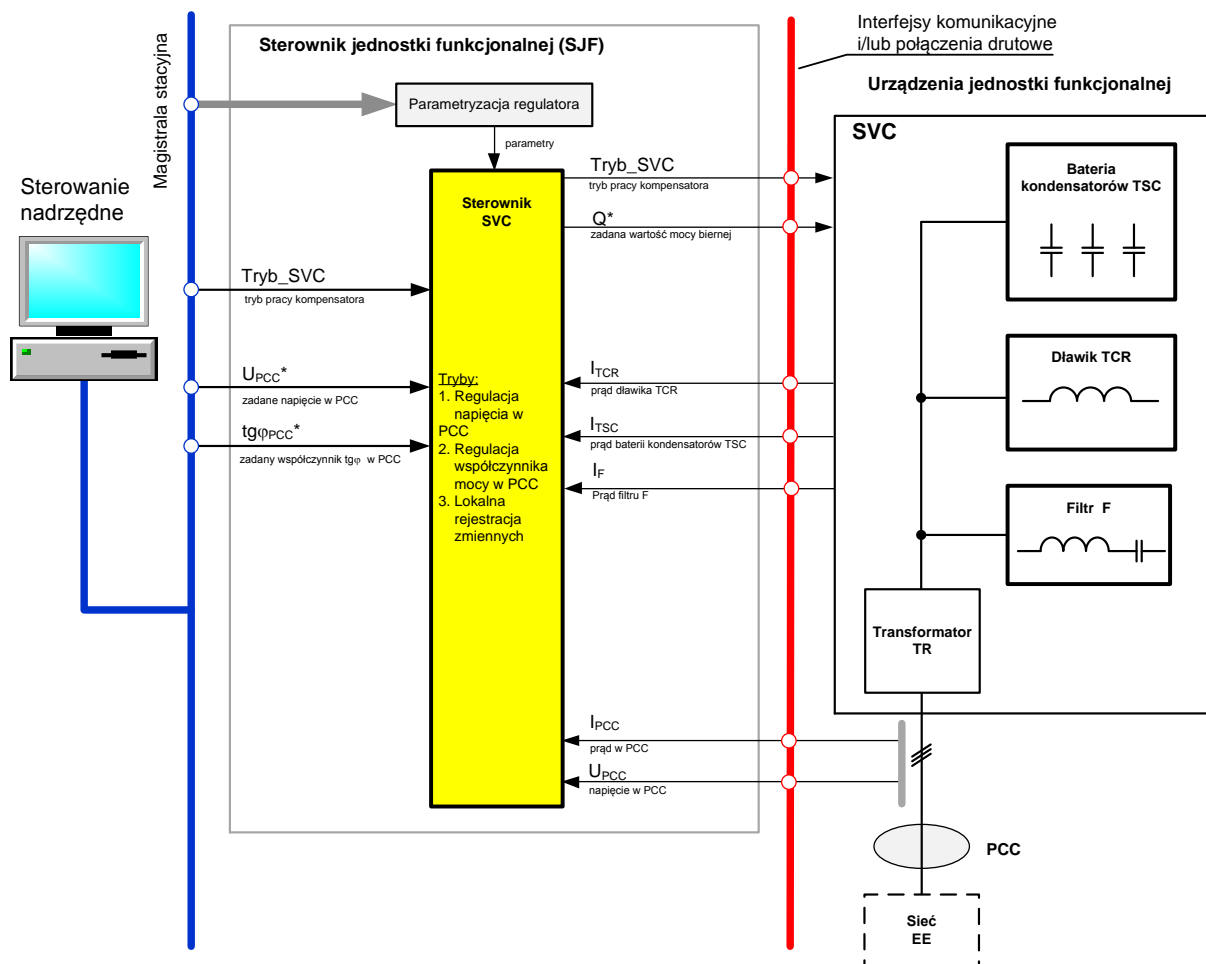
- czas regulacji ok. 5 okresów napięcia sieci,
- przeregulowanie max 4%,
- uchyb w stanie ustalonym nie większy niż $\pm 0,5\%$.

5.10.4 Wymagania pomiarowe i sterownicze

Rys. 5.10/4 przedstawia koncepcję rozdziału funkcji sterowniczych w jednostce funkcjonalnej.

Dla nadrzędnego systemu sterowania i komunikacji powinny być dostępne następujące wielkości pomiarowe RMS i chwilowe:

- pomiar po obu stronach transformatora: trzech napięć fazowych i prądów w każdej z faz, mocy czynnej i biernej, wartości współczynnika THD,
- pomiar prądów i mocy w każdej z faz oraz mocy dla każdego z układów TCR, TSC, F.



Rys. 5.10/4 Koncepcja rozdziału funkcji sterowniczych w jednostce SVC

5.11 Zespolony regulator przepływu mocy UPFC

Zawartość dokumentu:

5.11.1 CHARAKTERYSTYKA FUNKCJONALNA

5.11.2 PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE

5.11.3 DODATKOWE WYMAGANIA TECHNICZNE

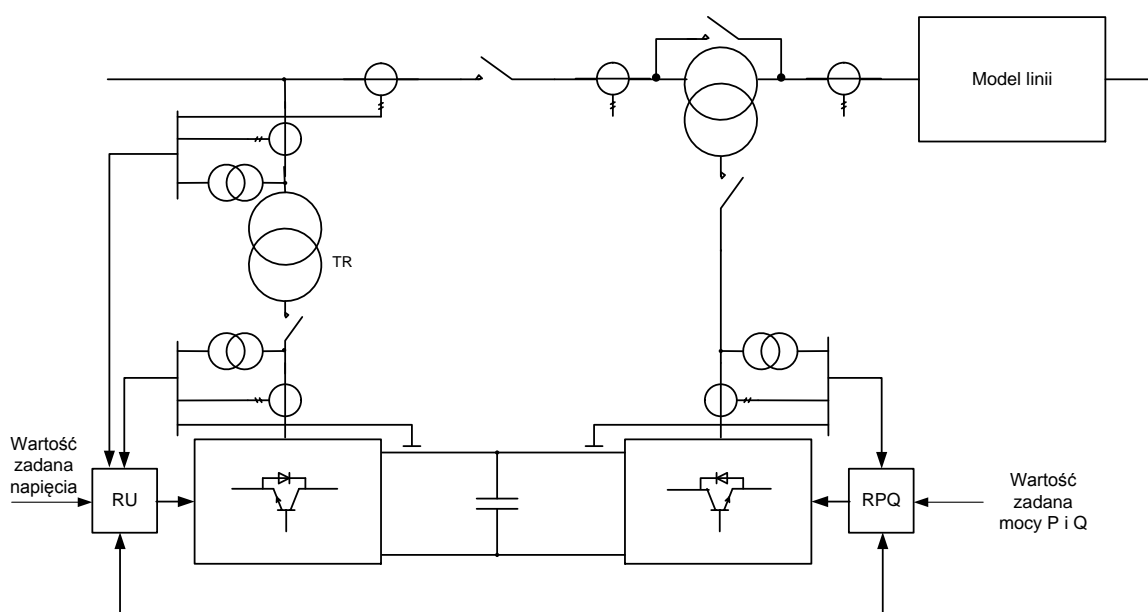
5.11.4 WYMAGANIA POMIAROWE I STEROWNICZE

5.11.1 Charakterystyka funkcjonalna

Zamówienie obejmuje dostawę zespolonego regulatora przepływu mocy UPFC, będącego połączeniem układu UPFC (wraz z transformatorami sprzęgającymi) z modelem linii przesyłowej.

Model linii powinien odzwierciedlać impedancję i admitancję linii rzeczywistej o napięciu 400 kV i długości bazowej 150 km. Podział długości linii powinien być następujący: 0–50%–100%.

Schemat funkcjonalny przedstawiono na rys. 5.11/1.



Rys. 5.11/1 Schemat funkcjonalny UPFC, gdzie RU – regulator napięcia, RPQ – regulator mocy czynnej i biernej

5.11.2 Podstawowe parametry techniczne

- napięcie znamionowe: 400 V,
- moc znamionowa: $P=25$ kW, $Q=\pm 50$ kvar.

5.11.3 Dodatkowe wymagania techniczne

- Kąt dodawanego napięcia powinien zawierać się w granicach 0 – 360 stopni,
- transformator szeregowy powinien być wyposażony w łącznik obejściowy (w celu umożliwienia pracy jednostki wyłącznie jako modelu linii przesyłowej),
- układ zawiera model linii WN o długości 150 km i napięciu 400 kV,
- obciążalność modelu linii: 630 A.

5.11.4 Wymagania pomiarowe i sterownicze

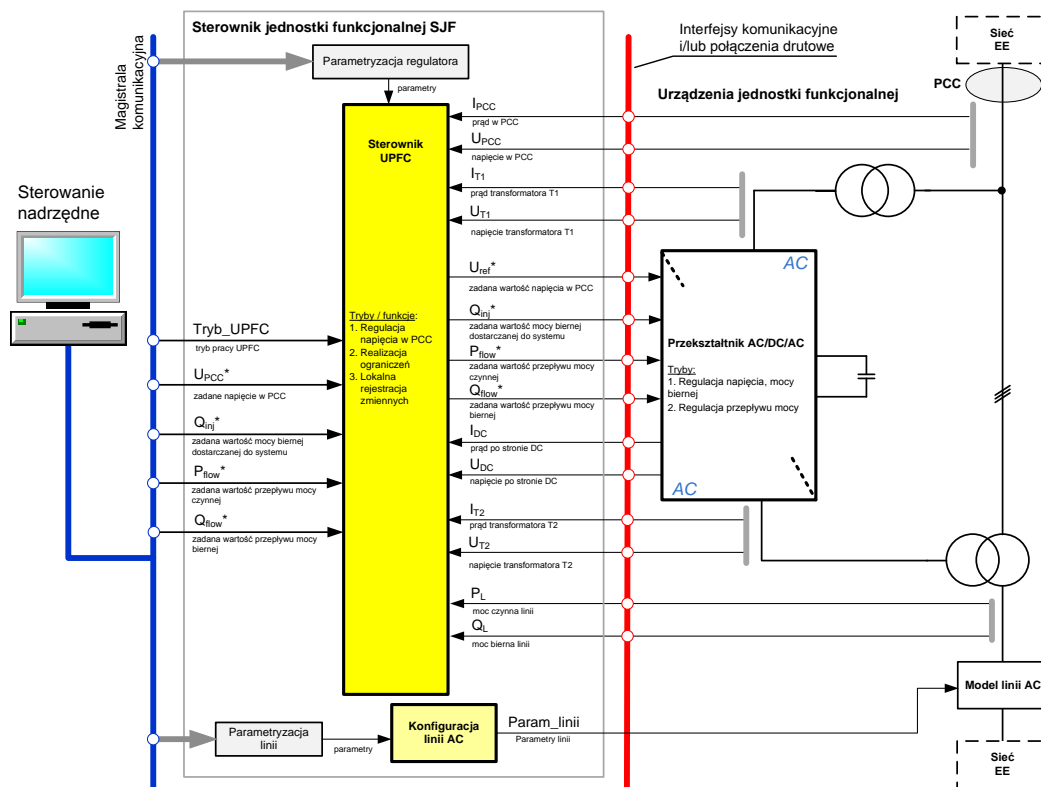
Algorytm sterowania układu UPFC powinien realizować typowe funkcje przewidziane dla tych układów, w szczególności:

- regulacja przepływu mocy czynnej,
- regulacja przepływu mocy bierniej,
- regulacja napięcia.

Rys. 5.11/2 przedstawia koncepcję rozdziału funkcji sterowniczych w jednostce funkcjonalnej.

Dla nadrzędnego systemu sterowanie i komunikacji powinny być dostępne następujące wielkości pomiarowe chwilowe i RMS:

- pomiar po obu stronach linii oraz w miejscu przyłączenia układu: napięć i prądów w każdej z faz, mocy czynnej i bierniej, wartości współczynnika THD; prądy i moce powinny umożliwić określenie wartości dla gałęzi poprzecznej i podłużnych modelu linii,
- pomiar po obu stronach transformatorów (szeregowego i równoległego): trzech napięć fazowych i prądów w każdej z faz, mocy czynnej i bierniej,
- pomiar prądu, napięcia i mocy po stronie DC.



Rys. 5.11/2 Koncepcja rozdziału funkcji sterowniczych w jednostce UPFC

5.12 Układ przesyłowy prądu stałego HVDC

Zawartość dokumentu:

5.12.1 CHARAKTERYSTYKA FUNKCJONALNA

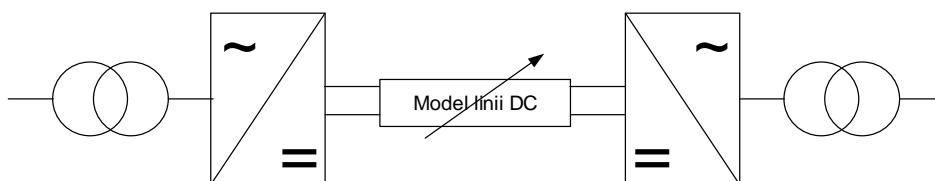
5.12.2 PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE

5.12.3 WYMAGANIA POMIAROWE I STEROWNICZE

5.12.1 Charakterystyka funkcjonalna

Zamówienie obejmuje dostawę układu przesyłowego HVDC zawierającego przekształtniki dwukierunkowe AC/DC (IGBT), transformatory 400 V / 400 V filtry wyższych harmonicznych oraz model linii kablowej DC (o długości bazowej 50km i napięciu ± 30 kV). Układ HVDC ma być wykonany w technologii tranzystorowej VSC (*Voltage-Source Converter*). Schemat poglądowy modelu pokazano na rys. 5.12/1.

Model linii powinien zapewniać możliwość wyboru jednego z trzech wariantów parametrycznych: 0%, 50% i 100% długości bazowej, gdzie 0% oznacza połączenie bezpośrednie (*back-to-back*). Model i parametry linii należy wyznaczyć korzystając z metody częstotliwościowej (frequency-dependent transmission line model).



Rys. 5.12/1 Schemat poglądowy modelu łącza prądu stałego

5.12.2 Podstawowe parametry techniczne

Tablica 5.12/1 Podstawowe parametry techniczne modelu układu przesyłowego HVDC

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Napięcie znamionowe	3x400 V $\pm 10\%$ 50 Hz / 650 V DC
2.	Regulacja przepływu mocy	ciągła w zakresie ± 50 kW
3.	Generacja mocy biernej	± 30 kvar (z obu stron AC)
4.	Dokładność utrzymywania mocy czynnej	do $\pm 0.5\%$ przy różnicy amplitud napięcia wynoszącej do 25%
5.	Temperatura otoczenia, stopień ochrony obudowy i chłodzenie	Według wymagań ogólnych (p. 2.2)

5.12.3 Wymagania pomiarowe i sterownicze

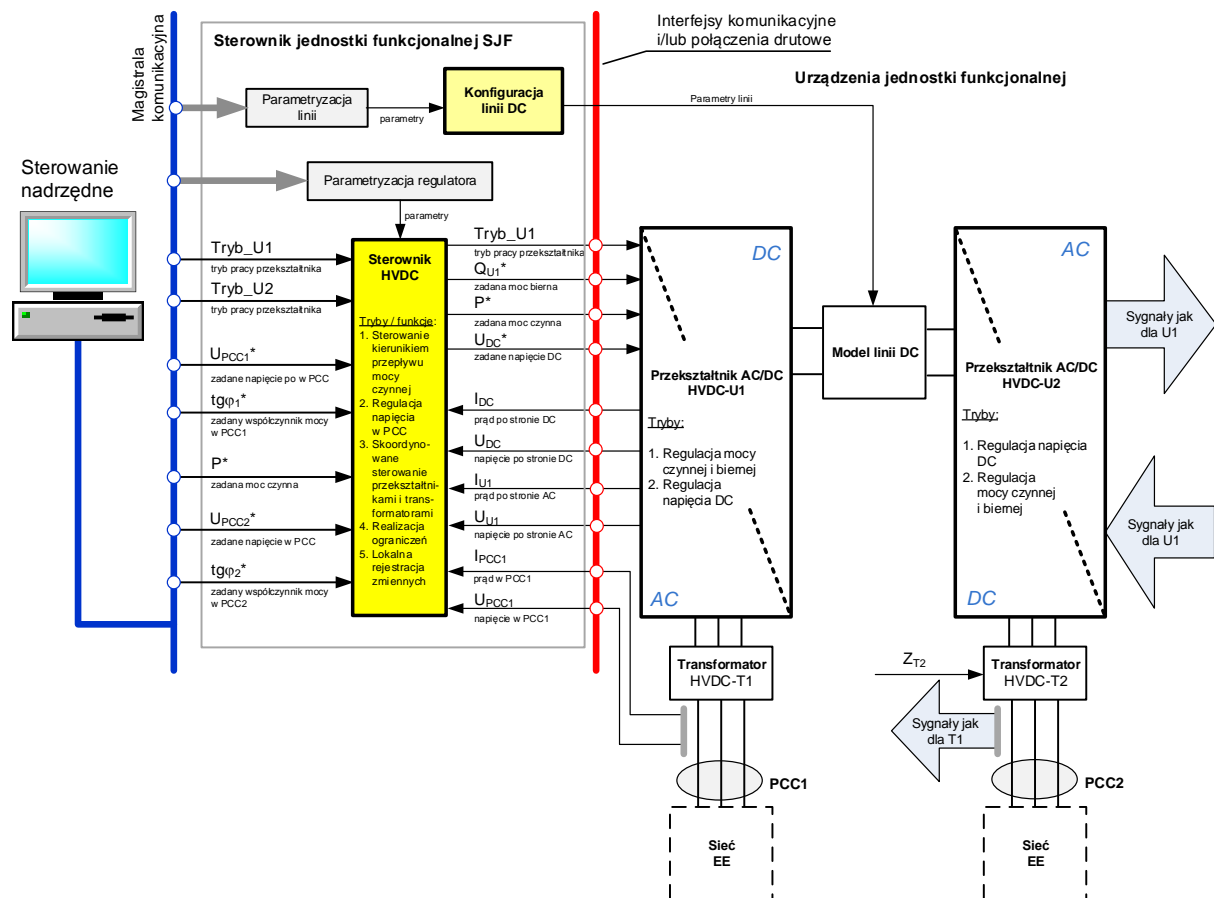
Rys. 5.12/2 przedstawia koncepcję rozdziału funkcji sterowniczych w jednostce funkcjonalnej.

Układ powinien spełniać następujące wymagania dotyczące sterowania:

- układ powinien realizować następujące algorytmy sterowania:
 - regulacja mocy przesyłanej łączem stałoprądowym (kryteria $P=\text{const}$, $P=\text{var}$ – na przykład MPPT farmy wiatrowej),
 - regulacja napięcia po stronie AC,
- wymagania dotyczące algorytmu regulacji:
 - czas regulacji nie dłuższy niż 5 okresów,
 - przeregulowanie max 4%,
 - uchyb w stanie ustalonym nie większy niż $\pm 0,5\%$.

Dla nadrzędnego systemu sterowania i komunikacji powinny być dostępne następujące wielkości pomiarowe chwilowe i RMS:

- możliwość rejestracji napięcia, częstotliwości, szybkości zmian napięcia i częstotliwości, mocy czynnej i biernej z dokładnością i rozdzielczością umożliwiającą analizę stanu pracy łącza zarówno po stronie AC, jak i DC.



Rys. 5.12/2 Koncepcja rozdziału funkcji sterowniczych w jednostce HVDC

5.13 Odbiorniki regulowane LOAD1, LOAD2, LOAD3

Zawartość dokumentu:

5.13.1 CHARAKTERYSTYKA FUNKCJONALNA

5.13.2 PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE

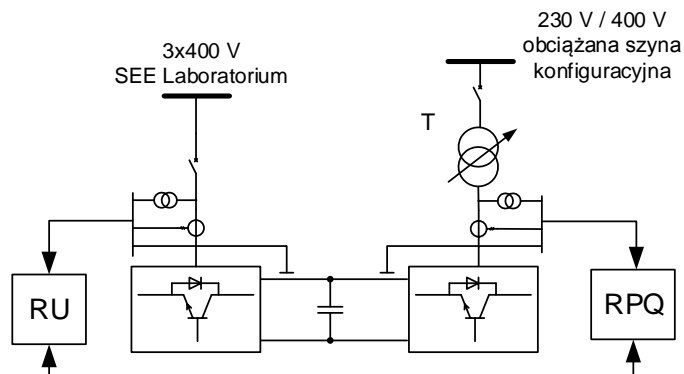
5.13.3 DODATKOWE WYMAGANIA TECHNICZNE

5.13.4 WYMAGANIA POMIAROWE I STEROWNICZE

5.13.1 Charakterystyka funkcjonalna

Zamówienie obejmuje dostawę trzech trójfazowych odbiorników regulowanych LOAD1, LOAD2, LOAD3 do nastawiania / sterowania obciążaniem badanych urządzeń wytwórczych i systemów. Odbiorniki powinny zapewniać zwrot energii do sieci. Od strony SEE odbiorniki tworzą grupę urządzeń o jednostkowym współczynniku mocy. Każdy odbiornik powinien być zbudowany z przetwornika AC/DC/AC oraz transformatora 400 V / 400 V z energoelektronicznym przełącznikiem zaczełów.

Przykładową konfigurację odbiornika przestawiono na rys. 5.13/1.



Rys. 5.13/1 Przykładowa konfiguracja odbiornika regulowanego ze zwrotem energii elektrycznej do sieci

Odbiorniki regulowane powinny być wyposażone w interfejsy komunikacyjne pozwalające na zdalną parametryzację urządzenia, sterowanie, pomiary oraz diagnostykę. Użytkownik powinien mieć możliwość wyboru jednego lub kilku trybów pracy odbioru, w szczególności¹:

- praca odbioru zgodna z charakterystyką podatności napięciowej oraz częstotliwościowej określonej przez użytkownika (podstawowy tryb pracy odbioru)²,
- praca w trybie automatyki SCO według algorytmu użytkownika²,

¹ Rodzaje trybów pracy należy uzgodnić z Zamawiającym na etapie wykonywania projektu instalacji.

² Informacje szczegółowe zawarto w punkcie 7.3: Model odbiorników regulowanych LOAD1, LOAD2, LOAD3.

- praca w trybie zadanej wartości skutecznej prądu,
- praca w trybie poboru zadanej wartości mocy pozornej,
- praca zgodna z zadaną charakterystyką czasową.

5.13.2 Podstawowe parametry techniczne

W tablicach 5.13/1 oraz 5.13/2 zawarto podstawowe dane elektryczne odpowiednio przekształtnika oraz transformatora.

Tablica 5.13/1 Parametry techniczne *przekształtnika AC / DC / AC*

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Moc znamionowa	± 150 kVA, $\cos(\phi)=0..1$, $\sin(\phi)=-1..1$
2.	Napięcie znamionowe wyjściowe	3x400 V 50 Hz
3.	Sprawność	$\geq 80\%$
4.	Napięcie pomocnicze	230 V 50 Hz
5.	Temperatura otoczenia, stopień ochrony obudowy i chłodzenie	zgodnie z wymaganiami ogólnymi (p. 2.2)

Tablica 5.13/2 Parametry techniczne transformatora regulacyjnego odbiornika

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Wykonanie	suchy, żywiczny
2.	Moc znamionowa	dobrana do przekształtnika AC / DC / AC
3.	Napięcie znamionowe pierwotne / wtórne	400 V / 400 V 50 Hz
4.	Przełącznik zaczepów: typ zakres regulacji podobciążeniowej	podobciążeniowy energoelektroniczny, $\pm 10\%/\pm 8st$,
5.	Napięcie pomocnicze	230 V 50 Hz
6.	Temperatura otoczenia, stopień ochrony obudowy i chłodzenie	zgodnie z wymaganiami ogólnymi (p. 2.2)

5.13.3 Dodatkowe wymagania techniczne

Odbiornik powinien zapewnić:

- możliwość niezależnej zmiany mocy czynnej i/lub biernej według zadanej rampy $\Delta P/\Delta t$, $\Delta Q/\Delta t$,
- możliwość płynnej/skokowej zmiany mocy czynnej i/lub biernej (niezależnie), modelującej zakłócenie ΔP i/lub ΔQ (przy czym $So(t=0^-) + \Delta S < S_n$),
- możliwość odciążania układu mocą większą niż zadany poziom zakłócenia, odpowiednio ΔP i ΔQ .

Regulator i przełącznik zaczepów powinny spełniać następujące wymagania dodatkowe:

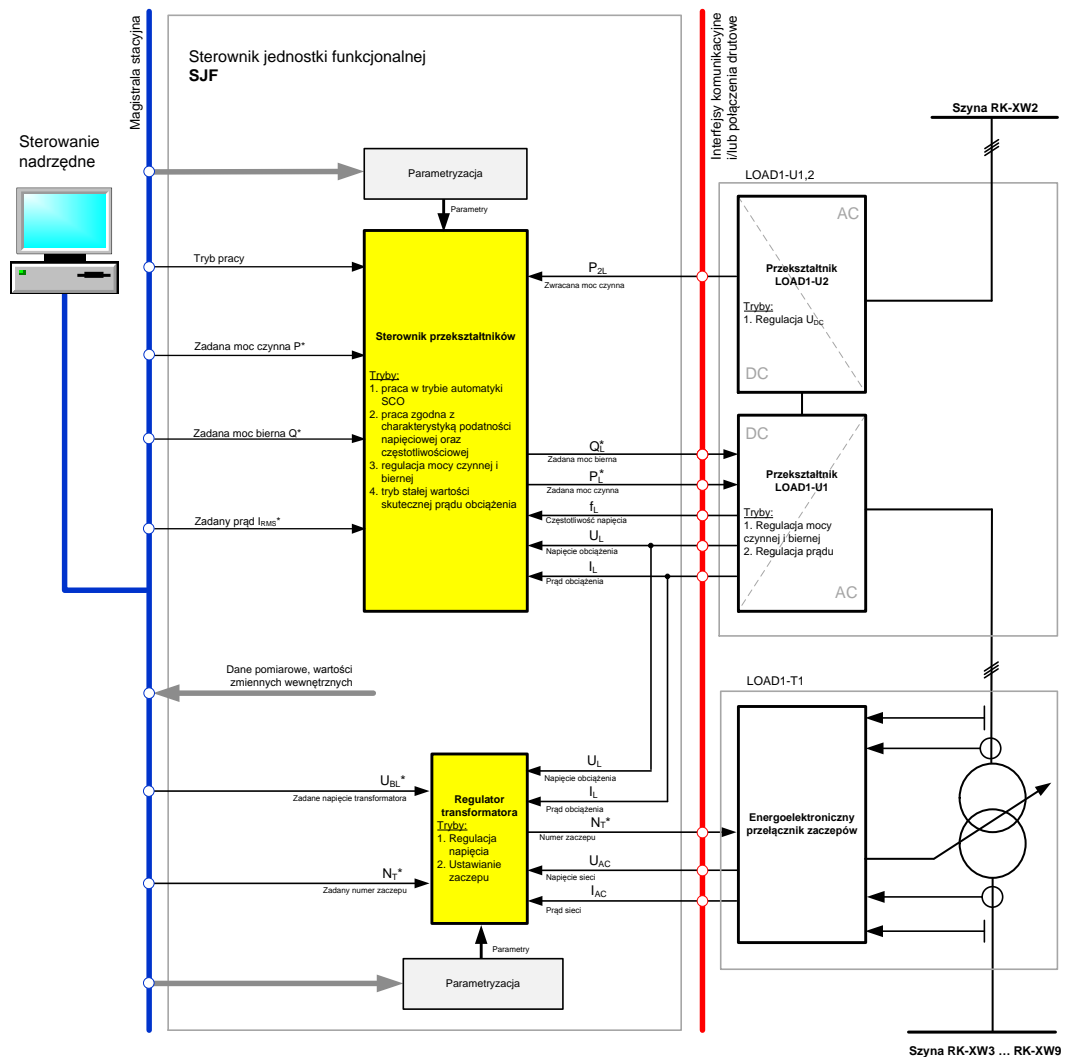
- dane przełącznika zaczepów:
 - liczba zaczepów: dostosowana do transformatora,
 - czas realizacji przełączania między dowolnymi zaczepami: w zakresie 0,5..30 sekund - nastawialny zdalnie i lokalnie,
- blokady regulacji napięcia transformatora
 - podnapięciowa 50% ... 100% U_n ,
 - nadnapięciowa 100% ... 150% U_n ,
 - przeciążeniowa 50% ... 110% S_n ,
 - od skrajnego zaczeptu,

- dane regulacji napięcia transformatora:
 - opóźnienie regulacji: 0s ... 99 minut,
 - typ regulacji automatycznej: opóźnienie regulacji niezależne, zależne, stały zacsep,
- algorytm sterowania powinien umożliwiać sterowanie typu podstawowego:
 - góra/dół – przełączanie o jeden zacsep w górę lub jeden zacsep w dół w pełnym zakresie,
 - skok – zadawanie dowolnego numeru zacsep,
 - automatyczna regulacja napięcia z zadaną strefą nieczułości,
 - identyfikacja numeru zacsep,
 - zliczanie liczby przełączeń zacsepów transformatora wywołanych pracą regulatora w zadanym interwale czasowym.

5.13.4 Wymagania pomiarowe i sterownicze

Rys. 5.13/2 przedstawia ogólną ideę sterowania jednostkami LOAD1, LOAD2 i LOAD3.

Dla systemu sterowania i komunikacji powinny być dostępne następujące wielkości mierzone: napięcia, prądy, moc czynna i bierna (pomiar po obu stronach przekształtnika AC / DC / AC i po stronie prądu stałego) oraz częstotliwość.



Rys. 5.13/2 Koncepcja rozdziału funkcji sterowniczych w jednostkach LOAD1 – LOAD3 (oznaczenia na schemacie dla LOAD1)

5.14 Odbiornik regulowany LOAD4

Zawartość dokumentu:

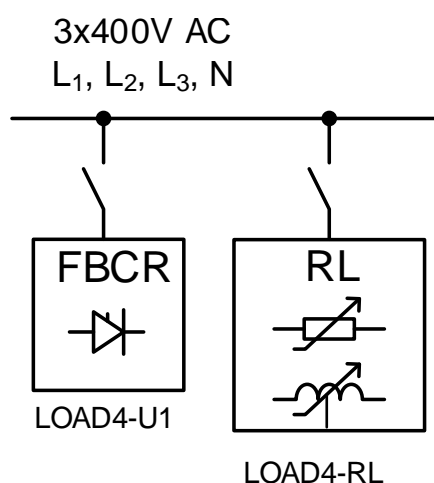
5.14.1 CHARAKTERYSTYKA FUNKCJONALNA

5.14.2 PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE

5.14.1 Charakterystyka funkcjonalna

Zamówienie obejmuje dostawę odbiornika regulowanego LOAD4, zbudowanego z dwóch urządzeń: prostownika tyrystorowego pełnomostkowego FBCR oraz czteroprzewodowego trójfazowego konfigurowalnego obciążenia RL.

Schemat ideowy jednostki LOAD4 przedstawiono na rys. 5.14/1.

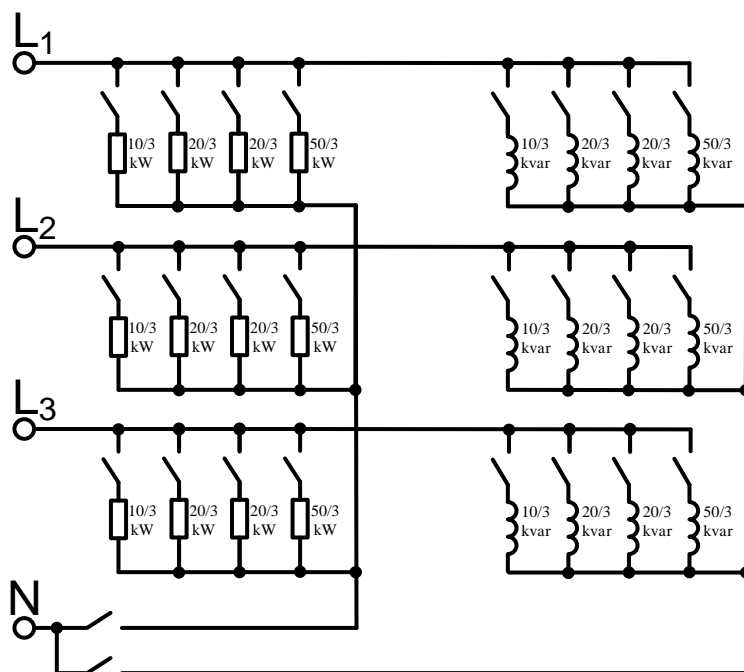


Rys. 5.14/1 Schemat ideowy odbiornika LOAD4

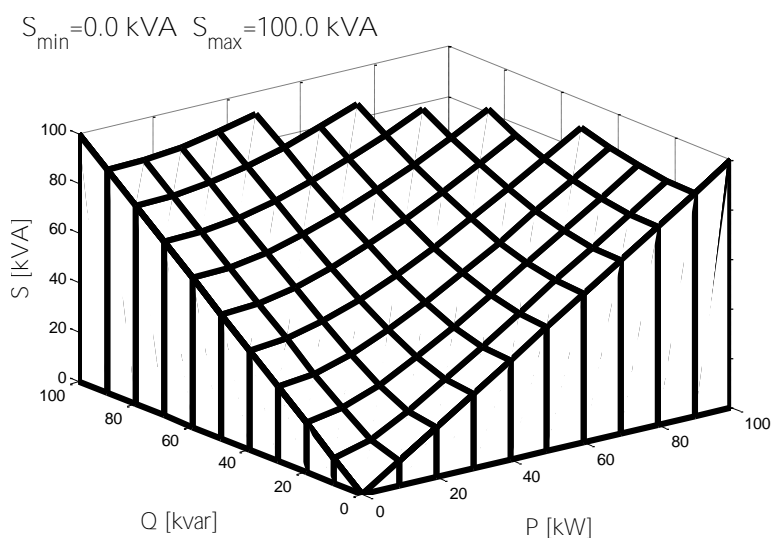
W przypadku tyrystorowego prostownika sterowanego FBCR (układ LOAD4-U1) należy dobrać jeden układ RL zapewniający sterowanie mocą czynną w zakresie 10 – 100 kW za pomocą zmian kąta wyzwalania tyrystorów. Przewodzenie powinno być ciągłe w podanym zakresie sterowania mocą.

W każdej fazie obciążenia liniowego RL (układ LOAD4-RL) należy zastosować 4 sekcje rezystancyjne oraz 4 sekcje indukcyjne. Sekcje rezystancyjne oraz indukcyjne połączone są w sposób równoległy. Schemat ideowy połączeń sekcji przedstawiono na rys 5.14/2.

Należy zapewnić możliwość dowolnego łączenia równoległego sekcji R i L każdej z faz, z zastrzeżeniem ograniczenia mocy pozornej do 100 kVA. Na rys. 5.14/3 przedstawiono obszar mocy symetrycznego obciążenia liniowego RL dla znamionowych warunków zasilania.



Rys. 5.14/2 Schemat ideowy sekcji rezystancyjnej oraz indukcyjnej odbiornika liniowego RL

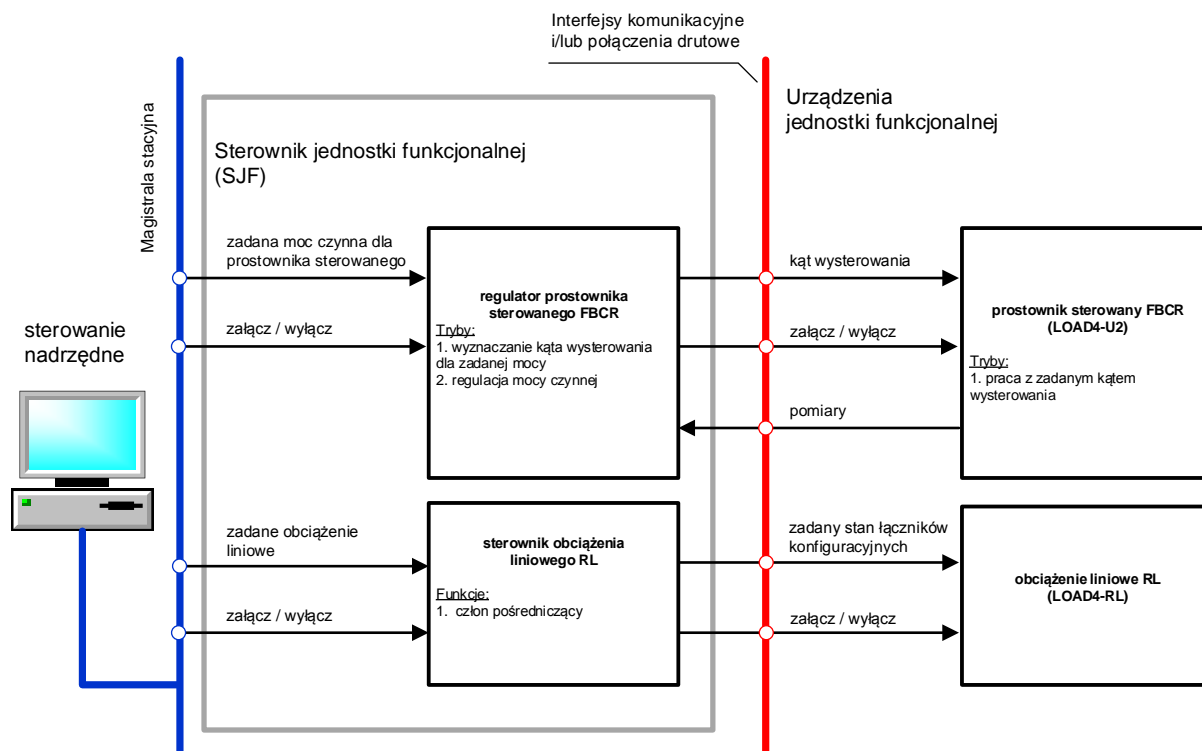


Rys. 5.14/3 Wykres mocy nominalnych obciążenia liniowego RL

Sterowanie odbiornikiem LOAD4 powinno zapewniać realizację następujących czynności:

- przyłączanie poszczególnych jednostek (prostownika sterowanego FBCR, obciążenia liniowego RL) do szyn zbiorczych i ich odłączanie,
- konfigurowanie obciążenia liniowego RL (w tym przyłączenie / odłączenie przewodu neutralnego),
- zadawanie wysterowania prostownika sterowanego FBCR (tj. zadawanie nominalnej mocy obciążenia pobieranej za pośrednictwem prostownika),

Rys. 5.14/4 przedstawia koncepcję rozdziału funkcji sterowniczych w LOAD4.



Rys. 5.14/4 Koncepcja podziału funkcji sterowniczych w LOAD4

5.14.2 Podstawowe parametry techniczne

Wymagane podstawowe parametry techniczne elementów odbiornika regulowanego LOAD4 przedstawiono w tablicach 5.14/1 – 5.14/4.

Tablica 5.14/1 Parametry techniczne rezystora obciążenia RL

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Napięcie znamionowe	3x400 V 50 Hz
2.	Moce poszczególnych sekcji	10 kW, 20 kW, 20 kW, 50 kW
3.	Chłodzenie	powietrzne naturalne lub wymuszone

Tablica 5.14/2 Parametry techniczne indukcyjności obciążenia RL

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Napięcie znamionowe	3x400 V 50Hz
2.	Moce poszczególnych sekcji	10 kvar, 20 kvar, 20 kvar, 50 kvar

Tablica 5.14/4 Parametry prostownika sterowanego FBCR

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Moc znamionowa	100 kW
2.	Napięcie znamionowe	3x400 V 50Hz

5.15 Modele linii przesyłowych LINE1, LINE2, LINE3, LINE4

Zawartość dokumentu:

5.15.1 CHARAKTERYSTYKA FUNKCJONALNA

5.15.2 DODATKOWE WYMAGANIA TECHNICZNE

5.15.3 WYMAGANIA POMIAROWE I STEROWNICZE

5.15.1 Charakterystyka funkcjonalna

Zamówienie obejmuje dostawę czterech przełączanych modeli linii. Modele linii mają odzwierciedlać zachowanie się linii rzeczywistych WN, a więc spadki napięć na impedancjach podłużnych i zachowanie się impedancji poprzecznych (np. stałe czasowe ładowania linii, prądy upływu).

Dla każdego z modeli linii (LINE1 – LINE4) Zamawiający wymaga możliwości odwzorowania następujących pięciu wariantów długości linii:

- trzech wariantów dla linii WN (25%, 50%, 100% długości bazowej),
- dwóch wariantów dla linii SN (50% i 100% długości bazowej).

Dla sieci WN jako bazowe długości linii należy przyjąć odpowiednio:

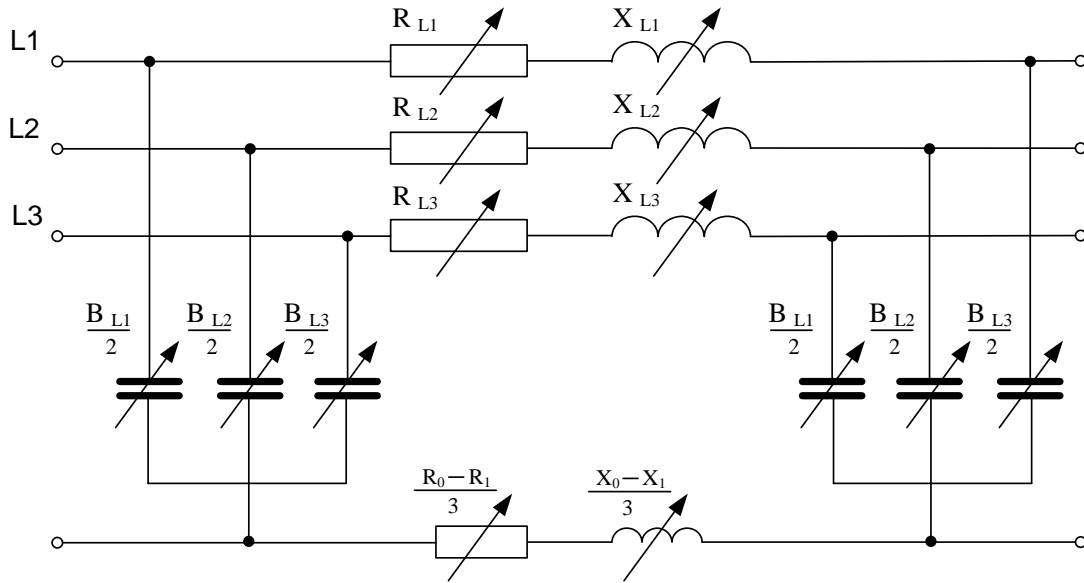
- linia napowietrzna 110 kV – 100 km,
- linia napowietrzna 220 kV – 150 km,
- linia napowietrzna 400 kV – 300 km.

Dla sieci SN należy przyjąć następujące założenia:

- linia napowietrzna o przekroju 70 mm² i długości 10 km,
- linia napowietrzna o przekroju 120 mm² i długości 15 km,
- linia kablowa o przekroju 120 mm² i długości 5 km,
- linia kablowa o przekroju 240 mm² i długości 10km.

Do projektu należy przyjąć typowe konstrukcje wsporcze stosowane dla linii o danym napięciu.

Model trójfazowy linii elektroenergetycznej przedstawiono na rys. 5.15/1.



Rys. 5.15/1 Model trójfazowy linii elektroenergetycznej

5.15.2 Dodatkowe wymagania techniczne

- Przełączanie powinno być realizowane za pomocą łączy stykowych,
- wszystkie parametry linii powinny być przeliczone (przeskalowane) na poziom napięcia 400 V,
- powinna istnieć możliwość uwzględnienia poszczególnych elementów modelu linii (rezystancji, reaktancji, pojemności).

5.15.3 Wymagania pomiarowe i sterownicze

Dla systemu sterowania i komunikacji powinny być dostępne wielkości i parametry eksploatacyjne linii: moc czynna i bierna oraz prądy i napięcia na obu końcach linii oraz w każdej fazie. Prądy i moce powinny umożliwić określenie wartości dla gałęzi poprzecznej i podłużnych modelu linii. Wartości podane jako RMS. Do celów badawczych pomiary powinny być rejestrowane jako wartości chwilowe.

5.16 Stanowiska ładowania pojazdów elektrycznych EVCS

Zawartość dokumentu:

5.16.1 CHARAKTERYSTYKA FUNKCJONALNA

5.16.2 PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE

5.16.3 WYMAGANIA POMIAROWE I STEROWNICZE

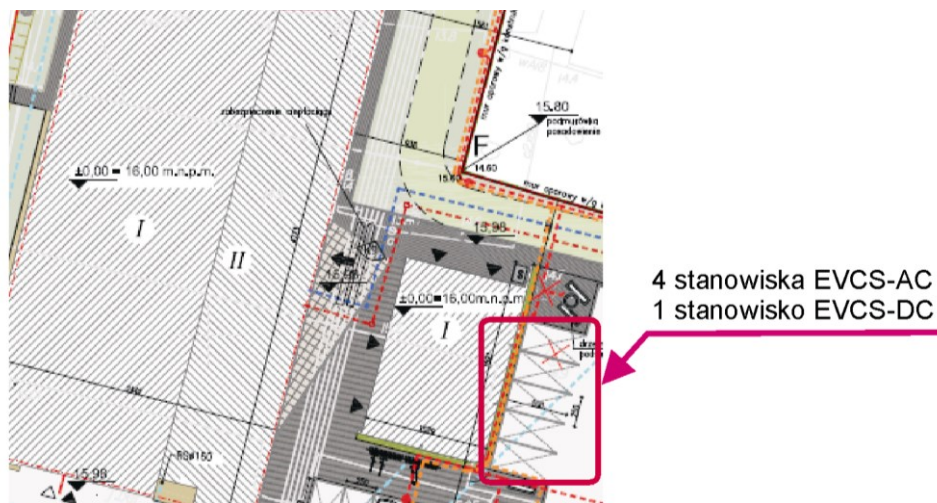
5.16.4 DODATKOWE WYMAGANIA TECHNICZNE

5.16.1 Charakterystyka funkcjonalna

Zamówienie obejmuje dostawę jednostki funkcjonalnej EVCS (*Electric Vehicle Charging Stations*), w skład której wchodzi następujące stanowiska ładowania pojazdów elektrycznych:

- 1 stanowisko ładowania szybkiego EVCS-DC,
- 4 stanowiska ładowania wolnego EVCS-AC,

Stanowiska umożliwią ładowanie baterii pojazdów elektrycznych w miejscach postojowych laboratorium LINTE² zaznaczonych na rys. 5.16/1.

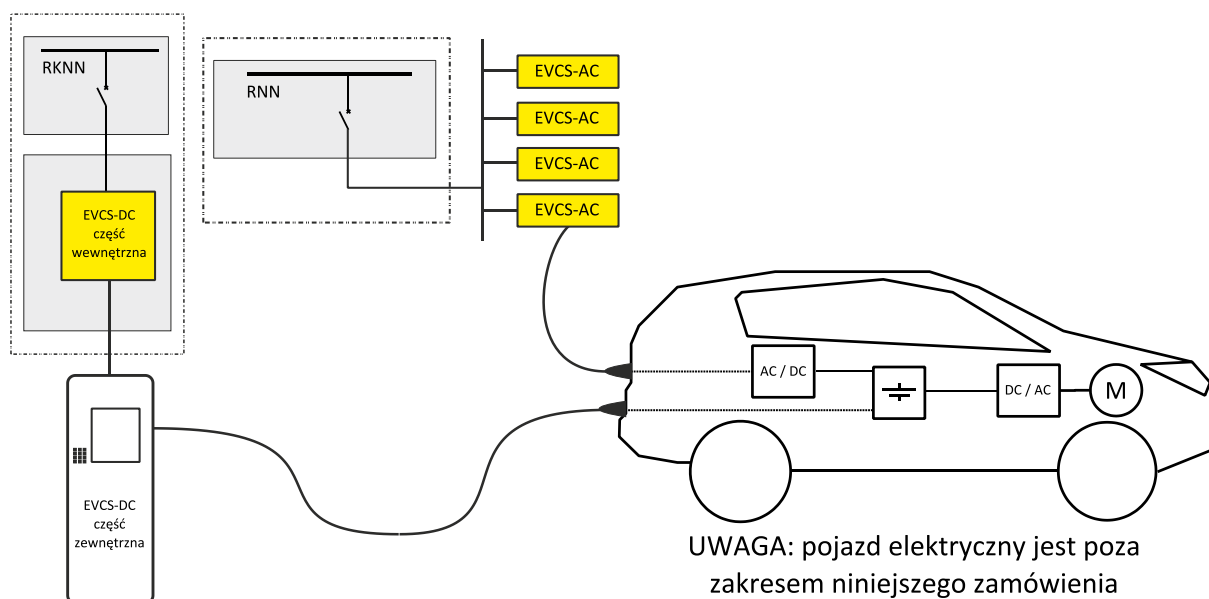


Rys. 5.16/1 Lokalizacja stanowisk ładowania pojazdów elektrycznych

Wyposażenie wewnętrzne stanowiska EVCS-DC należy ulokować na parterze budynku LINTE² w pomieszczeniu nr 0.2a budynku głównego. W przypadku znacznych rozmiarów urządzeń dopuszczalne jest, po uzgodnieniu z Zamawiającym, umieszczenie wewnętrznych elementów stanowiska EVCS-DC w hali laboratorium.

Stanowiska EVCS-AC należy podłączyć do rozdzielni RNN znajdującej się w budynku stacji zasilającej - wyłącznik Q16.

Uproszczony schemat jednostki EVCS przedstawiono na rys. 5.16/2.



Rys. 5.16/2 Ogólna struktura stanowisk ładowania pojazdów elektrycznych

5.16.2 Podstawowe parametry techniczne

Stanowiska EVCS-AC dostarczają zasilanie prądu przemiennego jednofazowego do ładowarki wewnętrznej pojazdu elektrycznego. Podstawowe parametry stanowisk EVCS-AC przedstawiono w tabelicy 5.16/1.

Tablica 5.16/1 Parametry techniczne stanowisk EVCS-AC

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Standard stanowiska	IEC 61851, tryb 3 (Mode 3)
2.	Napięcie na złączu do EV	Przemienne 230 V 50Hz
3.	Obciążalność prądowa	≥ 16 A
4.	Długość kabla do EV	$\geq 3,0$ m
5.	Komunikacja	Połączenie z systemem sterowania i komunikacji laboratorium (monitorowanie energii pobranej przez pojazd, stanu naładowania baterii pojazdu, zdalne załączanie / wyłączenie stanowisk)
6.	Rodzaj pracy	Praca ciągła

Podstawowe parametry EVCS-DC przedstawiono w tabelicy 5.16/2.

Tablica 5.16/2 Parametry techniczne EVCS-DC

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Typ	stacjonarny układ ładujący baterię pojazdu elektrycznego prądem stałym
2.	Standard	CHAdeMO (z certyfikatem CHAdeMO Association)

3.	Parametry wejściowe (parametry elektryczne zasilania EVCS-DC): <ul style="list-style-type: none"> • napięcie zasilania • sprawność • współczynnik mocy przy pełnym obciążeniu 	trójfazowe 400 V, 50 Hz > 90 % > 0,95
4.	Parametry wyjściowe (parametry elektryczne na złączu do EV) <ul style="list-style-type: none"> • moc • napięcie • prąd 	prąd stały ≥ 50 kW zakres nie mniejszy niż od 200 do 500 V ≥ 120 A
5.	Długość kabla do EV	≥ 2,5 m
6.	Komunikacja	połączenie z systemem sterowania i komunikacji laboratorium (monitorowanie energii pobranej przez pojazd, stanu naładowania baterii pojazdu, zdalne załączanie / wyłączenie stanowisk)
7.	Maksymalna liczba ładowań w ciągu doby (maksymalną mocą)	≥ 12
8.	Czas uruchomienia, podłączenia i rozłączenia	≤ 3 min

5.16.3 Wymagania pomiarowe i sterownicze

Stanowiska EVCS-AC oraz EVCS-DC powinny być połączone z systemem sterowania i komunikacji laboratorium LINTE². Połączenie powinno umożliwiać kontrolę dostępu oraz monitorowanie energii pobranej przez pojazd i stanu naładowania baterii pojazdu oraz zdalne załączanie i wyłączenie stanowisk.

5.16.4 Dodatkowe wymagania techniczne

1. Szczegółowe rozmieszczenie punktów ładowania należy uzgodnić z Zamawiającym.
2. Sposób posadowienia uzgodnić z Zamawiającym.
3. Estetyka zewnętrznych elementów EVCS powinna być uzgodniona z Zamawiającym.

5.17 Falownik sprzęgający CINV

Zawartość dokumentu:

5.17.1 CHARAKTERYSTYKA FUNKCJONALNA

5.17.2 WYMAGANIA TECHNICZNE

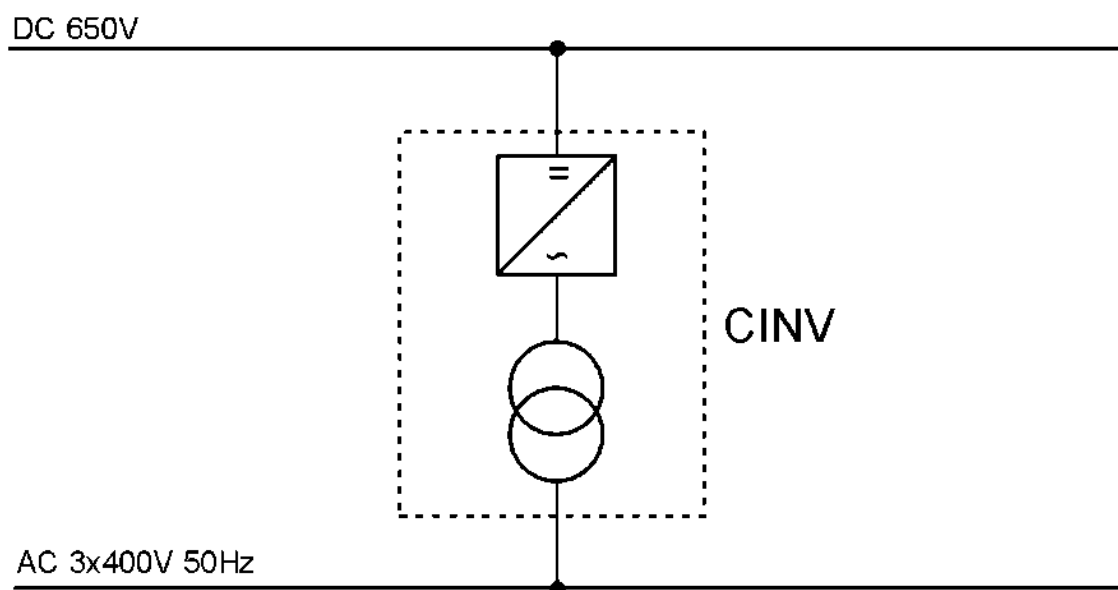
5.17.3 WYMAGANIA POMIAROWE I STEROWNICZE

5.17.4 WYMAGANIA BUDOWLANE I MONTAŻOWE

5.17.1 Charakterystyka funkcjonalna

Zamówienie obejmuje dostawę falownika sprzęgającego CINV, który składa się z dwukierunkowego przekształtnika energoelektronicznego oraz transformatora. Zadaniem urządzenia jest sprzęganie szyn DC i AC. Falownik CINV może być też wykorzystywany w różnych konfiguracjach badawczych zgodnie z jego parametrami elektrycznymi.

Ogólna struktura falownika CINV przedstawiona została na rys. 5.17/1.



Rys. 5.17/1 Ogólna struktura falownika sprzęgającego CINV

5.17.2 Wymagania techniczne

Parametry dwukierunkowego falownika CINV wykonanego w technologii tranzystorowej IGBT przedstawiono w tabelicy 5.17/2.

Tablica 5.17/2 Parametry techniczne falownika CINV

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Moc znamionowa (strony AC)	≥50 kVA
2.	Napięcie strony DC	600 – 650 V
3.	Napięcie strony AC	3x400 V 50Hz
4.	Sprawność	> 95%
5.	Współczynnik mocy $\cos\varphi$	1
6.	Chłodzenie i stopień ochrony obudowy	zgodnie z wymaganiami ogólnymi (p. 2.2)

Przekształtnik ma być wyposażony w odpowiednie zabezpieczenia po stronie AC i DC.

5.17.3 Wymagania pomiarowe i sterownicze

Dostarczony algorytm sterowania ma mieć możliwość pracy w trybach:

- regulacji częstotliwości i napięcia AC (tryb pracy autonomicznej, *stand alone*),
- regulacji mocy czynnej przy $\cos\varphi = 1$ (tryb pracy synchronicznej, *grid connect*).

5.17.4 Wymagania budowlane i montażowe

Urządzenie ma być umieszczone w hali laboratorium.

6 Projekty użytkowe

W niniejszym rozdziale przedstawiono dwa główne projekty użytkowe, wymagane do uruchomienia w ramach dostawy systemu sterowania i komunikacji, omówionego w rozdz. 2.1. Oprócz projektów użytkowych opisanych poniżej, Zamawiający wymaga jeszcze uruchomienia projektu użytkowego realizującego schemat jednokreskowy całej instalacji badawczej.

Zamówienie obejmuje również przeprowadzenie instruktażu praktycznego pracowników Zamawiającego i świadczenie im pomocy technicznej w zakresie uruchamiania dostarczonych projektów użytkowych oraz tworzenia nowych projektów, zgodnie z zapisami zawartymi w punkcie 2.2.3.

6.1 Scenariusz odbiorowy

6.2 System BMS

6.1 Scenariusz odbiorowy

Pod pojęciem *konfiguracji badawczej* rozumie się układ urządzeń i jednostek funkcjonalnych połączonych w zdefiniowany obwód elektryczny. Połączenia obwodów siłowych konfiguracji badawczych wraz z ich zabezpieczeniami mają być realizowane za pomocą rozdzielnic konfiguracyjnej. Połączenia sterowników jednostek funkcjonalnych z odpowiednimi sterownikami mają być realizowane przez magistralę komunikacyjną laboratorium LINTE².

Pod pojęciem *scenariusza badawczego* rozumie się konfigurację badawczą wraz z harmonogramem zdarzeń wymuszanych przez odpowiednie sygnały sterujące (np. zmiany wartości zadanych mocy generowanych, zmiany obciążeń, zmiany parametrów regulatorów, rekonfiguracja obwodu siłowego itp.). Scenariusz badawczy może być realizowany automatycznie (bez udziału operatora), ręcznie lub w sposób mieszany.

W zakres zamówienia wchodzi przygotowanie i uruchomienie jednego złożonego scenariusza badawczego nazywanego *scenariuszem odbiorowym*. Będzie on ważnym elementem odbioru całej instalacji badawczej laboratorium i w związku z tym powinien umożliwiać weryfikację następujących możliwości instalacji:

- możliwości komutacyjnych (zdolność do zestawienia obwodów siłowych),
- możliwości „siłowych” (obciążalność, możliwości generacji, itd.),
- możliwości w zakresie komunikacji i sterowania (w szczególności możliwości realizacji automatycznych harmonogramów pracy),
- możliwości wizualizacyjnych.

Odbiór scenariusza odbiorowego będzie poprzedzony odbiorami poszczególnych urządzeń i jednostek funkcjonalnych (również tych, które nie uczestniczą w scenariuszu odbiorowym). Zamawiający wymaga, aby wszystkie urządzenia i jednostki funkcjonalne miały opracowane indywidualne procedury automatycznego rozruchu i osiągnięcia gotowości do pracy.

Schemat układu, dla którego ma być opracowany scenariusz odbiorowy przedstawiono na rys. 6.1/1 (układ ten będzie nazywany *konfiguracją odbiorową*).

Konfiguracja odbiorowa stanowi przykład konfiguracji umożliwiającej modelowanie i badanie zjawisk w układach elektroenergetycznych sieci przesyłowych. Szczegółowy harmonogram zdarzeń składających się na scenariusz odbiorowy zostanie zdefiniowany we współpracy z Wykonawcą na etapie projektowania instalacji badawczej. W ramach realizacji scenariusza odbiorowego przewiduje się między innymi:

- automatyczny rozruch wszystkich jednostek do zadanego stanu ustalonego,
- automatyczne zadawanie skokowych i liniowych zmian wybranych wielkości,
- (po zakończeniu części realizowanej automatycznie) możliwość ręcznego wprowadzania zmian wartości zadanych ze stanowiska operatorskiego (za pomocą odpowiedniego interfejsu graficznego),
- zakończenie scenariusza (automatycznie realizowana sekwencja czynności uruchamiana poleceniem operatora).

Szczegółowa definicja scenariusza odbiorowego będzie obejmować również wskazanie zmiennych podlegających pomiarowi, wizualizacji i rejestracji.

6.2 System BMS

Oprócz doraźnego nadzoru nad przebiegiem eksperymentów badawczych, laboratorium LINTE² będzie wymagać stałego nadzoru nad pracą podsystemu zasilania budynku, różnych instalacji pomocniczych (sanitarnych) oraz niektórych urządzeń instalacji badawczej, które mogą pracować nie tylko w powiązaniu z eksperymentami badawczymi, ale również autonomicznie (elektrownia słoneczna¹, zasobniki energii, stanowiska ładowania pojazdu elektrycznego). W związku z tym obok projektu użytkowego realizującego scenariusz odbiorowy wymaga się również opracowania i dostarczenia specjalnego projektu użytkowego SCADA służącego do ciągłego zarządzania i nadzoru nad tymi podsystemami i urządzeniami. Z uwagi na charakter tej aplikacji będzie ona określana dalej jako *system BMS (building management system)*.

System BMS powinien w szczególności zapewniać raportowanie, wizualizację i archiwizowanie sygnałów oraz mierzonych wielkości. Wymagane jest ponadto realizowanie telesterowań z systemu SCADA oraz obsługa sytuacji alarmowych (w szczególności powiadamianie obsługi laboratorium o zaistniałych sytuacjach awaryjnych w sposób zapewniający przekazanie komunikatu nawet podczas nieobecności obsługi w budynku laboratorium).

System BMS powinien obsługiwać układy:

Tablica 6.2/1 Zestawienie układów nadzorowanych przez system BMS

Nadzorowany układ	Główne sygnały i telesterowania	Rodzaje urządzeń	Lokalizacja urządzeń	Możliwości wykonania okablowania
Zasilanie w energię elektryczną	Odwzorowanie stanu pracy podstawowych urządzeń elektrycznych: T1, T2, RSN, RNN, UPS1, SZR1, SZR2. Telesterowania łącznikami w RSN i RNN	Wszystkie urządzenia podłączone do lokalnego systemu sterowania i komunikacji za pomocą protokołów IEC 61850 lub Modbus TCP/IP	0.14, 0.16, 0.17, 0.18, 0.19	Możliwość podłączenia do systemu sterowania i komunikacji za pomocą istniejącego okablowania
	Zużycie energii elektrycznej z zainstalowanych liczników (2 szt.)	Elster A1500 ²	0.16	Możliwość włączenia do sieci Ethernet w odległości ok. 2 m

¹ Urządzenie nie wchodzi w zakres niniejszego zamówienia

² Wymagane doposażenie w konwerter z interfejsu RS485 na Ethernet.

	Zużycie energii na potrzeby instalacji badawczej i potrzeby ogólnobudynkowe laboratorium z rejestratorów (3 szt.)	Schneider Electric PowerLogic ION7650 ³	0.19	Możliwość podłączenia do systemu sterowania i komunikacji za pomocą istniejącego okablowania
	Zasilanie gwarantowane laboratorium, stan pracy zasilacza UPS2, poziom naładowania baterii	UPS Multi Sentry	0.14	Możliwość podłączenia do systemu sterowania i komunikacji za pomocą istniejącego okablowania
	Odwzorowanie stanu pracy agregatów DG1 i DG2, odwzorowanie istotnych parametrów pracy urządzeń, telesterowanie łącznikami i agregatami	Dostawa w ramach niniejszego zamówienia	0.13	Możliwość przyłączenia do sieci Ethernet w pomieszczeniu generatorów
	Bilans mocy i energii elektrycznej uwzględniający dostawę, wytwarzanie, gromadzenie w zasobnikach i zużycie na potrzeby własne	Całość systemu zasilania w energię elektryczną	j.w.	j.w.
Zasilanie w gaz ziemny	Alarmy z systemu wykrywania metanu (2 szt.) oraz odwzorowanie stanu pracy i telesterowania elektrozaworów (4 szt.)	Moduł alarmowy GAZEX MD-2.Z ⁴ i zawory odcinające Flama Gaz ZB-50	0.13/0.20, 2.3	Możliwość podłączenia do systemu sterowania i komunikacji za pomocą istniejącego okablowania
	Zużycie gazu z zainstalowanych gazomierzy (2 szt.)	Gazomierz 2G25L + rejestrator MacR2 + interfejs komunikacyjny INT-S II	skrzynki gazowe na zewnątrz budynku, 0.12	Możliwość podłączenia do systemu sterowania i komunikacji za pomocą istniejącego okablowania

³ Urządzenia są podłączone do lokalnego systemu sterowania i komunikacji za pomocą protokołu Modbus TCP/IP.

⁴ Urządzenie posiada wyjścia stykowe i napięciowe 12V=. Wymagane doposażenie w sterowniku z modułem komunikacyjnym.

	Kaloryczność gazu z chromatografów ⁵ (2 szt.)	Brak danych ⁶	0.13/0.20, 2.3	Niewymagane dodatkowe okablowanie oraz interfejsy komunikacyjne w ramach niniejszego zamówienia
Zasilanie w ciepło	Odwzorowanie stanu pracy i telesterowania urządzeń w układzie ciepła technologicznego (mikroturbina, kogenerator gazowy ⁵ , chłodnia wentylatorowa ⁵)	Sterownik Xenta 283	0.8, 0.13/0.20, 2.3	Możliwość podłączenia do systemu sterowania i komunikacji za pomocą istniejącego okablowania
	Ilość ciepła i energii elektrycznej wytwarzanej w skojarzeniu (mikroturbina, kogenerator gazowy)	Dostawa w ramach niniejszego zamówienia (nie dotyczy kogeneratora ⁶)	0.13/0.20, 2.3	Możliwość włączenia do sieci Ethernet w odległości w odległości ok. 3 m
	Pomiary z czujników temperatury i ciśnienia (10 szt.) oraz stan pracy pomp obiegowych (5 szt.) i zaworów (3 szt.)	Centrala R1 sterująca pracą instalacji ciepłowniczej	0.9	Możliwość włączenia do sieci Ethernet w odległości w odległości ok. 3 m
	Zużycie ciepła z zainstalowanych ciepłomierzy (5 szt.)	Centrala M-Bus zbierająca dane z przeliczników ciepłomierzy ⁷	0.9	Możliwość włączenia do gniazd Ethernet w odległości w odległości ok. 4 m
	Bilans mocy i energii cieplnej uwzględniający dostawę, wytwarzanie gromadzenie w zasobnikach i zużycie na potrzeby własne	Całość systemu zasilania w energię cieplną	j.w.	j.w.

⁵ Urządzenie nie wchodzi w zakres niniejszego zamówienia

⁶ Należy zarezerwować możliwość wprowadzenia sygnałów do systemu sterowania i komunikacji w razie zainstalowania urządzenia w przyszłości.

⁷ Wymagane doposażenie w konwerter z interfejsu RS232 na Ethernet.

System wentylacji i klimatyzacji	Odwzorowanie stanu pracy, telesterowania, pomiary i alarmy z systemu central wentylacyjno-klimatyzacyjnych (3 szt.)	Regulator Siemens RMU7 + konwerter KNX do TCP/IP	2.1	Możliwość podłączenia do systemu sterowania i komunikacji za pomocą istniejącego okablowania
	Zużycie ciepła w systemie central wentylacyjno-klimatyzacyjnych	j.w.	j.w.	j.w.
	Odwzorowanie stanu pracy, pomiary i alarmy z systemu dodatkowej wentylacji stacji zasilającej (3 kłapy zwrotne, 7 wentylatorów, 6 czujek pomiarowych)	Sterownik WAGO MR + konwerter Modbus TCP/IP	0.14	Możliwość podłączenia do systemu sterowania i komunikacji za pomocą istniejącego okablowania
Elektrownie słoneczne ⁸	Moc chwilowa generowana w obu elektrowniach słonecznych	-	Dach	Wymagane dodatkowe okablowanie
	Całkowita produkcja energii z obu elektrowni słonecznych od początku pracy	-	j.w.	j.w.
	Stan pracy i pozycja układów nadążnych	-	j.w.	j.w.
	Pomiary ze stacji pogodowych (2 szt.)	-	j.w.	j.w.
Zasobniki energii	Akumulatorowy zasobnik energii ⁸ : stan naładowania, dostępna energia, odwzorowanie stanu pracy, telesterowania z systemu do automatycznego ładowania/rozładowania konserwującego baterię akumulatorów, kontrola poprawności pracy urządzenia.	-	0.14	Możliwość podłączenia do systemu sterowania i komunikacji za pomocą istniejącego okablowania

⁸ Urządzenia nie wchodzą w zakres niniejszego zamówienia, należy zarezerwować możliwość wprowadzenia sygnałów do systemu sterowania i komunikacji w razie zainstalowania urządzeń w przyszłości.

	Dynamiczny system magazynowania energii w kołach zamachowych: stan naładowania, dostępna energia, telesterowania i kontrola poprawności pracy urządzenia	-	Hala	Wymagane dodatkowe okablowanie
	Superkondensatorowy zasobnik energii stan naładowania, dostępną energią, telesterowania i kontrola poprawności pracy urządzenia	-	Hala	Wymagane dodatkowe okablowanie
Stanowiska ładowania pojazdów elektrycznych	Telesterowania włącz/wyłącz poszczególnych stanowisk ładowania	Dostawa w ramach niniejszego zamówienia	0.2a, teren na zewnątrz budynku	Wymagane dodatkowe okablowanie
	Moc chwilowa odbierana z poszczególnych stanowisk ładowania	j.w.	j.w.	j.w.
	Całkowita energia elektryczna pobrana ze wszystkich stanowisk ładowania od początku pracy	j.w.	j.w.	j.w.

UWAGA: Okablowanie niezbędne do komunikacji nadzorowanych układów z systemem BMS zostało wykonane w ramach zrealizowanego wcześniejszego zamówienia na roboty budowlane (nie dotyczy to jednostek funkcjonalnych wchodzących w skład instalacji badawczej). Nie zwalnia to jednak Wykonawcy z obowiązku wykonania dodatkowych połączeń oraz zainstalowania niezbędnych konwerterów komunikacyjnych, gdyby okazało się to niezbędne do wykonania systemu BMS.

7 Załączniki

- 7.1 Algorytmy regulacji i modele elementów turbozespołów TG1 i TG2
- 7.2 Algorytmy regulacji i modele turbiny wiatrowej dla WG1 i WG2
- 7.3 Model odbiorników regulowanych LOAD1, LOAD2, LOAD3
- 7.4 Wybrane rysunki budowlane laboratorium
- 7.5 Schematy instalacji elektrycznej laboratorium
- 7.6 Wymagania dotyczące wyposażenia sterowni i serwerowni w sprzęt komputerowy

7.1 Algorytmy regulacji i modele elementów turbozespołów TG1 i TG2

Zawartość dokumentu:

7.1.1 WSTĘP

7.1.2 GENERATOR WRAZ Z UKŁADEM WZBUDZENIA

7.1.3 ELEMENTY UKŁADU NAPĘDZAJĄCEGO

7.1.1 Wstęp

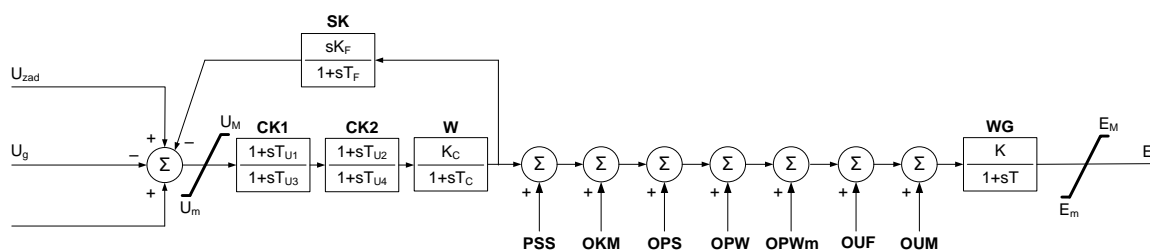
Wszystkie zaimplementowane w SJF algorytmy regulacji umożliwiające odzwierciedlenie stosowanych obecnie układów regulacji wiodących producentów. Modele elementów turbozespołów TG1 i TG2 powinny umożliwiać emulowanie stosowanych w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym (KSE) obiektów.

Zaleca się aby zaimplementowane w SJF struktury układów regulacji umożliwiały zamodelowanie kilku typowych układów regulacji stosowanych w KSE. Zamawiający nie narzuca sposobu, w jaki możliwy będzie taki wybór – parametryzacja modelu uniwersalnego (zastosowanie modeli uniwersalnych np. 7.1/2, 7.1/9, 7.1/12) czy też niezależny wybór modeli konkretnych układów.

W kolejnych podrozdziałach pokazano preferowane struktury modeli i układów regulacji.

7.1.2 Generator wraz z układem wzbudzenia

Regulator wzbudzenia powinien mieć strukturę umożliwiającą odzwierciedlenie stosowanych obecnie układów regulacji przeznaczonych do współpracy ze statycznym układem wzbudzenia. Na rys. 7.1/1 pokazano przykładowy zastępczy schemat blokowy układu regulacji.



Rys. 7.1/1 Schemat blokowy toru głównego regulatora napięcia generatora

Opracowane układy powinny zapewniać możliwości regulacji automatycznej napięcia generatora oraz regulacji ręcznej prądu wzbudzenia. Niezbędnymi elementami regulatorów są ograniczniki:

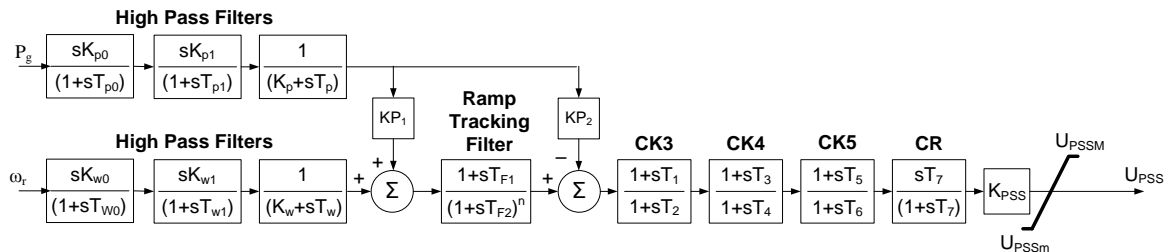
- kąta mocy OKM,
- indukcji OUF,
- prądu stojana OPS,
- prądu wzbudzenia OPW,
- minimalnego prądu wzbudzenia OPWM,
- nadnapięciowy OUM.

Dopełnieniem układu regulacji wzbudzenia jest stabilizator systemowy PSS.

Przykładowe rozwiązania poszczególnych elementy układu wzbudzenia zostały opisane poniżej.

7.1.2.1 Stabilizator systemowy

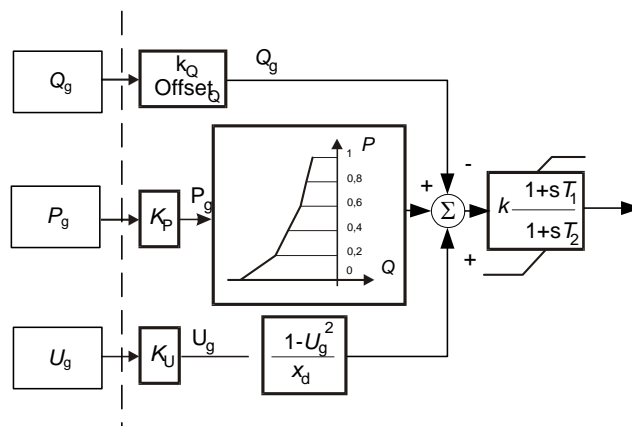
Schemat blokowy stabilizatora systemowego pokazano na rys. 7.1/2. Jego struktura bazuje na modelu PSS2A zaczerpniętym z normy IEEE. Na potrzeby badawcze układ został nieznacznie rozbudowany.



Rys. 7.1/2 Schemat blokowy uniwersalnego stabilizatora systemowego

7.1.2.2 Ogranicznik kąta mocy

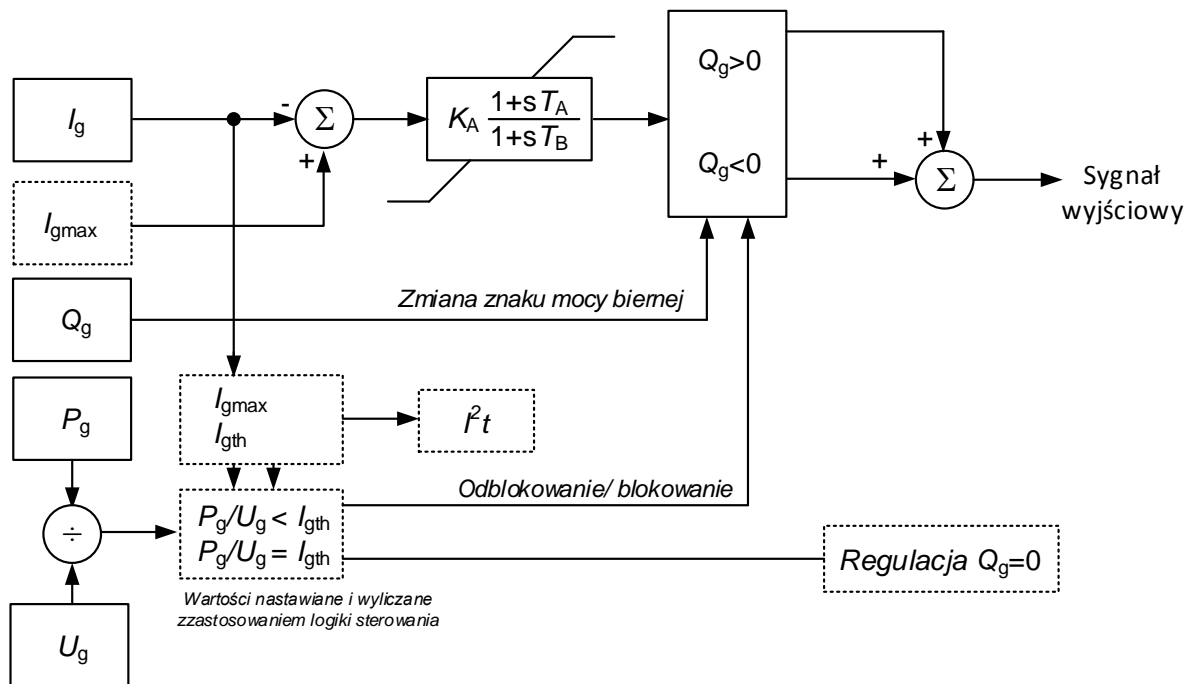
Ogranicznik ten reguluje prąd wzbudzenia w zakresie określonym charakterystyką P/Q. Ogranicznik zabezpiecza generator przed redukcją poziomu wzbudzenia, która może spowodować utratę synchronizmu. Na zmianę położenia charakterystyki ograniczającej wpływa zmiana napięcia na zaciskach generatora. Wzrost napięcia na zaciskach generatora pozwala na osiąganie większej mocy generowanej przez generator, proporcjonalnie do przesunięcia granicy stabilności maszyny na skutek zmian napięcia na zaciskach generatora. Strukturę ogranicznika OKM przedstawia rys. 7.1/3.



Rys. 7.1/3. Schemat blokowy ogranicznika kąta mocy

7.1.2.3 Ogranicznik prądu stojana

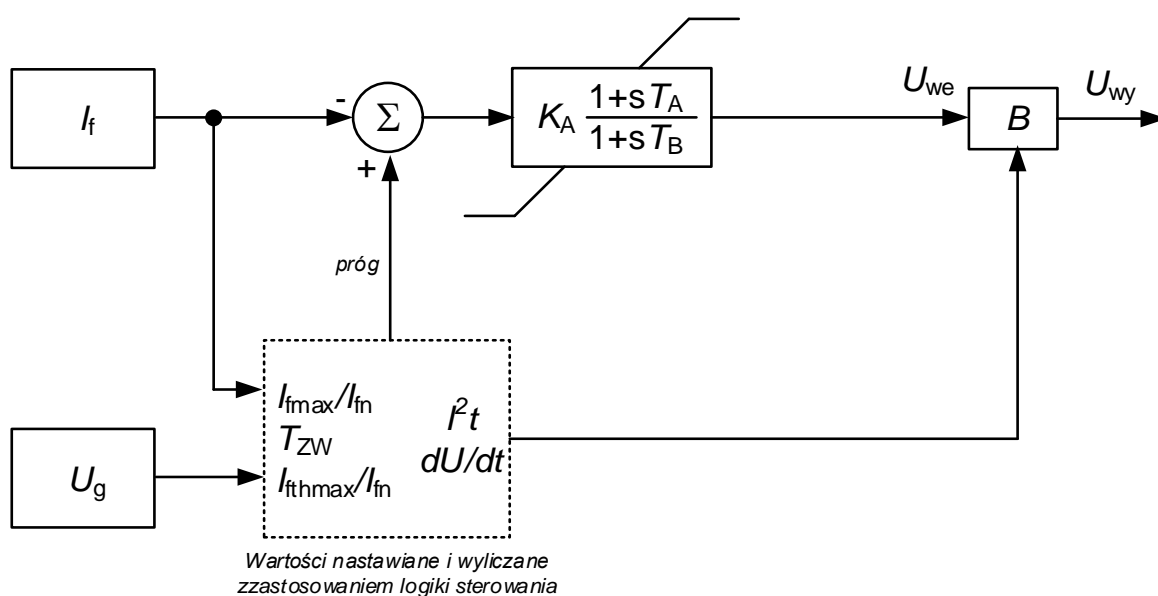
Ogranicznik maksymalnego prądu stojana (OPS) reguluje prąd wzbudzenia, aby utrzymać prąd stojana poniżej granicznej wartości ustalonej i zapobiec przeciążeniu cieplnemu uzwojenia stojana. Sposób działania ogranicznika prądu stojana zmienia się w zależności od tego, czy maszyna jest przewzbudzona (wówczas ogranicznik indukcyjnego prądu stojana działa z opóźnieniem czasowym zgodnie z charakterystyką czasową) czy niedowzbudzona (wówczas ogranicznik pojemnościowego prądu stojana działa z odwrotnym znakiem). Strukturę ogranicznika OPS przedstawia rys. 7.1/4.



Rys. 7.1/4. Struktura ogranicznika OPS

7.1.2.4 Ogranicznik prądu wzbudzenia

Ogranicznik ten ogranicza prąd wzbudzenia do dwóch indywidualnie nastawianych wartości. Pierwsze ograniczenie określa pułap forsowania prądu wzbudzenia i określane jest jako I_{fmax} . W razie potrzeby bez opóźnienia, prąd wzbudzenia jest utrzymywany na poziomie maksymalnego pułapu prądu w określonym wcześniej czasie, a następnie jest zmniejszany do wartości ograniczenia cieplnego prądu zgodnie z charakterystyką czasową. Jeżeli w trakcie działania ogranicznika nastąpi skokowe obniżenie napięcia generatora (du/dt) to maksymalny pułap prądu jest zwolniony i forsowanie może być rozpoczęte przy założeniu, że dopuszczalna wartość I^2t nie jest przekroczona. Strukturę ogranicznika OPW przedstawia rys. 7.1/5.



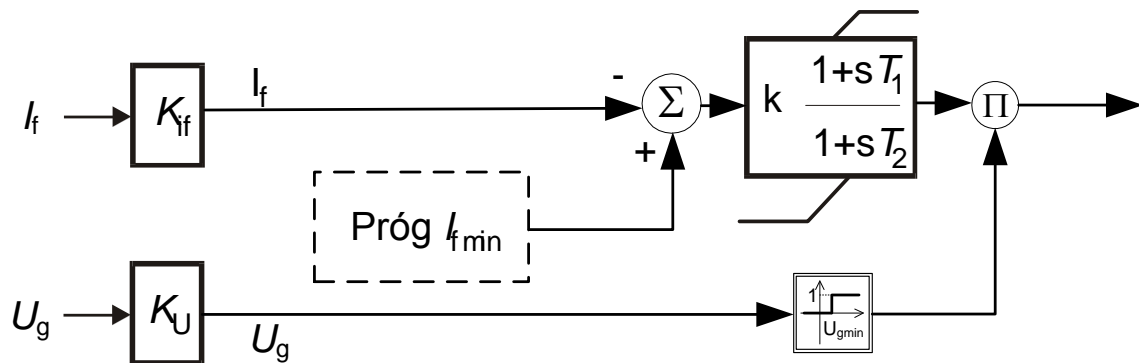
Rys. 7.1/5. Struktura ogranicznika OPW

7.1.2.5 Ogranicznik minimalnego prądu wzbudzenia generatora

Ogranicznik minimalnego prądu wzbudzenia generatora zapewnia minimalny prąd podtrzymania pracy tyrystorów w przekształtniku wzbudzenia. Ogranicznik ten blokowany jest poza zakresem swojego działania tzn:

- w czasie wzbudzania, gdy napięcie generatora jest niższe od zadanego
- w wypadku awarii pomiaru prądu wzbudzenia.

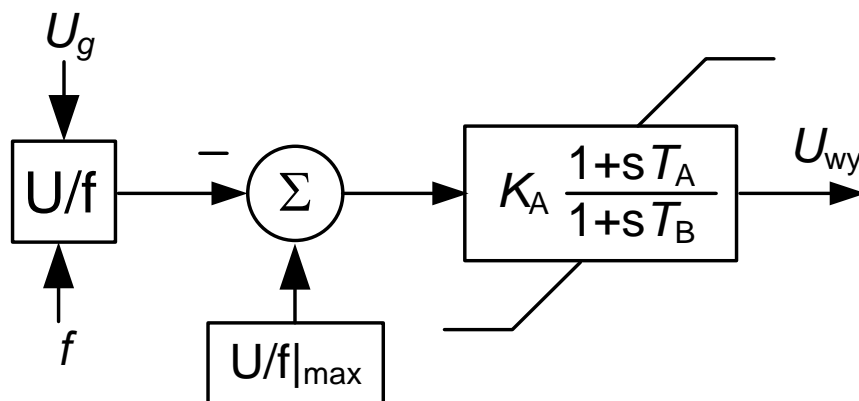
Strukturę ogranicznika OPWM przedstawia rys. 7.1/6.



Rys. 7.1/6. Struktura ogranicznika OPWM

7.1.2.6 Ogranicznik indukcji

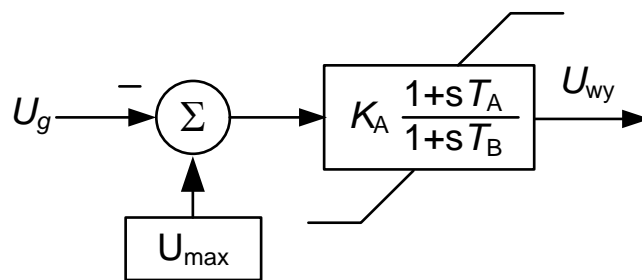
Ogranicznik indukcji chroni generator i transformator blokowy przed wzrostem indukcji w żelazie przy obniżeniu częstotliwości (prędkości obrotowej) generatora. Strukturę ogranicznika OUF przedstawia rys. 7.1/7.



Rys. 7.1/7. Struktura ogranicznika OUF

7.1.2.7 Ogranicznik napięcia maksymalnego

Ogranicznik nadnapięciowy (OUM) działa w pętli regulacji ręcznej, nie dopuszczając do wzrostu napięcia powyżej wartości zadanej. Strukturę ogranicznika OUM przedstawia rys. 7.1/8.



Rys. 7.1/8. Struktura ogranicznika OUM

7.1.3 Elementy układu napędzającego

7.1.3.1 Silnik napędzający

Źródło momentu napędowego dla generatora stanowi silnik asynchroniczny. Moment napędowy jest kształtowany poprzez odpowiednie sterowanie silnika napędowego. Sygnał sterujący silnikiem powinien uwzględniać oddziaływanie układu regulacji turbiny oraz modelu turbiny. Inercja związana z pracą samego silnika nie powinna wpływać na wartość i dynamikę zmian momentu.

7.1.3.2 Układ regulacji turbiny

Schemat blokowy uniwersalnego regulatora turbiny pokazano na rys. 7.1/9.

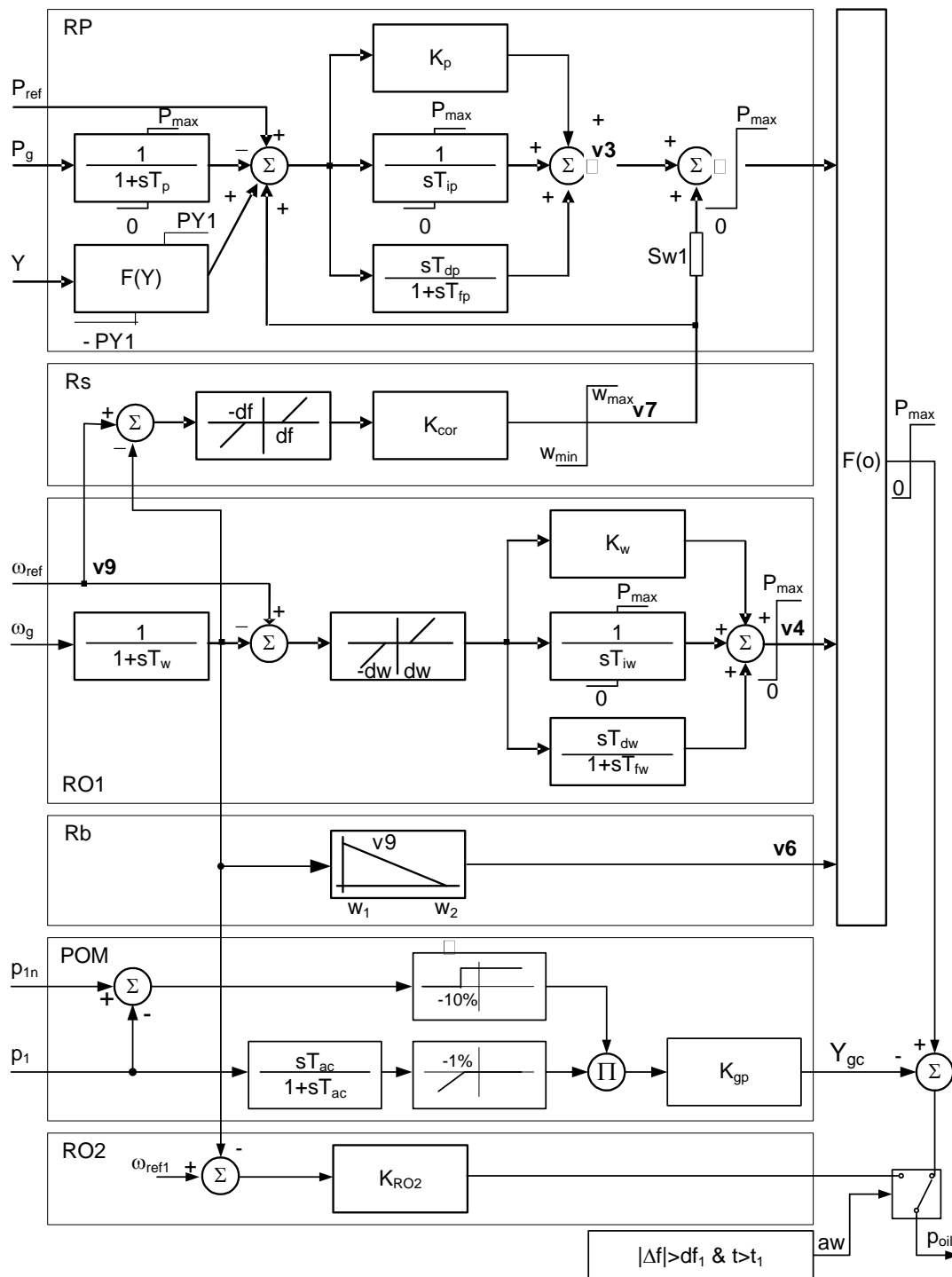
Uniwersalny model regulatora turbiny składa się z następujących elementów:

- regulatora mocy typu PID,
- układu regulacji pierwotnej typu P,
- regulatora prędkości kątowej typu PID,
- „proporcjonalnego regulatora prędkości” kątowej turboszespołu (typowego dla regulatorów UNIMAT),
- ograniczników prędkości kątowej działających na wytrząsk (przy wzroście i obniżce prędkości kątowej),
- ogranicznika gradientu prędkości.

Poszczególne elementy regulatora definiowane są poprzez strukturę (przedstawioną na rys. 7.1/9) oraz niżej wymienione sygnały wejściowe, parametry i sygnały wyjściowe:

- Sygnały i parametry układu regulacji pierwotnej typu P (do kształtowania statyzmu regulatora mocy R_s):
 - sygnały wejściowe:
 - ω_g^* – prędkość kątowa wirnika turboszespołu uzyskana z przetwornika pomiarowego prędkości,
 - ω_{ref} – wartość zadana prędkości kątowej,
 - parametry:
 - $K_{cor} = \cos\varphi n / \kappa$ – współczynnik wzmocnienia, gdzie κ [-] jest nastawialnym statyzmem regulatora ($K_{cor} \geq 0$),
 - $df = Df$ [Hz]/50 – strefa nieczułości. Df – strefa nieczułości wyrażona w Hz ($df \geq 0$); w przypadku, gdy mierzona prędkość obrotowa przekracza granicę określoną jako $df1$, następuje zawężanie strefy nieczułości do wartości 0 z prędkością 30mHz/s,
 - ww_{max} - ograniczenie górne sygnału wyjściowego układu regulacji pierwotnej,
 - ww_{min} - ograniczenie dolne sygnału wyjściowego układu regulacji pierwotnej,

- sygnał wyjściowy:
 - v7 – sygnał wyjściowy dodawany do węzła wejściowego regulatora mocy oraz w zależności od stanu łącznika SW1 do węzła wyjściowego regulatora mocy.
- Sygnały i parametry regulatora prędkości kątowej RO1 typu PID
 - sygnały wejściowe:
 - ω_g – prędkość kątowa wirnika turbozespołu,
 - ω_{ref} – wartość zadana prędkości kątowej,



Rys. 7.1/9. Schemat blokowy uniwersalnego modelu regulatora turbiny parowej

- parametry:
 - T_w – stała czasowa przetwornika pomiarowego prędkości kątowej wirnika turbozespołu ($T_w \geq 0$),
 - $dw = Dw [Hz]/50$ – strefa nieczułości, Dw – strefa nieczułości wyrażona w Hz ($dw \geq 0$),
 - K_w – współczynnik wzmocnienia regulatora prędkości kątowej (może przyjmować dowolne wartości),
 - T_{iw} – stała czasowa członu całkującego regulatora prędkości kątowej ($T_{iw} \geq 0$); nadanie tej stałej czasowej wartości równej zero powoduje wyłączenie członu całkującego,
 - T_{dw}, T_{fw} – stałe czasowe nieidealnego członu różniczkującego regulatora prędkości kątowej ($T_{dw}, T_{fw} \geq 0$); wyłączenie członu różniczkującego realizuje się przez nadanie przynajmniej jednej z powyższych stałych czasowych wartości równej zero,
 - P_{max} – ograniczenie górne sygnałów: pomiarowego, członu całkującego i wyjściowego w torze regulatora prędkości kątowej; ograniczenie dolne ustawione jest na zero,
- sygnał wyjściowy:
 - $v4$ – sygnał wyjściowy regulatora prędkości kątowej.
- Sygnały i parametry zabezpieczenia od nadmiernego wzrostu prędkości (regulator proporcjonalny obrotów Rb):
 - sygnał wejściowy:
 - ω_g – prędkość kątowa wirnika turbozespołu,
 - parametry:
 - w_1 – próg górny proporcjonalnego regulatora prędkości kątowej ($w_1 > \omega_{ref}$),
 - w_2 – próg dolny proporcjonalnego regulatora prędkości kątowej ($w_2 > \omega_1$).
- Sygnały i parametry parowego ogranicznika mocy POM:
 - sygnały wejściowe:
 - p_1 – ciśnienie pary świeżej,
 - p_{1n} – znamionowa wartość ciśnienia pary świeżej,
 - parametry:
 - K_{gp} – współczynnik wzmocnienia ogranicznika gradientu zmian ciśnienia (może przyjmować dowolne wartości),
 - T_{gc} – stała czasowa nieidealnego członu różniczkującego regulatora gradientu ciśnienia,
 - sygnał wyjściowy:
 - Y_{gc} – sygnał ograniczający stopień otwarcia zaworów regulacyjnych turbiny.
- Sygnały i parametry regulatora prędkości kątowej RO2 typu P:
 - sygnały wejściowe:
 - ω_g – prędkość kątowa wirnika turbozespołu,
 - ω_{ref} – wartość zadana prędkości kątowej,
 - parametry:
 - K_{RO2} – współczynnik wzmocnienia regulatora prędkości kątowej (może przyjmować dowolne wartości), jego wartość odpowiada odwrotności statyzmu regulatora prędkości.

- Sygnały i parametry ograniczników prędkości kątowej (przekroczenie przez sygnał wejściowy nastawionych wartości ograniczników powoduje wyłączenie generatora z pracy w systemie):
 - sygnał wejściowy:
 - ω_g^* – prędkość kątowa wirnika turbozespołu,
 - parametry:
 - w_{grmax} – próg górny ogranicznika prędkości kątowej działającego na wytrząsk ($w_{grmax} > \omega_{ref}$),
 - w_{grmin} – próg dolny ogranicznika prędkości kątowej działającego na wytrząsk ($w_{grmin} < \omega_{ref}$).

Sygnał wyjściowy regulatora turbiny poil, proporcjonalny do ciśnienia tzw. oleju impulsyjnego, obliczany jest jako kombinacja sygnałów wyjściowych wyżej wymienionych elementów. Sposób tworzenia sygnału wyjściowego zależy od struktury, ta zaś od typu oraz rodzaju pracy danego regulatora. W opracowanym modelu matematycznym regulatora turbiny sposób formowania sygnału wyjściowego poil definiowany jest przez parametr type (type = 1 – wybór sygnału minimalnego, type = 2 – sumowanie sygnałów wyjściowych). Szczegóły zamieszczono w Tabelicy 7.1/1.

Tabelica 7.1/1. Funkcja $F(\bullet)$ dla różnych rodzajów pracy i typów regulatorów turbiny parowej

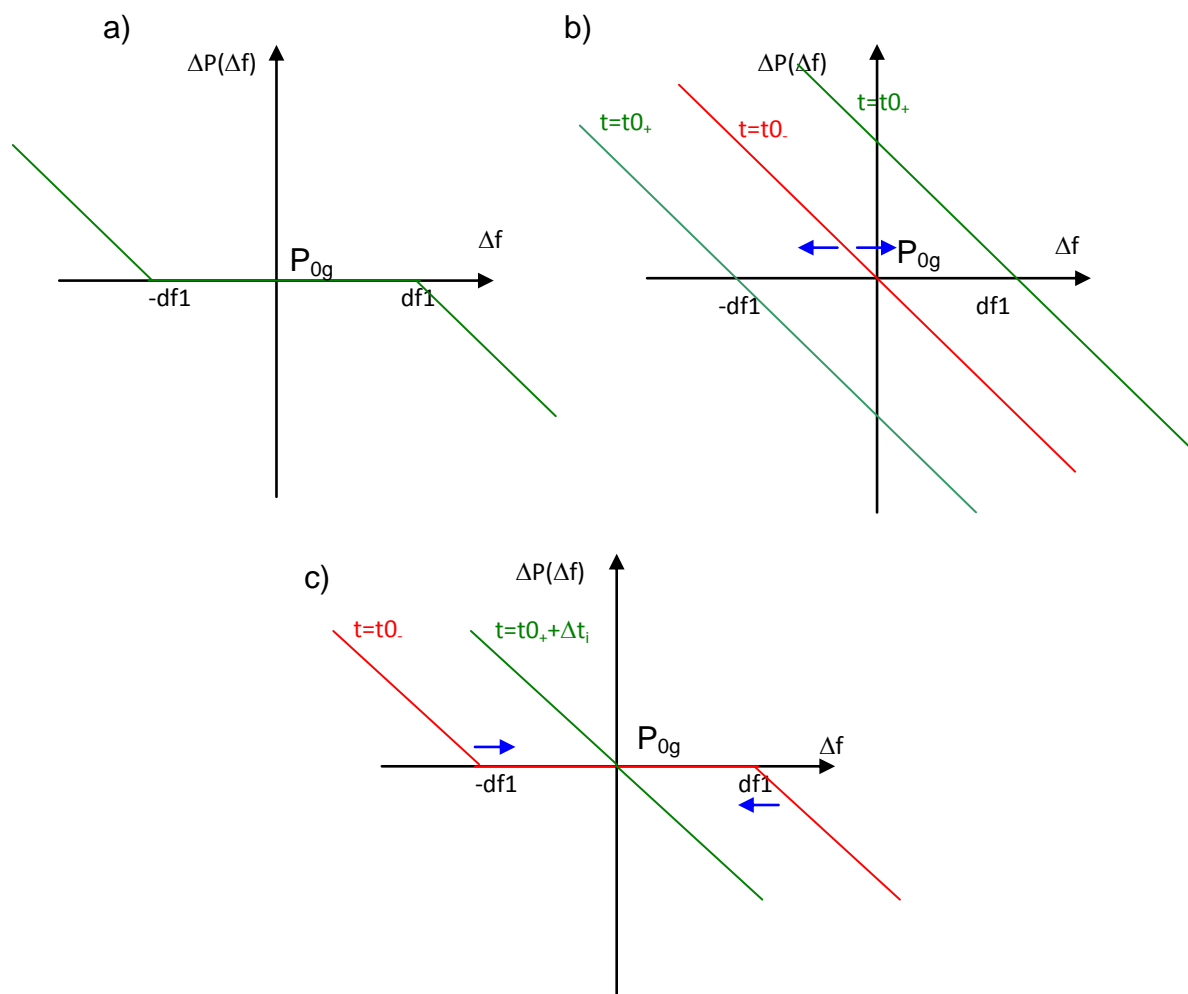
Typ regulatora	Praca samodzielna bloku poza systemem elektroenergetycznym, zrzut mocy na potrzeby własne (aktywny regulator prędkości)	Praca równoległa bloku w systemie elektroenergetycznym (aktywny regulator mocy)
1 – np. UNIMAT, DEH	$F(\bullet) = \min\{v4, v6\}$	$F(\bullet) = \min\{v3, v6\}$
2 – np. TURBOTROL	$F(\bullet) = v4$	$F(\bullet) = v3 + sw1 * v7$

W rozważanym modelu regulator prędkości kątowej RO2, jest załączany przez blok logiczny kontrolujący wartość częstotliwości napięcia generatora. Jeżeli odchyłka częstotliwości definiowana jako moduł różnicy częstotliwości znamionowej i częstotliwości zmierzonej będzie większa od wartości ustalonej parametrem $df1$ (np. 0,5 Hz), to po zdefiniowanym czasie $dt1$ nastąpi przejście układu regulacji turbiny z pracy w trybie regulacji mocy (aktywny RP) do trybu regulacji obrotów, tj. z załączonym regulatorem obrotów RO2. W takim przypadku sygnały wypracowane przez wybierak $F(\bullet)$ nie są uwzględniane i nie wpływają na sterowanie zaworami turbiny. Sterowanie przejmuje wówczas regulator obrotów RO2.

W modelu regulatora turbiny można definiować tryb pracy regulatora prędkości obrotowej RO2, a dokładnie jego charakterystykę statyczną. Zmiana ta realizowana jest dla różnych jednostek wytwórczych w różny sposób. Na rys. 7.1/10. przedstawiono trzy charakterystyki regulatora częstotliwości (obrotów) definiujące sposób zmiany trybu pracy regulatora. Sposoby te w dalszej części oznaczane są literami przypisanymi do danych charakterystyk.

Zmiana trybu pracy regulatora turbiny według sposobu (a) polega na bezzwłocznym przejściu regulatora turbiny na charakterystykę jak na a, po wystąpieniu uchybu częstotliwości większego niż 0,5 Hz. Zmiana trybu pracy regulatora turbiny według sposobu (b) realizowana jest analogicznie, tj. bezzwłocznie. W tym jednak przypadku występuje zmiana charakterystyki z położenia oznaczonego linią czerwoną do położenia oznaczonego linią zieloną.

W zależności od kierunku odchylenia częstotliwości regulator turbiny wykorzystuje jedną z tych dwóch charakterystyk. W chwili po przełączeniu charakterystyka ta jest definiowana przez statyzmu regulatora i punkt odpowiadający uchybowi częstotliwości i mocy generatora w chwili zmiany trybu pracy ($\Delta f, P_{0g}$). Z kolei zmiana trybu pracy regulatora turbiny według sposobu c polega na eliminacji istniejącej strefy nieczułości. Zawężanie strefy nieczułości regulatora częstotliwości realizowane jest bezskokowo, w zdefiniowanym czasie.



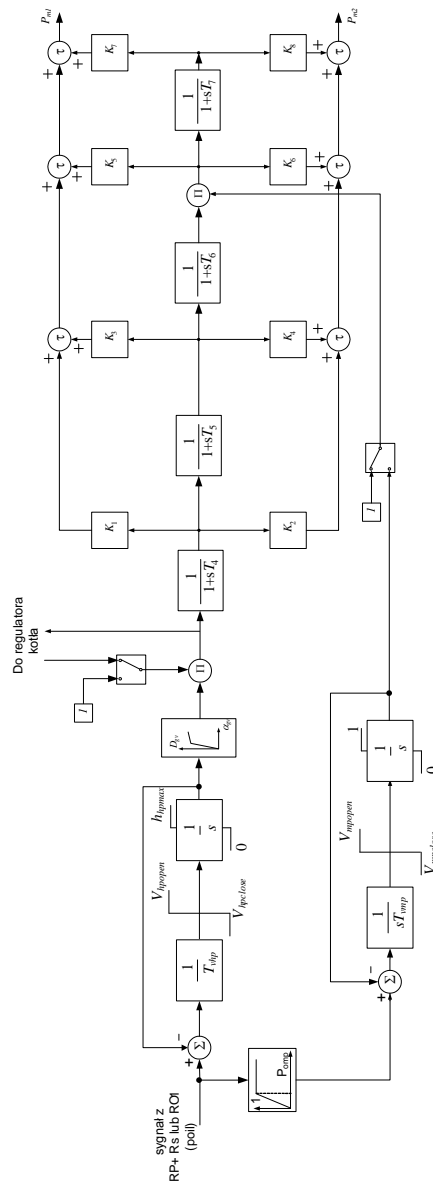
Rys. 7.1/10 Charakterystyki statyczne regulatorów częstotliwości definiujące sposób zmiany trybu pracy regulatora turbiny w tryb regulacji częstotliwości (t_0 - stan układu przed zmianą trybu pracy na RO, t_{0+} - stan układu po zmianie trybu pracy na RO, Δt_i - czas zawężania strefy nieczułości).

7.1.3.3 Uniwersalny model turbiny

Uniwersalny model turbiny powstał z połączenia modelu turbiny opracowanego przez zespół z Katedry Elektroenergetyki Politechniki Gdańskiej oraz modelu turbiny IEEE1. Model turbiny przedstawiono na rys. 7.1/11. W modelu tym można wyróżnić następujące elementy:

- zawory regulacyjne, opisane parametrami:
 - T_{vhp} – stała czasowa siłownika zaworów regulacyjnych turbiny ($T_{vhp} > 0$),
 - v_{hpopen} – maksymalna prędkość otwierania zaworów regulacyjnych turbiny ($v_{hpopen} > 0$),
 - $v_{hpclose}$ – maksymalna prędkość zamykania zaworów regulacyjnych turbiny ($v_{hpclose} < 0$),
 - h_{hpmax} – maksymalny stopień otwarcia zaworów regulacyjnych turbiny ($h_{hpmax} > \cos\varphi_n$),
- zawory intercepcyjne, opisane parametrami:
 - T_{vmp} – stała czasowa siłownika zaworów intercepcyjnych turbiny ($T_{vmp} > 0$),
 - v_{mpopen} – maksymalna prędkość otwierania zaworów intercepcyjnych turbiny ($v_{mpopen} > 0$),
 - $v_{mpclose}$ – maksymalna prędkość zamykania zaworów intercepcyjnych turbiny ($v_{mpclose} < 0$),

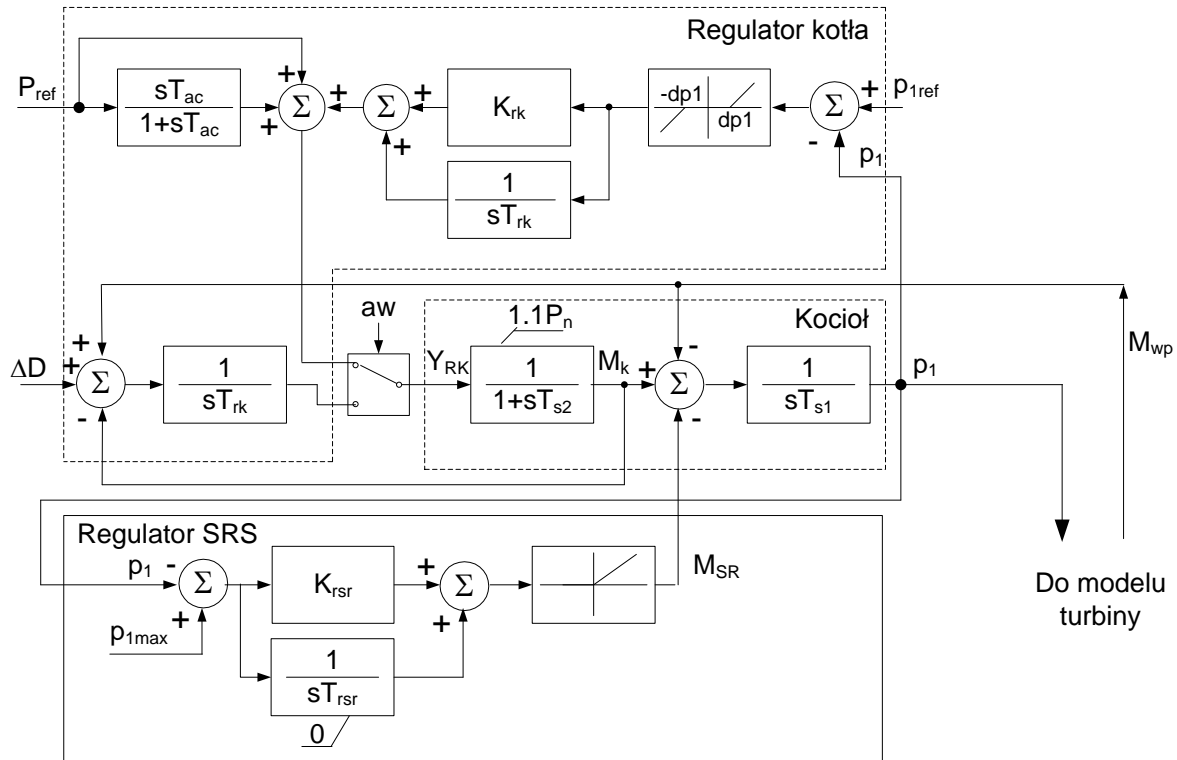
- turbina, opisana parametrami:
 - K_1 – udział pierwszego stopnia turbiny pierwszego wału,
 - K_2 – udział pierwszego stopnia turbiny drugiego wału,
 - K_3 – udział drugiego stopnia turbiny pierwszego wału,
 - K_4 – udział drugiego stopnia turbiny drugiego wału,
 - K_5 – udział trzeciego stopnia turbiny pierwszego wału,
 - K_6 – udział trzeciego stopnia turbiny drugiego wału,
 - K_7 – udział czwartego stopnia turbiny pierwszego wału,
 - K_8 – udział czwartego stopnia turbiny drugiego wału,
 - T_4 – stała czasowa komory regulacyjnej i części wysokoprężnej,
 - T_5 – stała czasowa przegrzewacza międzystopniowego,
 - T_6 – stała czasowa przewodów parowych,
 - T_7 – stała czasowa drugiego przegrzewacza międzystopniowego,
 - P_{m1} , P_{m2} – moc mechaniczna.



Rys. 7.1/11. Schemat blokowy modelu matematycznego turbiny parowej

7.1.3.4 Model regulatora kotła

Na rys. 7.1/12 pokazano model układu regulacji kotła. W układzie tym uwzględnia się spotykane w KSE rozwiązanie polegające na wyposażeniu turbozespołu w tak zwaną stację redukcyjno-składającą. Układ taki pozwala na szybki zrzut obciążenia i przejście bloku do pracy na potrzeby własne.



Rys. 7.1/12. Schemat modelu matematycznego układu regulacji kotła.

Poszczególne elementy modelu kotła wraz z układami regulacji zdefiniowane są poprzez strukturę przedstawioną na rys. 7.1/12 oraz niżej wymienione sygnały wejściowe, parametry i sygnały wyjściowe:

- Sygnały i parametry dotyczące kotła:
 - sygnał wejściowy:
 - Y_{RK} – sygnał wyjściowy regulatora kotła,
 - parametry:
 - T_{s1} – stała czasowa walczaka,
 - T_{s2} – stała czasowa podajników węgla, młynów węglowych i paleniska,
 - sygnały wyjściowe:
 - p_1 – ciśnienie pary świeżej,
- Sygnały i parametry dotyczące regulatora kotła:
 - sygnały wejściowe:
 - p_1 – ciśnienie pary świeżej,
 - p_{1ref} – wartość zadana ciśnienia pary świeżej,
 - P_{ref} – moc zadana bloku,
 - parametry:
 - K_{cp} – współczynnik wzmocnienia regulatora ciśnienia pary świeżej,
 - T_{cp} – stała czasowa całkowania regulatora ciśnienia pary świeżej,

T_{dk}, T_{fk} – stałe czasowe nieidealnego członu różniczkującego regulatora ciśnienia pary świeżej,

T_{ac} – stała czasowe nieidealnego członu różniczkującego regulatora paliwa,

T_{rk} – stała czasowa całkowania regulatora ciśnienia pary świeżej w trybie pracy z RO2,

- sygnał wyjściowy:

Y_{RK} – sygnał wyjściowy z układu regulacji kotła.

- Sygnały i parametry dotyczące regulatora stacji redukcyjno-schładzającej:

- sygnały wejściowe:

p_1 – ciśnienie pary świeżej,

p_{1max} – wartość maksymalna ciśnienia pary świeżej,

- parametry:

T_{rsr} – stała czasowa członu całkującego regulatora stacji redukcyjno-schładzającej,

K_{rsr} – współczynnik wzmocnienia regulatora stacji redukcyjno-schładzającej (może przyjmować dowolne wartości),

- sygnał wyjściowy:

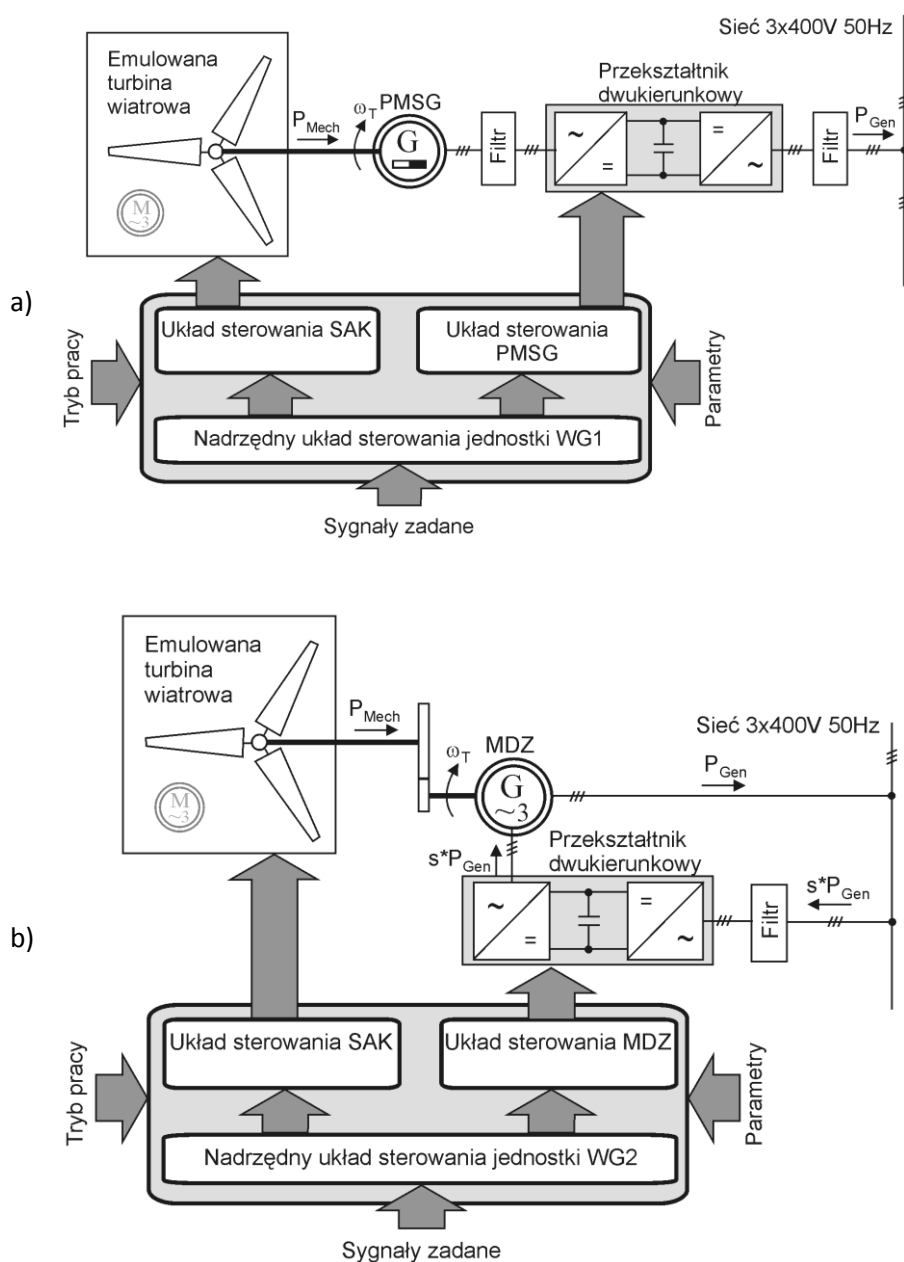
M_{SR} – strumień pary przepływający przez stację redukcyjno schładzającą.

Wszystkie modele powinny być wyposażone w zabezpieczenia przed wprowadzeniem błędnych wartości, typów lub znaków parametrów.

7.2 Algorytmy regulacji i modele turbiny wiatrowej dla WG1 i WG2

Jednostki wytwórcze WG1 i WG2 mają emulować i umożliwiać badanie elektrowni wiatrowych (WG) z generatorem synchronicznym z magnesami trwałymi PMSG (jednostka WG1) oraz z generatorem asynchronicznym pierścieniowym MDZ (jednostka WG2).

Struktura obu jednostek została przedstawiona na rys. 7.2/1.



Rys. 7.2/1 *Koncepcja struktury jednostek wytwórczych:* a) z generatorem PMSG (jednostka WG1), b) z generatorem MDZ (jednostka WG2).

Układy regulacji jednostek WG1 i WG2 mają mieć warstwową strukturę sterowania, w której wyróżnić należy część nadrzędną dla WG oraz podporządkowane struktury sterowania dla układu generatorów i układów napędowych z SAK.

Algorytmy sterowania nadrzędnego elektrowni wiatrowej

W warstwie nadrzędnej kształtowane ma być obciążenie turbiny wiatrowej momentem elektromagnetycznym generatora wiatrowego. Działanie układu nadrzędnego ma być zależne od wybranego trybu pracy:

1. tryb generacji maksymalnej mocy czynnej (P_MAX),
2. tryb regulacji napięcia (U_REG),
3. tryb regulacji mocy biernej(Q_REG),
4. tryb regulacji współczynnika mocy (TG_REG),
5. tryb regulacji częstotliwości (F_REG).

Opis poszczególnych trybów pracy zawarto w tabelicy 7.2/1

Tablica 7.2/1 Tryby pracy elektrowni wiatrowych istotne dla nadrzędnego układu regulacji

Tryb pracy	Opis
Tryb P_MAX	WG działa tak, aby przy aktualnych warunkach wiatrowych uzyskać jak największą ilość mocy czynnej. Sygnałem zadanym jest prędkość wiatru V. Moc bierna wytwarzana w WG ma być zerowa $Q_z=0$.
Tryb U_REG	WG działa tak, aby regulować napięcie w punkcie podłączenia do SEE. Sygnałami zadanymi są: prędkość wiatru V oraz napięcie U_z.
Tryb Q_REG	WG działa tak aby regulować moc bierną w punkcie podłączenia do SEE lub w wybranym elemencie przesyłowym przylegającym do WG. Sygnałami zadanymi są: prędkość wiatru V oraz moc bierna Q_z.
Tryb TG_REG	WG działa tak, aby regulować współczynnik mocy. Sygnałami zadanymi są: prędkość wiatru V oraz współczynnik mocy tg φ_z.
Tryb F_REG	WG działa tak, aby regulować częstotliwość w SEE. Sygnałami zadanymi są: prędkość wiatru V oraz ograniczenie generowanej mocy czynnej P_{OGR}.

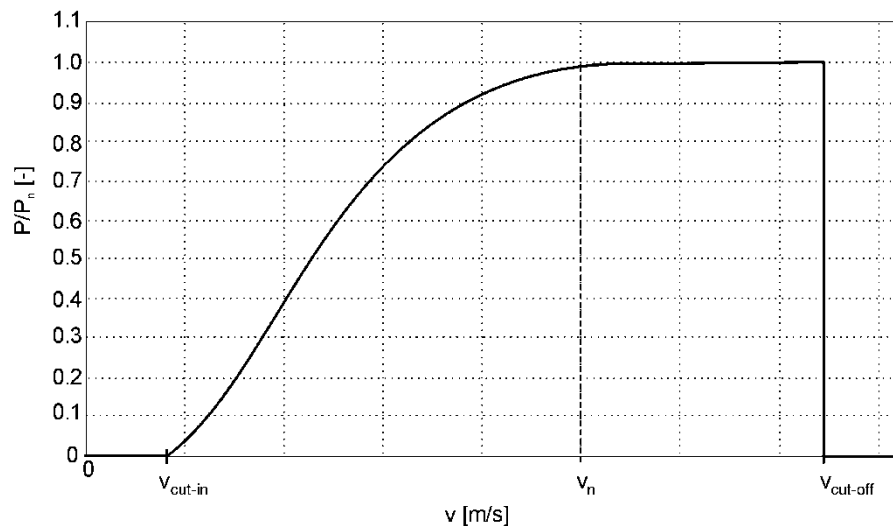
W każdym z trybów pracy jednostki WG1 i WG2 mają działać tak aby:

- elektrownia uruchamiała się (tj. rozpoczynała wytwarzanie energii) przy ustawionej startowej prędkości wiatru $v > v_{cut-in}$

- elektrownia wyłączała się przy silnym wietrze, większym od ustawionej wartości $v > v_{\text{cut-off}}$,
- część mechaniczna była chroniona przed uszkodzeniami m.in. takimi, które mogą wynikać z gwałtownej zmiany obciążenia.

Należy zapewnić możliwość ustawienia i konfigurowania obszaru pracy elektrowni wiatrowej, uzależnionego od prędkości wiatru, aby emulować ograniczenia wytrzymałościowe nałożone na konstrukcję mechaniczną WG 7.2/2:

- elektrownia może generować energię, jeśli prędkość wiatru jest większa od prędkości startowej elektrowni $v > v_{\text{cut-in}}$,
- przy prędkościach wiatru mniejszych od prędkości znamionowej elektrowni $v < v_n$, elektrownia jest obciążona częściowo, tj $P_{\text{Gen}} < P_n$,
- przy wietrze $v = v_n$ elektrownia uzyskuje moc znamionową $P_{\text{Gen}} = P_n$,
- praca elektrowni z obciążeniem znamionowym jest możliwa przy prędkościach wiatru $v_n < v < v_{\text{cut-off}}$, gdzie $v_{\text{cut-off}}$ jest prędkością wyłączenia elektrowni.

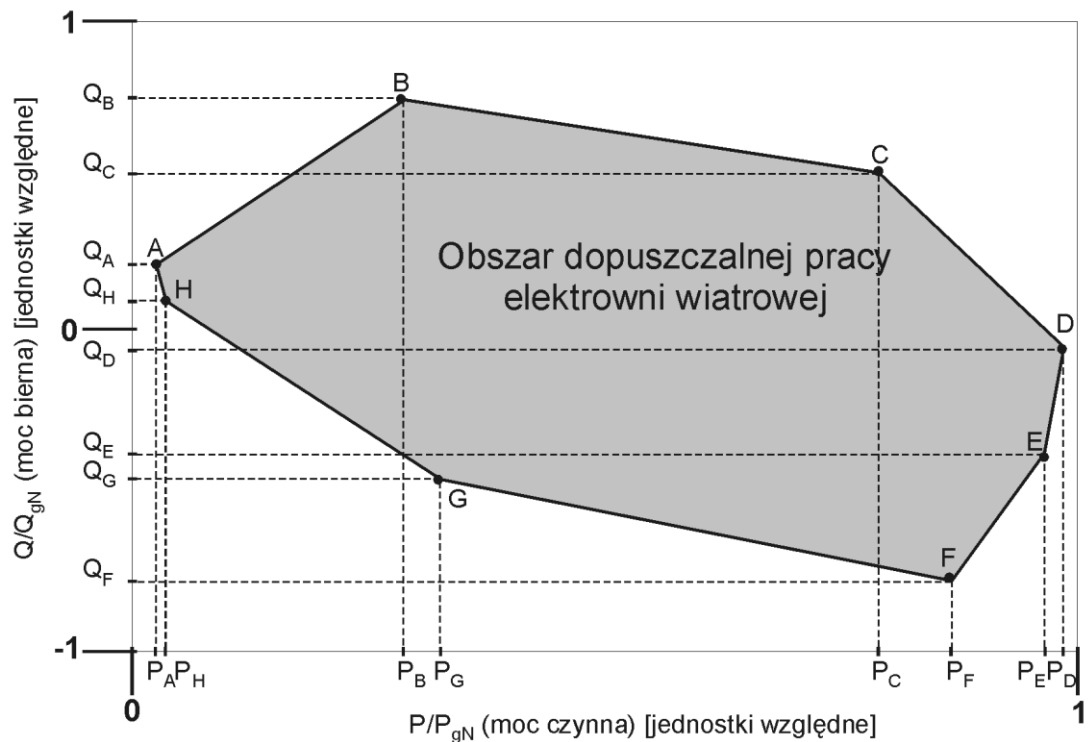


Rys. 7.2/2. Przykładowa charakterystyka mocy elektrowni wiatrowej

Należy zapewnić możliwość wyboru jednego z dwóch trybów sterowania zgodnie z którymi WG ma pracować przy obciążeniu częściowym:

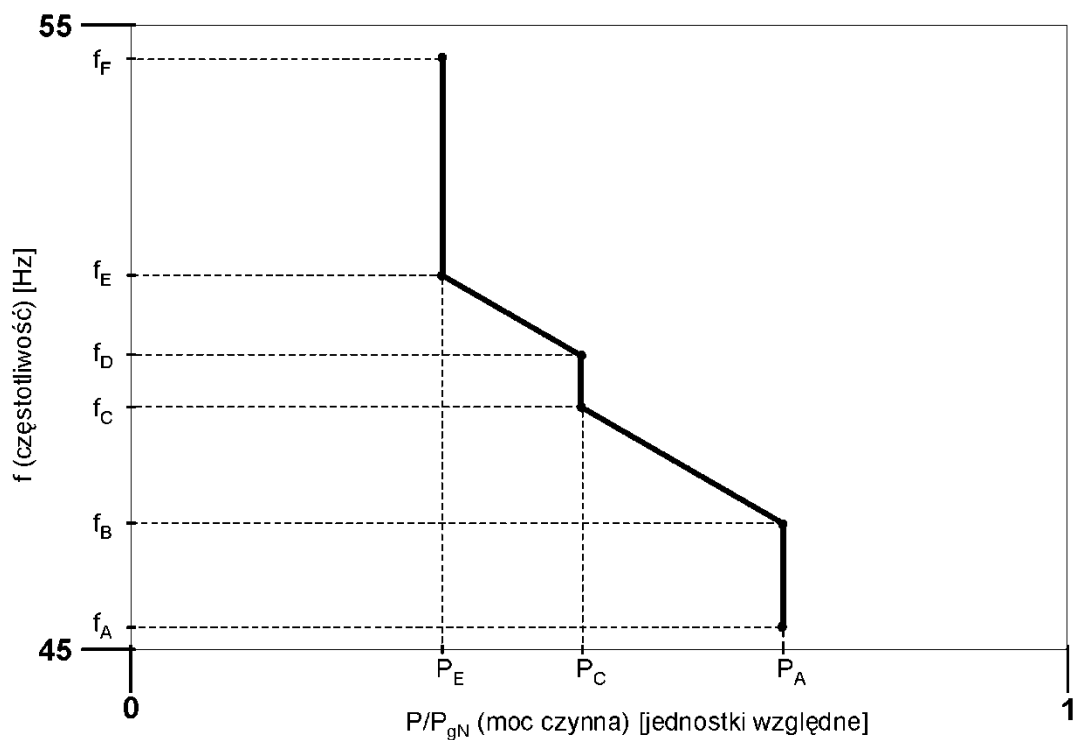
- Sterowanie ze **stałym wyróżnikiem szybkobieżności ($\lambda = \text{const}$)**. W tym trybie, na podstawie aktualnej prędkości wiatru v oraz aktualnej prędkości turbiny ω_t obliczany jest bieżący wyróżnik szybkobieżności λ . Układ sterowania minimalizuje uchyb między λ a wyróżnikiem optymalnym λ_{opt} . Praca przy λ_{opt} umożliwia uzyskanie maksymalnej energii z wiatru.
- **Sterowanie ze śledzeniem mocy maksymalnej (MPPT)**. Układ sterowania działa tak aby punkt pracy elektrowni, określony na charakterystyce moc-prędkość generatora $P(\omega_T)$, spełniał warunek $dP/d\omega_T = 0$.

Przy realizowanej regulacji nadrzędnej w trybach sterowania napięcia U_{REG} , mocy biernej Q_{REG} i współczynnika mocy TG_{REG} powinna być możliwość ustawienia obszaru dopuszczalnych stanów pracy elektrowni. Obszar ten powinien być ustawiany za pomocą programowanych parametrów w układzie współrzędnych Q-P tak jak przedstawiono na rys. 7.2/3.



Rys. 7.2/3 Obszar dopuszczalnych stanów pracy elektrowni wiatrowej dla trybów pracy U_REG , Q_REG oraz TG_REG – konfigurowany za pomocą współrzędnych punktów A..H

Przy pracy WG w trybie regulacji częstotliwości F_REG układ sterowania nadrzędnego ma działać tak, aby kształtować charakterystykę statyczną elektrowni WG zgodnie z rys. 7.2/4.



Rys. 7.2/4 Charakterystyka statyczna elektrowni WG w trybie regulacji częstotliwości F_REG – konfigurowana za pomocą współrzędnych punktów A..F

Na podstawie sygnałów zadanych dla nadrzędnego układu sterowania WG ustalane są sygnały zadane dla podporządkowanego układu regulacji SAK oraz podporządkowanego układu generatorów wiatrowych PMSG i MDZ.

Układ sterowania generatorów wiatrowych z PMSG oraz z MDZ

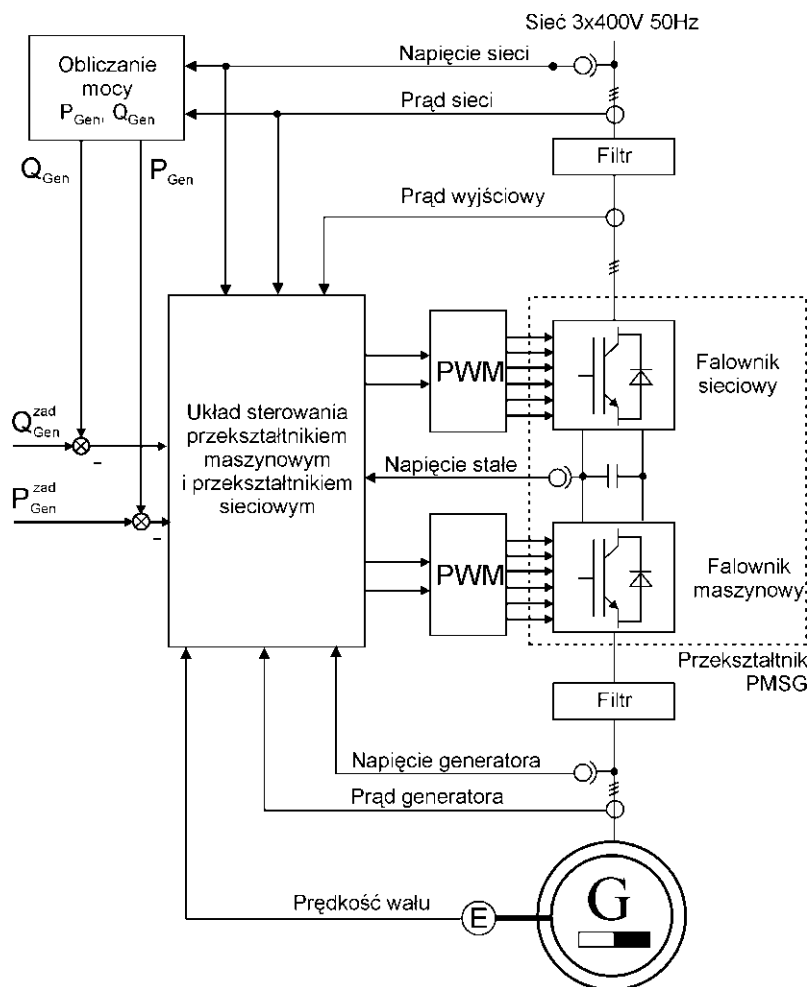
Działanie układów ma umożliwiać:

- przekazywanie energii z generatora WG do sieci elektroenergetycznej SEE,
- zapewnienie sinusoidalnego kształtu prądów generatora WG,
- regulację napięcia w obwodzie pośredniczącym przekształtnika generatora WG w sposób jak najbardziej niezależny od prędkości wału,
- w możliwie największym stopniu odsprężenie warunków pracy generatora od warunków sieci elektroenergetycznej SEE.

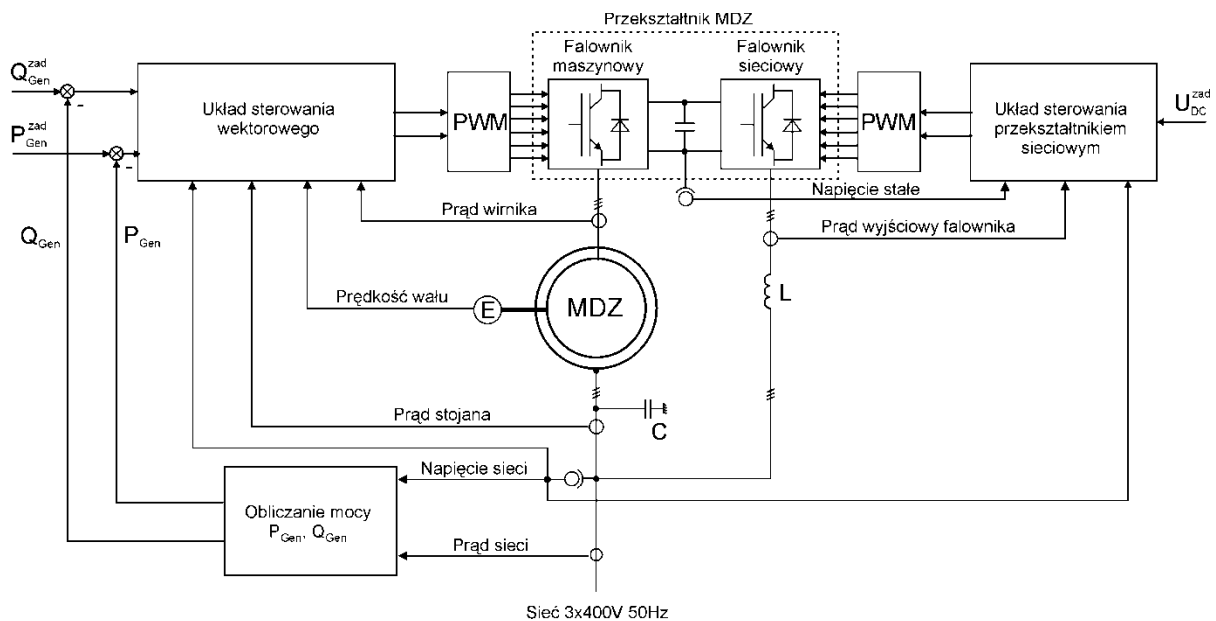
Układy sterowania generatorów PMSG oraz MDZ mają działać według algorytmów sterowania wektorowego lub innych o nie gorszych właściwościach.

Dla układu sterowania generatorów WG sygnałami zadanymi mają być moce czynna P_{Gen}^{zad} i bierna Q_{Gen}^{zad} .

Proponowana podstawowa struktura sterowania dla PMSG przedstawiona została na rys. 7.2/5 natomiast dla MDZ na 7.2/6.



Rys. 7.2/5 Proponowana podstawowa struktura sterowania wektorowego PMSG



Rys. 7.2/6 Proponowana podstawowa struktura sterowania wektorowego MDZ

Układ sterowania generatora ma zapewniać stabilną pracę układu przy spełnieniu parametrów przedstawionych w tabelicy 7.2/2.

Tabelica 7.2/2 Zakresy dopuszczalnych zmian wielkości szczególnie istotnych w procesie sterowania generatora elektrowni wiatrowej

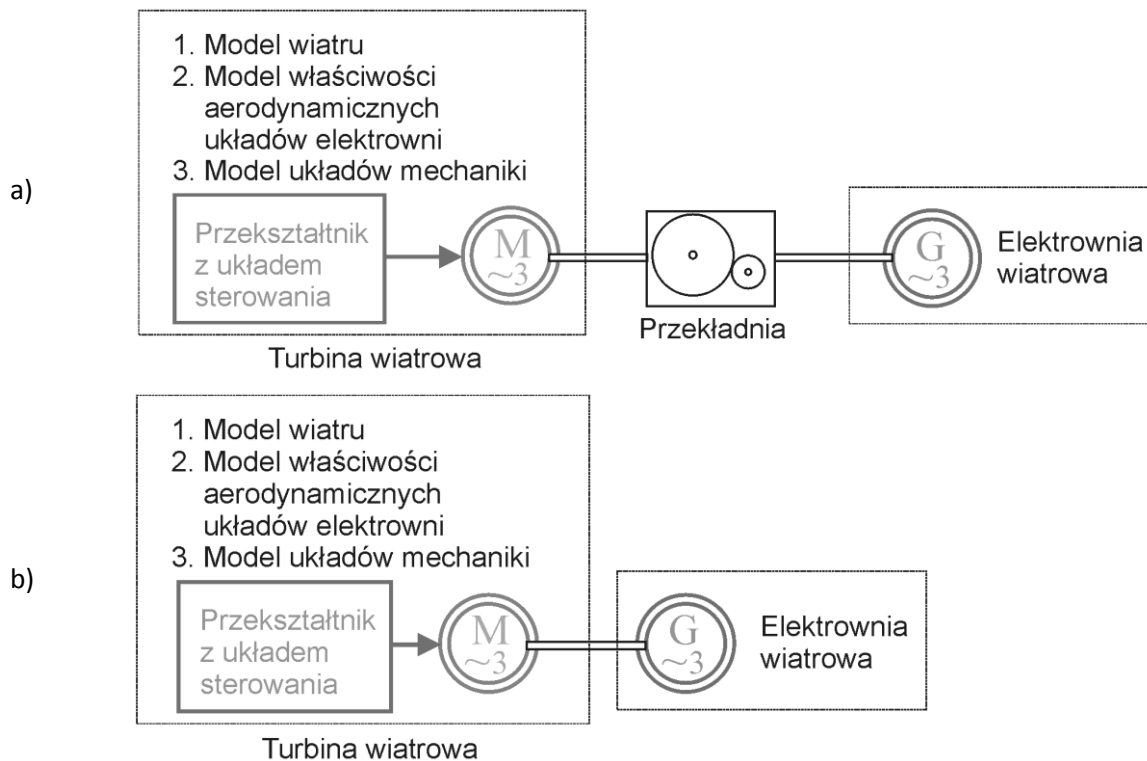
Lp.	Wielkość	Wymagany zakres zmian
1.	Prędkość obrotowa silnika napędzającego generator WG	nie mniejszy niż od 50% do 150% prędkości synchronicznej
2.	Częstotliwość napięcia sieci, do której włączony jest generator WG	nie mniejszy niż od 25 Hz do 75 Hz
3.	Amplituda napięcia sieci, do której włączony jest generator WG	nie mniejszy niż od 50% do 120% napięcia znamionowego generatora

Wykonawca zobowiązany jest uzgodnić z Zamawiającym strukturę sterowania generatora WG i dostarczyć jej szczegółowy opis.

Algorytm sterowania SAK – emulator turbiny wiatrowej

Turbiny wiatrowe jednostek WG1 i WG2 mają być emulowane przez układy napędowe z silnikami asynchronicznymi klatkowymi (SAK). Każdy silnik SAK będzie zasilany z przekształtnika ze sterowaniem mikroprocesorowym. Sterowanie przekształtnikami umożliwi naśladowanie rzeczywistych aspektów działania turbin wiatrowych takich jak na rys. 7.2/7:

- parametry wiatru,
- właściwości aerodynamicznych układów elektrowni,
- właściwości układów przeniesienia momentu i innych układów mechaniki.



Rys. 7.2/7 Struktury emulowanych turbin wiatrowych dla: a) jednostki WG1, b) jednostki WG2

Modele układów mechaniki obejmują takie elementy, jak:

- bezwładność turbiny wiatrowej (dla WG1 i WG2),
- wirnik wiatrowy o stałym lub regulowanym kącie natarcia łopatek (dla WG1 i WG2),
- sztywność wału między silnikiem wiatrowym a generatorem elektrycznym (dla WG1 i WG2),
- przekładnia mechaniczna, która w rzeczywistej elektrowni zwiększa obroty wirnika wiatrowego z zakresu 10..400 obr/min do zakresu obrotów generatora asynchronicznego dwustronnie zasilanego (tylko dla WG2).

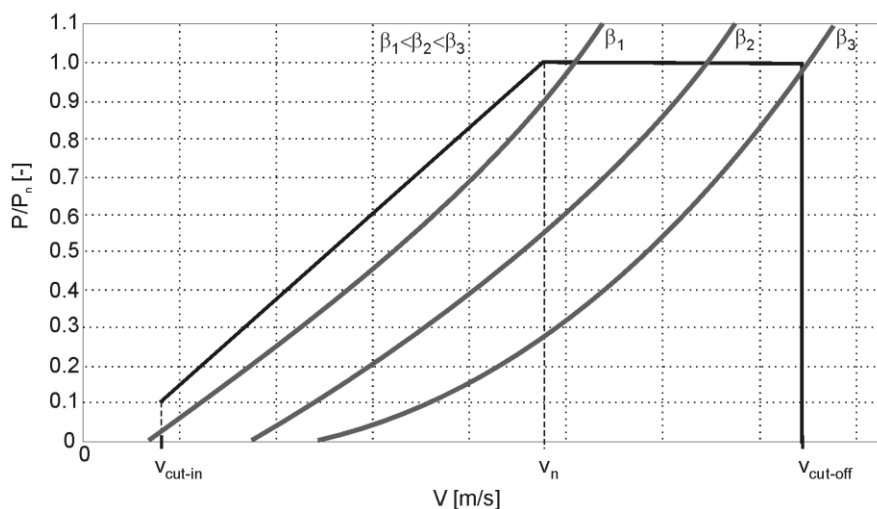
Sygnałem zadanym dla układu napędowego z SAK emulujący rzeczywiste zjawiska występujące w elektrowni wiatrowej będzie otrzymywał dwa sygnały zadane:

- prędkość wiatru V ,
- kąt nachylenia łopatek wirnika wiatrowego β .

Kąt nachylenia łopatek β będzie ustawiony przez użytkownika:

- jako stały ($\beta = \text{const.}$),
- jako zmienny wyznaczany z charakterystyki mocy turbiny wiatrowej.

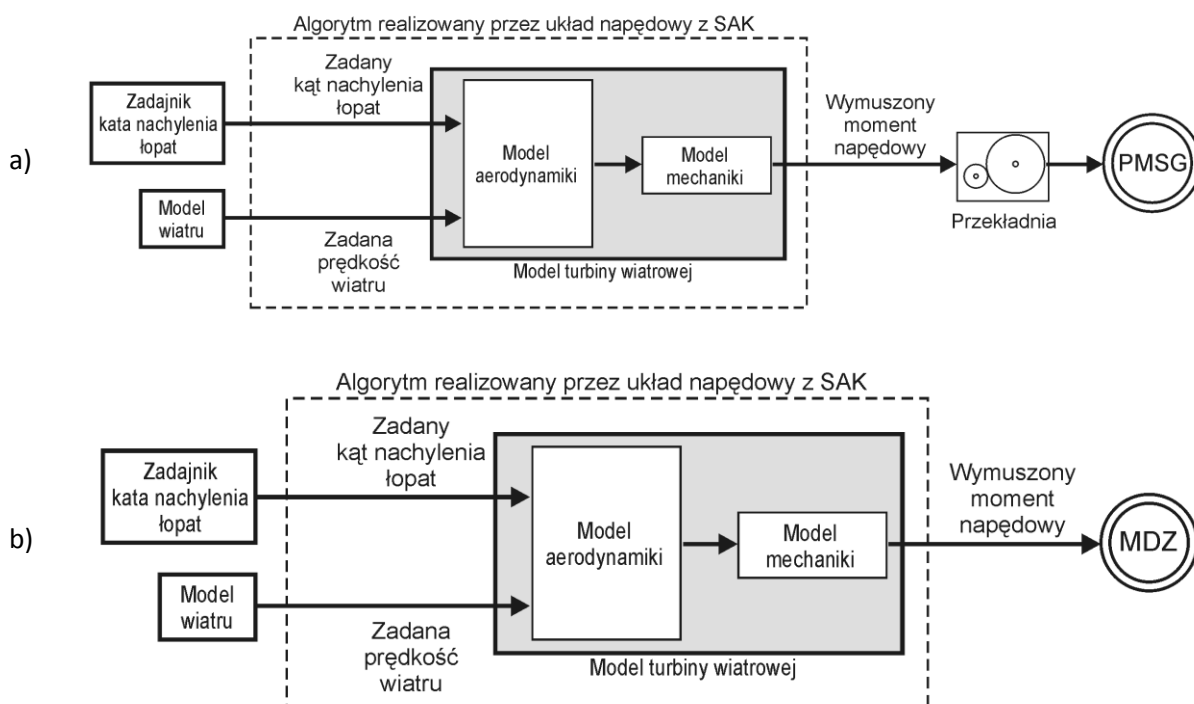
Przykładowa charakterystyka mocy turbiny wiatrowej przedstawiona została na rys. 7.2/8.



Rys. 7.2/8. Przykładowa charakterystyka mocy turbiny wiatrowej dla różnych kątów nachylenia łopat

Użytkownik ma mieć zapewnioną możliwość wyboru jednej spośród kilku dostarczonych przez wykonawcę charakterystyk mocy turbiny. Wykonawca ma wprowadzić w układzie sterowania przynajmniej 5 charakterystyk odzwierciedlających właściwości typowych produkowanych obecnie turbin wiatrowych. Ponadto ma być możliwość wprowadzania własnej charakterystyki turbiny wiatrowej.

Na podstawie znanej prędkości wiatru V , oraz znanego kąta nachylenia łopat β określany będzie moment napędowy, który ma być wymuszony na wale generatora wiatrowego MDZ lub PMSG. W programie sterowania układem napędowym SAK powinny być zaimplementowane zależności modeli aerodynamiki i mechaniki elektrowni wiatrowej (rys. 7.2/9).



Rys. 7.2/9 Struktury modeli turbin wiatrowych dla: a) jednostki WG1, b) jednostki WG2

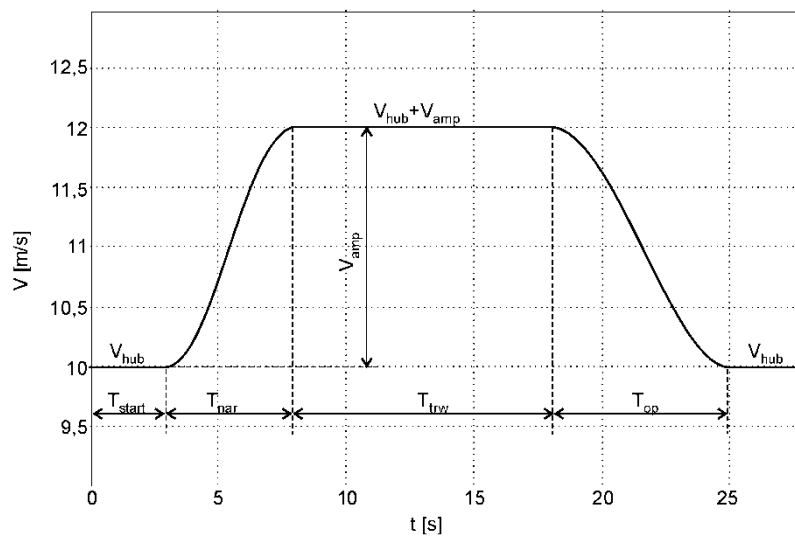
Wielkości zadane dla SAK mogą być stałe lub zmienne w czasie. W przypadku wielkości zmiennych w czasie układ powinien umożliwiać wprowadzanie przebiegów prędkości wiatru jako funkcji $V=f(t)$. Przebiegi $V=f(t)$ pozwalają na modelowanie takich zjawisk, jak:

- podmuch normalny (rys. 7.2/10),
- podmuch ekstremalny (rys. 7.2/11),
- ekstremalny podmuch koherentny (rys. 7.2/12),
- ekstremalna zmiana kierunku wiatru (rys. 7.2/13).

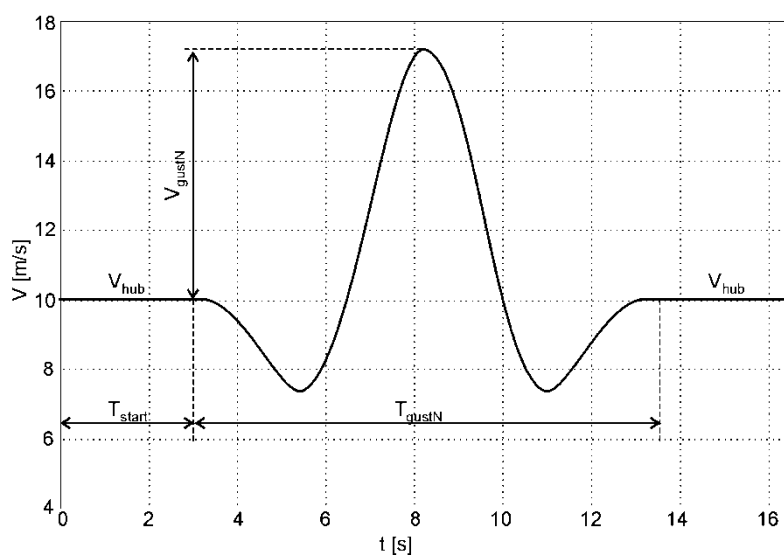
Prędkość obrotowa turbiny wiatrowej jest uzależniona od składowej x prędkości wiatru danej zależnością:

$$V_x = V \cdot \cos \theta \quad (7.2/1)$$

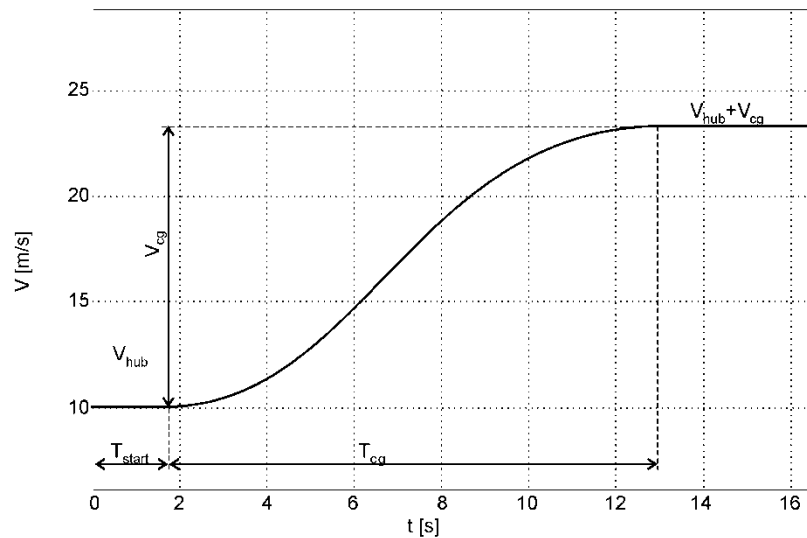
gdzie θ jest kątem odchylenia osi wirnika od kierunku wiatru.



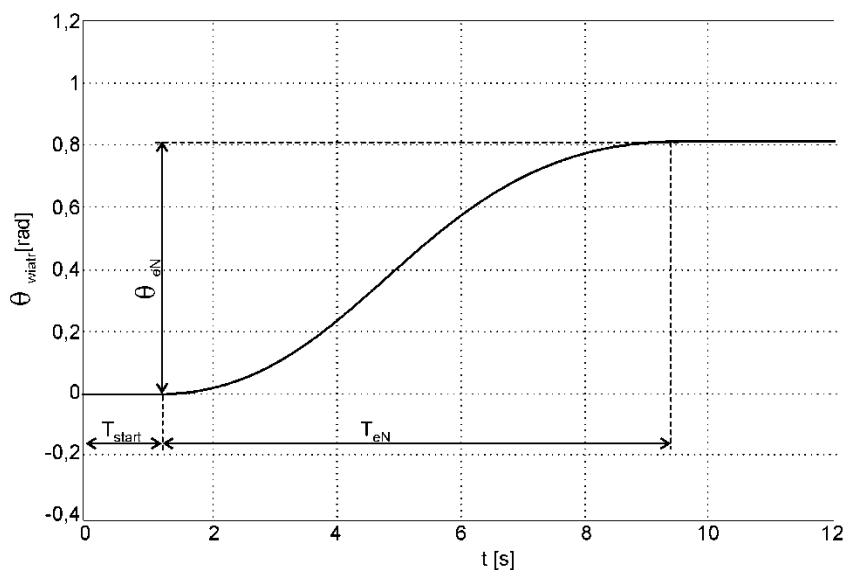
Rys. 7.2/10 Przykładowy przebieg normalnego podmuchu wiatru (V_{hub} - średnia, 10 minutowa prędkość wiatru; V_{amp} - względna prędkość maksymalna podmuchu, T_{start} - czas początku podmuchu, T_{nar} - czas narastania prędkości wiatru, T_{trw} - czas trwania podmuchu, T_{op} - czas opadania prędkości wiatru)



Rys. 7.2/11 Przykładowy przebieg ekstremalnego podmuchu wiatru (V_{hub} - średnia, 10 minutowa prędkość wiatru; V_{gustN} - względna prędkość maksymalna podmuchu, T_{start} - czas początku podmuchu, T_{gustN} - czas podmuchu)



Rys. 7.2/12 Przykładowy przebieg ekstremalnego podmuchu koherentnego (V_{hub} - średnia, 10 minutowa prędkość wiatru; V_{cg} - względna prędkość maksymalna podmuchu, T_{start} - czas początku podmuchu, T_{cg} - czas narastania prędkości wiatru)



Rys. 7.2/13 Przykładowy przebieg ekstremalnej zmiany kierunku wiatru przy $V=10\text{m/s}$ (θ_{wiatr} - kierunek wiatru, θ_{eN} - kątowa zmiana kierunku wiatru, T_{start} - czas początku zmiany kierunku, T_{eN} - czas trwania zmiany kierunku wiatru)

Przyjmuje się następujące zakresy sygnałów:

- zakres prędkości wiatru od 0 m/s do +30 m/s,
- odchylenie wału wirnika od kierunku wiatru od 0 do 90 deg,
- kąt nachylenia łopatek od 0 do 90 deg.

Przebiegi czasowe wielkości zadanych powinny być ustawiane z rozdzielczością 0.1 s przy czasie trwania od 0 do 60 minut.

Dalej opisano kolejne kroki obliczeń proponowanego modelu turbiny wiatrowej realizowanego w systemach sterowania układami napędowym z SAK.

Krok 1

Na podstawie zadanej prędkości wiatru V_x oraz parametrów turbiny wyznaczane są moc P_T i moment M_T na wale wirnika wiatrowego zgodnie z zależnościami:

$$P_T = \frac{1}{2} \rho A_r C_p V_x^3 \quad (7.2/2)$$

$$M_T = \frac{P_T}{\omega_T} \quad (7.2/3)$$

gdzie:

$A_r = \pi D^2/4$ jest powierzchnią o średnicy D zataczaną przez łopaty turbiny,

$\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$ – jest gęstością powietrza,

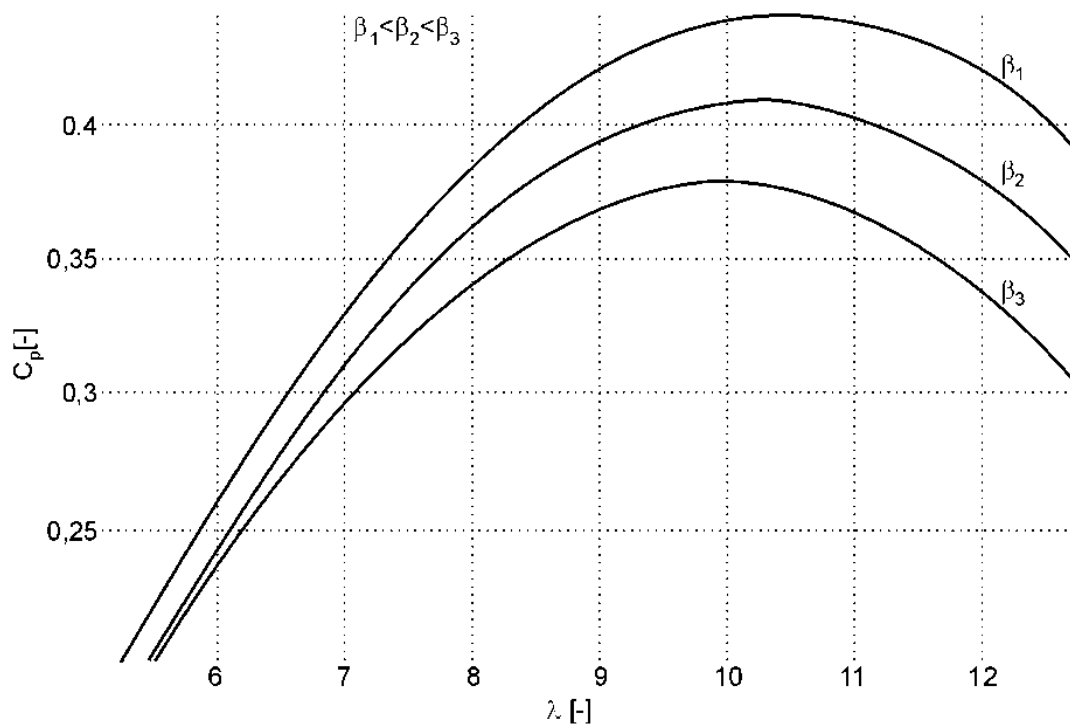
C_p – jest współczynnikiem mocy silnika wiatrowego,

ω_T – jest prędkością obrotową wału turbiny wiatrowej w [rad/s].

Współczynnik mocy C_p jest to stosunek mocy uzyskiwanej w elektrowni do mocy zawartej w strumieniu wiatru. Jest on uzależniony od konstrukcji modelowanego generatora wiatrowego. W opisywanym układzie współczynnik C_p jest modelowany w postaci charakterystyk $C_p(\beta, \lambda)$ gdzie β jest kątem nachylenia łopat, natomiast λ jest wyróżnikiem szybkobieżności określonym przez zależność:

$$\lambda = \frac{\omega_T \cdot D}{2 \cdot V_x} \quad (7.2/4)$$

Zależność $C_p(\beta, \lambda)$ ustawiana jest w układzie sterowania SAK w postaci charakterystyk, których typowe przebiegi przedstawiono na rys. 7.2/14.



Rys. 7.2/14 Przykładowy przebieg współczynnika mocy turbiny C_p w zależności od wyróżnika szybkobieżności λ oraz kąta nachylenia zmiany kierunku wiatru przy $V=10 \text{ m/s}$ (β - kąt nachylenia łopat, λ - wyróżnik szybkobieżności)

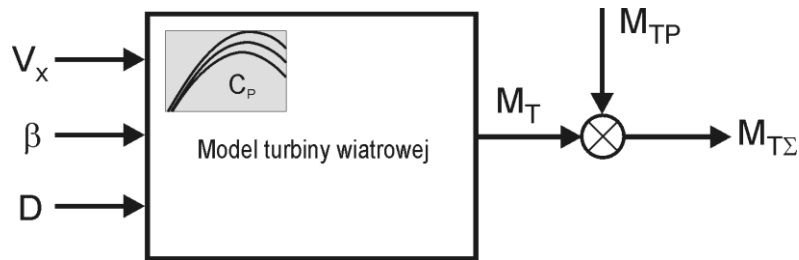
Zależności $C_p(\beta, \lambda)$ aproksymowane są zgodnie z równaniem:

$$C_p = (0,44 - 0,0167\beta) \sin \left[\frac{\pi(-3 + \lambda)}{15 - 0,3\beta} \right] - 0,00184(-3 + \lambda)\beta \quad (7.2/5)$$

Krok 2

Do momentu napędowego na wale turbiny M_T dodawany jest okresowy pulsujący moment zakłócający M_{TP} i wyznaczany jest całkowity moment napędowy turbiny wiatrowej (rys. 7.2/15):

$$M_{T\Sigma} = M_T + M_{TP} \quad (7.2/6)$$



Rys. 7.2/15 Uwzględnienie efektu przysłaniania masztu przez wprowadzenie momentu zakłócającego $M_{T\Sigma}$

Moment zakłócający M_{TP} symuluje efekt przesłonięcia łopatek turbiny i wieży. Częstotliwość f_{TP} zmian momentu M_{TP} jest określona przez zależność:

$$f_{TP} = N \cdot f_T \quad (7.2/7)$$

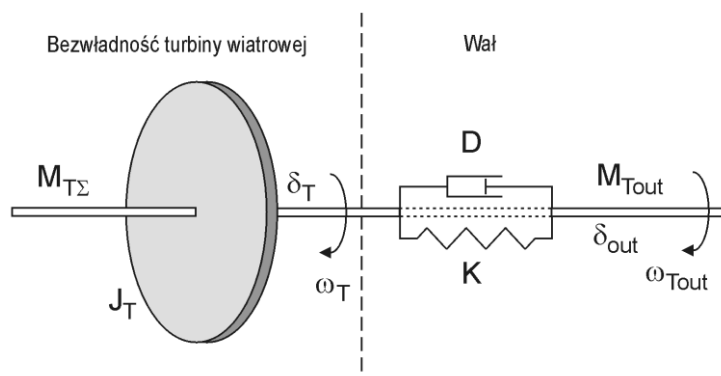
gdzie:

- N – jest liczbą łopatek turbiny ($N=2$ lub $N=3$),
- f_T – jest częstotliwością obrotów wału turbiny.

Wartość modułu momentu zakłócającego M_{TP} jest ustawiana w zakresie od 0 do 20% momentu znamionowego turbiny wiatrowej.

Krok 3 (dla WG1)

W kolejnym kroku działania modelu elektrowni wiatrowej uwzględniana jest bezwładność turbiny wiatrowej J_T oraz sztywność wału (rys. 7.2/16).



Rys. 7.2/16 Struktura części mechanicznej turbiny wiatrowej – uwzględniona w modelu elektrowni

Na rys 7.2/16 literą grecką δ zaznaczono kąty położenia odpowiednich elementów układu.

Moment napędowy za przekładnią M_{Tout} z uwzględnieniem bezwładności turbiny jest określony w sposób następujący:

$$J_T \frac{d\omega_T}{dt} = M_{T\Sigma} - M_{Tout} \quad (7.2/8)$$

$$\frac{d\omega_T}{dt} = \delta_T \quad (7.2/9)$$

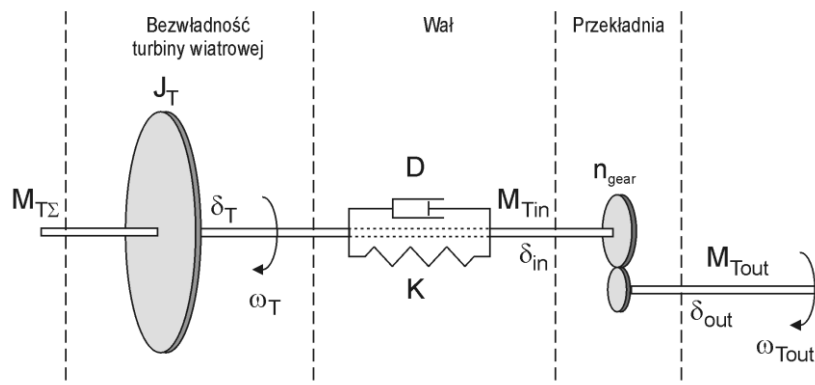
$$M_{Tout} = K(\delta_T - \delta_{out}) + D \left(\frac{d\delta_T}{dt} - \frac{d\delta_{out}}{dt} \right) \quad (7.2/10)$$

gdzie D to współczynnik tłumienia w [Nms/rad] natomiast K jest współczynnikiem sztywności w [Nm/rad].

Moment napędowy turbiny M_{Tout} jest sygnałem zadaniem dla układu regulacji napędu SAK.

Krok 3 (dla WG2)

W kolejnym kroku działania modelu elektrowni wiatrowej uwzględniane są układy mechaniczne transmisji momentu napędowego takie jak moment bezwładności turbiny J_T wiatrowej, sztywność wału oraz przełożenie przekładni mechanicznej n_{gear} (rys. 7.2/17).



Rys. 7.2/17 Struktura części mechanicznej turbiny wiatrowej – uwzględniona w modelu elektrowni

Przełożenie przekładni n_{gear} określone jest jako stosunek prędkości turbiny przed przekładnią ω_T do prędkości turbiny za przekładnią:

$$n_{gear} = \frac{\omega_T}{\omega_{Tout}} \quad (7.2/11)$$

Przełożenie n_{gear} jest mniejsze od jedności:

$$n_{gear} < 1 \quad (7.2/12)$$

Model części mechanicznej jest opisany w następujący sposób:

$$J_T \frac{d\omega_T}{dt} = M_{T\Sigma} - M_{Tin} \quad (7.2/13)$$

$$\frac{d\omega_T}{dt} = \delta_T \quad (7.2/14)$$

$$M_{Tin} = K(\delta_T - \delta_{in}) + D\left(\frac{d\delta_T}{dt} - \frac{d\delta_{in}}{dt}\right) \quad (7.2/15)$$

$$M_{Tout} = \frac{1}{n_{gear}} M_{Tin} \quad (7.2/16)$$

Moment napędowy turbiny M_{Tout} jest sygnałem zadaniem dla układu regulacji napędu SAK.

W przypadku jednostki WG2 możliwe jest też modelowanie zjawisk związanych z przekładnią mechaniczną. W takim przypadku rozszerzenia wymaga równanie mechaniczne silnika (7.2/13) o dodatkowe składowe momentu oporowego, które zostały opisane poniżej.

Współczynnik sztywności K uzależniony jest od sztywności zębów przekładni mechanicznej i określony jest zależnością:

$$K = K_S + K_D \cdot \sin(z \cdot \delta_T) \quad (7.2/17)$$

gdzie K_S to średnia wartość sztywności, K_D to maksymalna wartość współczynnika sztywności, a z oznacza liczbę zębów napędzającego koła zębatego przekładni.

Niewspółosiowość elementów przekładni modelowana jest przez dodatkowy moment oporowy występujący w równaniu mechanicznym silnika:

$$J_T \frac{d\omega_T}{dt} = M_{T\Sigma} - M_{Tin} - M_w \quad (7.2/18)$$

gdzie M_w jest zmiennym momentem oporowym sinusoidalnym o częstotliwości obrotów wału silnika zawierającym składową stałą równą jego amplitudzie:

$$M_w = M_{wav} \cdot (1 + \sin(\delta_T)) \quad (7.2/19)$$

gdzie: M_{wav} – średnia wartość dodatkowego momentu oporowego wywołanego niewspółosiowością elementów przekładni.

Opory ruchu elementów przekładni związane z tarciem lepkiem modelowane są przez dodatkowy moment oporowy występujący w równaniu mechanicznym silnika:

$$J_T \frac{d\omega_T}{dt} = M_{T\Sigma} - M_{Tin} - M_w - M_f \quad (7.2/20)$$

gdzie M_f oznacza moment oporowy związany z tarciem lepkiem określony następująco:

$$M_f = B_m \cdot \omega_T \quad (7.2/21)$$

gdzie B_m jest współczynnikiem tarcia lepkiego.

Wyłamanie zębów przekładni modelowane jest przez okresowe zerowanie momentu napędowego M_{in} w zależności od położenia kąowego δ_T oraz liczby uszkodzonych zębów $N_{z\acute{e}bow}$:

$$J_T \frac{d\omega_T}{dt} = M_{T\Sigma} - W_{z\acute{e}ba} M_{Tin} - M_w - M_f \quad (7.2/22)$$

gdzie $W_{z\acute{e}ba}$ jest współczynnikiem przyjmującym wartości 1 i 0 odpowiednio dla zęba nieuszkodzonego i uszkodzonego. Wartość współczynnika $W_{z\acute{e}ba}$ jest funkcją numeru zęba, oznaczanego δ_{Tint} i wyznaczanego na podstawie kąt położenia wału turbiny w następujący sposób:

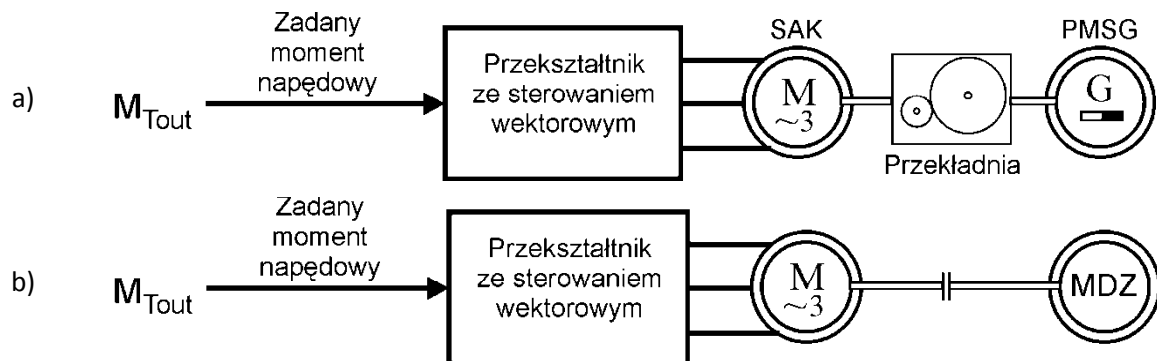
$$\delta_{Tint} = \left\lfloor \frac{L_{z\acute{e}bow} \delta_T}{2\pi} \right\rfloor \quad (7.2/23)$$

gdzie $L_{z\acute{e}bow}$ jest liczbą zębów wejściowego koła zębatego przekładni, natomiast notacja $\lfloor x \rfloor$ oznacza operację wyznaczania części całkowitej argumentu x .

Dla przykładu, jeśli koło ma $L_{z\acute{e}bow}=25$, a uszkodzone są dwa zęby przekładni oznaczone numerami 2 oraz 7, to współczynnik $W_{z\acute{e}ba}$ przyjmuje wartość 0, jeśli $\delta_{Tint}=2$ lub $\delta_{Tint}=7$. Dla pozostałych wartości δ_{Tint} współczynnik $W_{z\acute{e}ba}$ ma wartość 1.

Krok 4

Napęd SAK pracuje tak, aby wygenerować na wale silnika SAK moment napędowy równy momentowi M_{Tout} wyznaczonemu przez równania modelu turbiny wiatrowej (rys. 7.2/18).



Rys. 7.2/18 Układ napędowy z SAK z zaznaczeniem sygnału zadanego dla: a) jednostki WG1, b) jednostki WG2

Dodatkowe wymagania sterownicze

1. Schemat pokazujący koncepcję układu regulacji elektrowni wiatrowej WG1 z generatorem synchronicznym PMSG przedstawiono na rys. 7.2/19.

Na rys. 7.2/19 wyróżniono algorytmy realizowane przez przekształtniki oraz algorytm realizowany w SJF. Podano wymagane minimalne częstotliwości próbkowania sygnałów.

Struktura układu regulacji elektrowni wiatrowej WG2 z generatorem asynchronicznym dwustronnie zasilanym MDZ jest analogiczna do struktury przedstawionej na rys. 7.2/14 dla WG1 przy pominięciu przekładni, tj. $n_{gear}=1$.

2. Dla układu napędowego z SAK ma być możliwość wyboru pracy w pętli regulacji prędkości obrotowej wału. W tym trybie pracy układ z SAK ma działać tak aby uzyskać zadaną przez użytkownika prędkość obrotową wału. Przy takim działaniu turbina wiatrowe nie będzie emulowana.
3. Wykonawca powinien zapewnić możliwość pracy układu elektrowni w trybie automatycznym i trybie sterowania ręcznego przez operatora.
4. Użytkownik ma mieć możliwość ustawienia ograniczeń maksymalnych mocy czynnej i biernej wytwarzanych w elektrowni. Wartość ograniczeń ma być ustawiana:
 - jako stała z możliwością ręcznej zmiany w trakcie testów,
 - jako zadany przebieg czasowy.
5. Struktura sterowania powinna zapewniać możliwość pracy WG1 i WG2 w sposób zgodny z aktualną „Instrukcją ruchu i eksploatacji sieci przesyłowej” Polskich Sieci Elektroenergetycznych PSE-Operator S.A. dla nowobudowanych elektrowni wiatrowych dołączonych do sieci elektroenergetycznej.

7.3 Model odbiorników regulowanych (LOAD1, LOAD2, LOAD3)

Zawartość dokumentu:

7.3.1 CHARAKTERYSTYKI PODATNOŚCI NAPIĘCIOWEJ I CZĘSTOTLIWOŚCIOWEJ

7.3.2 AUTOMATYKA ODCIĄŻAJĄCA

7.3.3 CHARAKTERYSTYKI ZMIENNOŚCI W CZASIE

7.3.4 UWAGA KOŃCOWA

7.3.1 Charakterystyki podatności napięciowej i częstotliwościowej

W podstawowym dostarczonym przez wykonawcę algorytmie sterowania odbiornikami należy przyjąć, że podatność napięciowa i częstotliwościowa odbiorów będzie kształtowana zgodnie z poniższymi zależnościami

$$P_o(u, \Delta f) = P_{on} \cdot (p_1 \cdot u^2 + p_2 \cdot u + p_3) \cdot (1 + K_{pf} \cdot \Delta f)$$

$$Q_o(u, \Delta f) = Q_{on} \cdot (q_1 \cdot u^2 + q_2 \cdot u + q_3) \cdot (1 + K_{qf} \cdot \Delta f)$$

gdzie:

p_1, p_2, p_3 – współczynniki charakterystyki statycznej odbiorów mocy czynnej wyrażona w jednostkach względnych odniesionych do mocy znamionowej,

q_1, q_2, q_3 – współczynniki charakterystyki statycznej odbiorów mocy czynnej wyrażona w jednostkach względnych odniesionych do mocy znamionowej

K_{pf}, K_{qf} – współczynnik podatności częstotliwościowej odbiorów mocy czynnej i biernej jednostkach względnych odniesionych do mocy znamionowej

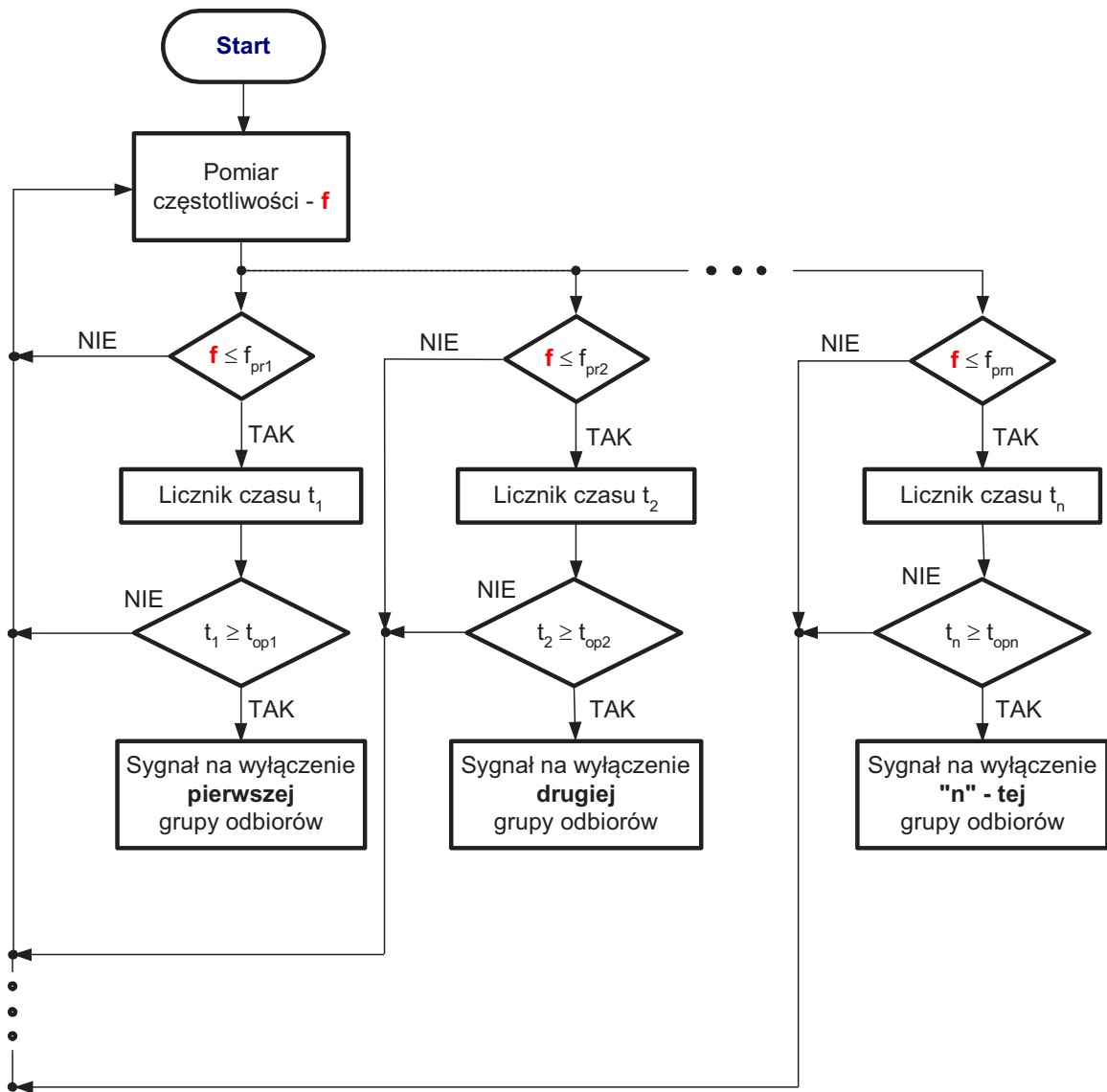
Δf – odchyłka częstotliwości wyrażona w jednostkach względnych

u – napięcie w węźle systemu wyrażone w jednostkach względnych

Wykonawca powinien zapewnić możliwość zastosowania innego, niż opisany powyższymi zależnościami algorytmu wyznaczania mocy czynnej i biernej, jako funkcji napięcia i częstotliwości. Dotyczy to zwłaszcza możliwości tworzenia dynamicznych charakterystyk podatności napięciowej i częstotliwościowej.

7.3.2 Automatyka odciążająca

W podstawowym dostarczonym przez Wykonawcę algorytmie odbiornik powinien umożliwić realizację algorytmu automatyki SCO stosowanej obecnie w KSE. Schemat blokowy algorytmu działania pokazano na rysunku rys.7.3/1. Wartości nastaw podano w tablicy 7.3/1.



Rys. 7.3/1 Schemat blokowy algorytmu działania automatyki SCO stosowanej obecnie w KSE

Tablica 7.3/1 Nastawienia wartości mocy obciążenia na poszczególnych stopniach

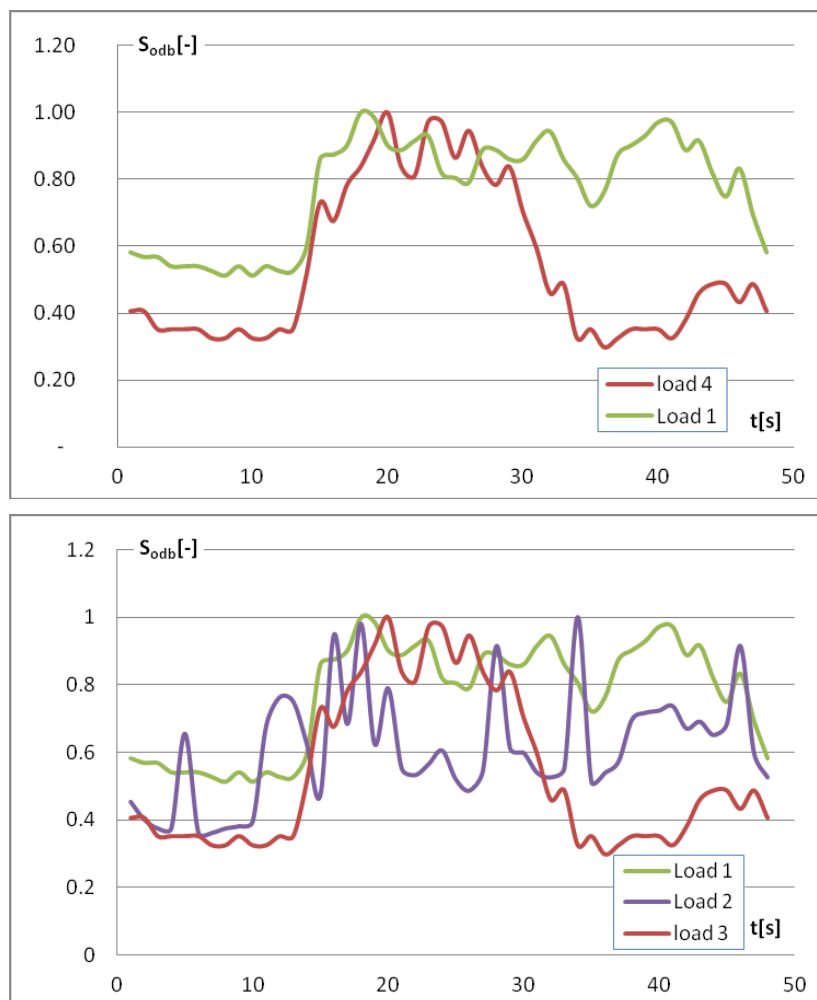
Stopnie (progi) SCO		I	I ¹⁾	II	II ¹⁾	III	IV	V	
Częstotliwość	Hz	49	49	48,7	48,7	48,5	48,3	48,1	
Czas zwłoki	s	0,2	0,5	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5	
Sumarycznie na stopniu	%	21/8 (29%)		22/7 (29%)		20%	11%	11%	100%ΔP

¹⁾ podział na stopniu wynika z różnych nastawionych czasów własnych przekaźników

Ponadto Wykonawca powinien zapewnić możliwość wprowadzania bardziej złożonych algorytmów automatyki odciążającej. Dotyczy to zarówno funkcji tej automatyki, czyli odciążania według kryterium częstotliwościowego i/lub napięciowego, jak również poziomu złożoności proponowanych algorytmów automatyki odciążającej.

7.3.3 Charakterystyki zmienności w czasie

Wykonawca powinien zapewnić możliwość pracy odbioru wg zadanej charakterystyki czasowej. Funkcjonalność ta ma na celu modelowanie zmienności poboru mocy czynnej i/lub biernej w funkcji czasu (charakterystyki zmienności dziennej, dobowej itp.). Na rysunku 7.3/1 pokazano przykładowe przebiegi zmienności mocy odbioru.



Rys. 7.3/1. Przykładowe przebiegi zmienności mocy odbiorów w funkcji czasu.

Należy zapewnić możliwość:

- niezależnego określenia zmienności dla mocy czynnej i biernej,
- liniowej oraz skokowej zmiany mocy pomiędzy poszczególnymi punktami charakterystyki,
- zmiany mocy odbioru z krokiem nie dłuższym niż 0,5 s i wartości równej $\pm 100\%$,
- odwzorowania charakterystyki w czasie nie krótszym niż 24h przy rozdzielczości 1s.

7.3.4 Uwaga końcowa

Wszystkie wspomniane we wcześniejszych rozdziałach funkcjonalności powinny być dostępne jednocześnie. Powyższe wymagania ma na celu umożliwić odzwierciedlenie warunków rzeczywistych, w których wartość mocy odbiorów jest funkcją czasu, napięcia, częstotliwości oraz efektów działania automatyki np. odciążającej.

7.4 Wybrane rysunki budowlane laboratorium

W niniejszym rozdziale przedstawiono następujące rysunki budowlane Laboratorium LINTE²:

Rysunek 1: Plan zagospodarowania terenu,

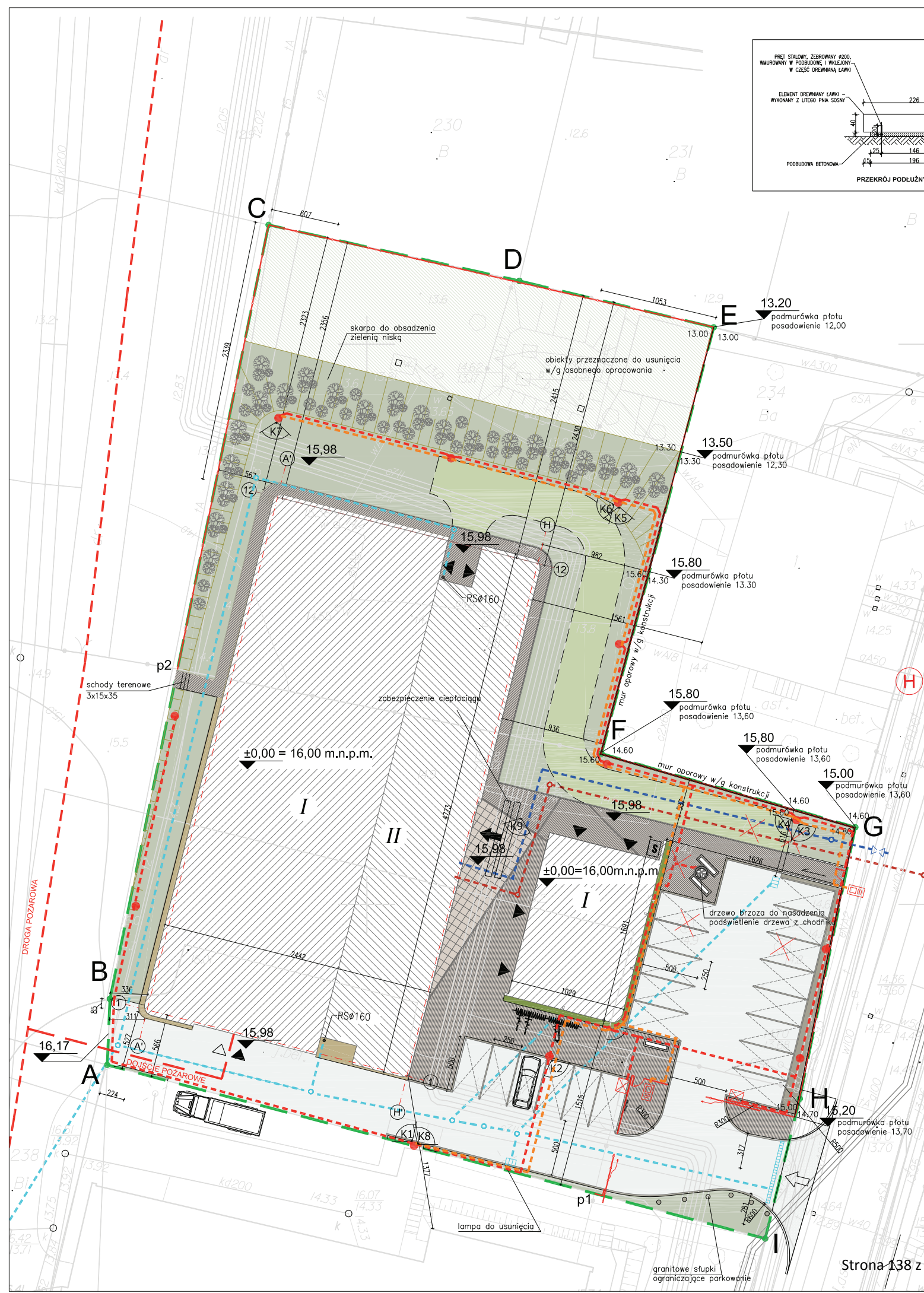
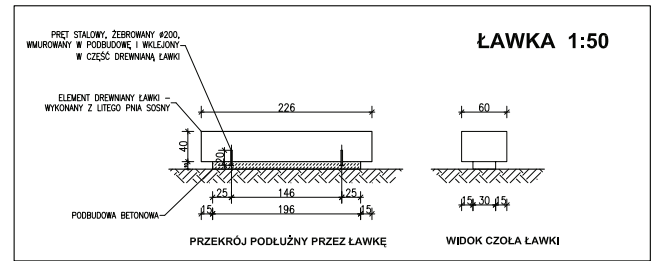
Rysunek 2: Rzut parteru,

Rysunek 3: Rzut piętra I,

Rysunek 4: Rzut dachu i pomieszczeń technicznych na dachu,

Rysunek 5: Rzut dachu,

Rysunek E-01: Trasa kabli badawczych.

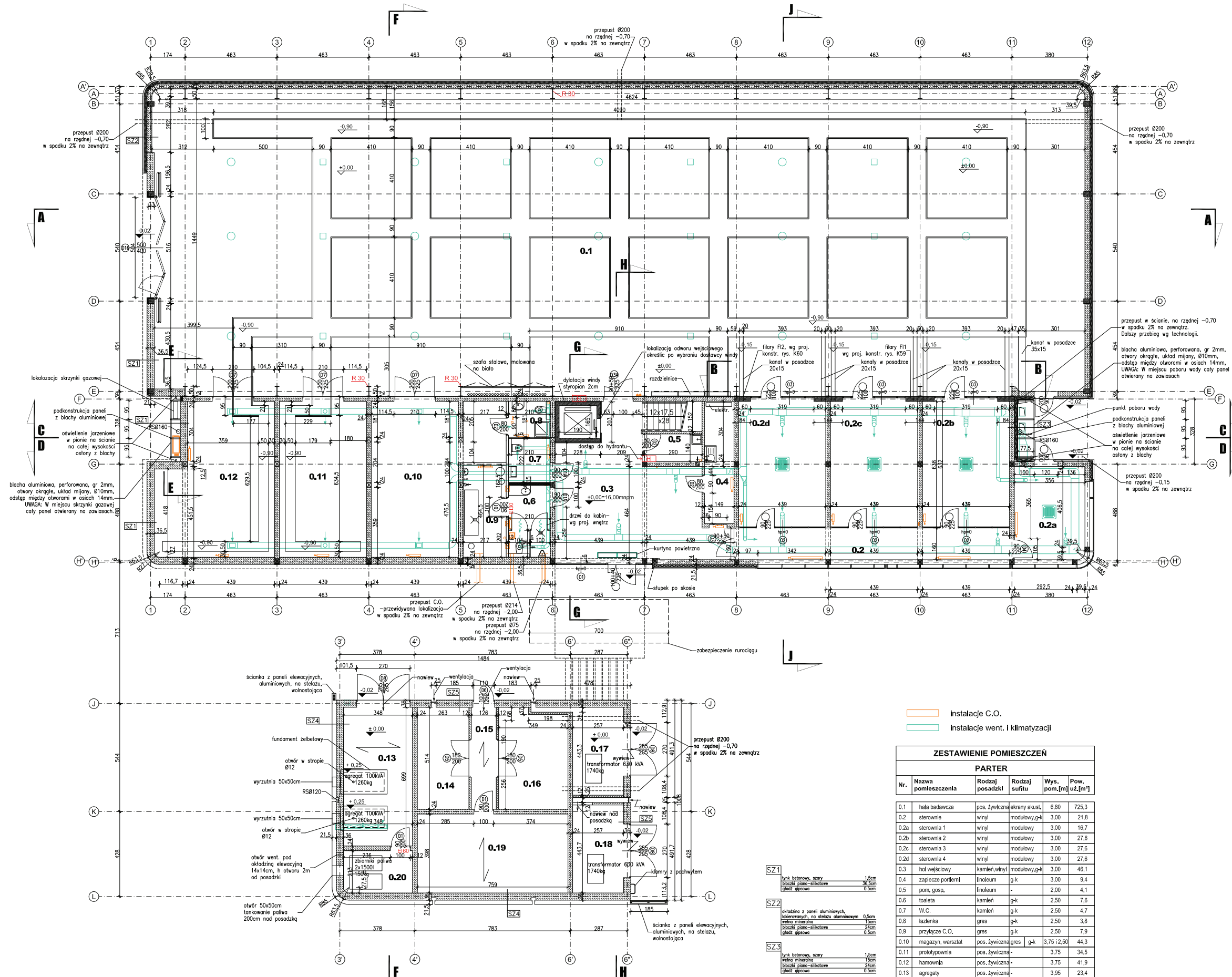


LEGENDA

	istniejąca powierzchnia biologicznie czynna	450 m2
	projektowana powierzchnia biologicznie czynna	758 m2
	projektowana nawierzchnia z kostki betonowej wibracyjnej gr.8cm przylasowana do ruchu kołowego	680 m2
	projektowana nawierzchnia z kostki betonowej wibracyjnej gr.8cm przylasowana do ruchu kołowego -wydzielenie parkingu	35 m2
	projektowana nawierzchnia z płyt kamiennych 60x60 gr.8cm, granit płomieniowany szary	54 m2
	projektowana nawierzchnia z płyt kamiennych szer.12,dl.40 do 60,gr.8cm, granit płomieniowany szary z wstawkami z czarnego polerowanego granitu, ułożony jak parkiet, wzór: tzw. ceglinka okrągła swobodna	347 m2
	opaska zwirowa	40 m2
	nawierzchnia z kratki drogowej z tworzywa sztucznego, azurowa, umożliwiającą naturalną wegetację roślin	210 m2
	projektowana zieleń -dekoracyjna wysoka trawa	15 m2
	drzewo do wycięcia	4 szt
	zieleń niska, projektowana	100 szt
	podmurówka płotu	82 mb
	ogrodzenie od pkt p1-p2 w tym 2 bramy przesuwne i 2 furtki	191 mb
	granitowe słupki ogr. park.	6 szt
	falki betonowo-drewniane	3 szt
	stojak na rowery	1 szt
	projektowany budynek	
	projektowane msc. parkingowe	19 szt
	wejście główne do budynku	
	wejście dodatkowe	
	wjazd na halę	
	projektowany wjazd na działkę	
	granica działki	
	śmiećnik - projektowany	1 szt
	kamera	5 szt
	kanalizacja deszczowa	
	kanalizacja sanitarna	
	przyłącze wody	
	lampa	

UWAGI: PRZED PRZYSTĄPIENIEM DO REALIZACJI DOBÓR MATERIAŁÓW ORAZ SPOSÓB ICH UŁOŻENIA NALEŻY SKONSULTOWAĆ Z PROJEKTANTEM

NAZWA RYSUNKU PLAN ZAGOSPODAROWANIA TERENU		NR RYS 1
AUTORSKA PRACOWNIA PROJEKTOWA K&L art design ul. Janina i Malgośi 9A 80-015 GDANSK tel/fax: 58 552 32 31 www.kalartdesign.pl		REWIZJA BRANŻA ARCH. SKALA 1:200 DATA 15/11/2010
PROJEKTANT mgr inż. arch. G. Krychowicz mgr inż. arch. M. Kowalczyk mgr inż. arch. D. Czap SPRACZUJĄCY mgr inż. arch. B. Gęsiar mgr inż. arch. B. Gęsiar		PROJEKT PEEPS
TYTUŁ PROJEKTU LABORATORIUM INNOWACYJNYCH TECHNOLOGII Gdańsk, ul. Sołteskiego (dz. nr 235)		
Główny Projektant Polltechnika Gdańska Gdańsk, ul. Gabriela Narutowicza 11/12		



— instalacje C.O.
— instalacje went. i klimatyzacji

ZESTAWIENIE POMIESZCZEŃ

PARTER					
Nr.	Nazwa pomieszczenia	Rodzaj posadzki	Rodzaj sufitu	Wys. pom.[m]	Pow. uż.[m ²]
0.1	hala badawcza	pos. żywiczna	ekrany akust.	6,80	725,3
0.2	sterownia	winył	modułowy g-k	3,00	21,8
0.2a	sterownia 1	winył	modułowy	3,00	16,7
0.2b	sterownia 2	winył	modułowy	3,00	27,6
0.2c	sterownia 3	winył	modułowy	3,00	27,6
0.2d	sterownia 4	winył	modułowy	3,00	27,6
0.3	hol wejściowy	kamień, winył	modułowy g-k	3,00	46,1
0.4	zaplecze portierni	linoleum	g-k	3,00	9,4
0.5	pom. gosp.	linoleum	-	2,00	4,1
0.6	toaleta	kamień	g-k	2,50	7,6
0.7	W.C.	kamień	g-k	2,50	4,7
0.8	łazienka	gres	g-k	2,50	3,8
0.9	przyłącze C.O.	gres	g-k	2,50	7,9
0.10	magazyn, warsztat	pos. żywiczna	gres g-k	3,75	12,50
0.11	prototypownia	pos. żywiczna	-	3,75	34,5
0.12	hamownia	pos. żywiczna	-	3,75	41,9
0.13	agregaty	pos. żywiczna	-	3,95	23,4
0.14	pom. akumulatorów	pos. żywiczna	-	3,95	13,5
0.15	komunikacja	pos. żywiczna	-	3,95	6,2
0.16	rozdz. gł. sr. nap.	pos. żywiczna	-	3,95	18,1
0.17	transformator	pos. żywiczna	-	3,95	11,2
0.18	transformator	pos. żywiczna	-	3,95	12,5
0.19	rozdz. gł. nisk. nap.	pos. żywiczna	-	3,95	30,2
0.20	zbiornik paliwa	pos. żywiczna	-	3,95	8,2

SUMA POWIERZCHNI UŻYTKOWEJ PARTERU 1174,2
 POWIERZCHNIA CAŁKOWITA PARTERU 1308,5

- SZ1 tynk betonowy, szary 1,5cm
błocznik gipsowo-włókno-cementowy 24cm
gładź gipsowa 0,5cm
- SZ2 okładzina z paneli aluminiowych, kolorowanych, na stalowej konstrukcji 0,5cm
wełna mineralna 15cm
błocznik gipsowo-włókno-cementowy 24cm
gładź gipsowa 0,5cm
- SZ3 tynk betonowy, szary 1,5cm
wełna mineralna 15cm
błocznik gipsowo-włókno-cementowy 24cm
gładź gipsowa 0,5cm
- SZ4 okładzina z paneli aluminiowych, kolorowanych, na stalowej konstrukcji 0,5cm
pałka powietrzna 21cm
błocznik gipsowo-włókno-cementowy 24cm
gładź gipsowa 0,5cm
- SZ5 tynk betonowy, szary 1,5cm
wełna mineralna 15cm
błocznik gipsowo-włókno-cementowy 24cm
gładź gipsowa 0,5cm

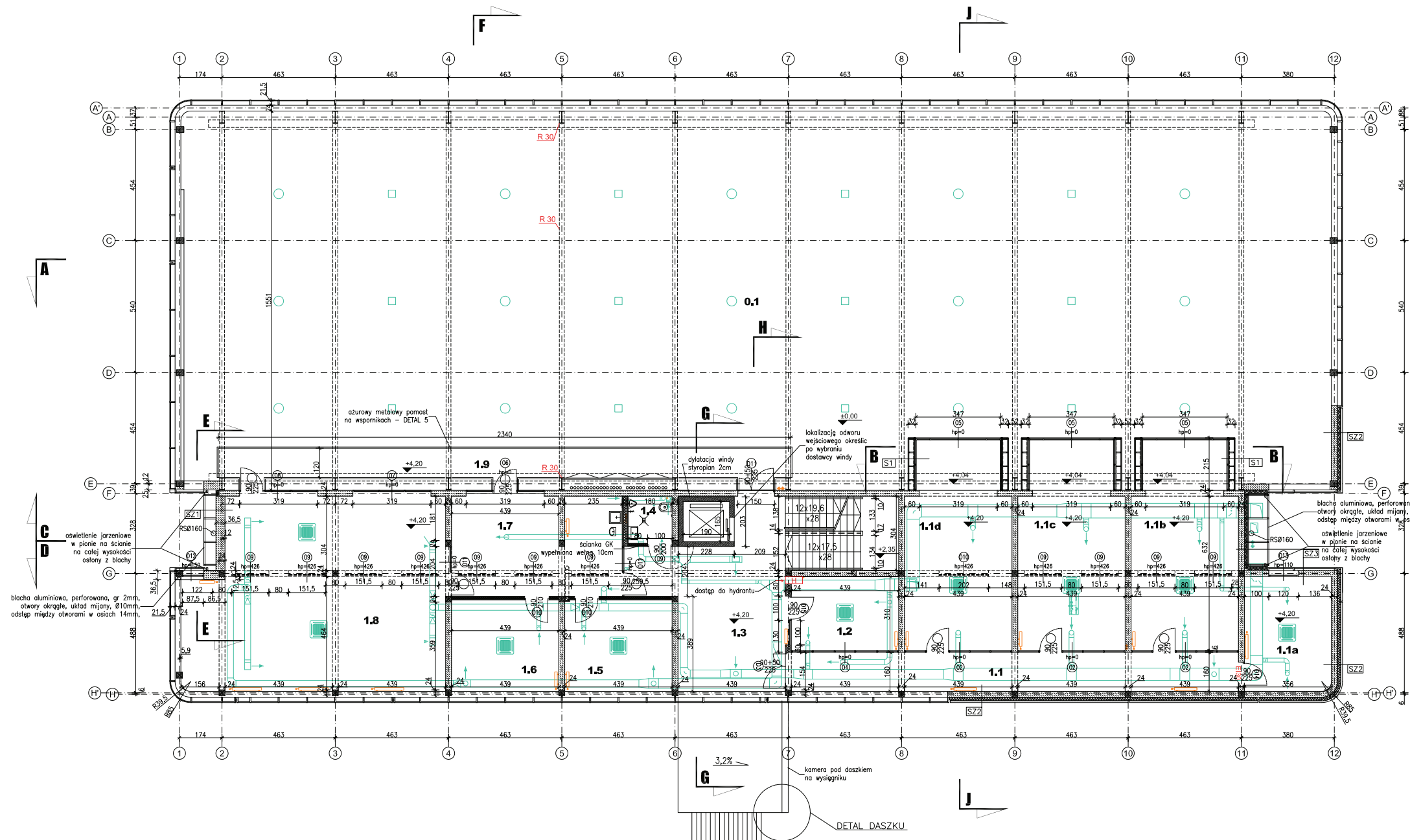
NR RYS **2**
 REWIZJA
 SKALA ARCH.
 SKALA 1:100
 DATA 15/11/2010
 POPS

LABORATORIUM INNOWACYJNYCH TECHNOLOGII
 Gdańsk, ul. Sobieskiego (dz. nr 235)
 INWESTOR
 Politechnika Gdańska
 Gdańsk, ul. Gabriela Narutowicza 11/12

K&L art design
 AUTORSKA PRACOWNIA PROJEKTOWA
 ul. Jaska 1 Malgosi 9A
 80-008 GDAŃSK
 tel./fax: (0 58) 552 32 31
 www.klartdesign.pl

PROJEKTANT
 mgr inż. arch. G. Kychowicz
 spr. nr PO/0001482
 mgr inż. arch. M. Kowalczyk
 mgr inż. arch. D. Cych

SPRACOWIZJA
 mgr inż. arch. B. Gasiot
 spr. nr 518104992



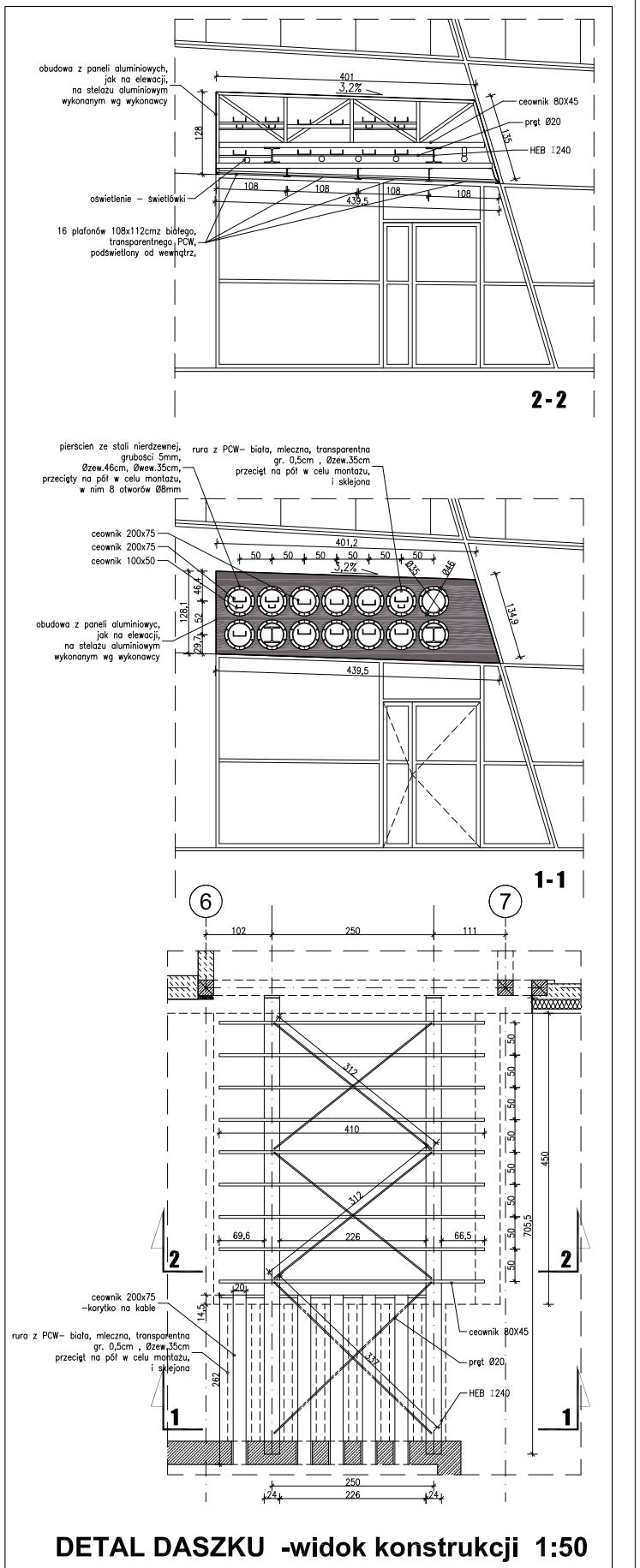
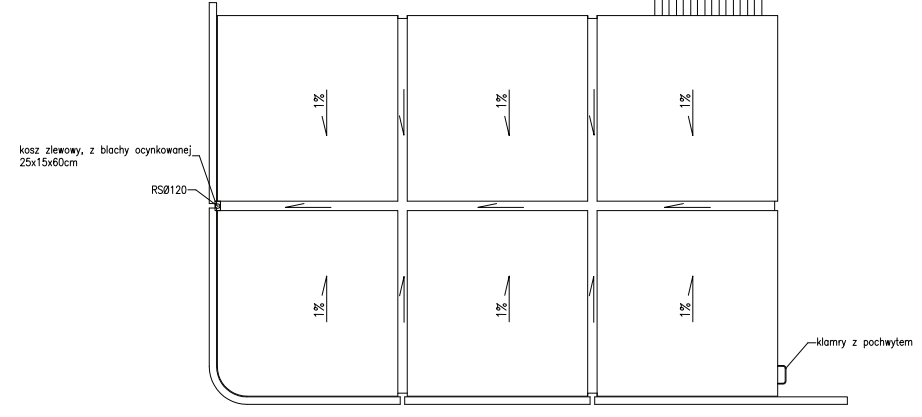
- instalacje C.O.
- instalacje went. i klimatyzacji

ZESTAWIENIE POMIESZCZEŃ PIĘTRO 1						
Nr.	Nazwa pomieszczenia	Rodzaj posadzki	Rodzaj sufitu	Wys. pom.[m]	Pow. pom.[m ²]	
1,1	sterownia	winył	żebrowy	3,00	29,2	
1,1a	serwerownia	winył	modułowy	3,00	16,7	
1,1b	sterownia 5	winył	modul.żebr.	3,00	35,5	
1,1c	sterownia 6	winył	modul.żebr.	3,00	35,5	
1,1d	sterownia 7	winył	modul.żebr.	3,00	35,5	
1,2	sterownia 8	winył	modułowa	3,00	13,2	
1,3	komunikacja	winył	modułowy g-k	3,00	48,9	
1,4	W.C.	gres	g-k	2,50	3,6	
1,5	biuro 1	wykt. dywan.	modułowy g-k	3,00	16,4	
1,6	biuro 2	wykt. dywan.	modułowy g-k	3,00	16,4	
1,7	aneks socjalny	winył	g-k+pleksł	3,00	28,0	
1,8	sala konferencyjna	winył	g-k+żebra	3,00	80,0	
1,9	taras wewnętrzny	-	-	-	29,7	

SUMA POWIERZCHNI UŻYTKOWEJ PIĘTRA 1 388,6

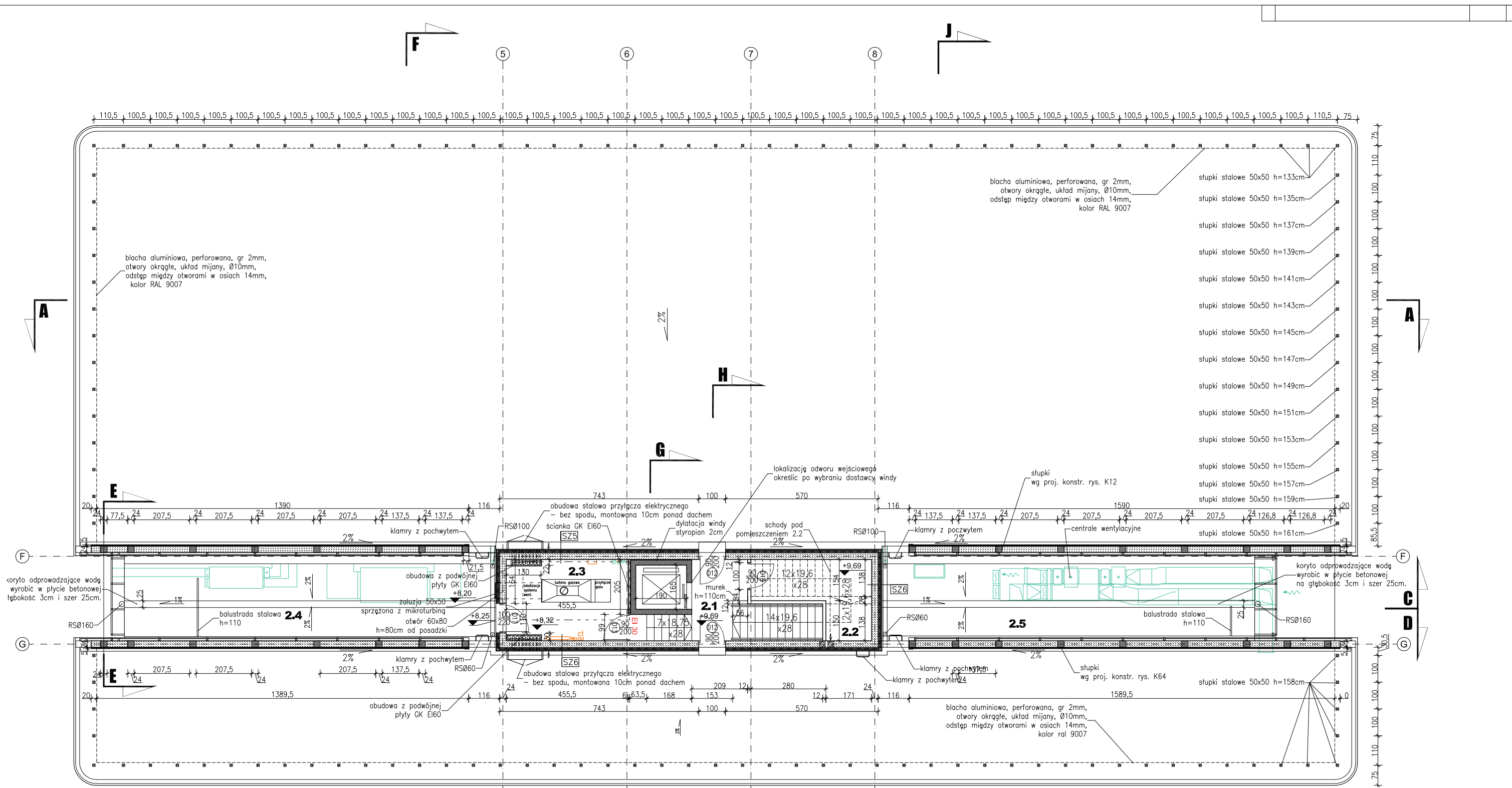
POWIERZCHNIA CAŁKOWITA PIĘTRA 1 456,0

- SZ1:
 - tylnik betonowy, szary 1,5cm
 - blatki piana-silikatowa 36,5cm
 - glazol gipsowa 0,5cm
- SZ2:
 - okładzina z paneli aluminiowych, lakierowanych, na stalozu aluminiowym 0,5cm
 - włosa mineralna 15cm
 - blatki piana-silikatowa 24cm
 - glazol gipsowa 0,5cm
- SZ3:
 - tylnik betonowy, szary 1,5cm
 - włosa mineralna 15cm
 - blatki piana-silikatowa 24cm
 - glazol gipsowa 0,5cm
- SI:
 - okładzina z kamienia 20cm
 - staloz aluminiowy 20cm
 - włosa mineralna 20cm
 - konstrukcja stłozowa z rur kwadratowych 90x90mm
 - zaprawa UK 2,5cm
 - glazol gipsowa



DETAL DASZKU -widok konstrukcji 1:50

NAZWA WOBIEKTU			NR RYS
Piętro 1			3
PROJEKTANT			REWIZJA
K&L art design			ARCH.
AUTORSKA PRACOWNIA PROJEKTOWA ul. Jaska 1 Malgosi 9A			SKALA
mgr inż. arch. G. Kucharski mgr inż. arch. M. Kowalczyk mgr inż. arch. D. Czapla			1:100
DATA			15/11/2010
INWESTOR			PODS
LABORATORIUM INNOWACYJNYCH TECHNOLOGII Gdańsk, ul. Sobieskiego (dz. nr 235)			PODS
POLITECHNIKA GDAŃSKA Gdańsk, ul. Gabriela Narutowicza 11/12			PODS



ZESTAWIENIE POMIESZCZEŃ

DACH

Nr.	Nazwa pomieszczenia	Rodzaj posadzki	Rodzaj sufitu	Wys. pom.[m]	Pow. uż.[m²]
2.1	komunikacja	pcw	-	2,5	22,6
2.2	pom. tech.	pos. bet.	-	2,5	9,5
2.3	pow. tech.	pos. bet.	-	3,81	14,1
2.4	pow. tech. dachu 1	papa	-	-	29,2
2.5	pow. tech. dachu 2	papa	-	-	38,0

SUMA POWIERZCHNI UŻYTKOWEJ DACHU 107,5

POWIERZCHNIA CAŁKOWITA DACHU 142,5

SUMA POWIERZCHNI UŻYTKOWEJ BUDYNKU 1674,3

SUMA POWIERZCHNI CAŁKOWITEJ BUDYNKU 1907,0

SZ6

blacha stalowa, ocynkowana	2,5cm
włna mineralna	10cm
blozki piana-silikatowe	24cm
gładz gipsowa	0,5cm

UWAGA: Wszystkie rynny i rury spustowe ogrzewane elektrycznie

Nazwa rysunku
Dach i pomieszczenia techniczne na dachu

Jednostka projektowa
K&L art design
AUTORSKA PRACOWNIA PROJEKTOWA
ul. Jasła i Malgosz 19A
80-308 GDAŃSK
tel/fax: (0 prefx 58) 552 32 31
www.klardesign.pl

Projektant
mgr inż. arch. G. Krychowski
upr. nr PO/KK/014/02
mgr inż. arch. M. Kowalczyk
mgr inż. arch. D. Czyż

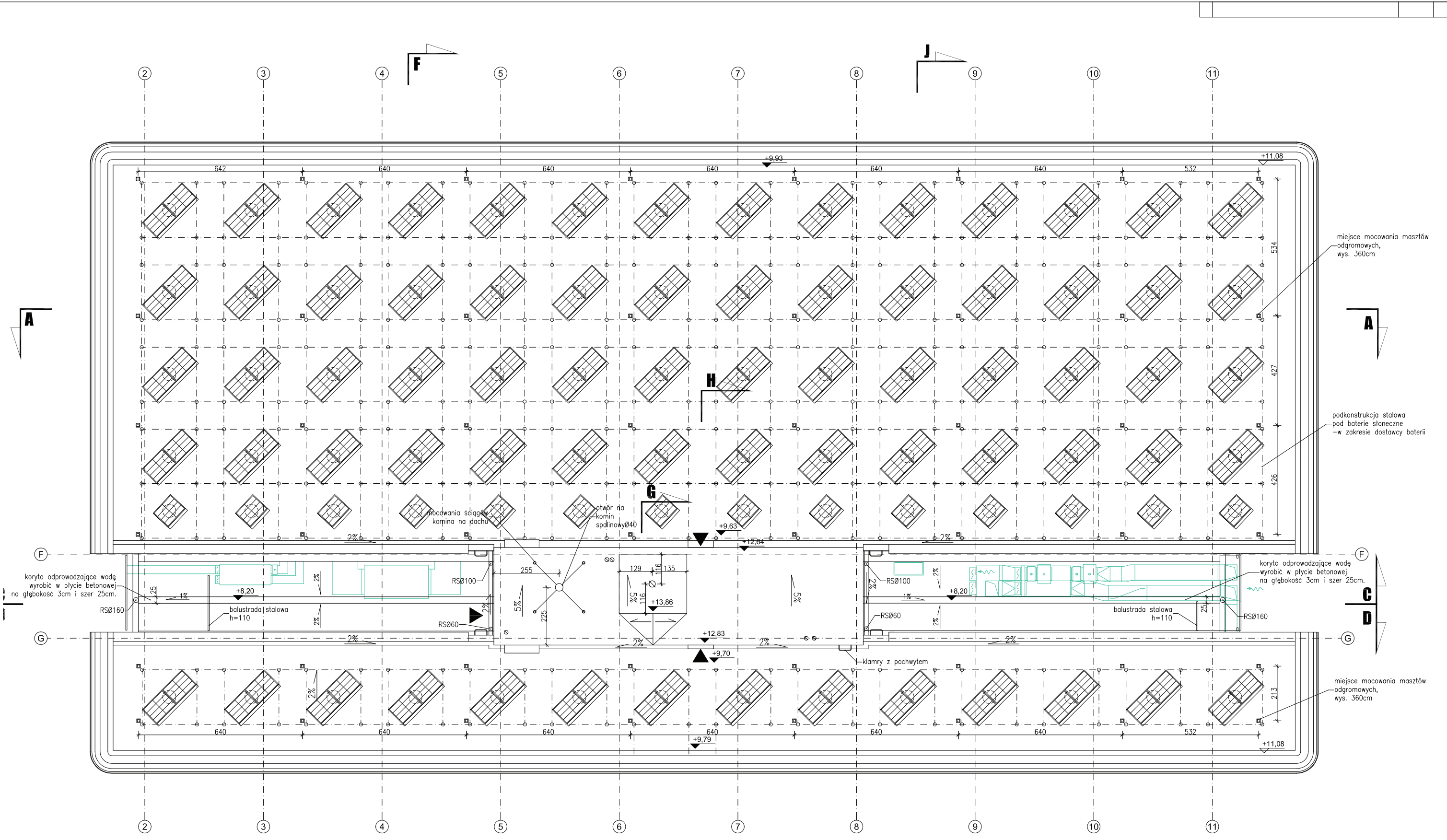
Sprawdzający
mgr inż. arch. B. Gasior
upr. nr 5181/Gd/92

Temat opracowania
LABORATORIUM INNOWACYJNYCH TECHNOLOGII
Gdańsk, ul. Sobieskiego (dz. nr 235)

Investor
Politechnika Gdańska
Gdańsk, ul. Gabriela Narutowicza 11/12

NR RYS	4
REWIZJA	-
BRANŻA	ARCH.
SKALA	1:100
DATA	15/11/2010

PODPIS	
PODPIS	



koryto odprowadzające wodę
wyrobic w płycie betonowej
na głębokość 3cm i szer 25cm.

miejsce mocowania masztów
odgromowych,
wys. 360cm

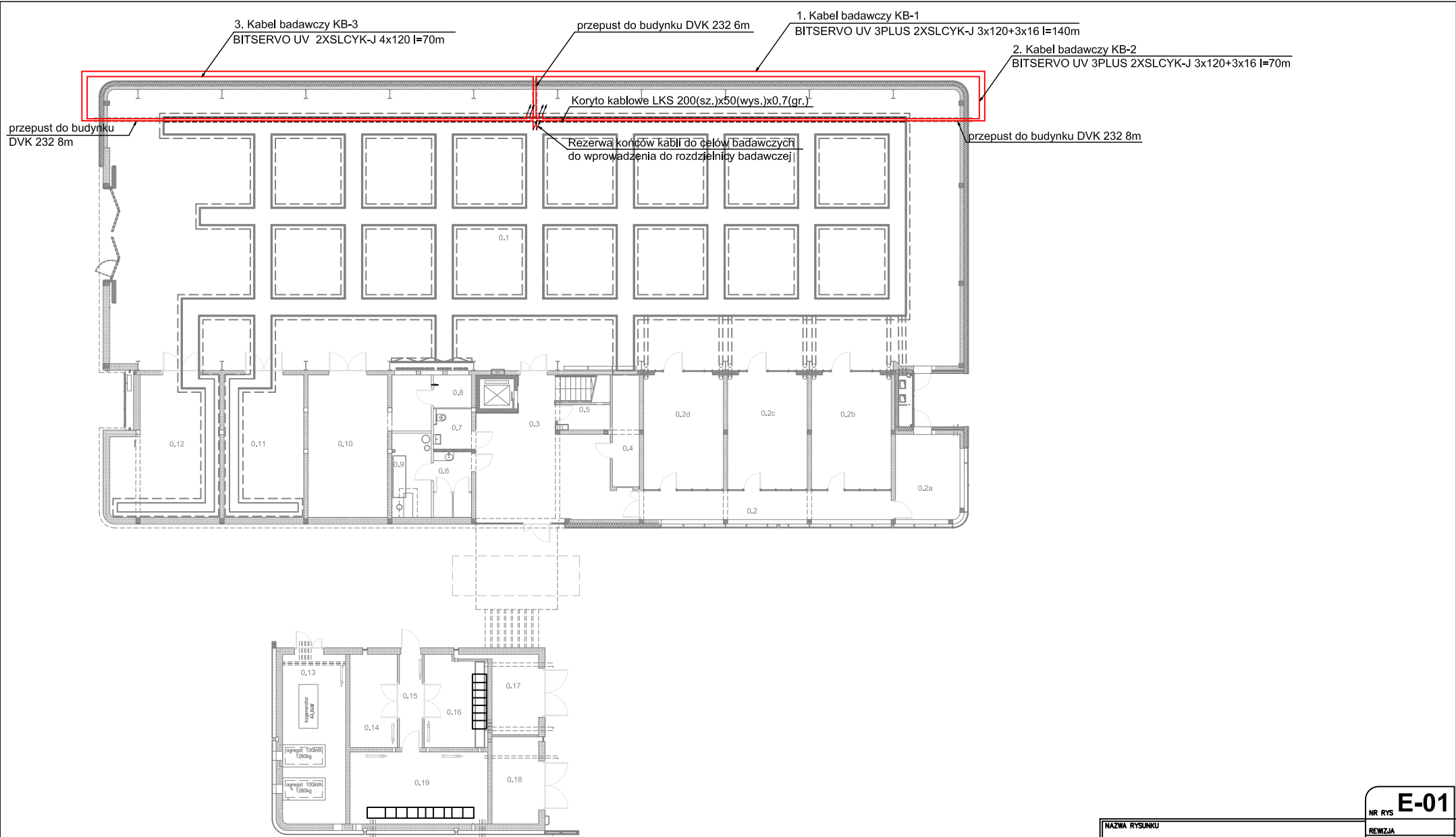
podkonstrukcja stalowa
pod baterie słoneczne
- w zakresie dostawy baterii

koryto odprowadzające wodę
wyrobic w płycie betonowej
na głębokość 3cm i szer 25cm.

miejsce mocowania masztów
odgromowych,
wys. 360cm

- instalacje C.O.
- instalacje went. i klimatyzacji

NAZWA RYSUNKU Dach		NR RYS 5
JEDNOSTKA PROJEKTOWA K&L art design AUTORSKA PRACOWNIA PROJEKTOWA ul. Jasła 1 Młagost 9A 80-308 GDANSK tel/fax. (0 prefik 58) 552 32 31 www.klartdesign.pl		REWIZJA BRANZA ARCH. SKALA 1:100 DATA 15/11/2010
TEMAT OPRACOWANIA LABORATORIUM INNOWACYJNYCH TECHNOLOGII Gdańsk, ul. Sobieskiego (dz. nr 235)		POOPIS
INWESTOR Politechnika Gdańska Gdańsk, ul. Gabriela Narutowicza 11/12		POOPIS
PROJEKTANT mgr inż. arch. G. Krychowski upr. nr POIKK/014/02		POOPIS
mgr inż. arch. M. Kowalczyk mgr inż. arch. D. Czyż		POOPIS
SPRAWDZAJĄCY mgr inż. arch. B. Gasior upr. nr 5181/Gd/92		POOPIS



NR RYS **E-01**

NAZWA RYSUNKU		REMIZJA	
Trasa kabli badawczych		ELEKT.	
BRANŻA		SKALA	
		1:200	
DATA		PODPIS	
JEDNOSTKA PROJEKTOWA K&L art design AUTORSKA PRACOWNIA PROJEKTOWA ul. Jasła I Malgosz 9A 80-308 GDANSK tel/fax, (0 prefix 58) 552 32 31 www.klartdesign.pl		PROJEKTANCI mgr Inż. Krzysztof Laska upr. nr: 217/Gd/00	OPRACOWANIE mgr Inż. Piotr Szalast
		SPRAWDZAJĄCY mgr Inż. Sławomir Hebel upr. nr: 214/Gd/00	PODPIS
TEMAT OPRACOWANIA LABORATORIUM INNOWACYJNYCH TECHNOLOGII Gdańsk, ul. Sobleskiego (dz. nr 235)			
INWESTOR Polltechnika Gdańska Gdańsk, ul. Gabriela Narutowicza 11/12			

7.5 Schematy elektryczne instalacji badawczej

W niniejszym rozdziale przedstawiono następujące schematy instalacji Laboratorium LINTE²:

Schemat 1: Pole przyłącza RNN, napędy TG1 i TG2,

Schemat 2: Pole DG1, pole DG2, pole rezerwowe RH,

Schemat 3: Pole rezerwowe PT, pole agregatowni, pole mikroturbiny gazowej,

Schemat 4: Pole TG1,

Schemat 5: Pole TG2,

Schemat 6: Pole FW,

Schemat 7: Pole ET1,

Schemat 8: Pole ET2,

Schemat 9: Pole ET3,

Schemat 10: Pole WG1, pole WG2,

Schemat 11: Pole CINV, pole rezerwowe PV,

Schemat 12: Przyłącze rezerwowe BA, przyłącze SC,

Schemat 13: Pole STATCOM, pole SVC,

Schemat 14: Pole LOAD1, pole LOAD2,

Schemat 15: Pole LOAD3, pole LOAD4,

Schemat 16: Pole UPFC,

Schemat 17: Pole rezerwowe PP1, pole rezerwowe PP2, pole rezerwowe PP3,

Schemat 18: Pole LINE1,

Schemat 19: Pole LINE2,

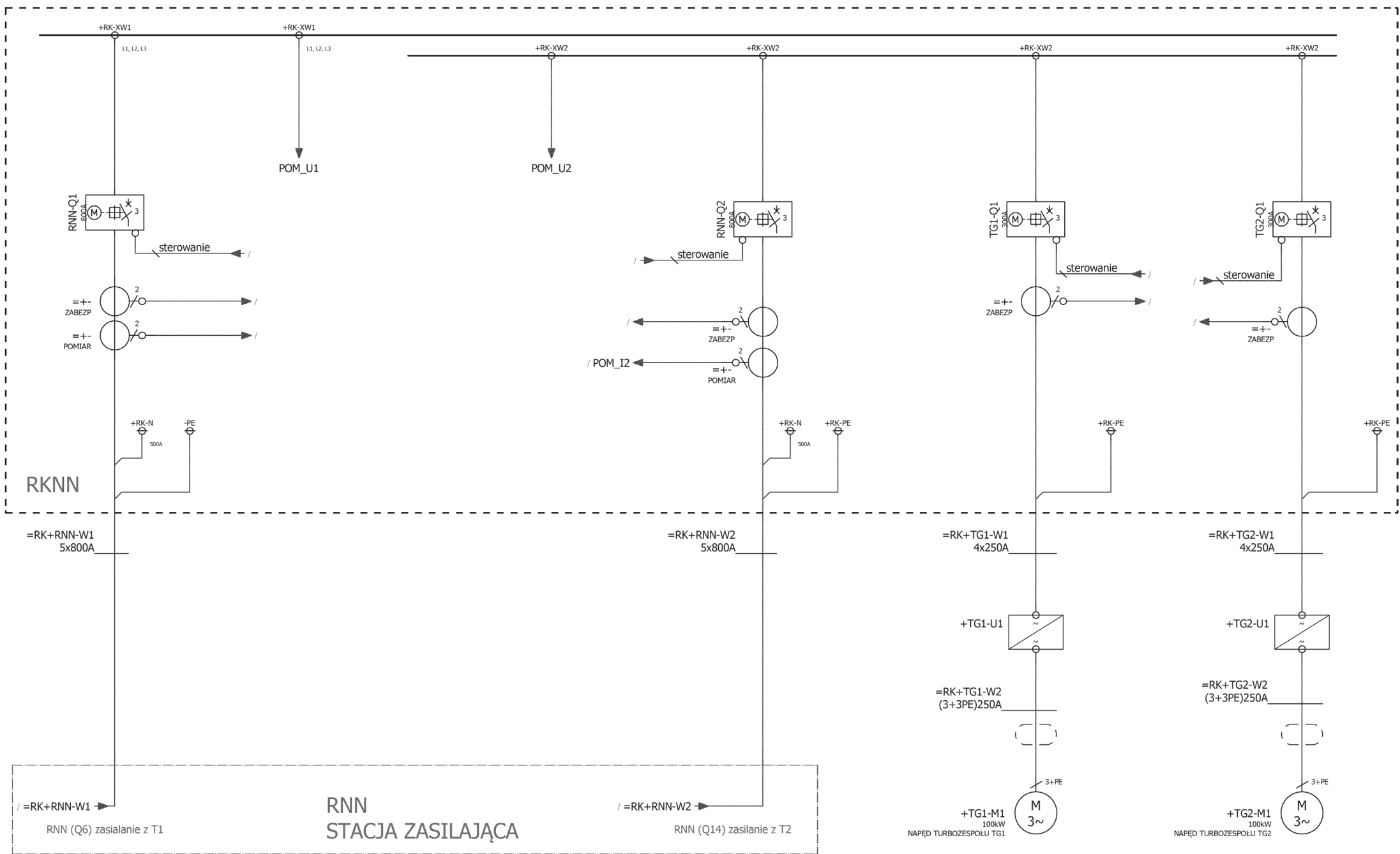
Schemat 20: Pole LINE4,

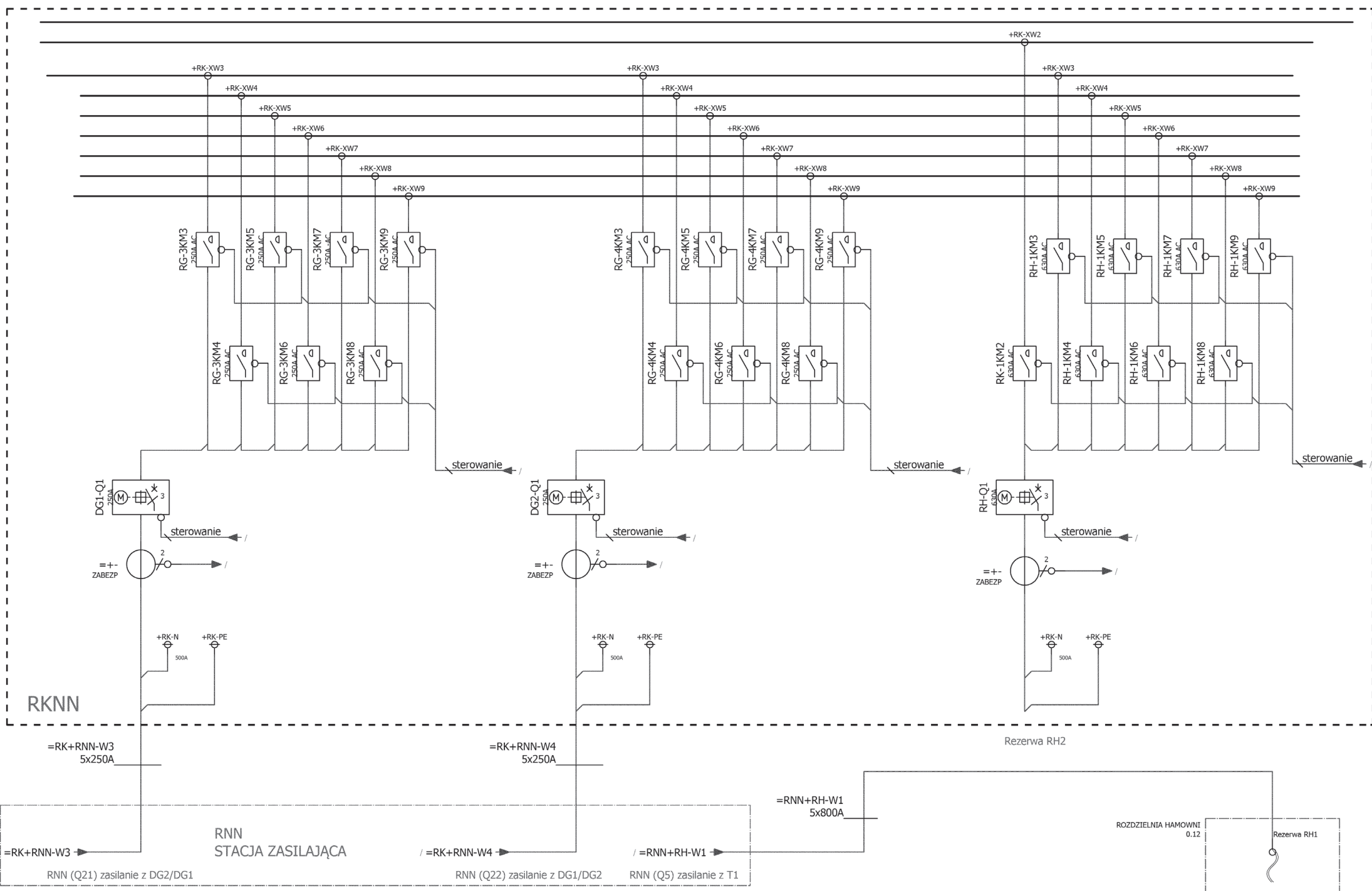
Schemat 21: Pole LINE3,

Schemat 22: Pole HVDC, Pole CL3,

Schemat 23: Pole CL1, Pole CL2,

Schemat 24: Pole EVCS.





RKNN

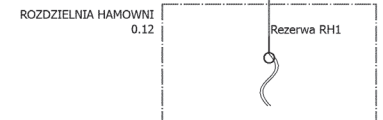
=RK+RNN-W3
5x250A

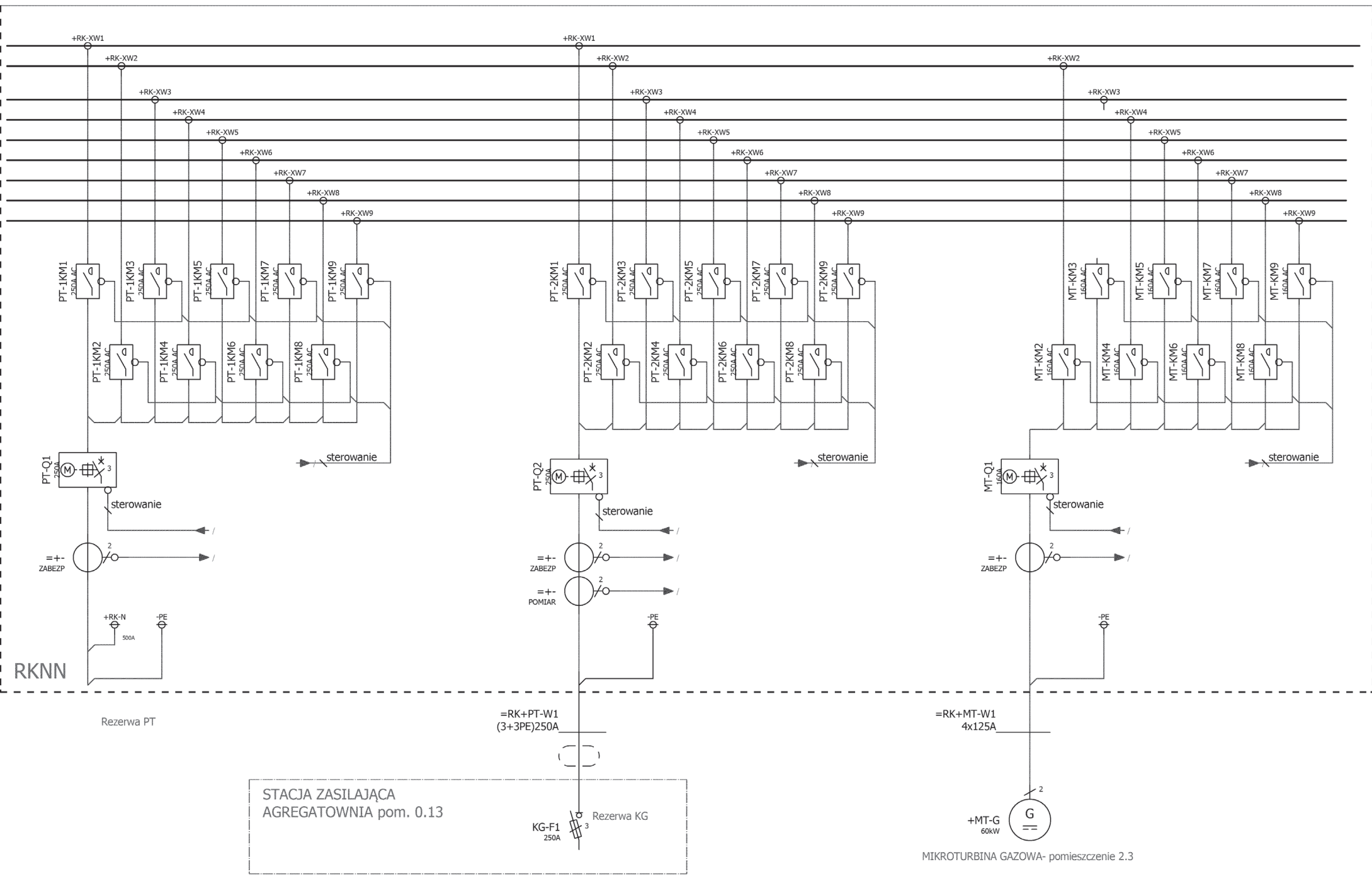
=RK+RNN-W4
5x250A

Rezerwa RH2

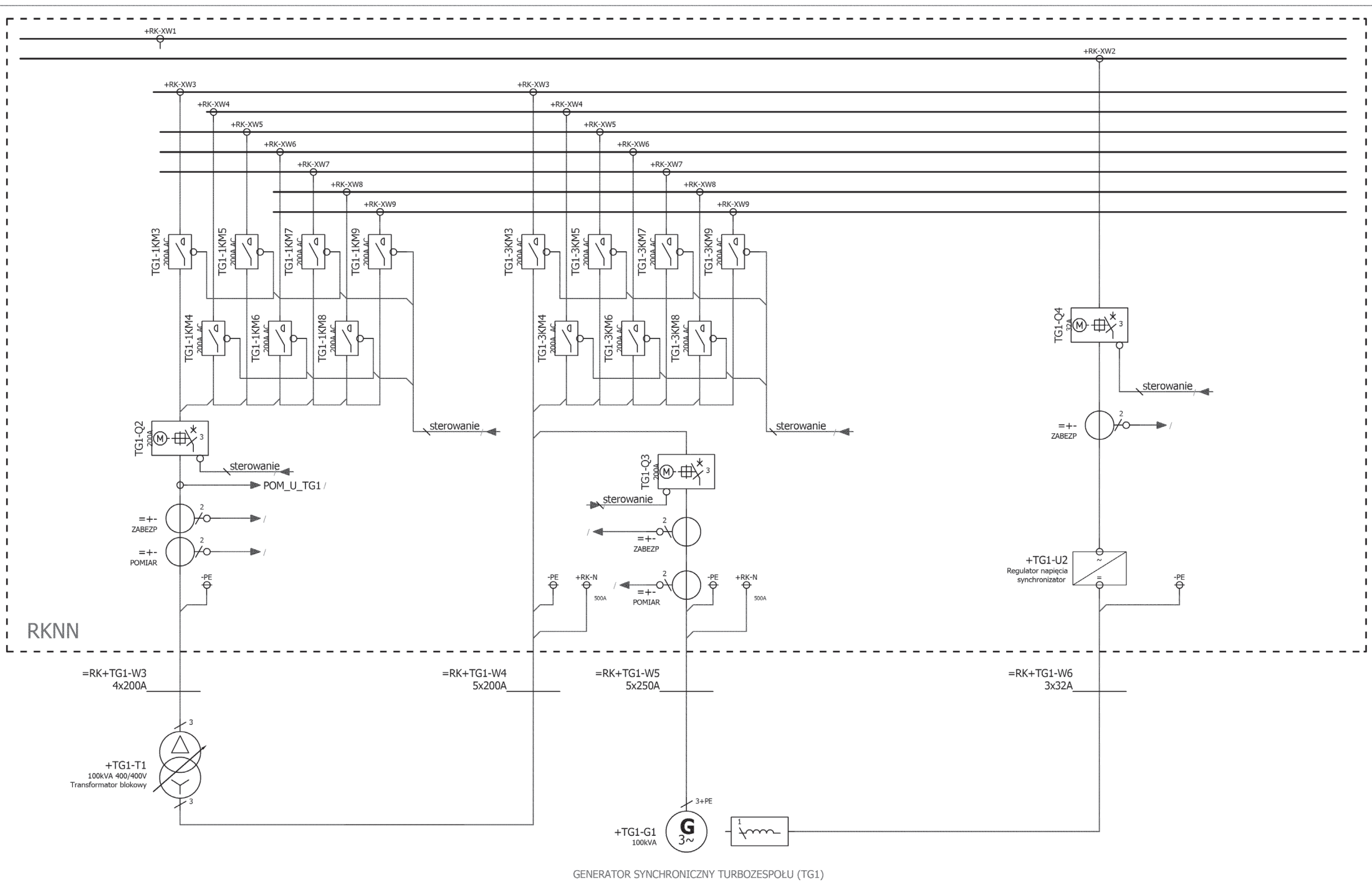


=RNN+RH-W1
5x800A

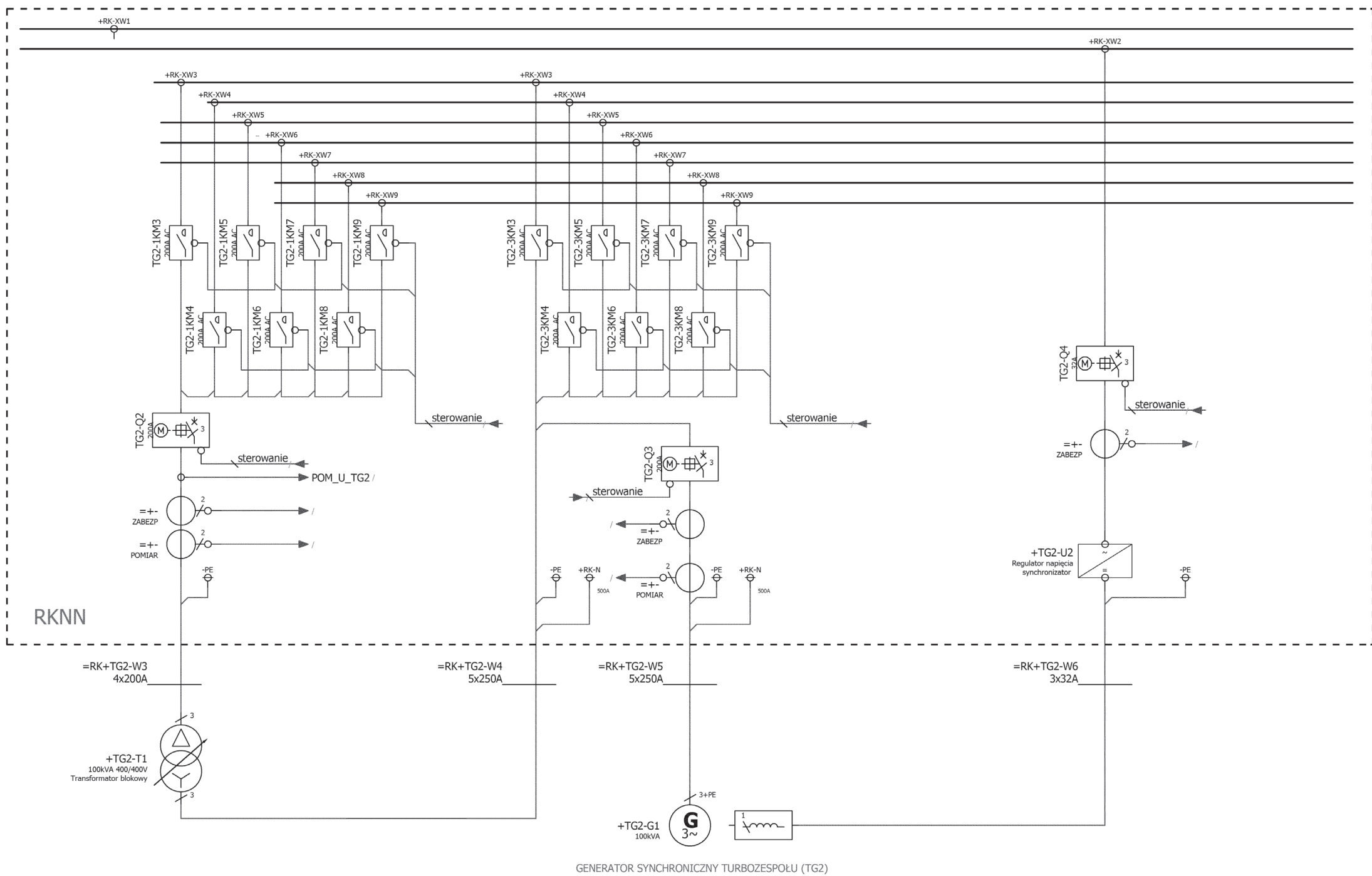




STACJA ZASILAJĄCA
 AGREGATOWNIA pom. 0.13



GENERATOR SYNCHRONICZNY TURBOZESPOŁU (TG1)



RKNN

=RK+TG2-W3
4x200A

=RK+TG2-W4
5x250A

=RK+TG2-W5
5x250A

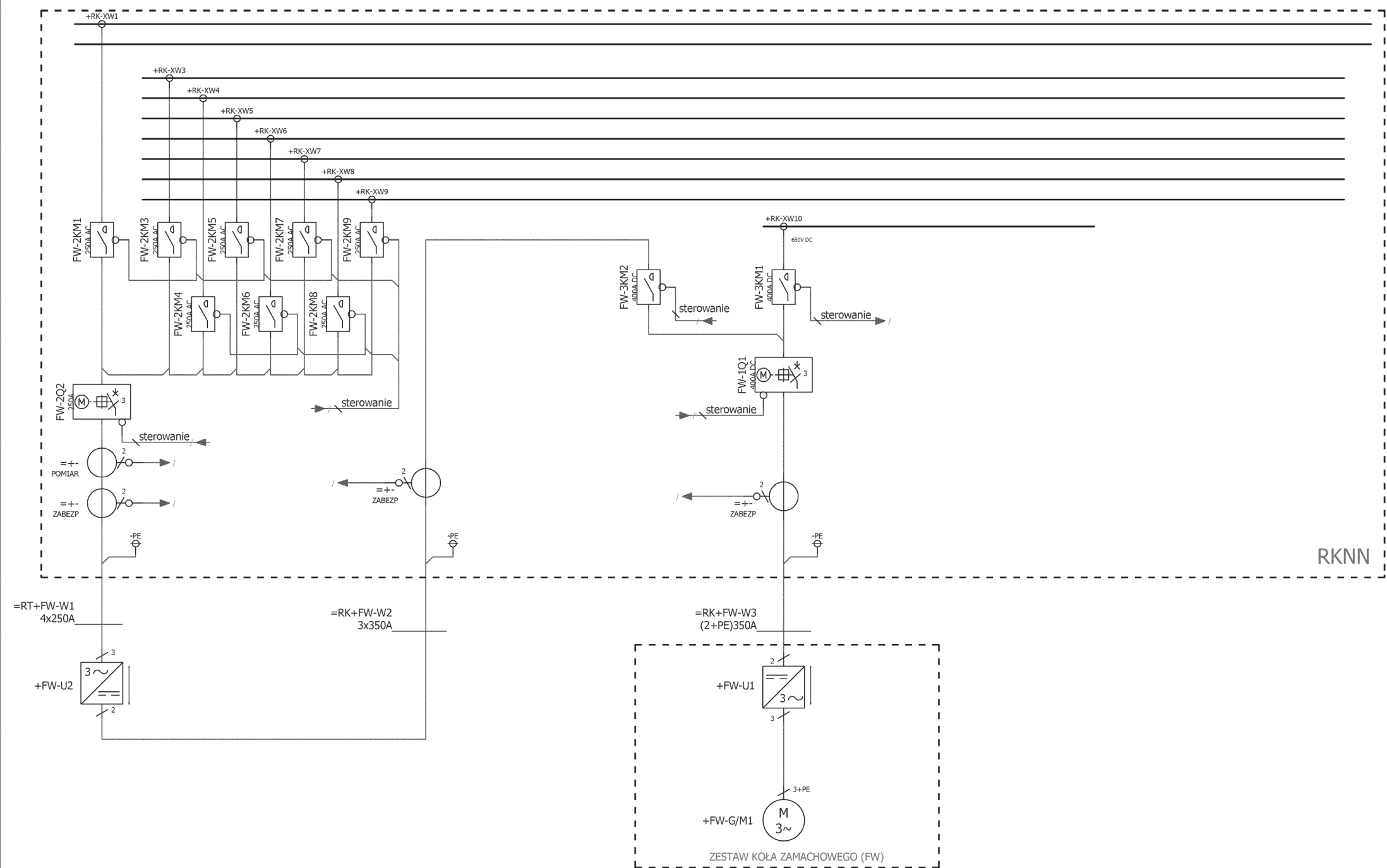
=RK+TG2-W6
3x32A

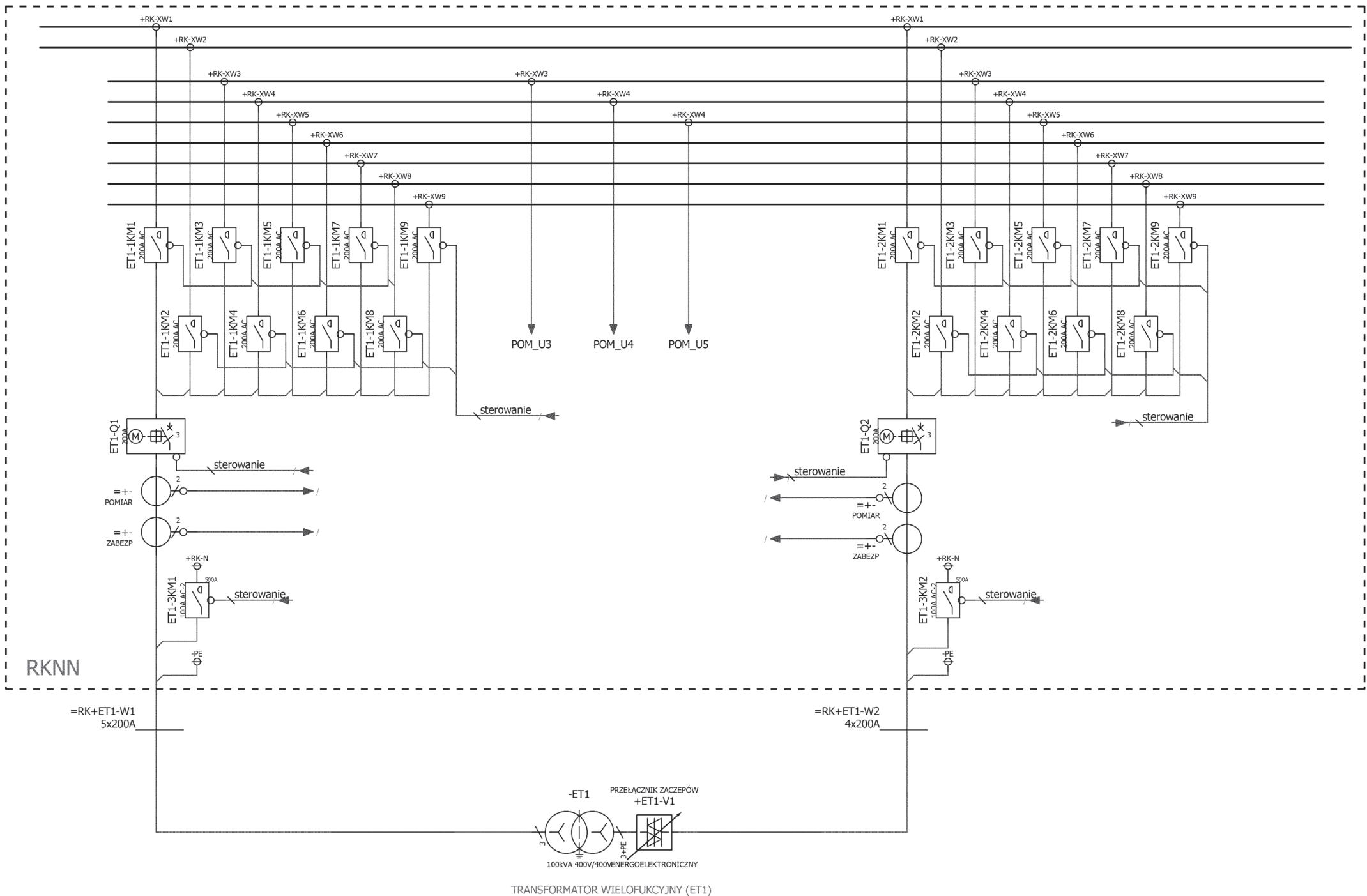
+TG2-T1
100kVA 400/400V
Transformator blokowy

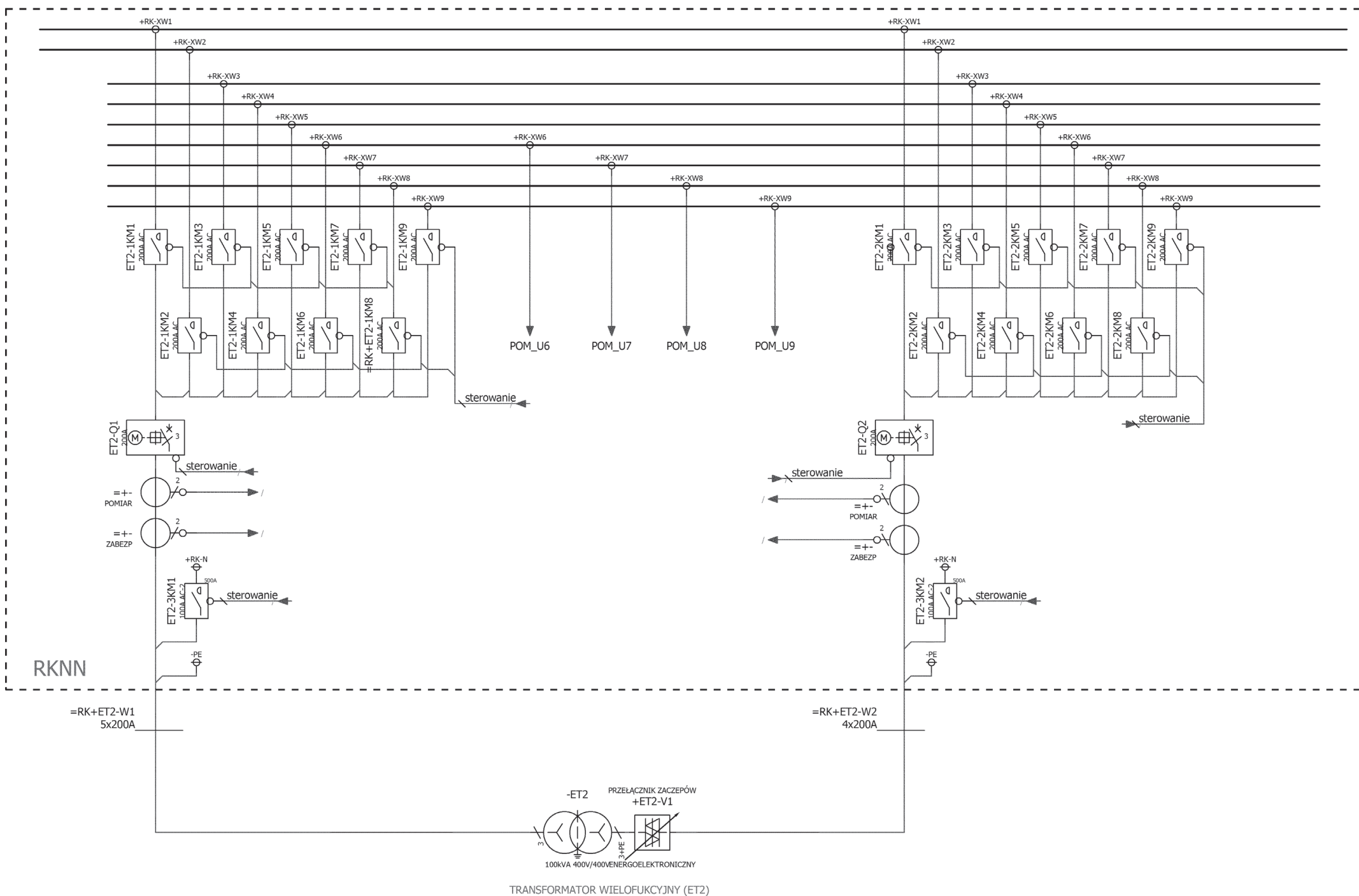
+TG2-G1
100kVA

GENERATOR SYNCHRONICZNY TURBOZESPOŁU (TG2)

+TG2-U2
Regulator napięcia
synchronizator



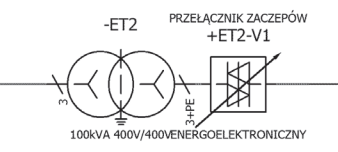




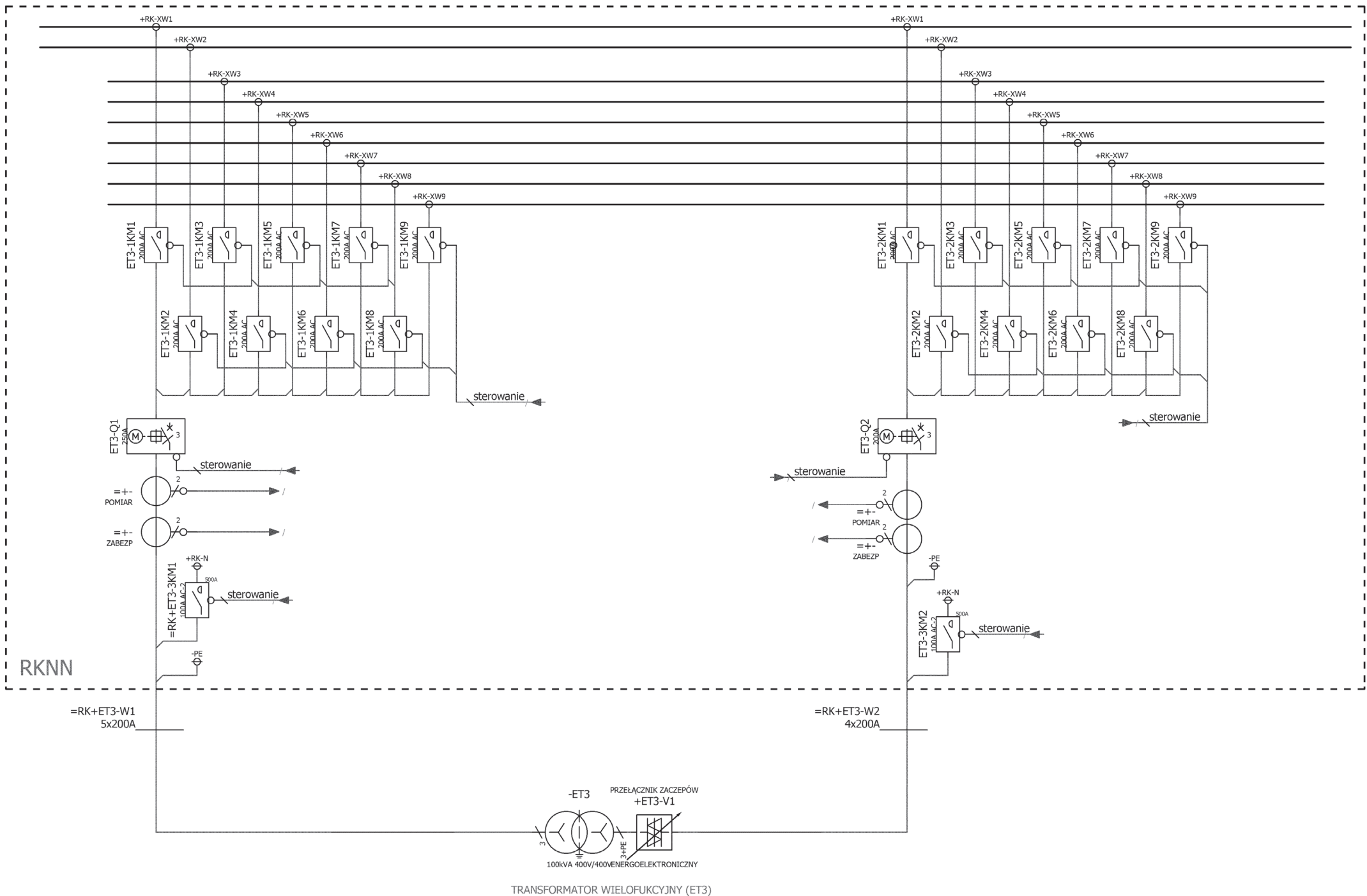
RKNN

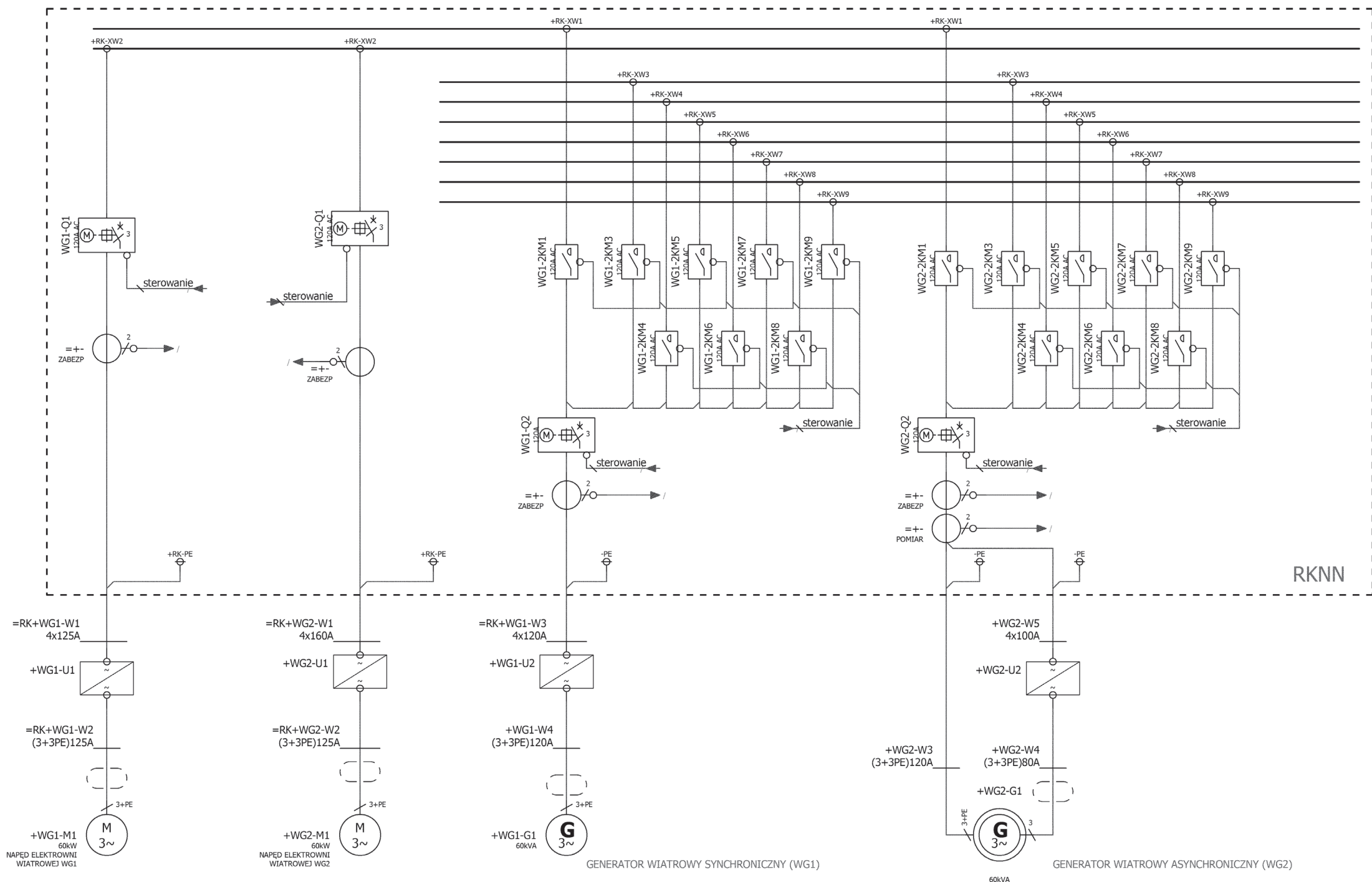
=RK+ET2-W1
5x200A

=RK+ET2-W2
4x200A



TRANSFORMATOR WIELOFUNKCYJNY (ET2)

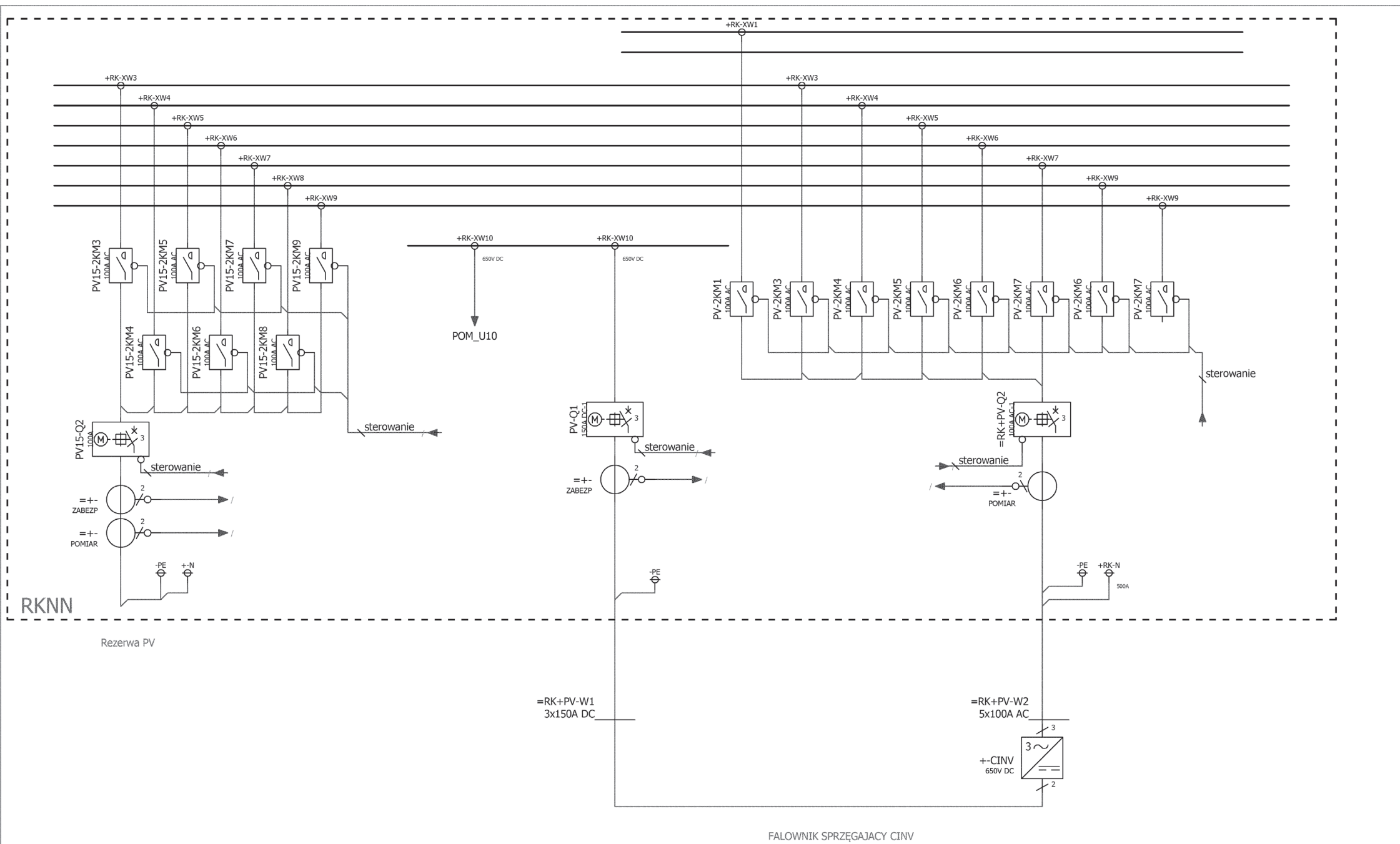




RKNN

GENERATOR WIATROWY SYNCHRONICZNY (WG1)

GENERATOR WIATROWY ASYNCHRONICZNY (WG2)



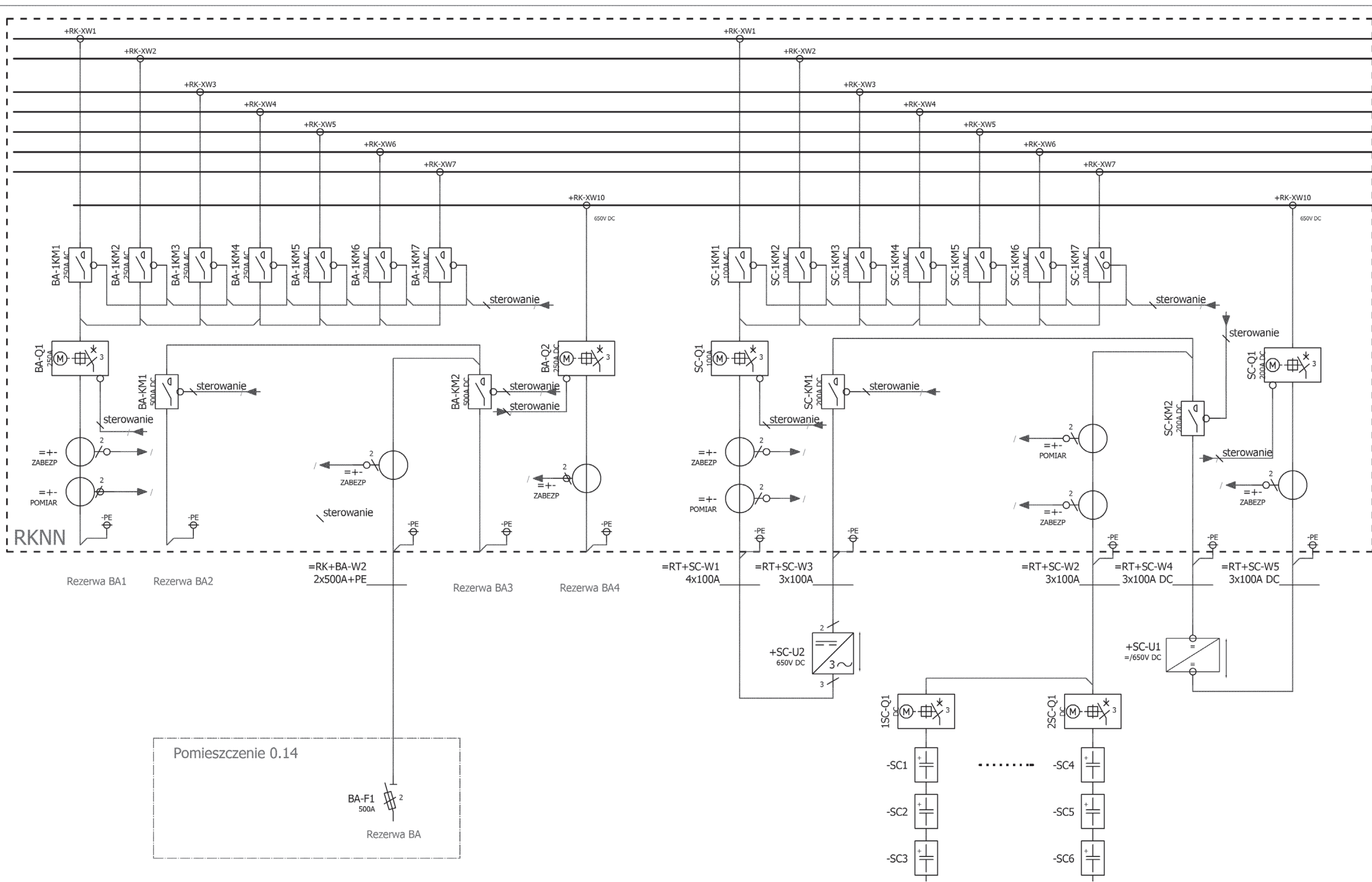
RKNN

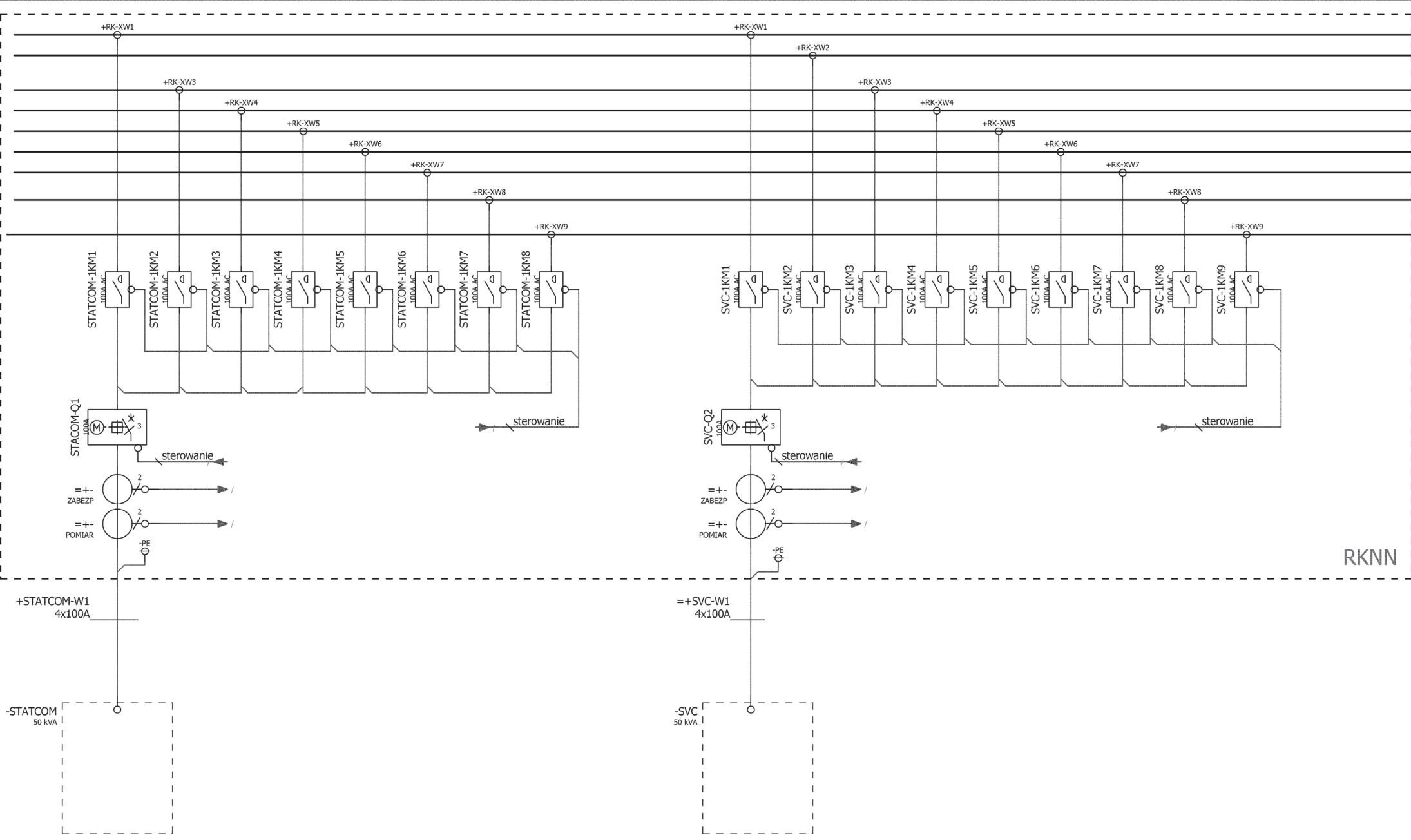
Rezerwa PV

=RK+PV-W1
3x150A DC

=RK+PV-W2
5x100A AC

FALOWNIK SPRZĘGAJACY CINV

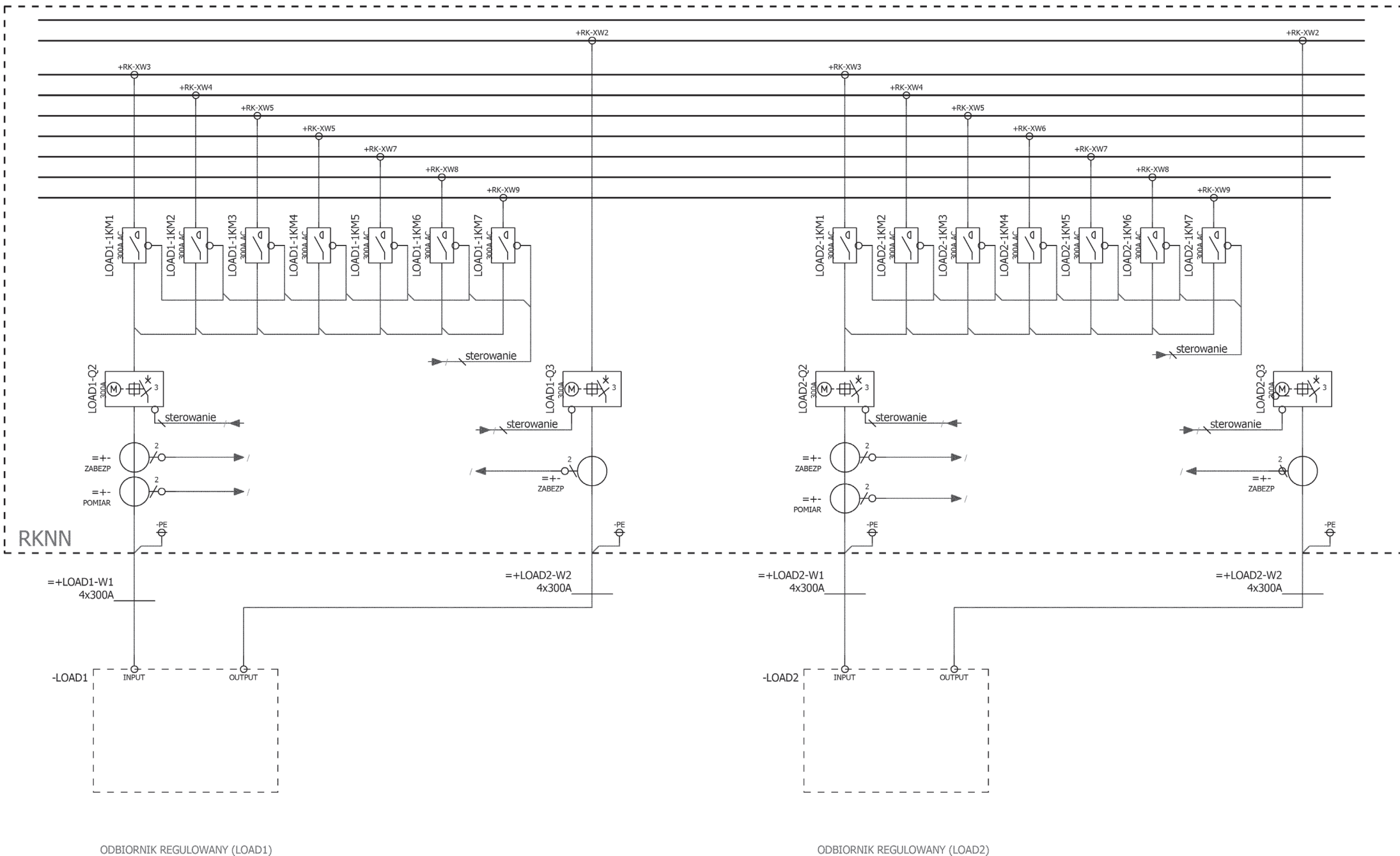


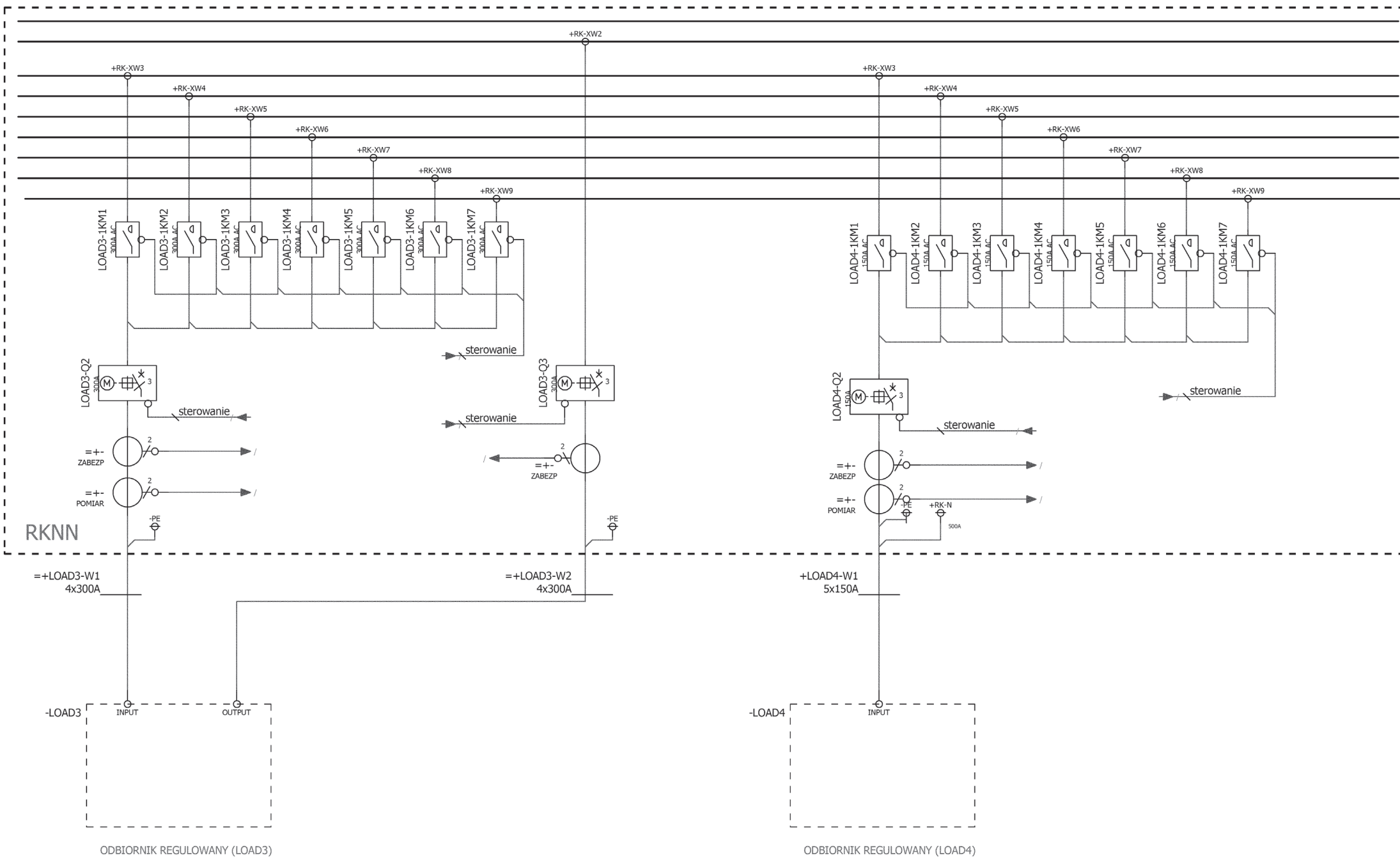


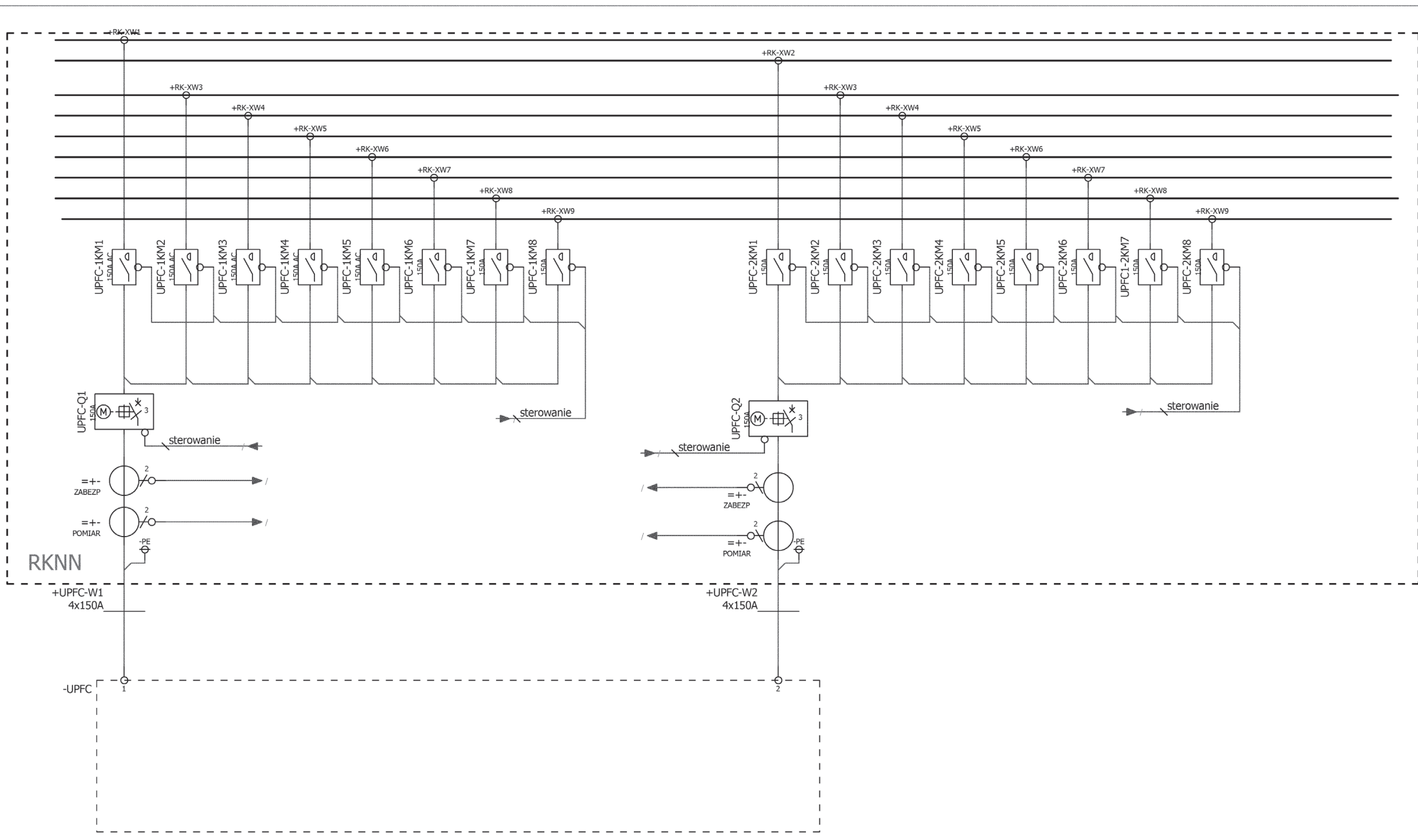
STATYCZNY REGULATOR MOCY BIERNEJ (STATCOM)

STATYCZNY KOMPENSATOR MOCY (SVC)

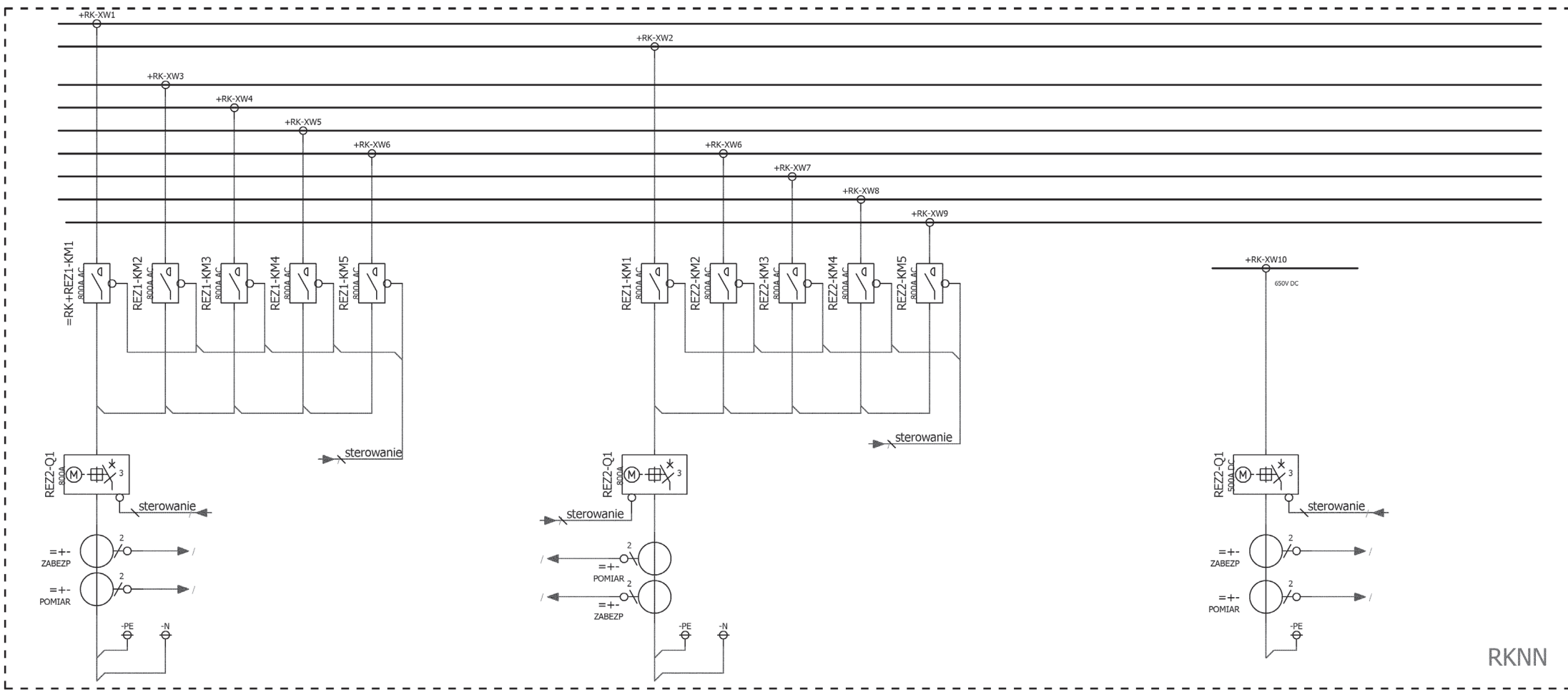
RKNN





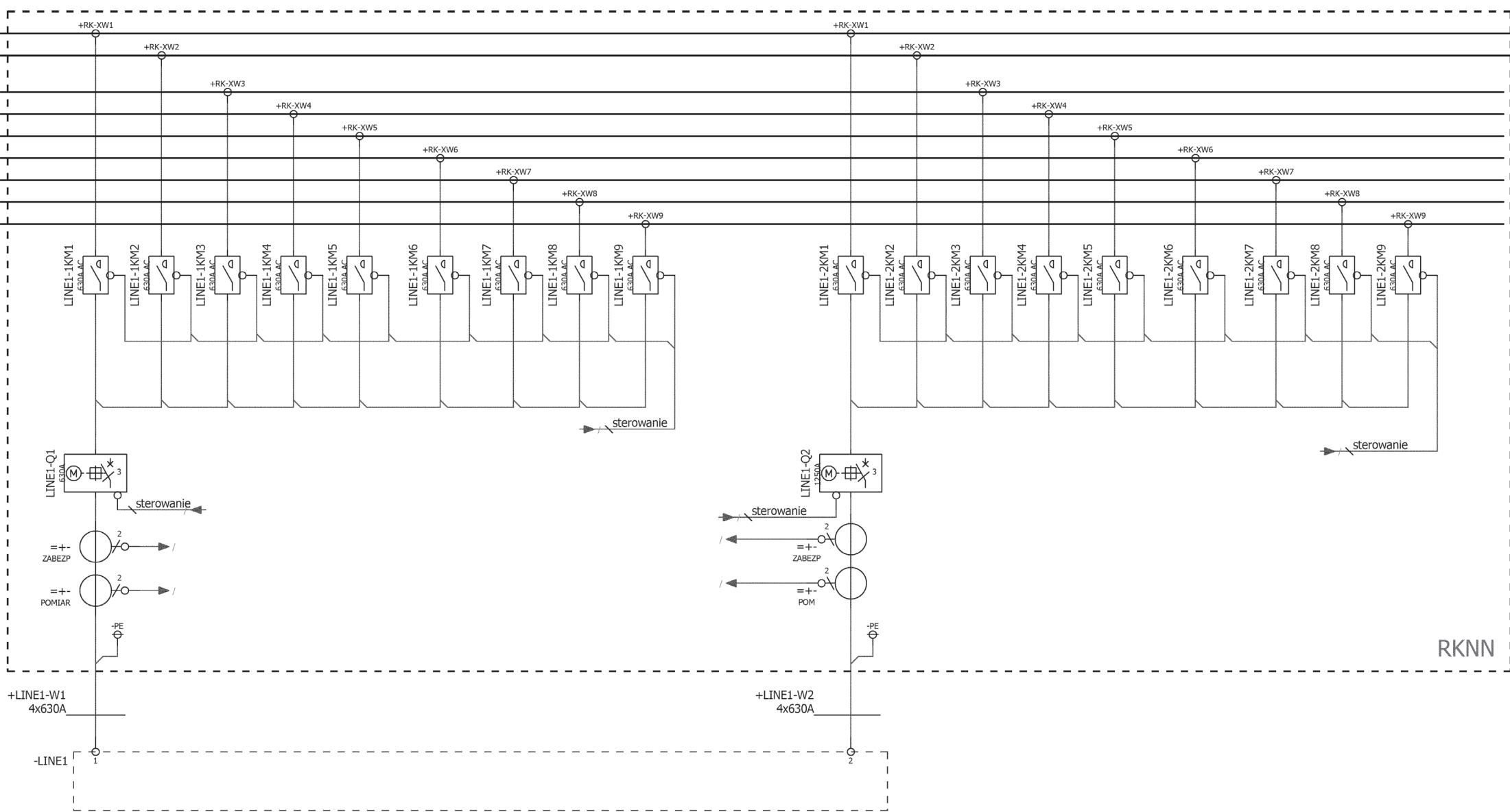


ZESPOLONY REGULATOR PRZEPLYWU MOCY (UPFC)



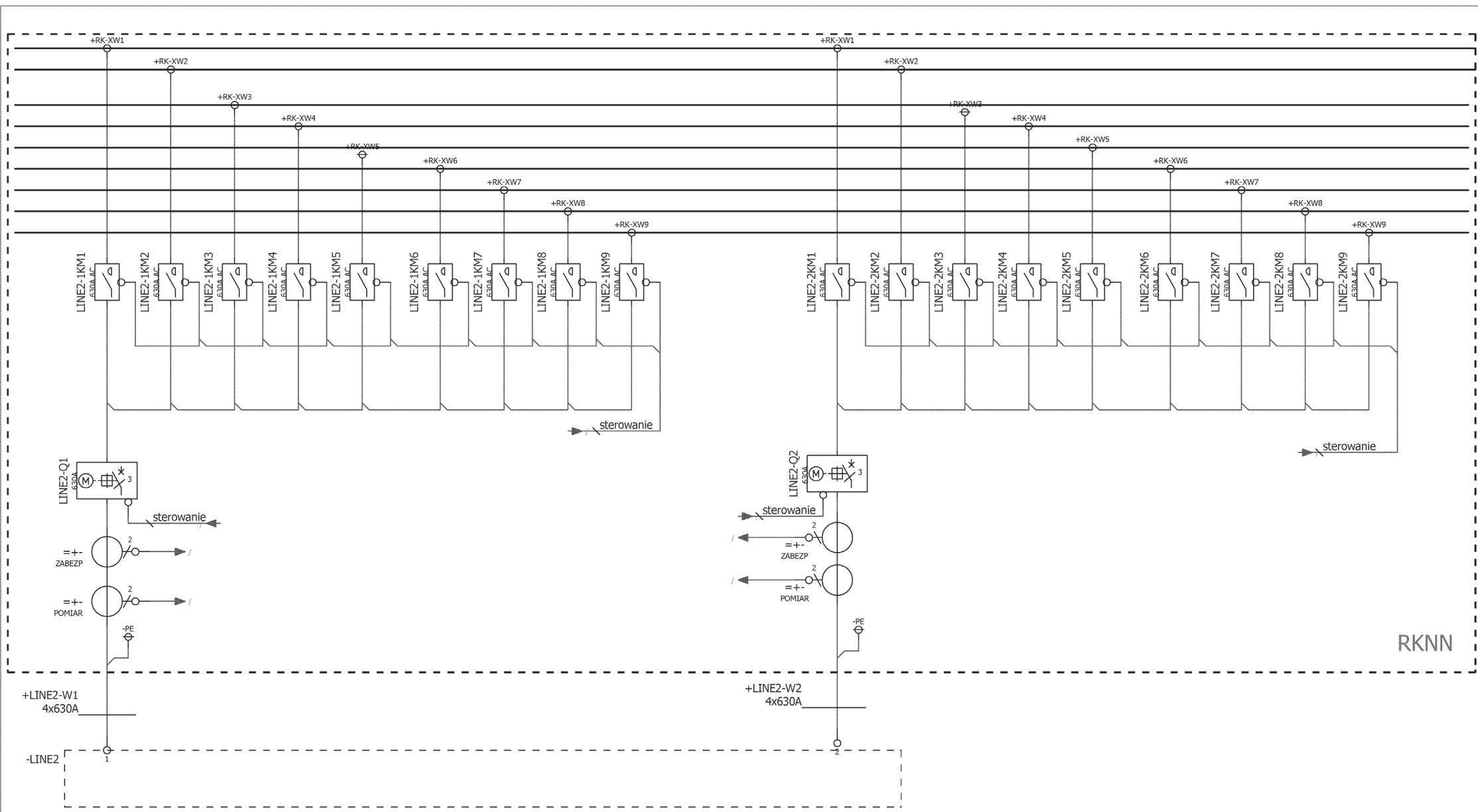
RKNN

PRZESTRZEŃ PROTOTYPOWA
Południowo-zachodni narożnik hali



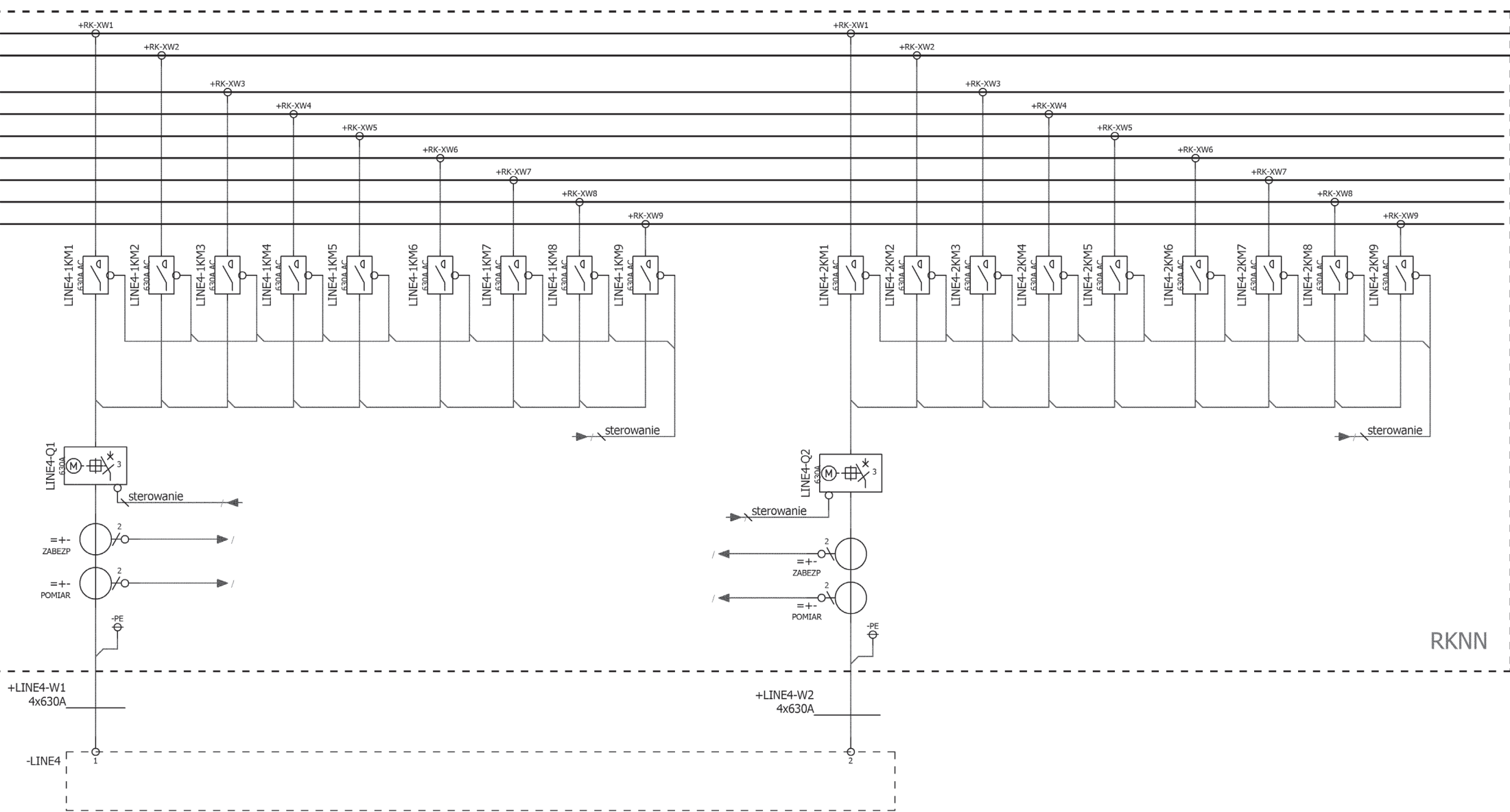
RKNN

MODEL LINII (LINE1)



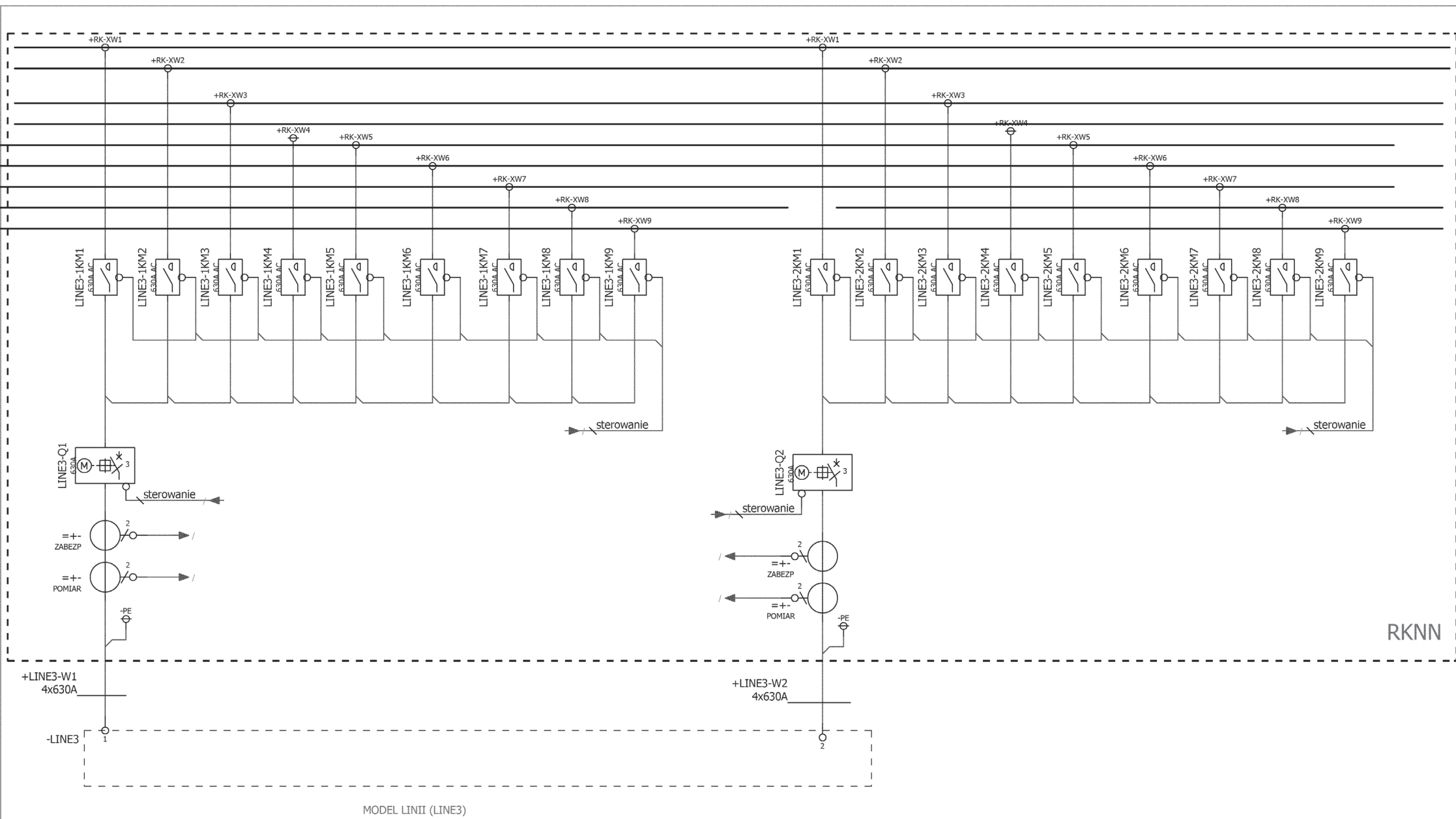
MODEL LINII (LINE2)

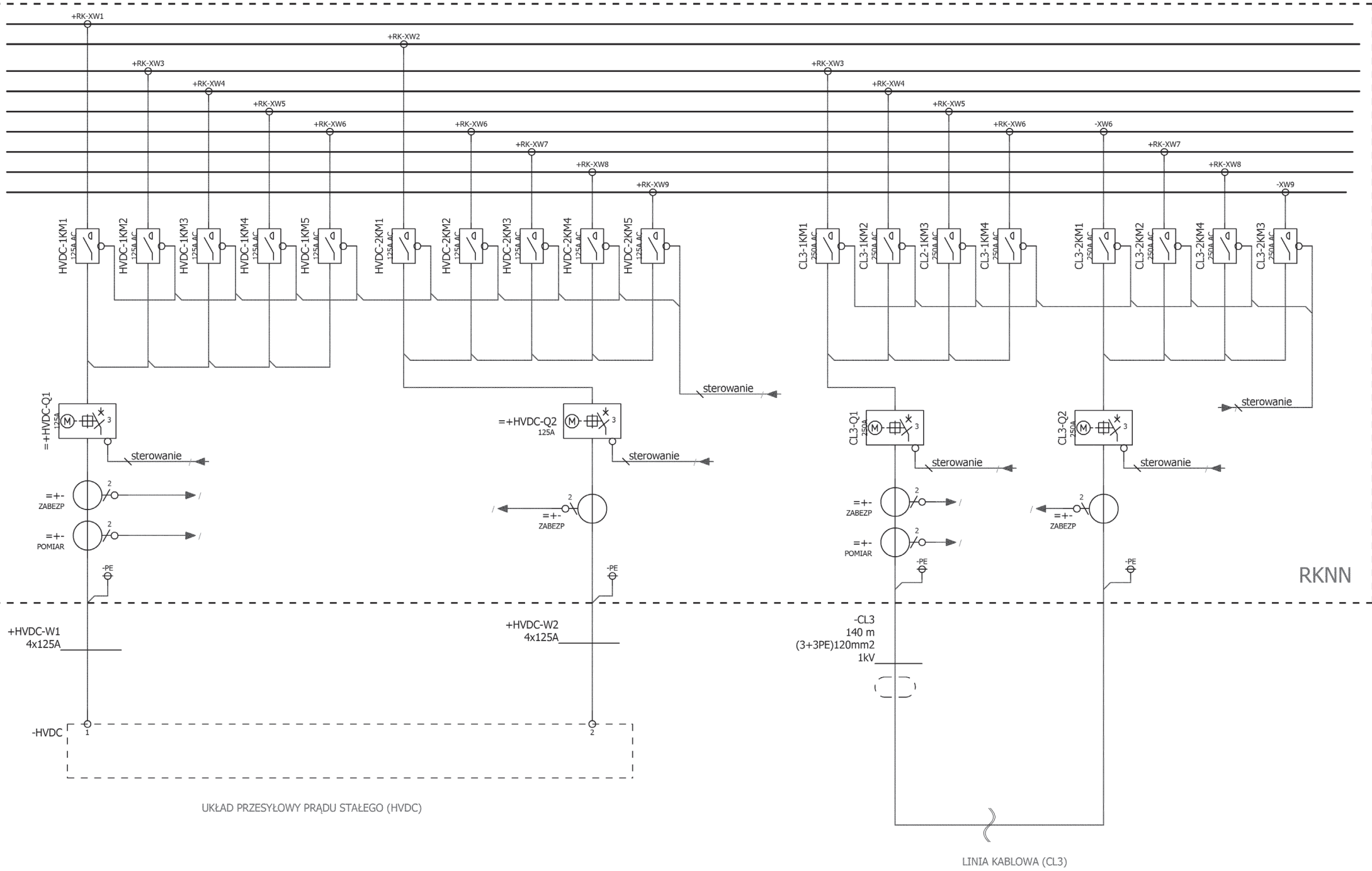
RKNN



RKNN

MODEL LINII (LINE4)

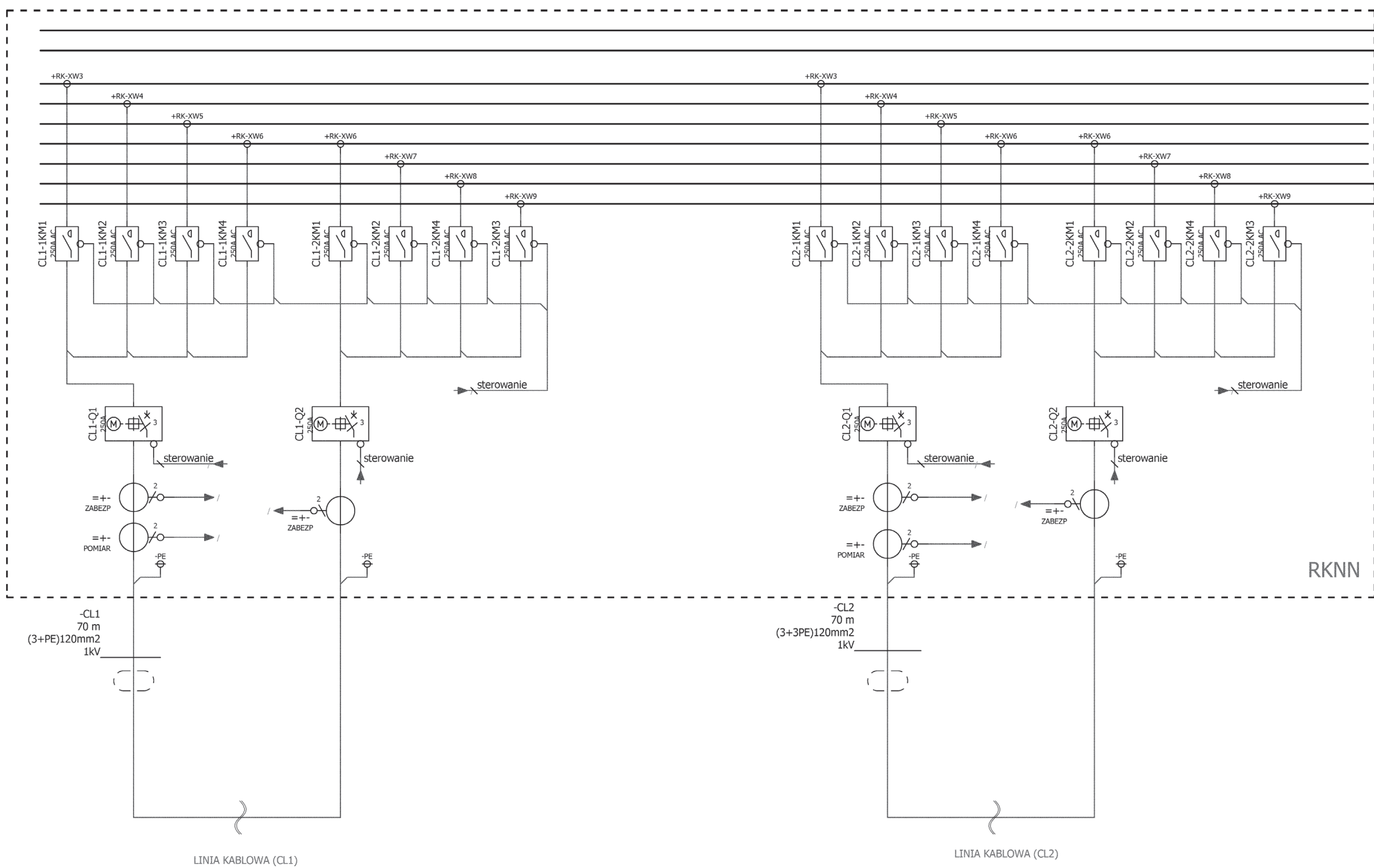




UKŁAD PRZESYŁOWY PRĄDU STAŁEGO (HVDC)

LINIA KABLOWA (CL3)

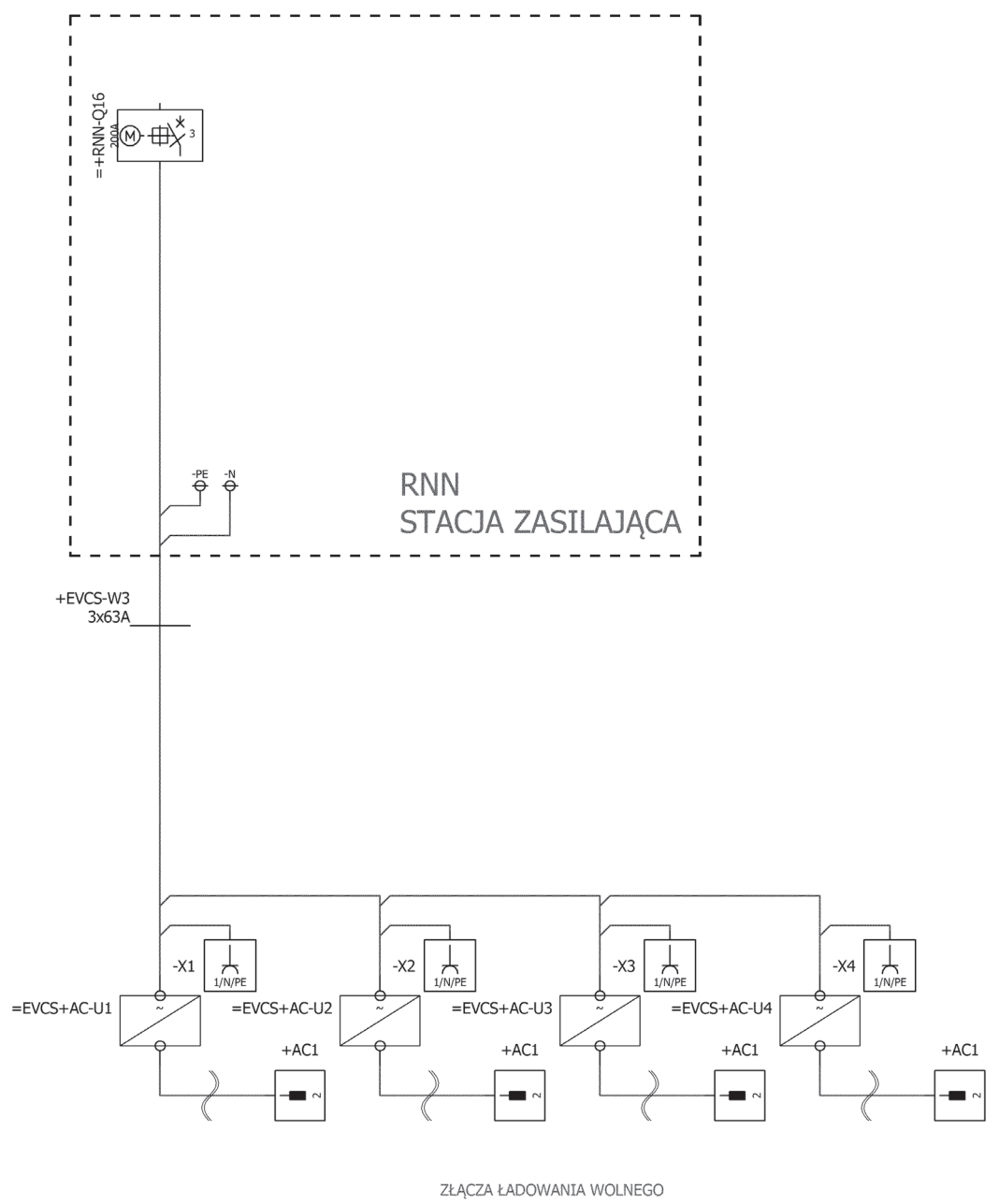
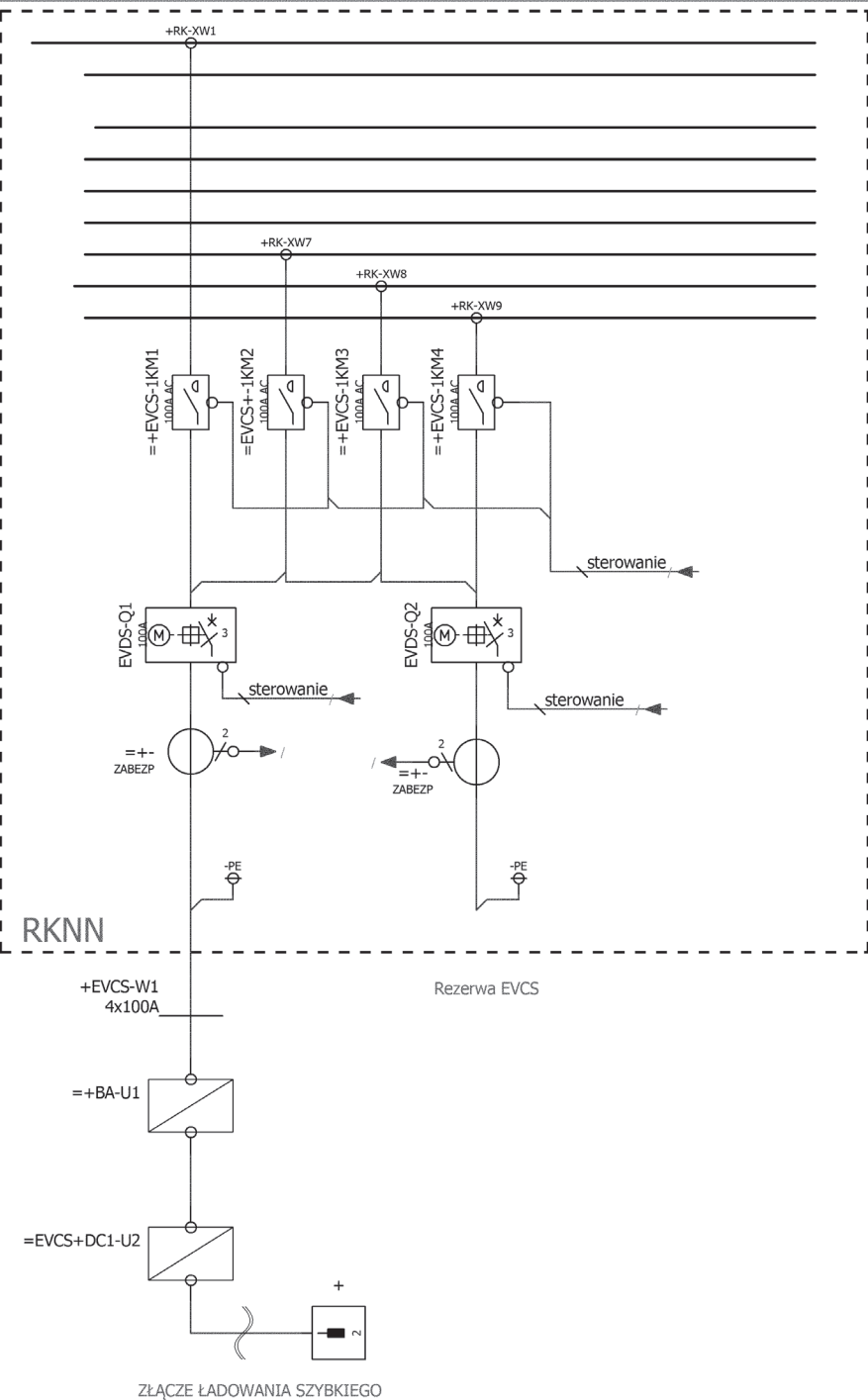
RKNN



RKNN

LINIA KABLOWA (CL1)

LINIA KABLOWA (CL2)



STANOWISKA ŁADOWANIA POJAZDU ELEKTRYCZNEGO (EVCS)
Strona 168 z 176

Schemat 24

7.6 Wymagania dotyczące wyposażenia sterowni i serwerowni w sprzęt komputerowy

W tablicy 7.6/1 zestawiono minimalne wymagania dotyczące sprzętu komputerowego przewidzianego do zainstalowania w sterowniach oraz serwerowni.

UWAGA: W tablicy umieszczono również przenośne stanowiska operatorsko-inżynierskie, chociaż nie są one przewidziane do używania w sterowniach, a także specjalny monitor do wizualizacji pracy laboratorium przewidziany do umieszczenia w holu głównym budynku laboratorium.

Tablica 7.6/1 Zestawienie sprzętu stanowiącego wyposażenie sterowni i serwerowni

Lp.	Rodzaj sprzętu	Pomieszczenie	Minimalne wymagania (parametry urządzeń nie mogą być gorsze niż wyspecyfikowane)
1.	Serwer (serwery) dla systemów SCADA, BMS i innych projektów użytkowych i inżynierskich	Serwerownia (1.1a)	<p>Procesor 4-rdzeniowy, x64, zapewniający serwerowi minimum 6 punktów w teście Cinebench R11,5 xCPU, obsługa wirtualizacji sprzętowej Intel-VT lub AMD-V. Pamięć RAM 48GB DDR3. Kontroler dysków zapewniający RAID 0/1/5. Macierz dyskowa 2 x 320GB RAID1 SATA3, do pracy ciągłej 24/7, dodatkowo 1 dysk twardy zapasowy (ten sam model dysku jak w serwerze). Dwa niezależne zasilacze tworzące redundantny system zasilania z certyfikatem 80+. Karta sieciowa optyczna – interfejs Ethernet 100 Base-FX (IEEE 802.3u) do przyłączenia sieci badawczej. Karta sieciowa – interfejs Ethernet 1000-BaseT (IEEE 802.3ab) do przyłączenia VPN. Karta sieciowa do przyłączenia SAN (tryb Fabric z szybkością transmisji 8Gbps). Obudowa RACK 19”.</p>
2.	Serwer WWW	Serwerownia (1.1a)	<p>Procesor 4-rdzeniowy, x64, zapewniający serwerowi minimum 5 punktów w teście Cinebench R11,5 xCPU. Pamięć RAM 16GB DDR3. Kontroler dysków zapewniający RAID 0/1/5. Macierz dyskowa 2 x 320GB RAID1 SATA3, do pracy ciągłej 24/7, dodatkowo 1 dysk twardy luzem (ten sam model dysku jak w serwerze). Dwa niezależne zasilacze tworzące redundantny system zasilania z certyfikatem 80+. Karta sieciowa optyczna – interfejs Ethernet 100 Base-FX (IEEE 802.3u) do przyłączenia sieci badawczej. Karta sieciowa – interfejs Ethernet 1000-BaseT (IEEE 802.3ab) do przyłączenia sieci lokalnej. Karta sieciowa do przyłączenia SAN (tryb Fabric z szybkością transmisji 8Gbps). Obudowa RACK 19”.</p>

3.	Lokalna konsola do zarządzania serwerami	Serwerownia (1.1a)	Konsola LCD do szafy 19" wyposażona w przełącznik KVM do obsługi wszystkich komputerów w serwerowni plus minimum 2 porty rezerwowe. Złącza klawiatury i myszy USB oraz dodatkowo port szeregowy. Rozdzielczość monitora LCD minimum 1280x1024.
4.	Sieciowa pamięć dyskowa	Serwerownia (1.1a)	Pojemność startowa dysków 3TB RAID5 SATA3. Pojemność obudowy 12 dysków. Dwa niezależne zasilacze sieciowe tworzące redundantny system zasilania. Przystosowanie do pracy w SAN (tryb Fabric z szybkością transmisji 8Gbps). Obudowa RACK 19".
5.	Sieciowa pamięć taśmowa	Serwerownia (1.1a)	Pojemność 19TB. Modułarna, skalowalna, zapis na kasetach LTO. Obsługa SMI-S. Dwa niezależne zasilacze sieciowe tworzące redundantny system zasilania. Przystosowanie do pracy w SAN (tryb Fabric z szybkością transmisji 8Gbps). Obudowa RACK 19".
6.	Przełącznik SAN do obsługi pamięci masowych	Serwerownia (1.1a)	Obsługa trybu Fabric. Porty o szybkości transmisji 8Gbps. Obudowa RACK 19".
7.	Sprzętowy system zabezpieczeń Firewall/VPN	Serwerownia (1.1a)	Kontrola na poziomie sieci oraz aplikacji w oparciu o technologię Deep Packet Inspection. Dedykowany system operacyjny czasu rzeczywistego (tzn. nie jest to zmodyfikowany system operacyjny ogólnego przeznaczenia jak GNU/Linux, czy FreeBSD). Przepływność 450Mbps dla firewall. Przepływność 175Mbps dla VPN (3DES, AES256). Wykrywanie i blokada różnych technik cyberataków (m.in. IP Spoofing, SYN Attack, ICMP Flood, UDP Flood, Port Scan). Blokada adresów URL i niebezpiecznych komponentów (m.in. Java/ActiveX/zip/exe). Ochrona sieci VPN przed atakami powtórzeniowymi (Replay Attack). Limitowanie maksymalnej liczby otwartych sesji z jednego adresu IP. Zarządzanie w pełnym zakresie z linii poleceń (CLI) oraz graficznej konsoli GUI. Dostęp do urządzenia i zarządzanie z sieci zabezpieczone kryptograficznie. System zabezpieczeń musi udostępniać możliwość zdefiniowania wielu kont administratorów o różnych poziomach uprawnień. Administratorzy powinni być uwierzytelniani za pomocą haseł statycznych, haseł dynamicznych (RADIUS, RSA SecureID) oraz certyfikatów cyfrowych SSL. Obudowa RACK 19".

8.	Punkty dostępne sieci bezprzewodowej	Serwerownia (1.1a)	<p>Punkt dostępowy sieci bezprzewodowej pracujący w standardach 802.11 b/g/n wyposażony w dwie niezależne karty sieciowe dla 2,4 GHz i 5 GHz pracujące w trybach MIMO. W razie potrzeby wyposażony w dodatkowe zewnętrzne anteny.</p> <p>Punkt dostępowy sieci bezprzewodowej pracujący w standardach 802.11 b/g/n zgodny z pracującym na terenie Politechniki Gdańskiej systemem Eduroam. W razie potrzeby wyposażony w dodatkowe zewnętrzne anteny. Pozostałe wymagania techniczne punktu należy uzgodnić z Centrum Usług Informatycznych Politechniki Gdańskiej.</p>
8.	Serwer wzorca czasu w protokole NTP / SNTP	Serwerownia (1.1a)	<p>Serwer wzorca czasu sprzężony z odbiornikiem wzorca czasu GPS.</p> <p>Czas urządzeń obiektowych (elementów CZAZ i sterowników SJF) powinien być synchronizowany z dokładnością 1 ms z wykorzystaniem cyfrowych protokołów transmisji danych.</p> <p>Praca w podtrzymaniu w razie zaniku sygnału synchronizującego GPS.</p> <p>Zasilanie rezerwowe.</p> <p>Obudowa RACK 19".</p>
9.	Stanowisko operatorsko-inżynierskie typu I (4 zestawy)	<p>Sterownia administratora instalacji badawczej (1.1b)</p> <p>Sterownia główna 1 (1.1c)</p> <p>Sterownia główna 2 (1.1d)</p> <p>Sterownia główna 3 / sala seminaryjna (1.8)</p>	<p>Komputer klasy PC:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ procesor 4-rdzeniowy, x64, zapewniający komputerowi minimum 5 punktów w teście Cinebench 11.5, ▪ pamięć RAM 4GB DDR3 (możliwość rozbudowy do 16GB), w konfiguracji Dual-Channel, ▪ kontroler RAID obsługujący RAID 0/1/5, ▪ macierz dyskowa 2x250GB RAID1 SATA3, ▪ mysz optyczna i klawiatura, ▪ nagrywarka DVD+/-RW 16x, ▪ karta sieciowa optyczna – interfejs Ethernet 100 Base-FX (IEEE 802.3u) do przyłączenia sieci badawczej, ▪ karta sieciowa – interfejs Ethernet 1000-BaseT (IEEE 802.3ab) do przyłączenia sieci LAN, ▪ zasilacz ATX, 600W, zgodny z minimum ATX 2.2, z układem PFC (tryb aktywny lub pasywny), niezawodność MTBF minimum 100 000 godzin, certyfikat 80+, chłodzony za pomocą wentylatora o średnicy minimum 110mm, ▪ karta graficzna PCI Express, z pamięcią własną minimum 1GB, obsługująca zarządzanie treścią na wspólnej przestrzeni graficznej trzech cyfrowych urządzeń projekcyjnych (ściana graficzna i 2 monitory LCD). <p>Dwa monitory LCD:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ przekątna ekranu 27", ▪ rozdzielczość 2560x1440 pikseli, ▪ funkcja Pivot, ▪ matryca IPS, ▪ podświetlenie LED, ▪ ekran matowy,

			<ul style="list-style-type: none"> ▪ złącza cyfrowe DVI-D (z HDCP), DisplayPort i/lub mini DisplayPort, ▪ wbudowany koncentrator USB, ▪ w zakresie błędnych pikseli i subpikseli zgodny z normą ISO 13406-2 klasa I, <p>Ściana graficzna:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ technologia bezszwowa (maksymalna grubość ramki między ekranami $2 \times 0,7 = 1,4\text{cm}$), ▪ rozdzielczość każdego monitora minimum HD READY 720p, ▪ kąty widzenia w pionie i poziomie zapewniające niezmienną jakość obrazu $178^\circ/178^\circ$, ▪ sterownik ściany graficznej, ▪ minimalne wymiary ściany graficznej (szerokość/wysokość) 3000 mm / 1350 mm, ▪ montaż naścienny, ▪ w zakresie błędnych pikseli i subpikseli zgodny z normą ISO 13406-2 klasa I.
10.	Stanowisko operatorsko-inżynierskie typu II (5 zestawów)	<p>Sterownia ogólna 4 (0.2a)</p> <p>Sterownia ogólna 3 (0.2b)</p> <p>Sterownia ogólna 2 (0.2c)</p> <p>Sterownia ogólna 1 (0.2d)</p> <p>Sterownia ogólna 5 (1.2)</p>	<p>Komputer klasy PC:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ procesor 4-rdzeniowy, x64, zapewniający komputerowi minimum 5 punktów w teście Cinebench 11.5, ▪ pamięć RAM 4GB DDR3 (możliwość rozbudowy do 16GB), w konfiguracji Dual-Channel, ▪ kontroler RAID obsługujący RAID 0/1/5, ▪ macierz dyskowa 2x250GB RAID1 SATA3, ▪ obsługa 2 cyfrowych sygnałów wyjściowych video (2 monitory LCD), ▪ mysz optyczna i klawiatura, ▪ nagrywarka DVD+/-RW 16x, ▪ karta sieciowa optyczna – interfejs Ethernet 100 Base-FX (IEEE 802.3u) do przyłączenia sieci badawczej, ▪ karta sieciowa – interfejs Ethernet 1000-BaseT (IEEE 802.3ab) do przyłączenia sieci LAN, ▪ zasilacz ATX, 600W, zgodny z minimum ATX 2.2, z układem PFC, niezawodność MTBF minimum 100 000 godzin, certyfikat 80+, chłodzony za pomocą wentylatora o średnicy minimum 110mm, ▪ karta graficzna PCI Express, z pamięcią własną minimum 1GB, 2 złącza DVI i/lub DisplayPort. <p>Dwa monitory LCD:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ przekątna ekranu 27", ▪ rozdzielczość 2560x1440 pikseli, ▪ funkcja Pivot, ▪ matryca IPS, ▪ podświetlenie LED, ▪ ekran matowy, ▪ złącza cyfrowe DVI-D (z HDCP), DisplayPort i/lub mini DisplayPort, ▪ wbudowany koncentrator USB, ▪ w zakresie błędnych pikseli i subpikseli zgodny z normą ISO 13406-2 klasa I.

11.	Przenośne stanowisko operatorsko-inżynierskie (komputer przenośny) (2 zestawy)	Hala (0.1)	<p>Zwiększona odporność na wstrząsy, upadki i zalanie płynami potwierdzona certyfikatem.</p> <p>Procesor 2-rdzeniowy o wydajności minimum 4000 punktów w benchmarku Cinebench R10 xCPU.</p> <p>Pamięć RAM 4GB DDR3 z możliwością rozbudowy do 8GB.</p> <p>Ekran matowy o przekątnej 15,6", rozdzielczość 1366x768 pikseli.</p> <p>Porty wejścia/wyjścia: 3xUSB3.0/2.0, 1xRS232, 1xRJ45.</p> <p>Dysk twardy SATAII 500GB.</p> <p>nagrywarka DVD+/-RW 16x,</p> <p>Karta sieciowa bezprzewodowa w standardzie 802.11 b/g/n.</p> <p>Czytnik kart pamięci obsługujący m.in. karty SD, MMC.</p> <p>Zewnętrzny dysk twardy USB3.0/2.0 w trwałej i wytrzymałej obudowie: 500 GB.</p> <p>Czas pracy z baterii: nie krótszy niż 3 godziny.</p> <p>Waga: nie większa niż 3 kg.</p> <p>Akcesoria dodatkowe: mysz optyczna, dwa konwertery USB2.0-RS232, dwa konwertery USB2.0-RS485, konwerter Ethernet-RS485, separator galwaniczny USB.</p> <p>Torba mieszcząca notebook i zasilacz lub obudowa z uchwytem do przenoszenia.</p>
12.	Dodatkowy monitor LCD do holu głównego	Hol główny (0.3)	<p>Ekran matowy o przekątnej 55".</p> <p>Przystosowany do pracy 24/7.</p> <p>Ultra cienka obudowa.</p> <p>Montaż naścienny z możliwością regulacji kąta pochylenia i obrotu.</p> <p>Rozdzielczość 1920x1080.</p> <p>Podświetlenie LED.</p> <p>Matryca zapewniająca niezmienną jakość obrazu przy kątach widzenia 178st/178st.</p> <p>W zakresie błędnych pikseli i subpikseli zgodny z normą ISO 13406-2 klasa I.</p> <p>Złącze Ethernet.</p>
13.	Dodatkowe stanowiska pracy	<p>Sterownia administratora instalacji badawczej (1.1b)</p> <p>Sterownia główna 1 (1.1c)</p> <p>Sterownia główna 2 (1.1d)</p> <p>Sterownia ogólna 3 (0.2b)</p> <p>Sterownia ogólna 2 (0.2c)</p> <p>Sterownia ogólna 1 (0.2d)</p>	<p>Sześć monitorów LCD:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ przekątna ekranu 27", ▪ rozdzielczość 2560x1440 pikseli, ▪ funkcja Pivot, ▪ matryca IPS, ▪ podświetlenie LED, ▪ ekran matowy, ▪ złącza cyfrowe DVI-D (z HDCP), DisplayPort i/lub mini DisplayPort, ▪ wbudowany koncentrator USB, ▪ w zakresie błędnych pikseli i subpikseli zgodny z normą ISO 13406-2 klasa I. <p>Mysz optyczna i klawiatura – 6 zestawów</p> <p>Mysz i klawiatura optyczna – 1 zestaw</p> <p>bezprzewodowy 2,4 GHz, zasilanie na akumulatory AA z możliwością doładowania)</p>
	Sieciowe urządzenie	Sterownia (1.2)	<p>Druk laserowy czarno-biały.</p> <p>Duplex jednoprzbiegowy.</p>

14.	wielofunkcyjne (ksero + drukarka + skaner)		<p>Obsługa formatów A4 i A3. Czas nagrzewania: nie więcej niż 30s. Skala szarości 256 poziomów. Kopiowanie wielokrotne. Skalowanie 25-400% w kroku co 1%. Rozdzielczość kopiowania 600x600dpi. Rozdzielczość drukowania 1200x600dpi. Rozdzielczość skanowania 600x600dpi. Prędkość kopiowania/drukowania A4/A3: 20/10 str/min. Interfejs Ethernet z wbudowanym serwerem wydruku. Automatyczny podajnik dokumentów umożliwiający dwustronne kopiowanie, drukowanie i skanowanie: 75 stron . Pojemność podajników na papier: 1000 arkuszy plus 100 arkuszy podajnik ręczny. Separator kopii: 100 arkuszy. Trwałość standardowego bębna światłoczułego: 150000 stron A4. Wydajność standardowej kasety toneru: 10000 stron A4 (przy 6% zaciemnieniu). Pamięć drukarki/kopiarki: 512 MB. Wysyłanie skanowanych plików e-mail/FTP. Obsługa (menu) w języku polskim. Kontrola dostępu. Obudowa: wolnostojąca lub zintegrowana szafka dopasowana do wagi i wymiarów</p>
-----	--	--	---

UWAGA:

- Wszystkie zainstalowane w dostarczonych urządzeniach optyczne karty sieciowe powinny umożliwiać bezpośrednio (*dongle-less*) przyłączenie wielomodowego kabla światłowodowego.
- Urządzenia przeznaczone do pracy w serwerowni wymienione w wierszach 1 – 7 należy zainstalować w szafach telemechaniki punktu dystrybucyjnego PD.1 dostarczonych w ramach robót budowlanych. W zależności od potrzeb szafy należy wyposażyć w czujniki temperatury oraz układy wentylacji mechanicznej.

