

RC ČLEN – Souvislost s problematikou zapínání a vypínání zátěže při AC / DC napájení

Úterý, 19. červen 2012 00:00 Ing. Martin Hudec



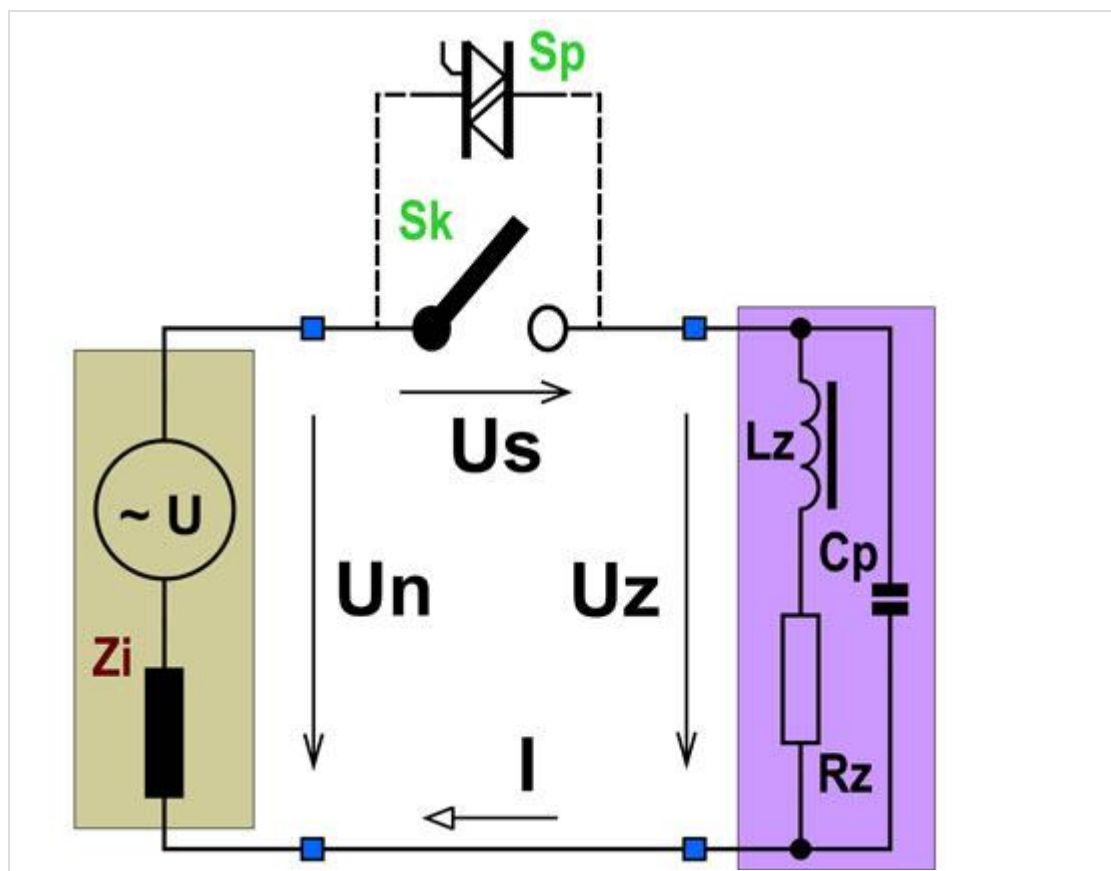
Cílem článku je ukázat na praktických příkladech jaké jevy vznikají při zapínání a vypínání zejména indukční zátěže v elektrických obvodech s reálnými součástkami (nejsou dokonalé, mají parazitní vlastnosti) v obvodech s AC napájením 50 / 60 Hz a DC napájením.

Článek řeší situace, kdy spínání a zapínání je časově zlomkem kontinuálního stavu, kdy je zátěž buď odpojena a nebo trvale připojena ke zdroji napájení. Toto vymezení je důležité učinit, protože má vliv na výkonové dimenzování komponent, které se používají na eliminaci negativních jevů vznikajících při zapínání a vypínání indukční zátěže.

Článek záměrně neřeší matematický přístup k problematice, protože řešení přechodných jevů je v dnešní době zvládnutá problematika. Hlavním přínosem článku je čtenáři poskytnout rozbor toho, k čemu by se došlo řešením diferenciálních rovnic (do kterých je často obtížné co dosadit – například odskakující nebo značně opálený mechanický kontakt, atd.).

Popis problematiky při AC napájení 50 / 60 Hz

Velmi častým případem v elektrotechnické praxi je indukční zátěž představovaná cívkami relé, stykačů, elektromagnetických ventilů a dále pak zátěže představované motory, pro rozsáhlé elektroinstalace je pak již indukčním prvkem samotná napájecí kabeláž.



Obr. 1 Spínání LR zátěže při AC napájení

Typický příklad obvodového řešení je uveden na obr. 1), kde je:

Zdroj napájecího napětí U_n tvořený ideálním zdrojem napětí U a jeho parazitní vlastnosti představuje vnitřní impedance Z_i , která je obecně komplexního charakteru.

Zátěž má svou činnou složku představovanou rezistorem R_z . Dominantní jalová složka je představovaná

indukčností L_z . Spíše pro pořádek je na obrázku též zakreslena parazitní kapacita C_p (v některých případech se musí zvažovat její vliv – jde / nejde zanedbat).

Zátěž je ke zdroji napětí připojována alternativně mechanickým kontaktem Sk nebo polovodičovým spínačem Sp (zde je uveden TRIAK). Obě varianty spínačů jsou myšleny jako reálné (opotřebovávají se, mají své mezní parametry – dovolené napětí, proud, strmost nárůstu napětí).

Popis situace při vypínání zátěže.

Protože vlastností indukčnosti je snaha udržet protékající proud na stejné velikosti jako byl před obvodovou změnou v daném elektrickém obvodu (proud se nemůže měnit skokem), tak se na indukčnosti indukuje napětí, které v okolním obvodu vytváří proud, zajišťující dosažení stavu, že v momentu obvodové změny (vypnutí spínače), zůstává proud stejný. Indukované napětí na indukčnosti je přímo úměrné velikosti změny proudu indukčností.

Výše popsanému jevu nejde zabránit, pouze se musí zajistit, aby v daném obvodu při obvodové změně nedošlo ke vzniku takových napětí a proudů, které mohou ohrozit jak samotnou zátěž, tak zejména spínač, který danou zátěž odpíná. Napájecí zdroj se většinou ohrozit nepodaří (pokud se jedná o standardní rozvodnou síť NN 230/400 V – má totiž velmi nízkou vnitřní impedanci), pokud je ovšem zdroj na elektronickém principu (například UPS) může dojít i k vlivům na tento zdroj.

Při AC napájení se musí při analýze problematiky zohlednit ještě skutečnost, že k obvodové změně může dojít v jakékoli fázi sinusového průběhu napětí (tedy při okamžité hodnotě proudu indukčností nula, nebo při dosažení amplitudy proudu, nebo v jakékoli hodnotě mezi těmito krajními hodnotami. Má to totiž vliv na dimenzování obvodových prvků eliminujících následky přechodného jevu v obvodu po obvodové změně. V obvodu dle obr. 1 při rozpojení spínače realizovaného mechanickým kontaktem Sk dojde ke vzniku oblouku mezi kontakty. Oblouk se zapálí po dosažení zápalného napětí a zanikne až energie akumulovaná v indukčnosti poklesne natolik, že již nejsou splněny podmínky pro udržení oblouku. Mechanické kontakty jsou konstruovány tak, aby vznik oblouku vydržely – ovšem pouze do určité hranice. Překročení této hranice vede každopádně ke snížení životnosti kontaktu, v extrémním případě k totální destrukci po několika obvodových změnách. Elektrický oblouk vzniká i tehdy, pokud zátěž nemá indukční složku – ale dojde k napětíovým poměrům umožňujícím oblouk zapálit. Indukční složka na zátěži tuto skutečnost pouze umocňuje.

Pokud je spínač elektronická součástka - na obr. 1 je naznačen TRIAK Sp , tak v případě tohoto prvku obvodová změna generuje relativně malé dopady oproti mechanickému kontaktu, protože TRIAK vypne „sám“ až hodnota proudu poklesne na vypínací hodnotu (předpokladem je vypnutí zapínání triaku do jeho řídicí elektrody), která je v řádech desítek mA, zatímco jmenovitý dovolený proud může být i desítky A. V případě TRIAKu se musí ovšem řešit jiný problém – TRIAK nesnáší rychlé změny napětí, protože od určité rychlosti změny napětí se „sám sepne“. Proto se i TRIAK musí chránit při vypínání (a to jak při vypínání přes řídicí elektrodu – vypnutí buzení, tak při prvním připojení napětí na obvod – aby se TRIAK neseplnul sám). V minulosti např. některé vrtačky s regulací otáček se při stisku ovladače jakoby zapnuly na chvíli naplno, a teprve pak regulovaly – příčiny byly dvě : nedokonalý TRIAK, a absence omezení rychlosti nárůstu napětí na TRIAKu.

Popis situace při zapínání zátěže.

Zapínání indukční zátěže ideálním spínačem negeneruje žádné problémy. Proud I v obvodu na obr. 1 začne narůstat sice také formou přechodného děje, ale bez negativních důsledků na prvky obvodového řešení. Pokud je spínač polovodičový, např. TRIAK Sp , tak lze dosáhnout maximálně „bezškodného“ zapnutí pokud je TRIAK spínán „v nule“ napájecího napětí. Toto lze zajistit buď návrhem řídicího obvodu TRIAKu nebo použitím tzv. SSR (Solid State Relay), což je TRIAK přímo vybavený obvodem, který ho bez ohledu na okamžik přivedení řídicího signálu zapne až je napětí na TRIAKu nulové (při průchodu napájecího napětí „nulou“).

Pokud je však spínač realizovaný mechanicky, například kontakt relé Sk , tak vznikají problémy dané odskakováním kontaktů při sepnutí. Proud sice díky přechodnému jevu při zapínání nedosahuje v momentu prvního odskočení vysokou hodnotu, ale dojde ke chvilkovému vypínání obvodu se všemi následky. Výrobci řeší kontaktní systémy tak, aby by se odskakování maximálně eliminovalo. Nicméně principiálně tento jev vzniká a nebezpečné je to, že má časovou progresi, která je tím silnější, pokud je kontakt přetěžován při vypínání (opálení kontaktu se stupňuje – vzniká lavinový proces končící destrukcí kontaktu)

Dopady do problematiky EMC (Electro Magnetic Compatibility).

Obvodové změny (vypínání / zapínání) v obvodech s indukční zátěží kromě dopadů vedoucích do oblasti spolehlivosti a životnosti komponent a vlastní primární funkčnosti obvodového řešení, mají též dopad do oblasti EMC.

EMC je problematika, která se zabývá odolností zařízení proti rušení, a současně minimalizací rušení, které dané zařízení nebo obvodové řešení samo generuje, a ohrožuje tak ostatní zařízení.

Proto pro některé situace je třeba řešit současně problematiku eliminace destruktivních následků přechodných dějů na samotné komponenty, ale také oblast EMC. V praxi to vede na preciznější návrh opatření a hlavně na správný výběr použitých topologií eliminačních obvodů, ale zejména na vlastní realizační provedení (minimalizace délek vodičů, zabránění vytváření smyček atd.)

Aplikace RC-členu pro eliminaci negativních jevů při spínání indukční zátěže při AC napájení 50 / 60 Hz

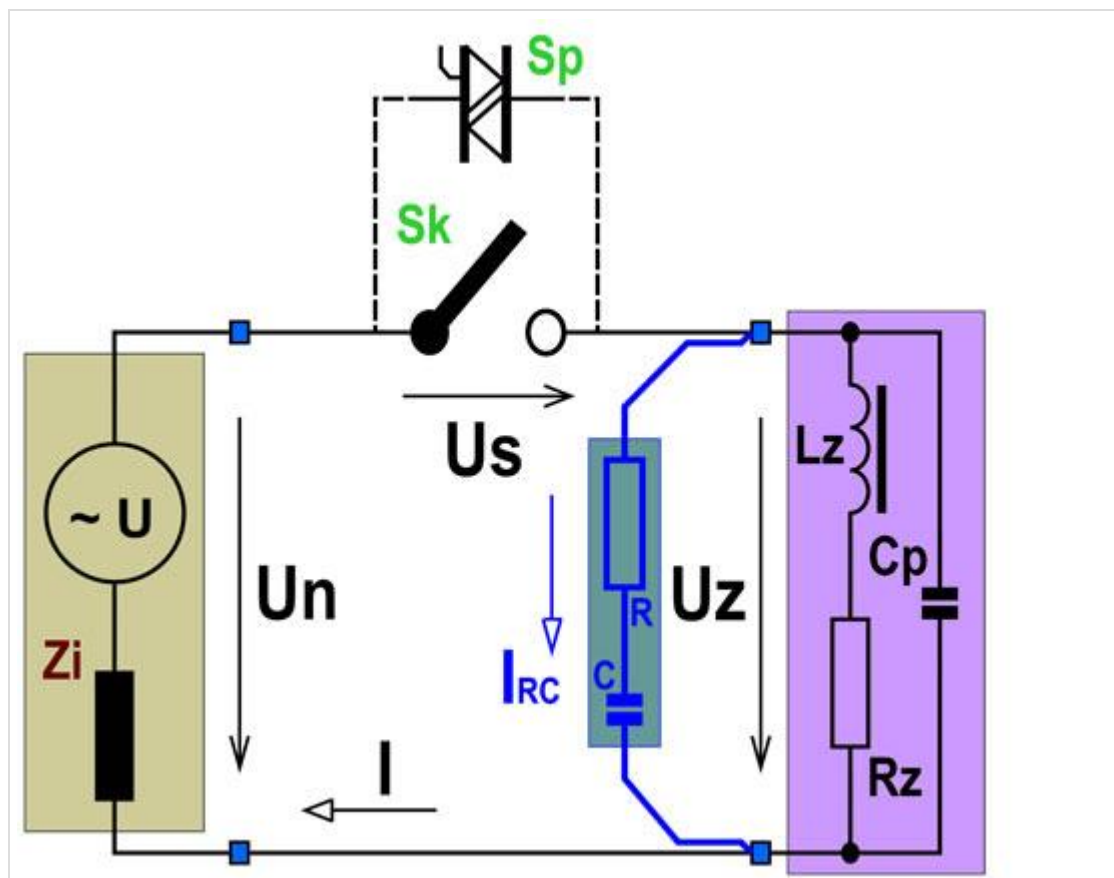
Pokud se podaří najít „bezpečnou cestu“ pro proud, který je výsledkem indukovaného napětí v indukčnosti při změně proudu v indukčnosti, tak se dá ovlivnit průběh přechodného jevu v obvodu.

Principiálně existují dvě možnosti topologického řešení – vytvořit „proudovou cestu“ přemostěním spínače, nebo přemostěním zátěže dvojbranem složeným ze sériové kombinace bezindukčního rezistoru R a kapacitoru C s nízkou hodnotou ESR (ESR = Equivalent Serial Resistance).

Pro projektanty a realizátory je výhodou, že RC-člen ve výše popsaném zapojení se vyrábí jako součástka – navíc RC-člen splňuje příslušné normy pro tuto oblast. Jediným úkolem je tedy vybrat správný typ RC-členu a nebo pokud není přímo k dispozici, tak si ho nechat speciálně vyrobit.

Každopádně je třeba porozumět tomu, co se začleněním RC-členu do obvodu změní, co ovlivňuje kapacitor C v RC-členu a co naopak rezistor v RC-členu.

To pak umožní správně navrhnout C a R ať pro použití co nejbližší vyráběné hodnoty, nebo jako zadání pro konkrétní výrobu „na míru“.



Obr. 2 Spínání LR zátěže při AC napájení s RC členem paralelně k zátěži

Obvodové řešení s RC-členem paralelně k zátěži - obr. 2:

Při rozpojení spínače Sk „pokračuje“ proud v indukčnosti přes RC-člen.

Pokud se zanedbá parazitní kapacita Cp zátěže, tak vznikne sériový rezonanční obvod složený z kapacitoru C RC-členu, induktoru Lz a sériové kombinace rezistorů Rz zátěže a R RC-členu.

V obvodu vzniknou buď exponenciálně klesající tlumené kmity, nebo v optimálním případě aperiodický

přechodný děj (v rámci jakoby jednoho kmitu se veškerá energie v indukčnosti zmaří v odporových složkách obvodu).

Pokud se nesledují přísné parametry (EMC), tak je jedno zdali ve výsledku vzniknou kmity, které časem ustanou a nebo ke vzniku kmitů vůbec nedojde.

Cílem je, aby napětí na kontaktu U_s jako rozdíl napětí napájecího U_n a napětí na zátěži U_z mělo amplitudu takovou, aby došlo k úplné eliminaci oblouku na kontaktu Sk , a nebo došlo k takovému namáhání kontaktu elektrickým obloukem, na který je kontakt dimenzován.

Velikost kapacitoru C v RC členu se určuje tak, aby přechodný děj byl ukončen za dobu srovnatelnou s polovinou periody napájecího napětí (za předpokladu, že kontakt je schopen se rozepnout za dobu v obdobných mezích). Příliš malá hodnota C způsobí, že oscilace trvají zlomek vlastního vypínacího jevu – amplituda oscilací je vysoká, defacto se obvod chová jako by tam RC-člen nebyl. Příliš vysoká hodnota C již „nevylepší“ průběh přechodného děje – pouze se zvýší rozměry a cena RC-členu, též je více výkonově namáhán rezistor R v RC-členu.

Velikost rezistoru R v RC členu se určuje tak, aby se dosáhlo optimálního průběhu přechodného děje (aperiodický, nebo s minimem překmitů). Dominantně se však musí brát zřetel na to, aby rezistor R v RC-členu výkonově vydržel. Bohužel v tomto zapojení teče proud RC členem stále – nižší trvalá hodnota se sinusovým průběhem / impulsní proud v okamžiku přechodného děje, jak již bylo zmíněno s periodickým nebo aperiodickým průběhem

Toto zapojení se používá tam, kde

- je z nějakých důvodů nemožné zapojení RCčlenu přes kontakt Sk
- je nejasně definovaná zejména impedančně napájecí síť
- kde jsou vysoké nároky na EMC (RC-člen se umístí co nejbližší k zátěži)
- je cílem chránit primárně vlastní zátěž, ochrana spínače je sekundární (stejně vznikne díky obvodovému řešení)

Toto zapojení se naopak musí použít, pokud by při zapojení RC-členu paralelně ke kontaktu Sk při rozpojení kontaktu Sk tekla takový pracovní proud, který by „vlastně nevypnul“ napájené zařízení. Typickým příkladem je stykač, jehož poměr zapínacího a vypínacího proudu je tak vysoký, že proud RC členem postačuje k udržení stykače v sepnutém stavu.

Nevýhodou zapojení RC-členu paralelně k zátěži je to, že RC-člen se chová jako spotřebič, pokud je zařízení zapnuto. Navíc při zapnutí spínače Sk teče spínačem proud daným momentální hodnotou napětí U_n a odporu rezistoru R v RC-členu. Při extrémně malých hodnotách odporu R tak dochází k přetěžování spínače s následky ve formě snížení životnosti nebo totální destrukci.

Komplementární výhodou je naopak to, že pokud se zátěž odpojí spínačem Sk , tak je zátěž skutečně odpojená. RC-člen také může přispět ke korekci účinku zátěže (podmínečně dle velikosti rezistoru R v RC-členu).

...pokračování příště

RC členy z ALMETA

kompletní sortiment RC členů
také diody a varistory
jednofázové i třífázové verze

Almeto s.r.o.

Žejdlicova 681
588 13 Polná
Czech Republic

tel.: +420 567 212 574
fax: +420 567 212 639
e-mail: almeto@almeto.cz
www.almeto.cz