

Rezonanční řízení střídavého třífázového motoru

(c) ing. Ladislav Kopecký, 2007

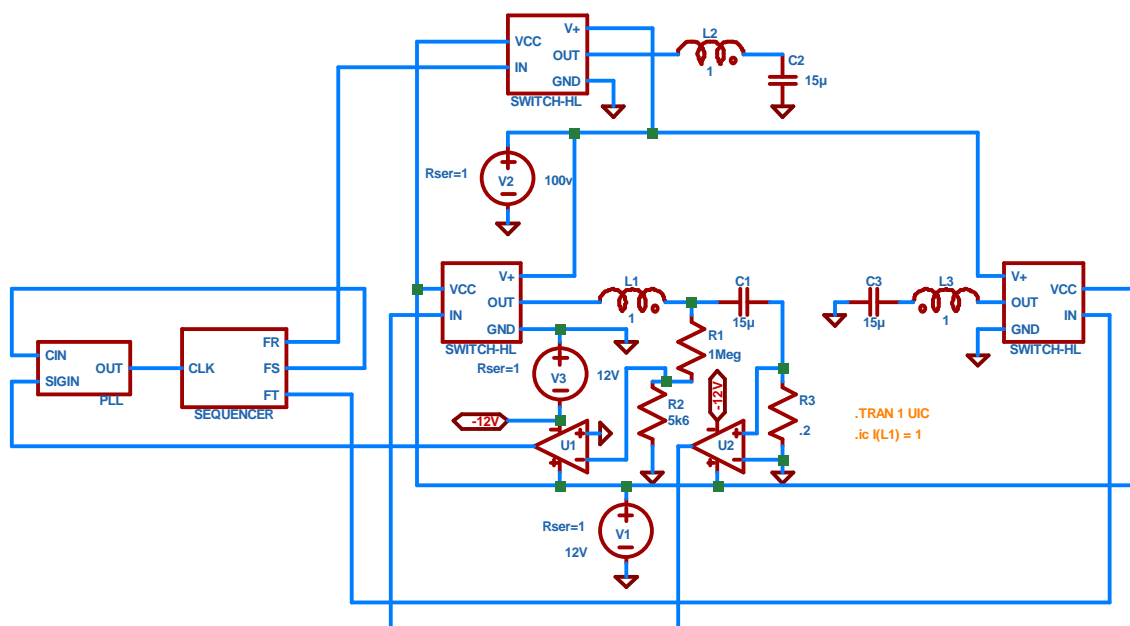
Úvod

Třífázové střídavé elektromotory, zejména indukční s kotvou nakrátko, patří k nejrozšířenějším elektromotorům. Jejich výhodou je především vysoká účinnost, životnost a bezúdržbový provoz. Jejich slabinou však je, že u nich lze obtížně regulovat otáčky. Používají se k tomu složité a nákladné frekvenční měniče, které mají mnoho nevýhod. Pro vytváření střídavého proudu se používá šířkové modulace, která způsobuje rušení sítě, a proto je nutné používat dokonalých filtrů, které měnič prodražují. Kromě toho jsou vysoké nároky na spínací tranzistory (nejčastěji typu IGBT, případně MOSFET). Není třeba připomínat, že vysoká frekvence spínání snižuje celkovou účinnost frekvenčního měniče.

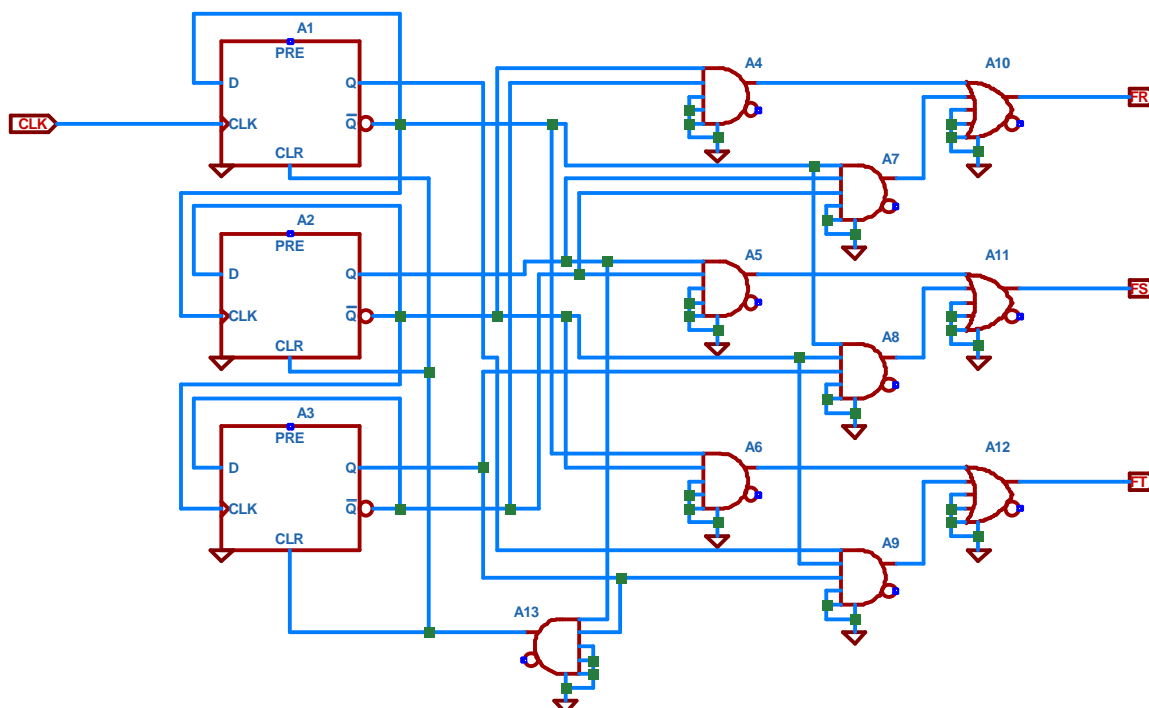
V poslední době se ve světě začínají prosazovat rezonanční spínané zdroje. Důvodem pro jejich zavádění je právě snaha snížit spínací ztráty, protože u převážné většiny těchto zdrojů dochází k sepnutí/vypnutí výkonového spínacího tranzistoru v okamžiku, kdy proud indukčností prochází nulou. Z podobných pohnutek (zvýšení účinnosti) jsem přišel na myšlenku rezonančního řízení střídavého elektromotoru. V roce 2002, konkrétně 16.10., jsem podal přihlášku vynálezu „Zapojení pro rezonanční řízení jednofázového motoru“ a 16.5.2006 jsem obdržel patent číslo 296 623. Střídavé jednofázové motory se však vyrábějí pouze pro malé výkony, takže použitelnost tohoto vynálezu je omezená (např. jako náhrada malých komutátorových motorů). Donedávna byla naděje, že se podaří rezonanční řízení aplikovat na vícefázové motory, malá, protože jsem nebyl, z časových a finančních důvodů, schopen provést potřebný výzkum a vývoj a u kompetentních odborníků jsem pro své myšlenky nenašel pochopení, takže jsem nemohl počítat s jejich pomocí. V poslední době však jsem nečekaně narazil na pomocníka: je jím simulační program SwitcherCADIII, který byl vyvinut firmou Linear Technology zejména pro vývoj spínaných napájecích zdrojů, osazených součástkami z produkce této firmy. Tento program lze zdarma stáhnout z firemního webu. Po seznámení se s programem a základy simulačního jazyka SPICE (konkrétně verzí PSpice) jsem začal s experimenty. Zde předkládám výsledky svého úsilí, pokud jde o rezonanční řízení třífázového motoru.

Rezonanční řízení motoru zapojeného do hvězdy

Na obr. 1 je nakresleno schéma zapojení řídicí elektroniky, včetně výkonových elektronických přepínačů. Schéma bylo pořízeno přímo v programu SwitcherCADIII. Jednotlivé bloky představují další schémata. Program totiž umožňuje tvoření hierarchických struktur, což velmi zpřehledňuje, usnadňuje a zrychluje práci. Tak například za blokem „SEQUENCER“ (česky řadič) se skrývá schéma na obr. 2. Jedná se o velmi jednoduchý sekvenční automat pro řízení spínání jednotlivých fází elektromotoru. Obsahuje tři klopné obvody typu D, zapojené jako binární čítač a síť logických hradel, která realizuje příslušné logické funkce.



Obr. 1. Řídicí elektronika pro rezonanční řízení – hvězda.

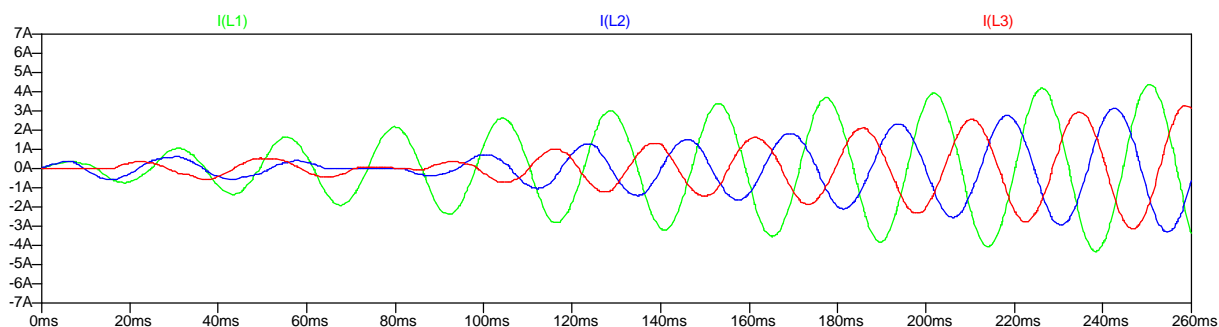


Obr. 2. Schéma zapojení řadiče.

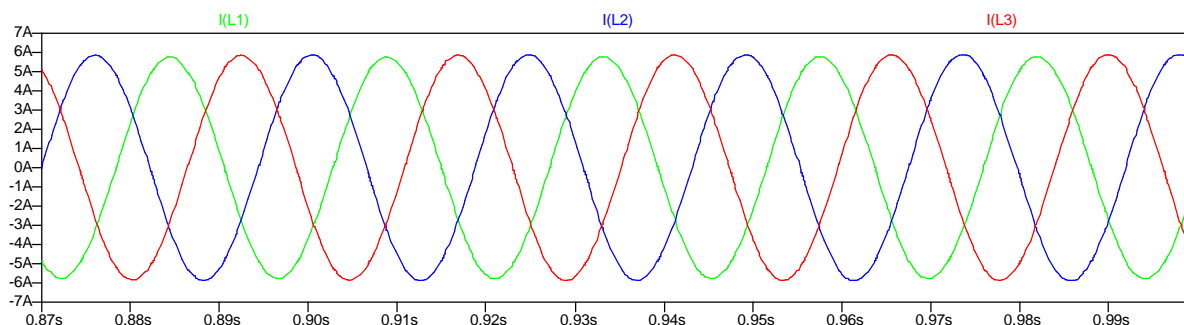
Cívky L1-L3 představují vinutí třífázového motoru. K nim jsou do série připojeny tři kondenzátory C1-C3. Elektronický přepínač (SWITCH-HL), k jehož výstupu (OUT) je připojen jeden konec cívky L1, kondenzátor C1, rezistor R3 a komparátor U2 tvoří impulsní LC oscilátor, který je předmětem výše zmíněného vynálezu. Výstup komparátoru U1 je proti

výstupu komparátoru U2 posunut o 90° a je přiveden na jeden ze vstupů (SIGIN) fázového závěsu. Na jeho druhý vstup (CIN) je přiveden signál z výstupu (FS) řadiče. Změnu otáček lze uskutečnit změnou kapacit kondenzátorů C1-C3. Zároveň by se však musela změnit také kapacita kondenzátoru v integrátoru fázového závěsu PLL. To není příliš praktické (toto řešení bylo zvoleno víceméně z nouze), lepší by bylo místo řadiče a fázového závěsu použít osmibitový jednočipový mikropočítač, který by na základě výstupu z komparátoru U2 vyhodnocoval rezonanční kmitočet a řídil spínání jednotlivých fází. Zároveň by mohl řídit spínání kapacit kondenzátorů C1-C3 v závislosti na požadovaných otáčkách motoru.

Na obr. 3 je zobrazen příklad grafického výstupu programu, zachycující proudy jednotlivých fází ihned po spuštění simulace, na obr. 4 pak ustálený stav.

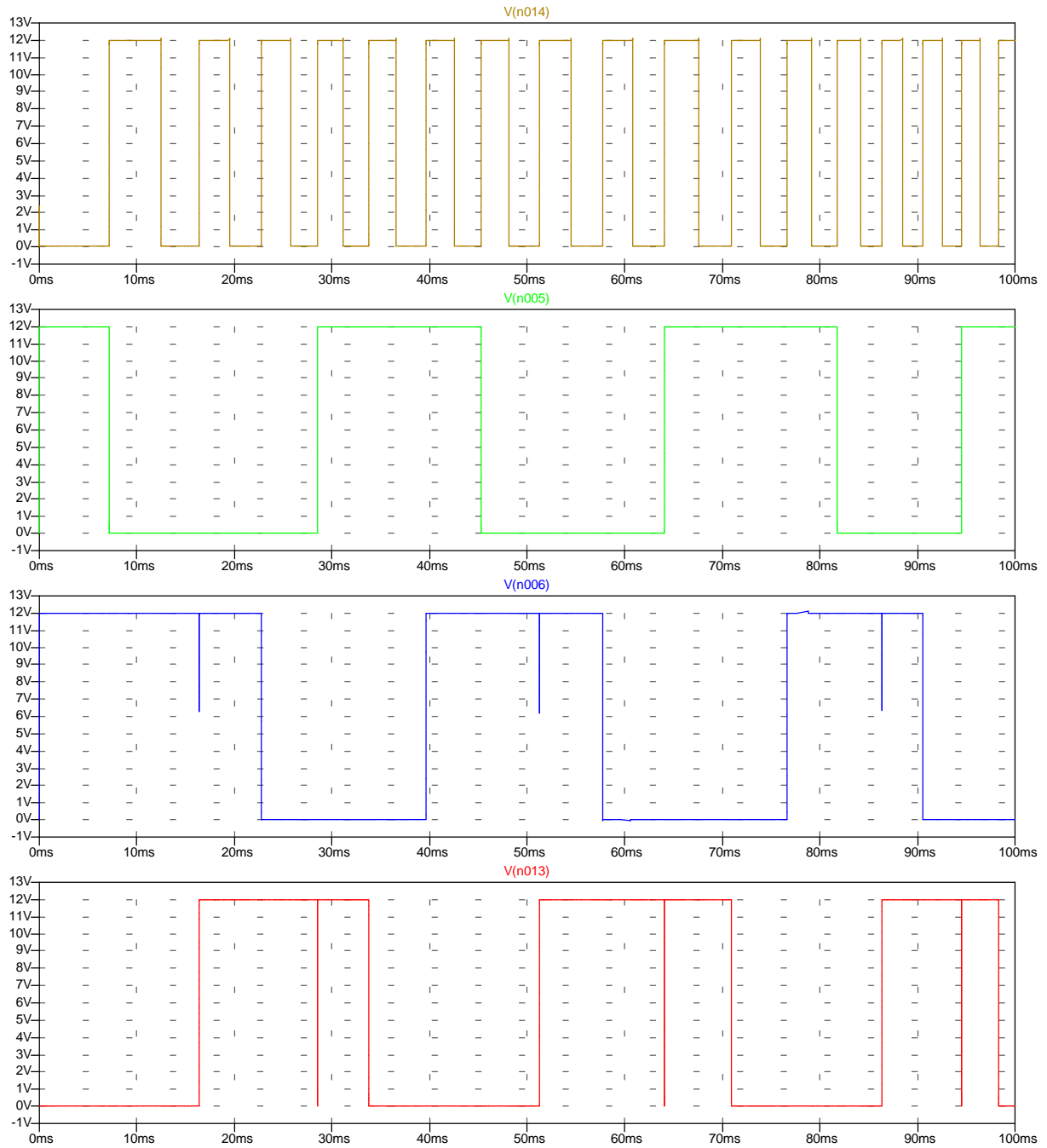


Obr. 3. Proudů jednotlivých fází – přechodový stav.



Obr. 3. Proudů jednotlivých fází – ustálený stav.

Všimněte si na obr. 3, že proud tekoucí cívkou L1 (zelená čára) nabíhá rychleji než proudy zbylých dvou fází. Je tomu tak proto, že elektronický přepínač pro L1 je řízen přímo impulsním oscilátorem, kdežto fáze L2 a L3 jsou řízeny pomocí fázového závěsu PLL. Na obr. 4 jsou zobrazeny následující logické signály: výstup z fázového závěsu a výstupy z řadiče (FR, FS, FT). Byl zvolen úsek na časové ose od nuly, aby byl patrný proces synchronizace fázového závěsu.



Obr. 4. Průběhy logických signálů.