

Elektrická impedance

Elektrická impedance je rozšířením pojmu elektrický odpor na situace, kdy prostředím prochází střídavý elektrický proud. Nejjednodušším pohledem na impedanci je ten, že se jedná o odpor kladený střídavému proudu. Jednotkou impedance je ohm Ω , obvykle se značí písmenem **Z**. Je-li impedance připojena k napětí U a protéká-li jí proud I , je její hodnota dána Ohmovým zákonem:

$$Z = \frac{U}{I}$$

Impedance elektrických prvků

Základními elektrickými prvky jsou **rezistor**, **kapacitor** a **induktor**. Základní vlastností rezistoru je elektrický odpor, základní vlastností kapacitoru je kapacita a základní vlastností induktoru je indukce. Jde pochopitelně o idealizované modely, pro zdůraznění tohoto faktu se používají tyto termíny a nikoliv technické názvy odpor, kondenzátor a cívka.

Při výpočtu impedancí se obvykle nepoužívá frekvence f , ale kruhová frekvence ω určená vztahem:

$$\omega = 2\pi \cdot f$$

Impedance rezistoru

Impedance samotného rezistoru se nazývá rezistance, značí se R . Hodnota rezistance nezávisí na frekvenci.

Impedance kapacitoru

Impedance kapacitoru se nazývá **kapacitance**, značí se obvykle X_C . Kapacitance je nepřímo úměrná kapacitě C kapacitoru a nepřímo úměrná frekvenci f přiloženého napětí:

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

Impedance induktoru

Impedance induktoru se nazývá **induktance**, značí se obvykle X_L . Induktance je přímo úměrná indukčnosti L induktoru a přímo úměrná frekvenci f proudu protékajícího induktorem:

$$X_L = \omega L$$

Impedance sériového zapojení rezistoru a kapacitoru

Impedance nelze zcela snadno sčítat, pro impedanci Z sériového zapojení rezistoru R a kapacitoru C platí:

$$Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}}$$

Impedance paralelního zapojení rezistoru a kapacitoru

Vztah pro impedanci Z paralelního zapojení rezistoru a kapacitoru má poměrně složitý tvar, stojí však za pozornost, protože paralelní zapojení rezistoru a kapacitoru je často používaným modelem impedance tkáně:

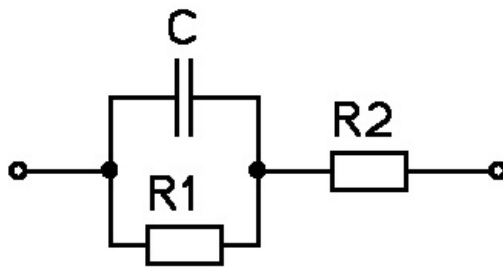
$$Z = \frac{\sqrt{R^2 + \omega^2 C^2 R^4}}{\omega^2 C^2 R^2 + 1}$$

Elektrická impedance tkání

Elektrická impedance tkání charakterizuje pasivní elektrické vlastnosti organismu a tkání. To znamená, že popisuje chování organismu jako spotřebiče elektrické energie, je-li připojen ke zdroji střídavého elektrického napětí.

Model elektrické impedance

K modelování elektrické impedance tkání lze použít jednoduchý model spočívající v paralelním zapojení rezistoru R1 a kapacitoru C a do série k nim připojeného rezistoru R2:



Není příliš obtížné vyjádřit závislost impedance modelu jako funkci odporu obou rezistorů, kapacity kapacitoru a frekvence přiloženého napětí, výsledný vztah by však vypadal poměrně složitě.

Rozborem úlohy však lze chování impedance v závislosti na frekvenci snadno odhadnout. Pro stejnosměrný proud se chová kapacitor jako rozpojený vodič, takže výsledný model je tvořen pouze sériovým zapojením rezistorů R1 a R2. Pro velmi vysokou frekvenci se bude kapacitor chovat téměř jako zkrat, takže přemostí rezistor R1 a na impedance se bude podílet pouze rezistor R2. Poněkud méně zřejmé je to, že impedance bude klesat plynule, nikde nebude mít lokální maximum.

Kapacitor C modeluje celkovou kapacitu ve tkáni, zejména kapacitu buněčných membrán. Kapacita buněčných membrán může být značná, plošná kapacita buněčné membrány je $1 \mu F \cdot cm^{-2}$. Na kapacitě se však podílí např. i kapacita plošných vazivových struktur, takže nelze ztotožnit kapacitu v modelu s kapacitou buněčných membrán. Rezistor R1 modeluje elektrickou vodivost tělesných tekutin, především tekutiny extracelulární. Ovšem ani tekutina intracelulární není zcela bez vlivu na hodnotu parametru R1. Rezistor R2 odpovídá především kožnímu odporu, ovšem dílem na něj má vliv i vodivost tělesných tekutin.

Detailnější analýza zohledňuje např. následující jevy:

- tělesné tekutiny jsou vodičem II. druhu, tedy vodivost není nezávislá na proudové hustotě a na frekvenci
- polarizace makromolekul probíhá různě při různých frekvencích, tedy permitivita prostředí není nezávislá na frekvenci
- struktura tkáně je spíše než homogennímu prostředí podobná suspenzi dielektrických kuliček s vodivým jádrem ve vodivém prostředí
- tkáněmi proudí vodivá krev
- vodivost buněčných membrán excitabilních buněk se mění podle jejich stavu

Modely sestavené na základně těchto předpokladů jsou však poměrně komplikované, přitom jejich užitečnost není podstatně vyšší než užitečnost výše uvedeného modelu.

Využití elektrické impedance tkáně

Bioimpedanční analýza

Elektrická impedance tkáně je ovlivněna mimo jiné i složením a uspořádáním tkáně. Znalost o elektrické impedanci tak lze použít ke získání informace o složení těla. Informace o impedanci se tak využívá v následujících případech:

- analýza celkového tělesného tuku (bioimpedanční váha)
- hodnocení dehydratace a dynamiky tělesných tekutin

Tomografické systémy

Víceméně experimentálně se používají metody, které by po rozmístění velkého počtu elektrod na těle pacienta výpočetně rekonstruovaly rozložení vodivosti jednotlivých segmentů uvnitř těla, tzv. elektroimpedanční tomografie. Metodika naráží na obtíže především ve dvou oblastech. První oblastí obtíží je nutnost používat relativně nízkých proudů, tedy poměrně velká citlivost na rušení. Druhou oblastí obtíží je to, že metody matematické rekonstrukce jsou poměrně náročné, mimo jiné z toho důvodu, že naprosto nelze použít představu nějakého "proudového paprsku". Lze se setkat s následujícími aplikacemi:

- elektroimpedanční tomografie prsu - nabízena jako alternativa nebo doplněk mammografie
- elektroimpedanční tomografie hrudníku - včasná detekce edému plic u pacientů na intenzivních lůžkách

Odkazy

Související články

- Elektrická impedance/NMgr

- Vedení elektrického proudu tělem
- Měření proudu
- Měření odporu
- Měření napětí
- Bioimpedenční váha

Zdroj

- KUBATOVA, Senta. *Biofot* [online]. [cit. 2011-01-31]. <<https://uloz.to/!CM6zAi6z/biofot-doc>>.