



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

<b>DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO</b>	<b>102019000002609</b>
<b>Data Deposito</b>	<b>22/02/2019</b>
<b>Data Pubblicazione</b>	<b>22/08/2020</b>

Classifiche IPC

Titolo

**METODO PER ESTRARRE SOTTOPRODOTTI DI RETICOLAZIONE DA UN SISTEMA ISOLANTE ELETTRICO RETICOLATO DI UN CAVO ENERGIA E RELATIVO CAVO ENERGIA.**

METODO PER ESTRARRE SOTTOPRODOTTI DI RETICOLAZIONE DA UN  
SISTEMA ISOLANTE ELETTRICO RETICOLATO DI UN CAVO ENERGIA E  
RELATIVO CAVO ENERGIA

-----

5 Inquadramento della descrizione

La presente descrizione si riferisce a un metodo per estrarre sottoprodotti di reticolazione da un sistema elettricamente isolante reticolato di un cavo energia e un relativo cavo energia.

Cavi per trasportare energia elettrica, in particolare nel caso di cavi per  
10 applicazioni a tensione media o alta, includono generalmente un'anima di cavo. L'anima di cavo è solitamente formata da almeno un conduttore rivestito con un sistema isolante formato in sequenza da uno strato polimerico interno avente proprietà di semiconduttore, uno strato polimerico intermedio avente proprietà elettricamente isolanti, e uno strato polimerico esterno avente proprietà di  
15 semiconduttore. Cavi per trasportare energia elettrica a media e alta tensione includono generalmente uno strato di schermo, tipicamente formato da un metallo o da un metallo e un materiale polimerico, che circonda ciascuna anima di cavo o tutte loro insieme. Lo strato di schermo può essere sotto forma di fili (trecce), di un nastro avvolto a elica intorno all'anima di cavo o un foglio avvolto longitudinalmente  
20 intorno all'anima di cavo.

Gli strati polimerici del sistema isolante sono comunemente formati da un polimero reticolato a base di poliolefina, in particolare polietilene reticolato (XLPE), o etilene/propilene elastomerico (EPR) o copolimeri di etilene/propilene/diene (EPDM), anch'essi reticolati, come divulgato, ad esempio, in WO 98/52197. La fase  
25 di reticolazione, eseguita dopo l'estrusione del materiale polimerico sul conduttore,

conferisce al materiale proprietà meccaniche ed elettriche soddisfacenti anche ad elevate temperature sia nell'uso convenzionale che con sovraccarico di corrente.

Il processo di reticolazione di materiali poliolefinici, in particolare polietilene, necessita dell'aggiunta al materiale polimerico di un agente reticolante (reticolante), solitamente un composto di perossido organico, e di un successivo riscaldamento a una temperatura per causare la scissione e reazione del perossido. Si formano sottoprodotti, principalmente derivanti dalla decomposizione del perossido organico. In presenza di un campo elettrico continuo, tali sottoprodotti, che sono intrappolati nel materiale reticolato, causano un accumulo di cariche spaziali che può causare scariche elettriche ed eventualmente la perforazione dell'isolante, in particolare in cavi energia a corrente continua (CC). Per esempio, il dicumil perossido, l'agente reticolante più comunemente usato per l'isolamento di cavi, forma sottoprodotti leggeri (metano) e sottoprodotti pesanti, principalmente acetofenone e alcol cumilico. Il metano può essere eliminato dall'anima di cavo con un breve processo di degasaggio a una temperatura relativamente bassa (circa 70 °C), mentre l'acetofenone e l'alcol cumilico possono essere rimossi solamente sottoponendo l'anima di cavo a un processo di degasaggio prolungato, a una temperatura tale da causare la migrazione dei sottoprodotti (solitamente circa 70 °C ÷ 80 °C) e la successiva evaporazione dall'anima di cavo. Questo processo di degasaggio deve essere effettuato per un lungo tempo (solitamente da 15 giorni a circa 2 mesi, a seconda delle dimensioni del cavo) e non può essere effettuato di continuo ma solo in modo discontinuo in grandi dispositivi di degasaggio che possono ospitare una lunghezza di cavo data. Questo aumenta di molto il tempo di produzione e i costi dei cavi energia CC.

È noto incorporare particelle di zeoliti in cavi energia aventi un sistema

isolante formato da un materiale polimerico reticolato al fine di ridurre la durata del processo di degasaggio.

WO 2015/059520 di questa Richiedente descrive un cavo energia comprendente un'anima di cavo con un sistema elettricamente isolante reticolato e  
5 particelle di zeolite poste nell'anima di cavo. La zeolite ha un rapporto molare  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  pari o inferiore a 20, un diametro massimo della sfera che diffonde lungo almeno una delle direzioni degli assi di cella pari o superiore a 3 Å, una dimensionalità di 2, e un contenuto di sodio, espresso come  $\text{Na}_2\text{O}$  pari o inferiore allo 0,3% in peso.

10 GB 12513991 si riferisce a un metodo per rendere impermeabile all'acqua cavi dinamici, in particolare per applicazioni subacquee di trasmissione ad alta tensione. Il cavo ha una porzione interna e una porzione esterna, la porzione esterna comprendendo uno strato di materiale igroscopico che circonda la porzione interna e uno strato di materiale a bassa diffusione che circonda lo strato di materiale  
15 igroscopico. Lo strato di materiale igroscopico che comprende un essiccante, per esempio una zeolite, contenuto in un materiale polimerico. Lo strato di materiale igroscopico assorbe l'acqua che permea nel cavo attraverso lo strato polimerico a bassa diffusione. La concentrazione dell'essiccante nel polimero è preferibilmente scelta in modo che sia la più alta possibile, per esempio pari o superiore al 30%. La  
20 dimensione delle particelle di zeolite è preferibilmente inferiore a 10 µm. La porosità media delle particelle di zeolite è preferibilmente tra 2,5 e 3,5 Angstroms e più preferibilmente a 30 o circa 3 Angstroms.

US 6005192 si riferisce a un materiale di rivestimento contenente additivi, vale a dire, una resina a scambio ionico e/o un composto di lavaggio (*scavanger*)  
25 ionico, che rimuove e inibisce il passaggio di impurità ioniche all'isolamento del

cavo. Questi additivi possono includere zeoliti. La quantità di additivi necessaria è tipicamente nell'intervallo dal 5 al 20 per cento in peso totale con il materiale di rivestimento.

La Richiedente ha ora inaspettatamente osservato che il processo di  
5 degasaggio di cavi energia contenenti zeoliti nell'anima del cavo, come descritto in WO 2015/059520, comporta difatti un assorbimento efficace e irreversibile dei sottoprodotti di reticolazione, ma è anche accompagnato da un aumento sostanziale del contenuto di umidità nel sistema isolante di cavo.

Senza voler essere legati alla teoria, l'aumento del contenuto di umidità è  
10 probabilmente dovuto alle reazioni di oligomerizzazione e decomposizione dei sottoprodotti di reticolazione durante o dopo l'assorbimento nelle particelle di zeolite, che è accompagnato dalla formazione *in situ* di molecole di acqua. È stato presupposto anche un ruolo catalitico della zeolite in queste reazioni.

La presenza di umidità nel materiale del sistema isolante, anche in quantità  
15 relativamente basse (circa 100 ppm di acqua), può mettere a rischio le proprietà di isolamento del cavo dando origine, per esempio, alla formazione di arborescenze di acqua (*water trees*) che indeboliscono considerevolmente le proprietà dielettriche del materiale di sistema isolante.

#### Sommario della descrizione.

20 La Richiedente ha affrontato il problema di superare o migliorare alcuni dei problemi sopra esposti. In particolare, uno scopo della presente descrizione è eliminare il processo di degasaggio ad alta temperatura e di lunga durata delle anime dei cavi energia aventi una sistema isolante reticolato, o almeno ridurre la temperatura e/o la durata dello stesso, in modo da aumentare la produttività e ridurre  
25 i costi di produzione, fornendo particelle di zeolite nell'anima di cavo in grado di

assorbire efficacemente i sottoprodotti di reticolazione, e impedendo anche l'accumulo nel sistema isolante di acqua prodotta da questo processo di assorbimento di sottoprodotti.

Il problema di cui sopra e altri che risulteranno più chiaramente dalle  
5 seguente descrizione possono essere risolti fornendo un'anima di cavo che include  
particelle di un sistema zeolitico comprendente due diversi tipi di zeoliti, una prima  
zeolite che è specificatamente adatta per intrappolare i sottoprodotti di reticolazione  
e una seconda zeolite che è specificatamente adatta per intrappolare le molecole di  
acqua che si formano tramite le reazioni di oligomerizzazione e decomposizione dei  
10 sottoprodotti di reticolazione. Le particelle del sistema zeolitico sono poste  
nell'anima di cavo vicino allo strato isolante, ma non a diretto contatto con questo  
per non influire sulle sue prestazioni nel sistema isolante. Come verrà meglio  
spiegato nel seguito, il sistema zeolitico può essere fornito, per esempio, tra i fili del  
conduttore del cavo e/o tra uno strato semiconduttore e il conduttore del cavo o lo  
15 schermo in metallo. Difatti, usando due tipi di particelle di zeolite, è possibile estrarre  
e assorbire, in modo molto efficace e irreversibile, i sottoprodotti derivati dalla  
reazione di reticolazione, in modo da evitare un accumulo di carica spaziale nel  
materiale isolante durante la vita del cavo e, al contempo, da assorbire in modo  
efficace e irreversibile le molecole di acqua prodotte mediante tale assorbimento  
20 cosicché la loro migrazione nel materiale del sistema isolante e la formazione di  
arborescenze di acqua siano anch'esse evitate o almeno ridotte.

Pertanto, secondo un primo aspetto, la presente descrizione si riferisce a un cavo energia comprendente almeno un'anima di cavo comprendente:

- un conduttore elettrico circondato da un sistema isolante reticolato formato  
25 da almeno una poliolefina reticolata mediante reazione con almeno un reticolante

perossidico e comprendente:

- uno strato semiconduttore interno circondante il conduttore elettrico;
- uno strato elettricamente isolante circondante lo strato semiconduttore

interno; e

- 5
- uno strato semiconduttore esterno circondante lo strato elettricamente isolante;

in cui un sistema zeolitico comprendente particelle di una prima zeolite e particelle di una seconda zeolite è posto nell'anima di cavo,

- la prima zeolite avendo un rapporto  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  superiore a 5 e pari o
- 10 inferiore a 20, e un diametro massimo di una sfera che diffonde lungo almeno una delle direzioni degli assi di cella superiore a 5 Å; e

- la seconda zeolite avendo un rapporto  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  di 5 al massimo, e un diametro massimo di una sfera che diffonde lungo almeno una delle direzioni degli assi di cella da 3 Å a 5 Å.

- 15 Secondo un secondo aspetto, la presente descrizione si riferisce a un metodo per estrarre sottoprodotti di reticolazione da un sistema elettricamente isolante reticolato di un'anima di cavo energia, detto metodo comprendente le seguenti fasi in sequenza:

(a) produrre un'anima di cavo energia comprendente:

- 20
- un conduttore elettrico;
  - un sistema elettricamente isolante circondante il conduttore elettrico e formato da almeno una poliolefina reticolata mediante reazione con almeno un reticolante perossidico contenente in tal modo sottoprodotti di reticolazione; e

- 25
- un sistema zeolitico comprendente particelle di una prima zeolite e

particelle di una seconda zeolite poste nell'anima di cavo, la prima zeolite avendo un rapporto  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  superiore a 5 e pari o inferiore a 20, e un diametro massimo di una sfera che diffonde lungo almeno una delle direzioni degli assi di cella superiore a  $5 \text{ \AA}$ ; e la seconda zeolite avendo un rapporto  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  di 5 al massimo, e un diametro massimo di una sfera che diffonde lungo almeno una delle direzioni degli assi di cella da  $3 \text{ \AA}$  a  $5 \text{ \AA}$ ;

(b) riscaldare l'anima del cavo energia fino a una temperatura che causa una migrazione dei sottoprodotti di reticolazione e delle molecole di acqua dal sistema elettricamente isolante reticolato al sistema zeolitico, così che i sottoprodotti di reticolazione sono assorbiti dalle particelle della prima zeolite e le molecole di acqua sono assorbite dalle particelle della seconda zeolite;

(c) porre uno schermo metallico attorno all'anima di cavo energia.

La fase di riscaldamento del metodo di cui sopra fa sì che almeno una frazione dei sottoprodotti di reticolazione sia sostanzialmente assorbita in modo irreversibile nelle particelle della prima zeolite del sistema zeolitico, mentre un'altra frazione può diffondere all'esterno dell'anima di cavo.

In particolare, la prima zeolite del sistema zeolitico ha caratteristiche strutturali (per esempio, dimensione e architettura dei pori) che la rende particolarmente adatta per assorbire i sottoprodotti di reticolazione, come acetofenone e alcol cumilico. Durante la fase di riscaldamento, le molecole di acqua che si presuppone si generino dalle reazioni di dimerizzazione/oligomerizzazione o decomposizione dei sottoprodotti di reticolazione che avvengono sulla superficie dei canali della prima zeolite, possono sfuggire dalla prima zeolite per via delle loro piccole dimensioni rispetto alle dimensioni delle aperture dei canali. Una volta

sfuggite, le molecole di acqua possono essere catturate dalle particelle della seconda zeolite, che ha proprietà strutturali selezionate in modo da assorbire in modo irreversibile molecole di acqua.

5 Durante la fase di riscaldamento, una frazione dei sottoprodotti di reticolazione che è gassosa a temperatura ambiente, come metano, o che ha un basso punto di ebollizione, è eliminata facendo sì che si diffonda all'esterno dell'anima di cavo. Per esempio, la fase di riscaldamento è effettuata a una temperatura da 70 °C a 80 °C, per un tempo da 7 a 15 giorni. La presenza di particelle del sistema zeolitico secondo la presente descrizione nell'anima di cavo evita l'effettuazione di una  
10 procedura di degasaggio secondo i tempi consueti (solitamente da 15 a 30 giorni, come indicato sopra) per rimuovere i sottoprodotti con un punto di ebollizione elevato, come alcol cumilico e acetofenone, mantenendo al contempo il contenuto di umidità del materiale del sistema isolante entro livelli accettabili intrappolando le molecole di acqua che si formano *in situ*.

15 Ai fini della presente descrizione e delle rivendicazioni che seguono, salvo ove diversamente indicato, tutti i numeri che esprimono importi, quantità, percentuali e così via, devono essere intesi come modificati in tutti i casi dal termine "circa". Inoltre, tutti gli intervalli includono qualsiasi combinazione dei punti massimo e minimo descritti e includono qualsiasi intervallo intermedio al suo interno, che può  
20 essere o può non essere indicato in modo specifico in questo documento.

Ai fini della presente descrizione e delle unite rivendicazioni, le parole "un/una/uno" devono essere lette in modo da includere uno o almeno uno, e il  
25 singolare include anche il plurale, a meno che non sia ovvio che si intenda diversamente. Questo viene fatto solo per comodità e per dare un senso generale della descrizione.

La presente descrizione, in almeno uno degli aspetti summenzionati, può essere implementata secondo una o più delle seguenti forme di realizzazione, opzionalmente combinate insieme.

5 Ai fini della presente descrizione il termine “tensione media” indica generalmente una tensione tra 1 kV e 35 kV, mentre "alta tensione" indica tensioni superiori a 35 kV.

Con “strato elettricamente isolante” si indica uno strato di rivestimento costituito da un materiale avente proprietà isolanti, ovvero avente una rigidità dielettrica (resistenza a scarica dielettrica) di almeno 5 kV/mm, per esempio di  
10 almeno 10 kV/mm.

Con “sistema elettricamente isolante reticolato” si intende un sistema isolante comprendente: uno strato semiconduttore interno circondante un conduttore elettrico; uno strato elettricamente isolante circondante e a diretto contatto con lo strato semiconduttore interno; e uno strato semiconduttore esterno circondante e a  
15 diretto contatto con lo strato elettricamente isolante. Tutti gli strati del sistema elettricamente isolante sono formati da una poliolefina reticolata.

Agli scopi della presente descrizione e delle rivendicazioni che seguono, con “assorbimento irreversibile di sottoprodotti” e simile si intende che, una volta assorbiti dalle particelle di zeolite, non si osserva alcun rilascio sostanziale di  
20 sottoprodotti.

Agli scopi della presente descrizione e delle rivendicazioni che seguono, con “assorbimento irreversibile di molecole di acqua” e simile si intende che, una volta assorbiti dalle particelle di zeolite, non si osserva alcun rilascio sostanziale di molecole di acqua.

25 Con “anima” o “anima di cavo” si intende la porzione di cavo comprendente

un conduttore elettrico e un sistema isolante.

Agli scopi della presente descrizione e delle rivendicazioni che seguono, l'espressione "nell'anima di cavo" indica qualsiasi porzione all'interno o a diretto contatto con almeno uno dei componenti dell'anima di cavo ma non a contatto con  
5 lo strato isolante.

Agli scopi della presente descrizione e delle rivendicazioni che seguono, l'espressione "particelle del sistema zeolitico" include particelle di entrambe la prima zeolite e la seconda zeolite, salvo che indicato diversamente in modo esplicito.

Secondo una forma di realizzazione, il conduttore elettrico è formato da una  
10 pluralità di fili elettricamente conduttori intrecciati che definiscono un fascio di fili. Le particelle del sistema zeolitico possono essere collocate nei vuoti tra detti fili.

Il cavo energia della presente descrizione può avere uno, due o tre anime di cavo.

Secondo una forma di realizzazione, le particelle del sistema zeolitico  
15 possono essere poste a contatto con uno strato semiconduttore. Lo strato semiconduttore può essere lo strato semiconduttore interno circondante il conduttore e collocato in una posizione radialmente interna rispetto allo strato elettricamente isolante. Per esempio, le particelle del sistema zeolitico sono poste tra il perimetro esterno del fascio di fili conduttori e lo strato semiconduttore interno.

20 Secondo un'altra forma di realizzazione, le particelle del sistema zeolitico sono poste nello strato semiconduttore, per esempio, sono incorporate nella matrice polimerica del materiale polimerico che forma lo strato semiconduttore. Tale strato semiconduttore può essere lo strato semiconduttore interno disposto sul conduttore elettrico.

25 Secondo un'altra forma di realizzazione, le particelle del sistema zeolitico

sono poste sia all'interno di vuoti tra i fili del conduttore elettrico, sia in o a contatto con uno strato semiconduttore, per esempio, lo strato semiconduttore interno o lo strato semiconduttore esterno. Se le particelle del sistema zeolitico sono:

5 - nei vuoti tra i fili del conduttore elettrico, e in o a contatto con uno strato semiconduttore, o

- in o a contatto con lo strato semiconduttore interno e nello o a contatto con lo strato semiconduttore esterno;

l'effetto del sistema zeolitico può essere esercitato su entrambi i lati dello strato elettricamente isolante e, di conseguenza, l'estrazione e l'assorbimento dei sottoprodotti di reticolazione e di acqua possono essere più efficienti.

10 In una forma di realizzazione, le particelle del sistema zeolitico possono essere disperse in o su un materiale posto nell'anima di cavo.

Secondo una forma di realizzazione, le particelle del sistema zeolitico sono disperse in un materiale di riempimento. Il materiale di riempimento può essere un materiale di riempimento polimerico che può essere fornito nell'anima di cavo  
15 mediante un processo continuo di deposizione, in particolare mediante estrusione o mediante pultrusione. Il materiale di riempimento può essere un materiale tampone di riempimento, che è solitamente posto tra i fili che formano il conduttore elettrico di un cavo energia al fine di evitare la propagazione di acqua o umidità che possono  
20 penetrare nel conduttore del cavo dall'esterno, in particolare quando il cavo deve essere installato in ambienti molto umidi o sott'acqua. Il materiale tampone di riempimento comprende generalmente un materiale polimerico e un materiale igroscopico, per esempio, un composto basato su un copolimero di etilene, per esempio, un copolimero di etilene/vinil acetato, riempito con una polvere assorbente  
25 acqua, per esempio, una polvere di poliacrilato di sodio.

Secondo un'altra forma di realizzazione, le particelle del sistema zeolitico sono disperse sulla superficie di un filato o nastro, che può essere igroscopico. Nei cavi energia sono generalmente noti filati igroscopici da porre a contatto con i fili conduttori e/o con lo strato semiconduttore esterno in modo da fornire proprietà

5 idrobloccanti. I filati igroscopici sono generalmente costituiti da filamenti polimerici, per esempio, filamenti di poliestere, sui quali sono depositate particelle di un materiale igroscopico, per esempio, sali di poliacrilato, per mezzo di un materiale adesivo, tipicamente alcol polivinilico (PVA). Tali filati possono essere modificati secondo la presente descrizione depositando sui filamenti polimerici una miscela di

10 particelle igroscopiche e particelle del sistema zeolitico. Per esempio, i filamenti polimerici possono essere inumiditi con una soluzione del materiale adesivo, e in seguito le particelle del sistema zeolitico sono sparse su questi e rimangono intrappolate nella soluzione e, dopo l'essiccazione, nel materiale adesivo.

Una tecnica simile può essere usata per fornire nastri igroscopici includono

15 particelle del sistema zeolitico. I nastri igroscopici usati comunemente nei cavi energia possono essere non conduttivi e posti, per esempio, sullo schermo del cavo, o possono essere semiconduttori, per esempio, quando posti tra il conduttore e lo strato semiconduttore interno. Sui nastri igroscopici, solitamente costituiti a partire da un tessuto non tessuto di filamenti polimerici, sono depositate particelle di un

20 materiale igroscopico, per esempio, sali di poliacrilato, per mezzo di un materiale adesivo, come summenzionato. Tali nastri possono essere modificati secondo la presente descrizione depositando una miscela di particelle igroscopiche e di particelle del sistema zeolitico sul tessuto non tessuto.

Secondo una forma di realizzazione, un nastro contenente le particelle del

25 sistema zeolitico è avvolto su uno strato semiconduttore esterno disposto sullo strato

elettricamente isolante. Successivamente, l'anima di cavo, priva dello schermo in metallo, è riscaldata a una temperatura tale da causare una migrazione dei sottoprodotti di reticolazione dallo strato elettricamente isolante reticolato alle particelle del sistema zeolitico, così che le particelle della prima zeolite assorbono i sottoprodotti di reticolazione; per via del riscaldamento, le molecole di acqua generate plausibilmente mediante dimerizzazione/oligomerizzazione o decomposizione dei sottoprodotti che hanno luogo sulla superficie dei canali della prima zeolite oppure originariamente presenti nello strato elettricamente isolante sono fatte migrare e sono intrappolate (assorbite in modo irreversibile) dalle particelle della seconda zeolite. Al termine del processo di degasaggio di metano, uno schermo in metallo è posto attorno all'anima del cavo energia secondo tecniche ben note.

Secondo le forme di realizzazione di cui sopra, è evidente che le particelle del sistema zeolitico possono essere poste nel sistema elettricamente isolante reticolato per mezzo di elementi del cavo che sono componenti consueti dei cavi energia, come nastri o filati igroscopici o materiali tampone di riempimento, evitando pertanto di integrare il cavo con un componente aggiuntivo che non sarebbe necessario per un cavo convenzionale. Questo riduce i costi e il tempo di produzione dei cavi. Quanto sopra non esclude la possibilità di dotare il cavo energia con particelle del sistema zeolitico per mezzo di uno o più componenti aggiuntivi posti intenzionalmente nel cavo per ottenere l'estrazione e l'assorbimento dei sottoprodotti di reticolazione e delle molecole di acqua che si formano *in situ*.

Per quanto riguarda le particelle di zeolite adatte per il sistema della presente descrizione, esse possono essere selezionate da un'ampia gamma di alluminosilicati di origine naturale o sintetica, aventi una struttura microporosa che può alloggiare

una varietà di cationi, come  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e altri. Esse agiscono come setacci molecolari per via della loro capacità di suddividere selettivamente molecole principalmente sulla base di un processo di esclusione dimensionale.

Senza voler essere legati a una qualsiasi teoria, la Richiedente suppone che  
5 le particelle di zeolite del primo tipo di cui sopra siano particolarmente efficaci come assorbitori irreversibili per i sottoprodotti di reticolazione, come acetofenone e alcol cumilico, dal momento che queste molecole, quando fatte entrare all'interno della struttura microporosa della prima zeolite, sembrano subire reazioni di oligomerizzazione (in particolare, una reazione di dimerizzazione) che le convertono  
10 in molecole molto più voluminose. Di conseguenza, i nuovi sottoprodotti di reticolazione voluminosi vengono intrappolati in modo irreversibile nella struttura della prima zeolite e non possono migrare nuovamente all'esterno, anche dopo un'esposizione prolungata a temperature relativamente elevate, come quelle raggiunte dal cavo energia durante l'uso. Anche in assenza di reazioni di  
15 oligomerizzazione, i sottoprodotti rimangono principalmente nelle particelle di zeolite poiché la loro solubilità nel polimero reticolato è inferiore a quella nelle particelle di zeolite.

Il sistema zeolitico secondo la presente descrizione comprende un primo tipo di zeolite (particelle della prima zeolite) avente un rapporto  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  superiore a  
20 5 e di 20 al massimo.

In una forma di realizzazione, la prima zeolite ha un rapporto molare  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  di 15 al massimo.

La prima zeolite ha un diametro massimo di una sfera che diffonde lungo almeno una (per esempio, lungo tutte e tre) delle direzioni degli assi di cella (di  
25 seguito denominato anche "diametro sferico" della zeolite) di almeno 5 Å, per

esempio, di almeno 5,2 Å. Come è ben noto nel campo delle zeoliti, questo diametro sferico fornisce informazioni quantitative riguardo la dimensione dei canali presenti nella struttura della zeolite, che può svilupparsi in una dimensione, due dimensioni o tre dimensioni (la cosiddetta “dimensionalità”, che può essere 1, 2 o 3). In una  
5 forma di realizzazione, la prima zeolite della presente descrizione ha una dimensionalità di 2 o di 3.

In una forma di realizzazione, la prima zeolite ha un contenuto di cationi di metallo alcalino o alcalino terroso (catione di compensazione di carica come Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> o Mg<sup>2+</sup>) espresso come ossido, pari allo 0,3% in peso al massimo, rispetto  
10 al peso della prima zeolite. Per esempio, l’ossido di catione di metallo alcalino o alcalino terroso è ossido di sodio Na<sub>2</sub>O.

La prima zeolite ha un rapporto molare SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, un diametro sferico e un contenuto di sodio negli intervalli secondo la presente descrizione sono in grado di assorbire una quantità di sottoprodotti di reticolazione con alto punto di ebollizione  
15 in un tempo dato superiore ad una zeolite avente almeno una delle caratteristiche menzionate fuori dall’intervallo secondo la presente descrizione.

Senza voler essere legati a una qualsiasi teoria, la Richiedente ritiene che le particelle della seconda zeolite di cui sopra siano efficaci come assorbitori irreversibili di molecole di acqua che possono formarsi *in situ* in conseguenza di,  
20 plausibilmente, reazioni di dimerizzazione e/o oligomerizzazione dei sottoprodotti di reticolazione (per esempio, alcol cumilico). Le molecole di acqua hanno dimensioni più piccole rispetto alle molecole dei sottoprodotti di reticolazione e possono sfuggire liberamente dalla prima zeolite in cui si formano, essendo tuttavia intrappolate in modo irreversibile all’interno della struttura della seconda zeolite  
25 senza alcuna possibilità di migrare di nuovo verso l’esterno.

Il sistema zeolitico secondo la presente descrizione comprende un secondo tipo di zeolite (particelle della seconda zeolite), diverso dal primo tipo, avente un rapporto  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  di 5 al massimo.

In una forma di realizzazione, la seconda zeolite ha un rapporto molare  
5  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  da 1,5 a 4,5.

In una forma di realizzazione, la seconda zeolite ha un diametro massimo di una sfera che diffonde lungo almeno una delle direzioni degli assi di cella (di seguito denominato anche “diametro sferico” della zeolite) da 3 Å a 5 Å. Per esempio, la seconda zeolite ha un diametro massimo di una sfera che diffonde lungo almeno una  
10 (per esempio, lungo tutte e tre) delle direzioni degli assi di cella da 3,2 Å a 4,8 Å. Preferibilmente, la seconda zeolite della presente descrizione ha una dimensionalità di 2 o di 3.

In una forma di realizzazione, la seconda zeolite ha un contenuto di catione di metallo alcalino o alcalino terroso (catione di compensazione di carica come  $\text{Na}^+$ ,  
15  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  o  $\text{Mg}^{2+}$ ) espresso come ossido, di almeno il 2% in peso, rispetto al peso della seconda zeolite. Per esempio, l’ossido di catione di metallo alcalino o alcalino terroso è ossido di sodio  $\text{Na}_2\text{O}$ .

La seconda zeolite avente un rapporto molare  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ , un diametro della sfera e un contenuto di sodio negli intervalli secondo la presente descrizione è in  
20 grado di assorbire una quantità di acqua in un tempo dato superiore alle altre particelle di zeolite aventi almeno una delle caratteristiche menzionate fuori dall’intervallo secondo la presente descrizione.

Ulteriori dettagli riguardanti la nomenclatura e i parametri delle zeoliti possono essere trovati, per esempio, in IUPAC Recommendations 2001, *Pure Appl.*  
25 *Chem.*, Vol. 73, No. 2, pp. 381-394, 2001, o sul sito della International Zeolite

Association (IZA) (<http://www.iza-structure.org/>).

Per quanto riguarda la quantità delle particelle della prima zeolite e delle particelle della seconda zeolite nel sistema zeolitico, questa può essere scelta in un ampio intervallo di valori. In una forma di realizzazione, le particelle della seconda zeolite sono presenti in una quantità di dall'1% in peso al 50% in peso, per esempio, in una quantità di dal 5% in peso al 20% in peso, rispetto essa al peso totale del sistema di zeolite.

Il sistema zeolitico può essere preparato in un qualsiasi modo adatto, per esempio, miscelando insieme particelle della prima e della seconda zeolite.

Per quanto riguarda la quantità di particelle del sistema zeolitico da porre in prossimità dello strato elettricamente isolante reticolato, può variare in un ampio intervallo e dipende principalmente dal tipo di zeolite, dalla quantità di sottoprodotti e acqua da eliminare, dallo spessore dello strato isolante, dalla temperatura di degasaggio e dal contenuto finale target di sottoprodotti e acqua.

In una forma di realizzazione, presupponendo un target finale dello 0,32% in peso di contenuto di sottoprodotti (alcol cumilico, acetofenone, alfa metil-stirene), la quantità totale di particelle di zeolite poste nell'anima (per esempio, tra il conduttore elettrico e lo strato semiconduttore interno) del cavo della descrizione è al massimo 0,008 g/cm<sup>3</sup> rispetto al volume del sistema isolante reticolato. Per esempio, la quantità totale di particelle di zeolite nell'anima di cavo di questa descrizione è di almeno 0,003 g/cm<sup>3</sup> o almeno 0,004 g/cm<sup>3</sup> rispetto al volume del sistema isolante reticolato. Considerando tali intervalli e indicazioni, l'esperto del ramo è in grado di determinare una quantità adatta di particelle di zeolite da porre in un sistema isolante dato senza alcun onere eccessivo.

Per quanto riguarda lo strato elettricamente isolante, esso può comprendere

almeno una poliolefina, per esempio un omopolimero di etilene o un copolimero di etilene con almeno una alfa-olefina C<sub>3</sub>-C<sub>12</sub>, avente una densità da 0,910 g/cm<sup>3</sup> a 0,970 g/cm<sup>3</sup>, ad esempio da 0,915 g/cm<sup>3</sup> a 0,940 g/cm<sup>3</sup>.

L'omopolimero o il copolimero di etilene può avere una temperatura di fusione (T<sub>m</sub>) superiore a 100 °C e/o un'entalpia di fusione (ΔH<sub>m</sub>) superiore a 50 J/g.

L'omopolimero o il copolimero di etilene può essere scelto tra: polietilene a media densità (MDPE) avente una densità da 0,926 g/cm<sup>3</sup> a 0,970 g/cm<sup>3</sup>; polietilene a bassa densità (LDPE) e polietilene lineare a bassa densità (LLDPE) aventi una densità da 0,910 g/cm<sup>3</sup> a 0,926 g/cm<sup>3</sup>; polietilene ad alta densità (HDPE) avente una densità da 0,940 g/cm<sup>3</sup> a 0,970 g/cm<sup>3</sup>. In una forma di realizzazione della presente descrizione, lo strato elettricamente isolante reticolato comprende LDPE.

La poliolefina formante lo strato elettricamente isolante è reticolata mediante reazione con almeno un reticolante perossidico organico. In una forma di realizzazione, il reticolante perossidico organico ha la formula R<sub>1</sub>-O-O-R<sub>2</sub>, in cui R<sub>1</sub> e R<sub>2</sub>, uguali o diversi l'uno dall'altro, sono alchili C<sub>1</sub>-C<sub>18</sub>, arili C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub>, alchilarili o arilalchili C<sub>7</sub>-C<sub>24</sub> lineari o ramificati. In una forma di realizzazione, il perossido organico è selezionato tra: dicumil perossido, t-butil cumil perossido, 2,5-dimetil-2,5-di(t-butil perossi)esano, di-t-butil perossido, o loro miscele.

In una forma di realizzazione, il reticolante perossidico organico è aggiunto alla poliolefina in una quantità dallo 0,05% in peso all'8% in peso, per esempio, dallo 0,1% in peso al 5% in peso, rispetto al peso della poliolefina.

Lo strato elettricamente isolante può inoltre comprendere una quantità efficace di uno o più additivi, scelti per esempio tra: antiossidanti, stabilizzanti al calore, adiuvanti di processo, agenti antiscottatura, riempitivi inorganici.

Per quanto riguarda uno strato semiconduttore, esso è formato, per esempio,

dallo stesso materiale polimerico usato per lo strato elettricamente isolante (e analogamente reticolato) e un riempitivo conduttivo, come un riempitivo di nerofumo (*carbon black*). Il riempitivo conduttivo è generalmente disperso nel materiale polimerico in una quantità tale da conferire proprietà semiconduttive al  
5 materiale, vale a dire da ottenere un valore di resistività volumetrica, a temperatura ambiente, inferiore a 500  $\Omega\cdot m$ , per esempio inferiore a 20  $\Omega\cdot m$ . Tipicamente, la quantità di nerofumo può variare dall'1 al 50% in peso, o dal 3 al 30% in peso, rispetto al peso del polimero.

La produzione del cavo energia secondo la presente descrizione può essere  
10 effettuata secondo tecniche note, in particolare mediante estrusione del sistema elettricamente isolante sul conduttore elettrico.

#### Breve descrizione dei disegni

Ulteriori caratteristiche saranno evidenti dalla descrizione dettagliata fornita di seguito con riferimento agli uniti disegni, in cui:

15 la Fig. 1 è una sezione trasversale di una prima forma di realizzazione di un cavo energia, particolarmente adatto per tensione media o alta, secondo la presente descrizione;

la Fig. 2 è una sezione trasversale di una seconda forma di realizzazione di un cavo energia, particolarmente adatto per tensione media o alta, secondo la  
20 presente descrizione.

#### Descrizione dettagliata di alcune forme di realizzazione

Nella figura 1, è rappresentata schematicamente una sezione trasversale di un cavo (1) secondo la presente descrizione. Il cavo (1) comprende un conduttore elettrico (2), uno strato semiconduttore interno (3), uno strato elettricamente isolante  
25 (4), uno strato semiconduttore esterno (5), uno schermo in metallo (6) e una guaina

(7). Il conduttore elettrico (2), lo strato semiconduttore interno (3), lo strato elettricamente isolante (4) e lo strato semiconduttore esterno (5) costituiscono l'anima del cavo (1). Il cavo (1) è ideato in modo particolare per il trasporto di corrente a media e alta tensione.

5            Il conduttore (2) è costituito da fili metallici (2a), per esempio, di rame o alluminio o entrambi, intrecciati insieme mediante metodi convenzionali. Lo strato elettricamente isolante (4) e gli strati semiconduttori (3) e (5) sono realizzati estrudendo e reticolando materiali polimerici secondo tecniche note. Intorno allo strato semiconduttore esterno (5), è posizionato uno strato di schermo in metallo (6),  
10            costituito da fili o strisce elettricamente conduttori, per esempio, avvolti a elica intorno all'anima di cavo, o da un nastro elettricamente conduttore avvolto longitudinalmente e sovrapposto (e, facoltativamente, incollato) sullo strato sottostante. Il materiale elettricamente conduttore di detti fili, strisce o nastro è di solito rame o alluminio o entrambi. Lo strato di schermo (6) può essere ricoperto da  
15            una guaina (7), generalmente costituita da una poliolefina, di solito polietilene, in particolare polietilene ad alta densità.

             Secondo una forma di realizzazione della presente descrizione, un nastro (8) con particelle del sistema zeolitico secondo la presente descrizione disperse su questo, è avvolto tra il conduttore (2) e lo strato semiconduttore interno (3). Nella  
20            figura 2, è rappresentata schematicamente una sezione trasversale di un altro cavo (1) secondo la presente descrizione. Questo cavo (1) comprende gli stessi elementi, come descritti in figura 1, con l'aggiunta di altre particelle di un sistema zeolitico secondo la presente descrizione disperse in un materiale di riempimento (2b), per esempio un materiale tampone di riempimento, posto nei vuoti tra i fili (2a) del  
25            conduttore elettrico (2) o tra il perimetro esterno del conduttore elettrico (2) e il

nastro (8). Questo materiale di riempimento può anche avere la funzione di evitare la propagazione di acqua o umidità che può penetrare nel conduttore del cavo (2), in particolare quando il cavo (1) deve essere installato in ambienti molto umidi o sott'acqua.

5            Inoltre, il cavo (1) di figura 2 ha un nastro (8'), simile al nastro (8), avvolto attorno allo strato semiconduttore esterno (5) e allo schermo in metallo (6), il nastro (8') supportante particelle del sistema zeolitico della presente descrizione.

Le figure 1 e 2 mostrano solo due forme di realizzazione della presente descrizione. È possibile apportare modifiche adatte a queste forme di realizzazione  
10 secondo necessità tecniche e requisiti di applicazione specifici senza discostarsi dall'ambito della descrizione. Per esempio, un cavo secondo la presente descrizione può comprendere particelle del sistema zeolitico qui insegnato in una, due o tutte le seguenti posizioni: (i) tra il conduttore elettrico e lo strato semiconduttore interno, (ii) tra i fili conduttori elettrici, e (iii) tra lo strato semiconduttore esterno e lo  
15 schermo in metallo.

I seguenti esempi sono forniti per illustrare ulteriormente l'oggetto della presente descrizione.

#### ESEMPIO 1.

Alcune prove sono state effettuate per valutare la capacità di nastri  
20 supportanti un sistema zeolitico comprendente particelle di una prima zeolite (adatte per assorbire sottoprodotti di reticolazione derivati da una reazione di reticolazione di polietilene con cumil perossido, in particolare alcol cumilico) e particelle di una seconda zeolite (adatte per intrappolare molecole di acqua).

Il nastro supportava particelle di un sistema zeolitico comprendente:

25            - zeolite CBV 600 (zeolite di tipo Y avente: catione di compensazione di

carica = H<sup>+</sup>; area di superficie specifica = 660 m<sup>2</sup>/g; rapporto SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 5,2; Na<sub>2</sub>O % = 0,2; dimensionalità = 3; diametro sferico di diffusione massimo = 7,35 Å) per assorbire i sottoprodotti di reticolazione;

5           - zeolite A3 (zeolite di tipo A [(Na<sup>+</sup><sub>12</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>27</sub>]<sub>8</sub>[Al<sub>12</sub>Si<sub>12</sub>O<sub>48</sub>]<sub>8</sub> avente: catione di compensazione di carica = Na<sup>+</sup>; area di superficie specifica = 800 m<sup>2</sup>/g; rapporto SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 1; Na<sub>2</sub>O% = 13% in peso; dimensionalità = X; diametro sferico di diffusione massimo = 4,2 Å) per assorbire acqua.

Il rapporto in peso tra la prima zeolite CBV 600 e la seconda zeolite A3 era circa 90:10.

10           In un primo cavo (CAMPIONE A) secondo la presente descrizione, il nastro è stato posto tra il conduttore e lo strato semiconduttore interno. Il conduttore aveva una sezione trasversale di 2.500 mm<sup>2</sup>, lo strato semiconduttore interno aveva un diametro interno di circa 64 mm e lo strato semiconduttore esterno aveva un diametro esterno di circa 107 mm. Il conduttore era costituito da una molteplicità di fili di  
15 rame, il nastro essendo posto attorno al fascio di fili e a contatto con il suo perimetro esterno. I vuoti tra i fili sono stati riempiti con un materiale tampone costituito da 92 AC JV (una miscela a base di EPDM e EVA, commercializzata da Sigea S.p.A.). Lo strato isolante, che era costituito da XLPE come gli strati semiconduttori, aveva uno spessore di 20 mm.

20           La quantità di particelle del sistema zeolitico che sono state poste tra il conduttore e lo strato semiconduttore interno era di circa 0,0054 g/cm<sup>3</sup>.

A scopi comparativi, è stato anche preparato e testato un cavo energia (CAMPIONE C) avente la stessa struttura del Campione A descritto sopra, ma senza alcuna aggiunta di particelle di zeolite.

25           Le concentrazioni di sottoprodotti di reticolazione sono state misurate

mediante gascromatografia su colonna di campioni di materiale isolante reticolato come un'intera fetta (S) o tagliati in corrispondenza di diverse posizioni dello strato isolante (“vicino allo strato semiconduttore esterno” (VSE), “parte centrale” (C), “vicino allo strato semiconduttore interno” (VSI)).

5 I campioni sono stati tagliati in piccoli pezzi ed estratti mediante un estrattore a velocità alle seguenti condizioni operative:

- Solvente: Acetone
- Volume: 100 ml
- Temperatura: 90 °C
- 10 • Pressione: 100 bar
- Tempo di estrazione: 5 ore
- Peso del campione: 5g

Per determinare il contenuto di sottoprodotti nei nastri con zeoliti, un campione di ciascun nastro è stato estratto per mezzo di un estrattore Soxhlet alle  
15 seguenti condizioni operative:

- Solvente: etere etilico
- Volume: 100 ml
- Tempo di estrazione: 24 ore
- Peso del campione: 5g

20 Le analisi sono state effettuate sui cavi dopo un degasaggio a 70 °C per un tempo fino a 49 giorni, salvo diversamente indicato. I risultati sono stati riportati nelle Tabelle da 1 a 2, dove sono elencati e confrontati i contenuti dei sottoprodotti in corrispondenza di ciascuna posizione con quelli corrispondenti del campione prima del degasaggio (fresco).

25 TABELLA 1 – Campione A

		<i>Acetofenone in % in peso</i>	<i>Alcol cumilico in % in peso</i>	<i>% TOTALE</i>
Fresco	S	0,30	0,62	0,94
	VSE	0,21	0,32	0,59
	C	0,45	0,81	1,28
	VSI	0,38	0,84	1,23
Degassato per 28	S	0,13	0,29	0,48
	VSE	0,11	0,25	0,39
	C	0,20	0,44	0,71
	VSI	0,22	0,30	0,67
Degassato per 49	S	0,10	0,19	0,38
	VSE	0,07	0,15	0,26
	C	0,13	0,25	0,47
	VSI	0,17	0,17	0,54

Dai dati riportati nella Tabella 1, è evidente che il sistema zeolitico contenuto nel Campione A secondo la presente descrizione è in grado di ridurre la concentrazione di sottoprodotti di reticolazione nel materiale isolante e, in particolare, la concentrazione di alcol cumilico in un tempo sostanzialmente più breve rispetto alla procedura di degasaggio nota senza incorporare alcuna zeolite nel cavo. In particolare, la presenza del sistema zeolitico consente di ridurre la quantità totale di sottoprodotti al di sotto di 0,5% in peso dopo 28 giorni di degasaggio (Campione A, Fetta).

TABELLA 2 – Campione C

		<i>Acetofenone in % in peso</i>	<i>Alcol cumilico in % in peso</i>	<i>% TOTALE</i>
Fresco	S	0,30	0,61	0,93
	VSE	0,21	0,33	0,59
	C	0,42	0,77	1,21
	VSI	0,30	0,72	1,02
Degassato per 35 giorni	S	0,15	0,39	0,57
	VSE	0,11	0,27	0,40
	C	0,22	0,54	0,79
	VSI	0,21	0,40	0,63
Degassato per 49 giorni	S	0,12	0,32	0,45
	VSE	0,07	0,21	0,29
	C	0,16	0,42	0,59
	VSI	0,19	0,39	0,60

Nello stesso cavo come il Campione A senza alcuna zeolite, si ottiene una concentrazione al di sotto di 0,5% in peso di sottoprodotti nell'isolante non prima di un degassaggio di da cinque a sette settimane (Campione C, Fetta).

#### ESEMPIO 2

- 5 Per determinare il contenuto di umidità dello strato isolante, i Campioni A e C sono stati analizzati mediante un titolatore Karl Fischer alle seguenti condizioni:

- Temperatura del forno: 130 °C
  - Umidità dell'ambiente < 5%
  - Peso del campione: 200 mg
  - Ripetizione dell'analisi: 5
- 5 I risultati dell'analisi del contenuto di acqua a diverse posizioni dell'isolante sono riportati nella Tabella 3.

TABELLA 3 – Contenuto di acqua nel materiale isolante

Campione A	H <sub>2</sub> O (ppm)
S	51,7
VSE	49,0
C	53,2
VSI	48,4

Come si può dedurre dalla Tabella 3, il sistema zeolitico del Campione A secondo la presente descrizione è stato in grado di mantenere il contenuto di umidità  
10 nello strato isolante a un valore significativamente inferiore a 100 ppm.

In esperimenti simili effettuati su un cavo 525kV DC contenente solo particelle della prima zeolite (CBV 600), poste all'interno dei vuoti dei fili conduttori nonché distribuite su nastri tra il perimetro esterno del conduttore e il semiconduttore interno, e su nastri circondanti strati semiconduttori esterni, è stato riscontrato che il  
15 contenuto di acqua al centro dello strato isolante era superiore a 350 ppm dopo un degasaggio per 42 giorni a 70 °C. La concentrazione più alta di acqua (quasi 400 ppm) è stata riscontrata vicino allo strato semiconduttore interno, vale a dire nella regione del cavo contenente la porzione più alta di particelle della prima zeolite (sul nastro tra lo strato semiconduttore interno e il conduttore e nel corpo del conduttore).  
20 Tale quantità elevata di acqua osservata in questo esperimento non può essere dovuta

a una presenza di acqua nel sistema isolante appena estruso e si suppone che sia generata dalla reazione di dimerizzazione/oligomerizzazione o decomposizione dei sottoprodotti di reticolazione al momento del loro assorbimento sulle particelle della prima zeolite.

5

Barzanò & Zanardo Milano S.p.A.

## **RIVENDICAZIONI**

1. Cavo energia comprendente almeno un'anima di cavo comprendente un conduttore elettrico circondato da un sistema isolante reticolato formato da almeno una poliolefina reticolata mediante reazione con almeno un reticolante perossidico e comprendente:

- uno strato semiconduttore interno circondante il conduttore elettrico;
- uno strato elettricamente isolante circondante lo strato semiconduttore interno;
- uno strato semiconduttore esterno circondante lo strato elettricamente isolante;

in cui un sistema zeolitico comprendente particelle di una prima zeolite e particelle di una seconda zeolite è posto nell'anima di cavo,

la prima zeolite avendo un rapporto  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  superiore a 5 e pari o inferiore a 20, e un diametro massimo di una sfera che diffonde lungo almeno una delle direzioni degli assi di cella superiore a 5 Å; e

la seconda zeolite avendo un rapporto  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  pari a 5 al massimo, e un diametro massimo di una sfera che diffonde lungo almeno una delle direzioni degli assi di cella da 3 Å a 5 Å.

2. Cavo energia secondo la rivendicazione 1, in cui il conduttore comprende una pluralità di fili elettricamente conduttori intrecciati definenti un fascio di fili e le particelle del sistema zeolitico sono poste tra il perimetro esterno del fascio di fili e lo strato semiconduttore interno.

3. Cavo energia secondo la rivendicazione 1, in cui il conduttore elettrico è formato da una pluralità di fili elettricamente conduttori intrecciati definenti un fascio di fili e le particelle del sistema zeolitico sono poste nei vuoti tra

detti fili.

4. Cavo energia secondo la rivendicazione 1, in cui le particelle del sistema zeolitico sono poste a contatto con la superficie interna dello strato semiconduttore interno.
- 5 5. Cavo energia secondo la rivendicazione 1, in cui le particelle del sistema zeolitico sono nello strato semiconduttore interno.
6. Cavo energia secondo la rivendicazione 3, in cui le particelle del sistema zeolitico sono disperse in/su un substrato.
7. Cavo energia secondo la rivendicazione 1, in cui la quantità totale di  
10 particelle del sistema zeolitico è di  $0,008 \text{ g/cm}^3$  al massimo.
8. Cavo energia secondo la rivendicazione 1, in cui la quantità totale di particelle del sistema zeolitico è di almeno  $0,003 \text{ g/cm}^3$ .
9. Cavo energia secondo la rivendicazione 1, in cui la prima zeolite ha un contenuto di catione di compensazione di carica, espresso come ossido, di al  
15 massimo lo  $0,3\%$  in peso, rispetto al peso della prima zeolite.
10. Cavo energia secondo la rivendicazione 1, in cui la seconda zeolite ha un contenuto di catione di compensazione di carica, espresso come ossido, di almeno  $10\%$  in peso, rispetto al peso della seconda zeolite.
11. Cavo energia secondo la rivendicazione 1, in cui la seconda zeolite è  
20 presente in una quantità di dall'  $1\%$  in peso al  $50\%$  in peso, rispetto al peso del sistema zeolitico.
12. Metodo per estrarre sottoprodotti di reticolazione da un sistema elettricamente isolante reticolato di un'anima di cavo energia, detto metodo comprendendo le seguenti fasi in sequenza:  
25 (a) produrre un'anima di cavo energia comprendente:

- un conduttore elettrico,
  - uno strato semiconduttore interno circondante il conduttore elettrico;
  - un sistema elettricamente isolante circondante il conduttore elettrico e formato da almeno una poliolefina reticolata mediante reazione con almeno un reticolante perossidico contenente in tal modo sottoprodotti di reticolazione; e;
  - un sistema zeolitico comprendente particelle di una prima zeolite e particelle di una seconda zeolite poste nell'anima di cavo, la prima zeolite avendo un rapporto  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  superiore a 5 e pari o inferiore a 20, e un diametro massimo di una sfera che diffonde lungo almeno una delle direzioni degli assi di cella superiore a 5 Å; e la seconda zeolite avendo un rapporto  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  di 5 al massimo, e un diametro massimo di una sfera che si diffonde lungo almeno una delle direzioni degli assi di cella da 3 Å a 5 Å;
- (b) riscaldare l'anima di cavo energia fino a una temperatura che causa una migrazione dei sottoprodotti di reticolazione e delle molecole di acqua dal sistema elettricamente isolante reticolato al sistema zeolitico, così che i sottoprodotti di reticolazione sono assorbiti dalle particelle della prima zeolite e le molecole di acqua sono assorbite dalle particelle della seconda zeolite;
- (c) porre uno schermo metallico attorno all'anima del cavo energia.
13. Metodo secondo la rivendicazione 12, in cui la fase di riscaldamento è effettuata a una temperatura da 70 °C a 80 °C, per un tempo da 7 a 15 giorni.
14. Metodo secondo la rivendicazione 12, in cui la fase di riscaldamento fa sì che almeno una frazione dei sottoprodotti di reticolazione siano assorbiti in modo irreversibile nelle particelle della prima zeolite e almeno una frazione delle molecole di acqua sia assorbita in modo irreversibile nelle particelle della seconda zeolite.

1/1

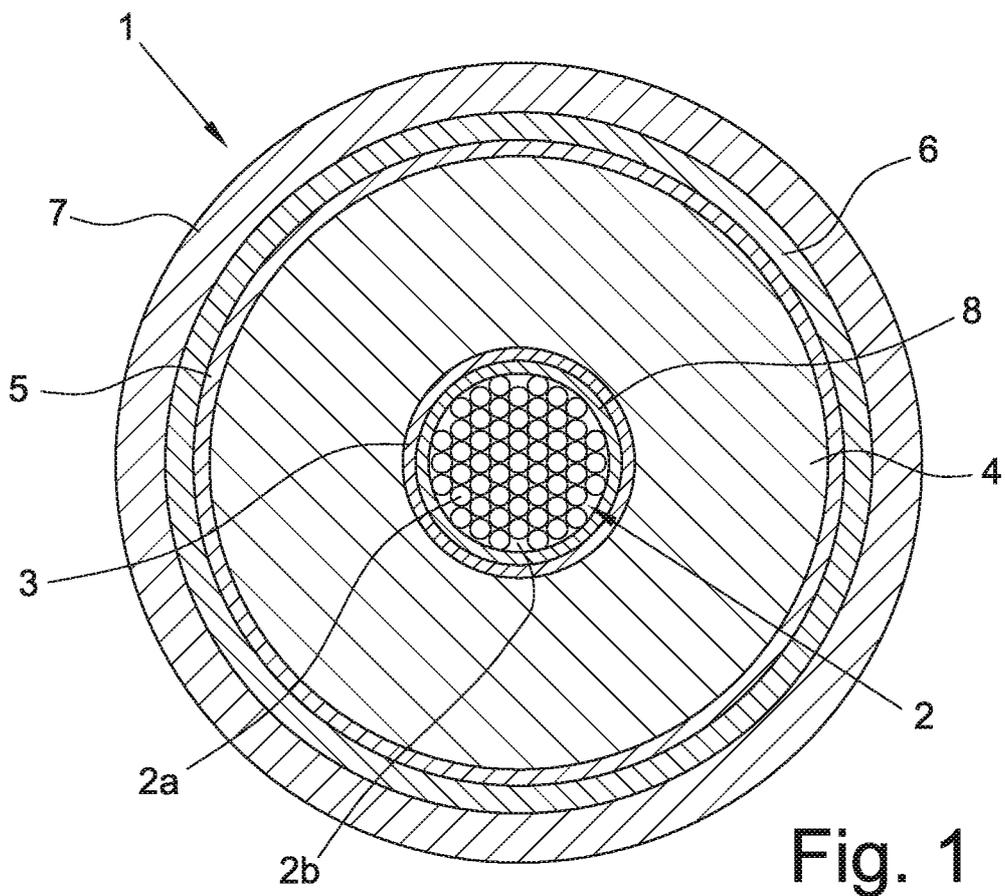


Fig. 1

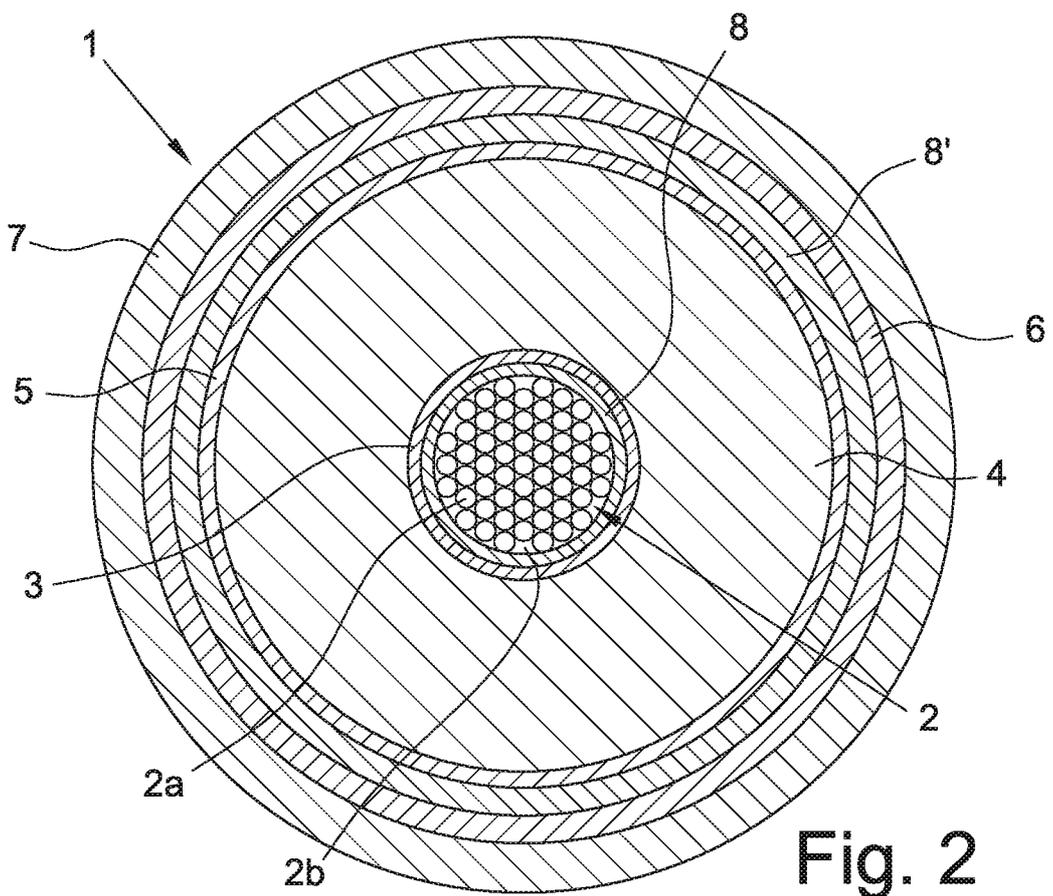


Fig. 2