



Przedsiębiorstwo Projektowo - Usługowe  
PROJ-EKO Sp. z o.o.  
ul. Okrzei 18, 64-920 Piła  
tel. 067 214 22 40 fax. 067 214 22 50  
REGON: 300029201 NIP: 764-24-58-721  
e-mail: [sekretariat@projeko.com.pl](mailto:sekretariat@projeko.com.pl)  
[www.projeko.com.pl](http://www.projeko.com.pl)

egzemplarz

5

NAZWA INWESTYCJI:	<b>Modernizacja Oczyszczalni Ścieków w Nowej Wsi koło Grudziądza</b>
ADRES OBIEKTU:	<b>Oczyszczalnia ścieków w Nowej Wsi koło Grudziądza</b> 86-302 Nowa Wieś Działki nr 111/2, 190/1, 190/3, 190/4, Jednostka ewid. 040601_2 Grudziądz, obręb ewidencyjny nr 0011, Nowa Wieś
INWESTOR:	<b>Miejskie Wodociągi i Oczyszczalnia sp. z o.o.</b> ul. Mickiewicza 28/30, 86 300 Grudziądz

STADIUM	<b>PROJEKT WYKONAWCZY</b>
NAZWA OPRACOWANIA	<b>Projekt wykonawczy modernizacji oczyszczalni ścieków w Nowej Wsi koło Grudziądza - TOM E-1</b> <b>DOKUMENTACJA PROJEKTOWA URZĄDZEŃ ZASILAJĄCYCH W ZAKRESIE CZĘŚCI ABONENCKIEJ, WRAZ Z PROJEKTOWANYM UKŁADEM POMIAROWO- ROZLICZENIOWYM</b> do uzgodnienia przez ENERGA-OPERATOR S.A
BRANŻA	<b>ELEKTRYCZNA</b>
KOD WSPÓLNEGO SŁOWNIKA ZAMÓWIEŃ (CPV)	45252100-9 - Zakłady oczyszczania ścieków 45314200-3 – instalowanie infrastruktury kablowej 45315700-5 – instalowanie rozdzielnic elektrycznych 45315100-9 – instalacyjne roboty elektryczne 45317000-2 – inne instalacje elektryczne 50961200-1 – usługi instalowania urządzeń do przetwarzania informacji
KATEGORIA OBIEKTU BUDOWLANEGO	<b>XXX – Oczyszczalnia ścieków</b>
PROJEKTOWAŁ	<b>mgr inż. Janusz Dębski</b> upr. nr 77/Sz/80 w specjalności instalacyjno-inżynieryjnej w zakresie instalacji elektrycznych <i>mgr inż. Janusz Dębski</i> Uprawnienia budowlane do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń w specjalności: instalacyjna w zakresie sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych Nr ewid.: proj. 77/Sz/80, wyk. 218/Sz/94
SPRAWDZIŁ	<b>mgr inż. Jan Załoga</b> upr. nr 204/Sz/84 w specjalności instalacyjno-inżynieryjnej w zakresie instalacji elektrycznych. <i>mgr inż. JAN ZAŁOGA</i> Uprawnienia budowlane do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń w specjalności: Instalacje i sieci elektryczne i elektroenergetyczne Nr ewid.: proj. 204/Sz/84; bud. 469/Sz/77
DATA	<b>maj 2018 r.</b>
NR REJESTRU	<b>199/PW/E-1/17</b>

## Spis treści

1.WSTĘP, .....	3
1.1 Podstawa opracowania.....	3
1.2 Zakres opracowania .....	3
2.OPIS TECHNICZNY .....	3
2.1. Wstęp.....	3
2.2. Warunek przyłączenia generatora do sieci. Rozdzielnia SN oczyszczalni. ....	4
2.3. Rozdzielnia R31 nN-0,4kV stacji transformatorowej.....	5
2.4. Charakterystyka modułu kogeneracyjnego. ....	6
2.5. Zabezpieczenia i sterowanie generatora.....	7
2.6. Telemechanika generatora 345kW. ....	10
2.7. Opis projektowanego rozwiązania pomiaru energii brutto .....	11
2.8. Tablica układu pomiarowego TL-G .....	11
2.9. Wytyczne montażu układu pomiaru energii brutto generatora.....	12
2.10. Ochrona od porażeń, połączenia wyrównawcze. ....	12
3.Obliczenia techniczne. ....	13
3.1. Dobór zabezpieczeń i kabli .....	13
3.2. Dobór przekładników i układu pomiarowego.....	14
4.Załączniki.....	16

## SPIS RYSUNKÓW:

Lp	Tytuł	Nr arkusza
1	Trasy kablowe zasilające	E1
2	Schemat zasadniczy rozdzielnicy SN	E2
3	Schemat zasadniczy rozdzielnicy głównej RG-31 - cz. 1	E3.1
4	Schemat zasadniczy rozdzielnicy głównej RG-31 - cz.2	E3.2
5	Schemat zasadniczy rozdzielnicy głównej RG-31 - cz.3	E3.3
6	Schemat zasadniczy rozdzielnicy głównej RG-31 - cz.4	E3.4
7	Schemat zasadniczy rozdzielnicy głównej RG-31 - cz.5	E3.5
8	Schemat zasadniczy rozdzielnicy głównej RG-31 - cz.6	E3.6
9	Schemat strukturalny rozdzielnicy głównej RG-31 - Pole 7 cz.1	E3.7
10	Schemat strukturalny rozdzielnicy głównej RG-31 - Pole 7 cz.2	E3.8
11	Schemat połączeń projektowanego regulatora	E3.9
12	Plan tras i rozmieszczenia urządzeń - stacja transformatorowa ST	E3.10
13	Schemat zabezpieczeń projektowanego generatora biogazowego	E4.1
14	Schemat ideowy pomiaru energii brutto projektowanego generatora	E4.2
15	Zabudowa tablicy licznikowe	E4.3
16	Schemat transmisji danych pomiarowych liczników oraz odczyt lokalny	E4.4
17	Budynek SGK – instalacje elektryczne	E4.5

# 1. WSTĘP,

## 1.1 Podstawa opracowania.

Podstawą opracowania niniejszego projektu są;

- Warunki przyłączenia do sieci elektroenergetycznej ENERGA-OPERATOR SA Oddział w Toruniu nr P/18/013820 z dnia 20-04-2018r.
- projekt zagospodarowania terenu dla zadania „Modernizacja Oczyszczalni Ścieków w Nowej Wsi koło Grudziądza”
- istniejące projekty rozdzielni R31 i obiektu SGK,
- dane techniczne modułu kogeneracyjnego typu PETRA 500C z generatorem synchronicznym o mocy osiągalnej 345kW,
- uzgodnienia z Inwestorem,
- instrukcja sterownika synchronizacji i zabezpieczeń generatora typu InteliSys-NTC (ComAp);
- karta katalogowa sterownika pola **uREG 24 E 5** firmy **REGULUS** Poznań
- karta katalogowa jednostki wytwórczej (modułu kogeneracyjnego **PETRA 500C** z generatorem synchronicznym typu HCI534C firmy STANFORD
- wydane arkusze normy PN-IEC-60364 „Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych...”,
- PN-HD 60346-1 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 1: Wymagania podstawowe, ustalenie ogólnych charakterystyk, definicje,
- Instrukcja Eksploatacji i Ruchu Sieci Dystrybucyjnej ENERGA Operator S.A. Zał. nr 1 - Szczegółowe wymagania techniczne dla jednostek wytwórczych przytaczanych i przyłączonych do sieci dystrybucyjnej.

## 1.2 Zakres opracowania

Niniejsze opracowanie stanowi projekt wykonawczy branży elektrycznej dla zadania „Modernizacja Oczyszczalni Ścieków w Nowej Wsi koło Grudziądza ” w zakresie:

- włączenia do sieci dystrybucyjnej ENERGA Operator SA za pośrednictwem rozdzielni SN-15kV wraz z układem zabezpieczeń drugiego generatora synchronicznego o mocy osiągalnej 345kW wchodzącego w skład modułu kogeneracyjnego napędzanego silnikiem przeznaczonymi do spalania biogazu powstającego w procesie fermentacji osadów ściekowych,
- likwidacja dwóch istniejących generatorów synchronicznych PETRA 190 CGD o mocach 156 kW każdy

Szczegółowy zakres opracowania:

- układ włączenia i współpracy generatora z siecią elektroenergetyczną,
- pomiar energii brutto generatora,
- układ telemechaniki generatora,
- ochrona od porażeń i uziemienie generatora.

# 2. OPIS TECHNICZNY

## 2.1. Wstęp

Dla potrzeb skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej (energetycznego wykorzystania biogazu pochodzącego z fermentacji osadów ściekowych) na terenie oczyszczalni ścieków w Grudziądzu w budynku SGK (stacja generatorów kogeneracyjnych) zabudowana zostanie jednostka wytwórcza (trzeci moduł kogeneracyjny) z silnikiem przystosowanym do

spalania biogazu z prądnicą, synchroniczną firmy STANFORD typu HCI534C o mocy 625 kVA ze względu na moc silnika gazowego moc osiągalna generatora 345kW.

Moduł kogeneracyjny napędzany za pomocą silnika przeznaczonego do spalania biogazu dla pracy ciągłej równoległej z siecią (praca synchroniczna) posiada parametry:

- Wyjście elektryczne generatora  
bez możliwości przeciążenia: **345kW (570kVA; 230/400V, 50Hz)**
- wyjście ciepłe chłodzenie silnika: **464kW**
- moc wejściowa paliwa: **943kW**

Praca izolowana (wyspowa) generatora nie będzie realizowana.

Po zaniku napięcia w sieci dystrybucyjnej następuje bezzwłoczne wyłączenie generatora z blokadą jego załączenia do powrotu napięcia w sieci (wyłączenie wyłącznika Q7.2. Powtórne załączenie wyłącznika Q7.2 i uruchomienie generatora realizowane ręcznie po powrocie napięcia w sieci.

Niniejsze opracowanie ma na celu zaprojektowanie urządzeń potrzebnych do włączenia generatora do sieci elektroenergetycznej i sterowania jego pracą synchroniczną. Kable zasilające oraz zabezpieczenia w rozdzielni głównej RG-31 zostaną wykorzystane istniejące (rezerwa powstała po likwidacji dwóch generatorów o mocach 156 kW każdy).

Zaprojektowany układ pracy synchronicznej generatora zakłada, że:

- generator 345kW pracuje z regulacją mocy realizowaną za pomocą pomiaru aktualnego poboru energii elektrycznej z sieci dystrybucyjnej (pomiar pobierany przez sterownik z licznika układu pomiarowo-rozliczeniowego oczyszczalni) i po przetworzeniu w sterowniku z jego wyjścia analogowego 4...20mA steruje aktualną mocą generatora tak by nie oddawać energii do sieci dystrybucyjnej, regulacja mocy w zakresie 50-100% mocy znamionowej generatora (172,5 - 345kW),
- wytwarzana energia elektryczna zużywana będzie na potrzeby własne oczyszczalni bez możliwości oddawania do sieci dystrybucyjnej ENERGA OPERATOR,
- energia cieplna pochodząca z chłodzenia silnika i spalin będzie zużywana na potrzeby oczyszczalni lub wychładzana za pomocą chłodnicy wentylatorowej,
- energia cieplna z chłodzenia mieszanki paliwowej będzie wychładzana w chłodnicy wentylatorowej.

Układ pomiarowo-rozliczeniowy (dwukierunkowy zakup/sprzedaż energii) zlokalizowany jest w budynku stacji transformatorowej z rozdzielnią SN i nn oczyszczalni i ze względu na brak wzrostu mocy nie wymaga żadnych prac modernizacyjnych.

Pomiar energii brutto wytwarzanej w jednostce wytwórczej dla potrzeb potwierdzania świadectwa pochodzenia energii z źródła energii odnawialnej OZE (zielone certyfikaty) realizowane będzie na zaciskach generatora za pomocą układu pośredniego (przekładniki prądowe 600/5A kl. 0.5) z czterokwadrantowym licznikiem energii kl. 0,5 typu A1500 (potwierdzanie wytwarzania energii z OZE - odnawialne źródło energii dla certyfikacji przez URE). Licznik energii brutto należy włączyć za pomocą łącza RS485 do istniejącego toru odczytu liczników za pomocą łącza GPRS przez ENERGA Operator.

Zgodnie z projektem branży technologicznej w pomieszczeniu modułu kogeneracyjnego i kotłowni nie występują strefy zagrożenia wybuchem.

## 2.2. Warunek przyłączenia generatora do sieci. Rozdzielnia SN oczyszczalni.

. Zasilanie rozdzielni SN-15kV oczyszczalni realizowane jest z:

- Przyłączy nr 1: odgałęzienia od linii napowietrznej PARSKI,
- Przyłączy nr 2: linią kablową ze stacji 110/15kV ŚWIERKOCIN.

Przyłączenie stacji SN-15kV realizowane jest za pomocą, linii kablowej SN

Obliczona moc zwarciova pochodząca od sieci w miejscu przyłączenia wynosi:

$S_{K3} = 85\text{MVA}$

Moc przyłączeniowa generatorów zamontowanych na terenie oczyszczalni wynosi:

$S_G = 0,57\text{MVA} + 0,57\text{MVA} + 0,25\text{MVA} + 0,45\text{MVA} = 1,84\text{MVA}$

Stąd:

$$\frac{S''_k}{S_G} = \frac{85,00 \text{ MVA}}{1,84 \text{ MVA}} = 46,2 > 20$$

Współczynnik stosunku mocy zwarciowej pochodzącej od systemu do mocy przyłączeniowej w miejscu włączenia jednostki wytwórczej do sieci jest większy od 20 i spełnia warunek wymagany w pkt. 1.5 Zał. Nr 1 "Szczegółowe wymagania techniczne dla jednostek wytwórczych przyłączanych do sieci dystrybucyjnej" Instrukcji Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej ENERGA OPERATOR SA.

Dla potrzeb włączenia generatora do sieci elektroenergetycznej przez rozdzielnię SN-15kV dla spełnienia wymogów dotyczących zabezpieczeń dodatkowych zawartych w pkt. 3 11 IRIESD ENERGA Dystrybucja S.A. oraz wymogów warunków przyłączenia należy wyposażyć generator w zabezpieczenia  $u_0>$  i  $u>$  pobierające dane pomiarowo z sieci SN-15kV.

Dodatkowo zgodnie z warunkami przyłączenia pkt. 7.2.1 realizowane będzie wyłączenie generatora w przypadku przepływu do sieci mocy powyżej 464kW.

Dla potrzeb zabezpieczeń dodatkowych  $u>$ ,  $u_0>$  i -P zastosowane zostanie sterownik typu uREG 24 E 5 firmy REGULUS połączony z istniejącym sterownikiem uREG.

Pomiary prądów włączone zostaną do modułu przekładników prądowych 5A CT-0 (moduł zamontowany w slotie nr 1 sterownika), zaś pomiary napięcia do modułu VT- (moduł zamontowany w slotie nr 2 sterownika).

Pomiary napięcia z przekładników napięciowych należy podłączyć pod zaciski 1-2, 3- i 5-6 modułu realizujące pomiar napięcia 100V. Na podstawie pomiaru napięć z przekładników napięciowych wyliczane będzie napięcie  $3u_0$  dla zabezpieczenia  $u_0>$ . Uzwojenie nr 2 przekładników napięciowych należy połączyć w gwiazdę.

Nastawa zabezpieczenia  $u>$  na poziomie 110% napięcia znamionowego sieci przy czasie zadziałania 200ms:

$u> = 16,5\text{kV}/63,5\text{V t} - 200\text{ms}$ .

Nastawa zabezpieczenia  $u_0>$  zgodnie z IRIESD będzie ustalona z działem automatyki ENERGA OPERATOR S.A. na etapie rozruchu instalacji.

Kryterium działania zabezpieczeń dodatkowych jest wyłączenie wyłącznika generatora QG w rozdzielni siłowej RP generatora nr 3 345kW dostarczanej z modułem kogeneracyjnym.

Na podstawie pomiarów prądów i napięć w sieci SN-15kV wyliczana będzie aktualna moc w rozdzielni SN oczyszczalni oraz jej kierunek przepływu. W przypadku osiągnięcia 464kW przepływu mocy do sieci sterownik uREG 24 E 5 wyłączy instalację wytwórczą za pomocą wyłącznika Q7.2 w polu nr 7 rozdzielni R31.

Dla zachowania selektywności pracy zabezpieczeń podstawowych i dodatkowych generatora zastosowano selektywność czasową.

Schemat zabezpieczeń dodatkowych realizowanych za pomocą sterownika uREG 24 E 5 wg rys. nr 3.8 do 3.9.

## 2.3. Rozdzielnia R31 nN-0,4kV stacji transformatorowej.

Dla potrzeb przyłączenia generatora nr 3 345kW do sieci w rozdzielni R31 nN stacji transformatorowej należy przebudować pole nr 7 wg schematu na rys. nr 3.3.

Jako zabezpieczenie główne zostanie wykorzystany istniejący wyłącznik mocy Q7.2.

Nastawy zabezpieczeń wyłączników:

- wyzwalacz przeciążeniowy:  $I_r = 0,8 \times I_N = 640\text{A}$ ,  $t - 24\text{s}$

- wyzwalacz zwarcia:  $I_i = 2 \times I_N = 1\,600\text{A}$  czas zadziałania  $< 30\text{ms}$ .

Wyłącznik Q7.2 sterowany jest ze sterownika uREG 24 E 5. W przypadku prawidłowej pracy sterownika uREG 24 E 5 poprzez styki wyprowadzone na zaciski 3-4 modułu PS-0 podawane jest napięcie na cewkę podnapięciową wyłącznika Q7.2 i jest on gotowy do pracy. W przypadku awarii sterownika uREG zdejmowane jest napięcie z zacisku 4 modułu PS-0 i następuje natychmiastowe wyłączenie wyłącznika Q7.2 (blokada pracy generatora). Dodatkowo na elewacji rozdzielni R31 pole nr 7 załączana jest lampka sygnalizacyjna H1 informująca o braku gotowości sterownika uREG do pracy.

Załączenie i wyłączenie wyłącznika Q7.2 realizowane jest z modułu IO-0 (slot 5) sterownika uREG. Zaciski 1-2 załączenie wyłącznika, zaciski 3-4 wyłączenie wyłącznika.

Wyłączenie wyłącznika odbywa się po zadziałaniu zabezpieczeń dodatkowych generatora.

Załączenie po powrocie normalnego stanu pracy, przy czym po powrocie napięcia w sieci po jego poprzednim zaniku ponowne załączenie wyłącznika po czasie 10min od powrotu napięcia.

W celu poboru danych do zabezpieczeń dodatkowych pobierających dane pomiarowe z sieci nN-0,4kV zamontowano zabezpieczenie F7.2. pomiar napięcia w sieci nN realizowany przez sterownik uREG, Pomiary napięcia podłączone pod zaciski 7-8. 9-10 i 11-12 modułu VT-3, które realizują pomiar napięcia 230VAC.

Pomiar napięcia w sieci nN realizowany jest po wyłączniku Q7.2 od strony generatora. Pomiar napięcia w sieci nN zostanie wykorzystywany dla potrzeb telemechaniki oraz jako kontrola napięcia powrotnego po zaniku napięcia w sieci. Zanik napięcia w sieci (pomiar napięć po stronie SN) powoduje natychmiastowe wyłączenie wyłącznika Q7.2 (wyłączenie przez zdjęcie napięcia z cewki podnapięciowej wyłącznika Q7.2). Dodatkowo wyłączenie cewki podnapięciowej wyłącznika realizowane będzie niezależnie w przypadku braku napięcia zasilania oo stronie SN oraz pojawieniu się napięcia na generatorze (przypadkowe załączenie generatora do pracy wyspowej). Podczas normalnej pracy (obecność zasilania z sieci) kontrola napięcia powrotnego nie jest realizowana.

Przekładniki prądowe 600/1A podłączone do wejść 13-14, 15-16 i 17-18 modułu VT- 3. Pomiar prądu generatora dla potrzeb monitoringu parametrów pracy generatora (prąd, napięcie, częstotliwość, moc, energia).

## 2.4. Charakterystyka modułu kogeneracyjnego.

Wartość emisji w stosunku do wyrzutu suchych spalin z 5% zawartością O<sub>2</sub>.

- zawartość NO<sub>x</sub> mierzony jako NO<sub>2</sub>  $< 500\text{ mg/m}^3$
- zawartość CO  $< 1000\text{ mg/m}^3$

Generator zamontowany jest na ramie silnika gazowego i napędzany za pomocą elastycznego sprzęgła przez silnik gazowy. Agregat prądotwórczy jest połączony z ramą za pomocą elastycznych antywibracyjnych elementów.

W jednostce wytwórczej PETRA 500C (module ko generacyjnym) zamontowany jest napędzany silnikiem gazowym generator firmy Stanford typu HCI 534C samoregulujący się, bezzszczotkowy, synchroniczny, samowzbudny, z wewnętrzną wentylacją. Wbudowany regulator napięcia i cos fi, zaprojektowany zgodnie z VDE 0530, klasa izolacji H, poziom zakłóceń radiowych N, niski poziom harmonicznym, zamontowany na wale elastycznym.

Dane techniczne generatora:

Producent:	STAMFORD
Typ generatora:	MCI 534C
Moc znamionowa:	625 kVA - 400V / 50Hz
Napięcie:	400V
Częstotliwość:	50Hz
Prąd:	498A - 400V / 50Hz / cos fi = 1
Prędkość:	1500obr/min
Kierunek wirowania:	przeciwnie do ruchu wskazówek zegara
Regulacja napięcia:	± 1%, regulator napięcia elektroniczny
Regulacja cos fi:	regulator cos fi elektroniczny
Sposób połączenia:	gwiazda z uziemionym punktem zerowym

cos $\phi$ znamionowe:	0,8
Sprawność (100% obciążenia):	95,8%
Max. temperatura otoczenia:	40°C
Stopień ochrony:	IP 23
Sposób chłodzenia:	powietrze
Klasa izolacji:	H, grzanie $\leq$ H
Detekcja temperatury uzwojeń:	PTC, 150°C pomiar

**Reaktancje i stałe czasowe:**

Stosunek zwarcia Kz	-	0,34
Reaktancja synchroniczna podłużna Xd	[ $\Omega$ ]	2,95
Reaktancja synchroniczna poprzeczna Xq	[ $\Omega$ ]	2,4
Reaktancja przejściowa podłużna X'd	[ $\Omega$ ]	0,16
Reaktancja podprzejściowa podłużna X''d	[ $\Omega$ ]	0,12
Reaktancja podprzejściowa poprzeczna X''q	[ $\Omega$ ]	0,24
Reaktancja składowej przeciwnej X2	[ $\Omega$ ]	0,17
Reaktancja składowej zerowej X0	[ $\Omega$ ]	0,1
Stała czasowa przejściowa podłużna biegu jałowego T'd 0	[ s ]	2
Stała czasowa przejściowa podłużna stanu zwarcia 3f T'd	[ s ]	0,08
Stała czasowa podprzejściowa podłużna stanu zwarcia 3f T''d	[ s ]	0,012
Stała czasowa składowej aperiodycznej prądu zwarcowego Ta	[ s ]	0,017

Generator zamontowany w module kogeneracyjnym dostarczany jest przez dostawcę wraz z indywidualną szafą automatyki i zabezpieczeń RP realizowaną w oparciu o moduł synchronizacji i zabezpieczeń InteliSys-NTC.

Sterowanie silnika gazowego odbywa się za pomocą szafy sterowniczej RKJ (dostawa producenta),

Praca generatora na terenie oczyszczalni realizowana będzie jako praca równoległa z siecią (silne źródło), do której układ automatyki generatora synchronizuje urządzenie.

Zasilanie obwodów sterowania i zabezpieczeń generatora odbywa się z baterii akumulatorów 24V buforowanej zasilaczem 24VDC.

## 2.5. Zabezpieczenia i sterowanie generatora.

Generator dostarczony jest przez dostawcę z siłową RP z wyłącznikiem synchronizacji QG generator oraz szafą zabezpieczającą RKJ. W skład wyposażenia szaf wchodzi urządzenie mikroprocesorowy system sterowniczy InteliSys-NTC spełniający funkcję układu synchronizacji, zabezpieczenia i kontroli wszystkich parametrów pracy generatora. Moduł synchronizacji i zabezpieczeń kontroluje wszystkie prądy i napięcia generatora i sieci energetycznej. Steruje również wyłącznikiem generatora QG (załączenie po przeprowadzeniu synchronizacji, wyłączenie ruchowe - przez obsługę lub awaryjne od zabezpieczeń).

Generator wyposażony jest w następujące zabezpieczenia podstawowe:

- pod- i nadczęstotliwościowe,
- pod- i nadnapięciowe.
- przed wypadnięciem z synchronizmu,
- prądowe przeciążeniowe i zwarciove,
- przed mocą zwrotną,
- technologiczne.

Podczas zaniku napięcia w sieci wyłączenie generatora przez zabezpieczenia podstawowe następuje w czasie krótszym od 150ms na który składają się;



- czas działania układu zabezpieczeń < 100ms dla zabezpieczeń pod i nadczęstotliwościowych oraz pod i nad napięciowych oraz < 70ms dla zabezpieczenia przed wypadnięciem z synchronizmu,
- czas otwarcia styków stycznika i wyłącznika generatora przez wyzwalacz podnapięciowy (zanikowy) < 50ms.

#### Kryteria pracy zabezpieczeń podstawowych generatora

Kryterium pracy zabezpieczenia	Nastawa	Czas zadziałania
nadczęstotliwościowe	> 51Hz; histereza = 0,1 Hz	< 100 ms
podczęstotliwościowe	< 49Hz, histereza = 0,1 Hz	< 100 ms
nadnapięciowe	> 440kV/253V	< 100 ms
podnapięciowe	< 360V/207V	< 100 ms
wypadnięcie z synchronizmu	10"	bezzwłoczne

Zabezpieczenia działają na wyłącz wyłącznika generatora w rozdzielni RKJ generatora (dostawa rozdzielni z modułem kogeneracyjnym).

Powyższe zabezpieczenia gwarantują wyłączenie generatora przy zaniku napięcia w sieci. Zabezpieczenia są realizowane niezależnie dla każdej fazy.

#### Synchronizacja:

Układ kontroluje wszystkie warunki niezbędne do przeprowadzenia synchronizacji ograniczając do minimum ewentualne prądy wyrównawcze jakie mogą się pojawić podczas procesu synchronizacji.

Kontrolowane parametry:

- a) skuteczne wartości napięć prądnicy i sieci
- b) częstotliwość napięć prądnicy i sieci
- c) kolejność faz prądnicy i sieci
- d) wartości chwilowe odpowiadających sobie napięć prądnicy i sieci.

Warunki synchronizacji zaprogramowane w sterowniku:

- a)  $\Delta f$  max 0.5Hz
- b)  $\Delta f$  min 0.5Hz
- c)  $\Delta U$  max 11,5V (napięcie fazowe)
- d)  $\Delta \varphi$  max 7°
- e) czas impulsu załączenia wyłącznika 240ms

Wszystkie w/w parametry spełniają warunki synchronizacji podane w IRiESR ENERGIA Dystrybucja S.A.

System sterowniczy InteliSys-NTC zapewnia:

- uruchamianie i wyłączanie JK w oparciu o wybrany tryb pracy (ręcznie z poziomu kontrolera lub zewnętrznym sygnałem bezpotencjałowym start/stop);
- wszystkie niezbędne zabezpieczenia elektryczne działające na obtoczenie wyłącznika QG wyprowadzenia mocy pełniącego funkcję łącznika synchronizacyjnego;

Automatyczną synchronizację JK względem sieci energetycznej:

- po uruchomieniu JK system sterowniczy InteliSys-NTC rozpoczyna przeprowadzanie synchronizacji względem napięcia sieciowego odczytywanego przed odłączonym wyłącznikiem synchronizacyjnym QG (od strony sieci), pod warunkiem, że wartości parametrów sieci energetycznej (napięcie i częstotliwość) mieszczą się w określonym zakresie tolerancji;
- jeżeli wartości parametrów sieci energetycznej nie mieszczą się w zakresie tolerancji, system sterowniczy InteliSys-NTC przerwie przeprowadzanie synchronizacji, zatrzyma pracę zespołu prądotwórczego oraz wyświetli odpowiedni komunikat: alarmowy;

- po pomyślnie przeprowadzonej synchronizacji względem sieci energetycznej, system sterowniczy IntelliSys-NTC załączy wyłącznik synchronizacyjny i od tego momentu JK będzie współpracować równolegle z siecią energetyczną;
- IntelliSys-NTC bezprzerwowo monitoruje wartości parametrów elektrycznych, takich jak natężenia prądów na poszczególnych fazach, napięcia, częstotliwość i w razie przekroczenia dopuszczalnego zakresu tolerancji któregośkolwiek z parametrów (w tym całkowity zanik napięcia sieci energetycznej), natychmiastowo odłączy wyłącznik synchronizacyjny, odcinając tym samym JK od sieci energetycznej;
- po otrzymaniu ze strony obsługi polecenia wyłączenia JK, system sterowniczy IntelliSys-NTC stopniowo odciąży zespół prądotwórczy a następnie odłączy wyłącznik synchronizacyjny, odcinając tym samym JK od sieci energetycznej. Zespół prądotwórczy pozostanie jeszcze przez pewien czas w pracy na biegu jałowym celem schłodzenia silnika, po czym zostanie zatrzymany i pozostanie w gotowości na kolejne uruchomienie.

#### Zabezpieczenia generatora i sieci:

Parametry generatora, dla którego dobrano nastawy zabezpieczeń:

moc znamionowa - 345kW (570kVA)  
 cos  $\phi$  dla pracy równoległej z siecią- 1  
 prąd pracy generatora - 535,4A ( dla cos  $\phi$  = 0,93)

Nastawy zabezpieczeń i kryterium działania:

Typ zabezpieczenia	Nastawa	Kryterium działania
<b>Zabezpieczenia podstawowe sieci IntelliSys-NTC</b>		
Nadczęstotliwościowe $f > - 81H$	$f > 51,0Hz$ ; $t = 100ms$	wyłączenie generatora
Podczęstotliwościowe $f < - 81L$	$f < 49,0Hz$ ; $t = 100ms$	wyłączenie generatora
Nadnapięciowe $J > - 59$	$U > 440V$ ; $t = 100ms$	wyłączenie generatora
Podnapięciowe $U < - 27$	$U < 360V$ , $t = 100ms$	wyłączenie generatora
Wypadnięcie z synchronizmu 78	$\phi = 10^\circ$	wyłączenie generatora (działanie zabezpieczenia bezzwłoczne)
Moc zwrotna - 32R	$P > 34,5kW$ ; $t = 1,5s$	wyłączenie generatora
Asymetria prądowa - 45I	$I = 158A$ ; $t = 1s$	wyłączenie generatora
Asymetria napięciowa - 46U	$U = 23V$ ; $t = 3s$	wyłączenie generatora
Nadprądowe fazowe » - 50	$I = 1053,6A$ ; $t = 0,04s$	wyłączenie generatora
Nadprądowe fazowe > - 51	$I > 542,6A$ ; $t = 30s$	wyłączenie generatora
<b>Zabezpieczenia dodatkowe</b>		
df/dt ROOCO-81RL	$-1 Hz/s$ ; $t = 300ms$	wyłączenie generatora
Nadczęstotliwościowe $f > - 81H$	$f > 51Hz$ ; $t = 200ms$	wyłączenie generatora
Podczęstotliwościowe $f < - 81L$	$f < 49Hz$ ; $t = 300ms$	wyłączenie generatora
Podnapięciowe $U < - 27$	$U < 360V$ , $t = 200ms$	wyłączenie generatora
<b>Zabezpieczenia dodatkowe</b>		
Nadnapięciowe $U > - 59$	$U = 16,5kV$ ; $t = 0,2s$ międzyfazowe	wyłączenie generatora
Zerowonadnapięciowe $U0 > - 59N$	Uzgodnić podczas rozruchu z wydziałem Automatyki ENERGA Dystrybucja S.A. oddział w Toruniu	wyłączenie generatora
Kontrola napięcia 24VDC	Zanik napięcia	wyłączenie generatora

**Zastosowane zabezpieczenia podstawowe i dodatkowe generatora spełniają wymagania IRIESD ENERGA OPERATOR SA. Zał. Nr 1 „Szczegółowe wymagania techniczne dla jednostek wytwórczych przyłączanych i przyłączonych do sieci dystrybucyjnej” pkt. 3 dla jednostek wytwórczych o mocy powyżej 150kW.**

Generator pracuje z uziemionym punktem zerowym. Zacisk N generatora należy połączyć z GSU rozdzielni RP. Zacisk PE i obudowę generatora należy uziemić za pomocą bednarki FeZn30x5mm. Wymagana oporność uziemienia dla obudowy generatora < 50. Uziemienie generatora wykonać zgodnie z PN-HD 60364-1 dla wieloźródłowego układu TN (pkt. 312.2.1.2 normy).

## 2.6. Telemechanika generatora 345kW.

Zgodnie z warunkami przyłączenia pkt. 7.2.4 dla włączenia do sieci generatora o mocy 345kW należy wykonać telemechanikę obejmującą:

- pomiar prądów generatora (trójfazowo) - przekładniki 600/1A zamontowane w polu nr 7 rozdzielni R31,
- pomiar napięć generatora (trójfazowo),
- pomiar mocy czynnej i biernej (wyliczana na podstawie pomiaru prądów i napięć w sterowniku),
- sygnalizację położenia wyłącznika generatora QG (dwubitowo) w rozdzielni RP
- sygnalizację zadziałania zabezpieczeń podstawowych generatora,
- zdalne wyłączenie z poziomu RDM wyłącznika Q7.1 w polu nr 7 rozdzielni R31,
- blokadę załączenia wyłącznika generatora Q7.1 z poziomu RDM.

Dane ze sterownika telemechaniki przesyłane będą do systemu dyspozytorskiego RDM ENERGIA Operator SA za pomocą transmisji GSM.

Układ telemechaniki realizowany będzie za pomocą sterownika uREG 24 E 5. Schemat podłączenia sygnałów zewnętrznych do sterownika wg rys. E3.9.

Lokalizacja szafki SZDT w rozdzielni R31 wg rys. nr 3.10.

Zasilania sterownika napięciem 24VDC z rozdzielni R31 przez zasilacz 24VDC buforowany akumulatorem.

Układ telemechaniki obejmuje przekazywanie do systemu dyspozytorskiego, zgodnie z wymogami warunków przyłączenia następujących telesygnatów:

- telesygnalizacja:
  - dwubitowo stanu położenia wyłącznika generatora QG w rozdzielni RP,
  - dwubitowo stanu położenia wyłącznika Q7.2 w rozdzielni R31 w polu nr 7,
  - jednobitowo zadziałanie zabezpieczeń podstawowych generatora,
- telepomiar:
  - trójfazowo prądów generatora 345kW z przekładników 600/1A zamontowanych w polu 7 rozdzielni R31,
  - trójfazowo napięć generatora w rozdzielni R31.
- Telesterowanie:
  - zdalne wyłączenie wyłącznika Q7.2 w polu nr 7 rozdzielni R31 poprzez sterownik uREG 24 E 5 z poziomu RDM, wyłączenie wyłącznika z poziomu RDM wprowadza teleblokadę załączenia wyłącznika Q7.2,
  - zdalną deblokadę wyłącznika Q7.2 poprzez sterownik uREG 24 E 5 z poziomu RDM.

Na podstawie pomiarów prądów i napięć w sterowniku telemechaniki wyliczane będą moce czynna i bierna na zaciskach generatora.

W ramach prac uruchomieniowych i rozruchowych układu telemechaniki należy wykonać:

- konfigurację modułu komunikacji GSM.
- parametryzację sterownika.
- wykonać edycje obiektów w systemie dyspozytorskim przedsiębiorstwa energetycznego i uruchomić kanał łączności pomiędzy systemem dyspozytorskim a sterownikiem obiektowym,
- przeprowadzić próby funkcjonalne sygnalizacji, sterowań i pomiarów w obecności Inwestora.

Z powyższych prac należy sporządzić protokoły i przekazać instalację telemechaniki użytkownikowi.

Komunikacja sterownika uREG 24 E 5 z RDM realizowana za pomocą dwumodemowego modułu komunikacyjnego GPRS GR-0/1 z pojedynczą kartą sim, za pomocą protokołu DNP3. Moduł z gniazdem antenowym SMA z anteną dostarczaną przez producenta systemu.

## 2.7. Opis projektowanego rozwiązania pomiaru energii brutto

W budynku SGK generatorów biogazowych zostanie zainstalowany drugi moduł kogeneracyjny (po likwidacji dwóch istniejących modułów kogeneracyjnych o mocach 156 kW każdy) z silnikiem przystosowanym do spalania biogazu o mocy 345kW. Zamontowany moduł kogeneracyjny wyposażony jest w generator synchroniczny o mocy czynnej osiągalnej 345kW (570kVA). W układzie pomiarowym energii brutto generatora dla potwierdzenia „źródła pochodzenia” energii z odnawialnego źródła energii tak jak dla istniejącego generatora, zaprojektowano liczniki firmy ELS TER typu A1500 o parametrach:

### A1500 W045-741-0SL-1065X-V1H00

Znaczenie oznaczeń:

W	-	pomiar przekładniowy,
0	-	napięcie 3x58/100V.. 3x240/415V
4	-	prąd 5A
5	-	klasa 0,5S
7	-	pomiar +P, -P, Q1...Q4
4	-	4 taryfy energia M
1	-	1 taryfa mocy
0	-	bez odbiornika SCA
S	-	zegar RTC z kalendarzem + zegar taryfowy
L	-	podtrzymanie baterijne
1	-	jedno zewnętrzne wejście sterujące
0	-	bez wyjścia przekaźnikowego
6	-	sześć wyjść elektronicznych
5	-	pamięć, profilu obciążenia 400 dni
X	-	interfejs komunikacyjny RS485 + dodatkowy interfejs RS485
V	-	wyświetlanie VDEW2.0
1	-	wejście DCF77
H	-	zasilacz pomocniczy
00	-	dla funkcji dodatkowych.

W celu zdalnego odczytu licznika zostanie on przez magistralę komunikacyjną RS485 połączony do istniejącego układu odczytu licznika generatora nr 1 oraz pomiaru rozliczeniowego wg rys. nr E4.4.

Schemat ideowy układu pomiarowego energii brutto generatora wg rys. nr E4.2.

Dla pomiaru prądu generatora G3 o mocy 345kW we wszystkich fazach w skrzynce MX3 zamontowanej w agregacie należy zamontować przekładniki prądowe typu:

**ASK61.4 600/5A/A; 5VA; kl.0,5; FS5 wzorcowane**

$$I_{th} = 60 \times I_{pn} = 36kA;$$

$$I_{dyn} = 150 \times I_{pn} = 90kA;$$

$$U_m = 0,76kV.$$

Skrzynka MX3 przystosowana do plombowania.

Przekładniki wraz z zaciskami przewodów do pomiaru napięcia przystosować do oplombowania.

## 2.8. Tablica układu pomiarowego TL-G

Dla układu pomiarowego energii brutto generatora nr 2 zaprojektowano tablice TL – G2, która zlokalizowana zostanie w agregatorowni obok modułu kogeneracyjnego z generatorem synchronicznym.

Tablica licznikowa TL - G wg typowego rozwiązania ZPUE Włoszczowa typu TP13/V - układ pomiarowy pośredni o wymiarach 650x450x250 wykonanie w II klasie izolacji.

Na tablicy pomiarowej należy zamontować:

część uchylna:

- licznik typu A1500 pomiarowy generatora,

część stała:

- listwa kontrolno-pomiarowa typu LPW 847-767 firmy WAGO,
- ochronniki przepięciowe w obudowie S4.

W pobliżu tablicy licznikowej należy zamontować gniazdo 230VAC.

## 2.9. Wytyczne montażu układu pomiaru energii brutto generatora

Z przekładników prądowych w skrzynce MX wyprowadzić przewód 6 x LgY 1x2,5mm<sup>2</sup> i prowadzić go w RL 28 do zacisków prądowych listwy kontrolno-pomiarowej LPW 847-767. Z szyn rozdzielni RKJ generatora nr 3 (pomiar napięcia) należy wyprowadzić przewód 4 x LgY 1x1,5mm<sup>2</sup> do zacisków napięciowych listwy kontrolno-pomiarowej (po bezpiecznikach zamontowanych w rozdzielni RKJ jak dla istniejącego generatora).

Przewody podłączyć bezpośrednio do zacisków przekładników oraz do zacisków listwy kontrolno-pomiarowej bez stosowania dodatkowych listew i złączek. Końcówki kabli należy osłonić i przystosować do oplombowania w sposób uniemożliwiający dostęp do poszczególnych żył.

Tablicę należy montować bezpośrednio na ścianie. Tablica otwierana na zawiasach i zamykana za pomocą śrub M8 z otworami Ø2mm dla potrzeb plombowania.

## 2.10. Ochrona od porażeń, połączenia wyrównawcze.

Jako ochronę od porażeń prądem elektrycznym w kontenerze zgodnie z wymogami normy PN-IEC 60 364-3:2000 zastosowano następujące środki:

- samoczynne wyłączenie zasilania dla odbiorników technologicznych
- wyłączniki różnicowoprądowe o prądzie różnicowym 30mA w obwodach gniazd wtykowych i oświetleniowych.

Przewód PE w rozdzielniach RP i RSJ należy połączyć z "główną szyną uziemiającą" stacji transformatorowej.

Rezystancja uziemienia obudowy i punktu PE generatora  $R < 5 \text{ Ohm}$ .

Do głównej szyny uziemiającej należy podłączyć:

- przewód uziemiający
- przewody ochronny PE
- połączenia wyrównawcze główne.

Po wykonaniu prac montażowych instalacji elektrycznej należy wykonać pomiary skuteczności ochrony przeciwporażeniowej. Sporządzone protokoły z pomiarów skuteczności ochrony przeciwporażeniowej są warunkiem rozpoczęcia eksploatacji urządzeń elektrycznych.

W celu zmniejszenia występujących napięć dotykowych należy zastosować połączenia wyrównawcze główne i dodatkowe (miejscowe). Połączenia wyrównawcze główne łączą ze sobą następujące części przewodzące:

- przewód ochronny układu rozdzielczego
- główną szynę uziemiającą
- rury i inne metalowe obudowy urządzeń
- metalowe elementy konstrukcyjne (słupy, pomosty, podpory itp.)
- uziom fundamentowy budynku agregatów.

Połączenia wyrównawcze dodatkowe obejmują części przewodzące jednocześnie dostępne urządzeń stałych i części przewodzące obce, a także główne zbrojenie konstrukcji. W tym celu wzdłuż ścian wewnątrz kotłowni i agregatorowni należy ułożyć na wysokości 0,3m nad poziomem posadzki bednarkę FeZn o wymiarach 30x5 mm. Na bednarce zamontować listwy wyrównania

potencjałów i wykonać do nich połączenia przewodem Cu o przekroju  $6\text{mm}^2$  (kolor izolacji żółto-zielony).

Do obudowy generatora (zacisk PE) doprowadzić bednarkę FeZn30x5mm.

**Uwaga:**

Po wykonaniu prac montażowych przed uruchomieniem urządzeń należy wykonać pomiary kontrolne odbiorowe, których pozytywny wynik potwierdzony w protokołach stanowi podstawę dopuszczenia urządzeń do rozruchu.

### 3. Obliczenia techniczne.

#### 3.1. Dobór zabezpieczeń i kabli

Dobór zabezpieczeń i kabla generatora rozdzielnia RP.

Dobór kabli i wyłącznika dla generatora zamontowanego w jednostce wytwórczej PETRA 500C.

Dane techniczne generatora:

- moc generatora 570kVA
- praca ciągła z mocą 345kW
- prąd pracy ciągłej dla  $\cos \varphi = 0,93$  535,4A

Dobór kabla łączącego generator z rozdzielnią RP:

$$P_{NG} = 345 \text{ kW}$$

Prąd generatora - praca równoległa z siecią  $\cos \varphi = 0,93$

$$I_{GS2} = \frac{345000}{\sqrt{3} * 400 * 0,93} = 535,4A$$

Dobrano kabel 4x (2xH07RN-F240mm<sup>2</sup>) dla sposobu ułożenia E o dopuszczalnym obciążeniu prądowym 642,6A zgodnie z PN-IEC 60384-5-523.

Stąd:

$$\begin{aligned} 535,4A &< 640A < 642A \\ 928A &< 931A \end{aligned}$$

**Dobór kabli i wyłącznika linii kablowej z rozdzielni R31 nN do rozdzielni RP.**

Dane do obliczeń:

- moc maksymalna wyprowadzana z generatora: 345kW
- prąd dla  $\min \cos \varphi = 0,93$  535,5A

Wyłącznik 800A z zabezpieczeniem LI. Nastawy zabezpieczenia:

- przeciążeniowe:  $I_r = 640A$ , zwłoka czasowa  $t = 24s$
- zwarciove:  $I_i = 1\,600A$

Ułożenie kabla w ziemi (najbardziej niekorzystny odcinek ułożenia).

Wykorzystano istniejący kabel (który zostanie zwolniony po likwidacji dwóch modułów kogeneracyjnych) typu **2x YKY4x240mm<sup>2</sup>** o obciążalności długotrwałej  $I_d = 361A$  wg PN-IEC 60364-5-523:2001 (tablica 52-C1 kolumna D)

Współczynnik ze względu na sposób ułożenia:

- $k_1 = 1,05$  - temperatura  $15^\circ C$  (tablica 52-D2)

- $k_2 = 1,18$  - rezystywność gruntu (tablica 52-D3)
- $k_3 = 0,85$  - ułożenie dwa kable w odległości 12,5cm (tablica 52-E2)

Rzeczywisty prąd długotrwały:

$$I_{dd} = 2 \cdot 1,05 \cdot 1,18 \cdot 0,85 \cdot 361 = 770A$$

Stąd:

$$558,7A < 640,0A < 760,0A$$

$$928,0A < 1102,0A$$

Spadek napięcia:

$$\Delta u_{\%} = \frac{100 \cdot P \cdot l}{\gamma \cdot s \cdot U^2} = \frac{100 \cdot 345000 \cdot 55}{55 \cdot 2 \cdot 240 \cdot 400^2}$$

$$\Delta u_{\%} = 0,20\% < 0,45\%$$

Spadek napięcia spełnia wymagania normy N-SEP-002.

### Ochrona przeciwporażeniowa przy zasilaniu z R31

Transformator 630kVA

$$R_T = 0,002620 \text{ Ohm}; X_- = 0,09820 \text{ Ohm}$$

Kabel zasilający 2x YKY4x240mm<sup>2</sup>

$$R_{L1} = 2 \cdot \frac{l}{\gamma \cdot s} = 2 \cdot \frac{55}{55 \cdot 2 \cdot 240} = 0,0042$$

$$X_{L1} = \frac{1}{2} \cdot l \cdot 0,08 = 0,5 \cdot 0,055 \cdot 0,08 = 0,002$$

$$Z_{k1} = \sqrt{(R_T + R_{L1})^2 + (X_T + X_{L1})^2} = 0,102$$

$$I_{k1} = \frac{0,8 \cdot U}{Z_{k1}} = 1803 > 1800A \text{ } I_{max} \text{ dla } 0,2s$$

Warunek samoczynnego wyłączenia spełniony.

## 3.2. Dobór przekładników i układu pomiarowego

### Pomiar energii brutto generatora – moce prądu

Moc generatora przy pracy synchronicznej z siecią wynosi:

$$P_{NG} = 345 \text{ kW}$$

Dla  $\cos \varphi$  regulowanego w zakresie 0,9 ... 1

Prąd maksymalny generatora (praca generatora z  $\cos \varphi = 0,9$ ):

$$I_{Gmax} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos \varphi} = \frac{345000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 553,3A$$

Moc minimalna generatora (regulacja mocy w zakresie 50...100%):

$$P_{min} = 0,5 \cdot P_{NG} = 172,5 \text{ kW}$$

Prąd  $I_{Gmin}$ :

$$I_{Gmin} = \frac{P_{min}}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos \varphi} = \frac{172500}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 276,6A$$

Dobrano przekładniki prądowe typu:

**ASK61.4 600/5A/A; 5VA; kl.0,5; FS5 wzorcowane**

$$I_{th} = 60 \times I_{pn} = 36kA$$

$$I_{dyn} = 150 \times I_{pn} = 90kA$$

$$U_m = 0,76kV$$

Sprawdzenie zakresu pracy przekładników dla maksymalnego i minimalnego obciążenia:

Wartość prądu maksymalnego po stronie pierwotnej przekładników:

$I_{max} = 553,3 < I_N = 600A$  i stanowi 92,2% obciążenia przekładnika gradowego (wartość mniejsza od 120%).

Wartość minimalna prądu po stronie pierwotnej przekładników prądowych:

$I_{min} = 276,6A > 120A$  i stanowi 46,1% wartości obciążenia przekładnika prądowego.

***Dobrane przekładniki prądowe spełniają warunki obciążenia strony pierwotnej przekładnika w zakresie 20-120%.***

Sprawdzenie wytrzymałości dynamicznej i cieplnej przekładników:

Prąd początkowy zwarcia (wg obliczeń zwarciovych w pkt. 2.1:

$$I_k'' = 10,57kA$$

Prąd termiczny:

$$I_{th} = 10,61kA$$

Prąd udarowy:

$$i_p = 19,98kA$$

Wymagana wytrzymałość cieplna przekładnika:

$I_{thp} = 36,00kA > 10,61kA = I_{th}$  - warunek wytrzymałości cieplej dla przekładników jest spełniony

Prąd udarowy:

$i_{up} = 90,0kA > 19,98kA = i_u$  - warunek spełniony

***Dobrane przekładniki prądowe spełniają warunki zakresu obciążenia i warunki wytrzymałości zwarciowej.***

### **Dobór licznika pomiarowego energii brutto generatora**

Zgodnie z warunkami przyłączenia do pomiaru energii brutto generatora należy zastosować licznik o klasie dokładności 0,5. W celu spełnienia w/w warunków dobrano licznik firmy ELESTER typu A1500.

Zakres pomiarowy licznika A1500 przy zachowaniu klasy dokładności wynosi: 1%...120% prądu znamionowego  $I_n = 5A$ ,

### **Sprawdzenie zakresu prądowego licznika:**

Przekładnia prądowa przekładnika prądowego wynosi 120.

Prąd maksymalny po stronie pierwotnej przekładników prądowych dla  $I_{max} = 553,3A$  po stronie wtórnej wynosi:

$$I_1 = \frac{I_{max}}{120} = 4,61A$$

zaś prąd minimalny po stronie wtórnej przekładników prądowych dla  $I_{min} = 276,6A$  po stronie wtórnej wynosi:

$$I_2 = \frac{I_{min}}{120} = 2,3A$$

Co stanowi odpowiednio 92,2% i 46,0% prądu znamionowego licznika i mieści się w dopuszczalnym zakresie pracy licznika dla klasy dokładności 0,5.



**Sprawdzenie obciążenia strony wtórnej przekładników prądowych**

Pobór własny mocy przez obwody pomiarowe wg DTR licznika A1500 wynosi:

- dla obwodów gradowych  $P = 0,01W/fazę$ .

Przekrój przewodów obwodów wtórnych dla obwodów przekładników prądowych:

- $2,5mm^2$  Cu

Straty mocy w przewodach obwodów wtórnych prądowych wykonanych z miedzi o przekroju  $2,5mm^2$  i długości 6m wynoszą:

$$\Delta P_{1P} = I_{max}^2 * \frac{l}{\gamma * s} = 5,0^2 * \frac{2 * 6}{55 * 2,5} = 2,18W \text{ dla obciążenia maksymalnego}$$

Moc tracona na zaciskach:

$$\Delta P_{1Z} = 2 * I_{max}^2 * R_Z = 2 * 5,0^2 * 0,02 = 1,00W \text{ dla prądu } I_{max}$$

Moc pobierana przez cewkę licznika oraz moc strat dla obciążenia maksymalnego:

$$\Delta P_{max} = \Delta P_L + \Delta P_{1P} + \Delta P_{1Z} = 0,01 + 2,18 + 1,00 = 3,19W < P_N = 5,00W$$

Dobre przekładniki spełniają warunki obciążenia dla strony wtórnej przekładnika.

**4. Załączniki**

- Warunki przyłączenia do sieci elektroenergetycznej ENERGA-OPERATOR SA nr P/18/013820
- Dokumentacja techniczna agregatu kogeneracyjnego Petra 500C