

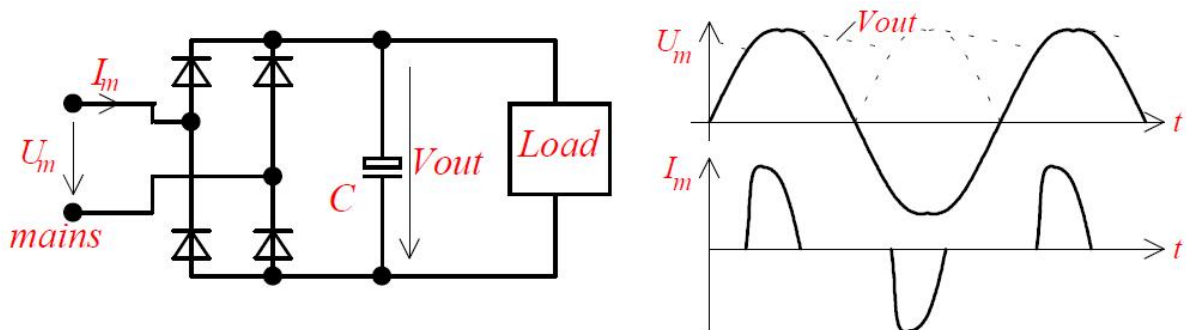
Řízení účinníku

Evropské standardy EN61000-3-2 definují limity vyšších harmonických proudů sítě. To se týká zařízení, která mohou být prodávána veřejným zákazníkům a mají příkon $\geq 75\text{W}$ (zvláštní regulace viz EN61000-3-2). Některé limitní hodnoty z této normy jsou uvedeny v tabulce 1. V praxi tento standard znamená, že pro mnoho aplikací není síťový usměrňovač s filtrem dovolen z důvodu množství harmonických (viz obr. 1).

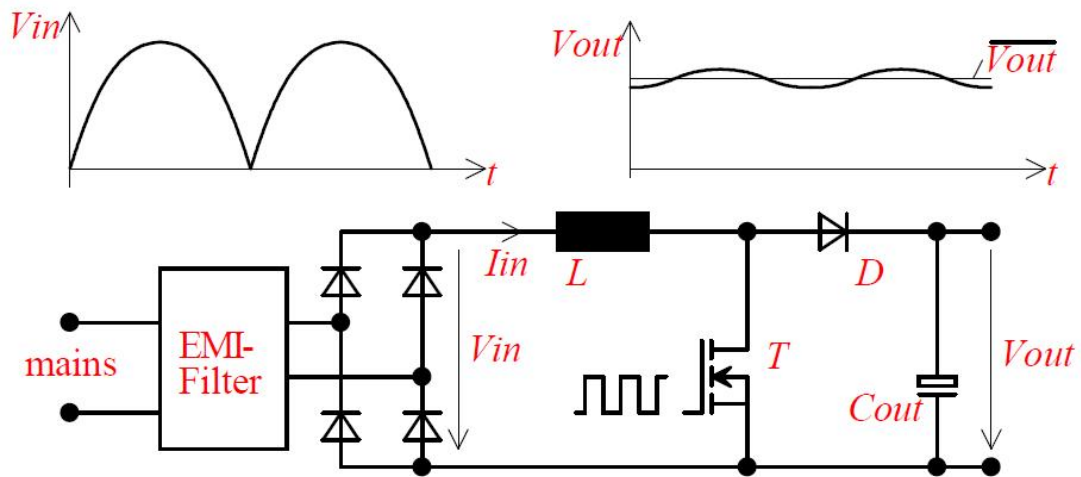
harmonic-order n	input power 75 to 600W	input power >600W
	maximum value of harmonic current per Watt (mA/W) / maximum (A)	maximum value of harmonic current (A)
3	3,4 / 2,30	2,30
5	1,9 / 1,14	1,14
7	1,0 / 0,77	0,77
9	0,5 / 0,4	0,40
11	0,35 / 0,33	0,33

Tabulka 1: Limity efektivní hodnoty proudů vyšších harmonických v proudu sítě

Abychom udrželi síťový proud přibližně sinusový, můžeme použít zvyšující měnič (viz obr. 2). V tomto případě je takový zvyšující měnič nazýván **Power Factor Pre-regulator (PFC)**. V porovnání s běžným zvyšujícím měničem je PFC řízen odlišně: Výstupní napětí je vyšší než vstupní napětí jako u zvyšujícího měniče, ale tranzistor je zapínán a vypínán takovým způsobem, aby bylo dosaženo vstupního sinusového proudu místo přesně konstantního výstupního napětí. Tranzistor je řízen tak, že proud induktoru $I_L(t)$ sleduje tvar usměrněného vstupního napětí $V_{in}(t)$. Výstupní napětí z PFC je řízeno přibližně na hodnotu 380V.

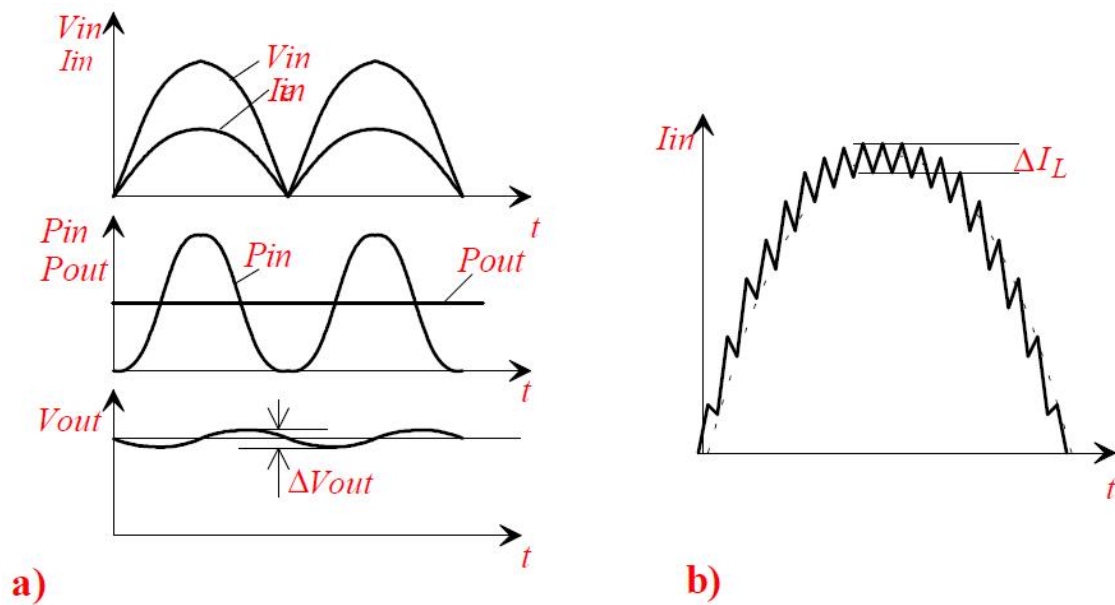


Obr. 1: Obvyklé usměrňování a filtrování sítě a síťový proud



Obr. 2: boost converter jako power-factor preregulator

Proudy, napětí a výkon PFC:



Obr. 3: Proudy, napětí a výkon PFC

Pro následující výpočty se předpokládá, že výstupní výkon je konstantní:

$$P_{out} = V_{out} \cdot I_{out} = \text{const.}$$

Vstupní proud by měl být řízen na sinusový průběh a měl by být ve fázi se vstupním napětím. Vstupní výkon nyní pulzuje a může být vypočítán následovně:

$$P_{in}(t) = \frac{\hat{V}_{in} \cdot \hat{I}_{in}}{2} \cdot (1 - \cos 2\omega t)$$

Vstupní výkon se skládá ze stejnosměrné $P_{in} = \frac{\hat{V}_{in} \cdot \hat{I}_{in}}{2}$ a střídavé $P_{in\sim} = \frac{\hat{V}_{in} \cdot \hat{I}_{in}}{2} \cdot \cos 2\omega t$ složky. Stejnoseměrná část se rovná výstupnímu výkonu P_{out} za předpokladu bezeztrátového PFC.

$$P_{in} = \frac{\hat{V}_{in} \cdot \hat{I}_{in}}{2} = V_{out} \cdot I_{out} = P_{out}$$

V praxi je realistická účinnost kolem $\eta = 95\%$, což znamená, že $P_{in} \approx P_{out}/0,95$.

Výstupní kondenzátor C_{out} je nabíjen pulzujícím vstupním výkonem P_{in} a je vybíjen konstantním výstupním výkonem P_{out} . To způsobuje zvlnění napětí ΔV_{out} na kondenzátoru C_{out} , jež závisí na hodnotě C_{out} . Pro napětí sítě 230V/50Hz, za předpokladu, že $V_{out} = 380V$ a $\Delta V_{out}/V_{out} = 10\%$, pro velikost C_{out} platí:

$$C_{out} \approx 0,5\mu F/W$$

Tlumivka L určuje vysokofrekvenční zvlnění vstupního proudu ΔI_L (obr. 3b). Čím vyšší frekvence a čím vyšší pracovní kmitočet f , tím menší vř zvlnění proudu. Jestliže $\Delta I_L = 20\%$ amplitudy vstupního proudu I_{in} a za předpokladu, že síťové napětí 230V/50Hz je minimálně $V_{in\min} = 200V$, potom pro L platí:

$$L \approx \frac{50 \cdot 10^3}{f \cdot P_{in}}; L \text{ (H)}, f \text{ (Hz)}, P \text{ (W)}$$

a maximální proud protékající tlumivkou je:

$$I_{Lmax} = \hat{I}_{in\max} + \frac{1}{2} \Delta I_L = 1,1 \cdot \frac{2P_{in}}{\hat{U}_{in\min}}$$

Řízení PFC

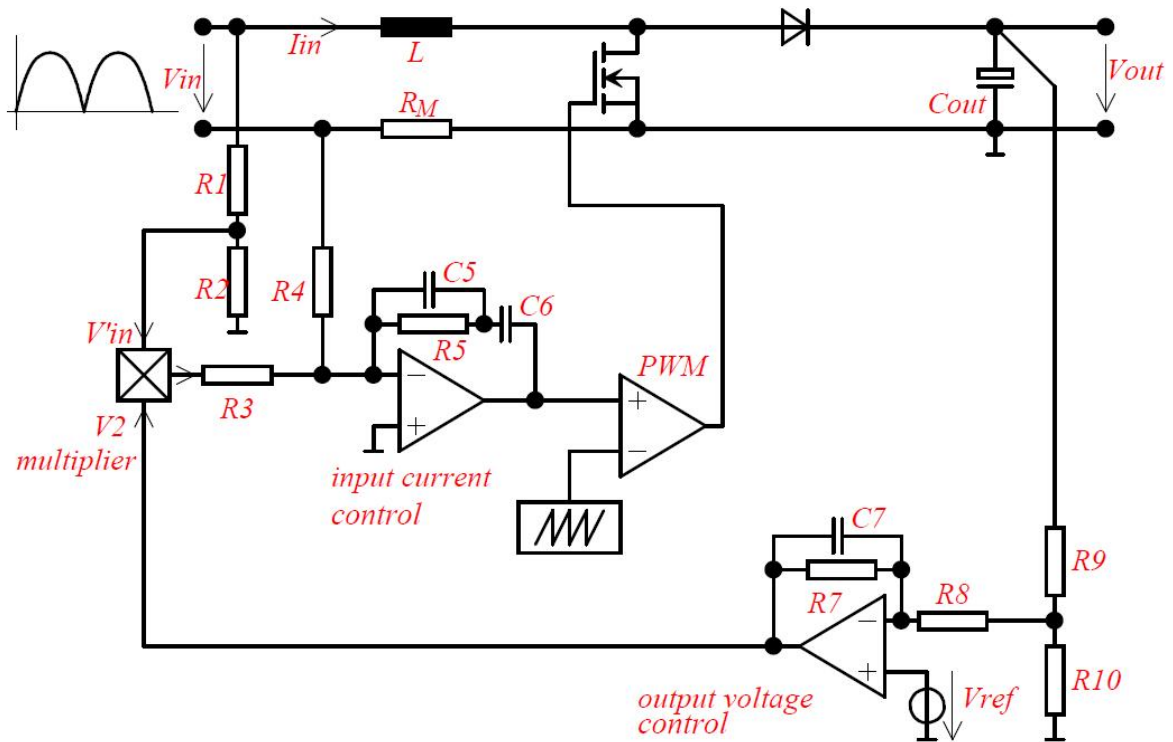
Jsou požadovány dva zpětnovazební obvody:

- Jeden pro řízení vstupního proudu, aby byl sinusový (řízení vstupního proudu) a
- druhý pro udržování střední hodnoty výstupního napětí na konstantní hodnotě, což znamená udržovat ho nezávislým na velikosti zátěže (řízení výstupního napětí).

Zpětnovazební smyčka vstupního proudu je řízena vstupním napětím. V tomto případě vstupní proud nabývá stejného tvaru jako vstupní napětí a v důsledku toho účinník síťového proudu bude roven jedné.

Výstupní napětí je řízeno jeho porovnáváním s konstantním referenčním napětím.

Násobička (multiplier) obě smyčky spojuje. Napětí na výstupu násobičky je sinusové a jeho amplituda závisí na napětí výstupní řídicí smyčky. Když výstupní napětí vzhledem k jmenovité hodnotě klesá, výstupní napětí zesilovače napěťové řídicí smyčky se zvyšuje, což způsobí, že hodnota na výstupu násobičky se zvýší a to má za následek zvýšení efektivní hodnoty vstupního proudu.



Obr. 4: Řídicí smyčka PFC

- Efektivní hodnota vstupního proudu je řízena zpětnovazební smyčkou výstupního napětí, zatímco řídicí smyčka vstupního proudu zajišťuje, aby vstupní proud byl sinusový.

Zdroj: <http://schmidt-walter.eit.h-da.de/>

Překlad: Ladislav Kopecký