



TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

Tootmise automatiseerimine

TALLINNA VANALINNALE KOHANDUVA LINNA VALGUSTUSE PROJEKTEERIMINE JA LOOMINE

DESIGN AND CREATION OF CITY ADAPTABLE LIGHTING TO
OLD TALLINN

LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Artjom Nekljudov

Üliõpilaskood: 178672 RDDR84

Juhendaja: Juri Bõlov

Kohtla-Järve, 2021

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplom taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." 201.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." 201.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE

Tänavavalgustus on oluline infrastruktuuri osa, mis tagab kogukondades turvalisuse. Kuna elektri hinnad on viimastel aastatel pidevalt tõusnud, tuleb kasutada energiatõhusaid valgustussüsteeme.

Praegu on uutes tänavavalgustusvõrkudes kasutusele võetud keerukamad ja multifunktsionaalsed juhtimissüsteemid, mille puhul vähendatakse valgustite väljundvõimsust öösel, vähendades seeläbi valgusti poolt kiiratatavat valgusvoogu ja säästes palju elektrienergiat. Kaugjuhtimissüsteemid, millega saab juhtida valgusti grupe või juhtida üksikuid valgusteid eraldi, muutuvad populaarsemaks.

Antud töö teema on aktuaalne, sest välisvalgustuse rekonstrueerimise vajadus on vältimatu. Arvestades, et renoveerimistööd on juba alanud - LED-nutivalgustusvõrke tuleb järjest juurde, on oluline, et need oleksid projekteeritud vastavalt normidele ja standarditele ning oleksid ka võimalikult energiasäästlikud.

Adaptiivne tänavavalgustuse juhtimine on süsteem, mis hõlmab intelligentsete platvormide poolt juhitud spetsiaalsete valgustusseadmete kasutamist. See võimaldab kohandada valgustugevust vastavalt välistingimustele ja kasutaja vajadustele, mis aitab kaasa energiasäästule, suurendab ohutust halva nähtavuse tingimustes.

Kohanduva valgustuse aktuaalsus on energiatõhususe tõstmine. Selline süsteem on peaaegu täielikult autonoomne ja võimaldab salvestada ka energiatarbimist, läbipõlenud lampide arvu. Kuna side toimub traadita võrgu kaudu (3G/4G modemid), saab valgustust juhtida peaaegu kõikjal ja mis tahes Interneti-ühendusega seadmest.

Näiteks Eliko adaptiivne valgustussüsteem. SmartELI on modulaarne tänavavalgustuse juhtimissüsteem, mis muudab valgustid energiasäästlikumaks ja vähendab hoolduskulusid. See kasutab IP (Internet Protocol) aadressidel põhinevat traadita sidet. See süsteem võimaldab autonoomsetel valgustustaristutel muutuda asjade Interneti (Internet of Things) sõlmedeks, st edastada andmeid füüsiliste objektide vahel.

Hetkel on see juhtimissüsteem kasutusel Tallinnas Kalaranna tänaval ja Viru tänaval. See reguleerib valgustust ning kogub ja annab reaajas teavet sõidukite ja jalakäijate arvu kohta. Traadita võrku on integreeritud erinevad andurid tänava kohta lisaandmete saamiseks. Seda tehakse kommunaalteenuste parandamiseks – jalakäijate kaitsmiseks, müraaaste vähendamiseks, elektritarbimise vähendamiseks jne.

Lumoflexi süsteem kasutab juhtmevaba võrgu topoloogiat. See tagab otsese suhtluse kõigi sõlmede vahel. Nad kõik saavad andmeid saata ja vastu võtta. Tasane topoloogia tähendab, et puudub keskne tõrkepunkt – iga sõlm võib toimida lõppseadme ja ruuterina. See võimaldab võrgul ise konfigurereida ja ise paraneda – sõlme rikke korral jätkab kogu võrk tööd. Iga üksiku valgusti tööd ei juhi mitte keskserver, vaid valgustikontroller ise.

Tänu linnavalgustuse adaptiivse juhtimise tehnoloogiate arengule on võimalik paigaldada ja luua kõrge energiatõhususega valgustusvõrke. Tarbides mõistlikul hulgal elektrit, väheneb CO₂ emissioon ja tekib vähem valgusreostust.

Adaptiivse juhtimissüsteemide eeliseid on tunda juba praegu - Tallinna vanalinn on ühendatud Citynteli programmeeritava Lumoflex süsteemiga. Võrgutopoloogiat kasutades - iga sõlm võib toimida lõppseadme ja ruuterina, on igal kinnitusel võimalus võrku ise konfigurereida ja ise ravida.

Praegu moodustavad ligi kolmveerand Tallinna valgustusvõrgust vanaaegsed valgustid. Pidevalt viiakse ellu uusi projekte, mille eesmärk on nende järkjärguline asendamine. Kohanduvad valgustussüsteemid ei paranda mitte ainult linnas liikumise ohutust, vaid vähendavad ka keskkonna valgusreostust, täidavad esteetilist funktsiooni. Valgustusoperaatorite seisukohalt on sellistel süsteemidel tõhusaks ja säästlikuks kasutamiseks, jälgimiseks ja aruandluseks vajalikud funktsioonid.

TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane:

Õppekava, peeriala: RDDR84 - Tootmise automatiseerimine

Juhendaja(d): *Juhtiv tehnikaspetsialist*, Juri Bõlov, juri.bolov@taltech.ee

Konsultant: Aleksei Lutsenko, välisvalgustuse tööjuhataja,
aleksei.lutsenko@enersense.com, +372 520 5383

Lõputöö teema:

(eesti keeles) "Talinna Vanalinnale kohanduva linna valgustuse projekteerimine ja loomine"

(inglise keeles) "Design and creation of city adaptable lightning to Old Tallinn"

(vene keeles) «Разработка и создание адаптивного городского освещения Старого города в Таллинне»

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Описание технологий адаптивного городского освещения
Adaptiivse linnavalgustuse tehnoloogiate kirjeldus
2. Анализ преимуществ и недостатков адаптивного городского освещения
Adaptiivse linnavalgustuse eeliste ja puuduste analüüs
3. Проектирование адаптивного освещения для Старого города в Таллинне
Tallinna Vanalinna adaptiivse valgustuse loomine

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Lõputöö ülesandelehe esitamise tähtaeg lõpetajatele.	01.10.2021
2.	Linnavalgustuse tööpõhimõtte kirjeldus	13.10.2021
3.	Adaptiivse linnavalgustuse SWOT-analüüs	20.10.2021
4.	Adaptiivse linnavalgustuse projekteerimine ja koostamine	05.11.2021
5.	Eelkaitsmine	13.12.2021

Töökeel: Vene keel	Lõputöö esitamise tähtaeg:	"....."	20.....a
Üliõpilane:		"....."	20.....a
	/allkiri/		
Juhendaja: Juri Bõlov		"....."	20.....a
	/allkiri/		
Konsultant:		"....."	20.....a
	/allkiri/		
Programmijuht:		"....."	20.....a
	/allkiri/		

Содержание

Предисловие	8
Список сокращений и обозначений.....	9
Введение	10
1 Городское уличное освещение.....	11
1.1 Принцип работы уличного освещения	12
1.2 Методы управления уличным освещением	13
2 Метод адаптивного управления уличным освещением	14
2.1 Система адаптивного освещения SmartELI	16
4 Система управления адаптивным освещением Lumoflex	21
4.1 Компоненты системы Lumoflex	22
4.2 Протокол DALI	25
4.3 Установка осветительного прибора для системы адаптивного уличного освещения	26
4.4 Настройка и подключение системы Lumoflex.....	34
Заключение	37
Список используемой литературы.....	38

Предисловие

Данная работа была предложена ведущим техническим специалистом Вирумааского колледжа Таллиннского Технического университета Юрием Быловым, а также выполнена под его руководством. В работе были использованы материалы из общедоступных Интернет-источников, книг. Также использовались материалы, техническая информация, предоставленная консультантом Алексеем Луценко – руководителем работ по наружному освещению в фирме Enersense AS.

Автор работы выражает большую благодарность своему научному руководителю Юрию Былову, который внес большой вклад в ее написание.

Список сокращений и обозначений

- МЭА – Международное энергетическое агентство
- IoT - Internet of Things
- mesh-сеть - сетевая топология компьютерной сети, построенная на принципе ячеек, в которой рабочие станции сети соединяются друг с другом и способны принимать на себя роль коммутатора для остальных
- GSM (Groupe Special Mobile) - защищенная мобильная связь, глобальный стандарт цифровой мобильной сотовой связи с разделением каналов по времени и частоте
- DALI (Digital Addressable Lighting Interface) - протокол, предназначенный для управления осветительными приборами. Каждый бит данных кодируется перепадом от низкого сигнала к высокому или наоборот.

Введение

Уличное освещение – это важная часть инфраструктуры, которая обеспечивает безопасность в населенных пунктах. Поскольку цены на электроэнергию в последние годы непрерывно растут, необходимо использовать энергоэффективные системы освещения [1].

По данным Международного энергетического агентства (МЭА) 19% всей потребляемой в мире энергии расходуется на освещение. Современные световые системы позволяют экономить до 40% этой энергии [2].

Также существует проблема светового загрязнения – явление, при котором искусственный свет не направлен только вниз, где он нужен, а идет еще и в небо, рассеиваясь. Энергия тратится нерационально. Но главная проблема светового загрязнения – это влияние на окружающую среду и на самого человека. У многих птиц нарушаются сроки миграции, из-за большого количества света меняется поведение земноводных, у людей сбиваются естественные биологические циклы [3].

Увеличение численности населения, а, следовательно, и нужда в освещении – глобальная тенденция, которая требует введения интеллектуальной электросети. Широкая электрификация повседневной жизни повышает потребность вкладывать ресурсы в модернизацию электросетей и более эффективную их эксплуатацию.

В настоящее время в новых сетях уличного освещения внедрены более сложные и многофункциональные системы управления, в которых выходная мощность светильников снижается в ночное время, тем самым уменьшая световой поток, излучаемый светильником, и экономя много электроэнергии. Системы дистанционного управления, которые можно использовать для управления группами светильников или для управления отдельными светильниками по отдельности, становятся все более популярными.

Тема данной работы является актуальной, потому что необходимость реконструкции наружного освещения неизбежна. Учитывая то, что реновации уже начались – добавляется все больше сетей светодиодного «умного» освещения, важно, чтобы они проектировались в соответствии с нормами и стандартами, а также были максимально энергоэффективными.

1 Городское уличное освещение

Уличное освещение – это жизненно важная часть инфраструктуры населенного пункта, который обеспечивает комфорт и безопасность движения в темное время суток [1].

Городское освещение можно разделить на несколько видов, в зависимости от местности, на которой нужно улучшить условия видимости в темное время:

- Освещение крупных дорог и автомагистралей
- Второстепенные дороги для движения автомобилей
- Пешеходные дороги, тротуары, велосипедные дорожки
- Архитектурные объекты
- Объекты информационного характера

В случае освещения крупных автодорог используются фонари с рефлектором. Это позволяет концентрировать свет. Такие осветительные приборы устанавливаются на большой высоте, чтобы была возможность расположить их как можно дальше друг от друга в целях экономии. Второстепенные дороги освещаются значительно меньше, чем главные автомагистрали. Используемые лампы не такие мощные и закрываются прозрачным плафоном для того, чтобы рассеивать свет. Пешеходные и велосипедные дорожки освещаются только рассеянным светом. Чтобы максимально использовать возможности фонарей, их делают круглой или цилиндрической формы – это позволяет обеспечить большее рассеивание. Освещение архитектурных объектов является декоративным освещением фасадов зданий. Объекты информативного характера – баннеры, вывески, рекламные щиты, дорожные знаки, номерные знаки домов – освещаются в темное время суток лампами специального назначения или прожекторами [4].

1.1 Принцип работы уличного освещения

Раньше у систем управления уличным освещением были такие задачи, как включить фонари в конце светового дня и выключить их с наступлением рассвета, а также выполнить те же операции при ухудшении условий освещенности (различные природные факторы). Современные системы более гибкие и функциональные. Они оптимизированы в целях экономии, могут определять исправность всей системы, сообщать о поломках, контролировать расход электроэнергии.

Система городского освещения проектируется на этапе закладки новых улиц и дорог. При этом учитываются такие параметры, как зернистость дорожного покрытия, уровень запыленности дорог, степень отражения света, ширину дороги, количество полос и так далее. Определяется класс дороги в соответствии со стандартом EN 13201-2:2015.

Классы дорог:

M – городские или загородные дороги, с преимущественно моторизованным трафиком. Расчет значения яркости возможен [5].

C – дороги с моторизованным и пешеходным трафиком. Из-за чего значение яркости рассчитать сложно. Это коммерческие дороги, исторические центры городов, подземные переходы и так далее [5].

P+HS – дороги преимущественно с пешеходным или велосипедным трафиком. Дороги в жилых районах, территории, прилегающие к проезжей части, парковки, тротуары [5].

SC+EV – дороги, где важно рассчитать освещенность, так как необходимо распознавать лица или вертикальные поверхности [5].

В соответствие с классом дороги выбирается степень ее освещенности, количество устройств - их тип, конструкция и дизайн. Проводится исследование территорий - есть ли подземные или наземные коммуникации. В ходе монтажа подготавливаются места для кабелей, устанавливаются опоры, прокладываются кабели, выполняется монтаж светильников и их подключение к системе.



Схема 1. Основные компоненты уличного городского освещения.

1.2 Методы управления уличным освещением

Для обеспечения эффективной работы освещения подбирается система управления, которая будет максимально эффективно и экономно использовать возможности осветительной системы.

Существует несколько методов управления системами освещения:

- Ручное управление. В настоящее время практически не используется. Включение фонарей производится вручную. Каждый прибор или группа приборов контролируются оператором локально [6].
- Дистанционное управление. По принципу схоже с ручным управлением – включение производится вручную. Отличие в том, что это происходит не на месте, а удаленно [6].
- Автоматическое управление. Современный метод управления уличным освещением. В зависимости от состояния датчиков и заложенного алгоритма участки уличного освещения включаются и выключаются самостоятельно [6].

2 Метод адаптивного управления уличным освещением

Адаптивное управление уличным освещением представляет собой систему, которая предполагает использование специализированных световых приборов, находящихся под управлением интеллектуальных платформ. Это позволяет подстраивать интенсивность света под внешние условия и потребности пользователя, что способствует экономии электроэнергии, повышает безопасность в условиях плохой видимости.

В адаптивной системе освещением можно выделить несколько составляющих:

- Интеллектуальные лампы, которые имеют способность изменять интенсивность света. Такие приборы оснащены датчиками движения, фотодатчиками, сенсорами, контроллерами и блоками передачи данных.
- Сеть передачи данных, которая связывает центральный сервер и фонари между собой.
- Центр мониторинга для централизованного управления уличным освещением. Это облегчает работу технических и эксплуатационных служб, так как позволяет удаленно регулировать систему, производить контроль.

Актуальность адаптивного освещения заключается в повышении энергоэффективности. Такая система практически полностью автономна, а также дает возможность производить учет энергопотребления, количества перегоревших ламп. За счет того, что связь осуществляется посредством беспроводной сети (модемы 3G/4G), контролировать освещение можно практически из любой точки и с любого устройства, подключенного к Интернету [7].

Основные возможности адаптивных систем:



Схема 2. Функции системы адаптивного управления освещением.

Структура автоматизированной системы управления наружным освещением

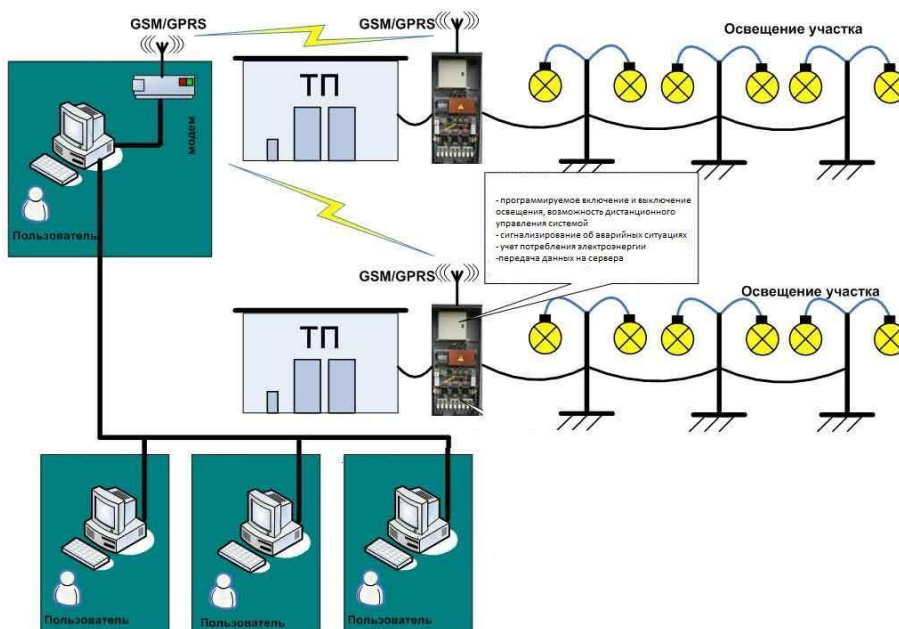


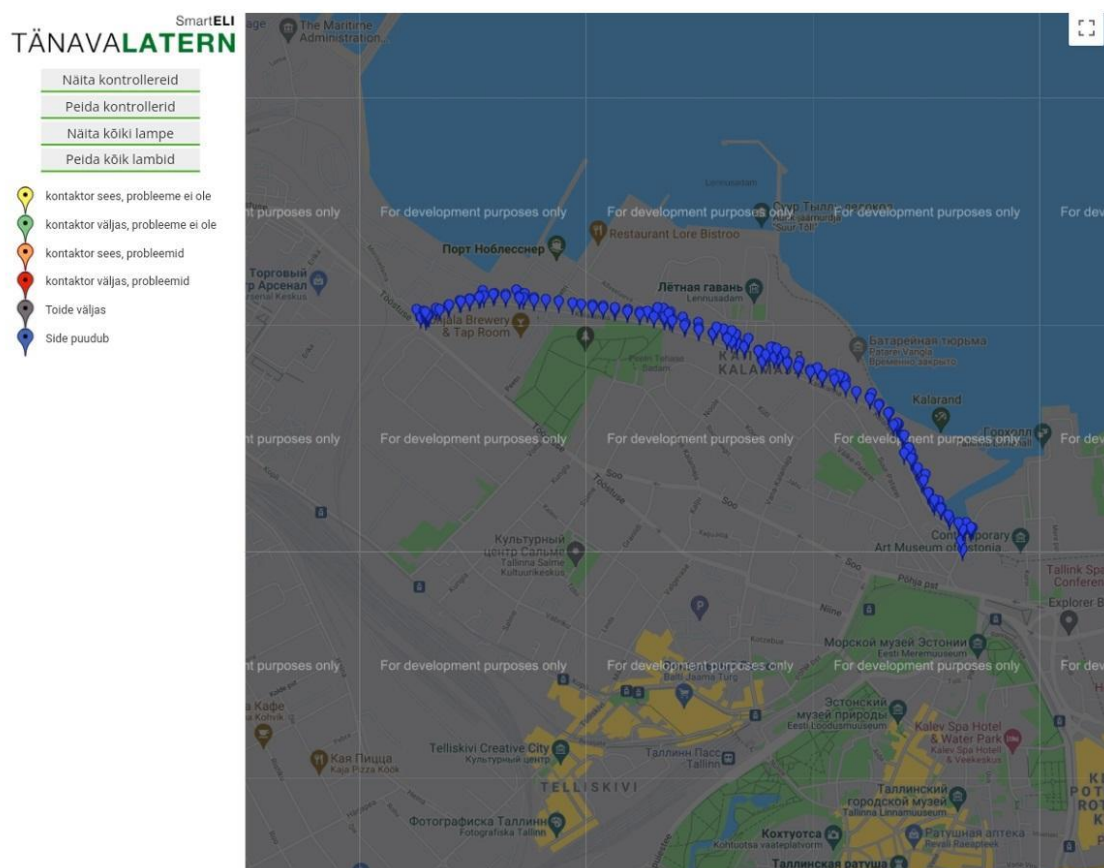
Схема 3. Структурная схема автоматизации управления уличным освещением

2.1 Система адаптивного освещения SmartELI

В пример можно привести систему адаптивного освещения от фирмы Eliko.

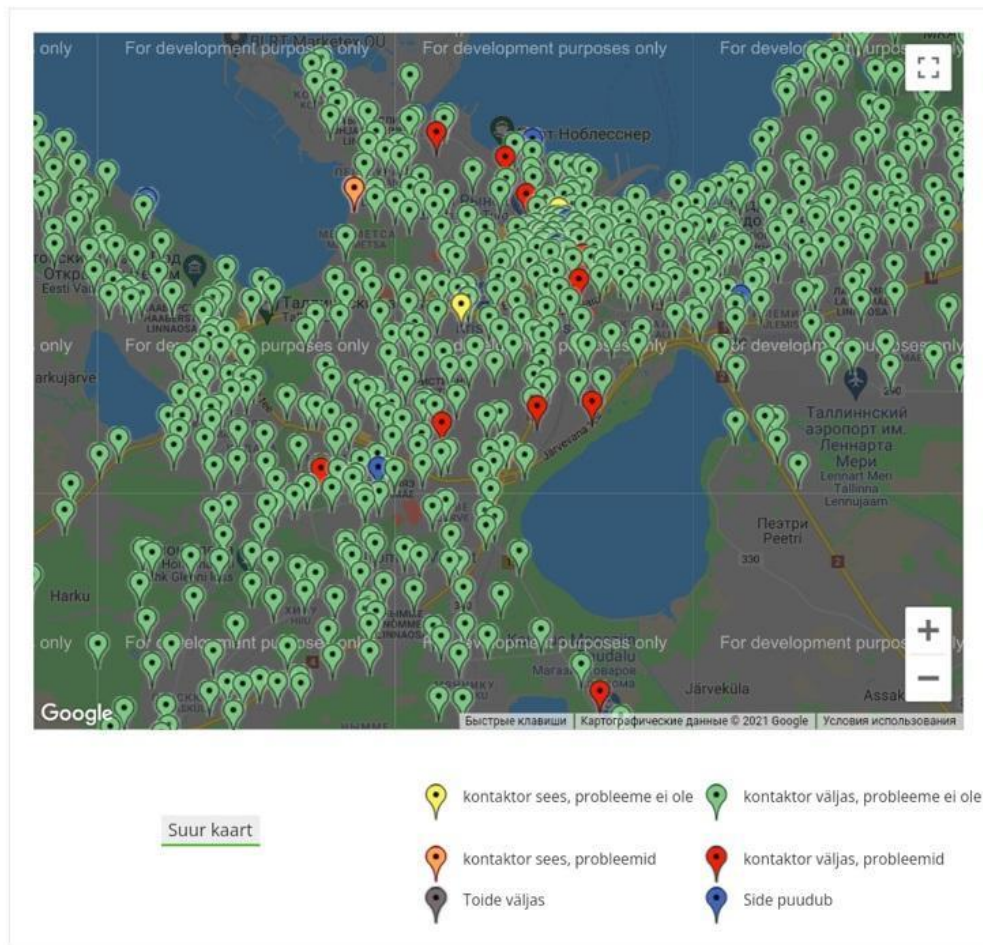
SmartELI — это модульная система управления уличным освещением, которая делает фонари более энергоэффективными и снижает затраты на их обслуживание. В ее основе используется беспроводная связь на основе IP (Internet Protocol) адресов. Эта система позволяет автономным инфраструктурам освещения стать узлами IoT (Internet of Things), то есть передавать данные между физическими объектами.

На данный момент эта система управления используется в Таллине на улице Каларанна и на улице Виру. Она регулирует освещение, а также собирает и предоставляет информацию о количестве транспорта и пешеходов в режиме реального времени. В сеть беспроводной связи интегрированы различные датчики для получения дополнительных данных об улице. Это сделано для того, чтобы улучшить муниципальные услуги – обезопасить пешеходов, уменьшить шумовое загрязнение, потреблять меньше электроэнергии и т.д.



Изображение 1. Карта расположения фонарей на улице Каларанна и их статус в реальном времени.

- Ülevaade
- Ülevaatekaart
- Kontrollerid
- Probleemid
- Raportid
- Sea ajakava
- Lambid
- Profiilid
- Juhendid
- Kasutajad



Eliko 2014

Изображение 2. Карта расположения электрощитов Eliko и их статус в реальном времени.

Система SmartELI состоит из беспроводного контроллера светильников, щита управления с сетевым шлюзом, сервера управления и программного обеспечения SmartELI. Беспроводной контроллер подключается к выделенному серверу управления через мобильные сети 3G.

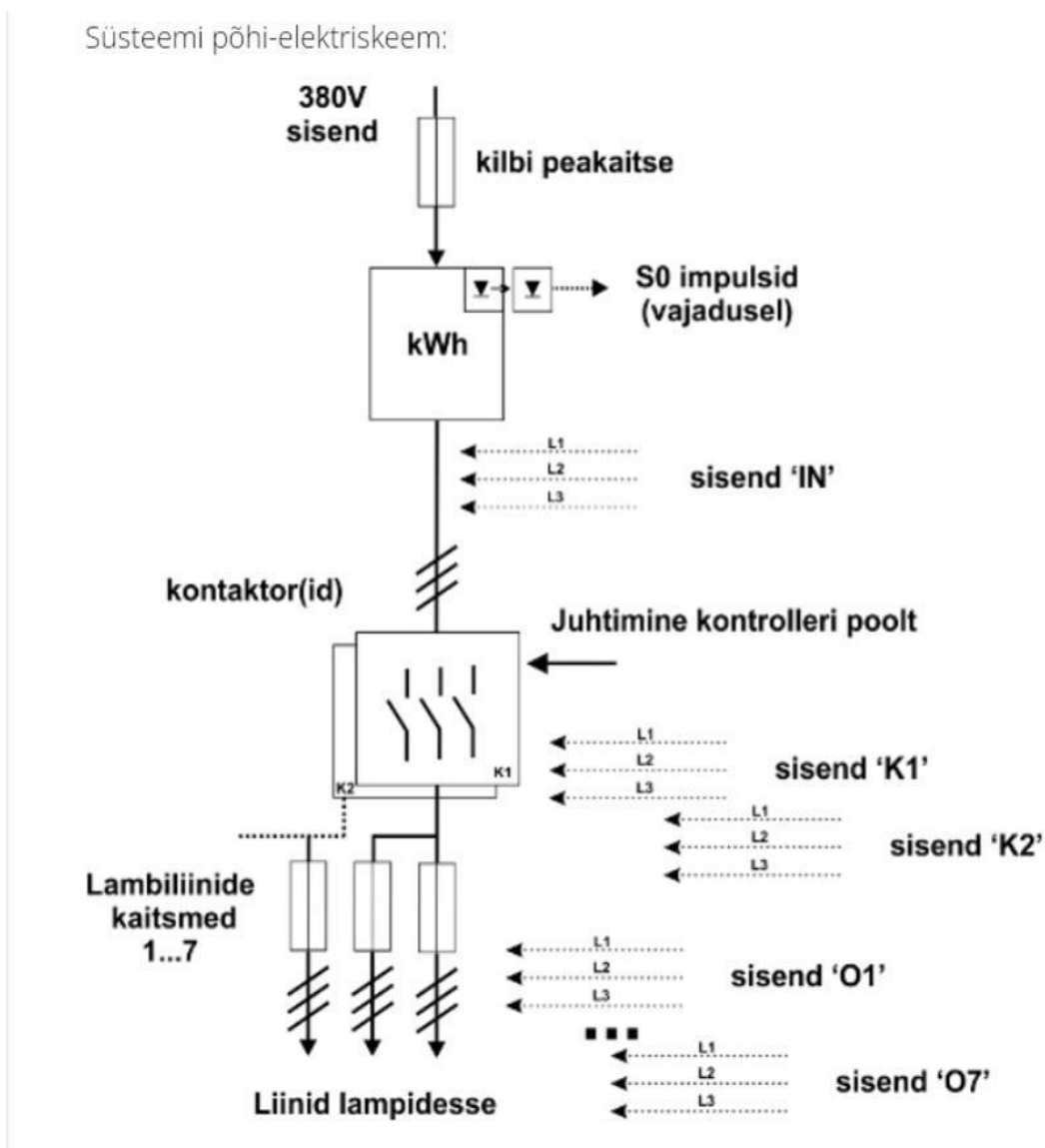


Схема 4. Основная электросхема системы SmartELI.

Süsteemi ehitus detailsemalt:

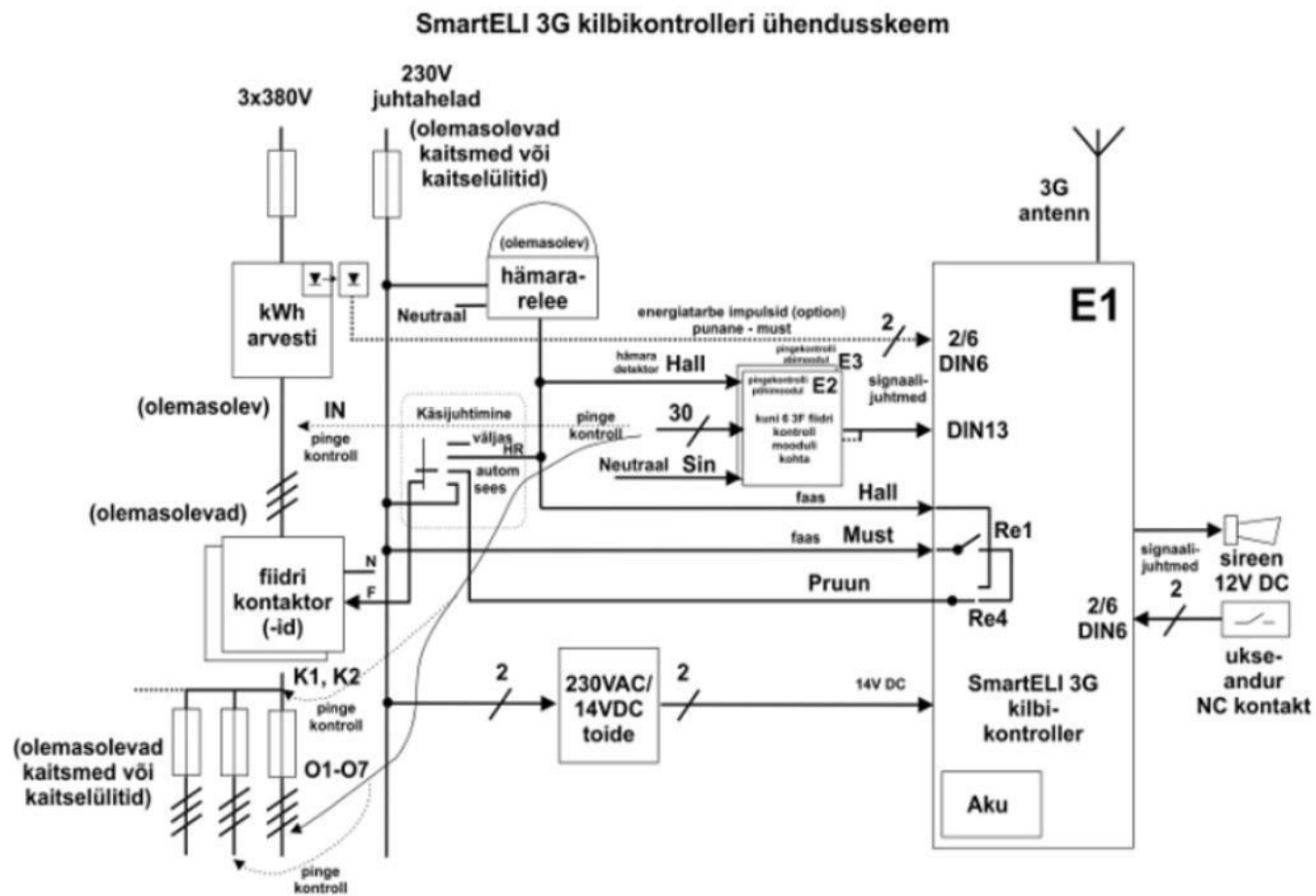


Схема 5. Схема соединения контрольного щита в системе SmartELI

3 SWOT-анализ системы адаптивного уличного освещения

SWOT Analysis

S

Strengths

Сильные стороны

1. Автоматическая регуляция яркости освещения в зависимости от внешних условий.
2. Возможность мониторинга технического состояния оборудования
3. Энергоэффективность
4. Удаленный доступ к управлению системой



W

Weakness

Слабые стороны

1. Высокие требования к квалификации персонала для обслуживания системы
2. Сложность программирования
3. Недолговечность компонентов в связи с погодными и климатическими условиями.
4. Требование к обслуживанию в лабораторных условиях



O

Opportunities

Возможности

1. Повышение безопасности за счет адаптивности освещения
2. Снижение расхода электроэнергии в мировом масштабе
3. Снижение выбросов CO2 за счет оптимизации энергии



T

Threats

Угрозы

1. Перебои в электроснабжении
2. Перебои линий связи



4 Система управления адаптивным освещением Lumoflex

Система Lumoflex использует беспроводную ячеистую топологию (mesh-сеть). Благодаря этому обеспечивается прямая связь между всеми узлами. Все они могут отправлять и получать данные. Плоская топология означает, что не существует центральной точки отказа – каждый узел может действовать как конечное устройство и как маршрутизатор. Это обеспечивает возможность самоконфигурации и самовосстановления сети – в случае отказа какого-либо узла вся сеть продолжает работать. Работа каждого отдельного светильника не контролируется центральным сервером, а самим контроллером светильника [8].

Платформа Lumoflex используется в качестве центральной системы управления Smart Streetlight Control в Таллинне. В настоящее время на улицах Старого города установлено 600 контроллеров. Вместо централизованного управления уличным освещением, контроллеры включают и выключают отдельные фонари в зависимости от условий внешней освещенности. Силовые кабели постоянно находятся под напряжением, а отдельные узлы могут в момент получить питание от электросети [8].

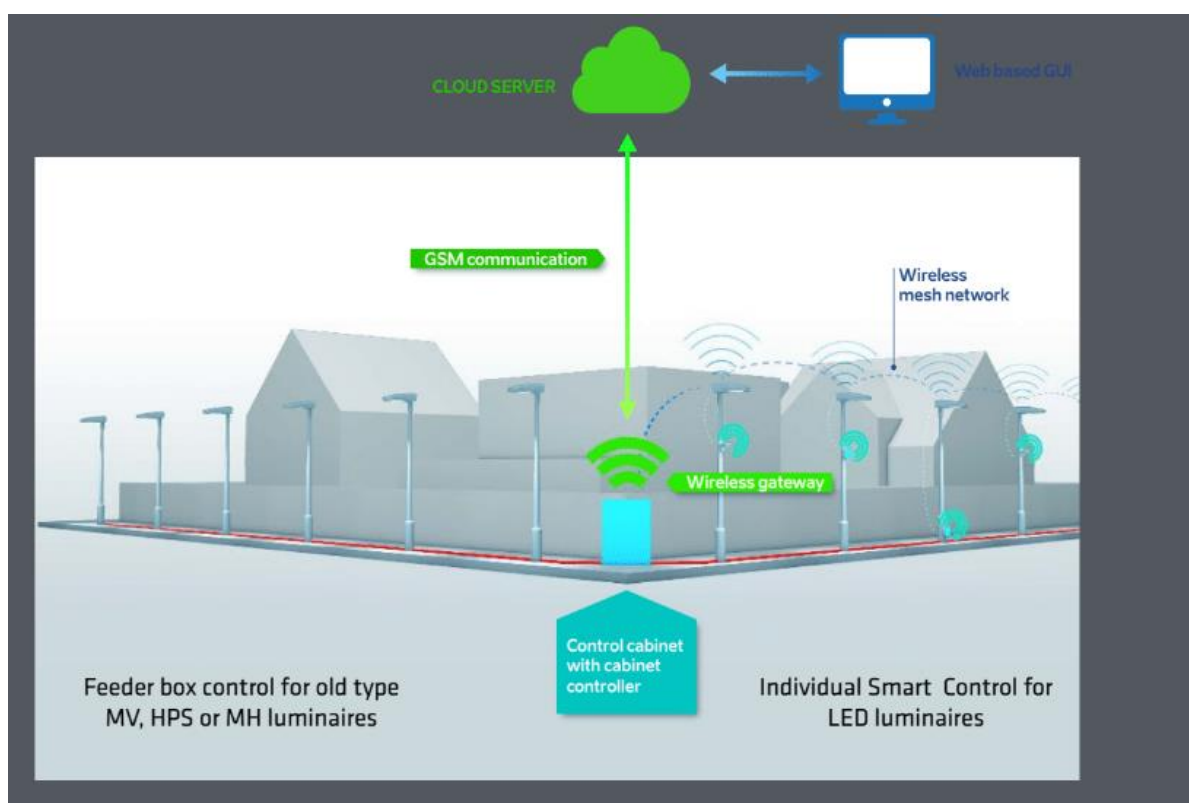


Схема 6. Схема использование mesh-сети в системе адаптивного освещения

4.1 Компоненты системы Lumoflex

- Контроллер «умного» светильника
- Щит управления
- Интернет-шлюз
- Облачный сервер
- Центральные программное обеспечение

Контроллер светильника используется для управления работой блока питания уличного светильника и использует протокол затемнения DALI. Правила для контроллера устанавливаются из облачного программного обеспечения и сохраняются в контроллере, то есть, нет необходимости иметь постоянную связь между центральным сервером и каждым светильником.

Функции контроллера [9]:

- Включение и выключение освещения в зависимости от определенного уровня света или астрономических часов, диммирование, регулировка уровня освещения на основе датчика движения
- Мониторинг энергопотребления. Контроллер считывает данные LED-драйвера и передает их на сервер
- Считывание данных о неисправности и передача их на сервер
- Автоматический переход на летнее время

Electrical characteristics	
Operating voltage	24VDC
Power consumption of the control unit, max	0,16 W
Dimming control output	DALI broadcast
Mechanical characteristics	
Connector	Zhaga book 18 standard
Size	h 80mm, d 40mm
Colour	Smoke grey or clear
Operating conditions	
Operating temperature	-40°C to +70°C
Operating humidity	Max. 95% RH
IP protection rating	66
Communication interfaces	
Between controllers	IEEE802.15,4 standard based radio, operating at 2.4 GHz, 16 channels, 250kbps standard data rate
Network security	192 bit ECC protected device security certificate and AES-128
To central server via Gateway	GSM GPRS/3G or Ethernet
Node to gateway ratio	100:1
Communication protocol with CMS*	XML or JSON

Таблица 1. Техническая спецификация контроллера светильника. Модель LFX-CZ001 [9].

Электроцит используется для управления электропитанием в каждом отдельном узле, сенсоре, фонаре.

Функции щита управления [10]:

- Включение и выключение индивидуальных блоков питания
- Мониторинг и оповещение. Контроль напряжения и тока на отдельных блоках питания. Мониторинг отклонения напряжения и тока от заданных нижнего и верхнего пределов, открытие двери электроцита, обнаружение наводнения.
- Маршрутизация данных. Сбор данных с устройств и отправка на центральный сервер с использованием GSM (защищенная мобильная связь) или Интернет-соединения.

Electrical characteristics		
Operating voltage	100-230VAC, 60 Hz	
Power consumption of the control unit, max	7 W	
Surge protection	15 kV	
Mechanical characteristics		
Dimensions	66x135x173 mm	
Mounting	DIN rail	
Operating conditions		
Operating temperature	-40°C to +70°C	
IP protection rating	33	
Communication interfaces		
To central server	GSM GPRS/3G/4G or Ethernet, VPN secured communication	
With luminaire controllers and sensors	IEEE802.15.4 standard based radio, operating at 2.4 GHz, 16 channels, 250kbps standard data rate	
Network security	192 bit ECC and AES-128	
Standard compliance		
Compatible with the following standards	R&TTE 1999/05/EC ETSI EN 301 489-7 EN ETSI 300 328 EN ETSI 301 489-1 & -17	EN 61547 EN 61347-2-11 EN 61347-1
EMC testing performed by Kiwa Inspecta according to following standards	EN 55015 (emissions testing procedure) EN 55024 (immunity testing procedure)	
Connection ports		
20x Digital input 4x Digital output	4 relay outputs (max 220 VDC, 0,4 A, 250 VAC, 2 A)	
Photo and temperature resistor inputs	1-wire for environmental sensors	
Other		
GPS message formats	NMEA, RAP, TAIP	

Таблица 2. Техническая спецификация контроллера щит управления. Модель TELEM-AGC-L [10].

Интернет-шлюз предназначен для установления интернет-соединения в контроллере светильника и сенсорной сети, чтобы отправлять оперативные правила и получать отзыв об их работе. Он используется для внутренней связи контроллеров, поэтому должен быть установлен в зоне действия mesh-сети. Внешняя связь устанавливается через GSM, для чего используется SIM-карта местного поставщика услуг с покрытием в соответствующей зоне [11].

Electrical characteristics	
Operating voltage	100 - 275 V, 50 - 60 Hz
Power consumption of the control unit, max	2,4 W
Protection class	Class II
Mechanical characteristics	
Dimensions	160x80x58 mm
Operating conditions	
Operating temperature	-20°C to +40°C
IP protection rating	65
Communication interfaces	
With Lumoflex devices	IEEE802.15.4 standard based ZigBee radio, operating at 2.4 GHz, 16 channels, 250kbps standard data rate
Network security	192 bit ECC and AES-128
Served nodes in cluster	100
GSM data communication standard	GPRS and 3G
SIM card type	standard
Wired	Ethernet

Таблица 3. Техническая спецификация Интернет-шлюза. Модель LFXGW002 [11].

4.2 Протокол DALI

DALI – протокол, который создан для управления осветительными приборами. В ряд основных задач входит управление силовыми нагрузками и освещением. Протокол может управлять таким оборудованием, как трансформаторы, электронные балласты, светодиодные драйверы и релейные модули [14].

Связь между контроллером DALI и отдельными узлами осуществляется по двухпроводной линии, что позволяет передавать информацию от контроллера к устройствам и обратно. Для передачи данных используется постоянное напряжение - 22,5В.

Осветительное устройство получает от контроллера сообщение, которое состоит из двух частей – адреса прибора и команды. Также команды можно отдавать и группам устройств.

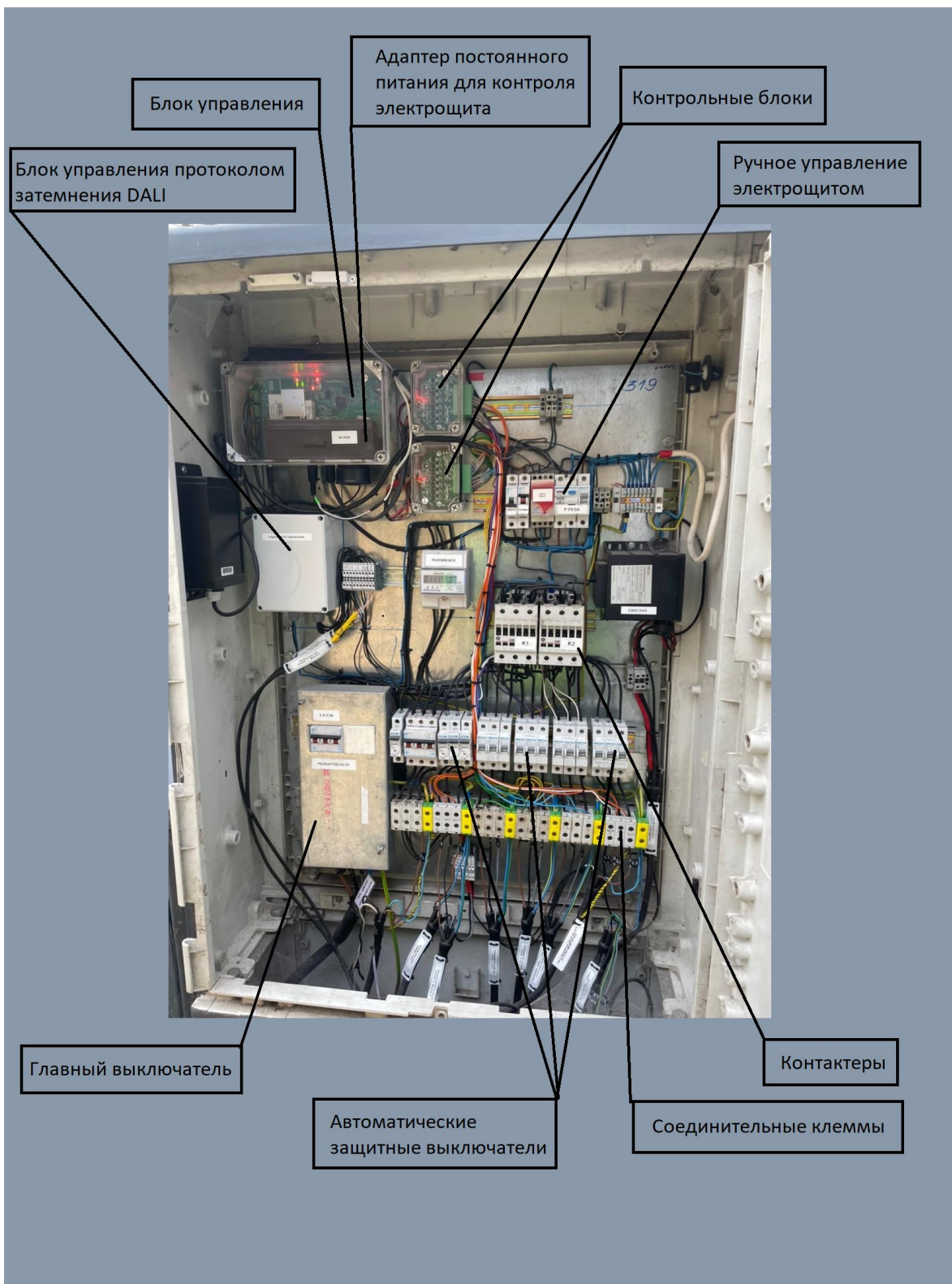
Одна линия DALI позволяет соединить до 64 независимых устройств, для того, чтобы построить системы больших размеров требуются DALI-Роутеры, которые позволяют объединить вместе до 200 DALI подсистем.

4.3 Установка осветительного прибора для системы адаптивного уличного освещения

Осветительный прибор устанавливается согласно проекту согласно проекту. Для того, чтобы избежать повреждения подземных инженерных коммуникаций проводится изучение территории с целью выявления их на участке. После того, как траншеи для кабелей и углубление для бетонного основания опоры. От места расположения осветительного прибора в сторону электрощита протягивается кабель.



Изображение 3. Подводка питающего кабеля к щиту от подстанции.

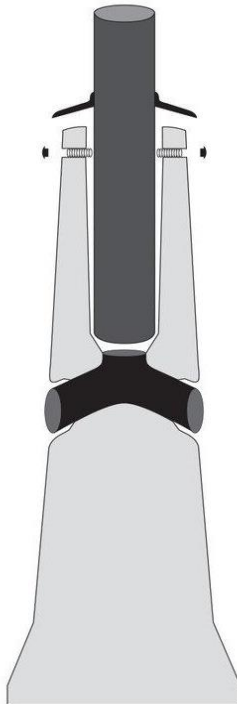


Изображение 4. Электроцит.



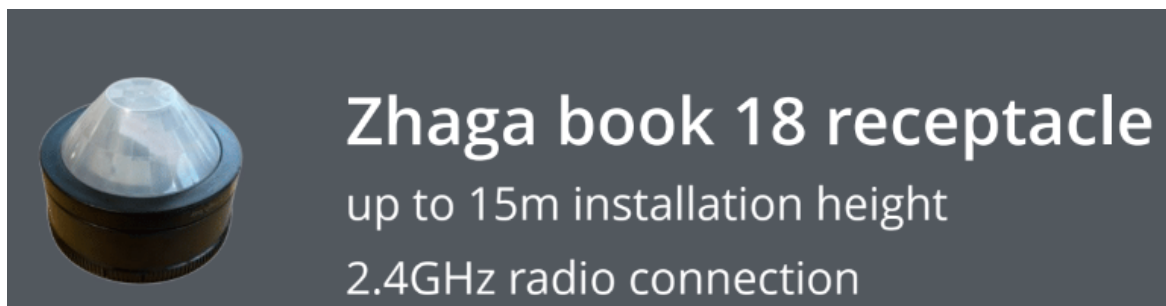
Изображение 5. Модем для подключения щита к электросети.

Бетонное основание для столба вкапывается в землю. Через специальные каналы в бетонном «стакане» проводится питающий кабель. Если этот фонарь в цепи не является конечным элементом, то добавляется еще один кабель, который будет проложен к следующему прибору.



Изображение 6. Бетонное основание для фонаря с отверстиями для вывода кабелей.

В бетонное основание устанавливается опора для фонаря – деревянный, бетонный, железобетонный или металлический (алюминиевый или стальной) столб. На опору крепится светильник с LED-лампой, к которому подключается питающий кабель. Подключается дополнительное оборудование для системы адаптивного освещения – датчики света, датчики движения, роутер для соединения с Интернетом и так далее. Все эти приборы устанавливаются в опорный столб. Если место или форма опоры не позволяет этого сделать, то дополнительные компоненты помещаются в коробку и стилизуются под экстерьер фонаря.



Изображение 7. Датчик движения Zhaga системы Lumoflex.



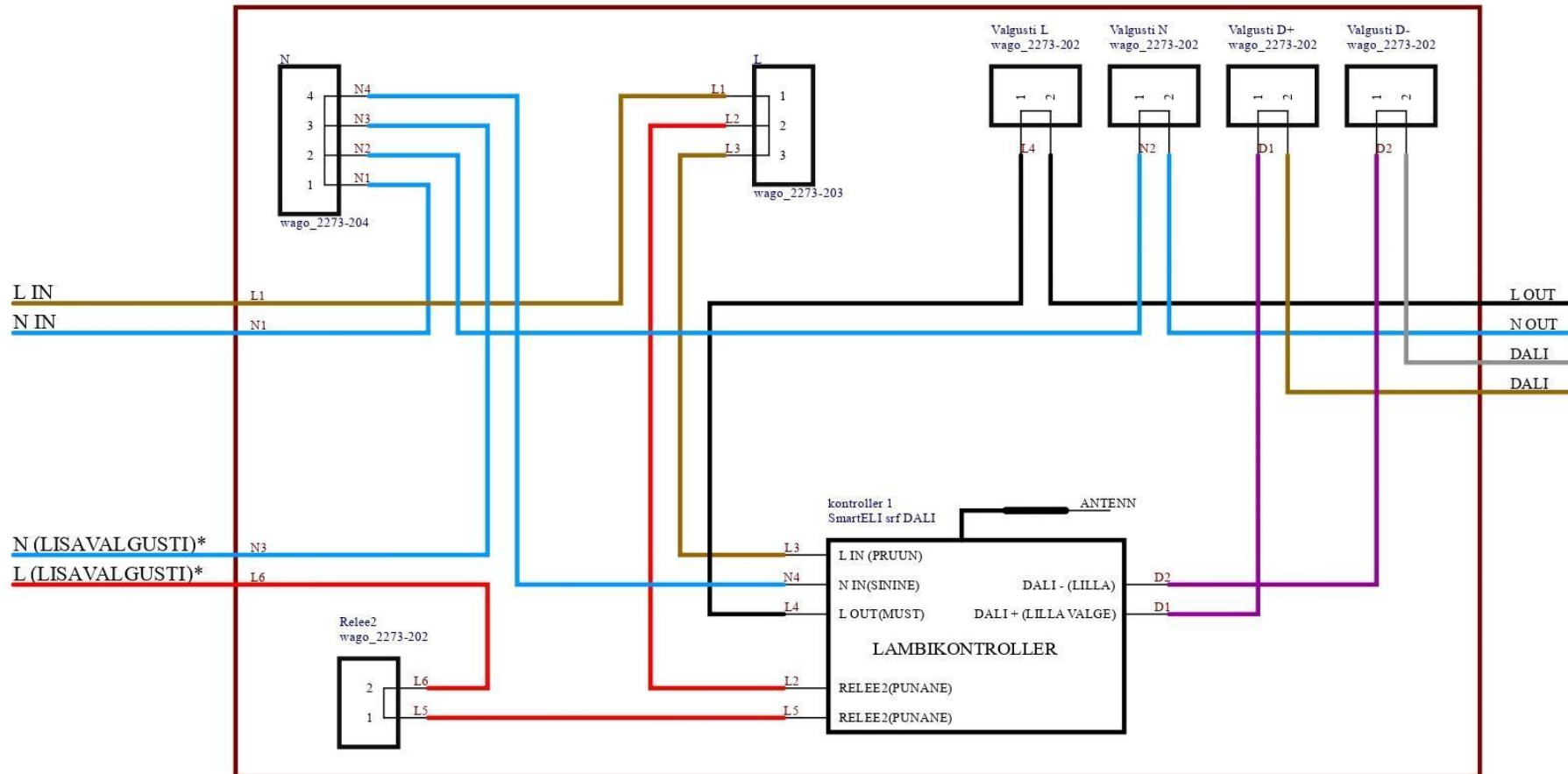
Изображение 8. Светодиодный светильник и маршрутизатор внутри фонаря.



Изображение 9. Блок управления адаптивным освещением в фонаре.

Все элементы соединяются по схеме подключения:

Lambikontrolleri vanalinna lambi karp



После соединения проводится проверка подключения вручную и дистанционно. Датчики проверяются на срабатывание, а также проводится контроль режимов диммирования.

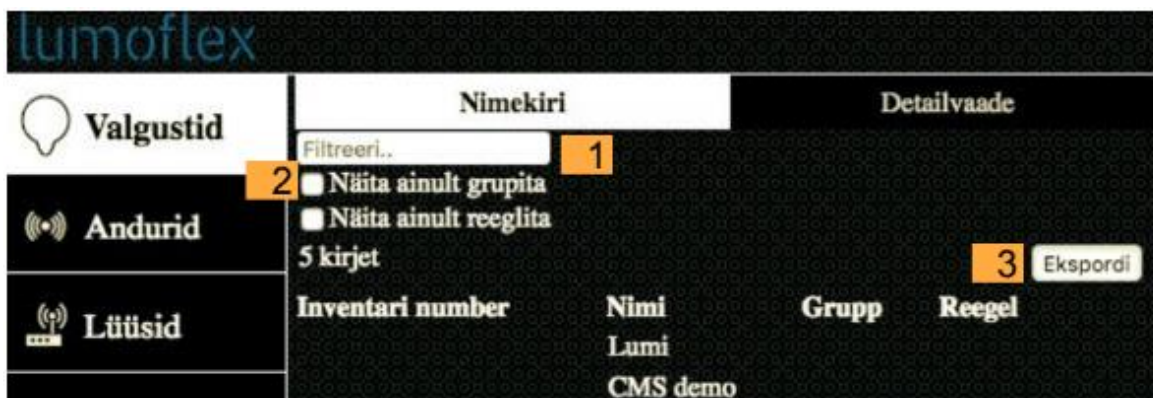


Изображение 10. Адаптивное уличное освещение Lumoflex на улицах Старого Таллинна

4.4 Настройка и подключение системы Lumoflex

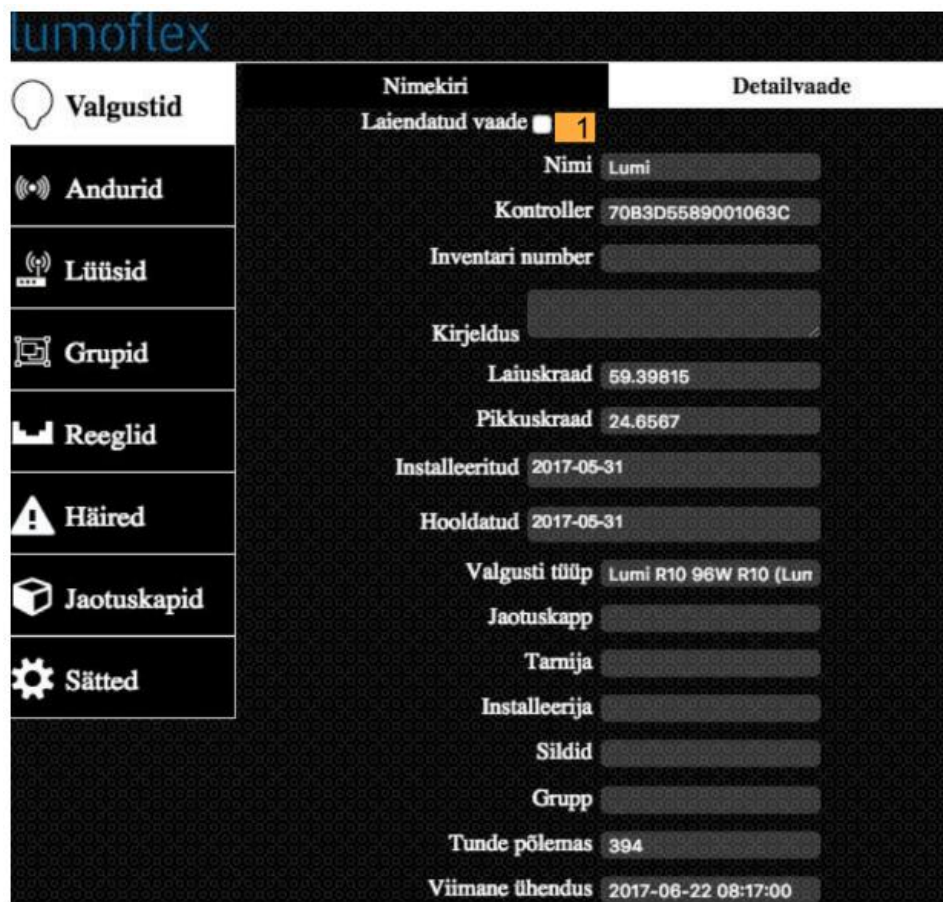
Для настройки централизованного управления интеллектуальной системой адаптивного освещения используется программное обеспечение Lumoflex City CMS.

1. Введение типа светильника.



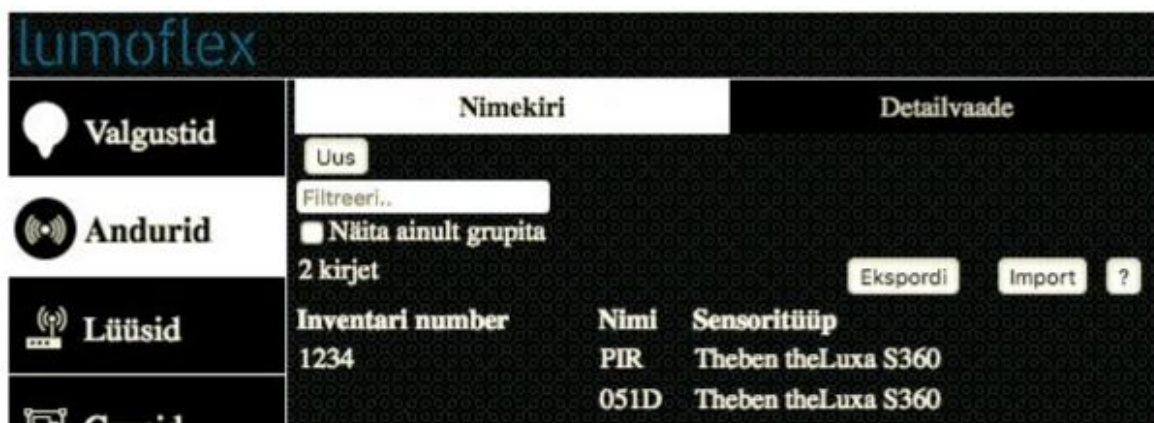
Изображение 11. Окно ПО для введения типа светильника.

Данные каждого светильника вводятся заранее – имя, контроллер, номер, описание, градус широты и градус долготы и так далее.



Изображение 12. Окно ПО для ручного введения данных о светильнике.

2. Введение датчиков. Эта функция используется в том случае, когда на осветительном приборе установлен датчик движения.



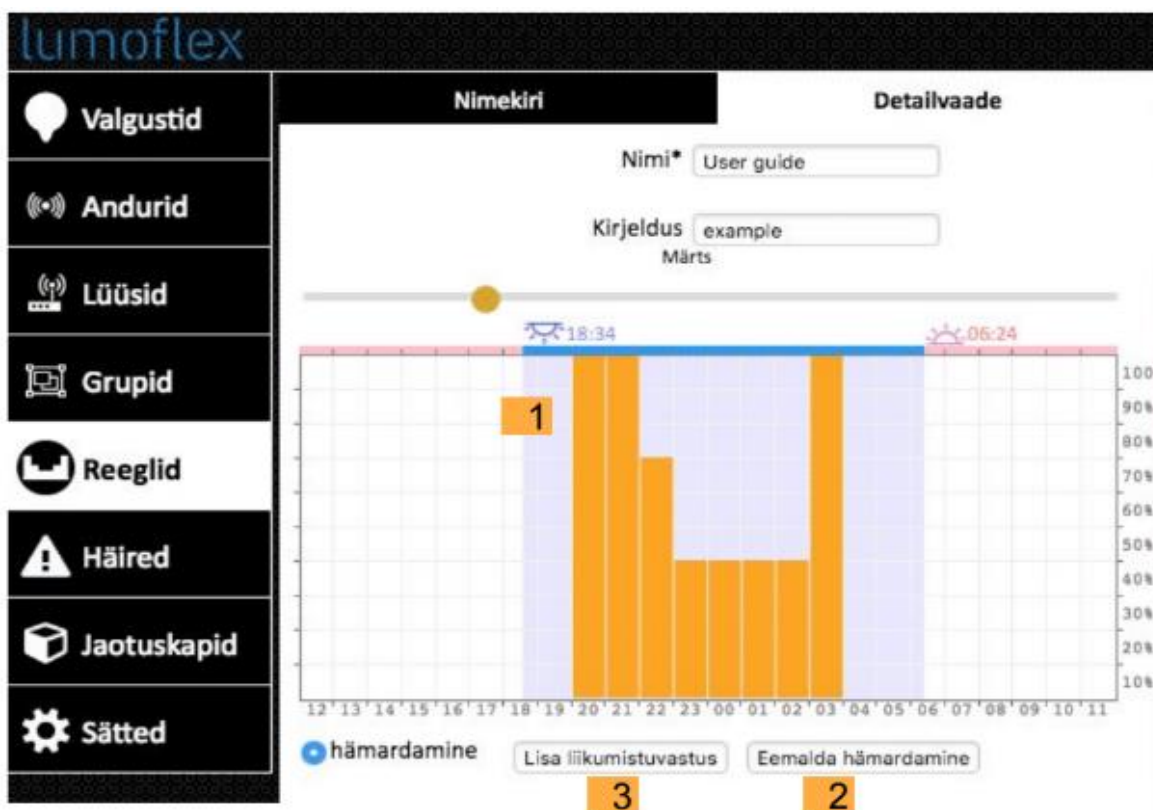
Изображение 13. Окно ПО для добавления датчиков.

3. Создание правил диммирования. Данная функция требуется для включения и выключения или приглушения света в соответствии с расписанием или плотностью движения.



Изображение 14. Окно ПО для установки правил диммирования.

Кроме уже созданных и сохраненных правил, можно создать правила диммирования вручную. Для этого на графике отмечаются часы, когда свет будет затемняться. Система поддерживает до 6 переходов изменения яркости.



Изображение 15. Окно ПО для создания правил диммирования.

Помимо обязательных параметров настройки – выбора светильников, датчиков и правил диммирования, есть также дополнительные. Можно группировать светильники, объединяя их и устанавливая правила на группу одновременно. Также есть возможность устанавливать «будильники» на определенное время и дату. Система позволяет также вносить данные, которые используются только для информации – данные поставщиков оборудования, данные пользователей и установщиков системы, подробное описание осветительных приборов для более удобной их группировки.

Заключение

Уличное освещение является неотъемлемой частью городской инфраструктуры, потому что создает предпосылки для безопасности окружающей среды, а также повышает безопасность транспортного и пешеходного движения. Однако оно должно соответствовать требованиям, установленным нормам и стандартам дорожного освещения.

Благодаря тому, что развиваются технологии по адаптивному управлению городским освещением, можно устанавливать и создавать осветительные сети с высокой энергоэффективностью. Благодаря потреблению разумного количества электроэнергии, сокращаются выбросы CO₂, генерируется меньше светового загрязнения.

Преимущества адаптивных систем управления можно ощутить уже сейчас – старый город Таллинна подключен к программируемой системе Lumoflex от Cityntel. Благодаря тому, что используется ячеистая топология - каждый узел может действовать как конечное устройство и как маршрутизатор, у каждого осветительного прибора появляется возможность самоконфигурации и самовосстановления сети.

В настоящее время почти три четверти осветительной сети Таллинна состоит из светильников старого типа. Постоянно реализуются новые проекты с целью их постепенной замены. Системы адаптивного освещения позволят не только повысить безопасность передвижения в городе, но и сокращают световое загрязнение среды, выполняет эстетическую функцию. С точки зрения операторов освещения такие системы обладают необходимыми функциями для эффективного и экономного использования, отслеживания и составления отчетов.

Список используемой литературы

- [1] С. К. А. Попов Е. В., Умные города, Москва: Юрайт, 2020.
- [2] T. Abergel, «Tracking report: Lighting» 2021.
- [3] К. Верлин, «Световое загрязнение: гибель ночи» National Geographic, 2008.
- [4] К. Л. «Современные концепции искусственного освещения в контексте исторической среды города» 2017.
- [5] Стандарт EVS EN 13201-2:2015, «Road lighting - Part 2: Performance requirements».
- [6] Э. о. э. «Управление уличным освещением — принципы и устройство» [В Интернете]. Available: <https://elektrik-a.su/osveshhenie/obshhaya-chast/upravlenie-ulichnym-osveshheniem-384#i>.
- [7] Б. А. Водовозов А.М., «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПАРАДИГМЫ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ» 2021.
- [8] «Lumoflex Technology» 2018. [В Интернете]. Available: <https://lumoflex.com/technology/>.
- [9] Cityntel Ltd, «Luminaire controller data sheet» 2020.
- [10] Cityntel Ltd, «Feeder box controller data sheet» 2019.
- [11] Cityntel Ltd, «Smart street light internet gateway data sheet» 2020.
- [12] T. C. G. «LED SCALE-UP» 2018. [В Интернете]. Available: <https://www.theclimategroup.org/led>.
- [13] «Материалы V международной научно-практической интернет-конференции, Проблемы экономического роста и устойчивого развития территорий» Вологда, 2020.
- [14] Семенов Б.Ю., «Экономичное освещение для всех», 2012