



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETA' INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	101989900089531
Data Deposito	14/11/1989
Data Pubblicazione	14/05/1991

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	04	B		

Titolo

SISTEMA DI COMUNICAZIONE COERENTE IN FIBRA OTTICA A DIVERSITA' DI POLARIZZAZIONE IN TRASMISSIONE

Descrizione dell'invenzione avente per titolo:

"Sistema di comunicazione coerente in fibra ottica a diversita' di polarizzazione in trasmissione"

a nome CSELT - Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni S.p.A., Via G. Reiss Romoli 274, 10148 Torino, nazionalita' italiana.

Inventore: Pierluigi POGGIOLINI

67995 - A-89

Domanda N.

Depositata il

==.==.==.==.==

Riassunto

Un sistema di comunicazione coerente in fibra ottica e' reso insensibile alle fluttuazioni dello stato di polarizzazione del campo elettromagnetico dovute alla propagazione nella fibra variando, in trasmissione, lo stato di polarizzazione della portante ottica modulata dal segnale di informazione da trasmettere. La variazione e' tale da mantenere limitato l'allargamento dello spettro del segnale a frequenza intermedia nel ricevitore, garantendo comunque la ricezione di meta' della potenza uscente dalla fibra. (Fig. 1)

Testo della descrizione

La presente invenzione si riferisce ai sistemi di comunicazione in fibra ottica, e piu' in particolare riguarda un sistema di comunicazione coerente a diversita' di polarizzazione in trasmissione, cioe' un sistema in cui in trasmissione si varia lo stato di polarizzazione di una portante ottica gia' modulata da un segnale dati numerico.

CSELT
Centro Studi e Laboratori
Telecomunicazioni S.p.A.

E' noto che le convenzionali fibre ottiche monomodo (cioe' fibre non a mantenimento di polarizzazione) utilizzate nei sistemi di comunicazione in fibra ottica presentano caratteristiche di birifrangenza che variano sia con il tempo sia con la distanza, facendo variare in modo continuo e imprevedibile lo stato di polarizzazione dei segnali che si propagano lungo la fibra. Nel caso dei sistemi di comunicazione coerenti con ricezione eterodina, che sono quelli piu' comunemente usati, i ricevitori sono in grado di funzionare correttamente solo se lo stato di polarizzazione del segnale ricevuto e' lo stesso di quello del segnale emesso dall'oscillatore locale; in caso contrario, solo una parte del campo e' soggetta a conversione a eterodina. Come conseguenza puo' verificarsi evanescenza (fading) del segnale, anche totale. E' evidente quindi l'interesse ad avere dei sistemi di comunicazione insensibili a queste variazioni dello stato di polarizzazione.

Per risolvere tale problema e' stato proposto di intervenire sia sul lato ricezione del sistema, sia sul lato trasmissione.

Le soluzioni che prevedono di intervenire in ricezione richiedono l'utilizzazione di ricevitori a inseguimento di polarizzazione o di ricevitori a diversita' di polarizzazione. I ricevitori a inseguimento di polarizzazione richiedono l'impiego di un trasformatore continuo della polarizzazione e di un opportuno circuito di controllo automatico; i ricevitori a diversita' di polarizzazione richiedono due stadi elettronici di demodulazione completi oltre ad un dispositivo separatore della polarizzazione o, nel caso di ricevitori

bilanciati, almeno due di tali dispositivi separatori e un accoppiatore a 3 dB indipendente dalla polarizzazione. Per essere effettivamente introdotti in sistemi suscettibili di produzione su scala industriale, questi ricevitori dovrebbero essere realizzati come componenti integrati di tipo monolitico, preferibilmente in materiale semiconduttore: tuttavia, allo stato attuale della tecnica, sia lo sviluppo di componenti integrati che svolgano le funzioni richieste con buone prestazioni, sia la realizzazione su scala industriale con resa accettabile degli stessi, presentano notevoli difficoltà. Va inoltre tenuto conto che, una delle applicazioni più interessanti dei sistemi di comunicazione ottica coerenti ne prevede l'introduzione in reti di distribuzione, in cui un'unica sorgente trasmette le informazioni verso una pluralità di ricevitori: in tal caso queste soluzioni presentano l'ulteriore inconveniente che i dispositivi che rendono il sistema insensibile alle fluttuazioni di polarizzazione andrebbero associati a ogni ricevitore, rendendo il sistema complesso e perciò costoso.

Le soluzioni che prevedono di intervenire sul lato trasmissione si basano su una commutazione rapida dello stato di polarizzazione del segnale da trasmettere. Un esempio di queste soluzioni è descritto da T. G. Hodgkinson, R. A. Harmon, D. W. Smith nell'articolo "Polarisation-insensitive heterodyne detection using polarisation scrambling". In questo sistema noto il trasmettitore comprende, tra un modulatore di ampiezza che modula con il segnale dati una portante ottica emessa da un laser e la fibra ottica, un

modulatore di polarizzazione che provoca una commutazione del segnale ottico tra due stati di polarizzazione ortogonali con una frequenza pari a quattro volte la frequenza di simbolo. Il modulatore di polarizzazione comprende un accoppiatore a fibra 1:1 che ripartisce il segnale in parti uguali tra due percorsi separati. Lungo uno di tali percorsi e' disposto un modulatore di fase in guida d'onda comandato da un'onda quadra alla frequenza di commutazione voluta, preceduto da un dispositivo di controllo della polarizzazione che fa' si' che all'ingresso del modulatore di fase sia presente uno stato corretto. I due rami confluiscono poi in un secondo accoppiatore, selettivo nei confronti della polarizzazione, a cui e' collegata la fibra.

Un dispositivo di questo tipo ovvia agli inconvenienti descritti sopra, anche se a prezzo della perdita di meta' della potenza ricevibile: infatti la commutazione di polarizzazione e' una funzione piu' semplice di quelle svolte dai trasformatori continui di polarizzazione, e puo' essere realizzata con dispositivi meno complessi di quelli impiegati in un ricevitore a diversita' di polarizzazione e gia' disponibili in forma integrata; inoltre, nel caso di impiego in una rete di distribuzione, il dispositivo che rende il sistema insensibile alla polarizzazione va aggiunto solo nel trasmettitore, che e' unico, e non nei singoli ricevitori, cosicche' la complessita' del sistema non e' aumentata in modo significativo.

La commutazione di polarizzazione da' origine a problemi di occupazione di banda al ricevitore. Infatti, la larghezza di banda richiesta per il filtro a frequenza intermedia nel ricevitore e'

approssimativamente data dalla somma della larghezza di banda del segnale dati (che per un sistema ASK, come quello utilizzato nel sistema descritto nell'articolo citato, presenta almeno un lobo principale la cui larghezza e' doppia della frequenza di simbolo) e del doppio della frequenza di commutazione dello stato di polarizzazione. L'allargamento dello spettro crea numerose difficolta': 1) e' necessario operare, a frequenza intermedia, con circuiti elettronici con banda molto piu' larga di quella necessaria in assenza di commutazione di polarizzazione; 2) la frequenza intermedia del ricevitore viene influenzata negativamente dal livello molto elevato dei lobi secondari che si creano nello spettro: infatti, occorrera' operare a frequenze intermedie relativamente elevate per evitare che i ripiegamenti dello spettro attorno all'origine delle frequenze vengano a interferire con i lobi principali del segnale utile; 3) viene introdotta una penalita' in termini di potenza di segnale necessaria ad ottenere una certa probabilita' di errore rispetto ad un sistema ideale che operi senza commutazione di polarizzazione: tale penalita' e' dovuta al fatto che il filtro a frequenza intermedia deve avere ampiezza maggiore e percio' permette il passaggio di una quantita' di rumore piu' elevata.

Operando a velocita' di cifra molto elevate, come quelle abitualmente previste per i sistemi in fibra ottica (dell'ordine delle centinaia di Mbit/s o dei Gbit/s) e a frequenze di commutazione multiple della frequenza di simbolo, come nel caso del sistema noto sopra citato, i fenomeni di cui ai punti (1) e (2) possono rendere

molto difficile e costosa, o addirittura impossibile, la realizzazione pratica del sistema, poiche' implicano l'impiego di elettronica estremamente veloce, ai limiti delle attuali tecnologie. Il fenomeno di cui al punto (3) penalizza le prestazioni dell'insieme.

Secondo la presente invenzione si forniscono un procedimento di trasmissione di segnali numerici su fibra ottica monomodo, e un sistema di comunicazione ottica che utilizza il procedimento, in cui l'indipendenza dalle fluttuazioni di polarizzazione della fibra e' ottenuta mediante diversita' di polarizzazione in trasmissione, e in cui la diversita' di polarizzazione e' ottenuta in modo tale da originare un allargamento dello spettro alquanto ridotto rispetto ai sistemi a commutazione di polarizzazione, consentendo pero' ancora di recuperare il 50% della potenza trasmessa.

Detto procedimento per la trasmissione di segnali numerici su fibra ottica monomodo, in cui segnali numerici modulano una portante ottica, e' caratterizzato dal fatto che, prima dell'invio della portante modulata nella fibra, si fa variare in modo continuo, durante almeno un tempo di simbolo, lo stato di polarizzazione della portante modulata, in modo da distribuire su una gamma continua di stati di polarizzazione la potenza associata a ciascun simbolo trasmesso.

Una variazione continua dello stato di polarizzazione in trasmissione consente di ottenere, in ricezione, un segnale elettrico a frequenza intermedia continuo, mentre la commutazione tra due stati discreti da' un segnale a frequenza intermedia discontinuo: sono noti dalla teoria delle comunicazioni i vantaggi, in termini di

caratteristiche spettrali, presentati da un segnale continuo rispetto a un segnale discontinuo.

Secondo un primo aspetto dell'invenzione, detta variazione e' tale che il vettore rappresentativo dello stato di polarizzazione del campo elettromagnetico sulla sfera di Poincare' compia nel tempo di simbolo un giro completo su un cerchio massimo della sfera stessa. La rotazione del vettore avviene con velocita' angolare costante o, in altri termini, l'incremento dell'angolo avviene con legge lineare rispetto al tempo.

In un secondo aspetto dell'invenzione, la variazione dello stato di polarizzazione del campo elettromagnetico e' tale che il vettore rappresentativo dello stato di polarizzazione sulla sfera di Poincare' si sposti su un cerchio massimo di tale sfera descrivendo un angolo che varia con il tempo secondo una funzione sinusoidale di periodo pari al tempo di simbolo, l'ampiezza complessiva dello spostamento essendo pari a un angolo 2π tale che $J_0(\tau)=0$, dove J_0 e' la funzione di Bessel di ordine 0.

La condizione suddetta si trova imponendo che nel tempo di simbolo l'energia ricevuta sia indipendente dalle trasformazioni indotte dalla fibra e pari a meta' dell'energia che arriva al ricevitore.

E' anche oggetto dell'invenzione un sistema di comunicazione ottica coerente utilizzando come mezzo di trasmissione una fibra ottica monomodo, in cui, in trasmissione, sono previsti mezzi per generare una portante ottica modulata da un segnale di informazione

numerico, e mezzi per modulare lo stato di polarizzazione della portante modulata, caratterizzato dal fatto che detti mezzi di modulazione sono atti a far variare detto stato di polarizzazione in modo continuo, durante un tempo di simbolo, in modo da distribuire su differenti stati di polarizzazione la potenza associata a ciascun simbolo trasmesso.

A maggior chiarimento si fa riferimento ai disegni allegati, che illustrano una forma preferita di realizzazione dell'invenzione data a titolo di esempio non limitativo e in cui:

- la fig. 1 e' una rappresentazione schematica di una forma preferita di realizzazione di un sistema di comunicazione coerente che utilizza l'invenzione;
- la fig. 2 e' una rappresentazione dello spettro di potenza dei segnali a frequenza intermedia nel ricevitore di un sistema noto;
- le figure 3, 4 sono rappresentazioni simili a quella di fig. 2, relative ai due aspetti dell'invenzione.

Nel disegno, le linee a tratto sottile rappresentano i collegamenti in fibra ottica, quelle a tratto doppio i collegamenti in guida ottica integrata e quelle a tratto spesso i collegamenti elettrici.

Come si vede in fig. 1, un sistema di trasmissione coerente in fibra ottica comprende una sorgente 1 che emette una portante ottica che viene modulata, in un modulatore 2, dal segnale numerico di informazione IN. In alternativa e' possibile che la sorgente 1 della portante ottica venga modulata direttamente, senza l'intervento di un

modulatore esterno, come accade ad esempio nei sistemi ottici di trasmissione funzionanti secondo lo schema di modulazione FSK. Il tipo di modulazione non ha comunque alcun interesse ai fini della presente invenzione. La portante ottica modulata e' quindi fornita a un dispositivo 3 che, in ogni tempo di simbolo, fa variare con continuita' lo stato di polarizzazione della portante modulata nel modo che sara' descritto in seguito, utilizzando un segnale elettrico fornito da un generatore 13. Il segnale modulato anche in polarizzazione viene poi inviato nella linea di trasmissione 4, costituita da una convenzionale fibra ottica monomodo. Nel ricevitore, il segnale proveniente dalla fibra 4 viene combinato in un accoppiatore 5 con il segnale emesso da un oscillatore locale 6 e il segnale di uscita dell'accoppiatore viene convertito dal rivelatore 7 nel segnale elettrico a frequenza intermedia. Il rivelatore 7 e' poi seguito dai convenzionali circuiti di trattamento del segnale elettrico, in particolare un amplificatore e un filtro a frequenza intermedia 8, 9 e un demodulatore 10.

Il dispositivo 3 puo' avere sostanzialmente la struttura descritta nell'articolo citato per il commutatore di polarizzazione. Esso comprendera' quindi un accoppiatore 11, atto a ripartire la potenza associata alla portante modulata in parti sostanzialmente uguali tra due rami 11a, 11b. L'insieme degli elementi 11, 11a, 11b e' vantaggiosamente realizzato come un componente integrato. Lungo uno dei due rami, p. es. il ramo 11a, e' disposto un modulatore di fase 12 pilotato dal generatore di tensione 13 e atto a generare una

9

modulazione direttamente proporzionale alla tensione applicata. Anche il modulatore 12 puo' essere un componente integrato. Il segnale uscente dal modulatore 12 e il segnale inviato lungo il ramo 11b sono poi inviati in rispettivi spezzoni di fibra a mantenimento di polarizzazione 14a, 14b, di cui lo spezzone 14b e' montato su un supporto (non rappresentato) che permette di ruotarne la parte terminale di 90° , come schematizzato dalla freccia F, in modo da rendere il complesso 3 atto ad effettuare una modulazione di polarizzazione. I due spezzoni di fibra ottica terminano poi su un accoppiatore 15 selettivo nei confronti della polarizzazione (p. es. un separatore polarizzante di fascio) che trasferisce nella fibra 4 la potenza ottica presente nei due rami del dispositivo 3.

Puo' essere dimostrato che l'applicazione di una modulazione di fase sul ramo 11a tramite il modulatore di fase 12 pari ad un angolo α , induce una rotazione di un angolo 2α , su di un cerchio massimo della sfera di Poincare' del vettore rappresentativo dello stato di polarizzazione del campo uscente dal dispositivo 3. Pertanto, per realizzare il primo aspetto del procedimento secondo l'invenzione, sul ramo 11a si puo' applicare una modulazione di fase con legge lineare rispetto al tempo e pari a 180° nel tempo di simbolo, inducendo quindi una rotazione completa (360°) del vettore rappresentativo dello stato di polarizzazione. Con la convenzione comunemente adottata, che l'equatore della sfera di Poincare' sia il luogo delle polarizzazioni lineari e che i poli rappresentino le polarizzazioni circolari, con la soluzione descritta il vettore

rappresentativo dello stato di polarizzazione in trasmissione si muove lungo un meridiano.

La fase α può essere riportata al valore iniziale a ogni tempo di simbolo. Ciò comporta però un salto di fase di π del campo elettromagnetico, il che provoca un certo allargamento aggiuntivo dello spettro. Preferibilmente pertanto si fa sì che la fase α subisca una variazione complessiva di 360° in due tempi di simbolo consecutivi, cosicché il ritorno rapido al valore iniziale 0° non produce idealmente discontinuità di fase nel campo. L'incremento di α nel secondo tempo di simbolo, da 180° a 360° , induce un ulteriore giro completo del vettore rappresentativo dello stato di polarizzazione sul medesimo cerchio massimo della sfera di Poincaré, e nello stesso verso di rotazione. Pertanto anche questo metodo realizza il primo aspetto dell'invenzione.

Dal momento che il modulatore 12 induce una modulazione di fase α direttamente proporzionale alla tensione applicata, quando si realizza il primo aspetto dell'invenzione il generatore 13 può essere un generatore di una tensione a dente di sega, avente periodo pari al tempo di simbolo o preferibilmente pari al doppio di tale tempo, per le ragioni dette sopra. L'ampiezza del dente nei due casi sarà tale da provocare una variazione di fase α di 180° o rispettivamente 360° .

In alternativa, allo scopo di realizzare il secondo aspetto dell'invenzione, il generatore 13 può fornire una tensione sinusoidale, di periodo pari al tempo di simbolo e ampiezza tale che la differenza di fase α picco-picco sia uguale all'angolo τ (2,4048

radianti c.a) che rende nulla la funzione di Bessel d'ordine 0 $J_0(\tau)$, dove τ e' espresso in radianti.

Nel disegno, per semplicita', non si sono rappresentati i mezzi necessari per agganciare la temporizzazione del modulatore di fase a quella dei segnali di informazione.

Nelle figure 2, 3, 4 e' rappresentata la parte continua degli spettri del segnale a frequenza intermedia nel caso di un sistema a commutazione di polarizzazione come quello descritto dell'articolo citato (fig. 2) e di un sistema secondo l'invenzione, rispettivamente nel suo primo e secondo aspetto (figure 3, 4). Le funzioni di cui gli spettri sono la rappresentazione grafica sono ottenute applicando le normali tecniche di analisi spettrale al segnale a frequenza intermedia, supponendo che la modulazione a cui e' sottoposta la portante ottica nel modulatore 2 sia una modulazione ASK, che l'oscillatore locale 6 emetta una radiazione con polarizzazione lineare e che l'effetto della fibra sullo stato di polarizzazione del campo elettromagnetico lanciato nella fibra possa essere rappresentato da una cosiddetta matrice di Jones di birifrangenza.

Nelle figure 2 - 4 in ordinata e' riportata la potenza in dB, in ascissa la larghezza di banda, mentre le ascisse sono espresse in multipli della frequenza di simbolo, l'ascissa 0 corrispondendo alla frequenza intermedia. Il confronto tra gli spettri indica chiaramente il miglioramento ottenuto con l'impiego dell'invenzione. Infatti, nel caso della commutazione di polarizzazione (fig. 2), se si vuole sfruttare almeno la potenza associata ai due lobi principali, la banda

necessaria e' pari complessivamente a una decina di volte la frequenza di simbolo; inoltre vi e' un decadimento molto lento dei lobi secondari. Utilizzando il primo aspetto dell'invenzione (fig. 3) la maggior parte della potenza e' concentrata in una banda ridotta a circa 3 volte la frequenza di simbolo e il livello dei lobi secondari risulta inferiore rispetto al caso della commutazione di polarizzazione. Infine, utilizzando il secondo aspetto dell'invenzione (fig. 4), i lobi principali hanno una larghezza complessiva leggermente maggiore del caso precedente (circa 4 volte la frequenza di simbolo invece di 3), ma i lobi secondari sono molto meno rilevanti.

E' evidente che quanto descritto e' dato unicamente a titolo di esempio non limitativo e che varianti e modifiche sono possibili senza uscire dal campo di protezione dell'invenzione. Per esempio, invece del singolo modulatore di fase 12 sul ramo 11a, si potrebbero avere due modulatori, uno per ramo, che generano variazioni di fase uguali ed opposte, oppure si potrebbero impiegare due modulatori di ampiezza, uno per ramo, ecc.; in quest'ultimo caso, il vettore rappresentativo dello stato di polarizzazione descrivera' l'equatore della sfera di Poincare'. Va tuttavia precisato che la soluzione descritta e' la piu' semplice da implementare allo stato attuale della tecnologia.

Rivendicazioni

1. Procedimento per la trasmissione di segnali numerici su una fibra ottica monomodo, in cui detti segnali numerici modulano una

necessaria e' pari complessivamente a una decina di volte la frequenza di simbolo; inoltre vi e' un decadimento molto lento dei lobi secondari. Utilizzando il primo aspetto dell'invenzione (fig. 3) la maggior parte della potenza e' concentrata in una banda ridotta a circa 3 volte la frequenza di simbolo e il livello dei lobi secondari risulta inferiore rispetto al caso della commutazione di polarizzazione. Infine, utilizzando il secondo aspetto dell'invenzione (fig. 4), i lobi principali hanno una larghezza complessiva leggermente maggiore del caso precedente (circa 4 volte la frequenza di simbolo invece di 3), ma i lobi secondari sono molto meno rilevanti.

E' evidente che quanto descritto e' dato unicamente a titolo di esempio non limitativo e che varianti e modifiche sono possibili senza uscire dal campo di protezione dell'invenzione. Per esempio, invece del singolo modulatore di fase 12 sul ramo 11a, si potrebbero avere due modulatori, uno per ramo, che generano variazioni di fase uguali ed opposte, oppure si potrebbero impiegare due modulatori di ampiezza, uno per ramo, ecc.; in quest'ultimo caso, il vettore rappresentativo dello stato di polarizzazione descrivera' l'equatore della sfera di Poincare'. Va tuttavia precisato che la soluzione descritta e' la piu' semplice da implementare allo stato attuale della tecnologia.

Rivendicazioni

1. Procedimento per la trasmissione di segnali numerici su una fibra ottica monomodo, in cui detti segnali numerici modulano una

- portante ottica, caratterizzato dal fatto che, prima dell'invio della portante modulata nella fibra, si fa variare in modo continuo, durante almeno un tempo di simbolo, lo stato di polarizzazione della portante modulata, in modo da distribuire su una gamma continua di stati di polarizzazione la potenza associata a ciascun simbolo trasmesso.
2. Procedimento secondo la riv. 1, caratterizzato dal fatto che detta variazione dello stato di polarizzazione e' tale che il vettore rappresentativo dello stato di polarizzazione del campo elettromagnetico sulla sfera di Poincare' compia nel tempo di simbolo un giro completo (360°) su un cerchio massimo della sfera stessa.
 3. Procedimento secondo la riv. 2, caratterizzato dal fatto che detta rotazione del vettore rappresentativo dello stato di polarizzazione del campo elettromagnetico avviene con velocita' angolare costante.
 4. Procedimento secondo la riv. 1, caratterizzato dal fatto che detta variazione dello stato di polarizzazione e' tale che il vettore rappresentativo dello stato di polarizzazione del campo elettromagnetico sulla sfera di Poincare' si sposti su un cerchio massimo di tale sfera descrivendo un angolo che varia con il tempo secondo una funzione sinusoidale di periodo pari al tempo di simbolo, l'ampiezza complessiva dello spostamento essendo pari a un angolo (2τ) tale che $J_0(\tau)=0$, dove J_0 e' la funzione di Bessel di ordine 0.

5. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la potenza associata a detta portante modulata, prima della trasmissione sulla fibra (4), e' distribuita tra due percorsi differenti (11a, 12, 14a; 11b, 14b) che si ricombinano all'imbocco della fibra (4) e in cui si fa variare lo stato di polarizzazione della portante modulata lungo almeno uno di tali percorsi, caratterizzato dal fatto che detta variazione e' ottenuta mediante una modulazione di fase.
6. Sistema di comunicazione ottica coerente utilizzante come mezzo di trasmissione una fibra ottica monomodo (4), in cui, in trasmissione, sono previsti mezzi (1, 2) per generare una portante ottica modulata con un segnale di informazione numerico (IN) e mezzi (3) per modulare lo stato di polarizzazione della portante modulata, caratterizzato dal fatto che detti mezzi di modulazione (3) sono atti a far variare detto stato di polarizzazione in modo continuo, durante almeno un tempo di simbolo, in modo da distribuire su differenti stati di polarizzazione la potenza associata a ciascun simbolo trasmesso.
7. Sistema secondo la riv. 6, comprendente un accoppiatore (11) per ripartire la potenza associata a detta portante modulata, prima della trasmissione sulla fibra (4), tra due percorsi differenti (11a, 12, 14a; 11b, 14b) che si ricombinano all'imbocco della fibra (4) e lungo almeno uno dei quali e' inserito un modulatore (12) della fase di detta portante, caratterizzato dal fatto che detto modulatore (12) e' pilotato da un generatore (13) di un

segnale elettrico a dente di sega, di periodo pari a un tempo di simbolo ed ampiezza tale da indurre una modulazione di fase picco-picco di 180 gradi.

8. Sistema secondo la riv. 6, comprendente un accoppiatore (11) per ripartire la potenza associata a detta portante modulata, prima della trasmissione sulla fibra (4), tra due percorsi differenti (11a, 12, 14a; 11b, 14b) che si ricombinano all'imbocco della fibra (4) e lungo almeno uno dei quali e' inserito un modulatore (12) della fase di detta portante, caratterizzato dal fatto che detto modulatore (12) e' pilotato da un generatore (13) di un segnale elettrico a dente di sega, di periodo pari a due tempi di simbolo ed ampiezza tale da indurre una modulazione di fase picco-picco di 360 gradi.
9. Sistema secondo la riv. 6, comprendente un accoppiatore (11) per ripartire la potenza associata a detta portante modulata, prima della trasmissione sulla fibra, tra due percorsi differenti (11a, 12, 14a; 11b, 14b) che si ricombinano all'imbocco della fibra (4) e lungo almeno uno dei quali e' inserito un modulatore (12) della fase di detta portante, caratterizzato dal fatto che detto modulatore (3) e' pilotato da un generatore (13) di un segnale elettrico sinusoidale di periodo pari a un tempo di simbolo e ampiezza tale che la differenza di fase picco-picco indotta dal modulatore di fase 12 sul ramo (11a) sia pari a τ , essendo τ l'angolo, espresso in radianti, per cui si annulla la funzione di Bessel di ordine 0 $J_0(\tau)$.

C S E L T
Centro Studi e Laboratori
Telecomunicazioni s.p.a.



16.

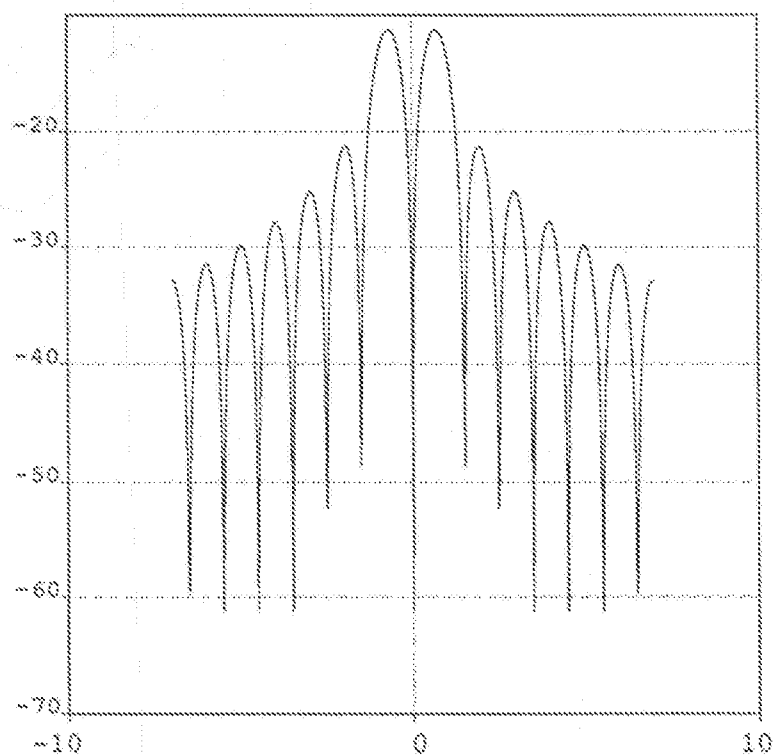


FIG. 3

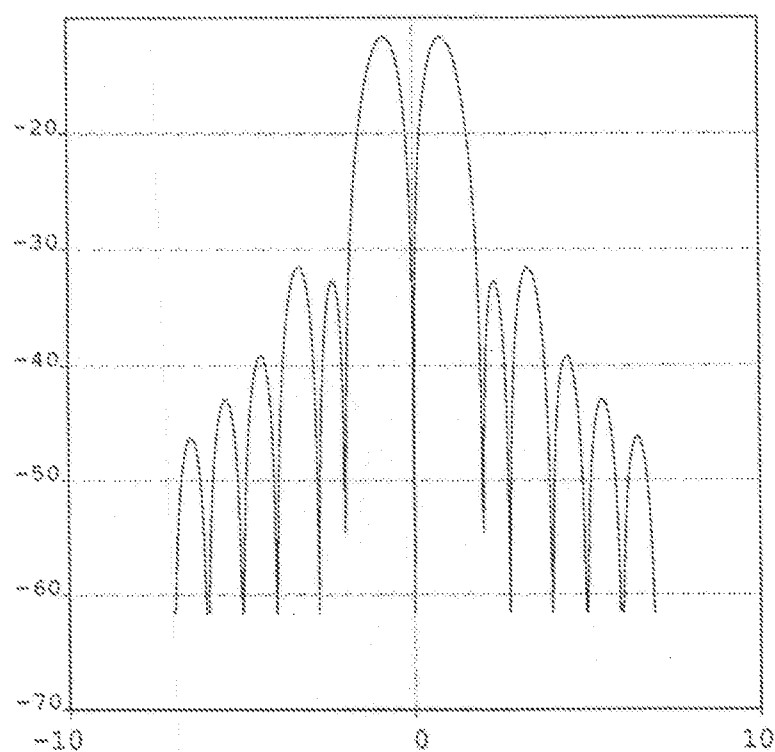


FIG. 4