

STWiORB

Zadanie: Rozbudowa sieci i armatury w komorze przyłączeniowej do sieci ciepłowniczej PTEP znajdującej się przy Alei Zjednoczonej Europy w Żorach.

Inwestor: Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji, ul. Wodociągowa 10, 44-240 Żory

Lokalizacja: Miasto Żory, Województwo Śląskie

Branża: Automatyka

Kategorie obiektów budowlanych: XXVI

Nazwa obiektu budowlanego Specyfikacja Techniczna Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych

AUTORZY PROJEKTU:

Projektant	mgr inż. Weronika Mierkułow Uprawnienia budowlane do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych nr POM/0174/PWOE/14	
Sprawdzający	mgr inż. Przemysław Dampc Uprawnienia budowlane do projektowania bez ograniczeń w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych nr POM/0168/PBE/25	

Kębłowo, kwiecień 2025 r.

Spis treści:

1. Wstęp	3
1.1 Przedmiot STWiORB	3
1.2 Zakres stosowania STWiORB	3
1.3 Roboty tymczasowe i towarzyszące objęte w STWiORB	3
1.4 Zakres robót objętych w STWiORB	3
1.5 Informacje o terenie budowy, organizacja robót i warunki bezpieczeństwa pracy.....	6
2. Materiały	7
2.1 Wymagania materiałowe i minimalne parametry	7
3. Wymagania wykonawcze	9
3.1 Prowadzenie kabli i separacja.....	9
3.2 Przepusty, uszczelnienia i szczelność.....	9
3.3 Uziemienie i połączenia wyrównawcze.	9
3.4 Montaż szafy AKPiA i aparatury.....	9
3.5 BHP, ppoż. i eksploatacja.....	9
3.6 Sprzęt, transport i składowanie	10
3.7 Sprzęt, transport i składowanie	10
4. Kontrola jakości oraz pomiary i próby	10
4.1 Zasady kontroli jakości robót oraz zestawienia pomiarów i prób.....	10
5. Kryteria odbioru i dokumenty wymagane	11

1. Wstęp

1.1 Przedmiot STWiORB

Przedmiotem niniejszej STWiORB jest wykonanie i odbiór robót związanych z budową, montażem, podłączeniem, uruchomieniem i przekazaniem do eksploatacji instalacji elektrycznej oraz systemu AKPiA komory ciepłowniczej PTEP w Żorach, obejmujących zasilanie, sterowanie, pomiary, sygnalizację, komunikację, ochronę przeciwporażeniową, ochronę przepięciową, oświetlenie, gniazda 230 VAC, zasilanie gwarantowane 24 VDC i 230 VAC oraz integrację z systemem nadrzędnym SCADA.

1.2 Zakres stosowania STWiORB

Specyfikacja stanowi dokument kontraktowy i przetargowy dla Wykonawcy robót elektrycznych i AKPiA. Wszelkie roboty, materiały i czynności niezbędne do osiągnięcia funkcjonalności opisanej w projekcie, choćby nie były literalnie wyszczególnione w każdej pozycji przedmiaru, uważa się za objęte zakresem Wykonawcy, o ile wynikają z dokumentacji projektowej, norm, DTR, zasad wiedzy technicznej i wymagań odbioru. Źródłem rozstrzygającym pozostają: projekt wykonawczy, schematy, przedmiar, kosztorys, STWiORB i uzgodnienia zatwierdzone przez Zamawiającego.

1.3 Roboty tymczasowe i towarzyszące objęte w STWiORB

Do robót tymczasowych i towarzyszących należy zaliczyć w szczególności: wytyczenie i oznaczenie miejsc robót, zabezpieczenie miejsca prac, czasowe wyłączenia i uzgodnienia eksploatacyjne, przepusty, uszczelnienia, próby, pomiary, konfigurację PLC/HMI/komunikacji, znakowanie, inwentaryzację powykonawczą, sporządzenie dokumentacji i przekazanie kopii konfiguracji. Rozliczenie tych robót należy przyjąć jako ujęte w cenach jednostkowych lub ryczałtowych pozycji podstawowych, o ile Zamawiający nie wydzieli ich osobno.

1.4 Zakres robót objętych w STWiORB

Zakres robót objętych niniejszą STWiORB obejmuje wykonanie kompletu robót elektrycznych, automatyki i teletechniki niezbędnych do uruchomienia oraz przekazania do eksploatacji instalacji AKPiA komory ciepłowniczej. Zakres robót obejmuje również wszystkie czynności pomocnicze, montażowe, regulacyjne, pomiarowe i uruchomieniowe niezbędne do uzyskania kompletnej, sprawnej i bezpiecznej instalacji, nawet jeżeli nie zostały wyszczególnione oddzielnie w przedmiarze, lecz wynikają z dokumentacji projektowej, zasad wiedzy technicznej lub wymagań producentów urządzeń

a) roboty przygotowawcze i organizacyjne:

- zapoznanie się z dokumentacją projektową i warunkami lokalnymi,
- wytyczenie tras kablowych i miejsc montażu urządzeń,
- uzgodnienie wyłączeń, przełączeń i warunków prowadzenia prac z użytkownikiem obiektu,
- zabezpieczenie miejsca prowadzenia robót.

b) wykonanie tras kablowych i przepustów:

- wykonanie rury osłonowej dla linii zasilającej WLZ od rozdzielni głównej do szafy AKPiA,
- wykonanie wewnętrznych tras kablowych w komorze w rurkach instalacyjnych,
- montaż uchwyty, mocowań i elementów dystansowych,
- wykonanie przepustów kablowych przez przegrody komory,
- uszczelnienie przepustów kablowych.

c) wykonanie okablowania zasilającego, sterowniczego, sygnałowego i komunikacyjnego:

- ułożenie kabla zasilającego WLZ do szafy AKPiA,
- ułożenie przewodów zasilających urządzenia wykonawcze,
- ułożenie przewodów sterowniczych do przepustnic, siłowników, czujników i sygnalizacji,
- ułożenie przewodów ekranowanych dla sygnałów pomiarowych i analogowych,
- ułożenie okablowania Ethernet dla urządzeń komunikacyjnych i systemu nadrzędnego,
- wykonanie zakończeń kabli, opisów, oznaczeń i podłączeń.

d) montaż i wyposażenie szafy AKPiA:

- montaż szafy/rozdzielniczy AKPiA,
- montaż aparatury zabezpieczeniowej i łączeniowej,
- montaż wyłącznika głównego, zabezpieczeń obwodów, listew zaciskowych i bloków rozdzielczych,
- montaż zasilacza 24 VDC, układu podtrzymania zasilania oraz UPS 230 VAC,
- montaż sterownika PLC, modułów wejść/wyjść, panelu HMI oraz elementów sygnalizacyjnych,
- montaż przetworników trybu pracy, lampek sygnalizacyjnych i elementów sterowania lokalnego,
- wykonanie wewnętrznego okablowania szafy oraz opisów aparatury.

e) wykonanie instalacji oświetleniowej i gniazd wtykowych:

- montaż opraw oświetleniowych w wykonaniu hermetycznym,
- montaż osprzętu instalacyjnego,
- wykonanie obwodu oświetlenia komory,
- montaż gniazd wtykowych 230 VAC w komorze,
- montaż gniazd serwisowych w rozdzielniczy AKPiA,
- wykonanie zabezpieczeń obwodów oświetlenia i gniazd.

f) wykonanie ochrony przeciwporażeniowej, połączeń wyrównawczych i ochrony przeciwprzepięciowej:

- wykonanie przewodów ochronnych PE,
- wykonanie połączeń wyrównawczych części przewodzących dostępnych,
- podłączenie szafy AKPiA i urządzeń do układu ochronnego,
- montaż lub podłączenie elementów ochrony przeciwprzepięciowej zgodnie z dokumentacją,
- wykonanie wymaganych pomiarów ochronnych.

g) montaż urządzeń AKPiA i pomiarowych:

- montaż i podłączenie czujników temperatury,
- montaż i podłączenie przetworników ciśnienia,
- montaż i podłączenie ciepłomierza oraz przepływomierza,
- podłączenie sygnałów położenia zaworów i przepustnic,
- wykonanie torów sygnałowych 4–20 mA,
- wykonanie komunikacji z urządzeniami pomiarowymi.

h) wykonanie układu sterowania i automatyki komory:

- konfigurację sterownika PLC,
- konfigurację panelu HMI,
- realizację sterowania lokalnego i automatycznego,
- realizację obsługi trybów ręka/auto,
- realizację sygnalizacji stanów pracy, alarmów i awarii,
- wykonanie logiki sterowania zgodnie z opisem technologicznym i dokumentacją projektową.

i) wykonanie układu komunikacji i transmisji danych:

- montaż i konfigurację urządzeń komunikacyjnych,
- wykonanie komunikacji RS485/Modbus RTU,
- wykonanie komunikacji Ethernet/Modbus TCP,
- integrację z systemem nadrzędnym SCADA,
- montaż i konfigurację routera komunikacyjnego,
- montaż i konfigurację firewalla przemysłowego,
- sprawdzenie poprawności transmisji danych lokalnie i zdalnie.

j) wykonanie systemu zabezpieczenia antywłamaniowego komory i szafy:

- montaż kontaktronów włączów,
- montaż kontaktronu drzwi szafy,
- podłączenie sygnałów do sterownika PLC,
- wykonanie sygnalizacji alarmu otwarcia włączu lub szafy,
- konfigurację sygnalizacji lokalnej i zdalnej do systemu nadrzędnego.

k) próby, pomiary i uruchomienie:

- wykonanie pomiarów elektrycznych instalacji,
- sprawdzenie ciągłości przewodów ochronnych i połączeń wyrównawczych,
- sprawdzenie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej,
- sprawdzenie poprawności zasilania podstawowego i rezerwowego,
- sprawdzenie działania UPS i podtrzymania 24 VDC,
- wykonanie testów wejść i wyjść PLC,
- sprawdzenie torów analogowych i komunikacyjnych,
- sprawdzenie działania czujników, przepływomierza, ciepłomierza i sygnalizacji,
- wykonanie prób funkcjonalnych trybów pracy,
- wykonanie testów komunikacji z systemem nadrzędnym,
- usunięcie stwierdzonych usterek.

l) dokumentacja powykonawcza i przekazanie do eksploatacji:

- opracowanie dokumentacji powykonawczej,
- aktualizacja schematów i list kablowych,
- przekazanie protokołów pomiarów i prób,
- przekazanie nastaw, konfiguracji i kopii programów PLC/HMI,
- przekazanie konfiguracji urządzeń komunikacyjnych,
- przekazanie dokumentacji DTR, kart katalogowych i deklaracji zgodności,
- przeszkolenie obsługi, jeżeli wymagane przez Zamawiającego.

1.5 Informacje o terenie budowy, organizacja robót i warunki bezpieczeństwa pracy

Roboty objęte niniejszą STWiORB będą prowadzone w obrębie komory ciepłowniczej oraz w strefie dojścia, zasilania i prowadzenia tras kablowych do szafy AKPiA. Komora ciepłownicza stanowi obiekt techniczny o ograniczonej przestrzeni, podwyższonej wilgotności, możliwym ograniczonym dostępie, ryzyku wystąpienia atmosfery niebezpiecznej oraz ryzyku porażenia prądem elektrycznym w związku z wykonywaniem instalacji zasilających, sterowniczych, pomiarowych i komunikacyjnych.

Wykonawca jest zobowiązany do zorganizowania i prowadzenia robót zgodnie z obowiązującymi przepisami BHP, przepisami przeciwpożarowymi, zasadami wiedzy technicznej, dokumentacją projektową, wymaganiami Zamawiającego oraz instrukcjami eksploatacyjnymi użytkownika obiektu. Przed rozpoczęciem robót Wykonawca zobowiązany jest do zapoznania pracowników z dokumentacją projektową, niniejszą STWiORB, warunkami lokalnymi, procedurami bezpiecznego wejścia do komory, zasadami wykonywania prac przy urządzeniach elektrycznych oraz sposobem postępowania w przypadku awarii, zalania, pożaru, zaniku wentylacji lub wystąpienia atmosfery niebezpiecznej.

Teren prowadzenia robót należy wydzielić, oznakować i zabezpieczyć przed dostępem osób nieuprawnionych. Otwarte włazy, wykopy, miejsca prowadzenia kabli, przepusty oraz strefy pracy przy czynnych urządzeniach należy oznakować i zabezpieczyć w sposób uniemożliwiający przypadkowe wejście osób postronnych. W przypadku prowadzenia robót w rejonie ciągów pieszych, jezdni, placów manewrowych lub dróg eksploatacyjnych Wykonawca zapewni bezpieczne obejścia, wygradzenia, oznakowanie oraz, jeżeli wymagane, tymczasową organizację ruchu.

Wejście do komory może odbywać się wyłącznie po uzgodnieniu z użytkownikiem obiektu i po potwierdzeniu bezpiecznych warunków pracy. Przed wejściem należy sprawdzić stan włazów, drabin, stopni żłazowych, wentylacji, oświetlenia oraz możliwość bezpiecznej ewakuacji. Przed rozpoczęciem prac w komorze należy przewietrzyć komorę i, w razie uzasadnionej potrzeby, wykonać kontrolę atmosfery pod kątem zawartości tlenu oraz obecności gazów niebezpiecznych. W czasie prac w komorze należy zapewnić łączność z osobą asekurującą znajdującą się na zewnątrz oraz możliwość niezwłocznego wezwania pomocy.

Pomieszczenia zamknięte, studnie, kanały i urządzenia techniczne powinny posiadać wentylację grawitacyjną lub, jeżeli wymagają tego warunki pracy, wentylację mechaniczną. Urządzenia elektryczne stosowane w takich miejscach powinny posiadać zabezpieczenia chroniące przed porażeniem prądem elektrycznym oraz być dobrane do warunków środowiskowych panujących w komorze. Osoby pracujące w komorze muszą mieć zapewnioną możliwość szybkiej ewakuacji w przypadku zalania, pożaru, wystąpienia szkodliwych gazów lub innego zagrożenia, a także dostęp do środków pierwszej pomocy.

Roboty elektryczne mogą wykonywać wyłącznie osoby posiadające wymagane kwalifikacje i uprawnienia. Wszelkie prace przy obwodach zasilających należy prowadzić po uzgodnieniu wyłączeń z użytkownikiem obiektu, z zastosowaniem procedury odłączenia, zabezpieczenia przed przypadkowym załączeniem, oznakowania miejsca pracy oraz sprawdzenia braku napięcia. Obwody zasilania gwarantowanego, obwody 12/24 VDC, UPS, baterie akumulatorów oraz inne źródła energii należy traktować jako potencjalnie czynne do chwili ich pewnego odłączenia i sprawdzenia.

Wykonawca zobowiązany jest zapewnić pracownikom środki ochrony indywidualnej odpowiednie do rodzaju robót, w szczególności: kaski ochronne, rękawice ochronne i elektroizolacyjne, obuwie ochronne antypoślizgowe, okulary ochronne, odzież roboczą, przenośne oświetlenie, detektor gazów, środki asekuracyjne oraz sprzęt niezbędny do bezpiecznej pracy w przestrzeni ograniczonej. W przypadku prac wymagających wejścia do komory co najmniej jedna osoba powinna pozostawać na zewnątrz i pełnić funkcję asekuracyjną.

Wykonawca odpowiada za utrzymanie porządku na stanowisku pracy, właściwe składowanie materiałów, zabezpieczenie narzędzi i przewodów przed uszkodzeniem, niedopuszczenie do pozostawienia luźnych kabli w przejściach oraz bieżące usuwanie odpadów powstałych podczas robót. Materiały, urządzenia, akumulatory, osprzęt elektryczny i elementy komunikacyjne należy przechowywać w sposób zabezpieczający je przed wilgocią, uszkodzeniem mechanicznym i dostępem osób nieuprawnionych.

Wykonawca jest zobowiązany do prowadzenia robót w sposób niepowodujący zagrożenia dla osób trzecich, użytkownika obiektu, istniejących instalacji technologicznych, sieci ciepłowniczej, urządzeń AKPiA oraz systemów nadrzędnych. W przypadku stwierdzenia zagrożenia dla życia lub zdrowia ludzi, ryzyka uszkodzenia czynnych urządzeń, wystąpienia niebezpiecznej atmosfery, zalania komory lub braku możliwości bezpiecznej ewakuacji, roboty należy natychmiast przerwać, wycofać pracowników w bezpieczne miejsce i powiadomić Zamawiającego oraz użytkownika obiektu.

Spełnienie wymagań bezpieczeństwa pracy i organizacji robót podlega kontroli w trakcie realizacji oraz przy odbiorze robót. W dokumentacji odbiorowej należy ująć, jeżeli dotyczy: potwierdzenie uzgodnienia wyłączeń, protokoły pomiarów elektrycznych, protokoły sprawdzenia połączeń wyrównawczych, potwierdzenie przeszkolenia obsługi, protokoły prób funkcjonalnych, dokumentację fotograficzną robót zanikających oraz potwierdzenie uporządkowania i zabezpieczenia miejsca prowadzenia robót.

2. Materiały

2.1 Wymagania materiałowe i minimalne parametry

W tabeli poniżej urządzenia i funkcje zestawione z projektu, przedmiaru i kosztorysu,

Obszar	Referencja z projektu	STWiORB
WLZ - zasilanie szafy AKPiA	Zasilanie szafy AKPiA 32A / 400 VAC / 3f, układ TN-S; zabezpieczenie odpływu C40/3; przewód 5x6 mm ² prowadzony w rurze osłonowej DVK od rozdzielni głównej do szafy AKPiA.	Wykonać wewnętrzną linię zasilającą WLZ od istniejącej rozdzielni głównej do szafy AKPiA kablem miedzianym 5x6 mm ² przeznaczonym do zasilania trójfazowego w układzie TN-S, obejmującym żyły L1, L2, L3, N i PE. WLZ należy prowadzić w rurze osłonowej DVK na odcinku zewnętrznym oraz w trasach instalacyjnych zgodnych z dokumentacją na odcinku wewnątrz komory. Obwód należy zabezpieczyć w rozdzielni głównej zabezpieczeniem trójfazowym C40/3, zgodnym z dokumentacją projektową i wymaganiami selektywności.

Obszar	Referencja z projektu	STWiORB
Trasy wewnętrzne	RL 16 mm i 25 mm, uchwyty dystansowe	rury/pesze instalacyjne o średnicach dobranych do wypełnienia i promienia gięcia, odporne na warunki wilgotne; mocowania antykorozyjne
Szafa AKPIA	2 moduły, IP54, grzałka, termostat, wentylator, kratka	obudowa ścienna min. IP54, materiał odporny na korozję i wilgoć; preferowana obudowa z tworzywa; wyposażenie antykondensacyjne i wentylacyjne
PLC i I/O	CPU 1214C + moduły 16DI/16DQ, 16DI, 8AI, 4AI/2AQ	sterownik modułowy z Ethernet, ze slotem na kartę pamięci SD, oprogramowaniem umożliwiającym pracę lokalną i zdalną, konfiguracją I/O nie mniejszą niż wynikająca z projektu
HMI	panel operatorski HMI TP700	panel operatorski do lokalnej wizualizacji, współpracujący z PLC do Ethernet
Zasilanie 24 VDC	24 VDC, 960 W, moduł UPS / redundancji, 2 akumulatory	zasilanie 24 VDC z podtrzymaniem pozwalającym na przejście obiektu do stanu bezpiecznego i przekazanie alarmu zaniku zasilania
UPS 230 VAC	750 VA	zasilacz bezprzerwow 230 V AC min. 750 VA dla podtrzymania krytycznych odbiorów łączności i/lub sterowania
SPD	PRD1-25R-T1+2 3P+N w kosztorysie, opis wskazuje RG	skoordynowana ochrona przepięciowa dla torów zasilania AC oraz separacja/ochrona torów sygnałowych i komunikacyjnych; układ i miejsce montażu zgodne z zatwierdzoną koncepcją
Czujniki temperatury	PT1000 z głowicowym przetwornikiem 4–20 mA	czujniki temperatury dla obiegów PTEP / PWiK z sygnałem 4–20 mA lub równoważnym, odporne środowiskowo do pracy w komorze
Czujniki ciśnienia	PC-28, 0..2 MPa, 4–20 mA	przetworniki ciśnienia 0..2 MPa, sygnał 4–20 mA, dokładność i wykonanie przemysłowe odpowiednie do medium i lokalizacji
Ciepłomierz i przepływomierz	Supercal 531 24 VDC, Superstatic 440, PT500	układ pomiaru ciepła i przepływu z zasilaniem 24 VDC i komunikacją Modbus RTU; nie dopuszcza się rozwiązania wyłącznie baterijnego, jeżeli nie zapewnia ciągłego sygnału przepływu
Router	WAN Ethernet + LTE/5G failover	router przemysłowy z co najmniej jednym portem WAN Ethernet i automatycznym przełączeniem na LTE/5G; możliwość dołączenia anten zewnętrznych
Firewall	przemysłowy firewall z UTP, VPN, IDS/IPS, DPI	firewall przemysłowy obsługujący VPN IPsec lub SSL, IDS/IPS, filtrowanie ruchu i analizę protokołów przemysłowych
Oświetlenie	oprawy min. IP65, 36 W, ≥4000 lm; min. 100 lx, zalecane 200 lx	oprawy hermetyczne min. IP65, osprzęt min. IP44, poziom oświetlenia zgodny z dokumentacją i aktualnymi wymaganiami normowymi dla wewnętrznych miejsc pracy technicznej
Gniazda 230 VAC	5 gniazd serwisowych, IP44, RCD	gniazda bryzgoszczelne 16 A, 230 V, min. IP44, ze stykiem ochronnym, zasilane przez obwód chroniony RCD
Kontrola dostępu	kontaktron drzwi + 4 włazy + autoryzacja HMI	system sygnalizacji nieautoryzowanego wejścia z integracją PLC/HMI/SCADA, logiką hasła i alarmem do dyspozytorni

3. Wymagania wykonawcze

3.1 Prowadzenie kabli i separacja

Kable zasilające, sterownicze, sygnałowe 4–20 mA i transmisyjne należy prowadzić z zachowaniem separacji funkcjonalnej pomiędzy obwodami mocy, sterowania i transmisji danych w sposób uporządkowany i czytelnie oznaczony. Tory analogowe i komunikacyjne należy traktować jako wrażliwe EMC; przewody ekranowane dla pomiarów temperatury, ciśnienia i sterowania prądowego muszą zachować ciągłość ekranu, a sposób uziemienia ekranów trzeba zdefiniować w projekcie wykonawczym DTR urządzeń i odtworzyć w dokumentacji powykonawczej. Magistrale szeregowo powinny korzystać z przewidzianej separacji galwanicznej.

3.2 Przepusty, uszczelnienia i szczelność

Wszelkie przejścia przez przegrody komory należy wykonywać jako szczelne, uporządkowane i odporne mechanicznie. Nie dopuszcza się pozostawienia nieuszczelnionych przepustów ani „luźnego” przeprowadzenia kabli przez przegrodę. Rozwiązania typu HRD lub równoważne muszą zachować szczelność i odporność na warunki eksploatacyjne komory.

3.3 Uziemienie i połączenia wyrównawcze.

Wszystkie dostępne części przewodzące, metalowe elementy wyposażenia komory, szafy, trasy, włązy i konstrukcje wsporcze należy włączyć do systemu ochronnego zgodnie z przyjętym układem TN-S i wykonać połączenia wyrównawcze o trwałej, metalicznej ciągłości. W dokumentacji powykonawczej wymagana jest pełna identyfikacja punktów przyłączenia PE/GSW oraz obowiązkowego pomiaru ciągłości tych połączeń.

3.4 Montaż szafy AKPiA i aparatury.

Szafę należy wyposażyć i zamontować tak, aby po wykonaniu wszystkich wycięć, przepustów i przyłączy zachować deklarowany stopień ochrony IP. Zabudowa ma uwzględniać warunki wilgotnego środowiska komory, zabezpieczenie przed kondensacją, grzanie antykondensacyjne, wentylację, czytelny układ zacisków, trwałe opisy aparatów, oznaczenie wszystkich żył, kabli i torów sygnałowych zgodnie ze schematem. Obwody rezerwowego zasilania akumulatorowego muszą być wyraźnie oznakowane jako potencjalnie czynne również po odłączeniu zasilania podstawowego.

3.5 BHP, ppoż. i eksploatacja

Roboty mogą prowadzić wyłącznie osoby z wymaganymi uprawnieniami. Każde odłączenie zasilania trzeba wykonywać w procedurze blokowania i oznaczania, z potwierdzeniem braku napięcia. Obwody 12/24 VDC z podtrzymaniem akumulatorowym traktuje się jako czynne do chwili ich pewnego odseparowania. Wymagania ogólne opisane w punkcie 1.5.

3.6 Sprzęt, transport i składowanie

Wykonawca musi dysponować wzorcowanymi przyrządami pomiarowymi do badań elektrycznych, kalibratorami lub symulatorami pętli 4–20 mA, wyposażeniem do testów Ethernet/RS485 oraz oprogramowaniem serwisowym niezbędnym do PLC, HMI, routera i firewalla. Transport i magazynowanie aparatury powinny odbywać się w oryginalnych opakowaniach, w warunkach suchych, wolnych od kondensacji, zgodnie z wymaganiami producentów; baterie należy przechowywać i montować według warunków gwarancyjnych producenta.

3.7 Sprzęt, transport i składowanie

Wykonawca musi dysponować wzorcowanymi przyrządami pomiarowymi do badań elektrycznych, kalibratorami lub symulatorami pętli 4–20 mA, wyposażeniem do testów Ethernet/RS485 oraz oprogramowaniem serwisowym niezbędnym do PLC, HMI, routera i firewalla. Transport i magazynowanie aparatury powinny odbywać się w oryginalnych opakowaniach, w warunkach suchych, wolnych od kondensacji, zgodnie z wymaganiami producentów; baterie należy przechowywać i montować według warunków gwarancyjnych producenta.

4. Kontrola jakości oraz pomiary i próby

4.1 Zasady kontroli jakości robót oraz zestawienia pomiarów i prób

Poniższa matryca jest rozszerzeniem wymagań wynikających z projektu i z normy PN-HD 60364-6. Projekt przewiduje pomiary kontrolne przed oddaniem do eksploatacji, pełne uruchomienie i testy funkcjonalne układu sterowania; norma 60364-6 stanowi bazę dla sprawdzeń odbiorczych i okresowych oraz dla protokolowania wyników:

Etap	Zakres kontroli / testu	Kryterium akceptacji	Dokument
Dostawa	zgodność materiałów z projektem / STWiORB, kompletność, atesty, deklaracje	zgodność, brak uszkodzeń, dokumenty kompletne	protokół dostawy
Trasy kablowe	zgodność tras DVK/RL, uchwytów, promieni gięcia, przepustów	zgodność z rysunkami i zasadami montażu	protokół robót zanikających
Szafa AKPiA	jakość montażu, opisy, zaciski, separacja obwodów, IP po zabudowie	brak usterek, pełne oznaczenia, zachowany IP	protokół kontroli montażu
PE i połączenia wyrównawcze	ciągłość przewodów ochronnych i połączeń wyrównawczych	wynik pozytywny wg norm i projektu	protokół pomiarów elektrycznych
Polaryzacja i kolejność faz	poprawność zasilania obwodów 230/400 VAC	wynik prawidłowy	protokół pomiarów elektrycznych
Weryfikacja zabezpieczeń	działanie, weryfikacja doboru i nastaw zabezpieczeń, obecność i stan wskaźników	zadziałanie prawidłowe, brak nieuzasadnionych wyłączeń, układ zgodny z zatwierdzoną koncepcją	protokół oględzin / pomiarów elektrycznych

Etap	Zakres kontroli / testu	Kryterium akceptacji	Dokument
24 VDC i podtrzymanie	napięcie, polaryzacja, przejście na zasilanie rezerwowe	brak utraty funkcji krytycznych	protokół z testu zasilania gwarant.
I/O punkt - punkt	sprawdzenie wszystkich DI/DO/AI/AQ	100% punktów zgodne z listą sygnałów	protokół testów I/O
Analog 4–20 mA	skalowanie temperatur, ciśnień, pozycji zaworów	zgodność zakresów i trendów	protokół kalibracji / symulacji
Ciepłomierz i przepływomierz	odczyty lokalne, zasilanie, komunikacja Modbus RTU	poprawna wymiana danych z PLC	protokół testów komunikacji
RS485 / Ethernet	stabilność transmisji, adresacja, błędy ramek	brak błędów trwałych, stabilna komunikacja	protokół testów komunikacji
SCADA / Modbus TCP	wymiana danych z systemem nadrzędnym, mapowanie sygnałów	kompletna i poprawna lista sygnałów	protokół
WAN / LTE / 5G / VPN	test łączności przewodowej, test przełączenia failover, test VPN	zachowana ciągłość zdalnego nadzoru	protokół testów komunikacji zdalnej
Kontrola dostępu	drzwi, 4 włazy, logika hasła, alarm do dyspozytorni	zadziałanie każdego scenariusza	protokół testów alarmowych
Tryby pracy	ręka, auto lokalnie, auto zdalnie, reakcja na utratę łączności	logika zgodna z opisem projektu	protokół rozruchu funkcjonalnego
Zaniki zasilania	zanik i powrót zasilania podstawowego, restart PLC / HMI / łączności	bezpieczny stan i prawidłowy restart	protokół awaryjny
Oświetlenie i gniazda	działanie obwodów, osprzętu, pomiar natężenia oświetlenia jeśli wymagany	kompletna funkcjonalność, poziom zgodny z projektem	protokół odbioru branżowego
Próba końcowa	pełna próba funkcjonalna wszystkich układów	brak usterek krytycznych i istotnych	protokół odbioru końcowego

5. Kryteria odbioru i dokumenty wymagane

Roboty należy uznać za wykonane prawidłowo dopiero wtedy, gdy: zakres jest zgodny z projektem i zatwierdzonymi zmianami, wyniki badań i prób są pozytywne, oznaczenia są kompletne, komunikacja z systemem nadrzędnym działa stabilnie, układ przechodzi do stanu bezpiecznego przy awariach, a Zamawiający otrzymał pełną dokumentację powykonawczą wraz z kopiami konfiguracji i programów. Zestawienie w tabelach poniżej:

Dokument wymagany przy odbiorze końcowym	Wymaganie
protokoły dostawy materiałów i urządzeń	obowiązkowo
deklaracje zgodności / karty katalogowe / DTR	obowiązkowo

Dokument wymagany przy odbiorze końcowym	Wymaganie
protokoły pomiarów elektrycznych	obowiązkowo
protokół ciągłości PE i połączeń wyrównawczych	obowiązkowo
protokoły testów I/O, 4–20 mA, RS485, Ethernet, SCADA, WAN/LTE/5G	obowiązkowo
protokół testu zasilania rezerwowego 24 VDC i UPS 230 VAC	obowiązkowo
protokół testów antywłamaniowych włazów i drzwi	obowiązkowo
protokół rozruchu funkcjonalnego wszystkich trybów pracy	obowiązkowo
backup programu PLC i HMI	obowiązkowo
eksport konfiguracji routera, firewalla, VPN, bram komunikacyjnych	obowiązkowo
lista adresów IP, plan adresacji Modbus/RS485, mapa sygnałów	obowiązkowo
rysunki powykonawcze, aktualne schematy i listy kablowe	obowiązkowo
zdjęcia robót zanikających, przepustów i wnętrza szafy	obowiązkowo
instrukcja eksploatacji i utrzymania	obowiązkowo
protokół szkolenia obsługi	obowiązkowo
wykaz odstępstw od projektu i zatwierdzonych zmian	obowiązkowo

Poniżej zestawienie wymaganej zawartości w dokumentacjach powykonawczych

Składnik dokumentacji	Zawartość
część rysunkowa	schematy zasilania, sterowania, komunikacji, listwy zaciskowe, rozmieszczenie aparatów, trasy kablowe po zmianach
część opisowa	opis zmian, lista nastaw, zasady serwisu, procedura bezpiecznego odłączania zasilania i obwodów bateryjnych
zestawienia	kable, sygnały, adresacja, urządzenia, aparatura, zabezpieczenia
konfiguracje cyfrowe	backup PLC, HMI, routera, firewalla, bramy komunikacyjnej, mapa rejestrów i sygnałów
pomiary i próby	komplet podpisanych protokołów badań, testów i rozruchu
dokumenty jakościowe	deklaracje, certyfikaty, DTR, gwarancje
bezpieczeństwo	sposób przekazania haseł i kont serwisowych, wykaz osób uprawnionych, potwierdzenie zmiany haseł fabrycznych
materiał fotograficzny	przebieg tras, przepusty, wnętrza rozdzielnic, tabliczki i oznaczenia