



USŁUGI ELEKTROTECHNICZNE DLA PRZEMYSŁU

ul. Górska 65B/43, 80-292 Gdańsk
dariusz.karkosinski_xl@wp.pl tel. 602 49 50 50

*Projektowanie
Programowanie
Uruchomienia
Diagnostyka
Nadzór wykonawczy
w zakresie zasilania i sterowania linii i urządzeń technologicznych
oraz obiektów przemysłowych i użyteczności publicznej*

PROJEKT TECHNICZNY

UKŁAD DO ZASILANIA TESTOWANYCH URZĄDZEŃ NAPIĘCIAMI O CZĘSTOTLIWOŚCI 60 Hz

Obiekt:

GETINGE Poland sp. z o.o.
Plewiska k/Poznań

Inwestor:

GETINGE Poland sp. z o.o.
ul. Osmańska 14, 02-823 Warszawa

opracował dr hab. inż. Dariusz Karkosiński

Marzec 2018

Spis zawartości:

1. WYTYCZNE I ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE	3
2. PRZEDMIOT OPRACOWANIA	4
3. ZAKRES OPRACOWANIA	4
4. OPIS TECHNICZNY I OBLICZENIA	5
4.1. Zasilanie układu 60 Hz	5
4.2. Ochrona od porażień	5
4.3. Transformator T1 z odczepami oraz filtr sinusoidalny	5
4.4. Rozdzielnica R1-60HZ	6
4.5. Rozdzielnica R2-60HZ	8
4.6. Regulacja napięcia	9
4.7. Regulacja prądu maksymalnego	10
4.8. Kontrola obciążenia transformatora głównego	10
Schemat 1 R1-60HZ: Schemat zasadniczy instalacji mocy 60 Hz	12
Schemat 2 R1_60HZ: Schemat zasadniczy zasilania pomocniczego i sterowania stycznikami wyboru zaczepów	13
Schemat 3 R1-60HZ: Schemat zasadniczy układu regulacji napięcia i prądu maksymalnego	14
Schemat 4 R2-60HZ: Schemat połączeń wewnętrznych obw. mocy i pomiarów	15
Schemat 5 R2-60HZ: Schemat połączeń wewnętrznych sterowania	16
Schemat 6 R2-60HZ: Schemat połączeń wewnętrznych sterowania	17
Schemat 7 RT 0,4: Schemat strukturalny układu kontroli obciążenia transformatora gł.	18

1. WYTYCZNE I ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

Do projektu przyjęto wytyczne uzyskane słownie od Pana Piotra Skotarczaka w trakcie wizji lokalnej obiektu oraz w wyniku korespondencji mailowej i rozmów telefonicznych.

Na podstawie powyższego przyjęto, że instalacja ma zapewnić zasilanie badanych urządzeń w sposób analogiczny do trójfazowego zasilania 50 Hz z rozdzielnicy testowej, lecz przy 60 Hz z wybieranym napięciem 208 V, 230 V, 400 V, 460 V i 600 V. Testowane będą urządzenia o prądzie znamionowym z zakresu 20 A - 200 A. Maksymalny prąd pobierany przez badane urządzenia nie przekroczy 200 A. Zmianę częstotliwości 50 Hz/60 Hz ma zapewnić statyczny przemiennik częstotliwości, natomiast pięć poziomów napięcia będzie uzyskiwanych za pomocą transformatora z odpowiedniki odczepami po stronie wtórnej. Zestaw przemiennik-transformator będzie ustawiony w pobliżu rozdzielnicy, którą można doposażyć w dodatkowy odpływ. Długość kabli pomiędzy zestawem przemiennik-transformator a miejscem prowadzenia testów urządzeń nie przekroczy 70 m, a zaprojektowane kable będą ułożone na istniejących drabinkach i korytkach. Uzyskane zestawienie parametrów elektrycznych badanych urządzeń przedstawiono w tabelicy 1.

Dodatkowo napięcie jednofazowe 115 V ($208V/\sqrt{3}$) ma być cały czas dostępne do zasilania przyrządów pomocniczych.

Podczas wizji lokalnej zwrócono uwagę, że podczas pracy badanych urządzeń zasilanych z projektowanej rozdzielnicy testowej może nastąpić przeciążenie głównego transformatora obiektu. Niezbędny jest monitoring jego obciążenia.

Na podstawie wcześniejszych bezpośrednich ustaleń z potencjalnymi dostawcami inwestor uzyskał oferty na dostawę transformatora o mocy 208 kVA przy 60 Hz o odczepach 600 V, 460 V, 400 V, 230 V i 208 V oraz odpowiedniego przemiennika częstotliwości.

Tablica 1. Parametry elektryczne urządzeń badanych przy zasilaniu napięciem o częstotliwości 60 Hz

Liczba faz	Napięcie	Dopuszczalna najmniejsze napięcie	Dopuszczalna największe napięcie	Sugerowany odczep transformatora
1	115 V	104 V	126 V	I - $208 V/\sqrt{3}$
3	208 V	198 V	216 V	I - 208 V
3	220 V	198 V	242 V	I - 208 V
1 lub 3	230 V	217 V	242 V	II - 230 V
3	240 V	217 V	250 V	II - 230 V
3	380 V	395 V	418 V	III - 400 V
3	400 V	360 V	440 V	III - 400 V
3	415 V	374 V	432 V	III - 400 V
3	440 V	396 V	483 V	III - 400 V
3	460 V	436 V	480 V	IV - 460 V
3	480 V	432 V	480 V	IV - 460 V
3	600 V	570 V	625 V	V- 600 V

Wobec braku wytycznych szczegółowych dla amplitudy napięcia w sieci 60 Hz przyjęto tolerancję 3% - +3% oraz wymagania normy IEEE Std 519 - 2014: IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems. W szczególności *Voltage distortion limits*: Bus voltage ≤ 1 kV, Individual harmonic ≤ 5.0 %, total harmonic distortion THD ≤ 8.0 % oraz *Current distortion limits for systems rated 120 V through 69 kV in percent of I_L* przedstawone w tablicy 2.

Tablica 2. *Current distortion limits for systems rated 120 V through 69 kV in percent of I_L*

Prąd	$3 \leq h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h < 50$	THD
<20%	< 4.0%;	< 2.0%	< 1.5%	< 0.6%	< 0.3%	< 5.0%
>20% <50%	< 7.0%;	< 3.5%	< 2.5%	< 1.0%	< 0.5%	< 8.0%
>50% <100%	< 10.0%;	< 4.5%	< 4.0%	< 1.5%	< 0.7%	< 12.0%
>100% <1000%	< 12.0%;	< 5.5%	< 5.0%	< 2.0%	< 1.0%	< 15.0%

Even harmonics are limited to 25% of the odd harmonics

Wstępna analiza jakości energii w proponowanym układzie wykazała, wymagania z tablicy 2. nie będą spełnione. Konieczne jest zastosowaniu filtra sinusoidalnego na wyjściu przemiennika.

2. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest instalacja elektryczna, sterowania, sygnalizacji i automatyki układu do zasilania testowanych urządzeń pięcioma wartościami napięcia o częstotliwości 60 Hz.

3. ZAKRES OPRACOWANIA

Opracowanie obejmuje:

- doposażenie istniejącej rozdzielniczy w wyłącznik do zasilania układu do generacji napięć o częstotliwości 60 Hz;
- rozdzielnicę (R1-60HZ) zawierającą dławik sieciowy, przemiennik częstotliwości oraz styczniki mocy służące do wyboru odpowiednich odczepów transformatora;
- posadowienie transformatora z odczepami oraz filtra sinusoidalnego;
- kable łączące rozdzielnicę R1-60HZ z rozdzielnicą testową R2-60HZ;
- rozdzielnicę testową R2-60HZ z gniazdami, ze stycznikami wyboru gniazd i miernikiem parametrów sieci;
- doposażenie rozdzielniczy głównej obiektu w układ do zdalnej bezprzewodowej kontroli obciążenia transformatora głównego.

4. OPIS TECHNICZNY i OBLICZENIA

4.1. Zasilanie układu 60 Hz

Do zasilania układu przewidziano doposażenie najbliższej istniejącej rozdzielnicy w wyłącznik typu NZM3-A400, 50kA (schemat 1). Wyłącznik ten będzie wyłącznikiem głównym całego układu 60 Hz, w związku z tym powinien być wyraźnie oznakowany "**Wyłącznik główny układu 60 Hz**". Z zacisków odpiływowych dolnych wyłącznika wyprowadzić kabel W1 (YKXSzo 4x120 SM) i wprowadzić z poziomu podłogi do ustawionej w pobliżu wykonanej rozdzielnicy R1-60HZ. Kable ułożyć w krytym korycie perforowanym umieszczonym na podłodze przy ścianie lub na ścianie przy podłodze.

4.2. Ochrona od porażień

Ze względu na przeznaczenie instalacji do testowania poprodukcyjnego urządzeń i zasilania jej poprzez przemiennik częstotliwości (ograniczenie prądu zwarciovego), w sieci wyspowej 60 Hz zastosowano układ TN-S z uzupełniającą ochroną od porażień, obejmującą również testowane urządzenia, realizowaną poprzez wyłączniki różnicowoprądowe o prądzie znamionowym zadziałania 30 mA. Czas odłączenia powinien wynosić $< 0,2$ s.

4.3. Transformator T1 z odczepami oraz filtr sinusoidalny

Transformator i filtr posadowić na podłożu i podłączyć według schematu 1. z polem 1. rozdzielnicy R1-60HZ kablami W2 i W4 (2XSLCYn-J 3x150+3G35) ułożonych na podłodze w krytych korytach perforowanych. Odczepy uzwojeń wtórnych transformatora połączyć za pomocą kabli W5 - W9 (YKY 1x120) z polem 2. rozdzielnicy R1-60HZ.

Na podstawie oferty nr OF-081-18 transformator o mocy 208 kVA będzie dysponował przekładniami napięciowymi zestawionymi w tabelicy 3. Znamionowy spadek napięcia na transformatorze wyniesie 4,4% a straty jałowe 550 W.

Na podstawie oferty nr OF-080-18 filtr sinusoidalny o indukcyjności 0,18 mH będzie miał znamionowy spadek napięcia 10%. Sumaryczny spadek napięcia przy odciążeniu prądem 200 A można oszacować jako: na filtrze 10% + na transformatorze 4,4% transformatora + na kablach i złączach 1,1% = 15,5%. Obliczenia przedstawiono w tabelicy 3.

Tablica 3. Wyznaczenie napięć zasilania transformatora z filtrem sinusoidalnym oraz prądu pobieranego z przemiennika dla obciążenia 200 A

Wymagane napięcie dla zaczeput	Przekładnia napięciowa transformatora (strona wtórna/strona pierwotna)	Wymagane napięcie wyjściowe przemiennika częstotliwości przy braku obciążenia	Wymagane napięcie wyjściowe przemiennika częstotliwości przy obciążeniu 200 A	Prąd strony pierwotnej transformatora przy obciążeniu 200A
I 208 V	229V/360V = 0,636	327 V	378 V	315 A
II 230 V	242V/360V = 0,672	342 V	395 V	298 A

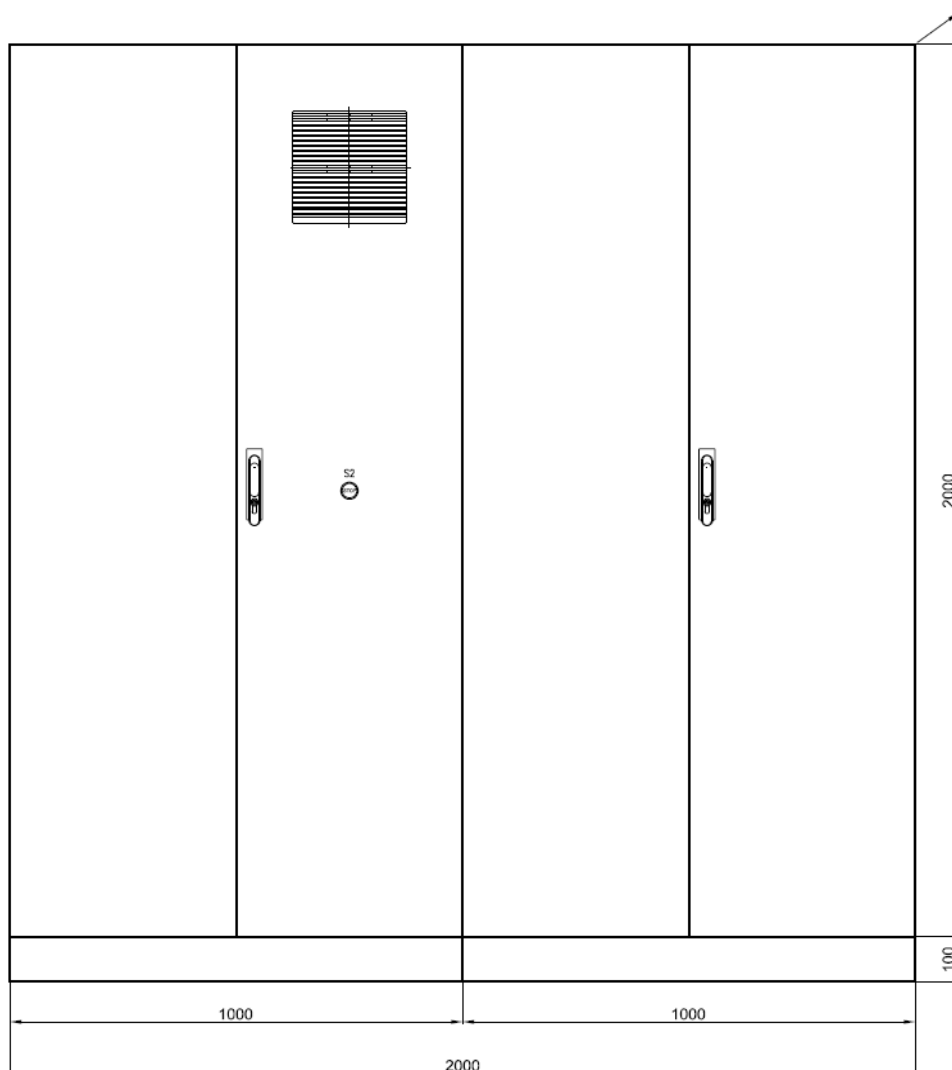
III 400 V	432V/360V = 1,200	333 V	386 V	167 A
IV 460 V	496V/360V = 1,378	334 V	386 V	116 A
V 600 V	636V/360V = 1,767	334 V	392 V	113 A

Napięcie fazowe z I odczepu wynoszące 120 V zostanie wykorzystane do zasilania gniazda serwisowego 60Hz w standardzie amerykańskim, które będzie zainstalowane w R2-60HZ.

4.4. Rozdzielnica R1-60HZ

Rozdzielnicę R1-60HZ wykonać jako blaszaną dwu-polową o wymiarach przedstawionych na rys. 1. (głębokość 600 mm). Rozdzielnica powinna być posadowiona na wentylowanym cokole pozwalającym na wprowadzenie kabli z poziomu podłogi. W polu 1. (lewym) należy zainstalować kratkę wentylacyjną do wentylacji przemiennika częstotliwości. Na elewacji umieścić przycisk S1 bezpieczeństwa - wyłączenia awaryjnego przemiennika częstotliwości. Przycisk S1, w kolorze czerwonym, z powrotem przez odciążenie, wyposażać w żółty sztyld z napisami wymaganymi dla funkcji Emergency-STOP.

Pola wyposażać według rys. 2. i schematu 1. Kabel W2 (2XSLCYnJ 3x150+3G35) wyprowadzić z rozdzielnicą R1-60HZ przez cokół i podłączyć do zacisków wejściowych ustawionego obok filtra sinusoidalnego L2. Kabel W2 ułożyć w krytym korycie perforowanym umieszczonym na podłodze przy ścianie. Zaciski wyjściowe filtra połączyć kablem W4 z zaciskami strony pierwotnej transformatora. Żyły PE kabla W4 i W3 oraz punkt gwiazdowy transformatora skutecznie uziemić poprzez połączenie z bednarką uziemienia otokowego. Rezystancja uziemienia nie powinna być wyższa niż 10 Ω.



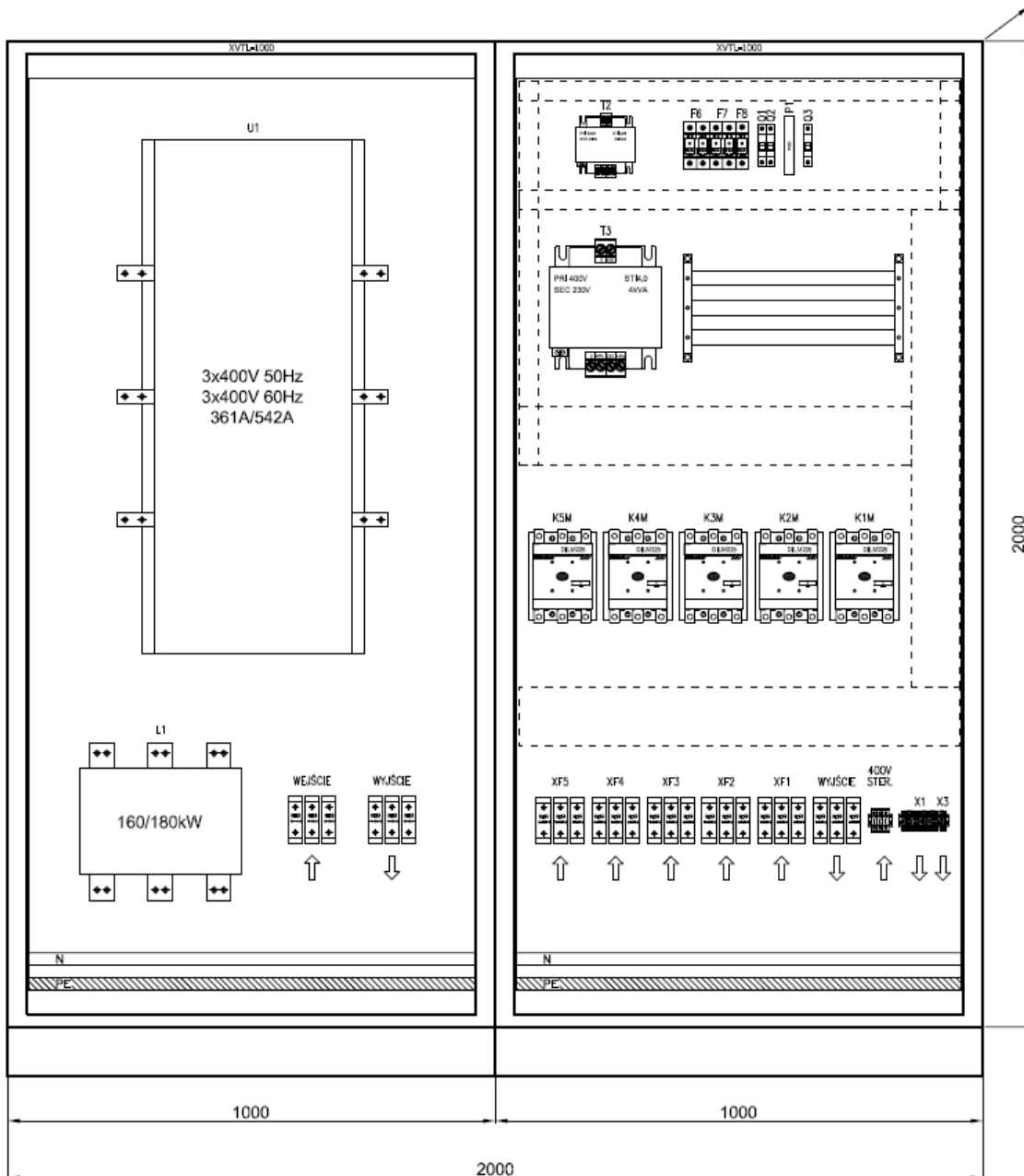
Rys. 1. Wymiary rozdzielnic R1-60HZ

Napięcia pomocnicze i sterownicze 230V 50Hz będzie uzyskiwane poprzez transformatory separujące T2 i T3 z napięć międzyprzewodowych 3x400V - schemat 2.

Załączanie styczników wyboru zacze pu/napięcia będzie realizowane zdalnie z rozdzielnic R2-HZ. Blokady elektryczne przedstawione na schemacie 2 umożliwią jednoczesne załączenie tylko jednego stycznika.

Przewody sygnałowe (poprzez kabel W11) doprowadzone przemiennika częstotliwości (schemat 3) pozwolą na:

- informację o aktualnie załączonym styczniku wyboru zacze pu/napięcia,
- kontrolę napięcia 115 V 60Hz (poprzez przetwornik pomiarowy P1 i sygnał 0-20 mA), w przypadku, gdy żaden stycznik wyboru napięcia nie jest załączony (przetwornik trzeba zaprogramować 20mA/125V),
- kontrolę napięcia w obwodach gniazd siłowych w R2-HZ (poprzez miernik parametrów sieci P1 - schemat 4 i sygnał 0-20 mA),
- informację o aktualnie załączonym styczniku wyboru gniazda siłowego w R2-HZ.



Rys. 2. Wyposażenie rozdzielnic R1-60HZ

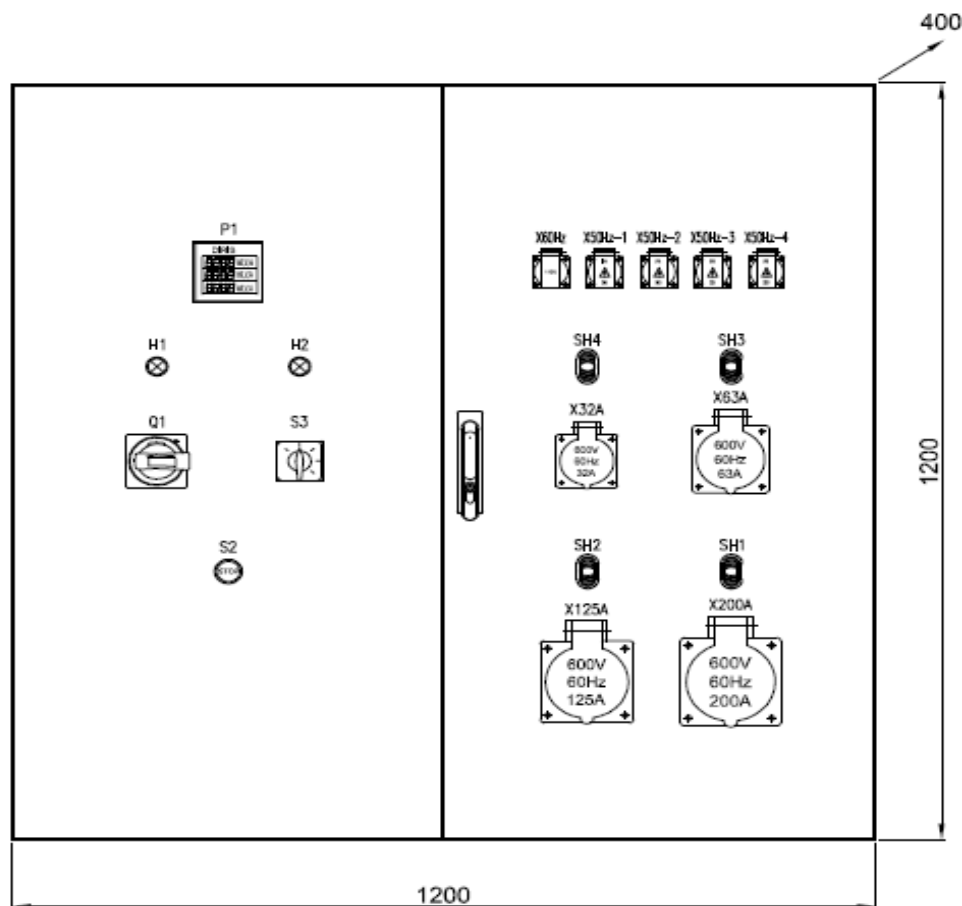
4.5. Rozdzielnica R2-60HZ

Rozdzielnicę R2-60HZ wykonać jako blaszaną tablicę IP44 o wymiarach przedstawionych na rys. 3. przystosowaną do powieszenia na ścianie. Projektuje się rozmieszczenie aparatów na elewacji i wewnątrz rozdzielnic wg rysunku 3. Na lewych drzwiczkach umieścić przycisk S1 bezpieczeństwa - wyłączenia awaryjnego. Przycisk S1, w kolorze czerwonym, z powrotem przez odciągnięcie, wyposażyć w żółty sztyl z napisami wymaganymi dla funkcji Emergency-STOP. Powyżej przycisku umieścić pokrętko wyłącznika głównego Q1 w kolorystyce czerwony na żółtym tle oraz przełącznik S3 wyboru napięcia. Obok przełącznika S3 na elewacji należy umieścić tabliczkę informującą o napięciu wybieranym w każdej pozycji - schemat 5.

Umieszczona powyżej biała lampka H1 (230V) ma potwierdzać gotowość układu sterowania a lampka zielona H2 (24V) - pracę przemiennika częstotliwości - schemat 4 i 5.

Umieszczony wyżej miernik parametrów sieci P1 trzeba zaprogramować do wyświetlania żądanych wielkości oraz przekazywania sygnału analogowego w proporcji 20mA/650V.

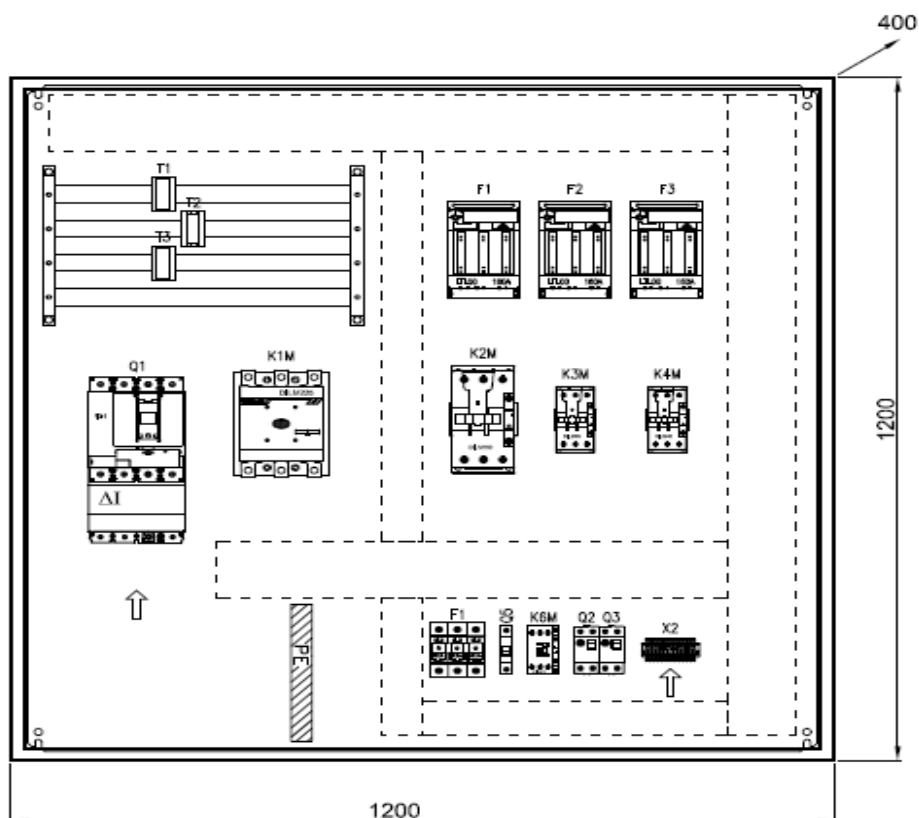
Na prawych drzwiczkach umieścić 4 gniazda siłowe 600V z podwójnymi przyciskami do ich załączania i wyłączania oraz wyżej gniazda pomocnicze 230V 50 Hz i 115V 60Hz.



Rys. 3. Wymiary rozdzielni R2-60HZ

Proponowane rozmieszczenie wyposażenia wewnątrz R2-60HZ przedstawiona na rys. 4. Blokady elektryczne styczników wyboru gniazda umożliwią załączenie tylko jednego gniazda - schemat 6. Informacja o załączonym styczniku przekazana do przemiennika częstotliwości U1 w R1-60HZ pozwoli na ograniczanie prądu maksymalnego w zależności od obciążalności gniazd.

Wyłączenie wyłącznika głównego Q1 ręcznie dźwignią, przyciskiem bezpieczeństwa lub samoczynnie w wyniku działania wyzwalacza różnicowoprądowego na skutek upływności >30mA w obwodach gniazd siłowych spowoduje wyłączenie również zasilanie gniazd pomocniczych - stycznik KM6 na schemacie 5. Natomiast powstanie upływności >30mA w obwodach gniazd pomocniczych 230V 50 Hz spowoduje wyłączenie zasilania tylko tych gniazd. Analogicznie w odniesieniu do gniazda 115V 60Hz.



Rys. 4. Wyposażenie rozdzielnic R2-60HZ

4.6. Regulacja napięcia

W celu eliminacji spadków napięcia powstających na dławiku, transformatorze i kablu w funkcji prądu obciążenia wymagana jest regulacja napięcia na zaciskach gniazd do zasilania testowanych urządzeń. Zakres wymaganych zmian napięcia określono w tabelicy 4. Na podstawie informacji o wybranym zaczepe transformatora i odczycie bieżącego napięcia przez miernik parametrów sieci P1 (ND30 Lumel) w rozdzielnic R2-60HZ układ regulatora przemiennika częstotliwości ma utrzymywać wartość napięcia w granicach $\pm 3\%$.

W przypadku niewybrania żadnego zaczepe transformatora, gdy napięcie w R2-60HZ będzie równe zero, układ regulacji przemiennika na podstawie sygnału z przetwornika pomiarowego P1 (P20Z Lumel) w R1-60HZ ma utrzymywać napięcie 115 V, 60Hz (fazowe napięcie z międzyprzewodowego 208V) w granicach $\pm 3\%$.

Podstawą regulacji mają być sygnały na wejściach analogowych przedstawione w tabelicy 5.

Tabela 5. Zakresy zmian sygnałów analogowych do zaprogramowania regulatora napięcia przemiennika częstotliwości

Napięcie dla zaczepe	Sygnał analogowy AI1 napięcia gniazd siłowych	Sygnał analogowy AI2 napięcia gniazda pomocniczego 115V
I 208 V	6,400 mA	18,584 mA
II 230 V	7,077 mA	18,584 mA
III 400 V	12,308 mA	18,584 mA
IV 460 V	14,154 mA	18,584 mA
V 600 V	18,462 mA	18,584 mA

4.7. Regulacja prądu maksymalnego

W celu ograniczenia przeciążeń w obwodach gniazd testowych regulator prądu przemiennika częstotliwości powinien ograniczać prąd zasilania transformatora w zależności od wybranego zacze pu wg tablicy 6. Wartości te należy skorygować w trakcie prób uruchomieniowych.

Tablica 6. Zakresy ograniczania prądu maksymalnego przez przemiennik częstotliwości

Wybrane napięcie zacze pu	Wybrane gniazdo	Prąd maksymalny na wyjściu przemiennika
I 208 V	32 A	50 A
	63 A	99 A
	125 A	197 A
	200 A	315 A
II 230 V	32 A	48 A
	63 A	94 A
	125 A	186 A
	200 A	298 A
III 400 V	32 A	27 A
	63 A	87 A
	125 A	104 A
	200 A	167 A
IV 460 V	32 A	19 A
	63 A	37 A
	125 A	73 A
	200 A	116 A
V 600 V	32 A	18 A
	63 A	36 A
	125 A	71 A
	200 A	113 A

4.8. Kontrola obciążenia transformatora głównego

Transformator główny obiektu ma moc znamionową 400 kVA a projektowany układ 60 Hz może pobierać moc do 220 kVA. W celu ograniczenia niekontrolowanych przeciążeń transformatora głównego obiektu niezbędne jest zatem zainstalowanie w rozdzielnicy głównej RT 0,4 wg schematu 7 analizatora jakości P1 (ND40 Lumel) z funkcją serwera WWW i FTP. Dla uzyskania łączności bezprzewodowej z komputerami lub urządzeniami przenośnymi należy analizator P1 połączyć z routerem.

Trzy przekładniki prądowe TC1, TC2 i TC3 założyć na przewody pod wyłącznikiem głównym - fot. 1. Do dolnych zacisków wyłącznika należy podłączyć rozłącznik bezpiecznikowy F. Zastosować przewód o przekroju 6 mm² przewód w podwójnej izolacji. W celu zamontowania analizatora jakości energii należy w elewacji rozdzielnicy głównej wyciąć kwadratowy otwór o boku 138 +0,5 mm. Analizator połączyć wg schematu 7 i zasilić napięciem 230V 50 Hz. Na zewnątrz pomieszczenia rozdzielni głównej zawieść router. Za pomocą przewodu sieciowego teleinformat. ekran. FTP kat. 5e

4x2x0,5 TI0007 z wtyczkami R45 router połączyć z analizatorem. Router również zasilić napięciem 230 V 50 Hz.

Analizator wymaga zaprogramowania wyświetlania i przesyłania poprzez serwer WWW żądanych informacji.



Fot. 1. Wyłącznik główny, pod którym należy założyć przekładniki prądowe 600/5A do kontroli obciążenia transformatora głównego