



Měření spotřeby elektrické energie na svítidle řízeném protokolem DALI

Ročníkový projekt

Studijní program: B 2646 – Informační technologie
Studijní obor: 1802R007 – Informační technologie

Autor práce: **Lukáš Souček**
Vedoucí práce: Ing. Martin Černík Ph.D.





Measurement of power consumption on the light fitting controlled by DALI protocol

Project report

Study programme: B 2646 – Information technology
Study branch: 1802R007 – Information technology

Author: Lukáš Souček
Supervisor: Ing. Martin Černík Ph.D.



Tento list nahradťte
originálem zadání.

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na můj ročníkový projekt se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mého ročníkového projektu pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li ročníkový projekt nebo poskytnu-li licenci k jeho využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Ročníkový projekt jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mého ročníkového projektu a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Abstrakt

Práce se zabývá měřením spotřeby elektrické energie na svítidle řízeném protokolem DALI. Práce popisuje několik základních systémů ovládajících osvětlení a jejich vývoj, zkoumá závislost mezi skutečným elektrickým příkonem a nastavovanou hodnotou DALI. Ke konci srovnává změřené hodnoty s realitou a ověřuje je.

Klíčová slova: měření, elektrická spotřeba, elektrická energie, protokol DALI, svítidlo, příkon

Abstract

The work deals with the measurement of electricity consumption on a DALI-controlled luminaire. The work describes several basic lighting control systems and their development, examines the dependence between the actual electric power input and the set DALI value. By the end, it compares the measured values with reality and verifies them.

Key words: measurement, electrical consumption, electrical energy, protocol DALI, luminaire, power consumption

Obsah

Seznam zkratek	7
1 Úvod	8
2 Světelné systémy	9
2.1 Vývoj světelných systémů	9
2.2 Ovládání systémů	9
2.3 Protokol DALI	10
2.4 Ostatní protokoly	10
2.4.1 KNX	10
2.4.2 0-10 Voltů	10
2.5 Společné vlastnosti a součástky protokolů	11
2.5.1 Dimmer	11
2.5.2 Předřadník	12
3 Elektrická spotřeba	14
3.1 Význam	14
3.2 Metody měření	15
4 Praktická komunikace s DALI	16
4.1 Prostředí pro práci	16
4.2 Možnosti nastavení	18
5 Měření spotřeby na zářivce	19
5.1 Popis měření	20
5.1.1 Ověření hodnot	20
5.2 Výsledky měření	22
5.3 Realita	22
6 Závěr	24
Literatura	25

Seznam zkratek

DALI	Digital Addressable Lighting Interface
VA	VoltAmpéry
W	Watty
var	Voltampér reaktanční
V	Volty
A	Amperes
E	Elektrická energie
kWh	kilowatty za hodinu

1 Úvod

Tuto práci jsem si vybral za účelem seznámit se s ovládáním světelných zařízení a dozvědět se více o způsobu měření spotřeby, které lze využít nejen u světel, ale i u elektrických zařízení v domácnosti. Vzhledem k tomu, že se s jejich rozvojem zvyšují i nároky na spotřebu elektrické energie, je měření celkové spotřeby aktuálním tématem.

Možnosti jak komunikovat se zařízeními se značně rozšířily, především v oblasti světel, kde je spousta firem poskytujících zajištění bezproblémového chodu s využitím různých systémů, které chci ve své práci zmínit mimo systém DALI, který je velkým trendem poslední doby.

Rád bych měřením na světelném zařízení zjistil, jakým způsobem se toto zařízení chová a uvědomil si význam naměřených veličin. Z dokumentováním výsledků bych chtěl potvrdit či vyvrátit domněnky, které z průběhu měření mohou vyplynout.

2 Světelné systémy

Systémy světel umožňují naši civilizaci zajistit především bezpečnost a možnost regulovat osvětlení dle potřeby. Efektivně lze využít i sjednocení různých systémů dohromady, což je popsáno v kapitole 2.2. Kromě toho je také nezbytné nadále rozvíjet možnosti využití dalším rozvojem rozepsaným níže.

2.1 Vývoj světelných systémů

Samotné světelné systémy začaly vlastně již s příchodem prvních elektrických lamp v 19. století. Začínaly osvětlovat ulice, a ač ještě neexistovaly žádné počítačové systémy či něco podobného, tak systém pouličního osvětlení byl velký počin pro celé lidstvo. S možností využít co nejvíce potencionál ovládání těchto systémů přišla možnost síťové manipulace ve 20. století za pomoci počítačů, aktuálně také i mobilů a jiných podobných elektronických zařízení.

2.2 Ovládání systémů

Síťově ovládané světelné systémy jsou řešením umožňující za pomocí síťového připojení propojit jednotlivá světelná zařízení a jejich ovládací prvky (spínače) v jednotný systém, který pak lze ovládat pomocí určitého protokolu. Toto propojení nám umožní ušetřit elektrickou energii a zároveň zefektivnit ovládání jednotlivých zařízení. Dále tyto systémy poskytují velké množství funkcí jako je regulování osvětlení za pomocí detekce pohybu, plánování intenzity osvětlení dle denní doby či zobrazení informativních statistik osvětlení (výkon, spotřeba). [1] [2]

2.3 Protokol DALI

Nejvýznamnějším protokolem používaným v této době je DALI. V podstatě se jedná o rozhraní umožňující využít stmívatelných předřadníků od různých výrobců. DALI je zároveň i jednoduchá forma jak komunikovat s různými komponentami v oblasti světelné technologie. Neexistují zde speciální požadavky pro vedení kabeláže datových kabelů, takže není potřeba instalovat omezovací rezistory pro kably kvůli ochraně před odrazy. S větší flexibilitou a zjednodušením instalace v řadě různých aplikací DALI pomalu nahrazuje Analogové rozhraní 1-10 Voltů, které je aktuálně nejběžnějším standardem pro stmívače elektronických předřadníků. [3]

2.4 Ostatní protokoly

2.4.1 KNX

KNX protocol se vypořádává s problémy izolování zařízení zajištěním komunikace v jednom společném jazyce. Za pomocí KNX média, ke kterému jsou připojena všechna sběrnicová zařízení si lze vyměňovat různé informace. Sběrnicová zařízení mohou být senzory či akčními členy (aktuátory) potřebné pro řízení zařízení spravující různé funkce budov, např. ventilační systémy, monitorovací systémy či ovládání světel. Všechny tyto funkce můžou být kontrolované i monitorovány jednotným systémem bez nutnosti potřeby dalšího centra ovládání. [4]

2.4.2 0-10 Voltů

Jedná se o analogové ovládání pomocí určitého signálu. Protokol 0-10 Voltů jak již název napovídá, aplikuje voltáž mezi nulou a deseti Volty pro ovlivnění intenzity osvětlení. Existují 2 typy standardu ovládání dle tohoto protokolu, první z nich byl používaný pro divadelní osvětlení. Modernější a dodnes používaný typ najde uplatnění u řízení stmívacích předřadníků. Aktuální používaný typ vyžaduje, aby předřadník poskytoval plný výkon světla, pokud bude napětí na maximu. Minimum světla, ideálně žádné poskytuje předřadník pokud je napětí 1 volt či méně, tyto vlastnosti minima a maxima se však můžou u každého zařízení lišit. [5]

2.5 Společné vlastnosti a součástky protokolů

Využití několika vlastností, jako je kupříkladu napájení samotné, je společnou vlastností všech zmíněných protokolů, využívajících elektrickou síť jako zdroj energie. Další společnou vlastností je nahraditelnost protokolů, především u DALI a 0-10 Voltů, které se můžou vyměnit navzájem. S použitím zmíněných protokolů lze využít zařízení jako je Dimmer či Ballast popsané níže, která umožňují efektivní a užitečnou komunikaci s dalšími světelnými zařízeními.

2.5.1 Dimmer

Součástka dimmer je stmívač ukrytý zpravidla pod krytem určitého spínače ovládajícího světlo. Světelný stmívač pracuje v podstatě tím, že vysekne části ze střídavého napětí. To umožňuje přenášet pouze části křivky na lampa či žárovku. Čím více takovýchto nasekaných křivek, tím větší jas. Pokud se na takovéto části podíváme, uvidíme písmeno zploštělé písmeno s, viz. obr. 2.4. Původní neosekaná křivka je na obr. 2.3.

Existují zpravidla 2 typy stmívačů. Dříve se využíval typ, který měl v sobě rezistor nebo velký transformátor. Tento stmívač měl ručně ovládané kolečko nastavující úroveň výstupu, viz obr. 2.1. Byl však velmi neefektivní - drahý a velký zároveň. Moderní stmívače mající v sobě triak a tyristor se pouze zapnou či vypnou, a proto nemají takovou spotřebu, jsou kompaktnější a levnější.



Obrázek 2.1: Otočný stmívač

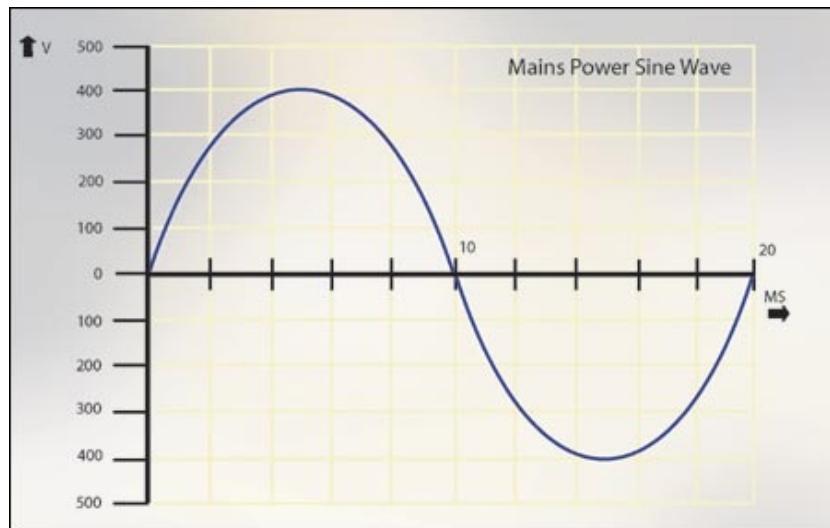
2.5.2 Předřadník

Předřadník má zpravidla 2 hlavní funkce. Jednou z nich je zapnutí daného spotřebiče, využívá se toho především u zářivek, kde jsou trubice - výbojky, které mají v sobě stlačené plyny. Druhou funkcí je ovládání operací, které se můžou vykonat, jako je zhasnutí, rozsvícení či plánování kdy bude dané svítidlo svítit a jak dlouho. Dříve se využívalo magnetických předřadníků. Princip byl celkem jednoduchý, proud probíhal skrz cívky měděného drátu, po vystavení mědi tomuto proudu se vytvořilo magnetické pole, zachytávající většinu proudu proudícímu k žárovce, tímto způsobem se regulovalo osvětlení.

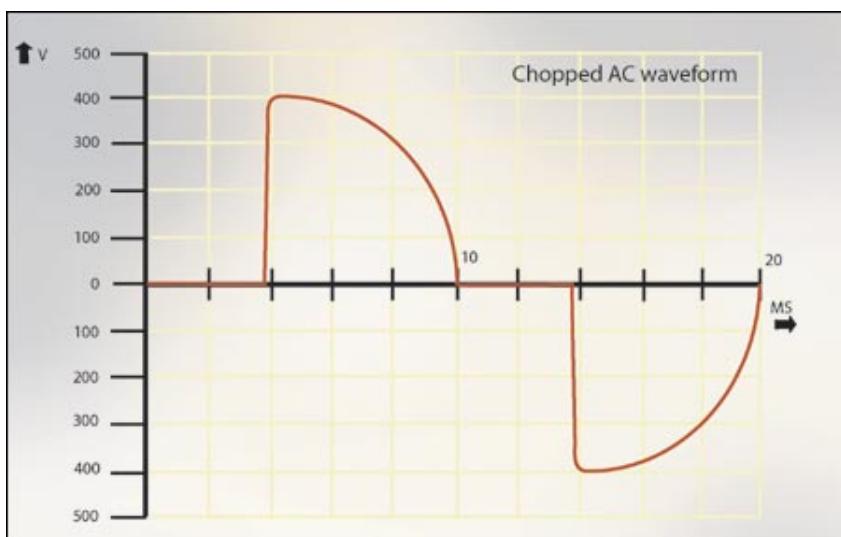
Avšak s nástupem elektronických předřadníků, které jsou v současné době hojně využívané se magnetické staly pouhou vzpomínkou. Nynější předřadníky mění tok elektřiny za pomocí cívek v sérii, oddělených od sebe. Zároveň cívky mění frekvenci elektrického proudu bez změny napětí. To umožňuje kmitání takovou rychlosťí, že žárovky neblikají, na rozdíl od magnetických předřadníků, kde frekvence byla omezená přibližně na 60 Hz, což občas způsobovalo blikání a i bzučení žárovek. Elektronický předřadník také umožňuje stmívat světelné zařízení, čímž vlastně částečně nahrazují stmívače. Hlavním rozdílem obou druhů je v efektivitě, elektronické mají schopnost rozsvítit více výkonnější zářivky. Na obr. 2.2 lze vidět ukázkou předřadníku značky Helvar, v této práci byl využit předřadník od firmy OSRAM.



Obrázek 2.2: Předřadník



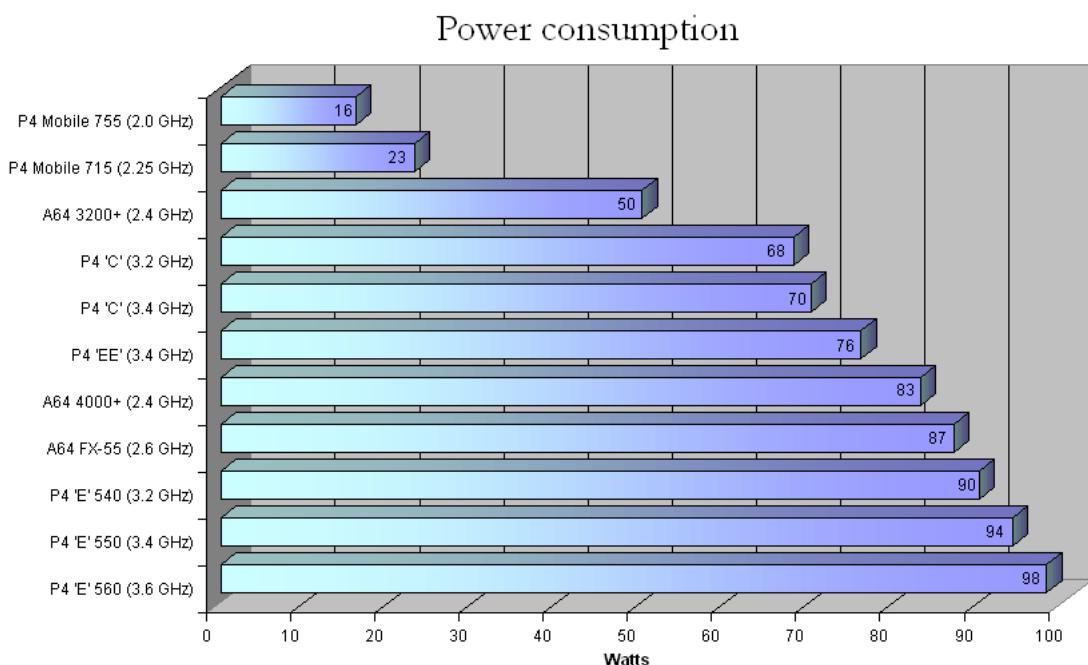
Obrázek 2.3: Sinusová křivka



Obrázek 2.4: Osekaná sinusová křivka

3 Elektrická spotřeba

Spotřebovaná energie se využívá v různých odvětvích a jedním z nich je právě elektrická spotřeba. Vyjadřuje, jak moc velkou elektrickou energii využívá dané zařízení za určitou jednotku času. Na obrázku 3.1 je vidět ukázka příkonu procesorů v mobilních zařízeních. [6]



Obrázek 3.1: Spotřeba energie mobilních zařízen

3.1 Význam

Z hlediska zjištění ceny je nezbytné znát, jak velká je spotřebovaná energie ať už se jedná o nějakou společnost či domácnost. Je zároveň druhou nejvyužívanější energií hned po dopravním odvětví. Dále umožňuje statistickému úřadu zjistit spotřebu domácností za rok, aby dodavatelé elektrické energie věděli, zda je možné poskytnout potřebné množství odběratelům. [7]

3.2 Metody měření

Aby se dalo vůbec začít měřit, je třeba znát několik důležitých veličin. Jednou z nich je Příkon (činný výkon), který se měří ve Watttech pomocí Wattmetru. Jelikož se měří činný výkon, který je elektrickou energií, která se za určitý čas přemění v užitečnou práci a vypočítá se dle vztahu $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$, kde U a I jsou efektivní hodnoty napětí a proudu (hodnoty změřené ampérmetrem a voltmetrem) a $\cos \varphi$ je účiník určující účinnost přenosu energie ze zdroje střídavého proudu do spotřebiče, vypočítává se dle vzorce $\lambda = P/S$. kde P značí změřený činný výkon a písmeno S výkon zdánlivý.

Vynásobením změřeného proudu i napětí $Pz = U * I$. zařízení dostáváme zdánlivý výkon představující výkon, který se dopravuje ke spotřebiči, zdánlivý je proto, že se nezapočítávají ztráty, jeho jednotkou jsou Voltampéry VA . Posledním výkonem ve střídavých obvodech je jalový výkon - jednotka *var* vyjadřující přelévání výkonu tam a zpět, výpočet má podobný jako činný výkon, jen se počítá se sinusovou složkou, pro měření se musí pootočit napětí na napěťové cívce wattmetru. Pro výslednou spotřebu stačí vědět ještě čas, po který je měřené zařízení zapojeno a vynásobením příkonem dostáváme Elektrickou energii $E = P * t$ jejíž jednotkou jsou Watthodiny.

Dobrý způsob je také specifické změření měřičem spotřeby elektrické energie, který přesně změří spotřebu daného spotřebiče, jediné co stačí je zapojit měřič do zásuvky a následně jakékoliv elektrické zařízení zapojit do něj. Poté by se na displeji měly zobrazit hodnoty spotřeby energie v kilowatech za hodinu - kWh a i předpokládané výdaje za spotřebu po dni či měsíci, viz obr. 3.2. [8]



Obrázek 3.2: Měřič spotřeby energie

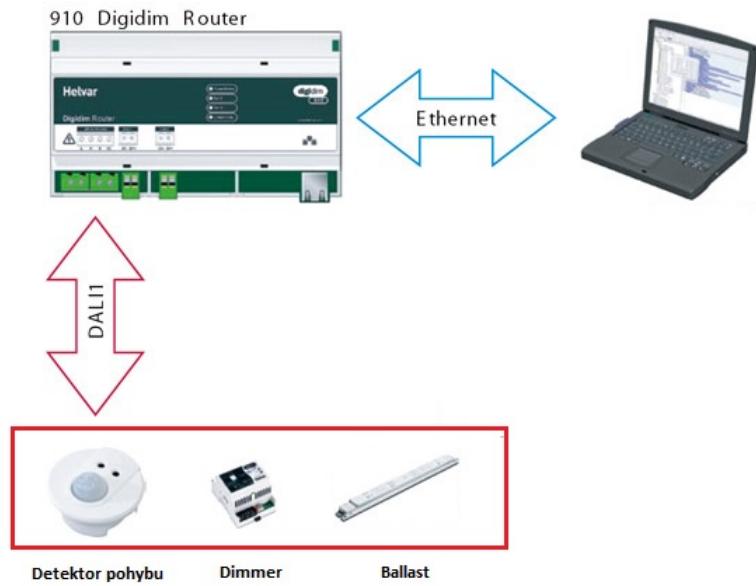
4 Praktická komunikace s DALI

V této části kapitoly se zaobírám praktickou manipulací se zařízeními za pomocí protokolu DALI, konkrétně prací v programu pro komunikaci s možností různých nastavení. Tímto se docílí zautomatizování veškerých úkonů, které jsou více než nutné v obrovských prostorách různých firem. Je nezbytné mít v systému router (kontrolní jednotku) umožňující ovládat jak samotná světla, tak ale i celý světelný komplex. S touto možností lze samozřejmě z pohodlí domova také ovládat světelný systém, pokud je počítač či notebook připojený kabelem k routeru k internetu, nejen k lokální síti. Na obr. 4.1 lze vidět připojení systému DALI pomocí routeru k počítači - rozhraním Ethernet, struktura je celkem jednoduchá, počítač posílá signál na router a ten ji přeposílá danému zařízení datovými kably DALI se správnou IP adresou, která je součástí signálu.

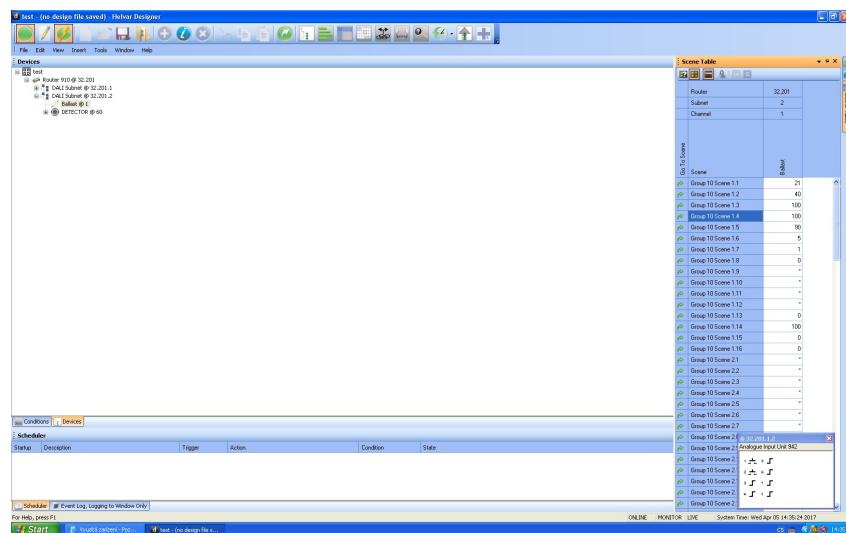
Následně konkrétní zařízení(dimmer, ballast, detektor prezence) vykoná dle informace co přijde specifickou činnost, v našem případě není zapojena druhá linka DALI 2 pro připojení dalších zařízení při překročení kapacity u DALI 1. Pokud chceme využít více routerů pro ovládání obrovského množství světelných prvků, je třeba nejdříve připojit počítač ke switchi, který zajistí komunikaci mezi více kontrolními jednotkami a počítačem. [9]

4.1 Prostředí pro práci

Před seznamováním se s prostředím, ve kterém jsem začínal pracovat se muselo zkontolovat propojení se systémem DALI, aby byla zajištěna funkčnost komunikace mezi PC a zařízeními. Abych se vůbec dostal k nastavování jednotlivých komponent muselo se zadat bezpečnostní heslo nutné pro editaci nastavení zařízení a nejen zobrazování jejich vlastností. Hned na úvodní obrazovce mě udivila komplexnost tohoto programu, viz obr 4.2, který není jen pro klasické stmívání, ač jsem si myslел původně něco jiného. Samotná grafická stránka programu je uživatelsky příjemná a vcelku jednoduchá. Seznam zařízeních zobrazených v okně Devices zobrazuje nejprve samotný a k němu přiřazená jednotlivá světelná zařízení, v tomto případě, jak lze vidět z obrázku 4.2 2 zařízení každé s rozdílnou IP adresou pro jednoznačnou identifikaci, nejprve ballast zajišťující regulování zářivek a také detektor pohybu, to vše je zapojeno v jedné podsíti, zatímco malá LED žárovka je v druhém. S každým zařízením lze nadále pracovat dle možností funkcí, které poskytuje.



Obrázek 4.1: Propojení systému DALI



Obrázek 4.2: Helvar Designer

4.2 Možnosti nastavení

Nastavení v programu Helvar Designer bylo potřeba pečlivě hlídat s ohledem na jednotlivá zařízení, aby nedošlo k případné interferenci mezi nastaveními. Šlo velmi efektivně využít zapnutí světel v určitou dobu, reakce světel byla přibližně okolo jedné sekundy, lehce se také manipulovalo s intenzitou osvětlení pomocí ballastu, které se pak využilo v kapitole měření spotřeby a i při nižším osvětlení byly světelné podmínky dostatečné, rozdíl byl znát až při nějakých 30 procentech výkonu zářivky.

Sjednocení komponent do jednotlivých skupin bylo jednou z nejlepších možností jak zajistit ovládání více zařízení najednou nastavováním různých scén v dané skupině. Router, se kterým jsem komunikoval lze vidět na obr. 4.3, kde je vidět na pravé straně černý kabel jdoucí do napájení a horním otvorem jde propojovací kabel Ethernet napojený do počítače, v levé části lze vidět kabeláž vedoucí k samotným světelným zařízením.

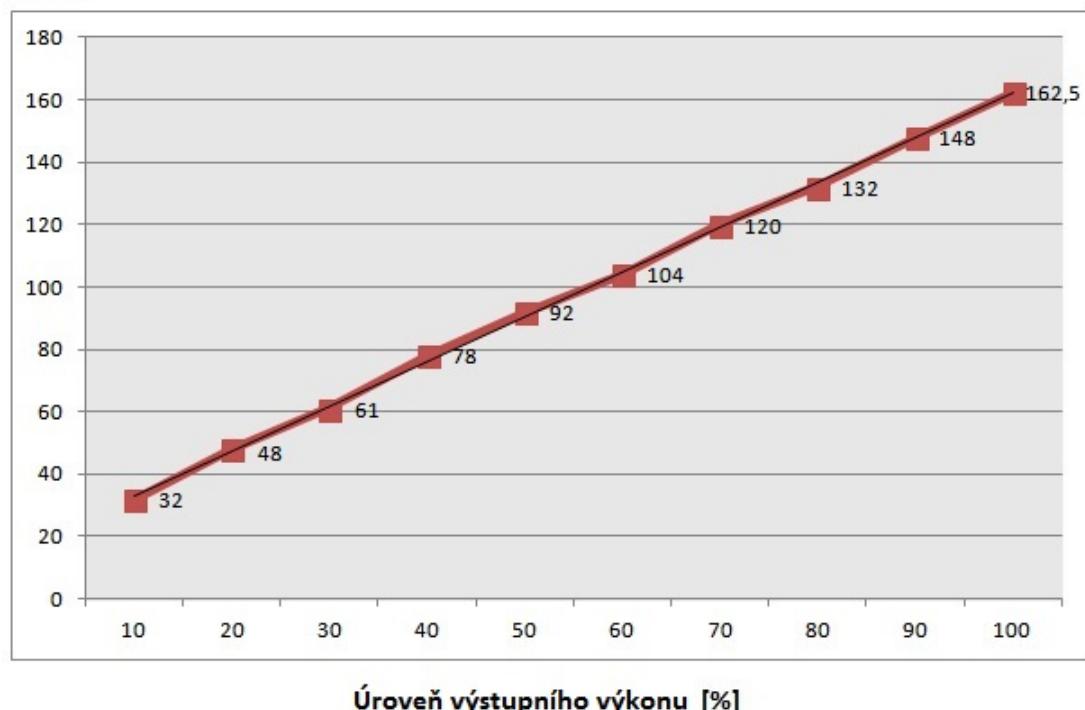


Obrázek 4.3: Dali Digidim Router

5 Měření spotřeby na zářivce

Měřením spotřeby se začalo po úspěšném osvojení možností, které systém DALI poskytuje. Před samotným měřením se ověřila funkčnost veškerých použitých zařízení včetně počítače a také správnost zapojení samotného obvodu. Zářivka se žhavícími elektrodami, která se k měření využila, pracuje na principu ionizaci rtuťových par při průchodu elektrického proudu a část dodané elektrické energie se přemění na neviditelné ultrafialové záření. Vnitřní stěny trubice zářivky mají tenkou vrstvu luminoforu, který toto záření přemění na viditelné světlo.

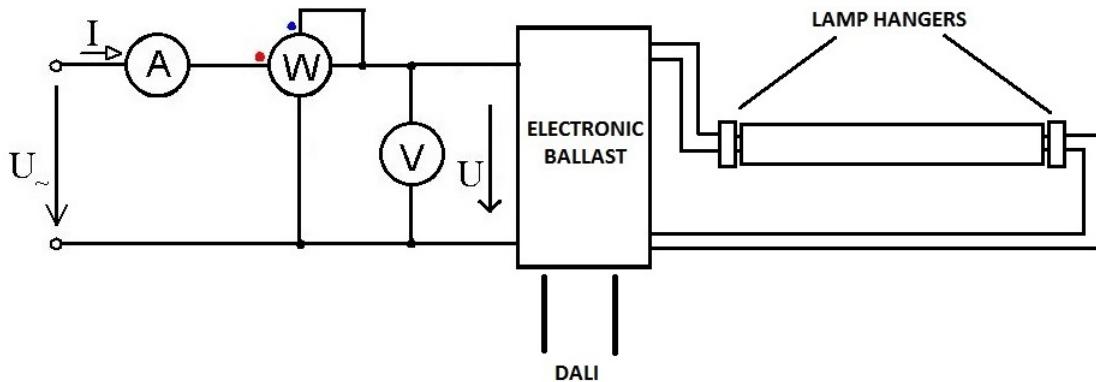
Činný výkon [W]



Obrázek 5.1: Průběh činného výkonu

5.1 Popis měření

Se začátkem měřením se začalo nejprve s činným výkonem u zářivky, pomocí Wattmetru - obr. 5.3a připojeného dle schématu na obr. 5.2, který bylo třeba přepínat na větší rozsah při vyšších výkonech zářivky, aby nedošlo k přetížení, a také se zapojením druhého měřícího přístroje, Ampérmetru - obr. 5.3b, na zjištění velikosti protékajícího proudu, poté jsem připojil i kleštový ampérmetr, pro změření proudu se musel vodič, kterým protéká proud několikrát namotat pro vysokou přesnost měření, pro měření činného výkonu toto nebylo třeba, poslední, kontrolní měření proběhlo připojením oscilátoru mezi počítač a napojením na obvod, což umožnilo sledovat průběh funkce na počítači. Na obr. 5.1 lze vidět lineárně vzrůstající hodnoty činného výkonu, v závislosti na výši výkonu, který se zjišťoval postupným zvyšováním intenzity osvětlení přes počítač skrz protokol DALI a odečítáním z displeje obou zmíněných měřáků, zároveň jsem si získané údaje zapisoval do sešitu pro vypočítání dalších nezbytných veličin (Zdánlivý výkon, Účiník). Maximální hodnota 162,5 W celkem odpovídala udávanému příkonu na zářivce (160 W).



Obrázek 5.2: Schéma zapojení

5.1.1 Ověření hodnot

Ověřování hodnot probíhalo v rámci měření, kdy se sledovala hodnota na dvou měřících jednotkách a porovnávala se mezi sebou, dále se také nahlíželo na hodnoty činného výkonu z programu Helvar Designer, které však nebyly zcela korektní, jak jsem opakováním měření zjišťoval. Hodnoty se celkem nelišily, rozdíly byly v řádech procent.

U nízkých hodnot osvětlení byla vypočtena malá hodnota účiníku, která se vzrůstající intenzitou osvětlení zvyšovala, to mě vedlo k zamýšlení, zda nevzniká v systému nějaký úbytek napětí, údaje z osciloskopu podezření potvrzily, Srovnáním těchto údajů lze vidět rušivé vlivy zapříčňující menší efektivitu světelného zařízení, jak je zřejmé z obr. 5.5 při výkonu 10 procentech zářivky na rozdíl od téměř hladkého průběhu proudu při výši výkonu na 50 procentech - viz obr. 5.6. Projevy rušení byly znát i na hodnotách vypočítaného účiníku - obr. 5.4

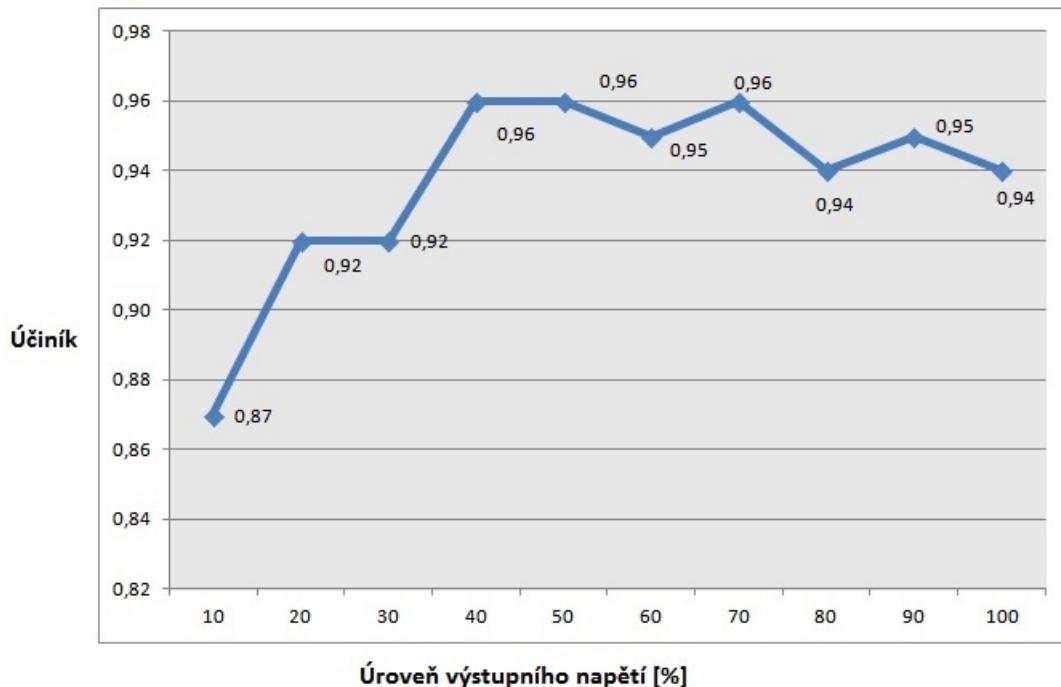


(a) Wattmetr



(b) Ampermetr

Obrázek 5.3: Zapojení wattmetru a ampérmetru



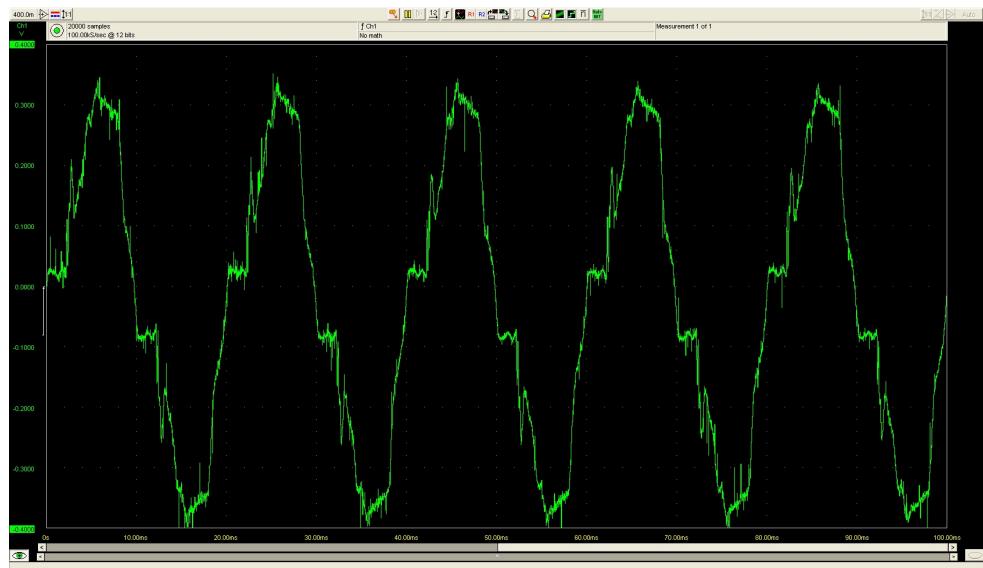
Obrázek 5.4: Průběh účiníku

5.2 Výsledky měření

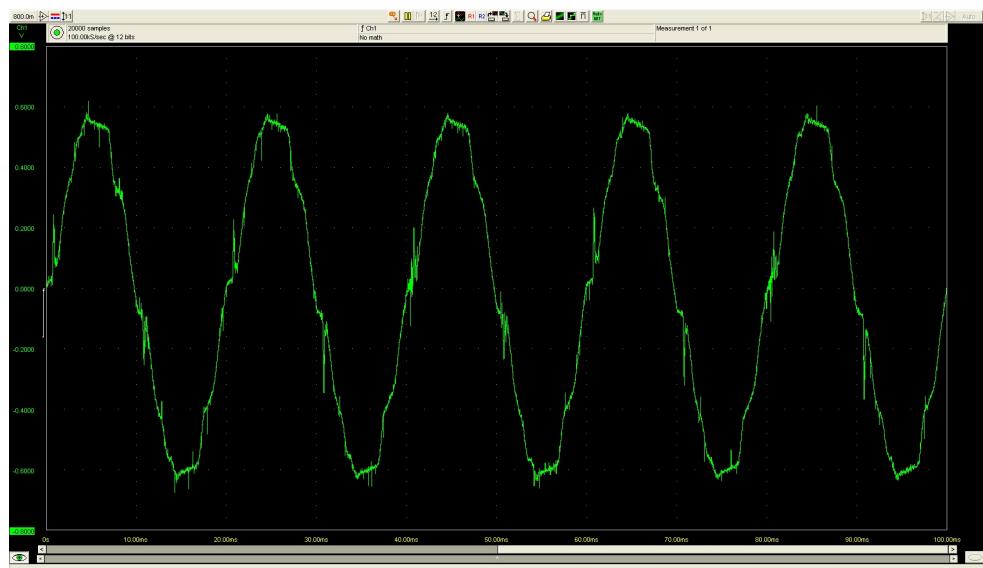
Seznámením se s prostředím ve kterém se dá pracovat s DALI, jeho ovládáním a celkovým propojením mi umožnilo lépe pochopit chod světelných systémů a umožnilo si prakticky vyzkoušet měření samotné spotřeby na jednom ze světelných zařízení. Efektivita využití při měření byla dosti velká, ztrát se dosáhlo pouze při nízkém osvětlení, což způsobilo deformaci průběhu napětí a ovlivnilo hodnoty účiníku, který byly nízké. Hodnoty proudu tímto způsobem však ovlivněny příliš nebyly.

5.3 Realita

Srovnáním získaných výsledků jsem zjistil, že hodnoty změřeného činného výkonu a protékajícího proudu odpovídaly realitě vzhledem k již zmíněnému lineárnímu průběhu se současnou kontrolou více měráky naráz. Hodnoty poskytnuté předřadníkem byly mírně zkreslené a mírně zavádějící, lišily se od naměřených hodnot v řádu desítek procent. Deformace průběhu proudu také značí věrohodnost, kdy se mnohdy stane, že dané zařízení se nechová vždy dle očekávání (s minimálním rušením).



Obrázek 5.5: Průběh proudu při úrovni 20 procent výkonu



Obrázek 5.6: Průběh proudu při úrovni 50 procent výkonu

6 Závěr

Cílem mé práce bylo prozkoumání ovládání světel za pomocí protokolu DALI společně s měřením spotřeby. Seznámení se systémem DALI mi umožnilo vyzkoušet si práci se světelnými zařízeními, což ve výsledku koresponduje s praktickým řízením světel ve firmách.

S programem Helvar Designer se mi povedlo naučit se základní funkce řízení světel přes pouhé osvětlení místnosti až po rozsvěcování při detekci pohybu, chvíli trvalo porozumět různým nastavením a jejich významu, ale nakonec přišly kýžené výsledky. Po strávení většiny času s tímto programem jsem se rozhodnul pro měření pouze na jediném svítidle, konkrétně zářivce z důvodu časové tísně.

Patřičné prostudování principů měření jednotlivých výkonů, mi umožnilo vrhnout se s chutí na praktickou část. Zapojením obvodu pro měření veškerých podstatných veličin jsem se dobral ke kýženému měření. Přístroje, se kterými jsem měřil mě nezklamaly a umožnily mi změřit potřebné údaje. Ve výsledku jsem zjistil, že zářivka s předřadníkem se chová lineárně, ale jako každé zařízení měla své vady, když při menším výkonu vykazovala vyšší ztráty.

Zpracováním této práce jsem si dokázal, že jsem schopen zvládnout i něco nového a neznámého a rozšířit si mé obzory v oblasti zapojování elektrických obvodů a komunikace se světelnými zařízeními.

Literatura

- [1] Daintree Networks. Smart-lighting. <http://www.daintree.net/wp-content/uploads/2014/02/smart-lighting.pdf>, 2010. [Online; accessed 19-April-2017].
- [2] Wikipedia. Lighting control system — Wikipedia, the free encyclopedia. <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Lighting%20control%20system&oldid=759479461>, 2017. [Online; accessed 18-April-2017].
- [3] DALI AG. DALI manual. http://www.dali-ag.org/fileadmin/user_upload/pdf/news-service/brochures/DALI_Manual_engl.pdf, 2001. [Online; accessed 2-May-2017].
- [4] KNX Associaton. What is KNX? <https://www.knx.org/knx-en/knx/association/what-is-knx/>, 2014. [Online; accessed 3-May-2017].
- [5] Lutron. 0-10 Volts. <http://www.lutron.com/en-us/education-training/documents/10v.pdf>, 2012. [Online; accessed 3-May-2017].
- [6] Wikipedia. Electric energy consumption — Wikipedia, the free encyclopedia. https://simple.wikipedia.org/w/index.php?title=Power_consumption&oldid=5400261, 2016. [Online; accessed 02-May-2017].
- [7] Kalkulačka energie. Jak na výpočet spotřeby elektřiny. <http://kalkulackaenergie.com/jak-na-vypocet-spotreby-elektriny/>, 2016. [Online; accessed 2-May-2017].
- [8] Fyzika 007. Výkon ve složených obvodech střídavého proudu. <http://www.fyzika007.cz/elektrina-a-magnetismus/stridavy-proud/cinny-vykon-stridaveho-proudu>, 2017. [Online; accessed 22-May-2017].
- [9] [3]Designer Help File. Helsinki HELVAR OY AB . <http://www.fyzika007.cz/elektrina-a-magnetismus/stridavy-proud/cinny-vykon-stridaveho-proudu>, 2017. [Online; accessed 22-May-2017].