UKD 620.197.5:629.128

ŚRODKI TRANSPORTU WODNEGO I URZĄDZENIA PŁYWAJĄCE	NORMA BRANŻOWA **Ochrona katodowa metalowych obiektów pływających i stałych w stoczniach i portach** Wymagania ogólne	**BN-71** **3702-04** Grupa katalogowa VI 02

HB-10463

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są wymagania ogólne dotyczące stosowania i projektowania ochrony katodowej, służącej do zabezpieczenia przed korozją elektrochemiczną metalowych obiektów pływających, takich jak: holowniki, motorówki, szalandy, doki oraz obiektów stałych użytkowanych w stoczniach i portach.

1.2. Zakres stosowania normy. Normę należy stosować przy projektowaniu, budowie i przebudowie oraz przy użytkowaniu urządzeń ochrony katodowej w stoczniach i portach.

1.3. Określenia

1.3.1. Ochrona katodowa - elektrochemiczna ochrona metali przed korozją, osiągana przez polaryzację katodową za pomocą zewnętrznego źródła prądu lub przez połączenie metalu chronionego z metalem bardziej elektroujemnym.

1.3.2. Ochrona katodowa galwaniczna - odmiana ochrony katodowej, w której katodowe spolaryzowanie metalu osiąga się prądem z ogniwa galwanicznego utworzonego przez metaliczne połączenie chronionego obiektu z metalem o potencjale elektrochemicznym bardziej ujemnym niż potencjał metalu obiektu.

1.3.3. Ochrona katodowa zewnętrznie zasilana - odmiana ochrony katodowej, w której spolaryzowanie metalu osiąga się prądem z zewnętrznego źródła.

1.3.4. Ochrona katodowa z powłokowa - sposób ochrony metalu przed korozją przez jednoczesne zastosowanie powłok ochronnych i ochrony katodowej.

1.3.5. Gestość pradu chroniacego - natężenie prądu ochrony katodowej na jednostkę powierzchni chronionej obiektu metalowego, które spowodowało na niej całkowity lub częściowy zanik korozji.

1.3.6. Gestość pradu ochronnego - natężenie prądu katodowej ochrony odniesione do jednostki powierzchni chronionej obiektu metalowego potrzebne do stałego utrzymania potencjału ochronnego.

1.3.7. Elektroda sterujaca - elektroda porównawcza w obwodzie pomiarowym układu regulacji automatycznej ochrony katodowej.

1.3.8. Elektroda porównawcza - półogniwo elektrochemiczne o określonym i stałym w danych warunkach potencjale elektrochemicznym, wykorzystywane jako układ odniesienia przy pomiarach potencjału obiektu.

1.3.9. Potencjał ochrony - potencjał elektrochemiczny metalu w stanie częściowego lub całkowitego zaniku korozji na jego powierzchni w wyniku polaryzacji katodowej.

1.3.10. Potencjał całkowitej ochrony - potencjał elektrochemiczny metalu przesunięty przez polaryzację katodową do przedziału wartości, którym odpowiada stan całkowitego praktycznie zaniku korozji na powierzchni metalu.

1.3.11. Potencjał ochronny - najniższy co do wartości bezwzględnej w skali względem elektrody wodorowej, z potencjałów całkowitej ochrony.

1.3.12. Obmiar potencjałowy - szereg pomiarów potencjału, wykonanych elektrodą porównawczą w kilku charakterystycznych miejscach obiektu badanego.

1.3.13. Anoda - elektroda lub zespół połączonych ze sobą elektrod i przyłączonych do dodatniego bieguna źródła napięcia w obwodzie ochrony katodowej zewnętrznie zasilanej.

1.3.14. Anoda ochronna - anoda w układzie ochrony katodowej galwanicznej (protektor).

1.3.15. Obwód ochrony katodowej zewnetrznie zasilanej - obwód elektryczny składający się z przewodu anodowego, anody, środowiska elektrolitycznego, obiektu chronionego oraz przewodu katodowego i stacji ochrony katodowej.

1.3.16. Obwód ochrony katodowej galwanicznej - obwód składający się z anody ochronnej, środowiska elektrolitycznego, obiektu chronionego oraz przewodu łączącego anodę ochronną z obiektem.

Biuro Projektowo-Technologiczne Morskich Stoczni Remontowych
Ustanowiona przez Dyrektora Zjednoczenia Morskich Stoczni Remontowych dnia 26 czerwca 1971 r.
jako norma obowiązująca w zakresie projektowania, budowy i użytkowania od dnia 1 stycznia 1972 r.
(Mon. Pol. nr 44/1971 poz.285)

WYDAWNICTWA NORMALIZACYJNE Druk. Wyd. Norm. W-wa Ark. wyd. 2,30 Nakł. 5700+50 Zam. 3418/71 Cena zł 9.60

1.3.17. Stacja ochrony katodowej - urządzenie zasilające prądem stałym obwód ochrony katodowej zewnętrznie zasilanej.

1.3.18. Układ ochrony katodowej zewnętrznie zasilanej - zespół urządzeń złożony ze stacji ochrony katodowej, instalacji anodowej, instalacji katodowej oraz instalacji pomiarowej.

1.3.19. Układ ochrony katodowej zewnętrznie zasilanej - pojedynczy układ zbudowany z jednej stacji ochrony katodowej, jednej instalacji anodowej, katodowej i pomiarowej.

1.3.20. Układ ochrony katodowej zewnętrznie zasilanej wielokrotny - układ złożony z kilku układów pojedynczych, które mogą jednocześnie chronić obiekt metalowy lub zespół obiektów skupionych w jednym rejonie.

1.3.21. System anod - układ dwóch lub większej liczby anod pojedynczych połączonych ze sobą w wodzie lub gruncie w określonym porządku: szeregowo lub szeregowo-równolegle.

1.3.22. Pozostałe określenia - wg PN-69/H-04609 oraz BN-71/3702-05.

1.4. Normy i dokumenty związane

PN-55/E-05021 Urządzenia elektroenergetyczne. Wyznaczanie obciążalności przewodów i kabli

PN-67/E-05125 Elektroenergetyczne linie kablowe. Przepisy budowy

PN-63/E-08106 Osłony urządzeń elektroenergetycznych. Stopnie ochrony przed dotknięciem, przedostaniem się obcych ciał stałych oraz wody. Wymagania i badania techniczne

PN-63/E-90104 Przewody elektroenergetyczne do odbiorników ruchomych i przenośnych. Przewody warsztatowe, spawalnicze i przemysłowe o izolacji i oponie gumowej

PN-63/E-90107 Przewody elektroenergetyczne do odbiorników ruchomych i przenośnych. Przewody do silników głębinowych

PN-69/H-04609 Korozja metali. Terminologia

PN-70/H-83111 Żeliwo stopowe krzemowe. Gatunki

BN-68/0858-01 Cynk stopowy. Anody ochronne

BN-71/3702-05 Ochrona metalowych obiektów przed korozją powodowaną prądami błądzącymi w stoczniach i portach. Wymagania ogólne. Przepisy Polskiego Rejestru Statków

2. PODZIAŁ

2.1. Rodzaje. Ze względu na źródło prądu polaryzującego ochronę katodową dzieli się na:

- ochronę katodową galwaniczną,
- ochronę katodową zewnętrznie zasilaną.

2.2. Odmiany

a) ze względu na sposób regulacji prądu polaryzującego ochronę katodową zewnętrznie zasilaną dzieli się na następujące odmiany:

- ochronę katodową z regulacją ręczną,
- ochronę katodową z regulacją automatyczną,

b) ze względu na czas pracy ochrony katodowej zewnętrznie zasilanej, rozróżnia się następujące odmiany:

- ochronę katodową ciągłą,
- ochronę katodową okresową,

c) ze względu na liczbę układów ochrony katodowej zabezpieczających obiekt, rozróżnia się następujące odmiany:

- ochronę katodową w układzie pojedynczym,
- ochronę katodową w układzie wielokrotnym.

3. WYMAGANIA

3.1. Zakres stosowania rodzajów i odmian ochrony katodowej

3.1.1. Ochronę katodową galwaniczną oraz ochronę katodową zewnętrznie zasilaną należy stosować zgodnie z wymaganiami BN-71/3702-05. Ponadto ochronę taką zaleca się stosować do zabezpieczeń wewnętrznych powierzchni zbiorników wodnych.

W zbiornikach wodnych otwartych przekazanych do użytku bez uprzedniego zabezpieczenia ochroną powłokową, zaleca się zastosowanie ochrony katodowej zewnętrznie zasilanej ciągłej (z wyłączeniem ochrony katodowej okresowej) lub ochrony galwanicznej pod warunkiem, że t_{min} - stosunek czasu, w którym zbiornik jest napełniany, do czasu łącznego jego użytkowania wyrażony w procentach - nie jest mniejszy niż podano w tabl. 1 w zestawieniu dla różnej liczby n jego opróżniania w ciągu 1 miesiąca.

Tablica 1

n	t_{min}, %
poniżej 2	25
2÷4	40
powyżej 4	50

Na urządzeniach hydrotechnicznych jak: stalowe ścianki szczelne, stalowe pale mól lub pirsów i inne, zaleca się stosowanie ochrony katodowej zewnętrznie zasilanej uzupełnionej powłoką ochronną przy czym powłoka ta powinna być stosowana na pasie zmiennego poziomu wody.

3.1.2. Układ pojedynczy i wielokrotny. Układ pojedynczy ochrony katodowej zaleca się stosować na obiektach metalowych użytkowanych w wodzie gdy prąd potrzebny do ich ochrony nie przekracza 250 A oraz na obiektach metalowych użytkowanych w gruncie gdy prąd potrzebny do ich ochrony nie przekracza 20 A, a obiekt ma konfigurację skupioną jak, np. zbiorniki lub sieć rurociągów w terenie o promieniu nie większym niż 500 m.

Układ wielokrotny ochrony katodowej zaleca się stosować na obiektach metalowych użytkowanych w wodzie, gdy prąd potrzebny do ich ochrony jest większy niż 250 A lub na obiektach użytkowanych w gruncie, gdy wymagają tego względy techniczne (np. w przypadku linii kablowych lub dalekosiężnych rurociągów).

Przykłady rozwiązania ochrony katodowej w układzie pojedynczym i wielokrotnym podane są w załączniku na rys. Z-1, Z-2, Z-3, Z-4 i Z-5.

3.2. Urządzenia ochrony katodowej galwanicznej

3.2.1. Anody ochronne. Ochronę katodową galwaniczną należy wykonać za pomocą anod cynkowych lub aluminiowych. Anody ochronne magnezowe dopuszcza się stosować do ochrony urządzeń zakopanych w ziemi.

Prąd znamionowy jaki może być maksymalnie osiągnięty w układzie anod ochronnych zaprojektowanych dla obiektu metalowego użytkowanego w określonym rejonie wodnym, nie powinien być mniejszy od prądu maksymalnego potrzebnego do pełnej ochrony w warunkach korozyjnych granicznych, mogących wystąpić na obiekcie w ciągu co najmniej dwu lat zakładając, że nie będzie odnawiana w tym czasie powłoka antykorozyjna na chronionej powierzchni.

3.2.2. Usytuowanie anod ochronnych. Anody ochronne powinny być tak usytuowane na obiekcie chronionym aby gęstość prądu polaryzującego w danym rejonie tego obiektu była jak najbardziej równomierna.

Rozmieszczenie i usytuowanie anod na zewnętrznej powierzchni kadłuba obiektu pływającego oraz ich konstrukcja powinny być tak rozwiązane, aby opór hydrodynamiczny wody opływającej kadłub statku w ruchu był możliwie jak najmniejszy.

Nie powinny one być umieszczone na pasach poszycia obiektów pływających w obrębie wody napływającej na śruby napędowe, tj. na pasach poszycia mierzonych w odległości $0{,}12L_c$ od pionu rufowego, w kierunku dziobu i między $0{,}4R$ i $1{,}1R$ od linii wału, gdzie:

L_c - długość całkowita kadłuba,

R - promień śruby napędowej.

Ponadto nie należy umieszczać anod ochronnych w miejscach spoin lub nitów poszycia oraz w miejscach poszycia kadłuba, pod którymi są wykładziny izolacyjne lub zbiornik paliwa.

Anody ochronne pojedyncze należy zestawić w grupy anodowe, których liczba powinna być możliwie najmniejsza ale niezbędna dla osiągnięcia pełnych rezultatów ochrony.

Przykłady rozwiązań ochrony katodowej galwanicznej podane są w załączniku, na rys. Z-6, Z-7 i Z-8.

3.2.3. Mocowanie anod ochronnych. Anody powinny być odpowiednio dopasowane do powierzchni kadłuba oraz tak zamocowane, aby był zapewniony trwały elektryczny zestyk z metalową powierzchnią chronionego obiektu.

Mocowanie może być wykonane za pomocą przyspawania uchwytów anod do kadłuba statku lub za pomocą co najmniej 2 śrub. Miejsce styku anod z kadłubem lub śrubami powinno być w odpowiedni sposób zabezpieczone przed wnikaniem wilgoci, w celu zapobieżenia korozji i pogarszaniu się oporności przejścia.

Mocowanie anod ochronnych powinno być wykonane w możliwie prosty sposób.

3.3. Urządzenie ochrony katodowej zewnętrznie zasilanej

3.3.1. Stacja ochrony katodowej powinna zawierać źródło prądu stałego (lub odpowiednie przekształtniki dla wytwarzania prądu stałego) z regulowanym napięciem, zabezpieczenia obwodów jak również mierniki do pomiaru napięcia stałego oraz potencjału chronionego obiektu.

Automatyczne stacje ochrony katodowej powinny być ponadto wyposażone w urządzenia do rezerwowej ręcznej regulacji napięcia oraz w ograniczniki zapobiegające samoczynnie przekroczeniu dopuszczalnej wartości prądu ochrony katodowej bez przerywania ciągłości działania ochrony.

3.3.2. Zakres regulacji. Stacje ochrony katodowej powinny być tak dobrane i zbudowane, aby w zakresie temperatur $-25 \div +40^{\circ}C$ można było uzyskać w dowolnej chwili żądany potencjał ochrony z dokładnością do ± 10 mV. Nastawnik wartości wymaganej powinien być dostosowany do elektrody cynkowej, chlorosrebrowej i siarczanomiedziowej.

Jeżeli inaczej nie podano, to stacje ochrony katodowej powinny mieć możliwość regulacji napięcia prądu polaryzującego co najmniej w granicach od $0{,}4\ U_{zn}$ do U_{zn}, gdzie U_{zn} jest znamionowym napięciem źródła prądu stałego.

3.3.3. Napięcia znamionowe. Znamionowe napięcia prądu polaryzującego powinny być dobierane z następujących wartości:

12, 24, 36, 48, 60 V.

3.3.4. Prądy znamionowe. Stacje zaleca się budować na następujące wartości znamionowe prądów polaryzujących:

63, 100, 160, 250 A.

3.3.5. Zasilanie. Stacje ochrony katodowej wyposażone w przekształtniki powinny być przystosowane do zasilania ich napięciem przemiennym 220 V w przypadku zasilania jednofazowego oraz 380 V w przypadku zasilania trójfazowego. Stacje o mocy większej niż 1,5 kW obliczonej ze znamionowego napięcia i znamionowego prądu polaryzującego powinny być przystosowane do zasilania trójfazowego.

3.3.6. Budowa. Obudowa stacji ochrony katodowej powinna być wykonana ze stali i powinna być zabezpieczona przed korozją za pomocą odpowiednich powłok ochronnych.

Poszczególne części pod napięciem powinny być tak rozmieszczone lub osłonięte aby w normalnej eksploatacji nie mógł się utrzymać łuk pomiędzy tymi częściami lub pomiędzy nimi i częściami uziemionymi. Odległości izolacyjne w powietrzu i po materiale izolacyjnym powinny być nie mniejsze niż podano w tabl. 2.

Tablica 2

Napięcie obwodu V	Odległości izolacyjne, mm	
	w powietrzu	po powierzchni materiału izolacyjnego
do 60	4	4
61÷250	5	6
powyżej 250	6	7

Rozmieszczenie poszczególnych aparatów lub urządzeń wewnątrz obudowy powinno umożliwiać dostęp do ich regulacji lub obsługi bez konieczności demontażu innych urządzeń.

Przy napięciach wyższych niż 50 V obudowa powinna być zaopatrzona w odpowiedni zacisk uziemiający (zerujący) wykonany za pomocą śruby mosiężnej odpowiednio dobranej do przewodów zasilających, ale nie mniejszej niż M8. Śruba oraz miejsce zestyku powinny być zabezpieczone przed korozją przez pocynowanie lub w inny odpowiedni sposób. Jeżeli na drzwiach są zamocowane urządzenia elektryczne pod napięciem wyższym niż 50 V to drzwi powinny mieć odpowiednie połączenia elektryczne z pozostałą częścią obudowy.

Stopień ochrony. Obudowy stacji ochrony katodowej powinny być dostosowane do przewidywanego miejsca ich usytuowania. Jeżeli nie podano inaczej, to powinny one być wykonane w stopniu nie niższym niż IP 21 wg PN-63/E-08106 w przypadku stacji ustawionych w pomieszczeniu zabezpieczającym od działań atmosferycznych oraz IP 55 w pozostałych przypadkach.

Materiały izolacyjne stosowane w budowie stacji ochrony katodowej powinny mieć odpowiednią wytrzymałość elektryczną. Izolacja stacji powinna wytrzymywać bez przebicia lub przeskoku iskry w ciągu 1 min napięcie przemienne o częstotliwości 50 Hz i wartości skutecznej:
1500 V w przypadku obwodów na napięcie wyższe niż 60 V oraz
500 V w przypadku obwodów na napięcie nie przekraczające 60 V.

Oporność izolacji stacji ochrony katodowej nie powinna być niższa niż 1 MΩ.

Przewody, łączniki oraz inne elementy wyposażenia stacji powinny być tak zwymiarowane, dobrane i zainstalowane aby ich znamionowa obciążalność oraz dopuszczalne przyrosty temperatur nie były przekraczane w normalnych warunkach pracy.

Poszczególne obwody i urządzenia powinny być zabezpieczone w ten sposób, aby zabezpieczenia tworzyły skoordynowany i wybiorczy układ zapobiegający samoczynnie następstwom przeciążeń i uszkodzeń oraz ograniczający jak najbardziej niebezpieczeństwo pożaru. Przekształtniki powinny być zabezpieczone przed możliwością przepięć.

W każdym torze anodowym zasilającym anodę lub system anod powinna być przewidziana możliwość pomiaru natężenia prądu.

3.3.7. Instalacja anodowa

3.3.7.1. Materiał anod. Na anody zaleca się stosować następujące materiały:
- stop ołowiowo-srebrowy z zawartością 2% srebra,
- żeliwo wysokokrzemowe ZlSi 15Mo wg PN-70/H-83111,
- węgiel grafitowany impregnowany,
- stal z konstrukcji wycofanych z użycia jak np. szyn kolejowych.

3.3.7.2. Konstrukcja anod. Anody powinny być dostosowane do parametrów stacji ochronnej katodowej oraz warunków środowiska elektrolitycznego w ten sposób aby zapewniały wieloletnie niezawodne działanie.

Anody wykonane z materiałów o małej wytrzymałości mechanicznej jak np. węgiel lub ołów powinny być osadzone w obudowie z materiału odpornego mechanicznie i chemicznie na warunki środowiskowe jak np. z drewna lub betonu.

Konstrukcja anody powinna zezwalać na przyłączenie przewodu zasilającego w taki sposób aby zakończenie przewodu oraz miejsce połączenia było zabezpieczone przed wnikaniem wody.

3.3.7.3. Łączenie anod. Anody powinny być łączone z dodatnim biegunem stacji ochrony katodowej. Mogą one być zbudowane z jednej elektrody lub z zespołu elektrod połączonych ze sobą w układzie równoległym lub szeregoworównoległym.

Anody złożone z zespołu elektrod połączonych ze sobą powinny być budowane przy uwzględnieniu następujących zasad:
- do ochrony obiektów metalowych, które są użytkowane w wodzie lub gruncie o rezystywności większej niż 1,2 Ωm i dla których przyjęto gęstość prądu ochronnego mniejszą niż 30 mA/m^2 należy budować anody złożone z najwyżej dwu elektrod w przypadku zastosowania materiału anodowego o małej jednostkowej zużywalności - mniejszej niż 1kg/A·rok, jak np. ze stopu ołowiowo-srebrowego lub wysokokrzemowego żeliwa,
- do ochrony obiektów, które są użytkowane w wodzie o rezystywności mniejszej niż 1,2 Ωm i dla których przyjęto gęstość prądu ochronnego większą niż 30 mA/m^2 można budować anody złożone z większej liczby elektrod niż dwie w przypadku zastosowania materiału anodowego o dużej jednostkowej zużywalności - większej niż 1 kg/A·rok, jak w przypadku stali lub niektórych gatunków węgla grafitowanego.

Połączenia poszczególnych elektrod między sobą zaleca się wykonywać w gniazdach rozgałęźnych usytuowanych na zewnątrz elektrod.

Gniazda rozgałęźne powinny być wykonane z materiału nieprzewodzącego lub pokryte materiałem izolacyjnym, np. metodą fluidyzacji lub poprzez nałożenie laminatu szklano-epoksydowego.

Połączenia przewodów wewnątrz gniazd rozgałęźnych powinny być wykonywane za pomocą zacisków mechanicznych lub za pomocą zacisków i lutowania. Stosowanie lutowania jako jedynego sposobu łączenia przewodów nie jest dopuszczalne. Połączenie prze-

wodów powinno być tak wykonane i zabezpieczone aby woda lub wilgoć nie mogły się przedostać do części przeznaczonych do przewodzenia prądu.

Przykłady wykonania anod oraz uszczelniania połączeń w anodach i elektrodach podane są w załączniku na rys. Z-9 ÷ Z-13.

3.3.7.4. Kable. Połączenia pomiędzy dodatnim biegunem stacji ochrony katodowej oraz anodami, powinny być wykonywane za pomocą kabli mających wodoszczelną powłokę z materiałów niemetalowych takich jak np. polichloropren, polichlorek winylu, polietylen chlorosulfonowany względnie guma lub inne gumopodobne materiały odporne na działanie wody.

Dobór przekrojów i rodzajów kabli na obiektach pływających, a także sposób ich instalowania należy wykonywać wg aktualnie obowiązujących przepisów Polskiego Rejestru Statków.

Dobór przekrojów kabli dla urządzeń innych niż obiekty pływające należy wykonywać wg PN-55/E-05021. Jeżeli zachodzi potrzeba instalowania przewodów równoległych, to żyły kabli o przekrojach do 50 mm^2 mogą być uważane ze względu na zabezpieczenie jako pojedynczy kabel pod warunkiem, że ich przekroje znamionowe i długości są u wszystkich żył takie same. Przewody wg PN-63/E-90107 mogą być stosowane do zasilania anod układanych w wodzie.

Instalowanie kabli w gruncie należy wykonywać wg PN-67/E-05125. Jeżeli zachodzi potrzeba wprowadzania kabli pod powierzchnię wody to wprowadzenie to powinno być tak wykonane aby kabel był chroniony od narażeń zewnętrznych na długości nie mniejszej niż 1 m powyżej najwyższego poziomu oraz 1 m poniżej najmniejszego poziomu wody.

3.3.8. Instalacja katodowa polega na połączeniu ujemnego bieguna z chronionym obiektem. Połączenie powinno być wykonane za pomocą odpowiedniego przewodu o budowie wg 3.3.7.4.

3.3.9. Instalacja pomiarowa. Każdy układ ochrony katodowej zewnętrznie zasilanej powinien być wyposażony w co najmniej jedną instalację pomiarową złożoną z elektrody porównawczej lub sterującej i przewodów łączących je ze stacją oraz z miernika potencjału chronionego obiektu.

Elektrody porównawcze lub sterujące powinny być umieszczone w charakterystycznych rejonach chronionego obiektu, w których należy się spodziewać największego zagrożenia korozyjnego i najmniejszej gęstości prądu ochrony.

Elektrody porównawcze lub sterujące zaleca się stosować następujących typów:

- w środowisku wodnym - elektrody cynkowe lub chlorosrebrowe Ag/AgCl o określonym stężeniu jonów chlorkowych,
- w środowisku ziemnym - elektroda siarczanomiedziowa $Cu/CuS0_4$.

Połączenia przewodów należy wykonywać wg 3.3.7.3 przy czym przekroje tych przewodów nie powinny być mniejsze niż 1,5 mm^2.

Miernik potencjału powinien być typu magnetoelektrycznego klasy co najmniej 1,5 przy czym zaleca się aby jego oporność wewnętrzna wynosiła 50 kΩ/1 V. Oporność ta nie powinna jednak być niższa niż 20 kΩ/1 V. Miernik powinien mieć dwa zakresy wskazań:

0 ÷ 600 mV oraz 0 ÷ 1200 mV.

3.4. Potencjały ochrony

3.4.1. Kryterium ochrony. Obiekt metalowy jest w stanie całkowitej ochrony na powierzchniach otoczonych elektrolitem wodnym lub ziemnym, gdy jego potencjał elektrochemiczny osiągnie pod wpływem prądu katodowo-polaryzującego wartości potencjału ochronnego i wyższe od niego wartości w kierunku ujemnym. Wartość potencjału ochronnego dla stali i ołowiu w odniesieniu do różnych elektrod pomiarowych jest podana w tabl. 3.

Tablica 3

Metal	Wartość potencjału ochronnego w odniesieniu do różnych elektrod porównawczych, V			
	Hg/Hg_2Cl_2 nasycona	Zn	Ag/AgCl 1-procentowy NaCl	$Cu/CuSO_4$ nasycona
Stal	-0,78	+0,27	-0,80	-0,85
Ołów	-0,53	+0,52	-0,55	-0,60

3.4.2. Optymalny przedział wartości potencjałów całkowitej ochrony wynosi 200 mV mierząc od potencjału ochronnego wg tabl. 3 w kierunku ujemnym.

4. BADANIA

4.1. Rodzaje badań. Rozróżnia się następujące rodzaje badań:

a) badania pełne wykonywane przed oddaniem nowego układu ochrony katodowej do eksploatacji lub po jego remoncie,

b) badania niepełne wykonywane podczas okresowych przeglądów układów ochrony katodowej. Częstotliwość badań powinna być podana w instrukcji urządzenia.

4.2. Program badań

4.2.1. Program badań pełnych. Badania pełne polegają na wykonaniu następujących czynności:

a) oględziny,

b) sprawdzenie zgodności wykonania z dokumentacją,

c) sprawdzenie atestów materiałowych na elementy i zespoły,

d) badanie polaryzacji na obiekcie chronionym,

e) badania prawidłowości działania ochrony katodowej.

4.2.2. Program badań niepełnych. Badania niepełne polegają na wykonaniu następujących czynności:

a) oględziny,

b) sprawdzenie prawidłowości działania ochrony katodowej.

4.3. Opis badań

4.3.1. Oględziny polegają na sprawdzeniu tych wszystkich wymagań, które mogą być zbadane bez pomocy narzędzi lub przyrządów. W trakcie badań okresowych należy sprawdzić stan anod ochrony galwanicznej oraz powierzchnię chronionego obiektu. Jeżeli w czasie oględzin nie stwierdzi się prawidłowego działania urządzeń ochrony to należy zbadać i usunąć ewentualne przyczyny. Jeżeli stwierdzi się, że anody ochronne mają częściowo nieczynną powierzchnię to należy ją odpowiednio oczyścić.

4.3.2. Sprawdzenie zgodności wykonania z dokumentacją polega na porównaniu urządzeń zainstalowanych z urządzeniami podanymi w dokumentacji.

W przypadku ochrony galwanicznej należy sprawdzić:

atesty na materiały anod,

przygotowanie powierzchni kadłuba do założenia anod,

rozmieszczenie anod na obiekcie,

zamocowanie anod.

W przypadku ochrony zewnętrznie zasilanej należy sprawdzić:

atesty na stacje ochrony katodowej i jej osprzęt oraz na anody i kable,

- dane znamionowe stacji,
- prowadzenie kabli i wykonanie ewentualnych rozgałęzień,
- połączenie kabli z anodami,
- inne połączenia.

Wynik sprawdzenia należy uznać za dodatni jeżeli wykonanie ochrony katodowej jest zgodne z dokumentacją.

4.3.3. Badanie polaryzacji na obiekcie chronionym. Badanie należy przeprowadzić w zależności od warunków użytkowania obiektów następująco:

a) na obiektach stalowych zanurzonych w wodzie za pomocą obmiaru potencjałowego wykonanego miliwoltomierzem o oporności nie mniejszej niż 20 kΩ/V i elektrodą cynkową lub chlorosrebrową Ag/AgCl. Pomiary potencjału należy wykonywać w kilku pionach, a w każdym pionie na różnych poziomach zanurzenia obiektu badanego w wodzie w odstępach co 1 m mierząc od poziomu wody. Liczba pionów pomiarowych powinna być następująca:
co 10 m dla obiektów o długości poniżej 50 m,
co 15 m dla obiektów o długości 50 ÷ 100 m,
co 20 m dla obiektów o długości 100 ÷ 300 m,
co 30 m dla obiektów o długości powyżej 300 m.

Wynik należy uznać za dodatni jeżeli w co najmniej 80% miejsc pomiarowych zmierzone wartości potencjału są w granicach optymalnego przedziału potencjałów całkowitej ochrony wg 3.4.2.

b) na obiektach stalowych w gruncie - przez pomiar potencjału w studzienkach pomiarowych posługując się miliwoltomierzem o oporności wewnętrznej nie mniejszej niż 50 kΩ/V i elektrodą siarczanomiedziową $Cu/CuSO_4$.

Wynik należy uznać za dodatni, jeżeli potencjał zmierzony ma wartość potencjału ochronnego lub przekracza go w kierunku ujemnym, lecz nie więcej niż o 200 mV.

4.3.4. Badania prawidłowości działania urządzeń ochrony katodowej wykonuje się przez pomiar napięcia w obwodzie ochrony katodowej, rozpływu prądu polaryzującego oraz napięcia elektrody sterującej posługując się rejestratorami.

Wynik należy uznać za dodatni, jeżeli:

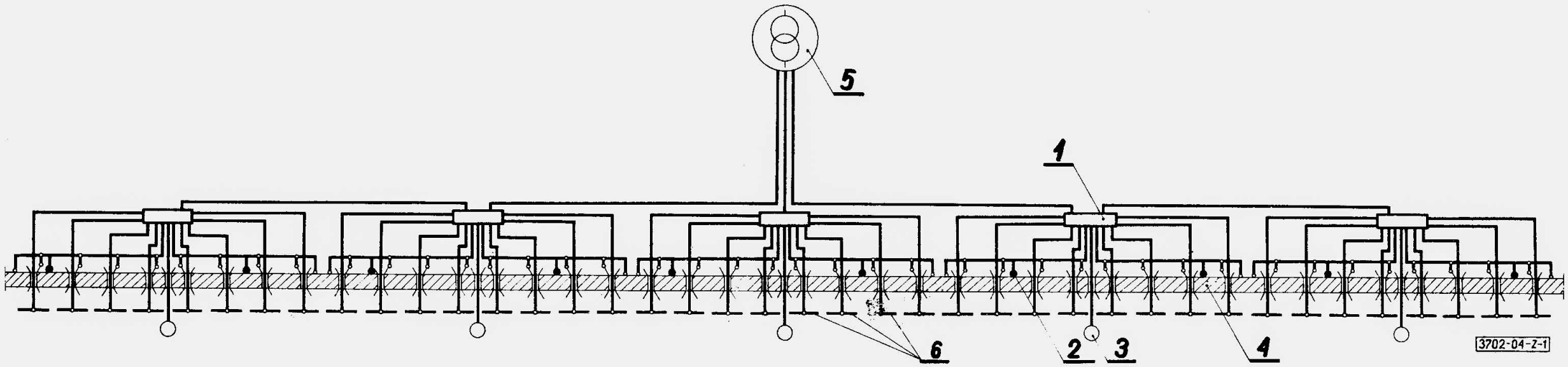
a) równomierność rozpływu prądu w poszczególnych torach anodowych jest nie mniejsza niż 0,7,

b) napięcie w obwodzie ochrony katodowej odpowiada spadkowi napięcia obliczonemu przez pomnożenie wartości prądu w tym obwodzie i oporności obwodu, jaka była w początkowym okresie uruchomienia ochrony katodowej,

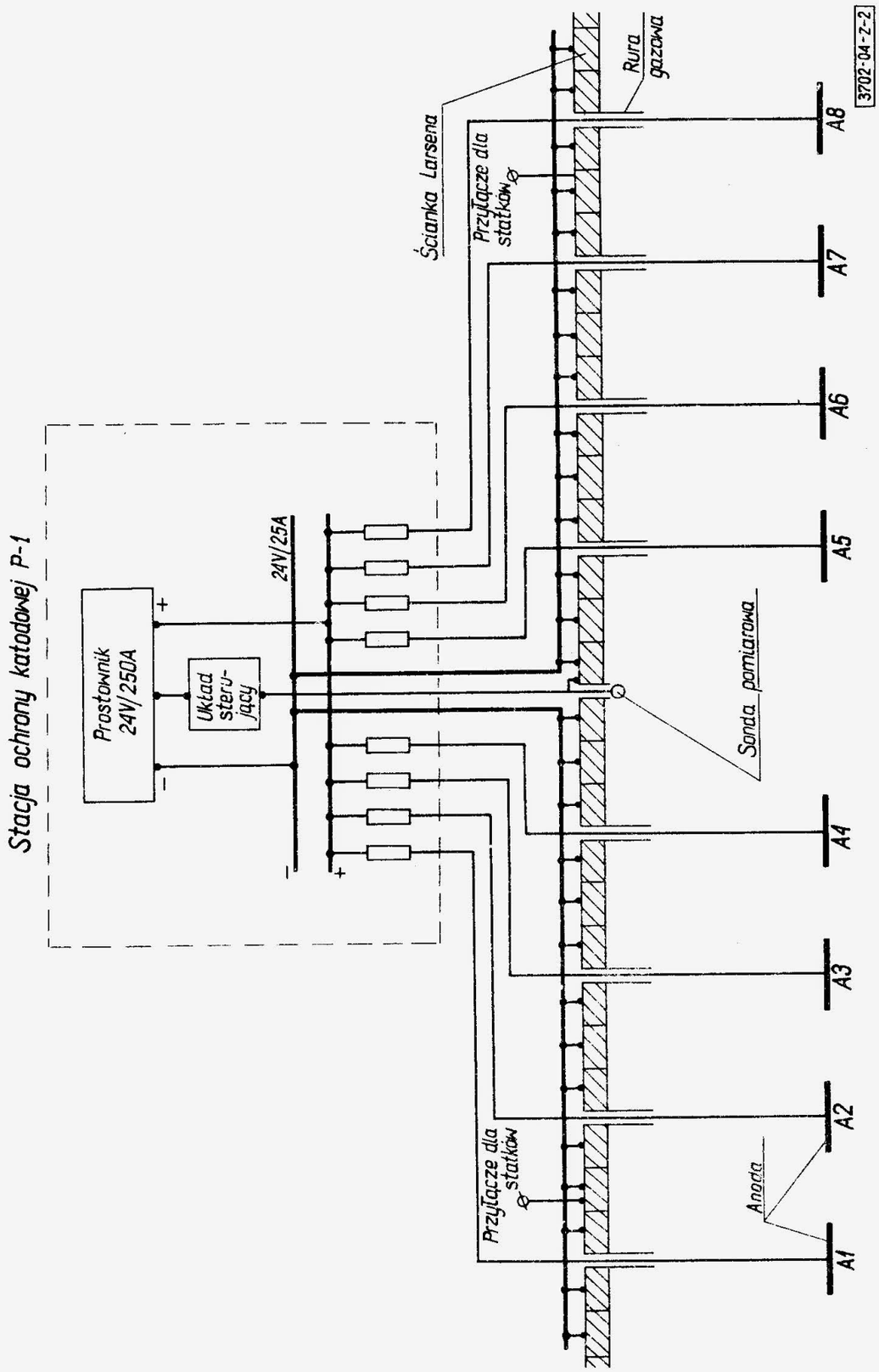
c) napięcie elektrody sterującej odpowiada wynikom obmiaru potencjałowego wg 4.3.3 a) lub pomiaru potencjału wg 4.3.3 b).

K O N I E C

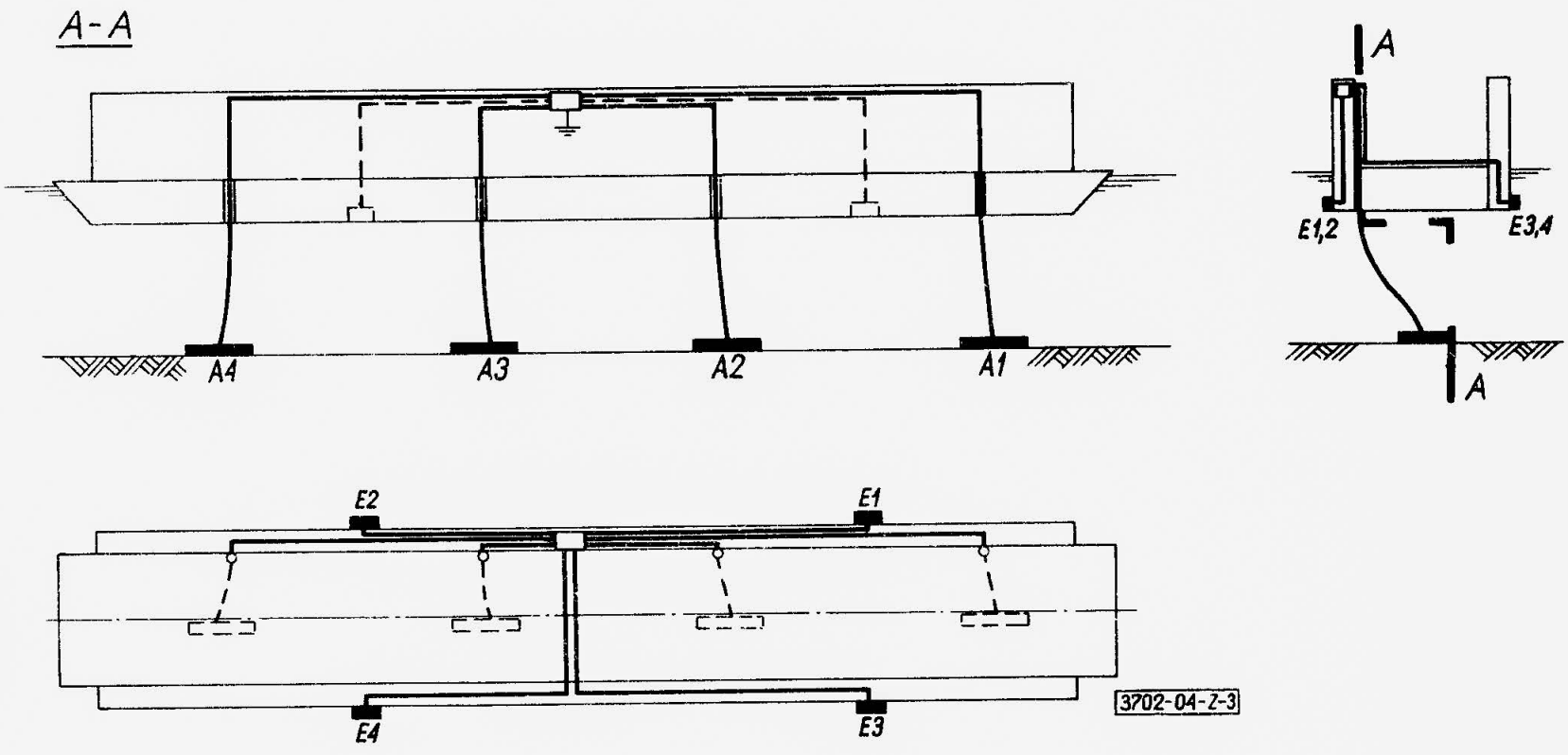
Załącznik



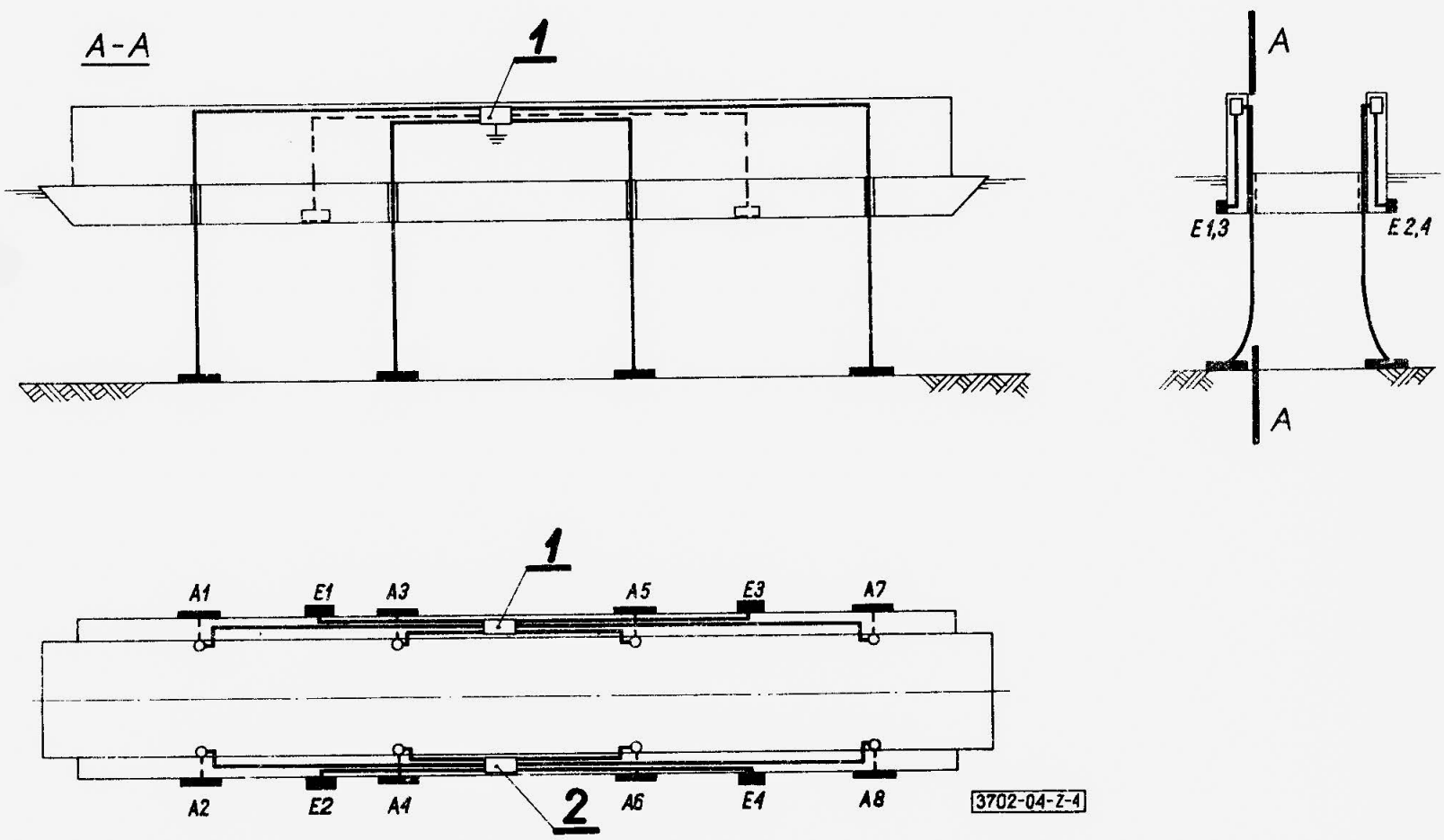
Rys.Z-1.Schemat wielokrotnego układu ochrony katodowej zewnętrznie zasilanej: *1* - stacja ochrony katodowej, *2* - przyłącze ochrony katodowej dla statków, *3* - elektrody sterujące, *4* - ścianka Larsena z przepustami rurowymi dla przewodów anodowych, *5* - stacja transformatorowa, *6* - anody



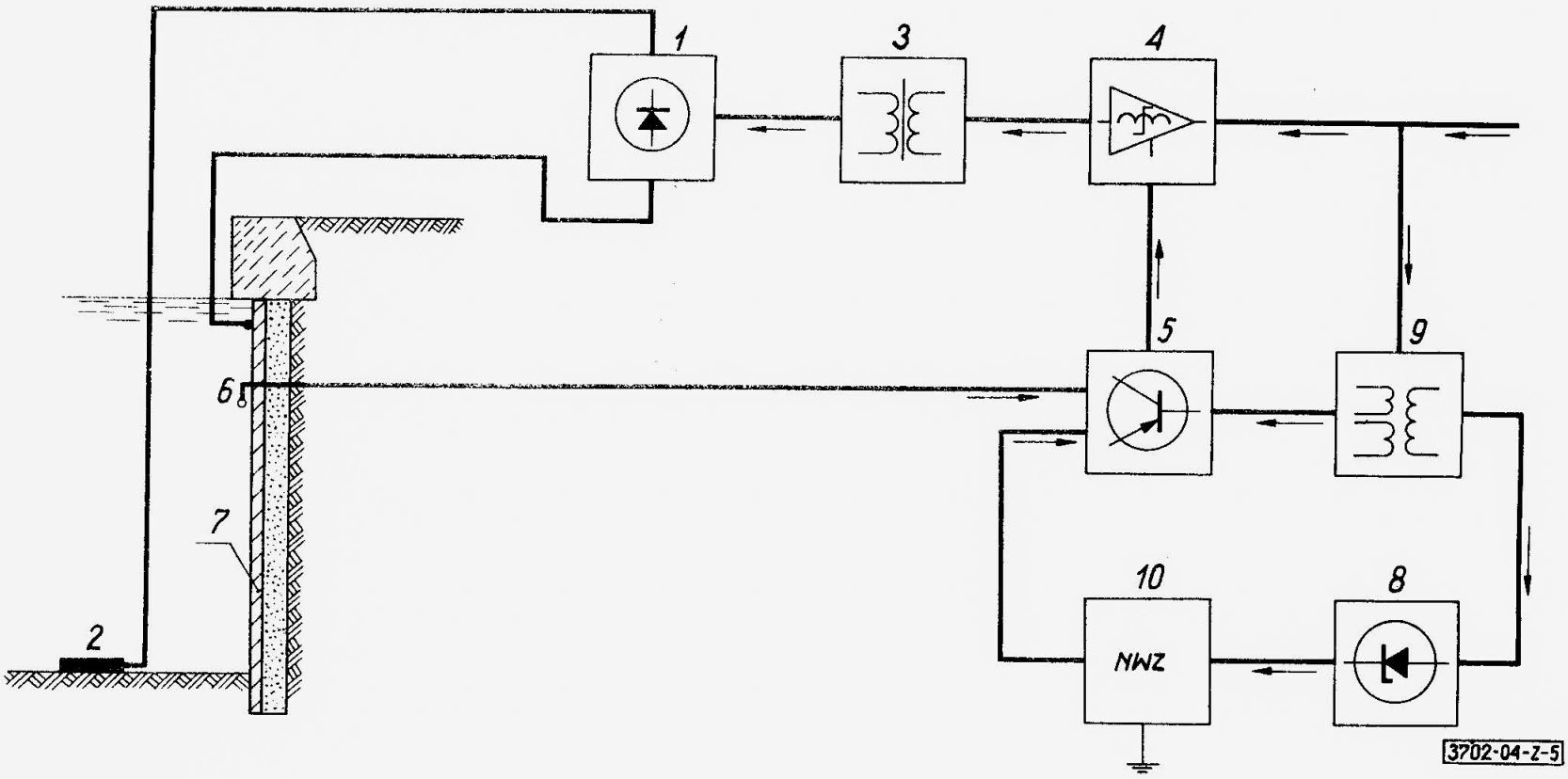
Rys. Z-2. Schemat pojedynczego układu ochrony katodowej z układu wielokrotnego podanego na rys. Z-1



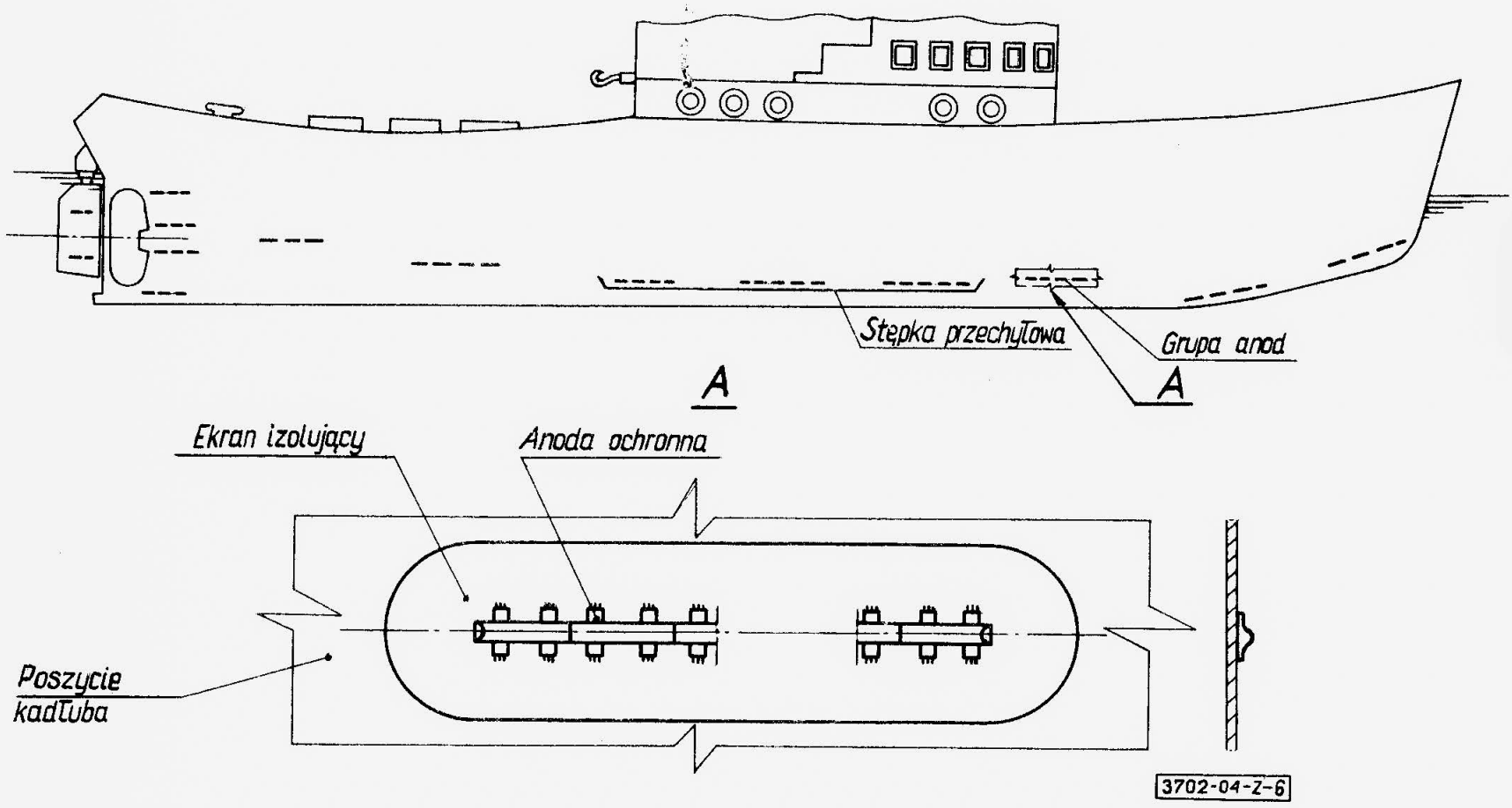
Rys. Z-3. Schemat pojedynczego układu ochrony katodowej zewnętrznie zasilanej: $A_1 \div A_4$ - anody, $E_1 \div E_4$ - elektrody sterujące, SOK - stacja ochrony katodowej



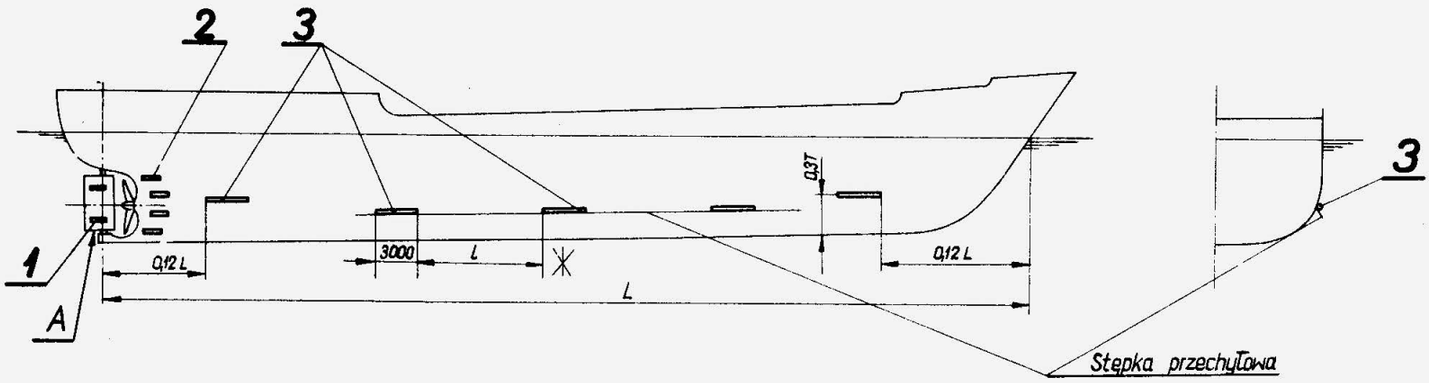
Rys. Z-4. Schemat podwójnego układu ochrony katodowej zewnętrznie zasilanej: 1 - SOK I 24 V/250 A, 2 - SOK II 24 V/250 A

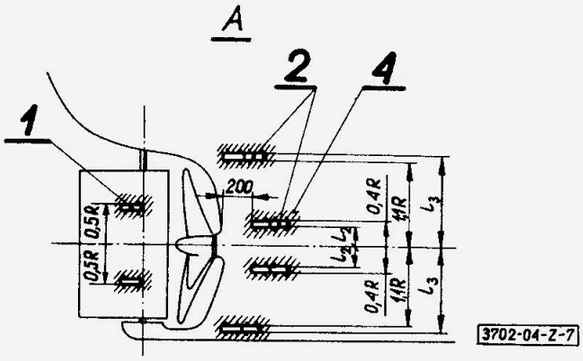


Rys. Z-5. Uproszczony schemat układu ochrony katodowej z regulacją automatyczną: *1* - prostownik półprzewodnikowy, *2* - anoda, *3* - transformator, *4* - wzmacniacz magnetyczny, *5* - wzmacniacz tranzystorowy, *6* - sonda, *7* - ścianka szczelna, *8* - stabilizator magnetyczny, *9* - zasilacz, *10* - nastawnik wartości zadanej



Rys. Z-6. Plan rozmieszczenia grup anodowych na kadłubie holownika o powierzchni podwodnej części kadłuba około 1000 m^2, długości ciągu anod cynkowych (wg BN-68/0858-01) wzdłuż jednej burty L_{Zn} = około 33 m, masa cynku na cały kadłub na około 2,5 roku ochrony M_{Zn} = około 1200 kg. Powłoka farby - warstwa podkładowa 2- lub 1-krotne malowanie farbą antykorozyjną, - warstwa powierzchniowa 1-krotne malowanie farbą przeciwporostową





Rys. Z-7. Zasady rozmieszczania anod ochronnych dla kadłubów o długości $50 \leqslant L < 70$ m

Tablica Z-1

Liczba anod i grup anodowych po stronie jednej burty							
Wyszczególnienie	Masa anod na burtę kg	Długość jednej grupy anodowej mm	Liczba grup anodowych (lub anod)	Rodzaje			
				500 CI BN-68/0858-01		530 EI BN-68/0858-01	
				sztuk	kg	sztuk	kg
Na sterze	18	500 [1]	2 [1]	-	-	2	18
Przy tylnicy	72	1000 [1]	4 [1]	-	-	8	72
Wzdłuż kadłuba	$M = 0{,}665 \cdot S_{0,5}$	3000	$n = \frac{M}{54}$ [2]	$4n$	$36n$	$2n$	$18n$
R a z e m	$\frac{1}{2} M_c = 0{,}665 S_{0,5} + 90$			$4n$	$36n$	$2n+10$	$18n+90$

[1] Liczba grup i ich długość ta sama dla wszystkich L w przedziale 50 ÷ 70 m.
[2] Wynik zaokrąglić do liczby całkowitej.

1. Oznaczenia i symbole:

1, 2, 3 - anody ochronne,
4 - ekran izolacyjny,
T - zanurzenie konstrukcyjne,
R - promień śruby napędowej,
$S_{0,5}$ - powierzchnia zwilżona kadłuba, połówkowa w m^2 wzdłuż kadłuba,
n - liczba grup anodowych po stronie jednej burty,
K_e - współczynnik uwzględniający warunki eksploatacyjne kadłuba: $K_e = 1$ dla normalnych warunków eksploatacyjnych: $1 < K_e < 1{,}5$ dla warunków, w których występuje przyspieszone niszczenie powłoki ochronnej na podwodnej części kadłuba jak, np. przy długotrwałej eksploatacji w warunkach lodowych lub eksploatacji na płytkiej wodzie gdzie może zachodzić ocieranie się kadłuba o dno akwenu,
▭ - anoda ochronna 500 CI BN-68/0858-01,
▭ - anoda ochronna 530 EI BN-68/0858-01.

2. Masa i liczba anod na cały kadłub:

$$M_c = 2/0{,}665 \cdot S_{0,5} + 90/K_e \text{ (kg)}$$

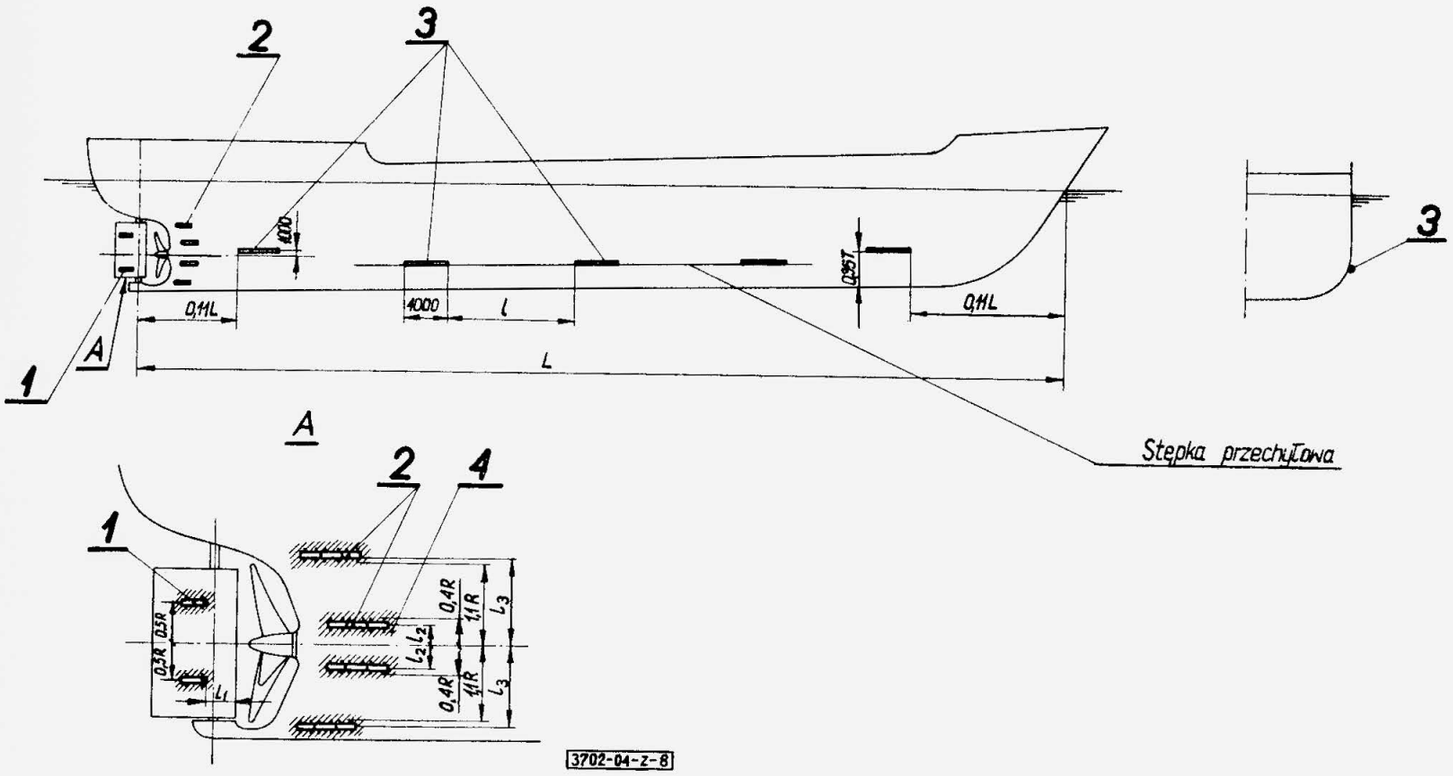
Liczba anod 500 CI BN-68/0858-01 $N_1 = 8n$ (sztuk),
Liczba anod 530 EI BN-68/0858-01 $N_2 = 4(n+5)$ (sztuk).

3. Zasady rozmieszczenia:

- na sterze i przy tylnicy: $l_1 = 200 \div 400$ mm,
- $0{,}3R < l_2 \leqslant 0{,}4R + 40$ mm; $1{,}4R > l_3 \geqslant 1{,}1R + 40$ mm,
- wzdłuż kadłuba: grupy anodowe w jednym szeregu, odległość między poszczególnymi grupami obliczyć w metrach wg wzoru:

$$l = \frac{0{,}76 - 3n}{n - 1} L$$

odległości wyznaczyć mierząc wg osi linii wału; początek pierwszej grupy w odległości $0{,}12\,L$ od osi steru, koniec ostatniej w odległości $0{,}12\,L$ od pionu dziobowego; grupy anodowej w rejonie wstawki cylindrycznej montować na stępce przechyłowej,
- anody zestawić w grupy wg zasad na rys. Z-6,
- wokół każdej grupy anodowej wykonać ekran izolacyjny jak na rys. Z-6,
- rozmieszczenie anod na LB analogiczne.



Rys. Z-8. Zasady rozmieszczania anod ochronnych dla kadłubów o długości $70 \leqslant L < 90$ m

Tablica Z-2

Liczba anod i grup anodowych po stronie jednej burty							
Wyszczególnienie	Masa anod na burtę kg	Długość jednej grupy anodowej mm	Liczba grup anodowych (lub anod)	Rodzaje			
				500 CI BN-68/0858-01		530 EI BN-68/0858-01	
				sztuk	kg	sztuk	kg
Na sterze	18	500[1]	2[1]	-	-	2	18
Przy tylnicy	108	1500[1]	4[1]	4	36	8	72
Wzdłuż kadłuba	$M = 0{,}665 \cdot S_{0,5}$	4000	$n = \frac{M}{72}$ [2]	$6n$	$54n$	$2n$	$18n$
Razem	$\frac{1}{2} M_c = 0{,}665 \cdot S_{0,5} + 126$	-	-	$6n+4$	$54n+36$	$2n+10$	$18n+90$

[1] Liczba grup i ich długość ta sama dla wszystkich L w przedziale 70 ÷ 90 m.
[2] Wynik zaokrąglić do liczby całkowitej.

1. Oznaczenia i symbole:

1, 2, 3 - anody ochronne,
4 - ekran izolacyjny,
T - zanurzenie konstrukcyjne,
R - promień śruby napędowej,
$S_{0,5}$ - powierzchnia zwilżona kadłuba, połówkowa, m^2,
n - liczba grup anodowych wzdłuż kadłuba po stronie jednej burty,
K_e - współczynnik uwzględniający warunki eksploatacyjne kadłuba: $K_e = 1$ dla normalnych warunków eksploatacyjnych; $1 < K_e < 1{,}5$ dla warunków, w których występuje przyspieszone niszczenie powłoki ochronnej na podwodnej części kadłuba jak np. przy długotrwałej eksploatacji w warunkach lodowych lub eksploatacji na płytkich wodach gdzie może zachodzić ocieranie się kadłuba o dno akwenu,

▭ - anoda ochronna 500 CI BN-68/0858-01,
▭ - anoda ochronna 530 EI BN-68/0858-01.

2. Masa i liczba anod na cały kadłub:

$M_c = 2/0{,}665 \cdot S_{0,5} + 126/K_e$ (kg)

Liczba anod 500 CI $N_1 = 12n + 8$ (sztuk)

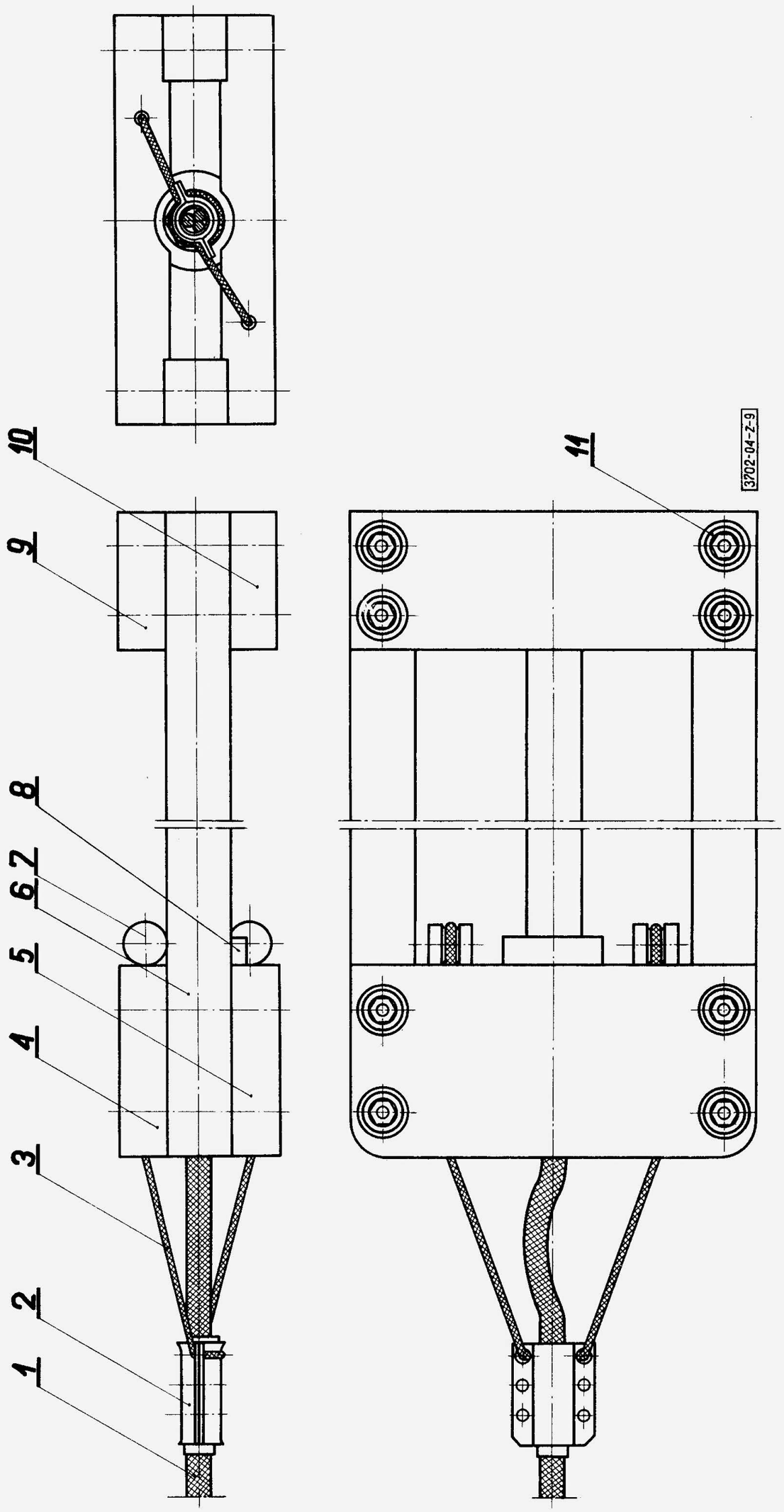
Liczba anod 530 EI $N_2 = 4(n + 5)$ (sztuk)

3. Zasady rozmieszczenia:

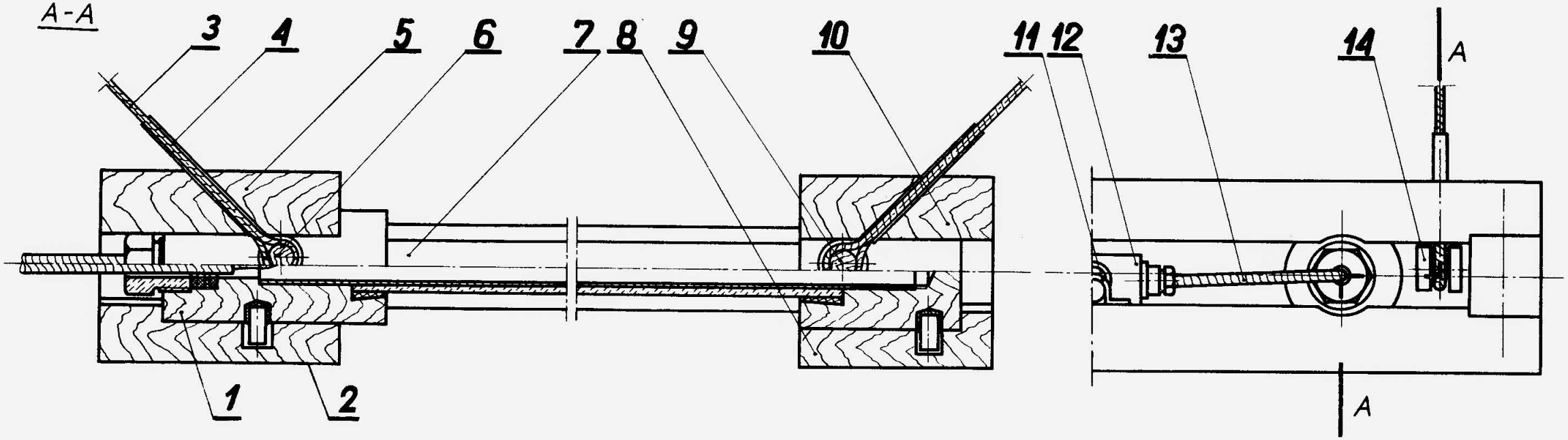
- na sterze i przy tylnicy: $l_1 = 200 \div 400$ mm; $0{,}3R < l_2 \leqslant 0{,}4R + 40$ mm; $1{,}3R > l_3 \geqslant 1{,}1R + 40$ mm;
- wzdłuż kadłuba: grupy anodowe ułożone w jednym szeregu; odległość między poszczególnymi grupami oblicza się w metrach wg wzoru

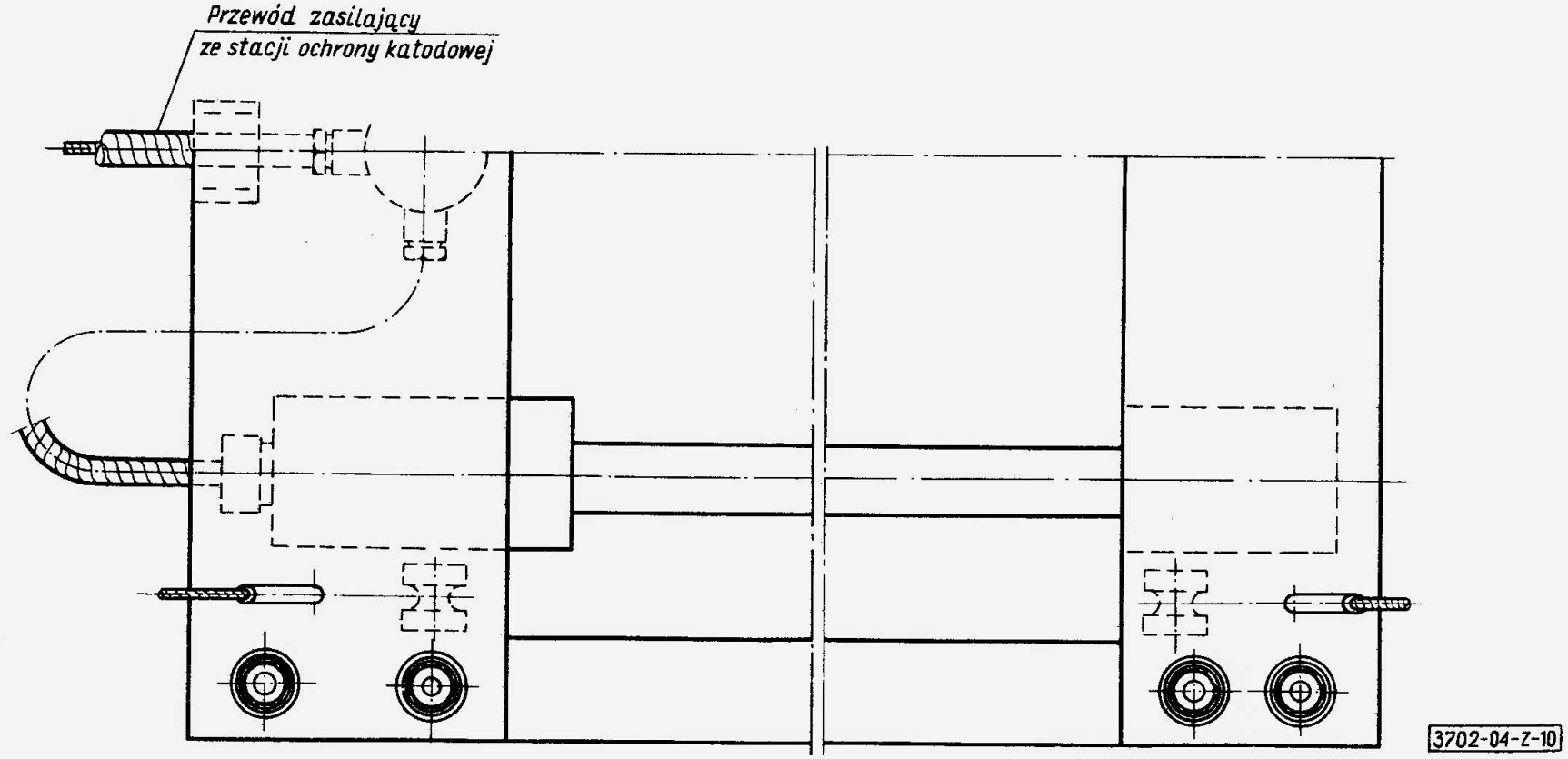
$$l = \frac{0{,}78L - 4n}{n - 1}$$

odległości wyznaczać mierząc wg osi linii wału; początek pierwszej grupy w odległości $0{,}11L$ od osi steru, a koniec ostatniej w odległości $0{,}11L$ od pionu dziobowego; grupy w rejonie wstawki cylindrycznej montować na stępce przechyłowej;
- anody zestawiać w grupy wg zasad jak na rys. Z-6;
- wokół każdej grupy anodowej wykonać ekran izolacyjny jak na rys. Z-6;
- rozmieszczenie anod na LB analogiczne.

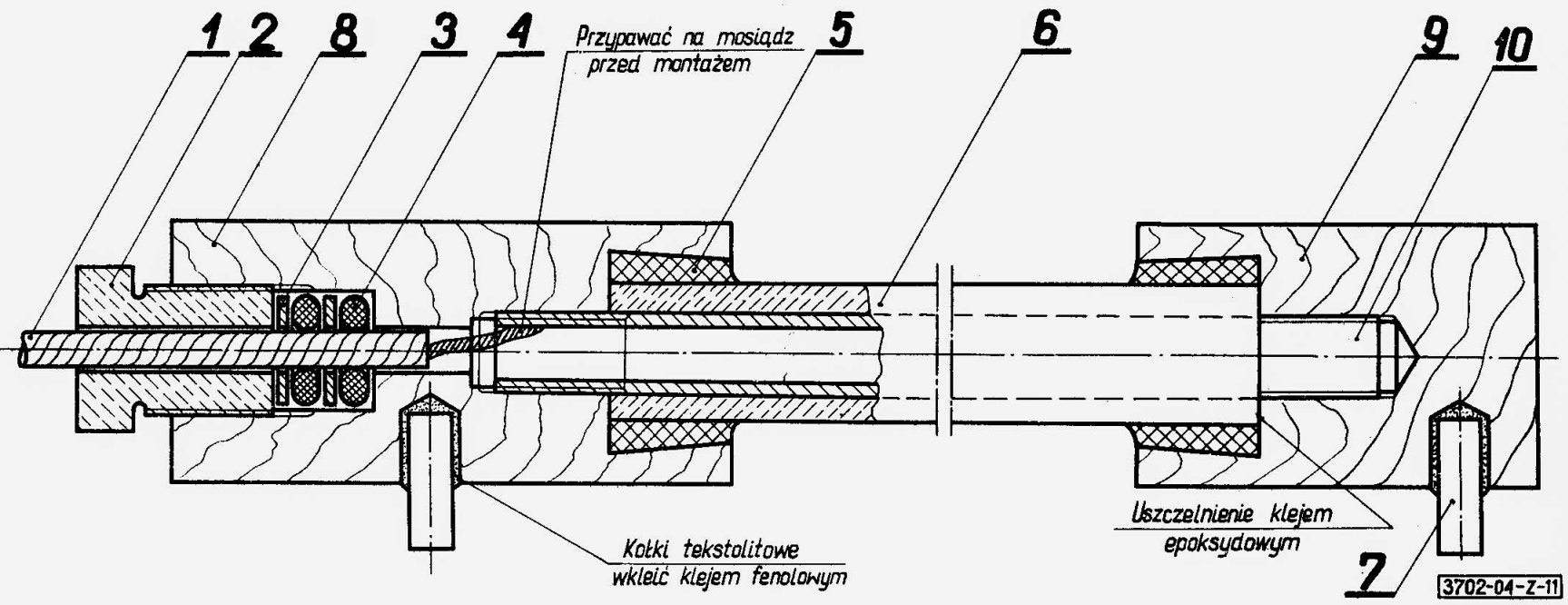


Rys. Z-9. Anoda jednoelektrodowa z obudową: 1 - przewód, 2 - przytrzymywacz anody, 3 - linka stalowa, 4, 5, 6, 9, 10 - elementy drewnianej ramy, 7 - kołek zabezpieczający linkę, 8 - elektroda, 11 - śruba łącząca elementy ramy

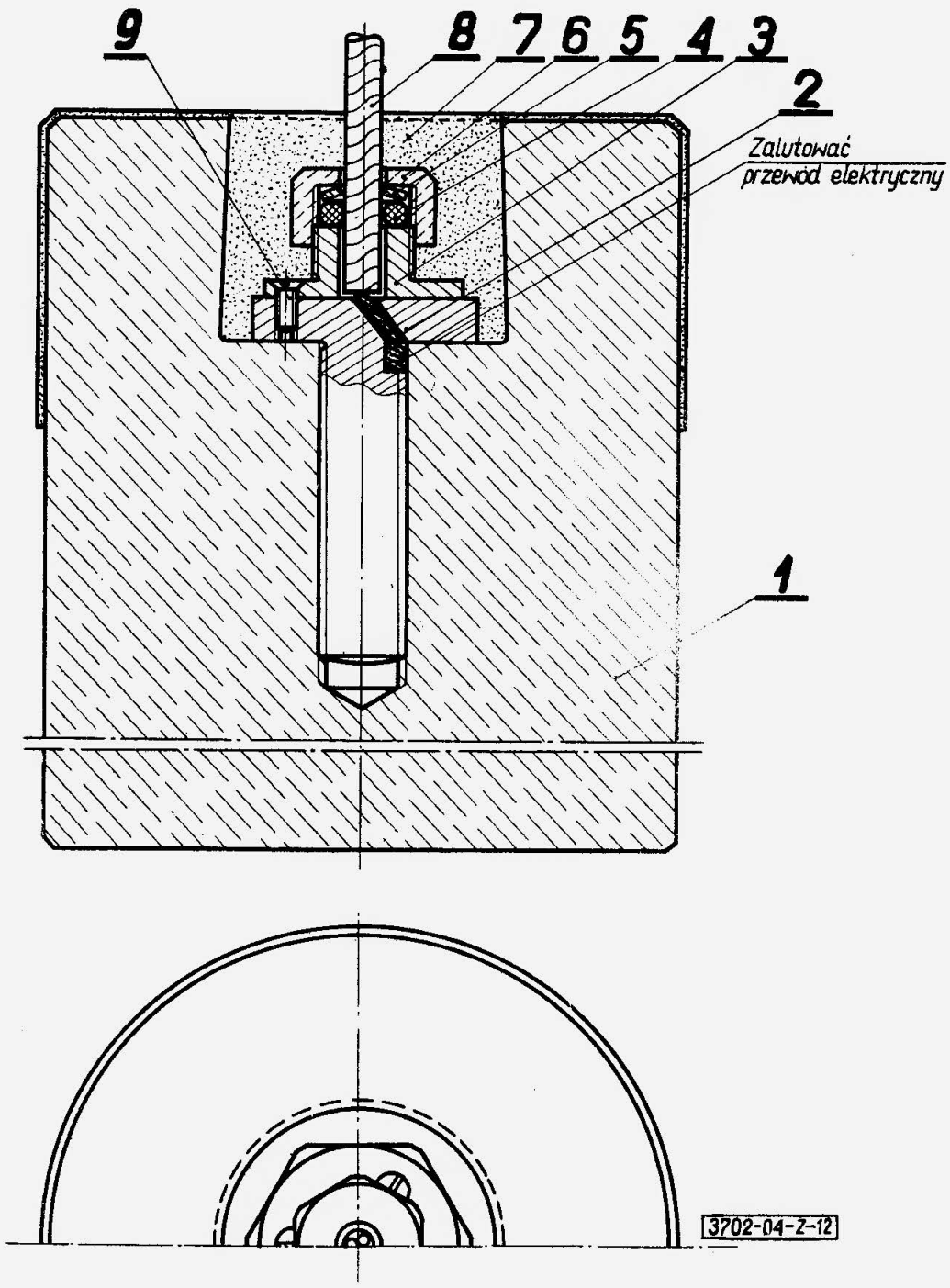




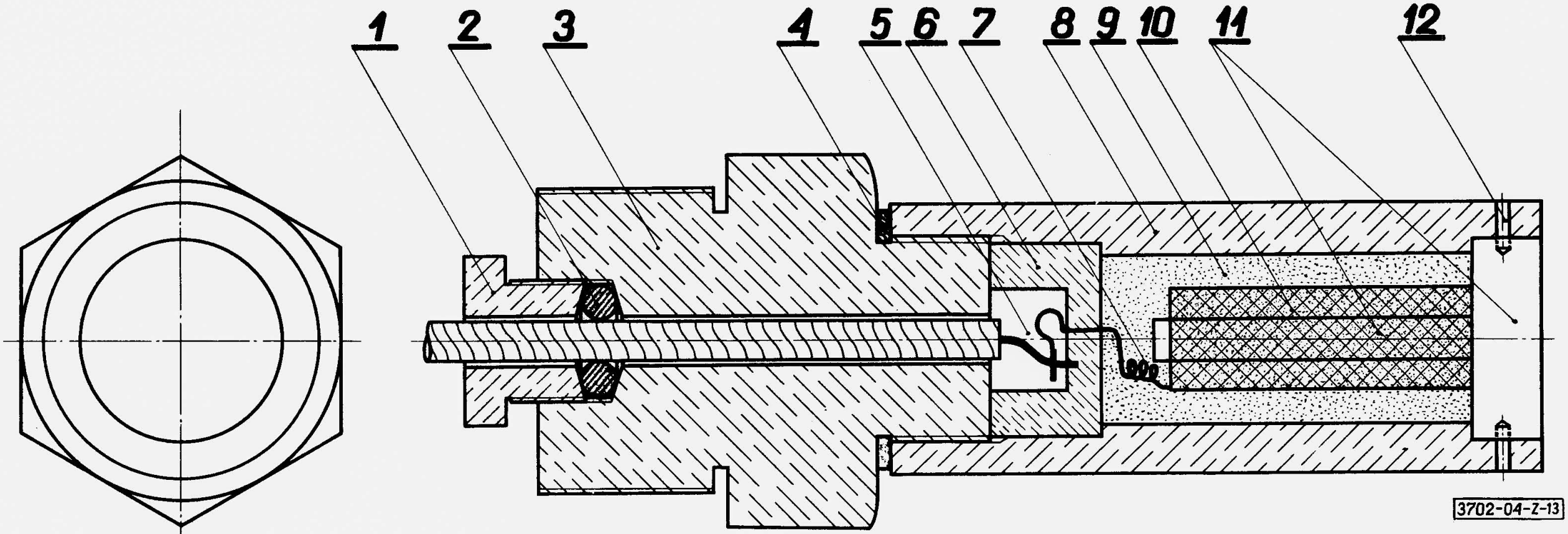
Rys. Z-10. Anoda dwuelektrodowa z obudową: *1* - osłona elektrody. *2*, *5*, *8*, *10*, - elementy drewnianej ramy, *3* - linka stalowa, *4* - osłona gumowa, *6*, *9*, *14* - kołki zabezpieczające, *7*- elektroda, *11* - obejma do przewodu, *12* - gniazdo rozgałęźne wodoszczelne, *13* - przewód



Rys. Z-11. Elektroda przed zainstalowaniem w obudowie: *1* - przewód, *2* - dławik, *3* - podkładka, *4* - uszczelka, *5* - masa kablowa, *6* - elektroda ołowiana, *7* - kołek ograniczający, *8*, *9* - drewniana osłona elektrody, *10* - rura metalowa



Rys. Z-12. Połączenie przewodu z grafitową elektrodą anody: *1* - elektroda grafitowa, *2* - śruba, *3* - korpus dławika *4* - uszczelka, *5* - podkładka stożkowa, *6* - nakrętka dławika, *7* - masa wodoszczelna, *8* - przewód elektryczny, *9* - wkręt



Rys. Z-13. Elektroda porównawcza: *1* - dławik, *2* - uszczelka gumowa, *3* - głowica elektrody (dielektryk), *4* - uszczelka, *5* - przestrzeń połączenia drutu srebrowego z przewodem miedzianym wypełniona żywicą izolacyjną, *6* - wkładka (dielektryk) *7* - drut srebrowy, *8* - osłona, *9* - pasta Ag+AgCl w 1-procentowym roztworze wodnym NaCl, *10* - siatka srebrowa, *11* - wkładka z wyekstrahowanego drewna topolowego o ułożeniu słoi równoległym do osi elektrody, *12* - zatyczki