



spółka architektoniczna

**projektgotowe.pl spółka architektoniczna sp. z o.o.**

ul. Zabłocie 39, 30-701 Kraków

infolinia: 801 002 924/ tel. 12 257 00 70/ tel. 505 500 330/fax. 12 296 02 70

email: biuro@projektgotowe.pl/ email: biuro@projektgotowe.pl

Temat:

**BUDOWA KOMPLEKSU BASENÓW ZEWNĘTRZNYCH PRZY UL. KORFANTEGO 24A  
W BRZEGU. BUDOWA BASENÓW ZEWNĘTRZNYCH WRAZ BUDYNKIEM  
SZATNIOWYM ORAZ BUDYNKAMI TECHNOLOGICZNYMI.**

Lokalizacja inwestycji

Brzeg działki: 953/34, 953/35, 893 obręb południe

Inwestor:

Gmina Brzeg, ul. Robotnicza 12, 49-300 Brzeg.

Branża

**INSTALACJA ELEKTRYCZNA I SŁABOPRĄDOWA**

Faza

**ANEKS DO PROJEKTU WYKONAWCZEGO**

**KATEGORIA OBIEKTU BUDOWLANEGO: V.**

**Projekt sporządził zespół:**

Imię i nazwisko	branża	uprawnienia	Izba budowlana
mgr inż. Piotr Kapuściński	Inst. elektryczne	338/2001	MAP/IE/7128/02
inż. Antoni Słaboń	Inst. elektryczne spr.	435/87	MAP/IE/0761/01

MAJ 2023

## 1. SPIS ZAWARTOŚCI OPRACOWANIA

<b>2. OPIS TECHNICZNY .....</b>	<b>3</b>
2.1. Przedmiot opracowania.....	3
2.2. Podstawa opracowania .....	3
2.3. Zakres opracowania .....	3
2.4. Podstawowe dane techniczne.....	3
2.5. Zasilanie w energię elektryczną.....	3
2.6. Przeciwpowodziowy wyłącznik prądu.....	3
2.7. Układanie linii kablowej. ....	4
2.8. Tablica rozdzielcza TR.3.....	4
2.9. Instalacja fotowoltaiczna. ....	4
2.10. Zabezpieczenie przed pracą wyspową. ....	8
2.11. Układ automatycznej synchronizacji. ....	8
2.12. Instalacje ochrony odgromowej i ochrony przeciwprzepięciowej.....	8
2.13. Instalacje ochrony przeciwporażeniowej.....	9
2.14. Instalacja połączeń wyrównawczych.....	9
2.15. Uwagi końcowe .....	9
<b>3. OBLICZENIA.....</b>	<b>10</b>
3.1. Bilans mocy.....	10
3.2. Natężenie oświetlenia. ....	10
3.3. Dobór wewnętrznych linii zasilających (włz) i zabezpieczeń. ....	10
3.4. Obliczenie uziemienia .....	10
3.5. Sprawdzenie skuteczności ochrony od porażeń.....	11
3.6. Sprawdzenie spadku napięcia. ....	11
3.7. Obliczenie prądu zwarciovego. ....	12
3.8. Dobór przekładników prądowych. ....	12
<b>4. CZĘŚĆ GRAFICZNA</b>	
E1A. Schemat zasadniczy układu zasilania.	
E2A. Tablice rozdzielcze. Schematy ideowe.	
E3A. Tablice rozdzielcze. Elewacje.	
E7A. Budynek szatniowy. Parter. Plan instalacji elektrycznych	
E8A. Budynek szatniowy. Dach. Plan instalacji odgromowej.	
E11A. Plan zagospodarowania terenu.	

Obliczenia instalacji fotowoltaicznej sporządzone przy użyciu PV\*SOL premium 2021.

## 2. OPIS TECHNICZNY

### 2.1. Przedmiot opracowania

Tematem opracowania jest aneks do projektu wykonawczego instalacji elektrycznych i słaboprądowych dla basenów zewnętrznych wraz budynkiem szatniowym oraz budynkami technologicznymi zlokalizowanego przy ul. Korfanteo 24a w Brzegu; działki nr 953/34, 953/35 i 893 obręb Południe.

Aneks wprowadza wykonanie wewnętrznej, zalicznikowej linii zasilającej od złącza kablowego ZK-93985 do ZK-R+PWP oraz instalację fotowoltaiczną o mocy 49,5kWp zainstalowaną na dachu budynku szatniowego oraz zmienia sposób ogrzewania budynku szatniowego z ogrzewania gazowego na ogrzewanie pompą ciepła.

### 2.2. Podstawa opracowania

Projekt instalacji elektrycznej wykonano na podstawie:

- projektu wykonawczego,
- warunków przyłączenia
- obowiązujących norm i przepisów,

### 2.3. Zakres opracowania

Dokumentacja projektowa obejmuje:

- wykonanie wewnętrznej, zalicznikowej linii zasilającej od ZK-93985 do ZK-R+PWP,
- przyłączenie mikroinstalacji fotowoltaicznej o mocy 49,5kWp do tablicy TR.1
- zwiększenie przekroju kabla zasilającej tablicę TR.1,
- dobudowę aparatów wraz ze zmianą gabarytów tablicy TR.1,
- budowę tablicy rozdzielczej instalacji fotowoltaicznej TPV wraz z montażem falownika oraz układu przeciwpożarowego wyłączenia instalacji PV,
- zasilanie pomp ciepła,

### 2.4. Podstawowe dane techniczne

Napięcie zasilania: 400/230V 50Hz

Układ sieci zasilającej: TN-C

Układ sieci budynków: TN-S

System ochrony od porażeń – samoczynne wyłączenie zasilania

Moc zainstalowana łączna  $P_i = 206,2\text{kW}$

Moc użytkowa łączna  $P_u = 120,0\text{ kW}$

### 2.5. Zasilanie w energię elektryczną.

Zasilanie projektowanego zespołu budynków budynku wykonane zostanie zgodnie z warunkami przyłączenia jako budowa przyłącza energetycznego 0,4kV z przewodami NA2XY-J 4x240 ze stacji transformatorowej OPZ905577 do zestawu złączowo-pomiarowego ZK-93985 zlokalizowanego przy w/w stacji transformatorowej.

Powyższy zakres prac realizuje Tauron Dystrybucja wg odrębnego opracowania.

Zestaw ZZP ze złączem ZK-93985 realizuje półpośredni pomiar mocy pobieranej przez obiekt dla mocy przyłączeniowej 120kW.

Od złącza ZK-93985 projektuje się zalicznikową wewnętrzną linię zasilającą z przewodami YAKXs 4x240 do złącza ZK-R+PWP zlokalizowanego przy projektowanym budynku. Złącze to obok funkcji przeciwpożarowego wyłączenia prądu, realizuje rozdział energii elektrycznej dla tablic rozdzielczych budynku szatniowego TR.1 i budynków technologicznych TR.2,3.

### 2.6. Przeciwpowozarowy wyłącznik prądu.

Projektuje się przeciwpożarowy wyłącznik prądu PWP wyłączającego zasilanie w całym kompleksie budynków basenu zewnętrznego.

Wyłącznik w formie rozłącznika izolacyjnego z przeszkloną obudową zabudowany zostanie obok złącza kablowego ZK-R oraz zostanie stosownie oznakowany.

Dla instalacji fotowoltaicznej projektuje się dodatkowy przeciwpożarowy wyłącznik bezpieczeństwa typu FPS1000 dla 5-ciu stringów instalacji PV. Urządzenie serii FPS1000 jest autonomicznym, modułowym, wielofunkcyjnym rozłącznikiem napięcia DC instalacji fotowoltaicznych. Użycie PWP przez kierującego akcją ratowniczo-gaśniczą oficera PSP w budynku powoduje wyłączenie napięcia AC, rozłącznik FPS1000 wykrywa zanik napięcia sieci i automatycznie odłącza napięcie stałe paneli fotowoltaicznych od falownika. Rozłączenie odbywa się w module wykonawczym FPS1000-S zlokalizowanym na dachu dzięki czemu napięcie generowane DC nie jest wprowadzone do budynku.

Dodatkowo moduł sterujący FPS1000-M wyposażony jest w ręczną dźwignię, również blokując wprowadzenie napięcia generowanego DC do budynku.

## 2.7. Układanie linii kablowej.

Kable będą ułożone faliście w rowie kablowym na głębokości 0,7m na podsypce piaskowej grubości 10cm i przysypane warstwą piasku o grubości 10cm. Po zasypaniu warstwą rodzimego gruntu o grubości 20cm i jej utwardzeniu ułożyć folie znacznikową koloru niebieskiego.

Na kabel należy nałożyć, w odstępach co 10m, opaski kablowe zawierające następujące informacje: symbol i nr ewidencyjny linii/ typ kabla / długość / rok ułożenia / przebieg trasy / symbol wykonawcy.

Następnie rów zasypać ziemią do poziomu gruntu utwardzając wibracyjne warstwy ziemi co 20cm. Nawierzchnie doprowadzić do stanu sprzed wykopu. Skrzyżowania z istniejącymi i projektowanymi sieciami wykonać w karbowanych rurach PVC  $\varnothing 160$ , metodą ręcznego wykopu, natomiast pod nawierzchnią betonową i asfaltową kabel ułożyć w sztywnych rurach PCV  $\varnothing 160$ .

Linie kablowe należy wykonać zgodnie z normą N SEP-E-004 i Przepisami Budowy Urządzeń Elektroenergetycznych.

Należy zachować zgodne z przepisami odległości między kablami oraz innymi urządzeniami podziemnymi przy skrzyżowaniach i zbliżeniach.

## 2.8. Tablica rozdzielcza TR.1.

Tablica TR.1 zainstalowana jest w korytarzu budynku szatniowego. W związku ze zwiększeniem mocy obliczeniowej tablicę należy zasilić kablem YAKXs 4x70 w miejsce kabla YAKXs 4x35 wyprowadzonego ze złącza ZK-R. Kabel ten zabezpieczyć wkładką WT-1 gG 125A w miejsce 80A.

W tablicy TR.1 należy budować wyłącznik różnicowoprądowy 4p/6kA/40A/30/A oraz dwa wyłączniki instalacyjne 3P/6kA/C16 z których wyprowadzić należy dwie linie zasilające z przewodami YDYżo 5x2,5 które doprowadzić do pomieszczenia 0.19 zasilając dwie pompy ciepła.

Dodatkowo w tablicy TR.1 zabudować rozłącznik bezpiecznikowy NH-000 z wkładką gG 125A do którego przyłączyć tablicę TPV za pomocą przewodów 5x LgY 1x35.

Moduł sterujący przeciwpożarowego wyłącznika bezpieczeństwa zasilić poprzez wyłącznik instalacyjny 1p/6kA/C6 wraz z przełącznikiem kontroli faz FS431 zabudowany w TR.1 przewodem YKYżo 3x1,5. Do modułów wykonawczych FPS1000 zabudowanych na dachu doprowadzić przewód kontrolny YKY 2x1,5.

## 2.9. Instalacja fotowoltaiczna.

Pojęcia związane wg normy PN-HD 60364-7-712:

- Ogniwo PV – najmniejszy element systemu PV, który wytwarza energię elektryczną
- w warunkach ekspozycji na światło takie jak promieniowanie słoneczne;
- Moduł PV – najmniejszy, w pełni chroniony przed wpływami środowiska zespół połączonych ze sobą ogniw PV;
- Kolektor PV – mechanicznie i elektrycznie zintegrowany zespół modułów PV i innych niezbędnych elementów, które tworzą jednostkę zasilającą prądem stałym;
- Łańcuch PV - obwód, w którym łączy się szeregowo moduły PV, w celu wytworzenia w kolektorze PV wymaganego napięcia wyjściowego;
- Skrzynka połączeniowa kolektora PV – (Junction Box) obudowa w której wszystkie łańcuchy PV jakiegokolwiek kolektora PV są połączone elektrycznie i gdzie są umieszczone zabezpieczenia;
- Przewód główny DC systemu PV – przewód łączący skrzynkę połączeniową generatora PV z zaciskami DC inwertera PV;
- Falownik PV – urządzenie, które przetwarza napięcie i prąd stały na w napięcie i prąd przemienny;
- STC, Standard Test Conditions STC (Standard Test Conditions) w skrócie: prostopadłe promieniowanie słońca o mocy 1000W na jeden m<sup>2</sup>, przy temperaturze 25°C. Spektrum AM=1,5 (Air Mass), zgodnie z ASTM G173-03 oraz IEC 60904-3;
- NOCT (Nominal Operating Cell Temperature) - jest zdefiniowane jako temperatura osiągana przez pojedyncze ogniwo PV w układzie bez obciążenia odbiornikiem przy spełnieniu poniższych warunków :
  - o promieniowanie na powierzchnię Ogniwa PV = 800 W/m<sup>2</sup>
  - o temperatura powietrza = 20°C
  - o prędkość wiatru = 1 m/s
  - o sposób montażu = nie zasłonięta tylna część panelu
- Sprawność systemów solarnych ( $\eta\%$ ) - Stopień zamiany energii słonecznej na elektryczną mierzony jest w %. Wówczas moduł PV o sprawności np. 15% z powierzchni 1m<sup>2</sup> (jednego metra kwadratowego) w ciągu godziny wyprodukuje 150Wh energii elektrycznej, według międzynarodowego standardu STC (1000 W/m<sup>2</sup>, temp. 25°C). W dni o słabszym nasłonecznieniu produkcja prądu będzie mniejsza. Różne technologie PV (mono- polikrystaliczne, amorficzne) charakteryzują się różną sprawnością. Moc znamionowa modułów np. 20, 100 czy 200Wp wynika z ich powierzchni oraz pośrednio sprawności, która wynika z technologii produkcji PV.

- Flash Test - modułów fotowoltaicznych ma na celu dokładny pomiar charakterystyki I-U modułu fotowoltaicznego w warunkach STC. Powyższe badania pozwalają określić tolerancje oraz powtarzalność maksymalnej mocy wejściowej, sprawności oraz parametrów elektrycznych modułów fotowoltaicznych.

Obiekt zostanie wyposażony w instalację fotowoltaiczną o łącznej mocy 49,5 kWp.

Zaprojektowano podłączenie instalacji fotowoltaicznej do wewnętrznej instalacji elektrycznej obiektu. Wytworzona energia zostanie wykorzystana na potrzeby własne kąpieliska.

Instalację fotowoltaiczną stanowić będą:

- moduły fotowoltaiczne np. typu JinkoSolar JKM550M-72HL4;
- falownik fotowoltaiczny współpracujące z modułami fotowoltaicznymi;
- optymalizatory mocy;
- rozdzielnice fotowoltaiczne prądu stałego i zmiennego TPV;
- okablowanie prądu stałego (DC) i zmiennego (AC);
- System Zarządzania Energią (SZE).

Na dachu budynku zaprojektowano 90 szt. modułów fotowoltaicznych np. typu JinkoSolar JKM550M-72HL4. Dokładną lokalizację przedstawiono w części rysunkowej. Moduły zostaną zamontowane przy pomocy systemowych uchwytów. Uchwyty do montażu modułów typu szkło-szkło będą trwale przykręcone do rąbka stojącego pokrycia dachu budynku. Szerokość modułów jest dopasowana do odległości pomiędzy rąbkami – co drugi rąbek. Nie dopuszcza się zastosowania modułów krótszych niweczących zamierzony efekt architektoniczny. Moduł posiada grafikę wykonaną w technologii nadruku ceramicznego.

Parametry zaprojektowanego pojedynczego modułu PV na dachu przedstawiono w poniższej tabeli

<b><u>PARAMETR</u></b>	<b><u>WARTOŚĆ</u></b>	<b><u>DOPUSZCZALNA ODCHYLENIA</u></b>	<b><u>SPOSÓB UDOKUMENTOWANIA</u></b>
<b>Typ ogniw w module PV</b>	Krzemowe monokrystaliczne 5BB z przednią metalizacją (technologia „front-contact”)	Krzemowe monokrystaliczne bez przedniej metalizacji (technologia „back-contact”)	Karta katalogowa
<b>Moc znamionowa modułu PV</b>	wg tabeli – Zestawienie ilości i mocy modułów	mniej niedopuszczalne	Karta katalogowa
<b>Tolerancja mocy</b>	+5W	Niedopuszczalne stosowanie modułów z ujemną tolerancją mocy	Karta katalogowa
<b>Sprawność ogniw</b>	21,9 %	+% brak ograniczeń -0%	Karta katalogowa
<b>Flash test</b>	Wymagany dla każdego modułu	Niedopuszczalna	Świadectwo badań – Flash Test dla każdego typu modułu dostarczany wraz z dostawą
<b>LID</b>	3%	+0% -% brak ograniczeń	Karta katalogowa
<b>Utrata wydajności w ciągu 25 lat</b>	12 lat – 12% 25 lat - 17%	+0% -% brak ograniczeń	Karta katalogowa
<b>Wymiary</b>	wg tabeli – Zestawienie ilości i mocy modułów	+5mm -5mm	Karta katalogowa
<b>Ognioodporność</b>	Frontowa i tylna warstwa modułu niepalna – materiał zaliczony do kategorii materiałów niepalnych i nie wydzielających dymu ani uwalniania płonących cząstek/kropli	niedopuszczalna	Oświadczenie producenta
<b>Folia laminacyjna</b>	PVB	niedopuszczalna	Karta katalogowa

<b>Współczynnik temperatowy mocy modułów</b>	-0,4 %/oC	+0% -% brak ograniczeń	Karta katalogowa
<b>Temperatura</b>	-40 do +85°C	niedopuszczalna	Karta katalogowa
<b>Max. Napięcie DC</b>	1 000V	mniej niedopuszczalne	Karta katalogowa
<b>Normy, certyfikaty</b>	PN-EN 61730: 2016	niedopuszczalna	Certyfikat
	PN-EN 61215: 2016	niedopuszczalna	Certyfikat
	IEC 61804	niedopuszczalna	Certyfikat
	IEC 62716	niedopuszczalna	Certyfikat
	PN-EN 14449	równoważna	Certyfikat lub badanie typu
	PN-EN 12600	równoważna	Certyfikat lub badanie typu

#### Zestawienie ilości i mocy modułów

Wymiary modułów fotowoltaicznych	Moc pojedynczego modułu	Ilość	Moc całkowita
[mm]	[Wp]	[szt.]	[kWp]
2274 x 1134 x 35 mm	550	90	49,5

W celu potwierdzenia, jakości oferowanych produktów wymagane jest, aby dokumenty ujęte w kolumnie sposób udokumentowania były przedłożone przez wykonawcę na etapie zatwierdzania materiałów do realizacji oraz wyboru wykonawcy instalacji fotowoltaicznej.

W celu potwierdzenia, jakości oferowanych produktów wymagane jest, aby Producent modułów fotowoltaicznych posiadał certyfikaty ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001 lub równoważne, które należy dostarczyć na etapie zatwierdzania materiałów do realizacji oraz wyboru wykonawcy instalacji fotowoltaicznej.

Falownik został zaprojektowany w komunikacji 0.14 budynku szatniowego. Zadaniem falownika fotowoltaicznego jest przekształcenie wygenerowanej przez moduły fotowoltaiczne energii na prąd przemienny oraz przekazanie jej do instalacji elektrycznej.

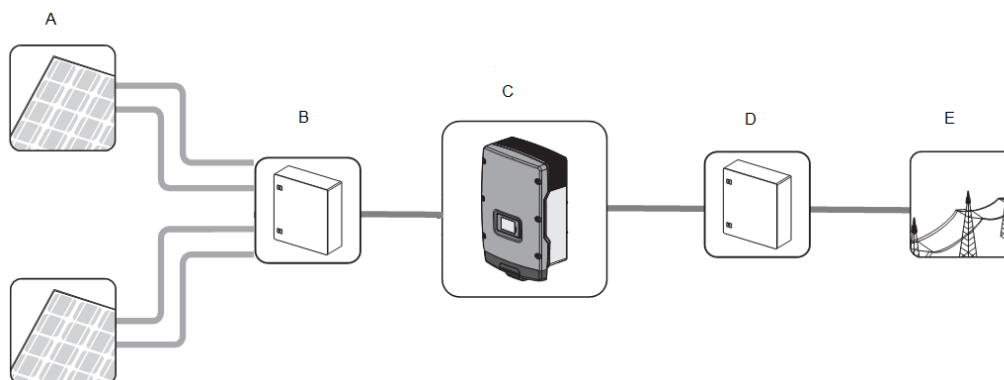
Falownik po wykryciu obecności napięcia strony AC (0,4 kV) synchronizować się będzie z siecią OSE (Operatora Systemu Energetycznego). Po zaniku napięcia OSE inwertery będą przechodzić automatycznie w tryb uśpienia (ang. Stand-By) aż do momentu powrotu napięcia sieciowego. Wykrywanie zaniku napięcia sieci OSE odbywać się będzie zgodnie z normą VDE 0126-1-1 (tzw. „zabezpieczenie antywyspowe”).

Parametry łańcuchów po stronie napięcia stałego zostały dobrane, tak by nie przekraczały w żadnych warunkach dopuszczalnych parametrów wejściowych falowników.

Falownik musi posiadać wbudowany rozłącznik DC, umożliwiający pomiar izolacji po stronie DC oraz posiadać zabezpieczenie przed odwrotną polaryzacją. Obudowa falownika musi posiadać stopień ochrony minimum IP66. Falowniki muszą być wyposażone w manualny rozłącznik po stronie generatora DC na czas serwisu oraz system kontroli temperatury pracy elektroniki sterującej.

Falowniki muszą spełniać kryteria przyłączenia jednostek wytwórczych do sieci elektroenergetycznych.

Poniższy rysunek pokazuje w obrazowy sposób połączenie systemu fotowoltaicznego do sieci operatora energetycznego.



Schemat zasadniczy połączenia systemu fotowoltaicznego:

**A** – Grupy modułów fotowoltaicznych (tzw. łańcuchy modułów)

**B,D** – Rozdzielnica TPV DC i AC wraz ze zintegrowanymi zabezpieczeniami

**C** – Falownik Fotowoltaiczny DC/AC

**E** – Sieć elektryczna odbiorcy.

W poniższej tabeli przedstawiono parametry techniczne dobranych falowników.

**Parametry inwertera trójfazowego 50kW np. typu SG50CX**

PARAMETR	WARTOŚĆ	DOPUSZCZALNA ODCHYLENIA	SPOSÓB UDOKUMENTOWANIA
<b>Moc maksymalna AC</b>	55 kVA/400V/40°C	mniej niedopuszczalne	Karta katalogowa
<b>Napięcie wyjściowe AC - faza do fazy / faza do przewodu zerowego (napięcie znamionowe)</b>	380 / 220 ; 400 / 230	W przypadku zastosowania falowników jednofazowych należy zastosować 3 jednostki o takiej mocy wyjściowej AC	Karta katalogowa
<b>Moc maksymalna DC</b>	75 kWp	Nie mniej niż łączna moc modułów PV	Karta katalogowa
<b>Max. napięcie wejściowe</b>	1100 V DC	niedopuszczalna	Karta katalogowa
<b>Częstotliwość sieci AC / zakres</b>	50/60 Hz $\pm$ 5	niedopuszczalna	Karta katalogowa
<b>Maks. prąd wyjściowy</b>	83,6A	niedopuszczalna	Karta katalogowa
<b>Max. wydajność / wydajność wg norm EU</b>	98,7% / 98.4%	niedopuszczalna	Karta katalogowa
<b>Możliwość instalacji wewnątrz i na zewnątrz budynków</b>	TAK	niedopuszczalna	Karta katalogowa
<b>Pobór mocy na potrzeby własne (w nocy)</b>	< 2 W	niedopuszczalna	Karta katalogowa
<b>Interfejsy:</b>	RS485,USB	niedopuszczalna	Karta katalogowa

W celu potwierdzenia, jakości oferowanych produktów wymagane jest, aby dokumenty ujęte w kolumnie sposób udokumentowania były przedłożone przez wykonawcę na etapie zatwierdzania materiałów do realizacji oraz wyboru wykonawcy instalacji fotowoltaicznej.

**Optymalizatory**

Działanie optymalizatorów mocy polega na szukaniu punktu mocy maksymalnej na poziomie pojedynczego modułu PV. Optymalizator pozwala utrzymać stałe napięcie w łańcuchu umożliwiając stałą wydajność falownika. Każdy optymalizator wyposażony jest w SafeDC, który automatycznie odłącza napięcie modułu, gdy dojdzie do wyłączenia sieci lub Falownika, przez co jest realizowana funkcja zapewnienia bezpiecznego napięcia na modułach np. w trakcie akcji gaszenia pożaru. Optymalizatory mocy należy przewidzieć dla każdego modułu fotowoltaicznego.

**Rozdzielnica fotowoltaiczna TPV**

Rozdzielnica została zaprojektowana w komunikacji do części obsługi budynku szatniowego. W rozdzielnicy TPV zostaną zainstalowane ochronniki przeciwprzepięciowe typu I+II.

W czasie wystąpienia pożaru, okablowanie DC w budynku występuje w stanie bez napięciowym dzięki optymalizatorom znajdującym się przy modułach fotowoltaicznych.

W celu odbioru energii z projektowanej instalacji fotowoltaicznej oraz wprowadzenia jej do instalacji elektrycznej obiektu (rozdzielnicę głównej) zaprojektowano zbiorczą rozdzielnicą obiektową TPV. Zaprojektowana obudowa rozdzielnic TPV będzie posiadać stopień ochrony IP30 oraz będzie wykonana z materiału przewodzącego (I klasa izolacji).

### Ochrona przeciwprzepięciowa

Usytuowanie urządzeń piorunowo ochronnych zostało przedstawione w opracowaniu instalacji elektrycznych. Dla zabezpieczenia instalacji fotowoltaicznej należy zastosować ogranicznik przepięć typu 1+2. Dla zabezpieczenia przeciwprzepięciowego falowników od strony AC należy zastosować ochronne przeciwprzepięciową typu 2, zabezpieczającą falownik fotowoltaiczny przed przepięciami w sieci elektroenergetycznej. Użytkownik obiektu oraz instalacji PV powinien w swoim zakresie posiadać już zainstalowany w rozdzielnicy głównej ogranicznik typu 1 lub 1+2.

### Okablowanie i złącza po stronie prądu stałego (DC)

Wszelkie połączenia modułów fotowoltaicznych zaprojektowano z wykorzystaniem dedykowanych złączek dla instalacji solarnych typu MC4.

Parametry techniczne złącz przewodów systemu fotowoltaicznego:

- Maksymalny prąd systemu fotowoltaicznego: 63A
- Maksymalne napięcie systemu fotowoltaicznego: 1000V
- Termiczne warunki pracy: pomiędzy -40°C - +90°C
- Stopień ochrony: IP65

Okablowanie między poszczególnymi kolektorami PV (grupą/stringami modułów PV) a inwerterami zaprojektowano przy wykorzystaniu kabli solarnych o poniższych parametrach:

- napięcie znamionowe: 0,6/1 kV
- pojedyncza wiązka
- podwójna izolacja
- przekrój : 6 mm<sup>2</sup> ,
- żyły: wg PN/EN-60228, miedziane wielodrutowe klasy 5,

### Okablowanie po stronie prądu zmiennego (AC)

Między falownikami a rozdzielnicą główną instalacji fotowoltaicznej (TPV) oraz rozdzielnią główną TR.3 zaprojektowano przewody miedziane o parametrach odpowiednio dobranych do mocy zainstalowanej instalacji fotowoltaicznej oraz poszczególnych falowników fotowoltaicznych. Przekrój zastosowanego przewodu został dobrany do warunków obciążenia długotrwałego oraz spadków napięć zgodnie z normą PN-IEC 60364-5-523.

## 2.10. Zabezpieczenie przed pracą wyspową.

Projektowane inwertery posiadają zabezpieczenie pasywne przed pracą wyspową polegające na tym że jeśli napięcie inwertera pracującego w układzie wyspowym będzie niezgodne z normalnymi parametrami sieci, falowniki po zmierzeniu po przekroczeniu nastaw nad/bez napięciowych oraz nad/bez częstotliwościowych wyłączają pracę i rozłączają się od sieci.

Dodatkowo pasywne zabezpieczenie przed pracą wyspową zostało uzupełnione przed niezamierzoną pracą wyspową zabezpieczeniem aktywnym zgodnie z IEC 62116. Falowniki okresowo zmieniają charakter generowanej składowej biernej prądu (charakter pojemnościowy i indukcyjny, bez generacji mocy biernej średniej). Odpowiedź częstotliwościowa sieci na takie pobudzenie jest mierzona i poddawana analizie. W przypadku pracy z siecią (gdy napięcie w sieci jest obecne) generowany sygnał ze zmienną składową bierną prądu nie wpływa na jej częstotliwość. W przypadku pracy wyspowej częstotliwość sieci (wyspy) będzie ulegać cyklicznym zmianom w odpowiedzi na pobudzenie. Analiza zmian częstotliwości pozwala potwierdzić pracę wyspową falownika powodując zawieszenie pracy i rozłączenie od sieci.

## 2.11. Układ automatycznej synchronizacji.

Projektowane inwertery posiadają układy automatycznej synchronizacji fazowej z siecią z którą współpracują. Synchronizacja z siecią następuje poprzez układ synchronizacji który kontroluje cyklicznie parametry sieci i w przypadku ich wartości zgodnych z nastawami wprowadzonymi do falownika (zgodnie z uzgodnionymi nastawami zabezpieczeń) przeprowadza automatyczną synchronizację falownika z siecią.

Każde pozbawienie napięcia danego falownika (wyłączenie urządzeń zasilających po stronnice SN lub nN) powoduje jego automatyczne wyłączenie.

## 2.12. Instalacje ochrony odgromowej i ochrony przeciwprzepięciowej

Zgodnie z kryterium stosowania ochrony odgromowej opartej na obowiązującej normie PN-EN-62305 budynek sklasyfikowano do poziomu ochrony LPS III.

Instalację odgromową na dachu wykonać drutem FeZn o średnicy 8mm układanym na uchwytych z obciążeniem o wysokości 14cm.

Minimalny wymiar oka siatki 15m x 15m. Ochronę paneli fotowoltaicznych zainstalowanych na dachu wykonać iglicami odgromowymi izolowanymi o wysokości 4mb. Ochronę urządzeń elektrycznych



zainstalowanych na dachu opracowano na metodzie toczonej kuli o promieniu 45m przypisanym do III klasy LPS. Zachować minimalną odległość 50cm zwodów poziomych od urządzeń na dachu (przeskok iskrowy).

Jako przewody odprowadzające przyjąć drut FeZn 8mm prowadzony podtynkowo w warstwie izolacji termicznej budynku.

W obiekcie zaprojektowano uziom otokowy za pomocą bednarki stalowej ocynkowanej FeZn 30x4. Wartość rezystancji uziemienia nie powinna być większa niż 10Ω.

Przewody połączyć w górnej części budynku z siatką odgromową, a w dolnej w złączu probierczym z przewodem uziemiającym wyprowadzonym z uziomu fundamentowego. Średnie odstępy między przewodami odprowadzającymi powinny wynosić max 15m.

Przewody odprowadzające należy układać po możliwie najkrótszej trasie między zwodem a uziemieniem, przy czym: odległość przewodu od wejść do budynku i ogrodzeń metalowych, przylegających do dróg publicznych i w miejscach regularnego przebywania ludzi, nie powinna być mniejsza niż 2 m

Instalacji odgromową należy wykonać zgodnie z PN-EN 62305-1, PN-EN 62305-2, PN-EN 62305-3 i PN-EN 62305-4.

### **2.13. Instalacje ochrony przeciwporażeniowej**

W rozdzielnicach TR.1-3 rozdzielono funkcję przewodu ochronno-neutralnego PEN na przewód ochrony PE i neutralny N. Miejsce rozdziału uziemiono, wykonując połączenie do uziomu fundamentowego budynku produkcyjnego.

Instalację wewnętrzną zaprojektowano w układzie TN – S. Od miejsc rozdziału prowadzony jest dodatkowy przewód ochronny PE, do którego odgałęzione są przewody ochronne do poszczególnych odbiorników. Dla skutecznej ochrony przed porażeniem zastosowano wyłączniki nadmiarowo-prądowe z członem różnicowoprądowym o czułości 30mA.

W sieci 3~50Hz, 230/400V/TN-S zastosowano ochronę przed porażeniem przez szybkie wyłączenie za pomocą ochronnych wyłączników różnicowoprądowych o czułości prądowej nie większej niż 30mA oraz samoczynnych wyłączników instalacyjnych zgodnie z normą PN-IEC 60364-41:2000.

### **2.14. Instalacja połączeń wyrównawczych**

Dla uniemożliwienia występowania ewentualnych różnic potencjału na nieelektrycznych instalacjach budynku zaprojektowano wykonanie połączeń wyrównawczych. Główną szynę wyrównawczą należy połączyć bednarką z szyną PE rozdzielnic TR i przyłączem głównym wody. Do uziemienia magistrali wykorzystać instalację uziemiającą.

Z główną szyną wyrównawczą należy połączyć za pomocą bednarki FeZn 40x5 szyny ochronne tablic rozdzielczych PE, przewody ochronne PE obwodów rozdzielczych, instalacje wodne, kanalizacyjne, instalacje centralnego ogrzewania, obudowy metalowe urządzeń, rury, wszystkie metalowe elementy konstrukcyjne.

### **2.15. Uwagi końcowe**

- Całość prac należy wykonywać zgodnie z obowiązującymi normami i przepisami.
- Wszelkie niezgodności z projektem należy uzgodnić z GP i Inwestorem.
- Stosować się do przepisów BHP, roboty elektryczne wykonać pod nadzorem osób uprawnionych.
- Prace wykonawcze realizować zgodnie z Prawem Budowlanym, z obowiązującymi i zalecanymi normami, przepisami i opracowaniami SEP.
- Prace wykonywać pod nadzorem osób uprawnionych.
- Wszelkie odstępstwa od projektu zgłaszać Inwestorowi, a uzgodnione zmiany wprowadzać wpisem do dokumentacji technicznej i dziennika budowy.
- Prace wykonawcze skoordynować z pozostałymi branżami.
- Stosować elementy instalacji elektrycznych (kable, przewody oraz pozostały osprzęt elektroinstalacyjny) posiadające certyfikaty zgodności w szczegółowej specyfikacji technicznej wykonania robót.
- Przy sporządzeniu wyceny projekt należy rozpatrywać w całości - opis + część graficzna.
- Instalację w obrębie dróg ewakuacyjnych należy układać po jak najkrótszej trasie.
- Kolorystyka stosowanej aparatury ściśle wg projektu aranżacji wnętrza.

### 3. OBLICZENIA

#### 3.1. Bilans mocy.

TABLICA	ZK2a-1PP	ZK-R	TR.1	TR.2	TR.3	TPV	Obwód oświetl.	Obwód gniazd
Pi	206,20	206,20	66,50	56,90	82,80	49,90	1,10	2,00
Po	120,00	120,00	49,90	46,70	70,90	49,90	1,10	2,00
Io	187,00	187,00	77,76	79,62	120,89	83,13	4,88	8,87
Typ kabla	NA2XY-J 4x240	4x YLY 95	YAKXs 4x70	YAKXs 4x70	YAKXs 4x240	5x LgY 35	YDYżo 3x1,5	YDYżo 3x2,5
I [m]	59	2	59	82	223	6	30	35
s [mm <sup>2</sup> ]	240	95	70	70	240	35	1,5	2,5
ΔU [%]	0,7	0,7	1,6	1,9	2,2	0,8	3,7	4,1
I <sub>B</sub> [A]	187,0	187,0	77,8	79,6	120,9	83,1	4,9	8,9
I <sub>N</sub> [A]	200,0	200,0	100,0	100,0	160,0	125,0	10,0	16,0
I <sub>Z</sub> [A]	315,0	238,0	153,1	153,1	315,0	142,0	16,0	25,0
I <sub>2</sub> [A]	320,0	320,0	160,0	160,0	256,0	200,0	16,0	25,6
1,45 · I <sub>Z</sub> [A]	456,8	345,1	222,0	222,0	456,8	205,9	23,2	36,3
I <sub>A</sub> [A]	1200,0	1200,0	600,0	600,0	960,0	750,0	60,0	96,0
Z <sub>S</sub> [Ω]	0,018	0,018	0,057	0,072	0,061	0,068	0,966	0,693
Z <sub>S</sub> · I <sub>A</sub> < 230	21,0	22,1	34,0	43,0	58,2	51,3	57,9	66,5

#### 3.2. Natężenie oświetlenia.

Obliczenia natężenia oświetlenia zostały wykonane przy zastosowaniu specjalistycznych programów komputerowych. Natężenie oraz równomierność oświetlenia obliczono stosując technikę komputerową (metoda odbić wielokrotnych) oraz aplikację Dialux. Wykonano obliczenia dla każdego pomieszczenia niezależnie. Wyniki obliczeń z uwagi na rozmiar, zamieszczono w egz. archiwalnym.

#### 3.3. Dobór wewnętrznych linii zasilających (wlz) i zabezpieczeń.

Zgodnie z normą PN-HD 60364-4-41:2017-09 powinny być spełnione warunki:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \text{ oraz } I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

gdzie:

- I<sub>B</sub> – prąd obliczeniowy w obwodzie [A]
- I<sub>N</sub> – prąd nastawienia urządzenia zabezpieczającego [A]
- I<sub>Z</sub> – prąd obciążalności długotrwałej kabla/przewodu [A]
- I<sub>2</sub> – prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego [A]

#### 3.4. Obliczenie uziemienia

Do obliczeń założono uziom wykonany z bednarki FeZn30x4 o długości 40mb oraz prętów stalowych ocynkowanych Ø20mm dł. 6m. Rozstaw prętów co 6m.

Do obliczenia rezystancji uziomu poziomego – FeZn30x4 korzystamy ze wzoru:

$$R_p = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t} = \frac{200}{2\pi \cdot 24} \cdot \ln \frac{2 \cdot 24^2}{0,03 \cdot 1} = 14,01\Omega$$

L[m] - dł. bednarki

ρ- rezystywność gruntu Ωm przyjęto ρ na poziomie 100Ωm.

t – głębokość zakopania [m]

b – obliczeniowa szerokość uziomu poziomego

Obliczenia uziomu pionowego 4 pręty dł. l= 6m, średnica -0.02m

$$R_R = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{4 \cdot l}{d} = \frac{200}{2\pi \cdot 6} \cdot \ln \frac{4 \cdot 6}{0,02} = 37,63\Omega$$

Obliczanie rezystancji wypadkowej przyjęto 4 pręty

$$R_W = \frac{R_P \cdot R_R}{R_P \cdot \eta_P \cdot n + R_R \cdot \eta_R} = \frac{14,01 \cdot 37,63}{37,63 \cdot 0,85 \cdot 4 + 14,01 \cdot 0,85} = 3,77 \Omega$$

$\eta_P$  - współczynnik wykorzystania uziomu poziomego = 0,85

$\eta_R$  - współczynnik wykorzystania uziomu poziomego = 0,85

### 3.5. Sprawdzenie skuteczności ochrony od porażeń.

Skuteczność ochrony przed porażeniem przez „szybkie wyłączenie” wyłącznikami lub bezpiecznikami dla układu TN jest spełnione dla warunku:

$$Z_{k1} \cdot I_A < U_0 \text{ oraz } I_{k1} \geq I_A$$

$$I_{k1} = \frac{U_0}{1,25 \cdot Z_{k1}}$$

$$Z_{k1} = \sqrt{(R_T + 2 \cdot R_L)^2 + (X_T + 2 \cdot X_L)^2}$$

gdzie:

$Z_{k1}$  - impedancja obwodu zwarciovego w  $[\Omega]$ ;

$I_A$  - wymagany prąd wyłączenia urządzenia zabezpieczającego - w czasie nie przekraczającym 5 sek. (obwody rozdzielcze) i 0,4 sek. (obwody pozostałe) w  $[A]$ ;

$U_0$  - napięcie pomiędzy przewodem skrajnym a ziemią w  $[V]$ .

$I_{k1}$  - prąd zwarcia jednofazowego w  $[A]$ , uwzględniający wzrost rezystancji przewodów w czasie zwarcia oraz rezystancję połączeń.

$R_T$  - rezystancja transformatora zasilającego w  $[\Omega]$ ;

$X_T$  - reaktancja transformatora zasilającego w  $[\Omega]$ ;

$R_L$  - rezystancja przewodu fazowego, przyjmuję że jest równa rezystancji przewodu neutralnego w  $[\Omega]$ ;

$X_L$  - reaktancja przewodu fazowego, przyjmuję że jest równa reaktancji przewodu neutralnego w  $[\Omega]$ ;

Pomijam impedancję systemu elektroenergetycznego.

Przyjmuję w stacji transformatorowej transformator 15/0,4kV o mocy 400kVA

$$R_T = 0,0051 \Omega$$

$$X_T = 0,0192 \Omega$$

Złącze ZK2a-1PP zasilane jest z linią kablową NA2XY-J 4x240 o długości 59mb

$$R_{L240} = 0,119 \Omega/km \cdot 0,059km = 0,0070 \Omega$$

$$X_{L240} = 0,080 \Omega/km \cdot 0,059km = 0,0047 \Omega$$

Impedancja pętli zwarcia w rozdzielnicy RG

$$Z_{k1} = \sqrt{(0,0051 + 2 \cdot 0,007)^2 + (0,0192 + 2 \cdot 0,0047)^2} = 0,0344 \Omega$$

$$I_{k1} = \frac{230}{1,25 \cdot 0,0344} = 5341,4 A$$

Linia kablowa YAKY 4x240 w stacji zabezpieczona jest rozłącznikiem bezpiecznikowym 315A, który dla czasu  $t=5s$   $I_A=2 142A$

$$I_{k1} = 5341,4A \geq I_A = 2 142A$$

Ochrona przeciwporażeniowa przez samoczynne szybkie wyłączenie zasilania jest nieskuteczna.

### 3.6. Sprawdzenie spadku napięcia.

Maksymalny procentowy spadek napięcia dla złącz ZK2a-1PP sprawdzam z zależności:

$$\Delta U_{\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot 100}{U_N} \cdot I_B \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

$$R_{L240} = 0,0070 \, \Omega$$

$$X_{L240} = 0,0047 \, \Omega$$

gdzie:

$U_N$  – napięcie znamionowe fazowe [V],

$I_B$  – prąd obliczeniowy w obwodzie [A],

$\cos \varphi$  – współczynnik mocy w obwodzie = 0,93

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = \sqrt{1 - 0,93^2} = 0,37$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot 100}{400} \cdot 187 \cdot (0,007 \cdot 0,93 + 0,0047 \cdot 0,37) = 0,66\%$$

Pozostałe spadki napięcia sprawdzono w tabeli punkt nr 3.1

### SPADKI NAPIĘĆ PONIŻEJ WARTOŚCI DOPUSZCZALNEJ 5%

#### 3.7. Obliczenie prądu zwarciovego.

Początkowy prąd zwarcia symetrycznego w rozdzielnicy RG

$$I''_{k3} = \frac{c_{\max} \cdot U_N}{\sqrt{3} \cdot Z_k}$$

Pomijam impedancję systemu elektroenergetycznego - jest to błąd w stronę "bezpieczną"

$$R_T = 0,0051 \, \Omega$$

$$X_T = 0,0192 \, \Omega$$

$$R_{L240} = 0,0070 \, \Omega$$

$$X_{L240} = 0,0047 \, \Omega$$

$$Z_k = \sqrt{(0,051 + 0,0648)^2 + (0,0192 + 0,0436)^2} = 0,0268 \, \Omega$$

$$I''_{k3} = \frac{1,00 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,0268} = 8\,622,3 \, \text{A}$$

Dla stosunku R/X = 1,6 przyjmuję współczynnik udaru  $\chi = 1,3$

Udarowy prąd zwarciovowy:

$$i_p = \chi \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{k3} = 1,3 \cdot \sqrt{2} \cdot 8\,622,3 = 12\,339 \, \text{A}$$

Aparaty rozdzielcze w złączu ZK-R dobrano na prąd zwarciovowy wytrzymywany 50kA.

Warunki zwarciovowe w TR.1

$$R_{L35} = 0,816 \, \Omega/\text{km} \cdot 0,059 \text{ km} = 0,0070 \, \Omega$$

$$X_{L35} = 0,080 \, \Omega/\text{km} \cdot 0,059 \text{ km} = 0,0047 \, \Omega$$

$$Z_k = 0,0667; I''_{k3} = 3\,465,2 \, \text{A}; i_p = 6\,370 \, \text{A}$$

Warunki zwarciovowe w TR.2

$$R_{L70} = 0,408 \, \Omega/\text{km} \cdot 0,082 \text{ km} = 0,0070 \, \Omega$$

$$X_{L70} = 0,080 \, \Omega/\text{km} \cdot 0,082 \text{ km} = 0,0047 \, \Omega$$

$$Z_k = 0,0548; I''_{k3} = 4\,216,9 \, \text{A}; i_p = 7\,752,7 \, \text{A}$$

Warunki zwarciovowe w TR.3

$$R_{L240} = 0,119 \, \Omega/\text{km} \cdot 0,223 \text{ km} = 0,0070 \, \Omega$$

$$X_{L240} = 0,080 \, \Omega/\text{km} \cdot 0,223 \text{ km} = 0,0047 \, \Omega$$

$$Z_k = 0,0569; I''_{k3} = 4\,063,1 \, \text{A}; i_p = 7\,469,8 \, \text{A}$$

Aparaty rozdzielcze w tablicach TR1-3 dobrano na prąd zwarciovowy wytrzymywany 10kA.

#### 3.8. Dobór przekładników prądowych.

$P_o = 120,0 \, \text{kW}$  (moc przyłączeniowa)

$$I_o = \frac{P_o}{\sqrt{3} \cdot U_F \cdot \cos \varphi} = \frac{120}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,93} = 187 \, \text{A}$$

$I_o = 187 \, \text{A}$  (prąd obliczeniowy)

Dobieram przekładnik 200/5A

Obciążenie wtórne przekładników  $S_s$  powinno się zawierać w przedziale  $0,25 S_N \leq S_s \leq S_N$

$$S_S = S_P + S_{AP} + S_Z$$

$S_P$  – straty mocy w przewodach zasilających

$$S_P = \frac{2 \cdot I_{SN\ MAX}^2 \cdot l}{\gamma \cdot s} = \frac{2 \cdot 4,675^2 \cdot 3}{55 \cdot 2,5} = 0,95A$$

$$I_{SN} = 4,675A$$

(prąd maksymalny po stronie wtórnej)

$$l = 3\ mb$$

(długość przewodów przekładnik - licznik)

$$s = 2,5\ mm^2$$

(przekrój przewodów przekładnik - licznik)

$$\gamma_{CU} = 55\ m/\Omega mm^2$$

$$S_{AP} = 0,125\ VA$$

(moc w obwodzie prądowym na fazę licznika ZMD405)

$$S_Z = 0,87\ VA$$

(moc tracona na zaciskach)

$$S_Z = I_{SN\ MAX}^2 \cdot R_Z \cdot \text{ilość zacisków} = 4,675^2 \cdot 0,005 \cdot 8 = 0,87\ VA$$

$$R_Z$$

(szacunkowa rezystancja przejścia na zaciskach listwy SKA)

$$0,25 \cdot 5VA = 1,25VA \leq S_S = 1,953\ VA \leq 5VA$$

Dobrano przekładnik typu: **IWF 200/5A 5VA, kl. 0,2S, FS5, legalizowany**

$$I_{TH} = 12kA \cdot I_{DYN} = 30kA$$

Warunki zwarciove w złączu ZK2a-1PP  $I_k = 8,6kA < 12kA$  ;  $I_P = 12,3kA < 30kA$

Opracował:

mgr inż. Piotr Kapuściński

styczeń 2023