

1A: Spektrální analýza obdélníkového signálu a oříznuté kosinusovky

Požadovaná příprava v pracovních sešitech před zahájením laboratorního cvičení:

- Toto zadání vlepene do sešitu, doplněné datem měření a jmény všech dalších účastníků měření.
- Čtyři tabulky s vypočtenými amplitudami a fázemi prvních 10 harmonických, první dvě pro obdélníkový signál s poměry $T/t_i = 2$ a 5 a druhé dvě pro oříznutou kosinusovku s $\theta = 90^\circ$ a 60° . Všechny signály mají maximální hodnotu 1V opakovací kmitočet 1 kHz.
- Ke každé tabulce načrt amplitudových a fázových spekter.

Použité přístroje a pomůcky:

Spektrální analyzátor s osciloskopem OPD.

Generátor BM 492.

Osciloskop.

Přípravek pro vytváření signálů.

Zadání:

- Změřte a zakreslete spektra obdélníkového signálu s periodou $T=1$ ms a šířkami impulsu $t_i = 0,5$ ms a $0,2$ ms. Prozkoumejte i případy, kdy poměr T/t_i není celé číslo (např. 2,5). Změřené hodnoty porovnejte s vypočtenými.
- Změřte a zakreslete spektra oříznutého kosinusového signálu s periodou $T=1$ ms a polovičními úhly otevření $\theta = 90^\circ$ a 60° . Změřené výsledky porovnejte s teoretickými hodnotami ze Schultzova diagramu (Učebnice U-2299, str. 20).

Poznámky:

- Výsledky porovnávejte **normovaně**, tj. změřenou i vypočtenou amplitudu první harmonické normujte na jedničku a amplitudy ostatních harmonických úměrně tomu přepočítejte. To vám umožní snadno srovnávat naměřené a vypočtené hodnoty nezávisle na nastavené úrovni analyzovaného signálu.
- Výsledné **fáze** naměřených složek pro dané signály by měly nabývat hodnot jen 0° nebo 180° .
- Použitý typ analyzátoru nezobrazuje stejnosměrnou složku. Proto je nutno ji doplnit podle teoretických předpokladů.

Postup měření:

- Kmitočet generátoru nastavte na 1 kHz ($T = 1$ ms). Na přípravku nastavte požadovaný průběh, kontrolujte osciloskopem. Časový průběh signálu zakreslete.
- Na osciloskopu OPD, který zobrazuje výstup spektrálního analyzátoru, odečítejte amplitudy spektrálních složek. Zapisujte do tabulky a kreslete spektrum.
- Na spektrálním analyzátoru nastavte kmitočet vybírané složky a jemně jej doladujte na maximální amplitudu harmonické, sledované na druhém kanálu osciloskopu. Při optimálním naladění by se maxim/minimum harmonické mělo časově překrývat se středem impulsu (má-li harmonická složka počáteční fázi $0^\circ/180^\circ$). K amplitudovému spektru z bodu 2 doplňte fázové spektrum.

Požadované výstupy:

- Změřená amplitudová a fázová spektra v tabulkách a grafech.
- Srovnání naměřených a vypočtených hodnot, diskuse a závěry.

Příklad tabulek:

Signál: obdélníkový, $T = 1$ ms, $t_i = 0,5$ ms, $T/t_i = 2$.

		vypočteno			změřeno		
k	f_k	U_k	$U_{k, norm}$	φ_k	U_k	$U_{k, norm}$	φ_k
[-]	[kHz]	[V]	[-]	[°]	[?]	[-]	[°]
0							
1			1			1	
2							
...							
10							

1B: Syntéza periodických signálů z jejich spekter

Požadovaná příprava v pracovních sešitech před zahájením laboratorního cvičení:

- Toto zadání vlepene do sešitu, doplněné datem měření a jmény všech dalších účastníků měření.
- Vzorec pro Fourierovy koeficienty obdélníkového signálu s obecným poměrem T/t_i .
- Náčrt časového průběhu, jeho amplitudového a fázového spektra (obr. 2.6 a 2.7 z učebnice U-2299).
- Tabulka s vypočtenými amplitudami a počátečními fázemi obdélníkového signálu o max. hodnotě 1V a poměru $T/t_i = 2$ (z numerického cvičení).

Použité přístroje a pomůcky:

Přípravek pro syntézu signálů.

mV-metr.

PC a USB osciloskop.

Zadání:

Pomocí speciálního přípravku provedte syntézu periodického obdélníkového signálu z jeho prvních 10 harmonických. Využijte k tomu předem připravené tabulky vypočtených amplitud a počátečních fází. Výsledný průběh zdokumentujte. Zjistěte, jak je výsledný signál citlivý na změny amplitud a počátečních fází dílčích harmonických. Vysvětlete rozdíly mezi získaným a teoretickým průběhem.

Průběhy pozorujte na vícekanálovém osciloskopu, kde zobrazíte 1. harmonickou, postupně vybíranou další harmonickou a výsledný průběh.

Postup měření:

1. Nejprve vynulujte všechny složky (tj. jejich amplitudy i fáze) na přípravku, nastavte amplitudu největší harmonické složky (v našem případě první) na maximum a odečtěte odpovídající hodnotu napětí na voltmetru.
2. Nyní vypočtete pro ostatní složky jejich amplitudy ve voltech a vepište je do tabulky do sloupce *nastavováno*, U_k . Údaje z části *nastavováno* pak postupně nastavujte na přípravku, od základní harmonické směrem nahoru. Po nastavení amplitudy harmonické složky provedte nastavení počáteční fáze. Teprve pak pokračujte v nastavování vyšších harmonických.
3. Výsledný časový průběh zdokumentujte.

Syntetizujte další signál dle pokynů učitele.

Požadované výstupy:

- Náčrt výsledného časového průběhu v jednom obrázku spolu s ideálním průběhem.
- Porovnání obou průběhů a vysvětlení odchylek.
- Komentář k citlivostem ze zadání.

Příklad tabulky:

Signál: obdélníkový, $T/t_i = 2$.

k	vypočteno		nastavováno*)	
	U_k [V]	φ_k [°]	U_k [V]	φ_k [°]
0			-	-
1				
2				
...				
10				

*) U_1 bude nastaveno na max. možnou hodnotu, kterou umožňuje přípravek, ostatní harmonické se musí přepočítat trojčlenkou.

1C: Spektrální analýza signálu řeči

Požadovaná příprava v pracovních sešitech před zahájením laboratorního cvičení:

- Toto zadání vlepene do sešitu, doplněné datem měření a jmény všech dalších účastníků měření.

Zadání: Měřením na spektrálním analyzátoru ověřte tvary spekter signálu řeči.

- a) Zobrazte, změřte a přibližně zakreslete spektra signálů a časové průběhy samohlásek "A, E, I, O, U" a pískání.
- b) Zobrazte, změřte a přibližně zakreslete spektra signálů a časové průběhy některých souhlásek a sykavek "Z, Ž, S, Š"
- c) Změřte a zakreslete průměrné spektrum běžné řeči.

Použité přístroje a pomůcky:

FFT spektrální analyzátor HP 35665A.

PC s USB Handyscope.

Mikrofon s předzesilovačem.

Teoretická východiska:

Lidská řeč je směsí periodických signálů (samohlásek- A, E, I, O, U), znělých souhlásek (např. R, Z, Ž) s, sykavek (S, Š) se šumem a jednorázových exploziv (např. P, T, K, F).

Pískání má téměř sinusový charakter a obsahuje tedy jednu dominantní spektrální složku o kmitočtu, závislejícím na výšce tónu. Samohlásky jsou periodické a mají čarové spektrum. Základní harmonická má kmitočet podle výšky hlasu asi 100 až 200 Hz. Znělé souhlásky jsou složeny z periodických i šumových složek, mají tedy spektrum spojitě s výraznými diskretními složkami. Sykavky jsou složeny jen ze šumových složek, jejich spektrum je tedy jen spojitě a zasahuje až do 10 - 12 kHz.

Diskretní spektrum samohlásek má podstatně větší úroveň jednotlivých složek než u složek spojitého spektra sykavek. To odpovídá přibližně stejné intenzitě zvuku v obou případech, protože součet výkonu značně většího počtu menších složek šumového spektra je přibližně stejný jako u menšího počtu větších složek samohlásek. Proto když změříme průměrné spektrum z delšího úseku celé řeči, v níž jsou zastoupeny všechny typy hlásek, dostaneme spektrum s velkým poklesem hodnot směrem k vyšším kmitočtům. Proto je vhodné spektrum vyjádřit v log. míře (v dB). Pak nám vytváří zhruba trojúhelník, kde rozdíl mezi nejvyššími složkami samohlásek a nejnižšími složkami sykavek je v závislosti na charakteru řeči více než 40 dB.

Postup měření:

1. Nejprve zapněte napájení a osciloskopem ověřte funkci mikrofonu. Je nutno nastavit vhodnou citlivost a časovou základnu osciloskopu.
2. Zapněte spektrální analyzátor a nastavte měřené veličiny:

Meas. Data - Linear spec. channel 1

Trace coord. - Linear Magnitude

Scale - AUT

Avg - ON, Number averages ... nastavit 8

Freqv - STOP - 1 kHz (nastaví se 1,6 kHz)

ad a)

Stiskněte **START** a okamžitě vyslovujte samohlásku či pískejte po celou dobu osmi měření (až se zobrazování zastaví). Pak odečtěte a zakreslete spektrum. Zdokumentujte tomu odpovídající tvar signálu.

ad b)

Nastavte **Freqv - STOP - 10 kHz** (nastaví se 16 kHz)

Stiskněte start a okamžitě vyslovujte souhlásku či sykavku po celou dobu osmi měření. Pak zakreslete spektrum. Zakreslete přibližně k tomu odpovídající tvar signálu.

ad c)

Nastavte **Trace coord. - dB magnitude** (nastavení logaritmicke stupnice v dB)

Avg - Number of - 20

Stiskněte start a okamžitě a mluvejte libovolnou řeč po celou dobu dvaceti měření (až se zobrazování zastaví). Pak zakreslete spektrum.

Požadované výstupy:

Časové průběhy a odpovídající spektra pro všechny zadané případy. Zhodnocení naměřených výsledků.