Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Tvorba znalostní databáze pro světelnou techniku s možností expertního zpracování dotazů

Creation of Knowledge Database for Lighting Technology with the Possibility of Expert Query Processing

Zkrácená verze disertační práce

Autor práce: Ing. Michal Krbal
Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D.
Oponenti práce:

Datum obhajoby:

Klíčová slova:

Databáze; databázový systém; znalostní databáze; expertní systém; světelná technika; osvětlovací technika; světelný zdroj; svítidlo; osvětlovací soustava

Key Words:

Database; Database System; Knowledge Database; Expert System; Lighting Technology; Lighting; Light Source; Luminaire; Lighting System

Originální výtisk disertační práce je uložen na:

ISBN 80-214-
ISSN 1213-4198

Obsah

OBSAH 3

1 ÚVOD 5

1.1 Cíle disertace 5

2 HLEDANÉ PARAMETRY SVĚTELNÝCH ZDROJŮ A SVÍTIDEL 7

2.1 Světelné zdroje 8

3 POŽADAVKY NA DATABÁZOVÉ SYSTÉMY 9

3.1 V současnoti používané formáty pro popis svítidel 9
3.2 Nadčasovost 9
3.3 Výběr vhodného datového média 10
3.4 Záznam dat v prostředí Microsoft Excel 11
3.5 Databáze a expertní systémy ve světelné technice 11

4 REALIZACE DATABÁZOVÉHO SYSTÉMU 13

4.1 Zadávání atribut a parametrů světelných zdrojů 14
4.2 Vývojové prostředí Microsoft Visual Studio 16
4.3 Databázový systém 17
4.4 Vzájemná provázanost systémů 19
4.5 Hromadné vyhodnocení dat 20

5 ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE 21

5.1 Přínos práce 23

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 24

CURRICULUM VITAE AUTORA PRÁCE 24

ABSTRAKT 25

ABSTRACT 25

1 ÚVOD

V současnosti existuje několik používaných a různým způsobem podporovaných datových formátů pro popis svítidel. Nicméně každý z nich byl založen v jiné době, zemi, s podporou jiných výrobců, takže vychází z různých standardů. Až na výjimky není mezi nimi zaručena plnohodnotná kompatibilita a vzájemná (jednoduchá) konverze dat. Také žádný ze zde uvedených formátů nezohledňuje všechna data a informace, jenž je nutné znát k plnohodnotnému popisu dnešních svítidel. Je to typická ukázka upořádání dat a informací v osvětlovací technice. Všeobecné používané popisy, datové formáty a databázové systémy jsou dnes zastaralé po technické i morální stránce. Výrobci světelných zdrojů taktéž distribuují mezi své zákazníky data o světelných zdrojích prostřednictví různých katalogových listů nebo dat v textové podobě. Zde je ovšem nutné podotknout, že především hlavní světoví výrobci světelných zdrojů a svítidel své databáze udržují neustále aktuální a veřejnosti dostupné. Nicméně opět jejich poskytované informace jsou navzájem neporovnatelné. Kupříkladu jeden výrobce své výrobky nabízí ve formě stažitelných uzamčených datasheetů ve formátu PDF, další nabízí své výrobky v multimediální databázi prostřednictvím webové aplikace a jiný prostřednictvím letáků a knižních katalogů. Vzájemná konverze dat pro účely komparace je možná pouze za pomocí složitých konvertorů do jednotného formátu, ale i tak je potom vyhodnocení možné pouze u navzájem porovnatelných údajů. Navrhovaná struktura databáze pro světelnou techniku by se měla těmto problémům vyvarovat vytvořením dynamické struktury, která bude uživatelsky definovatelná a bude sledovat moderní vývojové trendy světelných zdrojů a požadavky na osvětlování.

1.1 CÍLE DISERTACE

Světelná a osvětlovací technika je oblastí značně se dynamicky vyvíjející. Bohužel v dnešní době neexistuje žádným jednotný sběrný systém dat, který by dokázal navzájem sjednotit informace a parametry jednotlivých použitelných druhů světelných zdrojů a používaných svítidel, navíc od různých výrobců. Tento systém je do budoucna neodmyslitelnou potřebou pro úspěšné návrhy osvětlovacích soustav, kde by se kombinovaly výhody jednotlivých použitelných technologií s co největší úsporou elektrické energie, ohledem na životní prostředí a dosaženým komfortem z hlediska osvětlení a světelné pohody.

Cílem práce je tedy vytvořit komplexní strukturu v podobě databázového systému, kterou by bylo možné dle potřeb dynamicky rozšiřovat a průběžně doplňovat novými daty. Bylo by zde možné uchování informací v jakékoli myslitelné multimediální podobě od textových a tabulkových informací, přes grafické a vektorové záznamy, až po audiovizuální. Do budoucna by vzniklý systém mohl být veřejně přístupný, například pomocí webového rozhraní.

Částečným řešením, momentálně alespoň pro naše univerzitní a vědecké účely, je tvorba databázového systému s inteligentním vyhledáváním, snadným zadáváním a možností importu - exportu dat. Do systému by tedy bylo možné ukládat hodnoty a

data od katalogových, udávaných výrobci, až po laboratorním měřením získané. Rozsah použitelných mediálních formátů pro data by neměl být omezen. Samozřejmě není možné v takto krátkém časovém úseku, vyčleněném pro tvorbu této práce, a s minimem pracovních sil vytvořit plnohodnotný databázový systém, který by byl navíc zaplněn aktuálními konvertovanými daty všech dnešních výrobců. Práce spíše poskytuje nadhled a zamyšlení se nad dnešní problematikou týkající se například i ekologických aspektů používání světelných zdrojů a svítidel.

Fakta a znalosti získané při tvorbě této práce jsou využity pro tvorbu snadno rozšířitelného databázového systému, kde bude možné podle aktuálních trendů zadávat nové, navzájem porovnatelné parametry. Výstupem jsou textová i grafická porovnání nejrůznějšího charakteru především za účelem, aby potenciálnímu uživateli ulehčily výběr a rozhodnutí.

Aby bylo možné tento databázový systém vytvořit, je nejprve nutné znát požadavky na jeho nároky, sběr a množství potřebných parametrů, jejich vazby a ustálené (používané) popisy. Proto je značná část práce věnovaná sběru těchto parametrů. Až poslední kapitola práce je věnována samotné tvorbě databázového systému, jeho plnění daty, návodem k použití a ukázkám textově-grafického výstupu.

Sběr dat o světelných zdrojích, svítidlech a datových formátech je v disertační práci rozdělen na tři velké kapitoly. První se věnuje sběru, rozsahu a zařazení statických a dynamických parametrů světelných zdrojů a svítidel. Zde je důraz kladen především na rozsah číselných hodnot, dostupnost nebo možnosti získání jednotlivých parametrů a také důležitost znalosti daného údaje. Druhá kapitola je věnována popisu světelných zdrojů, ať už z pohledu jejich současných parametrů, způsobu realizace, konstrukce, ale také z pohledu jejich historického vývoje. Díky znalosti historického vývoje jejich provozních parametrů je možné s jistou přesností předikovat další vývoj, a tak navrhnout takovou strukturu tvořené databáze, aby těmto požadavkům již dnes vyhovovala. A třetí kapitola je věnována současně používaným datovým formátům, databázím a jejich přechodu k expertním systémům.

Na rozdíl od ostatních konkurenčních a volně dostupných systémů je výhodou diskutovaného databázového systému možnost kombinace a vzájemná statistická porovnání laboratorně naměřených výsledků s hodnotami uváděnými výrobci. Pro vytvoření databázového systému se nejprve vycházelo ze znalostí získaných z hromadného sběru převážně katalogových údajů a některých laboratorních měření na ústavu elektroenergetiky FEKT VUT. Dále pak informacím, která nejsou běžně dostupné, případně běžně uváděné výrobci, ale značně souvisí s provozem a dynamikou osvětlovacích soustav, svítidel i v nich obsažených světelných zdrojů. Mezi ně například patří vliv oteplení, změna polohy nebo změna spektra emitovaného záření při náběhu světelného zdroje, či změně parametrů napájení. Zajímavou alternativou se za použiti moderní výpočetní techniky také nabízí tvorba modelů světelných zdrojů, které by dokázaly simulovat statické i dynamické chování světelných zdrojů, svítidel i celých osvětlovacích soustav. Dále pak tvorba

emisí při výrobě, užití a následném zpracování / recyklaci světelných zdrojů. Nebo možnosti uplatnění některých světelných zdrojů pro osvětlování rostlin. Tyto a další parametry a informace uváděné ve vytvořeném databázovém systému jsou hlavním cílem disertace, kde databázový systém se svým obsahem a možnými výstupy tvoří jedinečný soubor znalostí a ucelených pravidel pro možnost použití v laboratořích s možností neustálého doplňování nových hodnot, faktů a pravidel tak, aby nedošlo k jeho zastarání a byl pořad aktuální.

Rozšiřování možností systému lze provádět přidáváním dalších modulů, přičemž se vytvářejí neustále nové vazby, kterými se systém „učí“. Momentálně je databázový systém schopen hledat optimální řešení na základě uživatelsky zadaných kritérií a samozřejmě na základě aktuálnosti znalostí uložených ve své bázi znalostí. Hranice mezi databázovým systémem s možností rozšířeného vyhledávání s exportem dat a expertním systémem je velmi tenká. Expertní systém podle své definice dokáže na základě své báze znalostí a „naučených“ vazeb (od experta v oboru) hledat optimální řešení a je také schopen zpracovat uživatelský dotaz a poskytnout odpověď. Této funkce je navrhovaný databázový systém schopen pouze částečně. Momentálně je výstupem pouze soubor textových a grafických dat, závislý na aktuálnosti, zaplnění databáze a integrovaných vazbách. A závisí pouze na uživateli, jeho zkušenostech, jak s výslednými informacemi naloží. Nicméně pomocí dalších vytvořených rozšiřujících modulů je v budoucnu možné tento databázový systém „vylepšit“ do podoby plnohodnotného expertního systému.

2 HLEDANÉ PARAMETRY SVĚTELNÝCH ZDROJŮ A SVÍTIDEL

Parametry světelných zdrojů a svítidel můžeme dělit různým způsobem. Výrobce zpravidla uvádí ty parametry, které je nutné znát z hlediska návrhu osvětlení, bezpečnosti, parametrů napájecí sítě, prostředí apod. Ve světelné technice je zavedeno dělení na parametry elektrické, světelně-technické a parametry ostatní. Vzhledem k tvorbě databáze může být provedeno dělení také na parametry podle povahy změny v čase. Prvními jsou parametry statické, jenž jsou zpravidla těmi, které udává výrobce ve svých katalozích. Tyto parametry přísluší ustálenému stavu provozu světelných zdrojů a svítidel. Jsou zpravidla vyjádřeny jako průměrná hodnota ze zkoušeného vzorku nebo jako cílová hodnota výrobců, která je samozřejmě vždy udána včetně příslušných tolerancí. Vzhledem k počtu měřených zdrojů nebo svítidel a jejich vzájemnému porovnání můžeme vyjádřiv parametry statistické, kde se zpravidla sledují rozsahy, zastoupení jednotlivých parametrů a řad. Výsledkem jsou pak četnosti zastoupení, vzájemné relace veličin a histogramy. Dynamické parametry, jako poslední zástupce tohoto dělení, vyjadřují časově proměnné chování světelných zdrojů a svítidel. Typickým příkladem je vývoj teplot od počátku zapnutí až po jejich ustálení u jednotlivých komponentů, ale i příslušných na teplotě závislých provozních parametrů. Dále pak start světelných zdrojů s náběhem, který je typicky u zdrojů výbojových, u kterých během fáze startu

po ustálení dochází ke změně světelně-technických i elektrických parametrů. Za zmínku stojí také změny parametrů při změně napájecích podmínek a při změně polohy. Pro přehlednost a efektivitu je podrobné dělení parametrů v disertační práci věnováno pouze těm důležitým, které jsou následně uvedeny také ve vytvořených databázových systémech. Běžně udávané katalogové údaje jsou zpravidla zadány jako parametry statické. Dynamické parametry jsou převážně reprezentovány laboratorně změřenými v čase proměnnými závislostmi a náběhy.

2.1 SVĚTELNÉ ZDROJE

U jednotlivých zástupců světelných zdrojů jsou v disertační práci popsány jejich dosahované parametry, konstrukční řešení, ale také i jejich historický vývoj. Historicky nejstarší světelné zdroje, jakými jsou teplotní zdroje a oblouková lampa, jsou v dnešní době používány v omezené míře, případně se legislativně dosahuje omezení nebo zakázání jejich prodeje a použití. Tyto zdroje dosáhly po konstrukční stránce svého maxima a již neexistují ekonomicky výhodné kroky k jejich zdokonalení. Tudíž nelze očekávat jejich další budoucí vývoj.

Opakem jsou zdroje výbojové. Kromě lineárních zářivek staršího provedení T12, vysokotlakých rtuťových a směsových výbojek zažívá tato skupina světelných zdrojů trvalý vývoj. U zářivek zažívají nejprudší rozvoj lineární zářivky v provedení T5, kompaktní zářivky a v poslední době také zářivky bezelektrodové. U vysokotlakých výbojek, jenž jsou primárně používány pro venkovní a pouliční osvětlení, se nejprudšímu rozvoji těší vysokotlaké sodíkové a halogenidové výbojky. Především halogenidové výbojky s keramickými hořáky v kompaktním provedení a nízkým příkonem dělají ve změnách konstrukčního řešení největší pokrok. V této oblasti lze očekávat neustálé, i když pomalé, zvyšování účinnosti a zlepšování světelně-technických parametrů.

Světelným zdrojem s nejprudším rozvojem v dnešní době jsou světelné diody. Každoročně dochází ke zvyšování dosahovaného měrného výkonu, který se momentální v laboratorních podmínkách u tohoto světelného zdroje blíží k hodnotně 300 $lm.W^{-1}$, což je hodnota takřka dvakrát převyšující účinnost ostatních nejúčinnějších světelných zdrojů. V praxi užívané světelné diody těchto výsledků prozatím nedosahují. Běžně prodávané bílé diody pro účely osvětlování dosahují hodnot zhruba polovičních, přičemž výsledná účinnost svítidla závisí také na efektivnosti napájecích zdrojů, případně použitých opticky aktivních prvků ve svítidle. Dnes se předpokládá, že se maximální měrný výkon světelných diod pro běžné osvětlování časem ustálí na hodnotě 250 až 300 $lm.W^{-1}$.

Se současnou technologií výroby nelze očekávat nějaký významný skok ve vývoji a dosahovaných parametrech u světelných zdrojů. Malou naději na převratné změny dává použití nanotechnologií, případně uhlíku ve složitějším krystalickém uspořádání – materiálu grafen. Proto je také nutné s těmito méně pravděpodobnými předpoklady počítat v nových datových formátech pro popis světelných zdrojů a databázových systémech.

3 POŽADAVKY NA DATABÁZOVÉ SYSTÉMY

Jednotné datové formáty pro popis světelných zdrojů v podstatě neexistují. Parametry světelných zdrojů jsou zpravidla udávány přímo jednotlivými výrobci v jejich katalozích. Časem se ustálil určitý soubor udávaných elektrických a světelně-technických parametrů, jenž je důležitý pro definici zdroje, a případné další parametry nutné pro návrh příslušného svítidla nebo parametry zvýhodňující konkrétní světelný zdroj před konkurencí.

Datové formáty svítidel mají svoji historii vývoje v počátcích hromadného nasazení výpočetní techniky. Ihned od počátku bylo účelem zavést unifikovaný popis svítidel, tak aby byla usnadněna výměna informací mezi jednotlivými subjekty – měřicími laboratořemi, výrobci, distributory a případnými projektanty, koncovým zákazníkem. Se zaváděním graficky výkonnější výpočetní techniky bylo možné tyto formáty svítidel shromažďovat do elektronických katalogů s přímou prezentací fotometrických dat, například graficky znázorněných křivek svítivosti nebo nejrůznějších závislostí provozních parametrů včetně rozptylů hodnot.

Požadavky na nově vytvořené datové formáty pro popis světelných zdrojů a svítidel je možné shrnout do třech bodů. Prvním jsou dostatečné možnosti pro výběr potřebných a sledovaných parametrů. Dále pak nadčasovost, která spočívá v předpokladu dalšího vývoje osvětlovacích soustav a sortimentů jednotlivých částí. Takže i uživatelsky snadnou rozšiřitelností tak, aby daný formát byl neustále aktuální. A posledním požadavkem je správně zvolený typ média, formátu souboru, editačního programu, přes který bude moci uživatel jednotlivé datové formáty číst, zpracovávat, vyhodnocovat a editovat.

3.1 V SOUČASNOTI POUŽÍVANÉ FORMÁTY PRO POPIS SVÍTIDEL

Nejstarším používaným formátem je formát IES, který se v několika svých dalších aktualizací používá dodnes. Dále následuje formát CIBSE, jenž se těší velké oblibě především ve Velké Británie a ostatních států Commonwealthu. A používány jsou také formáty EULUMDAT a CEN. U všech uvedených formátů jsou v disertační práci popsány jejich vlastnosti a možnosti použití. Poslední dobou je velká snaha vytvořit univerzální datový formát, jenž vyhoví požadavkům pro nové světelné zdroje a s nimi spojená svítidla. Bohužel prozatím dochází pouze k dílčím aktualizacím již existujících formátů. Tyto změny jsou pouze částečné a nekorespondují se skutečnými potřebami. Tento způsob je vzhledem k rychle se měnícím a neustále se rozšiřujícím potřebným parametrům nevyhovující, navíc každá změna musí být přijímána jako standard a akceptována výrobci softwaru pro návrh osvětlovacích soustav.

3.2 NADČASOVOST

Parametr nadčasovost je vzhledem k možnostem pouze zdánlivého odhadu budoucího vývoje osvětlovacích soustav a nových zdokonalených světelných zdrojů velmi těžké určit. Nicméně pokud v brzké době nedojde k nějaké převratné revoluci

v této oblasti, což je málo pravděpodobné, je možné vytvořit základní kostru datových formátů, která budou podle potřeb a budoucích nároků uživatelsky snadno rozšířitelná, samozřejmě se zachováním plnohodnotné kompatibility k předchozím formátům. Například každý nově uváděný parametr by sebou nesl vlastní identifikátor, příznak, například ID číslo, nebo písmenně-číselné označení, které by ve všech dalších možných formátech bylo vyhrazeno tomuto parametru. Tím by bylo možné uživatelsky zadávat parametry bez nutnosti dodržovat původní pořadí a pomocí doprovodných příznaků vytvářet další podrobnější větvení.

3.3 VÝBĚR VHODNÉHO DATOVÉHO MÉDIA

Většina dnes používaných datových formátů využívá jednoduchý textový zápis buď s každým řádkem implicitně zadaným pro každou hodnoty nebo s uváděnou hodnotou je také uveden potřebný identifikátor a formát je poté nazýván jako explicitní. Výhodou těchto formátů je snadná uživatelská modifikovatelnost v každém textovém editoru například v Poznámkovém bloku. Úprava a vkládání nových údajů může být jednoduchým způsobem zautomatizována. Nevýhodou je naopak nutnost znalosti struktury a významu jednotlivých řádků datového záznamu.

Otázkou pak je, zda-li pro rozsáhlejší záznam je stále vhodné použít jednoduchý textový zápis nebo zvolit jiný z běžně dostupných programů. Tento problém nastane například tehdy, pokud ke zvolenému svítidlu bude možné použít více sad světelných zdrojů. Nebo jestli se větší počet datových záznamů bude využívat jako vstupní informace pro bázi znalostí databázových a expertních systémů. V těchto případech je daleko efektivnější použít jeden soubor pro více záznamů.

Efektivnost uloženého záznamu je dána především v objemu dat obsazeného tímto záznamem. Je-li datový záznam uveden pro každé svítidlo nebo světelný zdroj zvlášť, vychází z pohledu obsazeného prostoru na nosném médiu nejvýhodněji obyčejný textový soubor. Bude-li v jednom souboru uloženo záznamů více, je z důvodů přehlednosti, ale i z pohledu obsazeného prostoru vhodné využít například některý tabulkový formát. Význam obsazeného prostoru na datovém médiu v dnešní době „takřka neomezených kapacit“ nehraje tak významnou roli, nicméně při velkém objemu dat je třeba neustále nutně počítat s rychlostí načítání nebo také přenosovou rychlostí dat při jejich sdílení a aktualizacích. Kromě čistě číselných nebo textových údajů je možné do datových formátů ukládat také různé provozní charakteristiky vyjádřené za pomoci tabulek nebo grafů. Dále pak fotografie, videa, audio soubory nebo výkresové dokumentace, případně další multimediální formáty.

Pokud se opět omezíme na čistě textové a číselné hodnoty, je možné jich ukládat v již zmíněných jednoduchých textových formátech, které je možné jednoduše editovat. Nicméně pro obsáhlejší záznamy, které by se již staly uživatelsky nepřehlednými, se nabízí použití dnes všeobecně rozšířených vyšších editačních programů. Vhodným se jeví textový editor Word nebo tabulkový editor Excel od výrobce Microsoft. Alternativou může být volně šířitelný OpenOffice. Pro naprostou univerzálnost je možné použít formát souboru CSV, který je jednoduchým univerzálním formátem pro ukládání tabulkových dat.

3.4 ZÁZNAM DAT V PROSTŘEDÍ MICROSOFT EXCEL

Každému světelnému zdroji je zde vyhrazen jeden řádek, sloupce představují jednotlivé uváděné parametry. Záznamy je možné jednoduchým způsobem vyhledávat, porovnávat a selektivně třídit. Takto uložená data je možné pomocí konverze převést na univerzální datový formát CSV nebo XML, který může být použit pro naplnění bázi znalostí databázových a expertních systémů. Právě Microsoft Excel díky svému rozšíření a především jednoduchosti obsluhy umožňuje velmi efektivně uživatelsky spravovat data. Navíc při použití programovacího jazyka Visual Basic lze z katalogových listů výrobců světelných zdrojů a svítidel nabízených nejčastěji ve formátu PDF data importovat přímo do příslušných polí. Tím je umožněno hromadného a takřka strojového získávání katalogových údajů pro databázový a expertní systém. Na *Obrázku 1* je uveden příklad datového záznamu parametrů jednotlivých světelných zdrojů v grafickém rozhraní Microsoft Excel.

	Typ zdroje	Výrobce	Rodina	Typ	Označení	Typický příkon (W)	Maximální příkon (W)	Napájecí/provozní napětí (V)	Napětí na zdroji (výboji) (V)	Typický proud (A)	Maximální proud (A)	Patice/závit	Rozměr (mm)	světelný tok(lm)	světelný tok(lm) po 100h provozu	světelný tok(lm) po 40% života	světelný tok(lm)@350mA	světelný tok(lm)@700mA
1																		
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3	lineární zářivka	Osram		Lumilux T5 high efficiency	14W/865	14,00							16x549	1100				
4	lineární zářivka	Osram		Lumilux T5 high efficiency	14W/840	14,00							16x549	1200				
5	lineární zářivka	Osram		Lumilux T5 high efficiency	14W/830	14,00							16x549	1200				
6	lineární zářivka	Osram		Lumilux T5 high efficiency	14W/827	14,00							16x549	1200				
7	lineární zářivka	Osram		Lumilux T5 high efficiency	21W/865	21,00							16x849	1750				
8	lineární zářivka	Osram		Lumilux T5 high efficiency	21W/840	21,00							16x849	1900				
9	lineární zářivka	Osram		Lumilux T5 high efficiency	21W/830	21,00							16x849	1900				
10	lineární zářivka	Osram		Lumilux T5 high efficiency	21W/827	21,00							16x849	1900				
11	lineární zářivka	Osram		Lumilux T5 high efficiency	28W/865	28,00							16x1149	2400				
12	lineární zářivka	Osram		Lumilux T5 high efficiency	28W/840	28,00							16x1149	2600				
13	lineární zářivka	Osram		Lumilux T5 high efficiency	28W/830	28,00							16x1149	2600				
14	lineární zářivka	Osram		Lumilux T5 high efficiency	28W/827	28,00							16x1149	2600				
15	lineární zářivka	Osram		Lumilux T5 high efficiency	35W/865	35,00							16x1449	3050				
16	lineární zářivka	Osram		Lumilux T5 high efficiency	35W/840	35,00							16x1449	3300				
17	lineární zářivka	Osram		Lumilux T5 high efficiency	35W/830	35,00							16x1449	3300				
18	lineární zářivka	Osram		Lumilux T5 high efficiency	35W/827	35,00							16x1449	3300				
19	lineární zářivka	Osram		Lumilux T5 HO High Output	24W/865	24,00							16x549	1600				
20	lineární zářivka	Osram		Lumilux T5 HO High Output	24W/840	24,00							16x549	1750				
21	lineární zářivka	Osram		Lumilux T5 HO High Output	24W/830	24,00							16x549	1750				
22	lineární zářivka	Osram		Lumilux T5 HO High Output	24W/827	24,00							16x549	1750				
23	lineární zářivka	Osram		Lumilux T5 HO High Output	39W/865	39,00							16x849	2850				
24	lineární zářivka	Osram		Lumilux T5 HO High Output	39W/840	39,00							16x849	3100				
25	lineární zářivka	Osram		Lumilux T5 HO High Output	39W/830	39,00							16x849	3100				

Obr. 1 Datový záznam parametrů světelných zdrojů v programu Microsoft Excel.

3.5 DATABÁZE A EXPERTNÍ SYSTÉMY VE SVĚTELNÉ TECHNICE

Značné množství dat ve světelné a osvětlovací technice je dnes reprezentováno v nejrůznějších multimediálních formátech. Nejčastější a pro konverzi dat nejpřijatelnější provedení je prostřednictvím katalogů. Katalog každého výrobce je realizován trochu jiným způsobem, navíc pokud je prezentován pouze v tištěné formě, je velmi obtížné uvedená data automaticky konvertovat na roztříděná data číslicová. Manuální způsob konverze je při dnešním objemu dat nesmyslný. Pro každý druh elektronického katalogu, v závislosti na výrobci, použité grafice a aktuálnosti, je nutné vytvořit jedinečné konverzní schéma. Navíc získaná data nejsou vždy přímo použitelná, některé informace se opakují, jiné parametry jsou udány za jiných podmínek, než je uvedeno u jiných, navzájem porovnatelných katalozích. Příkladem může být dnes u každého světelného zdroje udávaný světelný tok. Jednou je udán při jmenovitém příkonu zdroje, jindy při předem definovaném napájecím

proudu, či několika proudech. Dále pak různé hodnoty při různých náhradních teplotách chromatičnosti. U výbojových zdrojů je tento parametr často udán až po zahoření zdroje nebo odsvícení několika hodin či procent z celkového technického života. Je jasné, že vzájemné porovnání takto stanoveného, byť podobného parametru, možné jednoduchým způsobem není. Nezbývá, než na základě znalostí o jednotlivých světelných zdrojích tyto parametry pomocí správně zvolené aproximace přiblížit vzájemně porovnatelné hodnotě takové, jenž se nejvíce blíží reálnému použití. Ovlivňujících aspektů do řetězce výpočtu může vcházet velké množství a není reálně možné je všechny zahrnout, nezbývá než výslednou hodnotu vyjádřit i s určitou nejistotou.

Kromě tištěných nebo elektronických katalogových údajů svítidel a světelných zdrojů se můžeme často setkat s online přístupnými databázemi výrobců, nejčastěji na jejich domovských stránkách. Zde je uživatelsky přístupný pouze grafický nebo textový výstup v tabulce. O vnitřní provázanosti dat a datech surových se nelze nic dozvědět, proto je velmi obtížné z těchto systémů data získávat v ucelené podobě.

Nejhorší variantou jsou data ručně psaná, nejčastěji se jedná o data historická nebo data z laboratorních měření. V těchto případech nezbývá nic jiného, než data ručně konvertovat do připravené šablony. Z těchto důvodů musí být vytvořený databázový systém otevřený, jeho struktura snadno modifikovatelná s možností ručního zadávání dat nebo automatického zadávání přes namíru vytvořených datových konvertorů. Ideálním řešením je vstřícnost samotného výrobce, či poskytovatele firemních dat, který je nabídne v „surovém formátu“.

Databázový systém může být vybaven rozšířeným vyhledáváním, pomocí kterého dochází k selekci vybraných parametrů v daném rozsahu podle požadavků uživatele. Výsledkem jsou pak textová, tabulková či grafická porovnání vybraných parametrů na základě kterých je možné uživatelsky provést výběr. Pokud úkon výběru a zhodnocení výsledku přenecháme programu, opět podle uživatelsky stanovených podmínek, tak se tento systém nazývá expertním. Je to tedy rozšířená databáze, kde se pomocí získaných (naučených) vazeb provede výběr, zpravidla se hledá nejoptimálnější řešení, které je ovšem závislé na kvalitě rozhodnutí systému a na obsahu datové části databáze – v expertních systémech nazývané báze znalostí.

Databázové systémy všeobecně trpí některými svými specifickými vlastnostmi, které je dobré před tvorbou těchto systémů znát, vyvarovat se jim nebo se je naučit eliminovat. Zpravidla jedna hlavní databáze vychází z několika již vytvořených databází, nebo míst s koncentrovanými a uspořádanými daty. V našem případě to jsou převážně katalogy výrobců svítidel a světelných zdrojů. Ze vzájemného pohledu jsou tato data neseskupená, nejednotná, nekompatibilní a často si navzájem odporující.

Expertní systém na základě rozhodujících činností a znalostní databáze simuluje rozhodující činnost experta při řešení složitých úloh. K tomu využívá dalších vhodně zakódovaných znalostí, které byly od experta převzaty, s cílem dosáhnout kvality rozhodování na úrovni experta, nebo-li uživatele se znalostmi a oprávněním k činnosti rozhodnutí. Jinými slovy je to rozšířený databázový systém, který

samozřejmě umožňuje do databáze vkládat, vyhledávat a zpracovávat nalezená data, ale také vysvětlovat a nabízet optimální způsob řešení zadaného problému. Je jistým způsobem aplikací umělé inteligence, kterou pomocí vazeb přijímá od svého tvůrce.

Expertní systémy jsou zvláštními druhy znalostních systémů, které navíc mohou využívat expertních znalostí a mohou být vybaveny vysvětlovacím mechanismem. Tyto systémy pro účely světelné techniky jsou vhodné především jako náhrada experta a jeho znalostí při potřebě rozhodnutí nebo nalezení optimálního řešení složitého problému. Případně může sloužit jako rychlý třídicí a vyhledávací nástroj v rozsáhlých a vzájemně provázaných bázích znalostí. Nicméně ve světelné technice je možné převážně použít expertní systémy tzv. 1. generace, které mají jednoduchý způsob reprezentace znalostí a schopnosti vysvětlovaní. Vzájemné vazby a rozhodování přebírají pouze od programátora. Naopak pro řešení značně složitých problémů se používají expertní systémy tzv. 2. generace, jenž využívají víceúrovňové báze znalostí a mají vylepšen vysvětlovací modul. Znalosti mohou také získávat pomocí automatických prostředků. V této kategorii expertních systémů se objevují také tzv. hybridní systémy, u nichž se klasické expertní systémy kombinují s dalšími přístupy, jako například neuronové sítě nebo evoluční metody.

Značnou část databázových systémů ve světelné technice s možností expertního zpracování dotazů je tedy možné chápat jako všeobecnější znalostní systémy, ve kterých je na základě jednoduchých rozhodovacích pravidel, případně selektivně definovaných parametrů nalezeno optimálně řešení uživatelsky zadaných problémů. Proto je ve vytvořených databázových systémech pro světelnou techniku použita pouze báze znalostí, vybavená jednoduchými rozhodovacími pravidly a vysvětlovacím modulem s uživatelským grafickým rozhraním. Modul pro akvizici znalostí je řešen samostatně prozatím s možností manuálního vkládání. Typově lze expertní systém pro světelnou techniku zařadit do „problémově orientovaných ES“ a z části i do „plánovacích ES“.

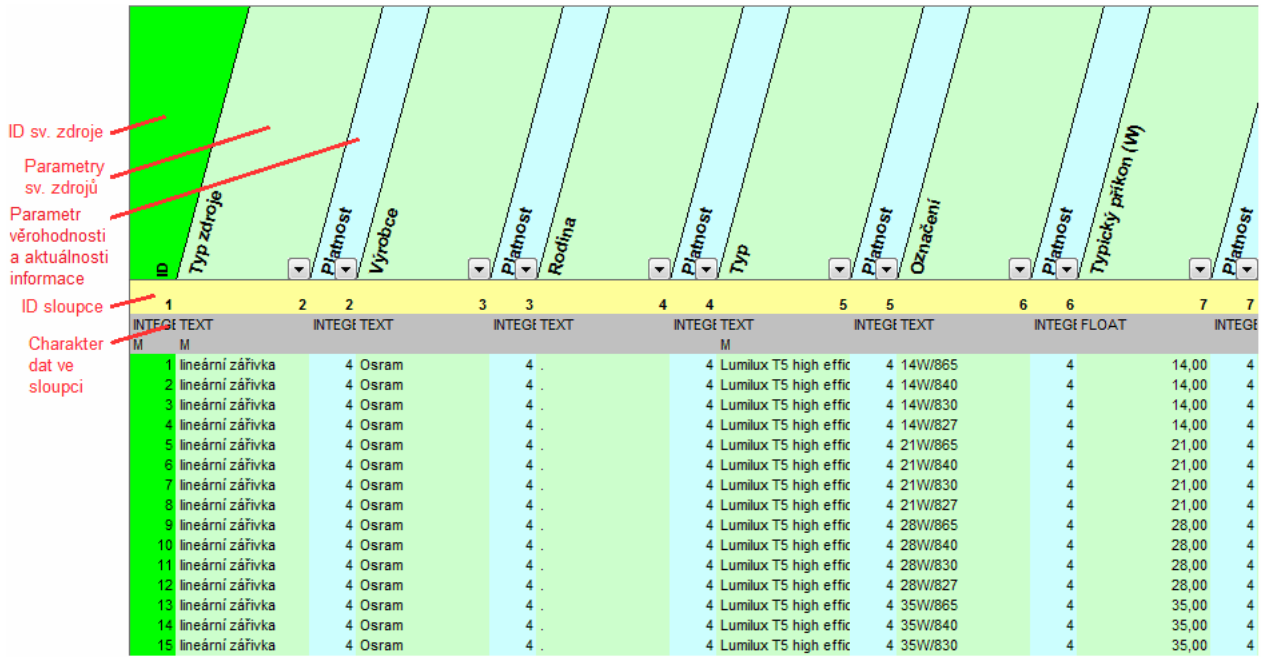
Při řešení konkrétního problému jsou data (znalosti) z báze znalostí přesouvána do báze faktů, která je v případě výpočetní techniky reprezentována operační pamětí. Jednotlivé znalosti jsou nejčastěji reprezentovány objekty. V případě potřeby je možné použít také matematickou logiku, pravidla a v případě složitějšího vyjádření znalostí také sémantické sítě [1], [2], [3], [4], [6].

4 REALIZACE DATABÁZOVÉHO SYSTÉMU

Aby bylo možné data o světelných zdrojích a svítidlech sjednotit, vzájemně porovnat, vyhledávat vazby a staticky vyhodnocovat, případně přímo pokládat dotazy a hledat optimální řešení zadaných problémů, je nutné vytvořit databázové systémy s možností zadávání expertních dotazů. Grafické uživatelské prostředí systému (GUI) umožňuje uživatelům pohodlně obsluhovat, třídit a vyhledávat data. O editaci dat se stará „méně“ uživatelsky příjemné prostředí, nicméně s výhodou rychlého a zčásti zautomatizovaného záznamu a přenosu dat pomocí maker. Pro editační režim databázového systému je využito prostředí programu Microsoft Excel, samozřejmě s možností editace dat v jakémkoliv jiném tabulkovém editoru

s možností exportu do souborového formátu CSV. A pro co nejvyšší spokojenost, přehlednost, rychlost, ale i možnost vlastního vzhledu s přidáváním nových funkcí bylo grafické prostředí databázového systému vytvořeno v programu Microsoft Visual Studio.

Grafická podoba malé části záznamů vytvořených v tabulkovém editoru Excel je uvedena na *Obrázku 2*. Tato tabulka je pojmenována jako „hlavní datová záložka světelných zdrojů“. Jednotlivé sloupce představují udávané parametry světelných zdrojů, od všeobecných, přes světelně-technické, provozně-technické, po elektrické a ostatní. Každý parametr má svoje jedinečně ID číslo, které slouží jako atribut pro jeho identifikaci pomocí databázového systému vytvořeného v prostředí Microsoft Visual Studio. Aby bylo možné uvádět věrohodnost a aktualizaci daného zapsaného parametru, je u každého sloupce s parametrem uveden další sloupec se shodným číslem ID, pomocí kterého jsou tyto atributy uváděny. Jeho název je pro všechny parametry nazván stejně – „platnost“, i když výstižnějším pojmenováním by bylo „původ informace“. Tento atribut je nepovinný.



Obr. 2 Záznam světelných zdrojů v hlavní datové záložce v prostředí MS Excel.

4.1 ZADÁVÁNÍ ATRIBUT A PARAMETRŮ SVĚTELNÝCH ZDROJŮ

Pro přehlednost je zde zmíněno zadávání atribut a parametrů pouze u databázového systému světlených zdrojů. Totožný princip pracuje u vytvořeného databázového systému pro svítidla.

Na *Obrázku 3* je ukázka řešení záložky pro zadávání parametru „platnost – původ informace“. Opět pro načtení dat databázovým systémem má každý uvedený parametr své zadané ID uvedené ve druhém řádku. První sloupce tvoří jedinečné ID parametr „platnost – původ informace“, jenž se shoduje s ID číslem uvedeným u parametru „platnost – původ informace“ každého záznamu v hlavní záložce dat

světelným zdrojů. V druhém sloupci je možné uvést typ použitého zdroje dat, zpravidla nejčastěji se jedná o katalogový údaj, laboratorní měření nebo odkaz na publikaci, či webovou stránku. Třetí sloupec pomocí procentuální hodnoty určuje míru věrohodnosti dat. Tuto míru a rozsah hodnot je možné uživatelsky měnit. Implicitně je 100 % přiřazeno nezvratitelnému faktu, 90 % laboratorně naměřeným hodnotám, 80 % katalogovým údajům, které jsou zpravidla pouze střední statistickou hodnotou s určitým rozptylem. Stejná hodnota je udělena i publikacím, článkům a ověřeným informacím z internetu. 70 % je přiřazeno neodborným publikacím nebo internetovým stránkám bez ověření. A hodnota menší než 60 % je přidělena datům informativního charakteru nebo domněnkám.

ID "Platnosti"
Náz. zdroje
Věrohodnost (%)
Datum zdroje
Odkaz na zdroj

	A	B	C	D	E	F	G
1	ID	Typ	Věrohodnost	Aktuálnost	Zdroj		
2	1	2	3	4	5		
3	INTEGER	TEXT	FLOAT	DATE	TEXT		
4	M	M	M	M			
5	1	Narva kat.	80	1.1.2008	Narva_zářivky_a_kompaktní_zářivky_2008.pdf		
6	2	Nichia kat. A	80	1.1.2009	NICHIA_LED_katalog_2009.pdf		
7	3	Nichia kat. B	80	1.1.2011	NICHIA_LED_2011.pdf		
8	4	Osram kat. A	80	1.1.2009	Osram_Katalog_světelných_zdrojů_2008_2009.pdf		
9	5	Osram kat. B	80	1.1.2013	Osram_2012_2013.pdf		
10	6	Osram kat. C	80	1.1.2009	osram - vybojky.pdf		
11	7	Osram kat. D	80	1.1.2009	osram -specialni zarice.pdf		
12	8	Philips kat. A	80	1.1.2008	Philips_Katalog_světelných_zdrojů_2007_2008.pdf		
13	9	Philips kat. B	80	1.1.2011	Philips_sv_zdroje_2011.pdf		
14	10	Philips kat. C	80	1.1.2009	Philips_Led solutions_2009.pdf		

Obr. 3 Zadávání parametru „platnost – původ informace“.

Čtvrtý sloupec je určen pro zadání aktuálnosti. Pro katalogové údaje je to časový údaj vydání nebo nabytí platnosti daného parametru. Pro laboratorní měření je to datum měření. Datum lze zadat ve formátu DD.MM.YYYY, MM.YYYY nebo YYYY. A poslední pátý sloupec má charakter odkazu buď na online dostupný zdroj pomocí hypertextového odkazu nebo přímo uvedeným názvem souboru. Souborem může být katalog výrobce nebo naměřené laboratorní údaje, například ve formě laboratorního protokolu.

Pořadí sloupce
Název sloupce
Číslo sloupce
Skupina param.
Zobrazení v zákl. tabulce

	A	B	C	D	E	F
1	ID	Název sloupce	Číslo sloupce tabulky zdrojů	Název členění	Zobrazit v tabulce	
2	1	2	3	4	5	
3	INTEGI	TEXT	INTEGER	TEXT	BOOLEAN	
4	M		M	M		
5	1		1	Základní parametry		
6	5		5	Základní parametry	1	
7	6		6	Základní parametry	1	
8	4		4	Základní parametry		
9	2		2	Základní parametry	1	
10	3		3	Základní parametry	1	
11	7		7	Elektrické parametry		
12	8		8	Elektrické parametry		
13	9		9	Elektrické parametry		
14	10		10	Elektrické parametry		

Obr. 4 Zadávání parametrů členění ve skupinách parametrů.

Opět podobně jako zadávání údajů v záložce „platnost – původ informace“ je umožněno uživatelsky editovat členění a zobrazovaní zadaných parametrů světelných zdrojů do skupin. Příklad je uveden na *Obrázku 4*. První sloupec udává

ID parametr, pomocí kterého se řídí zobrazované pořadí. Druhým sloupcem je zobrazovaný název. Třetí sloupec uvádí číslo sloupce parametru shodné s ID sloupcem v hlavní datové záložce světelných zdrojů.

Pro účely přehledného a pochopitelného zobrazení parametrů v grafickém rozhraní je možné jednotlivé parametry řadit do skupin. Názvy těchto skupin jsou uvedeny ve čtvrtém sloupečku této záložky. Parametry ve stejné skupině se označují stejným názvem skupiny. A poslední pátý sloupec je určen pro výběr maximálně pěti parametrů, které se v grafickém rozhraní databázového systému zobrazují u jednotlivých světelných zdrojů v základní tabulce. Pro zobrazení daného parametru je potřebné přidělit parametru logickou hodnotu „1“.

Poslední záložkou, kterou je možné v prostředí tabulkového editoru uživatelsky měnit, je záložka pro nastavení vyhledávání nebo selekci parametrů světelných zdrojů. Princip je totožný s předchozími záložkami a jeho ukázka je znázorněna na *Obrázku 5*. V prvním sloupci je možné měnit pořadí vybraných parametrů pro vyhledávání. Druhý sloupec je nepovinný a uvádí se v něm pro přehlednost název vybraného parametru určeného pro vyhledávání. Třetí sloupec je shodný s ID číslem konkrétního parametru světelného zdroje – sloupce v hlavní záložce dat. Jelikož je u světelných zdrojů často uváděn parametr za určitých stanovených podmínek, tak se často stává, že pro jeden parametr je vyhrazeno více sloupců s různým popisem, přestože se jedná v podstatě o parametr totožný. A právě především pro účely vyhledávání je výhodnější tyto parametry sjednotit. Je-li takto sjednocených záznamů uvedeno více, přednost dostává záznam s vyšší hodnotou věrohodnosti a je taktéž možné mezi jednotlivými záznamy v grafickém prostředí přepínat.

Pořadí parametru pro vyhledávání

Název parametru vyhledávání

Číslo sloupce parametru

Sloupce sloučené pod jedním parametrem vyhledávání

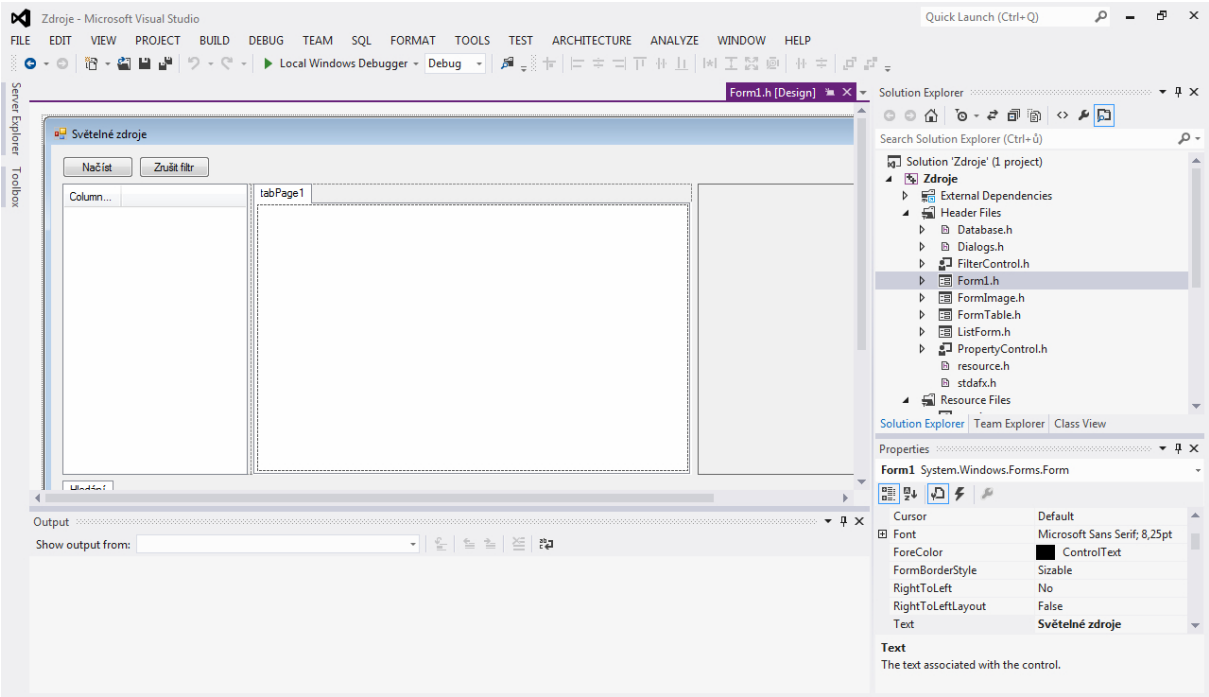
	A	B	C	D	E
1	ID	Název	Číslo	Sloučit	
2	1	2	3	4	
3	INTEGER	TEXT	INTEGER	TEXT	
4	M		M		
5	1	Typ zdroje	2		
6	2	Výrobce	3		
7	3	Rodina	4		
8	4	Typ	5		
9	5	Typický příkon	7	Příkon (W)	
10	6	Maximální příkon	8	Příkon (W)	
11	7	Jmenovté/provozní/napájecí napětí	9	Napětí (V)	
12	8	Napětí na zdroji/výboji	10	Napětí (V)	
13	9	Typický proud	11	Proud (A)	
14	10	Maximální proud	12	Proud (A)	
15	11	Světelný tok po 100 h provozu	16	Světelný tok (lm)	
16	12	Světelný tok po 40% života	17	Světelný tok (lm)	
17	13	Světelný tok @350 mA	18	Světelný tok (lm)	
18	14	Světelný tok @700 mA	19	Světelný tok (lm)	

Obr. 5 Zadávání parametrů pro vyhledávání.

4.2 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ MICROSOFT VISUAL STUDIO

Pro tvorbu samotných databázových systémů pro světelné zdroje i svítidla, s možností zadávání rozšířených a expertních dotazů, bylo zvoleno vývojové prostředí Microsoft Visual Studio. Jeho výhodou je možnost tvorby propracovaných grafických uživatelských prostředí (GUI) s možností přidávání rozšiřujících modulů podle potřeb. Ukázka tvorby uživatelského grafického rozhraní databázového

systému je znázorněna na *Obrázku 6*. Programovací jazyk byl zvolen C/C++. Použitá verze programu je z roku 2012.



Obr. 6 Prostředí programu Microsoft Visual Studio 2012.

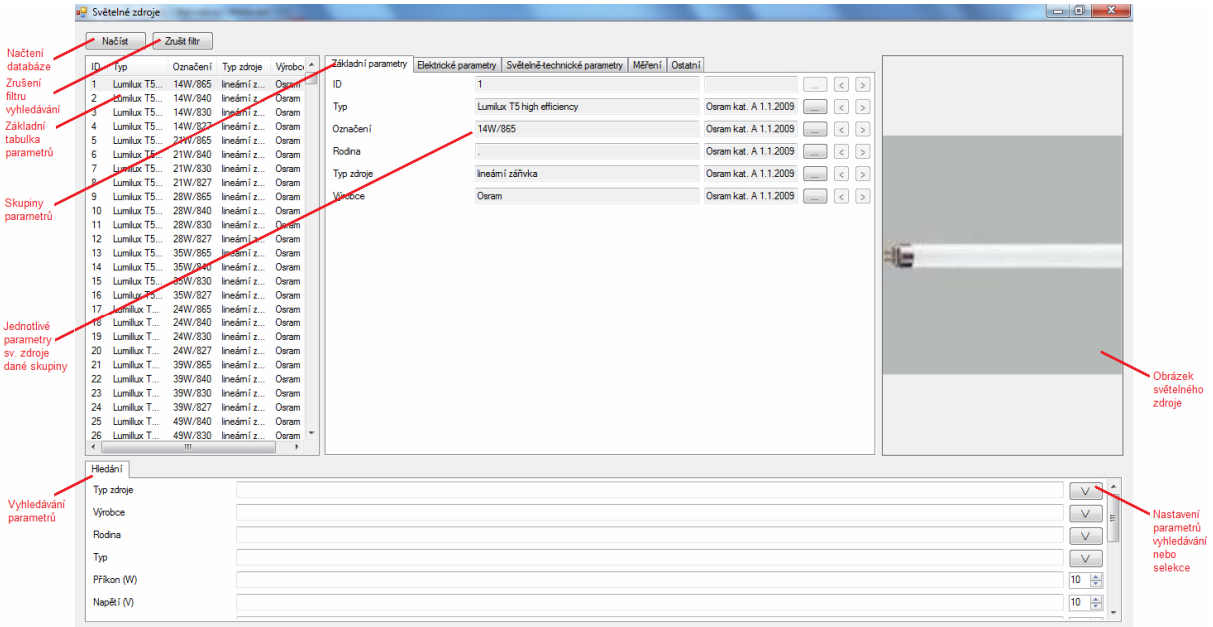
Grafické rozhraní je tvořeno za pomocí tzv. vizuálních designerů, ze kterých WinForms Designer obsahuje potřebnou paletu ovládacích prvků jako jsou tlačítka, rolety, bary, popisky aj. Takto vytvořené prvky je možné podle potřeb uživatele umístit a propojit s formulářem programu. Díky možnosti uložení těchto objektů do kontejnerů s funkcí uzavření je poté výsledný program schopen zobrazovat data v několika uživatelsky volitelných zobrazeních. Jednotlivé grafické prvky lze propojit s daty, textovými poli, tabulkami, grafickými soubory a umožnit tak načítání dat do databáze nebo zadávat dotazy. Dalším, pro naše účely potřebným vizuálním designérem, je Designer dat, jenž může být použit pro tvorbu databázových schémat.

4.3 DATABÁZOVÝ SYSTÉM

Databázový systém světelných zdrojů je vytvořen jako samostatně běžící aplikace. Změnu grafického uspořádání jednotlivých prvků a jejich přidávání je možné prozatím pouze z vývojového prostředí Microsoft Visual Studio. Nicméně je možné vytvořit několik uživatelsky volitelných schémat zobrazení, ale i přidání dalších oken a funkcí. Editaci záznamů je možné provádět pouze v tabulkovém editoru, například v programu Microsoft Excel. Způsob zobrazování dat, skupiny parametrů, jejich selektivního výběru a vyhledávání je taktéž možné definovat v tabulkovém editoru. Grafické rozhraní databázového systému slouží pouze pro přehledné uživatelské prohlížení parametrů, ale i nejrůznějším způsobem zadaná vyhledávání a

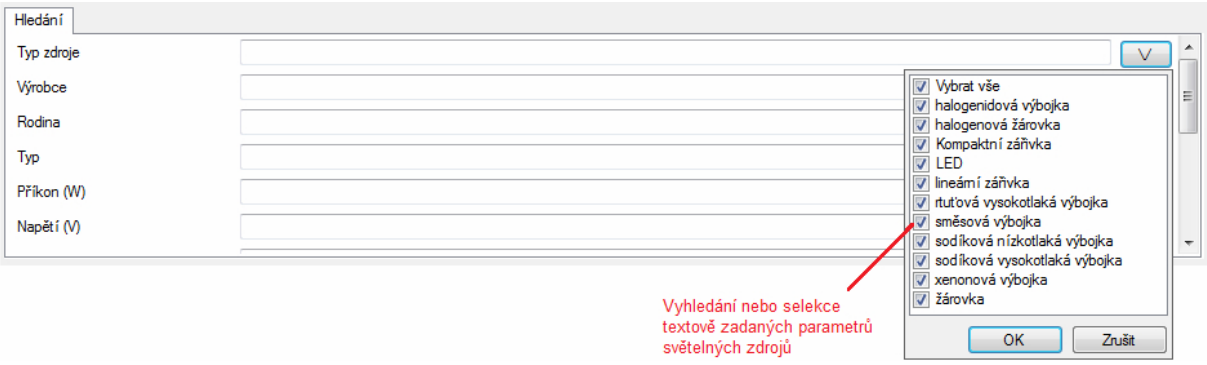
jejich statická vyhodnocení. Je zde také realizováno propojení s přenosem dat mezi databázovým systémem světelných zdrojů a databází svítidel.

Na *Obrázku 7* je znázorněno grafické rozhraní databázového systému světelných zdrojů. Pracovní prostor je rozdělen na pět sektorů. V horní části se nachází lišta tlačítek, kde je v současné době umístěno tlačítko „Načíst“ pro znovunačtení databáze a tlačítko „Zrušit filtr“ pro uvedení všech selektivních filtrů v programu do počátečního stavu. Další tlačítka je možné uživatelsky přidávat podle potřeb, příkladem může být tlačítko pro změnu grafického uspořádání nebo tlačítko pro přidání dalších funkcí. Dalším sektorem vlevo nahoře je základní tabulka parametrů, jenž zobrazuje jednotlivé světelné zdroje podle uživatelsky zvoleného výběru a u nich až pět parametrů. Ve střední horní části je prostor pro zobrazení všech uživatelsky zvolených parametrů, které jsou podle potřeby a přehlednosti zařazeny do skupin. V pravé horní části je prostor pro zobrazení obrázku světelného zdroje, případně několika uživatelsky vložených obrázků, mezi kterými je možné přepínat. Zobrazované rozlišení v horizontální ose je prozatím pevné, ale je možné přidat funkci zoom pro zvětšení detailu fotografií nebo vložených schémat. Poslední část v dolní části je určena pro selekci parametrů nebo jejich vyhledávání.

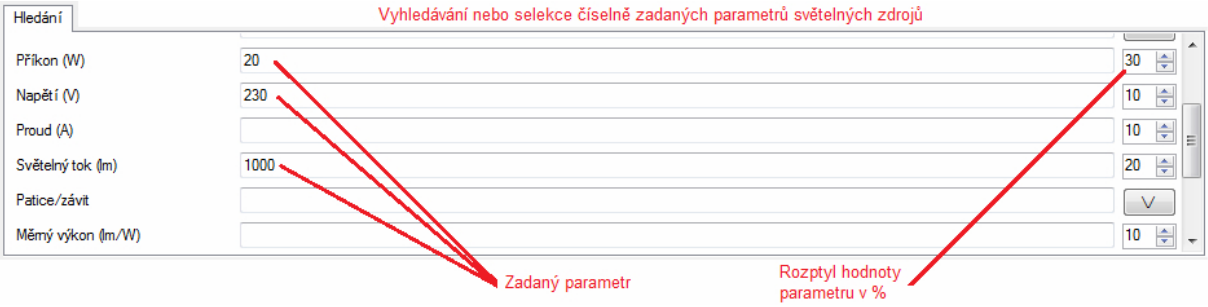


Obr. 7 Grafické rozhraní databázového systému světelných zdrojů.

Způsob vyhledávání a selekce parametrů je závislý na charakteru zadaných dat. V případě parametru zadaného jako text databázový program umožňuje vyhledávat konkrétní řetězec znaků nebo jeho část. Výběr je možné uživatelsky zadávat pomocí zaškrtávání polí, tak jak je znázorněno při výběru typu světelného zdroje na *Obrázku 8*. V případě číselných hodnot se daný parametr vyhledává zadáním konkrétní hodnoty s možností nastavení jeho rozptylu v procentech. Takto zadaná selektivní vyhledávání lze různým způsobem kombinovat, včetně kombinace s textovými. Příklad selekce číselně zadaných parametrů světelných zdrojů je uveden na *Obrázku 9*.



Obr. 8 Selekce textových parametrů světelných zdrojů.



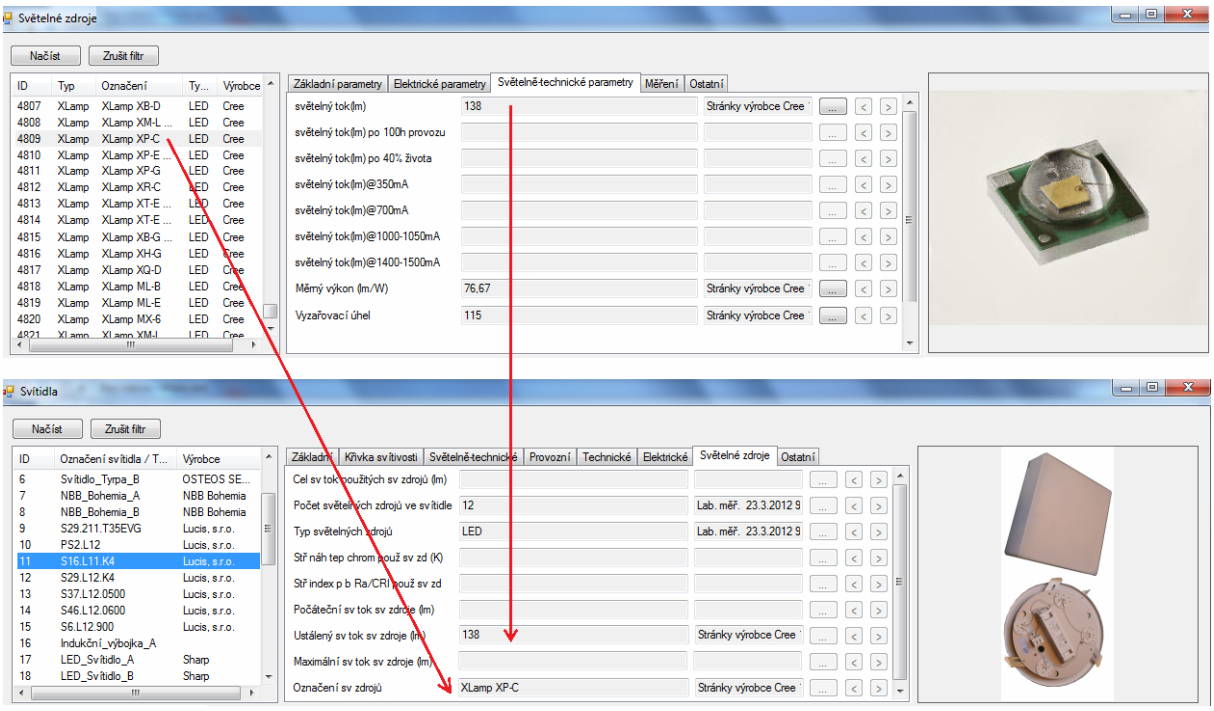
Obr. 9 Selekce číselně zadaných parametrů světelných zdrojů.

4.4 VZÁJEMNÁ PROVÁZANOST SYSTÉMŮ

Aby bylo možné databázové systémy světelných zdrojů a svítidel plnohodnotně využít, je možné použít velké množství rozšiřujících funkcí. Původně byly systémy zamýšleny jako vyhledávače podle zadaných kritérií a zobrazovače jednotlivých parametrů. Rozšiřující funkce tyto možnosti zdokonalují a v závislosti na přání uživatele lze vytvářet další. V této kapitole je uvedena ukázka některých realizací, nicméně pro plnohodnotný expertní systém s možností zadávání expertních dotazů by bylo potřeba těchto vzájemně provázaných funkcí vytvořit velké množství, což již není součástí disertační práce. Hlavní důraz je kladen na vytvoření funkčních databázových systémů s ukázkou několika možných způsobu využití.

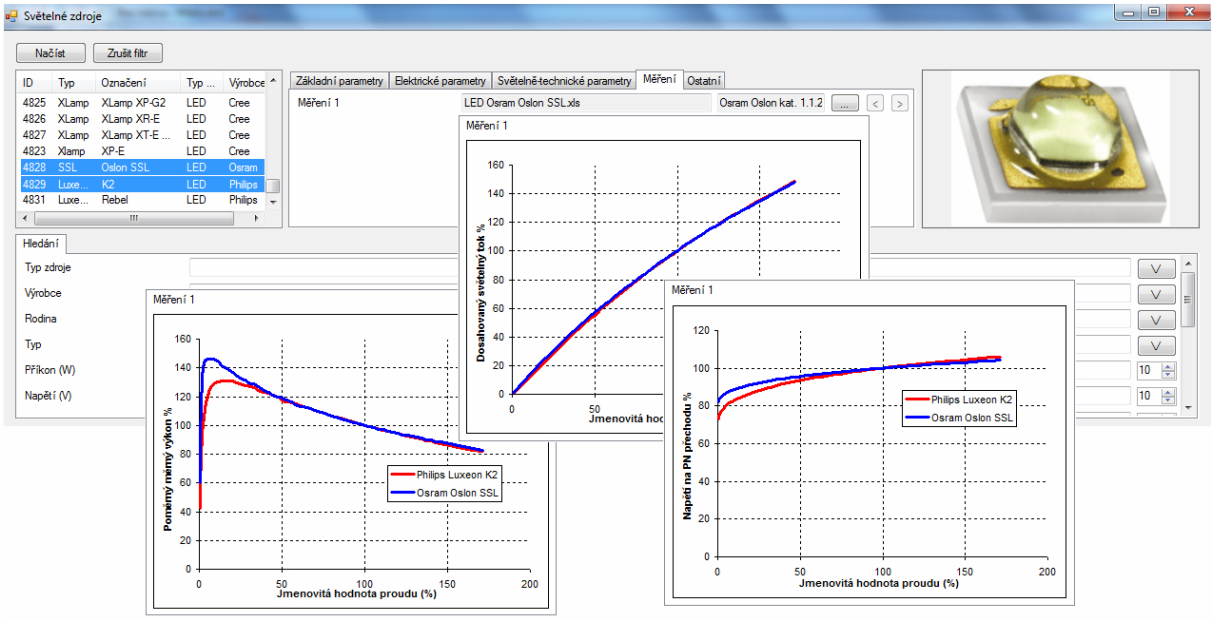
V současnosti je tohoto efektu dosaženo pomocí maker přímo v bázi znalostí obou systémů. Pro aplikaci změny je potřeba v obou systémech provést znovunačtení dat. Výhodnějším řešením by nicméně bylo provádět změny přímo v uživatelském rozhraní databázových systémů například pomocí funkce drag-and-drop. Stejným způsobem by do budoucna mohl být řešen přenos celých bloků dat nebo skupin parametrů mezi systémy. Změnou sad světelných zdrojů ve svítidle by nebylo dosaženo pouze změny parametrů těchto zdrojů, ale systém by mohl v závislosti na získaných vazbách a zkušenostech umožnit přibližný odhad změny i výsledných parametrů včetně změny tvaru křivek svítivosti.

Ukázka exportu dat mezi databázovým systém světelných zdrojů a databázovým systémem svítidel je uvedena na *Obrázku 10*.



Obr. 10 Export dat mezi databázových systémem světelných zdrojů a svítidel.

4.5 HROMADNÉ VYHODNOCENÍ DAT

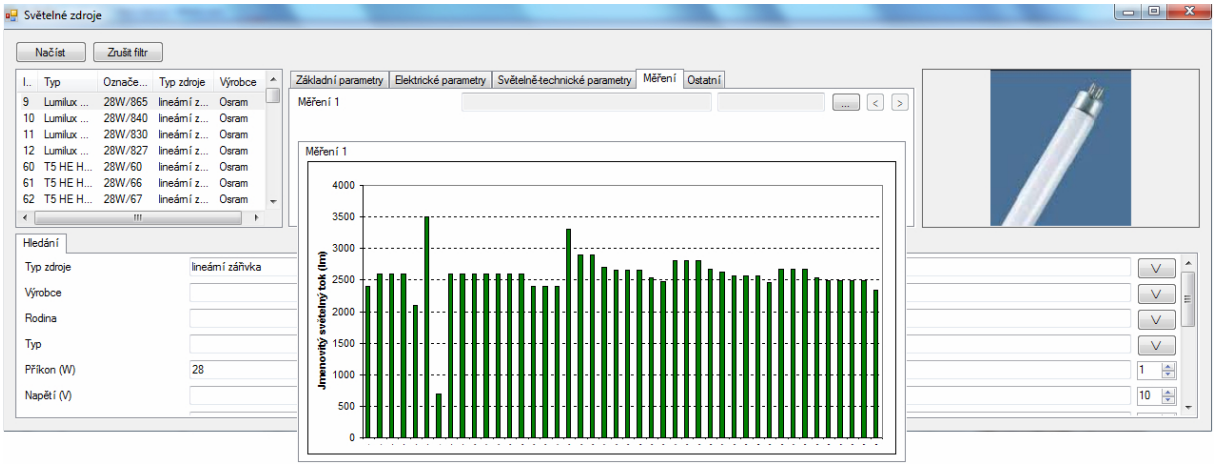


Obr. 11 Grafické porovnání provozních parametrů dvou sv. diod v databázovém systému.

Často je potřeba za účelem vhodnějšího výběru mezi světelnými zdroji provést porovnání jejich provozních parametrů. Pro tento účel je nejvhodnějším řešením provedení grafického porovnání pomocí křižových charakteristik v relativních nebo absolutních hodnotách. Jsou-li u více světelných zdrojů uloženy navzájem porovnatelné parametry, databázový systém toto porovnání umožňuje. Uživatelsky lze navolit, u kterých světelných zdrojů má k porovnání dojít a také v uložených závislostech rozhodnout, jaké parametry graficky zobrazit. Příklad grafického

porovnání relativních hodnot dosahovaného světelného toku, napětí na PN přechodu a výsledného měrného výkonu na velikosti napájecího proudu u dvou světelných diod je znázorněno na *Obrázku 11*.

Podobně jako je možné pomoci databázového systému světelných zdrojů porovnávat konkrétní parametry světelných zdrojů v grafické podobě, je možné systém vzájemného porovnání aplikovat na celou skupinu světelných zdrojů nebo světelné zdroje s vybranými parametry. Příklad graficky znázorněného rozptylu jmenovitého světelného toku u lineárních zářivek s jmenovitým příkonem 28 W je uveden na *Obrázku 12*.



Obr. 12 Hromadné znázornění parametrů vybraných sv. zdrojů.

5 ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE

Problematika dnes velkého dostupného množství nabízených světelných zdrojů a svítidel je zřejmá každému i do světelné techniky nezainteresovanému kupujícímu. Propagovaná výhoda moderních světelných zdrojů z pohledu výhodné investice i za cenu několikasetkorunových vstupních nákladů je vzhledem k rychlému zastarávání technologie a sortimentů nabízeného zboží minimálně diskutabilní. Na druhou stranu s novými světelnými zdroji přibyly pojmy jako ekologie, jedovaté látky, ale třeba i pojem Blue Hazard, se kterým není běžný spotřebitel seznámen.

Tyto zvýšené nároky je nutné redukovat například formou inteligentních databázových systémů, které pomohou světelným technikům, ale do budoucna i běžným nakupujícím občanům poradit a nalézt optimální řešení jejich požadavků. Nicméně toto předpokládá vytvoření plnohodnotných expertních systémů s využitím prvků umělé inteligence, které budou s okolím komunikovat prostřednictvím běžně srozumitelných pojmů, případně audiovizuálně v celých větách. To je ale v dnešní době spíše utopická idea, předpokládající hromadné nasazení těchto systémů a především předpokládající úzkou podporu ze strany výrobců, distributorů a prodejců komponentů pro osvětlování. Bohužel v dnešní době má převahu reklama s vyzdvihováním konkurenčních výhod jednotlivých výrobců a zatajováním konkurenčních nevýhod.

Vytvořená disertační práce navazuje na výsledky grantového projektu GAČR 102/03/1162 „Realizace expertního systému pro osvětlovací techniku“ a habilitační

práci Petra Baxanta [1]. Prozatím tedy alespoň částečně plní výše zmíněné cíle. Nicméně vzhledem k zadání a požadovanému rozsahu všechny cíle této práce byly naplněny. Byly vytvořeny databázové systémy pro sběr, třídění, porovnávání a vyhledávání parametrů světelných zdrojů a svítidel s uživatelsky volitelnou možností zadávání expertních dotazů.

Výsledkem je komplexní návod pro postup při návrhu těchto databázových systémů. Disertační práce je dělena do několika základních kapitol, přičemž nejobsáhlejší kapitolu tvoří setříděná sbírka parametrů světelných zdrojů a svítidel. Jsou to parametry uváděné jednotlivými výrobci nebo parametry získané laboratorním měřením. Převážná část z nich je ukázkově demonstrována naměřenými hodnotami, závislostmi a průběhy, které byly získány autorem během vlastního doktorského studia. Nejedná se čistě o sběr naměřených statických provozních parametrů, ale i parametrů dynamických, včetně uvedení různých relací, závislostí, modelů a statisticky vyhodnotitelných dat. Kromě parametrů a dat vysloveně určených pro popis a možný výběr vhodných světelných zdrojů a svítidel jsou zde zmíněny ty, jenž nabývají na důležitosti při speciálních aplikacích, jako například při osvětlování rostlin. Nebo při hledání ekologických aspektů při výrobě, upotřebení i následné likvidaci světelných zdrojů či svítidel. Důležitost některých uváděných parametrů není z dnešního pohledu příliš doceněna, ale je to spíše výzva do budoucna zaobírat se jejich sběrem a tříděním již dnes.

Další obsáhlá kapitola disertační práce je spíše rešeršního charakteru, nicméně nese sebou neméně důležité informace pro tvorbu a především nadčasovost vytvořených databázových systémů. Kapitola je věnována podrobnému třídění, popisu, historickému vývoji a momentálně dostupnému konstrukčnímu řešení světelných zdrojů. Z báze znalostí databázového systému světelných zdrojů jsou u jednotlivých zástupců uvedeny rozsahy výrobci uváděných parametrů. Hlavním úkolem kapitoly je tedy uvedení specifik v konstrukci a provozních parametrech konkrétních zástupců tak, aby s nimi bylo ve výsledném databázovém systému počítáno. Uvedený historický vývoj poukazuje na trendy ve vývoji a s jistou pravděpodobností predikuje budoucí vývoj, se kterým je možné počítat. Právě předpoklad budoucího vývoje, udržování databáze aktuální a sledování moderních trendů, umožní použít vytvořené databázové systémy jako jedinečný nástroj pro sběr katalogových i laboratorně naměřených dat.

Dnes používané datové formáty ve světelné technice a požadavky na ně kladené jsou uvedeny v disertační práci v kapitole následující. V současnosti jsou v jednotné podobě hromadně a mezinárodně používány pouze datové formáty pro popis svítidel. Nicméně značnou nevýhodou je jejich vzájemná nekompatibilita, ale především nízká univerzálnost použití a neaktuálnost. Aktualizace probíhají příliš pomalu a naprosto nerespektují dnešní potřeby navrhovatelů osvětlovacích soustav. Pro světelné zdroje prozatím neexistuje jednotný sběrný ani popisný systém. Každý výrobce prezentuje své výrobky odlišnou a opět vzájemně nekompatibilní formou. Zde je opět prostor pro navrhovaný databázový systém tuto mezeru zacelit.

V poslední kapitole disertační práce jsou již uvedeny a popsány vytvořené databázové systémy světelných zdrojů a svítidel. Báze znalostí těchto systémů je pro účely editace uživatelsky přístupná přes některé standardní tabulkové editory, například Microsoft Excel. Báze znalostí má předem definovanou strukturu pro ukládání dat a také nastavení možností vyhledávání a řazení parametrů do skupin. U každého v databázi uvedeného parametru je možné uvádět atribut platnosti – původu informace, který se skládá z atributu aktuálnosti, kde se uživatelsky zadává časový údaj získání nebo zveřejnění údaje výrobcem. Dále atributu věrohodnosti, jenž souvisí s charakterem použitého zdroje daného údaje. Pro účely vyhledávání, selekci a porovnání parametrů je vytvořeno uživatelské prostředí databázových systémů v programu Microsoft Visual Studio.

5.1 PŘÍNOS PRÁCE

Disertabilní jádro práce s vědeckým a technickým přínosem spočívá v již jednou zmíněné komplexní struktuře od sběru parametrů svítidel a světelných zdrojů, přes jejich laboratorní ověřování, hledání souvislostí, vazeb a vnášení vlastních nápadů, až po realizace databázových systémů s obsáhlou bází znalostí světelných zdrojů a svítidel. Hlavní přínosy práce je možné shrnout do následujících bodů:

- Komplexní popis a návod pro tvorbu databázového systému s rozšířeným vyhledáváním s možností pokládání expertních dotazů.
- Velké množství laboratorně naměřených závislostí, náběhů a vzájemných relací provozních parametrů světelných zdrojů a svítidel.
- Rozsáhlý přehled aktuálně používaných parametrů světelných zdrojů a svítidel.
- Historický vývoj dosahovaných parametrů a konstrukčních řešení jednotlivých zástupců světelných zdrojů, včetně těch nejmodernějších variant.
- Návrh a realizace databázového systému světelných zdrojů a svítidel.
- Báze znalostí databázových systémů naplněná okolo 5 000 rozdílnými světelnými zdroji a svítidly.

Vytvořené databázové systémy je možné dále rozšiřovat dalšími prvky pro selektivní vyhledávání, statistická vyhodnocení, export dat a případně dalšími možnostmi využití. Své uplatnění prozatím naleznou v laboratoři světelné techniky FEKT VUT v Brně jako jednotný nástroj pro ukládání laboratorně naměřených hodnot svítidel a světelných zdrojů s možností rychlého porovnání s parametry udanými výrobci. Kromě uplatnění jako vědecký nástroj je možné tyto systémy používat i pro účely výuky a do budoucna je online zpřístupnit jako nástroj pro sdílení informací mezi ostatními vědeckými institucemi, případně výrobci a distributory.

Seznam použité literatury

[1] BAXANT, P. *Znalostně orientované technologie a jejich využití v osvětlovací technice*. Habilitační práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2007, 132 stran

[2] ŠEDA, M. *Databázové systémy*. Elektronický učební text. VUT v Brně, 2002

[3] DVOŘÁK, J. *Expertní systémy*. Elektronický učební text. VUT v Brně, 2004

[4] BERKA, P. *Tvorba znalostních systémů*. Skripta. Praha, VŠE 1994

[5] KRBAL, M. *Účinnost přeměny elektrické energie na světlo u součastných světelných zdrojů*. Diplomová práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2010, 99 stran

[6] HABEL, J., DVOŘÁČEK, K., DVOŘÁČEK, V., ŽÁK, P. *Světlo a osvětlování*. FCC Public, Praha 2013, ISBN 978-80-86534-21-3

Curriculum vitae autora práce

Vzdělání:

01.09.2001 - 30.06.2005	Střední průmyslová škola elektrotechnická v Dobrušce, Obor elektroenergetika,
20.09.2005 - 20.06.2008	Vysoké učení technické v Brně bakalářské studium, FEKT, Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika,
21.06.2008 - 30.06.2010	Vysoké učení technické v Brně magisterské studium, FEKT, Elektroenergetika,
od 01.09.2010	Vysoké učení technické v Brně doktorské studium, FEKT, Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika.

Zaměstnání:

Od 01.12.2010	Vysoké učení technické v Brně FEKT, Centrum výzkumu a využití obnovitelných zdrojů energie, úvazek tech. hosp. pracovník

Abstrakt

Práce tvoří komplexní návod pro tvorbu databázového systému určeného pro světelnou techniku. V práci jsou nejprve uvedeny důležité statické i dynamické parametry světelných zdrojů a svítidel, které jsou doplněny naměřenými hodnotami, relacemi a vzájemnými vazbami. Další kapitola je věnována popisu dosahovaných parametrů, konstrukčního řešení, historického a předpokládaného vývoje jednotlivých zástupců světelných zdrojů. Je zde popsán současný stav používaných datových formátů pro popis svítidel a možnosti popisu světelných zdrojů. Jako výsledek práce je vytvořen databázový systém pro sběr, třídění, vyhledávání a sofistikované porovnání parametrů světelných zdrojů a svítidel.

Abstract

Dissertation thesis is focused on the complex description of creation the database system for the lighting. The important static and dynamic parameters of light sources and luminaires are listed in the first part of thesis. These parameters are complemented by the measured values and their relationships. The next chapters of thesis are focused to description of obtained parameters, structural design, historical and expected development of individual representatives of light sources. In the following sections are described current state of used data formats of luminaires and the possibilities for describing of light sources. The database systems are created as a result of this thesis. These databases are used for collecting, sorting, searching and sophisticate comparison of the parameters of light sources and luminaires.