

ANALYSIS OF LONG-TERM ELECTROCARDIOGRAMS

Jiří Vojtíšek

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xvojt04@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jana Kolářová

E-mail: kolaraj@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

This work deals with long-term analysis of electrocardiogram using heart rate variability representation. Project explains heart anatomy and electrophysiology, creation and shape of ECG curve. Heart rate variability is described by power spectral density, which is obtained from created algorithm. The algorithm process ECG signal using non-parametric method, with fast Fourier transform.

1. ÚVOD

Záznam variability srdečního rytmu (HRV – Heart Rate Variability) je hojně používaný nástroj pro vyšetření činnosti srdce. Udává přirozeně se vyskytující odchylky časových úseků mezi jednotlivými údery srdce, získanými z elektrokardiografického záznamu (EKG). HRV je indikátorem funkce autonomního nervového systému a fyziologických souvislostí v lidském těle. Snížená variabilita srdečního rytmu je spojena se zvýšeným rizikem výskytu srdečních chorob. [1][2]

Cílem této práce bylo vytvoření programu v prostředí Matlab, pomocí něhož lze provádět zpracování EKG záznamu a vyhodnocení srdečního rytmu v čase. Zpracování dat lze rozdělit na dvě základní části. První část obsahuje detekci R-vln a určení posloupnosti R-R intervalů odpovídajících době mezi jednotlivými údery srdce. Druhá část obsahuje výpočet výkonového spektra (PSD – Power spectral density), podle kterého lze zhodnotit variabilitu srdeční frekvence.

2. ELEKTROKARDIOGRAFIE

Elektrokardiografie je metoda měření elektrické aktivity srdce a je hojně používána v lékařství, jako diagnostická metoda. EKG signál se skládá ze tří částí: P-vlny (depolarizace síní), QRS komplexu (R-vlny, rychlá depolarizace komor) a T-vlny (repolarizace komor). Nejvýraznější je R-vlna, a proto je nejvhodnější pro detekci. Detekci R-vlny lze považovat za detekci úderu srdce. Detekcí R-vln a měřením intervalů mezi nimi je získána informace o srdečním rytmu a jeho variabilitě.

2.1 VARIABILITA SRDEČNÍHO RYTMU

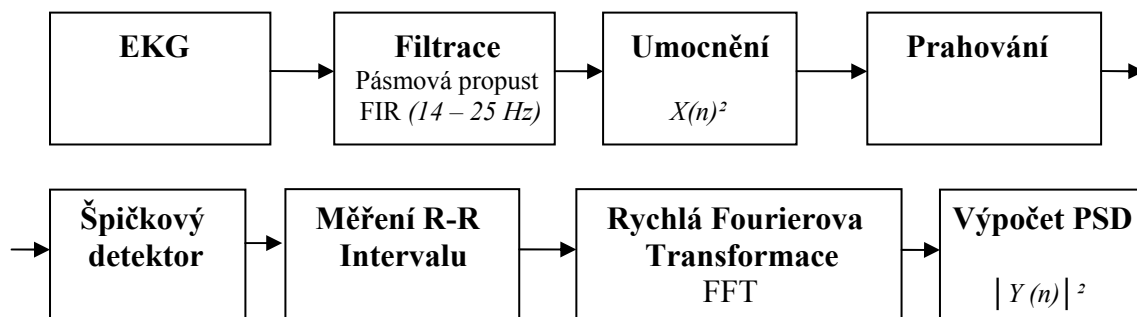
Variabilita srdečního rytmu (HRV) je diagnostická metoda, používaná pro posouzení aktivity autonomní nervové soustavy. Měření HRV je u dnešních moderních přístrojů prováděno automaticky. Kardiologům tím poskytují nástroj jak pro výzkum, tak i pro klinické studie. [2]

V této práci byla pro výpočet HRV použita metoda spektrální analýzy, se zaměřením na výpočet hustoty výkonového spektra PSD (Power Spectral Density). Tato analýza poskytuje základní informace o rozložení výkonu HRV jako funkce frekvence.

U dlouhodobých záznamů rozlišujeme čtyři hlavní spektrální výkonové složky: ultra nízké frekvence ULF (ultra low frequency), velmi nízké frekvence VLF (very low frequency), nízké frekvence LF (low frequency) a vysoké frekvence HF (high frequency). Podle zastoupení těchto složek se hodnotí samotná variabilita srdečního rytmu.[1]

3. POSTUP ZÍSKÁNÍ VÝKONOVÉHO SPEKTRA ZE ZÁZNAMU EKG

3.1 BLOKOVÉ SCHÉMA



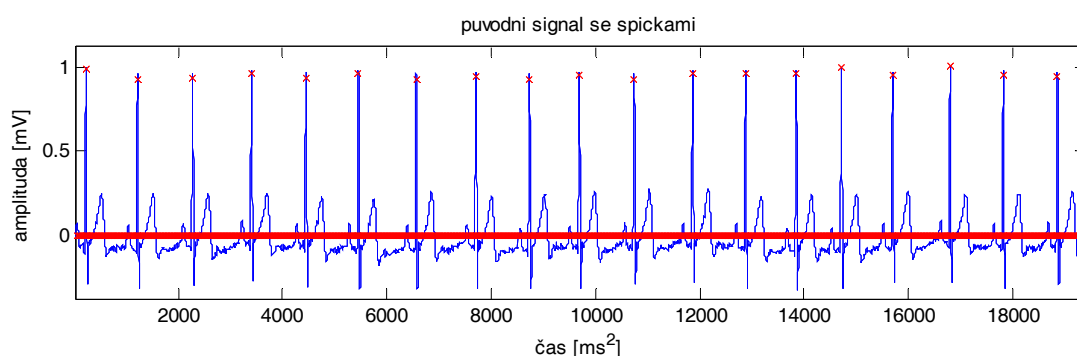
Obr. 1: Blokové schéma zpracování EKG záznamu

3.2 VYSVĚTLENÍ JEDNOTLIVÝCH BLOKŮ

Filtrace signálu se používá k odstranění rušení signálu, tedy odstranění nežádoucích složek signálu a zvýraznění užitečných složek. Pro detekci R-vln se používá pásmová propust s mezními frekvencemi 14 – 25 Hz, kde jsou obsaženy nejvýznamnější spektrální složky R-vlny. Umocnění signálu se provádí za účelem dosažení kladných hodnot signálu a dalšího zvýraznění R-vln.

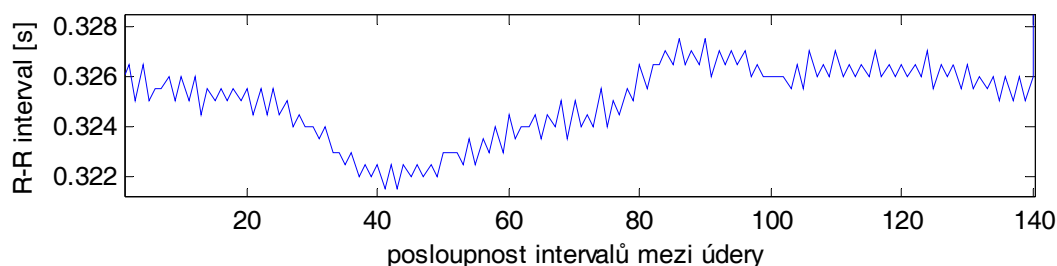
Prahování je důležitý krok, jelikož určuje samotný výskyt R-vlny v předzpracovaném signálu. Ztratí-li se po prahování informace o R-vlně, nebude již možno tuto R-vlnu jakkoliv nalézt. Byla použita metoda porovnávání umocněného signálu s pevným prahem. Tuto metodu lze použít pro EKG signál s malým rušením. V tomto případě byl práh empiricky nastaven jako 45% maximální R-vlny. Při takto zvoleném prahu bylo na testovaných záznamech délky 100s nejhůře nedetekováno 11 z 304 R-vln. Úspěšnost detektoru je tedy 96%.

Špičkový detektor představuje algoritmus hledání vrcholů R-vln. Špička R-vlny je vyhodnocena jako samotná R-vlna. Algoritmus prochází signál prvek po prvku a výsledkem je vektor, který obsahuje pouze špičky R-vln, jako izolované body. Na **Obr.2** je zobrazen původní EKG signál a z něj detekované R-vlny.



Obr. 2: Graf spojuje původní signál (modrá) a detekované špičky R-vln (červené křížky).

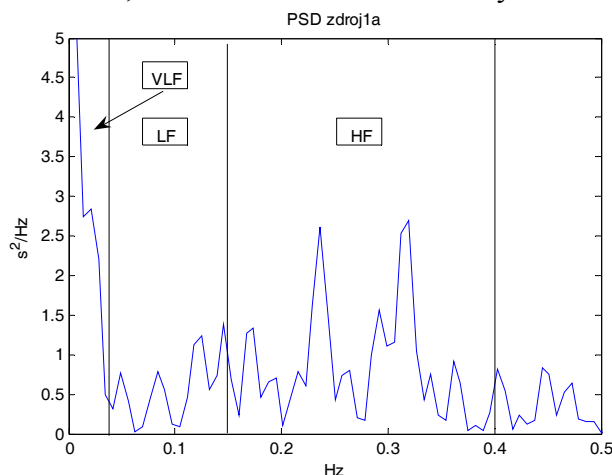
Vypočtením intervalu mezi takto izolovanými body a přepočtení této vzdálenosti do časové oblasti jsme změřili délku R-R intervalu. Zobrazení R-R intervalu mezi jednotlivými úderý se nazývá tachogram, jeho znázornění je na **Obr. 3**.



Obr. 3: Tachogram znázorňující délku RR intervalu mezi jednotlivými úderý.

Rychlá Fourierova transformace FFT se provádí za účelem převedení posloupnosti R-R intervalů do frekvenční oblasti.

Podle standardů měření HRV [1] se výkonové spektrum PSD vypočítá jako druhá mocnina jednotlivých složek frekvenčního spektra. Výkonové spektrum se vyhodnocuje podle zastoupení frekvenčních složek v jednotlivých pásmech. Tato pásma jsou rozdělena na VLF = (<0.04 Hz), LF = (0,04 – 0,15 Hz) a HF = (0,15 – 0,4 Hz). Toto rozdělení, jakož i samotné výkonové spektrum je znázorněno na **Obr. 4**. Z tohoto obrázku lze vypožorovat, že složka HF má větší zastoupení než LF, to znamená, že ve variabilitě srdečního rytmu se objevovaly rychlejší změny.



Obr. 4: Zobrazení výkonového spektra a rozdělení grafu na vyhodnocovací pásma

4. ZÁVĚR

Tato práce popisuje metodu vyhodnocení elektrické aktivity srdce, s ohledem na činnost autonomní nervové soustavy. Dále popisuje EKG křivku, její část R-vlnu a význam této vlny při určování srdečního rytmu a jeho variability.

Dále je popsána navržená programová aplikace pro zpracování EKG záznamu a vyhodnocení výkonového spektra variability srdečního rytmu. Program využívá detekci R-vln s úspěšností 96%. Tento program je vhodný pro zpracování EKG s následnou analýzou variability srdečního rytmu.

LITERATURA

- [1] Guidelines: Heart Rate Variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. European Heart Journal 1996; 17, 354-381.
- [2] MACARTHUR, Catherine; MACARTHUR, John. Heart Rate Variability: An Indicator of Autonomic Function and Physiological Coherence [online]; 1997; Dostupné na WWW: <<http://www.heartmath.org/research/research-science-of-the-heart-2/>>