**EPM – seznam základních otázek ke zkoušce**

# Lékařské aplikace EM pole – tepelné vs. netepelné účinky.

* Netepelné účinky můžeme definovat jako přímé účinky elektromagnetického pole.
* Tepelné účinky pak jsou účinky vyvolané navýšením teploty v důsledku absorbování energie elektromagnetického pole v biologické tkáni (biologická tkáň má charakter ztrátového dielektrika a při vybuzení a přenosu elektromagnetického pole, např. formou elektromagnetického vlny, bude tato vlna v biologické tkáni silně tlumena).

**Netepelné účinky**

* Netepelné účinky jsou vlastně skutečné (přímé) účinky elektromagneticého pole - tj. při velmi nízké energetické úrovni, kdy nedojde k absorpci většího výkonu a tudíž ani ke zvýšení teploty sledované biologické tkáně. Studiem vlivu elektromagnetického pole na buňku - "in vitro" se zatím neprokázaly škodlivé účinky na enzymy, DNA, buněčnou membránu, ani na jiné části buněk.
* Nicméně všeobecné studie demonstrují určitý vliv elektromagnetických polí na člověka. Nezávislé mezinárodní studie například ukazují na statisticky prokazatelné zrychlení reakční doby uživatele mobilního telefonu v průběhu jeho užívání a tento efekt přetrvává po určitou dobu i po skončení hovoru. Diskutují se i subjektivní potíže, jako je např. pocit větší únavy, pocit zhoršené paměti, atp., je však otázkou, do jaké míry se v těchto případech uplatňuje fobie z elektromagnetického ozáření.

**Tepelné účinky**

* Jsou chápány jako projev nuceně zvýšené teploty při absorpci vyšší úrovně elektromagnetické energie, kdy již dojde k ohřevu biologické tkáně. Takovýchto účinků se využívá u již výše zmíněných variant termoterapie.
* Ve skutečnosti mohou být tyto tepelné účinky doprovázeny i vlastními účinky elektromagnetického pole. Obecně je pak velmi obtížné odděleně vyhodnotit výsledný efekt tepelných a výsledný efekt netepelných účinků.
* V poslední době se pozvolna pojem “tepelných a netepelných účinků” nahrazuje pojmem “účinky na vysoké resp. nízké úrovni EM pole”.

# Lékařské aplikace EM pole – léčba (uvést základní příklady).

Lékařské aplikace mikrovlnné techniky jsou rozvíjeny již od první poloviny 20. století. Šlo o tzv. diatermii, využívanou pro léčbu revmatických onemocnění. Až do současnosti je využívána především termoterapie (léčba teplem), možnosti využití přímého účinku mikrovln jsou zatím ve stadiu výzkumu. Kolem r. 1980 se začala využívat tzv. hypertermie pro léčbu nádorových onemocnění. Od r. 1990 je možno zaznamenat využívání mikrovlnné termoterapie v urologii pro léčbu benigní hyperplásie. V současné době je nejrozsáhleji využívanou metodou termoterapie hypertermická léčba nádorových onemocnění. Ta je na mnoha pracovištích světa považována za významnou potenciační metodu k ostatním modalitám léčby. Proto se v dalším textu zaměříme na diskuzi klinických výsledků hypertermie.

* Mikrovlnná hypertermie (využití v onkologii)
  + Využití pro léčbu nádorových onemocnění. Biologický princip využívá toho, že některé nádorové buňky jsou citlivé na teplotu vyšší než 42 o C, zatímco zdravé buňky zpravidla přežívají zvýšení teploty až do 45 o C. Takže ohřev oblasti nádoru na teploty 42 až 45 o C selektivně ničí nádorové buňky.
* Mikrovlnná diatermie (rehabilitace a fyzikální léčba)
  + Podobně jako u hypertermie i zde léčebný účinek je vyvolán na principu ohřevu biologické tkáně, avšak na teploty nižší - zpravidla jen do 41 o C. Využívá se pro léčbu bolestí u některých revmatických a degenerativních onemocnění a též pro léčbu chronických zánětů rezistentních na antibiotika. Využití je možné např. při kombinované léčbě neplodnosti u žen (tj. aplikace v oblasti gynekologie).
* Mikrovlnná termokoagulace (urologie)
  + Ohřev na teploty vyšší než 45 o C. Jako příklad můžeme uvést u mužů mikrovlnnou léčbu prostaty, která může nahradit komplikovanou operaci.
* Mikrovlnná angioplastika (kardiologie)
  + Je příkladem možnosti využití mikrovlnného zařízení v kardiologii. Metoda využívá kateter zakončený balonkem a doplněný mikrovlnnou antenkou, který se zavede do částečně nebo zcela blokované cévy. Teplo získané mikrovlnnou energií umožňuje bezpečněji odstranit sklerotické pláty usazené na stěnách cév.
* Mikrovlnný skalpel (chirurgie)
  + Při některých chirurgických operacích bývá jedním z problémů ztráta krve pacienta. Konstrukce mikrovlnného skalpelu obsahuje speciální rezonátor, který umožňuje vyzářit energii do operované tkáně. V důsledku absorbce této energie se povrchová vrstva tkáně v řezu ohřívá až vznikne tenká krusta, která snižuje krvácení.
* Rostoucí imlanty (chirurgie)
  + V případech, kdy jsou dětem voperovány náhrady kostí, kloubů nebo umělých prvků některých orgánů dětských pacientů, musí se operace zpravidla jednou nebo i několikrát opakovat, aby se implant vyměnil za větší. Speciální konstrukcí různých typů takovýchto implantů je možné dosáhnout změny rozměrů mikrovlnným impulsem směrovaným do tohoto implantu přímo v těle pacienta
* Další možnosti využití mikrovln v medicíně
  + Kromě již zmíněných léčebných metod může být termoterapeutická souprava v upravené podobě využita i k dalším lékařským účelům, např. :
    - pro rychlejší rozmrazení biologické tkáně po kryogenních operacích
    - podpora diagnostiky nádorů (při působení mikrovlnné energie se jejich teplota zvyšuje rychleji než u zdravé tkáně),
    - jsou zkoumány možnosti využití celotělové termoterapie pro léčbu AIDS, neboť virus HIV je velmi citlivý na zvýšenou teplotu.
  + Jsou zkoumány i některé další možnosti v oblasti diagnostických metod, využívajících základní mikrovlnné snímací principy, zatím se ale rozsáhleji nevyužívají.
  + Obecně bychom mohli do diskutovaného oboru zahrnout i speciální mikrovlnné díly lékařských přístrojů, jejichž celkový léčebný resp. diagnostický princip není založen na mikrovlnné technice (viz např. vlnovodný systém v lineárních urychlovačích pro radioterapii):

# Lékařské aplikace EM pole – diagnostika (uvést základní příklady).

* Mikrovlnné lékařské senzory
  + Různé typy senzorů na mikrovlnné bázi umožňují realizovat snímače pro velmi různorodé aplikace. Na principu Dopplerova efektu lze realizovat mikrovlnné senzory pro měření rychlosti nebo její změny, eventuálně senzory pro zjišťování pohybu v určité oblasti. Jiné typy senzorů umožňují rychlé měření vlhkosti, atp.
* Mikrovlnná diagnostika
  + V technické a lékařské praxi se již delší dobu využívá v diagnostice tzv. tomografie na bázi ionizujícího záření resp. na bázi ultrazvuku. I spektrum mikrovlnných frekvencí je možné považovat za perspektivní pro lékařskou mikrovlnnou diagnostiku. V dalším textu je uveden základní přehled již využívaných metodik (MR) nebo zatím ještě jen rozpracovávaných metod:
  + Magnetická rezonance (MR)
    - Magnetická rezonance je dnes již jednou z nejvýznamnějších lékařských diagnostických metod.
  + Mikrovlnná tomografie
    - Jde o novou diagnostickou metodu, která se ještě v praxi nevyužívá, ale některé světové laboratoře na jejím rozvoji pracují.
    - V technické a lékařské praxi se již delší dobu využívá v diagnostice tzv. tomografie na bázi ionizujícího záření resp. na bázi ultrazvuku. Další z možností, která se ještě v praxi nevyužívá, ale některé laboratoře na jejím rozvoji pracují, je mikrovlnná tomografie.
  + Měření komplexní permitivity biologické tkáně
    - Některé specielní diagnostické problémy bude zřejmě možné řešit na bázi měření komplexní permitivity biologické tkáně v diagnostikované oblasti.
  + THz vlny
    - Horní okraj mikrovlnného pásma tvoří tzv. terahertzové vlny, na které pak navazuje oblast infračerveného záření - mají k nim fyzikálně blízko a mohou být využívány k velmi zajímavým diagnostickým/zobrazovacím aplikacím. Těmto vlnám je v poslední době věnována velká pozornost (program EU “Terahertz Bridge).

Obsah obrázku text

Popis byl vytvořen automaticky

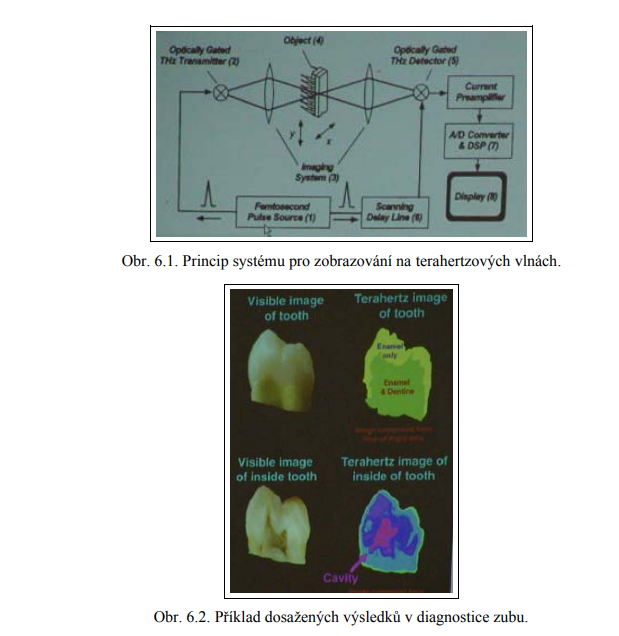
Obsah obrázku text

Popis byl vytvořen automaticky

Obsah obrázku text

Popis byl vytvořen automaticky

Obsah obrázku text, mapa, diagram, snímek obrazovky

Popis byl vytvořen automaticky

Obsah obrázku text

Popis byl vytvořen automaticky

Obsah obrázku tabulka

Popis byl vytvořen automatickyObsah obrázku tabulka

Popis byl vytvořen automaticky

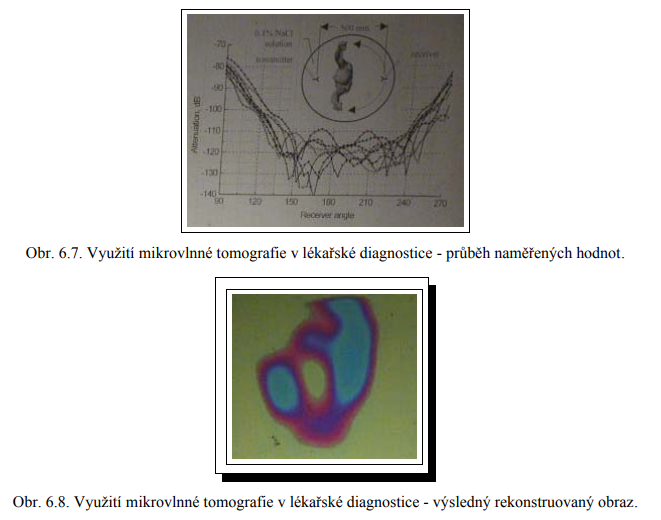
Obsah obrázku diagram

Popis byl vytvořen automaticky

Obsah obrázku text

Popis byl vytvořen automaticky

Obsah obrázku text, snímek obrazovky, diagram

Popis byl vytvořen automaticky

Obsah obrázku text

Popis byl vytvořen automaticky

Obsah obrázku text

Popis byl vytvořen automaticky

# Lékařské aplikace mikrovlnné techniky – součást přístrojů (uvést základní příklady).

**Vlnovody**

* Vlnovod je kovová trubka s libovolným tvarem příčného průřezu, nejčastěji se ale samozřejmě používá vlnovod obdélníkový nebo kruhový, viz obr. 2.2. Trubkové vlnovody patří dnes již ke klasické mikrovlnné technice.
* Vlnovody umožňují přenos elektromagnetické energie formou harmonické vlny až nad tzv. mezním kmitočtem (jde o obvod typu horní propust). Tzv. jednovidý přenos energie ve vlnovodu formou vybraného TE resp. TM vidu se využívá řádově v pásmu od stovek MHz až do stovek GHz. Směrem k nižším kmitočtům by rozměry a váha byly značně velké, čímž se vlnovod stává nepoužitelným pro běžné technické aplikace. Směrem k vyšším kmitočtům pak rozměry vlnovodu budou řádově desetiny milimetru, což je technologicky velmi komplikované. Proto se pro kmitočtová pásma vyšší než 100 GHz používá tzv. nadrozměrných vlnovodů, které přenášejí vyšší vidy.
* Vlnovod nabízí nejmenší ztráty přenášené elektromagnetické energie, možnost přenosu největšího výkonu, mimořádně široké přenášené frekvenční pásmo a zcela potlačené vyzařování přenášené energie do okolního prostoru. Těmito vlastnostmi se stále prosazuje proti všem modernějším typům mikrovlnných vedení.
* Nevýhodou vlnovodné techniky je značně drahá výroba oproti mikrovlnné integrované technologii (např. mikropáskovému vedení), protože svoji podstatou vyžaduje komplikovanou výrobu jednotlivých obvodů. Vlnovodná technika není ideální pro sériovou výrobu, avšak pro své vynikající elektrické parametry (minimální útlum a maximální přenášený výkon) se hodí pro realizaci obvodů pro extrémně náročné aplikace, kde cena není rozhodujícím parametrem.

Obsah obrázku diagram

Popis byl vytvořen automaticky

Je známo, že přenosové vlastnosti mikrovlnných vedení a vlnovodů jsou závislé na frekvenci. V dalším textu však ukážeme, že u vlnovodů je tato závislost mnohem rozsáhlejší. Zatímco u mikrovlnných vedení závisí na frekvenci jen jejich měrný útlum, u vlnovodů závisí na frekvenci všechny uvažované veličiny. Říkáme, že mají disperzní charakter.

… V předchozím textu jsme ukázali, že ve vlnovodu je možné přenášet signál nebo energii pouze formou vlny TE a TM. Vlnovodem nelze přenášet vlnu TEM. To je výsledek matematického modelování elektromagnetického pole uvnitř vlnovodu.

Obdélníkový vlnovod je využíván v kmitočtových pásmech asi od 1 GHz až do frekvencí nad 100 GHz.

Stěny (plášť) vlnovodu musí být z vysoce vodivého materiálu jako např. stříbro, měď, mosaz nebo hliník.

Další typy vlnovodů:

Obsah obrázku diagram

Popis byl vytvořen automaticky

Vlnovody s dielektrickou výplní

Obsah obrázku diagram

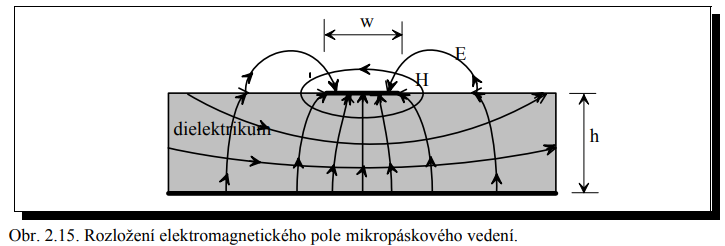
Popis byl vytvořen automaticky

Vlnovodné integrované obvody

* Zavedení mikrovlnných integrovaných obvodů (MIO) do mikrovlnné techniky je jedním z nejvýznamnějších technických pokroků v této oblasti. Umožňují zmenšit rozměry, váhu a příkon a zlepšit spolehlivost mikrovlnných zařízení. Používají se nejen v oblastech tradičních mikrovlnných aplikací, vzhledem k příznivým vlastnostem a nízké ceně se staly přitažlivými i v mnoha netradičních oblastech (např. různé typy senzorů pro průmyslovou výrobu a dopravu, velmi levné komunikační systémy, domácí příjem satelitního vysílání TV a rozhlasových programů, atd.). Existují tři základní typy MIO:
  + monolitické mikrovlnné integrované obvody (MMIO),
  + hybridní mikrovlnné integrované obvody (HMIO), -
  + mikrovlnné integrované obvody s evanescentním videm (EMIO).

**Mikropáskové vedení**

* Mikropáskové vedení je vytvořeno pomocí tenké destičky z nízkoztrátového dielektrika. Tlouštka destičky bývá v rozmezí 0,2 až 1 mm, materiál má relativní permitivitu εr typicky od 2,1 (teflon) do 10 (korund). Spodní plocha této destičky je pokovena po celé ploše, z druhé strany pak jsou vytvořen tenké pásky, s jejichž pomocí vytvoříme buď jednoduché vedení nebo i složitější obvody. Tuto topologii znázorňuje následující obrázek.



* Přítomnost dielektrického substrátu značně komplikuje analýzu mikropáskového vedení. V případě mikropáskového vedení je mezi horním vodičem a zemnící vodivou rovinou soustředěna větší část přenášené energie, menší část je vedena nad dielektrickým substrátem. Z tohoto důvodu mikropáskové vedení nepřenáší čistou TEM vlnu, protože fázová rychlost šíření elektromagnetické vlny v dielektrickém substrátu je různá od rychlosti nad substrátem.

**Mikrovlnné rezonátory**

* Rezonanční obvody jsou využívány pro mnohé aplikace v elektronických obvodech a systémech. Jsou základním prvkem různých typů oscilátorů, laděných zesilovačů, měřičů kmitočtu, filtrů typu pásmová propust nebo zádrž, atd.
* Až do kmitočtů řádově asi 300 MHz bývají rezonanční obvody realizovány pomocí soustředěných kapacit a indukčností. Při vyšších kmitočtech je však již obtížné splnit některé požadavky. Např. to, že rozměry kapacit a indukčností mají být menší než asi 1/16 vlnové délky. Dále je obtížné realizovat jakostní kapacity a indukčnosti, protože obvyklé provedení má již mnoho parazitních prvků. Navíc dochází k vyzařování energie, takže pak nelze dosáhnout dostatečných hodnot činitele jakosti rezonátoru.
* Pro mikrovlnné kmitočtové pásmo je proto třeba využívat při realizaci rezonančních obvodů odlišných principů, než je obvyklé v radiotechnice. Obvykle je třeba využít tzv. technologie obvodů s rozprostřenými parametry. Je výhodné vytvořit rezonátor z úseku vedení resp. z úseku vlnovodu, zakončených impendancí, která dokonale odrazí přenášený výkon. Nebo obecně odraznou plochou v určitém ohraničeném objemu. Je možné určit několik základních skupin mikrovlnných rezonančních obvodů: (rezonátory vytvořené z úseku vedení, dutinové rezonátory (úsek vlnovodu), otevřené rezonátory, dielektrické rezonátory, feritové rezonátory, planární rezonátory, rezonátory vytvořené podkritickým vlnovodem, rezonátory vytvořené soustředěnými prvky.)
* Úhlová rezonanční frekvence:
* Délka vlny v rezonátoru při rezonanci je čtyřnásobkem délky rezonátoru.

Obsah obrázku diagram

Popis byl vytvořen automaticky

Obsah obrázku text

Popis byl vytvořen automaticky

# Interakce EM pole s biologickou tkání.

Jak vyplyne z dalších kapitol těchto skript, základy mikrovlnné techniky jsou odvozeny od teorie elektromagnetického pole, např. vybuzení a vedení elektromagnetických vln pomocí různých typů mikrovlnných vedení a vlnovodů, atp [1]. Mnohé aplikace mikrovlnné techniky, např. průmyslový ohřev a vysoušení, resp. mikrovlnná termoterapie v lékařských aplikacích, využívají mikrovlnného ohřevu, tj. vyzáření vf. energie do oblasti ztrátového dielektrika, kde se tato energie přemění na teplo.

Obsah obrázku stůl

Popis byl vytvořen automaticky

Obsah obrázku stůl

Popis byl vytvořen automaticky

# Biologické účinky EM pole (uvést základní kritéria).

Dle přehledu literatury existuje již několik tisíc prací publikovaných v této oblasti, mnoho z nich má ale dosti spekulativní charakter a výsledky některých studií jsou protichůdné - realizace experimentů tohoto druhu není snadná, zabránit rušivým vlivům je často obtížné až nemožné. Ve skutečnosti absorpce a tedy i účinky jsou výrazně závislé na vlastnostech biologických tkání - zejména na těchto faktorech:

* dielektrických vlastnostech tkáně,
* geometrickém tvaru a rozměrech tkáně,
* trojrozměrném nehomogenním prostorovém rozložení tkání,
* orientaci a polarizaci EM pole,
* kmitočtu EM pole,
* zdroji vyzařování EM pole,
* podmínkách ozáření,
* délce trvání experimentu,
* ozáření trvalé nebo dle časového schématu,
* intenzitě elektrického resp. magnetického pole.

V odborné literatuře bývá zvykem dělit biologické účinky na tepelné a netepelné.

Obsah obrázku text

Popis byl vytvořen automaticky

Obsah obrázku text

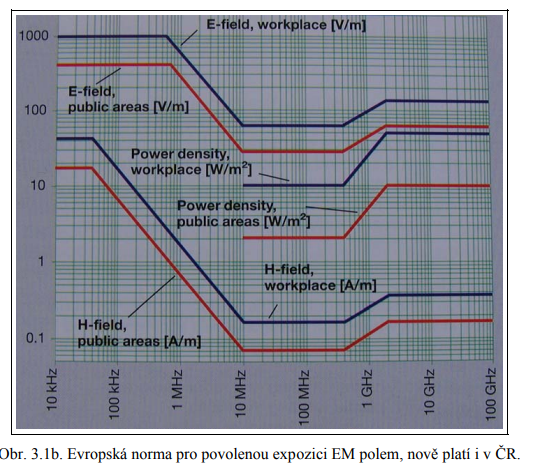
Popis byl vytvořen automaticky

Obsah obrázku text, dopis

Popis byl vytvořen automaticky

Obsah obrázku text

Popis byl vytvořen automaticky



# Technické vybavení (souprava) pro léčbu mikrovlnnou termoterapií.

Pro správné a bezpečné aplikování termoterapie je nutné vytvořit spolehlivé a důkladně prověřené technické zařízení, jehož blokové uspořádání se popisuje v další části této kapitoly. Obr. 4.1. představuje typické blokové uspořádání soupravy pro aplikování lokální resp. regionální termoterapie. Vysokofrekvenční elektromagnetická energie je vedena od výkonového generátoru k aplikátoru mikrovlnným vedením, zpravidla koaxiálem. Absorbováním vyzářené elektromagnetické energie v biologické tkáni před aperturou aplikátoru se vytvoří teplotní rozložení, znázorněné izotermickými křivkami.

Časový průběh teplot v centru a na okrajích sledované oblasti je možné podle potřeby snímat jedním i více teplotními čidly (např. termočlánkovými, termistorovými nebo optickými čidly) napojenými na centrální teploměr. Data z tohoto přístroje čte počítač, který plní funkci univerzální řídící jednotky. Výkon vysokofrekvenčního generátoru je řízen počítačem tak, aby se teplota v léčené oblasti zvýšila na předepsanou hodnotu a ta pak byla udržována po celou plánovanou dobu.

Obsah obrázku diagram

Popis byl vytvořen automaticky

Důležitou součástí termoterapeutické soupravy je měřič rozptýleného výkonu, který umožňuje snímat úroveň vysokofrekvenční energie rozptýlené do okolí soupravy. Hustota tohoto výkonu nemá překročit úroveň stanovenou hygienickou normou.

# Efektivní hloubka hypertermického ohřevu.

Nádorová tkáň se díky charakteru krevního řečiště ohřívá více než tkáň zdravá. Účinek ohřevu je zvyšován vlivem nedostatku výživných látek v kapilárním řečišti nádoru, dále okyselením a nedostakem kyslíku. Průtok krve ve zdravé tkáni se až do 44 o C zvyšuje. U nádorů, jejichž průměr je větší než asi 2 cm, se ale průtok krve při teplotách od 40 o C výše snižuje. Dalšího zvýšení účinku tepelné zátěže na nádorové buňky lze potom dosáhnout medikamentózně.

Podle rozsahu ohřevu a s tím související efektivní teplotou v prohřívaném objemu lidského těla dělíme hypertermii na:

lokální (42 až 45 o C) - regionální (42 až 43 o C) - celotělová (40 až 42 o C)

Obsah obrázku text

Popis byl vytvořen automaticky

Obsah obrázku text

Popis byl vytvořen automaticky

Obsah obrázku diagram

Popis byl vytvořen automaticky

…Z diskutovaného obrázku plyne, že každému průměru apertury odpovídá jistý optimální pracovní kmitočet, na němž aplikátory s touto aperturou dosahují největší hloubky vniku. Je to nápadné zvláště u aplikátorů s průměrem apertury okolo 50 mm a menšími, jejichž optimální pracovní kmitočty jsou zhruba od 915 MHz výše.

# Frekvence vyčleněné pro lékařské účely.

Ionizující záření – 10^15 rentgen 10^18 gama záření 10^21

Neionizující záření – magneticka rezonance desítky až stovky MHz

Mikrovlnná tomografie 0.6 – 1.4 GHz

Electrical impedance tomography – 1 kHz – 1 MHz

# Aplikátory tvořené vlnovodem.

Aplikátor tohoto typu je tvořen úsekem propustného vlnovodu, tzn. buzeného nad mezním kmitočtem fm. Z jedné strany je úsek vlnovodu zkratován a druhou otevřenou stranou je přiložen (tj. navázán) na biologickou tkáň. Elektromagnetická energie vstupuje do aplikátoru zpravidla přes koaxiální vazební strukturu, jejímž úkolem je též vybudit žádaný vlnovodný vid v aplikátoru. Tato úvaha je obecně platná pro aplikátory odvozené z vlnovodů různých průřezů.

Návrh skutečného aplikátoru pak plyne z teorie rezonátorů vytvořených úsekem vedení z jedné strany zkratovaných a z druhé strany zakončených ztrátovou kapacitou, viz obr. 4.9b. Optimální přenos elektromagnetické energie do biologické tkáně nastane při rezonanci popisované struktury, kdy aplikátor plní tyto základní funkce:

a) Zajišťuje požadovanou distribuci energie a tedy i teploty v léčené oblasti.

b) Impedančně přizpůsobuje vysokofrekvenční výkonový generátor vůči tkáni.

c) Minimalizuje energii rozptýlenou do okolí hypertermické soupravy.

d) Minimalizovány interference s ostatními prvky hypertermické soupravy (zejména s termometrií).

# Planární aplikátory.

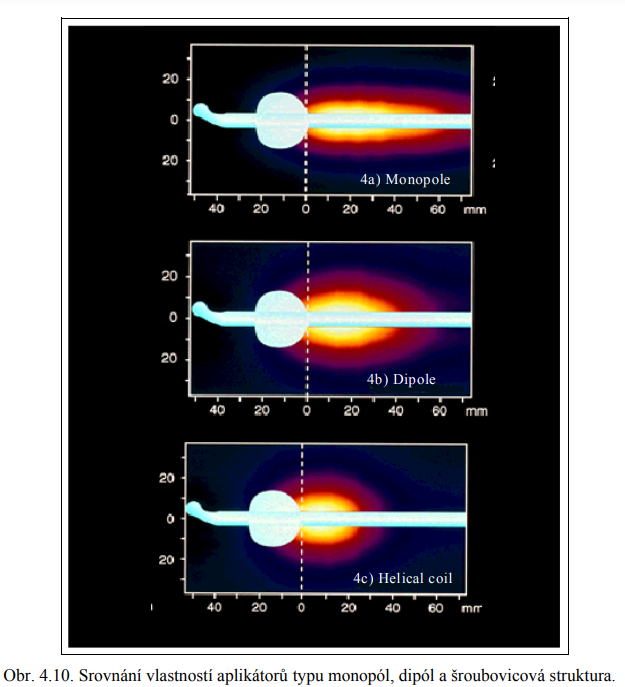
* + pro lokální hypertermii
  + fungují na frekvenci 434 MHz, ohřev tkáně intrakavitálně nebo superficiálně
  + obvykle tvořeny štěrbinovým, mikropáskovým nebo symetrickým mikropáskovým vedením
  + snadná a levná výroba, lze vyrábět z pružných materiálů
  + flexibilnost výhodou v porovnání s rigidními vlnovody – přizpůsobení se povrchu tkáně a lepší přilehnutí

# Aplikátory pro intrakavitární termoterapii.

Oblast, která má být léčena termoterapií, se často nachází na povrchu tělních dutin nebo alespoň v jejich blízkosti. Pak je výhodné umístit mikrovlnný aplikátor přímo do této tělní dutiny. Vyhneme se tím hloubkovému nebo regionálnímu ohřevu, který bývá komplikovanější. Ve funkci intrakavitárních aplikátorů jsou především využívány aplikátory odvozené od koaxiálního vedení (monopól, dipól a šroubovicová struktura). Následující obrázek umožňuje srovnání vlastností aplikátorů typu monopól, dipól a šroubovicová struktura.

# Aplikátory pro regionální termoterapii.

Regionální aplikátory vycházejí obecně z myšlenky, že je pro ohřev rozsáhlejší oblasti lidského těla výhodné vytvořit sbíhavou válcovou (resp. eliptickou) vlnu, nebo aspoň její část. Taková vlna se šíří z povrchu těla směrem dovnitř. Potom je možné při zadaném "poloměru" ohřívané oblasti a jejích dielektrických vlastnostech zvolit vhodný kmitočet generované vlny tak, aby teplota ve tkáni rostla směrem ke středu. Regionální aplikátory mají proto často vnitřní aperturu ve tvaru kruhového nebo eliptického válce. Další možností je apertura vytvořená např. ze 4 vlnovodů, jak je znázorněno na obr. 4.11. V tomto případě jde o princip vyvinutý na univerzitě v Amsterodamu, komerčně dodávaný firmou Lund Instruments pod názvem Lund Variphase.

Obsah obrázku tabulka, diagram

Popis byl vytvořen automaticky

# Vodní bolus – jeho základní funkce.

Vodní bolus je často vložen mezi aperturu aplikátoru a léčenou oblast. Jeho smyslem je oddělit pacienta od někdy velmi vysokých hodnot veličin elektromagnetického pole v blízké zóně - tj. předejít vzniku tzv. horkých míst. Dále též vodní bolus zlepšuje přechod vyzařované elektromagnetické vlny do biologické tkáně - "homogenizuje" oblast mezi aperturou aplikátoru a tkání. Tím se také zvětší i hloubka vniku vlny do tkáně. Též se zvětší vazba mezi pacientem a aplikátorem a klesá hodnota výkonu rozptýleného do okolního prostředí.

# Metody testování aplikátorů pro termoterapii.

* + před použitím na živé tkáni testování na modelech, které dobře aproximují dielektrické vlastnosti jednotlivých tkání (= fantomy)
  + zkoumáme zahřátím 100 W po dobu několika minut a poté sledujeme IR kamerou
  + dělíme podle struktury nebo složení
    - homogenní
      * aproximace vlastností pouze jedné tkáně
      * vodní
        + voda + NaCl
        + agarová želatina = sval
      * suché
        + izolant + keramický/grafitový prášek
        + soudržné, neomezená možnost opakovaného použití, trvanlivost
    - nehomogenní
      * aproximují složitější struktury
    - anatomické fantomy
      * jejich úkolem je dokonalá simulace určité oblasti lidského těla se všemi nehomogenitami
      * vysoká pracnost, příprava i několik měsíců
      * při výrobě vyžadování odborníci s dokonalou znalostí anatomie lidského těla
      * přesná simulace lidského těla, lze na ně použít všechny typy aplikátorů
  + dielektrické vlastnosti
    - hlavní role vodivosti a permitivity (nejvíce ovlivněna frekvencí)
    - při dopadu EM vlny na rozhraní vzduch-fantom se část energie pohltí a zbytek se odrazí
    - biologická tkáň se přitom chová jako ztrátové dielektrikum, kdy tkáň část EM energie absorbuje a přemění jí na teplo
    - dochází k zahřívání v místě ozáření

# Invazivní měření teploty.

* invazivní
  + časový průběh teploty se při klinické aplikaci snímá systémem čidel umístěných na kovové sondě, která se zavádí invazivně pod povrch biologické tkáně do centra a na okraje sledované oblasti
  + při umístění invazivní sondy se nesmí narušit nádorová tkán, zpravidla se zavádí pouze jedna taková sonda
  + často se užívají termočlánky nebo termistory
  + nevýhodou kovových čidel je možná interference s EM polem a vliv vedení tepla kovovými přívody – můžeme je umístit kolmo na siločáry (nedochází k ohřevu ani k interakci s polem)

# Neinvazivní měření teploty.

* + chceme získat informaci i o 3D rozložení teploty v jakémkoli bodu sledované oblasti pod povrchem tkáně, také při zkoumání rozložení teploty ve fantomu
  + nevýhodou nižší rozlišení, obtížné kalibrování, technická složitost a počáteční výše investice
  + optický teploměr
    - činitel odrazu se mění s teplotou
  + ultrazvuková počítačová termografická tomografie
  + nukleární magnetická rezonance
  + mikrovlnná radiometrie
  + mikrovlnný UWB radar
  + mikrovlnná diferenční tomografie

# Interakce EM pole se systémem pro měření teploty.

* udržení požadované hypertermické teploty v nádorové tkáni po stanovenou dobu je hlavním cílem léčby
* na požadovanou teplotu se chceme dostat rychle, abychom zabránili termoregulaci buněk a zefektivnili léčbu
* z důvodu zpětnovazební regulace řídícím počítačem je potřeba aktuální teplotu měřit

# Princip měření teploty mikrovlnným radiometrem resp. IR kamerou.

* + termovizní kamera
    - každé těleso s teplotou vyšší než absolutní nula vysílá EM záření podle Planckova zákona (spektrální hustota intenzity vyzařování je funkcí frekvence a teploty), intenzitu vyzařování můžeme spočítat podle Stefan-Boltzmannova zákona (), maximum se podle Wienova zákona s rostoucí teplotou posouvá ke kratším vlnovým délkám
    - klíčové pro správnou funkci je nastavit správně emisivitu snímaného objektu (vyjadřuje poměr množství záření emitovaného objektem a záření dokonale černého tělesa), se snižující se hodnotou dochází ke zvýšení vlivu odražené energie na stanovení výsledné teploty
    - dále je potřeba dát pozor na vzdálenost od měřeného objektu, musíme dbát na to, aby kamera mohla zaostřit
    - dále je nutné brát v potaz atmosféru, která není v celém IR pásmu propustná, a relativní vlhkost vzduchu a teplotu prostředí

# Klinické využití diatermie (uvést základní příklady).

Mikrovlnná diatermie (využití při rehabilitacích a fyzikální léčbě)

Podobně jako u hypertermie i zde léčebný účinek je vyvolán na principu ohřevu biologické tkáně, avšak na teploty nižší - zpravidla jen do 41 o C. Využívá se pro léčbu bolestí u některých revmatických a degenerativních onemocnění a též pro léčbu chronických zánětů rezistentních na antibiotika. Využití je možné např. při kombinované léčbě neplodnosti u žen (tj. aplikace v oblasti gynekologie).

# Klinické využití hypertermie (uvést základní příklady).

Mikrovlnná hypertermie (využití v onkologii)

Využití pro léčbu nádorových onemocnění. Biologický princip využívá toho, že některé nádorové buňky jsou citlivé na teplotu vyšší než 42 o C, zatímco zdravé buňky zpravidla přežívají zvýšení teploty až do 45 o C. Takže ohřev oblasti nádoru na teploty 42 až 45 o C selektivně ničí nádorové buňky. Podrobněji popíšeme v následujím textu

# Klinické využití termoablace (uvést základní příklady).

https://www.emergency-live.com/cs/zdraví-a-bezpečnost/co-je-perkutánní-termoablace-nádorů-a-jak-funguje/

Termoablace je technika pro léčbu rakoviny, která využívá schopnosti tepla produkovat nekrózu, tj. ničit rakovinné buňky, tím, že oblast uvnitř novotvaru a jeho okolí vystaví teplotám vysoko nad fyziologických 37°C lidského těla ( hypertermie).

<https://www.dynamicmed.cz/radiofrekvencni-termoablace>

## **Radiofrekvenční termoablace**

### **Popis výkonu**

Terapeutický výkon Radiofrekvenční termoablace se využívá při léčbě chronické bolesti hrudní, krční a bederní páteře v případech, kdy je příslušným diagnostickým výkonem na páteři potvrzen některý z následujících zdrojů bolesti: facetové klouby, poškozené meziobratlové ploténky či sakroiliakální kloub. Pomocí elektromagnetických vln dochází k zahřívání a eliminaci nervů způsobujících vnímání bolesti. K postižené tkáni se speciální radiofrekvenční elektrodou zavádí elektrický proud o frekvenci rádiových vln. Na hrotu elektrody se vytvoří vysoká teplota 80 až 85˚C, která zničí cílový nerv. Tímto dojde k přerušení přenosu informace o bolesti do mozku a významnému snížení či odstranění vnímání bolesti.

### **Benefity výkonu**

Výkon se provádí na břiše v lokální anestezii, pro pacienta je tedy bezbolestný a maximálně šetrný. Vodicí jehly a radiofrekvenční elektrody se zavádí pod pečlivou kontrolou rentgenovou projekcí. Účinnou úlevu představuje přerušení dráhy bolesti od postiženého kloubu do mozku. K zlepšení stavu samotných kloubů je doporučována vhodná fyziorehabilitace.

# Expoziční komory pro výzkum biologických účinků EM pole.

Na obr. 3.3 je znázorněna souprava pro biologické experimenty “in vitro” vybavená výkonovým generátorem. Pro definovanou expozici (tj. dobře určitelnou dávku absorbované energie s vysokým stupněm homogenity v exponovaném vzorku) je pomocí rozměrného páskového vedení realizována tzv. TEM buňka (mezi širokými rovnoběžnými vodivými pásky je vybuzena rovinná vlna. Toto páskové vedení je k výstupnímu koaxiálnímu vedení (výstup z kaskády generátor, výkonový zesilovač) vázáno pomocí páskového trychtýře. Přechody koaxiál-trychtýř i trychtýř-páskové vedení musí být samozřejmě dokonale impedančně přizpůsobené.

Na obr. 3.4. je fotografie expozičního systému pro biologické experimenty. Jak je vidět, kolem antény, která je umístěna v centru (ose) uvažovaného expozičního systému je několik pozic pro experimentální zvířata. Tím je možné zvýšit efektivitu experimentu a i zlepšit statistické výsledky (k vyhodnoceni experimentu máme hned několik identicky exponovaných zvířat)

Obsah obrázku schématické

Popis byl vytvořen automaticky

# Biologické účinky optického záření.

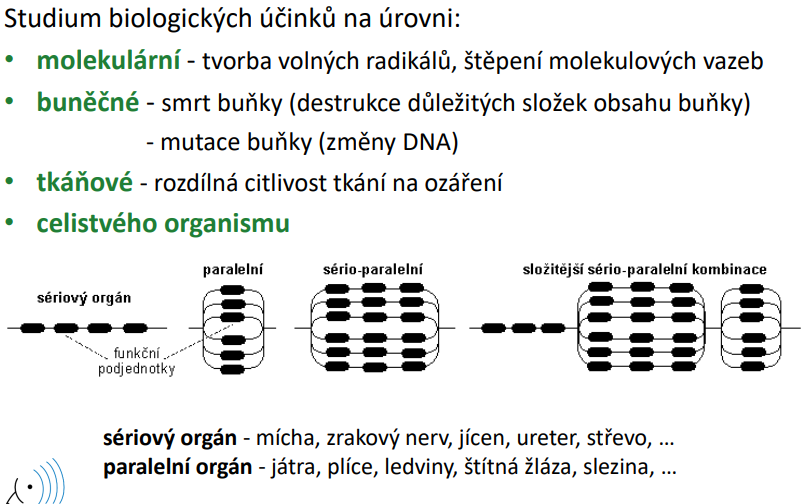
Obsah obrázku text

Popis byl vytvořen automaticky

Obsah obrázku text

Popis byl vytvořen automaticky

# Biologické účinky ionizujícího záření, jejich rozdělení.



Obsah obrázku text

Popis byl vytvořen automaticky

Obsah obrázku text, snímek obrazovky, interiér

Popis byl vytvořen automaticky

Obsah obrázku text

Popis byl vytvořen automaticky

Obsah obrázku text

Popis byl vytvořen automaticky

# Základní limity dávek ionizujícího záření.

Obsah obrázku text

Popis byl vytvořen automaticky

# Klinické využití ionizujícího záření.

Obsah obrázku text

Popis byl vytvořen automaticky

# Poznámky pod čarou

**Vlny TE a TM**

Dalším studiem rovnic (2.29) lze odvodit, že pokud Ez = 0 a Hz je nenulová, pak je vybuzena vlna transverzálně elektrická (TE). Analogicky, pokud Hz = 0 a Ez je nenulová, pak vznikne vlna transverzálně magnetická (TM).

Pokud současně platí Ez = 0 a Hz = 0, pak z rovnic (2.29) zdánlivě plyne, že i všechny příčné složky budou rovny nule. Protože ale současně platí kc = 0, dostáváme neurčitý výraz a další úvahy vedou na vlny transverzálně elektrickomagnetické (TEM).

**Hypertermie vs radioterapie**

Obsah obrázku stůl

Popis byl vytvořen automaticky