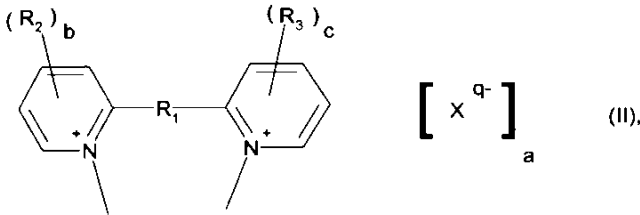
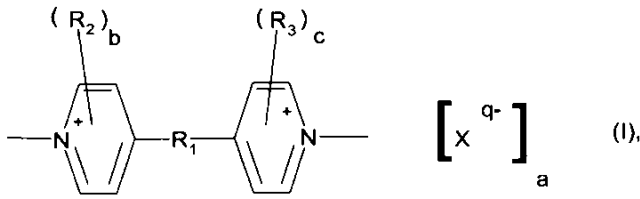


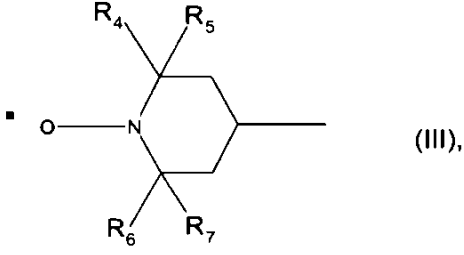
ÖZET**ELEKTRİK ENERJİSİNİN DEPOLANMASI İÇİN REDOKS
AKIŞLI HÜCRE VE ONUN KULLANILMASI**

Uygun maliyetli ve uzun ömürlü olan bir redoks akışlı hücre olup katolit ve
5 anolit için iki elektrot odacığı bulunan bir reaksiyon hücresini içerir,
bunların her biri, en az bir sıvı deposuna bağlıdır, bir iyon iletken membran
ile ayrılmıştır ve elektrotlar ile donatılmıştır; elektrot odacıklarının her biri,
redoks-aktif bileşenleri çözülmüş veya dağıtılmış halde ve opsiyonel olarak
çözülmüş iletken tuzlar ve icabında başka katkıları içeren elektrolit
10 çözeltiler ile doldurulmuştur. Özelliği, anolitin, Formül (I) veya Formül (II)
ile gösterilen bir ila altı radikali bulunan bir redoks-aktif bileşeni ve
katolitin, molekülün içinde, Formül (III) ile gösterilen bir ila altı radikali
bulunan bir redoks-aktif bileşeni veya demir tuzlarını ya da anolitin ve
katolitin, molekülün içinde, Formül (I) veya Formül (II) ile gösterilen bir
15 ila altı radikali, Formül (III) ile gösterilen bir ila altı radikal ile kombine
edilmiş halde içeren bir redoks-aktif bileşeni içeriyor olmasıdır.

İSTEMLER

1. Elektrik enerjisinin depolanması için öngörülen redoks akışlı hücredir, katolit ve anolit için iki elektrot odacığı bulunan bir reaksiyon hücresini ihtiva eder, bunların her biri, en az bir sıvı deposuna bağlıdır, bunlar bir
- 5 iyon iletken membran ile ayrılmıştır ve bunlar elektrotlar ile donatılmıştır, burada elektrot odacıklarının her biri, redoks-aktif bileşenleri çözülmüş veya bir elektrolit çözücü maddenin içine dağıtılmış halde ve ayrıca opsiyonel olarak onun içinde çözülmüş iletken tuzlar ve icabında daha başka katkıları ihtiva eden elektrolit çözelti ile doldurulmuştur, **özelliği,**
- 10 anolit, molekülün içinde, Formül I ile gösterilen bir ila altı radikali ihtiva eden ya da molekülün içinde, Formül II ile gösterilen bir ila altı radikali ihtiva eden bir redoks-aktif bileşeni ihtiva ediyor olmasıdır, ve katolitin, molekülün içinde, Formül III ile gösterilen bir ila altı radikali ihtiva eden bir redoks-aktif bileşeni ihtiva ediyor olmasıdır ya da anolit ve katolitin,
- 15 molekülün içinde, Formül I veya Formül II ile gösterilen bir ila altı radikali, Formül III ile gösterilen bir ila altı radikal ile kombine edilmiş halde ihtiva eden bir redoks-aktif bileşeni ihtiva ediyor olmasıdır





onların içinde, Formüller I ve II'nin yapılarının içindeki nitrojen atomlarından çıkan çizgiler ve Formül III'ün yapısının içinde 4- pozisyonundan çıkan çizgiler, Formüller I, II ve III'ün yapılarını, 5 molekülün geri kalanı ile birbirine bağlayan kovalent bağları teşkil eder,

R_1 bir kovalent C-C-bağı veya bir iki değerli köprü grubu,

R_2 ve R_3 birbirinden bağımsız olarak alkil, alkoksi, haloalkil, sikloalkil, aril, aralkil, heterosiklil, halojen, hidroksi, amino, nitro veya siyano anlamına gelir,

10 X bir q-değerli anorganik veya organik anyon ya da bu tür anyonların bir karışımı anlamına gelir,

b ve c birbirinden bağımsız olarak 0 ila 4 olan tam sayılardır,

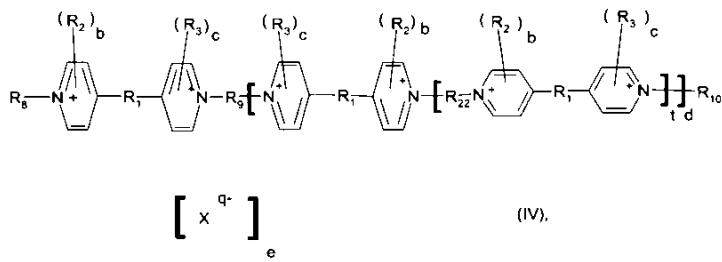
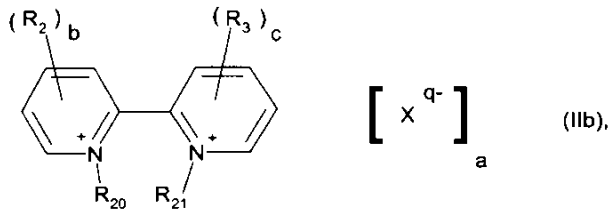
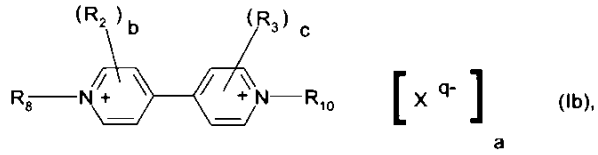
q 1 ila 3 olan bir tam sayıdır,

a $2/q$ değerine sahip bir sayıdır, ve

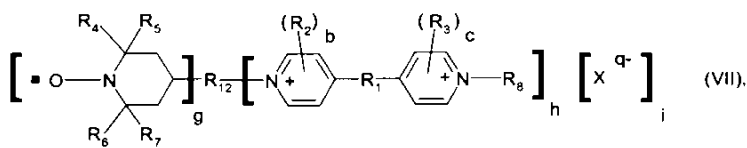
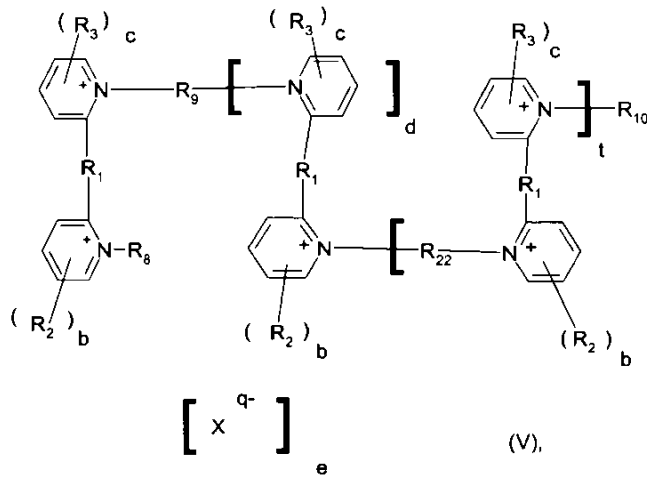
15 R_4 , R_5 , R_6 ve R_7 birbirinden bağımsız olarak alkil, sikloalkil, aril veya aralkil anlamına gelir.

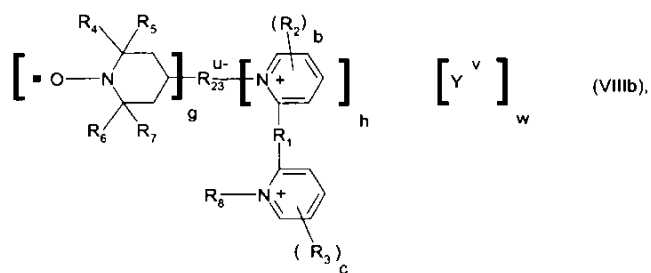
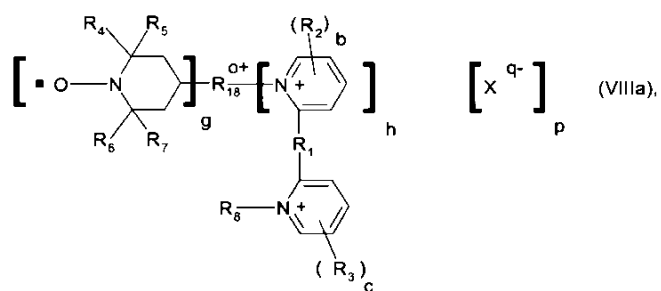
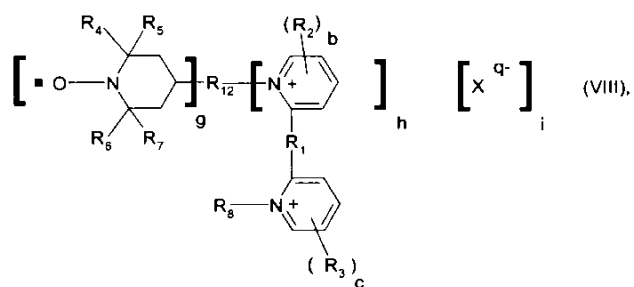
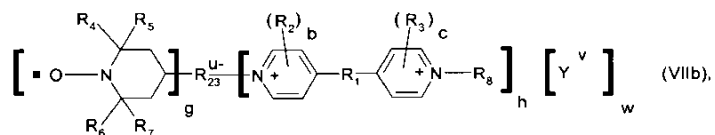
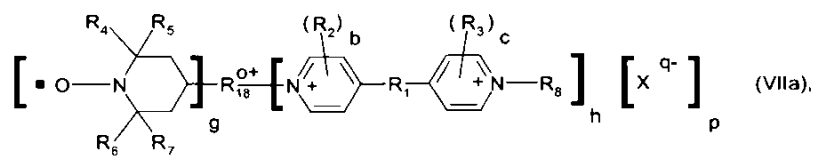
2. İstem 1'e göre redoks akışlı hücredir, **özelliği**, anolitin içinde, Formüller Ib, IIb, IV, V, VII, VIIa, VIIb VIII, VIIIa, VIIIb, IX, IXa, IXb, X, Xa, Xb,

XI, XIa, XIb, XII, XIIa ve/veya XIIb ile gösterilen bir bileşimin, redoks-aktif bileşen olarak kullanılıyor olmasıdır

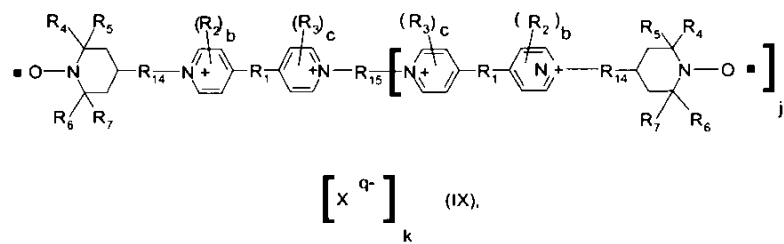


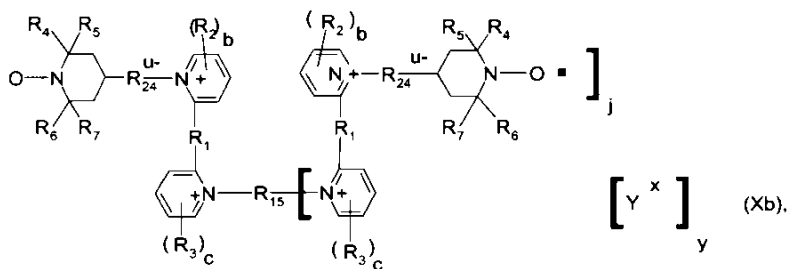
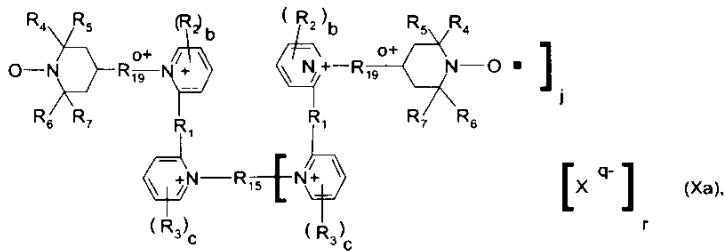
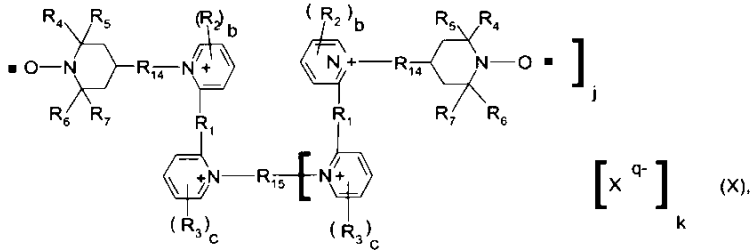
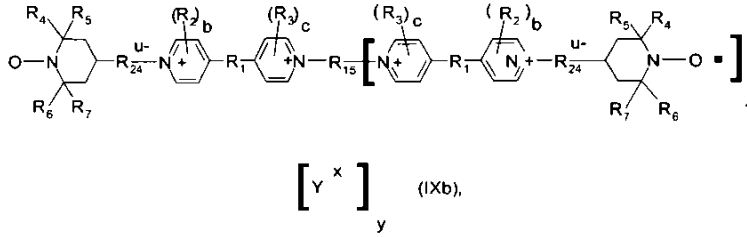
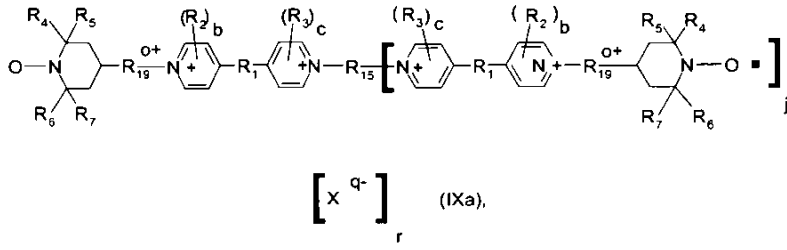
5

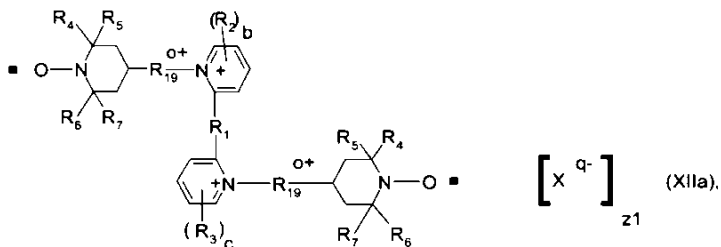
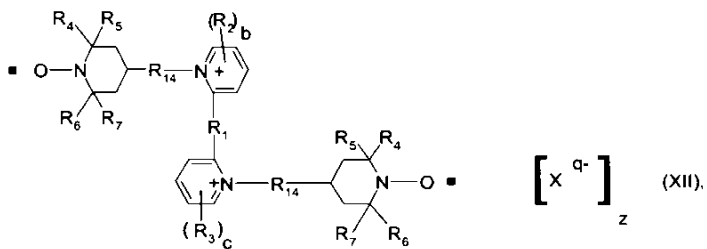
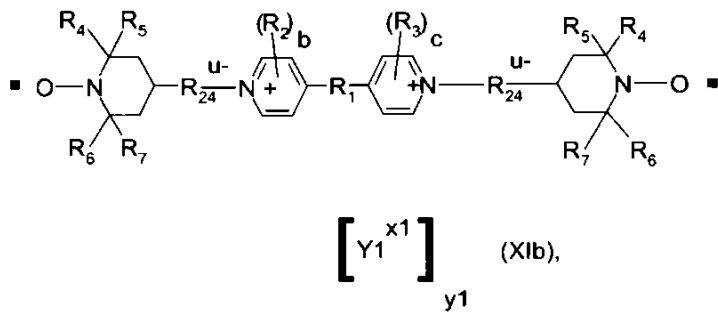
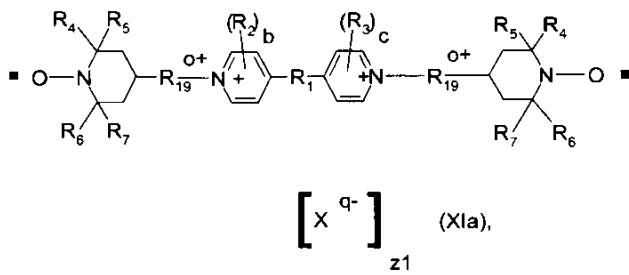
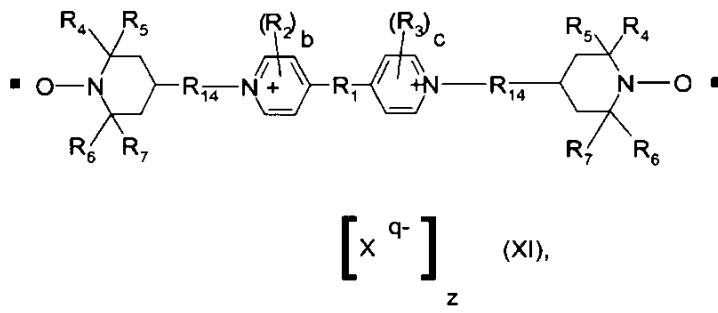


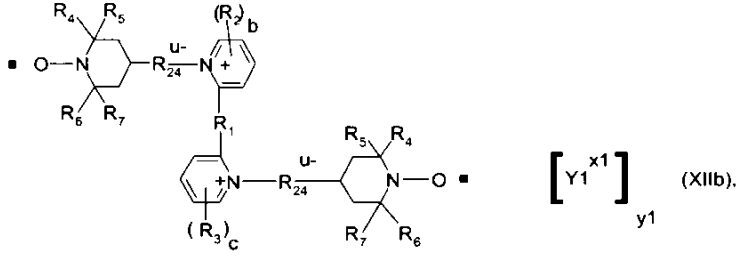


5









onların içinde

$R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7$ ve X İstem 1'de tanımlanan anlama sahiptir, R_8 ve R_{10} birbirinden bağımsız olarak hidrojen, opsiyonel olarak bir

5 karboksilikasitester-, karboksilikasitamid-, karboksilikasit-, sülfonikasit- veya amino grubu ile süstitüe edilmiş alkil, opsiyonel olarak bir karboksilikasitester-, karboksilikasitamid-, karboksilikasit-, sülfonikasit- veya amino grubu ile süstitüe edilmiş sikloalkil, opsiyonel olarak bir

10 veya amino grubu ile süstitüe edilmiş aril veya opsiyonel olarak bir karboksilikasitester-, karboksilikasitamid-, karboksilikasit-, sülfonikasit- veya amino grubu ile süstitüe edilmiş aralkil anlamına gelir, özellikle C_1-C_6 -alkil, bir karboksilikasitester grubu ile süstitüe edilmiş C_1-C_6 -alkil, bir karboksilikasitamid grubu ile süstitüe edilmiş C_1-C_6 -alkil, bir

15 karboksilikasit grubu ile süstitüe edilmiş C_1-C_6 -alkil, bir sülfonikasit grubu ile süstitüe edilmiş C_1-C_6 -alkil, veya bir amino grubu ile süstitüe edilmiş C_1-C_6 -alkil, ve özellikle çok tercihen hidrojen, propiyonat, izobütüyonat, etil veya metil, R_g bir iki ila altı değerli, özellikle iki ila dört değerli köprü grubudur,

20 R_{12} bir kovalent bağdır ya da bir iki ila altı değerli, özellikle iki ila dört değerli organik köprü grubudur,

R_{14} bir kovalent bağdır ya da bir iki değerli organik köprü grubudur,

R₁₅ bir iki ila altı değerli, özellikle iki ila dört değerli organik köprü grubudur,

R₁₈ bipyridil radikalinin nitrojen atomuna bir karbon atomu üzerinden kovalent bağlanmış olan bir o-defa pozitif yüklü iki ila altı değerli, özellikle iki ila dört değerli organik radikaldir, özellikle bir iki ila dört değerli kuarterner amonyum radikali, bir iki ila dört değerli kuarterner fosfonyum radikali, bir iki ila üç değerli ternari sülfonyum radikali ya da bir o-defa pozitif yüklü iki ila altı değerli, özellikle iki ila dört değerli heterosiklik radikal,

10 R₁₉ bipyridil radikalinin nitrojen atomuna bir karbon atomu üzerinden kovalent bağlanmış olan bir o-defa, tercihen bir defa pozitive yüklü iki değerli organik radikaldir, özellikle bir kuarterner amonyum radikali, bir kuarterner fosfonyum radikali, bir ternari sülfonyum radikali ya da bir o-defa, tercihen bir defa pozitif yüklü iki değerli heterosiklik radikaldir, R₂₀
 15 ve R₂₁ birbirinden bağımsız olarak hidrojen, opsiyonel olarak bir karboksilikasitester-, karboksilikasitamid-, karboksilikasit-, sülfonikasit- veya amino grubu ile süstitüe edilmiş alkil, opsiyonel olarak bir karboksilikasitester-, karboksilikasitamid-, karboksilikasit-, sülfonikasit- veya amino grubu ile süstitüe edilmiş sikloalkil, opsiyonel olarak
 20 karboksilikasitester-, karboksilikasitamid-, karboksilikasit-, sülfonikasit- veya amino grubu ile süstitüe edilmiş aril veya opsiyonel olarak bir karboksilikasitester-, karboksilikasitamid-, karboksilikasit-, sülfonikasit- veya amino grubu ile süstitüe edilmiş aralkil anlamına gelir ya da iki radikal R₂₀ ve R₂₁ birlikte bir C₁-C₃-alkilen grubu oluşturur, özellikle C₁-
 25 C₆-alkil, bir karboksilikasitester grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil, bir karboksilikasitamid grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil, bir

karboksilikasit grubu ile süstitüe edilmiş C_1-C_6 -alkil, bir sülfonikasit grubu ile süstitüe edilmiş C_1-C_6 -alkil, veya bir amino grubu ile süstitüe edilmiş C_1-C_6 -alkil'dir ya da birlikte etilen anlamına gelir, ve özellikle çok tercihen hidrojen, propiyonat, izobütiyonat, etil veya metil ya da birlikte
5 etilen anlamına gelir,

R_{22} bir iki değerli organik köprü grubudur,

R_{23} biperidil radikalinin nitrojen atomuna bir karbon atomu üzerinden kovalent bağlanmış olan bir u-defa negatif yüklü iki ila altı değerli, özellikle iki ila dört değerli organik radikaldir, özellikle bir veya iki
10 karboksilik- veya sülfonikasit grubu ile süstitüe edilmiş bir alkilen radikali, bir veya iki karboksilikasit- veya sülfonikasit grubu ile süstitüe edilmiş bir fenilen radikali ya da bir veya iki karboksilikasit- veya sülfonikasit grubu ile süstitüe edilmiş bir iki değerli heterosiklik radikaldir,

15 R_{24} biperidil radikalinin nitrojen atomuna bir karbon atomu üzerinden kovalent bağlanmış olan bir u-defa, tercihen bir defa negatif yüklü iki değerli organik radikaldir, özellikle bir karboksilikasit- veya sülfonikasit grubu ile süstitüe edilmiş bir alkilen radikali, bir karboksilikasit- veya sülfonikasit grubu ile süstitüe edilmiş bir

20 fenil radikali ya da bir karboksilikasit- veya sülfonikasit grubu ile süstitüe edilmiş bir iki değerli heterosiklik radikaldir,

a, b, c ve q İstem 1'de tanımlanan anlama sahiptir,

d 1 ila 5 olan, tercihen 1 ila 3 olan bir tam sayıdır,

e $(2 + 2d + 2t) / q$ değerine sahip bir sayıdır,

g 1 ila 5 olan, tercihen 1 ila 3 olan bir tam sayıdır

h 1 ila 5 olan, tercihen 1 ila 3 olan bir tam sayıdır,

burada g ile h'nin toplamı, 2 ila 6 olan, tercihen 2 ila 4 olan bir tam sayıdır,

5 i $2h / q$ değerine sahip bir sayıdır,

j 1 ila 5 olan, tercihen 1 ila 3 olan bir tam sayıdır,

k $(2 + 2j) / q$ değerine sahip bir sayıdır,

o 1 ila 4 olan bir tam sayıdır,

p $(o + 2h) / q$ değerine sahip bir sayıdır,

10 r $(3 + 3j) / q$ değerine sahip bir sayıdır,

t 0'dır ya da Rg bir iki değerli organik köprü grubu ise, 0 veya 1 anlamına gelir,

u 1 ila 4 olan bir tam sayıdır,

z $2 / q$ değerine sahip bir sayıdır,

15 z1 $(o+2) / q$ değerine sahip bir sayıdır

Y, $2h - u$ veya $2(2 - u) - u$ 'nun 0'dan büyük olması durumunda, bir v- veya x-değerli anorganik veya organik anyon ya da bu tür anyonların bir karışımı anlamına gelir, ya da $2h - u$ veya $2(2 - u) - u$ 'nun 0'dan küçük

olması durumunda, bir v- veya x-değerli anorganik veya organik katyon ya da bu tür katyonların bir karışımı anlamına gelir,

v -1 ila -3 olan ya da +1 ila +3 olan bir tam sayıdır,

x -1 ila -3 olan ya da +1 ila +3 olan bir tam sayıdır,

5 w 0 ya da $(-u + 2h) / v$ değerine sahip bir pozitif sayıdır,

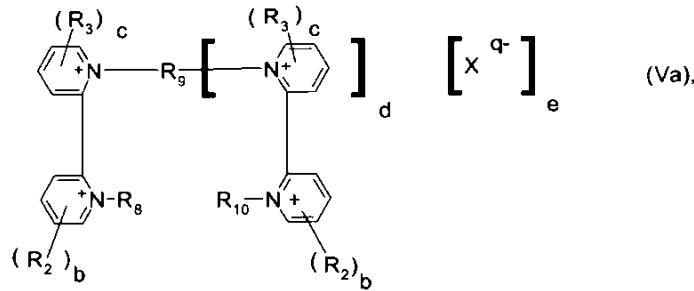
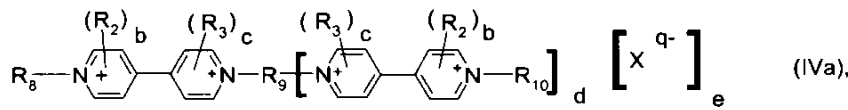
y 0 ya da $(2 - u) (j + 1) / x$ değerine sahip bir pozitif sayıdır,

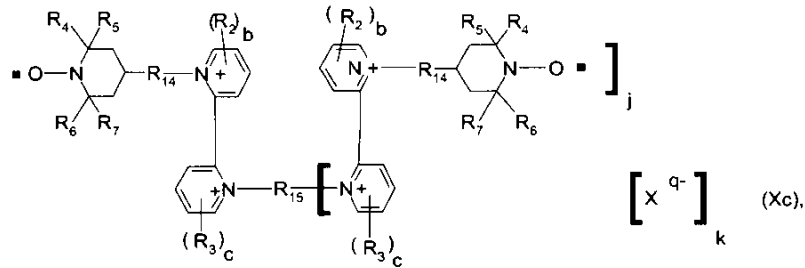
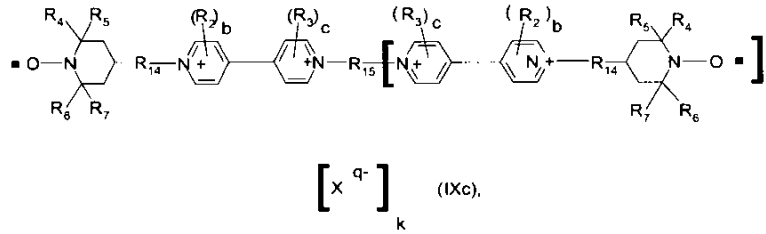
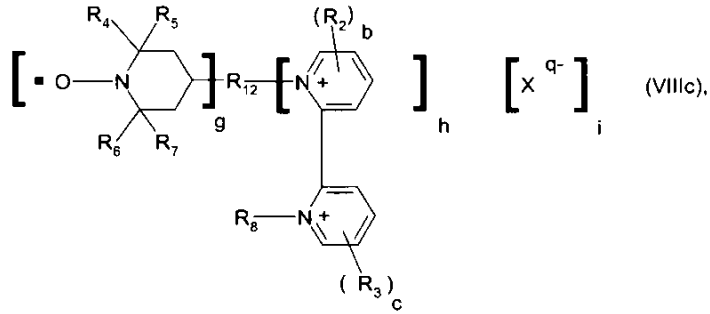
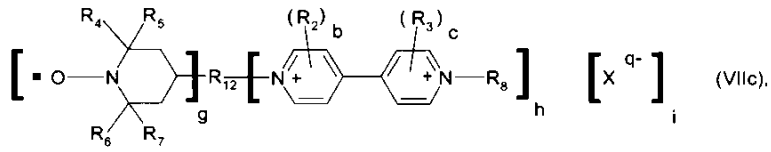
Y1, $2 - 2u$ 'nun 0'dan küçük olması durumunda, bir x1-değerli anorganik veya organik katyon ya da bu tür katyonların bir karışımı anlamına gelir,

x1 -1 ila -3 olan ya da +1 ila +3 olan bir tam sayıdır, ve

10 y1 0 ya da $(2 - 2u) / x1$ değerine sahip bir pozitif sayıdır.

3. İstem 2'ye göre redoks akışlı hücredir, **özelliği**, anolitin içinde, Formüller IVa, Va, VIIc, VIIIc, IXc ve/veya Xc ile gösterilen bir bileşiğin, redoks-aktif bileşen olarak kullanılıyor olmasıdır





5 onların içinde

$\text{R}_2, \text{R}_3, \text{R}_4, \text{R}_5, \text{R}_6, \text{R}_7$ ve X İstem 1'de tanımlanan anlama sahiptir,

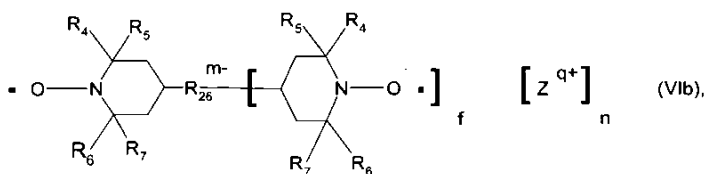
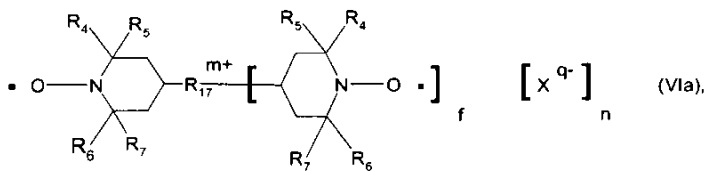
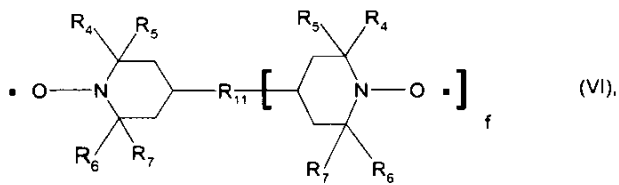
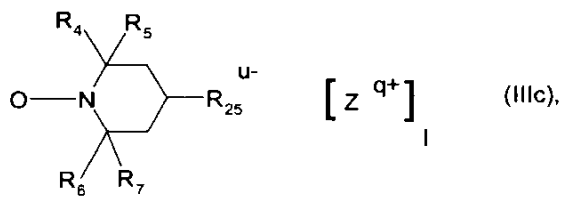
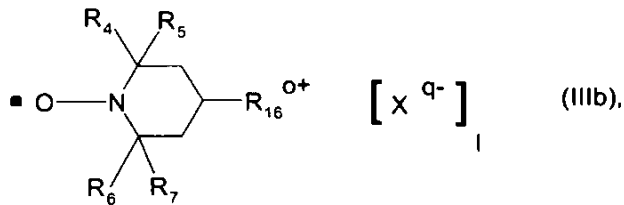
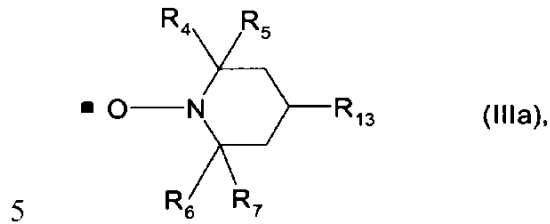
$\text{R}_8, \text{R}_9, \text{R}_{10}, \text{R}_{12}, \text{R}_{14}$ ve R_{15} İstem 2'de tanımlanan anlama sahiptir,

b, c ve q İstem 1'de tanımlanan anlama sahiptir,

ve

10 d, e, g, h, i, j ve k İstem 2'de tanımlanan anlama sahiptir.

4. İstem 1'e göre redoks akışlı hücredir, **özelliği**, katolitin içinde Formüller IIIa, IIIb, IIIc, VI, VIa ve/veya VIb veya İstem 2'de tanımlanan Formüller VII, VIIa, VIIb, VIII, VIIIa, VIIIb, IX, IXa, IXb, X, Xa ve/veya Xb ile gösterilen bir bileşiğin, redoks-aktif bileşen olarak kullanılıyor olmasıdır



onların içinde

R_4, R_5, R_6, R_7, X ve q İstem 1 'de tanımlanan anlama sahiptir,

o ve u İstem 2 'de tanımlanan anlama sahiptir,

R_{11} bir iki ila dört değerli organik köprü grubudur,

5 R_{13} hidrojen, alkil, alkoksi, haloalkil, sikloalkil, aril, aralkil, heterosiklil, halojen, hidroksi, amino, nitro veya siyano'dur, ve

R_{16} bir o -defa, tercihen bir defa pozitif yüklü tek değerli organik radikal, özellikle bir kuaterner amonyum radikali, bir kuaterner fosfonyum radikali, bir ternari sülfonyum radikali ya da bir o -defa, tercihen bir defa pozitif
10 yüklü bir tek değerli heterosiklik radikaldir,

R_{17} bir m -defa pozitif yüklü iki ila dört değerli organik radikal, özellikle iki ila dört değerli kuaterner amonyum radikali, bir iki ila dört değerli kuaterner fosfonyum radikali, bir iki ila dört değerli ternari sülfonyum radikali ya da bir m -defa pozitif yüklü iki ila dört değerli heterosiklik
15 radikaldir,

R_{25} bir u -defa, tercihen bir defa negatif yüklü bir tek değerli radikal, özellikle bir karboksilik- veya sülfonikası radikali ya da bir u -defa, tercihen bir defa negatif yüklü bir tek değerli heterosiklik radikaldir,

R_{26} bir m -defa negatif yüklü iki ila dört değerli organik radikal, özellikle
20 bir veya iki karboksilik- veya sülfonikası grubu ile süstitüe edilmiş bir alkilen radikali, ya da bir veya iki karboksilik- veya sülfonikası grubu ile süstitüe edilmiş bur fenilen radikali ya da bir veya iki karboksilik- veya

sülfonikasıit grubu ile sübstıtüe edilmiş bir iki değeri heterosiklik radikaldır,

Z bir q-değeri anorganik veya organik katyon ya da bu tür katyonların bir karışımı anlamına gelir,

5 f 1 ila 3 olan bir tam sayıdır,

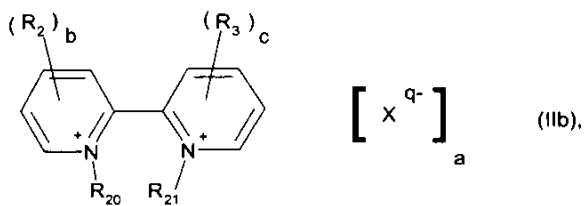
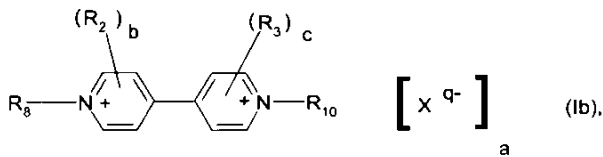
l o / q veya u / q değeriine sahip bir sayıdır,

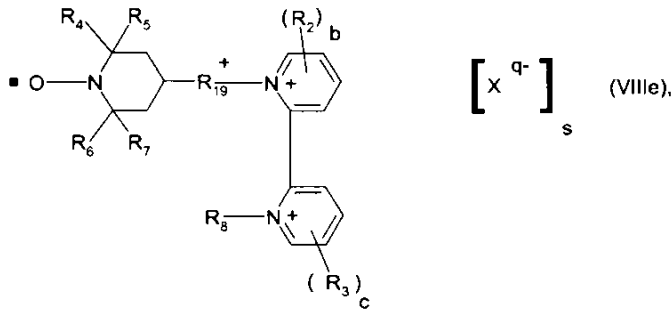
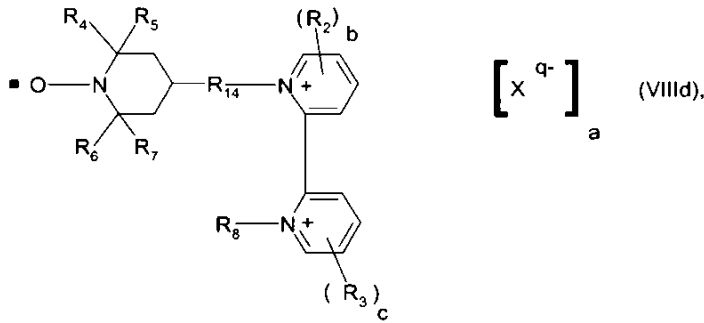
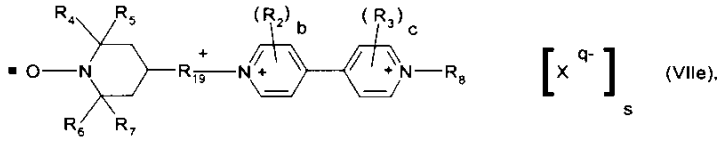
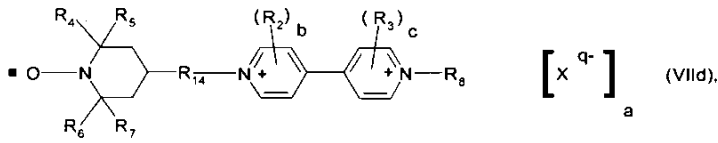
m 1 ila 4 olan bir tam ayıdır, ve

n m/q değeriine sahip bir sayı anlamına gelir.

5. İstemler 3 veya 4'ten bir tanesine göre redoks akışlı hücredir, **özelliği**,
10 katolitin içinde, İstem 3 veya 4'te tanımlanan Formüller VI, VIa, VIIc, VIIIc, IXc ve/veya Xc ile gösterilen bir bileşimin, redoks-aktif bileşik olarak kullanılıyor olmasıdır.

6. İstem 1'e göre redoks akışlı hücredir, **özelliği**, Formüller Ib, Iib, VIId, VIIe, VIId ve/veya VIIIe ile gösterilen bir bileşimin, redoks-aktif bileşik
15 olarak kullanılıyor olmasıdır





5 onların içinde

$R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7$ ve X İstem 1'de tanımlanan anlama sahiptir,

R_8, R_{10}, R_{14} ve R_{19} İstem 2'de tanımlanan anlama sahiptir,

R_{20} ve R_{21} birbirinden bağımsız olarak hidrojen, opsiyonel olarak bir karboksilikasitester-, karboksilikasitamid-, karboksilikasit-, sülfonikasit- veya amino grubu ile süstitüe edilmiş alkil, opsiyonel olarak bir karboksilikasitester-, karboksilikasitamid-, karboksilikasit-, sülfonikasit- veya amino grubu ile süstitüe edilmiş sikloalkil, opsiyonel olarak bir

karboksilikasitester-, karboksilikasitamid-, karboksilikasit-, sülfonikasit- veya amino grubu ile sübstitüe edilmiş aril veya opsiyonel olarak bir karboksilikasitester-, karboksilikasitamid-, karboksilikasit-, sülfonikasit- veya amino grubu ile sübstitüe edilmiş aralkil anlamına gelir ya da iki 5 radikal R_{20} ve R_{21} birlikte bir C_1-C_3 -alkilen grubu oluşturur, özellikle C_1-C_6 -alkil, bir karboksilikasitester grubu ile sübstitüe edilmiş C_1-C_6 -alkil, bir karboksilikasitamid grubu ile sübstitüe edilmiş C_1-C_6 -alkil, bir karboksilikasit grubu ile sübstitüe edilmiş C_1-C_6 -alkil, bir sülfonikasit grubu ile sübstitüe edilmiş C_1-C_6 -alkil, veya bir amino grubu ile sübstitüe 10 edilmiş C_1-C_6 -alkil'dir ya da birlikte etilen anlamına gelir, ve özellikle çok tercihen hidrojen, propiyonat, izobütiyonat, etil veya metil ya da birlikte etilen anlamına gelir,

a, b, c ve q İstem 1'de tanımlanan anlama sahiptir,

s 3 / q değerine sahip bir sayıdır, ve

15 burada Formüller Ib, Iib, VIId, VIIe, VIId ve/veya VIIIe ile gösterilen bileşikler anolitin içinde kullanılmaktadır ve Formüller VIIc, VIId, VIIc ve/veya VIId ile gösterilen bileşikler katolitin içinde kullanılmaktadır.

7. İstem 1'e göre redoks akışlı hücredir, **özelliği**, katolitin, İstem 4'e göre olan Formüller IIIa, IIIb veya IIIc ile gösterilen bileşikleri ve anolitin İstem 20 2'ye göre olan Formüller Ib veya Iib ile gösterilen bileşikleri ihtiva ediyor olmasıdır.

8. İstem 7'ye göre redoks akışlı hücredir, **özelliği**, katolitin, Formül IIIb ile gösterilen bir bileşiği ve anolitin Formül Ib ile gösterilen bir bileşiği ihtiva ediyor olmasıdır.

9. İstem 8'e göre redoks akışlı hücredir, **özelliği**, Formül IIIb ile gösterilen bileşiğin, 2,2,6,6-tetrametilpiperidin-4-(N,N,N-trialkilamonyum)'un bir tuzu olmasıdır ve Formül Ib ile gösterilen bileşiğin N, N'-dialkilviolojen'in bir tuzu olmasıdır.
- 5 10. İstem 1'e göre redoks akışlı hücredir, **özelliği**, katolitin içinde ve/veya anolitin içinde, İstemler 2, 3 veya 6'da tanımlanan Formüller VII, VIIa, VIIb, VIIc, VIId, VIIe, VIII, VIIIa, VIIIb, VIIIc, VIId, VIIle, IX, IXa, IXb, IXc, X, Xa, Xb veya Xc ile gösterilen bileşiklerin kullanılıyor olmasıdır.
- 10 11. İstemler 1 ila 10'dan bir tanesine göre redoks akışlı hücredir, **özelliği**, halojenür iyonlarını, hidroksit iyonlarını, fosfat iyonlarını, sülfat iyonlarını, perklorat iyonlarını, heksaflorfosfat iyonlarını veya tetraflorborat iyonlarını ihtiva eden ve ayrıca hidrojen iyonları, alkali- veya toprakalkalimetale katyonları ile süstitüe edilmiş veya süstitüe edilmemiş amonyum
15 katyonları grubundan seçilmiş olan bileşiklerin kullanılıyor olmasıdır.
12. İstemler 1 ila 11'den bir tanesine göre redoks akışlı hücredir, **özelliği**, onların içinde R₄, R₅, R₆ ve R₇'nin her birinin C₁-C₆-alkil ve özellikle çok tercihen etil veya metil anlamına geldiği Formüller III, VII, VIIa, VIIb VIII, VIIIa, VIIIb, IX, IXa, IXb, X, Xa veya Xb ile, özellikle IIIa, IIIb, V,
20 VIa, VIlc, VIId, VIIe, VIIIc, VIId, VIIle, IXc veya Xc ile gösterilen bir ila dört yapısal birimi ihtiva eden redoks-aktif bileşiklerin kullanılıyor olmasıdır.
13. İstemler 2, 3 veya 6'dan bir tanesine göre redoks akışlı hücredir, **özelliği**, onların içinde R₈ veya R₈ ve R₁₀'un hidrojen, C₁-C₆-alkil, bir
25 karboksilikasitalkilester grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil, bir

- karboksilikasitamid grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil, bir karboksilikasit grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil, bir sülfonikasit grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil veya bir amino grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil anlamına geldiği, ve özellikle çok tercihen hidrojen, propiyonat, izobütüyonat, etil veya metil anlamına geldiği Formüller IV, V, VII, VIIa, VIIb, VIII, VIIa veya VIIb, özellikle tercihen Formüller IVa, Va, VIIc veya VIIc ve özellikle çok tercihen Formüller Ib, VIId, VIIe, VIId veya VIIe ile gösterilen redoks-aktif bileşiklerin kullanılıyor olmasıdır.
- 10 **14.** İstem 4'e göre redoks akışlı hücredir, **özelliği**, onun içinde R₁₃'ün hidrojen, C₁-C₆-alkil, C₁-C₆-alkoksi, C₁-C₆-kısmi- veya perfloralkil, C₁-C₆-kısmi- veya perkloralkil, C₁-C₆-florkloralkil, fenil, benzil, flor, klor, hidroksi, amino, veya nitro anlamına geldiği Formül IIIa ile gösterilen redoks-aktif bileşiklerin kullanılıyor olmasıdır.
- 15 **15.** İstemler 1 ila 14'ten bir tanesine göre olan redoks akışlı hücrenin, yerinde sabit ve mobil uygulamalar için elektrik enerjisinin depolanması için, acil elektrikle besleme, doruk yük kompensasyonu için yerinde sabit depo olarak, özellikle fotovoltaiik ve rüzgar enerjisi sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarından olan veya da gaz-, kömür-, biyokütle-, gel-git- ve deniz elektrik santrallerinden olan elektrik enerjisinin ara depolanması için ya da elektro-mobilite alanındaki kullanımlar için, 20 karayolu, havayolu ve denizyolu araçlarında depo olarak kullanılmasıdır.

TARİFNAME

ELEKTRİK ENERJİSİNİN DEPOLANMASI İÇİN REDOKS AKIŞLI HÜCRE VE ONUN KULLANILMASI

Buluş, elektrik enerjisinin depolanması için öngörülen, genel dil
5 kullanımında redoks akış bataryası veya redoks akışlı batarya da denilen bir
redoks akışlı hücre ile ilgilidir. Redoks akışlı hücre, kutupluluğa özgü iki
odacığı ihtiva eder, onların içinde beher bir redoks-aktif kimyasal bileşik
veya bir redoks-aktif bileşik, her iki odacığın içinde, çözülmüş halde veya
bir elektrolit çözücü maddenin içine dağıtılmış olarak mevcut bulunur ve
10 bir sıvı deposuna bağlıdır. Bu şekilde, örneğin suyun veya organik çözücü
maddenin içinde çözülmüş ya da bir elektrolit çözücü maddenin içine
dağıtılmış olarak mevcut bulunan redoks-aktif bileşikler için iki birbirinden
bağımsız devre oluşturulur, bunlar, kutupluluğa özgü odacıkların arasındaki
bir membran ile ayrılmıştır. Bu membran üzerinden, iki odacık arasında
15 iyon alış-verişi gerçekleşir.

Hücreler özellikle yerinde sabit depo uygulamaları için, örneğin rüzgar
enerji veya güneş enerji santralleri için yedek batarya olarak ya da elektrik
şebekelerinde yük kompensasyonu için güç- ve reglaj rezervleri olarak,
veya da örneğin elektrikli arabaların ve elektronik cihazların çalıştırılması
20 için mobil enerji deposu olarak uygundur.

Redoks akışlı bataryalar (RFB), elektro-kimyasal enerji depolarıdır.
Elektrotlarda potansiyelin ayarlanması için gerekli olan bileşikler, bir
elektro-kimyasal reaktörün içinde, şarj- ve deşarj işlemi esnasında,
kendilerinin diğer redoks kademesine dönüştürülen çözülmüş, redoks-aktif
25 türlerdir. Bunun için, elektrolit çözeltileri (katolit, anolit) bir tanktan

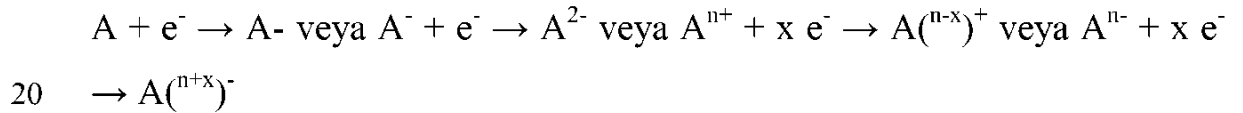
alınarak aktif olarak elektrotlara pompalanır. Anot- ile katot odacığı, reaktörün içinde, bir iyon-selektif membran ile ayrılmıştır, söz konusu membran, katyonlar, özellikle protonlar için yüksek bir selektiflik gösterir (örneğin Nafion™). Bunun yanı sıra, selektif olarak negatif yüklü iyonları geçiren ve pozitif yüklü iyonları bloke eden membranlar da mevcuttur. Ayrıca büyüklük selektif membranlar (örneğin diyaliz- veya ultrafiltrasyon membranları) kullanılır, bunlar hem anyonları hem de katyonları geçirir.

Bu buluş çerçevesinde, anot ile katot odacığı, aşağıdaki şekilde tanımlanır: Katot odacığı, elektrolit olarak katoliti ihtiva eder ve katot ile katoda dönük olan membran yüzeyi tarafından sınırlandırılmıştır. Anot odacığı, elektrolit olarak anoliti ihtiva eder ve anot ile anoda dönük olan membran yüzeyi tarafından sınırlandırılmıştır.

Katotta, deşarj esnasında, redoks-aktif bileşenin redüksiyonu ve şarj esnasında oksidasyonu meydana gelir. Anotta, deşarj esnasında, redoks-aktif bileşenin oksidasyonu ve şarj esnasında redüksiyonu meydana gelir..

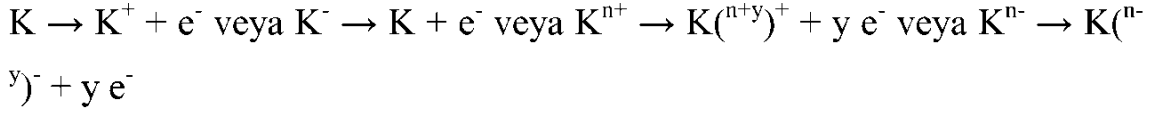
Bir redoks akışlı hücrenin esnasında, şarj işlemi esnasında, reaksiyonların örnek niteliğindeki tarifleri:

Anot



Burada A redoks-aktif bileşendir ve n ve x \geq bir olan bir doğal sayıyı alabilir. Elektronlar e- ile sembolize edilir.

Katot



Burada K redoks-aktif bileşendir ve n ve y \geq bir olan bir doğal sayıyı alabilir. Elektronlar e- ile sembolize edilir.

- 5 Hücrenin deşarjı esnasında, yukarıda belirtilen reaksiyonlar tersine döner.

Elektrolit çözeltisi pompalandığı sürece, akım alınabilir (deşarj) ve sistemin içine beslenebilir (şarj). Böylece, bir RFB'nin içine depolanabilen enerji miktarı, depolama tankının büyüklüğü ile doğrudan orantılıdır. Buna karşın, alınabilen güç, elektro-kimyasal reaktörün büyüklüğünün bir fonksiyonudur.

RFB'ler, bir yakıt hücresininkine yaklaşık olarak uygun olan kompleks bir sistem tekniğine (BoP - Balance of Plant) sahiptir. Tekli reaktörlerin alışılmış konstrüksiyon büyüklükleri takriben 2 ila 50 kW aralığındadır. Reaktörler çok kolay bir şekilde modüler olarak kombine edilebilir, aynı şekilde tank büyüklüğü de istenilen şekilde buna göre adapte edilebilir. Her iki tarafta redoks çifti olarak vanadyum bileşikleri ile çalışan RFB'ler özel bir öneme sahiptir (VRFB). Bu sistem, ilk defa 1986 yılında çalıştırılmıştır (AU 575247 B) ve şu anda tekniğin bilinen durumunu teşkil etmektedir.

Daha başka anorganik, düşük moleküler ağırlıklı redoks çiftleri (redoks-aktif bileşikler), diğerlerinin yanı sıra aşağıdakilere dayalı olarak, incelenmiştir

- Cer (B. Fang, S. Iwasa, Y. Wei, T. Arai, M. Kumagai: "A study of the Ce(III)/Ce(IV) redox couple for redox flow battery application", Electrochimica Acta 47, 2002, 3971-3976),

- Ruthenium (M. H. Chakrabarti, E. Pelham, L. Roberts, C. Bae, M. Saleem: "Ruthenium based redox flow battery for solar energy storage", Energy Conv. Manag. 52, 2011,2501-2508]
- Krom (C-H. Bae, E. P. L. Roberts, R. A. W. Dryfe: "Chromium redox couples for application to redox flow batteries", Electrochimica Acta 48, 2002, 279-87)
- Uran (T. Yamamura, Y. Shiokawa, H. Yamana, H. Moriyama: "Electrochemical investigation of uranium β -diketonates for all-uranium redox flow battery", Electrochimica Acta 48, 2002, 43-50)
- 10 • Mangan (F. Xue, Y. Wang, W. Hong Wang, X. Wang: "Investigation on the electrode process of the Mn(II)/Mn(III) couple in redox flow battery", Electrochimica Acta 53, 2008, 6636-6642)
- Demir (L. W. Hruska, R. F. Savinell: "Investigation of Factors Affecting Performance of the Iron-Redox Battery", J.Electrochem. Soc.,128:1, 1981, 15 18-25).

Sulu çözeltilerin içinde organik ve kısmen organik sistemler de yine üzerinde yoğunlaşıldığı konular arasında yer alır. Böylece, 2014 yılı Ocak ayında, antrakinon-disülfonikası/brom sistemi yayınlanmıştır, söz konusu bu sistem çok yüksek bir akım yoğunluğuna izin vermektedir, ancak elementer bromun kullanımından dolayı, bütün batarya bileşenlerinin malzemesine ve sistem güvenliğine yönelik yüksek gereklilikler talep edilmektedir. (B. Huskinson, M. P. Marshak, C. Suh, S. Er, M. R. Gerhardt, C. J. Galvin, X. Chen, A. Aspuru-Guzik, R. G. Gordon, M. J. Aziz: "A metal free organic-inorganic aqueous flow battery", Nature 505, 2014, 195-25 198). Sulu çözelti içinde tam organik sistemler olarak yine kinonlar test

edilmektedir (B.Yang, L. Hooper-Burkhard, F. Wang, G. K. Surya Prakash, S. R. Narayanan: "An inexpensive aqueous flow battery for large-scale electrical energy storage based on water-soluble organic redox couples": J. Electrochem. Soc., 161 (9), 2014, A1361 - A1380). Ancak, redoks-sistemlerinin içinde mantıklı şekilde uygulanabilen akım yoğunlukları 5 mA/cm²'den daha azıyla sınırlıdır ve maksimum ulaşılabilir kapasitesi 10 Ah/l'nin altı mertebesinde. Stabil radikal-molekül 2,2,6,6-tetrametil-1-piperidoniloksil (TEMPO) de zaten redoks akışlı bataryaların içinde, N-metilftalimid'ler ile birlikte, kullanılmıştır. (Z. Li, S. Li, S. Liu, K. Huang, D. Fang, F. Wang, S. Peng: "Electrochemical properties of an allorganic redox flow battery using 2,2,6,6-Tetramethyl-1-Piperidonyloxyl and N-Methylphthalimid": Electrochemical and Solid-State Letters, 14 (12), 2011, A171-A173) Oluşan potansiyellerden ve başlangıç maddelerinin çözünebilirliklerinden dolayı, bu malzeme sistemi öyle kolayca sulu ortamın içinde kullanılamamaktadır, bilakis örneğin asetonyitril gibi tehlikeli maddeleri çözücü madde olarak şart koşmaktadır. Ayrıca, bu sistemde, ulaşılabilen akım yoğunlukları 0,35 mA/cm² ile, buluşta önerilen malzeme sistemlerinde olandan en az 100 faktörü kadar daha küçüktür. Başka elektrolit sistemleri mesela LiPF₆ ve TEMPO (X. Wie, W. Xu, M. Vijayakumar, L. Cosimbescu, T. Liu, V. Sprenkle, W. Wang: " TEMPO-based catholyte for high-energy density redox flow batteries" Adv. Mater. 2014 Vol. 26, 45, p7649-7653) de yine, arıza durumunda örneğin hidrojen florür gibi zehirli gazları açığa çıkartabilen ve böylece sistem güvenliğine yönelik yüksek gereklilikler talep eden organik çözücü maddeleri ve iletken tuzları şart koşmaktadır.

WO 2014/026728 A1'den, yarı-geçirgen membranları bulunan redoks akışlı hücreler bilinmektedir, onlarda redoks çifti olarak, yüksek moleküler

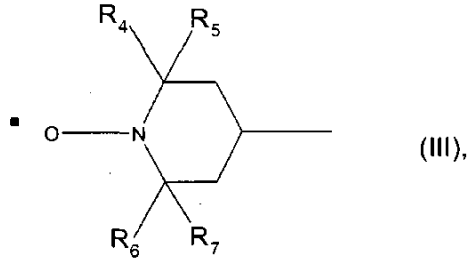
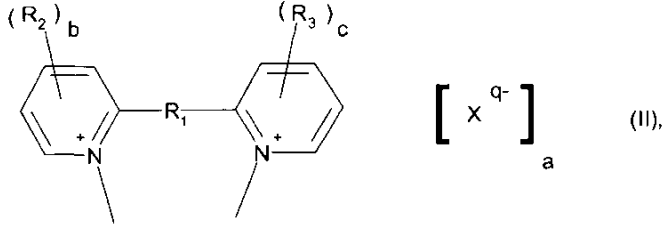
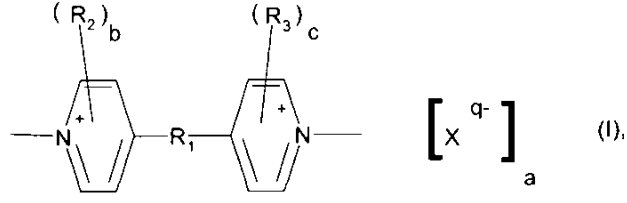
ağırlıklı bileşikler kullanılır. Örnekte, katolit olarak bir poli(2,2,6,6-tetrametilpiperidiniloksimetakrilat-ko-poli(etilenglikolmetileter-metakrilat kullanılmaktadır ve anolit olarak bir poli(4,4'-bipiridin-ko-poli(etilenglikol).

- 5 Bu buluşa, seçilmiş redoks-aktif malzeme sistemleri bulunan, güvenli şekilde, uygun maliyetle ve verimli şekilde çalıştırılabilen, pompalanabilirliği iyileştirilmiş bir elektrolit çözeltisi ihtiva eden, hatalı membran noktaları üzerinden çapraz kontaminasyon durumunda da halen çalışabilen ve onda, bilinen çözümlere nazaran büyütülmüş bir potansiyel
- 10 seviyesine ulaşılabilirdiği bir redoks akışlı hücrenin sağlanması görevi temel teşkil etmektedir. Buluşa göre kullanılan redoks-aktif bileşenler, WO 2014/026728 A1'den bilinen polimer redoks-aktif bileşiklere kıyasla, belirgin ölçüde azaltılmış olan bir viskozite ile karakterizedir. Bilinen polimer redoks istemlerine kıyasla, konsantre çözeltilerin viskozitesi,
- 15 benzer kapasitede (1 mol/L redoks-aktif birimler) belirgin ölçüde daha azdır, böylece çözeltilerin pompalanması esnasında, daha az basınç kayıpları meydana gelmektedir, bu ise kendisini daha iyi bir enerji verimliliği ile göstermektedir. Böylece, konsantre N-dimetilviolojen klorür çözeltiler oda sıcaklığında 5 mPas olan bir viskoziteye sahiptir, konsantre
- 20 N-metilviolojenpolimer çözeltileri ise, aynı kapasitede, oda sıcaklığında, 20 mPas olan bir viskoziteye sahiptir. Buluşa göre kullanılan malzeme sistemleri, ayrıca bir de, asit bazlı elektrolitlere nazaran daha düşük olan bir korozivite ile karakterizedir.

- Görev, katalizörler olmadan çalıştırılabilen, suyun içinde çok iyi
- 25 çözülebilen, uygun fiyatlı olan ve birbiriyle uyumlu olan seçilmiş redoks-aktif malzeme sistemleri bulunan redoks akışlı hücrelerin sağlanması ile

çözümlemektedir. Redoks-aktif malzeme sistemleri, dispersiyonlar olarak da kullanılabilir.

Mevcut buluş, elektrik enerjisinin depolanması için öngörülen bir redoks akışlı hücre ile ilgilidir, söz konusu redoks akışlı hücre, katolit ve anolit için iki elektrot odacığı bulunan bir reaksiyon hücresini ihtiva eder, bunların her biri, en az bir sıvı deposuna bağlıdır, bunlar bir iyon iletken membran ile ayrılmıştır ve bunlar elektrotlar ile donatılmıştır, burada elektrot odacıklarının her biri, redoks-aktif bileşenleri çözülmüş veya bir elektrolit çözücü maddenin içine dağıtılmış halde ve ayrıca opsiyonel olarak onun içinde çözülmüş iletken tuzlar ve icabında daha başka katkıları ihtiva eden elektrolit çözeltiler ile doldurulmuştur. Buluşa göre olan redoks akışlı hücrenin özelliği, anolitin, molekülün içinde, Formül I ile gösterilen bir ila altı, tercihen bir ila dört, özellikle bir ila üç ve özellikle çok tercihen bir ila iki radikali ihtiva eden ya da molekülün içinde Formül II ile gösterilen bir ila altı, tercihen bir ila dört, özellikle bir ila üç ve özellikle çok tercihen bir ila iki radikali ihtiva eden bir redoks-aktif bileşeni ihtiva ediyor olmasıdır ve katolitin, molekülün içinde, Formül III ile gösterilen bir ila altı, tercihen bir ila dört, özellikle bir ila üç ve özellikle tercihen bir ila iki radikali ihtiva eden veya demir tuzlarını ihtiva eden bir redoks-aktif bileşeni ihtiva ediyor olmasıdır ya da anolitin ve katolitin, molekülün içinde, Formül I veya Formül II ile gösterilen bir ila altı, tercihen bir ila dört, özellikle bir ila üç ve özellikle çok tercihen bir ila iki radikali, Formül III ile gösterilen bir ila altı, tercihen bir ila dört, özellikle bir ila üç ve özellikle çok tercihen bir ila iki radikal ile kombine edilmiş halde ihtiva eden bir redoks-aktif bileşeni ihtiva ediyor olmasıdır



onların içinde

- 5 Formüller I ve II'nin yapılarının içindeki nitrojen atomlarından çıkan çizgiler ve Formül III'ün yapısının içinde 4-pozisyonundan çıkan çizgiler, Formüller I, II ve III'ün yapılarını, molekülün geri kalanı ile birbirine bağlayan kovalent bağları teşkil eder,

- 10 R_1 bir kovalent C-C-bağdır veya bir iki değerli köprü grubu, özellikle bir kovalent C-C-bağı, bir arilen grubu veya bir heteroarilen grubu, ve özellikle çok tercihen bir kovalent C-C-bağı, bir fenilen grubu, bir bifenilen grubu veya bir tiyofenilendiil grubu,

- 15 R_2 ve R_3 birbirinden bağımsız olarak alkil, alkoksi, haloalkil, sikloalkil, aril, aralkil, heterosiklil, halojen, hidroksi, amino, nitro veya siyano anlamına gelir,

X bir q-değerli anorganik veya organik anyon ya da bu tür anyonların bir karışımı anlamına gelir,

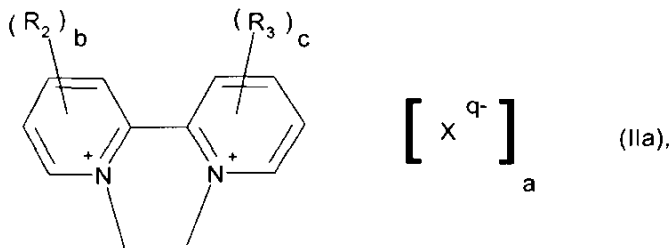
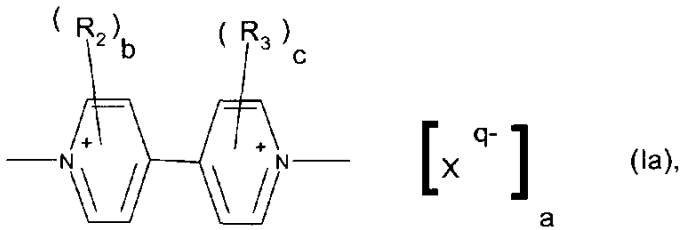
b ve c birbirinden bağımsız olarak 0 ila 4, tercihen 1, 1 veya 2 bir tam sayıdır,

5 q 1 ila 3 olan bir tam sayıdır,

a 2/q değerine sahip bir sayıdır, ve

R₄, R₅, R₆ ve R₇ birbirinden bağımsız olarak alkil, sikloalkil, aril veya aralkil anlamına gelir, özellikle C₁-C₆-alkil ve özellikle çok tercihen etil veya metil.

10 Anolitin içinde tercih edilerek kullanılan redoks-aktif bileşenler, molekülün içinde, Formül Ia ve/veya Formül IIa ile gösterilen bir ila dört radikali ihtiva eder

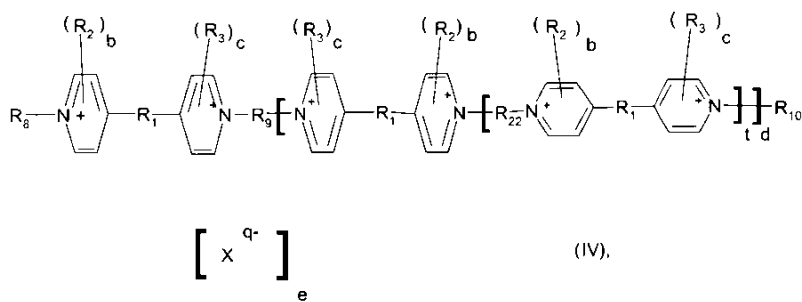
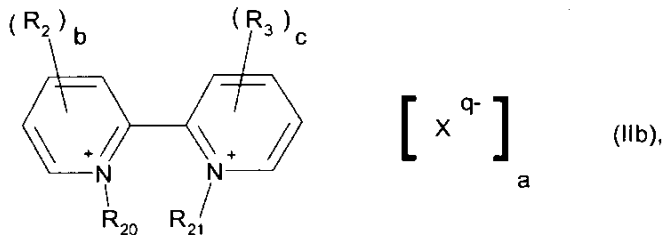
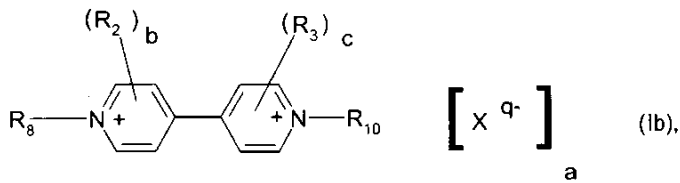


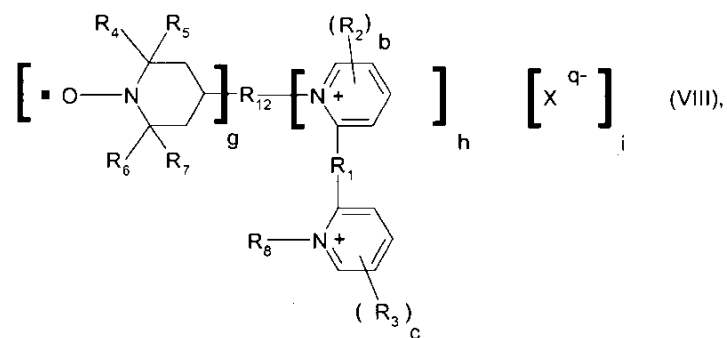
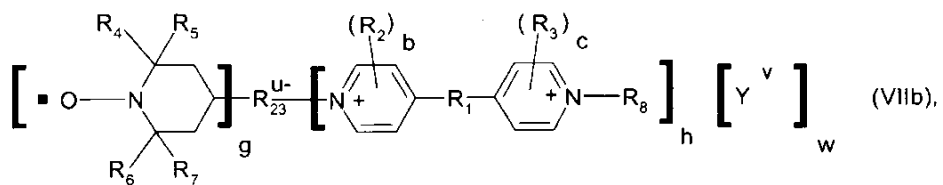
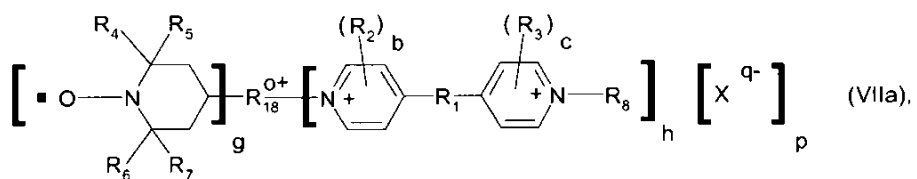
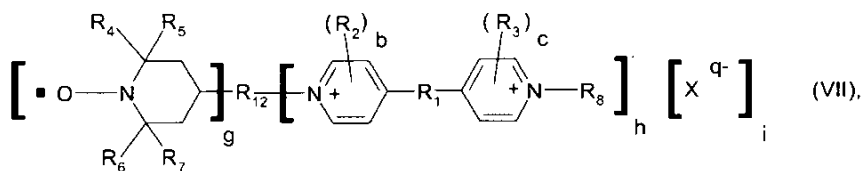
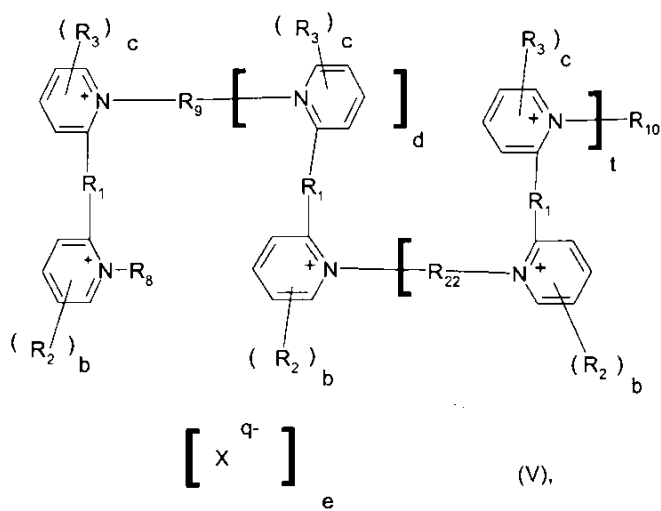
15 onların içinde

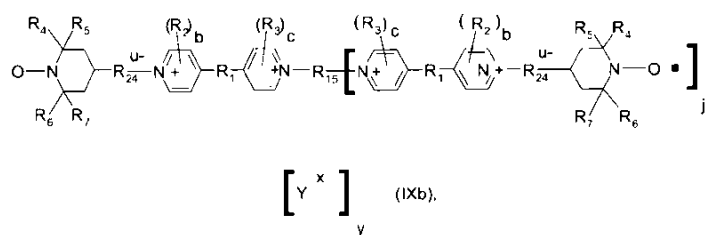
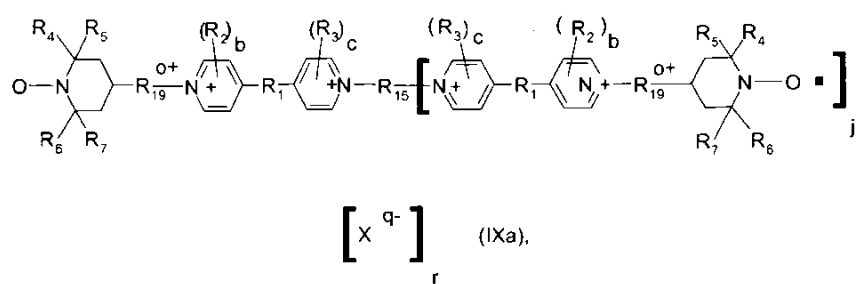
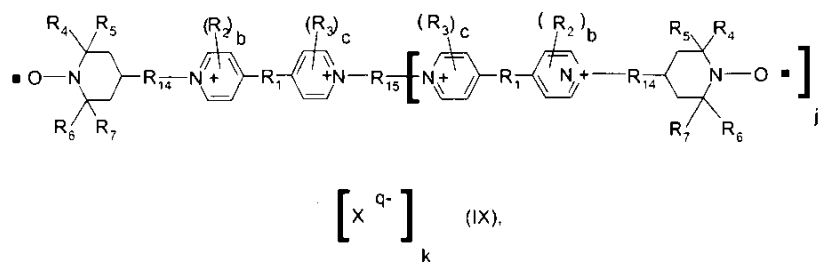
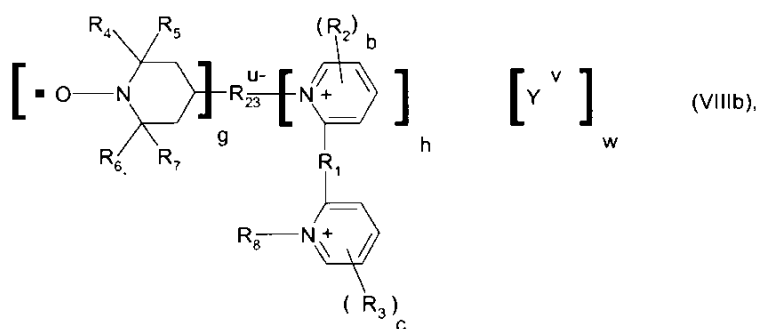
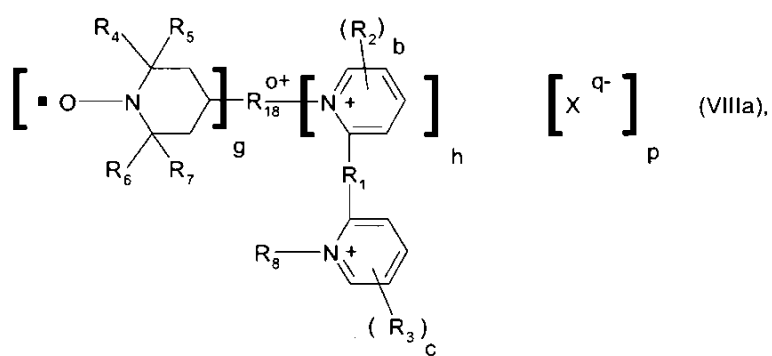
Formüller Ia ve IIa'nin yapılarının içindeki nitrojen atomlarından çıkan çizgiler, Formüller Ia ve IIa'nın yapılarını, molekülün geri kalanı ile birbirine bağlayan kovalent bağları teşkil eder,

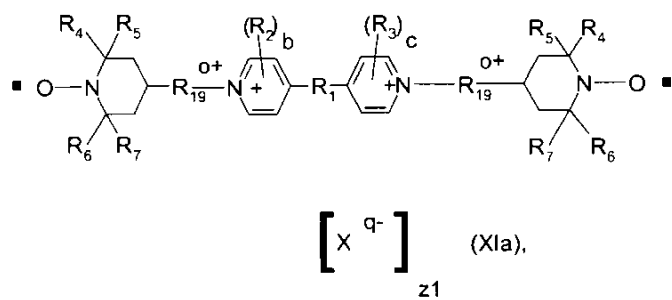
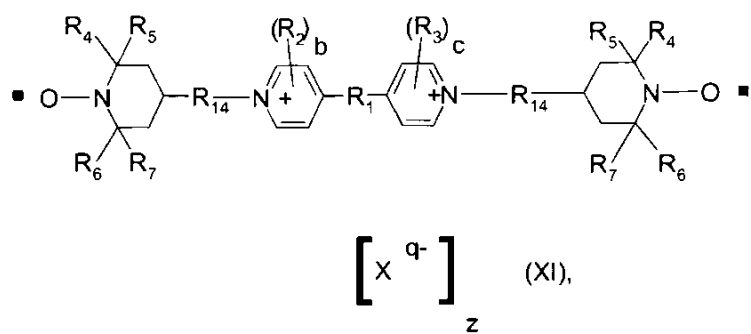
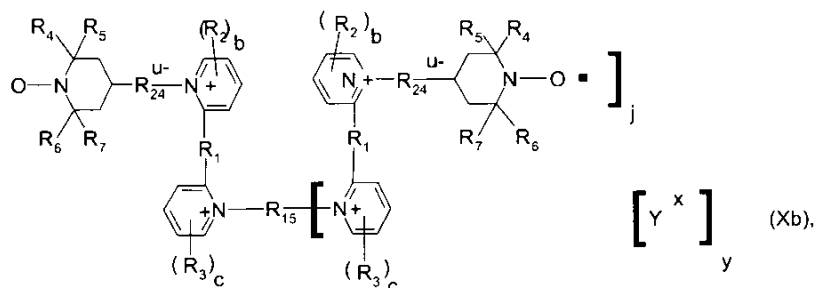
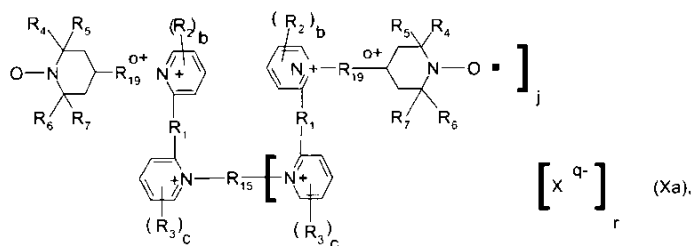
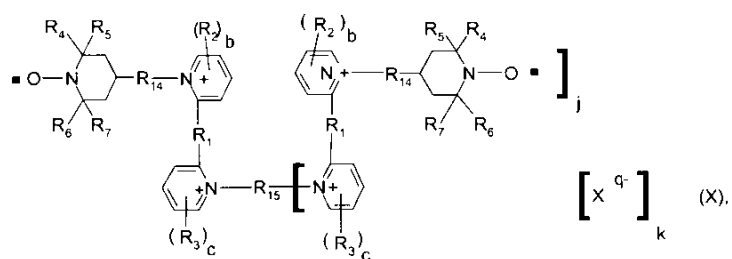
R_2 , R_3 , X, a, b, c ve q yukarıda belirtilen anlama sahiptir.

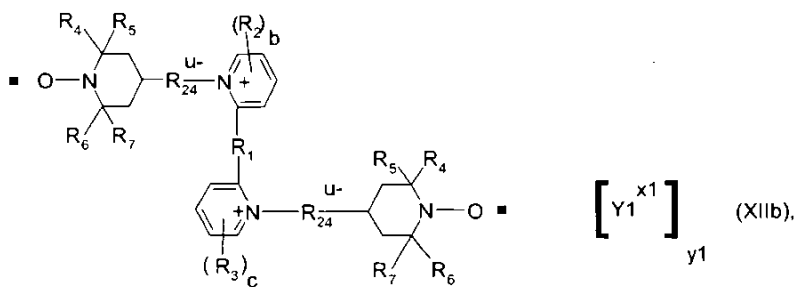
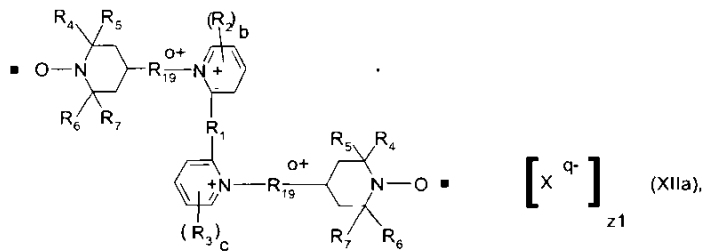
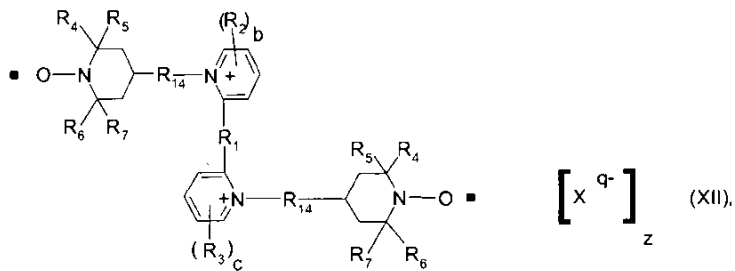
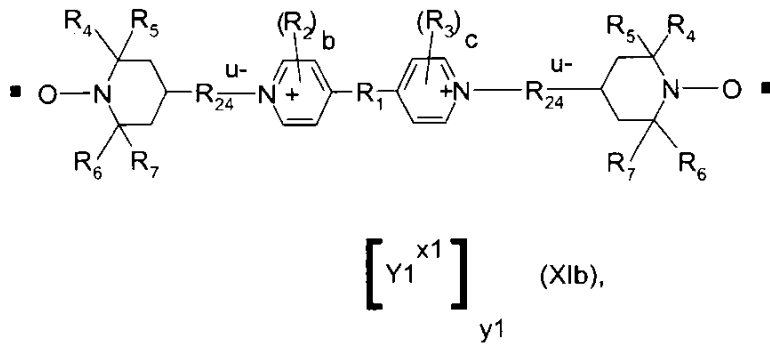
- 5 Anolitin içinde tercih edilerek kullanılan redoks-aktif bileşenler Formüller Ib, IIb, IV, V, VII, VIIa, VIIb VIII, VIIIa, VIIIb, IX, IXa, IXb, X, Xa, Xb, XI, XIa, XII, XIIa ve XIIb ile gösterilen bileşiklerdir











5 onların içinde

$R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7$ ve X yukarıda tanımlanan anlama sahiptir,

R_8 ve R_{10} birbirinden bağımsız olarak hidrojen, opsiyonel olarak bir karboksilikasitester-, karboksilikasitamid-, karboksilikasit-, sülfonikasit-

veya amino grubu ile süstitüe edilmiş alkil, opsiyonel olarak bir karboksilikasitester-, karboksilikasitamid-, karboksilikasit-, sülfonikasit-veya amino grubu ile süstitüe edilmiş sikloalkil, opsiyonel olarak bir karboksilikasitester-, karboksilikasitamid-, karboksilikasit-, sülfonikasit-veya amino grubu ile süstitüe edilmiş aril veya opsiyonel olarak bir karboksilikasitester-, karboksilikasitamid-, karboksilikasit-, sülfonikasit-veya amino grubu ile süstitüe edilmiş aralkil anlamına gelir, özellikle C₁-C₆-alkil, bir karboksilikasitester grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil, bir karboksilikasitamid grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil, bir karboksilikasit grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil, bir sülfonikasit grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil, veya bir amino grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil, ve özellikle çok tercihen propiyonat, izobütüyonat, etil veya metil,

R₉ bir iki ila altı değerli, özellikle iki ila dört değerli organik köprü grubudur,

R₁₂ bir kovalent bağdır ya da bir iki ila altı değerli, özellikle iki ila dört değerli organik köprü grubudur,

R₁₄ bir kovalent bağdır ya da bir iki ila altı değerli, özellikle iki ila dört değerli organik köprü grubudur, R₁₅ bir iki ila altı değerli, özellikle iki ila dört değerli organik köprü grubudur,

R₁₈ bipyridil radikalinin nitrojen atomuna bir karbon atomu üzerinden kovalent bağlanmış olan bir o-defa pozitif yüklü iki ila altı değerli, özellikle iki ila dört değerli organik radikal, özellikle bir iki ila dört değerli kuaterner amonyum radikali, bir iki ila dört değerli kuaterner fosfonyum radikali, bir iki ila üç değerli ternari sülfonyum radikali ya da bir o-defa

pozitif yüklü iki ila altı değerli, özellikle iki ila dört değerli heterosiklik radikal, R₁₉ bipiridil radikalının nitrojen atomuna bir karbon atomu üzerinden kovalent bağlanmış olan bir o-defa, tercihen bir defa pozitive yüklü iki değerli organik radikaldir, özellikle bir kuaterner amonyum radikali, bir kuaterner fosfonyum radikali, bir ternari sülfonyum radikali ya da bir o-defa, tercihen bir defa pozitif yüklü iki değerli heterosiklik radikaldir,

R₂₀ ve R₂₁ birbirinden bağımsız olarak hidrojen, opsiyonel olarak bir karboksilikasitester-, karboksilikasitamid-, karboksilikasit-, sülfonikasit- veya amino grubu ile süstitüe edilmiş alkil, opsiyonel olarak bir karboksilikasitester-, karboksilikasitamid-, karboksilikasit-, sülfonikasit- veya amino grubu ile süstitüe edilmiş sikloalkil, opsiyonel olarak bir karboksilikasitester-, karboksilikasitamid-, karboksilikasit-, sülfonikasit- veya amino grubu ile süstitüe edilmiş aril veya opsiyonel olarak bir karboksilikasitester-, karboksilikasitamid-, karboksilikasit-, sülfonikasit- veya amino grubu ile süstitüe edilmiş aralkil anlamına gelir ya da iki radikal R₂₀ ve R₂₁ birlikte bir C₁-C₃-alkilen grubu oluşturur, özellikle C₁-C₆-alkil, bir karboksilikasitester grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil, bir karboksilikasitamid grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil, bir karboksilikasit grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil, bir sülfonikasit grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil, veya bir amino grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil'dir ya da birlikte etilen anlamına gelir, ve özellikle çok tercihen propiyonat, izobütiyonat, etil veya metil ya da birlikte etilen anlamına gelir,

R₂₂ bir iki değerli organik köprü grubudur,

R_{23} bipiridil radikalinin nitrojen atomuna bir karbon atomu üzerinden kovalent bağlanmış olan bir u-defa negatif yüklü iki ila altı değerli, özellikle iki ila dört değerli organik radikaldir, özellikle bir veya iki karboksilik- veya sülfonikasıit grubu ile süstitüe edilmiş bir alkilen radikali, bir veya iki karboksilikasıit- veya sülfonikasıit grubu ile süstitüe edilmiş bir fenilen radikali ya da bir veya iki karboksilikasıit- veya sülfonikasıit grubu ile süstitüe edilmiş bir iki değerli heterosiklik radikaldir,

R_{24} bipiridil radikalinin nitrojen atomuna bir karbon atomu üzerinden kovalent bağlanmış olan bir u-defa, tercihen bir defa negatif yüklü iki değerli organik radikaldir, özellikle bir karboksilikasıit- veya sülfonikasıit grubu ile süstitüe edilmiş bir alkilen radikali, bir karboksilikasıit- veya sülfonikasıit grubu ile süstitüe edilmiş bir fenil radikali ya da bir karboksilikasıit- veya sülfonikasıit grubu ile süstitüe edilmiş bir iki değerli heterosiklik radikaldir,

a, b, c ve q yukarıda tanımlanan anlama sahiptir,

d 1 ila 5 olan, tercihen 1 ila 3 olan bir tam sayıdır,

e $(2 + 2d + 2t) / q$ değerine sahip bir sayıdır,

g 1 ila 5 olan, tercihen 1 ila 3 olan bir tam sayıdır

h 1 ila 5 olan, tercihen 1 ila 3 olan bir tam sayıdır,

burada g ile h'nın toplamı, 2 ila 6 olan, tercihen 2 ila 4 olan bir tam sayıdır,

i $2h / q$ değerine sahip bir sayıdır,

j 1 ila 5 olan, tercihen 1 ila 3 olan bir tam sayıdır,

k $(2 + 2j) / q$ değerine sahip bir sayıdır,

o 1 ila 4 olan bir tam sayıdır,

p $(o + 2h) / q$ değerine sahip bir sayıdır,

5 r $(3 + 3j) / q$ değerine sahip bir sayıdır,

t 0'dır ya da R_9 bir iki değerli organik köprü grubu ise, 0 veya 1 anlamına gelir,

u 1 ila 4 olan bir tam sayıdır,

z $2 / q$ değerine sahip bir sayıdır,

10 z1 $(o+2) / q$ değerine sahip bir sayıdır

Y, $2h - u$ veya $2(2 - u) - u$ 'nun 0'dan büyük olması durumunda, bir v- veya x-değerli anorganik veya organik anyon ya da bu tür anyonların bir karışımı anlamına gelir, ya da $2h - u$ veya $2(2 - u) - u$ 'nun 0'dan küçük olması durumunda, bir v- veya x-değerli anorganik veya organik katyon ya

15 da bu tür katyonların bir karışımı anlamına gelir,

v -1 ila -3 olan ya da +1 ila +3 olan bir tam sayıdır,

x -1 ila -3 olan ya da +1 ila +3 olan bir tam sayıdır,

w 0 ya da $(-u + 2h) / v$ değerine sahip bir pozitif sayıdır,

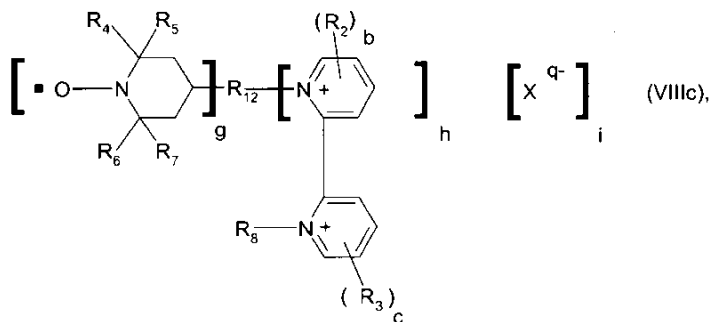
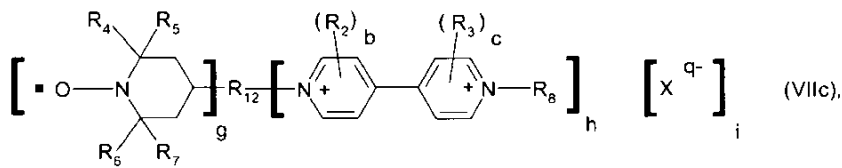
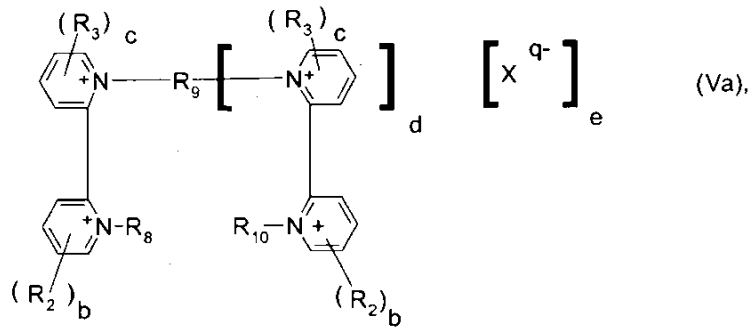
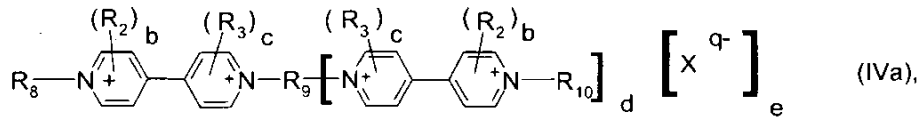
y 0 ya da $(2 - u)(j + 1) / x$ değerine sahip bir pozitif sayıdır,

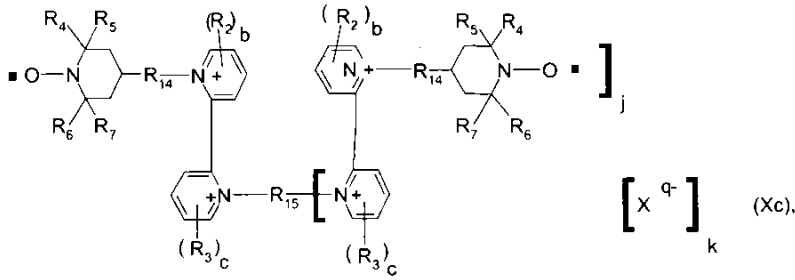
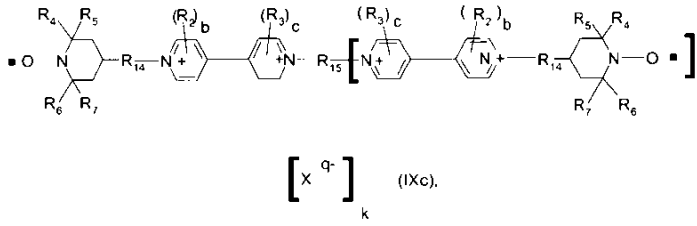
Y1, 2 - 2u'nun 0'dan küçük olması durumunda, bir x1-değerli anorganik veya organik katyon ya da bu tür katyonların bir karışımı anlamına gelir,

x1 -1 ila -3 olan ya da +1 ila +3 olan bir tam sayıdır, ve

y1 0 ya da (2 - 2u) / x1 değerine sahip bir pozitif sayıdır.

- 5 Anolitin içinde özellikle tercih edilerek kullanılan redoks-aktif bileşenler, Formüller IVa, Va, VIIc, VIIIc, IXc ve Xc ile gösterilen bileşiklerdir



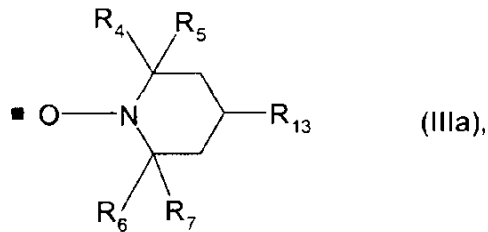


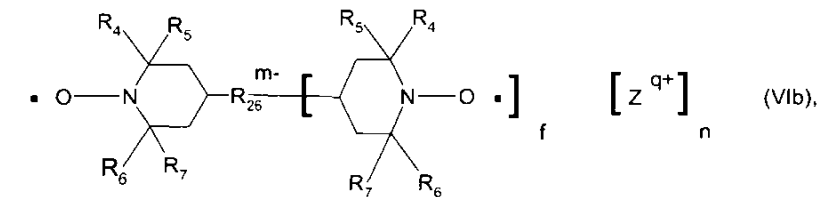
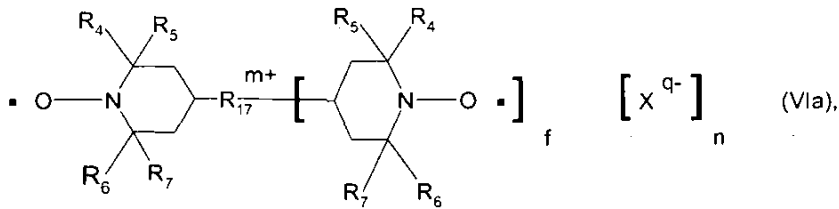
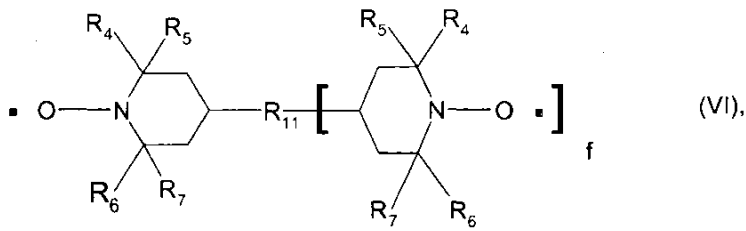
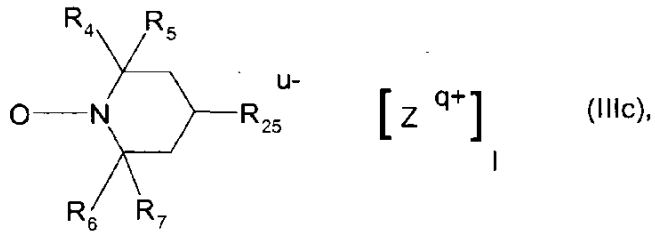
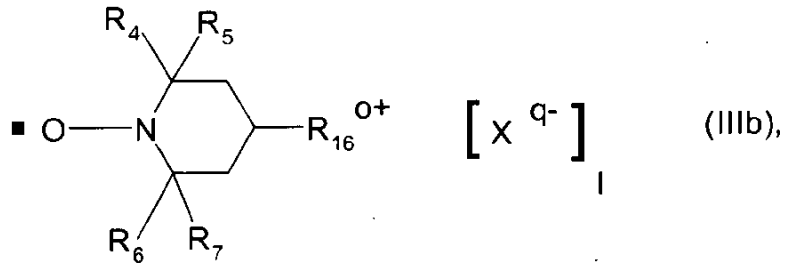
onların içinde

$R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8, R_9, R_{10}, R_{12}, R_{14}, R_{15}$ ve X yukarıda tanımlanan
5 anlama sahiptir, ve

$b, c, d, e, g, h, i, j, k$ ve q yukarıda tanımlanan anlama sahiptir.

Katolitin içinde tercih edilerek kullanılan redoks-aktif bileşenler, Formüller
Ila, IIb, IIc, VI, VIa ve/veya VIb ile yukarıda tanımlanan Formüller VII,
VIIa, VIIb, VIII, VIIIb, VIIla, IX, IXa, IXb, X, Xa ve/veya Xb ile
10 gösterilen bileşiklerdir





5

onların içinde

$\text{R}_4, \text{R}_5, \text{R}_6, \text{R}_7, \text{X}, \text{o}, \text{u}$ ve q yukarıda tanımlanan anlama sahiptir,

R_{11} bir iki ila dört değerli organik köprü grubudur,

R_{13} hidrojen, alkil, alkoksi, haloalkil, sikloalkil, aril, aralkil, heterosiklil, halojen, hidroksi, amino, nitro veya siyano'dur, ve

R_{16} bir o-defa, tercihen bir defa pozitif yüklü tek değerli organik radikal, özellikle bir kuaterner amonyum radikali, bir kuaterner fosfonyum radikali, 5 bir ternari sülfonyum radikali ya da bir o-defa, tercihen bir defa pozitif yüklü bir tek değerli heterosiklik radikaldir, ve

R_{17} bir m-defa pozitif yüklü iki ila dört değerli organik radikal, özellikle iki ila dört değerli kuaterner amonyum radikali, bir iki ila dört değerli kuaterner fosfonyum radikali, bir iki ila dört değerli ternari sülfonyum 10 radikali ya da bir m-defa pozitif yüklü iki ila dört değerli heterosiklik radikaldir,

R_{25} bir u-defa, tercihen bir defa negatif yüklü bir tek değerli radikal, özellikle bir karboksilik- veya sülfonikasit radikali ya da bir u-defa, tercihen bir defa negatif yüklü bir tek değerli heterosiklik radikaldir,

15 R_{26} bir m-defa negatif yüklü iki ila dört değerli organik radikal, özellikle bir veya iki karboksilik- veya sülfonikasit grubu ile süstitüe edilmiş bir alkilen radikali, ya da bir veya iki karboksilik- veya sülfonikasit grubu ile süstitüe edilmiş bur fenilen radikali ya da bir veya iki karboksilik- veya sülfonikasit grubu ile süstitüe edilmiş bir iki değerli heterosiklik 20 radikaldir,

Z bir q-değerli anorganik veya organik katyon ya da bu tür katyonların bir karışımı anlamına gelir,

f 1 ila 3 olan bir tam sayıdır,

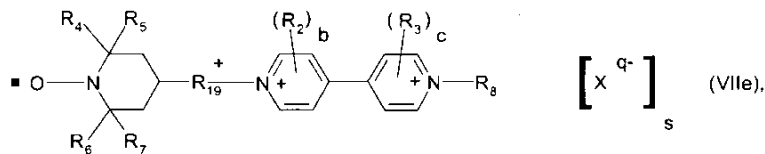
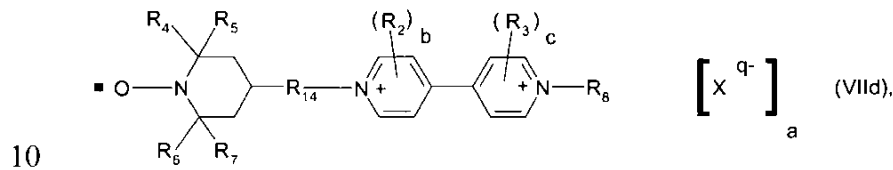
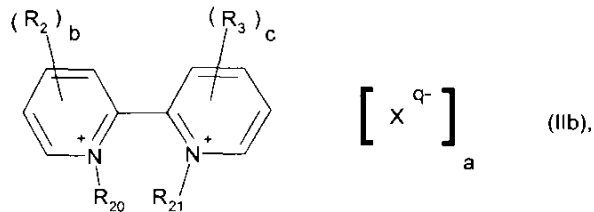
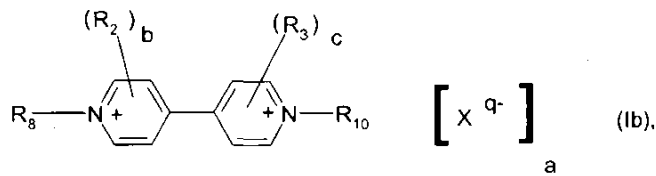
l o / q veya u / q değerine sahip bir sayıdır,

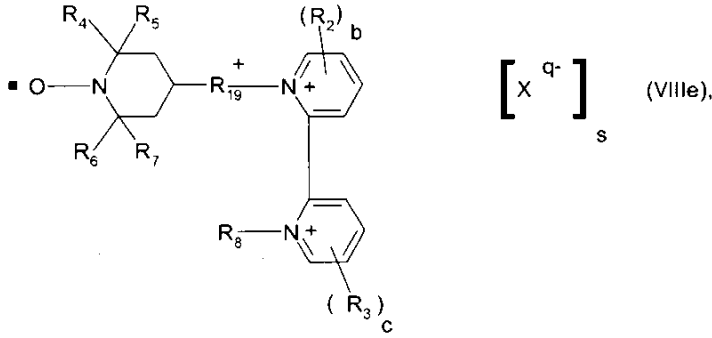
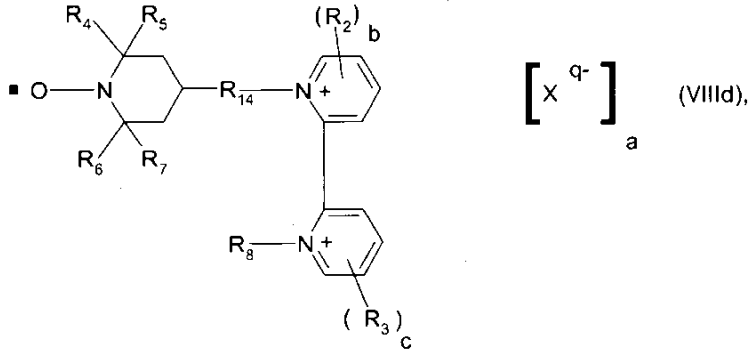
m 1 ila 4 olan bir tam ayıdır, ve

n m / q değerine sahip bir sayı anlamına gelir.

Katolitin içinde özellikle tercih edilerek kullanılan redoks-aktif bileşenler,
5 Formüller VI, VIa, VIIc, VIIIc, IXc ve/veya Xc ile gösterilen bileşiklerdir.

Buluşa göre özellikle çok tercih edilerek kullanılan redoks-aktif bileşikler,
Formüller Ib, IIb, VIId, VIIe, VIIIId ve/veya VIIIE ile gösterilenlerdir





onların içinde

5 $R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8, R_{10}, R_{14}, R_{19}$ ve X yukarıda tanımlanan anlama sahiptir,

R_{20} ve R_{21} birbirinden bağımsız olarak hidrojen, opsiyonel olarak bir karboksilikasitester-, karboksilikasitamid-, karboksilikasit-, sülfonikasit- veya amino grubu ile süstitüe edilmiş alkil, opsiyonel olarak bir karboksilikasitester-, karboksilikasitamid-, karboksilikasit-, sülfonikasit- veya amino grubu ile süstitüe edilmiş sikloalkil, opsiyonel olarak bir karboksilikasitester-, karboksilikasitamid-, karboksilikasit-, sülfonikasit- veya amino grubu ile süstitüe edilmiş aril veya opsiyonel olarak bir karboksilikasitester-, karboksilikasitamid-, karboksilikasit-, sülfonikasit- veya amino grubu ile süstitüe edilmiş aralkil anlamına gelir ya da iki radikal R_{20} ve R_{21} birlikte bir C_1 - C_3 -alkilen grubu oluşturur, özellikle C_1 - C_6 -alkil, bir karboksilikasitester grubu ile süstitüe edilmiş C_1 - C_6 -alkil, bir

karboksilikasitamid grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil, bir karboksilikasit grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil, bir sülfonikasit grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil, veya bir amino grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil'dir ya da birlikte etilen anlamına gelir, ve özellikle çok
5 tercihen propiyonat, izobütüyonat, etil veya metil ya da birlikte etilen anlamına gelir,

a, b, c ve q yukarıda tanımlanan anlama sahiptir, ve

s 3 / q değerine sahip bir sayıdır.

Özellikle tercih edilerek kullanılan bu bileşiklerden, Formüller Ib, Iib,
10 VIId, VIIe, VIId ve/veya VIIIe ile gösterilenler anolitin içinde ve Formüller VIId, VIIe, VIId ve/veya VIIIe ile gösterilenler katolitin içinde kullanılır.

Özellikle çok tercihen, katolit, yukarıda tanımlanan Formüller IIIa, IIIb veya IIIc ile gösterilen bileşikleri ihtiva eder ve anolit, yukarıda tanımlanan
15 Formüller Ib veya Iib ile gösterilen bileşikleri ihtiva eder.

Özellikle katolit, yukarıda tanımlanan Formül IIIb ile gösterilen bileşikleri ihtiva eder ve anolit, yukarıda tanımlanan Formül Ib ile gösterilen bileşikleri ihtiva eder.

2,2,6,6-tetrametilpiperidin-4-(N,N,N-trialkilamonyum)'un tuzları, özellikle
20 2,2,6,6,-tetrametilpiperidin-4-(N,N,N-trimetilamonyum)'un tuzları ve özellikle çok 2,2,6,6-tetrametilpiperidin-4-(N, N, N-trimetilamonyum)-klorür, Formül IIIb ile gösterilen, tercih edilen bileşiklere örneklerdir

N, N'-dialkilviolojen'in tuzları, özellikle N, N'-dimetilviolojen'in tuzları ve özellikle çok N, N'-dialkilviolojenklorür, Formül Ib ile gösterilen, tercih edilen bileşiklere örneklerdir.

Özellikle tercih edilen redoks-aktif bileşikler, yukarıda tanımlanan Formüller VII, VIIa, VIIb, VIIc, VIId, VIIe, VIII, VIIIA, VIIb, VIIc, VIId, VIIe, IX, IXa, IXb, IXc, X, Xa, Xa ve Xc ile gösterilenlerdir. Bunlar hem elektro-aktif bipiridil radikallerini hem de elektro-aktif nitroksit radikallerini ihtiva eder ve hem katolitin içinde hem de anolitin içinde, tercihen her iki odacığın içinde aynı bileşikler kullanılabilir.

Yukarıda tanımlanan Formüller VII, VIIa, VIIb, VIIc, VIId, VIIe, VIII, VIIIA, VIIb, VIIc, VIId, VIIe, IX, IXa, IXb, IXc, X, Xa, Xb ve Xc ile gösterilen redoks-aktif bileşikler, pozitif ve negatif birimden (TEMPO ve violojen) oluşan kombinasyon molekülleridir. Şimdiye kadar bu redoks-aktif birimler daima sadece iki farklı madde halinde kullanılmıştır. Buluşa göre özellikle tercih edilen kombinasyon molekülleri hem oksitlenmiş hem de indirgenmiş olabilir. Bundan dolayı oluşan avantajlardan bir tanesi, çözeltilerin, karıştırma esnasında membran arızalarından kaynaklı olarak artık geri döndürülemez şekilde hasar görmüyor olmasıdır. Potansiyeller de, her iki redoks-aktif birim seçilerek ayarlanabilmektedir ve bu şekilde çeşitli uygulama senaryoları optimize edilebilmektedir.

Radikaller R₂, R₃, R₄, R₅, R₆, R₇, R₈, R₁₀, R₁₃, R₂₀ ve/veya R₂₁ 'den bir tanesi alkil anlamına sahip ise, alkil grubu hem dallanmış hem de dallanmamış olabilir. Bir alkil grubu tipik olarak bir ila yirmi karbon atomu, tercihen bir ila on karbon atomu ihtiva eder. Alkil gruplarına örnekler şunlardır: Metil, etil, n-propil, izopropil, n-bütül, sek-bütül, tert.-bütül, pentil, n-heksil, n-heptil, 2-etilheksil, n-oktil, n-nonil, n-desil, n-

undesil, n-dodesil, n-tridesil, n-tetradecil, n-pentadesil, n-heksadesil, n-heptadesil, n-oktadesil, n-nonadesil veya eikosil. Bir ila altı karbon atomu bulunan alkil grupları özellikle tercih edilir. Alkil grupları opsiyonel olarak örneğin karboksilik- veya sülfonikasit grupları ile, karboksilikester- veya 5 sülfonikasitester grupları ile, karboksilamid- veya sülfonikasitamid grupları ile, hidroksil- veya amino grupları ile ya da halojen atomları ile süstitüe edilmiş olabilir.

Radikaller R_2 , R_3 ve/veya R_{13} 'ten bir tanesi alkoksi anlamına geliyor ise, alkoksi grubu, hem dallanmış hem de dallanmamış olabilen bir alkil 10 biriminden oluşabilir. Bir alkoksi grubu tipik olarak bir ila yirmi karbon atomu, tercihen iki ila dört karbon atomu ihtiva eder. Alkoksi gruplarına örnekler şunlardır: Metoksi, etoksi, izopropoksi, n-bütoksi, sek.-bütoksi, tert.-bütoksi, pentiloksi, n-heksiloksi, n-heptiloksi, 2-etilheksiloksi, n-oktiloksi, n-noniloksi, n-desiloksi, n-tridesiloksi, n-tetradeciloksi, n- 15 pentadesiloksi, n-heksadesiloksi, n-oktadesiloksi veya eikosiloksi. Bir ila altı karbon atomu bulunan alkoksi grupları özellikle tercih edilir.

Radikaller R_2 , R_3 ve/veya R_{13} 'ten bir tanesi haloalkil anlamına geliyor ise, haloalkil grubu hem dallanmış hem de dallanmamış olabilir. Bir haloalkil grubu tipik olarak, bunların da yine birbirinden bağımsız olarak bir veya 20 daha fazla halojen atomu ile süstitüe edilmiş olduğu bir ila yirmi karbon atomu, tercihen bir ila on karbon atomu ihtiva eder. Flor, klor, brom veya iyot, halojen atomları için örneklerdir. Flor ile klor tercih edilmektedir. Haloalkil gruplarına örnekler şunlardır: Triflorometil, diflorometil, florometil, bromodiflorometil, 2-kloroetil, 2-bromoetil, 1,1-difloroetil, 25 2,2,2-trifloroetil, 1,1,2,2-tetrafloroetil, 2-kloro-1,1,2-trifloroetil, pentafloroetil, 3-bromopropil, 2,2,3,3-tetrafloropropil, 1,1,2,3,3,3-

heksafloropropil, 1,1,1,3,3,3-heksafloropropil, 3-bromo-2-metilpropil, 4-bromobütül, perfloropentil.

Radikaller R_2 , R_3 , R_4 , R_5 , R_6 , R_7 , R_8 , R_{10} , R_{13} , R_{20} ve/veya R_{21} 'den bir tanesi sikloalkil anlamına sahip ise, sikloalkil grubu tipik olarak, her birinin
5 birbirinden bağımsız olarak süstitüe edilmiş olabildiği üç ila sekiz, tercihen beş, altı veya yedi halkasal karbon atomu ihtiva eden bir siklik gruptur. Alkil grupları ya da ona bağlanmış oldukları halkasal karbonlar ile birlikte bir başka halkayı oluşturabilen iki alkil grubu, ornatıklara örneklerdir. Siklopropil, siklopentil veya sikloheksil, sikloalkil grupları için
10 örneklerdir. Sikloalkil grupları opsiyonel olarak örneğin karboksilik- veya sülfonikasit grupları ile, karboksilikester- veya sülfonikasitester grupları ile, karboksilamid- veya sülfonikasitamid grupları ile, hidroksil- veya amino grupları ile ya da halojen atomları ile süstitüe edilmiş olabilir.

Radikaller R_2 , R_3 , R_4 , R_5 , R_6 , R_7 , R_8 , R_{10} , R_{13} , R_{20} ve/veya R_{21} 'den bir tanesi aril anlamına sahip ise, aril grubu, tipik olarak, her birinin
15 birbirinden bağımsız olarak süstitüe edilmiş olabildiği beş ila on dört karbon atomu ihtiva eden bir siklik aromatik gruptur. Alkil grupları ya da ona bağlanmış oldukları halkasal karbon atomları ile birlikte bir başka halkayı oluşturabilen iki alkil grubu, ornatıklara örneklerdir. Fenil, bifenil,
20 antril veya fenantolil, aril gruplarına örneklerdir. Aril grupları opsiyonel olarak örneğin karboksilik- veya sülfonikasit grupları ile, karboksilikester- veya sülfonikasitester grupları ile, karboksilamid- veya sülfonikasitamid grupları ile, hidroksil- veya amino grupları ile ya da halojen atomları ile süstitüe edilmiş olabilir.

25 Radikaller R_2 , R_3 ve/veya R_{13} 'ten bir tanesi heterosiklil anlamına sahip ise, heterosiklil grubu, tipik olarak, her birinin birbirinden bağımsız olarak

sübstitüe edilmiş olabildiği dört ila on halkasal karbon atomu ve en az bir halkasal hetero-atomu bulunan bir siklik gruba sahip olabilir. Alkil grupları ya da ona bağlanmış oldukları halkasal karbonlar ile birlikte bir başka halkayı oluşturabilen iki alkil grubu, ornatıklara örneklerdir. Oksijen, 5 nitrojen, fosfor, bor, selen veya sülfür, hetero-atomlar için örneklerdir. Füril, tienil, pirrolil veya imidazolil, heterosiklil grupları için örneklerdir. Heterosiklil grupları tercihen aromatiktir. Heterosiklil grupları opsiyonel olarak örneğin karboksilik- veya sülfonikasit grupları ile, karboksilikester- veya sülfonikasitester grupları ile, karboksilamid- veya sülfonikasitamid 10 grupları ile, hidroksil- veya amino grupları ile ya da halojen atomları ile sübstitüe edilmiş olabilir.

Radikaller R_2 , R_3 , R_4 , R_5 , R_6 , R_7 , R_8 , R_{10} , R_{13} , R_{20} ve/veya R_{21} 'den bir tanesi aralkil anlamına sahip ise, aralkil grubu tipik olarak bir aril grubudur, burada aril daha yukarıda tanımlandığı şekilde, bir alkil grubuna kovalent 15 olarak bağlıdır. Aralkil grubu, aromatik halkada, örneğin alkil grupları ile veya halojen atomları ile sübstitüe edilmiş olabilir. Benzil, bir aralkil grubu için bir örnektir. Aralkil grupları opsiyonel olarak örneğin karboksilik- veya sülfonikasit grupları ile, karboksilikester- veya sülfonikasitester grupları ile, karboksilamid- veya sülfonikasitamid grupları ile, hidroksil- 20 veya amino grupları ile ya da halojen atomları ile sübstitüe edilmiş olabilir.

Radikaller R_2 , R_3 ve/veya R_{13} 'ten bir tanesi amino anlamına sahip ise, amino grubu sübstitüe edilmemiş olabilir ya da bir veya iki veya üç ornatığı, tercihen alkil- ve/veya aril gruplarını, taşıyabilir. Alkil ornatıkları hem dallanmış hem de dallanmamış olabilir. Bir mono- veya dialkilamino 25 grubu, tipik olarak, bir ila yirmi karbon atomu bulunan, tercihen bir ila altı karbon atomu bulunan bir veya iki alkil grubunu ihtiva eder. Metilamino,

etilamino, propilamino veya bütülamino, monoalkilamino grupları için örneklerdir. Dialkilamino gruplarına örnekler şunlardır: di-etilamino, di-propilamino veya di-bütülamino. Trialkilamino gruplarına örnekler şunlardır: tri-etilamino, tri-propilamino veya tribütülamino.

- 5 Radikaller R_2 , R_3 ve/veya R_{13} 'ten bir tanesi halojen anlamına sahip ise, bundan kovalent olarak bağlanmış olan bir flor-, klor-, brom- veya iyot atomu anlaşılmalıdır. Flor veya klor tercih edilmektedir.

R_1 bir iki değerli köprü grubu anlamına sahip ise, bundan bir iki değerli anorganik veya organik radikal anlaşılmalıdır. -O-, -S-, -SO-, -SO₂-, -
10 OP(O)O- veya -NH-, iki değerli anorganik radikallere örneklerdir. Alkilen, sikloalkilen, arilen, aralkilen veya heterosiklilen, iki değerli organik radikallere örneklerdir.

R_{14} ve R_{22} bir iki değerli organik köprü grubu anlamına sahip ise, bundan, iki kovalent bağ üzerinden, molekülün geri kalanına bağlanmış olan bir
15 organik radikal anlaşılmalıdır. Alkilen, alkilenoksi, poli(alkilenoksi), alkilenamino, poli(alkilenamino), sikloalkilen, arilen, aralkilen veya heterosiklilen, iki değerli organik radikaller R_{14} veya R_{22} için örneklerdir.

Alkilen grupları hem dallanmış hem de dallanmamış olabilir. Bir alkilen grubu tipik olarak bir ila yirmi karbon atomu, tercihen iki ila dört karbon
20 atomu ihtiva eder. Alkilen gruplarına örnekler şunlardır: Metilen, etilen, propilen ve bütülen. Alkilen grupları opsiyonel olarak örneğin karboksilik- veya sülfonikasit grupları ile, karboksilikester- veya sülfonikasitester grupları ile, karboksilamid- veya sülfonikasitamid grupları ile, hidroksil- veya amino grupları ile ya da halojen atomları ile süstitüe edilmiş olabilir.

- Alkilenoksi- ve poli(alkilenoksi) grupları hem dallanmış hem de dallanmamış alkilen gruplarını ihtiva edebilir. Bir alkilenoksi- veya bir poli(alkilenoksi) grubunda görülen bir alkilen grubu tipik olarak iki ila dört karbon atomu, tercihen iki veya üç karbon atomu ihtiva eder.
- 5 Poli(alkilenoksi) gruplarının içindeki tekrarlamama birimlerinin sayısı, geniş aralıklarda değişebilir. Tekrarlamama birimlerinin tipik sayıları, 2 ila 50 aralığında hareket eder. Alkilenoksi gruplarına örnekler şunlardır: Etilenoksi, propilenoksi ve bütilenoksi. Poli(alkilenoksi) gruplarına örnekler şunlardır: Poli(etilenoksi), poli(propilenoksi) ve poli(bütilenoksi).
- 10 Alkilenamino- ve poli(alkilenamino) grupları hem dallanmış hem de dallanmamış alkilen gruplarını ihtiva edebilir. Bir alkilenamino- veya bir poli(alkilenamino) grubunda görülen bir alkilen grubu tipik olarak iki ila dört karbon atomu, tercihen iki veya üç karbon atomu ihtiva eder. Poli(alkilenamino) gruplarının içindeki tekrarlamama birimlerinin sayısı, geniş
- 15 aralıklarda değişebilir. Tekrarlamama birimlerinin tipik sayıları, 2 ila 50 aralığında hareket eder. Alkilenamino gruplarına örnekler şunlardır: Etilenamino, propilenamino ve bütilenamino. Poli(alkilenamino) gruplarına örnekler şunlardır: Poli(etilenamino), poli(propilenamino) ve poli(bütilenamino).
- 20 Sikloalkilen grupları tipik olarak, her biri birbirinden bağımsız olarak süstitüe edilmiş olabilen beş, altı veya yedi halkasal karbon atomunu ihtiva eder. Alkil grupları ya da ona bağlanmış oldukları halkasal karbonlar ile birlikte bir başka halkayı oluşturabilen iki alkil grubu, ornatıklara örneklerdir. Sikloheksilen, bir sikloalkilen grubu için bir örnektir.
- 25 Sikloalkilen grupları opsiyonel olarak örneğin karboksilik- veya sülfonikasit grupları ile, karboksilikester- veya sülfonikasitester grupları

ile, karboksilamid- veya sülfonikasitamid grupları ile, hidroksil- veya amino grupları ile ya da halojen atomları ile sübstitüe edilmiş olabilir.

Arilen grupları, tipik olarak, her birinin birbirinden bağımsız olarak sübstitüe edilmiş olabildiği beş ila ön dört karbon atomunu ihtiva eden siklik aromatik gruplardır. o-fenilen, m-fenilen, p-fenil, o-bifenilil, m-bifenilil, p-bifenilil, 1-antril, 2-antril, 9-antril, 1-fenantolil, 2-

fenantolil, 3-fenantolil, 4-fenantolil veya 9-fenantolil, arilen grupları için örneklerdir. Arilen grupları opsiyonel olarak örneğin karboksilik- veya sülfonikasit grupları ile, karboksilikester- veya sülfonikasitester grupları ile, karboksilamid- veya sülfonikasitamid grupları ile, hidroksil- veya amino grupları ile ya da halojen atomları ile sübstitüe edilmiş olabilir. Alkil grupları ya da ona bağlanmış oldukları halkasal karbon atomları ile birlikte bir başka halkayı oluşturabilen iki alkil grubu, ornatıklara diğer örneklerdir.

Heterosiklil grupları, tipik olarak, her birinin birbirinden bağımsız olarak sübstitüe edilmiş olabildiği, dört ila on halkasal karbon atomu ve en az bir halkasal hetero-atomu bulunan siklik gruplardır. Oksijen, nitrojen, fosfor, bor, selen veya sülfür, hetero-atomlar için örneklerdir. Fürandiil, tiyofendiil, pirroldiil veya imidazoldiil, heterosiklilen grupları için örneklerdir. Heterosiklilen grupları tercihen aromatiktir. Heterosiklil grupları opsiyonel olarak örneğin karboksilik- veya sülfonikasit grupları ile, karboksilikester- veya sülfonikasitester grupları ile, karboksilamid- veya sülfonikasitamid grupları ile, hidroksil- veya amino grupları ile ya da halojen atomları ile sübstitüe edilmiş olabilir. Alkil grupları ya da ona bağlanmış oldukları halkasal karbonlar ile birlikte bir başka halkayı oluşturabilen iki alkil grubu, ornatıklara diğer örneklerdir.

Aralkilen grupları tipik olarak, onlara bir veya iki alkil grubunun kovalent olarak bağlanmış olduğu aril gruplarıdır. Aralkil grupları, kendilerinin aril radikali ve kendilerinin alkil radikali üzerinden ya da iki alkil radikali üzerinden, molekülün geri kalanına kovalent olarak bağlanmış olabilir.

5 Aralkilen grubu, aromatik halkada, örneğin alkil grupları ile veya halojen atomları ile süstitüe edilmiş olabilir. Benzilen veya dimetilfenilen (ksililen), aralkilen grupları için örneklerdir.

Radikaller R_9 , R_{11} , R_{12} veya R_{15} 'ten bir tanesi bir iki ila altı değerli organik köprü grubu anlamına sahip ise, bundan iki, üç, dört, beş veya altı kovalent bağ üzerinden molekülün geri kalanına bağlanmış olan bir organik radikal anlaşılmalıdır.

Alkilen, alkilenoksi, poli(alkilenoksi), alkilenamino, poli(alkilenamino), sikloalkilen, arilen, aralkilen veya heterosiklilen, iki değerli organik radikallere örneklerdir. Radikaller daha yukarıda zaten detaylı şekilde tarif edilmiştir.

Alkiltriil, alkoksitriil, tris-poli(alkilenoksi), tris-poli(alkilenamino), sikloalkiltriil, ariltriil, aralkiltriil veya heterosikliltriil, üç değerli organik radikallere örneklerdir. Bu radikaller, bunların iki kovalent bağ yerine üç kovalent bağ ile molekülün geri kalanına bağlanmış olması farkıyla, yukarıda zaten detaylı şekilde tarif edilmiş olan iki değerli radikallere uygundur.

Alkilkuaternil, alkoksikuaternil, kuater-poli(alkilenoksi), kuater-poli(alkilenamino), sikloalkilkuaternil, arilkuaternil, aralkilkuaternil veya heterosiklilkuaternil, dört değerli organik radikallere örneklerdir. Bu radikaller, bunların iki kovalent bağ yerine dört kovalent bağ ile molekülün

geri kalanına bağlanmış olması farkıyla, yukarıda zaten detaylı şekilde tarif edilmiş olan iki değerli radikallere uygundur.

Alkilkuinkuinil, alkoksikuinkuinil, kuinkui-poli(alkilenoksi), kuinkui-poli(alkilenamino), sikloalkilkuinkuinil, arilkuinkuinil, aralkilkuinkuinil
5 veya heterosiklilkuinkuinil. Bu radikaller, bunların iki kovalent bağ yerine beş kovalent bağ ile molekülün geri kalanına bağlanmış olması farkıyla, yukarıda zaten detaylı şekilde tarif edilmiş olan iki değerli radikallere uygundur.

Alkilheksil, alkoksiheksil, heksil-poli(alkilenoksi), heksil-
10 poli(alkilenamino), sikloalkilheksil, arilheksil, aralkilheksil veya heterosiklilheksil, altı değerli organik radikallere örneklerdir. Bu radikaller, bunların iki kovalent bağ yerine altı kovalent bağ ile molekülün geri kalanına bağlanmış olması farkıyla, yukarıda zaten detaylı şekilde tarif edilmiş olan iki değerli radikallere uygundur.

15 R_{16} bir o-defa pozitif yüklü, tercihen bir defa pozitif yüklü bir tek değerli organik radikaldir. Burada genelde, bir ila dört pozitif yüklü radikalleri ihtiva eden alkil, alkoksi, haloalkil, sikloalkil, aril, aralkil veya heterosiklil, özellikle kuaterner amonyum radikalleri, kuaterner fosfonyum radikalleri, ternari sülfonyum radikalleri ya da bir ila dört defa yüklü bir tek değerli
20 heterosiklik radikal söz konusudur. Yük kompensasyonu anyon veya anyonlar Qq^- üzerinden gerçekleştirilir. o-defa pozitif yüklü radikalin, piperidin-1-oksil radikaline bağlanması tercihen o-defa pozitif yüklü radikalin hetero-atomu üzerinden gerçekleştirilir. Radikaller $-N^+R_{26}R_{27}R_{28}$, $-P^+R_{26}R_{27}R_{28}$, $-S^+R_{26}R_{27}$ veya $-Het^+$, radikaller R_{16} için özellikle tercih
25 edilen örneklerdir, onların içinde R_{26} , R_{27} ve R_{28} birbirinden bağımsız olarak hidrojen, alkil, sikloalkil, aril, aralkil veya heterosiklil, özellikle C_1-

C₆-alkil, sikloheksil, fenil veya benzil'dir, ve Het bir ek değerli ve bir defa pozitif yüklü heterosiklik radikali, söz konusu bu radikal bir ila üç halkasal nitrojen atomuna veya bir halkasal nitrojen atomuna ve bir ila iki halkasal oksijen atomuna veya halkasal sülfür atomuna sahiptir, özellikle tercihen
5 bir tek değerli imidazolyum-, piridinyum-, guanidinyum-, uronyum-, tiouronyum-, piperidinyum- veya morfolinyum radikalini teşkil eder.

R₁₉ bir o-defa pozitif yüklü, tercihen bir defa pozitif yüklü bir iki değerli organik radikaldir. Burada genelde, bir ila dört pozitif yüklü radikali ihtiva eden alkilen, haloalkilen, sikloalkilen, arilen, aralkilen veya heterosiklilen,
10 özellikle bir ila dört kuaterner amonyum radikali, bir ila dört kuaterner fosfonyum radikali, bir ila dört ternari sülfonyum radikali ya da bir ila dört defa pozitif yüklü bir iki değerli heterosiklik radikal söz konusudur. Yük kompensasyonu anyon veya anyonlar Qq- üzerinden gerçekleştirilir. o-defa pozitif yüklü radikalin, piperidin-1-oksil radikaline bağlanması tercihen bir
15 defa pozitif yüklü radikalin hetero-atomu üzerinden gerçekleştirilir. R₁₉'un bipiridil radikalinin nitrojen atomuna bağlanması, R₁₉-radikalinin bir karbon atomu üzerinden gerçekleştirilir.

Radikaller -N⁺R₂₆R₂₇R₂₉⁻, -P⁺R₂₆R₂₇R₂₉⁻, -S⁻R₂₆R₂₉⁻ veya -Het⁺-, radikaller R₁₉ için özellikle tercih edilen örneklerdir, onların içinde R₂₆ ve R₂₇
20 birbirinden bağımsız olarak hidrojen, alkil, sikloalkil, aril, aralkil veya heterosiklil, özellikle C₁-C₆-alkil, sikloheksil, fenil veya benzil'dir, R₂₉ bir iki değerli organik radikali teşkil eder, ve Het bir iki değerli ve bir defa pozitif yüklü heterosiklik radikali, söz konusu bu radikal bir ila üç halkasal nitrojen atomuna veya bir halkasal nitrojen atomuna ve bir ila iki halkasal
25 oksijen atomuna veya halkasal sülfür atomuna sahiptir, özellikle tercihen

bir tek değerli imidazolyum-, piridinyum-, guanidinyum-, uronyum-, tiyouronyum-, piperidinyum- veya morfolinyum radikalini teşkil eder..

R_{17} bir m-defa pozitif yüklü iki- ile dört değerli organik radikaldir. Burada, m pozitif yüklü gruplara sahip olan ve iki, üç veya dört kovalent bağ
5 üzerinden molekülün geri kalanına bağlanmış olan bir organik radikal söz konusudur. Kuaterner amonyum, kuaterner fosfonyum, ternari sülfonyum ya da bir m-defa yüklü iki ile dört değerli heterosiklik radikal, pozitif yüklü radikallere örneklerdir. m-defa pozitif yüklü radikalın, piperidin-1-oksil radikallerine bağlanması tercihen m-defa pozitif yüklü radikalın hetero-
10 atomu üzerinden gerçekleştirilir. Radikaller $-N^+R_{30}R_{31}-[R_{32}-N^+R_{30}R_{31}]_f-$, $-P^+R_{30}R_{31}-[R_{32}-PR_{30}R_{31}]_f-$, $-S^+R_{30}-[R_{24}-S+R_{30}]_f-$ veya $[Het^{m-}]_f-$, radikaller R_{17} için özellikle tercih edilen örneklerdir, onların içinde R_{30} ve R_{31} birbirinden bağımsız olarak alkil, sikloalkil, aril, aralkil veya heterosiklik, özellikle C_1-C_6 -alkil, sikloheksil, fenil veya benzil'dir, f yukarıda
15 tanımlanan anlama sahiptir, R_{32} bir f+1-değerli organik radikali teşkil eder ve Het bir iki ile dört değerli ve m-defa pozitif yüklü heterosiklik radikali, söz konusu bu radikal bir ile üç halkasal nitrojen atomuna, veya bir halkasal nitrojen atomuna ve bir ile iki halkasal oksijen atomuna veya halkasal sülfür atomuna sahiptir, özellikle tercihen bir iki ile dört değerli
20 imidazolyum-, piridinyum-, guanidinyum-, uronyum-, tiyouronyum-, piperidinyum- veya morfolinyum radikalini teşkil eder.

R_{18} bir o-defa pozitif yüklü iki- ile dört değerli organik radikaldir. Burada, o pozitif yüklü gruplara sahip olan ve iki, üç veya dört kovalent bağ
25 üzerinden molekülün geri kalanına bağlanmış olan bir organik radikal söz konusudur. R_{18} bipiridil radikalının nitrojen atomuna, bir karbon atomu üzerinden kovalent bağlanmıştır. Kuaterner amonyum, kuaterner

fosfonyum, ternari sülfonyum ya da bir o-defa yüklü iki ila dört değerli heterosiklik radikal, pozitif yüklü radikallere örneklerdir. o-defa pozitif yüklü radikalın, piperidin-1-oksil radikallerine bağlanması tercihen o-defa pozitif yüklü radikalın hetero-atomu üzerinden gerçekleştirilir. Radikaller -

5 $[N^+R_{30}R_{31}]_g-[R_{33}-N^+R_{30}R_{31}]_h^-$, $-[P^+R_{30}R_{31}]_g-[R_{33}-PR_{30}R_{31}]_h^-$, $-[S^+R_{30}]_g-[R_{33}-S^+R_{30}]_h^-$ veya $[Het^{m+}]_{g-h^-}$, radikaller R_{18} için özellikle tercih edilen örneklerdir, onların içinde R_{30} ve R_{31} birbirinden bağımsız olarak alkil, sikloalkil, aril, aralkil veya heterosiklil, özellikle C_1-C_6 -alkil, sikloheksil, fenil veya benzil'dir, g ve h yukarıda tanımlanan anlamlara sahiptir, R_{33} bir

10 g+h-değerli organik radikali teşkil eder ve Het bir iki ila dört değerli ve o-defa pozitif yüklü heterosiklik radikali, söz konusu bu radikal bir ila üç halkasal nitrojen atomuna veya bir halkasal nitrojen atomuna ve bir ila iki halkasal oksijen atomuna veya halkasal sülfür atomuna sahiptir, özellikle tercihen bir iki ila dört değerli imidazolyum-, piridinyum-, guanidinyum-,

15 uronyum-, tiouronyum-, piperidinyum- veya morfolinyum radikalini teşkil eder.

Alkilen, sikloalkilen, arilen, aralkilen veya heterosiklilen, iki değerli organik radikaller R_{29} , R_{32} ve R_{33} için örneklerdir. Radikaller daha yukarıda zaten detaylı şekilde tarif edilmiştir.

20 Alkiltriil, sikloalkiltriil, ariltriil, aralkiltriil veya heterosikliltriil, üç değerli organik radikaller R_{32} ve R_{33} 'e örneklerdir. Bu radikaller, bunların iki kovalent bağ yerine üç kovalent bağ ile molekülün geri kalanına bağlanmış olması farkıyla, yukarıda zaten detaylı şekilde tarif edilmiş olan iki değerli radikallere uygundur.

25 Alkilkuaternil, sikloalkilkuaternil, arilkuaternil, aralkilkuaternil veya heterosiklilkuaternil, dört değerli organik radikaller R_{32} ve R_{33} 'e

örneklerdir. Bu radikaller, bunların iki kovalent bağ yerine dört kovalent bağ ile molekülün geri kalanına bağlanmış olması farkıyla, yukarıda zaten detaylı şekilde tarif edilmiş olan iki değerli radikallere uygundur.

R_{23} bir u-defa negatif yüklü iki- ila dört değerli organik radikaldir. Burada, u negatif yüklü gruplara sahip olan ve iki, üç veya dört kovalent bağ üzerinden molekülün geri kalanına bağlanmış olan bir organik radikal söz konusudur. R_{23} bipiridil radikalının nitrojen atomuna, bir karbon atomu üzerinden kovalent bağlanmıştır. Karboksilik asit- veya sülfonik asit radikalleri ile süstitüe edilmiş alkilen radikalleri veya arilen radikalleri, burada alkilen radikallerinin hidrokarbon birimleri veya birden fazla arilen radikali bir veya daha fazla -O-, -CO-O-, -CO-NH- veya -NH- grubu tarafından kesintiye uğratılmış olabilir, ya da bir ila iki karboksilik asit veya sülfonik asit radikalleri ile süstitüe edilmiş iki ila dört değerli bir heterosiklik radikal, negatif yüklü radikallere örneklerdir. u-defa negatif yüklü radikalın, piperidin-1-oksil radikallerine bağlanması tercihen u-defa negatif yüklü radikalın karbon atomları üzerinden gerçekleştirilir. Bir veya iki karboksilik asit- veya sülfonik asit radikali ile süstitüe edilmiş alkilen radikalleri veya arilen radikalleri, radikaller R_{23} için özellikle tercih edilen örneklerdir.

R_{24} bir u-defa negatif yüklü, tercihen bir defa negatif yüklü bir iki değerli organik radikaldir. Burada genelde, bir ila dört bir defa negatif yüklü radikalleri ihtiva eden alkilen, haloalkilen, sikloalkilen, arilen, aralkilen veya heterosiklilen, özellikle bir ila dört karboksilik asit- veya sülfonik asit ornatığı bulunan bir alkilen- veya arilen radikali, burada alkilen radikallerinin hidrokarbon birimleri veya birden fazla arilen radikali, bir veya daha fazla -O-, -CO-O-, -CO-NH- veya -NH- grubu tarafından

kesintiye uğratılmış olabilir, ya da bir ila dört defa negatif yüklü bir iki değerli heterosiklik radikal söz konusudur. Yük kompensasyonu, anyon veya anyonlar Xq^- ya da katyon veya katyonlar Y^{x+} üzerinden gerçekleştirilmektedir. u-defa negatif yüklü radikalın, piperidin-1-oksil radikaline bağlanması tercihen u-defa negatif yüklü radikalın bir karbon atomu üzerinden gerçekleştirilir. R_{24} 'ün bipiridil radikalının nitrojen atomuna bağlanması, R_{24} -radikalının bir karbon atomu üzerinden gerçekleştirilir.

R_{25} bir u-defa negatif yüklü, tercihen bir defa negatif yüklü bir tek değerli organik radikaldir. Burada genelde, bir ila dört bir defa negatif yüklü radikalleri ihtiva eden alkil, alkoksi, haloalkil, sikloalkil, aril, aralkil veya heterosiklik, özellikle bir ila dört karboksilik asit radikali veya bir ila dört sülfonik asit radikali ya da ila dört karboksilik asit radikali veya bir ila dört sülfonik asit radikali ile süstitüe edilmiş bir tek değerli heterosiklik radikal söz konusudur. Yük kompensasyonu katyon veya katyonlar Z^{q+} üzerinden gerçekleştirilir. u-defa negatif yüklü radikalın, piperidin-1-oksil radikaline bağlanması tercihen bir defa negatif yüklü radikalın bir karbon atomu üzerinden gerçekleştirilir.

Buluşa göre kullanılan, molekülün içinde Formül I ile gösterilen bir ila altı radikal ya da Formül II ile gösterilen bir ila altı radikal bulunan redoks-aktif bileşenler, Xq^- karşı iyonlarına sahiptir. Bunlarla, şarj veya deşarj esnasında oluşan iyonik yükler kompanse edilmektedir. Karşı iyonlar Xq^- 'de anorganik veya organik q-değerli anyonlar söz konusu olabilir.

Halojenür iyonları, mesela florür, klorür, bromür veya iyodür, ya da hidroksit iyonları veya anorganik asitlerin anyonları, mesela fosfat, sülfat, nitrat, heksaflorofosfat, tetrafloroborat, perklorat, klorat,

heksafloroantimonat, heksafloroarsenat, siyanür, anorganik anyonlar xq^- 'ya örneklerdir.

Tek-veya çok değerli karboksilik asitlerin ya da tek-veya çok değerli sülfonik asitlerin anyonları, organik anyonlar Xq^- 'ye örneklerdir, burada bu
5 asitler doymuş veya doymamış olabilir. Asetat, formiat, trifloroasetat, triflormetansülfonat, pentafloretansülfonat, nonoflorbütansülfonat, bütirat, sitrat, fümarat, glütarat, laktat, malat, malonat, oksalat, pirüvat veya tartrat, organik asitlerin anyonlarına örneklerdir.

Ayrıca, buluşa göre kullanılan redoks-aktif bileşenler, anorganik
10 katyonları, mesela tek- veya çok değerli metal iyonlarını, ya da organik katyonları, mesela amonyum, imidazolyum, piridinyum, guanidinyum, uronyum, tiouronyum, piperidinyum, morfolinyum veya fosfonyum, ihtiva edebilir. Yük kompensasyonu, anyonlar X^{q-} ile gerçekleştirilir.

Bazı durumlarda, buluşa göre kullanılan redoks-aktif bileşenler bir veya
15 daha fazla negatif yük taşır. Burada, yük kompensasyonu karşı iyon Y^x veya Z^{q+} ile gerçekleştirilir. Ancak, redoks-aktif bileşenlerin, bir ikiz yüküne sahip olduğu ve yük kompensasyonu için daha başka anyonlara veya katyonlara ihtiyaç duymadığı durumlar da söz konusu olabilir.

Anyonlar Y^{x-} 'de anorganik veya organik x -değerli anyonlar söz konusu
20 olabilir. Anyonlar Y^{x-} 'e örnekler, yukarıda anyonlar Xq^- için belirtilen örneklere uygundur.

Katyonlar Y^{x+} 'de anorganik veya organik x -değerli katyonlar söz konusu
olabilir. x -değerli metal iyonları, veya x -değerli organik katyonlar, mesela amonyum, imidazolyum, piridinyum, guanidinyum, uronyum,
25 tiouronyum, piperidinyum, morfolinyum veya fosfonyum bunlara

örneklerdir. Tercihen bir- veya iki değerli metal iyonları, özellikle alkali-veya toprak alkali katyonları kullanılır.

Katyonlar Z^{q+} da anorganik veya organik q-değerli katyonlar söz konusu olabilir. q-değerli metal iyonları, veya q-değerli organik katyonlar, mesela
 5 amonyum, imidazolyum, piridinyum, guanidinyum, uronyum, tiouronyum, piperidinyum, morfolinyum veya fosfonyum bunlara örneklerdir. Tercihen bir- veya iki değerli metal iyonları, özellikle alkali-veya toprak alkali katyonları kullanılır.

Buluşa göre olan redoks akışlı hücrelerin içinde, halojenür iyonları,
 10 hidroksit iyonları, fosfat iyonları, sülfat iyonları, perklorat iyonları, heksaflorofosfat iyonları veya tetrafloroborat iyonları ve ayrıca hidrojen iyonları (H^+), alkali- veya toprakalkalimetal katyonları (örn. lityum, sodyum, potasyum, magnezyum, kalsiyum), ile süstitüe edilmiş veya süstitüe edilmemiş amonyum katyonları (örn. tetrabütülamonyum,
 15 tetrametilamonyum, tetraetilamonyum) grubundan seçilen katyonları ihtiva eden bileşikler kullanılır, burada ornatıklar genel olarak alkil grupları olabilir.

Tercihen, onların içinde R_1 'in bir kovalent C-C-bağı olduğu veya -O-, -NH-, arilen veya heteroarilen, ve özellikle çok tercihen bir kovalent C-C-
 20 bağı, fenilen, bifenilen veya tiyofendiil olduğu Formül I veya II ile gösterilen bir ila dört, özellikle bir ila iki yapı birimini ihtiva eden redoks-aktif bileşikler kullanılır.

Tercih edilerek kullanılan diğer redoks-aktif bileşikler, Formül I ve/veya II ile gösterilen, özellikle Formüller Ia veya IIa ile gösterilen ve özellikle çok
 25 tercihen Formüller Ib, IIb, IV, V, VII. VIII, IX, IXa, X veya Xa, ve oldukça

çok tercihen Formüller IVa, Va, VIIa, VIIb, VIIc, VIId, VIIIa, VIIIb, VIIIc, VIId, IXa, IXb, Xa veya Xb ile gösterilen bir ila dört yapı birimini, özellikle bir ila üç yapı birimini ihtiva edenlerdir, onların içinde b ve c eşittir sıfırdır veya onların içinde b ve c 1 veya 2 anlamına gelir ve R₂ ve R₃'ün her biri metil, etil, metoksi, etoksi, triflormetil, diflormetil, flor, klor, hidroksi, amino veya nitro anlamına gelir.

Onların içinde R₄, R₅, R₆ ve R₇'nin her birinin C₁-C₆-alkil ve özellikle çok tercihen etil veya metil anlamına geldiği Formül III, VII, VIIa, VIIb VIII, VIIIa, VIIIb, IX, IXa, IXb, X, Xa veya Xb ile gösterilenler, özellikle Formüller IIIa, IIIb, V, VIa, VIIc, VIId, VIIe, VIIIc, VIId, VIIe, IXc veya Xc ile gösterilenler, tercih edilerek kullanılan diğer redoks-aktif bileşiklerdir.

Onların içinde R₈ veya R₈ ve R₁₀'un hidrojen, C₁-C₆-alkil, bir karboksilikasitalkilester grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil, bir karboksilikasitamid grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil, bir karboksilikasit grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil, bir sülfonikasit grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil veya bir amino grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil anlamına geldiği, ve özellikle çok tercihen hidrojen, etil veya metil anlamına geldiği Formül IV, V, VII, VIIa, VIIb, VIII, VIIIa veya VIIIb ile gösterilenler, özellikle Formüller IVa, Va, VIIc veya VIIIc ile gösterilenler ve özellikle çok tercihen Formüller Ib, VIId, VIIe, VIId veya VIIe ile gösterilenler, tercih edilerek kullanılan diğer redoks-aktif bileşiklerdir.

Onun içinde R₂₀ ve R₂₁'nin hidrojen, C₁-C₆-alkil, bir karboksilikasitalkilester grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil, bir karboksilikasitamid grubu ile süstitüe edilmiş C₁-C₆-alkil, bir

karboksilikasit grubu ile süstitüe edilmiş C_1-C_6 -alkil, bir sülfonikasit grubu ile süstitüe edilmiş C_1-C_6 -alkil veya bir amino grubu ile süstitüe edilmiş C_1-C_6 -alkil ve özellikle çok tercihen hidrojen, etil veya metil anlamına geldiği veya onun içinde R_{20} ve R_{21} radikallerinin, birlikte bir C_1-
 5 C_3 -alkilen grubunu, özellikle etilen, oluşturduğu Formül Iİb ile gösterilenler, tercih edilerek kullanılan diğer redoks-aktif bileşiklerdir.

Onların içinde R_{13} 'ün hidrojen, C_1-C_6 -alkil, C_1-C_6 -alkoksi, C_1-C_6 -kısmi-veya perfloralkil, C_1-C_6 -kısmi- veya perkloralkil, C_1-C_6 -florkloralkil, fenil, benzil, flor, klor, hidroksi, amino veya nitro olduğu Formül IIIa ile
 10 gösterilenler, tercih edilerek kullanılan diğer redoks-aktif bileşiklerdir.

Onların içinde R_9 'un alkilen, poli(alkilenamino), arilen, ariltriil, arilkuaternil, heterosiklilen, heterosikliltriil veya heterosiklilkuaternil olduğu, özellikle çok tercihen C_2-C_6 -alkilen, di- $(C_2-C_6$ -alkilenamino), tri- $(C_2-C_6$ -alkilenamino), kuater- $(C_2-C_6$ -alkilenamino), fenilen, feniltriil veya
 15 fenilkuaternil olduğu Formüller IV veya V ile gösterilenler, özellikle Formüller IVa veya Va ile gösterilenler, tercih edilerek kullanılan diğer redoks-aktif bileşiklerdir.

Onların içinde R_{12} 'nin alkilen, alkiltriil, alkilkuaternil, alkiloksidiil, alkiloksitriil, alkiloksikuaternil, arilen, ariltriil, arilkuaternil, heterosiklilen, heterosikliltriil veya heterosiklilkuaternil olduğu, özellikle çok tercihen C_2-
 20 C_6 -alkilen, mesela etilen veya propilen,, veya C_2-C_6 -alkoksidiil, mesela 1,2-dioksietilen veya 1,3-dioksipropilen, veya C_3-C_6 -alkoksitriil, mesela bir 1,2,3-propantriol radikali veya bir trimetilolpropan radikali, veya C_4-C_6 -alkoksikquaternil, mesela bir pentaeritritol radikali, veya fenilen, feniltriil
 25 veya fenilkuaternil olduğu Formül VII veya VIII ile gösterilenler, özellikle

Formül VIIc veya VIIIc ile gösterilenler, tercih edilerek kullanılan diğer redoks-aktif bileşiklerdir.

Onların içinde R_{14} 'ün alkilen, alkilenanimo, poli(alkilenamino), arilen veya heterosikliller olduğu, özellikle çok tercihen C_2 - C_6 -alkilen, C_2 - C_6 -
5 alkilenamino veya fenilen olduğu Formül IX veya X ile gösterilenler, özellikle Formüller VIIId veya VIIIId ile gösterilenler, tercih edilerek kullanılan diğer redoks-aktif bileşiklerdir.

Onların içinde R_{15} 'in alkilen, alkiltriil, alkilkuaternil, arilen, ariltriil, arilkuaternil, heterosiklilen, heterosikliltriil veya heterosiklilkuaternil
10 olduğu, özellikle çok tercihen C_2 - C_6 -alkilen, mesela etilen veya propilen, veya fenilen, feniltriil veya fenilkuaternil olduğu Formül IX veya X ile gösterilenler, özellikle Formüller IXc veya Xc ile gösterilenler, tercih edilerek kullanılan diğer redoks-aktif bileşiklerdir.

Onların içinde R_{11} 'in alkilen, alkiltriil, alkilkuaternil, alkiloksidiil, alkiloksitriil, alkiloksikuaternil, arilen, ariltriil, arilkuaternil, heterosiklilen, heterosikliltriil veya heterosiklikkuaternil olduğu, özellikle çok tercihen C_2 -
15 C_6 -alkilen, mesela etilen veya propilen, veya C_2 - C_6 -alkoksidiil, mesela 1,2-dioksietilen veya 1,3-dioksipropilen, veya C_3 - C_6 -alkoksitriil, mesela bir 1,2,3-propantriol radikali veya bir trimetilolpropan radikali, veya C_4 - C_6 -
20 alkoksikuaternil, mesela bir pentaeritritol radikali, veya fenilen, feniltriil veya fenilkuaternil olduğu Formül VI ile gösterilenler, tercih edilerek kullanılan diğer redoks-aktif bileşiklerdir.

b ve c indekslerinin her biri tercihen 0 veya birbirinden bağımsız olarak 1 veya 2'dir.

25 a indeksi tercihen 1 veya 2 ve özellikle 2'dir.

q indeksi tercihen 1 veya 2 ve özellikle 1'dir.

d indeksi tercihen 1 veya 2 ve özellikle 1'dir.

g indeksi tercihen 1 veya 2 ve özellikle 1'dir.

h indeksi tercihen 1 veya 2 ve özellikle 1'dir.

- 5 Onlarda indeks g'nin 1 olduğu ve indeks h'nin 1 veya 2 anlamına geldiği ya da onlarda indeks g'nin 1 veya 2 olduğu ve indeks h'nin 1 anlamına geldiği Formüller VII veya VIII ile, özellikle Formüller VIIa veya VIIIa ile ve özellikle çok tercihen Formüller VIIc veya VIIIc ile gösterilen bileşikler, özellikle tercih edilerek kullanılmaktadır..

- 10 i indeksi tercihen 1 veya 2 ve özellikle 1'dir.

j indeksi tercihen 1 veya 2 ve özellikle 1'dir.

k indeksi tercihen 1, 2 veya 4 ve özellikle 2 veya 4'tür.

f indeksi tercihen 1 veya 2 ve özellikle 1'dir.

m indeksi tercihen 1 veya 2 ve özellikle 1'dir.

- 15 n indeksi tercihen $1/2$, 1 veya 2 ve özellikle $1/2$ veya 1'dir.

I indeksi tercihen $1/2$ veya 1 ve özellikle 1'dir.

o indeksi tercihen 1 veya 2 ve özellikle 1'dir.

p indeksi tercihen 6, 5, 4, 3, $5/2$, 2 veya $3/2$ ve özellikle 3 veya 5'tir.

r indeksi tercihen 9, 6, $9/2$ veya 3 ve özellikle 9 veya 6'dır.

s indeksi tercihen 3 veya 3/2 ve özellikle 3'tür.

t indeksi tercihen 0'dır.

u indeksi tercihen 1 veya 2, özellikle 1'dir.

v indeksi tercihen -1 veya -2 ve özellikle -1'dir.

5 x indeksi tercihen -1 veya -2 ve özellikle -1'dir.

x1 indeksi tercihen -1 veya -2 ve özellikle -1'dir.

y indeksi tercihen 1 veya 2 ve özellikle 2'dir.

z indeksi tercihen 1 veya 2 ve özellikle 2'dir.

z1 indeksi tercihen 3 veya 1,5 ve özellikle 1,5'tir.

- 10 Buluşa göre katolit olarak kullanılan demir tuzlarında, oksidasyon kademeleri II ve/veya III'te suda çözünür olan demir tuzları söz konusudur. Demir tuzları, bu tuzların suda çözünürlüğü hususunda şüpheye düşülmediği sürece, her tür anyonlara sahip olabilir.

15 Bir bileşiğin suda çözünürlüğünden, bu tarifname çerçevesinde, 25°C'de 1 l suyun içinde en az 1 g bileşiğin bir çözünürlüğü anlaşılır.

Fe-II-klorür'ün Fe-III-klorür ile ya da Fe-II-sülfat'ın Fe-III-sülfat ile kombinasyonları, demir tuzlarına örneklerdir. Anorganik anyonları bulunan demir tuzlarının yanı sıra, organik anyonları bulunan demir tuzları da, örneğin Fe-II-asetat ile Fe-III-asetat kullanılabilir.

Buluşa göre kullanılan redoks sistemi, redoks akışlı bataryalar için kullanılan başka malzeme sistemleriyle kıyasla, birçok avantaja sahiptir. Örneğin, demir/krom hücre tipinde olduğu gibi paslanmaz metal katalizörlerine ihtiyaç duyulmaz, zira violojenin reaksiyon kinetiği, kroma kıyasla, belirgin ölçüde daha hızlıdır. Ayrıca, redoks-aktif malzemeler (TEMPO-türevleri, demir(II/III)-klorür ve dimetilviolojenklorür), nötr pH-değerinde de suyun içinde çok iyi çözünürdür (oda sıcaklığında 2 mol/L'den fazla). Bunun neticesinde yüksek depo kapasiteleri ortaya çıkmaktadır (2 mol/l aktif malzemede 53 Ah/l). Çözeltilerin içinde ayrıca elektrolit olarak agresif asitten feragat edilebilmektedir, söz konusu agresif asit, tekniğin bilinen durumuna göre olan sistemlerde (örneğin vanadyum sistemlerinde) sıkça kullanılır.

Buluşa göre kullanılan redoks-aktif malzemeler birbirinin arasında da uyumludur, yani TEMPO-türevlerinden ve violojen türevlerinden ya da demir (II/III)-klorürden ve violojen türevlerinden bir karma çözelti üretilebilir ve bu çözelti hem anolit olarak hem de katolit olarak kullanılabilir. Bu sayede, hatalı membran noktaları üzerinden, diğer organik / kısmen organik redoks akışlı sistemlerde uzun süreli stabilite için önemli bir sorunu teşkil eden çapraz kontaminasyon sorunsalı belirgin ölçüde azaltılmaktadır.

Özellikle bir molekülün içinde hem bir TEMPO-işlevselliğini hem de bir violojen-işlevselliğini kombine edilmiş halde taşıyan kombinasyon molekülleri, hatalı membran noktaları üzerinden çapraz kontaminasyon sorununu önemli ölçüde azaltmaktadır. Bir çapraz kontaminasyonun meydana gelmesi halinde, halen daha, hem anolitin hem de katolitin içinde aynı madde mevcut bulunur. Bunun neticesinde, kombinasyon molekülleri,

maddeleri - çoğunlukla en az üç farklı redoks durumunu alabilen metalleri/metal tuzlarını simüle eder, ki bu örneğin vanadyum metali için söz konusudur.

Bir diğer avantaj, sistemin çalıştırılması ve sistem güvenliği için dezavantajlı olan hidrojen oluşumunun baskılanabiliyor olmasıdır, zira violojen, hidrojeni oksitleme yeteneğine sahiptir (C.L. Bird, A.T. Kuhn, Chem. Soc. Rev.: "Electrochemistry of the viologens" 40, 1981, p49-82). Şarj esnasında oluşan hidrojen, batarya sistemi tarafından artık kullanılamaz ve bu nedenle bataryanın bir verimlilik kaybı anlamına gelir.

10 Violojen türevleri, bu nedenle, daha başka redoks akışlı batarya sistemleri için redoks-aktif katkı maddeleri olarak da kullanılabilir. Bunun yanı sıra, violojen molekülünün foto-indüklenmiş olarak indirgenmiş hale geçirilebiliyor olması suretiyle, ışık yoluyla kapasitenin bir yeniden dengelenmesinin elde edilme olanağı bu sistemin bir avantajıdır (T.W.

15 Ebbesen, G. Levey, L. K. Patterson "Photoreduction of methyl viologen in aqueous neutral solution without additives" Nature, 1982 vol 298, p545 - 548). Bu sayede, zahmetli harici yeniden dengeleme çevrimlerinden tasarruf edilebilmektedir. Yeniden dengeleme, vanadyum sistemlerinde, hem anot tarafında hem de katot tarafında aynı miktarda yük taşıyıcısını

20 ayarlamak için gerekli bir adımdır.

Redoks-aktif bileşenler çözülmüş halde kullanılır; bundan, onların dispersiyon olarak kullanılması da anlaşılmalıdır.

Buluşa göre kullanılan, Formül I veya II veya III ya da Formüller I ve III veya II ve III ile gösterilen radikalleri ihtiva eden redoks-aktif bileşenleri

25 molar kütleleri, geniş aralıklarda değişebilir. Molar kütlesi 500 g/mol'den küçük olan, Formül I veya II veya III ya da Formüller I ve III veya II ve III

ile gösterilen radikalleri ihtiva eden redoks-aktif bileşenler özellikle tercih edilerek kullanılır.

Buluşa göre kullanılan elektrolitin viskozitesi, tipik olarak 1 mPas ila 10^3 mPas, özellikle tercihen 10^{-2} ila 10^2 mPas ve özellikle çok tercihen 1 ila 20
5 mPas aralığındadır (bir döner viskozimetre ile 25 °C’de ölçülmüştür, plaka/plaka).

Buluşa göre kullanılan redoks-aktif bileşenlerin üretimi, organik sentezin standart yöntemine göre yapılabilir. Uzman, bu prosedürleri bilir.

Buluşa göre olan redoks akışlı hücre, yukarıda tarif edilen redoks-aktif
10 bileşenlerin yanı sıra bir de böyle hücreler için alışılmış olan elementleri veya bileşenleri ihtiva edebilir.

Buluşa göre olan redoks akışlı hücrede, her iki odacığın içinde, seçilmiş redoks-aktif bileşenler kullanılır, onlar, bir iyon iletken membran ile birbirinden ayrılmıştır ve odacıkların içinde, çözülmüş veya dağıtılmış
15 halde mevcut bulunur.

Elektrolit, redoks-aktif bileşenleri ihtiva eder. Ayrıca, bir organik çözücü madde ve/veya su kullanılır. Bunun dışında, elektrolit en az bir iletken tuzu ihtiva edebilir. İlaveten bir de katkılar kullanılabilir. Yüzey aktif maddeler, viskoziteyi modifiye edici ajanlar, pestisitler, tamponlar, stabilizatörler,
20 katalizörler, iletken katkılar, dondan koruyucu ajanlar, ısı stabilizatörleri ve/veya köpük kırıcılar, bunlara örneklerdir.

Su, alkoller (örn. etanol), karbonikasitesterleri (örn. propilenkarbonat), nitriller (örn. asetonitril), amidler (örn. dimetilformamid, dimetilasetamid), sülfoksitler (örn. dimetilsülfoksit), ketonlar (örn. aseton), laktonlar (örn.

gamma-bütürolakton), laktamlar (örn. N-metil-2-pirrolidon), nitro bileşikleri (örn. nitrometan), eterler (örn. tetrahidrofuran), klorlanmış hidrokarbonlar (örn. Diklormetan), karboksilikasitler (örn. Formik asit, asetikasit), mineral asitler (örn. sülfürik asit, hidrojen halojenürler veya hidrojenhalojenürasitler) ve onların karışımları, elektrolit çözücü maddelere örneklerdir. Su, karbonik asit esterleri (örn. propilenkarbonat), nitriller (örn. asetonitril) ve onların karışımları tercih edilmektedir. Su özellikle tercih edilmektedir.

Halojenür iyonları (flüorür iyonu, klorür iyonu, bromür iyonu, iyodür iyonu), hidroksit iyonları, anorganik asitlerin anyonları (örn. fosfat iyonları, sülfat iyonları, nitrat iyonları, heksaflorofosfat iyonları, tetrafloroborat iyonları, perklorat iyonları, klorat iyonları, heksafloroantimonat iyonları, heksafloroarsenat iyonları, siyanür iyonları) ya da organik asitlerin anyonları (örn. asetat iyonları, formiat iyonları, trifloroasetikasit iyonları, triflormetansülfonat iyonu, pentafloretansülfonat iyonları, nonoflorbütansülfonat iyonları, bütirat iyonları, sitrat iyonları, fümarat iyonları, glütarat iyonları, laktat iyonları, malat iyonları, malonat iyonları, oksalat iyonları, pirüvat iyonları, tartrat iyonları) grubundan seçilen anyonları ihtiva eden tuzlar, iletken tuzlara örneklerdir. Klorür- ve florür iyonları, hidroksit iyonları, fosfat iyonları, sülfat iyonları, perklorat iyonları, heksaflorofosfat iyonları ve tetrafloroborat iyonları; ile hidrojen iyonları (H^+), alkali- veya toprakalkalimetall kationları (örn. lityum, sodyum, potasyum, magnezyum, kalsiyum), çinko, demir, ile süstitüe edilmiş veya süstitüe edilmemiş amonyum kationları (örn. tetrabütülamonyum, tetrametilamonyum, tetraetilamonyum) grubundan seçilen kationlar, özellikle tercih edilir, burada ornatıklar, genel olarak alkil grupları olabilir.. Hidrojen iyonları, lityum iyonları, sodyum iyonları,

potasyum iyonları, tetrabütülamonyum iyonları ve onların karışımları, özellikle tercih edilir. Özellikle şu iletken tuzlar: NaCl, KCl, LiPF₆, LiBF₄, NaBF₄, NaPF₆, NaClO₄, NaOH, KOH, Na₃PO₄, K₃PO₄, Na₂SO₄, NaSO₃CF₃, LiSO₃CF₃, (CH₃)₄NOH, n-Bu₄NOH, (CH₃)₄NCl, n-Bu₄NCl, (CH₃)₄NBr, n-Bu₄NBr, n-Bu₄NPF₆, n-Bu₄NBF₄, n-Bu₄NClO₄ ve onların karışımları, burada n-Bu, n-bütül grubunu temsil eder.

Non-iyonik, anyonik, katyonik veya amfoter olabilen yüzey aktif maddeler, elektrolit katkılarına örneklerdir. Non-iyonik yüzey aktif maddeler (örn. polialkilenglikoleterler, yağ alkolpropoksilatlar, alkilglükositler, alkilpoliglükositler, oktilfenoletoksilatlar, nonilfenoletoksilatlar, saponinler, fosfolipidler) özellikle tercih edilir.

Tamponlar (örn. karbonikasit-bikarbonat-tamponu, karbonikasit-silikat-tamponu, asetikasit-asetat-tamponu, fosfat tamponu, amonyak tamponu, sitrikasit- veya sitrat tamponu, tris(hidroksimetil)-aminometan, 4-(2-hidroksietil)-1-piperazinetanesülfonikasit, 4-(2-Hidroksietil)-piperazin-1-propansülfonikasit, 2-(N-morfolino)etansülfonikasit, barbital-asetat-tamponu), elektrolit katkılarına diğer örneklerdir.

Redoks-aktif bileşenlerin seçimi, katolitin içindeki redoks-aktif bileşen, anolitin içindeki redoks-aktif bileşeninkine nazaran bir başka, tercihen daha yüksek, daha pozitif redoks-potansiyeline sahip olacak şekilde yapılır. Redoks-aktif bileşenden, burada, bu bileşene ait olan bütün redoks durumları veya onun bütün redüksiyon- / oksidasyon kademeleri anlaşılmalıdır. Redoks-aktif bileşen ≥ 2 oksidasyon- ve/veya redüksiyon durumunu alabilir. Redoks-aktif bileşenin > 2 oksidasyon- ve/veya redüksiyon durumunu alması halinde, en az iki oksidasyon- ve/veya

redüksiyon durumunun redoks potansiyeli, katolit ile anolit arasında bir potansiyel farkı oluşturulabilecek ölçüde farklıdır.

Redoks-aktif bileşenlerin her seferinde anolitin ve katolitin içinde cereyan eden redoks reaksiyonlarının potansiyel farkı, buluşa göre büyüktür 0 V ile 5 4,0 V arasındadır; tercihen 0,5 ile 2,5 V arasındadır; özellikle tercihen 0,9 ile 1,6 V arasındadır.

Redoks-aktif bileşenin redoks potansiyeli, örneğin dönüşümlü voltametri vasıtasıyla tayin edilebilir. Uzman, bu yöntemi bilir (karşılaştırınız Allen J. Bard ile Larry R. Faulkner, "Electrochemical Methods: Fundamentals and 10 Applications", 2001, 2. Baskı, John Wiley & Sons; Richard G. Compton, Craig E. Banks, "Understanding Voltammetry", 2010, 2. Auflage, Imperial College Press).

Buluşa göre olan redoks akışlı hücre bir iyon iletken membranı ihtiva eder. Söz konusu bu membran, aşağıda belirtilen işlevleri yerine getirir

- 15 • Anot ile katot odacığının ayrılması
 - Her iki redoks-aktif bileşenin geri tutulması
 - Elektrolitin, yük kompensasyonuna yarayan iletken tuzları için, yani iletken tuzun anyonları ve/veya katyonları veya genel olarak elektrolitin içinde ihtiva eden yük taşıyıcıları için geçirgenlik.
- 20 Önerilen membran, örneğin iletken tuzların iyonları için geçirgen olan bir membran veya bir diyaliz membranı, her iki odacığın içindeki nispeten düşük molar kütlelere sahip redoks-aktif bileşenleri ayırır.

Membranın malzemeleri, uygulama durumuna göre, plastik malzemelerden, seramiklerden, camlardan, metallere veya tekstil iki boyutlu yapılardan oluşabilir. Organik polimerler, mesela selüloz veya modifiye edilmiş selüloz, örneğin selülozeter veya selülozester, 5 polietersülfon, polisülfon, polivinilidenflorür, poliester, poliüretanlar, poliamidler, polipropilen, polivinilklorür, poliakrilnitril, polistiren, polivinilalkol, polifenilenoksit, poliimidler, politetrafloretillen ve onların türevleri, veya ayrıca seramikler, camlar veya keçeler, bu malzemelere örneklerdir. Birden fazla malzemedan oluşan membranlar (kompozitler) de 10 mümkündür.

Membranlar ve onların sonucunda ortaya çıkan redoks akışlı hücreler, farklı görünüm şekillerinde kullanılabilir. Yassı membranlar, cep tipi filtre konstrüksiyon ve sarılmış modüller, bunlara örneklerdir. Uzman, bu uygulama şekillerini bilir. Tercihen yassı membranlar kullanılır.

15 Buluşa göre kullanılan membran, stabilitesinin daha iyi olması için, örneğin süzgeç şeklinde olan veya perforeli olan bir plastik malzeme veya dokuma ile desteklenmiş olabilir.

Buluşa göre kullanılan membranın kalınlığı geniş aralıklarda değişebilir. Tipik kalınlıklar 0,1 mm ile 5 mm arasındaki, özellikle tercihen 10 mm ile 20 200 mm arasındaki aralıkta yer alır.

Buluşa göre olan redoks akışlı hücre, yukarıda tarif edilen elektro-aktif bileşenlerin, elektrolitlerin ve membranların yanı sıra, daha başka bileşenleri ihtiva eder. Bunlarda, • redoks-aktif bileşenlerin taşınması ve depolanması için öngörülen taşıma araçları, mesela pompalar ile tanklar ve 25 borular

- tercihen grafitten, grafit keesinden, grafit kağıdından, karbon-nano-borucuk-

halılarından, aktif karbon, karbon siyahından veya grafitan oluşan veya onu ihtiva eden elektrotlar

- 5 • opsiyonel olarak, örneğın grafitten veya metallerden oluşan, akım kolektörleri söz konusudur.

Pozitif elektrotlar, aşağıda belirtilen diğerk malzemeleri ihtiva edebilir veya onlardan oluşabilir:

Soy metal ile kaplı veya elmas ile kaplı titan, niob, wolfram, grafit, silisyumkarbür veya tantal, özellikle platin- ve/veya iridyum- ve/veya rutenyumoksit-kaplı Titan, elmas veya elektriksel iletken bileşenler, örneğın bor, ile katkılanık elmas, camsı karbon (Lothar Dunsch: Elektrochemische Reaktionen an Glaskohlenstoff (= camsı karbonlarda elektro-kimyasal reaksiyonlar), Zeitschrift für Chemie (= kimya dergisi), 14, 12, p463-468, aralık 1974, indiyum-kalay-oksit, kurşun, kurşun-gümüş-alaşımı, örneğın % 1 gümüş ihtiva eden kurşun-gümüş-alaşımı, kalay, kalay oksit, karbon siyahı, spinel (örneğın EP 0042984'te tarif edildiğı gibi), perovskit (CaTiO₃), delafosit (bakır- ve/veya demir oksit ihtiva eder), antimon, bizmut, kobalt, platin ve/veya platin karası, palladyum ve/veya palladyum karası, Mangan, polipirrol (örneğın EP 0191726 A2, EP 0206133 A1'de tarif edildiğı gibi), paslanmaz elik, hastelloy veya demir-krom-nikel-içerikli alaşımlar. Nikel ihtiva eden pozitif elektrotlar tercihen, elektrolit, $\geq 7-8$ olan bir alkalik pH-değeriine sahip olduğunda, kullanılır.

Kaplanmış olan elektrot malzemelerinde, řu bilinen kaplama yöntemleri kullanılabilir: kimyasal buhar biriktirme (CVD), fiziksel buhar biriktirme

(PVD), galvanik biriktirme, metali çözünmüş halde veya bir redüksiyon ajanını ihtiva eden bir sıvı çözeltiden akımsız biriktirme ve burada redüksiyon ajanı, istenilen metalin bir yüzeyin üzerine biriktirilmesini sağlar.

- 5 Negatif elektrot, aşağıda belirtilen malzemeleri ihtiva edebilir veya onlardan oluşabilir:

Çinko, özel çelik, hastelloy veya demir-krom-nikel-içerikli alaşımlar, grafit, grafit keçesi, grafit kağıdı, karbon-nano-borucuk-halıları, aktif karbon, karbon siyahı veya graf.

- 10 Nikel ihtiva eden negatif elektrotlar, tercihen, elektrolit $\geq 7-8$ olan bir alkalik pH-değerine sahip olduğunda, kullanılır.

- Buluşa göre olan redoks akışlı hücreler, diğer opsiyonel, ama tercih edilen bileşenler olarak, akım kolektörlerini ihtiva eder. Onların görevi, elektrot malzemesi ile harici akım kaynağı veya akım çukuru arasında mümkün olduğunca iyi bir elektriksel kontağın oluşturulmasıdır.

- Akım kolektörleri olarak, buluşa göre olan redoks akışlı hücrelerin içinde, alüminyum, alüminyum alaşımları, paslanmaz çelik, hastelloy, demir-krom-nikel-alaşımları, soy metal ile kaplı titan veya tantal, özellikle platin-ve/veya iridyum- ve/veya rutenyumoksit ile kaplı titan, niob, tantal, hafniyum, zirkonyum kullanılabilir.

Kaplanmış olan akım kolektörlerinin üretilmesi için, diğerlerinin yanı sıra, şu bilinen kaplama yöntemleri kullanılabilir: kimyasal buhar biriktirme (CVD), fiziksel buhar biriktirme (PVD), galvanik biriktirme, metali çözünmüş halde veya bir redüksiyon ajanını ihtiva eden bir sıvı çözeltiden

akımsız biriktirme ve burada redüksiyon ajanı, istenilen metalin bir yüzeyin üzerine biriktirilmesini sağlar.

Buluşa göre olan redoks akışlı hücre, en çeşitli alanlarda kullanılabilir. Burada, en geniş anlamda, mobil ve yerinde sabit uygulamalar için elektrik enerjisinin depolanması söz konusu olabilir. Buluş, redoks akışlı hücrenin bu amaçlar için kullanılması ile de ilgilidir.

Acil elektrikle besleme, doruk yük kompensasyonu için yerinde sabit depo olarak, özellikle fotovoltaiik ve rüzgar enerjisi sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarından olan veya da gaz-, kömür-, biyokütle-, gel-git- ve deniz elektrik santrallerinden olan elektrik enerjisinin ara depolanması için kullanımlar ya da elektro-mobilite alanındaki kullanımlar, karayolu, havayolu ve denizyolu araçlarında depo olarak kullanımlar, uygulamalara örneklerdir.

Buluşa göre olan redoks akışlı hücre tercihen elektrik enerjisi için öngörülen, yerinde sabit olan depo olarak kullanılır.

Buluşa göre olan redoks akışlı hücreler, aslında bilinen şekilde seri veya paralel şekilde birbirine bağlanabilir.

Aşağıdaki örnekler, buluşu, onun bununla sınırlandırmadan, açıklamaktadır:

20 **Örnek 1: Demir / Violojen-Redoks Akışlı Batarya**

Hücrenin teorik potansiyeli (E_0 , suyun içinde $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de bir gümüş/gümüşklorür-referans elektroduna karşı redoks potansiyeli olarak tanımlanmıştır):

$$E^0 \text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+} = 0,77 \text{ V}$$

$$E^0 \text{MV}^{2+}/\text{MV}^+ = -0,43 \text{ V}$$

$$\rightarrow \text{Hücre gerilimi} = 1,2 \text{ V}$$

Beher 1 mol/L FeCl_2 ve 1 mol/L dimetilviolojenklorür'den, 2 mol/L NaCl'lik bir elektrolit çözeltisinin içinde çözülmüş halde, oluşan bir elektrolit çözeltisi üretilmiştir. Bu maddeler, kimya piyasasından temin edilebilir. Elektrolit çözeltisi, aktif yüzey alanı 5 cm^2 olan bir redoks akışlı hücrenin içinde test edilmiştir. Hem statik olarak (sıvı pompalanmamıştır) hem de pompalanmış sıvı ile şarj- ve deşarj işlemleri uygulanmıştır. Bu esnada 120 mW/cm^2 'ye varan enerji yoğunlukları elde edilebilmiştir. Depolama kapasitesi 25 Ah/L mertebesinde olmuştur. Aşırı gerilimler dikkate alınarak, takriben 1,0 V olan bir hücre gerilimi gözlemlenmiştir.

Şekil 1'de, bu hücrenin OCV-eğrisi, onun şarj durumuna bağlı olarak, kayıtlıdır. OCR-eğrisi, hücre geriliminin şarj durumuna bağlılığını göstermektedir. Hücre gerilimi burada "açık elektrik devresinde" ölçülmektedir, yani aşırı yük olmadan mevcut şarj durumunda oluşan hücre gerilimi (open-circuit voltage, kısacası OCV) söz konusudur. Bu gerilim değerleri ne kadar yüksek olursa, enerji muhtevası o kadar yüksek olur ve sistem o kadar daha verimli çalıştırılabilir.

Şekil 2 bu hücrenin şarj eğrisini göstermektedir.

Örnek 2: TEMPO-Amonyumklorür / Violojen-Redoks Akışlı Batarya

Hücrenin teorik potansiyeli:

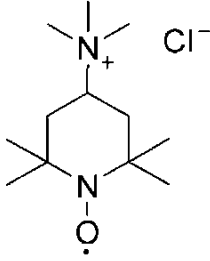
$$E^0 \text{TEMPO-N}^+/\text{TEMPO-N}^{2+} = 0,78 \text{ V}$$

$$E^0 MV^{2+}/MV^+ = -0,43 V$$

$$\rightarrow \text{hücre gerilimi} = 1,21 V$$

İki elektrolit çözeltisi üretilmiştir: Çalışma elektrodu (bataryanın artı-
kutbu) için olan çözelti, 1,0 g aşağıdaki yapıya sahip TEMPO-
5 amonyumklorürden ve 0,55 g NaCl'den, 10 mL su içinde, hazırlanmıştır.
Karşı elektrot (bataryanın eksi-kutbu) için olan çözelti, 1,5 g
dimetilviolojenklorürden ve 0,55 g NaCl'den, 10 mL su içinde,
hazırlanmıştır. Çözeltiler, aktif yüzey alanı 5 cm² olan bir redoks akışlı
hücresinin içinde test edilmiştir (Örnek 1'e benzer). Hücre, dönüşümlü
10 olarak şarj ve deşarj edilmiştir.

TEMPO-amonyumklorür'ün yapısı:



Şekil 3'te, bu hücrenin OCV-eğrisi, onun şarj durumuna bağlı olarak,
kayıtlıdır.

15 Şekil 4'te, tekli hücrenin ulaşılabilir potansiyel seviyesinin, bir polimer
redoks sisteminin yerine küçük moleküllerden oluşan bir redoks sistemi
kullanıldığında daha yüksek olduğu gösterilmektedir. Şekil 4'te, yukarıda
tarif edilen TEMPO-amonyumklorür'ü ve karşı iyon olarak klorür ihtiva
eden dimetilviolojen'i, redoks-aktif bileşen olarak ihtiva eden bir hücrenin
20 OCV-eğrisi gösterilmektedir (üst eğri). Ayrıca, bir TEMPO- ve bir
violojen-bazlı polimeri, redoks-aktif bileşen olarak ihtiva eden bir hücrenin

OCV-eğrisi gösterilmektedir. Küçük moleküllere sahip sistemin hücre geriliminin takriben 0,2 V daha yüksek olduğu görülmektedir; yani küçük moleküller sisteminin enerji yoğunluğu, aynı konsantrasyonda da, % 15'ten daha fazla yüksektir.

5 Örnek 3: Metilviolojen-TEMPO-Redoks Akışlı Batarya

Hücrenin teorik potansiyeli:

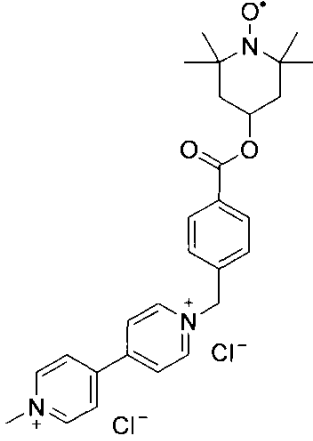
$$E^0 \text{ MV-TEMPO}^{2+}/\text{MV-TEMPO}^{3+} = 0,68 \text{ V}$$

$$E^0 \text{ MV-TEMPO}^{2+}/\text{MV-TEMPO}^+ = -0,46 \text{ V}$$

$$\rightarrow \text{ hücre gerilimi} = 1,14 \text{ V}$$

- 10 213 mg aşağıdaki yapıya sahip metilviolojen TEMPO'dan ve 235 mg NaCl'den, 4 ml su içinde, bir elektrolit çözeltisi üretilmiştir. Çözelti hem çalışma elektrodu (bataryanın artı-kutbu hem de karşı elektrot (bataryanın eksi-kutbu) için kullanılmıştır ve aktif yüzey alanı 5 cm² olan bir redoks akışlı hücrenin içinde test edilmiştir (Örnek 1'e benzer, sıvı pompalanmamıştır). Hücre, dönüşümlü olarak şarj ve deşarj edilmiştir. Ayrıca, bir OCV-eğrisi kaydedilmiştir.

Metilviolojen-TEMPO'nun yapısı:



Şekil 5'te, bu hücrenin OCV-eğrisi, onun şarj durumuna (SOC) bağlı olarak, kayıtlıdır.

Şekil 6 bu hücrenin şarj eğrisini göstermektedir.

5 Örnek 4: Propanoatviolojen-TEMPO-Redoks Akışlı Batarya

Hücrenin teorik potansiyeli:

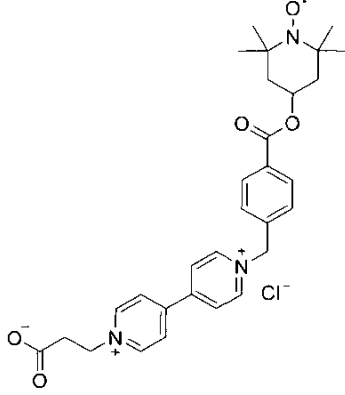
$$E^0 \text{ MV-TEMPO}^{2+}/\text{MV-TEMPO}^{3+} = 0,67 \text{ V}$$

$$E^0 \text{ MV-TEMPO}^{2+}/\text{MV-TEMPO}^+ = -0,49 \text{ V}$$

$$\rightarrow \text{ hücre gerilimi} = 1,16\text{V}$$

- 10 110 mg aşağıdaki yapıya sahip propanoatviolojen TEMPO'dan ve 117 mg NaCl'den, 2 ml su içinde, bir elektrolit çözeltisi üretilmiştir. Çözelti hem çalışma elektrodu (bataryanın artı-kutbu hem de karşı elektrot (bataryanın eksi-kutbu) için kullanılmıştır ve aktif yüzey alanı 5 cm² olan bir redoks akışlı hücrenin içinde test edilmiştir (Örnek 1'e benzer, sıvı pompalanmamıştır). Hücre, dönüşümlü olarak şarj ve deşarj edilmiştir. Ayrıca, bir OCV-eğrisi kaydedilmiştir.
- 15

Propanoatviolojen-TEMPO'nun yapısı:

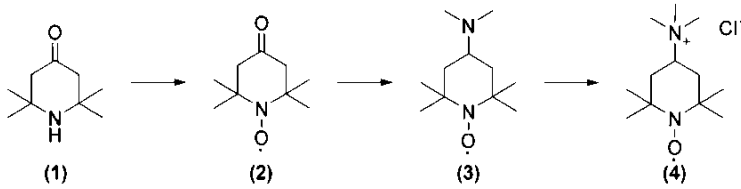


Şekil 7'de, bu hücrenin OCV-eğrisi, onun şarj durumuna (SOC) bağlı olarak, kayıtlıdır.

5 Şekil 8 bu hücrenin şarj eğrisini göstermektedir.

Sentez örnekleri

Örnek 5: TEMPO-amonyum klorür'ün sentezi



4-okso-2,2,6,6-tetrametilpiperidin-1-oksil (2)

- 10 20 g 4-okso-2,2,6,6-tetrametilpiperidin (1), 2 g Na₂WO₄·2 H₂O ile 2 g Na₂H₂EDTA, 133 ml suyun içinde, oda sıcaklığında, çözündürülmüştür. 26,6 ml hidrojenperoksit (% 30) karıştırılarak eklenmiştir. Reaksiyondaki ilerleme, gaz kromatografisi (GC) vasıtasıyla takip edilmiş ve (1) tamamen dönüşüncüye kadar, ilave 5 ml'lik hidrojen peroksit porsiyonları
- 15 eklenmiştir. Kırmızı reaksiyon çözeltisi, yeşil çökeltiden ayrılmış ve 150

ml su ile yıkanmıştır. Sulu faz yede defa 50 ml diklormetan ile ekstrakte edilmiş ve magnezyumsülfat üzerinden kurutulmuştur. Çözücü madde giderilmiş ve ürün (% 60 elde), vakumda kurutulmuştur.

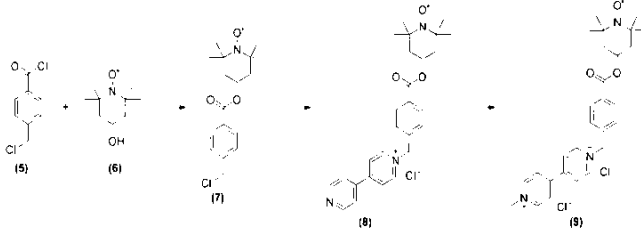
4-(dimetilamino)-2,2,6,6-tetrametilpiperidin-1-oksil (3)

5 2 g 4-okso-2,2,6,6-tetrametilpiperidin-N-oksil (2) 20 ml kuru metanolün içinde çözdürülmüş ve 7,3 g dimetilaminhidroklorür, Argon-koruyucu gaz atmosferi altında, eklenmiştir. Soğutularak ve karıştırılarak, reaksiyon karışımına, 444 mg NaBH₃CN eklenmiştir. 48 saat sonra, sodyum hidroksit ile alkalileştirme yapılmıştır ve 50 mL diklormetan ile üç defa
10 ekstrakte edilmiştir. Organik faz, magnezyumsülfat üzerinden kurutulmuş, çözücü madde giderilmiştir ve ham ürün vakumda kurutulmuştur. Elde edilen ham ürün, daha fazla saflaştırma yapılmadan, bir sonraki adımda kullanılmaya devam edilmiştir.

1-oksil-N,N,N-2,2,6,6-heptametilpiperidin-4-amonyumklorür (4,
15 **kısaca: TEMPO-amonyumklorür)**

Ham ürün 4-(dimetilamino)-2,2,6,6-tetrametilpiperidin-1-oksil (3) tamamen 20 ml dietileter içinde çözdürülmüştür, katı maddeler filtrasyon yoluyla giderilmiş ve 5 ml dietileter içinde bir 1,42 g metiliyodür çözeltisi eklenmiştir. Çözelti 20 saat oda sıcaklığında karıştırıldıktan sonra, oluşan
20 çökelti ayrılmış ve 20 ml dietileter ile yıkanmıştır. Çökelti 50 ml suyun içinde çözdürülmüş ve bir iyon değişim reçinesinde (Dowex Marathon A2, klorür-form) karşı iyonun iyodürden klorüre bir iyon alış-verişi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen çözelti, dondurularak kurutulmuş ve ürün turuncu toz (% 89 elde) halinde elde edilmiştir.

25 **Örnek 6: Metilviolojen-TEMPO'nun sentezi**



1-oksil-2,2,6,6-tetrametilpiperidin-4-il-4-(klorometil)benzoat (7)

80 ml kuru kloroform ve 8 ml kuru trietilamin içindeki 5 g'lık bir 4-hidroksi-2,2,6,6-tetrametilpiperidin-N-oksil (6) çözeltisinin içine, 4,3 mL 4-(klorometil)benzoiklorür (5) karıştırılarak oda sıcaklığında damlalar halinde eklenmiştir. Altı saat sonra, reaksiyon karışımı 300 ml buzlu sudan ve 50 ml %5'lik bikarbonat çözeltisinden oluşan bir karışımın üzerine verilmiş, karıştırılmış ve 200 ml kloroform ile üç defa ekstrakte edilmiştir. Organik faz, 200 ml su ile yıkanmış, magnezyumsülfat üzerinden kurutulmuş ve 10 çözücü madde vakumda giderilmiştir. Vakumda kurutulduktan sonra, ham ürün turuncu toz (% 95 elde) halinde elde edilmiştir. Elde edilen ham ürün, daha fazla saflaştırma yapılmadan, bir sonraki adımda kullanılmaya devam edilmiştir.

1-(4-(((1-oksil-2,2,6,6-tetrametilpiperidin-4-il)oksi)karbonil)benzil)-[4,4'-bipiridin]-1-yl-klorür (8)

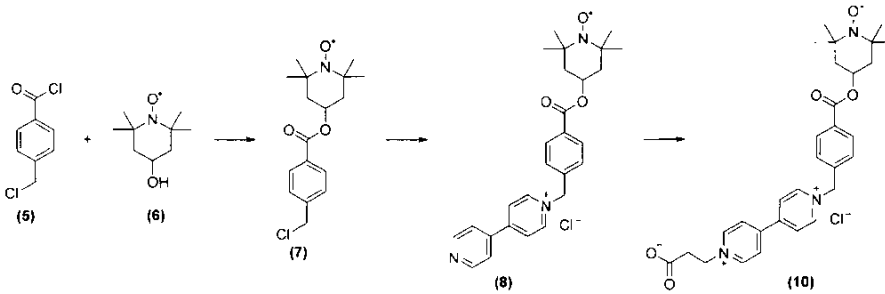
4,5 g ham ürün 1-oksil-2,2,6,6-tetrametilpiperidin-4-il-4-(klorometil)benzoat (7) ile 2,2 g 4,4'-bipiridin, 80 ml asetonitril'in içine verilmiş ve çözelti 80 °C'de 72 saat karıştırılmıştır. Reaksiyon karışımı 450 ml soğuk asetik esterin içinde çöktürülmüş, oluşan çökelti ayrılmış ve 20 vakumda kurutulmuştur. Ürün, turuncu renkli katı madde (% 78 elde) halinde elde edilmiştir.

1-(4-(((1-oksil-2,2,6,6-tetrametilpiperidin-4-il)oksi)karbonil)benzil)-1'-metil-[4,4'-bipiridin]-1,1'-diyum-klorür (9, kısaca: Metilviolojen-TEMPO)

Varyasyon A: 8 ml suyun içinde bir 2 g'lık 1-(4-(((1-oksil-2,2,6,6-tetrametilpiperidin-4-il)oksi)karbonil)benzil)-[4,4'-bipiridin]-1-yum-klorür (8) çözeltisinin içine, bir basınçlı reaktörün içinde, klormetan (basınç 2 bar) eklenmiştir. Reaksiyon çözeltisi, 35 saat 95 °C'de karıştırılmış ve ürün katı madde (% 95 elde) halinde, dondurarak kurutma yoluyla elde edilmiştir.

Varyasyon B: 12 ml DMSO'nun içinde bir 0,5 g'lık 1-(4-(((1-oksil-2,2,6,6-tetrametilpiperidin-4-il)oksi)karbonil)benzil)-[4,4'-bipiridin]-1-yum-klorür (8) çözeltisinin içine, 0,14 ml metiliyodür eklenmiştir. Reaksiyon karışımı 6 saat 60 °C'de karıştırılmış ve ardından 150 ml asetik ester'in içinde çöktürülmüştür. Çökelti suyun içinde çözdürülmüş ve bir iyon değişim reçinesinde (Dowex Marathon A2, klorür-form) karşı iyonun iyodürden klorüre iyon alış-verişi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen çözelti, dondurularak kurutulmuş ve ürün turuncu toz (% 82 elde) halinde elde edilmiştir.

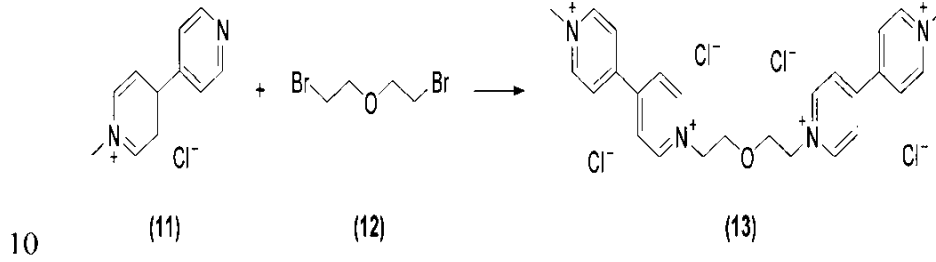
Örnek 7: Propanoatviolojen-TEMPO'nun sentezi



3-(1'-(4-(((1-oksil-2,2,6,6-tetrametilpiperidin-4-il)oksi)karbonil)benzil)-[4,4'-bipiridin]-1,1'-diyum-1-il)propanoat-klorür (10, kısaca: Propanoatviolojen-TEMPO)

10 ml asetonitril'in için 2 g 1-(4-(((1-oksil-2,2,6,6-tetrametilpiperidin-4-
5 il)oksi)karbonil)benzil)-[4,4'-bipiridin]-1-yum-klorür (8)'e karıştırılarak 3 ml akrilik asit eklenmiştir. Çözelti, 60 °C'de 30 dakika karıştırılmış, soğutulmuş ve soğuk asetik esterin içinde çöktürülmüştür. Çökelti ayrılmış, vakumda kurutulmuş ve hedef ürün toz (% 56 elde) halinde elde edilmiştir.

Örnek 8: Çok misli işlevselleştirilmiş violojen'in sentezi



1-Metil-[4,4'-bipiridin]-1-yum-klorür (11)

Bir basınçlı reaktörün içine, 200 ml asetonitril içinde 100 g 4,4'-bipiridin
ile 200 ml toluol konularak hazır edilmiştir. 32,4 g klormetan eklendikten
sonra, çözelti, 70 °C'de 26 saat karıştırılmıştır. Çözücü madde, vakumda
15 giderilmiş ve ürün (% 98 elde) gri toz halinde elde edilmiştir.

1',1''-(oksibis(etan-2,1-diil))bis(1-metil)-[4,4'-bipiridin]-1,1'-diyum)klorür (13)

0,2 g 1-metil-[4,4'-bipiridin]-1-yum-klorür (11)'e 61 ml 1-brom-2-(2-
brometoksi)etan (12), 18 mg tetrabütülamonyumiyodür ve 2 ml DMSO
20 eklenmiştir. Reaksiyon karışımı 110 °C'de 3 gün karıştırılmış, soğutulmuş

ve soğuk asetik esterin içinde çöktürülmüştür. Çökelti suyun içinde çözdürülmüş ve bir iyon değişim reçinesinde (Dowex Marathon A2, klorür-form) karşı iyonun iyodürden klorüre bir iyon alış-verişi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen çözelti, dondurularak kurutulmuş ve ürün
5 turuncu toz (% 73 elde) halinde elde edilmiştir.

5 ila 8 örneklerinden olan hedef ürünlere ait analitik veriler

¹H NMR-spektrumları bir Bruker Fourier 300 (300 MHz)'ye kaydedilmiştir. TEMPO-radikalleri, fenilhidrazin veya hidrazinhidrat ile indirgenmiştir, böylece, ölçümleri olumsuz etkileyebilecek türler mevcut
10 bulunmamıştır.

Dönüşümlü voltamogramlar, bir 3-elektrot-setup'ında ölçülmüştür, burada karşı çalışma elektrodu olarak bir camsı karbon-disk elektrodu, karşı elektrot olarak bir platin teli ve referans olarak bir gümüş/gümüşklorür elektrodu işlev görmüştür. Elektrolit olarak sulu sodyumklorür çözeltileri
15 (0,1 mol/l) kullanılmıştır.

1-oksil-N,N,N-2,2,6,6-heptametilpiperidin-4-aminyumklorür (4, kısaca: TEMPO-amonyumklorür)

¹H NMR (DMSO, 300 MHz) δ : 3,73 (1H, m); 3,02 (9H, s); 1,99 (2H, m); 1,55 (2H, m); 1,09 (12H, d).

20 Şekil 9, sulu sodyumklorür çözeltisi (0,1 mol/l) içindeki maddenin, bir gümüş/gümüşklorür-referans elektroduna karşı ölçülen bir dönüşümlü voltamogramını göstermektedir.

1-(4-(((1-oksil-2,2,6,6-tetrametilpiperidin-4-il)oksi)karbonil)benzil)-1'-metil-[4,4'-bipiridine]-1,1'-diyumklorür (9, kısaca: Metilviolojen-TEMPO)

¹H NMR (D₂O, 300 MHz) δ: 9,09 (2H, d); 8,94 (2H, d); 8,44 (4H, m); 8,01
5 (2H, d); 7,52 (2H, d); 5,93 (2H, s); 5,28 (1H, m); 4,40 (3H, s); 2,13 (2H, m); 1,82 (2H, m); 1,24 (12H, s).

Şekil 10, sulu sodyumklorür çözeltisi (0,1 mol/l) içindeki maddenin, bir gümüş/gümüşklorür-referans elektroduna karşı ölçülen bir dönüşümlü voltamogramını göstermektedir.

10 **3-(1'-(4-(((1-oksil-2,2,6,6-tetrametilpiperidin-4-il)oksi)karbonil)benzil)-[4,4'-bipiridin]-1,1'-diyum-1-yl)propanoat-klorür (10, kısaca: Propanoatviolojen-TEMPO)**

¹H NMR (D₂O, 300 MHz) δ: 9,05 (4H, m); 8,43 (4H, m); 8,02 (2H, d);
7,51 (2H, d); 5,92 (2H, s); 5,31 (1H, m); 4,81 (2H, t); 2,87 (2H, t); 2,16
15 (2H, m); 1,84 (2H, m); 1,26 (12H, d).

Şekil 11, sulu sodyumklorür çözeltisi (0,1 mol/l) içindeki maddenin, bir gümüş/gümüşklorür-referans elektroduna karşı ölçülen bir dönüşümlü voltamogramını göstermektedir. Kesiksiz çizgiler burada anodik ve katodik alanın tekli ölçümlerini teşkil etmektedir, kesikli çizgi ise bütün alan
20 boyunca bir çözümü teşkil etmektedir.

**1',1''-(oksibis(etan-2,1-diil))bis(1-metil-[4,4'-bipiridin]-1,1'-
diyum)klorür (13)**

¹H NMR (DMSO, 300 MHz) δ : 9,09 (4H, m); 8,99 (4H, m); 8,50 (8H, m);
4,88 (4H, m); 4,45 (6H, s); 4,06 (4H, m).

TARIFNAME İÇERİSİNDE ATIF YAPILAN REFERANSLAR

Başvuru sahibi tarafından atıf yapılan referanslara ilişkin bu liste, yalnızca okuyucunun yardımı içindir ve Avrupa Patent Belgesinin bir kısmını oluşturmaz. Her ne kadar referansların derlenmesine büyük önem verilmiş olsa da, hatalar veya eksiklikler engellenememektedir ve EPO bu bağlamda hiçbir sorumluluk kabul etmemektedir.

Tarifname içerisinde atıfta bulunulan patent dökümanları:

- AU 575247 B [0011]
- WO 2014026728 A1 [0014] [0015]
- EP 0042984 A [0139]
- EP 0191726 A2 [0139]
- EP 0206133 A1 [0139]

Tarifnamede belirtilen patentleştirilmemiş literatür:

10

- **B. FANG ; S. IWASA ; Y. WEI ; T. ARAI ; M. KUMAGAI.** A study of the Ce(III)/Ce(IV) redox couple for redox flow battery application. *Electrochimica Acta*, 2002, vol. 47, 3971-3976 [0012]
- **M. H. CHAKRABARTI ; E. PELHAM ; L. ROBERTS ; C. BAE ; M. SALEEM.** Ruthenium based redox flow battery for solar energy storage. *Energy Conv. Manag.*, 2011, vol. 52, 2501-2508 [0012]
- **C-H. BAE ; E. P. L. ROBERTS ; R. A. W. DRYFE.** Chromium redox couples for application to redox flow batteries. *Electrochimica Acta*, 2002, vol. 48, 279-87 [0012]
- **T. YAMAMURA ; Y. B. YANG; L. HOOBER-BURKHARD ; F. WANG ; G. K. SURYA PRAKASH ; S. R. NARAYANAN.** An inexpensive aqueous flow battery for large-scale electrical energy storage based on water-soluble organic redox couples. *J. Electrochem. Soc.*, 2014, vol. 161 (9), A1361-A1380 [0013]
- **Z. LI; S. LI ; S. LIU ; K. HUANG ; D. FANG ; F. WANG ; S. PENG.** Electrochemical properties of an allorganic redox flow battery using 2,2,6,6-Tetramethyl-1-Piperidonyloxyl and N-Methylphthalimid. *Electrochemical and Solid-State Letters*, 2011, vol. 14 (12), A171-A173 [0013]
- **X. WIE; W. XU ; M. VIJAYAKUMAR ; L.**

SHIOKAWA ; H. YAMANA ; H. MORIYAMA.

Electrochemical investigation of uranium β -diketonates for all-uranium redox flow battery. *Electrochimica Acta*, 2002, vol. 48, 43-50 [0012]

• **F. XUE; Y. WANG ; W. HONG WANG ; X. WANG.**

Investigation on the electrode process of the Mn(II)/Mn(III) couple in redox flow battery. *Electrochimica Acta*, 2008, vol. 53, 6636-6642 [0012]

• **L. W. HRUSKA ; R. F. SAVINELL.** Investigation of Factors Affecting Performance of the Iron-Redox Battery.

J. Electrochem. Soc., 1981, vol. 128 (1), 18-25 [0012]

• **B. HUSKINSON ; M. P. MARSHAK ; C. SUH ; S. ER ; M. R. GERHARDT ; C. J. GALVIN ; X. CHEN ; A. ASPURU-GUZIK ; R. G. GORDON ; M. J. AZIZ.**

A metal free organic-inorganic aqueous flow battery. *Nature*, 2014, vol. 505, 195-198 [0013]

COSIMBESCU ; T. LIU ; V. SPRENKLE ; W. WANG.

TEMPO-based catholyte for high-energy density redox flow batteries. *Adv. Mater.*, 2014, vol. 26 (45), 7649-7653 [0013]

• **C.L. BIRD ; A.T. KUHN.**

Electrochemistry of the viologens. *Chem. Soc. Rev.*, 1981, vol. 40, 49-82 [0117]

• **T.W. EBBESEN ; G. LEVEY ; L. K. PATTERSON.**

Photoreduction of methyl viologen in aqueous neutral solution without additives.

Nature, 1982, vol. 298, 545-548 [0117]

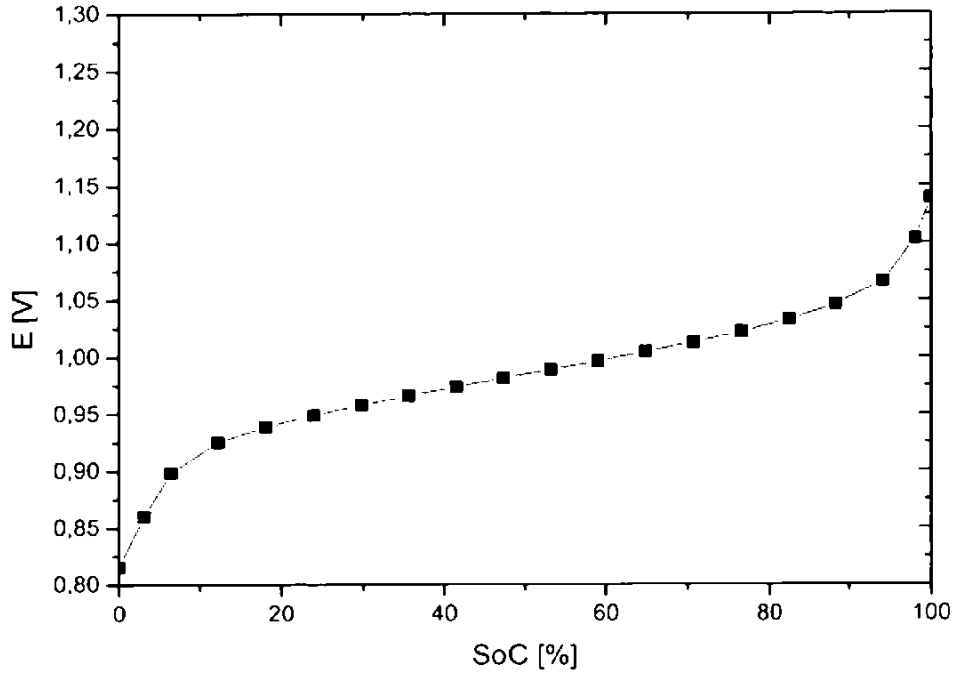
• **ALLEN J. BARD ; LARRY R. FAULKNER.** *Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications.* John Wiley & Sons, 2001 [0131]

• **RICHARD G. COMPTON ; CRAIG E. BANKS.**

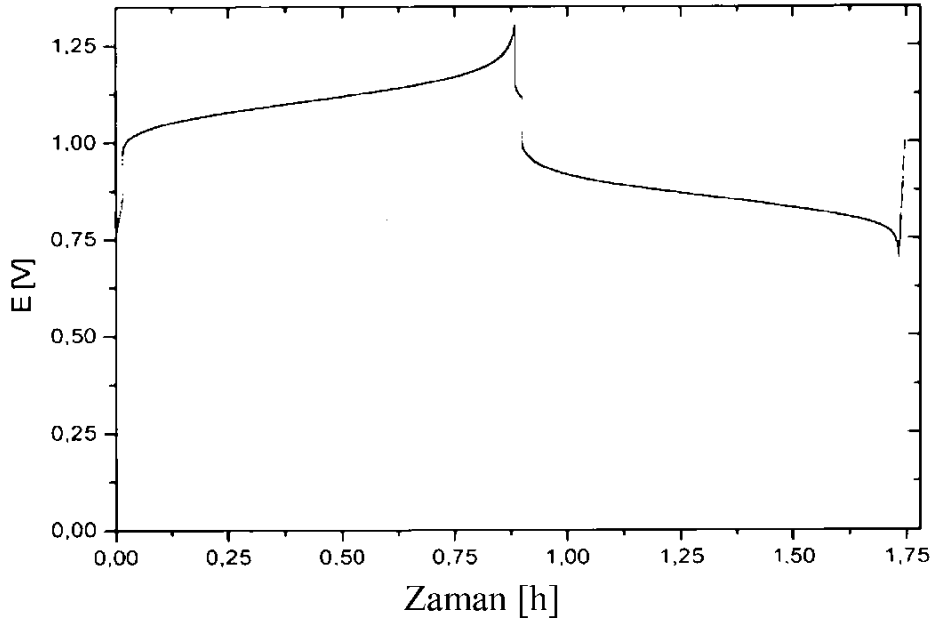
Understanding Voltammetry. Imperial College Press, 2010 [0131]

• **LOTHAR DUNSCH.**

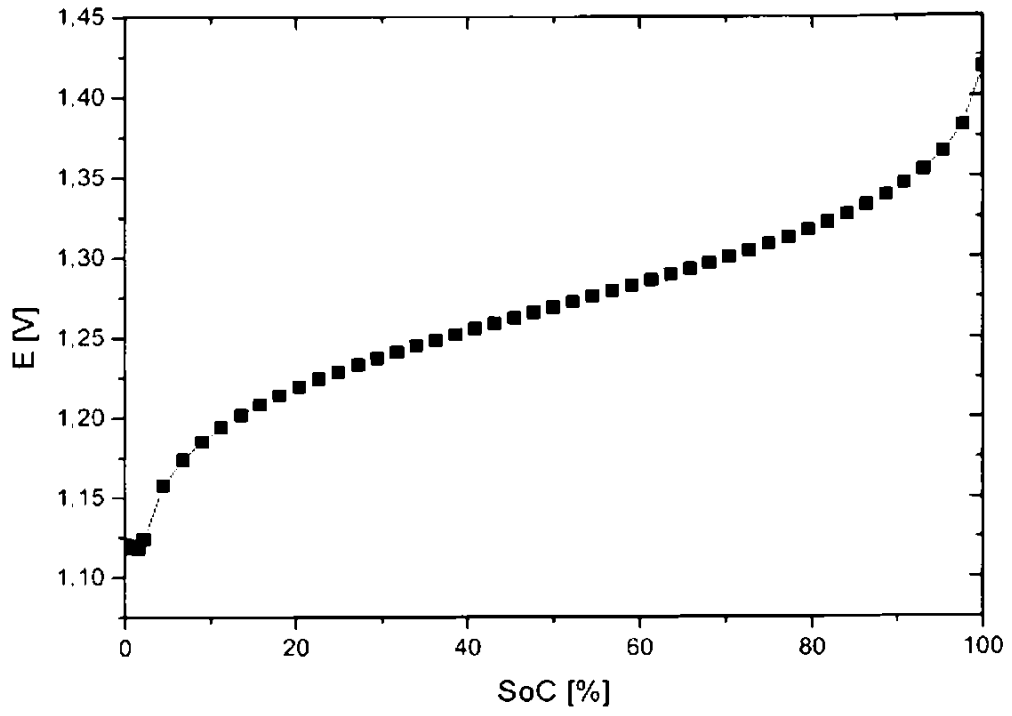
Elektrochemische Reaktionen an Glaskohlenstoff, Zeitschrift für Chemie, Dezember 1974, vol. 14 (12), 463-468 [0139]



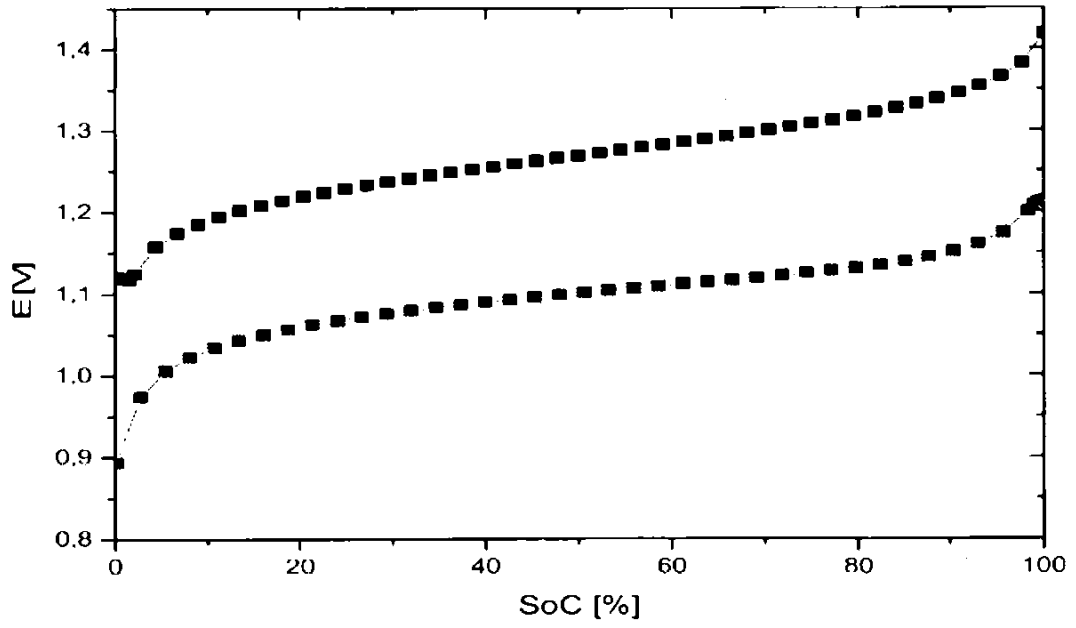
ŞEKİL 1



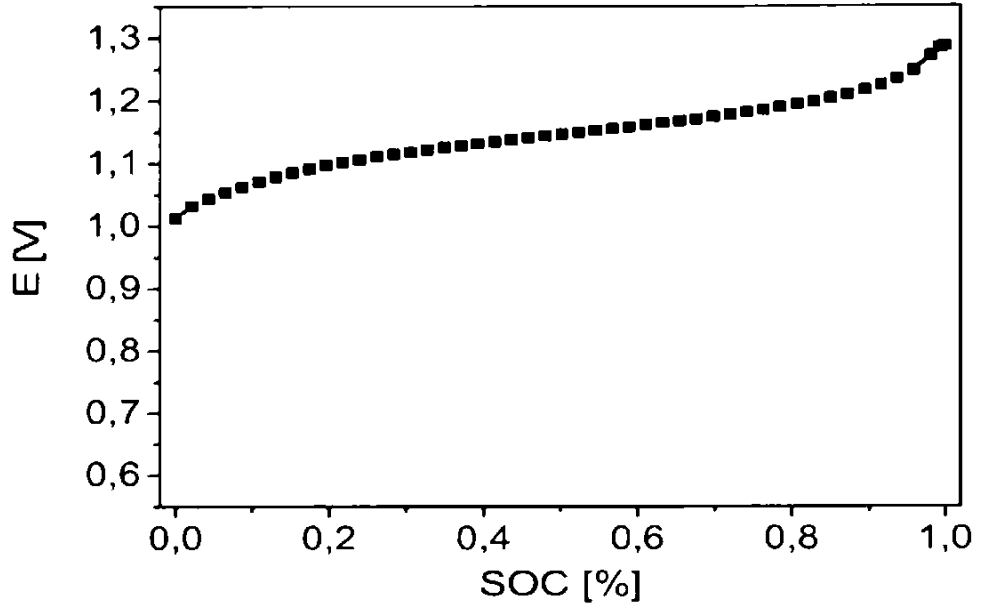
ŞEKİL 2



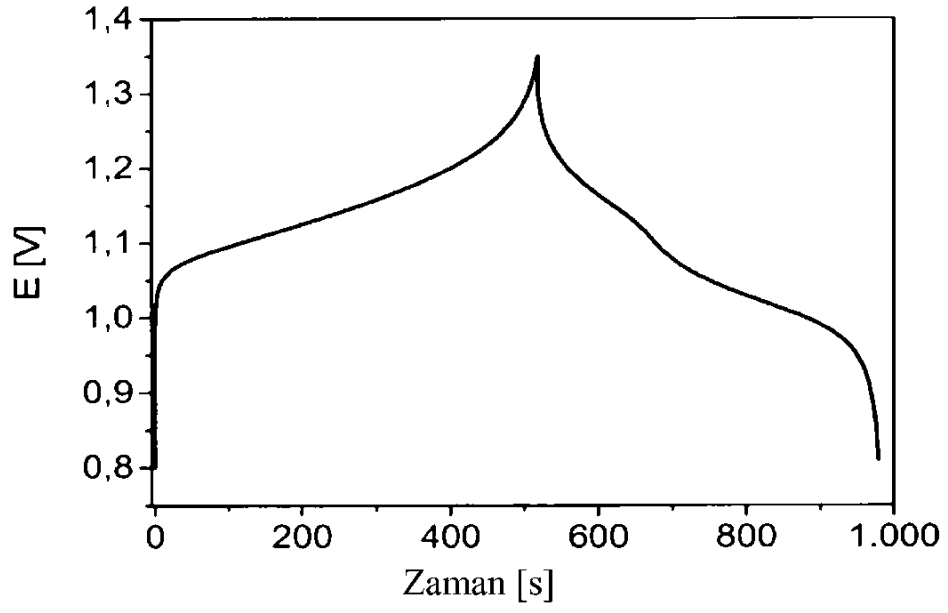
ŞEKİL 3



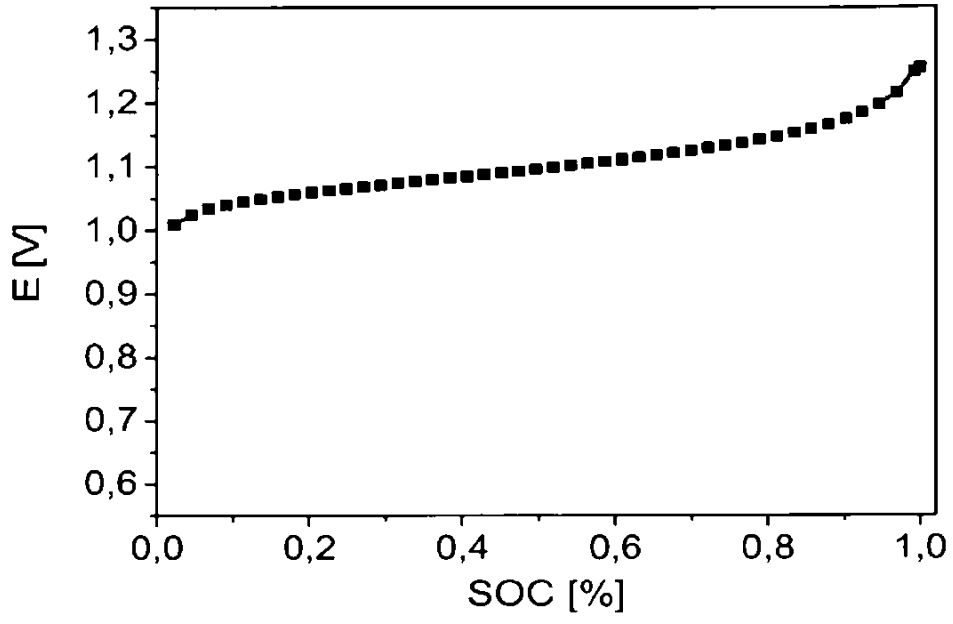
ŞEKİL 4



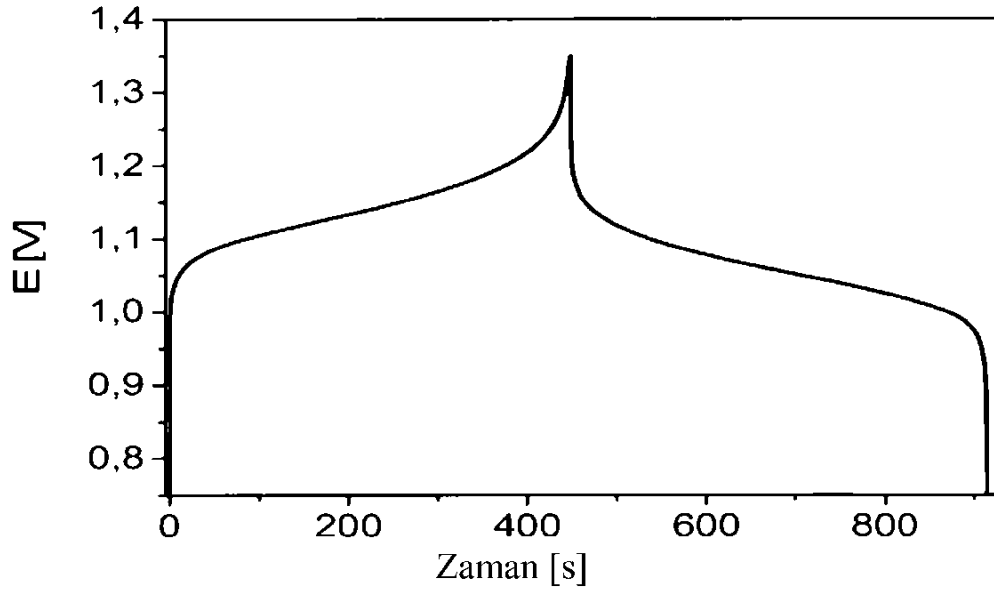
ŞEKİL 5



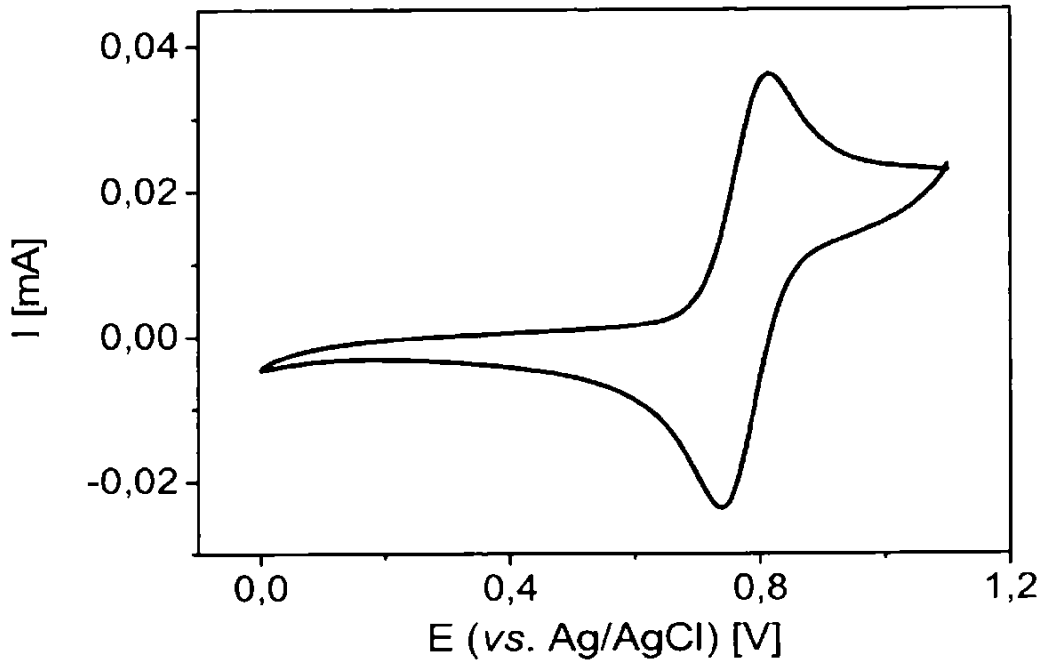
ŞEKİL 6



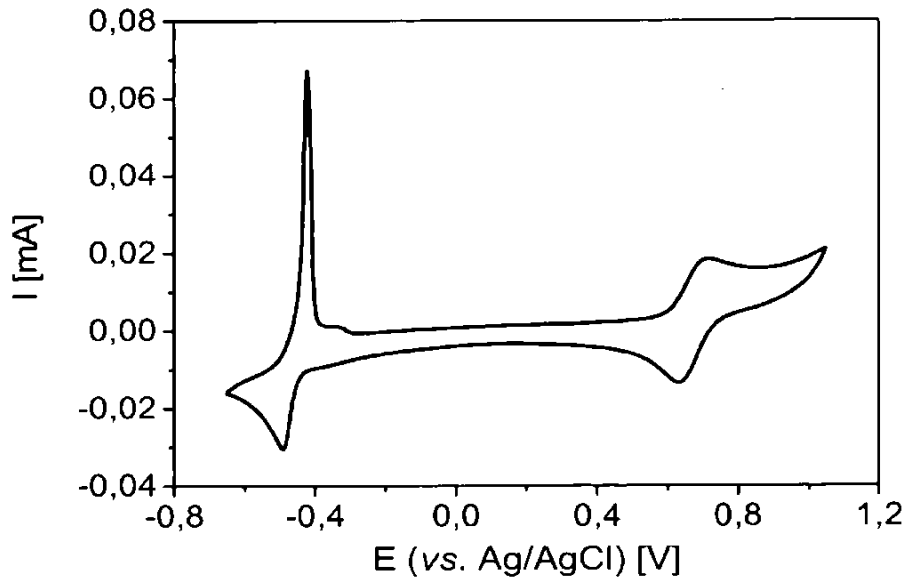
ŞEKİL 7



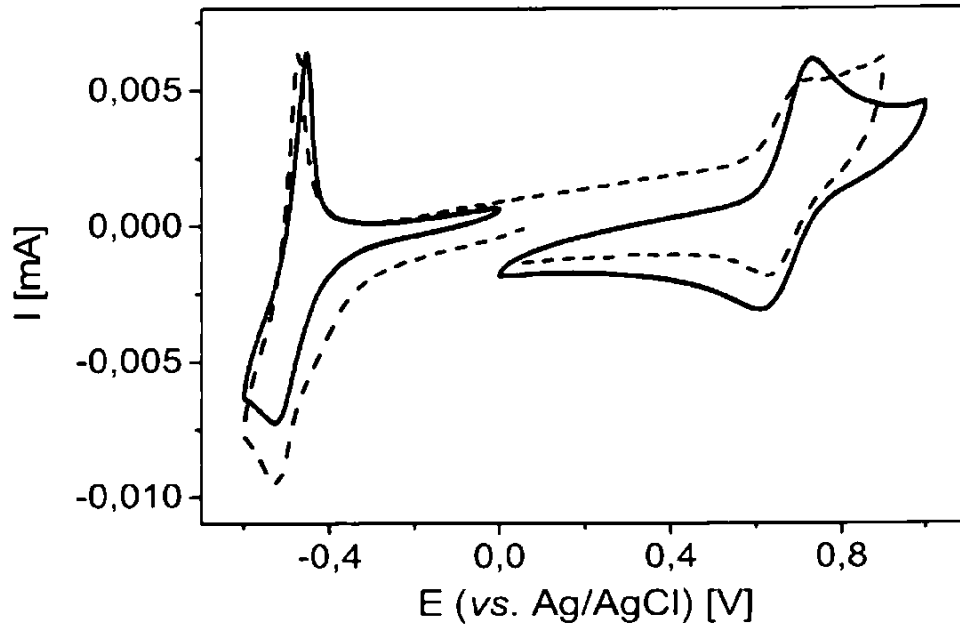
Şekil 8



ŞEKİL 9



ŞEKİL 10



ŞEKİL 11