



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102011901979133
Data Deposito	16/09/2011
Data Pubblicazione	16/03/2013

Classifiche IPC

Titolo

SISTEMA PERMANENTE PER LA VALUTAZIONE IN CONTINUO DELLA DISTRIBUZIONE DI CORRENTE IN CELLE ELETROLITICHE INTERCONNESSE.

SISTEMA PERMANENTE PER LA VALUTAZIONE IN CONTINUO DELLA DISTRIBUZIONE DI CORRENTE IN CELLE ELETROLITICHE INTERCONNESSE.

DESCRIZIONE DI INVENZIONE INDUSTRIALE

A NOME: INDUSTRIE DE NORA S.p.A.

AMBITO DELL'INVENZIONE

La presente invenzione è relativa a una barra portacorrente comprendente alloggiamenti per elettrodi nei quali hanno luogo i contatti elettrici tra la barra e gli elettrodi ivi alloggiati. Alla barra sono inoltre collegate delle sonde per la misura del potenziale elettrico che si stabilisce in corrispondenza dei suddetti contatti elettrici durante il passaggio della corrente elettrica. L'invenzione inoltre è relativa a un sistema di monitoraggio permanente che consente di valutare in continuo la distribuzione di detta corrente su ogni elettrodo di dette celle utilizzate in particolare in impianti di estrazione o raffinazione elettrolitica di metalli.

ANTECEDENTI DELL'INVENZIONE

La corrente alimentata in celle utilizzate in impianti elettrochimici, in particolare in impianti di estrazione o raffinazione elettrolitica di metalli può essere ripartita in maniera molto differente sugli elettrodi installati in dette celle con conseguenze negative sulla produzione. Questo fenomeno può verificarsi per svariati motivi. Ad esempio, nel citato caso particolare di impianti di estrazione o raffinazione di metalli gli elettrodi di polarità negativa (catodi), vengono frequentemente rimossi dalle loro sedi per consentire l'estrazione del prodotto depositato su di essi per essere poi riposizionati nelle loro sedi originarie per un seguente ciclo di produzione. Questa frequente movimentazione, essendo generalmente eseguita per un numero di catodi molto elevato, porta spesso a riposizionamenti non

perfetti sulle barre portacorrente e a contatti elettrici non ideali anche a causa di incrostazioni che possono generarsi nelle loro sedi. È possibile inoltre che la deposizione del prodotto avvenga in maniera irregolare sull'elettrodo con formazione di gradienti di massa di prodotto che alterano il profilo della superficie dei catodi. Quando questo avviene si instaura uno stato di disequilibrio elettrico causato dalla distanza fra anodo e catodo che, infatti, non è più costante lungo tutta la superficie: la resistenza elettrica, che è funzione della distanza tra ogni coppia di anodi e catodi, viene a essere variabile con aggravamento del problema di irregolarità di distribuzione della corrente.

La corrente dunque, può ripartirsi in quantità differente in ogni elettrodo sia a causa di cattivi contatti elettrici degli stessi elettrodi con le barre porta corrente, sia a causa delle alterazioni di profilo superficiale dei catodi. Inoltre, anche la semplice usura degli anodi può influenzare la distribuzione di corrente.

Queste disomogeneità di distribuzione di corrente, possono portare a cortocircuiti anodo-catodo. In caso di cortocircuito la corrente tende a concentrarsi sul catodo cortocircuitato sottraendo corrente ai rimanenti catodi ostacolando seriamente la produzione, la quale non può essere ripresa che dopo la disconnessione del catodo cortocircuitato.

Una distribuzione di corrente irregolare, inoltre, oltre a generare una perdita di qualità e capacità di produzione, come sopraindicato, metterebbe a rischio l'integrità e la vita degli anodi di moderna concezione prodotti con reti di titanio.

Negli impianti industriali, visto l'elevato numero di celle e di elettrodi presenti, il compito di individuare irregolarità nella distribuzione di corrente è molto complesso. Questa rilevazione infatti, comporta migliaia di misurazioni manuali, eseguite da operatori, tramite rilevatori infrarossi o magnetici. Nel caso specifico di

impianti di estrazione e raffinazione di metalli, questi rilevamenti vengono effettuati dall'operatore in un ambiente ad alta temperatura e in presenza di nebbie acide, prevalentemente per acido solforico.

Gli elementi convenzionali manuali utilizzati dagli operatori, come gaussmetri o strumenti con sensori infrarossi, permettono inoltre di localizzare solo grandi squilibri di distribuzione di corrente, in quanto in realtà rilevano squilibri associati a variazioni di campo magnetico o temperatura.

Questi sistemi manuali o semi-manuali hanno lo svantaggio di non poter essere attivi in continuo consentendo solamente controlli occasionali e di essere molto costosi.

Sono noti sistemi per il monitoraggio senza fili delle celle che nonostante siano permanenti e lavorino in continuo, rilevano solo variazioni di voltaggio e di temperatura per ogni cella e non per ogni singolo elettrodo. Queste informazioni, per quanto detto sopra, sono poco precise e globalmente insufficienti. Inoltre, esistono ad oggi progetti in via di sviluppo che mirano alla lettura in continuo della corrente trasmessa ai singoli catodi con sensori di corrente fissi che utilizzano l'effetto Hall: questi sensori sono componenti attivi che richiedono alimentazione da componenti esterni, ad esempio batterie, in grande quantità.

Sono noti anche sistemi basati su sensori magnetici, che tuttavia non offrono una sufficiente accuratezza nella misurazione.

Questi sistemi manuali o semi-manuali hanno lo svantaggio di non poter essere attivi in continuo consentendo solamente controlli occasionali; inoltre, essi hanno lo svantaggio di poter segnalare variazioni di corrente solamente di grossa entità oltre al fatto di essere molto costosi.

Per queste ragioni, esiste un bisogno da parte dell'industria di un sistema

tecnicamente ed economicamente praticabile per monitorare permanentemente e in continuo la distribuzione di corrente in tutti gli elettrodi presenti nelle celle di un impianto di estrazione o raffinazione elettrolitica.

RIASSUNTO DELL'INVENZIONE

La presente invenzione permette di monitorare in continuo la distribuzione di corrente di migliaia di elettrodi di impianti elettrochimici, ad esempio di impianti di estrazione o raffinazione elettrolitica di metalli, senza l'utilizzo di componenti attivi da alimentare esternamente e senza richiedere operatori che effettuino misurazioni manuali in ambienti poco salubri e di segnalare il malfunzionamento di uno o più elettrodi specifici mediante un sistema di allarme.

L'assenza di componenti elettronici attivi come sensori infrarossi o magnetici permette di avere un sistema molto più economico e virtualmente senza manutenzione.

Vari aspetti della presente invenzione sono enunciati nelle rivendicazioni annesse.

Sotto un aspetto l'invenzione riguarda una barra portacorrente per celle elettrochimiche, ad esempio celle utilizzate in elettrometallurgia, costituita da un corpo principale allungato avente resistività omogenea, comprendente alloggiamenti di uno o più contatti elettrici anodici e/o catodici posizionati a spaziatura costante, la barra portacorrente comprendente inoltre sonde per il rilevamento del potenziale elettrico collegate tramite mezzi di fissaggio alla stessa barra portacorrente in corrispondenza dei contatti elettrici che si vengono a formare tra la barra e gli elettrodi alloggiati su di essa.

Con il termine alloggiamenti si intende denotare apposite sedi atte ad accogliere e supportare anodi e catodi, nonché a favorire contatti elettrici ottimali tra gli elettrodi e le stesse barre portacorrente.

Gli inventori hanno rilevato che con l'utilizzo di materiali opportuni delle barre portacorrente caratterizzati da resistività costante in tutte le direzioni, geometrie definite degli alloggiamenti degli elettrodi sulle barre e contatti elettrici opportuni tra barre portacorrente ed elettrodi, la ripartizione di corrente elettrica sugli elettrodi è riconducibile a differenze di potenziale misurabili sulle barre portacorrente.

In una forma di realizzazione la barra portacorrente ha gli alloggiamenti di uno o più contatti elettrici anodici e catodici posizionati a spaziatura costante alternatamente in direzione longitudinale.

In un'ulteriore forma di realizzazione la barra portacorrente ha gli alloggiamenti di uno o più contatti elettrici anodici e catodici posizionati a spaziatura costante in direzione longitudinale su due lati opposti della larghezza della barra.

È stato inoltre rilevato che in un sistema ideale di ripartizione della corrente in quantità omogenea tra tutti gli elettrodi, la differenza di potenziale risulta costante per ogni coppia di elettrodi adiacenti.

Le barre portacorrente possono essere prodotte in diverse forme di modo che gli alloggiamenti possano essere posizionati a uguale distanza lungo la lunghezza della barra; oppure possono essere prodotte di larghezza più ampia dove gli alloggiamenti sono posizionati sui due lati opposti sempre lungo la lunghezza della barra.

Sotto un altro aspetto, l'invenzione è relativa a un impianto comprendente una molteplicità di celle elettrolitiche collegate in serie elettrica tra loro tramite barre portacorrente che comprendono alloggiamenti di uno o più contatti elettrici anodici e catodici. Le barre comprendono inoltre sonde per il rilevamento del potenziale elettrico collegate tramite mezzi di fissaggio alle barre portacorrente in

corrispondenza dei contatti elettrici.

Sotto un ulteriore aspetto l'invenzione è relativa a un sistema per il monitoraggio in continuo della distribuzione di corrente in ogni anodo e catodo di una cella elettrolitica come sopra descritto che comprende barre portacorrente aventi alloggiamenti di uno o più contatti elettrici anodici e/o catodici comprendenti sonde per il rilevamento del potenziale elettrico collegate alle barre tramite mezzi di fissaggio; un sistema di computazione dei dati analogico o digitale che permette di ottenere l'intensità di corrente in ogni singolo catodo o anodo collegato a un dispositivo di allarme; comprendente inoltre un processore attivo a eseguire la comparazione della misura di intensità di corrente ottenuta da detto sistema di computazione con un set di valori critici predefiniti per ogni anodo e catodo e ad attivare il dispositivo di allarme qualora l'intensità di corrente calcolata risulti non conforme a detto valore critico predefinito corrispondente per ogni anodo o catodo. Sotto varie forme di realizzazione i mezzi di fissaggio delle sonde alle barre portacorrente possono essere scelti tra bullonatura e saldatura; le sonde possono essere cavi o fili.

L'invenzione può ugualmente essere praticata nel caso di celle elettrolitiche aventi elettrodi alimentati da un lato e appoggiati su una barra supplementare dall'altro. Dette barre supplementari di compensazione sono indipendenti per gli anodi e per i catodi.

Alcune forme di realizzazione delle barre esemplificative dell'invenzione sono descritte nel seguito con riferimento ai disegni allegati, i quali hanno il solo scopo di illustrare la disposizione reciproca dei diversi elementi in forme di realizzazione particolare dell'invenzione; in particolare, i disegni non saranno intesi come riproduzioni in scala.

DESCRIZIONE IN BREVE DELLE FIGURE

Le figure 1 e 2 mostrano una vista schematica tridimensionale di tre possibili forme di realizzazione dell'invenzione comprendenti una barra porta corrente, anodi, catodi, zone di contatto elettrodo/barra porta corrente, punti di rilevamento associati ai contatti.

La figura 3 mostra uno schema di impianto composto da 3 celle elettolitiche collegate in serie, ciascuna cella comprendente 5 anodi e 4 catodi.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA DELLE FIGURE

In figura 1 è mostrata una barra porta corrente a profilo con geometria variabile **0**, anodi **1**, zone di contatto elettrico elettrodo/barra porta corrente **2**, punti di rilevamento **3** associati ai contatti elettrici, catodo **4**.

In figura 2 è mostrata una barra porta corrente **0**, anodi **1**, zone di contatto elettrico elettrodo/barra porta corrente **2**, punti di rilevamento **3** associati ai contatti elettrici, catodi **4**.

In figura 3 è mostrato uno schema di impianto elettrolizzatore composto da 3 celle elettolitiche (**Cell 1**, **Cell 2** e **Cell 3**) collegate in serie elettrica, comprendenti 5 anodi ciascuna (**Anode 1**, **Anode 2**, **Anode 3**, **Anode 4** e **Anode 5**), 4 catodi ciascuna (**Cathode 1**, **Cathode 2**, **Cathode 3** e **Cathode 4**), una barra portacorrente anodica (**BUS BAR 1**), una barra portacorrente catodica (**BUS BAR 4**), due barre portacorrente bipolari (**BUS BAR 2** e **BUS BAR 3**), frecce che indicano la direzione della corrente **6**, punti di misura del potenziale (**a₂₁₋₂₅**, **k₂₁₋₂₄**, **a₃₁₋₃₅**, **k₃₁₋₃₄**).

In figura 4 è mostrato uno schema di cella comprendente una barra di compensazione (**New Anodes Balance BUS**), frecce che indicano la direzione della corrente principale (**I Anode Y**), frecce che indicano la corrente di

compensazione (**I BalanceAnode Y**).

Alcuni tra i più significativi risultati ottenuti dagli inventori sono presentati nel seguente esempio, che non intende limitare l'ambito dell'invenzione.

ESEMPIO

Un impianto per l'estrazione elettrolitica del rame è stato assemblato secondo lo schema di figura 3. Tre celle elettrolitiche, comprendenti 5 anodi composti da una rete di titanio ricoperta da uno strato catalitico a base di ossido di iridio e da 4 catodi di rame ognuna, sono state collegate in serie elettrica tramite due barre portacorrente di rame con sedi a forma trapezoidale per gli anodi e triangolare per i catodi (cfr. figura 1). A queste due barre sono quindi stati collegati 36 cavi tramite bullonatura in corrispondenza dei 36 contatti elettrici formatisi (due per elettrodo). I cavi sono stati a loro volta collegati ad un registratore di dati equipaggiato di microprocessore e memoria dati, programmato per attivare un allarme ad esso collegato in caso di rilevamento di una discrepanza del 10% rispetto ai valori impostati.

Il metodo utilizzato per calcolare la ripartizione della corrente in questo caso specifico si basa sul modello espresso dalle seguenti formule con la corrente I che interessa ciascun anodo e ciascun catodo della cella 2 data da:

$$I(\text{anodo}1) = I'(k_{21}, a_{21})$$

$$I(\text{anodo } 2) = I''(k_{21}, a_{22}) + I'(k_{22}, a_{22})$$

$$I(\text{anodo } 3) = I''(k_{22}, a_{23}) + I'(k_{23}, a_{23})$$

$$I(\text{anodo } 4) = I''(k_{23}, a_{24}) + I'(k_{24}, a_{24})$$

$$I(\text{anodo } 5) = I''(k_{24}, a_{25})$$

$$I(\text{catodo } 1) = I'(k_{31}, a_{31}) + I''(k_{31}, a_{32})$$

$$I(\text{catodo } 2) = I'(k_{32}, a_{32}) + I''(k_{32}, a_{33})$$

$$I(\text{catodo } 3) = I'(k_{33}, a_{33}) + I''(k_{33}, a_{34})$$

$$I(\text{catodo } 4) = I'(k_{34}, a_{34}) + I''(k_{34}, a_{35})$$

dove I' e I'' identificano le correnti che attraversano le frazioni di barra portacorrente comprese fra ogni coppia di contatti elettrici a cavallo di ogni catodo e ogni anodo.

Per una generica cella X valgono allora le relazioni:

$$I(\text{anodo } Y) = I''[k_{X(Y-1)}, a_{XY}] + I'(k_{XY}, a_{XY})$$

$$I(\text{catodo } Y) = I'[k_{(X+1)Y}, a_{(X+1)Y}] + I''[k_{(X+1)Y}, a_{(Y+1)(Y+1)}]$$

Data l'omogeneità del materiale e della configurazione delle barre portacorrente, il valore della resistenza R tra due contatti elettrici consecutivi di una barra è lo stesso.

Se V è la differenza di potenziale tra due generici contatti elettrici consecutivi, allora la relativa corrente è uguale a $1/(RxV)$.

Se I_{tot} è la corrente totale e sono presenti N catodi e $N + 1$ anodi per cella, allora in una cella si ha:

$$I_{\text{tot}} = \sum I(\text{anodo } Y) \text{ con } Y \text{ che va da } 1 \text{ a } N+1 \text{ oppure } I_{\text{tot}} = \sum I(\text{catodo } Y) \text{ con } Y \text{ che va da } 1 \text{ a } N.$$

In tutte le celle: $I_{\text{tot}} = (1/R) \times \{\sum V[k_{X(Y-1)}, a_{XY}] + V(k_{XY}, a_{XY})\}$ con Y che va da 1 a $N+1$, quindi in ogni cella: $1/R = I_{\text{tot}} / \{\sum V[k_{X(Y-1)}, a_{XY}] + V(k_{XY}, a_{XY})\}$ con Y che va da 1 a $N+1$.

La stessa valutazione di $1/R$ può essere effettuata partendo dalle correnti dei catodi in una cella.

Questa operazione viene fatta per tutte le barre portacorrente.

In particolare per il singolo anodo e il singolo catodo di una generica cella X si ha:

$$I(\text{anodo } Y) = 1/R \times \{V[k_{X(Y-1)}, a_{XY}] + V(k_{XY}, a_{XY})\}$$

$$I(\text{catodo } Y) = 1/R \times \{V[k_{(X+1)Y}, a_{(X+1)Y}] + V[k_{(X+1)Y}, a_{(Y+1)(Y+1)}]\}$$

Una persona esperta del ramo può usare altri modelli, come per esempio nel caso in cui siano presenti barre di compensazione.

In questo caso, con riferimento alla figura 4, se $I(\text{Banode } Y)$ è la corrente ricevuta dagli anodi dalla barra di compensazione sulla quale gli anodi poggiano dall'altro lato e b_X sono i punti di contatto tra la barra di compensazione e gli anodi, si ha:

$$I(\text{Banode } Y) = I[b_{X(Y+1)}, b_{XY}] - I[b_{XY}, b_{X(Y-1)}]$$

Indicando allora con R_b la resistenza della frazione di barra di compensazione compresa fra due contatti elettrici consecutivi si ottiene:

$I(\text{Banode } Y) = 1/R_b * \{V[b_{X(Y+1)}, b_{XY}] - V[b_{XY}, b_{X(Y-1)}]\}$, e la corrente totale agli anodi sarà:

$$I(\text{corrente totale anodo } Y) = I(\text{anodo } Y) + I(\text{Banode } Y).$$

La precedente descrizione non intende limitare l'invenzione, che può essere utilizzata secondo diverse forme di realizzazione senza per questo discostarsi dagli scopi e la cui portata è univocamente definita dalle rivendicazioni allegate.

Nella descrizione e nelle rivendicazioni della presente domanda la parola "comprendere" e le sue variazioni quali "comprendente" e "comprende" non escludono la presenza di altri elementi o componenti aggiuntivi.

INDUSTRIE DE NORA S.p.A.

Enrico Ramunni,
Intellectual Property Supervisor

RIVENDICAZIONI

1. Barra portacorrente per celle di impianti elettrochimici comprendente:
 - un corpo principale allungato avente resistività omogenea, detto corpo comprendente alloggiamenti di uno o più contatti elettrici anodici e/o catodici, detti alloggiamenti posizionati a spaziatura costante;
 - sonde per il rilevamento del potenziale elettrico, dette sonde collegate tramite mezzi di fissaggio a detta barra portacorrente in corrispondenza di detti uno o più contatti elettrici.
2. Barra portacorrente secondo la rivendicazione 1, ove detti alloggiamenti di uno o più contatti elettrici anodici e catodici sono posizionati a spaziatura costante alternatamente in direzione longitudinale.
3. Barra portacorrente secondo la rivendicazione 1, ove detti alloggiamenti di uno o più contatti elettrici anodici e catodici sono posizionati a spaziatura costante in senso longitudinale su i due lati opposti della larghezza della barra.
4. Impianto elettrochimico comprendente una molteplicità di celle elettrolitiche, dette celle collegate in serie elettrica tra loro tramite barre portacorrente secondo una delle rivendicazioni 1, 2 o 3.
5. Impianto secondo la rivendicazione 4, ove detta molteplicità di celle è collegata in serie elettrica:
 - a una cella terminale anodica collegata al polo positivo di un raddrizzatore tramite una barra portacorrente avente alloggiamenti di uno o più contatti elettrici anodici;
 - e a una cella terminale catodica collegata al polo negativo di un raddrizzatore tramite una barra portacorrente avente alloggiamenti di uno o più contatti elettrici catodici;

dette barre portacorrente aventi sonde per il rilevamento del potenziale elettrico collegate tramite mezzi di fissaggio a dette barre portacorrente in corrispondenza di detti uno o più contatti elettrici.

6. Barra portacorrente secondo una delle rivendicazioni 1, 2 o 3 ove detti mezzi di fissaggio sono scelti tra bullonatura e saldatura.
7. Barra portacorrente secondo una delle rivendicazioni 1, 2 o 3 ove dette sonde per il rilevamento del potenziale elettrico sono cavi o fili.
8. Sistema per il monitoraggio in continuo della distribuzione di corrente in ogni elettrodo di celle elettrolitiche di impianti elettrochimici comprendente:
 - barre portacorrente con alloggiamenti di uno o più contatti elettrici anodici e/o catodici, dette barre comprendenti sonde per il rilevamento del potenziale elettrico collegate tramite mezzi di fissaggio a dette barre;
 - mezzi di computazione analogica o digitale per la misura dei valori d'intensità di corrente in ogni singolo elettrodo a partire dai valori di potenziale elettrico rilevati da dette sonde;
 - un dispositivo di allarme collegato a tutti gli elettrodi;
 - un processore atto a comparare la misura di intensità di corrente fornita da detti mezzi di computazione con un set di valori critici predefiniti per ogni elettrodo;
 - mezzi per attivare detto dispositivo di allarme qualora detta intensità di corrente risulti non congrua a detto valore critico predefinito corrispondente per ogni elettrodo.

INDUSTRIE DE NORA S.p.A.

Enrico Ramunni,
Intellectual Property Supervisor

Figura 1

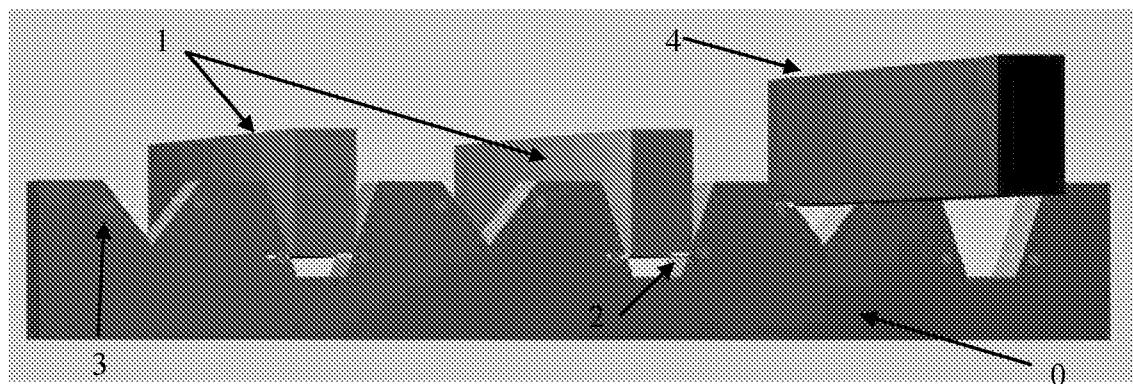
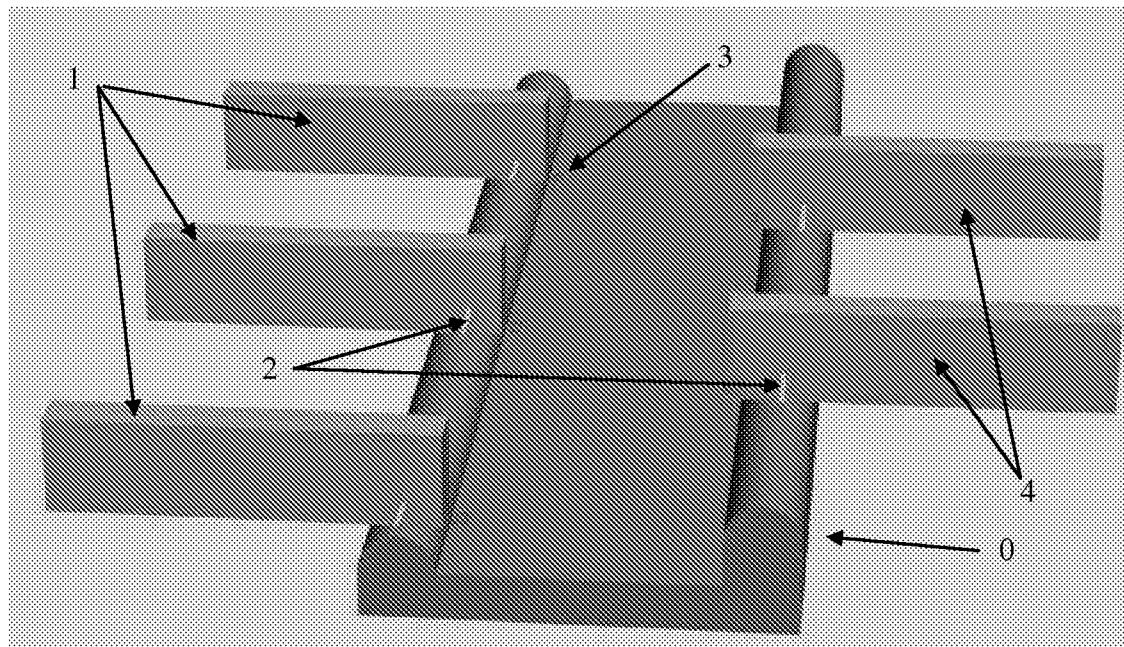


Figura 2



INDUSTRIE DE NORA S.p.A.

Enrico Ramunni,
Intellectual Property Supervisor

Figura 3

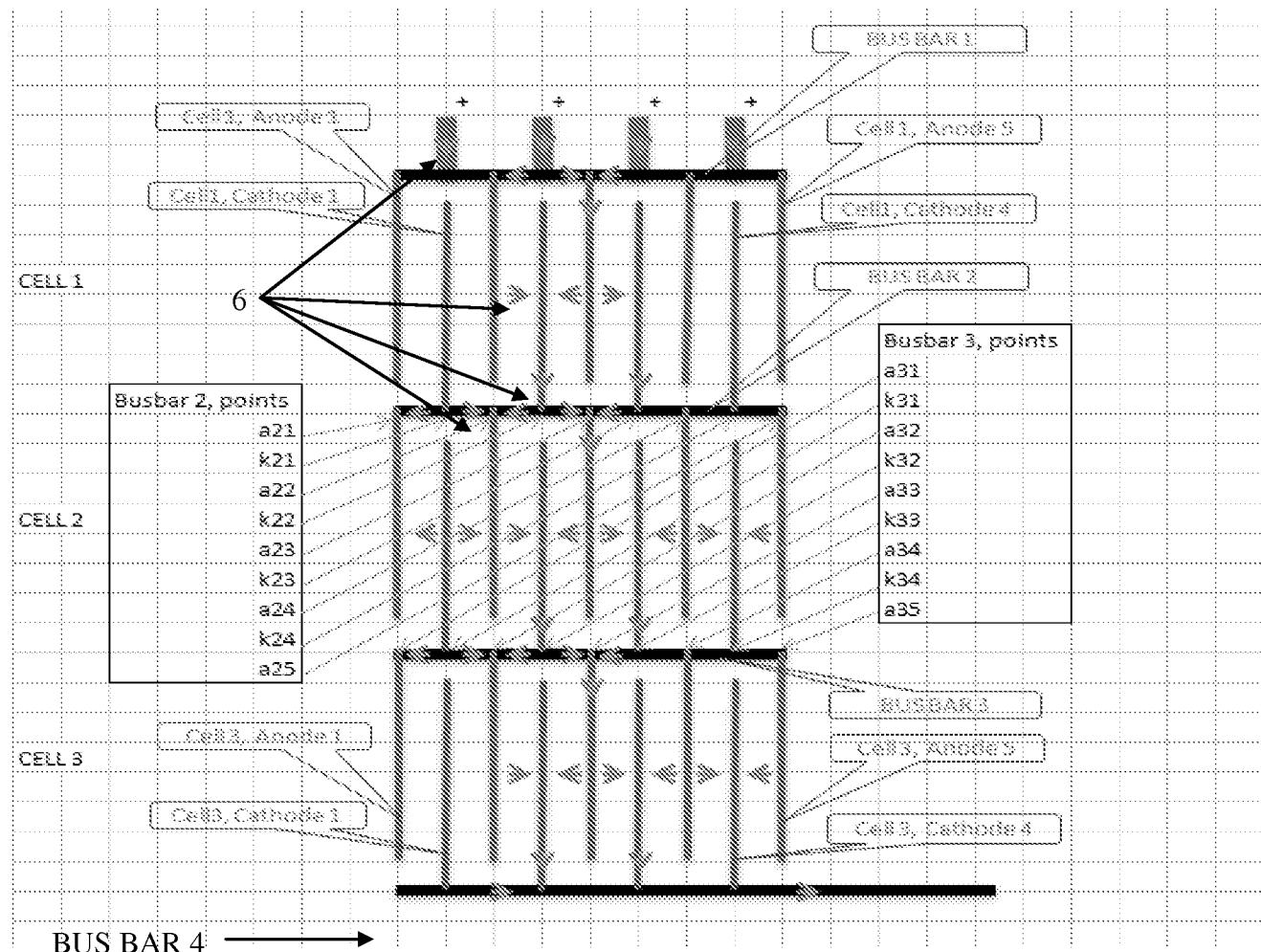
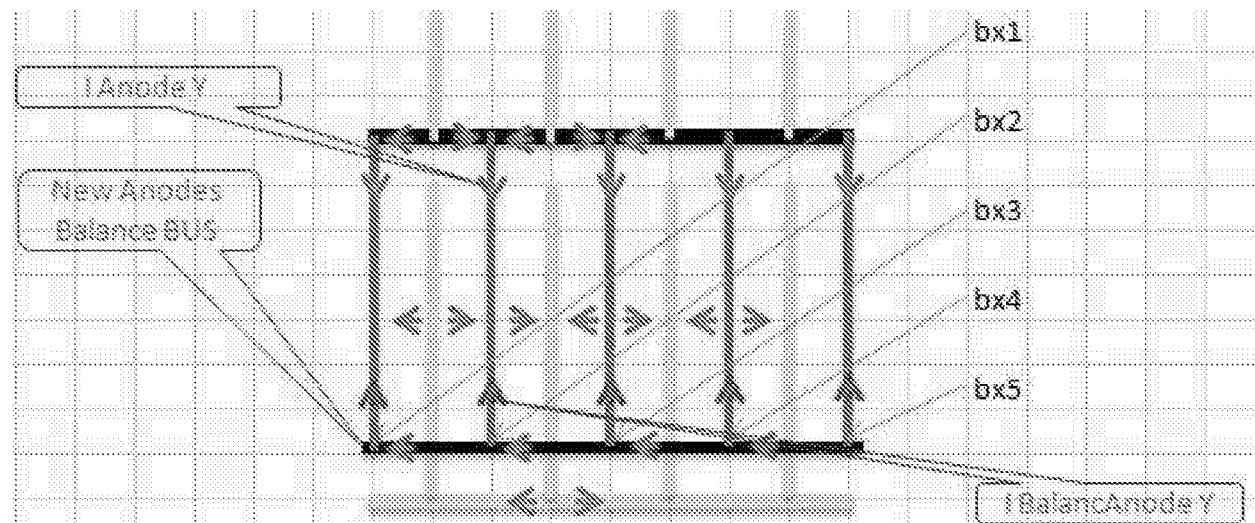


Figura 4



INDUSTRIE DE NORA S.p.A.
Enrico Ramunni,
Intellectual Property Supervisor