

# REMOVING METHODS OF POWER LINE INTERFERENCE IN ECG SIGNALS

**Jakub Herodes**

Bachelorl Degree Programme (3), FEEC VUT

E-mail: xherod02@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Lukáš Smital

E-mail: smital@feec.vutbr.cz

**Abstract:** The paper deal with the efficiency of digital linear filtration of 12 types FIR and IIR filters used for removing power line interference from ECG signals. For testing was used database of CSE signals, containing 3750 ECG. Comparing of methods was programed in Matlab, the language of technical computing.

**Keywords:** ECG signals, power line interference, database CSE

## 1. ÚVOD

Při snímání EKG signálu může docházet k interferenci síťového rušení se signálem snímaným z pacienta. Jedná se o jedno z nejčastějších poškození EKG signálu, je způsobeno okolními elektrickými zařízeními či vodiči v blízkosti elektrokardiografu a má charakteristické vlastnosti, jako relativně stálou frekvenci od 49,5 Hz po 50,5 Hz a tvar sinusové vlny s různou amplitudou.

Tento příspěvek se zabývá porovnáváním účinností různých metod číslicového odstraňování síťového rušení. Použité metody jsou rozděleny do dvou částí na lineární FIR a IIR filtry. Níže je stručně popsán způsob hodnocení filtrace, typy použitých filtrů, následované srovnáním a vyhodnocením v programovém prostředí Matlab.

## 2. ZPŮSOB HODNOCENÍ FILTRACE

Je pracováno s 250-ti biologickými signály z databáze CSE (Common Standards for quantitative Electrocardiography), což je databáze elektrokardiogramů, jež vznikla za účelem standardizovaného hodnocení programů pro analýzu EKG. Tyto signály byly snímány současně z 12-ti svodového standardního systému a ze tří svodů ortogonálních. Celkem je tedy pracováno s 3750 různými elektrokardiogramy, kde každý záznam je dlouhý 10 s.

Pro testování účinnosti jednotlivých metod bylo třeba signály předzpracovat a zbavit šumu, pro tento účel byla použita adaptivní Wienerova vlnková filtrace. Následně je ke každému čistému signálu přičteno simulované síťové rušení tak, aby vstupní poměr signálu ku tomuto rušení odpovídal požadavkům uživatele. Poté je provedena filtrace optimalizovanými metodami k zajištění co nejlepšího průměrného výsledku, respektive co nejlepšího průměrného výstupního poměru SNR. Pro výsledné hodnocení filtrů je kromě zmíněného průměrného výstupního SNR brána v úvahu i doba filtrace.

## 3. POUŽITÉ DRUHY FILTRACE

### 3.1. IIR FILTRY

První návrh vychází z metody interaktivního rozmístování nulových bodů a pólů na jednotkové kružnici, jejíž obvod představuje vzorkovací frekvenci. Nulové body jsou umístěny na místa, kde

má být potlačen přenos, což odpovídá úhlu  $36^\circ$  a póly co nejbližší k nim, aby bylo potlačované pásmo co nejužší.

Další návrhy jsou filtry vycházející z analogových filtrů, využívající bilineární transformaci k převodu obrazového přenosu analogových systémů na obrazový přenos diskretních systémů. Konkrétně Butterworthův filtr, který je velice podobný metodě uvedené výše co se týče rozmístění nulových bodů a pólů na jednotkové kružnici. Dále pak Čebyševův filtr 1. typu, 2. typu a Eliptický filtr, jež se liší od již zmíněných metod strmějším přechodem mezi propustným a nepropustným pásmem a překmitý v těchto pásmech.

### 3.2. FIR FILTRY

První návrh využívá metodu vzorkování frekvenční charakteristiky, která spočívá v navrhnutí ekvidistantních vzorků jedné periody požadované frekvenční charakteristiky (minimální přenos na frekvenci odpovídající frekvenci brumu ( $=0$ ) a maximální ( $=1$ ) všude jinde) a následně aplikaci inverzní Fourierovy transformace na navržené vzorky. Po prohození levé a pravé strany je získána impulzní charakteristika požadovaného filtru. Následuje filtr navržený metodou váhování impulzní charakteristiky, jež vychází ze znalosti nekonečně dlouhé impulzní charakteristiky požadovaného filtru, která se zkrátí na konečnou délku vynásobením daným oknem. Dále je použit filtr vzniklý interaktivním rozmisťováním nulových bodů a pólů v rovině  $z$  obdobným způsobem jako u IIR filtru. Poté metoda nulování spektrálních čar, ve které se po aplikaci Fourierovy transformace na signál nastaví nulové amplitudy spektrálních čar v místech odpovídajících frekvenci rušení. A jako poslední filtr je navržena Lynnova pásmová propust' vycházející z hřebenových filtrů, kdy je z poškozeného signálu propuštěn pouze brum a následně odečten od poškozeného signálu.

## 4. DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

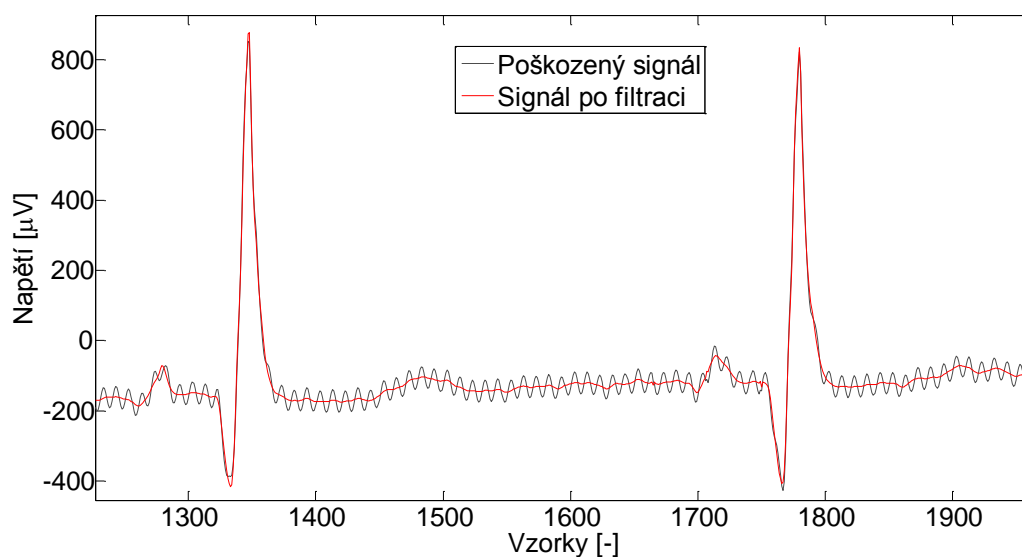
Jako nejúčinnější z FIR filtrů se jeví Lynnova pásmová propust', avšak doba trvání filtrace celé databáze téměř 4 minuty je značně dlouhá. Dobrých výsledků dosahuje i metoda založená na nulování spektrálních čar, kterou sice nelze využít v reálném čase, ale zato je značně rychlá. Podobné zlepšení signálu je patrné i při použití filtru navrhnutém metodou váhování impulzní charakteristiky, avšak už při době filtrace 45 sekund celé databáze. Jako naprosto nevhodný návrh filtrů pro odstranění brumu se jeví interaktivní rozmisťování nulových bodů a filtrů v případě FIR filtrů. IIR filtry vycházející z analogových filtrů dosahovaly podobných výsledků za mnohem kratší dobu. Dosažené výsledky po ruční optimalizaci výše zmíněných filtrů jsou uvedeny v Tab 1. a 2. Výstup po aplikaci Lynnova filtru je zobrazen na Obr. 1.

**Tabulka 1:** Srovnání výsledků IIR filtrů při vstupním SNR = 20 dB.

| Filtr | Typ filtru            | Průměrné zlepšení signálu [dB] | Doba trvání filtrace [s] |
|-------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------|
| IIR   | IIR 2. řádu           | 8,18                           | 6,67                     |
|       | Butterworthův 2. řádu | 14,47                          | 8,91                     |
|       | Čebyševův 1. druhu    | 14,47                          | 14,42                    |
|       | Čebyševův 2. druhu    | 14,43                          | 17,92                    |
|       | Eliptický             | 14,47                          | 16,75                    |

**Tabulka 2:** Srovnání výsledků FIR filtrů při vstupním SNR = 20 dB.

| Filtr | Typ filtru                                   | Průměrné zlepšení signálu [dB] | Doba trvání filtrace [s] |
|-------|--|--------------------------------|--------------------------|
| FIR   | Vzorkování frekvenční charakteristiky        | 16,69                          | 36,33                    |
|       | Váhování impulzní charakteristiky            | 18,46                          | 44,92                    |
|       | Návrh filtru s dvěma nulovými body a póly    | -4,25                          | 4,87                     |
|       | Nulování spektrálních čar                    | 18,28                          | 15,93                    |
|       | Lynnova pásmová propust'                     | 29,60                          | 235,59                   |
|       | Vzorkování frekvenční charakteristiky (fir2) | 12,79                          | 43,46                    |
|       | Návrh filtru s pěti nulovými body a póly     | -7,12                          | 5,17                     |



**Obrázek 1:** Porovnání signálu před a po použití Lynnova filtru.

## 5. ZÁVĚR

V příspěvku jsou porovnávány různé lineární číslicové metody pro odstranění síťového rušení ze signálů EKG na základě doby trvání filtrace a průměrného zlepšení signálu, které je vypočítáno z poměru SNR před filtrace a po filtrace databáze CSE. Pokud by uživatel požadoval výsledný EKG záznam v co nejvyšší kvalitě, bez ohledu na dobu trvání filtrace, doporučoval bych Lynnov FIR filtr. Pokud však uživatel potřebuje dostatečné výsledky s minimálními časovými nároky, doporučil bych buďto metodu nulování spektrálních čar, nebo IIR filtry pracující s bilineární transformací.

## REFERENCE

- [1] JAN, J. Digital Signal Filtering, Analysis and Restoration. VUT in Brno, publisher VUTIMUM, 2002.
- [2] KOZUMPLÍK, J., KOLÁŘ, R., JAN, J. Digital Signal Processing in Matlab. Scripts FEKT VUT in Brno, 2001.
- [3] SMITAL, L., VÍTEK, M., KOZUMPLÍK, J. a PROVAZNÍK, I. Adaptive Wavelet Wiener Filtering of ECG Signals. Pages: 437 - 445. DOI: 10.1109/TBME.2012.2228482. From: <http://ieeexplore.ieee.org>