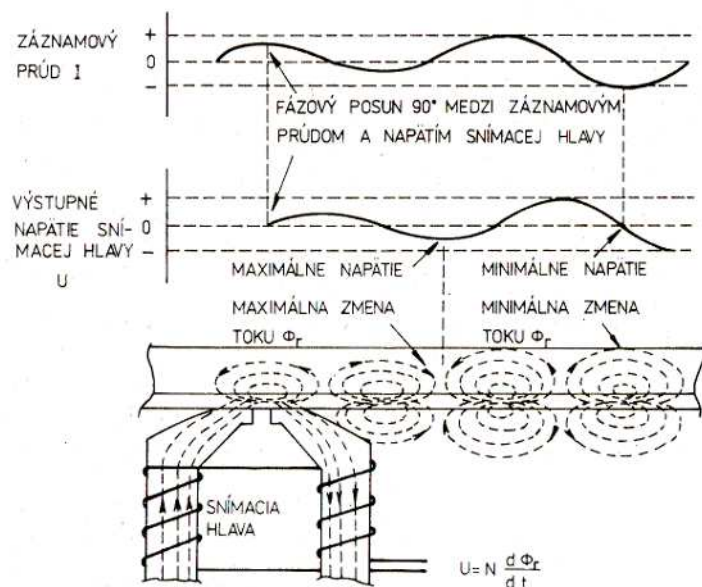


## 4.2. SNÍMANIE

Pri snímaní sa pohybuje nosič s remanentnou indukciou pred štrbinou snímačej hlavy (obr. 4.9). Magnetický tok nosiča sa uzatvára cez jadro snímačej hlavy a časovou zmenou tohto toku v súlade s Faradayovým zákonom indukuje sa v závitoch snímačej hlavy napätie. Ak je magnetický tok *obrazom záznamového prúdu*, potom napätie snímačej hlavy je *deriváciou tohto toku*. Pri harmonickom priebehu magnetického toku bude jeho maximálna časová zmena tam, kde tok mení polaritu, t. j. prechádza cez nulovú hodnotu. To znamená, že tam bude aj maximálne indukované napätie, inými slovami: medzi signálom na vstupe záznamového zariadenia (ktorý reprezentuje záznamový prúd) a signálom na výstupe zariadenia (ktorý reprezentuje napätie snímačej hlavy) bude fázový posun  $90^\circ$ .

Keďže veľkosť snímaného napätia závisí od rýchlosti, s akou sa mení tok, bude toto napätie pri konštantnej amplitúde harmonického priebehu



Obr. 4.9. Výstupné napätie snímačej hlavy a fázový vzťah v procese záznam — snímanie

toku úmerné frekvencii. To znamená, že bude mať priebeh znázornený na obr. 3.2 alebo hovoríme, že v logaritmickej mierke vzrastá o 6 dB na oktávu (20 dB na dekádu). To platí pre ideálny proces záznamu a snímania. V skutočných záznamových zariadeniach odchyľuje sa veľkosť snímaného napätia od priamky tak v oblasti najnižších, ako aj v oblasti najvyšších frekvencií. Tieto odchýlky sa v skutočných zariadeniach vyjadrujú *stratami*.

## 4.3. STRATY PRI ZÁZNAME A SNÍMANÍ

Kategorizácia strát podľa frekvencie nevystihuje správne povahu strát, keďže nie vždy je príčinou strát vysoká alebo nízka frekvencia, ale môže to byť krátka alebo dlhá vlnová dĺžka signálu zaznamenaného na nosiči. Inými slovami o frekvenčných stratách môžeme hovoriť len v *záznamovej* alebo *snímačej hlave*. Ostatné straty majú povahu strát z dôvodu *vlnovej dĺžky* zaznamenaného signálu. Jedny aj druhé ovplyvňujú amplitúdovú a fázovú charakteristiku záznamového zariadenia.

### 4.3.1. Straty na krátkych vlnových dĺžkach

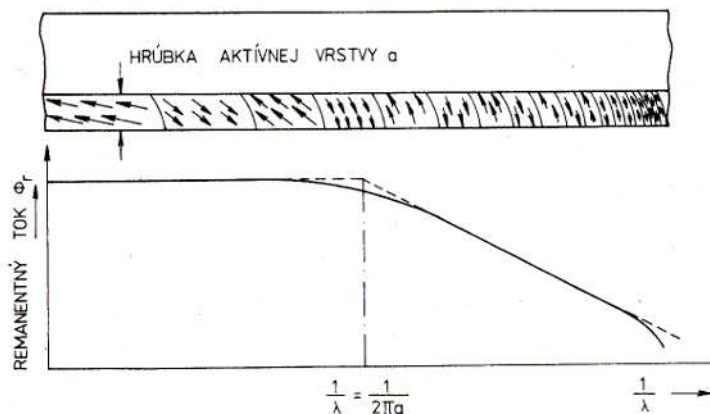
#### a) Straty vírivými prúdmi

Tieto straty môžeme charakterizovať ako frekvenčné straty. Prejavujú sa v záznamovej aj snímačej hlave. Príčinou je vznik vírivých prúdov v materiáli jadra v oblasti vysokých frekvencií. Vírivé prúdy znižujú výsledný magnetický tok, inými slovami: na dosiahnutie takého istého toku v záznamovej hlave vyžaduje sa väčší magnetizačný prúd. Energetický rozdiel predstavuje výkon „strávený“ v materiáli jadra. Veľkosť vírivých prúdov bude tým menšia, čím bude elektrický odpor materiálu jadra väčší. Ak sa jadro skladá z valcovaných magnetických plechov, potom možno znížiť straty zmenšením hrúbky plechu.

V snímačej hlave zapríčiňuje tento jav vytlačanie magnetického poľa na povrch materiálu, čiže zväčšuje magnetický odpor a v konečnom dôsledku spôsobuje pokles indukovaného napätia na hornom okraji prenášaného pásma.

### b) Straty zapríčinené hrúbkou nosiča

V kapitole 4.1. sme hovorili, že zaznamenaný nosič si môžeme predstaviť ako postupnosť elementárnych magnetov v tvare rotačného elipsoidu (alebo schematicky malých tyčových magnetov) s dĺžkou, ktorá sa rovná polovici vlnovej dĺžky signálu. Pri nízkych frekvenciách signálu (napr. 100 Hz) je dĺžka týchto elementárnych magnetov rádu 1 cm. Na vysokých frekvenciách (napr. 100 kHz) už sú to len desiatky mikrometrov (10  $\mu\text{m}$ ). Hrúbka aktívnej vrstvy nosiča sa pohybuje tiež v intervale niekoľkých desiatok  $\mu\text{m}$  (od 10  $\mu\text{m}$  do 50  $\mu\text{m}$ ). Na dlhých vlnových dĺžkach platí táto predstava, t. j. že elementárne magnety, resp. vektory ich magnetizácie, ležia rovnobežne s osou nosiča (pozri obr. 4.10) a celý remanentný tok sa prejavuje ako vonkajší tok, ktorý sa používa na indukovanie napätia pri snímaní. Naproti tomu na krátkych vlnových dĺžkach, t. j. kde je  $\lambda$  porovnateľná s hrúbkou aktívnej vrstvy nosiča  $h$ , magnetizujú sa častice nosiča aj v iných smeroch (vplyv iného rozloženia poľa záznamovej hlavy) a výsledné zoskupenie elementárnych magnetov sa odchyľuje od axiálneho. Tým aj časť elementárnych magnetov na



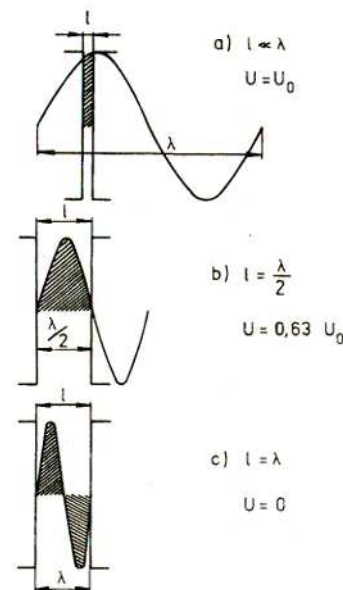
Obr. 4.10. Priebeh magnetizácie aktívnej vrstvy a výsledný vonkajší tok ako funkcia  $1/\lambda$

rozhraní, kde sa otáča fáza, uzatvára svoje toky vnútri nosiča. Vonkajší remanentný tok mení fázu, a v absolútnej hodnote sa smerom ku kratším vlnovým dĺžkam znižuje tak, ako to znázorňuje obr. 4.10. Tento druh strát sa tiež niekedy nazýva *straty vlastnou demagnetizáciou*.

### c) Straty v štrbine snímačej hlavy

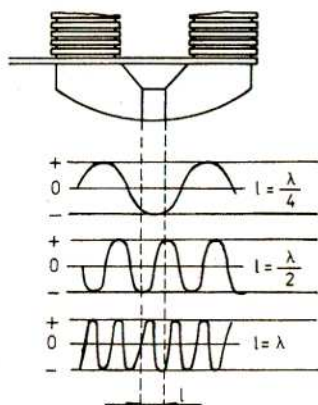
Tieto straty zapríčiňuje konečný rozmer — šírka štrbiny snímačej hlavy. Na vysvetlenie dobre poslúži analógia snímania opticky zaznamenatej sínusoidy zvukového signálu (napr. vo filme). Predstavme si, že na sínusoidu pohybujúcu sa pred štrbinou budeme pozerat cez štrbinu snímačej hlavy šírky  $l$ . Kým je vlnová dĺžka sínusoidy  $\lambda$  omnoho väčšia ako šírka štrbiny  $l$ , môžeme považovať „videný“ úsek v celej šírke štrbiny za konštantný, t. j. snímaná informácia nám dáva veľkosť amplitúdy v danom bode. Ak  $\lambda$  možno porovnať s rozmerom  $l$  (napr. pri  $l = \lambda/4$ ), potom informácia, ktorú dostávame zo štrbiny, nehovorí o okamžitej hodnote amplitúdy, ale dáva nám strednú hodnotu sínusoidy. Pri  $l = \lambda/2$  je to stredná hodnota polovice sínusoidy, t. j.  $2/\pi$  — násobok amplitúdy alebo hodnota menšia asi o 4 dB (pozri obr. 4.11b).

Ak ďalej klesá vlnová dĺžka, začína rýchly pokles strednej hodnoty, keďže od kladnej plochy sa začína odčítavať záporná. Pri vlnovej dĺžke  $\lambda$  rovnajúcej sa šírke štrbiny, čiže  $\lambda = l$ , bude stredná hodnota nulová, keďže



Obr. 4.11. Štrbinový (apertúrový) efekt pri šírke štrbiny  $l$

vplyv kladnej i zápornej plochy je rovnaký a vzájomne sa rušia (obr. 4.9c). V prípade optického snímania ide o výsledný svetelný tok; v prípade snímania snímacou hlavou ide o výslednú hodnotu magnetického toku v jadre snímačej hlavy (pozri obr. 4.12).



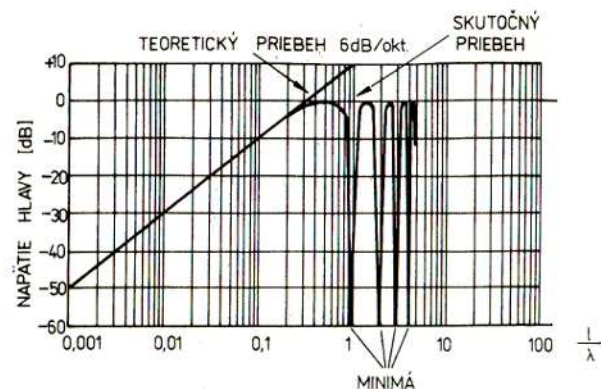
Obr. 4.12. Straty v štrbine snímačej hlavy so šírkou štrbiny  $l$

Ako sme už spomínali, pri vlnovej dĺžke  $\lambda$ , rovnajúcej sa šírke štrbiny snímačej hlavy, bude snímané napätie nulové. Pri ďalšom znižovaní  $\lambda$  bude síce indukované napätie narastať, ale pri  $l = 2\lambda$ ,  $3\lambda$  bude opäť nulové. Dá sa odvodiť vzťah, podľa ktorého priebeh indukovaného napätia je úmerný funkcii.

$$\frac{\sin \frac{\pi l}{\lambda}}{\frac{\pi l}{\lambda}}$$

Táto funkcia sa niekedy nazýva štrbinová funkcia.

Na obr. 4.13 je priebeh snímaného napätia ovplyvnený v oblasti malých vlnových dĺžok štrbinovými stratami. Treba poznamenať, že praktický význam v magnetickom zázname má len tá časť priebehu, kde  $\lambda > l$ . V snímacích hlavách používaných zariadení býva šírka štrbiny niekoľko mikrometrov. Keď hovoríme o šírke štrbiny, nemáme na mysli



Obr. 4.13. Vplyv štrbinového efektu na snímané napätie

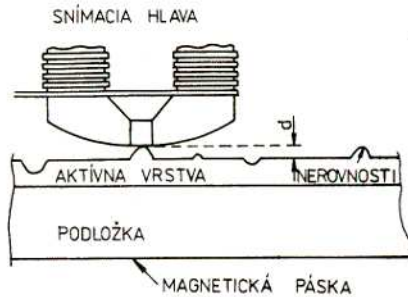
geometrickú šírku, t. j. geometrickú vzdialenosť pólových nástavcov, ale skutočnú alebo efektívnu šírku štrbiny. Táto sa líši od geometrickej šírky tým, že zahŕňa v sebe aj vplyvy pôsobiace na výsledné magnetické pole štrbiny. Tieto vplyvy sú napr. tvar a hrany pólových nástavcov, jemnosť opracovania povrchu, zmena magnetických vlastností štrbiny zapríčinená brúsením a pod. Efektívna šírka štrbiny je asi o 15 % väčšia ako geometrická.

#### d) Straty spôsobené vzdialenosťou nosiča od hlavy

Experimentálne bolo dokázané [12], že vzdialenosť magnetického nosiča  $d$  od štrbiny hlavy spôsobuje straty vyjadrené v dB podľa vzorca

$$\text{straty [dB]} = 55 \frac{l}{\lambda}$$

Tak napr. pri vlnovej dĺžke  $\lambda = 10 \mu\text{m}$  stačí čiastočka prachu s rozmerom  $10 \mu\text{m}$  na to, aby spôsobila stratu zaznamenaného signálu o 55 dB, čiže prakticky „vypadnutie“ záznamu. Z toho taktiež vyplývajú požiadavky jednak na „čistotu“ pri práci s magnetickým nosičom a jednak na kvalitu povrchu aktívnej vrstvy nosiča (hladkosť), ak ide o záznam na krátkych vlnových dĺžkach (pozri obr. 4.14).



Obr. 4.14. Vplyv nerovnosti a nečistôt pásky na vzdialenosť hlavy od nej

### e) Straty vyvolané šikmým nastavením hláv

Tieto straty vznikajú nepresnosťou transportného mechanizmu. Ak nie sú osi štrbín záznamovej a snímacej hlavy vzájomne rovnobežné, vzniká úbytok indukovaného napätia pri snímaní najmä na krátkych vlnových dĺžkach. Prakticky to znamená, že hlavy (resp. osi ich štrbín) majú byť kolmé na smer pohybu pásky a vzájomne rovnobežné; pri odchýlke od rovnobežnosti o uhol  $\alpha$  vznikajú straty podľa nasledujúceho vzťahu:

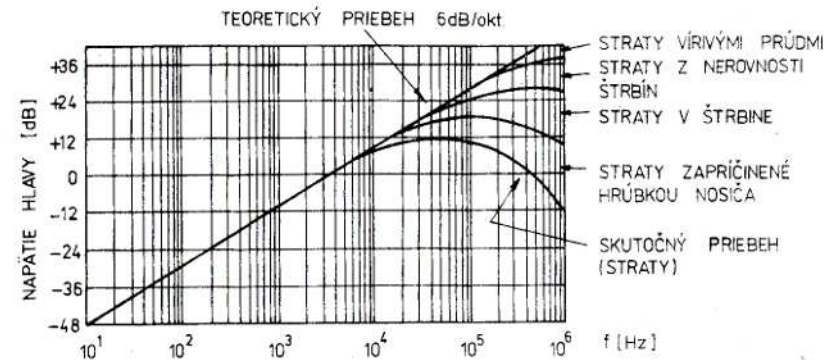
$$\text{straty [dB]} = 20 \log \frac{\sin \frac{\pi s \operatorname{tg} \alpha}{\lambda}}{\frac{\pi s \operatorname{tg} \alpha}{\lambda}}$$

kde  $s$  je šírka stopy,

$\alpha$  — uhol odchýlky,

$\lambda$  — dĺžka vlny.

Pri širokých stopách a malých vlnových dĺžkach (pomer  $s/\lambda$ ) môže aj pomerne malá odchýlka od kolmosti znamenať stratu na týchto vlnových dĺžkach. To je prípad pri zázname na celú stopu (6,25 mm) v štúdiových magnetofónoch. Naproti tomu pri viacstopových hlavách (napr. 14 stôp na páse šírky 25,4 mm), kde šírka stopy je asi 1 mm, nie je nastavovanie kolmosti také kritické a obyčajne sa vystačí s toleranciami platnými pre nastavenie (kolmosti) všetkých prvkov transportného mechanizmu podľa výrobcu. V oblasti záznamu analógových meracích signálov sa spravidla nenastavujú kolmosti hláv v úzkom a strednom pásme (pozri kapitolu



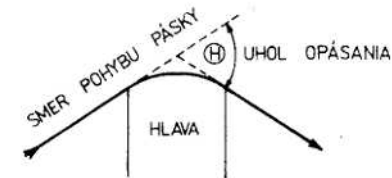
Obr. 4.15. Odchýlka priebehu napätia z hlavy od ideálnej priamky zapríčinená stratami pri krátkych vlnových dĺžkach

o normalizácii v zázname analógových signálov). Iba v širokom pásme sa predpokladá aj dodatočné nastavovanie kolmosti hláv u používateľa.

Ak zhrnieme všetky straty na krátkych vlnových dĺžkach, o ktorých sme hovorili v časti 4.3.1, a vynesieme ich graficky, dostaneme skutočný priebeh snímaného napätia v procese záznam–snímanie tak, ako to ukazuje obr. 4.15.

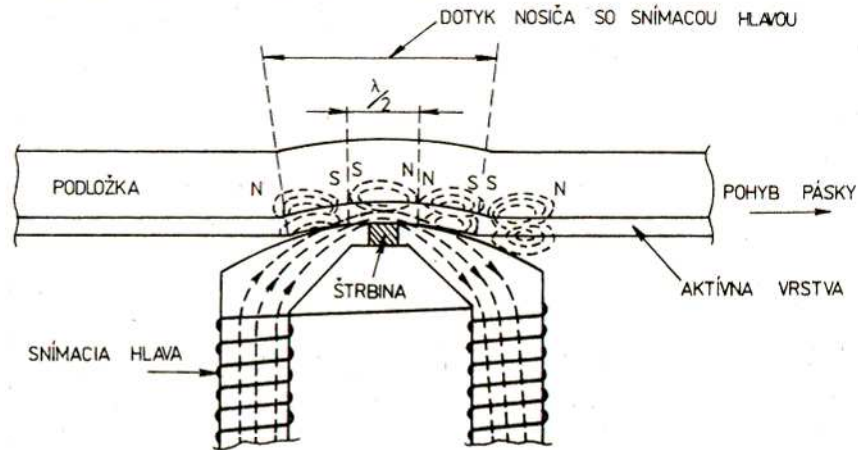
### 4.3.2. Straty na dlhých vlnových dĺžkach

Tieto straty vznikajú pri snímaní v nízkofrekvenčnej oblasti. Začínajú sa uplatňovať vtedy, keď polovica vlnovej dĺžky záznamového signálu ( $\lambda/2$ ) sa môže porovnať, alebo je ako dĺžka dotyku nosiča so snímacou hlavou  $d$ , t. j. platí  $\lambda/2 \geq d$ . Dĺžka dotyku nosiča s hlavou sa nazýva opásanie a závisí od uhla, pod ktorým pás nabieha a opúšťa hlavu tzv. uhla opásania (obr. 4. 16).

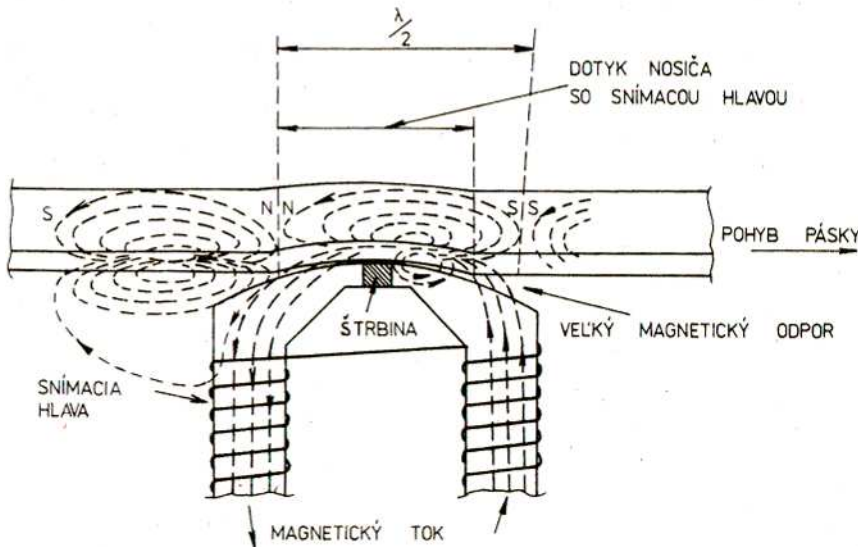


Obr. 4.16. Uhol opásania hlavy

Tieto straty sa niekedy nazývajú aj ako straty vplyvom opásania a prejavujú sa poklesom a zvlnením priebehu indukovaného napätia v snímačej hlave v nízkofrekvenčnej oblasti, t. j. snímané napätie nesleduje ideálny priebeh poklesu 6 dB/okt.



Obr. 4.17a. Snímanie krátkych vlnových dĺžok



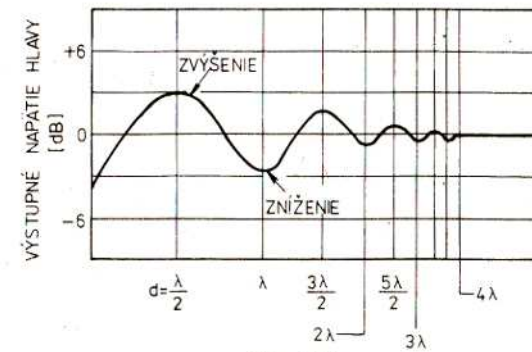
Obr. 4.17b. Snímanie dlhých vlnových dĺžok

Na obr. 4.17a vidíme pomery pri snímaní krátkych vlnových dĺžok, t. j. takých, že platí  $\lambda/2 \ll d$ . V tomto prípade siločiar, ktoré vychádzajú zo severného pólu elementárneho magnetu dĺžky  $\lambda/2$ , prechádzajú cez oblasť opásania do jadra, pretínajú obidve vinutia a vracajú sa druhým pólovým nástavcom. Siločiar susedných magnetov sa uzatvárajú cez póly jadra hlavy a nepretínajú vinutia. Vtedy siločiar činného elementárneho magnetu sa uzatvárajú cez nízky magnetický odpor v oblasti opásania.

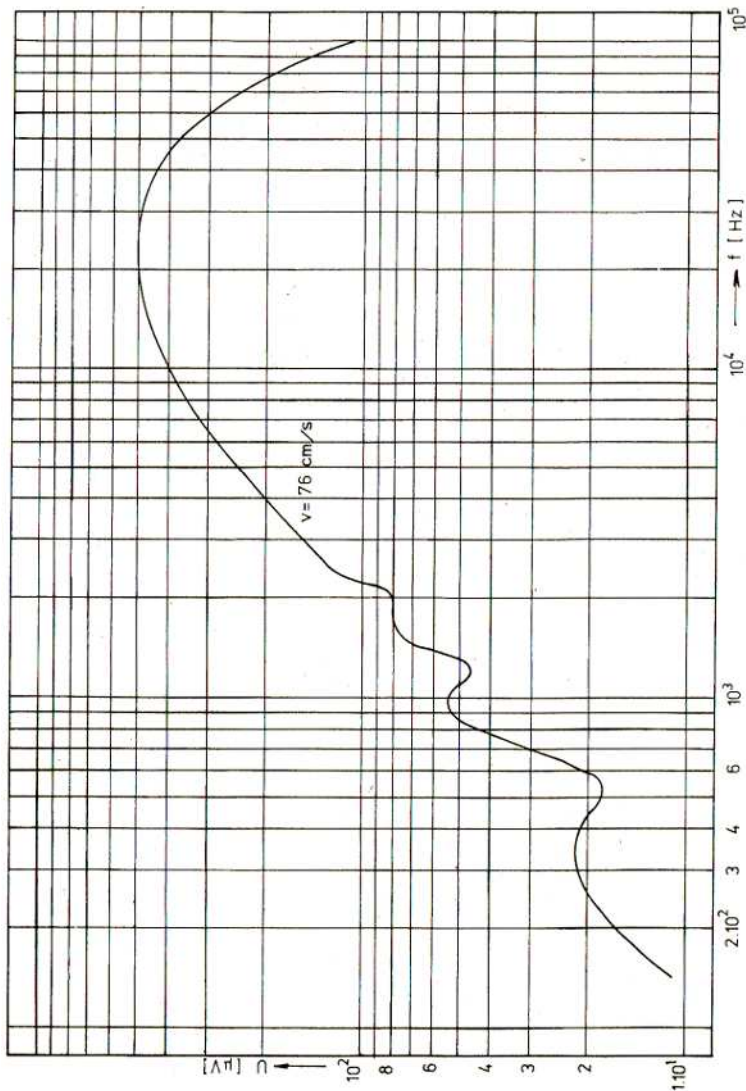
Naproti tomu iné pomery nastanú pri snímaní dlhých vlnových dĺžok, t. j. takých, kde platí  $\lambda/2 > d$  (obr. 4.17b).

Keďže dĺžka elementárneho magnetu je väčšia ako oblasť opásania, medzi nosičom a hlavou sa objavuje vzduchová medzera s veľkým magnetickým odporom (malou permeabilitou). Časť siločiar vôbec nepretína vinutie hlavy a uzatvára sa cez pólový nástavec. Naproti tomu časť siločiar susedného elementárneho magnetu sa uzatvára cez jedno vinutie hlavy. Výsledné indukované napätie je dané súčtom indukovaných napätí rôznych fáz a podľa toho, ako sa mení pomer  $\lambda/2:d$ , bude výsledné napätie snímačej hlavy mať periodický priebeh. Na obr. 4.18 je teoretický priebeh zvlnenia snímaného napätia v závislosti od pomeru  $d/\lambda$ .

Ako sme už spomínali, tieto straty sa prejavujú na dlhých vlnových dĺžkach, t. j. v zariadeniach, ktoré pracujú s vysokými rýchlosťami a zaznamenávajú nízke frekvencie (napr. pri  $v = 76,2 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  a  $f = 15 \text{ Hz}$  je  $\lambda/2 = 25 \text{ mm}$ ). Splniť požiadavku  $d = \lambda/2$  na týchto vlnových dĺžkach by znamenalo zväčšiť geometrické miery hlavy, čo vedie k iným závažnejším nedostatkom a je technicky neúnosné. Keďže korekciami v snímacom



Obr. 4.18a



Obr. 4.18. Zvlnenie snímaného napätia z hlavy pri dlhých vlnových dĺžkach

zosilňovači prakticky nemožno odstrániť spomínané zvlnenie, výrobcovia hláv sa snažia voliť správny tvar zaoblenia hlavy a súčasne odporúčajú určitý uhol opásania, ktorý „zmierňuje“ zvlnenie na únosnú mieru. Obyčajne to býva kompromis medzi veľmi malým uhlom opásania, ktorý znižuje citlivosť na kratších vlnových dĺžkach (napr.  $\Theta = 6^\circ$ ), a veľmi veľkým uhlom opásania ( $\Theta = 45^\circ$ ), ktorý spôsobuje veľké zvlnenie na nízkych frekvenciách. Zvlnenie amplitúdovej charakteristiky vidno na obr. 4.18.

#### 4.4. KOREKCIE

Korekcie v procese záznamu a snímání upravujú amplitúdovú a fázovú frekvenčnú charakteristiku záznamového a snímacieho zosilňovača tak, aby sa signál na výstupe záznamového zariadenia podobal signálu dodávanému na vstup.

Pri priamom zázname s vf predmagnetizáciou (záznam D) sa kladie dôraz na vernosť prenosu amplitúdy a fázy. Naproti tomu v prípade záznamu s frekvenčnou moduláciou (FM) bez predmagnetizácie nezáleží na presnosti amplitúdy. Podobne je to aj pri impulzných záznamoch so saturáciou, kde sa hlavný dôraz kladie na fázovú vernosť vstupného a výstupného signálu. Z toho vyplýva, že korekciu treba voliť podľa týchto hľadísk.

##### 4.4.1. Korekcie amplitúdy

Ak zaznamenávame vstupný signál s konštantným záznamovým prúdom, priebeh napätia zo snímačej hlavy v závislosti od frekvencie bude podľa obr. 4.19. Tu sú zahrnuté aj straty ovplyvňujúce tento priebeh v oblasti nízkych a vysokých frekvencií. Na prvý pohľad by sa zdalo, že stačí navrhnuť snímací zosilňovač tak, aby priebeh jeho zosilnenia v závislosti od frekvencie mal inverzný tvar k tvaru snímaného napätia. Ak by sme chceli všetky straty kompenzovať len na strane snímání, viedlo by to k veľkým nárokom na snímací zosilňovač, resp. na jeho parametre (odstup rušivých napätí a nelineárne skreslenie). Požiadavka zdvíhať nízkofrekvenčné zložky (môžu to byť len desiatky  $\mu\text{V}$ ) má nepriaznivý vplyv na odstup signálu od rušivých napätí, keďže pri nej sa zosilňujú aj rušivé napätia v okolí sieťovej frekvencie 50 Hz. Podobne je to aj na vysokých frekvenciách, kde sa k nepriaznivému odstupu pridružuje ešte