

## Kapitola 2: Šíření elektromagnetických vln

### Úvod

Při studiu dynamických elektromagnetických polí většinou začínáme u šíření vln v neomezeném homogenním prostředí, u něhož se předpokládá **linearita** a **izotropnost**. Za této situace se totiž prostředím šíří jediná vlna, která může být nejlépe tlumena v případě ztrátovosti tohoto prostředí.

Vlny, šířící se neomezeným homogenním prostředím, můžeme rozdělit z hlediska tvaru **vlnoplochy** na vlny rovinné, válcové a kulové.

S rovinnou vlnou se můžeme setkat ve velké vzdálenosti od vysílací antény. Matematicky je šíření této vlny popsáno skalární diferenciální rovnicí v **kartézském souřadném systému**.

Válcová vlna se šíří radiálně od nekonečně dlouhého přímého drátového vodiče, protékajícího vysokofrekvenčním proudem. Matematicky šíření této vlny popisujeme skalární diferenciální rovnicí ve válcovém souřadném systému.

Kulová vlna se šíří radiálně od bodového zářiče. Matematicky musíme šíření této vlny popsat vektorovou diferenciální rovnicí ve sférických souřadnicích.

Šíření výše uvedených vln se dá relativně snadno pochopit a představit. Rovněž matematický aparát, který k popisu šíření těchto vln používáme, je relativně srozumitelný, a navíc vede na výsledné vztahy v uzavřeném tvaru (tj. na relativně jednoduché vzorce, které můžeme snadno použít k praktickým výpočtům). Proto se touto problematikou v rámci naší elektronické učebnice nebudeme zabývat.

Teoretický popis šíření elektromagnetických vln v homogenním prostředí čtenář nalezne v [1] a [2], praktické vztahy pro řešení konkrétních úloh a ilustrační příklady jsou k dispozici v [3].

Zkoumání šíření elektromagnetických vln se výrazně zkomplikuje v případech, kdy se v prostředí objeví nějaká překážka, nehomogenita. Na nehomogenitě může totiž docházet k **odrazu vlny**, k **rozptylu vlny** nebo k **difrakci**. Odražené (rozptýlené, difrakční) vlny se skládají s vlnami přímými, dopadajícími na nehomogenitu. V okolí nehomogenity nalezeme místa s větší intenzitou pole, nežli tomu bylo bez přítomnosti překážky (*přímá* a *sekundární* vlna se zde potkávají se stejnou fází). Dále můžeme v okolí nehomogenity nalézt místa s intenzitou velmi nízkou (*přímá* a *sekundární* vlna se zde potkávají s fází opačnou).

Ve srovnání s případem homogenního prostředí je výpočet šíření elektromagnetických vln v prostředí nehomogenním mnohem komplikovanější, je mnohem náročnější na matematický popis a mnohem složitější na představu. Proto se tomuto případu budeme hlouběji věnovat.

V nehomogenním prostředí se mění jeho elektrické a magnetické parametry (permitivita, měrná vodivost, permeabilita) od místa k místu. Změna parametrů může být spojitá nebo nespojitá.

Ke změně parametrů skokem dochází na povrchu těles, tedy v prostředí, v němž se vyskytují vodivá nebo dielektrická (případně feromagnetická) tělesa. Při šíření elektromagnetických vln v terénu jsou to např. budovy, stromy, kopce, ale také třeba dopravní prostředky, lidé nebo vodní kapky. V naší učebnici začneme difrakci zkoumat při dopadu vlnění na tenkou rovinnou přepážku, která vlnění ani nepropouští ani neodráží. Jedná se o tzv. **Fresnelovu difrakci** a popisujeme ji v **části 2.1**.

V praxi ovšem potřebujeme počítat difrakci vlnění na realističtějších objektech nežli na tenké rovinné přepážce. Řešení těchto problémů se věnuje tzv. **obecná teorie difrakce**. O jak komplikovanou záležitost se jedná, ukazujeme v **části 2.2**, v níž je popsána difrakce na nekonečně dlouhém dokonale vodivém kruhovém válci.

V další části učebnice, v **části 2.3** se budeme věnovat **geometrické optice**. Geometrická optika je účinná metoda pro řešení vlnových dějů ve složitějších prostředích, která od klasické geometrické optiky převzala představu o šíření vln podél *paprsků*. Na rozdíl od klasické geometrické optiky však můžeme navíc počítat i změny intenzity pole a **polarizaci vln** při šíření prostředím se spojitou změnou parametrů.

Další část učebnice, **část 2.4** je věnována **geometrické teorii difrakce**. Geometrická teorie difrakce (GTD) je rozšířením geometrické optiky prostředí s nespojitými nehomogenitami. Řeší se interakce paprsků s tělesy a zákony geometrické optiky se doplní tak, aby se odstranily zjevné nesprávnosti (nespojité intenzity na hranici odrazu a stínu), ale aby se zachovaly hlavní přednosti geometrické optiky (představa paprsků).

Kapitolu o šíření elektromagnetických vln uzavřeme zkoumáním **vrstevnatých prostředí**, tj. prostředí sestávajících z několika vrstev, lišících se permitivitou (případně permeabilitou) a také svou tloušťkou. Rozhraní mezi nimi jsou obvykle rovinná a navzájem rovnoběžná. Vrstevnaté prostředí je tedy složeno z určitého počtu planoparalelních dielektrických vrstev. Bližší informace jsou uvedeny v **části 2.5**.