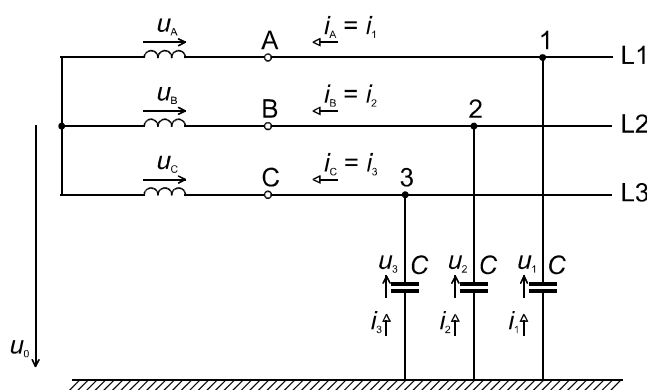


Zemní spojení

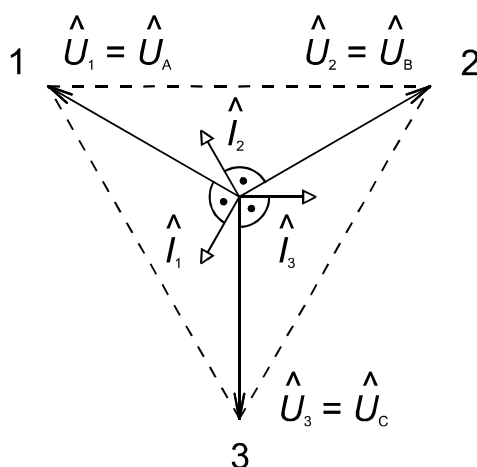
V třífázových sítích provozovaných s přímo uzemněným uzlem nazýváme vodivé spojení jedné fáze se zemí jednofázovým zkratem. V třífázových sítích provozovaných s izolovaným uzlem, popř. v sítích kompenzovaných (tj. v sítích, jejichž uzel je spojen se zemí přes zhášecí tlumivku nebo, v nichž je vytvořen umělý nulový bod pomocí zhášecích transformátorů) nazýváme vodivé spojení jedné fáze se zemí zemní spojení.

Proud procházející místem zemního spojení není téměř závislý na vzdálenosti od zdroje – je dominantně vymezen hodnotami kapacit vodičů vůči zemi, a v případě přechodných jevů i indukčnostmi a odpory v obvodu zemního spojení. Proud zemního spojení i_0 je součtem ustálené složky proudu i_{0u} a přechodné složky i_{0p}

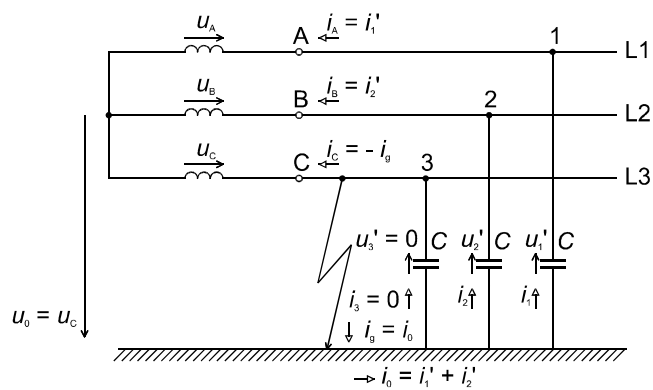
$$i_0 = i_{0u} + i_{0p} .$$



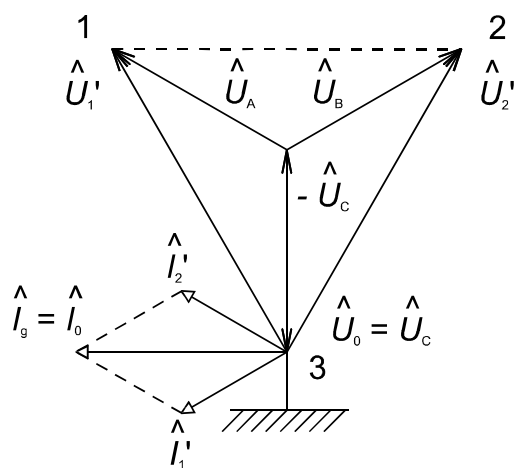
Obr. 1a) Náhradní schéma sítě s izolovanou nulou [2]



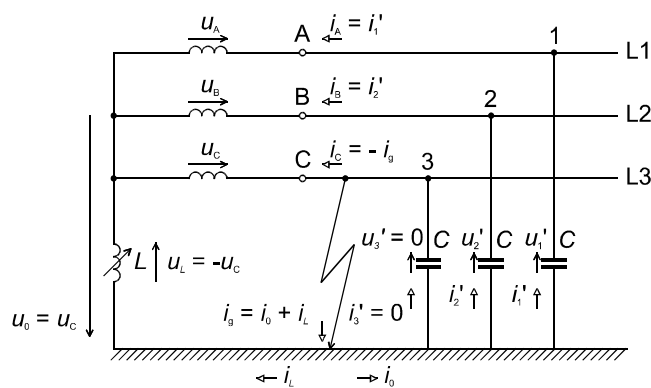
Obr. 1b) Fázorový diagram k obr. 1a)



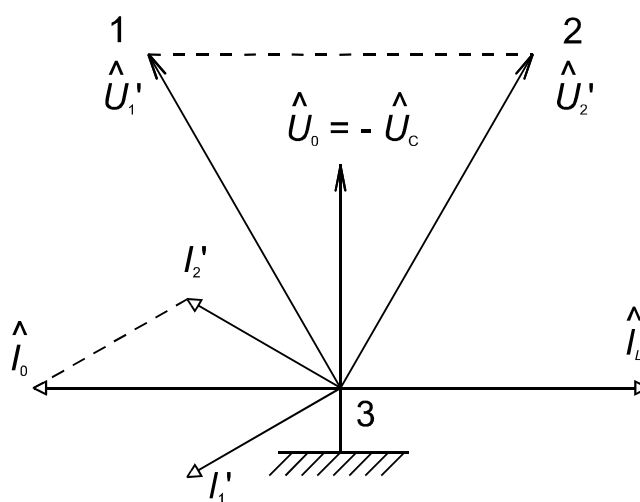
Obr. 2a) Náhradní schéma sítě s izolovanou nulou
při zemním spojení [2]



Obr. 2b) Fázorový diagram k obr. 2a)



Obr. 3a) Náhradní schéma sítě s izolovanou nulou při zemním spojení a kompenzaci tlumivkou [2]



Obr. 3b) Fázorový diagram k obr. 3a)

Dimenzování tlumivky:

Poruchový proud $I_0 = \sqrt{3} \omega U C = 3 \omega U_f C$,

kde C je kapacita každé fáze

pak proud tlumivkou bude

$$I_L = \left(1 \pm \frac{\varepsilon}{100}\right) \sqrt{3} \omega C U$$

kde ε je tzv. poměrné ladění tlumivky (25%)

a indukčnost tlumivky (bez uvedeného rozladění)

$$L = \frac{U}{\sqrt{3} \omega I_L} = \frac{1}{3 \omega^2 C}$$

Soustava s izolovaným nulovým bodem

- Její hlavní výhodou je, že při zemním spojení nedojde k vytvoření nebezpečného dotykového napětí.
- Hlavní nevýhodou je pak vznik nebezpečných přepětí při zemních spojeních.
(Střídavé proudy se nejlépe přerušují v okamžiku, kdy prochází nulou. Oblouk zhasne jen tehdy, bude-li tepelný výkon, který se z něho odvádí chlazením, větší než příkon, který mu dodává síť. Zemní spojení je možno přerušit buď v okamžiku, kdy nulou prochází přechodný proud, nebo v okamžiku, kdy nulou prochází proud o průmyslovém kmotočtu. Mechanismus vypínání a velikost přepětí, která při vypínání nastávají, se pro oba případy liší. Starší, tzv. Petersenova teorie předpokládá, že se zemní proud přeruší v první nule přechodného proudu, a že proto opětnými zápaly vznikají velmi vysoká přepětí (až 7,5 násobek fázového napětí.) Podle novější teorie Petersena a Slepiana se přerušuje zemní proud při průchodu nulou složky proudu o průmyslovém kmotočtu. Tato teorie uvádí jako nejvyšší možné přepětí 3,5 násobek fázového napětí.)

Soustava s nepřímo uzemněným nulovým bodem přes tlumivku

- Hlavní výhodou je snížení hodnoty poruchového kapacitního proudu v místě zemního spojení.
- Zemní proud po vykompenzování kapacitního proudu obsahuje již jen proud způsobený svodem, činnou složkou nabíjecího proudu, činnou složkou proudu tlumivky a proudy harmonických. Při dokonalé kompenzaci je zbytkový proud čistě činný, při nedokonalé kompenzaci je ve zbytkovém proudu obsažen mimo uvedený činný proud ještě jalový, a to kapacitní nebo induktivní, podle toho, je-li síť podkompenzovaná nebo překompenzovaná.
- Velikost zbytkového proudu závisí při dokonalém provedení kompenzace na kapacitě sítě, jenž je dána rozlohou, na provozním napětí a na svodu, jenž je dán izolačním stavem sítě, tzn. stářím sítě a její údržbou.
- Činnou složku zemního proudu nelze kompenzací zmenšit, naopak indukčním kompenzačním proudem se ještě o něco zvětší. Kapacitní složku zemního proudu můžeme správným naladěním kompenzačního zařízení úplně odstranit.

Soustava s nepřímo uzemněným nulovým bodem přes odpor

Dimenzování odporníku $R_N = \frac{U}{I_C}$

- Jeho hlavní výhody spočívají především v tom, že použitím odporů se značně zmenší potřebná půdorysná plocha i obestavěný prostor proti řešení se zhášecí tlumivkou.
- Nevýhodou uzemněného uzlu je okamžité vypínání jednopólových poruch. Zatímco u mezifázových poruch se přenáší vliv poruch ze soustavy nižšího napětí do sítě vn a tyto se hlavně projeví proudovými nárazy, jednopólové zkratové proudy mohou mít svůj původ jen ve vlastní síti vn. Tato skutečnost zjednodušuje nastavení ochran pro jednopólové zkratky.
- Místem poruchy protéká kapacitní proud, který se superponuje k proudu odporem, takže zvyšuje spolehlivost naběhnutí nadproudových ochran pro jednopólové poruchy.
- Velikost proudu odporem je možno přizpůsobit provozované síti. Zatímco nižší hodnoty odporu jsou výhodnější z hlediska přepětí při jednopólových poruchách, jsou méně výhodné na rozsah škod a ovlivnění sousedních zařízení. Volba velikosti odporu současně se způsobem provozu kabelu ovlivňuje nastavení ochran.

Soustava s nepřímo uzemněným nulovým bodem přes Bauchův transformátor

- Bauchův transformátor plní stejnou funkci jako zhášecí tlumivka. Jeho výhodou je, že může být připojen i na transformátor, který nemá vyveden nulový bod. Oproti tomu je nepoměrně nákladnější, proto se jeho používání v praxi nerozšířilo.

Kompenzací kapacitních zemních proudů se tedy docílí:

- místem zemního spojení protéká jen malý zbytkový proud,
- nedochází k větším destrukcím zařízení v místě zemního spojení,
- při zhášení zemního spojení nedochází k přepětím o takové velikosti jako u izolované sítě,
- dotykové napětí v místě poruchy není nebezpečné lidskému životu.

Sítě kompenzované pomocí zhášecí tlumivky umožňují teoreticky provozovat sítě i se zemním spojením po dobu potřebnou k vyeliminování místa poruchy.

Nevýhodou je, že veškeré přístroje a zařízení je nutno dimenzovat na plnou izolaci sítě, protože při zemním spojení vzroste napětí uzlu na hodnotu fázového napětí a napětí zdravých fází na hodnotu sdruženého napětí.