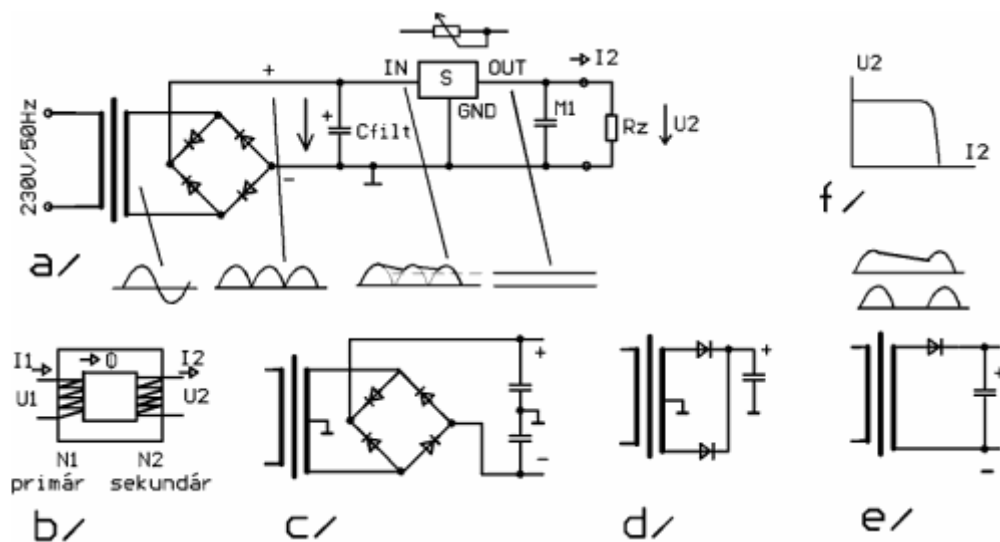


# Zdroje napětí /Vlček/

## Klasické napájecí zdroje

Tyto zdroje nejprve transformují síťové napětí na potřebnou menší hodnotu. Dále jej usměrní, filtrují a stabilizují.



Obrázek č. 1

Obrázek č. 1

a/ Blokové schéma klasického napájecího zdroje

b/ Princip transformátoru

c/ Zdroj symetrického napětí

d/ Dvoucestný usměrňovač

e/ Jednocestný usměrňovač, průběh výstupního napětí bez filtračního kondenzátoru a s filtračním kondenzátorem (nahore)

f/ Zatěžovací charakteristika stabilizovaného zdroje s proudovou pojistkou

K usměrňování nejčastěji používáme můstkový (Gratzův) usměrňovač (obr. 1a, čtveřice diod). Vyrábí se také jako jedna součástka. Na jeho výstupu je dvoucestně usměrněné napětí (záporná půlvlna se překlopí do kladné poloviny, kmitočet zvlnění je 100 Hz.) Stejně vlastností má i dvoucestný usměrňovač (obr. 1d). Používá se méně často, dvojitá vinutí na transformátoru je zbytečně nákladné. Na obr. 1c je zdroj symetrického (kladného i záporného) napětí s můstkovým usměrňovačem.

**Jednocestný** usměrňovač používáme jen v nenáročných aplikacích a pro velmi malý odběr proudu. Do zátěže z něj jde proud pouze v jedné půlvlně napájecího napětí. Proto je výstupní napětí značně zvlněné, kmitočet zvlnění je 50 Hz.

Výstupní napětí z usměrňovače filtruje elektrolytický **filtrační kondenzátor**. Slouží jako zásoba energie při poklesu střídavého napětí k nule. Čím větší je jeho kapacita, tím lépe je výstupní napětí vyhlazené. **Čím větší proud ze zdroje odebíráme, tím větší musí být tato kapacita.** Doporučuje se ji volit **1 až 2 mF na každý ampér** odebíraného proudu.

Napětí na sekundárním vinutí transformátoru udáváme, jak je obvyklé, v efektivní hodnotě. Filtrační kondenzátor se nabíjí na maximální hodnotu tohoto napětí, které je  $\sqrt{2}$  krát větší. Od tohoto napětí odečteme předpokládaný úbytek napětí na usměrňovači. U můstkového usměrňovače pracují vždy 2 diody v sérii, na každé diodě se ztrácí zhruba 0,7 V (viz VA charakteristika diody).

Příklad: Na sekundárním vinutí transformátoru jsme naměřili 14 V. Jaké bude napětí na filtračním kondenzátoru? (Předpokládáme, že zdroj je zatížen proudem desítek až stovek miliampér)

$$U_C = 14 \cdot \sqrt{2} - 1,4 = 18,6 \text{ V}$$

## Transformátor

Transformátor má **dvě vinutí navinutá na společném jádře**. Prochází-li vinutím  $L_1$  **proud, vytváří magnetické pole**. Jeho **magnetický tok  $\Phi$**  ve vinutí  $L_2$  **indukuje napětí** (viz obr. 1b). Toto napětí je přímo úměrné počtu jeho závitů.

Vinutí, do kterého proud přichází, nazýváme **primární vinutí**. Vinutí, ze kterého proud odebíráme, nazýváme **sekundární vinutí**.

$$\text{Platí, že: } U_2/U_1 = N_2/N_1$$

$N_1$	počet závitů primárního vinutí
$N_2$	počet závitů sekundárního vinutí
$U_1$	napětí na primárním vinutí
$U_2$	napětí na sekundárním vinutí

$$\text{Dále platí zákon zachování energie: } I_1 U_1 = I_2 U_2$$

$I_1$	proud primárním vinutím
$I_2$	proud sekundárním vinutím

Výše uvedený vztah platí pro **bezeztrátový transformátor**. (U skutečného transformátoru závisí ztráty na jeho velikosti, velké transformátory mají účinnost max. 98 %, ty nejmenší (1 W) okolo 60 - 70 %).

**Transformátory slouží k přeměně velikosti střídavého napětí** (stejnoseměrné napětí transformovat nelze). Jsou nepostradatelné při rozvodu elektrické energie. Na větší vzdálenosti se elektrická energie vede ve formě vysokého napětí (220 kV, 110 kV, 22 kV). Proud je potom menší, a tím i ztráty na vedení. Vysoké napětí je dále transformováno na 230 V. Chceme-li z tohoto napětí získat menší, musíme opět použít transformátor. Ten zároveň slouží ke galvanickému oddělení spotřebičů od sítě, což zajišťuje větší bezpečnost obsluhy.

Transformátor je nejlépe koupit hotový. Máme tak zajištěno dodržení bezpečnostních předpisů (zkušební napětí mezi primárním a sekundárním vinutím je 2,5 nebo 4 kV). Výstupní proud a napětí musí odpovídat našim požadavkům.

## Určení vlastností neznámého transformátoru

Životnost transformátorů je výrazně delší než morální a fyzická životnost většiny elektrotechnických zařízení. Při likvidaci starých přístrojů si je většinou proto necháváme k případnému dalšímu použití.

Chceme-li použít v nějaké aplikaci transformátor, jehož vlastnosti přesně neznáme, doporučuji následující postup:

1. Prohlédnout si transformátor, zda obsahuje **identifikační štítek** s popisem svorek, připojených napětí, nebo počtů závitů jednotlivých vinutí a jejich průměrů. V případě, že nikoliv, musíme jeho parametry určit sami následujícím způsobem.
2. **Odhadneme výkon** podle průřezu jádra  $S_{\text{jádra}} (\text{cm}^2) = \sqrt{P}$ , zda je transformátor vhodný pro předpokládané použití.
3. Změříme ohmetrem,  **které vývody k sobě patří**. S největší pravděpodobností **vinutí s největším odporem je primární vinutí**, obvykle je vespod cívky. (Toto nemusí platit u velmi starých lampových zařízení, kde na sekundárním vinutí bývalo až 300 V, jeho odpor byl srovnatelný s primárním vinutím). Pokud je sekundární vinutí dimenzováno na malé napětí, může být jeho odpor téměř rovný zkratu.
4. K vývodům předpokládaného primárního vinutí připojíme **opatrně síťové napětí**. Doporučuji použít síťovou šňůru (ne 2 vodiče s banánky) a přívody oddizolovat bužírkou nebo izolační páskou proti náhodnému dotyku.
5. Necháme transformátor **chvíli zapnutý**. Kontrolujeme, jestli se jádro nebo vinutí nezahřívá. Pokud ano, není transformátor pravděpodobně dimenzován na síťové napětí (viz obr. 2b). Pravděpodobnost mezizávitového zkratu (který se rovněž projevuje nadměrným zahříváním) je minimální u profesionálně navinutých transformátorů, které nebyly mechanicky poškozeny.
6. Změříme **napětí naprázdno** na sekundárních vinutích transformátoru. Má-li transformátor více sekundárních vinutí, můžeme vhodným spojením vinutí získat buď součet nebo rozdíl jejich napětí. (Zapojíme-li transformátor tak, abychom získali rozdíl obou napětí, zvětší se oproti běžnému zapojení s jedním vinutím vnitřní odpor transformátoru).
7. **Zatížíme** sekundární vinutí transformátoru vhodným rezistorem. Změříme **pokles napětí**. Vypočítáme vnitřní odpor transformátoru. Odhadneme, zda je vhodný pro naši aplikaci, zda je schopen dávat **potřebný proud při malém poklesu napětí**. Při velkém poklesu napětí rostou ztráty na transformátoru a nelze jej použít.

# Měniče napětí a spínané zdroje

Účinnost klasických zdrojů není příliš velká (např. pro 5V zdroj je to pouze 30 %). Jedná se o velká a těžká zařízení s masivním transformátorem a rozměrným chladičem. Moderní technika je proto nahrazuje měniči a spínanými zdroji. Ty mají účinnost zhruba 80 % a daleko menší rozměry.

Měniče slouží k přeměně stejnosměrného napětí na jinou hodnotu, případně ke změně jeho polarity. Můžeme je použít v kombinaci s klasickým stabilizátorem k vytvoření napájecího zdroje. Rovněž je využíváme v zařízeních, která jsou napájena z baterií, u kterých je důležitá maximální účinnost. Z jednoho zdroje v nich často potřebujeme vytvořit různá napětí.

V těchto obvodech používáme integrované obvody, které řídí spínací výkonové prvky S (tranzistory MOS). Tyto obvody obsahují **zdroj referenčního napětí, zesilovač odchylky** a další pomocné obvody. Činnost těchto obvodů se odehrává na kmitočtech vyšších než 20 kHz (aby nebylo slyšet pískání). Obvyklý provozní kmitočet je **100 až 200 kHz**. Potřebujeme zde rychlé Schottkyho diody, kvalitní filtrační kondenzátory (malý sériový odpor) a feritové tlumivky.

Pro pochopení jejich funkce si zopakujeme vlastnosti cívek a kondenzátorů, což jsou součástky schopné akumulovat elektrickou energii. **Napětí na kondenzátoru a proud tekoucí cívkou** mají vždy **spojitý průběh**. Po přerušení proudu v obvodu s indukčností na ní vzniká napětí opačné polarity. Proud tekoucí cívkou nemůže náhle zaniknout.

## Snižující měnič (obr. 6a)

Při sepnutí spínače se nabíjí kondenzátor a roste proud tekoucí cívkou. Až napětí dosáhne potřebné výstupní úrovně, spínač se rozepne. Proud tekoucí cívkou se začne uzavírat přes rekuperační diodu. Proud cívkou klesá, kondenzátor se vybíjí do zátěže. Až výstupní napětí klesne, řídicí logika opět sepne spínač a celý cyklus se opakuje. Oproti výše popsanému stabilizátoru má tento obvod výrazně menší ztráty. Na spínacím prvku jsou vždy mnohem menší ztráty než na proměnném odporu.

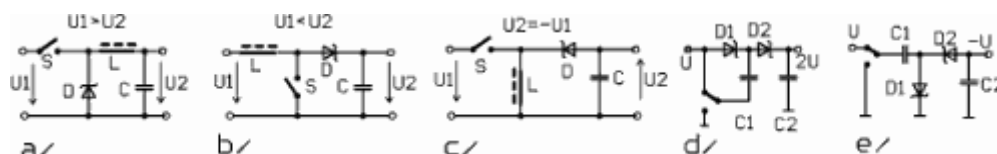
Zjednodušeně řečeno, princip řídicího obvodu je podobný zapojení z obr. 4d, pouze místo zesilovače je zde **komparátor**, který výkonový prvek **zapíná** a **vypíná**. Doba, kdy je spínač sepnut, je tím větší, čím větší je odběr zátěže. Tento způsob regulace se nazývá **pulsní šířková modulace (PWM)**.

## Zvyšující měnič (obr. 6b)

Nejprve se kondenzátor při rozepnutém spínači nabije na napětí  $U_1$ . Při sepnutí spínače roste proud tekoucí cívkou. Po určité době, aby se cívka nepřesýtila, se spínač rozepne. Na cívce se indukují napětí, které se přičítá ke vstupnímu napětí  $U_1$ . Proud tekoucí cívkou potom musí téct přes diodu, nabíjí kondenzátor a teče do zátěže. Proud cívkou postupně klesá, kondenzátor se vybíjí do zátěže. Až napětí klesne pod předem nastavenou hodnotu, řídicí logika opět zapne spínač a celý cyklus se opakuje.

## Invertující měnič (obr. 6c)

Při sepnutí spínače roste proud tekoucí cívkou. Potom se spínač rozezne. Na cívce se indukuje napětí opačné polarity. Proud tekoucí cívkou se začne uzavírat přes rekuperační diodu. Kondenzátor se nabije záporným napětím. Účinnost tohoto měniče je maximálně 60 %.



Obrázek č. 6

Obrázek č.6

a/ snižující měnič

b/ zvyšující měnič

c/ invertující měnič

d/ zdvojovač napětí

e/ zdroj záporného napětí

### Zdvojovač napětí (obr. 6d)

Pro malý odběr proudu (do 20 mA) lze použít zdvojovač napětí bez cívek. Kondenzátor  $C_1$  se uzemní a přes diodu  $D_1$  se nabije na napětí  $U$ . Přepnutím spínače do horní polohy se jeho napětí zdvojnásobí. Přes diodu  $D_2$  se nabije kondenzátor  $C_2$ . Jako spínací obvod často používáme astabilní multivibrátor s obvodem NE 555.

Přepínáním spínače vzniká na kondenzátoru  $C_1$  záporné napětí, kterým se nabíjí kondenzátor  $C_2$ . Výstupní napětí všech výše uvedených obvodů je mírně **zvlněné**. Pro náročnější aplikace jej musím filtrovat pomocí **LC filtrů**. Vzhledem k vysokému kmitočtu spínání jsou indukčnost, kapacita i rozměry těchto filtrů velmi malé.

### Spínané zdroje

**Rozměry a hmotnost transformátoru jsou tím menší, čím větší je pracovní kmitočet.**

Zvýší-li se např. z 50 Hz tisíckrát, rozměry transformátoru je možné zmenšit třicetkrát.

Síťové napětí proto nejdříve **usměrníme** můstkovým usměrňovačem, **filtrujeme** kondenzátorem a poté pomocí spínacího obvodu převedeme na **kmitočet 100 až 200 kHz**.

Malým transformátorem s feritovým jádrem jej **transformujeme**, rychlými Schottkyho diodami jej **usměrníme** a kvalitním kondenzátorem nebo LC filtrem **vyhladíme**.

U těchto zdrojů se obejdeme bez výše popsaného stabilizátoru napětí. **Velikost výstupního napětí můžeme řídit střídou impulsů**, které spínají spínač.

Výše uvedený vztah mezi napětími a počty závitů primárního a sekundárního vinutí transformátoru platí v trochu upravené podobě:

$$U_2/U_1 = (N_2/N_1) \cdot (t_a/t_b),$$

kde  $t_a$  je doba, kdy spínací prvek je sepnut a  $t_b$  doba, kdy spínací prvek je rozeznut (viz obr. 7b).

Je-li výstupní napětí příliš malé, řídicí obvod prodlouží dobu  $t_a$ . Při větším napětí na výstupu ji naopak zkrátí. Tento způsob řízení výstupního napětí je bez ztrát tepla. Stabilizátor pracuje s velkým rozsahem vstupních napětí, nevadí mu přepětí ani podpětí v síti.

Obvod řízení zajišťuje **galvanické oddělení** výstupního napětí od sítě. Musí obsahovat buď pomocný transformátor nebo optický vazební člen. Dále obsahuje **ochranu proti zkratu na výstupu**. V takovém případě se spínání zastaví. Takový zdroj obvykle píská v akustickém pásmu, obvod se stále pokouší nastartovat. Další obvody zajišťují pomalý **náběh při zapnutí**.

Ve spínaných zdrojích je velké množství železa (trafoplechy), mědi (vinutí trafo) a hliníku (chladič) nahrazeno moderními integrovanými obvody. Pro jejich vysokou účinnost a malé rozměry již téměř ve všech aplikacích nahradily klasické zdroje. Dokladem toho jsou třeba nabíječky k mobilním telefonům, na kterých tento trend názorně vidíme.

Jejich výrobní cena je při velkých sériích příznivá, jejich vývoj je ale náročný, nelze je doporučit pro amatérské konstrukce. Zatímco postavit klasický zdroj zvládne i začátečník.

Pokud potřebujeme takový zdroj opravit, doporučuji nejprve zkontrolovat jeho síťovou část. 90 % závad tvoří přepálená síťová pojistka, zničený usměrňovač, spínací tranzistor nebo termistor. Ten zachytává proudovou špičku při zapnutí, kdy se filtrační kondenzátor nabíjí (odpor termistoru je velký za studena, při jeho zahřátí se zmenší a termistor se již v obvodu neuplatní).

Pokud není závada zde, doporučuji zdroj vyměnit za nový nebo jej nechat odborně opravit. Pokus o nalezení závady v sekundární části obvodu je časově velmi náročný.

Rychlé spínání na vysokých kmitočtech by mohlo být zdrojem **rušení**. Každý spínaný zdroj musí být proto dobře odrušen. V jeho síťovém přívodu je zapojen **LC filtr**, proti vyzařování jej umístíme do plechové krabičky.

