

Spis zawartości:

WARUNKI PRZYŁĄCZENIA nr 7860/10/2011 dla źródła wytwórczego do sieci dystrybucyjnej o napięciu znamionowym 15kV (zasilanie podstawowe) znak 10-RP-001684-2011/JF z dnia 14-07-2011r.

WARUNKI PRZYŁĄCZENIA nr 7969/10/2011 dla źródła wytwórczego do sieci dystrybucyjnej o napięciu znamionowym 15kV (zasilanie rezerwowe) znak 10-RP-001700-2011/JF z dnia 18-07-2011r.

1. WSTĘP	
1.1. Podstawa opracowania	8
1.2. Zakres opracowania	8
2. OPIS TECHNICZNY	
2.1. Wstęp	9
2.2. Zabezpieczenia generatorów w rozdzielni SN 15kV	10
2.3. Zabezpieczenia dodatkowe i sterowanie SZR w RG1 nn	11
2.4. Włączenia generatorów do sieci	12
2.5. Charakterystyka modułów kogeneracyjnych	13
2.6. Zabezpieczenia i sterowanie generatorów	15
2.7. Ochrona od porażeń i połączenia wyrównawcze	19
2.8. Dostosowanie instalacji elektrycznych oczyszczalni dla realizacji pracy wyspowej generatorów.	20
3. OBICZENIA TECHNICZNE	
3.1. Obliczenia zwarciove	24
3.2. Dobór kabli zasilających generatory	26

SPIS RYSUNKÓW

- Rys. Nr 1/E/PW - Schemat włączenia generatorów 2x276kVA do sieci elektroenergetycznej.
- Rys. Nr 2/E/PW - Schemat zabezpieczeń $u>$ i $u0>$ w polu pomiarowym nr 3.
- Rys. Nr 3/E/PW - Schemat zabezpieczeń $u>$ i $u0>$ w polu pomiarowym nr 10.
- Rys. Nr 4/E/PW - Schemat zabezpieczeń dodatkowych generatorów dla pracy wyspowej sekcja I rozdzielni RG1 - nn.
- Rys. Nr 5/E/PW - Schemat zabezpieczeń dodatkowych generatorów dla pracy wyspowej sekcja II rozdzielni RG1 - nn.
- Rys. Nr 6/E/PW - Schemat zabezpieczeń dodatkowych i podstawowych generatora synchronicznego GS1.
- Rys. Nr 7/E/PW - Schemat zabezpieczeń dodatkowych i podstawowych generatora synchronicznego GS2.
- Rys. Nr 8/E/PW - Rzut instalacji elektrycznej generatorów.



PGE Dystrybucja S.A.
Oddział Łódź - Teren

90-105 Łódź, ul. Piotrkowska 58
Tel.: (+48 42) 675 20 00
Faks: (+48 42) 675 20 01
Email: centrala.olt@pgedystrybucja.pl

WP-3
01.09.2010

Łódź, 14/07/2011 r.
10-RP-001684-2011/JF

Załącznik nr 1 do Umowy Nr 7860/10/2011 o przyłączenie do sieci dystrybucyjnej

Gmina Miasto Piotrków Trybunalski
Pasaż Karola Rudowskiego 10
97-300 Piotrków Trybunalski

**Warunki przyłączenia nr 7860/10/2011 dla źródła wytwórczego
do sieci dystrybucyjnej o napięciu znamionowym 15 kV**

**Nazwa obiektu przyłączanego do sieci: oczyszczalnia ścieków (obiekt istniejący) i elektrociepłownia
biogazowa – zasilanie podstawowe**

Typ jednostki/ek wytwórczej/ych: silnik gazowy sześciocyldrowy w układzie V6

Lokalizacja: ul. Podole 7/9 (nr ewid. 524/2) Piotrków Trybunalski, gm. Piotrków Tryb.

Na podstawie rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 04 maja 2007r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (Dz.U. Nr 93 z 2007r. poz. 623 z późn. zm.), w odpowiedzi na wniosek z dnia 04/07/2011, określa się następujące warunki przyłączenia:

1. Miejsce przyłączenia: istniejący słup w linii 15 kV PGE Dystrybucja S.A. Oddział Łódź-Teren „Piotrków Wschód - Ścieki”, w miejscu odgałęzienia do stacji 1-A032 Oczyszczalnia
2. Miejsce dostarczania energii elektrycznej stanowiące jednocześnie miejsce rozgraniczenia własności sieci dystrybucyjnej PGE Dystrybucja S.A. i instalacji Podmiotu Przyłączanego: zaciski prądowe izolatorów przepustowych 15kV w stacji 1-A032 Oczyszczalnia należącej do Gminy Miasto Piotrków Trybunalski w miejscu połączenia z linią napowietrzną 15 kV PGE Dystrybucja S.A. Oddział Łódź-Teren „Piotrków Wschód - Ścieki”
3. Moc przyłączeniowa: pobieranie - **760 kW (moc istniejąca 600 kW)**
4. Moc przyłączeniowa: dostarczanie - **380 kW**
5. Rodzaj przyłącza: istniejące napowietrzne 15 kV
6. Zakres niezbędnych zmian w sieci umożliwiający przyłączenie źródła wytwórczego:
– przyłączenie nie wymaga zmian w sieci.
7. Wymagania w zakresie budowy instalacji Podmiotu Przyłączanego: istniejącą stację 1-A032 Oczyszczalnia należy dostosować do zmienionego poboru mocy
8. Miejsce zainstalowania układu pomiarowo-rozliczeniowego: szafka pomiarowa w stacji transformatorowej odbiorczej.
9. Wymagania dotyczące układu pomiarowo-rozliczeniowego i systemu pomiarowo-rozliczeniowego:
– pomiar pośredni na napięciu 15kV według wymagań zawartych w Instrukcji Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej
– transmisja danych z układu pomiarowego: poprzez urządzenia łączności GSM.
10. Wymagania dotyczące układu pomiarowo-rozliczeniowego i systemu pomiarowo-rozliczeniowego:
– pomiar pośredni na napięciu 15 kV według wymagań zawartych w Instrukcji Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej

PGE Dystrybucja Spółka Akcyjna z siedzibą w Lublinie, 20-340 Lublin, ul. Garbarska 21A, wpisana do rejestru przedsiębiorców prowadzonego przez Sąd Rejonowy Lublin-Wschód w Lublinie z siedzibą w Świdniku, VI Wydział Gospodarczy pod nr KRS:0000343124, NIP: 946-25-93-855, REGON: 060552640, Kapitał zakładowy: 9 730 742 890 zł w pełni opłacony.
www.pgedystrybucja.pl

- transmisja danych z układu pomiarowego: poprzez urządzenia łączności GSM.
11. Rodzaj i usytuowanie zabezpieczeń, dane znamionowe oraz inne wymagania:
- zabezpieczenie główne urządzeń elektrycznych odbiorcy stanowią zabezpieczenia przekaźnikowe lub wkładki bezpiecznikowe SN w stacji odbiorczej.
12. Do obliczeń przyjąć:
- a) sieć SN - 15 kV pracuje w układzie z kompensacją,
 - b) prąd zwarć wielofazowych 10 kA przy czasie $t = 1,5s$ w miejscu przyłączenia,
 - c) prąd ziemnozwarciowy 15 A przy czasie $t = 5s$ trwania zwarcia.
13. Jako system dodatkowej ochrony od porażeń przyjąć uziemianie w sieci SN.
14. Wymagany stosunek poboru energii bierniej do czynnej w miejscu dostarczania nie może być większy niż $\tan \varphi = 0,4$
15. Poziom zmienności parametrów technicznych energii elektrycznej w sieci mieści się w granicach przywołanego wyżej Rozporządzenia Ministra Gospodarki.
16. System ochrony przeciwporażeniowej:
- instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – zgodnie z PN-IEC 60364,
 - w sieciach o napięciu wyższym od 1 kV – zgodnie z PN-E 05115,
17. Wyposażenia urządzeń, instalacji lub sieci, niezbędnego do współpracy z siecią, do której ma nastąpić przyłączenie:
- ograniczniki przepięć o parametrach: prąd znamionowy wyładowczy 10kA, napięcie pracy ciągłej od 16,5kV do 18kV, napięcie ograniczone 65kV,
 - odłącznik (rozłącznik) z uziemnikiem w części zasilającej (prąd znamionowy ciągły 400A),
 - uziemienie stacji odbiorczej o rezystancji $\leq 3,3\Omega$,
 - zabezpieczenia odbiorników trójfazowych przed ich uszkodzeniem w przypadku awaryjnego zasilania niepełnofazowego,
 - blokady: -
18. W celu zapewnienia współpracy ruchowej Podmiot Przyłączany opracuje w terminie do dnia przyłączenia Instrukcję ruchu i eksploatacji posiadanych urządzeń, instalacji i sieci z uwzględnieniem instrukcji opracowanej dla sieci, do których podmiot ten jest przyłączany. Instrukcja powyższa jest zatwierdzana przez PGE Dystrybucja S.A.
19. Informacje dodatkowe:
- warunki przyłączenia są ważne 2 lata od dnia ich doręczenia,
 - warunki przyłączenia tracą ważność, jeśli zastosowane zostały bez zgody PGE Dystrybucja S.A. urządzenia wytwórcze o jakichkolwiek innych parametrach, niż określone we wniosku,
 - realizacja inwestycji związanych z przyłączaniem obiektu Podmiotu Przyłączanego będzie dokonywana na zasadach określonych w umowie o przyłączenie do sieci dystrybucyjnej. Realizacja warunków przyłączenia (w tym rozpoczęcie prac projektowych) wymaga podpisania w okresie ważności warunków przyłączenia umowy o przyłączenie.
 - prowadzącym sprawę ze strony PGE Dystrybucja S.A. w zakresie warunków przyłączenia jest: Janusz Franas tel.: (42) 675 2417
20. Warunkiem wprowadzenia do sieci elektroenergetycznej wyprodukowanej energii elektrycznej jest zawarcie umowy dystrybucji energii elektrycznej z PGE Dystrybucja S.A. oraz dostarczanie energii
- a) niepowodujących zakłóceń w pracy sieci,
 - b) niepowodujących zakłóceń w instalacjach innych odbiorców,
 - c) niewpływających negatywnie na jakość energii elektrycznej dostarczanej przez PGE Dystrybucja S.A. swoim odbiorcom.
- Niedotrzymanie ww. warunków przez Wytwórcę może skutkować jego wyłączeniem
21. Uwagi dodatkowe: -

Kierownik
Wydziału Rozwoju
Tadeusz Jabłoński



PGE Dystrybucja S.A.
Oddział Łódź - Teren

90-105 Łódź, ul. Piotrkowska 58
Tel.: (+48 42) 675 20 00
Faks: (+48 42) 675 20 01
Email: centrala.olt@pgedystrybucja.pl

WP-3
01.09.2010

Łódź, 18/07/2011 r.
10-RP-001700-2011/JF

Załącznik nr 1 do Umowy Nr 7969/10/2011 o przyłączenie do sieci dystrybucyjnej

Gmina Miasto Piotrków Trybunalski
Pasaż Karola Rudowskiego 10
97-300 Piotrków Trybunalski

**Warunki przyłączenia nr 7969/10/2011 dla źródła wytwórczego
do sieci dystrybucyjnej o napięciu znamionowym 15 kV**

**Nazwa obiektu przyłączanego do sieci: oczyszczalnia ścieków (obiekt istniejący) i elektrociepłownia
biogazowa – zasilanie rezerwowe**

Typ jednostki/ek wytwórczej/ych: silnik gazowy sześciocyldrowy w układzie V6

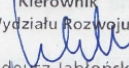
Lokalizacja: ul. Podole 7/9 (nr ewid. 524/2) Piotrków Trybunalski, gm. Piotrków Tryb.

Na podstawie rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 04 maja 2007r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (Dz.U. Nr 93 z 2007r. poz. 623 z późn. zm.), w odpowiedzi na wniosek z dnia 04/07/2011, określa się następujące warunki przyłączenia:

1. Miejsce przyłączenia: istniejący słup w linii 15 kV PGE Dystrybucja S.A. Oddział Łódź-Teren „Piotrków - Sulejów”, w miejscu odgałęzienia do stacji 1-A032 Oczyszczalnia
2. Miejsce dostarczania energii elektrycznej stanowiące jednocześnie miejsce rozgraniczenia własności sieci dystrybucyjnej PGE Dystrybucja S.A. i instalacji Podmiotu Przyłączanego: zaciski prądowe izolatorów przepustowych 15kV w stacji 1-A032 Oczyszczalnia należącej do Gminy Miasto Piotrków Trybunalski w miejscu połączenia z linią napowietrzną 15 kV PGE Dystrybucja S.A. Oddział Łódź-Teren „Piotrków - Sulejów”
3. Moc przyłączeniowa: pobieranie - **760 kW (moc istniejąca 600 kW)**
4. Moc przyłączeniowa: dostarczanie - **380 kW**
5. Rodzaj przyłącza: istniejące napowietrzne 15 kV
6. Zakres niezbędnych zmian w sieci umożliwiający przyłączenie źródła wytwórczego:
– przyłączenie nie wymaga zmian w sieci.
7. Wymagania w zakresie budowy instalacji Podmiotu Przyłączanego: istniejącą stację 1-A032 Oczyszczalnia należy dostosować do zmienionego poboru mocy
8. Miejsce zainstalowania układu pomiarowo-rozliczeniowego: szafka pomiarowa w stacji transformatorowej odbiorczej.
9. Wymagania dotyczące układu pomiarowo-rozliczeniowego i systemu pomiarowo-rozliczeniowego:
– pomiar pośredni na napięciu 15kV według wymagań zawartych w Instrukcji Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej
– transmisja danych z układu pomiarowego: poprzez urządzenia łączności GSM.
10. Wymagania dotyczące układu pomiarowo-rozliczeniowego i systemu pomiarowo-rozliczeniowego:
– pomiar pośredni na napięciu 15 kV według wymagań zawartych w Instrukcji Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej

PGE Dystrybucja Spółka Akcyjna z siedzibą w Lublinie, 20-340 Lublin, ul. Garbarska 21A, wpisana do rejestru przedsiębiorców prowadzonego przez Sąd Rejonowy Lublin-Wschód w Lublinie z siedzibą w Świdniku, VI Wydział Gospodarczy pod nr KRS.0000343124, NIP: 946-25-93-855, REGON: 060552840, Kapitał zakładowy: 9 730 742 890 zł w pełni opłacony.
www.pgedystrybucja.pl

- transmisja danych z układu pomiarowego: poprzez urządzenia łączności GSM.
- 11. Rodzaj i usytuowanie zabezpieczeń, dane znamionowe oraz inne wymagania:
 - zabezpieczenie główne urządzeń elektrycznych odbiorcy stanowią zabezpieczenia przekaźnikowe lub wkładki bezpiecznikowe SN w stacji odbiorczej.
- 12. Do obliczeń przyjąć:
 - a) sieć SN - 15 kV pracuje w układzie z kompensacją,
 - b) prąd zwarć wielofazowych 10 kA przy czasie $t = 1,5s$ w miejscu przyłączenia,
 - c) prąd ziemnozwarciowy 15 A przy czasie $t = 5s$ trwania zwarcia.
- 13. Jako system dodatkowej ochrony od porażeń przyjąć uziemianie w sieci SN.
- 14. Wymagany stosunek poboru energii biernej do czynnej w miejscu dostarczania nie może być większy niż $\tan \varphi = 0,4$
- 15. Poziom zmienności parametrów technicznych energii elektrycznej w sieci mieści się w granicach przywołanego wyżej Rozporządzenia Ministra Gospodarki.
- 16. System ochrony przeciwporażeniowej:
 - instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – zgodnie z PN-IEC 60364,
 - w sieciach o napięciu wyższym od 1 kV – zgodnie z PN-E 05115,
- 17. Wyposażenia urządzeń, instalacji lub sieci, niezbędnego do współpracy z siecią, do której ma nastąpić przyłączenie:
 - ograniczniki przepięć o parametrach: prąd znamionowy wyładowczy 10kA, napięcie pracy ciągłej od 16,5kV do 18kV, napięcie ograniczone 65kV,
 - odłącznik (rozłącznik) z uziemnikiem w części zasilającej (prąd znamionowy ciągły 400A),
 - uziemienie stacji odbiorczej o rezystancji $\leq 3,3\Omega$,
 - zabezpieczenia odbiorników trójfazowych przed ich uszkodzeniem w przypadku awaryjnego zasilania niepełnofazowego,
 - blokady: -
- 18. W celu zapewnienia współpracy ruchowej Podmiot Przyłączany opracuje w terminie do dnia przyłączenia Instrukcję ruchu i eksploatacji posiadanych urządzeń, instalacji i sieci z uwzględnieniem instrukcji opracowanej dla sieci, do których podmiot ten jest przyłączany. Instrukcja powyższa jest zatwierdzana przez PGE Dystrybucja S.A.
- 19. Informacje dodatkowe:
 - warunki przyłączenia są ważne 2 lata od dnia ich doręczenia,
 - warunki przyłączenia tracą ważność, jeśli zastosowane zostały bez zgody PGE Dystrybucja S.A. urządzenia wytwórcze o jakichkolwiek innych parametrach, niż określone we wniosku,
 - realizacja inwestycji związanych z przyłączaniem obiektu Podmiotu Przyłączanego będzie dokonywana na zasadach określonych w umowie o przyłączenie do sieci dystrybucyjnej. Realizacja warunków przyłączenia (w tym rozpoczęcie prac projektowych) wymaga podpisania w okresie ważności warunków przyłączenia umowy o przyłączenie.
 - prowadzącym sprawę ze strony PGE Dystrybucja S.A. w zakresie warunków przyłączenia jest: Janusz Franas tel.: (42) 675 2417
- 20. Warunkiem wprowadzenia do sieci elektroenergetycznej wyprodukowanej energii elektrycznej jest zawarcie umowy dystrybucji energii elektrycznej z PGE Dystrybucja S.A. oraz dostarczanie energii
 - a) niepowodujących zakłóceń w pracy sieci,
 - b) niepowodujących zakłóceń w instalacjach innych odbiorców,
 - c) niewpływających negatywnie na jakość energii elektrycznej dostarczanej przez PGE Dystrybucja S.A. swoim odbiorcom.
- Niedotrzymanie ww. warunków przez Wytwórcę może skutkować jego wyłączeniem
- 21. Uwagi dodatkowe: -

Kierownik
Wydziału Rozwoju

Tadeusz Jabłoński

1. WSTĘP.

1.1. Podstawa opracowania.

Podstawą opracowania niniejszego projektu są:

- WARUNKI PRZYŁĄCZENIA nr 7860/10/2011 dla źródła wytwórczego do sieci dystrybucyjnej o napięciu znamionowym 15kV (zasilanie podstawowe) znak 10-RP-001684-2011/JF z dnia 14-07-2011r.
- WARUNKI PRZYŁĄCZENIA nr 7969/10/2011 dla źródła wytwórczego do sieci dystrybucyjnej o napięciu znamionowym 15kV (zasilanie rezerwowe) znak 10-RP-001700-2011/JF z dnia 18-07-2011r.
- Schematy układu zasilania rozdzielni głównej SN-15kV i 0,4kV Oczyszczalni Ścieków w Piotrkowie Trybunalskim,
- Projekt zagospodarowania terenu Oczyszczalni Ścieków w Piotrkowie Trybunalskim,
- Założenia i podkłady technologiczne budynku Kotłowni i Agregatorowni,
- Uzgodnienia z Inwestorem,
- Instrukcja obsługi systemu zabezpieczeń i sterowania dla modułu kogeneracyjnego z prądnicą synchroniczną 276kVA typu LSA 46.2 L9 firmy Leroy Somer
- Wydane arkusze normy PN-IEC-60364 „Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych...”,
- Instrukcja ruchu i eksploatacji sieci elektroenergetycznej PGE Dystrybucja SA (Załącznik nr I - Wymagania techniczne dla jednostek wytwórczych).

1.2. Zakres opracowania.

Niniejsze opracowanie stanowi projekt branży elektrycznej dla zadania włączenie do sieci dystrybucyjnej PGE Dystrybucja SA poprzez sieć Oczyszczalni Ścieków w Piotrkowie Trybunalskim dwóch modułów kogeneracyjnych napędzanych silnikami przeznaczonymi do spalania biogazu oczyszczalnianego i gazu ziemnego o mocy 2x 190kW (2x 276kVA).

Szczegółowy zakres opracowania:

- Układ włączenia i współpracy generatorów z siecią elektroenergetyczną,
- System zabezpieczeń i sterowania generatorów dla pracy równoległej z siecią oraz dla pracy "wyspowej",
- Zabezpieczenia nadnapięciowe $u >$ i zabezpieczenie zerowo-nadnapięciowe $u_0 >$ zasilane z przekładników napięciowych zamontowanych w polu pomiarowych nr 3 i 10 rozdzielni głównej SN 15kV, działających na wyłącznikach wyłączników generatorów,
- Zabezpieczenie dodatkowe napięciowo-częstotliwościowe generatorów,
- Ochrona od porażeń i połączenia wyrównawcze w Agregatorowni.

2. OPIS TECHNICZNY.

2.1.Wstęp.

Zgodnie z projektem technologicznym na terenie oczyszczalni ścieków w Piotrkowie Trybunalskim zostaną zamontowane dwa moduły kogeneracyjne z prądnicami synchronicznymi o mocy 276kW. Parametry pracy modułów:

- Wyjście elektryczne generatora
bez możliwości przeciążenia: **190kW**
- Wyjście ciepłe chłodzenie silnika: **238kW**
- Chłodzenie mieszanki paliwowej: **16kW**
- Moc wejściowa paliwa: **493kW**

Parametry pracy ciągłej modułu w trybie pracy izolowanej (wyspowej):

- Wyjście elektryczne generatora : **162kW**

Montaż generatorów wymaga wykonania dodatkowych prac w zakresie:

- Rozdzielnia główna SN-15kV:
 - montaż w polach pomiarowych nr 3 i 10 przekładników trójzwojowych dla potrzeb układu pomiarowo-rozliczeniowego energii oraz realizacji zabezpieczeń $u > u_0$ z pomiarem napięcia po stronie SN (wymóg IRiESD zał. nr 1 pkt. 3.10).
- Rozdzielnia RG1 nn:
 - montaż zabezpieczeń dodatkowych częstotliwościowych i napięciowych df/dt , $U < i$ i $f < i$ dla potrzeb oddzielenia wyspy od sieci przy zaniku napięcia w sieci na obydwu przyłączach,
 - montaż skrzynki pośredniczącej dla współpracy generatorów z układem SZR dla potrzeb pracy wyspowej.
- Rozdzielnia R-30:
 - wyposażenie pól dla potrzeb przyłączenia generatorów do sieci,
 - wymogi rozdzielni SG1 i SG2 generatorów dla dostawcy wyłonionego w wyniku przetargu publicznego,
 - szafa sterowania nadrzędnego generatorów dla pracy wyspowej (wytyczne do dostawy szafy od dostawcy wyłonionego w wyniku przetargu publicznego),
 - uziemienie generatorów i ochrona od porażeń.

W projektowanym rozwiązaniu przewidziano zakres pracy wyspowej (izolowanej) generatorów dla awaryjnego zasilania wybranych urządzeń technologicznych oczyszczalni po zaniku napięcia na obydwu przyłączach w sieci PGE Dystrybucja SA. Schemat włączenia generatorów do sieci pokazano na rys. nr 1.

Generatory do pracy wyspowej uruchamiane będą ręcznie po zaniku napięcia w sieci po oddzielenia wyspy od sieci na wyłącznikach 1Q1 i 1Q2 oraz otwartym wyłączniku sprzęgłowym 1Q3 w rozdzielni głównej RG1 nn 0,4kV. Podczas pracy wyspowej pracować będą tylko odbiorniki RG1 z wyłącznikami z członem różnicowo-prądowym dla zapewnienia ochrony przeciwporażeniowej (obliczenia w części obliczeniowej dokumentacji).

Powrót napięcia w sieci powoduje wyłączenie generatorów z pracy wyspowej.

Dociążanie generatorów w pracy wyspowej ręczne przez obsługę oczyszczalni wg aktualnych potrzeb technologicznych.

Niniejsze opracowanie ma na celu zaprojektowanie urządzeń elektroenergetycznych potrzebnych do włączenia generatorów do sieci elektroenergetycznej oczyszczalni wraz z układem zabezpieczeń i sterowania ich pracą.

Szczegółowe rozwiązania sprzętowe zostaną uzgodnione i zaprojektowane po

rozstrzygnięciu przetargu publicznego na dostawę modułów kogeneracyjnych i uzyskaniu od dostawcy szczegółowych schematów zabezpieczeń i sterowań generatorów.

W opracowaniu podano szczegółowe procedury:

- załączania i wyłączania generatorów do pracy równoległej z siecią (synchronicznej),
- działania zabezpieczeń generatorów,
- załączania i wyłączania generatorów do pracy wyspowej,

które powinny spełniać urządzenia kogeneracyjne.

Szczegółowy opis sterowań i zabezpieczeń generatorów podano w rozdziale „Zabezpieczenia, sterowanie generatorów”.

Zgodnie z projektem branży technologicznej w Agregatorowni nie występują strefy zagrożenia wybuchem.

2.2. Zabezpieczenia generatorów w rozdzielni SN 15kV.

W punkcie przyłączenia generatorów do sieci (w rozdzielni SN oczyszczalni) moc zwarciova pochodząca od sieci elektroenergetycznej wynosi (wg warunków przyłączenia $I_k'' = 10\text{kA}$):

$$S_K'' = 260\text{MVA}$$

Moc przyłączeniowa generatorów przewidzianych do zamontowania na terenie oczyszczalni ścieków wynosi:

$$S_G = 0,552\text{MVA}$$

Stąd:

$$\frac{S_K''}{S_G} = \frac{250\text{MVA}}{0,552\text{MVA}} \approx 452 > 20$$

Współczynnik stosunku mocy zwarciovej pochodzącej od systemu do mocy przyłączeniowej w miejscu włączenia jednostek wytwórczych do sieci jest większy od 20 i spełnia wymagania Instrukcji Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej PGE Dystrybucja SA Zał. Nr 1 Pkt. 1.5.

Dla potrzeb zasilania obwodów pomiarowych zabezpieczeń $u>$ i $u0>$ ze strony SN sieci należy w polach pomiarowych nr 3 i 10 zamontować przekładniki napięciowe trójzwojeniowe typu o danych technicznych:

- | | |
|------------------|--|
| uzwojenie nr 1 - | 15:√3/0,1:√3 kl.0,2; 5VA dla pomiaru napięcia w układzie pomiarowo-rozliczeniowym oczyszczalni |
| uzwojenie nr 2 - | 15:√3/0,1:√3 kl.0,5; 10VA dla potrzeb zasilania zabezpieczenia nadnapięciowego sieci $u>$ (połączenie uzwojeń w gwiazdę) |
| uzwojenie nr 3 - | 15:√3/0,1:3 kl.3P; 10VA dla potrzeb zasilania zabezpieczenia $u0>$ (połączenie uzwojeń w otwarty trójkąt). |

Schemat obwodów siłowych i obwodów wtórnych zabezpieczeń $u>$ i $u0>$ wg rys. nr 2 i 3.

Prądy i moc zwarciova rozdzielni SN z uwzględnieniem wpływu generatorów wynoszą (wyliczenia w części obliczeniowej dokumentacji):

- Moc zwarciova $S_K'' = 265\text{MVA}$
- Prąd zwarciovy $I_K'' = 10\,194\text{A}$
- Prąd udarowy $i_p = 25\,120\text{A}$
- Prąd termiczny $I_{th} = 10\,362\text{A}$.

Osprzęt i urządzenia SN zamontowane i projektowane w rozdzielni SN-15kV powinny być wykonane do pracy z prądem zwarciovym 12kA.

2.3. Zabezpieczenia dodatkowe i sterowanie SZR w RG1 nn.

W rozdzielni RG1 w polach nr 3 i 5 należy zamontować zabezpieczenia częstotliwościowe i napięciowe:

- stromościowe df/dt ,
- nadczęstotliwościowe $f>$,
- podczęstotliwościowe $f<$,
- podnapięciowe $u<$,

wg wymogów pkt. 3 zał. nr I IRiESD.

Zabezpieczenia dodatkowe działają na wyłącz wyłączników oddzielenia wyspy od sieci przy zaniku napięcia w sieci na obydwu przyłączach. Schematy włączenia zabezpieczeń do sieci pokazano na rys. nr 4 i 5.

Styki przekaźników wykonawczych zabezpieczeń 1PP1, 1PP2, 2PP1 i 2PP2 należy włączyć do układu SZR oraz do skrzynki SPG. Sterowanie pracą SZR przez przekaźniki 1U1 i 2U1:

- brak zadziałania zabezpieczeń 1U1 i 1U2 (1PP1, 1PP2, 2PP1 i 2PP2 nie pobudzone) praca SZR wg podstawowego algorytmu pracy,
- zadziałanie zabezpieczenia 1U1 albo 1U2 praca SZR wg podstawowego układu pracy,
- zadziałanie zabezpieczeń 1U1 i 1U2 (zanik napięcia na obydwu przyłączach), układ SZR otwiera wyłączniki 1Q1, 1Q2, 1Q3 – zezwolenie na pracę wyspą generatorów,
- w przypadku powrotu napięcia zasilania na jedno lub oba przyłącza następuje natychmiastowe wyłączenie generatorów z pracy wyspowej i przejście układu SZR do podstawowego układu pracy.

Do skrzynki pośredniczącej SPG pomiędzy szafą nadrzędną generatorów (sterowanie pracą samotną generatorów) a układem SZR w RG1 należy doprowadzić styki:

- 1PP1, 1PP2, 2PP1 i 2PP2 – sygnalizacja zadziałania zabezpieczeń dodatkowych dla potrzeb SNG (sterowanie nadrzędne generatorów),
- styki położenia wyłączników 1Q1, 1Q2, 1Q3 – zezwolenie na pracę wyspą generatorów,
- sygnalizację pracy wyspowej generatorów – blokada układu SZR podczas pracy wyspowej generatorów.

Prądy i moc zwarciova rozdzielni RG1 z uwzględnieniem wpływu generatorów wynoszą (wyliczenia w części obliczeniowej dokumentacji):

- Moc zwarciova $S_K'' = 18,16\text{MVA}$
- Prąd zwarciovy $I_K = 26\,232\text{A}$
- Prąd udarowy $i_p = 57\,744\text{A}$
- Prąd termiczny $I_{th} = 26\,428\text{A}$.

Dla potrzeb połączenia układów sterowania pracą generatorów z układem SZR rozdzielni RG1 (praca wyspowa) należy ułożyć pomiędzy budynkiem energetycznym a agregatorownią kabel sterowniczy YKSY-żo $24 \times 2,5\text{mm}^2$.

2.4. Włączenia generatorów do sieci.

Włączenia generatorów do sieci elektroenergetycznej realizowane jest w rozdzielni R-30. W rozdzielni zamontowano rozłączniki bezpiecznikowe z wkładkami bezpiecznikowymi 400A z których linią kablową prowadzoną przewodami 5xH07 RN-F1x240mm² na drabinkach kablowych (pojedyncza warstwa przewodów z odstępem 2,5D doprowadzono zasilanie/odpływ do rozdzielni generatorów SG1 i SG2. W rozdzielni SG1 i SG2 zamontowane są zabezpieczenia podstawowe generatorów (wg rozdziału zabezpieczenia generatorów) oraz układ sterowania pracą generatorów oraz urządzeń pomocniczych modułu kogeneracyjnego:

- pompy obiegu modułu i zaworu regulacyjnego podnoszenia temperatury powrotu,
- pompa i chłodnica wentylatorowa chłodzenia mieszanki paliwowej,
- pompa i chłodnica wentylatorowa chłodzenia płaszcza silnika,
- zawory regulacyjne chłodzenia mieszanki i płaszcza silnika,
- żaluzje na zasysie powietrza dla chłodzenia modułu i spalania paliwa),
- wentylatory chłodzenia modułu,
- zasilacz i akumulatory dla układu zabezpieczeń i sterowania modułu.

Szczegółowe schematy i listy kablowe dostarczy dostawca modułu kogeneracyjnego wyłoniony w przetargu publicznym.

W pomieszczeniu rozdzielni R-30 zamontowana zostanie szafa sterowania nadrzędnego modułów kogeneracyjnych (dostawa wraz z modułami) realizująca następujące funkcje:

- sterowanie pracą wyspą generatorów i układem SZR rozdzielni RG1,
- nadzorowanie i sygnalizowanie stanów pracy i awarii modułów kogeneracyjnych,
- sterownik nadrzędny modułów kogeneracyjnych wyposażony w kartę sieciową z adresem IP, która umożliwia przeglądanie, obsługę, diagnostykę uszkodzeń oraz zmianę nastaw parametrów pracy modułów przez Internet.

Funkcje internetowe sterowania nadrzędnego modułów chronione przez hasła i statusy dostępu zależne od pełnionych funkcji.

Dla potrzeb internetowej obsługi modułów do rozdzielni R-30 należy doprowadzić sieć internetową z gniazdem abonenckim.

Prądy i moc zwarciova rozdzielni R-30 z uwzględnieniem wpływu generatorów wynoszą (wyliczenia w części obliczeniowej dokumentacji):

- Moc zwarciova $S_K'' = 13,25\text{MVA}$
- Prąd zwarciovy $I_K = 19\,128\text{A}$
- Prąd udarowy $i_p = 40\,480\text{A}$
- Prąd termiczny $I_{th} = 19\,242\text{A}$.

Prądy i moc zwarciova rozdzielni SG1 i SG2 z uwzględnieniem wpływu drugiego generatora wynoszą (wyliczenia w części obliczeniowej dokumentacji):

- Moc zwarciova $S_K'' = 9,41\text{MVA}$
- Prąd zwarciovy $I_K = 13\,528\text{A}$
- Prąd udarowy $i_p = 27\,938\text{A}$
- Prąd termiczny $I_{th} = 13\,669\text{A}$

Zasilanie potrzeb własnych zabezpieczeń i sterowania generatorów SG1 i SG2 z zasilacza 24VDC z podtrzymanie z baterii akumulatorów zamontowanych w obudowie modułów.

W trakcie zamawiania urządzeń należy określić moce urządzeń pomocniczych. Szczegółowe schematy ideowe rozdzielni SG1 i SG2 w ramach dostawy modułów kogeneracyjnych.

2.5. Charakterystyka generatorów.

Generatory w modułach kogeneracyjnych będą zamontowane na wspólnej ramie z silnikami z przeniesieniem napędu za pomocą sprzęgła elastycznego. Prądnice są połączone z ramą za pomocą elastycznych antywibracyjnych elementów.

W module kogeneracyjnym zamontowany jest generator firmy Leroy Somer typu LSA 46.2 L9, samoregulujący się, bezszczotkowy, synchroniczny, samowzbudny z wewnętrzną wentylacją. Wbudowany regulator napięcia i $\cos\varphi$, zaprojektowany zgodnie z VDE 0530, klasa izolacji H, poziom zakłóceń radiowych N, niski poziom harmoniczných, zamontowany na wale elastycznym.

Dane techniczne generatora:

Producent	:	Leroy Somer
Typ generatora	:	LSA 46.2 VL12
Moc znamionowa	:	276kVA – 400V / 50Hz
Napięcie	:	400V
Częstotliwość	:	50Hz
Prąd	:	405A – 400V / 50Hz
Możliwość przeciążenia	:	10% przez 1 godzinę w ciągu 6 godzin
Prędkość	:	1500 obr/min
Kierunek wirowania	:	Przeciwnie do ruchu wskazówek zegara
Regulacja napięcia	:	$\pm 1\%$, regulator napięcia elektroniczny R 448
Regulacja $\cos \varphi$:	regulator $\cos \varphi$ elektroniczny R 726
Potencjometr	:	napięcie, $\cos \varphi$
Skok napięcia dla 100% mocy	:	< 20%
Kontrola czasu	:	< 300 ms, przy stałej prędkości
Sposób połączenia	:	gwiazda
$\cos \varphi$:	1
Sprawność (100% obciążenia)	:	95,1 %
Max. temperatura otoczenia	:	40°C
Stopień ochrony	:	IP 23
Stopień bezwładności	:	2,845kgm ²
Waga	:	925kg
Sposób chłodzenia	:	powietrze

Ilość powietrza do chłodzenia	:	1548 m ³ /h
Konstrukcja	:	B20/B5 z kołnierzem SAE1 263mm
Klasa izolacji	:	H, grzanie <= F
Detekcja temperatury uzwojeń	:	3 PT, 150°C pomiar
Kolor	:	RAL 7035
Panel przyłączeniowy	:	4 szyny

Reaktancje	
Xd (synchroniczna)	273,0%
X'd (przejściowa)	12,1%
X''d (podprzejściowa)	7,2%
X2 (sekwencja przeciwna)	8,1%
X0 (zero sekwencja)	0,5%
Xq (synchroniczna, kwadrat.)	164,0%
X''q (podprzejściowa, kwadrat.)	8,9 %
Stałe czasowe	
T'd0 (obwód otwarty, stała)	2.253Sekund
T'd (zwarcie przejściowe, stała)	0.100Sekund
T''d (zwarcie podprzejściowe, stała)	0.01Sekund
Ta (stała)	0.015Sekund
Prądy zwarciove	
3 x In	2215 Amp
3-fazy	5970 Amp
2-fazy	4975 Amp
1-faza	7960 Amp

Generatory zamontowane w module kogeneracyjnym dostarczone są przez producenta wraz z indywidualną szafą automatyki i zabezpieczeń z wyłącznikami generatorowymi SG1 i SG2. W szafie sterowniczej zamontowany jest moduł synchronizacji i zabezpieczeń generatora oraz sterownik nadzorujący pracę urządzenia. Sterowniki generatorów GS1 i GS2 połączone są za pomocą łącza komunikacyjnego z szafą sterowania nadrzędnego generatorów. W sterowniku sterowania nadrzędnego zamontowane jest łącze komunikacyjne, które za pomocą sieci internetowej umożliwia zdalny podgląd, zmianę parametrów oraz diagnostykę urządzeń.

Praca generatorów na terenie oczyszczalni ścieków w Piotrkowie Trybunalskim realizowana będzie jako praca równoległa z siecią (synchroniczna), do której układ automatyki generatora synchronizuje urządzenie oraz jako praca „wyspowa” po zaniku napięcia w sieci elektroenergetycznej.

Moduły kogeneracyjne należy wyposażyć w sterownik kontroli oraz system monitorujący.

Zamontowany moduł (wraz z systemem zasilania) zawiera następujące składniki:

- moduł kontroli umożliwiającym start/stop generatora,
- monitoring ciśnienia oleju, temperatury wody chłodzącej silnik, temperatury mieszanki paliwowej, wymiennika ciepła wyrzucanego gazu, temperatury podgrzewacza wody, tempertury wyrzucanego gazu w cylindrach, temperatury

wlotu powietrza, temperatury mieszanki, prędkości generatora, monitoring minimalnego poziomu wody chłodzącej, poziom oleju min./max., zakres bezpiecznej temperatury, min. ciśnienie gazu, wycieki gazu,

- układ synchronizacja i monitorowanie pracy generatora,
- regulacja mocy wyjściowej w zakresie 50...100% mocy znamionowej wraz z redukcją automatyczną mocy przy przekroczonej temperaturze powietrza wlotowego,
- kontrola lambda (składu mieszanki)
- sterowanie pomocniczymi napędami pomp chłodzących, urządzeniami wtryskującymi smar, regulacją prędkości, wtryskiem, instalacją gazową, ładowarką baterii, starterem,
- panel sterujący całkowicie okablowany i dołączony do modułu, z przyciskiem stopu, panel z wyświetlaczem LCD, sygnalizacja zakłóceń, statusów sygnałów, ustawień, parametrów.

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

2.6. Zabezpieczenia i sterowanie generatorów.

Generatory dostarczone są przez producenta z szafą energetyczną zawierającą wyłącznik, stycznik generatora oraz obwody zabezpieczeń, synchronizacji i sterowania. W skład wyposażenia szafy wchodzi urządzenie realizujące funkcje zabezpieczenia, synchronizacji i kontroli wszystkich parametrów pracy generatora. Moduł zabezpieczeń kontroluje wszystkie prądy i napięcia generatora, szyny wspólnej i sieci energetycznej oraz steruje wyłącznik generatora i wyłącznik sieci.

Moduł realizuje następujące zabezpieczenia:

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

Zabezpieczenia są realizowane niezależnie dla pracy równoległej z siecią oraz dla pracy wyspowej.

Podczas zaniku napięcia w sieci wyłączenie generatora następuje w czasie krótszym od 150ms na który składają się:

- czas działania układu zabezpieczeń < 100ms dla zabezpieczeń (pod i nadczęstotliwościowych i zabezpieczenia od wypadnięcia z synchronizmu),
- czas otwarcia styków wyłącznika generatora przez wyzwalacz podnapięciowy (zanikowy) < 50ms.

Zabezpieczenia działają na wyłącz wyłącznika generatora.

Kryteria pracy zabezpieczeń:

Kryterium pracy zabezpieczenia	Nastawa	Czas zadziałania
Nadczęstotliwościowe	50,2Hz	0,1s
Podczęstotliwościowe	49,8Hz	0,1s
Nadnapięciowe $U >$	440,0V	0,1s
Podnapięciowe $U <$	360,0V	0,1s
Wypadnięcie z synchronizmu $\Delta\varphi$	7°	bezzwłoczne

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

Synchronizacja generatora:

System sterowania i synchronizacji generatora dostarczony przez producenta kontroluje wszystkie warunki niezbędne do przeprowadzenia synchronizacji ograniczając do minimum ewentualne prądy wyrównawcze jakie mogą się pojawić podczas procesu załączania wyłącznika generatora.

Kontrolowane parametry:

- skuteczne wartości napięć prądnicy i sieci
- częstotliwość napięć prądnicy i sieci
- kolejność faz prądnicy i sieci
- wartości chwilowe odpowiadających sobie napięć prądnicy i sieci.

Warunki synchronizacji zaprogramowane w sterowniku mieszczą się w granicach:

- df max 0.5Hz
- df min 0.5Hz
- dU max 40 V (napięcie międzyfazowe)
- dφ max 10°

Wszystkie w/w parametry spełniają warunki synchronizacji podane w IRiESD Zał. Nr I pkt. 5.4.

Zabezpieczenia generatora i sieci:

Parametry generatora dla których dobrano nastawy zabezpieczeń:

moc znamionowa - 190kW (276kVA)
 cosφ dla pracy równoległej z siecią - ~1,00
 cosφ dla pracy wyspowej - ~0,80

Nastawy zabezpieczeń i kryterium działania:

Typ zabezpieczenia	Nastawa	Kryterium działania
Zabezpieczenia podstawowe sieci – zasilane z sieci nn 0,4kV		
Nadczęstotliwościowe $f >$ - 81H	$f > 50,2\text{Hz}$; $t = 100\text{ms}$	wyłączenie generatora
Podczęstotliwościowe $f <$ - 81L	$f < 49,8\text{Hz}$; $t = 100\text{ms}$	wyłączenie generatora
Nadnapięciowe $U >$ - 59	$U > 440\text{V}$; $t = 100\text{ms}$	wyłączenie generatora
Podnapięciowe $U <$ - 27	$U < 360\text{V}$; $t = 100\text{ms}$	wyłączenie generatora
Wypadnięcie z synchronizmu 78	$\varphi = 7^\circ$	wyłączenie generatora
Asymetria napięcia w sieci 47	30V, $t = 100\text{ms}$	wyłączenie generatora
Zabezpieczenia z generatora zasilane z szyn generatora i przekł. prądowych w generatorze		

Nadmocowe P> - 32	$P > 199,5\text{kW};$ $t = 10\text{s} (105\% P_{NG})$	wyłączenie generatora GS
Moc zwrotna - 32R	$P > -9,5\text{kW}; t = 5\text{s}$	wyłączenie generatora
Asymetria obciążenia - 46	$P > 95\text{kW}; t = 1\text{s}$	wyłączenie generatora
Przeciążeniowe - 50	$I = 315\text{A}; t = 20\text{s}$	wyłączenie generatora
Przeciążeniowe - 51	$I = 332\text{A}; t = 2\text{s}$	wyłączenie generatora
Nadczęstotliwościowe f> - 81H	$f > 70,0\text{Hz}; t = 100\text{ms}$	wyłączenie generatora (tylko dla pracy wyspowej)
Podczęstotliwościowe f< - 81L	$f < 43\text{Hz}; t = 3\text{s}$	wyłączenie generatora (tylko dla pracy wyspowej)
Nadnapięciowe U> - 59	$U > 480\text{V}; t = 1\text{s}$	wyłączenie generatora (tylko dla pracy wyspowej)
Podnapięciowe U< - 27	$U < 320\text{V}, t = 3\text{s}$	wyłączenie generatora (tylko dla pracy wyspowej)
Zabezpieczenia zasilane z przekładników napięciowych SN – 15kV		
Nadnapięciowe U> - 59	$U = 66,5\text{V}; t = 500\text{ms}$	wyłączenie generatora
Zerowo-nadnapięciowe U0> - 27	wg danych operatora sieci	wyłączenie generatorów
Zabezpieczenia dodatkowe		
Zab. ROCOF df/dt 81RL	$0,7\text{Hz/s}, t = 300\text{ms}$	Wyłącz wyłącznik oddzielenia wyspy od sieci (1Q1, 1Q2, 1Q3)
Nadczęstotliwościowe f> - 81H	$f > 50,2\text{Hz}; t = 500\text{ms}$	Wyłącz wyłącznik oddzielenia wyspy od sieci (1Q1, 1Q2, 1Q3)
Podczęstotliwościowe f< - 81L	$f < 49,5\text{Hz}; t = 500\text{ms}$	Wyłącz wyłącznik oddzielenia wyspy od sieci (1Q1, 1Q2, 1Q3)
Podnapięciowe U< - 27	$U < 360\text{V}, t = 500\text{ms}$	Wyłącz wyłącznik oddzielenia wyspy od sieci (1Q1, 1Q2, 1Q3)
Kontrola napięcia 24VDC	Zanik napięcia	bezzwłoczne wyłączenie wszystkich generatorów

Zabezpieczenia generatora:

Zabezpieczenie przeciążeniowe

przeciążenia max prąd 109% I_g (dla pracy synchronicznej) - opóźnienie 1s

Działanie zabezpieczenia: wyłącz wyłącznik generatora. Zatrzymywany jest silnik napędzający prądnicę, na panelu sygnalizacyjnym wyłącznika pojawia się komunikat z opisem alarmu i przyczyny wyłączenia.

Nastawa: **315,0A; t=20s**

Nastawa: **800A**

Niesymetria napięciowa:

Nastawy zabezpieczenia od niesymetrii napięcia:

niesymetria obciążenia: 30%

Działanie zabezpieczenia: w przypadku niesymetrycznego obciążenia wyłączenie generatora od sieci i wyłączenie silnika.

Zabezpieczenie częstotliwościowe generatora dla pracy równoległej z siecią elektroenergetyczną i pracy wyspowej:

Nastawy zabezpieczenia:

- a) nadczęstotliwościowe $f >$ - przekroczenie częstotliwości $f > 50,2\text{Hz}$
opóźnienie 0,1s
- b) podczęstotliwościowe $f <$ - przekroczenie częstotliwości $f < 49,8\text{Hz}$
opóźnienie 0,1s

Działanie zabezpieczenia: przekroczenie górnego lub dolnego progu zaprogramowanej częstotliwości generatora spowoduje odłączenie generatora od sieci (otwarcie wyłącznika generatora).

Podane nastawy zabezpieczenia obowiązują dla pracy równoległej z siecią energetyczną oraz dla pracy samotnej.

Zabezpieczenie napięciowe generatora dla pracy równoległej z siecią elektroenergetyczną i pracy wyspowej:

Nastawy zabezpieczenia:

- a) nadnapięciowe $u >$ - przekroczenie napięcia $U > 440\text{ V}$ - opóźnienie 0,1s

Działanie zabezpieczenia: przekroczenie górnego lub dolnego progu zaprogramowanego napięcia generatora spowoduje wyłączenie generatora od sieci (wyłącznik generatora).

Podane nastawy zabezpieczenia tylko dla pracy równoległej z siecią energetyczną (podczas pracy samotnej zabezpieczenie nieaktywne).

Zabezpieczenie przed utratą synchronizmu (przed poślizgiem biegunów wirnika generatora)

Nastawy zabezpieczenia:

- a) jednofazowe 7°

Działanie zabezpieczenia:

Podczas pracy równoległej z siecią generator synchroniczny oddaje moc do sieci, pomiędzy napięciem na zaciskach (napięcie sieci U_1) i siłą elektromotoryczną (U_p) powstaje tzw. kąt obciążenia wirnika. Powoduje on różnicę napięć ΔU między U_p i U_1 . Kąt obciążenia wirnika między polem wirującym stojana i wirnika jest zależny od mechanicznego momentu napędowego wału generatora. W przypadku zakłócenia sieci generator nagle przejmie na siebie duże obciążenie pochodzące od pracujących odbiorników energii elektrycznej. Kąt obciążenia wirnika rośnie skokowo i wektor napięcia U_1 zmienia kierunek. Napięcie zmienia swoją wartość, co powoduje zmianę fazy. Układ mierzy czas trwania cyklu i porównuje z wewnętrznym czasem odniesienia. W przypadku skoku wektora napięcia urządzenie jest wyłączane bezzwłocznie. Układ ten chroni generator synchroniczny pracujący równolegle z siecią poprzez szybkie odłączenia w przypadku zakłóceń w sieci.

Schemat zabezpieczeń generatorów pokazano na rys. nr 6 i 7.

Dla spełnienia warunków przyłączenia zaprojektowano dodatkowo zabezpieczenia dodatkowe zasilane z przekładników napięciowych SN spełniające funkcje zabezpieczenia $u_{0>}$ i $u >$ działające na wyłącz wyłączeniów generatorów.

W polach pomiaru napięcia nr 3 i 10 należy zamontować przekładniki trójuzwojeniowe:

- uzwojenie nr 1 - 15:√3/0,1:√3 kl.0,2; 5VA dla pomiaru napięcia układ pomiarowo-rozliczeniowy)
- uzwojenie nr 2 - 15:√3/0,1:√3 kl.0,5; 10VA dla potrzeb zasilania zabezpieczenia $u>$ (połączenie uzwojeń w gwiazdę)
- uzwojenie nr 3 - 15:√3/0,1:3 kl.3P; 10VA dla potrzeb zasilania zabezpieczenia $u0>$ (połączenie uzwojeń w otwarty trójkąt).

Uzwojenia wtórne II 15:√3/0,1:√3kV; 10VA należy połączyć w gwiazdę dla potrzeb zasilania zabezpieczenia $U>$.

Zabezpieczenie realizowane jest przez przekaźnik napięciowo-czasowy na przykład typu RET430A firmy ZEG Tychy.

Zabezpieczenie działa na wyłącznik generatora. Nastawa zabezpieczeń (wg wymogów producenta generatora $110\%U_{NG}$; $t=500ms$):

Nastawa **RET- 430N**;

U > napięcie: **U =66,5V,**

t > czas: **t =500ms**

Uzwojenia wtórne III 15:√3/0,1:3kV; 10VA należy połączyć w układ otwartego trójkąta dla pomiaru składowej zerowej napięcia dla potrzeb zasilania zabezpieczenia zerowo-nadnapięciowego $u0>$.

Jako zabezpieczenie zerowo-nadnapięciowe z funkcją ziemnozwarciową zastosowano przekaźnik napięciowo-czasowy na przykład typu RET425N produkcji ZEG Tychy.

Nastawę zabezpieczenia zerowo-nadnapięciowego należy zgodnie z IRIESD zał. nr I pkt. 3.8. uzgodnić z działem automatyki zabezpieczeniowej PGE Dystrybucja oddział Łódź w trakcie prowadzenia prac rozruchowych generatora.

Przekaźniki zabezpieczeń $u0>$ i $u>$ po zadziałaniu są automatycznie blokowane i ponowne załączenie generatora do pracy możliwe jest po ich odblokowaniu ręcznym przez obsługę.

Zabezpieczenia dodatkowe zasilane z sieci nn zrealizowane zostaną za pomocą zabezpieczenia dodatkowego napięciowo-częstotliwościowego na przykład typu RFT-451A-230-220-0-1 firmy ZEG Tychy realizujące zabezpieczenia:

- df/dt ,
- $f<$
- $f>$
- $u<$

Nastawy i kryteria działania zabezpieczeń dodatkowych wg tabeli.

Generator pracuje z uziemionym punktem zerowym. Zacisk N i PE generatora należy połączyć z GSU rozdzielni SAG1 i SAG2. Wymagana oporność uziemienia $< 5\Omega$.

Algorytmy pracy generatorów.

Praca równoległa z siecią modułów kogeneracyjnych:

- załączenie do pracy modułów ręcznie przez obsługę.

- generatory załączane do ruchu są przez swoje szafy sterownicze SG po uzyskaniu zezwolenia, synchronizacja z siecią i zabezpieczenia realizowane są niezależne zabezpieczenia zamontowane w SG,
- w przypadku wystąpienia stanów awaryjnych generatory wyłączane są z ruchu przez zabezpieczenia zamontowane w SG, ponowne uruchomienie generatora po dokonaniu diagnostyki przez obsługę.

Praca wyspowa generatorów:

- w przypadku zaniku napięcia w sieci zabezpieczenia generatorów wyłączają je z ruchu w czasie nie przekraczającym 150ms (łączny czas działania automatyki i otwarcie styków wyłączników generatorów),
- po uzyskaniu informacji, że wyłączniki 1Q11Q2 i 1Q3 w rozdzielni RG1 nn zostały wyłączone generatory mogą zostać uruchomione do pracy samotnej ręcznie przez obsługę. Po stabilizacji parametrów generatora obsługa dociąża generatory wg potrzeb technologicznych (jednorazowo moc przyłączana do generatorów podczas pracy samotnej nie może być większa niż 30% mocy całkowitej generatora dla pracy wyspowej).

Wyłączenie ruchowe oraz od zabezpieczeń wyłącznika generatora SG1 i SG2 odbywa się przez zdjęcie napięcia z cewki podnapięciowej wyłącznika.

Układ sterowania i zabezpieczeń generatora zasilany jest napięciem 24VDC (zasilacz buforowany) z podtrzymaniem z baterii akumulatorów.

Prądnice wyposażone są w niezależne (wewnętrzne) układy regulacji napięcia i cosφ. Generatory pracują z uziemionym punktem zerowym. Zacisk N i PE generatora należy połączyć z GSU agregatorowni.

Wymagana oporność uziemienia $< 5\Omega$.

2.7. Ochrona od porażen i połączenia wyrównawcze.

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

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

Przewód PE w rozdzielniach należy połączyć z "główną szyną uziemiającą" obiektu. Rezystancja uziemienia $R < 5\Omega$. 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 bednarke FeZn o wymiarach 25x4 mm. Na bednarce zamontować listwy wyrównania potencjałów i wykonać do nich połączenia przewodem Cu o przekroju 6mm² (kolor izolacji żółto-zielony).

Do obudowy generatora (zacisk PE) doprowadzić bednarke FeZN25x4mm.

Uwaga:

Po wykonaniu prac montażowych przed uruchomieniem urządzeń należy wykonać pomiary kontrolne:

- działania zabezpieczeń generatora podstawowych i dodatkowych,
- oporności uziemienia,
- wyłączników różnicowoprądowych oraz oporności pętli zwarcia.

Z przeprowadzonych pomiarów należy sporządzić protokoły pomiarowe stanowiące podstawę do uruchomienia instalacji.

Pomiar oporności uziemienia należy skorygować odpowiednim współczynnikiem zależnym od warunków atmosferycznych.

2.8. Dostosowanie instalacji elektrycznych oczyszczalni dla potrzeb pracy wyspowej generatorów.

W celu zachowania ochrony przeciwporażeniowej podczas pracy wyspowej obliczono prąd zwarcia jednofazowego rozdzielni RGnn przy zasilaniu z generatora:

Dane generatora (obliczenia przeprowadzono dla najbardziej niekorzystnego układu pracy - praca jednego modułu kogeneracyjnego)

Moc pozorna:	276,00 kVA
Moc czynna dla pracy synchronicznej $\cos\varphi = 1$	181,00 kW
Prąd znamionowy dla pracy synchronicznej	275,33 A
Prąd znamionowy dla pracy wyspowej	294,26 A

Reaktancja generatora dla zwarć 1-fazowych:	0,1913 Ω
$X_{k1g}=0,33 \times U_n^2 / S_{ng}$	
Rezystancja gen. $R_{kg}=0,03 \times X_{k1g}$	0,0057 Ω

Linia kablowa generator-rozdzielnia R39
przekrój 240mm² L=55m

Reaktancja linii	0,00105 Ω
Rezystancja linii	0,00112 Ω

Zwarcie rozdzielnia nn R-30

Reaktancja	0,19340 Ω
Rezystancja	0,00797 Ω
Impedancja Z_{k1}	0,19357 Ω
Prąd zwarcia jednofazowego $I_{k1}=0,8 \times (U/Z_{k1})$	950,57 A
Nastawa wyłącznika 2xlg	825,00 A
Warunek wyłączenia	Spełnia

Warunek ochrony przeciwporażeniowej spełniony dla zwarcia na szynach rozdzielni R-30

Odpięty z rozdzielni R-30:

Stacja odwadniania osadów R-25 Ob. nr 30

linia kablowa YKY4x240mm²; L=130m

Reaktancja linii 0,0091 Ω

Rezystancja linii 0,0097 Ω

Zwarcie szyny rozdzielni

Reaktancja 0,2116 Ω

Rezystancja 0,0273 Ω

Impedancja Z_{k1} 0,2134 Ω

Prąd zwarcia I_{k1}=0,8*(U/Z_{k1}) 862,39 A

Zabezpieczenie gG250A 1 485,00 A

Nie spełnia

Pompownia Osadu Wstępnego R-20

linia kablowa YKY4x50mm²; L=65m

Reaktancja linii 0,0046 Ω

Rezystancja linii 0,0232 Ω

Zwarcie szyny rozdzielni

Reaktancja 0,2025 Ω

Rezystancja 0,0544 Ω

Impedancja Z_{k1} 0,2097 Ω

Prąd zwarcia I_{k1}=0,8*(U/Z_{k1}) 877,51 A

Zabezpieczenie gG 100A, t=5s 551,00 A

Spełnia

Pompa P1/23 - linia kablowa YKY4x6mm² L=27m

Reaktancja linii 0,0019 Ω

Rezystancja linii 0,0804 Ω

Zwarcie pompa

Reaktancja 0,2063 Ω

Rezystancja 0,2151 Ω

Impedancja Z_{k1} 0,2980 Ω

Prąd zwarcia I_{k1}=0,8*(U/Z_{k1}) 617,37 A

Zabezpieczenie wyłącznik silnikowy 25A, t=0,2s 250,00 A

Spełnia

Mieszadło Ob. 22B 2220TS

linia kablowa YKY4x16mm² L=30m

Reaktancja linii 0,0021 Ω

Rezystancja linii 0,0335 Ω

Zwarcie mieszadło

Reaktancja 0,1976 Ω

Rezystancja 0,0749 Ω

Impedancja Z_{k1} 0,2113 Ω

Prąd zwarcia I_{k1}=0,8*(U/Z_{k1}) 870,65 A

Zabezpieczenie gG63A; t=0,2s 603,00 A

Spełnia

Mieszadło M1/22BLinia kablowa YKY4x6mm² L=55m

Reaktancja linii 0,0039 Ω

Rezystancja linii 0,0614 Ω

Zwarcie mieszadło

Reaktancja 0,2053 Ω

Rezystancja 0,1977 Ω

Impedancja Z_{k1} 0,2850 ΩPrąd zwarcia I_{k1}=0,8*(U/Z_{k1}) 543,57 A

Zabezpieczenie wyłącznik silnikowy 25A, t=0,2s 500,00 A

Spełnia

Szafka biogazuLinia kablowa YKY4x6mm² L=75m

Reaktancja linii 0,0053 Ω

Rezystancja linii 0,2232 Ω

Zwarcie szafka

Reaktancja 0,2088 Ω

Rezystancja 0,5044 Ω

Impedancja Z_{k1} 0,5459 ΩPrąd zwarcia I_{k1}=0,8*(U/Z_{k1}) 337,05 A

Zabezpieczenie gG35A 324,00 A

Spełnia

Rozdzielnia RPW30Linia kablowa YKY4x25 mm² L=35m

Reaktancja linii 0,0025 Ω

Rezystancja linii 0,0250 Ω

Zwarcie rozd. RPW30

Reaktancja 0,1983 Ω

Rezystancja 0,0580 Ω

Impedancja Z_{k1} 0,2066 ΩPrąd zwarcia I_{k1}=0,8*(U/Z_{k1}) 890,59 A

Zabezpieczenie gG63A 603,00 A

Spełnia

Dla spełnienia wymogu ochrony przeciwporażeniowej należy stosować zabezpieczenie wg powyższych obliczeń. Dla pozostałych urządzeń zasilanych w trybie pracy wyspowej należy stosować wyłączniki z członem różnicowoprądowym.

3. Obliczenia techniczne.

3.1. Obliczenia zwarciove

Dane zwarciove do doboru wytrzymałości aparatury w rozdzielniach:

1. Rozdzielnia SN-15kV stacji transformatorowej 1-A032 Oczyszczalnia Ścieków Ob. Nr 43

- moc zwarciova S_K'' - 265,06MVA
- prąd zwarciovy I_K'' - 10,194kA
- prąd udarowy i_u - 25,12kA
- prąd termiczny I_{th} - 10,362kA

2. Rozdzielnia SO-1 nn-0,4kV stacji transformatorowej 1-A032 Oczyszczalnia Ścieków Ob. Nr 43

- moc zwarciova S_K'' - 18,16MVA
- prąd zwarciovy I_K'' - 26,232kA
- prąd udarowy i_u - 57,744kA
- prąd termiczny I_{th} - 26,428kA

3. Rozdzielnia R30 Od. Nr 30 – Kotłownia i Agregatorownia

- moc zwarciova S_K'' - 13,25MVA
- prąd zwarciovy I_K'' - 19,128kA
- prąd udarowy i_u - 40,480kA
- prąd termiczny I_{th} - 19,242kA

4. Rozdzielnia SG1 i SG2 włączenia do sieci generatorów G1 i G2

- moc zwarciova S_K'' - 9,41MVA
- prąd zwarciovy I_K'' - 13,582kA
- prąd udarowy i_u - 27,938kA
- prąd termiczny I_{th} - 13,669kA

Obliczenia mocy i prądów zwarciowych wykonano programem PRET dla podanego w warunkach przyłączenia prądu zwarciowego 10kA.

Obliczenia zwarciowe (zwarcie trójfazowe – maksymalny prąd zwarcia) dla Oczyszczalni Ścieków w Piotrkowie Trybunalskim z uwzględnieniem wpływu generatorów synchronicznych na prąd zwarcia.

(zgodnie z normą: PN-EN 60865-1:2002 (U) - Obliczanie skutków prądów zwarciowych - Część 1: Definicje i metody obliczania.

PN-EN 60909-0:2002 (U) Prądy zwarciowe w sieciach trójfazowych prądu przemiennego - Część 0: Obliczanie prądów.

Obliczenia zwarciowe dla Oczyszczalni Ścieków w Piotrkowie Trybunalskim z uwzględnieniem wpływu generatorów 2x 190kW na sieć.

Nazwa elementu linii	Napięcie U_N [V]	Moc zwarciaowa S_K [MVA]	Prąd zwarciaowy I_K [kA]	Prąd udarowy i_{lu} [kA]	Stała czasowa T [ms]	R/X [-]	Prąd termiczny I_{th} [kA]
Wpływ sieci – moc zwarciaowa 260MVA							
Stacja transformatorowa 1-A032 Oczyszczalnia Ścieków Ob. Nr 43 – szyny rozdzielni SN-15kV	15,0	260,00	10,00	24,71	31,85	0,10	10,166
Stacja transformatorowa 1-A032 Oczyszczalnia Ścieków Ob. Nr 43 – szyny rozdzielni SO-1 0,4kV	0,40	12,62	18,22	41,06	17,84	0,18	18,38
Rozdzielnia R30 – szyny rozdzielni	0,40	5,81	8,39	15,93	6,19	0,37	8,41
Szyny rozdzielni SG1 włączenia generatora G1 do sieci	0,40	5,62	8,11	15,21	5,91	0,39	8,14
Szyny rozdzielni SG2 włączenia generatora G2 do sieci	0,40	5,62	8,11	15,21	5,91	0,39	8,14
Wpływ generatora G1							
Stacja transformatorowa 1-A032 Oczyszczalnia Ścieków Ob. Nr 43 – szyny rozdzielni SN-15kV	15,0	2,53	0,097	0,205	9,75	0,24	0,098
Stacja transformatorowa 1-A032 Oczyszczalnia Ścieków Ob. Nr 43 – szyny rozdzielni SO-1 0,4kV	0,40	2,77	4,006	8,342	9,00	0,26	4,024
Rozdzielnia R30 – szyny rozdzielni	0,40	3,72	5,369	12,275	17,67	0,16	5,416
Szyny rozdzielni SG1 włączenia generatora G1 do sieci	0,40	3,79	5,472	12,728	21,23	0,15	5,529
Wpływ generatora G2							
Stacja transformatorowa 1-A032 Oczyszczalnia Ścieków Ob. Nr 43 – szyny rozdzielni SN-15kV	15,0	2,53	0,097	0,205	9,75	0,24	0,098
Stacja transformatorowa 1-A032 Oczyszczalnia Ścieków Ob. Nr 43 – szyny rozdzielni SO-1 0,4kV	0,40	2,77	4,006	8,342	9,00	0,26	4,024

Rozdzielnia R30 – szyny rozdzielni	0,40	3,72	5,369	12,275	17,67	0,16	5,416
Szyny rozdzielni SG2 włączenia generatora G2 do sieci	0,40	3,79	5,472	12,728	21,23	0,15	5,529
Parametry zwarciove – wpływ sieci i generatorów							
Stacja transformatorowa 1-A032 Oczyszczalnia Ścieków Ob. Nr 43 – szyny rozdzielni SN-15kV	15,0	265,06	10,194	25,12	-	-	10,362
Stacja transformatorowa 1-A032 Oczyszczalnia Ścieków Ob. Nr 43 – szyny rozdzielni SO-1 0,4kV	0,40	18,16	26,232	57,744	-	-	26,428
Rozdzielnia R30 – szyny rozdzielni	0,40	13,25	19,128	40,480	-	-	19,242
Szyny rozdzielni SG1 włączenia generatora G1 do sieci	0,40	9,41	13,582	27,938	-	-	13,669
Szyny rozdzielni SG2 włączenia generatora G2 do sieci	0,40	9,41	13,582	27,938	-	-	13,669

3.2. Dobór kabli zasilających generatory.

Dobór przekroju kabla zasilającego oraz wartości zabezpieczenia dokonano wg obowiązującej dla instalacji nowoprojektowanych oraz przebudowywanych Polskiej Normy PN-IEC 60364-4-41 „Ochrona przed skutkami oddziaływania cieplnego” oraz PN-IEC 60364-4-43 „Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed prądem przetężeniowym.”).

Charakterystyka działania urządzeń zabezpieczających przewody od przeciążeń powinna spełniać warunki:

$$I_B \leq I_N \leq I_{dd}$$

$$I_W \leq 1,45I_{dd}$$

Oznaczenia:

I_B – prąd obciążenia [A]

I_N – prąd znamionowy wkładki bezpiecznikowej [A]

I_{dd} – prąd dopuszczalny długotrwały [A]

I_W – prąd wyłączalny [A]

Dobór kabla łączącego generator GS1 z rozdzielnią R30:

$$P_{NG} = 190kW$$

Prąd generatora – praca równoległa z siecią $\cos\varphi = 0,95$

$$I_{GS1} = \frac{190000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,95} = 289A$$

Prąd generatora – praca wyspowa $\cos\varphi = 0,80$

$$I_{GS1} = \frac{0,85 \cdot 190000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,80} = 292A$$

Zabezpieczenie: bezpiecznik gG 400A

Prąd $I_K'' = 13\,582A$

$$S_{min} > \frac{I_K'' \cdot \sqrt{t_z}}{j_c} = \frac{13582 \cdot \sqrt{0,2}}{115} = 167mm^2$$

Dobrano kabel łączący generator GS1 z rozdzielnią R30 typu 2x(5x H07RN-F240mm²) dla sposobu ułożenia na drabinkach kablowych o dopuszczalnym obciążeniu prądowym 457A zgodnie z PN-IEC 60364-5-523.

Stąd:

$$292A < 400A < 457A$$

$$640A < 662A$$

Przekrój kabla i dobrane zabezpieczenia spełniają warunki normy dotyczące ochrony przed oddziaływaniem cieplnym.

Spadek napięcia dla kabla o długości $L = 15m$:

$$\Delta u\% = \frac{100 \cdot P \cdot l}{\gamma \cdot s \cdot u^2} = \frac{100 \cdot 190000 \cdot 15}{54 \cdot 240 \cdot 400^2} = 0,14\%$$

$\Delta u\% = 0,23\% < 2,75\%$ (wg N SEP 002)

Spadek napięcia spełnia wymagania przepisu.