

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102009901769878A1

Publication Date

20110401

Applicant

SELEX COMMUNICATIONS S.P.A.

Title

DISPOSITIVO DI PROTEZIONE PER APPARATI DI RADIOCOMUNICAZIONE

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"DISPOSITIVO DI PROTEZIONE PER APPARATI DI
RADIOCOMUNICAZIONE"

di SELEX COMMUNICATIONS S.P.A.

di nazionalità italiana

con sede: VIA PIERAGOSTINI, 80

GENOVA (GE)

Inventore: FAGIOLI Gabriele

* * *

La presente invenzione è relativa a un dispositivo di protezione per apparati di radiocomunicazione.

La figura 1 mostra un esempio di apparato di radiocomunicazione, nella fattispecie un ricetrasmittitore a radiofrequenza ("radio frequency transceiver") 1, cui nel seguito ci si riferisce brevemente come al ricetrasmittitore 1.

In dettaglio, il ricetrasmittitore 1 comprende uno stadio trasmettitore 2 e uno stadio ricevitore 3, entrambi elettricamente collegati ad uno stadio di commutazione 4, il quale è a sua volta collegato elettricamente ad una antenna 5, attraverso la quale il ricetrasmittitore 1 si interfaccia con il mondo esterno. Lo stadio di commutazione 4 può operare in una prima o una seconda condizione operativa, ed è controllabile elettricamente. In

particolare, nella prima condizione operativa, lo stadio di commutazione 4 accoppia lo stadio trasmettitore 2 all'antenna 5, e disaccoppia lo stadio ricevitore 3 dall'antenna 5 stessa; viceversa, nella seconda condizione operativa, lo stadio di commutazione 4 accoppia lo stadio ricevitore 3 all'antenna 5, e disaccoppia lo stadio trasmettitore 2 dall'antenna 5.

Ulteriori esempi di apparati di radiocomunicazione comprendono ricevitori a radiofrequenza, trasmettitori a radiofrequenza e ricetrasmittitori full-duplex. In particolare, rispetto al ricetrasmittitore 1, i ricevitori a radiofrequenza risultano privi dello stadio trasmettitore 2, e quindi anche dello stadio di commutazione 4. Invece, i trasmettitori a radiofrequenza sono privi dello stadio ricevitore 3, oltre che dello stadio di commutazione 4, mentre i ricetrasmittitori full-duplex presentano, in luogo dello stadio di commutazione 4, un accoppiatore, oppure un circuito sommatore, in maniera tale da consentire il funzionamento simultaneo dello stadio trasmettitore 2 e dello stadio ricevitore 3. Nel seguito, per generalità ci si riferisce ai ricetrasmittitori (non necessariamente full-duplex), sebbene la presente invenzione trovi impiego anche nel caso dei trasmettitori a radiofrequenza e dei ricevitori a radiofrequenza.

Nuovamente con riferimento al ricetrasmittitore 1, a

seconda della condizione operativa in cui si trova lo stadio di commutazione 4, l'antenna 5 emette segnali elettromagnetici provenienti dallo stadio trasmettitore 2, oppure riceve segnali elettromagnetici diretti allo stadio ricevitore 3. A tal fine, l'antenna 5, e quindi il ricetrasmittitore 1 stesso, risultano ottimizzati per operare in una banda operativa, cioè per trasmettere e ricevere segnali elettromagnetici aventi frequenze comprese nella banda operativa.

Operativamente, l'antenna 5 consente al ricetrasmittitore 1 di ricevere e trasmettere segnali utili, cioè segnali elettromagnetici generati da altri ricetrasmittitori e diretti al ricetrasmittitore 1, oppure segnali elettromagnetici generati dal ricetrasmittitore 1 e diretti ad altri ricetrasmittitori. Tuttavia, attraverso l'antenna 5, il ricetrasmittitore 1 può essere raggiunto da disturbi di tipo elettromagnetico. In pratica, se ci si riferisce genericamente ad una circuiteria da proteggere per indicare complessivamente lo stadio trasmettitore 2, lo stadio ricevitore 3 e lo stadio di commutazione 4, tra l'antenna 5 e la circuiteria da proteggere è presente un collegamento, il quale è elettricamente equivalente ad una linea di trasmissione, e comprende tipicamente un tratto di cavo coassiale. Attraverso tale collegamento, i disturbi possono raggiungere e danneggiare la circuiteria da

proteggere.

A titolo esemplificativo, nel caso in cui un fulmine colpisca l'antenna 5, il ricetrasmittitore 1 viene raggiunto da disturbi aventi durata temporale limitata (pochi microsecondi), ma ampiezza elevata e frequenza compresa tra 1MHz e 30MHz, i quali possono bruciare lo stadio trasmettitore 2 e lo stadio ricevitore 3, quest'ultimo essendo tipicamente l'elemento più fragile dell'intero ricetrasmittitore 1.

Similmente, anche in assenza di veri e propri disturbi, il ricetrasmittitore 1 può danneggiarsi nel caso in cui l'antenna 5 riceva segnali elettromagnetici emessi da una pluralità di antenne esterne che operano in rispettive bande operative almeno parzialmente sovrapposte alla banda operativa del ricetrasmittitore 1. Infatti, in tali condizioni è possibile che, anche se ciascuno dei segnali elettromagnetici ricevuti dal ricetrasmittitore 1 non ha di per sé potenza sufficiente per causare danni, la potenza complessivamente associata a tali segnali elettromagnetici sia tale da causare, nel tempo, il danneggiamento del ricetrasmittitore 1 per eccesso di temperatura.

Al fine di proteggere il ricetrasmittitore 1, sono noti sistemi elettronici di protezione, i quali sono generalmente interposti tra l'antenna 5 e lo stadio di

commutazione 4. Alternativamente, nel caso di trasmettitori a radiofrequenza oppure di ricevitori a radiofrequenza, i sistemi elettronici di protezione sono interposti, rispettivamente, tra l'antenna e lo stadio trasmettitore, oppure tra l'antenna e lo stadio ricevitore.

In generale, a seconda della banda operativa del ricetrasmittitore 1, sono disponibili due differenti tipi di sistemi elettronici di protezione.

In particolare, nel caso in cui la banda operativa appartenga alla cosiddetta banda ad ultra-alta frequenza ("Ultra High Frequency", UHF), e cioè sia superiore al centinaio di megahertz, si adoperano sistemi elettronici di protezione per ricetrasmittitori operanti in banda UHF, cui nel seguito ci si riferisce come ai sistemi di protezione UHF.

Tipicamente, i sistemi di protezione UHF prevedono la presenza di uno stub. Ad esempio, con riferimento ancora al ricetrasmittitore 1, lo stub viene inserito lungo il collegamento tra l'antenna 5 e la circuiteria da proteggere. A titolo esemplificativo, nel caso in cui il summenzionato collegamento sia formato da un tratto di cavo coassiale, lo stub si diparte dal cavo coassiale.

In maggior dettaglio, lo stub viene chiuso verso massa mediante un corto circuito, ed ha lunghezza pari a $\lambda/4$, dove λ è una lunghezza d'onda di progetto, tipicamente pari

alla lunghezza d'onda che corrisponde a una frequenza di centro banda, la quale si trova al centro della banda operativa del ricetrasmittitore 1.

Operativamente, alla frequenza di centro banda, lo stub è elettricamente equivalente ad un circuito aperto, e quindi consente il transito di segnali elettromagnetici dall'antenna 5 alla circuiteria da proteggere. Viceversa, a frequenze via via inferiori rispetto alla frequenza di centro banda, lo stub diventa via via più simile ad un cortocircuito, in maniera tale per cui le componenti spettrali HF dei disturbi, che solitamente presentano ampiezze maggiori rispetto alla componenti a frequenze superiori, sono cortocircuitate verso massa, senza raggiungere la circuiteria da proteggere.

In pratica, i sistemi di protezione UHF si basano sul fatto che i segnali elettromagnetici utili ed i disturbi presentano frequenze differenti. Infatti, lo stub si comporta come un filtro passabanda, risuonando in alta impedenza alla frequenza di centro banda, e filtrando le componenti spettrali dei disturbi che hanno frequenze inferiori alla banda operativa. Inoltre, i sistemi di protezione UHF non necessitano di componenti elettronici di potenza, cioè capaci di dissipare potenze elevate, perché le antenne dei ricetrasmittitori, in quanto ottimizzate per la banda UHF, effettuano una parziale reiezione delle

componenti spettrali HF dei disturbi.

Nel caso in cui la banda operativa appartenga alla cosiddetta banda ad alta frequenza ("High Frequency", HF), e cioè non superi il centinaio di megahertz, si impiegano sistemi elettronici di protezione formati da componenti elettronici di potenza, e ai quali ci si riferisce in seguito come ai sistemi di protezione HF.

In particolare, i sistemi di protezione HF si avvalgono tipicamente di diodi di potenza, i quali sono elettricamente disposti in maniera tale da fungere da shunt rispetto alla circuiteria da proteggere. Ancora con riferimento al ricetrasmittitore 1, i summenzionati diodi di potenza sono collegati all'antenna 5 ed alla circuiteria da proteggere in maniera tale da eseguire la cimatura dei segnali elettromagnetici che transitano sul collegamento tra l'antenna 5 e la circuiteria da proteggere stessa. In altre parole, i diodi di potenza sono collegati in maniera tale per cui, se la tensione di ingresso della circuiteria da proteggere tende a superare una tensione di soglia, e dunque la circuiteria da proteggere tende ad assorbire una corrente maggiore rispetto a una corrente massima ammessa, essi limitano tale tensione di ingresso alla tensione di soglia, ed assorbono la corrente che eccede la corrente massima ammessa, convogliandola a massa.

Differentemente rispetto ai sistemi di protezione

UHF, nel caso dei sistemi di protezione HF la presenza di componenti elettronici di potenza è necessaria. Infatti, le antenne degli apparati di radiocomunicazione per i quali i sistemi di protezione HF sono progettati sono ottimizzate per la banda HF, e dunque non effettuano alcun filtraggio delle componenti spettrali HF dei disturbi. I sistemi di protezione HF devono dunque poter dissipare potenze elevate.

I sistemi di protezione UHF ed i sistemi di protezione HF precedentemente descritti consentono di proteggere efficacemente apparati di radiocomunicazione aventi bande operative comprese, rispettivamente, nella banda UHF ed HF, tuttavia presentano alcuni inconvenienti.

In particolare, i sistemi di protezione UHF operano efficacemente in caso di apparati di radiocomunicazione aventi bande operative che, oltre ad appartenere alla banda UHF, hanno ampiezze di banda ("bandwidth") nell'ordine di un'ottava. Viceversa, nel caso di bande operative più ampie di un'ottava, l'impiego di sistemi di protezione UHF comporta un deterioramento delle prestazioni, dal momento che gli stub non sono più equiparabili a circuiti aperti alle frequenze dei segnali utili. Inoltre, i sistemi di protezione UHF non garantiscono protezione nei confronti dei disturbi in banda UHF.

Per contro, i componenti elettronici di potenza

impiegati nei sistemi di protezione HF introducono generalmente contributi capacitivi tali per cui non è possibile applicare i sistemi di protezione HF quando le bande operative appartengono alla banda UHF.

In passato, i summenzionati inconvenienti hanno avuto una rilevanza limitata, dal momento che, tradizionalmente, ciascun apparato di radiocomunicazione veniva progettato per operare nella rispettiva banda operativa, tale banda operativa essendo generalmente di ampiezza limitata. Pertanto, era possibile associare a ciascun apparato di radiocomunicazione un rispettivo sistema di protezione, alternativamente HF o UHF, a seconda della banda operativa dell'apparato di radiocomunicazione stesso. Tuttavia, oggigiorno gli apparati di radiocomunicazione presentano bande operative sempre più ampie.

A titolo esemplificativo, sono noti i cosiddetti sistemi "software-defined radio", per brevità detti sistemi SDR, i quali presentano bande operative molto ampie. In particolare, definendo con f_{min} e f_{max} l'estremo inferiore e l'estremo superiore della banda operativa di un generico sistema SDR, f_{max} può essere anche tre ordini di grandezza superiore a f_{min} . Pertanto, i sistemi di protezione di tipo noto non garantiscono, singolarmente, un'efficace protezione dei sistemi SDR.

In presenza di bande operative estendenti sia in

banda HF che in banda UHF, è dunque opportuno impiegare sia sistemi di protezione HF che sistemi di protezione UHF. A tal fine, è tuttavia necessario avvalersi di uno o più commutatori, ad esempio formati da relè di potenza. Tali commutatori svolgono la funzione di collegare all'apparato di radiocomunicazione alternativamente i sistemi di protezione HF, oppure i sistemi di protezione UHF, in funzione di una frequenza operativa effettivamente impiegata dall'apparato di radiocomunicazione. Ciò comporta un inevitabile aumento di complessità dei sistemi di protezione.

Scopo della presente invenzione è quello di fornire un dispositivo di protezione per apparati di radiocomunicazione che risolva almeno in parte gli inconvenienti dell'arte nota.

Secondo la presente invenzione vengono forniti un dispositivo di protezione e un apparato di radiocomunicazione come definiti, rispettivamente, nelle rivendicazioni 1 e 16.

Per una migliore comprensione dell'invenzione, ne vengono ora descritte forme di realizzazione, a puro titolo di esempio non limitativo e con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

- la figura 1 mostra uno schema a blocchi di un ricetrasmittitore a radiofrequenza di tipo noto;

- la figura 2 mostra uno schema circuitale di un dispositivo di protezione secondo la presente invenzione;

- la figura 3 mostra una sezione di una microstriscia;

- la figura 4 mostra un circuito elettrico equivalente di un dispositivo di protezione secondo la presente invenzione;

- la figura 5 mostra una carta di Smith;

- la figura 6 mostra uno schema circuitale di un ulteriore dispositivo di protezione secondo la presente invenzione; e

- la figura 7 mostra uno schema a blocchi di un apparato di radiocomunicazione.

La figura 2 mostra un dispositivo di protezione per apparati di radiocomunicazione, indicato nel suo complesso con 10 e al quale ci si riferisce in seguito come al dispositivo di protezione 10.

Il dispositivo di protezione 10 comprende un terminale di ingresso 12 ed un terminale di uscita 14, tra i quali è collegata una microstriscia 15, la quale è formata, come è noto, da un piano di massa 17 (figura 3) e da una striscia di materiale conduttore, indicata con 16 ed alla quale ci si riferisce in seguito come alla pista 16. In particolare, la pista 16 ha una larghezza w , ed è separata dal piano di massa 17 da uno strato dielettrico ("dielectric layer") 13

avente uno spessore s . Il rapporto w/s può essere inferiore a uno.

In dettaglio, la pista 16 giace in un piano e definisce una serpentina avente passo p . In pratica, definendo un asse longitudinale H , lungo il quale la serpentina si sviluppa, la pista 16 ha la forma di una porzione di senoide con ampiezza pari a una distanza d , e periodo pari al passo p ; inoltre, la pista 16 definisce un numero n di punti di massimo 18 ed un medesimo numero n di punti di minimo 20. Tali punti di massimo e di minimo 18, 20 distano tutti d dall'asse longitudinale H , ma sono disposti su lati opposti rispetto all'asse longitudinale H stesso. Inoltre, sia il terminale di ingresso 12 che il terminale di uscita 14 giacciono lungo l'asse longitudinale H , distanziati di una lunghezza L_{MAX} .

Il dispositivo di protezione 10 comprende inoltre una prima ed una seconda striscia di materiale conduttore, indicate rispettivamente con 22 e 24, ed estendentesi, rispettivamente, tra un primo ed un secondo terminale 23a, 23b, e tra un terzo ed un quarto terminale 25a, 25b. Per motivi descritti successivamente, di seguito ci si riferisce alla prima ed alla seconda striscia di materiale conduttore 22, 24 come alla massa virtuale positiva 22 ed alla massa virtuale negativa 24.

In dettaglio, la massa virtuale positiva 22 e la massa

virtuale negativa 24 giacciono nel medesimo piano in cui giace la pista 16, e sono disposte parallelamente rispetto all'asse longitudinale H. Inoltre, la massa virtuale positiva 22 e la massa virtuale negativa 24 distano entrambe una distanza D dall'asse longitudinale H, e sono disposte su lati opposti rispetto all'asse longitudinale H. In particolare, la massa virtuale positiva 22 è disposta sul medesimo lato in cui sono disposti i punti di massimo 18, mentre la massa virtuale negativa 24 è disposta sul medesimo lato in cui sono disposti i punti di minimo 20. Inoltre, la distanza D è maggiore della distanza d, in maniera tale per cui la massa virtuale positiva 22 e la massa virtuale negativa 24 non sono in contatto ohmico con la pista 16, la quale risulta appunto compresa tra la massa virtuale positiva 22 e la massa virtuale negativa 24.

Il dispositivo di protezione 10 comprende inoltre una pluralità di primi diodi 26 ed una pluralità di secondi diodi 28. In particolare, nell'esempio mostrato in figura 2, il dispositivo di protezione 10 comprende n primi diodi 26 ed n secondi diodi 28, sia i primi che i secondi diodi 26, 28 essendo, ad esempio, diodi Schottky.

In maggior dettaglio, ciascuno dei primi diodi 26 ha il rispettivo anodo collegato a un corrispondente punto di massimo 18 della pista 16, mentre il rispettivo catodo è collegato alla massa virtuale positiva 22. Inoltre,

ciascuno dei secondi diodi 28 ha il rispettivo anodo collegato alla massa virtuale negativa 24, mentre il rispettivo catodo è collegato a un corrispondente punto di minimo 20.

In pratica, la pista 16 è formata da una successione di porzioni di pista, alle quali ci si riferisce in seguito come alle porzioni di collegamento 29. Ciascuna porzione di collegamento 29 connette una rispettiva coppia di diodi formata da un primo diodo 26 e da un secondo diodo 28 tra loro adiacenti, cioè collegati tra un punto di massimo 18 ed un punto di minimo 20 consecutivi lungo la pista 16. Le porzioni di collegamento 29 hanno una medesima lunghezza l , pertanto i diodi di una qualsiasi coppia di primi diodi 26 tra loro adiacenti sono distanziati di una lunghezza $2 \cdot l$, come pure i diodi di una qualsiasi coppia di secondi diodi 28 tra loro adiacenti.

Il dispositivo di protezione 10 comprende inoltre un primo ed un secondo generatore di tensione 30, 32, ed un primo ed un secondo resistore di pull-up 34, 36.

In dettaglio il polo negativo del primo generatore di tensione 30 è collegato a massa, mentre il polo positivo è collegato a un primo nodo del primo resistore di pull-up 34, il secondo nodo del primo resistore di pull-up 34 essendo collegato al primo terminale 23a. Invece, il polo positivo del secondo generatore di tensione 32 è collegato

a massa, mentre il polo negativo è collegato a un primo nodo del secondo resistore di pull-up 36, il secondo nodo del secondo resistore di pull-up 36 essendo collegato al terzo terminale 25a.

Il dispositivo di protezione 10 comprende inoltre un primo ed un secondo diodo di soppressione di tensioni transitorie ("Transient voltage suppression diode"), anche noti come transorb, ed indicati rispettivamente con 38 e 40.

In maggior dettaglio, il primo ed il secondo transorb 38, 40 sono entrambi di tipo unidirezionale, cioè sono elettricamente equiparabili a diodi Zener capaci di condurre correnti elevate. In particolare, il catodo del primo transorb 38 risulta collegato al secondo terminale 23b, mentre l'anodo del primo transorb 38 è collegato a massa. Per quanto concerne, invece, il secondo transorb 40, l'anodo è collegato al quarto terminale 25b, mentre il catodo è collegato a massa.

Il dispositivo di protezione 10 comprende inoltre una pluralità di primi condensatori di riferimento 42 ed una pluralità di secondi condensatori di riferimento 44. In particolare, nell'esempio mostrato in figura 2, il dispositivo di protezione 10 comprende n primi condensatori di riferimento 42 ed n secondi condensatori di riferimento 44, in maniera tale per cui a ciascuno tra i primi

condensatori di riferimento 42 corrisponde uno tra i primi diodi 26, e a ciascuno tra i secondi condensatori di riferimento 44 corrisponde uno tra i secondi diodi 28.

In maggior dettaglio, ciascuno dei primi condensatori di riferimento 42 è collegato tra la massa ed un corrispondente punto della massa virtuale positiva 22. In particolare, ciascuno dei primi condensatori di riferimento 42 si collega alla massa virtuale positiva 22 in prossimità del punto in cui il catodo del corrispondente primo diodo 26 si collega alla massa virtuale positiva 22 stessa. Similmente, ciascuno dei secondi condensatori di riferimento 44 è collegato tra la massa ed un corrispondente punto della massa virtuale negativa 24. In particolare, ciascuno dei secondi condensatori di riferimento 44 si collega alla massa virtuale negativa 24 in prossimità del punto in cui l'anodo del corrispondente secondo diodo 28 si collega alla massa virtuale negativa 24 stessa.

Al fine di evitare risonanze parassite, tra ciascuno dei primi e dei secondi condensatori di riferimento 42, 44 e la massa può essere collegato un rispettivo resistore (non mostrato) avente resistenza compresa tra $0,5\Omega$ e 1Ω . Alternativamente, è possibile impiegare come primi e secondi condensatori di riferimento 42, 44 condensatori aventi fattore di qualità Q inferiore a duecento.

Operativamente, il dispositivo di protezione 10 può essere collegato tra un'antenna e una generica circuiteria da proteggere di un apparato di radiocomunicazione. Ad esempio, il terminale di ingresso 12 può essere collegato, mediante una prima linea di trasmissione T_{in} , all'antenna, mentre il terminale di uscita 14 può essere collegato, mediante una seconda linea di trasmissione T_{out} , alla circuiteria da proteggere (o viceversa). La prima e la seconda linea di trasmissione T_{in} , T_{out} possono avere una medesima impedenza caratteristica, ad esempio pari a 50Ω , alla quale ci si riferisce in seguito come all'impedenza caratteristica di collegamento Z_0 . Pertanto, la microstriscia 15, ed in particolare la pista 16, fungono da collegamento tra l'antenna e la circuiteria da proteggere.

In dettaglio, il primo generatore di tensione 30 e il primo transorb 38 polarizzano la massa virtuale positiva 22 ad una tensione massima V_{max} , mentre il secondo generatore di tensione 32 e il secondo transorb 40 polarizzano la massa virtuale negativa 24 ad una tensione minima V_{min} . In particolare, assumendo che il primo ed il secondo transorb 38, 40 abbiano una medesima prima tensione di conduzione V_{b1} (anche nota come tensione di breakdown e intesa come tensione tra anodo e catodo, dunque positiva), e che il primo ed il secondo generatore di tensione 30, 32 generino tensioni superiori in modulo a V_{b1} , si ha $V_{max}=V_{b1}$ e $V_{min}=-$

Vb1. La pista 16 presenta invece tensione nulla.

Ne consegue che, se la tensione di un generico punto della pista 16 supera V_{max} , ad esempio a causa di un disturbo elettromagnetico, oppure perché l'antenna riceve segnali con elevata potenza, i primi diodi 26 entrano in conduzione e sono percorsi da rispettive correnti; inoltre, una corrente complessivamente pari alla somma delle correnti che attraversano i primi diodi 26 viene cortocircuitata a massa attraverso il primo transorb 38.

Analogamente, se la tensione di un generico punto della pista 16 risulta inferiore (in modulo e segno) rispetto a V_{min} , i secondi diodi 28 entrano in conduzione e sono percorsi da rispettive correnti; inoltre, una corrente complessivamente pari alla somma delle correnti che attraversano i secondi diodi 28 viene cortocircuitata a massa attraverso il secondo transorb 40.

In pratica, se ci si riferisce al segnale RF per indicare in generale un qualsiasi segnale elettromagnetico che percorre la pista 16, si verifica che, qualora la tensione del segnale RF superi, in modulo, la prima tensione di conduzione V_{b1} , la pista 16 viene cortocircuitata a massa, alternativamente attraverso i primi o i secondi diodi 26, 28. Viceversa, nel caso in cui la tensione del segnale RF non superi, in modulo, la prima tensione di conduzione V_{b1} , sia i primi che i secondi diodi

26, 28 risultano polarizzati inversamente.

In uso, ciascun diodo tra i primi ed i secondi diodi 26, 28 può sopportare una corrente massima di diodo I_{d-max} . Inoltre, il dispositivo di protezione 10 può essere realizzato in maniera tale da avere dimensioni trascurabili rispetto alle lunghezza d'onda delle componenti spettrali più significative dei disturbi, i quali sono tipicamente trascurabili per frequenze superiori ai 60 MHz; infatti la lunghezza L_{MAX} può essere inferiore a 4 o 5 cm. Pertanto, è lecito assumere che, dal punto di vista dei disturbi, i primi diodi 26, come pure i secondi diodi 28, lavorano in parallelo. Dunque, il dispositivo di protezione 10 risulta capace di cortocircuitare a massa una corrente pari a $n \cdot I_{d-max}$, dissipando dunque una potenza pari a $n \cdot V_Y \cdot I_{d-max}$, V_Y essendo la tensione di soglia dei primi e dei secondi diodi 26, 28. Aumentando o diminuendo il numero di primi e secondi diodi 26, 28, proporzionalmente aumenta o diminuisce la potenza che il dispositivo di protezione 10 è in grado di dissipare. Inoltre, nel caso in cui i disturbi siano di tipo non ripetitivo, cioè abbiano durata inferiore a $2\mu s$ e si ripetano con periodo non inferiore a $10s$, i primi ed i secondi diodi 26, 28 possono sopportare correnti fino a dieci volte superiori rispetto alla corrente massima di diodo I_{d-max} , consentendo dunque, per tale tipo di disturbi, di cortocircuitare a massa una corrente fino a

dieci volte più elevata rispetto a $n \cdot I_{d-max}$.

Come accennato precedentemente, sia i primi che i secondi diodi 26, 28 possono essere diodi Schottky, i quali si caratterizzano per un'elevata corrente massima di diodo I_{d-max} , una bassa tensione di soglia V_V , una elevata velocità di intervento, ed inoltre per una ridotta capacità parassita C_d (inferiore a 0,5pF).

Indipendentemente dal tipo di diodo, le capacità parassite C_d inevitabilmente introdotte dai primi e dai secondi diodi 26, 28 vengono compensate in modo distribuito dalla pista 16, in modo da consentire l'impiego del dispositivo di protezione 10 anche in tutta la banda UHF.

La figura 4 mostra un circuito elettrico equivalente (ideale) relativo alla pista 16 ed ai primi ed ai secondi diodi 26, 28. In particolare, si nota come ciascuna porzione di collegamento 29 introduca una induttanza L . Si nota inoltre come la pista 16 si raccordi al terminale di ingresso 12 ed al terminale di uscita 14 mediante una prima ed una seconda porzione di raccordo, aventi entrambe lunghezza pari a $l/2$, in maniera tale da introdurre, ciascuna, un'induttanza pari a $L/2$.

In pratica, le capacità parassite C_d dei primi e dei secondi diodi 26, 28 vengono compensate in modo distribuito dall'induttanza associata alla microstriscia 15, ed in particolare alla pista 16, in maniera tale per cui, durante

la propagazione lungo la microstriscia 15, il segnale RF non subisce alterazioni, nonostante la presenza dei primi e dei secondi diodi 26, 28. In altre parole, se il segnale RF è tale per cui la tensione sulla pista 16 risulta compresa tra V_{min} e V_{max} , in prima approssimazione esso si propaga lungo la pista 16 come se la microstriscia 15 fosse ideale, e cioè come se i primi ed i secondi diodi 26, 28 fossero assenti.

Inoltre, dal punto di vista del segnale RF, sia i primi che i secondi condensatori di riferimento 42, 44 assolvono la funzione di fornire, rispettivamente ai primi ed ai secondi diodi 26, 28, un riferimento di massa. In altre parole, dal punto di vista del segnale RF che scorre lungo la pista 16, ciascuna capacità parassita C_d risulta in serie ad un corrispondente primo o secondo condensatore di riferimento 42, 44. Impiegando primi e secondi condensatori di riferimento 42, 44 aventi capacità superiori di almeno un ordine di grandezza rispetto alla capacità parassita C_d dei primi e dei secondi diodi 26, 28, si ottiene che, per il segnale RF, ciascuno dei summenzionati punti di massimo 18 e punti di minimo 20 risulta collegato a massa attraverso un condensatore equivalente, il quale ha capacità all'incirca pari alla capacità parassita C_d . A titolo puramente esemplificativo, assumendo che la capacità C_d sia circa pari a 0,5pF,

ciascuno dei primi e dei secondi condensatori di riferimento 42, 44 può avere una capacità compresa tra 10pF pF e 100pF.

Ancora a livello progettuale, la larghezza w della pista 16, lo spessore s e il materiale dello strato dielettrico 13 possono essere scelti in maniera tale per cui la microstriscia 15 abbia un'impedenza caratteristica Z_{∞} maggiore o uguale a due volte l'impedenza caratteristica di collegamento Z_0 . Ad esempio, se $Z_0 = 50\Omega$, è possibile porre $Z_{\infty} = 125\Omega$. In tal modo, ciascuna porzione di collegamento 29 approssima un induttore in modo quasi ideale. Inoltre, al fine di compensare le capacità parassite C_d introdotte dai primi e dai secondi diodi 26, 28, cioè evitare che le reattanze da essi introdotte causino un progressivo allontanamento da Z_0 dell'impedenza della pista 16, l'induttanza L può essere scelta sulla base della relazione:

$$L = -\frac{X_{Cd}^2 + \sqrt{X_{Cd}^2 - Z_0^2}}{\pi F_{\max}} \quad (1)$$

in cui $F_{\max}$ è una frequenza massima alla quale si prevede di impiegare il dispositivo di protezione 10, e X_{Cd} è la reattanza introdotta da un singolo primo o secondo diodo 26, 28 a tale frequenza massima $F_{\max}$:

$$X_{cd} = -j \frac{1}{2\pi F_{\max} \times C_d} \quad (2)$$

In funzione dell'induttanza L è quindi possibile determinare, in modo di per sé noto, le caratteristiche geometriche della serpentina definita dalla pista 16, ed in particolare la lunghezza l delle porzioni di collegamento 29. Ad esempio, in prima approssimazione la lunghezza l può essere determinata ricordando che la microstriscia 15 introduce all'incirca un'induttanza di 1nH per ogni millimetro di lunghezza, oppure avvalendosi di simulatori di circuiti a microonde comunemente disponibili.

E' inoltre possibile dimostrare che, se le relazioni (1) e (2) sono rispettate, alla frequenza massima $F_{\max}$ l'impedenza della pista 16 è tale per cui, procedendo dal terminale di ingresso 12 verso il terminale di uscita 14, subito prima di ciascun primo o secondo diodo 26, 28, si ha un'impedenza Z_a , mentre subito dopo ciascun primo o secondo diodo 26, 28, si ha un'impedenza Z_b . Inoltre, valgono le relazioni $Z_a \cong Z_0 + jX_a$, $Z_b \cong Z_0 + jX_b$, in cui $X_a = -X_b = j \cdot 2\pi F_{\max} \cdot L$.

In pratica, se $Z_{\infty} \geq 2Z_0$, l'impedenza di un qualsiasi punto della pista 16 risulta compresa tra Z_a e Z_b , ed in particolare giace su un primo o un secondo arco di circonferenza S1, S2 di una carta di Smith, come mostrato in figura 5, in cui si è assunto $Z_0 = 50\Omega$.

In particolare, sia il primo che il secondo arco di

circonferenza S1, S2 hanno per estremi le impedenze (normalizzate rispetto a Z_0) Z_a e Z_b ; inoltre, il primo arco di circonferenza S1 appartiene a una circonferenza passante per il punto di impedenza infinita e per il punto ad impedenza normalizzata unitaria, mentre il secondo arco di circonferenza S2 appartiene a una circonferenza passante per il punto ad impedenza nulla, e per i punti di impedenza Z_a e Z_b (normalizzate). In altre parole, a parità di induttanza L , si minimizza la lunghezza l , e dunque la lunghezza LMAX del dispositivo di protezione 10, rispetto al caso in cui la microstriscia 15 abbia impedenza caratteristica $Z_\infty < 2Z_0$.

Per quanto concerne, invece, l'attenuazione di riflessione ("return loss", RL) causata dal dispositivo di protezione 10, essa è pari a:

$$RL = 10 \cdot \text{Log} \left(\frac{Z_b - Z_0}{Z_b + Z_0} \right)^2 \quad (3)$$

Pertanto, è possibile scegliere il numero n di primi e secondi diodi 26, 28 in funzione della potenza che si vuole far dissipare dal dispositivo di protezione 10, e di una massima attenuazione di riflessione.

La forma realizzativa mostrata in figura 2 può essere vantaggiosamente applicata a ricevitori e trasmettitori a radiofrequenza, cioè ad apparati di radiocomunicazione tali per cui la circuiteria da proteggere comprende

alternativamente uno stadio ricevitore o uno stadio trasmettitore. Infatti, generalmente lo stadio trasmettitore trasmette all'antenna segnali ad elevata potenza, pertanto è opportuno che la tensione massima V_{max} e la tensione minima V_{min} abbiano modulo elevato, per evitare che il dispositivo di protezione 10 limiti tali segnali ad elevata potenza. Viceversa, in uso, lo stadio ricevitore riceve dall'antenna segnali a bassa potenza, in maniera tale per cui la tensione massima V_{max} e la tensione minima V_{min} possono avere modulo ridotto, in maniera tale da ottimizzare la protezione offerta dal dispositivo di protezione 10, senza comunque limitare tali segnali a bassa potenza.

A titolo puramente esemplificativo, nel caso in cui la circuiteria da proteggere comprenda il solo stadio trasmettitore, la prima tensione di conduzione V_{b1} può essere pari a 30V. Inoltre, il primo ed il secondo generatore di tensione 30, 32 possono erogare entrambi una tensione pari a 33V. Infine, il primo ed il secondo resistore di pull-up 34, 36 possono avere resistenza pari a 10k Ω .

Nel caso di apparati radiocomunicazione comprendenti sia lo stadio ricevitore che lo stadio trasmettitore, è possibile impiegare la forma di realizzazione mostrata in figura 6.

In particolare, il dispositivo di protezione 10 comprende un terzo ed un quarto transorb 46, 48. Inoltre, il dispositivo di protezione 10 comprende un primo ed un secondo transistor 50, 52, un terminale di controllo TX/RX e un invertitore logico 54.

In dettaglio, il terzo ed il quarto transorb 46, 48 sono entrambi di tipo unidirezionale, dunque sono anch'essi elettricamente equiparabili a diodi Zener, come il primo ed il secondo transorb 38, 40; inoltre, il terzo ed il quarto transorb 46, 48 sono tra loro uguali, e presentano una medesima seconda tensione di conduzione V_{b2} , differente dalla prima tensione di conduzione V_{b1} . Per quanto concerne, invece, il primo ed il secondo transistor 50, 52, entrambi svolgono la funzione di interruttori; inoltre, il primo transistor 50 è un transistor MOSFET a canale N, mentre il secondo transistor 52 è un transistor MOSFET a canale P.

In maggior dettaglio, il terzo transorb 46 ha il catodo collegato al secondo terminale 23b, e l'anodo collegato a un primo terminale di conduzione (la distinzione tra terminale di source e di drain non è rilevante ai fini della presente invenzione) del primo transistor 50. Inoltre, un secondo terminale di conduzione del primo transistor 50 e un terminale di bulk del primo transistor 50 sono collegati a massa, mentre il terminale

di gate del primo transistor 50 è collegato al terminale di controllo TX/RX.

Il quarto transistor 48 ha l'anodo collegato al quarto terminale 25b, e il catodo collegato a un primo terminale di conduzione del secondo transistor 52. Inoltre, un secondo terminale di conduzione del secondo transistor 52 e un terminale di bulk del secondo transistor 52 sono collegati a massa, mentre il terminale di gate del secondo transistor 52 è collegato a un terminale di uscita dell'invertitore logico 54, il cui terminale di ingresso è collegato al terminale di controllo TX/RX.

Operativamente, la tensione massima V_{max} e la tensione minima V_{min} alle quali sono polarizzate la massa virtuale positiva 22 e la massa virtuale negativa 24, ed in particolare il modulo della tensione massima V_{max} e della tensione minima V_{min} , sono controllate mediante il terminale di controllo TX/RX, come descritto in maggior dettaglio qui di seguito, previa assunzione, a titolo esemplificativo, che la seconda tensione di conduzione V_{b2} sia minore della prima tensione di conduzione V_{b1} .

In dettaglio, quando il terminale di controllo TX/RX assume un valore logico "0", cioè un valore di tensione tale per cui il primo transistor 50 è in stato di interdizione, anche il secondo transistor 52 risulta interdetto, a causa dell'invertitore logico 54. Pertanto,

il primo transorb 38 è collegato a massa, mentre il terzo transorb 46 è flottante. Ne consegue che la tensione massima V_{max} della massa virtuale positiva 22 è pari alla prima tensione di conduzione V_{b1} . Inoltre, il secondo transorb 46 è collegato a massa, mentre il quarto transorb 48 è flottante. Pertanto, la tensione minima V_{min} della massa virtuale negativa 24 risulta pari, a $-V_{b1}$.

Viceversa, quando il terminale di controllo TX/RX assume un valore logico "1", cioè un valore di tensione tale per cui il primo transistor 50 è in stato di conduzione, anche il secondo transistor 52 risulta in conduzione, a causa dell'invertitore logico 54. Pertanto, sia il primo che il terzo transorb 38, 46 sono collegati a massa, come pure il secondo ed il quarto transorb 40, 48. Ne consegue che la tensione massima V_{max} della massa virtuale positiva 22 è pari alla tensione minore tra la prima e la seconda tensione di conduzione V_{b1} , V_{b2} ; nella fattispecie, sulla base delle precedenti assunzioni, la tensione massima V_{max} risulta pari alla seconda tensione di conduzione V_{b2} . Similmente, la tensione minima V_{min} della massa virtuale negativa 24 risulta pari, in modulo, alla tensione minore tra la prima e la seconda tensione di conduzione V_{b1} , V_{b2a} ; nella fattispecie, sulla base delle precedenti assunzioni, la tensione minima V_{min} risulta pari a $-V_{b2}$.

In pratica, nel caso di apparati di radiocomunicazione provvisti sia di stadio trasmettitore che di stadio ricevitore, è possibile collegare la forma di realizzazione mostrata in figura 6 come mostrato in figura 7.

In particolare, la figura 7 mostra un apparato di radiocomunicazione 60 che comprende l'antenna 5, lo stadio trasmettitore 2, lo stadio ricevitore 3 e lo stadio di commutazione 4. Inoltre, l'apparato di radiocomunicazione 60 comprende il dispositivo di protezione 10, nella forma di realizzazione mostrata in figura 6, il quale è collegato tra l'antenna 5 e lo stadio di commutazione 4.

Operativamente, assumendo ancora che $V_{b2} < V_{b1}$, quando lo stadio di commutazione 4 collega all'antenna 5 lo stadio trasmettitore 2, è possibile impostare sul terminale di controllo TX/RX il valore logico "0", in maniera tale per cui il dispositivo di protezione 10 interviene solamente per tensioni superiori, in modulo, a V_{b1} . Viceversa, quando lo stadio di commutazione 4 collega all'antenna 5 lo stadio ricevitore 3, è possibile impostare sul terminale di controllo TX/RX il valore logico "1", in maniera tale per cui il dispositivo di protezione 10 interviene già per tensioni superiori, in modulo, a V_{b2} . In tal modo è possibile adattare il dispositivo di protezione 10 alle reali necessità della circuiteria da proteggere. Infatti, come accennato in precedenza, può essere vantaggioso che,

quando l'antenna 5 è collegata allo stadio trasmettitore 2, la tensione massima V_{max} e la tensione minima V_{min} abbiano modulo maggiore rispetto a quando l'antenna 5 è collegata allo stadio ricevitore 3. Ciò si verifica perché, durante il normale funzionamento di un ricetrasmittitore, lo stadio trasmettitore 2 genera segnali ad ampiezza elevata, mentre lo stadio ricevitore 3 riceve segnali a bassa ampiezza.

I vantaggi che il dispositivo di protezione 10 consente di ottenere emergono chiaramente dalla descrizione precedente. In particolare, il dispositivo di protezione 10 consente di proteggere apparati di radiocomunicazione aventi bande operative molto elevate. Inoltre, il dispositivo di protezione 10 comporta basse perdite d'inserzione e basse perdite per riflessione.

Risulta infine evidente che al dispositivo di protezione 10 descritto possono essere apportate modifiche e varianti, senza per questo uscire dall'ambito della presente invenzione, definito dalle rivendicazioni allegate.

Ad esempio, la pista 16 può avere forma non sinusoidale, ma, ad esempio, ad onda triangolare. Alternativamente, la pista 16 può anche essere rettilinea, sebbene ciò comporti un aumento di L_{MAX} . Inoltre, in luogo della microstriscia 15, è possibile impiegare una linea complanare, ovvero un altro tipo di linea di trasmissione

per segnali a radiofrequenza.

Per quanto concerne, invece, i transorb, al loro posto è possibile utilizzare generatori di tensione. Inoltre, i transorb possono essere assenti, come pure il primo ed il secondo generatore di tensione 30, 32, e il primo ed il secondo resistore di pull-up 34, 36, dal momento che la sia la massa virtuale positiva che la massa virtuale negativa 22, 24 possono essere collegate direttamente a massa. In tal caso, il dispositivo di protezione 10 interviene qualora la tensione di un generico punto della pista 16 superi, in modulo, la tensione di soglia V_{γ} dei primi e dei secondi diodi 26, 28.

Infine, le porzioni di collegamento 29 possono avere lunghezze tra loro differenti; ad esempio, le lunghezze delle porzioni di collegamento 29 possono essere comprese nell'intervallo $l \pm 0,1 \cdot l$.

RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo di protezione per apparati di radiocomunicazione, comprendente:

- una linea di trasmissione (15) per segnali a radiofrequenza;

- una linea a potenziale di riferimento posta a un potenziale di riferimento;

- un primo elemento conduttore (22);

- primi mezzi di polarizzazione (30,34,38;46,50) configurati per polarizzare il primo elemento conduttore (22) a una prima tensione di polarizzazione (V_{max}); e

- una pluralità di primi interruttori controllati in tensione (26) collegati tra il primo elemento conduttore (22) e la linea di trasmissione (15).

2. Dispositivo di protezione secondo la rivendicazione 1, in cui i primi mezzi di polarizzazione (30,34,38;46,50) comprendono un primo generatore di tensione (30) collegato ad una prima estremità del primo elemento conduttore (22), ed un primo interruttore di assorbimento (38;46,50) collegato fra una seconda estremità del primo elemento conduttore (22) e la linea a potenziale di riferimento.

3. Dispositivo di protezione secondo la rivendicazione 2, comprendente inoltre:

- un secondo elemento conduttore (24);

- secondi mezzi di polarizzazione (32,36,40;48,52) configurati per polarizzare il secondo elemento conduttore (24) a una seconda tensione di polarizzazione (V_{min}) e includenti un secondo generatore di tensione (32) collegato ad una prima estremità del secondo elemento conduttore (24), ed un secondo interruttore di assorbimento (40;48,52) collegato fra una seconda estremità del secondo elemento conduttore (24) e la linea a potenziale di riferimento;

- una pluralità di secondi interruttori controllati in tensione (28) collegati tra il secondo elemento conduttore (24) e la linea di trasmissione (15).

4. Dispositivo di protezione secondo la rivendicazione 3, in cui la linea di trasmissione (15) comprende una pista (16) di materiale conduttore, e i primi interruttori controllati in tensione sono formati da primi diodi (26), ciascun primo diodo (26) avendo l'anodo collegato alla pista (16) e il catodo collegato al primo elemento conduttore (22); e in cui i secondi interruttori controllati in tensione sono formati da secondi diodi (28), ciascun secondo diodo (28) avendo il catodo collegato alla pista (16) e l'anodo collegato al secondo elemento conduttore (24).

5. Dispositivo di protezione secondo la rivendicazione 4, in cui i primi diodi (26) sono collegati alla pista (16)

in rispettivi primi punti (18) della pista (16), distanziati reciprocamente lungo la pista (16); in cui i secondi diodi (28) sono collegati alla pista (16) in rispettivi secondi punti (20) della pista (16), distanziati reciprocamente lungo la pista (16); e in cui le distanze reciproche fra coppie di primi punti adiacenti (18) della pista (16) e fra coppie di secondi punti adiacenti (20) della pista (16) sono fra loro uguali a meno di una differenza del $\pm 10\%$.

6. Dispositivo di protezione secondo la rivendicazione 5, in cui i primi e i secondi punti (18,20) della pista (16) sono disposti alternati lungo la pista (16).

7. Dispositivo di protezione secondo la rivendicazione 6, in cui ciascun secondo punto (20) della pista (16) è disposto in posizione centrale rispetto ad una rispettiva coppia di primi punti adiacenti (18).

8. Dispositivo di protezione secondo una rivendicazione qualsiasi da 4 a 7, in cui il primo ed il secondo interruttore di assorbimento comprendono, rispettivamente, un primo ed un secondo transorb (38,40), il primo transorb (38) avendo il catodo collegato al primo elemento conduttore (22) e l'anodo collegato alla linea a potenziale di riferimento, il secondo transorb (40) avendo l'anodo collegato al secondo elemento conduttore (24) e il

catodo collegato alla linea a potenziale di riferimento.

9. Dispositivo di protezione secondo la rivendicazione 8, in cui il primo ed il secondo interruttore di assorbimento comprendono inoltre un terzo ed un quarto transorb (46,48); il primo ed il secondo transorb (38,40) avendo una prima tensione di conduzione (V_{b1}), il terzo ed il quarto transorb (46,48) avendo una seconda tensione di conduzione (V_{b2}) differente dalla prima tensione di conduzione (V_{b1}).

10. Dispositivo di protezione secondo la rivendicazione 9, comprendente inoltre un primo ed un secondo transistor (50,52) di tipo MOSFET, e in cui:

- il terzo transorb (46) ha il catodo collegato al primo elemento conduttore (22) e l'anodo collegato a un primo terminale di conduzione del primo transistor (50);

- il quarto transorb (48) ha l'anodo collegato al secondo elemento conduttore (24) e il catodo collegato a un primo terminale di conduzione del secondo transistor (52);
e

- un secondo terminale di conduzione del primo transistor (50) e un secondo terminale di conduzione del secondo transistor (52) sono collegati alla linea a potenziale di riferimento.

11. Dispositivo di protezione secondo la

rivendicazione 10, comprendente inoltre un nodo di controllo (TX/RX) e un invertitore (54), il primo transistorore (50) avendo un terminale di controllo collegato al nodo di controllo (TX/RX), l'invertitore (54) avendo un terminale di ingresso collegato al nodo di controllo (TX/RX) e un terminale di uscita collegato a un terminale di controllo del secondo transistorore (52).

12. Dispositivo di protezione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 4 a 11, in cui la pista (16) ha forma sinusoidale.

13. Dispositivo di protezione secondo la rivendicazione 12, in cui il primo ed il secondo elemento conduttore (22,24) sono disposti su lati opposti rispetto alla pista (16).

14. Dispositivo di protezione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 4 a 13, in cui i primi ed i secondi diodi (26,28) sono diodi Schottky.

15. Dispositivo di protezione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 3 a 14, comprendente inoltre:

- una pluralità di primi condensatori di riferimento (42) collegati tra il primo elemento conduttore (22) e la linea a potenziale di riferimento; e

- una pluralità di secondi condensatori di riferimento (44) collegati tra il secondo elemento conduttore (24) e la

linea a potenziale di riferimento.

16. Apparato di radiocomunicazione comprendente un dispositivo di protezione (10) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, e comprendente inoltre un'antenna (5) e almeno un'unità elettronica a scelta tra uno stadio di trasmissione (2) e uno stadio di ricezione (3), il dispositivo di protezione (10) essendo collegato tra l'antenna (5) e l'unità elettronica.

17. Apparato di radiocomunicazione secondo la rivendicazione 16, in cui la linea di trasmissione (15) è collegata a una linea esterna per segnali a radiofrequenza (T_{in}, T_{out}) avente una prima impedenza caratteristica (Z_0), la linea di trasmissione (15) avendo una seconda impedenza caratteristica (Z_∞), almeno pari a due volte la prima impedenza caratteristica (Z_0).

p.i.: SELEX COMMUNICATIONS S.P.A

Elena CERBARO

CLAIMS

1. A protective device for radio communication apparatuses, comprising:

- a transmission line (15) for radio frequency signals;

- a reference potential line set at a reference potential;

- a first conducting element (22);

- first polarizing means (30,34,38;46,50) configured to polarize the first conducting element (22) at a first polarization voltage (V_{max}); and

- a plurality of first voltage-controlled switches (26) connected between the first conducting element (22) and the transmission line (15).

2. The protective device according to claim 1, in which the first polarizing means (30,34,38;46,50) comprise a first voltage generator (30) connected to a first end of the first conducting element (22) and a first absorption switch (38;46,50) connected between a second end of the first conducting element (22) and the reference potential line.

3. The protective device according to claim 2, further comprising:

- a second conducting element (24);

- second polarizing means (32,36,40;48,52) configured

to polarize the second conducting element (24) at a second polarization voltage (V_{min}) and including a second voltage generator (32) connected to a first end of the second conducting element (24) and a second absorption switch (40;48,52) connected between a second end of the second conducting element (24) and the reference potential line;

- a plurality of second voltage-controlled switches (28) connected between the second conducting element (24) and the transmission line (15).

4. The protective device according to claim 3, in which the transmission line (15) comprises a track (16) of conducting material and the first voltage-controlled switches are formed by first diodes (26), each first diode (26) having the anode connected to the track (16) and the cathode connected to the first conducting element (22); and in which the second voltage-controlled switches are formed by second diodes (28), each second diode (28) having the cathode connected to the track (16) and the anode connected to the second conducting element (24).

5. The protective device according to claim 4, in which the first diodes (26) are connected to the track (16) at respective first points (18) of the track (16), reciprocally spaced out along the track (16); in which the second diodes (28) are connected to the track (16) at respective second points (20) of the track (16),

reciprocally spaced out along the track (16); and in which the mutual distances between pairs of first adjacent points (18) of the track (16) and between pairs of second adjacent points (20) of the track (16) are the same to within a difference of $\pm 10\%$.

6. The protective device according to claim 5, in which the first and second points (18,20) of the track (16) are arranged alternately along the track (16).

7. The protective device according to claim 6, in which each second point (20) of the track (16) is placed in a central position with reference to a respective pair of first adjacent points (18).

8. The protective device according to any of claims 4 to 7, in which the first and second absorption switches respectively comprise a first and a second transorb (38,40), the first transorb (38) having the cathode connected to the first conducting element (22) and the anode connected to the reference potential line, and the second transorb (40) having the anode connected to the second conducting element (24) and the cathode connected to the reference potential line.

9. The protective device according to claim 8, in which the first and second absorption switches further comprise a third and a fourth transorb (46,48), the first and second transorb (38,40) having a first threshold

voltage (Vb1), the third and fourth transorb (46,48) having a second threshold voltage (Vb2) different from the first threshold voltage (Vb1).

10. The protective device according to claim 9, further comprising a first and second MOSFET-type transistor (50,52), and in which:

- the third transorb (46) has the cathode connected to the first conducting element (22) and the anode connected to a first conduction terminal of the first transistor (50);

- the fourth transorb (48) has the anode connected to the second conducting element (24) and the cathode connected to a first conduction terminal of the second transistor (52); and

- a second conduction terminal of the first transistor (50) and a second conduction terminal of the second transistor (52) are connected to the reference potential line.

11. The protective device according to claim 10, further comprising a control node (TX/RX) and an inverter (54), the first transistor (50) having a control terminal connected to the control node (TX/RX), the inverter (54) having an input terminal connected to the control node (TX/RX) and an output terminal connected to a control terminal of the second transistor (52).

12. The protective device according to any of claims 4 to 11, in which the track (16) has a sinusoidal shape.

13. The protective device according to claim 12, in which the first and second conducting elements (22,24) are placed on opposite sides with respect to the track (16).

14. The protective device according to any of claims 4 to 13, in which the first and second diodes (26,28) are Schottky diodes.

15. The protective device according to any of claims 3 to 14, further comprising:

- a plurality of first reference capacitors (42) connected between the first conducting element (22) and the reference potential line; and

- a plurality of second reference capacitors (44) connected between the second conducting element (24) and the reference potential line.

16. A radio communication apparatus comprising a protective device (10) according to any of the previous claims and also comprising an antenna (5) and at least one electronic unit, chosen from a transmission stage (2) and a receiver stage (3), the protective device (10) being connected between the antenna (5) and the electronic unit.

17. The radio communication apparatus according to claim 16, in which the transmission line (15) is connected to an external line for radio frequency signals (T_{in} , T_{out}),

which has a first characteristic impedance (Z_0) , the transmission line (15) having a second characteristic impedance (Z_∞) at least twice the first characteristic impedance (Z_0) .

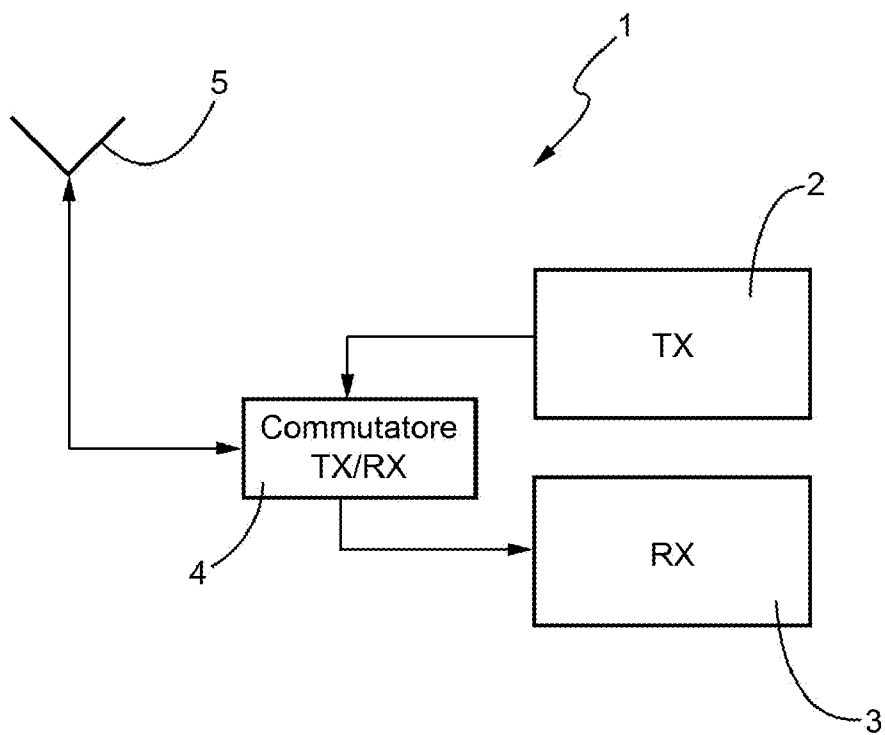


FIG. 1

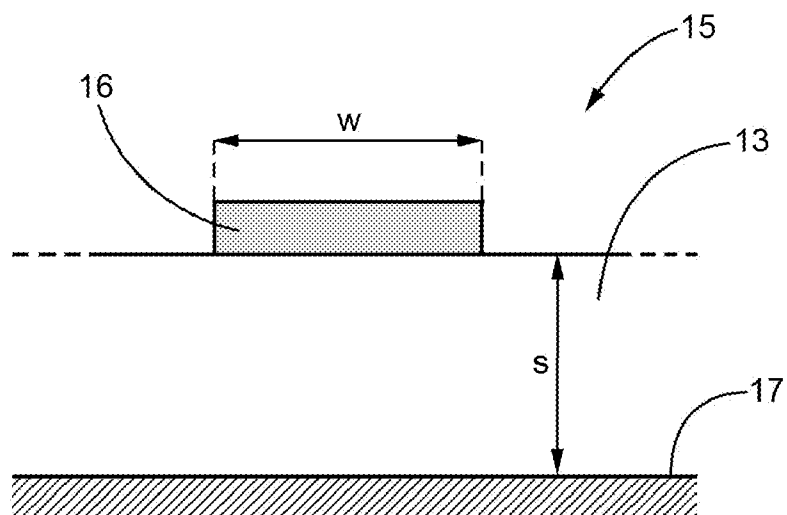


FIG. 3

p.i.: SELEX COMMUNICATIONS S.P.A.

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

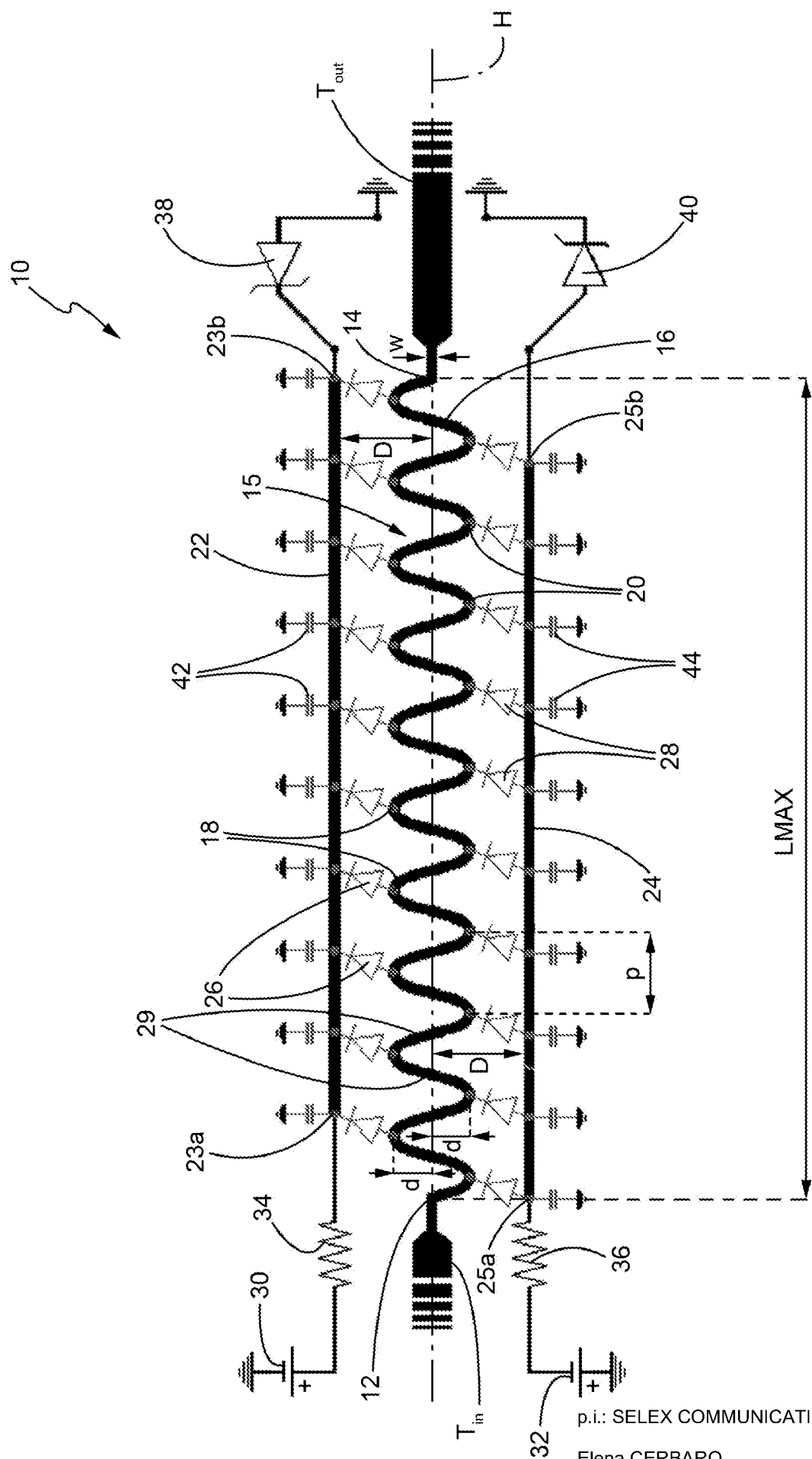


FIG. 2

p.i.: SELEX COMMUNICATIONS S.P.A.

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

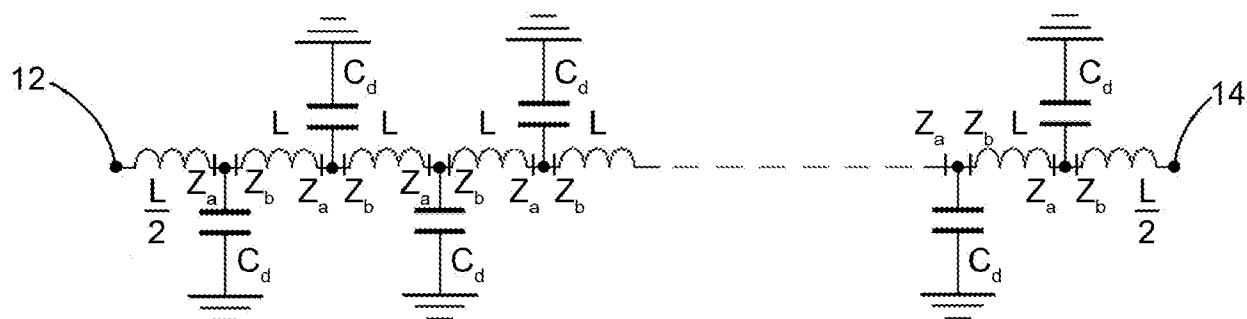


FIG. 4

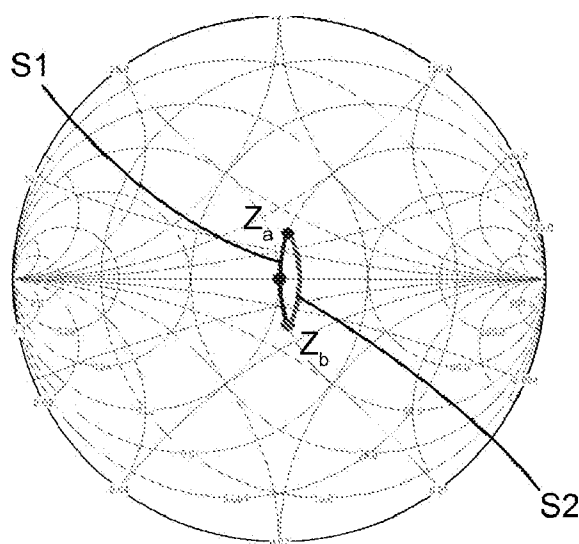


FIG. 5

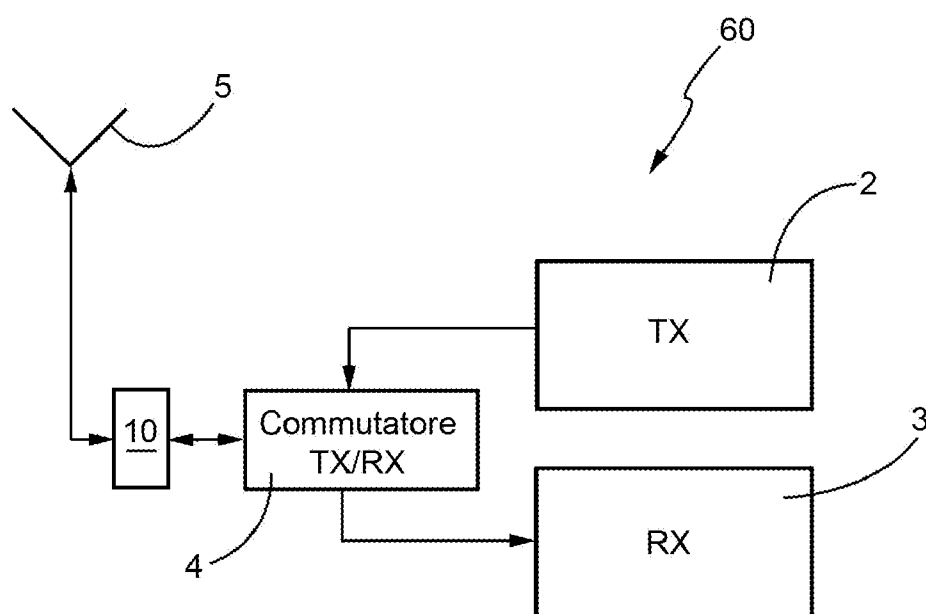


FIG. 7

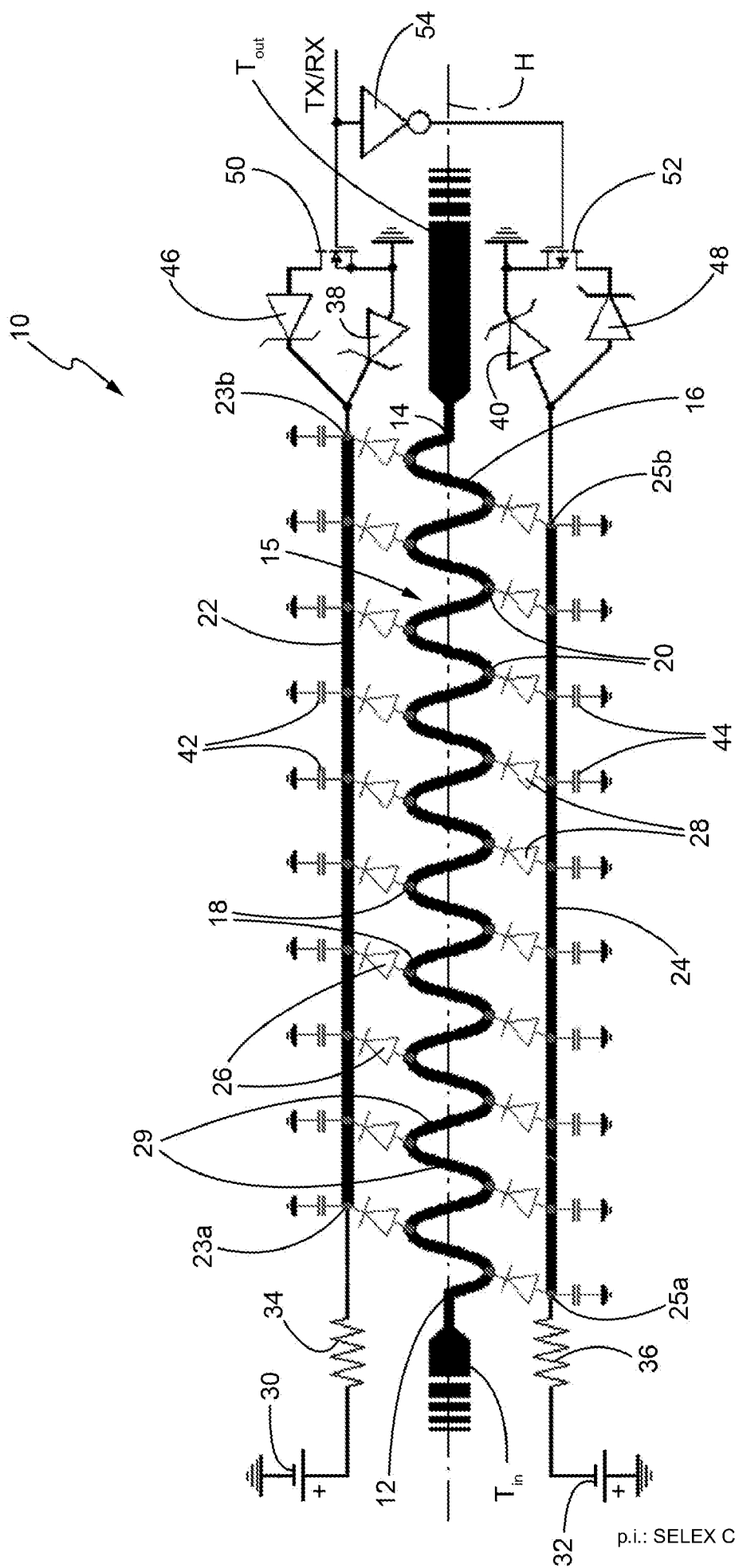


FIG. 6