

Rozvody veřejného osvětlení

Nedílnou součástí návrhu osvětlovací soustavy veřejného osvětlení (dále VO) je návrh elektrických rozvodů, jejichž úkolem je zajistit přenos el. energie od místa napojení ke světelným zdrojům, spínání a vypínání osvětlovací soustavy, případně sledování provozu osvětlovací soustavy, ovládání a řízení vybraných parametrů osvětlovací soustavy apod. V tomto příspěvku si dovoluji zmínit se o některých kritériích a požadavcích na návrh silových rozvodů VO.

Základní požadavky na rozvody VO

El. rozvody VO musí v první řadě splňovat požadavky na bezpečnost. Za všech provozních podmínek musí zajišťovat požadovanou bezpečnost osob, zvířat i svého okolí, nesmí být příčinou úrazu el. proudem, popálenin, požáru ani dalších negativních účinků na své okolí. El. rozvod VO ani spotřebiče jím napájené rovněž nesmí negativně působit na funkci jiných obvodů či zařízení, nacházejících se v jeho okolí a zároveň nemají být okolními obvody či zařízeními negativně ovlivňovány. Požadavky na bezpečnost el. rozvodů (i všech činností souvisejících s provozem nejenom el. rozvodů VO, ale veškerého el. zařízení obecně) jsou stanoveny v příslušných technických normách, platných zákonech, vyhláškách a předpisech. Zde je na místě připomenout, že i při nezávadnosti platných technických norem je nutno prokázat zajištění bezpečnosti minimálně na úrovni požadované normou.

Dalším důležitým požadavkem na el. rozvod VO, nezbytným pro správnou funkci celé osvětlovací soustavy, je spolehlivost. Ve většině případů není pro rozvody VO vyžadováno zajištění dodávky el. energie náhradním nouzovým zdrojem. V případech, kdy to bezpečnostní či jiné zvláštní nároky požadují, je nutno stanovit stupeň důležitosti dodávky a zajistit splnění požadavků z něj vyplývajících. Na spolehlivost má vliv i správný návrh jističů v rozvodu VO a zajištění selektivity jednotlivých jisticích prvků. Upozornit je vhodné např. na kombinaci jisticích prvků s odlišnými vypínacími charakteristikami (např. jistič – pojistka), která při nevhodné volbě přístrojů může mít při poruše za následek odpojení i bezporuchových větví.

Mezi neméně důležité požadavky na el. rozvody VO patří hospodárnost, která je dána pořizovacími náklady, provozními náklady a náklady na údržbu, opravy a revize. Souvislost s hospodárným návrhem el. rozvodů má životnost rozvodů VO a veškerých materiálů, přístrojů, součástek a zařízení v nich použitých. Životnost je ovlivněna nejenom volbou uvedených součástí el. rozvodu (mj. i s ohledem na vnější vlivy, kterým jsou rozvody vystaveny), ale i kvalitou montáže a údržby. Požadavky na hospodárnost el. rozvodů VO jsou již ze svého principu protichůdné s většinou ostatních požadavků na rozvody VO kladených. Hlavním úkolem projektanta je naleznout takový kompromis, aby dodržení veškerých požadavků bylo ekonomicky přijatelné a ani při provozu uživatele nezatěžovalo nepřiměřeně vysokými náklady.

Návrh rozvodů VO

VO patří mezi vyhrazená zařízení pro výrobu, přeměnu rozvod a odběr el. energie, na která se vztahují příslušné zákony, vyhlášky a předpisy, mj. jsou upraveny i požadavky na odbornou způsobilost v elektrotechnice, dané vyhláškou ČÚBP č. 50/1978 Sb., o odborné způsobilosti v elektrotechnice, zákonem ČNR č. 360/1992 Sb., o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu povolání autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě v platném znění atd. Splnění stanovených podmínek je jedním z předpokladů pro získání způsobilosti k projektování el. zařízení. Ve většině případů je před realizací projektované stavby nutno získat územní rozhodnutí a stavební povolení, v některých případech je dostačující ohlášení stavby (viz. zákon č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu v platném znění). Podrobný rozbor legislativy v oblasti projektování el. zařízení přesahuje rámec tohoto příspěvku.

Dále budou uvedeny některé důležité a všeobecně známé zásady pro návrh silového rozvodu osvětlovací soustavy VO. Před zpracováním projektu VO musí být provedeno zařazení vnějších vlivů v

souladu s ČSN 33 2000-3 a osvětlovací soustava a všechny její součásti musí odolávat těmto vnějším vlivům. Toto zařazení je důležitým předpokladem pro správný návrh el. rozvodů VO. Osvětlovací soustavy VO bývají v našich podmínkách připojeny nejčastěji k sítím typu TN (TN-C, TN-S, TN-C-S). Tyto sítě jsou nejčastější v ČR i ve většině zemí Evropy a jsou v současnosti většinou odborníků považovány v mnoha ohledech za bezpečnější než sítě typu TT.

Dimenzování a návrh el. rozvodů VO (vodičů, kabelů, el. přístrojů atd.) se provádí mj. podle:

- a) jmenovitého proudového zatížení
- b) velikosti úbytku napětí a ztrát
- c) účinků zkratových proudů
- d) mechanického namáhání
- e) způsobu ochrany před úrazem el. proudem

ad a)

Při návrhu rozvodů veřejného osvětlení musíme znát jmenovité zatížení celé osvětlovací soustavy, které je dáno součtem jmenovitých příkonů el. spotřebičů, připojených na daný rozvod. Pokud jsou k rozvodu VO připojeny pouze světelné spotřebiče, bývá součinitel soudobosti β roven 1. Z celkového příkonu určíme celkový proud, který je výchozí pro volbu vhodného vodiče. Pro rozvody VO je v odůvodněných případech vhodné uvažovat určitou rezervu, např. pro případ budoucího rozšíření osvětlovací soustavy, zvýšení příkonu svítidel, doplnění slavnostního nebo vánočního osvětlení apod. Z celkového proudu a součinitele k , který zohledňuje snížení proudové zatížitelnosti vodiče či kabelu s ohledem na podmínky uložení (viz. ČSN 2000-5-523) určíme min. potřebný průřez vodičů či kabelů požadovaného typu, který je nutno ověřit podle dalších kritérií. Zvláštností výbojových zdrojů světla je tzv. náběhový proud jehož velikost může po zapnutí být až o několik desítek % vyšší než proud jmenovitý, postupem času jeho velikost klesá a po několika minutách se ustaluje na velikosti proudu jmenovitého, takže by neměl způsobit vybavení běžných jisticích prvků dimenzovaných na jmenovité zatížení (v některých případech je toto nutno ověřit, zejména dosahuje-li náběhový proud vysokých hodnot). Při připojování jednotlivých svítidel do rozvodu VO je nutno dbát na pravidelné zatížení fází L1, L2, L3, aby zátěž byla pokud možno symetrická a středním vodičem tekla co nejmenší proud. Pravidelné střídání fází se doporučuje proto, aby při případném výpadku některé z fází nezůstal neosvětlený delší souvislý úsek komunikací, křižovatek apod. Tyto požadavky nelze samozřejmě dodržet v 1f rozvodech. Při použití výbojek se v rozvodech VO vyskytují vyšší harmonické složky proudů. Při výskytu těchto vyšších harmonických složek se netočivé složky v 3f rozvodu uzavírají přes střední vodič. V důsledku toho se tento vodič proto zpravidla dimenzuje na stejný průřez jako fázové vodiče (pro volbu průřezu vodičů však mnohdy bývají rozhodující další požadavky, např. na velikost vypínací impedanční smyčky, dovolených úbytků apod.)

ad b)

Dovolený úbytek napětí pro rozvody veřejného osvětlení, způsobený výpočtovým zatížením smí být max. 5% jmenovitého napětí sítě (dle ČSN 360400). Velikost napětí v žádném místě rozvodu VO (ani při stmívání osvětlovací soustavy) nesmí klesnout pod úroveň zápalného napětí výbojek (např. u vysokotlakých sodíkových výbojek se zápalné napětí pohybuje zhruba mezi 180 V až 190 V v závislosti na výrobci a stáří výbojky). Velikost napětí v rozvodu VO má značný vliv na velikost světelného toku, vyzařovaného výbojovými zdroji. Např. u vysokotlakých sodíkových výbojek je pokles napětí o 1% doprovázen poklesem světelného toku přibližně o 3%, což má vliv na světelně-technické parametry osvětlovací soustavy. Průřez kabelů či vodičů je tedy nutno ověřit i v souvislosti s velikostí úbytku napětí, který má spolu se zatížením a účínkem $\cos \phi$ vliv na velikost ztrát v rozvodech VO, které

mohou být poměrně vysoké zejména u rozsáhlých a velmi dlouhých rozvodů, v případě nadzemních venkovních sítí VO nezní ještě stále jednofázových. Téměř všechna běžná svítidla jsou dnes dodávána, kompenzována. Připojením kompenzačního kondenzátoru do obvodu svítidla s výbojovým zdrojem dojde ke kompenzaci jalové složky proudu a tedy i jalového výkonu. Podle velikosti kapacity kondenzátorů lze kompenzovat až na účinník $\cos \phi$ blíží se k 1. Je možno provádět i skupinovou kompenzaci pro větší počet světelných zdrojů. V běžných rozvodech VO však tato kompenzace nebývá používána. V zájmu objektivit je však potřeba podotknout, že úspory el. energie v důsledku kompenzace jsou provázeny deformací sinusového průběhu křivky napájecího proudu, což se projeví zpětnými vlivy (vyšší harmonické) na napájecí síť, jejich rozsah je závislý na rozsahu a velikosti kompenzované osvětlovací soustavy.

ad c)

Účinky zkratových proudů na rozvody VO můžeme rozdělit na tepelné a silové. V rozvodech VO bývají tyto účinky většinou méně významné, způsob případného ověření silových i tepelných účinků zkratových proudů na vodiče (kabely) a na odolnost el. přístrojů lze nalézt v odborné literatuře. Zde zmíním pouze ověření min. průřezu vodiče či kabelu v souvislosti s tepelným namáháním vlivem zkratového proudu:

$$S \geq \frac{I_{ke} \cdot \sqrt{t_k}}{K} \quad (\text{mm}^2; A, s, A \cdot s^{1/2} \cdot \text{mm}^{-2}), \text{ kde} \quad [1]$$

S je nejmenší dovolený průřez vodiče (mm^2)
 I_{ke} je ekvivalentní oteplovací proud (A)
 t_k je doba trvání zkratu (s)

K je konstanta , jejíž velikost je dána použitým materiálem

Pokud je doba trvání zkratu krátká (což u rozvodů VO většinou platí), je účinek zkratového proudu nevýznamný. U kabelových vedení v prostředí bez nebezpečí požáru a výbuchu se uvažuje zkrat na konci kabelu.

ad d)

U kabelových zemních rozvodů VO má na mechanické namáhání vliv způsob a hloubka uložení vedení, ochrana vedení (použití chráničky apod.) a způsob zatěžování povrchu (pojezd vozidel, zemědělských strojů apod.). V případě nadzemních venkovních vedení je potřeba ověřit zejména namáhání vodičů tíhou námrazku, silou větru a vlastní vahou vodičů. Namáhání silou větru tvoří vodorovnou složku sil, ke které se přičítá svislá složka sil daná hmotností vodiče. Hmotnost námrazku působí svisle. Je potřeba určit, který způsob namáhání je významnější a podle něj nadzemní vedení dimenzovat. Současné působení větru a námrazku se neuvažuje. Popis způsobů výpočtů mechanického namáhání venkovních vedení a stavby sítí venkovního vedení by byl rozsáhlý a přesahuje rozsah tohoto příspěvku (viz. [1]). V současnosti se při stavbě venkovních nadzemních rozvodů VO upřednostňuje použití samonosných izolovaných vodičů (např. typ 1-AES), které v porovnání s dříve používanými lany AlFe mají mnoho výhod. Výhody samonosných izolovaných vodičů jsou zejména ve větší spolehlivosti (omezení zkratů vzniklých dotykem holých vodičů), menším mechanickým namáháním podpěrných bodů při zachování přenosové schopnosti el. vedení, omezení nutnosti ořezů stromů, vyšší bezpečnost z hlediska úrazu el. proudem, kratší montáž, jednodušší práce pod napětím, menší zatížení sněhem a námrazou, případně další.

ad e)

Základní požadavky na ochranu před úrazem el. proudem a její provedení najdeme v ČSN 33 2000-4-41 a dalších souvisejících normách. Další požadavky, upřesnění či omezení pro zařízení venkovního osvětlení jsou uvedeny v ČSN 33 2000-7-714 z roku 2001. Např. v souvislosti s ochranou před nebezpečným dotykem živých částí je v čl. 714.412 uvedeno:

Všechny živé části el. zařízení by měly být chráněny izolací nebo zábranami, nebo uzavřením (kryty), vylučujícími úmyslný či neúmyslný přímý dotyk. Skříně obsahující přístupné živé části musí být uzamčeny pomocí klíče nebo náradí, pokud nejsou v prostoru, kde mají přístup pouze osoby s odbornou kvalifikací nebo poučené osoby. Dveře vedoucí k el. zařízení a umístěné méně než 2,5 m nad úrovní terénu musí být uzamčeny pomocí klíče nebo náradí. Navíc musí být zřízena ochrana před přímým dotykem, jsou-li dveře otevřené, buď použitím zařízení se stupněm ochrany krytem nejméně IP2X nebo IPXXB daným konstrukcí nebo instalací, nebo umístěním zábrany nebo překážkou poskytující stejný stupeň ochrany krytem. U svítidla s výškou menší než 2,8 m nad úrovní terénu musí být přístup ke světelnému zdroji pouze po odstranění zábrany nebo uzavření vyžadujícího použití náradí.

V souvislosti s ochranou před nebezpečným dotykem neživých částí je např. v čl. 714.413 uvedeno:

Nesmí se používat ochrana nevodivým okolím a ochrana neuzemněným místním pospojováním.

Dále se budu věnovat sítím typu TN. Tyto jsou v ČR nejčastěji používané a je na ně napojována většina rozvodů VO, ve kterých se nejčastěji používá ochrana samočinným odpojením od zdroje v požadovaném čase, proto bude rozebrána v dalším textu podrobněji. Princip ochrany je popsán v ČSN 33 2000-4-41. Ochrana samočinným odpojením od zdroje v sítích TN spočívá v tom, že všechny neživé části el. zařízení jsou spojeny ochranným vodičem s nulovým bodem zdroje. Podmínkou ochrany je, aby při zkratu mezi fázovým vodičem a neživou částí vznikl takový vypínací proud, který je vyšší nebo roven vybavovacímu proudu předřazeného jistícího prvku pro daný čas odpojení.

$$Z_s \leq \frac{U_0}{I_a} \quad (\Omega; V, A)$$

kde Z_s je impedance smyčky poruchového proudu
 U_0 je fázové napětí
 I_a je vypínací proud, který zajistí vybavení ochranného prvku v požadovaném čase

Protože se vychází z předpokladu plně zatížené sítě, musí se jmenovité napětí sítě proti zemi snížit součinitelem, respektujícím zatíženou síť. Pokud tento součinitel sloučíme s impedančním součinitelem, respektujícím chybu výpočtu impedance, získáme bezpečnostní součinitel k_v , v případě měřené impedance bezpečnostní koeficient k_m . Hodnotu vypočtené impedance je nutno uvažovat při max. provozní teplotě vodičů. Pak platí:

$$k_v \cdot Z_{sv} \cdot I_a \leq U_0$$

kde Z_{sv} je impedance vypínací smyčky vypočtená při max. provozní teplotě vodičů se zanedbáním

impedancí vložených prvků (vypínačů, pojistek, přechodových odporů, paralelních cest přes zemniče apod.)
 k_v je bezpečnostní součinitel pro vypočtenou impedanci, ($k_v=1,25$) zahrnující zanedbané hodnoty impedancí při výpočtu, i napěťový součinitel zatížené sítě

nebo:

$$k_m \cdot Z_{sm} \cdot I_a \leq U_0$$

kde Z_{sm} je impedance vypínací smyčky změřená při teplotě vodičů shodně obvykle s teplotou okolí
 k_m je bezpečnostní součinitel pro změřenou impedanci ($k_m=1,5$) zahrnující zanedbané hodnoty při měření oteplení vedení při poruše, chybu měřicího přístroje i napěťový součinitel zatížené sítě

Možnost použití jiných výpočetních metod upravuje čl. 413.1.3.3. N1.3. ČSN 33 2000-4-41. Velikost vypínací impedanční smyčky a vhodnost použitého jištění je vždy nutno zkontrolovat při prováděné revizi el. zařízení (výchozí, pravidelná atd.). Další podmínky ochrany jsou uvedeny v ČSN 33 2000-4-41.

V souvislosti s ochranou samočinným odpojením od zdroje v sítích TN je potřeba připomenout, že požadavky na bezpečnost el. zařízení jsou vyšší než u dříve používané ochrany nulováním. Zejména zajištění dostatečně nízké impedance poruchových smyček pro odpojení zařízení od zdroje v požadovaném čase však může představovat problém. Ve smyslu ČSN 33 2000-4-41 je hlavní či doplňující pospojování ve venkovních prostorech prakticky nerealizovatelné (jistý ekvivalent představují ekvipotencionální kruhy kolem energetických stožárů). Jistým řešením je aplikace proudových chráničů, která však v rozvodech VO přináší určité problémy. Pro správnou funkci proudového chrániče je nutno použít oddělené vodiče PE a N (tj. soustavu TN-S), což mnohdy není vhodné či možné. Na rekonstruované soustavy VO totiž většinou navazují stávající rozvody provedené v soustavě TN-C (PE a N nelze dále spojovat). Dále existují nejrůznější havarijní propojení, která v případě poruchy na rozvodu VO zajistí dočasné napájení VO z rozvodu nejbližšího RVO (provedeny většinou v TN-C), což by v případě sítě TN-S nebylo možné. Rovněž proudové chrániče vyžadují pravidelné kontroly funkčnosti, což prodražuje údržbu VO. Navíc v ČSN 33 2000-7-714, čl. 714.413.1, Poznámka 1 je uvedeno:

Použitím proudového chrániče na počátku obvodu venkovního osvětlení může být v případě jediné poruchy v jednom osvětlovacím zařízení způsobeno odpojení celé osvětlovací soustavy. Toto může způsobit bezpečnostní riziko pro uživatele.

Lze tedy vidět, že použití proudových chráničů není pro ochranu celých větví rozvodu VO zcela vhodné. V některých případech však je použití chráničů nezbytné (např. při použití zásuvek v rozváděcích, ve stožárech při napojení vánočního osvětlení ze zásuvek apod.).

V ostatních případech bývají většinou použity pojistky či jističe (není-li použití proudového chrániče příslušnými normami vyžadováno), pak je nezbytné zajistit dostatečně nízkou impedanci poruchové impedanční smyčky. Na její velikost má vliv impedance trať a soustavy vn (nízká, nelze ovlivnit a většinou je i obtížné zjistit její skutečnou velikost), druh a průřez použitého vedení a jeho délka a některé další vlivy (např. přechodové odpory, uzemnění apod.). Ovlivnit tedy můžeme zejména průřezy vodičů či kabelů (nákladné, v koncových větvích jsme omezeni max. průřezem kabelů dle typu stožáru a použité elektrovýzbroje), další možností je omezení max. délek větví, které jsou však dány rozsahem VO a počtem a vzájemnou vzdáleností jednotlivých rozvaděčů. Pro správnou funkci ochrany samočinným odpojením od zdroje je tedy nutno i vhodně navrhnout jištění. V souvislosti s ochranou samočinným odpojením od zdroje je důležité uzemnění. Hodnota zemního odporu pracovního uzemnění nulového bodu zdroje nemá překročit 5Ω , ve zvláštních případech 15Ω . Celkový zemní odpor uzemnění vodičů PEN odcházejících z transformovny má být do 2Ω . Vodič PEN v síti TN-C nebo PE v síti TN-S se musí uzemnit buď samostatným zemničem nebo spojit s uzemňovací soustavou, kromě uzlu zdroje ještě v místech dle čl. 413.1.3N12 ČSN 33 2000-4-41. Při poruše zůstává zavlčené napětí na neživé části do doby odpojení od zdroje (tento problém nevzniká v sítích TN-S).

Napětí zdroje se rozdělí na úbytky na dráze poruchového proudu, napětí na PEN vodiči může v místě poruchy dosáhnout pro síť s $U=230\text{ V}$ až 115 V , díky přizemnění však dosahuje nižších hodnot. Častým přizemňováním PEN (PE) se vytváří paralelní vodivá cesta zemí, což vede ke snížení zavlčeného dotykového napětí při poruše, což přispívá k bezpečnosti sítí TN. Je proto vhodné provádět přizemňování co nejčastěji. Je doporučeno zemničem spojovat vždy min. dva sousední stožáry, na jejichž kostry se připojuje vodič PEN (PE). Ochrana před atmosférickým přepětím a další požadavky na zemniče a provedení uzemnění jsou řešeny v ČSN 33 2000-5-54. Jak bylo zmíněno dříve, při použití výbojových zdrojů světla dochází ke vzniku vyšších harmonických složek proudu a nesymetrie zátěže. Netočivé složky proudu se v síti TN-C uzavírají PEN vodičem, což má za následek výskyt napětí na neživých částech. Tento neduh lze rovněž výrazně omezit kvalitním a častým přizemňováním, v sítích TN-S s oddělenými vodiči PE a N se nevyskytuje. Při provádění uzemnění je nutno pozornost věnovat korozi zemničů, která vzniká při spojení dvou různých kovů s rozdílným elektrochemickým potenciálem. Nesmí se tedy spojovat měděné a ocelové zemniče ani měděné a pozinkované zemniče, kdy na straně ocelového či pozinkovaného zemniče hrozí rychlá koroze s možným přerušením zemniče. Nelze-li se spojení uvedených kombinací kovů vyhnout, je nutno zřídit katodickou ochranu zemničů, což v rozvodech VO nebývá používáno a snažíme se nevhodné kombinaci kovů se vyhnout.

Nezbytnou součástí návrhů rozvodů VO je i návrh spínání a ovládání osvětlovací soustavy. Z této široké problematiky bych se jen krátce zmínil o regulaci a stabilizaci napětí. Používání stabilizátorů napětí je výhodné zejména v sítích, kde se vyskytuje přepětí či podpětí. Zejména v případech přepětí dochází u výbojek ke značnému snižování doby života, což lze omezit vhodným nastavením napětí. Možnost úspor energie vlivem regulace napětí je dána čl. 3.1.2 ČSN 360400. Způsob regulace musí zajistit dodržení požadované rovnoměrnosti osvětlenosti či jasů, nelze proto použít takový případ, kdy dochází ke zhasínání svítidel např. na každém druhém stožáru. Vhodnější je regulace napětí, tzv. „stmívání“. Lze provést snížení napětí ze jmenovitého na cca 185 V (zápalné napětí). Tímto snížením napětí (cca 20%) lze dosáhnout snížení příkonu výbojky o cca 40% při snížení světelného toku o cca 60%. Max. snížení napětí můžeme využívat max. zhruba 5 až 6 hodin denně, což představuje v praxi ověřené snížení celkové spotřeby el. energie o 20 až 30%. Pozornost je nutno věnovat správnému návrhu rozvodů VO a jistění v regulovaných soustavách. V obvodech VO s ochranou před úrazem el. proudem samočinným odpojením od zdroje je při daném jistění rozhodující poruchový proud, který způsobí vybavení jistícího prvku. Poruchový proud je dán velikostí napětí a impedancí poruchové smyčky. Jelikož impedance smyčky zůstává při regulaci konstantní (zanedbáme-li vliv oteplení vodičů při rozdílném poruchovém proudu), je čas vybavení jistícího prvku závislý na velikosti napětí. A jestliže v průběhu provozu VO dojde ke snížení velikosti napětí (např. regulací), dojde i ke snížení poruchového proudu a ke zvýšení vypínacího času jistícího prvku dimenzovaného pro jmenovité parametry, který může přesáhnout max. dovolený čas odpojení. Dojde-li ke snížení jm. napětí, dojde i k poklesu případného dotykového napětí, avšak jeho velikost je závislá na mnoha okolnostech a může překročit mez bezpečného dotykového napětí pro dané prostory.

V souvislosti se vznikem harmonického zkreslení proudů vlivem nelineárních zátěží bych si dovilil ještě upozornit na obezřetnost při měření proudů v těchto obvodech. Je potřeba použít přístroje, které měří skutečnou efektivní hodnotu. Měřicí přístroje pro měření střední hodnoty, kalibrované na efektivní hodnotu, budou v případě zkresleného průběhu proudu udávat nepřesné hodnoty (nižší až o 40 %), což může mít za následek poddimenzování kabelů, jistících prvků apod.

Závěr

Příspěvek si neklade za cíl obsáhnout celou problematiku projektování el. rozvodů VO, kterou lze nalézt v odborné literatuře, normách, zákonech, vyhláškách apod. Pokusil jsem se zjednodušeně popsat některé zkušenosti z projektování el. rozvodů VO včetně některých problémů a omezení, které se mohou vyskytnout. Pozorným čtenářům a posluchačům děkuji za vyjádření odlišných názorů či upozornění na chyby, kterých jsem se mohl v tomto příspěvku dopustit.