

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 242757 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **436638**

(22) Data zgłoszenia: **2021.01.07**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.07.11 BUP 28/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.04.17 WUP 16/2023**

(51) MKP:

H01M 12/08 (2006.01)

H01M 12/06 (2006.01)

H01M 8/22 (2006.01)

H01M 8/18 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

SOŁOPA WALDEMAR, Przedkowice, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

WALDEMAR SOŁOPA, Przedkowice, PL

(54) Tytuł:

Odwracalne ogniwo cynkowo-tlenowe z rozpuszczalną anodą cynkową, samoczynnie homogenizujące gęstość i stężenia jonowe elektrolitu

PL 242757 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest odwracalne ogniwo cynkowo-tlenowe, mogące znaleźć zastosowanie w dziedzinach wymagających gromadzenia dużych ilości energii elektrycznej.

Ogniwa cynkowo-tlenowe oferują gęstości energii porównywalne z ogniwami litowymi, będąc równocześnie bezpiecznymi i nie tak drogimi. W chwili obecnej na rynku są dostępne jedynie pierwotne ogniwa cynkowo-powietrzne o małych rozmiarach i mocach. Potencjalnie, odwracalne ogniwa cynkowe mogą znaleźć zastosowanie w gromadzeniu energii z naturalnych, odnawialnych źródeł.

Głównym problemem stojącym na przeszkodzie w zbudowaniu odpowiednio trwałych odwracalnych ogniw jest tak zwana „zmiana kształtu” elektrod cynkowych. Podczas gdy cynk pracuje bardzo dobrze podczas wyładowania, kiedy to reakcje chemiczne postępują szybko, a potencjał rozładowania jest wysoki, jednocześnie jest on zawsze (w różnym stopniu) rozpuszczany w elektrolicie przy czym, szczególnie mocno w silnych elektrolitach zasadowych.

Podczas ładowania ten rozpuszczony cynk powraca na elektrodę w nieregularnej formie.

Problemy zmiany kształtu akumulują się wraz ze wzrostem liczby cykli pracy, powodując pogorszenie parametrów ogniwa i finalnie jego zniszczenie.

Jest znanych kilka metod spowalniania zmiany struktury anody cynkowej;

- 1) obniżanie ilości elektrolitu,
- 2) stosowanie elektrolitu w którym cynk się mniej rozpuszcza (ale w tym samym czasie obniża się gęstość energii i mocy),
- 3) używanie dodatków obniżających rozpuszczalność cynku,
- 4) stosowanie mikroporowatych separatorów,
- 5) maksymalne rozpuszczanie anody cynkowej podczas rozładowania i ponowne jej elektroosadzanie podczas następującego procesu ładowania.

Opisywane zgłoszenie patentowe dotyczy ogniwa w którym stosuje się elektrolit powodujący maksymalnie wysokie rozpuszczanie się elektrody cynkowej, przy czym część anody po pełnym rozładowaniu może pozostawać w formie tlenku cynku, głównie w postaci zawiesiny, w elektrolicie.

Dla poprawnego działania ogniwa z rozpuszczalnymi elektrodami cynkowymi jest wymagane dobre opanowanie problemów związanych ze strukturą osadzanego cynku jak również skuteczna homogenizacja elektrolitu, wyrównująca gęstość i skład jonowy w jego całej objętości. W znanych rozwiązaniach technicznych taką homogenizację uzyskuje się poprzez stosowanie dodatkowych, zewnętrznych pomp, cyrkulujących elektrolit.

Rozwiązanie zbliżone do prezentowanego wynalazku zostało opisane w europejskim patencie EP3039744 B1. Zastrzegane tam odwracalne ogniwo posiada dwie oddzielne sekcje, zorientowane pionowo – sekcję ładowania na górze i sekcję rozładowania na dole. Sekcja ładowania składa się z anody ładującej i katody ładującej, podzielonych na wiele płaskich elementów ułożonych w pionie, przy czym elementy katody ładującej współpracują z odpowiednimi mechanicznymi zgarniaczami, oddzielającymi cząstki cynku osadzanego podczas procesu ładowania. Oddzielone drobiny cynku opadają grawitacyjnie do komory rozładowania, na kolektor prądowy anody rozładowania. W komorze rozładowania znajdują się specjalnie skonstruowane elektrody gazowo-dyfuzyjne, będące katodami rozładowania. Każdy taki pojedynczy element katody stanowi oddzielną kieszonkę, której gazową objętość otacza membrana dyfuzyjna.

Drobiny cynku opadłe do komory rozładowania mają luźną niezwiązaną strukturę. Podczas procesu rozładowania ten luźny cynk jest w całości rozpuszczany i przechodzi do zasadowego elektrolitu jako cynkat potasowy (to w przypadku zastosowania standardowego elektrolitu – roztworu wodorotlenku potasowego, który jest najlepszym elektrolitem dla ogniw opisywanego typu).

Z polskiego zgłoszenia patentowego P385119 A1 jest znane odwracalne ogniwo cynkowo-powietrzne o poziomo ułożonych elektrodach i podwójnym kolektorze prądowym anody. W przywołanym zgłoszeniu anoda ładująca jest pojedynczą jest wykonana z metalu o strukturze umożliwiającej przenikanie gazu i jest ułożona poziomo. Katoda rozładowania będąca elektrodą gazowo-dyfuzyjną znajduje się powyżej anody ładowania. Na dnie ogniwa znajduje się elektroda cynkowa. Ma ona formę zwartą (nie jest luźnym osadem jak w ogniwie opisywanym wcześniej) i podczas rozładowania tylko częściowo rozpuszcza się w elektrolicie. Nierozpuszczona reszta pozostaje na dnie ogniwa.

Pierwsze z przywołanych w stanie techniki ogniw jest skomplikowane mechanicznie i dodatkowo, dla swej poprawnej pracy wymaga osobnej pompy cyrkulującej elektrolit. Poza tym warunek pełnego

rozpuszczania elektrody cynkowej ogranicza gęstość energii tego ogniwa gdyż niezależnie od temperatury otoczenia nie może dochodzić do znacznego strącania się tlenku cynku. Dodatkowo, wymiana czy serwis elektrod gazowo-dyfuzyjnych są utrudnione z uwagi na ich ulokowanie w dnie ogniwa.

Wszystkie przywołane w stanie techniki anody ładowania są płaskie i wykonywane z litej lub perforowanej folii, blachy czy siatki. Główny problem przy stosowaniu tego typu elektrod polega na tym, że mają bardzo ograniczoną powierzchnię. Gdy podczas pracy uwalnia się z tej powierzchni gazowy tlen, ten, jako nieprzewodzący i utrudniający dostęp elektrolitu, obniża sprawność ładowania. Ograniczona powierzchnia również odpowiednio ogranicza możliwy prąd ładowania, gdyż nadmiernie zwiększona polaryzacja powoduje utlenianie powierzchni anody ładującej, zatruwające elektrolit. W przypadku ogniwa opisywanego w zgłoszeniu patentowym P385119 A1, problemem jest nie tylko ograniczony prąd ładowania ale i utrzymanie płaskości elektrody cynkowej (zapobieganie jej zmianie kształtu).

Celem wynalazku było opracowanie takiej konstrukcji ogniwa cynkowo-tlenowego, która rozwiązywałaby wskazane problemy techniczne, to znaczy:

- ogniwo powinno posiadać anodę ładowania o dużej powierzchni roboczej, która umożliwia stosowanie wysokiego prądu ładowania bez nadmiernej polaryzacji, a równocześnie jest w stanie szybko i efektywnie uwalniać się od generowanego tlenu,
- ogniwo powinno posiadać anodę która nie podlega postępującej zmianie kształtu,
- elektrolit ogniwa powinien samoczynnie homogenizować swój skład i gęstość w całej objętości, bez potrzeby używania dodatkowych pomp.

Ogniwo według wynalazku dotyczy udoskonalenia anody ładującej i udoskonalenie procesu osadzania cynku. Dalszym rezultatem wprowadzonych zmian jest intensywne mieszanie elektrolitu, homogenizujące jego gęstość i stężenia jonowe.

Istota wynalazku polega na ulepszeniu konstrukcji odwracalnego ogniwa cynkowo-tlenowego. Ujawniana konstrukcja nadaje się najbardziej do budowy ogniw o dużych pojemnościach.

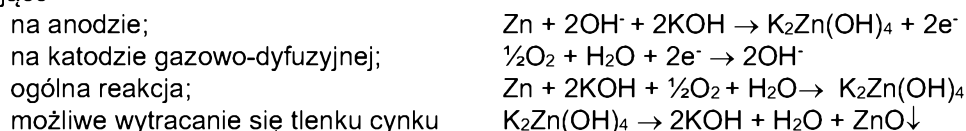
Wszystkie elektrody ogniwa są zorientowane poziomo. Przy czym elektroda gazowo-dyfuzyjna jest połączona z odpowiednim korpusem (ten element jest nazywany dalej „zespołem katody”), ułatwiającą wymianę wspomnianej katody poprzez wysunięcie w górę całego zespołu. Katoda gazowo-dyfuzyjna znajduje się na szczycie stosu elektrod ogniwa. W pojedynczym ogniwie może się znajdować więcej niż jedna elektroda gazowo-dyfuzyjna i w takim przypadku te elektrody są połączone równolegle.

Poniżej katody gazowo-dyfuzyjnej znajduje się anoda ładowania o ulepszonej konstrukcji. Opisywana anoda, poza niskim nad napięciem, równocześnie intensywnie miesza elektrolit podczas procesu ładowania.

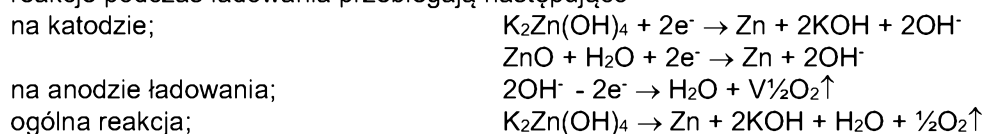
Pod anodą ładowania jest umieszczony mechaniczny rozgarniacz, którego zadaniem jest utrzymywanie tworzącego się cynku w stanie luźnego osadu. Siła periodycznie poruszająca ten rozgarniacz pochodzi od obracającego się strumienia pola magnetycznego, generowanego przez obwód magnetyczny, otaczający z zewnątrz naczynie ogniwa. Zasilanie wspomnianego obwodu magnetycznego pochodzi od odpowiedniego układu elektrycznego, przy czym jeden układ zasilający może obsługiwać wiele ogniw.

Praca cykliczna opisywanego ogniwa polega na tym, że w stanie kompletnie wyładowanym cynk jest rozpuszczony w elektrolicie i obecny w nim głównie w postaci cynkatów. Jest dopuszczalne wytrącanie tlenku cynku. W stanie kompletnie naładowanym cały cynk leży na dnie ogniwa w postaci luźnego osadu.

Elektrolitem ogniwa jest stężony roztwór zasadowy z dodatkami podwyższającymi rozpuszczalność cynku. W przypadku użycia wodorotlenku potasu, reakcje podczas rozładowania przebiegają następująco –



reakcje podczas ładowania przebiegają następująco –



Korzystnie jeśli jako elektrolitu używa się stężonego roztworu wodorotlenku potasu.

Korzystnie jeśli jako dodatku podwyższającego rozpuszczalność cynku używa się krzemianów (potasowego lub sodowego).

Korzystnie jeśli katoda gazowo-dyfuzyjna nie posiada mikroporowatego separatora, który nie jest w tym przypadku potrzebny i co dodatkowo obniża opór wewnętrzny ogniwa.

Korzystnie jeśli katoda gazowo-dyfuzyjna jest zamontowana w zespole katody, będącym w swej istocie objętością zamkniętą ścianami gdzie dolną ścianę stanowi ta katoda. W pojedynczym ogniwie może też być zamontowane wiele zespołów katody, lokowanych równolegle.

Korzystnie jeśli zespół katody jest ruchomo, suwliwie zamontowany w przepuszczeniu wyciętym we wieczku ogniwa, co umożliwia łatwe wysunięcie w górę.

Korzystnie jeśli katoda gazowo-dyfuzyjna jest wypukła w stronę dna ogniwa.

Korzystnie jeśli anodę ładowania przecinają pionowe kanały w których stosunek pola przekroju poprzecznego kanału do jego długości wynosi co najwyżej 0,3.

Korzystnie jeśli anoda ładowania jest wykonana poprzez spiralne, walcowe nawinięcie na siebie dwu pasów metalowej folii lub cienkiej blachy, gdzie jeden pas jest poprzecznie karbowany a drugi płaski.

Korzystnie jeśli średnica anody ładowania jest mniejsza od wewnętrznej średnicy obudowy ogniwa.

Korzystnie jeśli anoda ładowania jest mocowana punktowo do wewnętrznej ściany obudowy ogniwa.

Korzystnie jeśli rozgarniacz jest zawieszony na osi pokrywającej się z centralną, pionową osią ogniwa.

Korzystnie jeśli rozgarniacz w swej górnej części (w swoim korpusie) jest magnesem trwałym.

Korzystnie jeśli rozgarniacz w swej dolnej części posiada ażurowy grzebień rozgarniający.

Korzystnie jeśli ten grzebień rozgarniający jest wykonany z twardego nieprzewodzącego materiału, najkorzystniej z ceramiki.

Korzystnie jeśli siła poruszająca rozgarniacz pochodzi od obracającego się strumienia pola magnetycznego.

Ogniwo według wynalazku jest radykalnie mniej skomplikowane mechanicznie niż ogniwo zastrzeżone patentem EP3039744 B1, przy osiągnięciu podobnych rezultatów końcowych. To znaczy – w stanie kompletnie wyładowanym cynk jest rozpuszczony w elektrolicie a w stanie kompletnie naładowanym cynk tworzy luźny osad, spoczywający na kolektorze prądowym anody.

W stosunku do ogniwa opisanego w zgłoszeniu patentowym P385119 A1, ogniwo według wynalazku posiada ulepszoną konstrukcję anody ładującej, która ma dużą powierzchnię roboczą i podczas swojej pracy wraz z szybkim uwalnianiem się od generowanego tlenu, dodatkowo miesza elektrolit. Poza tym została osiągnięta lepsza kontrola struktury osadzanego cynku.

Przedmiot wynalazku przedstawiony jest bliżej w przykładach wykonania oraz jest uwidoczniony na rysunkach, na których:

- Rys. 1 przedstawia ogniwo w rzucie aksonometrycznym z obudową w przekroju pionowym. Ogniwo jest zaprezentowane w stanie wyładowanym, gdy cały cynk jest rozpuszczony w elektrolicie wypełniającym ogniwo do poziomu (9).
- Rys. 2 przedstawia anodę ładowania (3) w widoku z dołu/góry, jest ukazany sposób nawijania i fragment struktury powierzchni anody w powiększeniu.
- Rys. 3 przedstawia rozgarniacz w widoku z dołu i ukosa, rozgarniacz jest w wersji, w której korpus (4b) ma formę ażuru i jest magnesem trwałym. Grzebień rozgarniający (4a) ma również formę ażuru i jest wykonany z ceramiki.
- Rys. 4 przedstawia schematyczne, ideowe przekroje dwóch wersji obwodu magnetycznego w postaci pierścienia. Od lewej wersja z cewkami (7a) i korpusem rozgarniacza (4b) będącym magnesem trwałym, następnie wersja druga, z magnesami trwałymi (7c) na rdzeniu (7b) i korpusem rozgarniacza (4b) wykonanym z materiału o dużej przenikalności magnetycznej. Rdzeń (7b) nie musi mieć formy pierścienia, może też być w formie półokręgu, podkowy, elipsy itp., w swej istocie jest to część obwodu magnetycznego i pierścien jest jedynie jedną z form realizacji zakładanego celu.
- Rys. 5 przedstawia ideowy schemat połączeń elektrycznych układu zasilającego, generującego obracający się skokowo strumień pola magnetycznego o zmiennym kierunku.

Jeden układ zasilający może obsługiwać wiele ogniw. W przypadku jeśli obwód magnetyczny jest w wersji z magnesami trwałymi, układ zasilający może być zredukowany do układu czasowego (10) i odpowiedniego silnika elektrycznego obracającego ten obwód magnetyczny.

Rys. 6 przedstawia krzywe ładowania i wyładowania przy gęstości prądu ładowania $31,4 \text{ mA/cm}^2$ i prądu wyładowania $15,7 \text{ mA/cm}^2$.

Rys. 7 przedstawia krzywe ładowania i wyładowania przy gęstości prądu ładowania $31,4 \text{ mA/cm}^2$ i prądu wyładowania $23,6 \text{ mA/cm}^2$.

Rys. 8 przedstawia krzywe ładowania i wyładowania przy gęstości prądu ładowania $31,4 \text{ mA/cm}^2$ i prądu wyładowania $31,4 \text{ mA/cm}^2$.

Przykład 1

Ogniwo cynkowo-tlenowe według wynalazku ma formę cylindryczną. Boczna ściana i dno cylindra (1) są wykonane z cienkiej blachy mosiężnej. Wewnętrzna powierzchnia ściany bocznej (1b) jest szczelnie powleczone żywicą epoksydową (został użyty „Distal”). Wieczko ogniwa (8) zostało wykonane ze szkła organicznego. We wieczku został umieszczony biegun anody ładowania (8a) i okrągły przepust do mocowania zespołu gazowo-dyfuzyjnej katody. Zespół katody składa się z: katody gazowo-dyfuzyjnej (2a), ścian (2b), przepustów gazowych (2c) i (2d), żeber (2e) i bieguna (2f).

Zespół katody jest skonstruowany w ten sposób, że wypukła katoda (2a) stanowi dolną ścianę objętości ograniczonej ścianami (2b). Została użyta katoda gazowo-dyfuzyjna firmy „Electric Fuel”, bez separatora, katalizowana MnO_2 . Do objętości ograniczonej ścianami (2b) i katodą (2a) jest doprowadzany i odprowadzany, poprzez przepusty (2c) i (2d), utleniający gaz (tlen lub mieszanina gazów zawierająca tlen). Wypukłość katody (2a) jest utrzymywana ożebrowaniem (2e). Biegun katody (2f) został umieszczony na górnej powierzchni zespołu katody. Ściany zespołu gazowo-dyfuzyjnej katody zostały wykonane ze szkła organicznego a sama katoda (2a) wklejona klejem do szkła organicznego. Lekka wypukłość postępującą do środka katody gazowo-dyfuzyjnej od jej krawędzi, została uzyskana za pomocą ożebrowania (2e) w gnieździe wklejenia katody. Podczas pracy katoda (2a) jest zanurzona w elektrolicie, poniżej poziomu (9), a jej wypukłość umożliwia odpływ pojawiających się pęcherzyków gazu. Jak zostało wspomniane, specjalna konstrukcja zespołu katody pozwala na łatwe wysunięcie tego zespołu z ogniwa. Ogniwo bez zespołu katody można traktować jako pasywny zbiornik energii elektrycznej.

Anoda ładowania (3) jest wykonana z niklu (może to być inny metal, lub stop metali odporny na anodowe utlenianie w środowisku zasadowym). Anoda (3) jest nawinięta z dwu pasów cienkiej blachy, karbowanej (3a) i płaskiej (3b). W tym przykładzie pasy mają szerokość (h) 10 mm, grubość 0,1 mm i wysokość karbowania 1,1 mm (karbowanie zostało uzyskane w wyniku przepuszczania pasa blachy między dwoma kołami zębatymi). Nawijanie trwało do momentu uzyskania średnicy (d) 84 mm. Przy takich wymiarach pole powierzchni roboczej anody ładowania jest około 146 razy większe od pola powierzchni koła o analogicznej średnicy. Po nawinięciu uzyskuje się walcowatą elektrodę o dużej powierzchni roboczej, z wieloma wąskimi, pionowo zorientowanymi kanałami (3d). W procesie ładowania w tych kanałach tworzą się miniaturowe bąbelki tlenu, które poruszając się w naturalny sposób, w górę, wymuszają intensywny ruch elektrolitu. Ten ruch nie pozwala na zablokowanie powierzchni roboczej elektrody wytwarzanym tlenem, równocześnie redukując jej polaryzację stężeniową. Efektywność pracy anody można ocenić na wykresach przedstawionych na rysunkach numer 6, 7 i 8. Niestabilność widoczna na wykresach dotyczących prądu ładowania była spowodowana właściwościami użytego urządzenia do pulsacyjnego ładowania. Ogniwo może też być ładowane stabilnym prądem stałym. Przy niższym prądzie ładowania, napięcie ładowania może być niższe od dwu wolt.

Anoda ładowania (3) ma średnicę mniejszą od wewnętrznej średnicy walca tworzącego ścianę boczną ogniwa i jest punktowo umocowana (3c) do tych ścian (w przykładzie różnica średnic wynosi 5 mm). Powstała szczelina umożliwia cyrkulację elektrolitu podczas procesu ładowania. Wspomniana cyrkulacja polega na tym, że strumień elektrolitu płynie w górę w kanałach (3d) a następnie ten strumień powraca płynąc w dół poprzez szczelinę między anodą ładowania a ścianą boczną ogniwa.

Bezpośrednio poniżej anody ładowania znajduje się rozgarniacz. W przytaczanym przykładzie jego korpus (4b) jest wykonany z walcowatych magnesów neodymowych szczelnie pokrytych żywicą epoksydową (w tym przypadku „Distalem”). Magnesy tworzą ażurowy korpus (4b) gdzie przeciwne bieguny magnetyczne są na przeciwnych końcach prętów tworzących ten ażur. W rezultacie cały korpus (4b) można uważać za jeden magnes trwały. W centrum wytworzonego ażuru zostało umieszczone gniazdo (4c) na oś obrotu (4d), zamocowaną pionowo w centrum dna naczynia ogniwa (1). W dolnej części ażuru (4b), wzdłuż jego największej średnicy, jest doklejony grzebień rozgarniający (4a). Ma on

formę półokrągłych żeber i został wycięty z połówki rury ceramicznej o średnicy 20 mm. Podczas procesu ładowania, rozgarniacz jest okresowo wprawiany w ruch za pomocą obracającego się strumienia pola magnetycznego. Częstotliwość tego ruchu obrotowego zależy od gęstości prądu ładowania. Celem ruchu rozgarniacza jest utrzymanie osadzającego się cynku w luźnej, ziarnistej formie.

Grzebień rozgarniający (4a) ślizga się bezpośrednio po kolektorze prądowym anody (5). Kolektor prądowy anody wypełnia dno naczynia (1). W przykładzie kolektor (5) został wykonany z miedzi i łączy się elektrycznie bezpośrednio z obudową ogniwa (1). W dolnej, wewnętrznej krawędzi walcowatej obudowy ogniwa (1) znajduje się pierścień wypełniający (6). W przykładzie został wykonany z teflonu. Pierścień wypełniający (6) zapobiega zbijaniu się cynku w krawędziach obudowy ogniwa.

Walcowatą obudowę ogniwa (1), na wysokości korpusu rozgarniacza (4b), otacza obwód magnetyczny w postaci pierścienia. W przytaczanym przykładzie składa się on z cewek (7a) rozmieszczonych na rdzeniu ze stali miękkiej (7b). Elektryczny układ zasilający powoduje, że obwód magnetyczny generuje wzdłuż swoich średnic obracający się skokowo strumień pola magnetycznego o zmieniającym się kierunku, wymuszając przez to analogiczny, skokowy obrót rozgarniacza. W przykładzie częstotliwość tego częściowego obrotu wynosi 1 Hz a jego kierunek jest przypadkowy. Rozgarniacz jest uruchamiany około jedną godzinę trwania procesu ładowania a czas rozgarniania trwa około dziesięć sekund. Ideowy schemat elektryczny układu zasilającego został przedstawiony na rysunku numer 5. Symbolem (10) jest oznaczony regulowany elektroniczny układ czasowy, który określa czas aktywności i czas pauzy w pracy rozgarniacza. W przykładzie regulacja czasu pauzy jest w przedziale od 15 minut do jednej godziny. Czas aktywności jest regulowany w przedziale od 5 sekund do 20 sekund. Podczas czasu aktywności układ czasowy (10) uruchamia dwa inne regulowane układy czasowe – układ (11), zmieniający kierunek prądu zasilającego cewki (3a) i układ czasowy (12) zmieniający konfigurację połączeń cewek (3a). W przykładzie częstotliwość pracy układu (11) wynosi 0,3 Hz a układu (12) 1 Hz. Czas aktywności i czas pauzy układu (10), jak również częstotliwości pracy układów (11) i (12) zależą od natężenia prądu ładowania, i są regulowane w celu otrzymania optymalnych rezultatów.

Przykład 2

Ogniwo cynkowo-tlenowe według wynalazku jak opisane w przykładzie 1, z tą różnicą, że posiada obwód magnetyczny w którym na rdzeniu ze stali miękkiej (7b) znajdują się magnesy trwałe (7c), wytwarzające strumień pola magnetycznego wzdłuż średnicy rdzenia (7b), i obroty rozgarniacza są powodowane obracaniem takiego obwodu magnetycznego dookoła pionowej, centralnej osi ogniwa (1a). Prędkość, kierunek i częstotliwość obrotów są zoptymalizowane w stosunku do masy obwodu magnetycznego i otrzymywanych rezultatów.

Przykład 3

Ogniwo cynkowo-tlenowe według wynalazku jak opisane w przykładzie 1, z tą różnicą, że pojedynczy zespół katody w prostym przekroju poprzecznym ma formę kwadratu, prostokąta, trójkąta, trapezu itp., i wypukłość gazowo-dyfuzyjnej membrany (2a) uzyskuje się poprzez łukowe wycięcie dwu, naprzeciwległych, dolnych krawędzi ścian bocznych, tworzących gniazdo wklejenia katody. W takim przypadku przekrojowi poprzecznemu zespołu katody odpowiada analogiczne wycięcie przepustu/przepustów we wieczku ogniwa (8).

Przykład 4

Ogniwo cynkowo-tlenowe według wynalazku jak opisane w przykładzie 2, z tą różnicą, że korpus rozgarniacza (4b) jest wykonany z materiału o dużej przenikalności magnetycznej (na przykład ze stali miękkiej) i ten korpus jest odizolowany od kontaktu z elektrolitem.

Przykład 5. Rezultaty pracy ogniwa.

Ogniwo według wynalazku było testowane z elektrolitem zasadowym KOH o stężeniach od 39 do 46% z dodatkiem od 3,7 do 6,7% krzemianu potasowego. Przy gęstości prądu rozładowania od 15,7 mA/cm², do 7,4 mA/cm², (liczone od pola przekroju poprzecznego ogniwa), elektrochemicznemu rozpuszczeniu ulegało maksymalnie do 240 gramów cynku na litr elektrolitu, co odpowiada 200 amperogodzinom rozładowania na litr elektrolitu.

Gdy są stosowane niższe prądy rozładowania i elektrolit jest dodatkowo mieszany, można elektrochemicznie rozpuścić do 315 gramów cynku na litr elektrolitu, co odpowiada 262 amperogodzinom na litr elektrolitu.

Tabela poniżej pokazuje szacunkowe sprawności ogniwa przy różnych gęstościach prądu ładowania.

Prąd ładowania - [mA/cm ²]	Napięcie ładowania- [V]	Sprawność- [%]
2	1.79	67
3.8	1.92	62.5
5.6	1.96	61,2
7.4	1,99	60,4
9.2	2.01	59.7
11	2.04	59
13	2.06	58.2
15	2.08	57.7
16.4	2.1	57.2

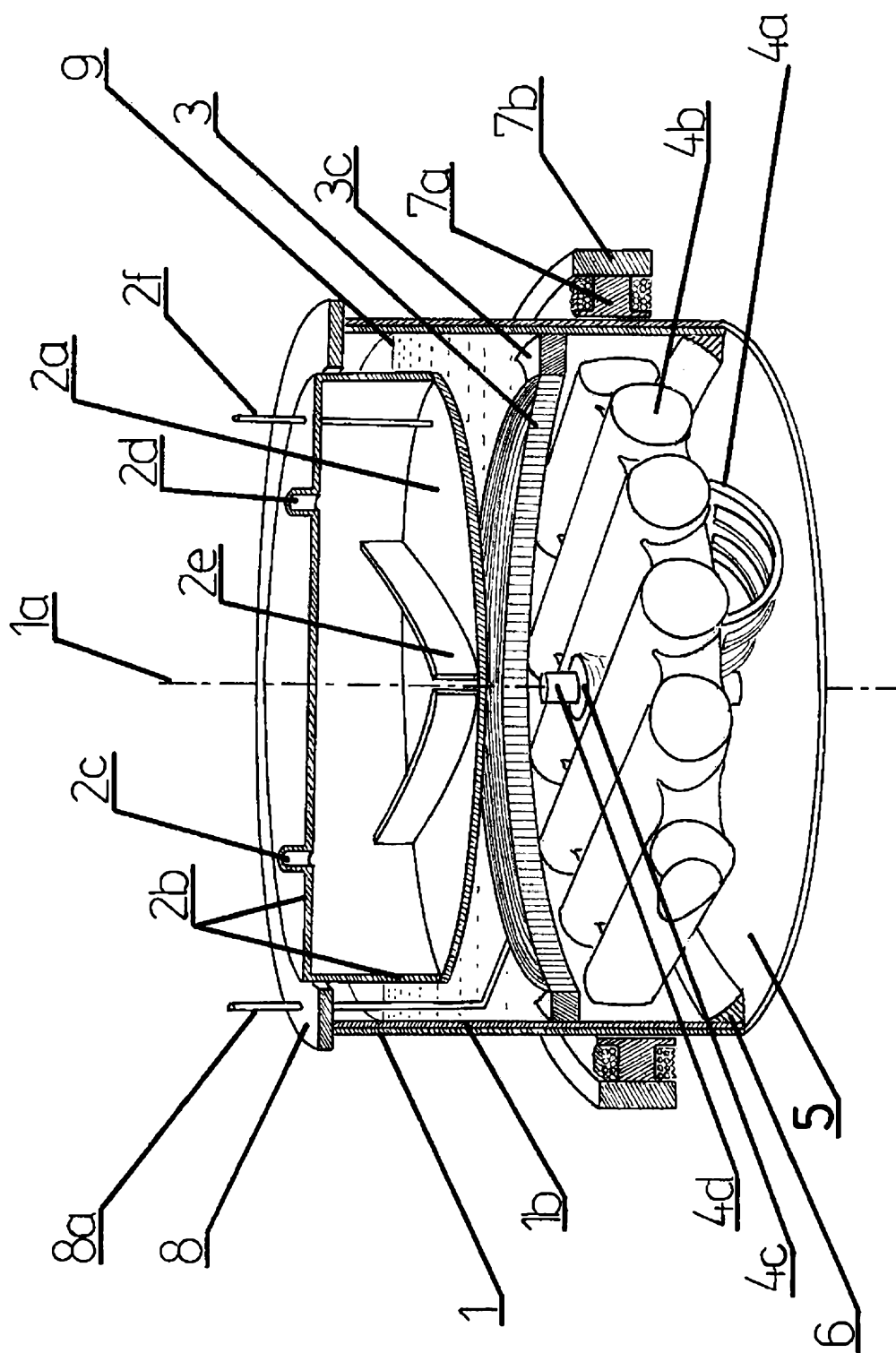
Otrzymane rezultaty sugerują, że opisywane ogniwa mogłyby znaleźć zastosowanie w dziedzinach wymagających gromadzenia dużych ilości energii, na przykład z odnawialnych źródeł.

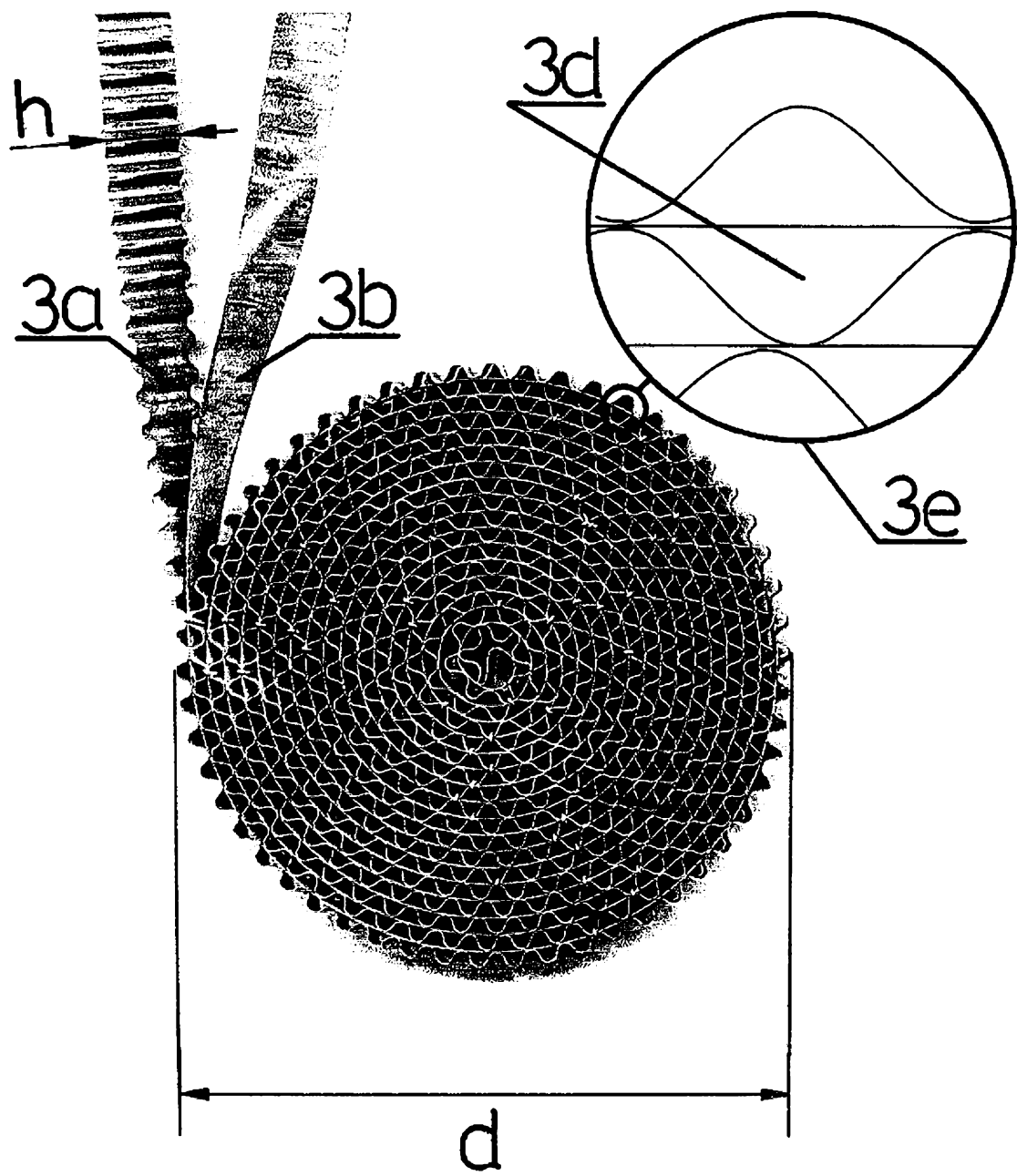
Zastrzeżenia patentowe

1. Odwracalne ogniwo cynkowo-tlenowe w którym elektrody są ulokowane horyzontalnie i składa się z; cylindrycznej obudowy, zespołu katody gazowo-dyfuzyjnej, anody ładowania, rozgarniacza, poziomego kolektora prądowego anody cynkowej, obwodu magnetycznego generującego obracający się strumień pola magnetycznego i pierścienia wypełniającego dolne, wewnętrzne krawędzie obudowy ogniwa, **znamiennie tym**, że zespół katody gazowo-dyfuzyjnej (2a) jest ulokowany w przepuście wieczka (8) cylindrycznej obudowy ogniwa (1), a membrana elektrody gazowo-dyfuzyjnej (2a) jest wypukła w stronę dna obudowy ogniwa, i anodę ładowania (3) przecinają kanały, w których stosunek pola przekroju poprzecznego kanału do jego długości wynosi co najwyżej 0,3, i korpus rozgarniacza (4b) jest magnesem trwałym zamocowanym na osi (4d) ulokowanej wzdłuż pionowej osi ogniwa (1a) i posiada zdolność obrotu dookoła tej osi a obrotowy ruch tego rozgarniacza jest powodowany obracającym się strumieniem pola magnetycznego, przecinającym naczynie ogniwa (1) na wysokości korpusu rozgarniacza (4b), generowanym we wspomnianym obwodzie magnetycznym (7a, 7b).
2. Ogniwo według zastrz. 1 **znamiennie tym**, że posiada więcej niż jeden zespół katody gazowo-dyfuzyjnej i te zespoły są połączone równolegle.
3. Ogniwo według zastrz. 1 **znamiennie tym**, że korpus rozgarniacza (4b) jest zbudowany z magnesów trwałych, osiowanych wzdłuż pionowej osi ogniwa (1a) i posiada zdolność obrotu dookoła tej osi.
4. Ogniwo według zastrz. 1 **znamiennie tym**, że obracający się strumień pola magnetycznego przecinający naczynie ogniwa (1) na wysokości korpusu rozgarniacza (4b) jest wytwarzany w obwodzie magnetycznym składającym się z rdzenia z materiału o dużej przenikalności magnetycznej (7b) i cewek (7a) zasilanych prądem z zewnętrznego układu sterowania obrotami.

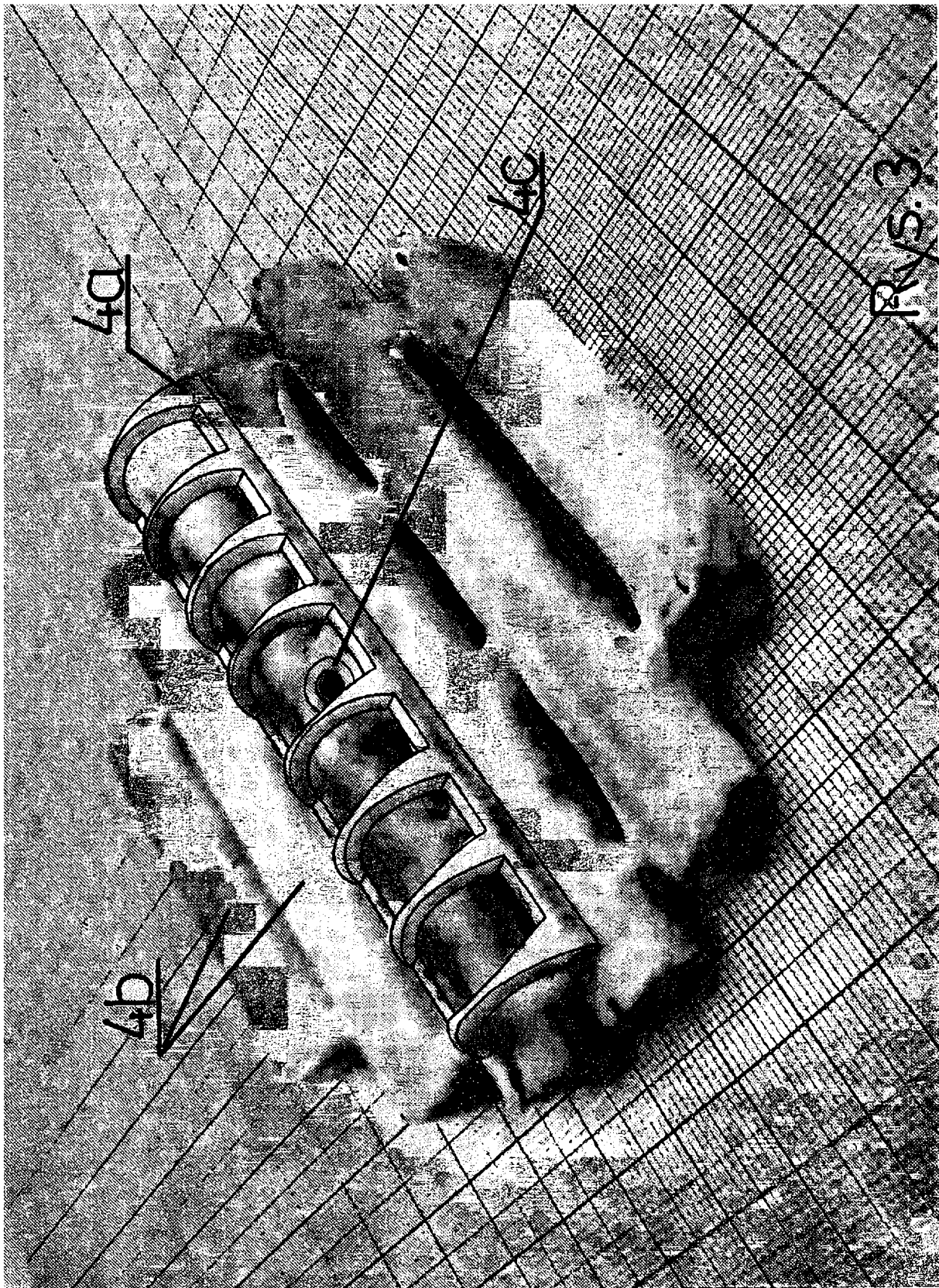
Rysunki

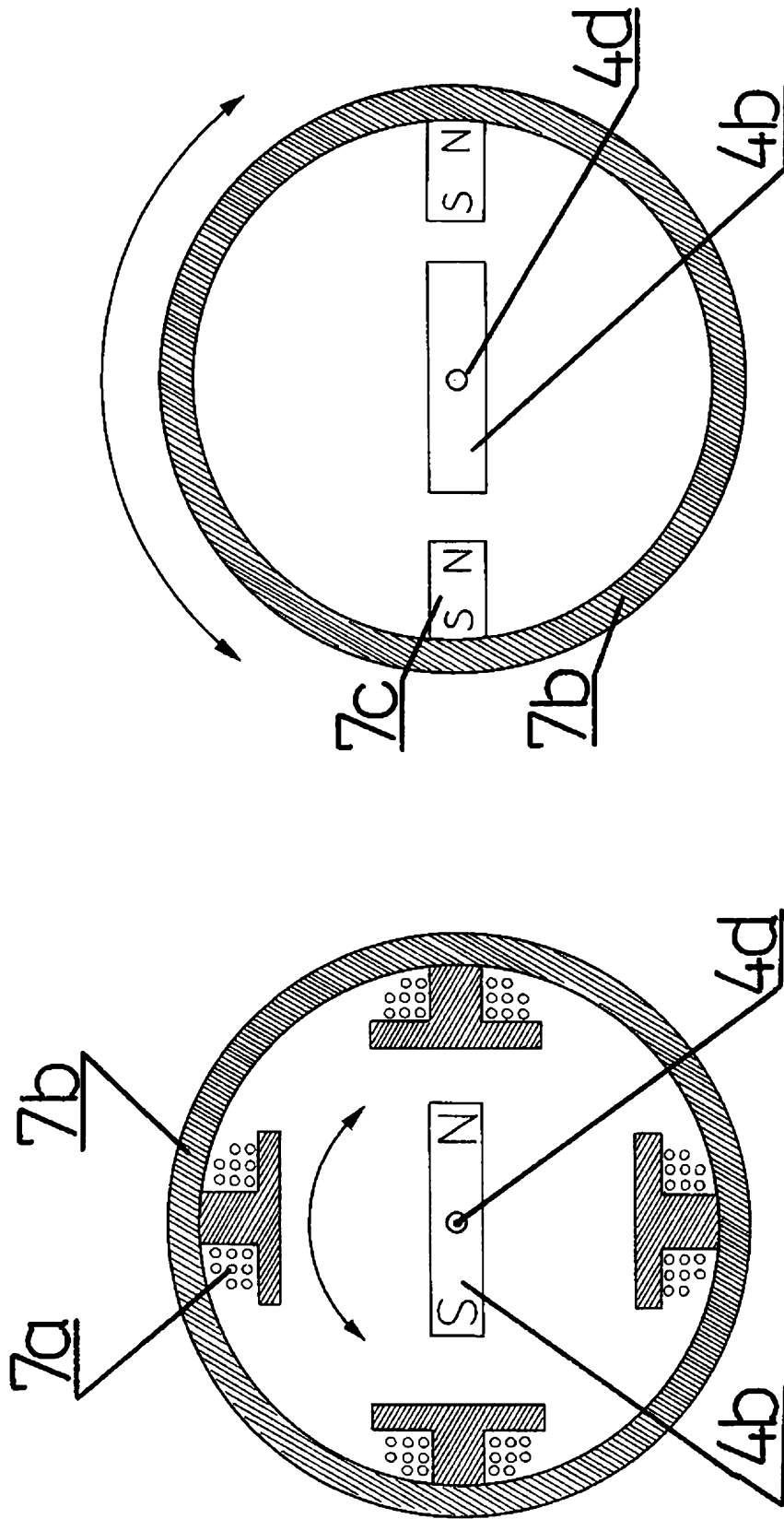
Rys.1.



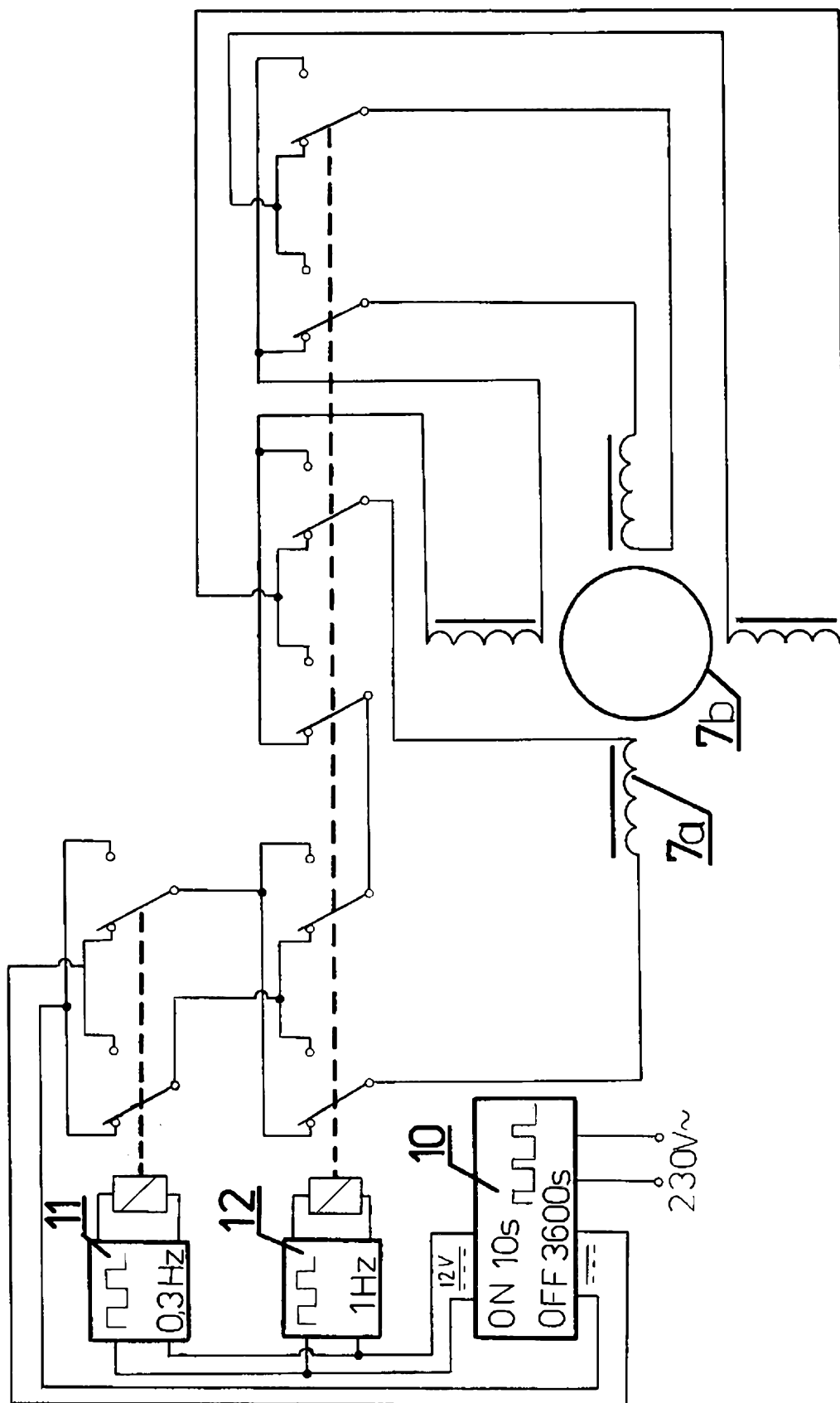


Rys.2.





Rys.4.

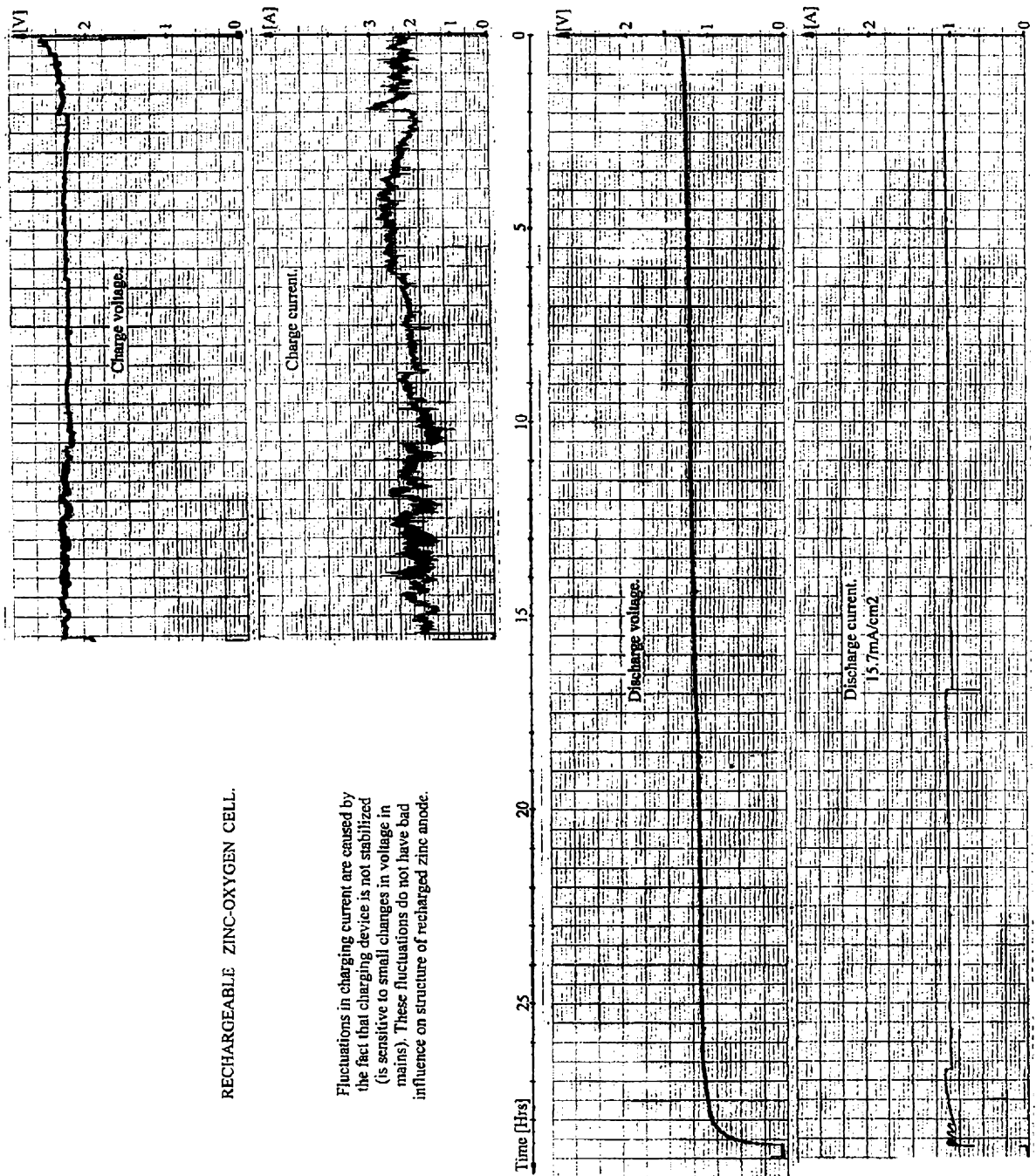


Rys.5.

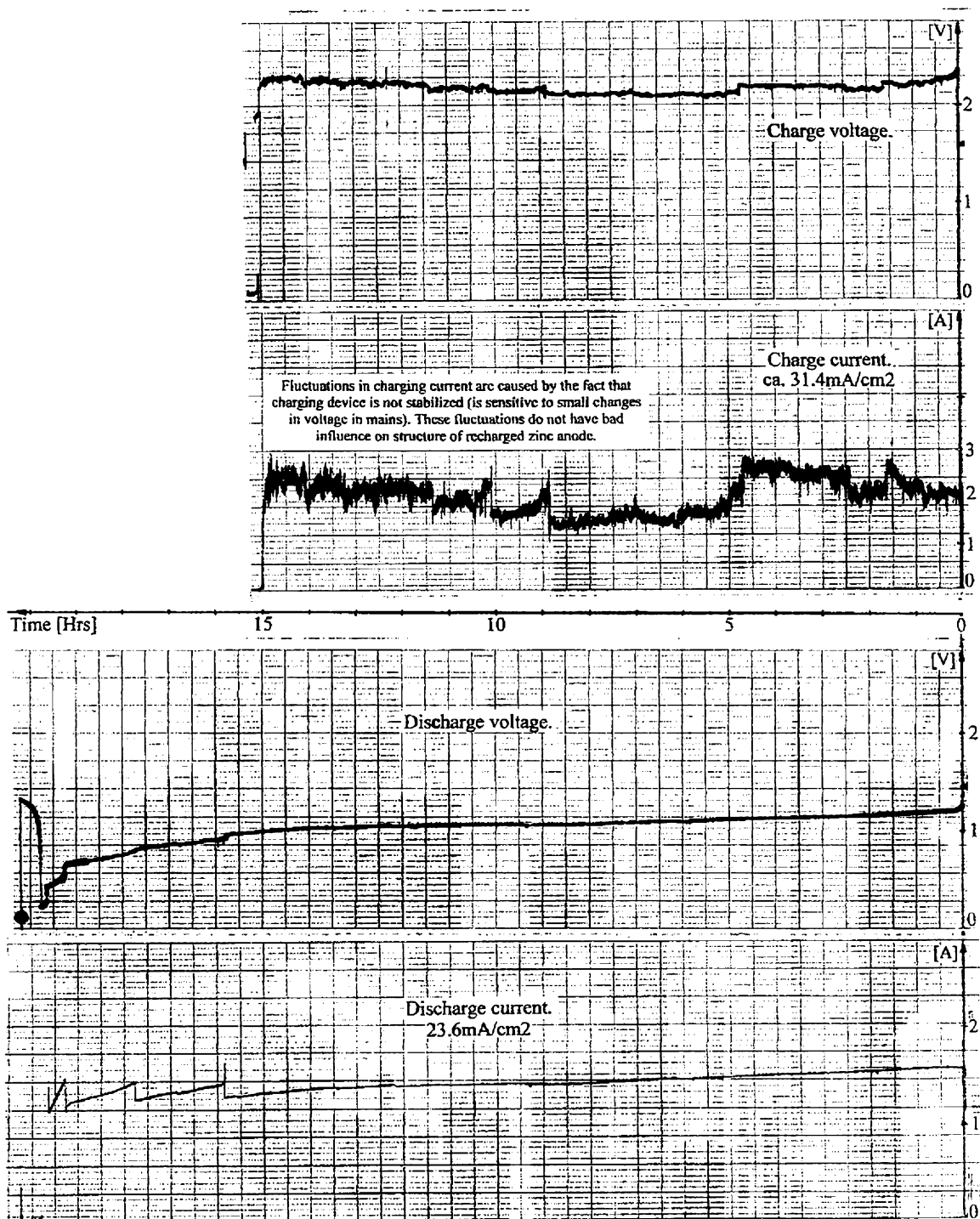
Rys. 6.

RECHARGEABLE ZINC-OXYGEN CELL.

Fluctuations in charging current are caused by the fact that charging device is not stabilized (is sensitive to small changes in voltage in mains). These fluctuations do not have bad influence on structure of recharged zinc anode.

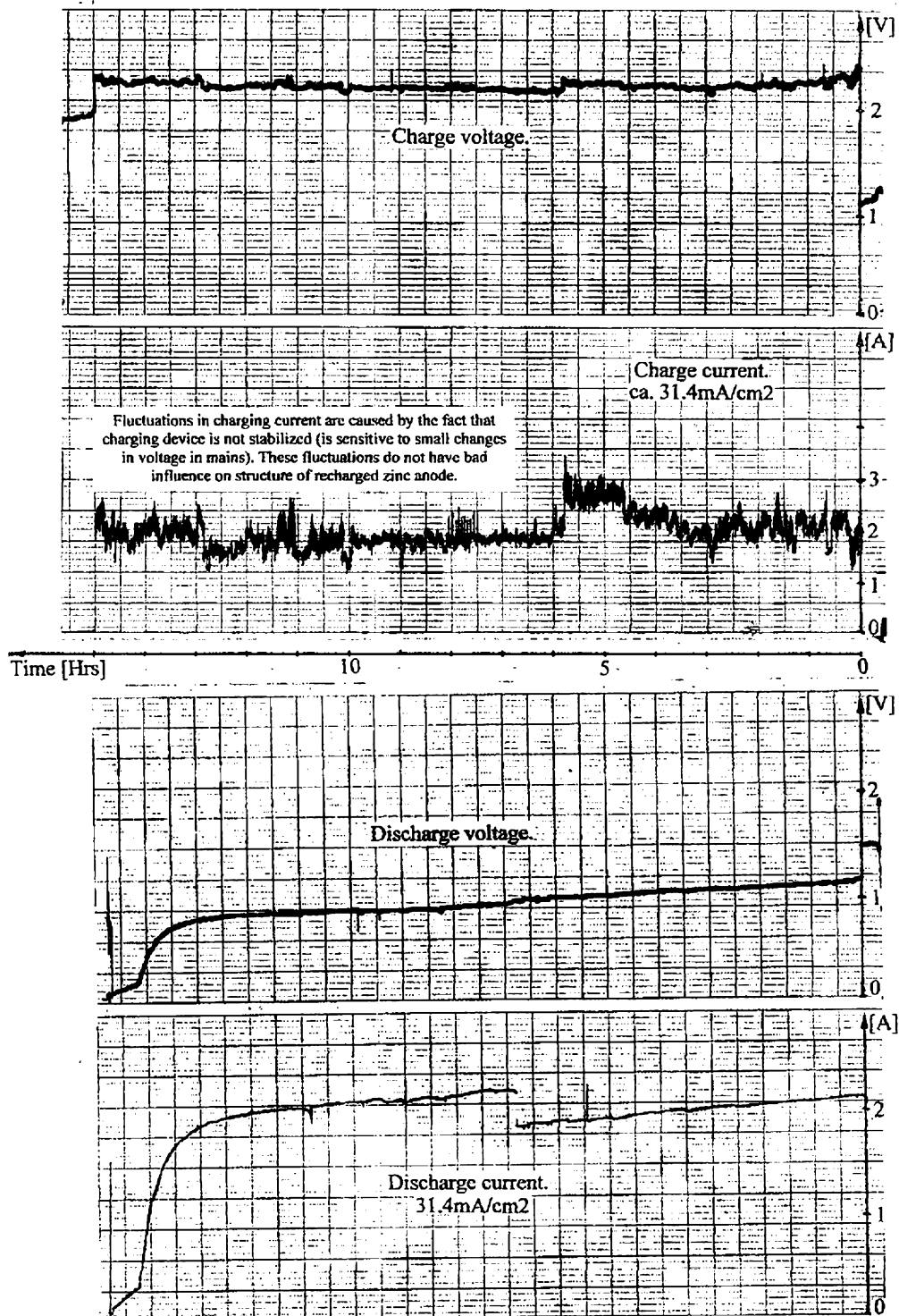


RECHARGEABLE ZINC-OXYGEN CELL.



Rys. 7

RECHARGEABLE ZINC-OXYGEN CELL.



Rys.8.