

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

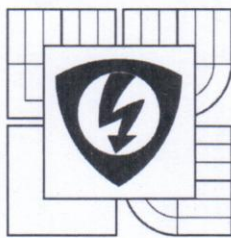
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

SROVNÁNÍ KLASICKÝCH ŽÁROVEK A SOUČASNÝCH SVĚTELNÝCH
ZDROJŮ Z HLEDISKA VZÁJEMNÝCH NÁHRAD

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MARTIN KOČÍ



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektroenergetika

Student: Bc. Martin Kočí
Ročník: 2

ID: 111069
Akademický rok: 2011/12

NÁZEV TÉMATU:

Srovnání klasických žárovek a současných světelných zdrojů z hlediska vzájemných náhrad

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Aktuálně využívané světelných zdrojů pro patice E14 a E27
2. Problémy při náhradě klasických žárovek kompaktními zářivkami, LED a jinými zdroji
3. Měření vybraných parametrů a jejich srovnání v reálné aplikaci
4. Ekonomické, kvalitativní a provozní ukazatele hodnocených zdrojů
5. Doporučení pro uživatele a provozovatele osvětlovacích soustav

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 6.2.2012

Termín odevzdání: 18.5.2012

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D.

Konzultanti diplomové práce:


doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.
předseda oborové rady



UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu práce doc. Ing. Petru Baxantovi, Ph.D za cenné rady,
PhDr. Vlastě Kočové za jazykové korektury a Lucii Mengrové za finální úpravu textu.

Zvláštní poděkování patří také oběma rodinám, v jejichž domácnostech probíhala dlouhodobá měření, děkuji také Ústavu elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, který finančně zaštil měřené světelné zdroje a potřebná měřicí zařízení.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE PRÁCE

KOČÍ, M. *Srovnání klasických žárovek a současných světelných zdrojů z hlediska vzájemných náhrad*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 66 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne 18. května 2012

podpis



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNologiÍ

ÚSTAV ELEKTROENEGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

SROVNÁNÍ KLASICKÝCH ŽÁROVEK A SOUČASNÝCH SVĚTELNÝCH ZDROJŮ Z HLEDISKA VZÁJEMNÝCH NÁHRAD

COMPARISON OF CONVENTIONAL LIGHT BULBS
AND CONTEMPORARY LIGHT SOURCES INTERMS OF MUTUAL EXCHANGE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MARTIN KOČÍ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. PETR BAXANT, Ph.D.

ABSTRAKT

Diplomová práce se dotýká tématu náhrad klasických žárovek moderními typy světelných zdrojů, zejména pak kompaktními zářivkami, jejichž podíl v současných osvětlovacích soustavách má stále rostoucí tendenci.

První část práce nabízí stručnou charakteristiku aktuálně používaných světelných zdrojů v České republice. Zaměřuje se na porovnání vlastností standardních žárovek a kompaktních zářivek a na možné komplikace, které se vyskytují v domácnostech při vzájemných náhradách těchto světelných zdrojů.

Hlavním pilířem této práce je srovnávací měření, které ve dvou typických českých domácnostech posuzuje rentabilitu přechodu z klasických žárovek na moderní úsporné světelné zdroje, protože právě ekonomické výhody a úspora elektrické energie jsou nejvýznamnějším marketingovým argumentem pro změny v oblasti osvětlování domů a bytů. Tlak na spotřebitele je ještě podporován Evropskou unií, jejímž prostřednictvím je v dnešní době legislativně omezován prodej tradičních světelných zdrojů. Měření v reálných podmínkách tak přináší důležitou informaci o skutečných možných úsporách nákladů domácností na osvětlení v kontextu jejich celkové spotřeby elektrické energie.

Výstupem práce je tedy zhodnocení smysluplnosti hromadných náhrad klasických žárovek moderními typy světelných zdrojů na úrovni bytů a rodinných domů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Klasické žárovky, kompaktní zářivky, spotřeba elektrické energie, úspora elektrické energie, domácnost, bytová jednotka, rodinný dům

ABSTRACT

The master's thesis concerns the subject of replacing traditional incandescent light bulbs with modern kinds of light sources, especially compact fluorescent light bulbs, whose percentage in contemporary lighting systems is constantly growing.

The first part of the master's thesis provides a brief description of light sources currently used in the Czech Republic. It focuses on a comparison of the qualities of traditional light bulbs with those of compact fluorescent light bulbs and on the possible difficulties that arise in households when replacing these light sources.

The core of the thesis is a comparative measurement which, in two typical Czech households appraises the cost-effectiveness of the transition from traditional light bulbs to modern energy-efficient light bulbs, since it is precisely the economic advantages and savings in electrical energy that are the strongest marketing argument for changes in the lighting of houses and flats. The pressure on the consumer is in addition backed by the European Union, through whom sales of traditional incandescent light bulbs at the present time is limited by legislation. Measurement under real conditions therefore provides important information about the actual possible cost savings on lighting for households in the context of their overall consumption of electrical energy.

The outcome of the master's thesis is therefore an evaluation of the meaningfulness of the mass replacement of traditional incandescent light bulbs with modern kinds of light bulbs in the context of flats and houses.

KEY WORDS

Traditional incandescent light bulbs, compact fluorescent light bulbs, electrical energy consumption, electrical energy savings, household, flat unit, family house

OBSAH

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ	- 1 -
SEZNAM OBRÁZKŮ	- 3 -
SEZNAM TABULEK	- 4 -
1 ÚVOD	- 5 -
1.1 CÍLE PRÁCE	- 5 -
2 AKTUÁLNÍ STAV	- 6 -
2.1 HLEDÁNÍ MOŽNOSTÍ ÚSPOR	- 6 -
2.2 PLÁN OMEZOVÁNÍ PRODEJE SVĚTELNÝCH ZDROJŮ	- 7 -
3 SVĚTELNÉ ZDROJE PRO PATICE E14 A E27	- 9 -
3.1 TYPY ZDROJŮ PRO PATICE E14 A E27	- 9 -
3.1.1 Klasické žárovky	- 9 -
3.1.2 Halogenové žárovky	- 10 -
3.1.3 Kompaktní zářivky	- 10 -
3.1.4 Světelné zdroje LED	- 12 -
4 NÁHRADA KLASICKÝCH ŽÁROVEK MODERNÍMI SVĚTELNÝMI ZDROJI	- 13 -
4.1 PROBLÉMY PŘI NAHRAZOVÁNÍ KLASICKÝCH ŽÁROVEK	- 13 -
4.1.1 Rozměrová nekompatibilita a rozdílné tepelné ztráty	- 13 -
4.1.2 Stmívání	- 16 -
4.1.3 Estetika moderních světelných zdrojů	- 18 -
4.1.4 Kvalita světla	- 19 -
4.2 NÁHRADA KLASICKÝCH ŽÁROVEK KOMPAKTNÍMI ZÁŘIVKAMI	- 21 -
4.2.1 Zpětný odběr a likvidace kompaktních zářivek	- 21 -
4.2.2 Pomalý náběh kompaktních zářivek	- 21 -
4.2.3 Samovolné zápaly vypnutých kompaktních zářivek	- 22 -
4.2.4 Pokles světelného toku kompaktních zářivek	- 24 -
4.2.5 Odolnost proti kolísání napětí v síti	- 24 -
5 MĚŘENÍ VYBRANÝCH PARAMETRŮ ŽÁROVEK	- 25 -
A KOMPAKTNÍCH ZÁŘIVEK	- 25 -
5.1 ŽIVOTNOST SVĚTELNÝCH ZDROJŮ	- 25 -
5.2 MĚŘENÍ SPOTŘEBY SVĚTELNÝCH ZDROJŮ V DOMÁCNOSTECH	- 26 -
5.2.1 Rozvaha měření	- 26 -
5.2.2 Popis měřeného rodinného domu	- 28 -
5.2.3 Popis měřené bytové jednotky	- 31 -
5.2.4 Naměřené hodnoty pro rodinný dům (RD)	- 32 -
5.2.5 Naměřené hodnoty pro bytovou jednotku (BJ)	- 33 -
5.2.6 Závěry měření spotřeby světelných zdrojů v domácnostech	- 34 -
5.3 MĚŘENÍ ÚBYTKU SVĚTELNÉHO TOKU VLIVEM OPOTŘEBENÍ	- 44 -
5.3.1 Rozvaha měření	- 44 -
5.3.2 Popis způsobu měření	- 46 -
5.3.3 Naměřené a vypočítané hodnoty	- 48 -
5.3.4 Závěry měření úbytku světelného toku vlivem opotřebení	- 49 -
6 DOPORUČENÍ UŽIVATELŮ OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV	- 50 -
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	- 51 -
SEZNAM PŘÍLOH	- 53 -

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

BJ	Bytová jednotka
DALI	Digital Addressable Lighting Interface
DPH	Daň z přidané hodnoty
E	Elektrická energie
E_{HBJ}	Stav počítadla hlavního elektroměru bytové jednotky
E_{HRD}	Stav počítadla hlavního elektroměru rodinného domu
E_{PBJ}	Stav počítadla podružného elektroměru bytové jednotky
E_{PRD}	Stav počítadla podružného elektroměru rodinného domu
ES	Evropská směrnice
h	hodina
HDO	Hromadné dálkové ovládání
HDS	Hlavní domovní skříň
Hz	hertz - jednotka elektrické frekvence
IP	Ingress Protection (International Protection)
K	kelvin - jednotka teploty chromatičnosti nebo náhodní teploty chromatičnosti
kWh	kilowatthodina - jednotka elektrické energie
L	vodič soustavy TN-C nebo TN-S, fáze
LED	Light Emitting Diode
lm	lumen - jednotka světelného toku Φ
lm/W	lumen na watt - jednotka měrného výkonu světelného zdroje
měs.	měsíc
mg	miligram - jednotka hmotnosti
N	vodič soustavy TN-S, pracovní vodič
NA_{BJ}	Absolutní náklady na elektrickou energii v bytové jednotce
NA_{RD}	Absolutní náklady na elektrickou energii v rodinném domě
NCO_{BJ}	Celkové náklady na příslušné světelné zdroje v bytové jednotce
NCO_{RD}	Celkové náklady na příslušné světelné zdroje v rodinném domě
NI_{BJ}	Investiční náklady na světelné zdroje v bytové jednotce
NI_{RD}	Investiční náklady na světelné zdroje v rodinném domě
NP	Provozní náklady
NT	Nízký tarif
P_1	příkon světelného zdroje

PEN	vodič soustavy TN-C, který slučuje funkci pracovního a ochranného vodiče
PHE	Recyklační poplatek
PWM	Pulse-width modulation (pulzně-šířková modulace)
Ra	Index podání barev
RD	Rodinný dům
S	sekunda
T	Teplota chromatičnosti světelného zdroje, náhradní teplota chromatičnosti světelného zdroje
t_m	Doba náběhu na plný výkon
t_p	Provozní hodiny
TUV	Teplá užitková voda
t_z	Životnost světelného zdroje
V	volt - jednotka elektrického napětí
VA	voltampér - jednotka zdánlivého elektrického výkonu
VT	Vysoký tarif
W	watt - jednotka činného elektrického výkonu
ΔE_{HBJ}	Přírůstek elektrické energie na hlavním elektroměru od posledního odečtu u bytové jednotky
ΔE_{HRD}	Přírůstek elektrické energie na hlavním elektroměru od posledního odečtu u rodinného domu
ΔE_{PBJ}	Přírůstek elektrické energie na podružném elektroměru od posledního odečtu u bytové jednotky
$\Delta E_{PBJ}/os.$	Energie spotřebovaná na svícení na jednu osobu v bytové jednotce
$\Delta E_{PBJ}/\Delta E_{HBJ}$	Procentní poměr přírůstků elektrické energie u bytové jednotky
ΔE_{PRD}	Přírůstek elektrické energie na podružném elektroměru od posledního odečtu u rodinného domu
$\Delta E_{PRD}/os.$	Energie spotřebovaná na svícení na jednu osobu v domácnosti rodinného domu
$\Delta E_{PRD}/\Delta E_{HRD}$	Procentní poměr přírůstků elektrické energie u rodinného domu
Σ	Součet
Φ, Φ_n	světelný tok, nominální světelný tok
pozn.	Ostatní neuvedené značky vznikly kombinací těchto vysvětlených symbolů.

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Halogenová žárovka o příkonu 25 W s paticí G9 pro 230 V/50 Hz.....</i>	<i>- 9 -</i>
<i>Obr. 2 Halogenové žárovky [2].....</i>	<i>- 10 -</i>
<i>Obr. 3 Kompaktní zářivka PHILIPS s indukčním předřadníkem</i>	<i>- 11 -</i>
<i>Obr. 4 Kompaktní úsporné zářivky [2].....</i>	<i>- 11 -</i>
<i>Obr. 5 LED světelné zdroje [2]</i>	<i>- 12 -</i>
<i>Obr. 6 Rozměrové problémy při náhradě světelných zdrojů [8]</i>	<i>- 15 -</i>
<i>Obr. 7 Průmyslové svítidlo s vyšším krytím používané ve sklepech a na půdách</i>	<i>- 16 -</i>
<i>Obr. 8 Piktogram označující stmívatelnou úspornou zářivku [6]</i>	<i>- 18 -</i>
<i>Obr. 9 Nepatříčnost úsporných zářivek v určitých typech svítidel [8]</i>	<i>- 19 -</i>
<i>Obr. 10 Kompaktní zářivka v mrazuvzdorném provedení [6]</i>	<i>- 22 -</i>
<i>Obr. 11 Konfigurace vypínačů a zapojení doutnavek v domovních elektroinstalacích [5]</i>	<i>- 23 -</i>
<i>Obr. 12 Schematické znázornění instalace podružného elektroměru v měřených objektech</i>	<i>- 27 -</i>
<i>Obr. 13 Půdorys suterénu rodinného domu s vyznačenými svítidly.....</i>	<i>- 28 -</i>
<i>Obr. 14 Půdorys zvýšeného přízemí rodinného domu s vyznačenými svítidly</i>	<i>- 29 -</i>
<i>Obr. 15 Půdorys 1. patra rodinného domu s vyznačenými svítidly.....</i>	<i>- 30 -</i>
<i>Obr. 16 Půdorys bytové jednotky v panelovém domě s vyznačenými svítidly</i>	<i>- 31 -</i>
<i>Obr. 17 Složkové rozložení spotřeby elektrické energie v rodinném domě</i>	<i>- 34 -</i>
<i>Obr. 18 Složkové rozložení spotřeby elektrické energie v bytové jednotce</i>	<i>- 34 -</i>
<i>Obr. 19 Rozdělení spotřeby elektrické energie v domácnostech [13]</i>	<i>- 36 -</i>
<i>Obr. 20 Schéma zapojení přípravku pro testování světelných zdrojů</i>	<i>- 44 -</i>
<i>Obr. 21 Přípravek pro testování světelných zdrojů.....</i>	<i>- 46 -</i>
<i>Obr. 22 Schéma měřicího pracoviště</i>	<i>- 46 -</i>
<i>Obr. 23 Graficky znázorněný průběh úbytku světelného toku u tří měřených světelných zdrojů.....</i>	<i>- 49 -</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Elektrické spotřebiče, u nichž výrobci mají povinnost uvádět energetickou třídu [4]</i>	- 6 -
<i>Tab. 2 Rozdělení světelných zdrojů pro patice E14 a E27 do energetických tříd</i>	- 7 -
<i>Tab. 3 Omezování prodeje vybraných světelných zdrojů v členských zemích Evropské unie</i>	- 7 -
<i>Tab. 4 Převodní tabulka náhrad klasických žárovek jinými světelnými zdroji [1]</i>	- 13 -
<i>Tab. 5 Legenda k tabulce Tab.4</i>	- 13 -
<i>Tab. 6 Náhradní teploty chromatičnosti u zářivek [6]</i>	- 20 -
<i>Tab. 7 Naměřené hodnoty pro rodinný dům</i>	- 32 -
<i>Tab. 8 Naměřené hodnoty pro bytovou jednotku</i>	- 33 -
<i>Tab. 9 Legenda tabulek Tab. 7 a Tab. 8</i>	- 33 -
<i>Tab. 10 Rozdělení spotřeby elektrické energie v domácnostech – celková spotřeba [13]</i>	- 35 -
<i>Tab. 11 Rozdělení spotřeby elektrické energie v domácnostech – ostatní el. spotřebiče [13]</i>	- 35 -
<i>Tab. 12 Provozní náklady na energii v měřených objektech</i>	- 37 -
<i>Tab. 13 Legenda tabulky Tab. 12</i>	- 37 -
<i>Tab. 14 Přehledová tabulka nákladů na elektrickou energii v rodinném domě</i>	- 43 -
<i>Tab. 15 Přehledová tabulka nákladů na elektrickou energii v bytě 3+1</i>	- 43 -
<i>Tab. 16 Legenda tabulky Tab. 14 a Tab. 15</i>	- 43 -
<i>Tab. 17 Nastavení denních spínacích hodin</i>	- 45 -
<i>Tab. 18 Maloobchodní cena měřených světelných zdrojů a parametry uvedené výrobcem</i>	- 47 -
<i>Tab. 19 Naměřené a vypočtené hodnoty</i>	- 48 -
<i>Tab. 20 Legenda tabulky Tab. 19</i>	- 48 -

1 ÚVOD

Téma náhrad klasických žárovek moderními typy světelných zdrojů je velice živé a aktuální, dotýká se bezprostředně každé nemovitosti, bytové a rodinné domy nevyjímaje. Právě drobní spotřebitelé stojí nejčastěji před rozhodnutím, jaký typ světelného zdroje mají ve své domácnosti použít, aby zůstala zachována stávající kvalita a úroveň osvětlení a současně nebylo nutné rozsáhle renovovat mnohdy zastaralou osvětlovací soustavu. S postupným legislativním omezováním prodeje klasických žárovek, které po dlouhá léta patřily k hlavním prvkům osvětlování domácností, roste poptávka provozovatelů osvětlovacích soustav po alternativních světelných zdrojích. Možností náhrad za klasické žárovky je na první pohled na českém trhu dostatek, ale budeme-li se na problematiku světelných zdrojů zaměřovat více dopodrobna, zjistíme, že v určitých specifických situacích se ze široké škály moderních světelných zdrojů bude vybírat vhodná náhrada velmi nesnadno. Jednoduchost a univerzálnost klasických žárovek se výrobcům současných zdrojů světla zatím nepodařilo dokonale napodobit, z čehož vyplývají i problémy, s kterými se mohou při přechodu na jiný typ světelného zdroje setkat uživatelé a provozovatelé domácností.

1.1 Cíle práce

- Charakteristika aktuálně využívaných světelných zdrojů pro patice E14 a E27.
- Popis možných problémů při náhradě klasických žárovek kompaktními zářivkami, LED a jinými současnými zdroji světla.
- Měření vybraných parametrů světelných zdrojů a jejich srovnání v reálné aplikaci.
- Ekonomické, kvalitativní a provozní ukazatele hodnocených světelných zdrojů.
- Doporučení pro uživatele a provozovatele osvětlovacích soustav.

2 AKTUÁLNÍ STAV

2.1 Hledání možností úspor

Evropská unie maximálně zefektivňuje prostřednictvím nejrozličnějších legislativních opatření nakládání s energiemi, hledá možnosti úspor a šetrnější technická řešení, a to i při využívání elektrické energie. Osvětlovací technika a s ní související světelné zdroje zaujímají v celkovém rozložení spotřeby elektrické energie velmi významné místo, nikoliv však nejvýznamnější. Hledání rozsáhlých úspor by tak bylo jistě vhodnější i v jiných elektroenergetických odvětvích, ale bohužel jen za cenu dalších neúměrně zvýšených nákladů a velmi složitých individuálních řešení. Největší optimalizační projekty pro průmysl byly již v řadě případů realizovány.

Z tohoto hlediska je volba Evropské unie šetřit elektrickou energii prostřednictvím nových a moderních světelných zdrojů více než pochopitelná. Nejedná se sice o energeticky dominantní spotřebu, zato jsou ovšem veškerá úsporná opatření poměrně jednoduchá, snadno realizovatelná a dobře univerzálně použitelná, budeme-li je srovnávat třeba právě s průmyslovými aplikacemi. Světelné zdroje jsou na trhu významně zastoupeným artiklem, jejich vliv na životní prostředí není zanedbatelný a současně lze tento vliv relativně jednoduše snižovat. To jsou základní myšlenky, které stály na počátku epochy moderních světelných zdrojů. Za postupným stahováním klasických žárovek z českého trhu stojí Evropská směrnice 2005/32/ES [1] stanovující rámec pro určení požadavků na ekodesign energetických spotřebičů, která v praxi upravuje navrhování výrobků tak, aby byly co nejvíce zohledněny požadavky na šetrnost produktu k životnímu prostředí, zatímco komfort a užitná hodnota by se pro koncového zákazníka rozhodně měnit neměly. Kromě požadavků na hospodárnost světelných zdrojů upravuje legislativa Evropské unie i parametry desítek jiných spotřebičů.

K hodnocení hospodárnosti a efektivity vybraných elektrických přístrojů pro použití v domácnosti byla stanovena jednotná platforma energetických tříd, štítek s údajem o zařazení do příslušné třídy nesmí ze zákona chybět na těch prodávaných domácích elektrospotřebičích, které jsou specifikovány v Tab.1 [4]. Ze strany výrobců ovšem není vždy tato povinnost informovat spotřebitele plněna beze zbytku.

Tab. 1 Elektrické spotřebiče, u nichž výrobci mají povinnost uvádět energetickou třídu [4]

Automatické pračky	Elektrické trouby
Bubnové sušičky prádla	Elektrické ohřívače vody
Pračky kombinované se sušičkou	Zdroje světla
Chladničky, mrazničky a jejich kombinace	Předřadníky k zářivkám
Myčky nádobí	Klimatizační jednotky

Z této uvedené sady domácích spotřebičů se Diplomová práce věnuje zdrojům světla, jejich vzájemnému porovnání v podmínkách běžné domácnosti. Tab. 2 uvádí jednotlivé energetické třídy světelných zdrojů, které se používají pro osvětlování rodinných domů a bytových jednotek a současně se vyrábějí v provedení pro patice E14 a E27. Rozlišujícím kritériem pro rozřazení světelných zdrojů do jednotlivých energetických tříd je primárně měrný výkon, který se udává v lm/W a popisuje tak, s jakou účinností přeměňuje zdroj elektrickou energii na světelnou. Klasické žárovky mají měrný výkon typicky v rozmezí 10 až 18 lm/W, halogenové žárovky 20 až 30 lm/W, kompaktní zářivky 40 až 87 lm/W a u běžných LED zdrojů se hodnota měrného výkonu pohybuje od 50 do 100 lm/W i více [3, 4].

Tab. 2 Rozdělení světelných zdrojů pro patice E14 a E27 do energetických tříd

Typ světelného zdroje	Energetická třída
LED zdroje	A
Kompaktní zářivky	A, B
Halogenové zářivky	B, C, D
Klasické žárovky	E, F, G

2.2 Plán omezování prodeje světelných zdrojů

Energetickými třídami se řídí i postupné omezování prodeje zdrojů světla, z trhu vymizí zdroje pracující v nejnižších třídách, tedy s nejmenší efektivitou. To jsou prakticky všechny v domácnostech běžně využívané klasické žárovky (s výjimkou signalizačních, reflektorových či speciálních žárovek) a také většina halogenových žárovek. Tab. 3, mapující především postupné stahování klasických žárovek, byla sestavena na základě vyhlášky (ES) č. 244/2009 [5], která upravuje dovoz a prodej světelných zdrojů v členských státech Evropské unie.

Tab. 3 Omezování prodeje vybraných světelných zdrojů v členských zemích Evropské unie

Datum	Světelné zdroje
1. září 2009	Klasické čiré žárovky o příkonu 80 W a vyšší, veškeré nečiré zdroje (mimo třídu A)
1. září 2010	Klasické čiré žárovky o příkonu 65W a vyšší
1. září 2011	Klasické čiré žárovky o příkonu 45W a vyšší
1. září 2012	Klasické čiré žárovky o příkonu 7W a vyšší
1.září 2016	Veškeré zdroje třídy C a horší

Evropská unie v rámci omezování vlivu světelných zdrojů na životní prostředí začala stahovat z trhu nejprve žárovky o jmenovitém příkonu 100 W, které patřily z uvedené řady nejběžnějších žárovek E27 v domácnosti (25 W / 40 W / 60 W / 75 W / 100 W) k těm efektivnějším - pokud vezmeme v potaz parametr měrného výkonu, který je pro žárovku o příkonu 100 W roven 13,0 lm/W (světelný tok klasické žárovky 100 W uvažujeme 1 300 lm). Naproti tomu, paradoxně, zdroje o příkonu 25 W s hodnotou měrného výkonu 8,0 lm/W (světelný tok klasické žárovky 25 W uvažujeme 200 lm) zůstávají na evropském trhu nejdéle, i když mají nižší měrný výkon a tedy i nižší efektivitu přeměny elektrické energie na světelnou.

Nutno poznamenat, že i po roce 2012 bude pravděpodobně možné na českém trhu ještě sehnat klasické žárovky s patičkami E14 i E27 všech vyřazených výkonů, protože prodejci si vytvořili pečlivé zásoby a dá se očekávat jejich pozvolné vyprodávání. Legislativa Evropské unie tento postup nezakazuje, jedná se totiž o prodej skladových zásob, nikoli o primární umístění nevyhovující komodity zpět na již jednou uzavřený trh.

Většina domácností v České republice je na tom zřejmě velmi podobně jako výše zmínění obchodníci, v rámci obav z budoucnosti byly vytvořeny různě rozsáhlé zásoby klasických žárovek. Každý sklad je ale vyčerpateľný, zvláště pak, nemá-li možnost průběžného doplňování.

3 SVĚTELNÉ ZDROJE PRO PATICE E14 A E27

U většiny svítidel v českých domácnostech převládají patice se závitem E14 nebo E27 s provozním napětím 230 V/ 50 Hz. Diplomová práce se věnuje právě světelným zdrojům pro tyto závity jako nejčastěji nahrazovaným prvkům. V souvislosti s rostoucím významem osvětlovacích soustav, jejich propracovanějším designem a s tendencí k jejich minimalizaci se spotřebitel může setkat i s jinými variantami svítidel, které využívají pro uchycení světelných zdrojů patice typu G9 (Obr. 1), GU10 či R7s (halogenové žárovky). V těchto speciálních případech se ale náhrada světelného zdroje za jeho úspornější variantu zpravidla nerealizuje, resp. nikoli v takové míře, jak tomu je u tradičních patic E14 a E27.



Obr. 1 Halogenová žárovka o příkonu 25 W s paticí G9 pro 230 V/50 Hz

3.1 Typy zdrojů pro patice E14 a E27

3.1.1 Klasické žárovky

Klasické žárovky patří mezi teplotní světelné zdroje plněné plynem [3], fungují na principu tepelné emise světla, kdy procházející elektrický proud zahřívá wolframové vlákno. To je pomocí skleněné baňky a ochranné atmosféry chráněno proti oxidaci. Jak už napovídá samotný princip činnosti, žárovka přemění až 92 % [1] spotřebované elektrické energie na teplo. Světlo, o které nám jde prvotně, má v tomto procesu spíše doprovodnou roli. Efektivita tohoto světelného zdroje je tedy v porovnání s jinými typy zdrojů pro domácnost nízká (nízký měrný výkon), s čímž souvisí i vyšší provozní náklady. Vyšší provozní náklady jsou do jisté míry kompenzovány příznivou pořizovací cenou, která staví tento zdroj na první místo z hlediska vstupních (pořizovacích) investic.

Standardem je u klasických žárovek také vysoká kvalita světla. Ta je reprezentována dvěma parametry, pro lidské oko ideální teplotou chromatičnosti $T = 2300$ až 2600 K a také vynikajícím indexem podání barev $R_a = 100$. Značnou devizou je i univerzální použitelnost žárovek bez ohledu na okolní teplotu, požadavky stmívání nebo v mnoha případech i bez ohledu na typ svítidla.

Životnost klasických žárovek se udává 1 000 h provozních.

3.1.2 Halogenové žárovky

Princip i konstrukce halogenových žárovek pro patice E14 a E27 jsou blízké žárovkám klasickým, jedná se také o teplotní zdroj plněný plynem [3]. Rozdíl oproti klasickým žárovkám je pouze v přítomnosti vnitřní baňky, která obklopuje wolframové vlákno a je plněna inertním plynem a malým množstvím halogenu, zejména bromem nebo jódem. Tím pádem lze vlákno provozovat na vyšších teplotách, světelný zdroj má vyšší měrný výkon než standardní žárovka a vlákno má i delší životnost. Barva světla je teple bílá, teplota chromatičnosti $T = 2\,700$ až $3\,000$ K, index podání barev R_a srovnatelný s klasickými žárovkami.

Halogenové žárovky jsou k dispozici v několika energetických třídách (Tab. 2) a od dané třídy se odvíjí jejich cena i životnost. Halogenová žárovka vykazuje nejčastěji dvojnásobnou dobu provozu než klasická, tedy 2 000 h.



Obr. 2 Halogenové žárovky [2]

3.1.3 Kompaktní zářivky

Označení zářivky je zcela na místě, protože tyto zdroje využívají technologii shodnou s lineárními zářivkami. Kompaktní zářivka je nízkotlaká výbojka [3], základem je trubice se rtuťovými parami a u kompaktních zářivek dnes již výhradně s vestavěným elektronickým předřadníkem. V praxi lze ale výjimečně také narazit na kompaktní zářivku PHILIPS s vestavěným indukčním předřadníkem, která je zachycena na Obr. 3.

Trubicí kompaktní zářivky řízeně protéká elektrický proud, páry rtuti vyzařují ultrafialové světlo, které posléze excituje luminofor na stěnách trubice. Výsledkem je světelné záření ve viditelném pásmu vlnových délek. Největší výhodou zářivek je bezesporu jejich vysoký měrný výkon, což znamená vyšší efektivitu přeměny elektrické energie na světelnou v porovnání s již popsanými klasickými nebo halogenovými zdroji světla. I životnost lze považovat za vynikající, doba provozu je 6 000 až 15 000 h v závislosti na typu kompaktní zářivky.



Obr. 3 Kompaktní zářivka PHILIPS s indukčním předřadníkem

Problémem kompaktních zářivek jsou však parametry vyzařovaného světla – oproti žárovkám klasickým mají horší index podání barev R_a ($R_a \geq 80$), tedy v porovnání s klasickými žárovkami méně věrohodně interpretují barvy osvětlených objektů, což může citlivějším jedincům vadit při dlouhodobější zrakově náročné práci.

Vyšší pořizovací cena, značný rozdíl v kvalitě zpracování elektronických předřadníků, delší doba náběhu na plný světelný výkon a neuniverzálnost staví kompaktní zářivky do nejednoznačné pozice na trhu se světelnými zdroji. Svoji váhu má také doposud nedostatečně dořešený zpětný odběr kompaktních zářivek, které by vzhledem k obsahu rtuti měly být separovány od komunálního odpadu a likvidovány či recyklovány na specializovaných pracovištích. Pro ilustraci uvedme, že kompaktní zářivka PHILIPS Genie E27 14W s provozním napětím 220 V až 240 V, měřená mimo jiné i v této práci, obsahuje 4,0 mg rtuti.



Obr. 4 Kompaktní úsporné zářivky [2]

3.1.4 Světelné zdroje LED

Koncepčně nejmladší světelný zdroj se začíná pomalu prosazovat i do českých domácností. Technologie LED je známa již od šedesátých let 20. století [2], tyto světelné zdroje se ale používaly vzhledem ke svým technickým omezením (omezené nízké výkony zdrojů, monochromatické světlo) výhradně pro indikaci. Počínaje zkonstruováním modré a následně bílé vysokovýkonové luminiscenční diody se odstartovaly úvahy o použití diod v osvětlovací technice. Měrný výkon LED světelných zdrojů se pohybuje od 50 do 100 lm/W i více [3, 4]. Pro porovnání - měrný výkon klasické žárovky 25 W s patičkou E27 odpovídá hodnotě 8,0 lm/W.



Obr. 5 LED světelné zdroje [2]

Výhodou LED zdrojů je také široký výběr barev a dlouhá životnost LED zdrojů pro domácnost, která činí 25 000 h až 45 000 h [1]. To jsou hlavní kladné aspekty hovořící pro LED zdroje. Proti tomu jde vysoká pořizovací cena a zatím na trhu chybějící světelné zdroje LED vyšších výkonů, které by tak umožnily plnou náhradu všech dosavadně používaných světelných zdrojů. Komplikací může být také technická složitost světelného zdroje LED, který (podobně jako kompaktní zářivky) obsahuje vestavěné elektronické obvody, jejichž kvalita má také nezanedbatelný vliv na skutečnou životnost zdroje.

4 NÁHRADA KLASICKÝCH ŽÁROVEK MODERNÍMI SVĚTELNÝMI ZDROJI

Na obalech většiny moderních světelných zdrojů, které slouží pro přímou náhradu klasických žárovek, výrobci uvádějí porovnání příkonu daného zdroje s příkonem klasické žárovky. Zjednodušuje se tak orientace zákazníka v rozsáhlé nabídce světelných zdrojů. Přesnějším a výhodnějším kritériem vzájemného porovnání zdrojů světla je ale nominální světelný tok Φ_n [lm], který jednoznačně charakterizuje veškeré typy světelných zdrojů nezávisle na jejich příkonu. Tab. 4 přináší porovnání nominálních světelných toků Φ_n a příslušných příkonových kategorií klasických a halogenových žárovek, kompaktních zářivek a LED zdrojů.

Tab. 4 Převodní tabulka náhrad klasických žárovek jinými světelnými zdroji [1]

Klasická žárovka P_1 [W]	15	25	40	60	75	100
Halogenová žárovka P_1 [W]	–	18	28	42	51	70
Kompaktní zářivka* P_1 [W]	4 – 5	5 – 7	8 – 10	14 – 15	18	23
LED žárovka* P_1 [W]	3 – 4	6 – 7	7 – 8	12	–	–
Nominální světelný tok Φ_n [lm]	90	200	400	700	900	1300
* Konkrétní náhrada může být různá dle druhu provedení kompaktní zářivky či žárovky LED						

Tab. 5 Legenda k tabulce Tab.4

P_1	Příkon světelného zdroje
Φ_n	Nominální světelný tok světelného zdroje

4.1 Problémy při nahrazování klasických žárovek

4.1.1 Rozměrová nekompatibilita a rozdílné tepelné ztráty

Rozměrová nekompatibilita a rozdílné tepelné ztráty jsou v podmínkách české domácnosti nejčastějším problémem při náhradě klasických žárovek moderními světelnými zdroji. Žárovky se celá desetiletí vyráběly v téměř neměnné velikosti a designu, čemuž se také plně podřizovali výrobci svítidel. Jediným opravdovým rozlišovacím kritériem žárovek používaných v domácnosti byla velikost závitu, tedy E14 nebo E27. Pokud jde o jmenovitý příkon žárovek a jeho vliv na geometrické parametry zdroje, platilo, že až do hodnoty příkonu 100 W měly klasické žárovky vnější rozměry většinou shodné.

To umožňovalo tvořivým spotřebitelům osazovat svítidla zcela jinou výkonnostní výzbrojí, než byla původně předepsána výrobcem. Zpravidla se jednalo o navyšování výkonu světelných zdrojů za účelem vyšší hladiny osvětlení bez nutnosti kompletní výměny svítidla, což vedlo nezdědku k nadměrnému oteplování osvětlovací soustavy a tepelným deformacím krycích skel a plastů svítidla. Můžeme říci, že tento nešvar nejen českých domácností do jisté míry vyřešil příchod zdrojů nové koncepce.

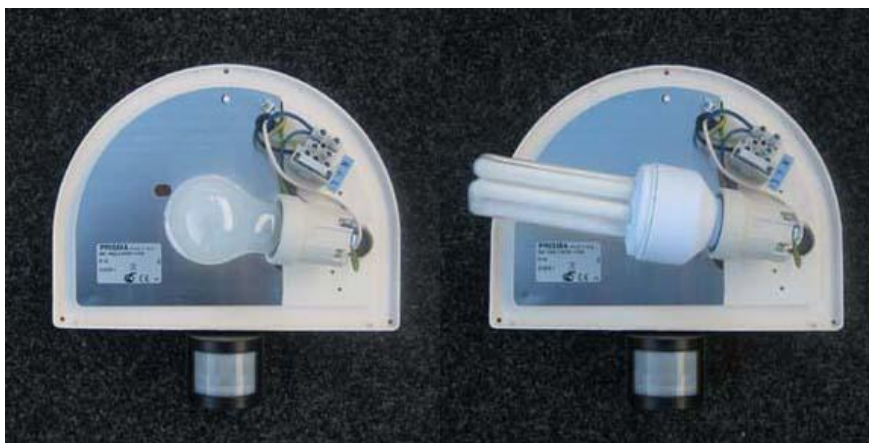
Hlavní výhodou kompaktních zářivek a LED zdrojů je vyšší účinnost (vyšší měrný výkon) a s tím spojené minimální oteplení ve srovnání s klasickými nebo halogenovými žárovkami. Teoreticky je možné instalovat do svítidla o původním předepsaném příkonu žárovek 2 x 40 W kompaktní zářivky 2 x 14 W, tedy světelně o stupeň výkonnější (Tab. 4). Při takovéto náhradě je splněn požadavek spotřebitele na vyšší hladinu osvětlení a zároveň se není třeba obávat, že bude docházet k neúměrnému přehřívání svítidla. Toto platí ale pouze pro kompaktní zářivky a LED zdroje, nikoli pro halogenové žárovky, které teplotně namáhají svítidlo přibližně stejně jako zdroje klasické koncepce.

Situace je ale komplikovanější, jelikož kompaktní zářivky se pro nejběžnější závit E27 vyrábějí hned v několika různých tvarových verzích. Nejlevnější a tím pádem nejrozšířenější podoba úsporné zářivky je trubicová, ale k dostání jsou také kompaktní zářivky ve tvaru imitujícím klasické žárovky. Imitován je většinou pouze tvar, bohužel nikoli finální rozměry zdroje.

Často se stává, že se po zpětné montáži krytů kompaktní zářivky kvůli nedostatku místa přímo dotýkají stínítka nebo jiných konstrukčních částí svítidla, což se při dřívějším použití klasických žárovek nestávalo. Jelikož moderní světelné zdroje nemají vysoké požadavky na chlazení a tedy ani na proudění vzduchu uvnitř svítidla, stísněné poměry z hlediska oteplování nevadí. Potíží může být pouze nehomogenní rozložení světelného toku (rušivě viditelné obrysy zdroje ve svítidle) a také horší využití reflexních ploch svítidla, které bylo projektované na obyčejné žárovky.

Častou nepříjemností zejména u kompaktních zářivek a LED zdrojů se závitem E14 je různá velikost a provedení plastového přechodu (prstence) mezi vlastní paticí a samotnou pracovní částí světelného zdroje. Existují typy svítidel s hlouběji zapuštěnou objímkou, kam se kompaktní zářivka nedá právě kvůli širokému prstenci vůbec instalovat, lze ji sice částečně zachytit do závitu, ale nelze ji zašroubovat tak optimálně, aby došlo k elektrickému kontaktu. Rozměrová rozličnost nových typů zdrojů tak vyžaduje mnohem větší pozornost ze strany uživatelů.

V případě značné různorodosti svítidel v objektu nestačí nakoupit rezervní světelné zdroje do zásoby jen podle výkonů a závitů, jak tomu bývalo zvykem donedávna, ale je třeba zohlednit i ostatní technické náležitosti a možné mechanické problémy, nastíněné v předchozím textu. Zákazník tak musí již v obchodě přesně vědět, jaký tvar a provedení úsporné žárovky bude pro něj nejvhodnější, do jakého konkrétního typu svítidla bude zakoupené zdroje montovat.



Obr. 6 Rozměrové problémy při náhradě světelných zdrojů [8]

Komplikace přichází ve chvíli, kdy spotřebitel potřebuje realizovat výměnu světelných zdrojů ve starších svítidlech, která byla přímo vyvinuta pro klasické žárovky a kvůli rozměrové nekompatibilitě nelze do svítidla instalovat jiný typ zdroje, samozřejmě s výjimkou halogenového, který se vyrábí v totožné velikosti jako klasické žárovky. Protože požadavky uživatele na hladinu osvětlení se zpravidla nemění a není ani možnost dodatečného zřízení většího počtu světelných vývodů, jsme často svědky nejruznějších kutilských zásahů do konstrukce svítidel tak, aby mohla fungovat i s novými typy zdrojů. Extrémním případem je trvalá demontáž krytů, stínítek, skel a ochranných mřížek. Je-li svítidlo provozováno nekompletní nebo s amatérskými úpravami, je jasné, že nesplňuje bezpečnostní požadavky (předepsané IP pro daný prostor) a v krajním případě zvyšuje riziko úrazu elektrickým proudem.

Popsané úpravy se zpravidla týkají starších svítidel se zvýšeným krytím, která se používají pro osvětlování ve vlhkých a prašných prostorách, v prostředích se zvýšeným rizikem vzniku požáru, v průmyslových a zemědělských instalacích a v neposlední řadě i pro osvětlování garáží, sklepů a půdních prostor. V těchto neobytných a pracovních prostorách nedochází k přirozené obměně svítidel, jejich nemoderní a zastaralý design není totiž vnímán jako problém, důraz je kladen pouze na funkčnost.

Jako příklad uveďme průmyslové svítidlo s vyšším krytím, které je na *Obr.7*, hojně instalované do objektů v letech 1978-1990, se jmenovitým příkonem žárovky 200 W a s klasickou paticí E27. Klasická žárovka 200 W byla v té době běžně k dostání a nikdo z projektantů nepočítal s tím, že se skladba světelných zdrojů bude v budoucnu takto výrazně měnit. Relativně vysoký známý výkon soustavy také při projektování určoval sporý počet svítidel.

Zákazník, který potřebuje řešit náhradu světelných zdrojů a chce zachovat současnou míru osvětlení, má tak na výběr několik variant řešení. Ideálně by bylo vhodné přepracovat koncepci osvětlení prostoru a na jejím základě osadit větší počet novějších svítidel, která již počítají s použitím moderních zdrojů. Z pochopitelných důvodů tak učiní asi málokdo, investice do renovace osvětlovacích soustav v nebytových prostorách nejsou aktuální.

Dočasným řešením náhrady světelného zdroje ve svítidle na Obr. 7 je přímá instalace halogenových žárovek, na trhu jsou k dispozici halogenové zdroje s patičí E27 o příkonu 140 W, které mají světelný tok srovnatelný s klasickou žárovkou o příkonu 200 W. Toto řešení je z dnešního pohledu asi nejlepší, a to jak po finanční, tak i funkční stránce. Ale v souvislosti se směrnicemi Evropské unie se do budoucna očekává i omezení prodeje halogenových žárovek.



Obr. 7 Průmyslové svítidlo s vyšším krytím používané ve sklepech a na půdách

Poslední možností je v této kategorii světelných toků náhrada klasické žárovky kompaktními zářivkami. V současné době jsou na trhu kompaktní zářivky, které se svým světelným tokem vyrovnají klasické žárovce o příkonu 200 W i větším, pomineme teď poněkud vyšší cenu takového zdroje. Hlavním problémem stále zůstává to, že tak geometricky rozměrný světelný zdroj, kterým tato kompaktní zářivka bude, se jen velmi těžko instaluje na místo klasické žárovky tak, aby se mohlo zpět osadit krycí sklo. Rozměry klasické žárovky E27 výrobce NARVA o příkonu 200 W jsou: délka 135 mm a průměr 70 mm [7], zatímco ekvivalentní kompaktní zářivka MEGAMAN D652 E27 o příkonu 52 W má rozměry: 208 mm délka, průměr 89 mm a hmotnost 480 g [6].

4.1.2 Stmívání

Propracovanější domovní elektroinstalace v dnešní době často obsahují kromě standardních prvků i stmívače; mít možnost regulace intenzity osvětlení ve vybraných místnostech je nejen komfortní, ale zároveň praktické a v neposlední řadě i úsporné.

Ještě větší podíl regulovaných světelných obvodů mají kulturní sály, divadla, kina a podobné objekty určené pro veřejné účely.

V pevných elektroinstalacích rozlišujeme tyto typy stmívačů podle principu regulace[18, 19]:

- stmívač regulující kladnou i zápornou půlvlnu střídavého napětí
- stmívač přímo regulující výši proudu světelným zdrojem
- elektronický předřadník pracující na protokolu DALI, předřadníky řízené napětím 1 až 10 V, případně regulátory na principu PWM

Základem většiny stmívačů klasických žárovek (nikoli zářivkových světelných zdrojů), aktuálně v domácnostech používaných, je polovodičový řídicí prvek triak. Tyto stmívače tedy patří do první zmiňované kategorie. Výborně využívají vlastností klasických žárovek, prodlužují jejich životnost a také vytvářejí výtvarně zajímavý vizuální efekt žhnoucího vlákna při 5-10% výkonu žárovky. Jedná se o nejrozšířenější a nejuniverzálnější typ stmívače v domovních instalacích, lze s ním (za určitých podmínek) řídit jas halogenových žárovek a jas žárovek na nízké napětí, pokud je jim předřazen vhodný transformátor či elektronický zdroj vhodný pro stmívání. Práce se tedy věnuje pouze náhradám světelných zdrojů v domovních elektrických obvodech, které jsou ve většině případů vybaveny právě tímto typem stmívače.

Elektronické předřadníky typu DALI nebo předřadníky řízené ovládacím napětím 1 až 10 V, regulující především světelný tok zářivkových světelných zdrojů nebo LED zdrojů, se v domácnostech příliš nevyskytují, stejně tak nejsou v současných domovních instalacích běžné stmívače regulující průchod proudu světelným zdrojem.

Klasická žárovka s regulací výkonu mění svoji barvu světla, od teple bílé k oranžovo červené, a stmívání tak působí velmi přirozeně, efektně a má i uklidňující účinek. Ve všech objektech, kde jsou instalované stmívače a kde pomalu dosluhují klasické žárovky, se bude časem hledat vhodná náhrada světelného zdroje. Totožné stmívací vlastnosti jako u klasických žárovek mají halogenové zdroje, právě proto se jeví jako nejideálnější náhrada, zároveň je jejich použití i nejlevnějším řešením. Nasadíme-li do stmívaného obvodu běžnou kompaktní zářivku (nestmívatelnou), nelze ji triakovým stmívačem vůbec regulovat. Dochází k proudovému přetěžování elektronických částí kompaktní zářivky a k nestálosti světelného toku, což může mít za následek i destrukci zdroje. K dispozici jsou za mírně vyšší pořizovací cenu speciální stmívatelné kompaktní zářivky, označeny jako „dim“ nebo „dimmable“. Stmívatelné kompaktní zářivky mají vnitřní obvod předřadníku upravený, a tak je lze ovládat změnou náběžné hrany napětí, aniž by docházelo k poškození světelného zdroje.

Jak je již naznačeno, určitá nevhodnost zářivek ke stmívání je daná jejich primární koncepcí, nemají vlákno jako klasické žárovky, a tak jediným regulovatelným prvkem je hořící plyn v trubici. I když z fyzikálního hlediska ke změně intenzity světelného toku skutečně dochází a stmívatelnou kompaktní zářivku lze bez potíží plynule regulovat v téměř

celém výkonovém rozsahu (15-100%), pozorovatel tohoto stmívání má spíše pocit, že světelný zdroj nefunguje správně.

O navození příjemné atmosféry pomocí stmívatelné kompaktní zářivky nemůže být tedy příliš řeč. I když se uživatel stmívače přenesle přes tento problém a poněkud nestandardní chování kompaktní zářivky při stmívání mu nebude vadit, může narazit při náhradě zdrojů na další komplikace.



Obr. 8 Piktogram označující stmívatelnou úspornou zářivku [6]

Jestliže regulovaný obvod obsahuje nízký počet klasických žárovek, rozumějme 2 až 3 kusy, což je typický případ doplňkového osvětlení obývacího pokoje, změni se při náhradě běžných 60 W žárovek instalovaný výkon ze 120 až 180W na 22 až 33W v případě instalace kompaktních zářivek. Výrazně tedy poklesne zatížení stmívače. Drtivá většina těchto přístrojů (a to jak v domovních instalacích, tak i v profesionální sféře) má požadavek na minimální připojený výkon, ten se pohybuje zpravidla od 20 W do 200 W (resp. 20 VA-200 VA) v závislosti na typu stmívače. Pod touto hranicí se stmívač chová nestabilně, připojené zdroje namísto plynulé regulace svitu pouze neřiditelně poblikávají a požadovaný efekt se tak vytrácí. Řešením vzniklé situace je paralelní připojení „umělé“ odporové zátěže, jejíž příkon dorovná spotřebu nad přijatelnou mez. Tento značně komplikovaný postup jde zcela proti smyslu úspory elektrické energie a tím pádem i proti logice nasazení moderních světelných zdrojů.

Problémy s nízkým připojeným výkonem se budou vyskytovat hlavně v malých domácích instalacích. Divadla a sály mají výhodu v tom, že stmívají zdroje světla skupinově či po sekcích a instalované výkony se tak v případě užití klasických žárovek pohybují řádově v jednotkách kilowatt na sekci, což je záruka, že i při náhradě úspornějšími variantami světelných zdrojů bude podmínka minimálního odběru dodržena.

4.1.3 Estetika moderních světelných zdrojů

Evropská unie prostřednictvím svých nařízení nedává spotřebitelům možnost výběru, klasické žárovky se z trhu stahují plošně, bez výjimek. V historicky významných objektech, hradech a zámcích, v prostorách, kde záleží na celkovém estetickém dojmu, působí moderní kompaktní zářivky rušivě. To platí zatím pro každé jejich tvarové provedení, nepatříčně

působí zejména plastová komora předřadníku, jejíž nevzhlednost je ještě více zdůrazněna v kontextu vkusného interiéru.

Provedení historických nebo designových svítidel, která byla konstruována velmi jednoduše a se záměrem použití klasických žárovek, nejde z estetického hlediska příliš naproti kompaktním zářivkám či LED zdrojům. Jedná se typicky o lustry osazené pouze objímkami, bez dodatečných krytů a stínítek. Koncepce těchto svítidel vyloženě počítala s klasickou žárovkou jako s funkčním prvkem, který ale zároveň dotvoří vizuální vyznění svítidla.



Obr. 9 Nepatřičnost úsporných zářivek v určitých typech svítidel [8]

Potíže s estetickým začleněním zdrojů do jisté míry řeší opět halogenové žárovky, které jsou svými parametry i designem podobné klasickým žárovkám. Praktickým příkladem kompromisu mezi nižší spotřebou elektrické energie a současným zachováním esteticky přijatelného vyznění může být historická budova Národního divadla v Praze, kde v rámci hledání úsporných opatření a optimalizace provozu přešli ve všech svítidlech v sále divadla na halogenové žárovky. Delší životnost a tím pádem zjednodušená údržba jsou pak jen bonusem tohoto řešení.

4.1.4 Kvalita světla

Podobně jako je tomu u klasických lineárních zářivek, i kompaktní zářivky se vyrábějí v několika variantách barvy světla, s různými hodnotami náhradní teploty chromatičnosti. Chceme-li se co nejvíce přiblížit lehce žluté barvě světla obyčejné žárovky, volíme zdroj s náhradní teplotou chromatičnosti okolo hodnoty $T = 2\,500\text{ K}$ (u kompaktních zářivek nejčastěji provedení $T = 2\,700\text{ K}$). Naopak, jasné bílé světlo, barevně shodné s typickou kancelářskou lineární zářivkou, produkují kompaktní zářivky o náhradní teplotě chromatičnosti $T = 4\,000\text{ K}$. K dostání je také kompaktní zářivka s $T = 6\,500\text{ K}$, svítící chladným bílým světlem s nádechem modré.

Světelné zdroje LED mají barevnou škálu ještě rozsáhlejší. Co se týče zabarvení světla, má tedy spotřebitel solidní možnost výběru, daleko lepší než v případě klasických žárovek, jak je patrné i z Tab. 6.

Tab. 6 Náhradní teploty chromatičnosti u zářivek [6]

Teplota barvy			
2700K/2800K	=	teplá bílá	
3000K	=	teplá bílá	
4000K	=	studená bílá	
6500K	=	denní bílá	

Uživatel si ale nemůže zvolit další rozhodující kvalitativní parametr, index podání barev Ra, měřítko schopnosti světelného zdroje reprodukovat barvy různých předmětů ve srovnání s ideálním zdrojem světla. Index podání barev u většiny zářivkových zdrojů dosahuje hodnoty $Ra \geq 80$, podobně je tomu i u zdrojů LED. Klasická žárovka má index podání barev $Ra = 100$. Právě rozdíl v tomto parametru způsobuje, že náročnější spotřebitelé, kteří vymění klasické žárovky za kompaktní zářivky nebo jiné moderní světelné zdroje, nejsou s touto náhradou po kvalitativní stránce spokojeni.

Prostor je kompaktními zářivkami nebo LED zdroji kvalitně a homogenně osvětlen, ale vyznění barev a celkový dojem z místnosti, která byla dříve osvětlována obyčejnými žárovkami, je výrazně horší. V některých případech si spotřebitelé stěžují na zvýšenou únavu či bolest očí, na zhoršenou schopnost doostřovat detaily a soustředit se. Rozdílný index podání barev Ra má vliv i na psychickou pohodu jedince, zvláště pak, má-li trávit v osvětlované místnosti delší čas. Problematika nevyhovujícího indexu podání barev Ra u moderních zdrojů není zatím nikterak výrazně řešena, a to ani na úrovni výroby (vývoje) světelných zdrojů, ani formou legislativních úprav.

4.2 Náhrada klasických žárovek kompaktními zářivkami

Lze očekávat, že majitelé bytových jednotek a rodinných domů budou s postupným omezováním prodeje klasických žárovek ve svých osvětlovacích soustavách instalovat především kompaktní zářivky, alespoň v blízké budoucnosti. Koncepčně mladší světelné zdroje na bázi LED patří zatím k dražším produktům, nejsou tolik nabízené prodejci a nedisponují zatím tak širokou škálou výkonových variant jako je tomu u kompaktních zářivek. Práce v této podkapitole uvádí výčet konkrétních problémů kompaktních zářivek, které se již objevily v praxi, nebo rozdílů při náhradě klasických žárovek kompaktními zářivkami, které pramení z odlišné konstrukce těchto dvou světelných zdrojů a z jejich technických specifik.

4.2.1 Zpětný odběr a likvidace kompaktních zářivek

Kompaktní zářivky obsahují těžké kovy, každý vyrobený a instalovaný kus obsahuje řádově jednotky miligramů rtuti. Tyto světelné zdroje nelze likvidovat společně s komunálním odpadem, je nutné je pečlivě separovat a recyklovat samostatně na specializovaných pracovištích.

V maloobchodní ceně kompaktních zářivek je již zahrnut příspěvek na recyklaci (PHE), prodejci mají ze zákona povinnost vyřazené kompaktní zářivky shromažďovat a zajišťovat tak zpětný odběr nefunkčních zdrojů.

Spotřebitelé jsou z éry klasických žárovek zvyklí vadný světelný zdroj odložit do běžného odpadu. Bude velmi těžké motivovat je ke změně, která bude vyžadovat disciplinovanost, menší komfort a více práce. Problém by mohl být vyřešen třeba zálohovacím systémem, který obstojně funguje v případě skleněných lahví. O motivaci spotřebitelů v tomto duchu se zatím neuvažuje, a tak ekologický přínos kompaktních zářivek není zcela jednoznačný. Na jedné straně se uspoří elektrická energie, ale na straně druhé dojde ke zvýšené ekologické zátěži planety těžkými kovy.

4.2.2 Pomalý náběh kompaktních zářivek

Negativní vlastností kompaktních zářivek je jejich pomalá doba náběhu na plný výkon. Jsou aplikace a prostory, kde požadujeme maximální hladinu osvětlení ihned po rozsvícení. Typickým příkladem jsou venkovní vstupní prostory, sklepy, spíže, WC a podobné místnosti, které ze své podstaty nejsou určeny pro trvalý pobyt osob a není u nich předpoklad delšího kontinuálního svícení. Poněkud pomalejší náběh po připojení zdroje k elektrickému proudu vychází z principu konstrukce kompaktních zářivek. Rychlost startu je nepříznivě ovlivňována přítomností těžkých kovů (rtuť), dále svoji roli hrají fyzikální

vlastnosti luminoforu, počet ohybů trubice a také její průměr. Rychlost náběhu ovlivňuje i okolní teplota. Nejméně vhodnou kombinací z hlediska doby nájezdu na plný jas je umístění kompaktní zářivky v chladném venkovním prostředí a její spínání na krátký čas pohybovým čidlem. Za těchto okolností se světelný zdroj nestačí zcela rozsvítit a už opět zhasíná, požadavek na kvalitní a rychlé osvětlení při průchodu osob jednoznačně není splněn, osvětlovací soustava v tomto případě selhává. Částečným řešením problému s prodlevou náběhu kompaktních zářivek může být volba kvalitnějších produktů na trhu a zároveň několikanásobné předimenzování zdroje. Ani vyšší příkon kompaktní zářivky automaticky neposkytuje dostatečnou záruku optimálního osvětlení za všech teplotních okolností.

Lépe jsou pro rychlý start za nízkých teplot vybaveny kompaktní zářivky, u kterých je výrobcem výslovně uvedeno, že je lze použít ve venkovním prostředí (*Obr.6*). Ani při použití takto speciálně uzpůsobených světelných zdrojů není problém vyřešen stoprocentně, ale je jen částečně potlačen. Zcela bez potíží probíhá náběh v nízkých teplotách u halogenových žárovek, které jsou díky svojí konstrukční příbuznosti s klasickými žárovkami vhodnější pro tyto teplotně náročné aplikace .



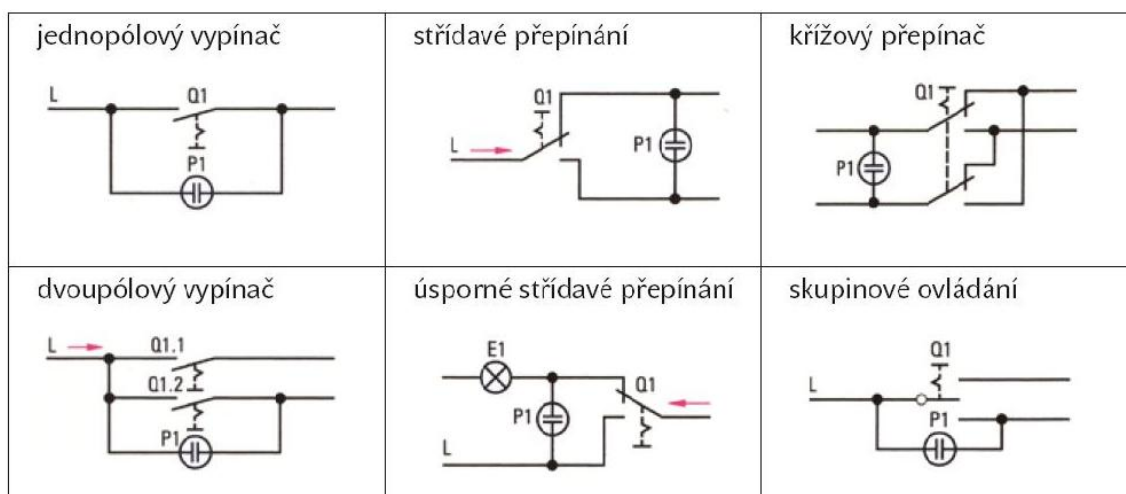
Obr. 10 Kompaktní zářivka v mrazuvzdorném provedení [6]

4.2.3 Samovolné zápaly vypnutých kompaktních zářivek

Plošné stahování klasických žárovek z trhu a jejich náhrada nejčastěji kompaktními zářivkami s diametrálně odlišnou elektrickou konstrukcí může působit i problémy se samovolnými zápaly kompaktních zářivek. Jsou instalace, které ve svém řešení počítají s klasickou žárovkou, instalace, kde nebylo umístění jiného typu zdroje uvažováno.

Příkladem může být elektroinstalace chodby v rodinném domě, kde je požadavek na spínání z více míst a jsou zde osazeny vypínače řazení 6 (střídavé přepínače) v kombinaci s vypínači řazení 7 (křížové přepínače).

Veškeré tyto spínací prvky mohou být vybaveny orientační doutnavkou (příklady zapojení doutnavek v domovních instalacích jsou na Obr.11), která podsvětluje klapku vypínače ve vypnutém stavu svítidla. Pro správnou funkci doutnavek je potřeba zajistit minimální protékající proud vypnutým obvodem, který doutnavku zažehne. Při použití obyčejných žárovek se obvod uzavírá přes svítidlo, resp. přes vlákno klasické žárovky. Jedná se o tak malý proud, že se wolframové vlákno vůbec nerozsvítí, ale pro napájení doutnavky postačí. V momentě, kdy v této instalaci provedeme výměnu klasických žárovek za kompaktní zářivky, malý doutnavkový proud má stále tendenci přes světelný zdroj protékat. Elektronické předřadníky v úsporných zdrojích mají ve svém obvodu kondenzátor, který se tímto proudem nabíjí, a ve chvíli, kdy najímaná elektrická energie dosáhne určité meze, trubice se na krátký čas (1 až 2 s) zažehne. Poté opět uhasíná do doby, než se kondenzátor znovu nabije, což trvá řádově desítky vteřin. Děj se neustále opakuje, i když je svítidlo stále ve vypnutém stavu. Při jeho zapnutí funguje světelný zdroj standardně, nežizené poblikávání se dostaví opět až při vypnutí svítidla.



Obr. 11 Konfigurace vypínačů a zapojení doutnavek v domovních elektroinstalacích [5]

Totožný problém, jaký působí orientační doutnavky ve spojení s kompaktními zářivkami, může způsobovat i dlouhý kabelový přívod ke svítidlu, který je tažen ve společné trase s ostatními domovními vedeními. Dochází k souběhu, vlivem magnetického pole se ve vodičích indukuje malé napětí, což má opět za následek nabíjení kondenzátoru v předřadníku a následné poblikávání světelného zdroje. Poblikávání v případě průtoku proudu přes doutnavku je dobře řešitelné, tyto orientační prvky lze z vypínačů odstranit, nebo lze také upravit zapojení a typy spínačů (nutný vyvedený N pól) tak, aby se zabránilo uzavírání malého žhavicího proudu přímo přes světelný zdroj. Spotřebitel je ale nucen omezit své požadavky na elektroinstalaci, vzdát se doutnavek, nebo instalaci dodatečně upravit, aby mohl kompaktní zářivky bez obtíží využívat. Složitější situace nastává ve druhém případě, souběh kabelů je až na výjimky velmi obtížně řešitelná věc. Pro odstranění poblikávání vypnutého zdroje vlivem indukce mezi vodiči lze za jistých okolností (vhodně provedená elektroinstalace) využít křížové vypínače, je však nutné mít v instalační krabici k dispozici oba vodiče od svítidla (L,N) a oba přívodní vodiče (L,N) z napájecího místa.

4.2.4 Pokles světelného toku kompaktních zářivek

Vliv přibývajících provozních hodin světelného zdroje na úbytek světelného toku je předmětem měření v další části této práce, testovány byly klasické žárovky o příkonu 60 W a kompaktní zářivky o příkonu 14 W a 11 W. Detailnější rozbor této problematiky nalezne čtenář v kapitole 5.

4.2.5 Odolnost proti kolísání napětí v síti

S kolísajícím napětím sítě nízkého napětí 3 x 230 V / 400 V se potýkají především objekty, které jsou napojeny na vzdálenou trafostanici, mají poddimenzovaný průřez přípojky a současně vysoké požadavky na odběr elektrické energie. Jedná se o sezónní restaurační zařízení, horské chaty a chalupy, kde jsou k síti připojovány spotřebiče sloužící k elektrickému ohřevu a používající k regulaci výkonu princip PWM (pulzně-šířkové modulace). Elektronický předřadník a vhodná konstrukce kompaktních zářivek umožňují světelnému zdroji lépe předcházet změnám síťového napětí. Nasazením kompaktních zářivek lze tedy vyřešit ve stávající instalaci nepříjemně poblikávající klasické žárovky.

5 MĚŘENÍ VYBRANÝCH PARAMETRŮ ŽÁROVEK A KOMPAKTNÍCH ZÁŘIVEK

V rámci diplomové práce byla realizována dvě stěžejní srovnávací měření.

Účelem prvního měření, které probíhalo od 6. listopadu 2011 do 22. dubna 2012, bylo vzájemně porovnat efektivitu a smysluplnost nasazení dvou různých typů světelných zdrojů v reálných podmínkách českých domácností. Tímto experimentem se tedy v první řadě zjišťovalo, jaký vliv na celkovou spotřebu elektrické energie domácnosti má náhrada klasických žárovek kompaktními zářivkami.

Druhé měření sledovalo po dvanáct týdnů změnu provozních parametrů světelných zdrojů, konkrétně úbytek světelného toku v čase důsledkem stárnutí (opotřebení) zdroje. Testovaly se opět klasické žárovky i kompaktní zářivky. V případě kompaktních zářivek byly do měření zařazeny produkty jak renomovaných a osvědčených výrobců, tak i neznámkové zářivky, které v této oblasti světelných zdrojů tvoří základ nabídky. Cílem bylo kromě sledování úbytku parametrů světelných zdrojů také prokázat nebo vyvrátit souvislost výše prodejní ceny kompaktní zářivky s kvalitou jejího zpracování.

5.1 Životnost světelných zdrojů

Jelikož celou Diplomovou práci prolíná údaj o životnosti světelných zdrojů, což je důležité hledisko hodnocení kvality daného zdroje, a v obou následujících měřeních budeme s tímto parametrem často pracovat, v této subkapitole stručně vymezíme význam tohoto termínu.

Životnost světelného zdroje udávají výrobci jako jednu ze základních charakteristik produktu. Ve většině případů se jedná o výsledek testování světelného zdroje, které probíhá v souladu s platformou B50L70. To znamená, že po uplynutí udané doby provozní životnosti musí být ještě funkčních 50 % všech měřených vzorků a současně jejich světelný tok nesmí po udané době klesnout pod 70 % jmenovité hodnoty [9]. Životnost světelného zdroje je tedy kombinace parametrů střední doby života (podmínka 50% funkčních zdrojů) a užitečné doby života (podmínka 70% světelného toku) [10]. Standardem B50L70 se řídí většina velkých výrobců světelných zdrojů, LED i kompaktních zářivek.

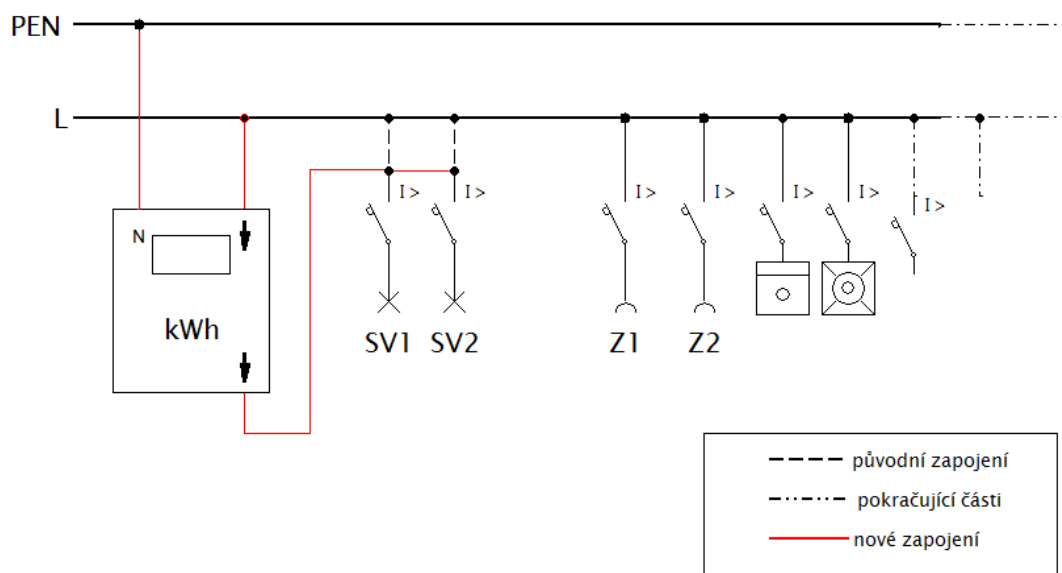
5.2 Měření spotřeby světelných zdrojů v domácnostech

5.2.1 Rozvaha měření

V České republice k 31.12.2010 žilo 54,2% [11] populace v rodinných domech, zbytek obyvatelstva pak v bytových jednotkách, které jsou součástí činžovních nebo bytových domů. Na základě těchto údajů můžeme tedy hovořit o dvou základních typech českých domácností, a to i z hlediska energetické náročnosti. Rodinný dům má ze své podstaty velmi různorodou skladbu spotřeby elektrické energie a mnohdy jsou jeho provozní náklady vyšší než například náklady bytu srovnatelné velikosti, a to i v případě, že obě domácnosti mají stejný počet členů a podobný denní režim. Lze předpokládat, že i podíl elektrické energie spotřebované na osvětlení bude v celkovém energetickém obrazu rodinného domu a bytu odlišný. Zatímco v rodinném domě bude spotřeba na světelných okruzích tvořit spíše doplněk celkově spotřebované energie, v případě bytu už může být situace jiná, tady může spotřeba světelných zdrojů hrát výraznější roli. Cílem měření je tedy zjistit energetické nároky na osvětlování rodinného domu a bytu a následně určit, jak se v provozních nákladech odrazí výměna klasických žárovek za kompaktní zářivky.

Autor Diplomové práce vytipoval pro měření dva objekty - městský rodinný dům a bytovou jednotku v panelovém domě. Kritéria výběru nemovitostí byla koncipována tak, aby byly oba objekty výrazně odlišné právě z hlediska energetické náročnosti. U rodinného domu bylo podmínkou, aby měl kromě standardní sady spotřebičů (pračka, myčka, elektrická trouba) i vlastní systém vytápění (plyn nebo pevná paliva), studnu a vodárnu, aby byl ohřev teplé vody realizován boilerem a příprava pokrmů probíhala výhradně na elektrickém sporáku. Naopak v případě bytové jednotky se požadovalo dálkové vytápění a plynový sporák (případně kombinovaná verze plynového sporáku s elektrickou troubou). U obou nemovitostí bylo posléze již se souhlasem majitelů prověřováno, jestli jsou pro měření vhodné i po technické stránce. Proběhla kontrola elektroinstalace, zda na deklarovaných světelných obvodech nejsou připojena i jiná zařízení a součásti rozvodu, jejichž neřízený odběr by mohl zkreslit budoucí měření; v tomto duchu proběhly drobné úpravy zapojení tak, aby byla instalace přehlednější a došlo k naprostému oddělení světelných okruhů. Jelikož se v obou případech jedná o stavby z počátku 90. let, které jsou vybavené většinou původními osvětlovacími soustavami, je zde minimum současných moderních svítidel používajících jiné typy patice než jsou patice E14 a E27. Tento fakt výrazně zjednodušuje samotné výměny světelných zdrojů v průběhu měření. Dále byl mapován provoz obou domácností, resp. životní styl a zvyky obyvatel, diskutovány byly jejich plány dovolených, aby se předešlo výrazným výkyvům ve spotřebě elektrické energie.

Oba vybrané objekty vyhověly výše zmíněným předpokladům a jejich majitelé laskavě souhlasili s měřením, a tak byl do hlavního rozváděče na dobu měření instalován jednofázový podružný elektroměr Moeller KWZ-230 (technické parametry v příloze C), monitorující spotřebu elektrické energie na světelných okruzích. Způsob, jakým byl podružný elektroměr instalován, je zachycen na Obr. 12. Měření probíhalo v obou objektech paralelně, vždy s jedním typem světelných zdrojů v každé z domácností. Podle předem připraveného harmonogramu byl prováděn každých čtrnáct dní odečet hodnot, zaznamenány byly vždy jak stavy hlavních elektroměrů odběrného místa, tak i stavy podružných měřičů. Byla tedy získána informace o celkové spotřebě domácnosti za dané časové období a zároveň i údaj o elektrické energii, která byla využita pro osvětlení. V definovaných termínech se provádělo celkové přezbrojování objektů z klasických žárovek na kompaktní zářivky a opačně. Vzájemné prostřídání obou typů zdrojů v každé domácnosti bylo nutné, jelikož měření trvalo v období listopad 2011 – duben 2012 a reálná doba svícení se tak měnila v závislosti na denním světle.



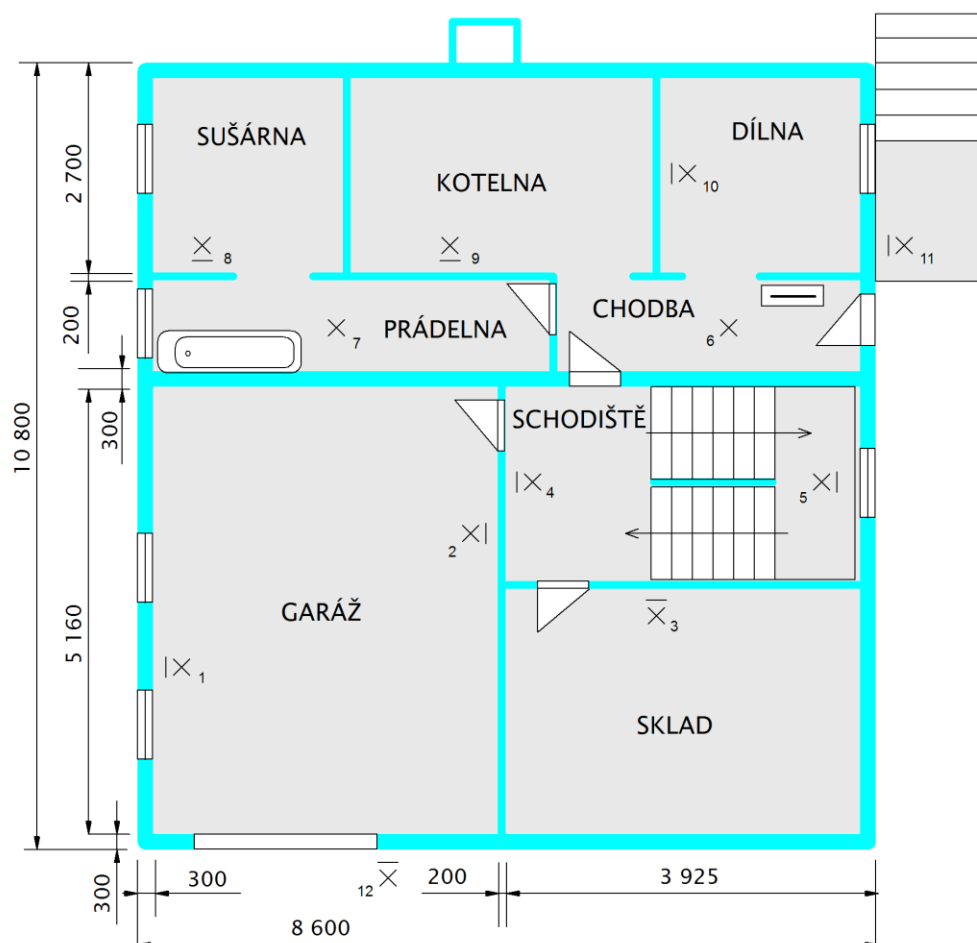
Obr. 12 Schematické znázornění instalace podružného elektroměru v měřených objektech

Při výměnách světelných zdrojů v měřených objektech bylo v první řadě kritériem zachování stejných hladin osvětlení. Klasické žárovky o výkonu 60W se proto nahrazovaly kompaktními zářivkami o výkonu 14W a podobně čtyřicetiwattové žárovky byly měněny za odpovídající kompaktní zářivky. V měřených objektech se vyskytovala i svítidla, která neumožňovala výměnu světelného zdroje, a to hlavně z mechanických či technických důvodů. V těchto svítidlech byly po dobu měření ponechány původní světelné zdroje, nenahrazovala se ani výzbroj svítidel s lineárními zářivkami. Měření tak odráží situaci, kdy se v reálných podmínkách uživateli osvětlovacích soustav nepodaří nahradit veškeré stávající světelné zdroje jejich úspornějšími ekvivalenty.

5.2.2. Popis měřeného rodinného domu

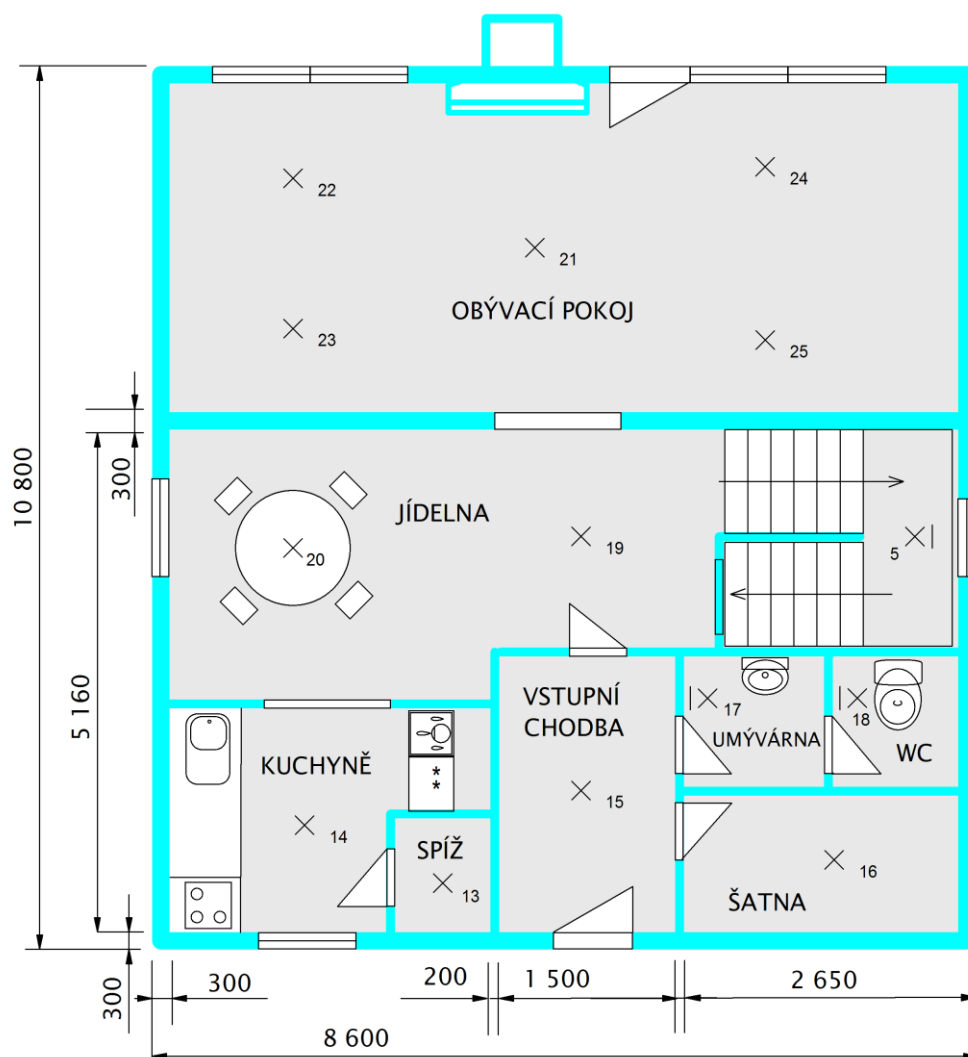
Rodinný dům Mengrových se nachází ve Středočeském kraji ve městě Poděbrady, městská část Polabec. Výstavba probíhala v letech 1989 – 1991, dům má vlastní studnu a vytápění je kombinované, pomocí plynového kotle a kotle na tuhá paliva. Domácnost je trvale obývána čtyřmi dospělými osobami, všichni během pracovního týdne docházejí do zaměstnání nebo do školy. Přes víkend se zdržují převážně doma. Nemovitost je plně podsklepená, suterénní prostory jsou spojeny se zvýšeným přízemím pomocí schodiště, které dále pokračuje do 1. patra.

Suterén, znázorněný na *Obr.13*, je tvořen provozně-technickými místnostmi. Zde je také umístěn hlavní rozváděč objektu, kam byl pro účely měření spotřeby světelných okruhů instalován jednofázový podružný elektroměr Moeller KWZ-230. Hlavní rozváděč je napojen kabelem AYKY 4x16mm² z elektroměrového rozváděče, který je společně se skříní HDS součástí oplocení domu. Jistič před elektroměrem je OEZ B3x25A. Významnými elektrickými spotřebiči ve sklepě jsou vodárna, čerpadlo tlakové kanalizace, pračka a sušička prádla, boiler o kapacitě 80 litrů, pultový mrazicí box ve skladu a také řídicí systém vytápění včetně oběhových čerpadel, umístěný v kotelně.



Obr. 13 Půdorys suterénu rodinného domu s vyznačenými svítidly

Ve zvýšeném přízemí rodinného domu (Obr. 14) nalezneme hlavní obytnou část objektu, dominantní je zejména obývací pokoj s krbem a s možností přímého vstupu na zahradu. Kuchyně je vybavená myčkou nádobí, lednicí, mikrovlnnou troubou, rychlovarnou konvicí a elektrickým sporákem s integrovanou elektrickou troubou. Doplnkové osvětlení kuchyňské pracovní desky je realizováno pomocí zářivkových svítidel zavěšených pod horními skříňkami linky, tato osvětlovací soustava je napájena ze zásuvkových okruhů kuchyně, tím pádem její spotřeba elektrické energie nebyla zaznamenána podružným elektroměrem.



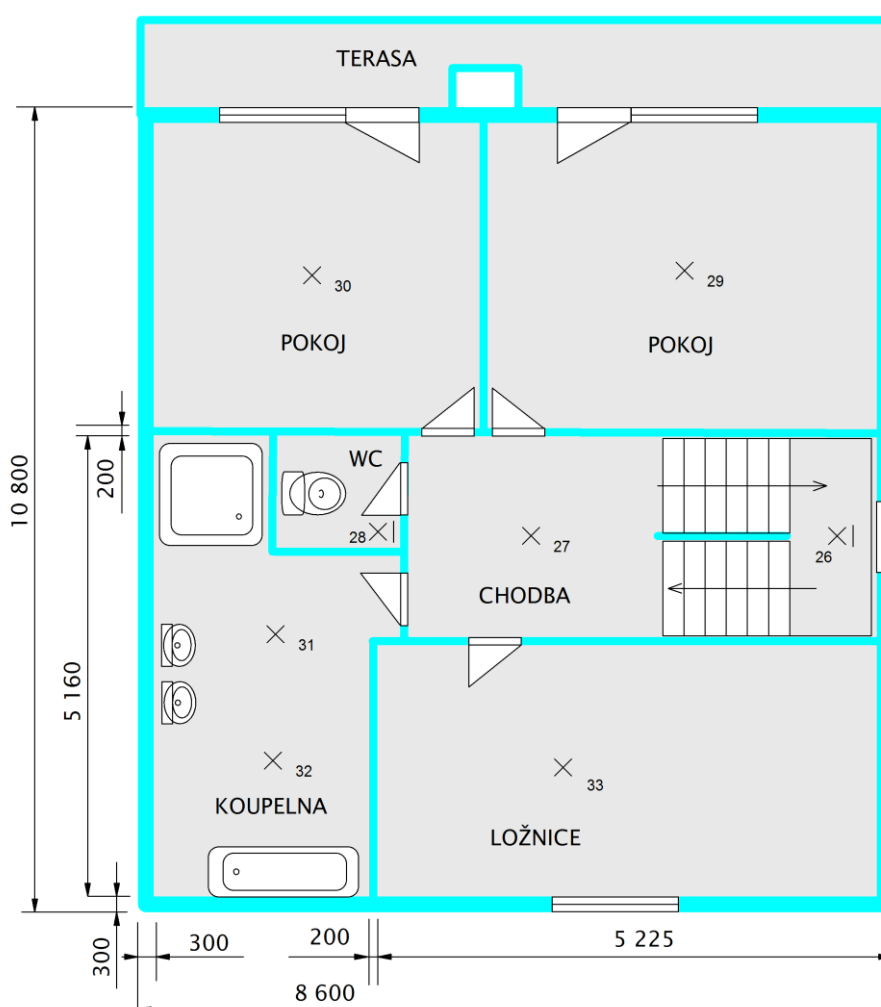
Obr. 14 Půdorys zvýšeného přízemí rodinného domu s vyznačenými svítidly

Typy a parametry jednotlivých svítidel a také rozpis použitých světelných zdrojů pro všechna podlaží lze najít v příloze A.

Světelné zdroje ve svítdlech v obývacím pokoji (č. 21, 22, 23, 24 a 25) nebyly v průběhu měření měněny. V případě svítdla č. 21, kterým je designový lustr s deseti kusy nízkonapěťových halogenových žárovek o jednotkovém výkonu 10W a patičí G4, to nebylo technicky možné.

Ostatní čtyři svítidla jsou polozápustné bodové svítidly určené pro reflektorové žárovky 60W R80 se závitem E27. Po dohodě s majiteli nemovitosti nebyly ani tyto zdroje z estetických důvodů nahrazovány a užívání této osvětlovací soustavy bylo po dobu měření minimalizováno.

Schodiště končí v 1. patře rodinného domu (Obr.15), kde se nachází dva dětské pokoje a ložnice. V koupelně (svítidla č. 31 a 32) se ponechaly původní světelné zdroje, jelikož provedení koupelnových svítidel neumožňovalo instalaci kompaktních zářivek za současného dodržení všech bezpečnostních předpisů. Osvětlení prostoru nad umyvadly je řešeno lineárními zářivkami, které jsou stejně jako zásuvka na holicí strojek či fén součástí zrcadlové stěny. Tento obvod byl v hlavním rozváděči separován a přepojen tak, aby jeho spotřeba elektrické energie nebyla měřena podružným elektroměrem.



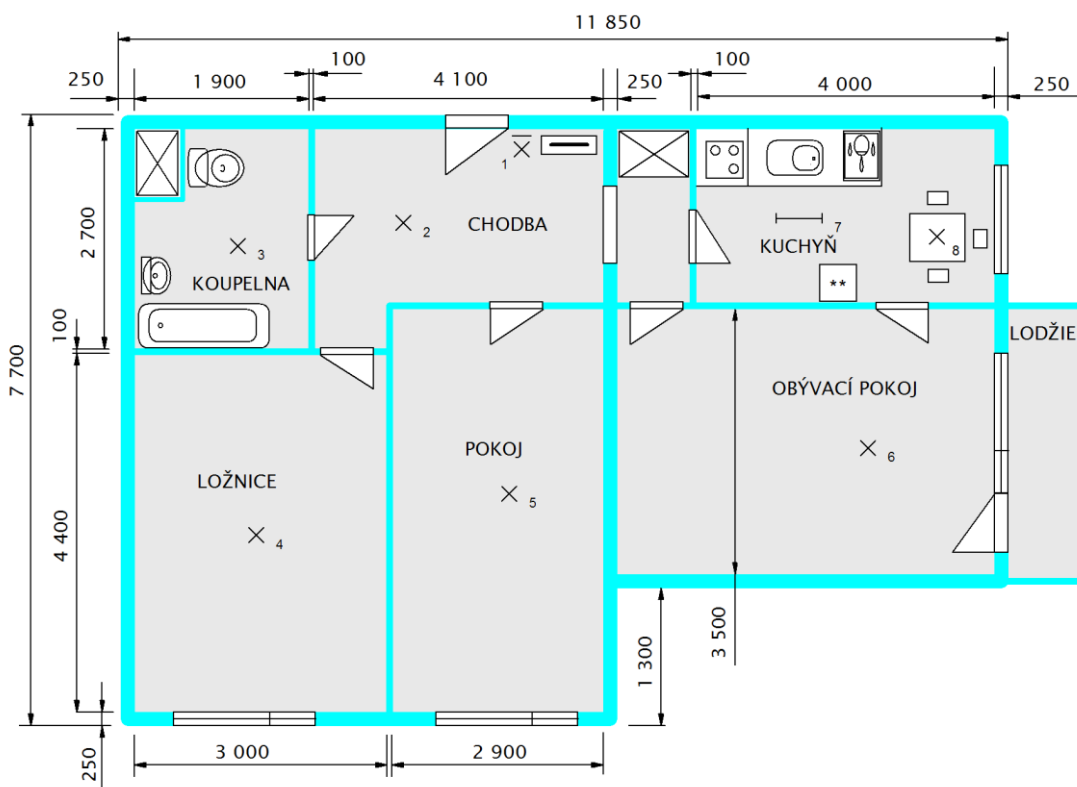
Obr. 15 Půdorys 1. patra rodinného domu s vyznačenými svítidly

Nad 1. patrem rodinného domu se nachází ještě půda, kde je instalován druhý boiler objektu o objemu 120 litrů. Oba boilery jsou spínány v hlavním rozváděči instalačními stykači povelu od přijímače HDO. Rodinný dům využívá dvoutarifní sazbu ČEZ D25d s osmihodinovou akumulací.

5.2.3 Popis měřené bytové jednotky

Druhým měřeným objektem v této Diplomové práci byl byt 3+1 ve druhém patře panelového domu, jehož výstavba byla dokončena v roce 1990. Objekt se nachází ve Středočeském kraji, v poděbradské městské části Žižkov. Domácnost trvale obývají dvě osoby, pracující manželé ve středním věku. Víkendy tráví převážně doma.

TUV a vytápění jsou dálkové, stupeň elektrizace bytu je A [17]. V bytě je plynový sporák kombinovaný s elektrickou troubou a dalšími významnějšími elektrickými spotřebiči jsou myčka, pračka, rychlovarná konvice, elektrická a mikrovlnná trouba. Byt má jednofázovou elektrickou přípojku, jistič před elektroměrem je typu IJV 1x20A. Bytovou PL rozvodnici napojenou kabelem AYKY 2x10mm² nalezneme ve vstupním prostoru bytu. Stísněné poměry v PL rozvodnici neumožňovaly dodatečnou montáž podružného elektroměru Moeller KWZ-230, ten byl proto instalován do samostatné nástěnné krabice poblíž stávající rozvodnice a napojen kabelem CYKY-J 4x4mm². Byt využívá standardní jednotarifní sazbu ČEZ D02d.



Obr. 16 Půdorys bytové jednotky v panelovém domě s vyznačenými svítidly

Byt je částečně rekonstruovaný, v roce 2010 majitelé provedli stavební úpravy sociálního zařízení. Původní umakartové jádro typu B 10 [12] nahradili vyzdívkou YTONG a zároveň propojili koupelnu s WC. Vytápění prostoru je nyní řešeno topným elektrickým žebříkem o příkonu 900 W, odstraněn byl původní infrazářič (Elektro Praga Hlinsko typ 515).

Ve stropním zářivkovém svítidle v kuchyni se během měření ponechaly původní světelné zdroje, lineární zářivky 2x36 W.

5.2.4 Naměřené hodnoty pro rodinný dům (RD)

Tab. 7 Naměřené hodnoty pro rodinný dům

			E_{HRD}	ΔE_{HRD}	E_{PRD}	ΔE_{PRD}	$\Delta E_{PRD}/\Delta E_{HRD}$	$\Delta E_{PRD}/os.$
			[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[%]	[kWh/os.]
0	6.11.2011	VT	52808					
		NT	230448					
		Σ		0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	20.11.2011	VT	52941	133				
		NT	230623	175				
		Σ		308	12,9	12,9	4,2	3,2
2	4.12.2011	VT	53084	143				
		NT	230813	190				
		Σ		333	26,2	13,3	4,0	3,3
3	18.12.2011	VT	53209	125				
		NT	230981	167				
		Σ		293	53,7	27,5	9,4	6,9
4	1.1.2011	VT	53384	175				
		NT	231184	203				
		Σ		378	89,0	35,3	9,3	8,8
5	15.1.2012	VT	53515	131				
		NT	231353	169				
		Σ		301	114,9	25,9	8,6	6,5
6	29.1.2012	VT	53663	148				
		NT	231544	191				
		Σ		339	128,8	13,9	4,1	3,5
7	12.2.2012	VT	53772	109				
		NT	231696	152				
		Σ		261	141,9	13,1	5,0	3,3
8	26.2.2012	VT	53921	149				
		NT	231890	194				
		Σ		343	168,6	26,7	7,8	6,7
9	11.3.2012	VT	54057	136				
		NT	232069	179				
		Σ		315	190,3	21,7	6,9	5,4
10	25.3.2012	VT	54176	119				
		NT	232235	166				
		Σ		285	205,8	15,5	5,4	3,9
11	8.4.2012	VT	54292	116				
		NT	232405	170				
		Σ		286	212,4	6,6	2,3	1,7
12	22.4.2012	VT	54411	119				
		NT	232566	161				
		Σ		280	219,3	6,9	2,5	1,7

5.2.5 Naměřené hodnoty pro bytovou jednotku (BJ)

Tab. 8 Naměřené hodnoty pro bytovou jednotku

		E_{HBJ}	ΔE_{HBJ}	E_{PBJ}	ΔE_{PBJ}	$\Delta E_{PBJ}/\Delta E_{HBJ}$	$\Delta E_{PBJ}/os.$
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[%]	[kWh/os.]
0	6.11.2011	28507	0	0,4	0,0	0,0	0,0
1	20.11.2011	28609	102	24,9	24,5	24,0	12,3
2	4.12.2011	28702	93	51,5	26,6	28,6	13,3
3	18.12.2011	28796	94	59,9	8,4	8,9	4,2
4	1.1.2012	28898	102	67,8	7,9	7,8	4,0
5	15.1.2012	28977	79	75,1	7,3	9,2	3,7
6	29.1.2012	29060	83	98,4	23,3	28,0	11,7
7	12.2.2012	29144	84	118,3	19,9	23,7	10,0
8	26.2.2012	29209	65	123,4	5,1	7,8	2,6
9	11.3.2012	29281	72	128,3	4,9	6,8	2,5
10	25.3.2012	29348	67	132,6	4,3	6,4	2,1
11	8.4.2012	29431	83	145,9	13,3	16,0	6,7
12	22.4.2012	29503	72	156,2	10,3	14,3	5,1

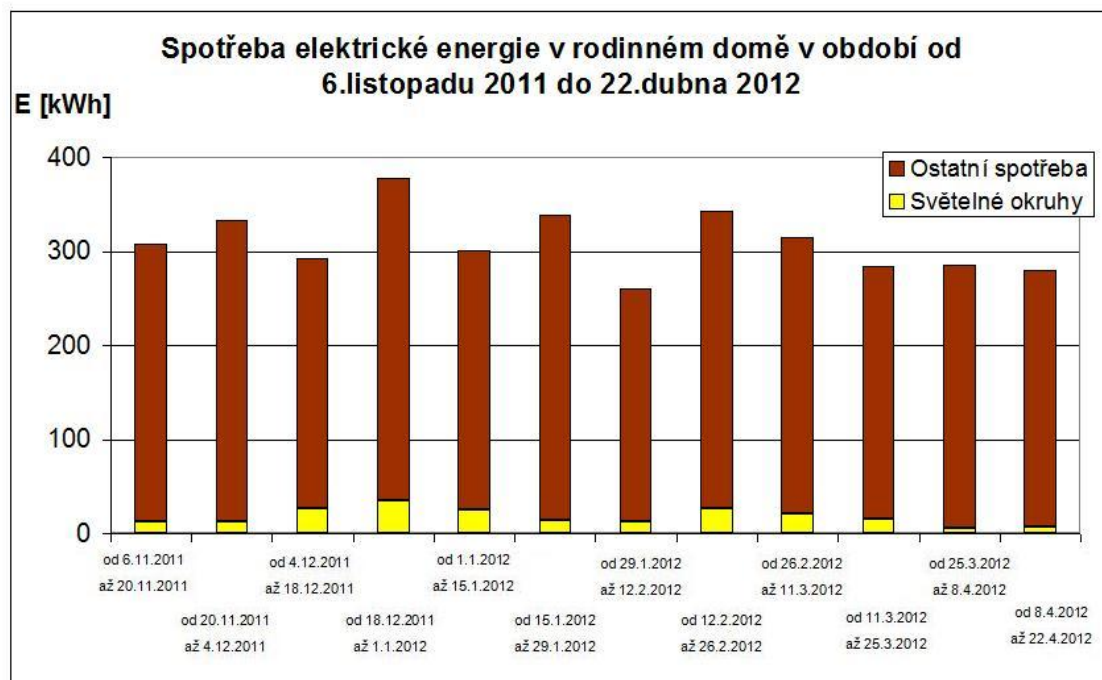
Tab. 9 Legenda tabulek Tab. 7 a Tab. 8

E_{Hxx}	Stav počítadla hlavního elektroměru
ΔE_{Hxx}	Přírůstek elektrické energie na hlavním elektroměru od posledního odečtu
E_{Pxx}	Stav počítadla podružného elektroměru
ΔE_{Pxx}	Přírůstek elektrické energie na podružném elektroměru od posledního odečtu
$\Delta E_{Pxx}/\Delta E_{Hxx}$	Procentní poměr přírůstků (poměr elektrické energie spotřebované na světelných okruzích ku celkově spotřebované elektrické energii v objektu)
$\Delta E_{Pxx}/os.$	Přírůstek elektrické energie spotřebované na světelných okruzích přepočtený na osoby žijící v domácnosti
VT, NT	Vysoký tarif, nízký tarif
Σ	Celková spotřebovaná elektrická energie v objektu ($\Sigma = VT+NT$)
	Hodnoty měření v době, kdy byl objekt vybaven kompaktními zářivkami
	Hodnoty měření v době, kdy byl objekt vybaven klasickými žárovkami

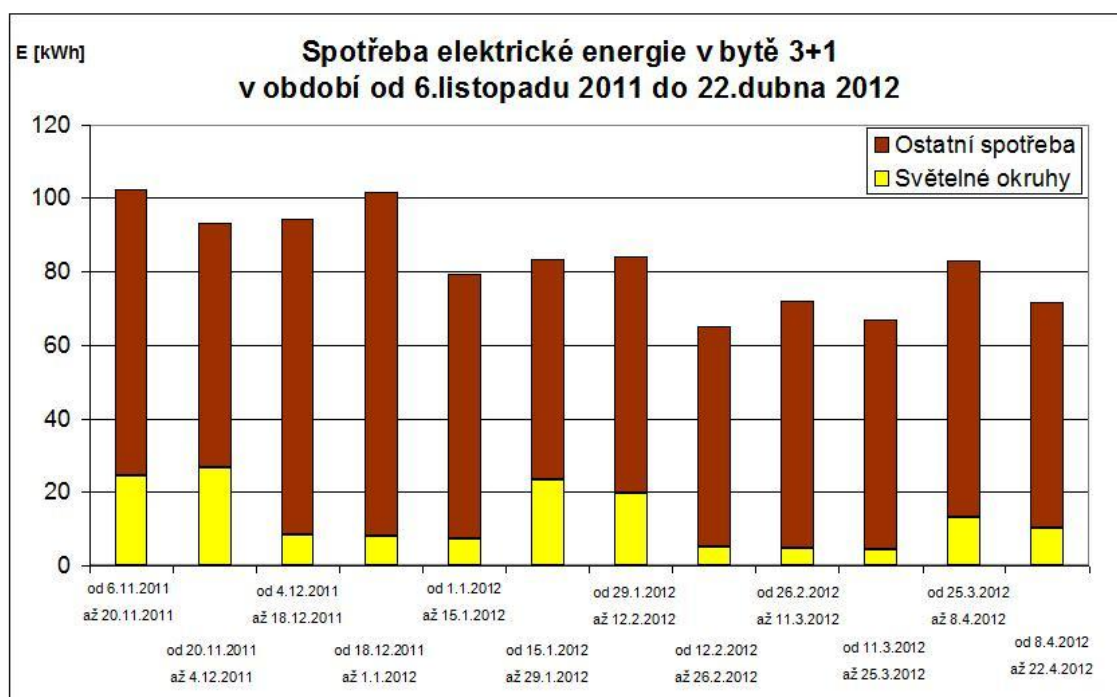
Pro vzájemné porovnání obou měřených objektů můžeme využít i parametry $\Delta E_{PRD}/os.$ a $\Delta E_{PBJ}/os.$ v posledním sloupci tabulek Tab. 7 a Tab. 8, které hodnotí energetickou náročnost obyvatelů domácnosti na osvětlení.

5.2.6 Závěry měření spotřeby světelných zdrojů v domácnostech

Pro lepší názornost rozložení spotřeby elektrické energie ve sledovaných objektech použijeme k interpretaci naměřených hodnot grafické vyjádření.



Obr. 17 Složkové rozložení spotřeby elektrické energie v rodinném domě



Obr. 18 Složkové rozložení spotřeby elektrické energie v bytové jednotce

Z grafických průběhů na *Obr. 17* a *Obr. 18* je dobře čitelné, v jakém období byly v objektu instalovány kompaktní zářivky a kdy se naopak svítilo klasickými žárovkami. Rozdíl ve spotřebě světelných okruhů způsobený změnou světelného zdroje se více projevuje u bytové jednotky, kde se ve sledovaném období podíl elektrické energie spotřebované na osvětlení vzhledem k celkové spotřebě pohyboval od 6,4 % (kompaktní zářivky) do 28,6 % (klasické žárovky). U měřeného rodinného domu jsou hodnoty tohoto podílu menší, začínají na 2,3 % (kompaktní zářivky) a končí na 9,4 % (klasické žárovky).

Tyto odlišné výsledky odpovídají předpokladům. Do měření byly záměrně zařazeny dva energeticky zcela rozdílné objekty, aby bylo možné následně zjistit, jak se v provozních nákladech dvou různých objektů odrazí náhrada klasických světelných zdrojů kompaktními zářivkami. Autor práce vycházel z teze, že instalace kompaktních zářivek v bytové jednotce přinese nezanedbatelné úspory, a to hlavně díky výraznému podílu elektřiny spotřebované na svícení v poměru k celkové spotřebě bytu. Rentabilita náhrady světelných zdrojů kompaktními zářivkami se u bytu 3+1 očekávala i s uvažováním vyšších počátečních nákladů na jejich pořízení. Vyšší cena kompaktních zářivek je v tomto případě také částečně vyvažována delší životností (6 000 až 15 000 hod.).

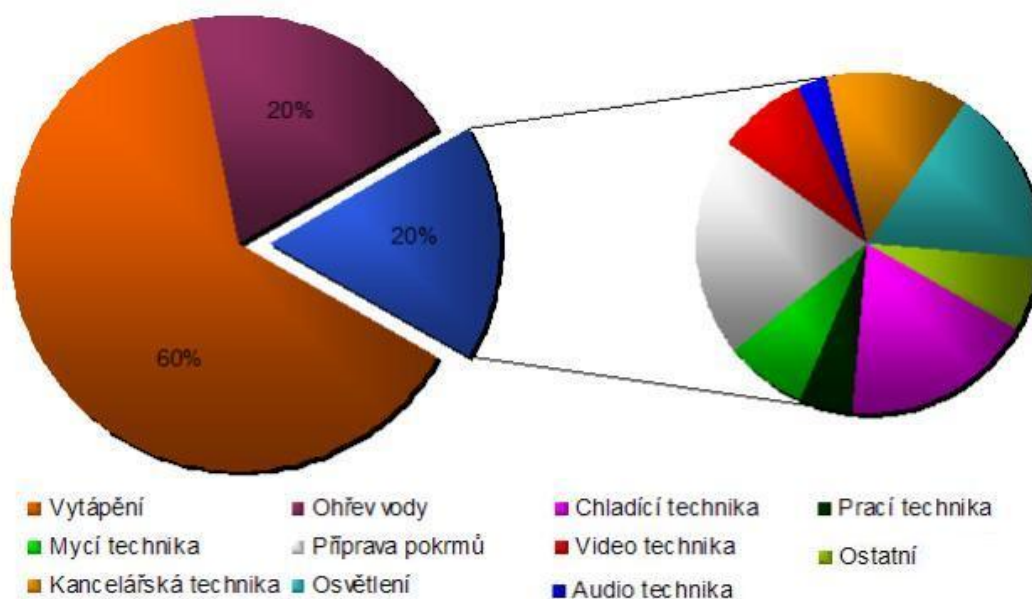
Naopak u měřeného rodinného domu byl prvotní předpoklad opačný, tj. že spotřeba v osvětlovacích soustavách nebude z hlediska úspory nákladů nijak zvlášť významná. Predikce minimálního vlivu typu použitého světelného zdroje na celkový úhrn spotřeby elektrické energie vycházela ze značné energetické náročnosti rodinného domu, která ovšem nemá své hlavní příčiny v osvětlování domu, jak je patrné z *Tab. 10* a *Tab. 11* a také z grafického znázornění těchto hodnot na *Obr. 19*. Hodnoty v těchto tabulkách rámcově odpovídají spotřebě elektrické energie v běžném rodinném domě, i když údaj 60 % energie spotřebované na vytápění by byl v případě měřeného domu asi příliš vysoký. Za pozornost stojí hlavně rozložení ostatní spotřeby, která zahrnuje právě i osvětlení.

Tab. 10 Rozdělení spotřeby elektrické energie v domácnostech – celková spotřeba [13]

Tab. 11 Rozdělení spotřeby elektrické energie v domácnostech – ostatní el. spotřebiče [13]

Vytápění	Ohřev vody	Ostatní el.spotřebiče
60%	20%	20%

Chladicí technika	18,0%
Prací technika	5,2%
Mycí technika	7,8%
Příprava pokrmů	20,7%
Video technika	8,3%
Audio technika	2,8%
Kancelářská technika	13,7%
Osvětlení	16,6%
Ostatní	6,9%



Obr. 19 Rozdělení spotřeby elektrické energie v domácnostech [13]

Pro obě domácnosti byly na základě neměřených hodnot stanoveny náklady na spotřebovanou elektrickou energii ve sledovaných čtrnáctidenních intervalech. Kromě celkové ceny za elektřinu je vyčíslena také částka odpovídající spotřebě na světelných okruzích. Zdrojem pro výpočet byl ceník produktů pro domácnosti skupiny ČEZ (příloha B), účinný od 1.1.2012, tedy ceník distributora, od kterého elektřinu nakupují majitelé obou měřených objektů.

Vyčíslení nákladů na spotřebovanou elektrickou energii v rámci sledovaného období 6.11.2011 – 22.4.2012 bylo provedeno pro rodinný dům na základě akumulční sazby D25d, pro byt 3+1 se cena elektřiny zjišťovala podle jednotarifní sazby bez akumulace D02d. Oba objekty využívají dané sazby ČEZ i ve skutečnosti.

V Tab.12 může čtenář Diplomové práce vzájemně porovnat náklady na elektřinu v obou měřených objektech.

Tab. 12 Provozní náklady na energii v měřených objektech

			Rodinný dům (RD)				Bytová jednotka (BJ)	
			ΔE_{HRD}			ΔE_{PRD}	ΔE_{HBJ}	ΔE_{PBJ}
			VT	NT	Σ			
od 6.11.2011	E	[kWh]	133	175	308	12,9	102	24,5
až 20.11.2011	NP	[Kč]	718,54	363,33	1 081,87	45,31	492,65	118,33
od 20.11.2011	E	[kWh]	143	190	333	13,3	93	26,6
až 4.12.2011	NP	[Kč]	772,56	394,48	1 167,04	46,61	449,18	128,48
od 4.12.2011	E	[kWh]	125	167	292	27,5	94	8,4
až 18.12.2011	NP	[Kč]	675,32	346,72	1 022,04	96,25	454,01	40,57
od 18.12.2011	E	[kWh]	175	203	378	35,3	102	7,9
až 1.1.2012	NP	[Kč]	945,44	421,47	1 366,91	127,65	492,65	38,16
od 1.1.2012	E	[kWh]	131	169	300	25,9	79	7,3
až 15.1.2012	NP	[Kč]	707,73	350,88	1 058,61	91,39	381,56	35,26
od 15.1.2012	E	[kWh]	148	191	339	13,9	83	23,3
až 29.1.2012	NP	[Kč]	799,57	396,55	1 196,13	49,04	400,88	112,54
od 29.1.2012	E	[kWh]	109	152	261	13,1	84	19,9
až 12.2.2012	NP	[Kč]	588,88	315,58	904,46	45,40	405,71	96,12
od 12.2.2012	E	[kWh]	149	194	343	26,7	65	5,1
až 26.2.2012	NP	[Kč]	804,98	402,78	1 207,76	94,01	313,94	24,63
od 26.2.2012	E	[kWh]	136	179	315	21,7	72	4,9
až 11.3.2012	NP	[Kč]	734,74	371,64	1 106,38	76,22	347,75	23,67
od 11.3.2012	E	[kWh]	119	166	285	15,5	67	4,3
až 25.3.2012	NP	[Kč]	642,90	344,65	987,55	53,71	323,60	20,77
od 25.3.2012	E	[kWh]	116	170	286	6,6	83	13,3
až 8.4.2012	NP	[Kč]	626,69	352,95	979,65	22,61	400,88	64,24
od 8.4.2012	E	[kWh]	119	161	280	6,9	72	10,3
až 22.4.2012	NP	[Kč]	642,90	334,27	977,17	24,08	347,75	49,75

Tab. 13 Legenda tabulky Tab. 12

E	Elektrická energie
NP	Provozní náklady na elektrickou energii
ΔE_{HRD}	Přírůstek elektrické energie na hlavním elektroměru rodinného domu od posledního odečtu
ΔE_{PRD}	Přírůstek elektrické energie na podružném elektroměru rodinného domu od posledního odečtu
VT, NT	Vysoký tarif, nízký tarif
Σ	Celková spotřebovaná elektrická energie v objektu ($\Sigma = VT+NT$)
ΔE_{HBJ}	Přírůstek elektrické energie na hlavním elektroměru bytové jednotky od posledního odečtu
ΔE_{PBJ}	Přírůstek elektrické energie na podružném elektroměru bytové jednotky od posledního odečtu
	Hodnoty měření v době, kdy byl objekt vybaven kompaktními zářivkami
	Hodnoty měření v době, kdy byl objekt vybaven klasickými žárovkami

Cena elektrické energie a ostatní poplatky vstupující do výpočtu jsou navýšeny o DPH a příslušná kategorie platby také o daň z elektrické energie. Do výsledných provozních nákladů na elektřinu NP jsou započítány složky přímo závislé na množství odebrané elektrické energie (poplatek za distribuci, poplatek za systémové služby, podpora výkupu elektřiny a platba za činnost zúčtování OTE, maloobchodní cena za odebranou elektřinu).

Ve výpočtu se neuvažují tzv. *stálé platby* [14], tedy konkrétně položky S_{1xx} „Měsíční plat za rezervovaný příkon podle jmenovité hodnoty hlavního jističe před elektroměrem“ a S_{2xx} „Silová elektřina – pevná cena za měsíc“. Obě platby jsou nezávislé na množství odebrané elektřiny a ve výpočtu přímých provozních nákladů na osvětlování by způsobovaly nežádoucí chybu. Tyto položky si ale přesto vyčíslíme, později budou pro výpočet využity.

Pro měřený rodinný dům s hlavním jističem B3x25A se jedná o konstantní měsíční platbu ve výši:

$$S_{stáláRD} = (S_{1RD} + S_{2RD}) = (144,00Kč + 60,00Kč) = 204,00Kč / \text{měs.} \quad (1)$$

Pro bytovou jednotku 3+1 s hlavním jističem 1x20A je platba

$$S_{stáláBJ} = (S_{1BJ} + S_{2BJ}) = (36,00Kč + 60,00Kč) = 96,00Kč / \text{měs.} \quad (2)$$

Když podle vztahu (3) s využitím *Tab.12* porovnáme čtrnáctidenní platby za elektrickou energii naměřenou podružným elektroměrem, zjistíme, kolikrát průměrně klesly provozní náklady na osvětlení u měřených objektů v době instalovaných kompaktních zářivek:

$$n = \frac{\sum NP_{\Delta EPxx}^{(klasické_žárovky)}}{\sum NP_{\Delta EPxx}^{(kompaktní_zářivky)}} \quad (3)$$

Pro rodinný dům platí:

$$n = \frac{\sum NP_{\Delta EPRD}^{(klasické_žárovky)}}{\sum NP_{\Delta EPRD}^{(kompaktní_zářivky)}} \quad (4)$$

$$n = \frac{(96,25 + 127,65 + 91,39 + 94,01 + 76,22 + 53,71)}{(45,31 + 46,61 + 49,04 + 45,40 + 22,61 + 24,08)} = 2,31x \quad (5)$$

Podobně postupujeme i u bytu 3+1:

$$n = \frac{\sum NP_{\Delta EPBJ}^{(klasické_žárovky)}}{\sum NP_{\Delta EPBJ}^{(kompaktní_zářivky)}} \quad (6)$$

$$n = \frac{(118,33 + 128,48 + 112,54 + 96,12 + 64,24 + 49,75)}{(40,57 + 38,16 + 35,26 + 24,63 + 23,67 + 20,77)} = 3,11x \quad (7)$$

U rodinného domu je hodnota $n=2,31x$ ovlivněna faktem, že některé světelné zdroje nebyly v době měření nahrazovány kompaktními zářivkami (podrobný rozpis nahrazovaných zdrojů je v příloze A) a také tím, že dům využívá nízký a vysoký tarif, jejichž vzájemný poměr se v každém propočítávaném období nepatrně mění. Nelze tak zaručit konstantní cenu jedné kilowatthodiny odebrané elektrické energie jako v případě jednotarifní bytové sazby.

Výsledky výpočtů (5) a (7) odrážejí provozní nákladovou úsporu při náhradě světelných zdrojů jen u těchto dvou konkrétních měřených nemovitostí, výsledky nelze příliš zobecňovat, jelikož oba měřené objekty mají určitá specifika, která již byla v této Diplomové práci popsána výše.

Pro účely ekonomického zhodnocení a pro vhodnější souměřitelnost celkových nákladů při náhradě klasických žárovek kompaktními zářivkami v měřených objektech provedeme podle vztahu (8) výpočet měsíčních provozních nákladů na osvětlení. Předpokladem je, že jeden účetní měsíc má stabilně 30 dní.

$$NP_{xx}^{(typ_zdroje)} = \frac{\sum NP_{\Delta EPxx}^{(typ_zdroje)}}{\sum t_{měř}^{(typ_zdroje)}} \bullet 30 \quad (8)$$

Veličina $\sum t_{měř}^{(typ_zdroje)}$ je celková doba měření s daným typem zdroje udávaná ve dnech, v tomto případě tedy vždy $\sum t_{měř}^{(typ_zdroje)} = 6 \bullet 14$ dní, jelikož měření probíhalo na kompaktních zářivkách i na klasických žárovkách po stejnou dobu.

Měsíční provozní náklady na osvětlení rodinného domu s klasickými žárovkami tedy budou:

$$NP_{RD}^{(klasické_žárovky)} = \frac{\sum NP_{\Delta EPRD}^{(klasické_žárovky)}}{\sum t_{měř}^{(klasické_žárovky)}} \bullet 30 \quad (9)$$

$$NP_{RD}^{(klasické_žárovky)} = \frac{(96,25 + 127,65 + 91,39 + 94,01 + 76,22 + 53,71)}{6 \bullet 14} \bullet 30 \quad (10)$$

$$NP_{RD}^{(klasické_žárovky)} = 192,58Kč / měs. \quad (11)$$

Analogicky stanovíme měsíční provozní náklady na osvětlení rodinného domu při použití kompaktních zářivek:

$$NP_{RD}^{(kompaktní_zářivky)} = \frac{\sum NP_{\Delta EPRD}^{(kompaktní_zářivky)}}{\sum t_{měř}^{(kompaktní_zářivky)}} \cdot 30 \quad (12)$$

$$NP_{RD}^{(kompaktní_zářivky)} = \frac{(45,31 + 46,61 + 49,04 + 45,40 + 22,61 + 24,08)}{6 \cdot 14} \cdot 30 \quad (13)$$

$$NP_{RD}^{(kompaktní_zářivky)} = 83,23 \text{ Kč} / \text{měs.} \quad (14)$$

Shodný postup volíme i pro určení měsíčních provozních nákladů bytové jednotky, nejprve pro klasické žárovky:

$$NP_{BJ}^{(klasické_žárovky)} = \frac{\sum NP_{\Delta EPBJ}^{(klasické_žárovky)}}{\sum t_{měř}^{(klasické_žárovky)}} \cdot 30 \quad (15)$$

$$NP_{BJ}^{(klasické_žárovky)} = \frac{(118,33 + 128,48 + 112,54 + 96,12 + 64,24 + 49,75)}{6 \cdot 14} \cdot 30 \quad (16)$$

$$NP_{BJ}^{(klasické_žárovky)} = 203,38 \text{ Kč} / \text{měs.} \quad (17)$$

A následně i pro kompaktní zářivky:

$$NP_{BJ}^{(kompaktní_zářivky)} = \frac{\sum NP_{\Delta EPBJ}^{(kompaktní_zářivky)}}{\sum t_{měř}^{(klasické_žárovky)}} \cdot 30 \quad (18)$$

$$NP_{BJ}^{(klasické_žárovky)} = \frac{(40,57 + 38,16 + 35,26 + 24,63 + 23,67 + 20,77)}{6 \cdot 14} \cdot 30 \quad (19)$$

$$NP_{BJ}^{(klasické_žárovky)} = 65,39 \text{ Kč} / \text{měs.} \quad (20)$$

Provozní náklady světelných zdrojů jsou však pouze částí nákladů celkových. Do celkových nákladů započítáváme dále ještě investiční náklady spojené s pořízením světelného zdroje, které budou v případě kompaktních zářivek hrát velmi významnou roli. Pro oba měřené objekty a zároveň pro oba typy použitých světelných zdrojů budou vyčísleny měsíční celkové náklady, z nichž se posléze stanoví celkové náklady na osvětlení až na dobu šesti let. Pro potřeby výpočtu uvažujeme, že průměrná denní provozní doba světelného zdroje v domácnosti je 2,74 h, což znamená, že se klasické žárovky s životností 1 000 h v těchto podmínkách budou měnit právě po roce provozu.

Aplikujeme-li tento provozní parametr i na kompaktní zářivky, můžeme uvažovat minimální dobu jejich života 6 let, jelikož výrobci kompaktních zářivek deklarují u základních modelů životnost 6 000 h.

Na trhu se samozřejmě vyskytují i kvalitnější výrobky, u kterých údaj o provozních hodinách dosahuje až dvojnásobku i více, ale při stanovování celkových nákladů na osvětlení budeme uvažovat nejhorší možný stav, totiž, že kompaktní zářivka vydrží v provozu právě jen 6 let.

Neměnnou výpočtovou složkou bude výše daně z energie, která pro rok 2012 činí 28,30 Kč/MWh [14], dále sazba DPH 20% a recyklační poplatek PHE pro kompaktní zářivky 6 Kč/ks [6]. Předpokládejme, že posuzované objekty budou v horizontu nejbližších šesti let užívat stejné tarify pro účtování elektrické energie, jako tomu bylo během měření, a že se zároveň nebude měnit jejich průměrná měsíční spotřeba elektřiny. Výpočet nezahrnuje predikci vývoje cen elektrické energie, resp. jejich zvyšování způsobené rostoucí inflací.

Pro vyčíslení celkových nákladů na osvětlení obou nemovitostí nejprve stanovme investiční náklady na jednotlivé typy zdrojů. Pořizovací ceny světelných zdrojů pochází z maloobchodní prodejny společnosti Elektro Oaza, s.r.o. v Poděbradech, počty a typy zdrojů v objektech a jejich jednotkové pořizovací ceny lze nalézt v příloze A.

Investiční náklady na světelné zdroje pro měřený rodinný dům $NI_{RD}^{(typ_zdroje)}$ za jeden rok:

$$NI_{RD}^{(typ_zdroje)} = \sum(i \bullet C_i) \quad (21)$$

Kde i je počet kusů stejného druhu zdroje a C_i je jejich jednotková cena. Pro klasické žárovky potom můžeme psát:

$$NI_{RD}^{(klasické_žárovky)} = \sum(i \bullet C_i) \quad (22)$$

$$NI_{RD}^{(klasické_žárovky)} = (20 \bullet 12,50 + 5 \bullet 12,50 + 12,50 + 8 \bullet 37,00) = 621,00 \text{ Kč} / \text{rok} \quad (23)$$

Jak bylo popsáno výše, životnost klasických žárovek uvažujeme právě jeden rok. Investiční náklady na tento typ zdroje tedy rostou násobně s každým dalším rokem.

Investiční náklady kompaktních zářivek pro rodinný dům $NI_{RD}^{(kompaktní_zářivky)}$ za jeden rok stanovíme analogicky:

$$NI_{RD}^{(kompaktní_zářivky)} = (20 \bullet 148,00 + 5 \bullet 129,00 + 402,00 + 8 \bullet 161,00) = 5295,00 \text{ Kč} / \text{rok} \quad (24)$$

Roční investiční náklady kompaktních zářivek zjištěné výpočtem (24) jsou v našem případě zároveň i celkovými investičními náklady ve sledovaném období, protože předpokládáme, že v horizontu následujících šesti let nebude potřeba zdroje obměňovat.

Shodné výpočty investičních nákladů provedeme i pro měřenou bytovou jednotku:

$$NI_{BJ}^{(klasické_zářivky)} = (7 \bullet 12,50 + 12,50 + 5 \bullet 19,00) = 195,00Kč / rok \quad (25)$$

$$NI_{BJ}^{(kompaktní_zářivky)} = (7 \bullet 148,00 + 129,00 + 5 \bullet 161,00) = 1970,00Kč / rok \quad (26)$$

Pro lepší porovnání úspor nákladů na elektrickou energii vlivem přechodu na jiný typ světelného zdroje je vhodné také pro oba objekty stanovit absolutní náklady na elektrickou energii, tj. měsíční platbu za celkově odebranou elektřinu včetně všech poplatků a také včetně provozních nákladů na osvětlení. Jako zdroj pro stanovení těchto průměrných absolutních nákladů na jeden měsíc poslouží stále sazby $S_{stálá}$ za přípojně místo, vypočítané pomocí vztahů (1) a (2) a Tab. 12, která poskytuje hodnoty nákladů na spotřebovanou elektrickou energii v obou objektech v době 6.11.2011 až 22.4.2012. Ve výpočtu se stále držíme definovaných předpokladů, jež byly uvedeny a popsány v této Diplomové práci.

Absolutní měsíční náklady na elektrickou energii v rodinném domě budou:

$$NA_{RD} = \frac{\sum NP_{\Delta E_{HRD}}}{\sum t_{měř}} \bullet 30 + S_{stáláRD} \quad (27)$$

$$NA_{RD} = \frac{13055,55}{12 \bullet 14} \bullet 30 + 204,00 = 2535,35Kč / měs. \quad (28)$$

Absolutní měsíční náklady na elektrickou energii v bytové jednotce budou:

$$NA_{BJ} = \frac{\sum NP_{\Delta E_{HBJ}}}{\sum t_{měř}} \bullet 30 + S_{stáláBJ} \quad (29)$$

$$NA_{BJ} = \frac{4810,60}{12 \bullet 14} \bullet 30 + 96,00 = 955,04Kč / měs. \quad (30)$$

Závěrečné tabulky *Tab. 14* a *Tab. 15*, sestavené z vypočtených a naměřených hodnot, uvádějí přehled nejdůležitějších výstupů měření spotřeby světelných zdrojů v typických českých domácnostech. Čtenář může tedy posoudit rentabilitu náhrady světelných zdrojů v měřeném rodinném domě i v bytové jednotce v horizontu šesti let.

Tab. 14 Přehledová tabulka nákladů na elektrickou energii v rodinném domě

Rodinný dům							
čas	NA _{RD}	klasické žárovky			kompaktní zářivky		
		NP _{RD}	NI _{RD}	NCO _{RD}	NP _{RD}	NI _{RD}	NCO _{RD}
[měs]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
1	2 535,35	192,58	621,00	813,58	83,23	5 295,00	5 378,23
12	30 424,20	2 310,96	621,00	2 931,96	998,76	5 295,00	6 293,76
24	60 848,40	4 621,92	1 242,00	5 863,92	1 997,52	5 295,00	7 292,52
36	91 272,60	6 932,88	1 863,00	8 795,88	2 996,28	5 295,00	8 291,28
48	121 696,80	9 243,84	2 484,00	11 727,84	3 995,04	5 295,00	9 290,04
60	152 121,00	11 554,80	3 105,00	14 659,80	4 993,80	5 295,00	10 288,80
72	182 545,20	13 865,76	3 726,00	17 591,76	5 992,56	5 295,00	11 287,56

Tab. 15 Přehledová tabulka nákladů na elektrickou energii v bytě 3+1

Bytová jednotka							
čas	NA _{BJ}	klasické žárovky			kompaktní zářivky		
		NP _{BJ}	NI _{BJ}	NCO _{BJ}	NP _{BJ}	NI _{BJ}	NCO _{BJ}
[měs]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
1	955,04	203,38	195,00	398,38	65,39	1 970,00	2 035,39
12	11 460,48	2 440,56	195,00	2 635,56	784,68	1 970,00	2 754,68
24	22 920,96	4 881,12	390,00	5 271,12	1 569,36	1 970,00	3 539,36
36	34 381,44	7 321,68	585,00	7 906,68	2 354,04	1 970,00	4 324,04
48	45 841,92	9 762,24	780,00	10 542,24	3 138,72	1 970,00	5 108,72
60	57 302,40	12 202,80	975,00	13 177,80	3 923,40	1 970,00	5 893,40
72	68 762,88	14 643,36	1 170,00	15 813,36	4 708,08	1 970,00	6 678,08

Tab. 16 Legenda tabulky Tab. 14 a Tab. 15

NA _{xx}	Absolutní náklady na elektrickou energii v dané domácnosti
NP _{xx}	Provozní náklady na elektrickou energii vybavené příslušnými světelnými zdroji
NI _{xx}	Investiční (pořizovací) náklady na příslušné světelné zdroje
NCO _{xx}	Celkové náklady na příslušné světelné zdroje

Zatímco u měřeného rodinného domu dojde po sedmdesáti dvou měsících užívání kompaktních zářivek k úspoře 3,45 % (6 304,20 Kč z celkových 182 545,20 Kč), u bytové jednotky jsou úspory za šest let výraznější, činí celých 13,29 % ze stanovených absolutních nákladů na elektrickou energii (9 135,28 Kč z 68 762,88 Kč).

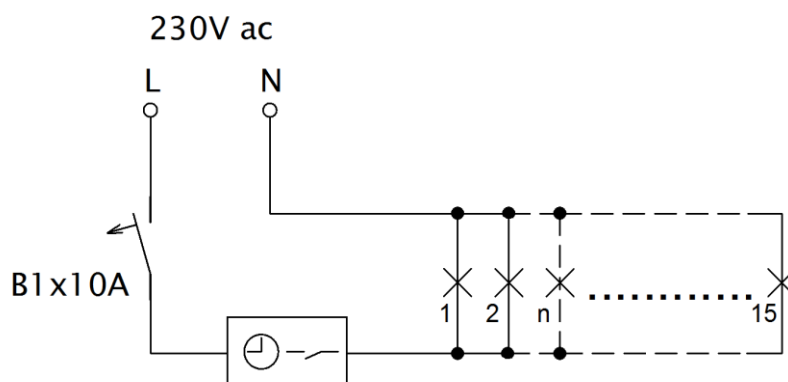
Úspora nákladů použitím kompaktních zářivek je v obou případech stanovena v porovnání k situaci, když by se v daném objektu dotyčné světelné zdroje vůbec nenahrazovaly a k osvětlování by se použily výhradně jen klasické žárovky.

5.3 Měření úbytku světelného toku vlivem opotřebení

5.3.1 Rozvaha měření

Důležitým hodnotícím kritériem světelných zdrojů je z pohledu drobných uživatelů kromě energetické náročnosti také životnost zdroje a jeho pořizovací cena. V případě běžných kompaktních zářivek se hodnoty životnosti nejčastěji pohybují od 6 000 do 15 000 h, klasické žárovky mají dobu života několikanásobně menší, udává se 1 000 h provozních. Často diskutovaným problémem světelných zdrojů je výrazný pokles světelného toku s přibývajícími provozními hodinami, což se týká zejména kompaktních zářivek, u kterých může vzhledem k dlouhé životnosti nastat rapidní pokles světelného toku. Hladina osvětlení v místnosti poté výrazně klesá a osvětlovací soustava pak již přestává plnit svůj účel, zvláště pokud slouží pro osvětlení pracovních ploch či výrobních prostor. Účelem měření je popsat rychlost a průběh poklesu parametrů různých typů světelných zdrojů a zároveň nabídnout jejich vzájemné srovnání.

Pro účely měření byl sestaven testovací přípravek s celkem patnácti kusy objímek typu E27 zapojených paralelně na jeden přívod. Tento přívod byl na vstupu do přípravku jištěn jističem 1 x 10 A s vypínací charakteristikou B. Provozní napětí přípravku je shodné s napětím sítě 230 V.



Obr. 20 Schéma zapojení přípravku pro testování světelných zdrojů

Automatické vypínání a zapínání realizovaly denní hodiny Vemer ELO-D (katalogový list denních hodin v příloze C), nastavené dle Tab. 17. Zajistilo se tak, že všech patnáct měřených světelných zdrojů uchycených v objímkách bude s denní periodou zapínáno a vypínáno současně v předem definovaných časech.

Přípravek byl osazen pěti kusy klasických žárovek o výkonu 60 W a celkem deseti kusy kompaktních zářivek. Jednu polovinu kompaktních zářivek tvořily výrobky IKEA 11 W a druhou polovinu PHILIPS 14 W. První jmenovaný typ kompaktních zářivek tvoří z cenového hlediska základ nabídky kompaktních světelných zdrojů v České republice, naproti tomu druhá skupina měřených výrobků patří mezi dražší produkty, které si maloodběratel může na našem trhu opatřit. U obou typů prodejci shodně uváděli, že kompaktní zářivka příslušného výkonu je z pohledu světelného toku srovnatelná s klasickou žárovkou o výkonu 60 W, respektive 65 W v případě zářivky typu PHILIPS 14 W.

Výkon klasických žárovek 60 W byl zvolen záměrně, jedná se o nejčastěji používanou žárovku v českých domácnostech a lze předpokládat, že v budoucnu bude postupně nahrazována právě kompaktními zářivkami s výkony 11 až 15 W.

Tab. 17 Nastavení denních spínacích hodin

ZAP	VYP	Doba provozu
[čas]	[čas]	[h]
0:30	6:00	5,5
7:00	9:00	2
12:00	16:00	4
18:00	22:00	4
23:00	23:15	0,25
23:30	23:45	0,25
celkem za 1 den		16 h
zapnuto za 1 den		6 x

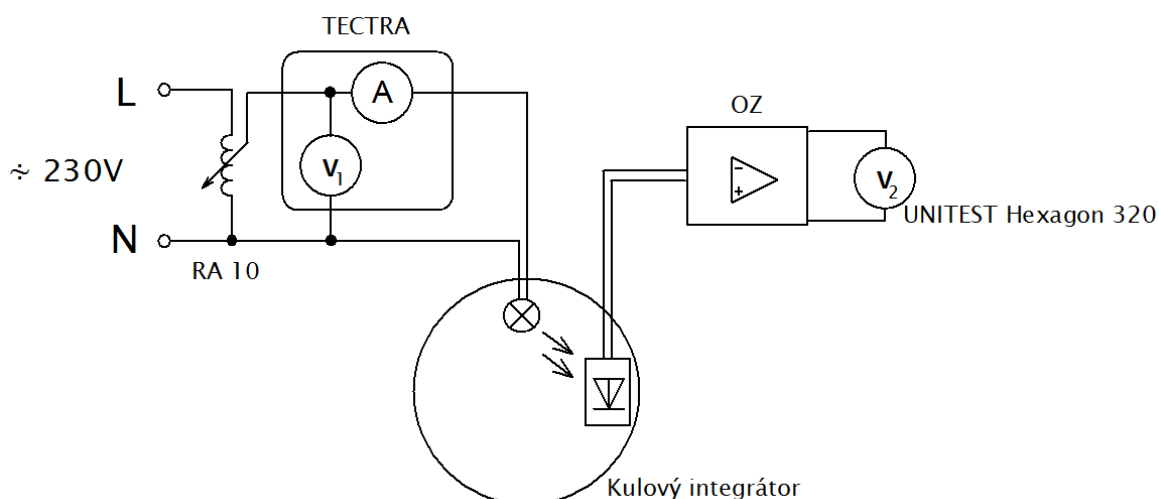
O přímé souvislosti mezi kvalitou a tržní cenou kompaktní zářivky se vedou značné diskuze, uskutečněné měření přináší jako vedlejší produkt i částečné porovnání kompaktních zářivek v tomto ohledu. S přihlédnutím k relativně nízkému počtu načítaných provozních hodin u posuzovaných kompaktních zářivek a zároveň k jejich udávané životnosti je třeba brát výsledky měření pouze jako orientační a přehledové. V průběhu měření byly světelné zdroje v provozu jen 1248,5 h, což je poměrně málo, uvažujeme-li životnost kompaktních zářivek minimálně 6 000 h. Ideální a plně relevantní výsledky posouzení vlivu výše tržní ceny na kvalitu provedení světelného zdroje by bylo možné vytvořit jen v případě, že by testování zdrojů probíhalo v celé délce jejich předpokládaného provozního života, což by si vyžádalo delší časový horizont přesahující možnosti této Diplomové práce.



Obr. 21 Přípravek pro testování světelných zdrojů

5.3.2 Popis způsobu měření

Přípravek osazený světelnými zdroji byl provozován po celou dobu měření, tedy od 23.2.2012 až do 10.5.2012, v přípravně světelné laboratoře FEKT VUT v Brně. Před montáží světelných zdrojů do objímek E27 proběhlo za použití kulového integrátoru úvodní měření světelného toku u všech testovaných klasických žárovek i kompaktních zářivek. Schéma pracoviště je na Obr. 22.



Obr. 22 Schéma měřícího pracoviště

Měřicí pracoviště bylo připojeno na elektrickou síť o napětí 230 V, výkyvy napětí byly vždy regulovány autotransformátorem RA 10 na úroveň 230 V tak, aby byly při každém měření zajištěny stejné podmínky a výsledky nebyly zkreslovány. Na vstupu do kulového integrátoru se pomocí multimetru TECTRA zjišťovalo nastavené napětí, monitoroval se také proud a v případě kompaktních zářivek i účinník. Do kulového integrátoru s vestavěným fotočlánkem se postupně a vždy ve stejném pořadí instaloval každý testovaný světelný zdroj (byl tedy v době měření vyjmut z přípravku) a po ustálení se sledovala hodnota jeho světelného toku. Pomocí operačního zesilovače se odezva fotočlánku zesílila na napětí v jednotkách voltů, které bylo měřeno digitálním multimetrem UNITEST Hexagon 320 a

následně přepočítáváno na světelný tok. Za referenční hodnotu byl považován nominální parametr světelného toku první měřené žárovky 60 W, tedy hodnota 700 lm deklarovaná výrobcem v Tab. 18, která odpovídala napětí měřicího členu 1,52 V.

Tab. 18 Maloobchodní cena měřených světelných zdrojů a parametry uvedené výrobcem

		klasická žárovka	kompaktní zářivka typ I	kompaktní zářivka typ II
Výrobce, místo výroby		PHILIPS, Polsko	IKEA, Čína	PHILIPS, Čína
Obchodní název		Standardní žárovka	Sparsam	Kompaktní úsporná zářivka Genie
Energetická třída		E	A	A
Světelný tok (nominální)	Φ_n [lm]	700	600	820
Výkon	P [W]	60	11	14
Teplota chromatičnosti*	T [K]	neudává se	2 700	2 700
Doba náběhu na plný výkon	t_m [s]	neudává se	5 až 30	5 až 30 (na výkon 60%)
Garantovaný počet zapnutí		neudává se	6 000	5 000
Životnost	t_z [h]	1 000	6 000	10 000
Pořizovací cena (včetně DPH a PHE)		12,50 Kč	23,00 Kč (balení za 69,00 Kč po 3ks)	148,00 Kč
* U kompaktních zářivek se jedná o náhradní teplotu chromatičnosti.				

Měření změny světelného toku bylo prováděno v pravidelných týdenních intervalech a pokaždé se stejnými měřicími přístroji a ve shodných podmínkách. Klasické žárovky dosahují plného světelného výkonu prakticky okamžitě po přivedení napájecího napětí, v případě tohoto zdroje se měřilo bez časové prodlevy. Aby se předešlo výrazným odchylkám a minimalizovaly se chyby měření v důsledku nestálosti světelného toku kompaktních zářivek ihned po studeném startu, byly veškeré kompaktní zářivky před instalací do kulového integrátoru v provozu po dobu minimálně 25 min. I tak se hodnoty odpovídající světelnému toku odečítaly z přístrojů až po pěti minutách od umístění kompaktní zářivky do kulového integrátoru, během této doby parametry předehřátých kompaktních zářivek postupně přestávaly kolísat ve významných mezích.

Celkový týdenní přírůstek provozních hodin na každém zdroji činil 113,5 h, z toho 112 h v režimu automatického spínání (Tab. 17) a dalších 1,5 h týdně při ručním sepnutí na počátku každého měření. Testování probíhalo po dobu dvanácti po sobě jdoucích týdnů, dohromady byly světelné zdroje v provozu 1248,5 h. Ve všech třech skupinách světelných zdrojů bylo na počátku měření pět funkčních vzorků, jejichž světelný tok byl postupně zaznamenáván, a následně byla vytvořena průměrná hodnota za celou skupinu z každého měřicího dne.

Předpoklad, že standardní žárovky ukončí během měření svoji životnost, se částečně naplnil, po překročení hranice 1 000 h provozních se tak stalo ve třech případech. Zdroje byly vyřazeny z měření a průměrná hodnota světelného toku se dopočítávala pouze z funkčních vzorků, tedy ze dvou klasických žárovek.

Tab.19 zobrazuje již průměrné hodnoty světelného toku každé skupiny v daný měřicí den, podrobnou tabulku skutečných naměřených hodnot pro každý světelný zdroj lze nalézt v příloze D.

5.3.3 Naměřené a vypočítané hodnoty

Tab. 19 Naměřené a vypočtené hodnoty

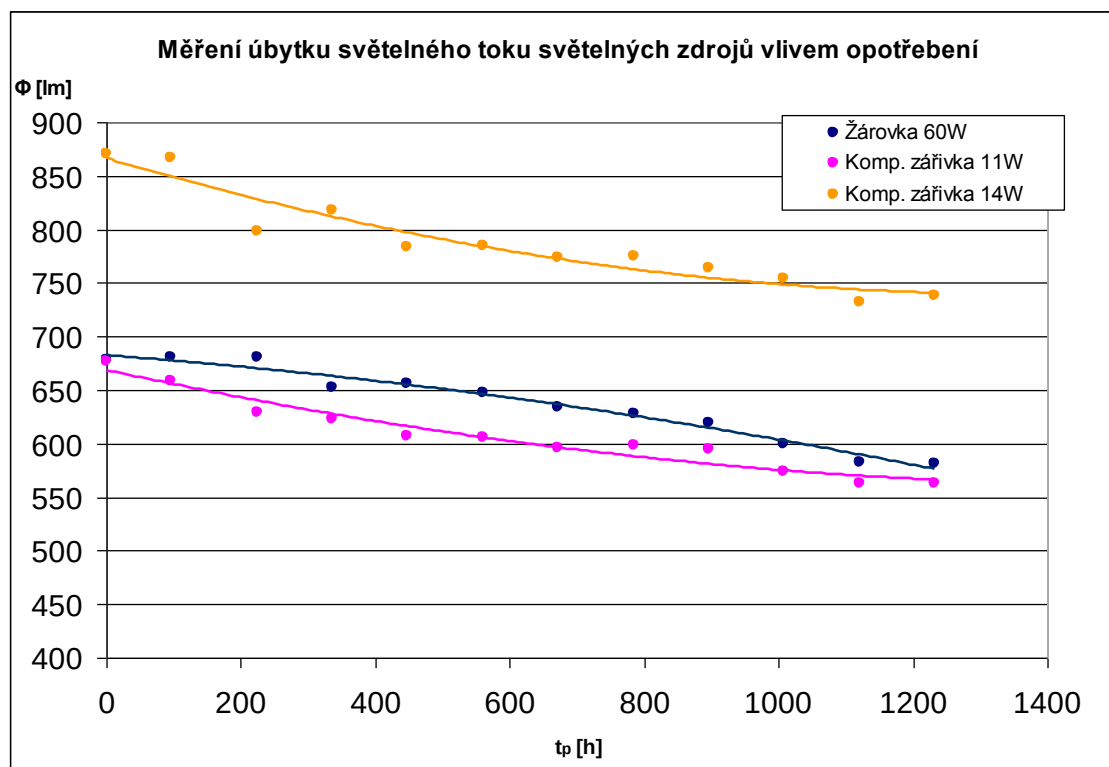
č.měření	Datum	t_p [h]	Žárovka 60 W		Komp. zářivka 11 W		Komp. Zářivka 14 W	
			Φ [lm]	Φ/Φ_n [%]	Φ [lm]	Φ/Φ_n [%]	Φ [lm]	Φ/Φ_n [%]
0	23.2.2012	0,0	678,1	96,9	677,4	112,9	871,0	106,2
1	1.3.2012	113,5	680,7	97,2	659,0	109,8	867,4	105,8
2	8.3.2012	227,0	680,4	97,2	629,1	104,8	797,8	97,3
3	15.3.2012	340,5	652,2	93,2	622,8	103,8	817,7	99,7
4	22.3.2012	454,0	655,9	93,7	607,6	101,3	783,7	95,6
5	29.3.2012	567,5	647,8	92,5	606,0	101,0	784,4	95,7
6	5.4.2012	681,0	634,2	90,6	596,5	99,4	774,2	94,4
7	12.4.2012	794,5	627,9	89,7	599,0	99,8	774,5	94,5
8	19.4.2012	908,0	620,0	88,6	594,3	99,1	764,5	93,2
9	26.4.2012	1021,5	599,7	85,7	573,8	95,6	754,5	92,0
10	3.5.2012	1135,0	582,0	83,1	563,1	93,9	732,5	89,3
11	10.5.2012	1248,5	581,8	83,1	565,8	94,3	737,7	90,0

Tab. 20 Legenda tabulky Tab. 19

t_p	Provozní hodiny zdrojů
Φ	Světelný tok daného zdroje
Φ/Φ_n	Poměr naměřeného a nominálního světelného toku

5.3.4 Závěry měření úbytku světelného toku vlivem opotřebení

Jak už bylo uvedeno v rozvaze, komplexnější výsledky by měření poskytlo, pokud by doba testování byla výrazně delší (6 000 až 7 000 h) a blížila by se tak reálné životnosti kompaktních zářivek. Na základě tohoto měření lze spolehlivě popsat úbytek světelného toku u klasických žárovek, který za 1248,5 h provozu světelného zdroje činil 16,9 % z nominální hodnoty 700 lm. V případě kompaktních zářivek došlo za stejnou sledovanou dobu ke změně hodnoty světelného toku o 5,7 % u typu IKEA 11 W (nominální světelný tok 600 lm), pokles o 10,0 % zaznamenal produkt PHILIPS 14 W (nominální světelný tok 820 lm).



Obr. 23 Grafický znázorněný průběh úbytku světelného toku u tří měřených světelných zdrojů

Zatímco testované klasické žárovky se v průběhu měření dostaly na hranice své životnosti a měření tak obsáhlo celou střední dobu života světelného zdroje, kompaktní zářivky byly v rámci měření monitorovány pouze v první šestině jejich udávané životnosti. I tak ale můžeme vysledovat u obou měřených vzorků shodný trend. Obě kompaktní zářivky měly hodnotu počátečního světelného toku vysoko nad hranicí 100 % a v prvních tisíci hodinách provozu došlo k výraznému úbytku světelného toku (Obr. 23), jež by se dal popsat exponenciální funkcí. Poté dochází ke stagnaci, resp. výraznému zpomalení poklesu světelného toku (v této pasáži měření v rámci Diplomové práce končí); tento stav postupného pomalého úbytku světelného toku zdroje by měl přetrvávat až do konce životnosti kompaktní zářivky. Světelný tok by však po dobu životnosti neměl klesnout pod hranici 70 % nominální hodnoty světelného toku zdroje, pokud použijeme stejné hodnotící kritérium pro životnost, které je popsáno na začátku této kapitoly.

6 DOPORUČENÍ UŽIVATELŮM OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV

Klasické žárovky budou do budoucna plošně nahrazovány jinými typy světelných zdrojů, zdroji moderními, úspornějšími a technicky sofistikovanějšími.

V osvětlování domácností si již pomalu budují tradici kompaktní zářivky, výrobci je nabízejí v mnoha výkonových a tvarových provedeních a v neposlední řadě jsou kompaktní zářivky i cenově dostupným světelným zdrojem. Předpokladem je, že v nejbližší budoucnosti bude právě tímto typem světelného zdroje uživateli nejčastěji nahrazována klasická žárovka. Koncepčně nejmladší světelné zdroje na bázi LED patří zatím na našem trhu k dražším produktům, nejsou v takové míře nabízené prodejci a nedisponují zatím ani tak širokou škálou výkonových variant jako je tomu u kompaktních zářivek. V oblasti LED zdrojů lze tedy ještě očekávat vývoj, který bude směřovat ke zdokonalení těchto typů světelných zdrojů a k rozšíření nabídky. Ideálním světelným zdrojem pro náhradu klasických žárovek z hlediska zachování všech původních parametrů světla jsou halogenové žárovky. Nevykazují sice takovou úsporu elektrické energie jako ostatní hodnocené zdroje světla, ale vytvářejí vhodnou alternativu optimální náhrady klasických žárovek tam, kde by instalace kompaktních zářivek či LED zdrojů byla bez úprav osvětlovací soustavy komplikovaná nebo téměř vyloučená. Halogenové žárovky řeší problém ale pouze dočasně, protože dle platných směrnic Evropské unie bude i jejich distribuce postupně regulována.

Měření, uskutečněná v této Diplomové práci, ukazují, jaký rozdíl v nákladech na elektrickou energii mohou přinést náhrady klasických žárovek kompaktními zářivkami ve dvou odlišných domácnostech. V případě bytové jednotky se přechod na zdroje nové koncepce jednoznačně vyplatí, protože podíl spotřeby na světelných okruzích v porovnání s celkovou spotřebou bytu není zanedbatelný a v tomto případě lze dosáhnout značných úspor. Naopak u rodinného domu, kde je větší rozmanitost a náročnost spotřeby, se výměnou klasických žárovek za úspornější světelné zdroje dosáhne minimálních výsledků, pokud uvažujeme jako hodnotící kritérium náklady na provoz a pořízení světelných zdrojů v kontextu celkových nákladů na elektrickou energii nemovitosti.

V rámci této práce nebyla prokázána souvislost mezi pořizovací cenou kompaktní zářivky a kvalitou jejího zpracování. Jelikož ale měření změny parametrů vlivem opotřebení zdroje trvalo jen omezenou dobu, nelze výstupy považovat za plně relevantní.

S nutností náhrady klasických žárovek jinými světelnými zdroji se setká každý uživatel domácích osvětlovacích soustav. Tato práce přináší výčty základních problémů, které mohou přinášet plošné výměny zdrojů, zaměřuje se na praktické aplikace a zejména pak instalace kompaktních zářivek do původních svítidel či osvětlovacích soustav. Diplomová práce může být tedy použita jako technický rádce při realizaci náhrad světelných zdrojů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SEVEn, Středisko pro efektivní využívání energie, o. p. s. *Energeticky úsporné osvětlování domácností : Praktické informace, rady a tipy*. [s.l.] : [s.n.], 2010. 34 s. Dostupné z WWW: <http://www.svn.cz/cs/news/energeticky-uspodne-osvetlovani-v-domacnostech-prakticke-informace-rady-tipy>
- [2] SEVEn, Středisko pro efektivní využívání energie, o.p.s. *Energeticky úsporné osvětlování*. květen 2010. [s.l.] : [s.n.], 2010. 22 s
- [3] BAXANT, Petr. *Světelná technika. Elektronický učební text*. Brno: FEKT Vysokého učení technického v Brně, 2011.
- [4] EKOWATT. *Energeticky úsporné spotřebiče*. Praha: EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie, 2010. Dostupné z: www.ekowatt.cz
- [5] Základní zapojení instalačních obvodů. *Elektro* [online]. 2/2008, 1, [cit. 2011-12-16]. Dostupný z WWW: www.odbornecasopisy.cz
- [6] ELEKTRO OAZA, s.r.o. *Katalog svítidel a světelných zdrojů: Rok 2012*. 1. vyd. Poděbrady: Elektro Oaza, s.r.o, 2012.
- [7] ELEKTRO OAZA, s.r.o. *Soubor katalogů svítidel a světelných zdrojů: Rok 2008*. 1. vyd. Poděbrady: Elektro Oaza, s.r.o, 2008.
- [8] Jsou výrobci svítidel připraveni na ukončení prodeje běžných žárovek?. *E-light Brno* [online]. 4.1.2009, 169, [cit. 2011-12-16]. Dostupný z WWW: <http://www.e-light.cz>
- [9] FK TECHNICS. Životnost LED zdrojů světla: Střední doba života. 15. listopadu 2010. Dostupné z: www.fkt.cz/cz/
- [10] BARTÍK, Hynek. Porovnání osvětlovacích soustav s novými světelnými zdroji. *Společnost pro rozvoj veřejného osvětlení: Seminář FOR ELEKTRO*. 22. září 2010. Dostupné z: www.srvo.cz
- [11] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Bytová výstavba v ČR: Tab 11.01* [online]. [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: www.czso.cz
- [12] DVOŘÁČEK, Karel. *Rekonstrukce a opravy elektrických rozvodů v panelových domech*. 2., aktualiz. vyd. Praha: IN-EL, 2006, 129 s. Elektro (IN-EL). ISBN 80-862-3041-4.
- [13] HALUZA, Miroslav a Jan MACHÁČEK. Spotřeba elektrické energie domácností, predikce a potenciální úspory pomocí BACS. *Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky a Centrum výzkumu a využití obnovitelných zdrojů energie*. 7.5.2012. Dostupné z: www.tzb-info.cz
- [14] *Ceník elektřiny skupiny ČEZ pro domácnosti: produktová řada Comfort*. ČEZ Prodej, s.r.o., 2011. Dostupné z: www.cez.cz
- [15] *Moeller Katalog: Instalační přístroje*. Eaton Elektrotechnika s.r.o., 1.6.2010. Dostupné z: <http://www.EatonElektrotechnika.cz>
- [16] *Vemer Návod na použití: ELO-D*. EXIMUS COMMERCIO s.r.o. Dostupné z: www.eximuscom.cz

- [17] DVOŘÁČEK, Karel. *Elektrické instalace v bytové a občanské výstavbě II*. Vyd. 1. Praha: IN-EL, 1998, 157 s. Elektro. ISBN 80-862-3003-1.
- [18] KŘÍŽ, Michal. *Montáž a připojování elektrických přístrojů*. Vyd. 1. Praha: IN-EL, 1999, 158 s. Elektro. ISBN 80-862-3012-0.
- [19] Osram: *Elektronické předřadníky, Prodejní katalog*. Osram CZ. Dostupné z: www.osram.cz

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A - Tabulky náhrad světelných zdrojů

Příloha B - Ceník produktů skupiny ČEZ a příklad výpočtu nákladů na el. energii

Příloha C - Katalogové listy podružného elektroměru a spínacích hodin

Příloha D - Kompletní naměřené hodnoty měření úbytku světelného toku

Příloha A

Tabulky náhrad světelných zdrojů

Světelné zdroje použité při měření bytové jednotky 3+1					
		Klasické žárovky		Kompaktní zářivky	
č. svítidla	Druh svítidla	Počet a typ zdrojů ve svítidle	Jednotková cena s DPH	Počet a typ zdrojů ve svítidle	Jednotková cena s DPH a PHE
1	nástěnné	1x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x14W E27, PHILIPS Genie	148,00 Kč
2	stropní	1x40W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x8W E27, PHILIPS Genie	129,00 Kč
3	stropní IP44	1x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x14W E27, PHILIPS Genie	148,00 Kč
4	lustr	1x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x14W E27, PHILIPS Genie	148,00 Kč
5	stropní	3x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	3x14W E27, PHILIPS Genie	148,00 Kč
6	lustr	5x40W E14, PHILIPS	19,00 Kč	5x11W E14, OSRAM Duluxstar	161,00 Kč
8	stropní	1x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x14W E27, PHILIPS Genie	148,00 Kč
pozn. Svítidlo č.7 je stropní zářivkové svítidlo, kde byly ponechány po celou dobu měření původní světelné zdroje, tj. lineární zářivky T8 2x36W.					

Světelné zdroje použité při měření v suterénu rodinného domu					
		Klasické žárovky		Kompaktní zářivky	
č. svítidla	Druh svítidla	Počet a typ zdrojů ve svítidle	Jednotková cena s DPH	Počet a typ zdrojů ve svítidle	Jednotková cena s DPH a PHE
1	nástěnné IP44	1x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x14W E27, PHILIPS Genie	148,00 Kč
2	nástěnné IP44	2x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	2x14W E27, PHILIPS Genie	148,00 Kč
3	nástěnné IP44	1x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x14W E27, PHILIPS Genie	148,00 Kč
4	nástěnné	1x40W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x8W E27, PHILIPS Genie	129,00 Kč
5	nástěnné	1x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x14W E27, PHILIPS Genie	148,00 Kč
6	stropní	1x40W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x8W E27, PHILIPS Genie	129,00 Kč
7	stropní	1x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x14W E27, PHILIPS Genie	148,00 Kč
8	nástěnné	1x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x14W E27, PHILIPS Genie	148,00 Kč
9	nástěnné IP44	1x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x14W E27, PHILIPS Genie	148,00 Kč
10	nástěnné IP44	1x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x14W E27, PHILIPS Genie	148,00 Kč
11	nástěnné IP44	1x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x14W E27, PHILIPS Genie	148,00 Kč
12	nástěnné IP44	1x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x14W E27, PHILIPS Genie	148,00 Kč

Světelné zdroje použité při měření v přízemí rodinného domu					
		Klasické žárovky		Kompaktní zářivky	
č. svítidla	Druh svítidla	Počet a typ zdrojů ve svítidle	Jednotková cena s DPH	Počet a typ zdrojů ve svítidle	Jednotková cena s DPH a PHE
13	stropní	1x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x14W E27, PHILIPS Genie	148,00 Kč
14	stropní	1x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x14W E27, PHILIPS Genie	148,00 Kč
15	stropní	1x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x14W E27, PHILIPS Genie	148,00 Kč
16	stropní	1x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x14W E27, PHILIPS Genie	148,00 Kč
5	nástěnné	1x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x14W E27, PHILIPS Genie	148,00 Kč
17	nástěnné	1x40W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x8W E27, PHILIPS Genie	129,00 Kč
18	nástěnné	1x40W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x8W E27, PHILIPS Genie	129,00 Kč
19	stropní	1x40W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x8W E27, PHILIPS Genie	129,00 Kč
20	lustr	1x100W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x20W E27, PHILIPS Master	402,00 Kč
pozn. Svítidlo č. 21 je lustr s 10 ks LV halogenových žárovek 10W/12V s patičí G4, po dobu měření se neměnily pozn. Svítidla č. 22, 23, 24 a 25 jsou vestavěné reflektorové svítidly bez možnosti montáže kompaktních zářivek, po dobu měření se neměnily a uživatelé domácnosti omezili jejich provoz					

Světelné zdroje použité při měření v 1. patře rodinného domu					
		Klasické žárovky		Kompaktní zářivky	
č. svítidla	Druh svítidla	Počet a typ zdrojů ve svítidle	Jednotková cena s DPH	Počet a typ zdrojů ve svítidle	Jednotková cena s DPH a PHE
26	nástěnné	1x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x14W E27, PHILIPS Genie	148,00 Kč
27	stropní	1x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x14W E27, PHILIPS Genie	148,00 Kč
28	nástěnné	1x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x14W E27, PHILIPS Genie	148,00 Kč
29	stropní	4x40W E14, spot R39, PHILIPS	37,00 Kč	4X11W E14, OSRAM Duluxstar	161,00 Kč
30	stropní	4x40W E14, spot R39, PHILIPS	37,00 Kč	4X11W E14, OSRAM Duluxstar	161,00 Kč
33	stropní	1x60W E27, PHILIPS	12,50 Kč	1x8W E27, PHILIPS Genie	129,00 Kč
pozn. Svítidla č. 31 a 32 jsou vestavěné reflektorové svítidly bez možnosti montáže kompaktních zářivek					

Příloha B

Ceník produktů skupiny ČEZ a příklad výpočtu nákladů na el. energii

ceny produktů Skupiny ČEZ včetně regulovaných cen za dopravu elektřiny | domácnosti | produktová řada Comfort

účinné od 1. 1. 2012 | uváděny v Kč bez daně z elektřiny a DPH (v závorce orientační ceny s DPH) | * jednotková cena silové elektřiny je před započtením DPH navýšena o daň z elektřiny

S_{IBT}, S_{IBD}

PRODUKTY ROKU 2012	REGULOVANÉ PLATBY ZA DOPRAVU ELEKTŘINY												SILOVÁ ELEKTŘINA		CELKEM						
	DISTRIBUCE												OBCHOD	DOPRAVA + OBCHOD							
	odpoví- dalci distribuční sazba	měsíční plat za rezervovaný příkon podle jmenovité proudové hodnoty hlavního jističe před elektroměrem																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	VT	NT	pevná cena za měsíc	cena za 1 MWh *	VT	NT	VT	NT
Standard 	D01d	6,00 (7,20)	10,00 (12,00)	12,00 (14,40)	15,00 (18,00)	19,00 (22,80)	24,00 (28,80)	30,00 (36,00)	38,00 (45,60)	0,60 (0,72)	0,20 (0,24)	2 529,04 (3 034,85)	-	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	4 634,01 (5 594,77)	-	-	-	-
	D02d	30,00 (36,00)	48,00 (57,60)	60,00 (72,00)	75,00 (90,00)	96,00 (115,20)	120,00 (144,00)	150,00 (180,00)	189,00 (226,80)	3,00 (3,60)	1,00 (1,20)	1 891,74 (2 270,09)	-	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 535,00 (1 875,96)	-	-	3 986,71 (4 830,01)
	D25d	48,00 (57,60)	77,00 (92,40)	96,00 (115,20)	120,00 (144,00)	154,00 (184,80)	192,00 (230,40)	240,00 (288,00)	302,00 (362,40)	4,80 (5,76)	1,60 (1,92)	1 972,84 (2 367,41)	32,89 (39,47)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 931,00 (2 351,16)	1 099,00 (1 352,76)	3 473,81 (4 202,53)	1 701,86 (2 076,19)
Akumulace 8 	D26d	93,00 (111,60)	149,00 (178,80)	186,00 (223,20)	233,00 (279,60)	298,00 (357,60)	372,00 (446,40)	465,00 (558,00)	586,00 (703,20)	9,30 (11,16)	3,10 (3,72)	658,44 (790,13)	32,89 (39,47)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 931,00 (2 351,16)	1 099,00 (1 352,76)	3 159,41 (3 825,25)	1 701,86 (2 076,19)
	D35d	102,00 (122,40)	163,00 (195,60)	204,00 (244,80)	255,00 (306,00)	326,00 (391,20)	408,00 (489,60)	510,00 (612,00)	643,00 (771,60)	10,20 (12,24)	3,40 (4,08)	244,94 (293,93)	32,89 (39,47)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	2 014,00 (2 450,76)	1 389,00 (1 700,76)	2 828,91 (3 428,65)	1 991,86 (2 424,19)
	D45d	120,00 (144,00)	192,00 (230,40)	240,00 (288,00)	300,00 (360,00)	384,00 (460,80)	480,00 (576,00)	600,00 (720,00)	756,00 (907,20)	12,00 (14,40)	4,00 (4,80)	244,94 (293,93)	32,89 (39,47)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 809,00 (2 204,76)	1 541,00 (1 883,16)	2 623,91 (3 182,65)	2 143,86 (2 606,59)
Akumulace 16 	D45d	120,00 (144,00)	192,00 (230,40)	240,00 (288,00)	300,00 (360,00)	384,00 (460,80)	480,00 (576,00)	600,00 (720,00)	756,00 (907,20)	12,00 (14,40)	4,00 (4,80)	244,94 (293,93)	32,89 (39,47)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 809,00 (2 204,76)	1 541,00 (1 883,16)	2 623,91 (3 182,65)	2 143,86 (2 606,59)
	D55d	40,00 (48,00)	63,00 (75,60)	79,00 (94,80)	99,00 (118,80)	127,00 (152,40)	158,00 (189,60)	198,00 (237,60)	249,00 (298,80)	3,90 (4,68)	1,30 (1,56)	244,94 (293,93)	32,89 (39,47)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 613,00 (1 969,56)	1 542,00 (1 884,36)	2 427,91 (2 947,45)	2 144,86 (2 607,79)
	D56d	120,00 (144,00)	192,00 (230,40)	240,00 (288,00)	300,00 (360,00)	384,00 (460,80)	480,00 (576,00)	600,00 (720,00)	756,00 (907,20)	12,00 (14,40)	4,00 (4,80)	244,94 (293,93)	32,89 (39,47)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 613,00 (1 969,56)	1 542,00 (1 884,36)	2 427,91 (2 947,45)	2 144,86 (2 607,79)
Vikend 	D61d	12,00 (14,40)	19,00 (22,80)	24,00 (28,80)	30,00 (36,00)	38,00 (45,60)	48,00 (57,60)	60,00 (72,00)	76,00 (91,20)	1,20 (1,44)	0,40 (0,48)	3 418,54 (4 102,25)	105,74 (126,89)	144,00 (172,80)	419,22 (503,06)	6,75 (8,10)	50,00 (60,00)	1 724,00 (2 102,76)	1 406,00 (1 721,16)	5 712,51 (6 888,97)	2 081,71 (2 532,01)

produktové řady

- **COMFORT** | osvědčený standard
Produktová řada Comfort s pevnou roční cenou elektřiny je standardem naší nabídky. Jako výhodu ji mají nastavenou většinu zákazníků Skupiny ČEZ, pokud si nevolí jinou.
- **eTARIF** | moderní komunikace
Oproti Comfortu ušetříte 40 Kč měsíčně (480 Kč za rok) bez DPH za každé odběrné místo (OM). Podmínkou sjezdání je aktivace vybraných služeb. Některé požadavky, realizované jinými než elektronickými kanály, jsou zpoplatněny.
- **EXCLUSIVE** | specializované poradenství
Za příplatek jen 15 Kč měsíčně bez DPH za OM získáte kromě výhod bezplatné obsluhy našio specializované poradenství v oblasti užití energie a energetických úspor.
- **KVARTÁL A MĚSÍC** | pružnější přizpůsobení cen
Cena elektřiny je u těchto produktových řad stanovována na čtvrtletí, resp. měsíc, a pružně se přizpůsobuje vývoji cen na energetické burze.

postup při výpočtu celkové roční platby za elektřinu

a = stálé platby = 12 × (příslušný sloupec 1 až 10 + sloupec 16)
b = platba za elektřinu VT = roční spotřeba MWh VT × (sloupec 11 + 13 + 14 + 15 + 17)
c = platba za elektřinu NT = roční spotřeba MWh NT × (sloupec 12 + 13 + 14 + 15 + 18)
Roční platba celkem = a + b + c

konkrétní příklad výpočtu

popsal odměného misla: produkt D Akumulace 8 | distribuční sazba D25d | jistič 3 × 25 A | roční spotřeba elektřiny VT: 2 200 MWh, NT: 2 500 MWh
výpočet celkové roční platby za elektřinu (ceny včetně DPH)
a = 12 × (144,00 + 60,00) = 2 448,00 Kč
b = 2 200 × (2 367,41 + 172,80 + 503,06 + 8,10 + 2 351,16) = 11 885,57 Kč
c = 2 500 × (39,47 + 172,80 + 503,06 + 8,10 + 1 352,76) = 5 190,48 Kč
Roční platba celkem = a + b + c = 19 524,05 Kč

poznámky a vysvětlivky

podmínkou pro výber produktu je přiznání odpovídající distribuční sazby | produkt silové elektřiny je možno změnit 1× za 12 měsíců | podmínky pro přiznání distribučních sazeb jsou zveřejněny na www.cez.cz | VT = vysoký tarif | NT = nízký tarif | MWh = megawatthodina (1 MWh = 1 000 kWh) | sazba DPH je 20 % | ceny s DPH jsou orientační | * výše daně z elektřiny je 23,30 Kč/MWh

ČEZ nabízí i plyn a garantuje výhodnější ceny po celou dobu trvání smlouvy

Stejně jako u elektřiny, tak i u plynu si můžete vybrat hned z několika produktových řad podle toho, která bude nejvíce vyhovovat vašim potřebám a samozřejmě se kterou nejvíce ušetříte.
Neztratíte zbytečné čas při řešení vašich požadavků, protože budete mít elektřinu i plyn od jednoho dodavatele. Skupina ČEZ je největší energetická společnost ve střední a jihovýchodní Evropě, proto máte jistotu stabilních dodávek.

Přijít k nám nemůže být jednodušší

Stačí zavolat na Zákaznickou linku 840 840 840, navštívit kterýkoliv kontaktní místo Skupiny ČEZ nebo otevřít stránku www.cez.cz/pjn, kde získáte veškeré informace a také si můžete sami snadno spočítat, kolik zmíněnou dodavatele ušetříte. Veškeré administrativní úkony spojené se změnou dodavatele za vás ochotně vyřídí naši zaměstnanci. Právě za nás přístup k zákazníkům jsme získali ocenění za nejlepší zákaznický servis v Evropě.

Příklad výpočtu cen elektrické energie v *Tab. 12* podle ceníku ČEZ:

c.....cena jednotlivých služeb (podle ceníku)

$$NP_{Evt} = \Delta E_{HRDvt} \bullet (c_{Dvt} + c_{SS} + c_{PVE} + c_{OTE} + c_{MOvt})$$

$$NP_{Evt} = 133 \bullet 10^{-3} \bullet (2367,41 + 172,80 + 503,06 + 8,10 + 2351,16)$$

$$NP_{Evt} = 133 \bullet 10^{-3} \bullet (5402,22) = 718,54 K\check{c}$$

$$NP_{Ent} = \Delta E_{HRDnt} \bullet (c_{Dnt} + c_{SS} + c_{PVE} + c_{OTE} + c_{MOnt})$$

$$NP_{Ent} = 133 \bullet 10^{-3} \bullet (39,47 + 172,80 + 503,06 + 8,10 + 1352,76)$$

$$NP_{Ent} = 175 \bullet 10^{-3} \bullet (2076,19) = 363,33 K\check{c}$$

$$\Sigma NP_{\Delta E_{HRD}} = NP_{Evt} + NP_{Ent}$$

$$\Sigma NP_{\Delta E_{HRD}} = 718,54 + 363,33 = 1081,87 K\check{c}$$

$$\Sigma NP_{\Delta E_{PRD}} = \frac{\Sigma NP_{\Delta E_{HRD}}}{\Sigma \Delta E_{HRD}} \bullet \Delta E_{PRD}$$

$$\Sigma NP_{\Delta E_{PRD}} = \frac{1081,87}{308} \bullet 12,9 = 45,31 K\check{c}$$

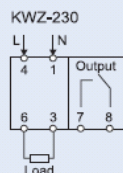
Příloha C

Katalogový list podružného elektroměru MOELLER KWZ-230
a denních spínacích hodin VEMER ELO-D

Měřiče spotřeby KWZ s přímým měřením

- Elektroměry dle ČSN EN 61036 pro podružná měření
- Pro činnou složku energie
- **Typ KWZ-230:** jednofázový měřič spotřeby [kWh]
- Možnost dálkového odečtu spotřeby např. pomocí počítače impulzů Z-IMZ/24

Schéma zapojení

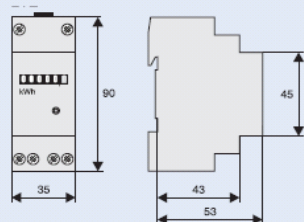


Technické údaje

KWZ-230	
Elektrické:	
Jmenovité napětí U_n	230 V AC
Pracovní rozsah	0,9 - 1,2 x U_n
Jmenovitý proud I_n	10 A, přímé
Maximální proud I_{max}	40 A
Jmenovitá frekvence	50/60 Hz
Pomocné napětí	z měřeného obvodu
Výkonová ztráta	2 W
Tvar vstupního signálu	sinusový
Účinník	$\cos\varphi = 0,5$ induktivní až $\cos\varphi = 0,8$ kapacitní
Třída přesnosti	1
Rozlišovací schopnost	0,1 kWh
Signalizace spotřeby LED	640 impulzů/kWh
Příkon na fázi	<8 VA
Max. zatížení impulzního výstupu	5-48 V DC, 50 mA
Čitlivost impulzního výstupu	10 imp. / kWh
Kontakt impulzního výstupu (bezpotenciálový)	1 zapínací
Jmenovitá odolnost proti rázovému napětí (1,2/50) μs	5 kV
Zkušební napětí 50 Hz/1 min.	2,5 kV
Mechanické:	
Výška výřezu v krycí desce	45 mm
Výška základny přístroje	90 mm
Šířka	35 mm (2 TE)
Hmotnost	180 g
Zobrazení - mechanické počítadlo	5 + 1 místná (5 + 1 digit)
Maximální zobrazená hodnota	99999,9 kWh
Výška číslic	4 mm
Montáž	na přístrojovou lištu
Stupeň krytí svorek	IP20
Svorky	třmenové
Průřez připojovaných vodičů	12 mm ² (2,5 mm ² imp. výst.)
Utahovací moment šroubových svorek	2 Nm
Přípustná relativní vlhkost vzduchu	90 %
Rozsah okolních teplot	-5 až +55 °C

Rozměry [mm]

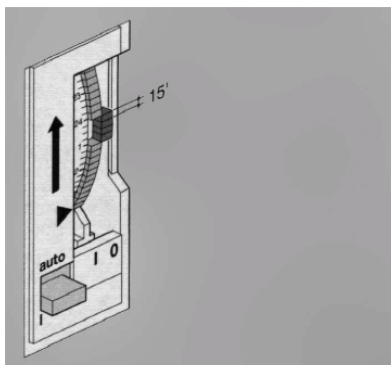
KWZ-230



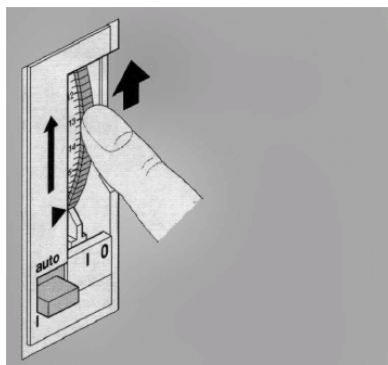
ELO-D

Návod na použití

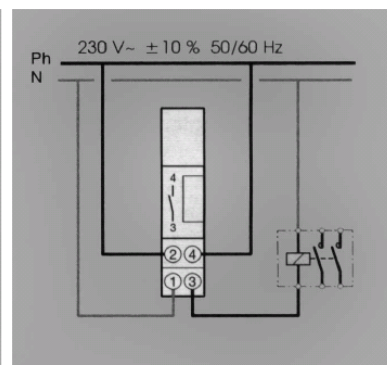
Spínací kotouč



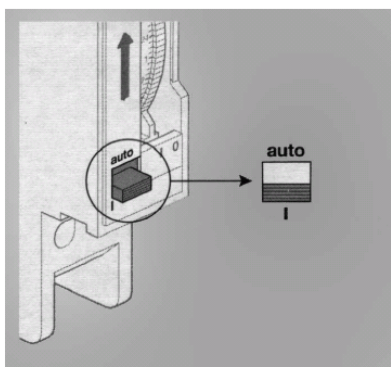
Nastavení času



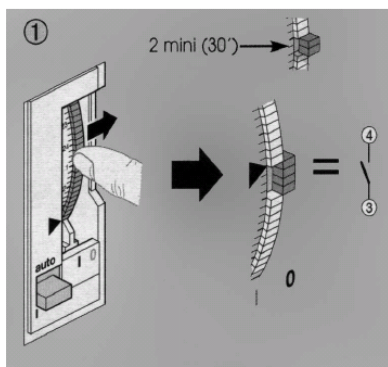
Připojení



Manuální sepnutí



Programování

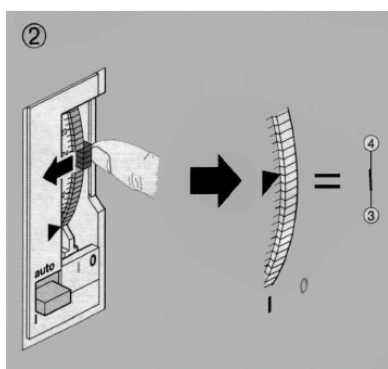


Maximální zátěž kontaktů

16 A 250 V ~ AC1
4 A 250 V jalový
 $\cos \varphi 0,6$
žárovková světla až 900W

auto: Programový chod

I: Sepnuto



Technická data

Hodinový strojek: Quartz
Záloha chodu: 200 hodin (při 20°C)
Spínací cyklus: 24 hodin
Vlastní spotřeba: 0,5 VA
Přesnost: ± 1 s/den
Pracovní teplota: $-10^{\circ}\text{C} \div +55^{\circ}\text{C}$
Skladovací teplota: $-20^{\circ}\text{C} \div +65^{\circ}\text{C}$
Průřez vodičů: $1 \div 4 \text{ mm}^2$

Příloha D

Kompletní naměřené hodnoty měření úbytku světelného toku

t _p [h]	Datum	č.měření/vzorek	Žárovka 60W		Komp. zářivka 11 W		Komp. zářivka 14 W	
			Φ _n = 700 lm		Φ _n = 600 lm		Φ _n = 820 lm	
			U _φ [V]	Φ [lm]	U _φ [V]	Φ [lm]	U _φ [V]	Φ [lm]
0,0	23.2.2012	1/1	1,52	700,0	1,56	717,9	1,92	881,2
		1/2	1,42	654,0	1,41	650,3	1,87	861,4
		1/3	1,46	671,0	1,46	669,6	1,85	848,6
		1/4	1,45	665,0	1,50	691,3	1,95	894,5
		1/5	1,52	700,5	1,43	657,7	1,89	869,2
		1/průměr		678,1		677,4		871,0
113,5	1.3.2012	2/1	1,56	715,6	1,46	669,6	1,91	880,3
		2/2	1,43	657,7	1,44	662,7	1,77	814,5
		2/3	1,45	668,3	1,44	660,0	1,87	861,9
		2/4	1,46	671,5	1,42	654,9	1,93	889,5
		2/5	1,50	690,3	1,41	647,6	1,94	890,9
		2/průměr		680,7		659,0		867,4
227,0	8.3.2012	3/1	1,54	706,0	1,41	648,9	1,72	788,8
		3/2	1,45	668,7	1,36	623,7	1,73	796,1
		3/3	1,50	688,5	1,36	626,0	1,73	794,7
		3/4	1,46	669,2	1,37	628,3	1,77	813,1
		3/5	1,46	669,6	1,35	618,6	1,73	796,1
		3/průměr		680,4		629,1		797,8
340,0	15.3.2012	4/1	1,44	661,4	1,39	637,9	1,76	809,5
		4/2	1,40	641,6	1,33	612,2	1,77	812,7
		4/3	1,38	635,1	1,34	617,7	1,77	814,5
		4/4	1,43	657,7	1,37	629,6	1,81	832,9
		4/5	1,45	665,0	1,34	616,8	1,78	819,1
		4/průměr		652,2		622,8		817,7
454,0	22.3.2012	5/1	1,44	662,3	1,36	626,4	1,69	777,3
		5/2	1,42	653,1	1,32	606,6	1,71	787,4
		5/3	1,43	658,1	1,31	602,5	1,69	775,4
		5/4	1,39	639,3	1,31	602,0	1,74	800,7
		5/5	1,45	666,9	1,31	600,7	1,69	777,7
		5/průměr		655,9		607,6		783,7

t _p [h]	Datum	č.měření/vzorek	Žárovka 60W		Komp. zářivka 11 W		Komp. zářivka 14 W	
			Φ _n = 700 lm		Φ _n = 600 lm		Φ _n = 820 lm	
			U _φ	Φ	U _φ	Φ	U _φ	Φ
			[V]	[lm]	[V]	[lm]	[V]	[lm]
567,5	29.3.2012	6/1	1,44	660,0	1,37	630,1	1,68	772,7
		6/2	1,40	643,9	1,32	605,7	1,71	785,1
		6/3	1,40	644,3	1,29	594,2	1,69	778,6
		6/4	1,41	646,6	1,30	597,4	1,74	801,6
		6/5	1,40	643,9	1,31	602,5	1,71	784,2
		6/průměr		647,8		606,0		784,4
681,0	5.4.2012	7/1	1,39	639,3	1,35	619,1	1,67	766,7
		7/2	1,34	616,3	1,31	604,3	1,68	774,0
		7/3	1,39	637,0	1,28	586,9	1,67	768,1
		7/4	1,39	638,4	1,26	581,3	1,72	789,7
		7/5	1,39	640,2	1,29	591,0	1,68	772,7
		7/průměr		634,2		596,5		774,2
794,5	12.4.2012	8/1	1,42	651,7	1,37	628,7	1,67	768,1
		8/2	1,34	614,0	1,31	603,9	1,68	771,7
		8/3	1,40	644,3	1,29	591,9	1,68	770,8
		8/4	1,31	600,2	1,27	581,8	1,72	792,4
		8/5	1,37	629,2	1,28	588,7	1,67	769,4
		8/průměr		627,9		599,0		774,5
908,5	19.4.2012	9/1	1,35	621,8	1,36	624,1	1,65	759,3
		9/2	1,33	609,9	1,28	590,5	1,66	762,1
		9/3	1,37	630,6	1,26	580,4	1,65	760,2
		9/4	1,33	610,3	1,28	589,6	1,70	781,9
		9/5	1,36	627,3	1,28	586,9	1,65	758,9
		9/průměr		620,0		594,3		764,5
1021,5	26.4.2012	10/1	1,32	607,1	1,31	600,2	1,63	748,3
		10/2	1,30	597,9	1,25	574,0	1,63	748,7
		10/3	1,26	579,5	1,23	563,9	1,63	748,3
		10/4	1,31	602,5	1,22	560,6	1,69	776,8
		10/5	1,33	611,7	1,24	570,3	1,63	750,6
		10/průměr		599,7		573,8		754,5

t _p			Žárovka 60W		Komp. zářivka 11 W		Komp. zářivka 14 W	
			Φ _n = 700 lm		Φ _n = 600 lm		Φ _n = 820 lm	
			U _φ	Φ	U _φ	Φ	U _φ	Φ
[h]	Datum	č.měření/vzorek	[V]	[lm]	[V]	[lm]	[V]	[lm]
1135,0	3.5.2012	11/1	0,00	0,0	1,26	580,0	1,59	729,0
		11/2	1,27	581,8	1,24	569,4	1,58	728,5
		11/3	0,00	0,0	1,21	558,3	1,58	728,5
		11/4	1,27	582,3	1,20	553,3	1,63	747,8
		11/5	0,00	0,0	1,21	554,7	1,58	728,5
		11/průměr		582,0		563,1		732,5
1248,5	10.5.2012	12/1	0,00	0,0	1,30	598,8	1,58	727,6
		12/2	1,29	593,3	1,23	564,8	1,59	732,7
		12/3	0,00	0,0	1,21	557,4	1,60	735,4
		12/4	1,24	570,3	1,20	553,9	1,65	759,5
		12/5	0,00	0,0	1,21	554,2	1,60	733,6
		12/průměr		581,8		565,8		737,7