

Napájení operačních svítidel

z německého originálu časopisu *de*, 12/2009,
vydavatelství Hüthig & Pflaum Verlag GmbH München,
upravil Ing. Josef Košťál, redakce Elektro

Připojení operačních svítidel vyžaduje značnou pečlivost při projektování a zřizování. Bezpečný provoz operačních svítidel hraje velmi důležitou roli při úspěšném vykonávání operačních terapií. Tomu také odpovídají zvýšené nároky na provedení instalace a zabezpečení napájení těchto svítidel. Tento příspěvek se zabývá praxí při projektování a aplikování platných norem v této oblasti. Jde především o německou základní normu souboru DIN VDE 0750 a normu DIN VDE 0750-2-41^{*)}.

Výrobci operačních svítidel se snaží nabídnout co nejucelenější systémy pro zabezpečení náročných světelnotechnických požadavků, pro pohodlnou obsluhovatelnost a integraci kamerových celků. Jednotlivé prvky příslušenství přebírají často určité konkrétní funkce, jako např. ochranné oddělení, stmívání, zaostřování a přepínání. Komplexní systémy jsou zkoušeny společně a výrobci omezují záruku na výrobky, je-li použito „cizí“ příslušenství. Rozhraní mezi elektrickými zařízeními a operačními svítidly musí být bezpodmínečně koordinováno v rámci všech zainteresovaných stran.

Operační svítidla a požadavky na ně

Operační svítidla se dělí podle normy DIN VDE 0750-2-41 na tyto tři typy:

- ☐ malá operační svítidla,
- ☐ velká operační svítidla,
- ☐ systémy operačních svítidel.

Na všechny tyto typy jsou kladeny velké světelnotechnické požadavky, neboť jsou používány pro lokální osvětlení těla pacienta. Mohou být provedeny v třídě ochrany I nebo II a mít vývod pro ochranné pospojování.

Malá operační svítidla

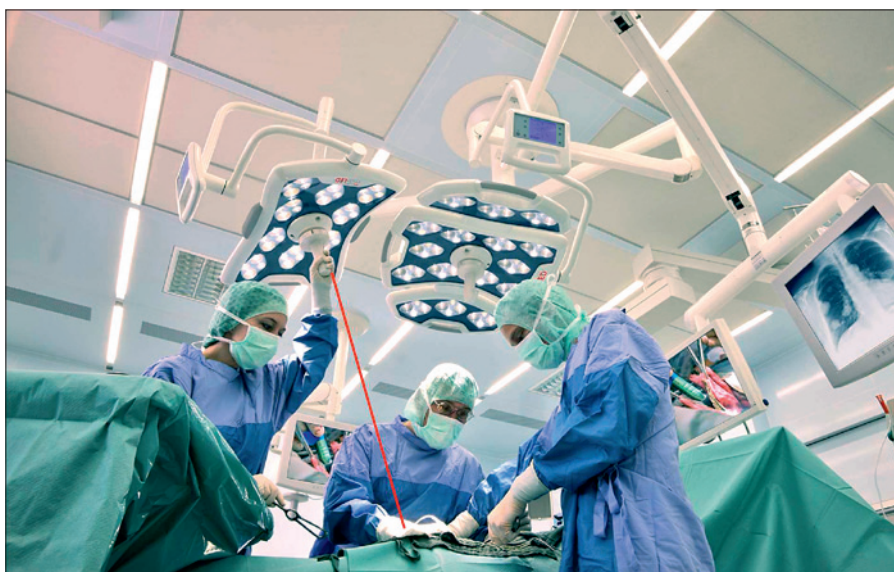
Tento typ operačních svítidel je reprezentován samostatnými svítidly pro diagnózu a ošetření. Tato svítidla nejsou zabezpečena proti výpadku. V operačních sálech jsou používána jako podpůrná lokální osvětlení těla pacienta. V případě výpadku světla je třeba vyloučit možnost ohrožení pacienta.

Velká operační svítidla

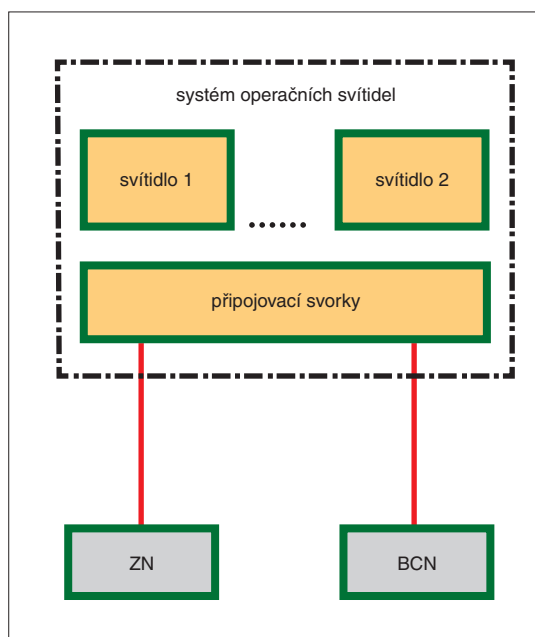
Tímto typem operačních svítidel se rozumí samostatná svítidla pro diagnózu a ošetření v operačních sálech. Mají vysokou úroveň zabezpečení proti výpadku a jsou doplňkově k síťovému napájení napojena na podpůrný bateriový centrální napájecí systém (BCN). Pokud by mohl výpadek světla ohrozit pacienta, nesmí se tato svítidla použít – v tomto případě je třeba použít systém operačních svítidel.

Systém operačních svítidel

Tento systém je složen z kombinace alespoň dvou samostatných operačních svítidel, která jsou zabezpečena proti výpadku a doplňkově k síťovému napájení jsou ještě připojena k podpůrnému bateriovému centrálnímu



(zdroj: KLS Martin Group)



Obr. 1. Připojení systému operačních svítidel s vlastním přepínacím zařízením

mu napájecímu systému. Veškeré komponenty jsou zdvojeny, popř. ztrojeny. Systémy operačních svítidel lze používat ve všech lékařských disciplínách k prosvícení operačních polí. Používají se pouze v operačních sálech.

Operační svítidla zabezpečena proti výpadku musí být v zásadě konstruována tak, aby ona sama nemohla být příčinou vzniku jakéhokoli ohrožení a aby jejich hlavní funkce zůstala v každém případě zachována. Požadavek na zachování hlavní funkce již implicitně zahrnuje napájení pro bezpečnostní účely.

Podle zmíněné normy je např. systém operačních svítidel – sestávající ze dvou malých operačních svítidel, která jsou nezávisle na sobě pohyblivá, vybavena oddělovacími transformátory, odděleným jištěním i zapojením – považován za zabezpečený proti

^{*)} Tato německá norma je ekvivalentem mezinárodní normy IEC 60601-2-41 a české harmonizované normy ČSN EN 60601-2-41:2001 Zdravotnické elektrické přístroje – Část 2-41: Zvláštní požadavky na bezpečnost operačních a vyšetřovacích svítidel.

výpadku, má-li při první chybě jednoho ze svítidel druhé svítidlo intenzitu osvětlení min. 40 000 lx. Tato vysoká úroveň světelnětechnických požadavků, která je kladena na velká operační svítidla a systémy operačních svítidel, pak logicky nemůže být splněna, chyběli např. připojení na podpůrný bateriový centrální napájecí systém nebo automatická výměna světelného zdroje.

Velká operační svítidla a systémy operačních svítidel kladou při výpadku síťového napětí především tyto požadavky na elektrické zařízení:

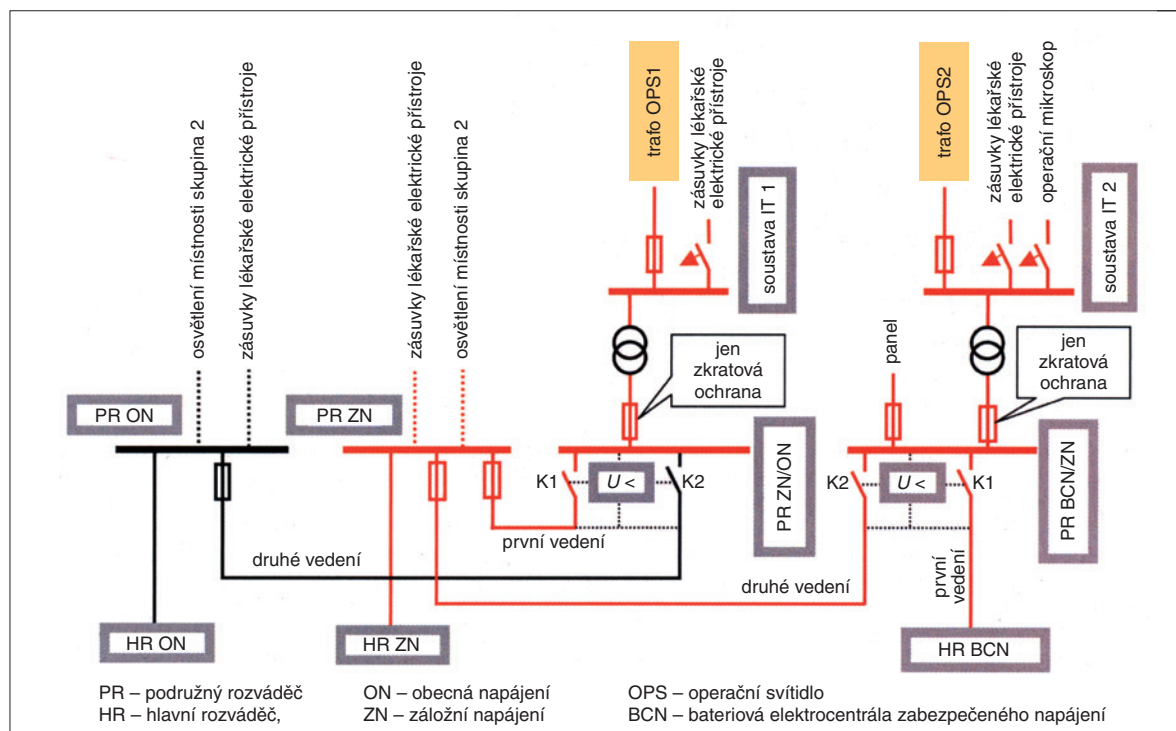
- při první chybě nesmí dojít k ohrožení a hlavní funkce musí zůstat zachována;
- na provoz podpůrného bateriového centrálního napájecího systému musí být lékařský personál upozorněn prostřednictvím ovládacího a kontrolního panelu v operačním sále.

Napájení a ochranná opatření

Nezbytného zabezpečení proti výpadku ve smyslu zmíněné normy je dosaženo důsledným zdvojením systémů. Toto zdvojení se týká každé napájecí větve každého jed-

váno v příslušném modulu systému operačních svítidel.

Kompletní systém, včetně obvyklých modulů příslušenství, jako např. desky usměrňovače, oddělovací transformátory nebo spínací napájecí zdroje a kamerové moduly, jakož i určené komponenty pro montáž zajišťovanou výrobcem, jsou zkoušeny a dodávány výrobcem svítidel. Tato konfigurace, která je podstatnou měrou dána normou DIN VDE 0750-2-41, má tu výhodu, že záruku za výrobky přebírá výrobce svítidel. Z tohoto důvodu spočívá na něm také odpovědnost za použitá



- při chybě v síťovém napájení musí dojít automaticky k přepnutí na podpůrný bateriový centrální napájecí systém;
- během provozu na podpůrný bateriový centrální napájecí systém musí v intervalu 5 s od přerušení napájení dosáhnout jmenovitá intenzita osvětlení minimálně hodnoty 50 % původní intenzity osvětlení nebo alespoň 40 000 lx, nejpozději do 40 s po přerušení napájení musí dojít k obnovení původní hodnoty intenzity osvětlení;

notlivého svítidla počínaje od zdroje napájení. Ve zmíněné normě jsou k tomuto uvedeny příklady zapojení.

V praxi je možné toto realizovat tak, že se systém operačních svítidel připojí na napájení pro bezpečnostní účel – záložní napájení (ZN) s podporou generátorového soustrojí, a na podpůrný bateriový centrální napájecí systém – bateriové centrální napájení (BCN) – viz obr. 1. V tomto případě by bylo přepínání mezi upřednostňovaným vedením a druhým (redundantním) vedením realizo-

opatření k ochraně před nebezpečným dotykovým napětím. Požadavky na ochranu před přímým dotykem musí respektovat každý výrobce. U ochrany před nepřímým dotykem je situace složitější, neboť zde přímo spolupůsobí elektrické zařízení a připojený přístroj.

V normě DIN VDE 0100-710:2002^{**)} je požadováno připojit proudové obvody operačních svítidel, jakož i jiných srovnatelných svítidel, která jsou provozována se jmenovitým napětím 25 V AC nebo 60 V DC, ke zdravotnické izolované sou-

^{**)} Pro elektrické instalace v místnostech pro lékařské účely platí mezinárodní norma IEC 60364-7-710 *Elektrická instalace v budovách – Část 7-710: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech – objekty pro lékařské účely*. V ČR je to (kromě základní normy ČSN 33 2000, kde však ještě stále chybí oddíl 710) především norma ČSN 33 2140 *Elektrotechnické předpisy. Elektrický rozvod v místnostech pro lékařské účely*. Tato norma platí pro navrhování, provoz a údržbu elektrických rozvodů v místnostech pro lékařské účely, které se nacházejí ve zdravotnických zařízeních. Neplatí pro elektrické rozvody ve zdravotnických vozidlech. Jsou normalizovány požadavky na elektrická zařízení a způsob jejich zajištění podle třinácti požadavků. Jsou to: P0 – Základní podmínky, P1 – Ochranné uzemnění, P2 – Ochranné pospojování, P3 – Omezení dotykového napětí v místnostech určených k přímým zásahům na srdci, P4 – Proudové chrániče, P5 – Zdravotnická izolovaná soustava, P6 – Ochrana oddělením obvodů, P7 – Ochrana bezpečným napětím, GE – Hlavní nouzový zdroj elektrické energie, E1 a E2 – Speciální nouzové zdroje elektrické energie, A – Ochrana proti výbuchu, požáru a nebezpečným účinkům statické elektřiny, I – Ochrana před rušivými účinky elektromagnetického pole. (Přehled požadavků je v čl. 13.1.) Kromě toho je tabelárně (tab. 3) zpracován soupis požadavků pro jednotlivé místnosti a dále (tab. 4) lhůty provozních zkoušek podle uvedených požadavků. Norma má celkem jedenáct příloh, kde jsou zejména příklady některých speciálních řešení. (Přílohy 8 až 11 jsou dokonce na zvláštních listech formátu A4.) Konečně příloha 7 obsahuje rozsáhlou názvoslovnou část, kde je česky a slovensky uvedeno ca 45 hesel a jejich české definice. ČSN 33 2140 byla schválena 13. října 1986 a nabyla účinnosti od 1. září 1987. Nahradila ČSN 33 2140 z 27. prosince 1983. Změnou a) 8/1990 se s účinností od 1. října 1990 v normě mění text několika článků (zejm. čl. 3), tab. 3 a mění označení (číslování) příloh, většinou z důvodu vydání nových ČSN.

stavě IT. Tím je nepochybně myšleno jmenovité napětí na přípojovacích svorkách operačních svítidel, resp. na systémech operačních svítidel.

Protože odpovědnost za použitá ochranná opatření nese výrobce svítidel, nesmí být požadavek normy DIN VDE 0100-710 aplikován pouze formálně. Je třeba si uvědomit, že zdravotnická izolovaná soustava IT napájí zejména lékařské elektrické přístroje pro životně důležité funkce v bezprostředním okolí pacientů a že byla k tomuto účelu také vyvinuta. Z tohoto důvodu záměrně nemá lékařská soustava ochranu před přepětím, aby se zabránilo odpojení při první chybě. Poruchy z přetížení systému však nelze zcela vyloučit. Vezme-li se v úvahu rostoucí citlivost moderních systémů operačních svítidel, pak je třeba se ptát, zda je zdravotnická izolovaná soustava IT, přinejmenším pro připojení systémů operačních svítidel, vhodná. Ochrana malým napětím PELV (*Protective Extra Low Voltage*, ochranné malé napětí) by v souvislosti s použitím komplexních testovaných systémů operačních svítidel měla být upřednostněna.

Připojení systémů operačních svítidel k soustavě IT

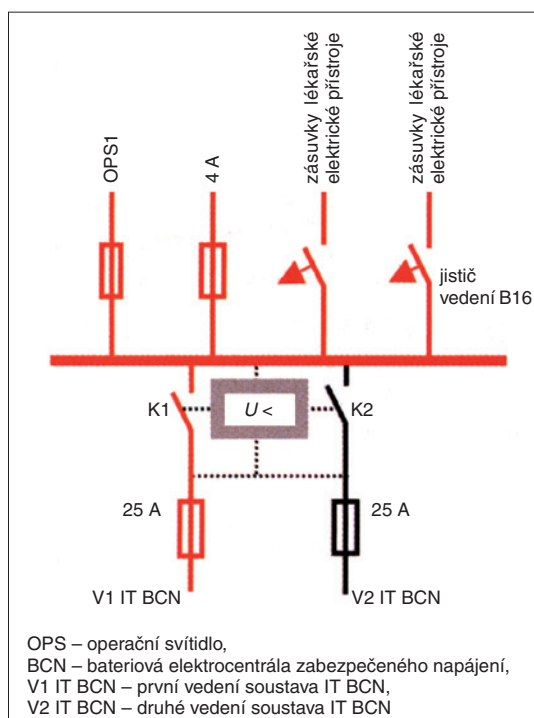
Je-li ochrana použitím zdravotnické izolované soustavy IT nevyhnutelná, je třeba respektovat požadavky normy DIN VDE 0750-2-41. Vzhledem k tomu, že zdravotnická izolovaná soustava IT může vypadnout, musí být k dispozici vždy dvě soustavy IT, aby byly dodrženy požadavky na systémy operačních svítidel k obnovení intenzity osvětlení po výpadku síťového napětí. Přitom může být jedna soustava napájena z BCN/ZN (bateriové centrální napájení/záložní napájení) a druhá soustava z ZN/ON (záložní napájení/obecné napájení).

Na obr. 2 je znázorněna situace se systémem operačních svítidel, který sestává ze dvou rovnocenných svítidel. První svítidlo (OPS 1) je připojeno na soustavu IT BCN/ZN a druhé (OPS 2) na soustavu IT ZN/ON. V tomto případě by bylo při výpadku sítě nejprve napájeno první svítidlo OPS 1 v době $t \leq 0,5$ s po přerušení síťového napájení a druhé svítidlo OPS 2 v době $t \leq 15$ s po tomto přerušení. Přitom je třeba bezpodmínečně dodržet ještě další (již zmíněnou) podmínku týkající se prvního svítidla, které musí v časovém intervalu 5 s od přerušení síťového napájení dávat minimálně 50 % jmenovité intenzity osvětlení obou operačních svítidel nebo alespoň 40 000 lx. Obě operační svítidla pak musí v časovém intervalu 40 s od přerušení síťového napájení dávat 100 % jmenovité in-

tenzity osvětlení. Dodržení těchto podmínek je tím zaručeno.

Vlastnosti operačních svítidel

Operační světelné přístroje musí v Německu odpovídat mj. také normě DIN VDE 0558-507:2008-10 *Bateriové elektrocentrály zabezpečeného napájení pro lékařské účely*. Tyto přístroje mají tu výhodu, že jsou dodrženy požadavky normy DIN VDE 0750-2-41 na oddělené napájení každé elektrické větve svítidel, neboť každé jednotlivé svítidlo operačního světelného přístroje má vlastní výstupní proudový obvod včetně přepínacího zařízení.



Obr. 3. Chybná instalace rozváděče

Jako ochranné opatření je zde použita ochrana bezpečným malým napětím (obvody zásadně neuzemněné). Přetížení zdravotnické izolované soustavy IT je tím vyloučeno. Tyto přístroje jsou však konstruovány výhradně pro napájení operačních svítidel. Je-li stejně instalována bateriová elektrocentrála zabezpečeného napájení, je třeba nepochybně vzít v úvahu při rozhodování o použití operačních světelných přístrojů i ekonomické aspekty.

Připojení operačních svítidel v praxi

Německý velikan J. W. Goethe ve *Faustovi* říká: „*Sedá, můj příteli, je všechna teorie, a zelený strom života*“. A tak asi mnozí na základě tohoto výroku usoudili, že je nejlépe veškerou teorii hned na začátku zavrhnout. Jak jinak si lze vysvětlit až odstrašující množství nesprávně nebo nedostatečně připojených operačních svítidel?

Na obr. 3 je uveden názorný příklad chybné instalace rozváděče pro napájení systému

operačních svítidel s typickými nedostatky. Sítí rozváděče je napájena prvním vedením (V1) ze zdroje ZN/ON v soustavě IT a druhým vedením (V2) z BCN přes IT-transformátor se jmenovitým výkonem 6,3 kV·A. Ze sběrnice vytvořené za přepínacím zařízením jsou napájeny vybrané zásuvky a **obě operační svítidla** v jednom operačním sále.

Mezi příslušnou předřadnou pojistkou 25 A a podřízenými jističi vedení B16 proudového obvodu zásuvek neexistuje **naprosto žádná selektivita**. Tato situace nezodpovědně ohrožuje napájení operačních svítidel. Zkrat na některém lékařském elektrickém přístroji postačí, aby došlo k úplnému výpadku všech operačních svítidel v daném operačním sále. Tento zkrat nejprve způsobí přepálení předřazené pojistky 25 A v prvním vedení (V1) a po přepnutí na druhé vedení (V2) dojde k přepálení i této pojistky 25 A.

K celkovému výpadku systému operačních svítidel může dojít také při poruše přepínacího zařízení nebo přidruženého IT-transformátoru.

Nepochopitelným způsobem bylo zvoleno napájení ze zdroje bateriové elektrocentrály (BCN) jako druhé (redundantní) vedení, ačkoliv je BCN trvale v chodu. Kromě toho tato elektrocentrála je složena z nadřízeného (*master*) a podřízeného (*slave*) zařízení, které pracuje v režimu s polovičním zatížením. Jde o zařízení s nejvyšší úrovní kvality a zabezpečení proti první chybě.

Toto zapojení znázorněné na obr. 3 odporuje nejen současnému stavu techniky, a tím také normě, ale i zdravému selskému rozumu.

Shrnutí

Operační svítidla tvoří v operačním sále velmi důležitá zařízení s velmi přísnými nároky na bezpečnost. Uvedený příklad, který bohužel není výjimkou, dokládá, že někteří elektrotechnici (zde myšleno v Německu), kteří se podílejí na instalaci operačních svítidel, nemají v mnoha případech dostatečné povědomí ani o platných uznávaných technických pravidlech, ani o pokynech a doporučeních výrobců těchto svítidel. Chybí zde nezbytné ucelené systémové uvažování o této instalaci, tj. od napájecího zdroje až po operační svítidla.

Náročné požadavky na vypnutí v případě poruchy, které platí obecně a nezávisle na způsobu připojení, je třeba nekompromisně dodržovat. V žádném případě nelze připustit výpadek kompletních systémů operačních svítidel z důvodu neexistující selektivity.

Připojení obvodu operačních svítidel k napájení musí v Německu bezpodmínečně splňovat požadavky normy DIN VDE 0750-2-41.

Rozhraní mezi operačními svítidly a elektrickým zařízením musí být bezpodmínečně dohodnuto mezi zúčastněnými stranami, aby bylo zajištěno dodržení všeobecně uznávaných technických pravidel s přihlédnutím k současnému stavu techniky, jako např. při použití plynových výbojek, diod LED nebo spinaných napájecích zdrojů.

☒