

# Biosignály z pohledu biofyziky

## Úvod

Jako **biosignály** můžeme označit veškeré signály, jejichž existenci můžeme zaznamenat v živých organismech. Může se jednat o průběhy elektrických napětí, proměnlivá magnetická pole, změny chemických koncentrací, mechanické pohyby, zvuky, změny teplot aj. Můžeme je registrovat v důsledku **spontánní aktivity** biologického systému (**nativní signály**) anebo jako důsledek nějakých úmyslných **podnětů** (**evokované signály**, **provokace** apod.).

Přes široké spektrum fyzikálního charakteru (co do kvality i kvantity) biosignálů můžeme u nich sledovat a vyšetřovat velké množství společných rysů. Proto v bezprostředně následující teoretické části budeme povětšinou **abstrahovat** od jejich biofyzikální podstaty a soustředíme se na popis toho, co je všem signálům společné. Tak se postupně dobereme až k nejčastějšímu důvodu toho, proč se vyšetřováním biosignálů zabýváme, čili k **diagnostickým metodám**, které vyšetření různých biosignálů využívají. Prakticky všechny tyto diagnostiky mají nějaký svůj předobraz v předtím využívaných technických a průmyslových metodách, ze kterých byly odvozeny a aplikovány v biologii a medicíně a ze kterých rovněž převzaly svou terminologii. Proto očekáváme jistou toleranci a shovívavost od studujících medicíny, pokud jim bude připadat používání např. elektrotechnické terminologie nad jimi očekávanou míru. Nutno poznamenat, že ať je již původ toho či kterého biosignálu jakýkoliv, je v dnešní době jeho následný převod do formy elektrického signálu nevyhnutelný. Z téhož důvodu je nevyhnutelná základní znalost z teorie elektrických obvodů, zrovna tak jako znalost základního matematického aparátu.

## Signál

### Pojem signálu

Termín "**signál**" je odvozen z lat. signum, které nejčastěji překládáme jako "znamení" – v římských dobách například znamení k boji, vydávané trubkou jako zvukový signál. Rovněž toto slovo můžeme chápat ve smyslu "známka" (nějaké aktivity, procesu). Znamená to, že signál je nositelem nějakého významu, má informační hodnotu, která je v něm nějakým způsobem zakódována (např. semafor = světelná dopravní signalizace).

### Časový rozměr

Podstatná je zde pro nás časová dimenze signálu, jeho **dynamický charakter** – např. semafor v průběhu času střídá barvy – na rozdíl od "návěští", která mohou být také statická.

### Fyzikální charakter signálu vs. abstraktní informace

Signál nese nějakou informaci, ale sám je vždy nesen nějakým **nosičem**, má **fyzikální charakter**. Proto mluvíme o způsobu přenosu signálu. Zajímavé je, že během přenosu se můžou **střídat různé nosiče**, aniž by došlo ke změně vlastního charakteru signálu, tj. signál nese stále tu samou informaci – např. signál trubky se z fyzikálního hlediska šíří formou akustického vlnění, postupujícího zvukem, avšak kdyby staří Římané uměli používat elektřinu, mohli by své bojové signály přenášet tímto pokrokovým způsobem, aniž by byla narušena informační hodnota přenášeného sdělení.

V posledku tudíž můžeme od fyzikální podstaty signálu **abstrahovat** a zabývat se např. jen jeho matematickým vyjádřením nebo jeho informační hodnotou. A protože nejrůznější signály mají v naší době nesmírné využití všude kolem nás, zejména ve sdělovací technice, můžeme při jejich analýze využívat bohatý matematický aparát, který byl k jejich zpracování vytvořen. (Později si připomeneme, že v praxi v důsledku nedokonalého přenosu dochází ke zkreslení přenášeného signálu a tím pádem může dojít i k **narušení** obsahu přenášené informace – což lze právě **využít např. k diagnostice** různých funkčních poruch. Tento fakt nám ale nebrání abstrahovat od fyzikálního nosiče signálu všude tam, kde to bude výhodné a možné).

### Representace signálu pomocí funkce

To, že signál probíhá v čase, znamená, že v každém okamžiku nabývá nějaké určité hodnoty. A protože běh času považujeme v klasické fyzice za nezávislou veličinu, můžeme si libovolný signál představit jako nějakou **funkci času** a znázornit si jej **grafem** této funkce, přičemž nezávislou proměnnou bude čas a závislou proměnnou bude příslušná fyzikální veličina, odpovídající fyzikálnímu charakteru daného přenosového kanálu. Nesmíme zapomínat na to, že v této fyzikální reprezentaci odpovídají obě proměnné **fyzikálním veličinám**, které měříme v určitých **jednotkách**, což se při grafickém znázornění projeví i na příslušných **měřítkách** všech os: zatímco na vodorovnou osu zpravidla vynášíme čas v sekundách (milisekundách, minutách, hodinách apod.), na svislé ose budeme odečítat velikost signálu v příslušné jednotce podle jeho aktuálního fyzikálního charakteru (např. u zvukového signálu trubky to bude naměřený akustický tlak, udávaný v pascálech).

### Měření a registrace průběhu signálu

**Měření** jakékoliv **fyzikální veličiny**, jak víme, ve své podstatě znamená **porovnávání** velikosti této veličiny s nějakým **etalonem** a vyjádření tohoto poměru nějakým racionálním číslem. Avšak měřit nějakou veličinu, která se nám neustále "pod rukama" mění, může být velmi obtížné, ba přímo nemožné, pokud je její hodnota v následujícím okamžiku zase jiná, než jakou jsme právě naměřili.

Jednou z možností, jak takové neustále proměnlivé veličiny zachytit, je jejich **průběžná registrace**, například tak, že sledovanou veličinu převedeme na mechanický pohyb písátka, zakreslujícího křivku na pohybující se pás milimetrového papíru (papíru s natištěnou čtverečkovou nebo jinou sítí). Tímto způsobem převedeme nezávisle proměnnou (čas) na souřadnici, danou **součinem doby**, uběhlé od začátku registrace, **a rychlosti posunu papíru**, zatímco součin velikosti závisle proměnné veličiny a nějaké konstanty úměrnosti, dané konstrukcí a nastavením zapisovacího zařízení, nám dá hodnotu souřadnice závisle proměnné. Výsledkem procesu je přímo **graf** sledované veličiny, ze kterého můžeme později za pomoci předtištěného rastru odečítat naměřené hodnoty v libovolném časovém okamžiku.

Popsaným čistě mechanickým způsobem fungovaly např. termobarografy na meteorologických stanicích. Na stejném principu pracoval i Edisonův válečkový fonograf: zde se zvukové vlnění přeneslo ze vzduchu na kmitání rydla, kterým se do nosného materiálu vyrývala drážka, jejíž tvar, viditelný již pouhým okem či lupou, odpovídal grafickému záznamu zvukových vln.

Gramofonové desky, se kterými se ještě můžeme setkat, byly pořizovány obdobným způsobem, a pomineme-li mechanismus jejich hromadného rozmnožování, hlavním pokrokem bylo zařazení elektronických zesilovacích stupňů mezi snímač původní veličiny (mikrofon) a zapisovací zařízení (rydlo). Zcela obdobným způsobem probíhal vývoj ostatních registračních přístrojů, mezi nimi i takových, jakými jsou EKG či EEG přístroj. Zkoušely se různé metody zápisu křivek na nosné médium, se kterými se ještě dodneška můžeme někde setkat – inkoustem na papír, rydlem na voskovaný papír, horkými písátky na voskovaný či termocitlivý papír, světelným paprskem na fotografický film – ale základní myšlenka všech takových způsobů zůstává tatáž: fixovat časovou dimenzi proměnné veličiny do dimenze prostorové a tím umožnit její následnou reprodukci.

## Odkazy

### Související články

- Periodicita a quasiperiodicita

### Zdroj

- HEŘMAN, Petr. *Biosignály z pohledu biofyziky*. 1. vydání. Praha : Dúlos, 2006. 63 s. ISBN 80-902899-7-5.

### Doporučená literatura

- AMLER, Evžen, et al. *Praktické úlohy z biofyziky I*. 1. vydání. Praha : Praha: Ústav biofyziky 2. lékařské fakulty UK, 2006.
- HRAZDIRA, Ivo. *Biofyzika : učebnice pro lékařské fakulty*. 2. vydání. Praha : Avicenum, 1990. ISBN 80-201-0046-6.
- KHAN, M. I. Gabriel. *EKG a jeho hodnocení*. 1. vydání. Praha : Grada, 2005. ISBN 80-247-0910-4.
- KOMÁREK, Vladimír, et al. *Dětská neurologie*. 1. vydání. Praha : Galén, 2008. ISBN 80-7262-492-8.
- ROSINA, Jozef, et al. *Lékařská biofyzika*. 1. vydání. Praha : Manus, 2000. 0 s. ISBN 80-902318-5-3.
- NAVRÁTIL, Leoš a Jozef ROSINA. *Biofyzika v medicíně*. 1. vydání. Praha : Manus, 2003. 398 s. ISBN 8086571033.
- NAVRÁTIL, Leoš a Jozef ROSINA, et al. *Medicínská biofyzika*. 1. vydání. Praha : Grada, 2005. ISBN 80-247-1152-2.