

Detekce a indikace napětí ve VN systémech

Voda P. – Petr Voda Electronics

Anotace

Uvádí se základní požadavky na detekci a indikaci přítomnosti napětí ve VN systémech včetně podstatných rozdílů mezi detekcí a indikací. Jsou probírány jednotlivé možnosti konstrukce indikátorů napětí a přihlíží se fyzikálnímu zákonitostem, které určují meze praktického použití. Pozornost je rovněž věnována systémům detekce napětí v sítích s kmitočtem odlišným od 50 Hz.

Úvod

Základním předpokladem bezpečné práce na elektrických zařízeních je zjištění, zda dané zařízení (systém) je či není pod napětím. U VN zařízení jsou v praxi používány k tomuto účelu používány dva systémy. První je systém detekce napětí (VDS) podle ČSN EN 61243-5: 12-2001 a druhý pak systém indikace přítomnosti napětí (VPIS) ČSN EN 61958: 04-2002. Tyto systémy jsou nedílnou součástí zařízení, převážně rozvaděčů.

Základní požadavek na VDS a VPIS

Základním požadavkem je u obou systémů schopnost detekce (indikace) přítomnosti napětí, která je číselně a slovně znázorněna na následujícím obrázku, který je platný pro třífázové soustavy.



Obr. 1: Základní požadavek na VDS a VPIS

Napětí U na obrázku znamená jmenovité sdružené napětí a funkce systému VDS nebo VPIS je slovně vyjádřena v závislosti na % jmenovitého napětí.

Rozdíly mezi VDS a VPIS

Mezi uvedenými systémy existují určité rozdíly, z kterých jednoznačně vyplývá, že standardizované požadavky na systémy detekce napětí (VDS) jsou vyšší. VPIS tak oproti VDS nezaručují např. následující vlastnosti:

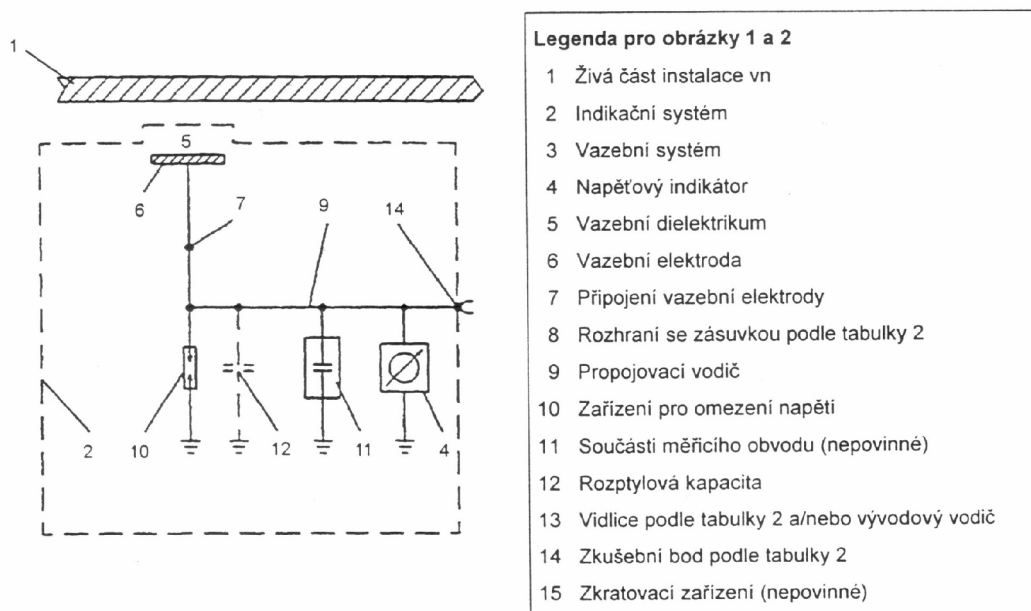
- Zajištění funkce v širokém rozsahu provozních teplot, typicky od -25 °C do $+55\text{ °C}$, a to i při práci ve složitém prostředí,
- nejsou specifikovány vlastnosti propojovacích kabelů s ohledem na jejich dostatečnou mechanickou pevnost a spolehlivost indikace napětí,
- necitlivost na stejnosměrné napětí,
- není specifikována provozní zkouška VPIS (zajištění periodické kontroly správnosti indikace napětí),
- odolnost vibracím.

U dalších parametrů jsou požadavky u VPIS nižší než u VDS (vnímatelnost, maximální proud vazební elektrody).

Základním nedostatkem však je, že VPIS nejsou konstruovány pro spolehlivou detekci nepřítomnosti napětí. K tomuto účelu mají být použity pouze zkoušečky napětí nebo systémy detekce napětí (VDS podle ČSN EN 61243-5). Toto ustanovení významně snižuje možnosti použití systémů VPIS z hlediska zajištění bezpečnosti práce.

Konstrukce a parametry VDS a VPIS

V praxi jsou používány systémy VDS s vestavěným a oddělitelným indikátorem napětí. Norma ČSN EN 61243-5 stanovuje základní uspořádání systému VDS, které je pro vestavěný indikátor (IVDS) uvedeno na následujícím obrázku. Relativně značný počet komponentů systému dává možnost vzniku rozmanitým konstrukcím VDS.



Obr. 2: Systém detekce napětí s vestavěným indikátorem (IVDS)

Z hlediska uživatele je důležité, jaký je výstupní signál VDS. V současnosti je nejvíce rozšířená vizuální indikace pomocí vysoce svítivých diod LED a displejů LCD. Od dříve používaných doutnavek je odstupováno z důvodu nižší vnímatelnosti a nutnosti použití tzv. HR rozhraní, jehož provozní napětí je vyšší než 50 V.

Rovněž je podstatné, zda systém VDS má pomocné napájení nebo je napájen přímo z VN strany monitorovaného zařízení. Význam této vlastnosti vynikne při situaci, kdy dojde k výpadku pomocného napětí.

Pokud není použito pomocné napětí, je z konstrukčního hlediska velice důležité (zejména u indikace pomocí diod LED), jak velký je disponibilní proud pro VDS, který je možné odebírat z vazební elektrody. Vzhledem k tomu, že napětí v bodě 14 (viz obr. 2) se typicky pohybují v řádu jednotek, max. desítek Voltů, lze zjednodušeně předpokládat, že na vazební elektrodě je přiloženo celé fázové napětí U_0 . Kapacita vazební elektrody C pak v podstatě funguje jako zdroj konstantního proudu I , který lze vyjádřit následujícím vztahem:

$$I = U_0 \cdot \omega \cdot C \quad (1),$$

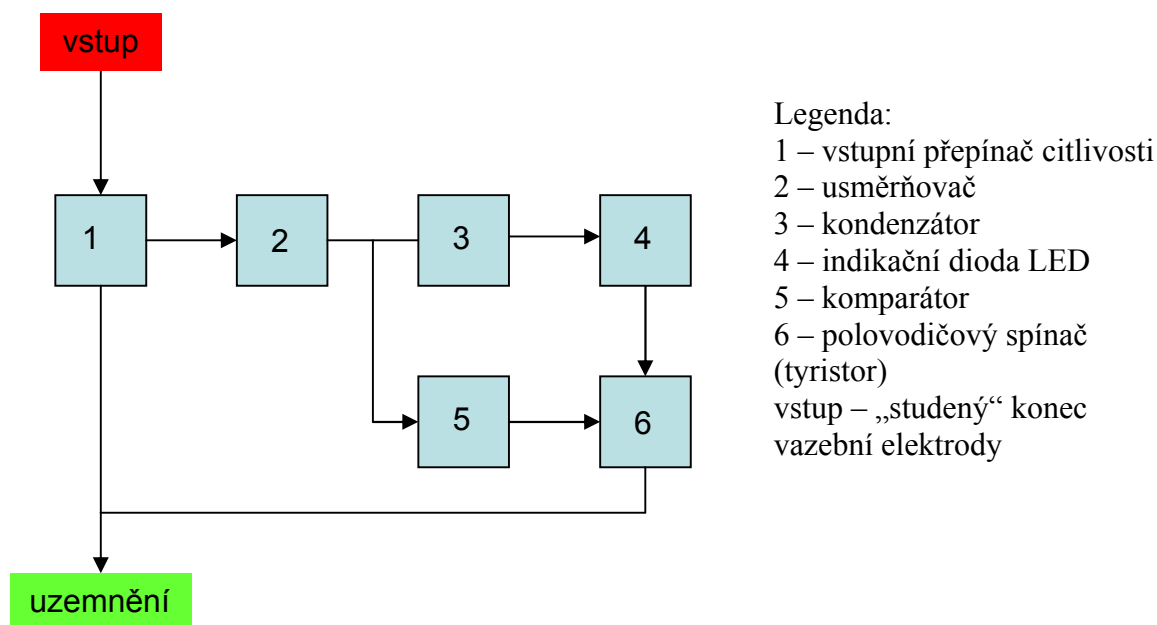
kde ω představuje úhlový kmitočet. Je-li tedy dáno jmenovité napětí U a pracujeme-li v naprosté většině případů s provozním kmitočtem 50 Hz, je kapacita vazební elektrody C rozhodujícím činitelem určujícím velikost disponibilního proudu I . Tato kapacita je dána svým umístěním (v podpěrném izolátoru, proudovém transformátoru, průchodce atd.) a hlavně svou konstrukcí (diskrétní kondenzátor, zalévané kovové díly apod.).

Poněvadž v praxi se vyskytuje celá řada jmenovitých napětí a nepřehledné množství vazebních elektrod, je účelné definovat tzv. konstantu indikačního systému KIS výrazem

$$KIS = U \cdot C \quad [\text{kV} \cdot \text{pF}] \quad (2),$$

kteřý umožňuje jednoznačně definovat citlivost systému VDS na základě známého jmenovitého napětí systému U a kapacity vazební elektrody C . Práh indikace systému VDS se přitom volí v geometrickém středu oblasti mezi 10 % a 45 % jmenovitého napětí (pásmo MŮŽE na obr. 1), aby byly maximálně zohledněny tolerance všech prvků systému VDS. Nutno zdůraznit, že uvedená KIS je použitelná pouze pro jeden kmitočet jmenovitého napětí.

Jedno z možných konstrukčních řešení systému VDS s indikací pomocí diod LED je znázorněno na následujícím obrázku.



Obr.3: Příklad konstrukčního řešení systému VDS (vizuální indikace diodami LED)

Princip funkce je zřejmý z popisu jednotlivých funkčních bloků ve schématu a spočívá v neustálém nabíjení kondenzátoru a jeho rázovém vybíjení přes indikační diodu LED při dosažení komparační úrovně. Praktické zkoušky tohoto konstrukčního řešení ukázaly, že při použití vysoce svítivých diod LED (min. 3 cd při 20 mA) lze dosáhnout vyhovující vnímatelnosti vizuální indikace již pro $KIS \geq 75 \text{ kV} \cdot \text{pF}$. Směrem nahoru je rozsah KIS omezen pouze maximálním přípustným proudem vazební elektrody, který nesmí podle ustanovení ČSN EN 61243-5 přesáhnout 1 mA.

Provoz VDS a VPIS při odlišných síťových kmitočtech

Mimo běžného síťového kmitočtu 50 Hz je po celém světě značně rozšířen i síťový kmitočet 60 Hz. Ze vztahu (1) je zřejmé, že s nárůstem kmitočtu dojde ke zvýšení disponibilního proudu I . Pro zjištění chování jsme systém VDS konstruovaný pro 50 Hz podrobili porovnávacím zkouškám při síťovém kmitočtu 60 Hz. Nepodstatné rozdíly byly shledány u dvou následujících vlastností:

- Prahové napětí indikace se při 60 Hz snížilo asi o 3 – 4 % oproti stavu při kmitočtu 50 Hz (to je dáno kapacitním děličem kapacity vazební elektrody a přídavného kondenzátoru – poz. 11 na obr. 2),
- při jmenovitém napětí je poněkud vyšší kmitočet opakování indikace, což je dáno nárůstem disponibilního proudu při 60 Hz.

Dále může být významný historický kmitočet 16 2/3 Hz, který je používán v několika evropských zemích pro elektrickou kolejovou trakci. Ze vztahu (1) vyplývá, že disponibilní proud klesá na třetinu oproti situaci při 50 Hz. Po provedení porovnávacích zkoušek jako v odstavci výše byly zjištěny následující rozdíly:

- Prahové napětí indikace se při 16 2/3 Hz zvýšilo podle typu VDS o 6 – 25 % oproti stavu při kmitočtu 50 Hz (opět je to dáno kapacitním děličem kapacity vazební elektrody a přídavného kondenzátoru – poz. 11 na obr. 2),
- při jmenovitém napětí je významně nižší kmitočet opakování indikace, což je dáno poklesem disponibilního proudu při 16 2/3 Hz,
- při prahovém napětí indikace je kmitočet opakování indikace nižší než 1 Hz, což je z pohledu ČSN EN 61243-5 nepřijatelné.

Uvedené vlastnosti ukazují na to, že VDS konstruované pro kmitočet 50 Hz vyžadují při použití se síťovým kmitočtem 16 2/3 podstatné konstrukční úpravy. Rovněž dojde ke zvýšení min. dosažitelné hodnoty KIS podle vztahu (2).

Závěr

Záměrem příspěvku bylo prezentovat základní požadavky na systémy detekce (VDS) a indikace (VPIS) napětí u VN zařízení. Bylo poukázáno na nejdůležitější rozdíly mezi těmito systémy. Zavedením konstanty indikačního systému (KIS) byla vytvořena základna pro rychlé a snadné porovnání jednotlivých typů VDS a rovněž pro jejich optimální dimenzování tak, aby byla zajištěna správnost detekce přítomnosti napětí. Na základě praktických zkoušek bylo poukázáno na možnosti použití VDS při síťových kmitočtech odlišných od 50 Hz a zdůrazněny negativní vlivy při kmitočtu 16 2/3 Hz.

Literatura

1. Norma ČSN EN 61243-5: 12-2001.
2. Norma ČSN EN 61958: 04-2002.
3. Firemní literatury fy KUVAG CR.
4. Müller, A. a Schuster, M.: Auf Spannungsfreiheit prüfen. etz (1995), č. 20, str. 42-50.

Autor

Ing. Petr Voda, CSc.; Petr Voda Electronics, Zámecké schody 13, CZ-594 01 Velké Meziříčí; e-mail: vodaelectronics@vm.cz