

HamWeb - Antenne: la polarizzazione

Questa volta trattiamo un argomento un po' particolare, e forse meno discusso degli altri: la polarizzazione. Chi più, chi meno, tutti i radioamatori conoscono gli effetti pratici delle diverse modalità di polarizzazione; nonostante questo, faremo una breve panoramica sull'argomento a beneficio di coloro che non ne siano al corrente.

Polarizzazione di un campo elettromagnetico

Un'onda radio, ossia un campo elettromagnetico, coerente, è formata da un campo elettrico ed un campo magnetico, che oscillano nel tempo alla stessa frequenza, e si propagano indissolubilmente uniti; in effetti, dal punto di vista fisico formano un'unica realtà inscindibile, che si manifesta come onda o come fascio di corpuscoli (fotoni), secondo i diversi punti di vista dai quali lo si osserva.

Nello studio di un campo elettromagnetico (EM), si devono quindi considerare varie direzioni distinte:

- o) la direzione delle linee di forza del campo elettrico;
- o) la direzione delle linee di forza del campo magnetico;
- o) la direzione di propagazione del fronte d'onda;
- o) la direzione di propagazione dell'energia associata all'onda.

Secondo le particolari situazioni, queste direzioni sono legate tra loro da particolari rapporti; ad esempio, ogni volta che il mezzo in cui l'onda si propaga sia isotropo (cioè presenti le stesse caratteristiche in ogni direzione), la direzione del fronte d'onda e la direzione dell'energia coincidono, mentre questo può non essere più vero in mezzi particolari (ad esempio, nella rifrazione conica, il fronte d'onda e la direzione dell'energia formano un angolo costante). Analogamente, di norma, le linee del campo elettrico e le linee del campo magnetico sono perpendicolari tra di loro. Quindi, nelle situazioni ordinarie, ci semplifichiamo la vita e supponiamo che queste due ipotesi siano sempre vere.

Non è invece possibile supporre, in generale, che le linee dei campi elettrico e magnetico stiano in particolare relazione con la direzione di propagazione; solo in alcuni casi speciali, si verifica una situazione particolarmente favorevole, nella quale il campo elettrico, il campo magnetico e la direzione di propagazione sono tutti e tre perpendicolari tra di loro: in questi casi si parla di propagazione TEM (trasversa elettrica e magnetica). Questi casi speciali sono però piuttosto frequenti da riscontrare nella realtà; infatti, le situazioni tipiche di propagazione TEM sono:

- onde EM piane nello spazio libero;
- onde EM in un cavo coassiale, al di sotto di una certa frequenza critica (che dipende dalle dimensioni e dal tipo di dielettrico del cavo stesso);
- onde EM intorno ad una linea bifilare rettilinea (se fa la curva, casca l'asino!);
- altri casi vari ed eventuali (ma mi pare che basti...!).

Per vari motivi, che vedremo fra poco, fa comodo sapere in che direzioni sono orientati i campi, e fa comodo dirlo in breve... perciò definiamo *polarizzazione* dell'onda EM la direzione del suo campo elettrico; e, direte voi, perché non quello magnetico? Boh! E' una definizione, la prendiamo così com'è... :-)

Da notare che, in natura, un'onda può variare la propria direzione di polarizzazione nel tempo, per vari motivi su cui per ora non indagiamo, oppure può essere composta da una somma di onde polarizzate in vari modi, od anche entrambe le cose insieme; diremo che un'onda è polarizzata se la sua polarizzazione è definita e costante, altrimenti diremo che non è polarizzata. Alcuni mezzi (l'atmosfera, gli occhiali Polaroid, ...) hanno la proprietà di riflettere o far passare solo onde ad una certa polarizzazione; mentre altri mezzi (la ionosfera, le ferriti magnetizzate, ...) sono capaci di ruotare il piano di polarizzazione dell'onda (rotazione di Faraday); quest'ultimo fenomeno è particolarmente importante per le telecomunicazioni spaziali o via riflessione ionosferica.

Riflessione delle onde polarizzate

Perché ci interessa sapere come sia polarizzata un'onda? Quando essa incide su un piano conduttore (uno specchio, insomma!) succede, in soldoni, che il campo elettrico parallelo al conduttore viene cortocircuitato, mentre quello perpendicolare al conduttore no; perciò la riflessione è diversa: il primo tipo di polarizzazione viene riflesso con polarizzazione invertita, mentre il secondo no.

Se sullo specchio arriva un'onda con polarizzazione né parallela né perpendicolare, questa si scinde in due componenti, appunto una parallela ed una perpendicolare, che vengono riflesse ciascuna a proprio modo, ricomponendosi dopo la riflessione per dare una nuova onda polarizzata ad un angolo speculare (ma no?!) rispetto a quella incidente rispetto allo specchio. Se però lo specchio non è un conduttore perfetto, si mangia una parte dell'energia delle onde; e chi ne esce peggio è la componente parallela, in quanto dà origine a maggiore dissipazione nello specchio.

Ma dove stanno tutti questi specchi? Quelli che ci interessano di più sono due: il terreno (od il mare), sopra il quale l'onda si propaga, ed il cielo (in particolare, gli strati ionizzati) sotto i quali viaggia.

Da quello che abbiamo visto, possiamo subito dedurre un'importante conseguenza: se per un collegamento devo usare un'onda che viaggia sopra il terreno dall'antenna trasmittente a quella ricevente, le componenti a polarizzazione verticale di quest'onda saranno attenuate *molto* meno di quelle a propagazione orizzontale. Ecco perché in generale una Yagi-Uda posta in verticale va molto meglio, per i collegamenti locali, di una Yagi-Uda uguale ma posta orizzontalmente.

Al contrario la ionosfera, per motivi suoi dei quali per ora non ci impicciamo, riflette meglio le onde polarizzate orizzontalmente, ed ecco perché il DX viene meglio con la Yagi-Uda posta in orizzontale, che è come di solito viene installata: siamo tutti fanatici del DX... :-)))

Però c'è anche da dire che un'onda EM che arriva alla ionosfera con una certa polarizzazione, a causa dell'effetto Faraday ne esce spesso con una completamente diversa, per cui a volte il DX si riceve meglio con una verticale.

Polarizzazione circolare

Un caso particolare di polarizzazione variabile si ha quando l'onda è composta dalla somma di due campi di uguale ampiezza e perpendicolari (nel senso che tali siano le componenti di campo elettrico), le cui oscillazioni siano sfasate di un quarto di periodo (ovvero 90 gradi); in questo caso, la somma dei campi dà un campo rotante, la cui intensità resta sempre la stessa, mentre la direzione percorre una rotazione circolare destrorsa o sinistrorsa secondo i rapporti di fase (e da che parte la si guarda!).

Questo fenomeno, che è ampiamente utilizzato nella realizzazione di motori elettrici, è molto utilizzato anche nelle telecomunicazioni, in quanto le onde polarizzate circolarmente presentano alcune interessanti caratteristiche, tra le quali il fatto che la natura della polarizzazione non viene alterata dall'attraversamento della ionosfera, per cui vanno molto bene per le comunicazioni via satellite, ed ancora il fatto che le caratteristiche di attenuazione possono essere migliori in certe situazioni (ad esempio, pioggia, neve e simili).

Polarizzazione dell'antenna

Ma come si fa a sapere quale polarizzazione viene assegnata al campo, magari senza leggere le istruzioni dell'antenna? La risposta in realtà è abbastanza semplice. Il dipolo, che è l'elemento base di tutte le antenne di tipo filare (comprese quelle fatte con i tubi, che sempre fili sono...), produce un campo EM la cui componente elettrica ha linee di forza parallele al dipolo stesso (per inciso, questo è un ottimo motivo per tenerlo ben teso), e quindi parallele anche al terreno, se il dipolo è steso orizzontalmente, perpendicolari se è disposto verticalmente; fate poi voi se è disposto inclinato... :-)

Se associamo più elementi posti nella stessa direzione, le linee di campo si sommano vettorialmente (il che significa che si rafforzano in certi punti e/o direzioni, e si indeboliscono in altri) ma la loro direzione resta sempre la stessa. Perciò un'antenna formata di dipoli, e loro combinazioni realizzate con direzioni tutte parallele tra loro, produce un campo EM polarizzato lungo la direzione dei dipoli; si potrà quindi avere la polarizzazione desiderata semplicemente disponendo opportunamente le antenne.

Per ottenere la polarizzazione circolare è invece necessario usare due antenne poste perpendicolarmente ed alimentate in quadratura mediante uno speciale apposito "dispositivo sfasatore a radiofrequenza", che sarebbe poi un pezzaccio di cavo lungo un quarto d'onda, ma preciso, eh! :-)

Ricezione di un segnale polarizzato

Il segnale che giunge ad un'antenna viene utilmente captato da questa solo se la polarizzazione del campo e quella dell'onda sono uguali; via via che le direzioni si discostano, il segnale diventa sempre più debole, fino alla situazione limite in cui le polarizzazioni sono ortogonali tra loro ed il segnale restituito è teoricamente nullo (ma in pratica c'è sempre qualcosa, a causa delle riflessioni generate dagli oggetti circostanti).

Nel vuoto, e quindi in assenza di riflessioni da oggetti circostanti, un segnale irradiato da un'antenna a polarizzazione orizzontale non verrebbe captato da un'antenna a polarizzazione verticale! Per questo motivo spesso, nella ricezione di segnali da satelliti, per i quali non è possibile conoscere a priori lo stato di polarizzazione, si usano antenne riceventi a polarizzazione circolare, che sono in grado di ricevere correttamente (ma con 3 dB di guadagno in meno) sia segnali a polarizzazione orizzontale che a polarizzazione verticale.

