

# ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ-ВАРНА

Електротехнически факултет  
Катедра „Електротехника и електротехнологии“

**Маг. инж. Павел Иванов Андреев**

## **Приложение на съвременни технологии за управление на електрически апарати чрез мобилни устройства**

### **АВТОРЕФЕРАТ**

на дисертация за присъждане на образователна и научна степен "доктор" по докторска програма  
„Електрически машини и апарати“ към професионално направление „5.2 Електротехника  
Електроника и Автоматика“

Научни ръководители:

доц. д-р инж. Бохос Рупен Апрахамиан

доц. д-р инж. Марин Славов Маринов

Рецензенти:

проф. др. инж. Тодор Ганчев – ТУ Варна

проф. др. инж. Чавдар Александров – ВВМУ Н. Вапцаров Варна

Дисертационният труд е обсъден на 18.12.2020 в катедра “Електротехника и електротехнологии” и насочен за защита.

Автор: Павел Иванов Андреев

Тема: Приложение на съвременни технологии за управление на електрически апарати чрез мобилни устройства

Варна 2020

# ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ-ВАРНА

Електротехнически факултет  
Катедра „Електротехника и електротехнологии“

**Маг. инж. Павел Иванов Андреев**

## **Приложение на съвременни технологии за управление на електрически апарати чрез мобилни устройства**

### **АВТОРЕФЕРАТ**

на дисертация за присъждане на образователна и научна степен "доктор"

Дисертационният труд съдържа 200 страници, включително 117 фигури, 12 таблица 11 уравнения и 14 приложения, 5 глави, заключение, общи изводи, научно-приложни приноси, списък с фигурите, списък с таблиците, списък с използваните термини и съкращения, списък с публикациите на автора, раздел приложения и списък с използваната литература от 112 заглавия, преобладаващата част от които на латиница.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 23.04.2021 г. от 14:00 ч. в стая „Конферентна зала“ НУК ТУ-Варна на открито заседание на жури, сформирано със заповед на Ректора №. 5 /06.01.2021г. Материалите по защитата (дисертация, рецензии и становища) са на разположение на интересуващите се във ФД "Докторанти", стая 318 НУК.

### ИЗПОЛЗВАНИ ТЕРМИНИ:

1. **Augmented reality** – Област в информатиката, занимаваща се с комбиниране на данни от реалния свят с компютърно генерирани данни.
2. **BLE - Bluetooth Low Energy** е безжична технология за персонални мрежи, проектирана и предлагана от **Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth SIG)**
3. **BR - Basic Rate** (Основна скорост на обмен на данни). Разновидност на основната технология на предаване на данни на Bluetooth.
4. **Eddystone** - Eddystone е Bluetooth Low Energy beacon профил, създаден от Google.
5. **GSM – Global System for Mobile Communications** е глобален цифров стандарт за мобилни комуникации. Разработен е под егидата на Европейския институт за стандартизация в съобщенията (ETSI) през 80-те години на 20 век.
6. **HTTP - Hypertext Transfer Protocol** - е мрежов протокол, от приложния слой на OSI модела, за пренос на информация в компютърни мрежи.
7. **ISM - Industrial Scientific and Medical BAND** (Индустриални Научни и Медицински честотни диапазони)
8. **MAC - Media Access Control** (Адрес за контрол на достъпа) е уникален идентификатор на производителя на мрежовите адаптери по технологията Ethernet.
9. **MQTT<sup>9</sup>** протокол за комуникация машина-машина (M2M). Той е част от протокола за свързване "Internet of Things" (Интернетът на нещата).
10. **NFC - Near Field Communication** е набор от комуникационни протоколи, които позволяват на две електронни устройства, едно от които обикновено е преносимо устройство, като например смартфон, да установят комуникация, като ги поставят в рамките на 4 см (1.6 инча) един от друг.
11. **QR - Quick Response Code** (Код за бърз отговор) е машинно четим оптичен етикет, който съдържа информация. За разлика от баркода, той може да съдържа и текстова информация.
12. **WEB - World Wide Web** е колекцията от документи и други ресурси, които са свързани посредством хипервръзки, намиращи се на уеб-сървъри, които биват доставяни на потребителите с уеб-браузъри.
13. **WIFI** - Това е технология на безжичната мрежа (WLAN) базирана на спецификациите от серията IEEE 802.11.
14. **AT (AT commands)** е съкратено от „ATtention“ което означава „Внимание“. Това е част от набора команди в протокола Hayes.
15. **Домейн** – буквално преведено означава притежание, владение. Домейн<sup>15</sup> имената се ползват за наименуване на ресурси/услуги в интернет.
16. **Поддомейн** - е част от името на домейна<sup>15</sup>, но стои на по-ниско ниво в йерархията на домейн<sup>15</sup> имената в интернет

## ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

### I. Актуалност на проблема, проблем

При използване на стандартните методи за управление на електрически апарати често оперативния персонал среща трудности, изразяващи се в сложност при управлението им. Проблемът идва когато персонала трябва да работи с много различни устройства. Ако управлението на устройството се осъществява през WIFI<sup>13</sup> мрежа, то потребителят трябва да знае името ѝ, да я потърси всеки път и да въведе паролата си, за да може да се свърже към нея и да осъществи контрол. Или ако се използва Bluetooth, е необходимо да се знае името на управляваното устройство за да може да се разграничи то от другите обкръжаващи го устройства. Освен това, данните за оторизация трябва да се въвеждат ръчно, което е проблем за производителността при работа с много устройства и значително натоварва персонала. Хубаво е всичко изброено да става автоматично.

Освен това към настоящия момент всеки производител на апарати с подобно управление създава свое собствено приложение за комуникация с устройството. При необходимост от работа на персонала с много на брой устройства от различни серии или производители, това е проблем. Проблемът се поражда от необходимостта персонала да поддържа целия набор от приложения на мобилните си устройства. Необходимо е да се работи към използване на едно универсално мобилно приложение, способно да работи с голям брой електрически апарати от различни серии и различни производители.

От гледна точка на производителите се появява и друг проблем, който се изразява в това, че те трябва да създават ново приложение за всеки от продуктите си и то трябва да бъде достъпно за използване от различни операционни системи. На пазара се наблюдава използване на основно две операционни системи за мобилни устройства: Android и IOS, поради което приложенията трябва да се правят в поне два варианта. Това предполага използването на поне два програмни езика, което оскъпява практическото решение поне два пъти.

Често подобни методи за управление не се използват заради ограничената консумация на енергия. За това е необходимо да се работи в насока използване на енергоефективни технологии.

### II. Цел и задачи

**Целта на дисертационния труд е:**

**Изследване и приложение на съвременни технологии за мобилна комуникация при автоматизиране на управлението на електрически апарати.**

За изпълнение на тази цел в дисертацията са формулирани и решени следните основни задачи:

- Използване на BLE<sup>1</sup>, както и NFC<sup>10</sup> и QR<sup>11</sup> code за автоматизиране на процеса по свързване на потребител към операторски панел и достъп до специализирана информация.
- Изграждане на универсален операторски панел с няколко изходни канала за управление. Той да позволява едновременно управление от група оператори през BLE<sup>1</sup>, а също така и използване в практическото решение, както на native (стандартно), така и WEB<sup>12</sup> приложение за контрол на операторския панел.

- Реализиране на управление през WIFI<sup>13</sup> на база предходното устройство, вместо BLE<sup>1</sup> управление, за да има възможност за използване на практическото решение в места с ограничен или липсващ GSM<sup>5</sup> обхват или достъп до интернет. Елиминиране нуждата персоналът да знае *към коя мрежа да се свърже, както и адреса на сървъра на който се намира WEB<sup>12</sup> интерфейса.*
- Използване на Augmented reality<sup>1</sup> и WIFI<sup>13</sup> за предоставяне на информация и контролни панели за управление на електрически апарати. Разглеждане на вариант, в който апарата сам създава WIFI<sup>13</sup> мрежа и позволяване на управление през MQTT<sup>9</sup> и HTTP<sup>6</sup> заявки.
- Провеждане на експерименти с цел установяване на параметри, за които не са правени изследвания, или информацията е оскъдна. Използване на QR<sup>11</sup> маркери, NFC<sup>10</sup> маркери, BLE<sup>1</sup> устройства, както и предложените практически решения в експериментите.

### **III. Обект и предмет на изследването**

Обект на изследването са механични и електронни електрически апарати, а предмет на изследването е тяхното дистанционно управление

### **IV. Методи на изследване**

За изпълнение за поставените цели и задачи за изследване са използвани следните методи:

- а). Експериментални изследвания в лабораторни условия*
- б). Експериментални изследвания в производствени условия*

### **V. Място на изследване**

Технически Университет – Варна, фирма „Електроразпределение Север АД“, фирма „Евроманган ЕАД“, „Юнайтед Ийст Трейд Кампъни ООД“.

### **VI. Научна новост на изследването**

Към момента на писане на дисертацията няма достатъчно научни изследвания и приложни примери по разгледаната тема. Това се дължи на факта, че използваните технологии са сравнително нови.

### **VII. Аprobация на изследването**

Резултатите от дисертационния труд са предоставени на фирма „Юнайтед Ийст Трейд Кампъни ООД“. След запознаване с тях фирмата писмено потвърждава ползността им в производствения процес и заявява намерението си да внедри практически решения, подобни на тези от дисертацията в бъдещите си производствени бази. Очаква се писмено становище и от „Електроразпределение Север АД“, както и от „Евроманган ЕАД“.

### **VIII. Публикации по дисертационния труд**

Основните резултати на дисертационния труд са представени в 5 публикации в международни конференции реферирани във SCOPUS от които – 1 самостоятелна, а останалите в съавторство с научните ръководители. Една от статиите има две цитирания към момента.

1. Pavel ANDREEV, Bohos APRAHAMIAN, *Safety system for handling medium and high voltage apparatus*, Proceedings of the XIX-th International Symposium of Electrical Apparatus and Technologies SIELA'2016, vol. I, 2016, p. 9-11
2. Pavel ANDREEV, Bohos APRAHAMIAN, *Investigation of a new technology of controlling electrical apparatus via a smart phone*, Proceedings of the XV-th International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems ELMA'2017, Sofia, 2017, vol. 1, 2018, p. 410-413

**Забележка:**

Към настоящият момент, тази статия е цитирана веднъж, от:

Pierre Tsafack, Achille Fumtchum, Emmanuel Tanyi, *Wireless Communications and Application to School Attendance: A Case Study*, International Journal of Wireless Communications and Mobile Computing. Vol. 5, No. 4, 2017, pp. 18-25. doi: 10.11648/j.wcmc.20170504.11

Както и от:

Lilyanova, Plonka. (2019). *Innovation in the teaching methodology of electronics*. 1-5. 10.1109/ELMA.2019.8771678.

3. Pavel ANDREEV, Bohos APRAHAMIAN, *Analytical comparison of bluetooth low energy beacons*, Proceedings of the XIX-th International Symposium of Electrical Apparatus and Technologies SIELA'2018, vol. 1, 2018, p. 16 – 19
4. Pavel ANDREEV, *Investigation of the battery life versus the broadcast interval for ABEACON\_46BF*, 2018 International Conference on High Technology for Sustainable Development (HiTech), 11-14 June 2018, p. 1-4.
5. Pavel ANDREEV, Bohos APRAHAMIAN, Marin MARINOV, *QR<sup>11</sup> code's maximum scanning distance investigation*, XVI-th International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems ELMA 2019, 6-8 June 2019, Varna, Bulgaria

## IX. Структура и обем на дисертацията

Дисертационният труд съдържа 200 страници, включително 117 фигури, 12 таблица 11 уравнения и 14 приложения, 7 глави, заключение, общи изводи, научно-приложни приноси, списък с фигурите, списък с таблиците, списък с използваните термини и съкращения, списък с публикациите на автора, раздел приложения и списък с използваната литература от 112 заглавия, преобладаващата част от които на латиница.

## X. Глава 1

Разгледани са приложимите технологии за контрол на електрически апарати, както и възможните варианти за комуникация между смартфоните и електрическите апарати. Обърнато е внимание и на използваните варианти за управление и е направен коментар за техните предимства и недостатъци. Направени са и предложения за подобряване процеса на управление на апаратите. По нататък е направен коментар относно избора на Bluetooth технология, когато се налага имплементирането ѝ в процеса на управление. Освен това е направено сравнение между Basic rate<sup>3</sup> (Протокола за обмен на данни с по-ниска скорост) и BLE<sup>1</sup>. В следствие са разгледани съществуващите Bluetooth LE излъчватели. Наблегнато е на параметри като broadcast интервал,



консумация, обхват, устойчивост на интерференция, основни технологии, производители, хардуер за създаване на устройствата и прочие. Разгледани са също и възможностите за създаване на Native (стандартно) и WEB<sup>12</sup> приложения, както и възможности за използване на WEB<sup>12</sup> платформи. В края на литературния обзор са формулирани целите и задачите на дисертационния труд.

## **XI. Глава 2**

Тази глава съдържа информация за създаден универсален операторски панел, с който могат да бъдат управлявани до 8 изхода. Той може да бъде използван като преход към вече съществуващи схемни решения, или директно да управлява нови такива. Изградено е Native (стандартно) приложение, което позволява управлението му през BLE<sup>1</sup>. Благодарение на това се пести енергия и се оставя възможност апарата да бъде управляван и от друг телефон през времето когато първия не изпраща команди. Приложението дава възможност да се избере колко от изходите ще се използват и скрива неактивните такива. Освен това позволява преименуването им по желание на потребителя. Информацията за направените промени се съхранява на паметта на телефона. При повторно пускане приложението изпраща команди към предходното устройство което е било настроено за управление. Ако е необходима смяна на устройството, то въпросното може да бъде променено по няколко начина. Може да се избере устройство от списъка на сдвоените устройства, да се сканира Quick Response (QR<sup>11</sup>) маркер с MAC<sup>8</sup> адреса на устройството или да се сканира NFC<sup>10</sup> маркер, който също съдържа информация за MAC<sup>8</sup> адреса му. Изграден е и вариант за управление на устройството през WEB<sup>12</sup> приложение. Благодарение на него на телефона на оперативния персонал трябва да има само едно приложение което може да работи с всички типове машини в енергийното стопанство. Използвайки технологиите упоменати в дисертацията е постигнато и автоматизиране на процеса по зареждане на WEB<sup>12</sup> приложението. Направени са и съответните анализи и изводи.

## **XII. Глава 3**

В тази глава е разгледан вариант на управление на въпросната преходна платка през WIFI<sup>13</sup>. Така изграденото решение, позволява да се автоматизира процеса достъпване на контролния панел. Тук след сканиране на QR<sup>11</sup> маркер или NFC<sup>10</sup> маркер телефона се свързва автоматично към необходимата WIFI<sup>13</sup> мрежа и след това на екрана се появява контролният панел за управление без оператора да прави каквото и да е. Предимството, е че оперативния персонал не трябва да знае името и паролата на мрежата, или пък адреса на контролера. Това значително облекчава процеса по свързване. В края на тази глава също са направени съответните анализи и изводи.

## **XIII. Глава 4**

Тази глава представя изградена система използваща разширена реалност за управление на същата платка. След сканиране с подходящо приложение на екрана на устройството се изчертава графичен интерфейс с бутони за управление и информация относно принципа на работа и схемата на устройството. Управлението се осъществява през WIFI<sup>13</sup>, като за автоматизиране на свързването се използва едновременно NFC<sup>10</sup> и QR<sup>11</sup> маркери. За покриване на целите и задачите на дисертацията, е изграден и вариант при който контролера се свързва към съществуваща мрежа. При него е използван друг контролер и е разгледано друго програмно обезпечаване. Предвидена е и възможност за

управление през MQTT<sup>9</sup>. Направен е и нов интерфейс с разширена реалност съчетаващ двата варианта за управление.

#### **XIV. Глава 5**

Тази глава разглежда първата изградена система. Тя предоставя на персонала информация за контролните панели за управление на апаратите, както и информация като схемите им на свързване, методика за диагностика, ремонт и прочие. Системата е така изградена, че позволява лесно добавяне на нови данни. Единственото необходимо, е принтиране на коректно записани маркери за машината и добавяне на файловете за нея в съответния хост, където се съхранява практическото решение. Направени са анализи и изводи.

Във съответните глави са направени и практически експерименти. Започнато е с експерименти с QR<sup>11</sup> code, като е установено опитно как размерите на маркера влияят върху максималното разстояние за сканиране, също така е проверено дали има разлика между принтирани маркери и такива изобразени от дисплеи, дали ъгъла на сканиране влияе върху максималното разстояние и как големината на текста при едни и същи размери променя максималното разстояние за сканиране.

Направени са и експерименти с BLE<sup>1</sup>. Проверено е има ли влияние смущението от индустриална среда върху BLE<sup>1</sup> използвани в контекста на дисертационния труд. Проверена е също и консумацията на BLE<sup>1</sup> излъчватели с промяна на интервала между излъчванията.

Опитно е определено също и максималното разстояние за сканиране на NFC<sup>10</sup> маркер в зависимост от положението му под сканиращото устройство, както и от близостта му до метални повърхности.

Направени са експерименти идентични на тези с QR<sup>11</sup> code, но за маркерите от практическото решение с разширена реалност. Направени са също и експерименти за установяване коректната практическа работа на изработените решения в дисертацията. В края на всеки раздел от експерименти за направени съответните изводи.

Направени са и общи анализи и изводи за направеното в дисертационния труд

## СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

### I. Въведение

Настоящата дисертация има за цел да се разгледат възможните варианти за приложение на актуалните технологии за управление на електрически апарати. В процеса на работа е проучено текущото състояние на науката от гледна точка на този въпрос, а именно:

Обзор на възможните технологии за комуникация между мобилните телефони и електронните апарати;

Обзор и сравнение на съществуващите BLE<sup>1</sup> технологии, хардуерни устройства производители, хардуер за изработка на маркери, предложение за интеграция в системи за управление на електрически апарати.

В следствие са предложени актуални, подробно анализирани и реално изработени и тествани, варианти за интеграция на тези технологии при управлението на електрически апарати. Изработени са варианти на класически електрически апарати използващи предимствата им и са предложени и изработени практически решения за подобряване на работата в енергийни стопанства.

Проверена е експериментално зависимостта между размера на QR<sup>11</sup> маркерите, ъгъла на сканиране и максималното разстояние за сканиране. Проверено е също как увеличаването на символите на текста записан в маркера влияят на максималното разстояние за сканиране при маркери с едни и същи размери.

Направени са експерименти за установяване на консумацията на енергия от BLE<sup>1</sup> маркер устройства при различни advertising интервали (Интервали между излъчванията).

Проверена е възможността за предаване на грешни пакети от данни с използване на BLE<sup>1</sup>.

Проверени са максималните разстояния за сканиране на NFC<sup>10</sup> маркерите, използвани за обезпечаване на практическите решения в дисертационния труд, както и какво е минималното разстояние на което трябва да отстоят от метални повърхности, за да бъдат успешно сканирани.

Направени са и експерименти за установяване зависимостта между размера, ъгъла на сканиране на маркер картинката и максималното разстояние за сканиране при решения разширена реалност. Получените резултати са валидни при използване на системата разгледана в дисертационния труд.

Освен това са направени експерименти с цел изследване на работата на предложените практически решения.

### II. Глава 1 Литературен обзор

В тази глава е направено проучване на текущото състояние на науката към момента на писане на дисертацията. Разгледани са приложимите технологии за контрол на електрически апарати. Разгледани са и възможните варианти за комуникация между смартфоните и електрическите апарати. Разгледани са също и използваните варианти за управление и е направен коментар за техните предимства и недостатъци. Направени са и предложения за подобряване процеса на управление на апаратите. По нататък е направен коментар относно избора на Bluetooth технология, когато се налага имплементирането и в процеса на управление. Освен това е направено сравнение между Basic rate и BLE. В следствие са разгледани съществуващите Bluetooth LE бийкъни. Наблегнато е на параметри като broadcast интервал, консумация, обхват, устойчивост на интерференция, основни технологии,

производители, хардуер за създаване на устройствата и прочие. Разгледани са също и възможности за създаване на Native (стандартно) и WEB приложения, както и възможности за използване на WEB платформи. **В края на литературния обзор са формулирани целите и задачите на дисертационния труд.**

### **III. Глава 2. BLE<sup>1</sup> универсален операторски панел**

Това реализирано решение представлява операторски панел със осем канала за управление. Той позволява едновременно управление на контролния панел от група оператори през BLE<sup>1</sup>. В решението се използва както native (стандартно) така и WEB<sup>12</sup> приложение за контрол на устройството.

#### ***а). Основна идея***

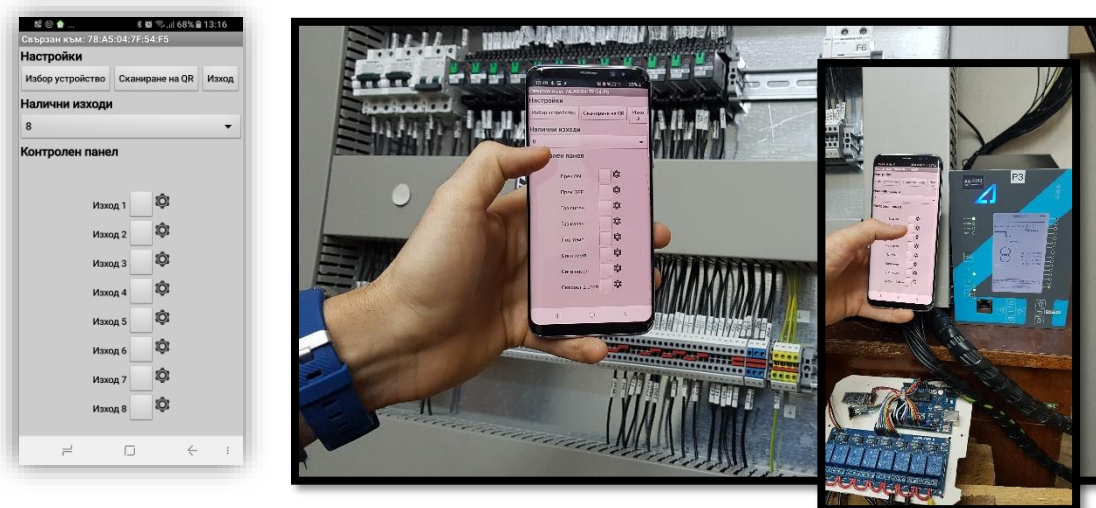
Хардуерната част на практическото решение се състои от микроконтролер ATmega328P, свързан чрез сериен UART (universal asynchronous receiver-transmitter) интерфейс към модул HM-10. Към контролера също са свързани и релейни изходи за осъществяване на физическата комутация на товарите. До всяко устройство обект на управление има поставен NFC<sup>10</sup> маркер. При поставяне на смартфона на оператора върху NFC<sup>10</sup> маркера, той зарежда приложението за контрол на практическото решение. От този момент нататък всяко натискане на бутон от интерфейса на дисплея на устройството води до свързване към HM-10 и изпращане на съответна команда. Ако няма друг натиснат бутон, връзката се прекратява автоматично. Така се пести допълнително енергия. Получената команда се получава от контролера, той я обработва и превключва указания изход.

#### ***б). Реализация***

##### ***1. native (стандартно) приложение***

Направени са два варианта на мобилни приложения. Първият е с native (стандартно) приложение за Android, а втория с WEB<sup>12</sup> приложение. При първия вариант е използвана платформата MIT App Inventor. Тя позволява създаване на native (стандартно) приложение за Android чрез подобрен графичен интерфейс. Създаденото приложение позволява избор на използвания брой изходи, като максималния брой е осем. Добавена е и възможност за промяна на имената на изходите, като те се съхраняват в енергонезависима памет на телефона. Свързването към конкретно BLE<sup>1</sup> устройство може да се осъществи със сканиране на QR<sup>11</sup> маркер, да се въведе адреса ръчно или да се зареди от списъка със сдвоени устройства на телефона. В крайна сметка, изграденото приложение изглежда по начина показан на **Фигура 1**.

Подробна информация за приложението, неговите, методиката за изграждане както и обяснителна записка е представена в дисертационния труд.



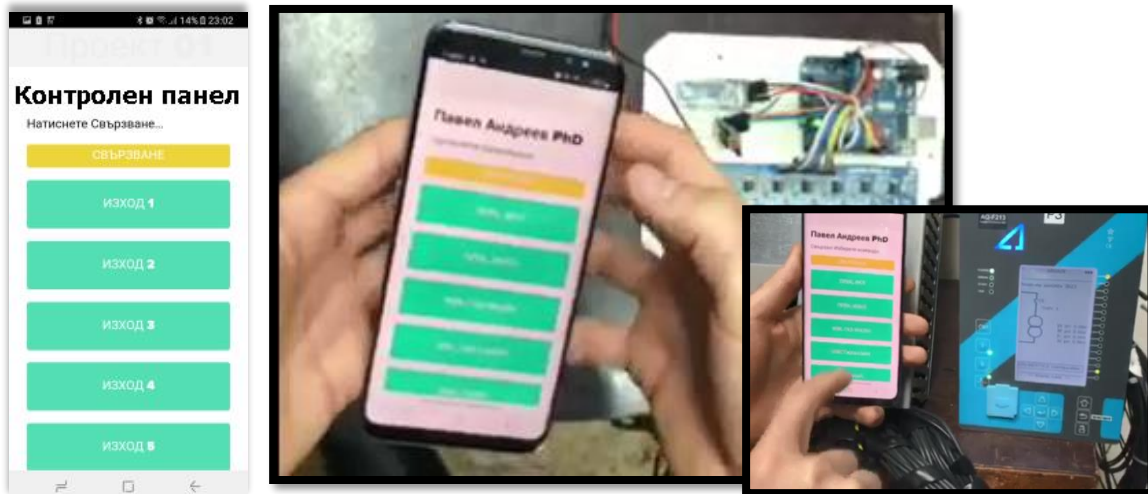
**Фигура 1, Външен вид на приложението**

## 2. WEB<sup>12</sup> приложение

Приложението, изработено по горепосочения метод има своите предимства, но може да се използва само от мобилни устройства с операционна система Android. Освен това, при него се удовлетворява изискването за автоматизирано свързване, но не и приложението да се съхранява в паметта на телефона. За целта е изработено и WEB<sup>12</sup> приложение. То представлява WEB<sup>12</sup> страничка, която се хоства на свободно достъпен сървър. При зареждане на страницата от WEB<sup>12</sup> браузъра на устройството, тя може да командва хардуера му. Тъй като технологията е в ранен етап на развитие, е необходимо браузъра на който се отваря да има инсталиран съответния плъгин (добавка). Това въвежда нуждата от инсталиране на подходящ браузър. Но размишлявайки се стига до извод, че инсталиране на един единствен браузър позволява достъп до стотици хиляди приложения, го прави по-добрия вариант за използване. За целите на практическото решение е използвана развойната среда Evothings. Тя позволява създаване на WEB<sup>12</sup> приложения използвайки HTML5, javascript и CSS. Външният вид на изработеното за целите на дисертацията приложение е показан на **Фигура 2**.

Така създадения проект, може да се качи на свободно достъпен сървър или на сървър в локалната мрежа. Също, практическото решение може да бъде използвано от апарати с всякакви операционни системи, които имат инсталирано приложението Evothings viewer. За стартиране на практическото решение се използва WEB<sup>12</sup> адрес с префикс evo://. В конкретния случай, файловете на практическото решение са качени на сървър – [iot.bgbeacon.net](http://iot.bgbeacon.net), затова трябва да се зареди адрес [evo://iot.bgbeacon.net](http://evo://iot.bgbeacon.net). Така WEB<sup>12</sup> страницата ще се отвори не с браузъра по подразбиране, а с браузъра Evothings viewer.

Използвани са **два** метода за автоматизирано въвеждане на адреса.



**Фигура 2 , Външен вид на WEB<sup>12</sup> приложението**

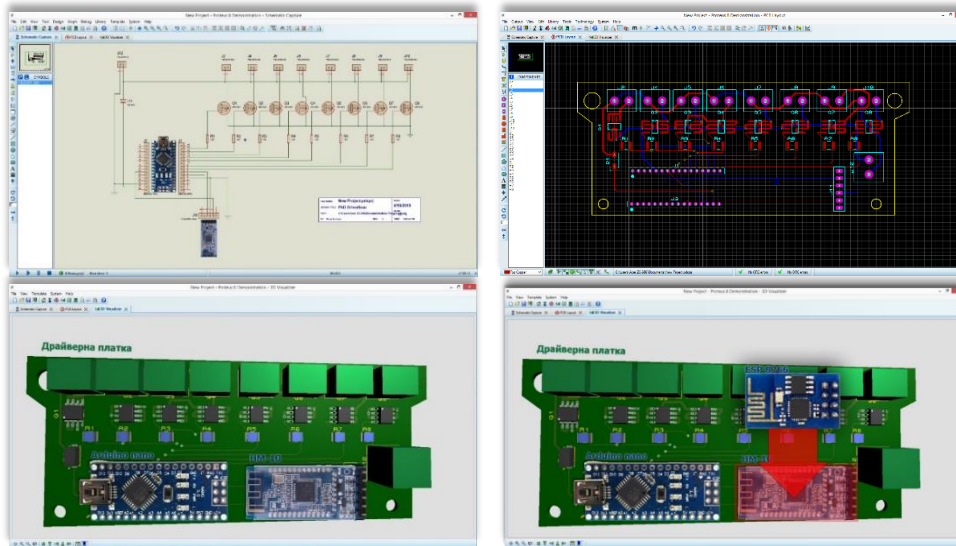
**Първият** е с използване на NFC<sup>10</sup>, а вторият с използване на QR<sup>11</sup> маркер. При първият метод е използван пасивен NFC<sup>10</sup> маркер. За програмирането му е използвано приложението NFC<sup>10</sup> tools. То позволява записване на потребителски адреси.

**Вторият вариант** е с използване на QR<sup>11</sup> маркер. За генерирането му е използван сайтът <https://www.the-qrcode-generator.com/>.

Последният етап за завършване на практическото решение е проектиране на хардуера и създаване на програмата на контролера. За конкретните цели е избран контролер Arduino nano свързан към модул НМ-10. Въпросният модул е предвиден да позволи микропроцесорни устройства да комуникират използвайки BLE<sup>1</sup>. Базиран е на чипа на Texas Instruments - CC2540. Модулът идва с предварително инсталиран фърмуер, който се грижи всяка постъпила команда през BLE<sup>1</sup> да бъде изпратена през серийния порт към друго микропроцесорно устройство и обратно. Така се изгражда тъй наречения BLE<sup>1</sup> to Serial конвертор. За настройка на модула, през серийния му порт са изпратени съответните AT команди.

Основният контролер, извършващ логическите операции е контролерът ATmega328. За удобство, в практическото решение е използвана развойната среда Arduino nano. За да се обезпечи текущото решение е създадена програма, която да следи за постъпващи команди на входа за серийна комуникация. При получаване на команда за активиране на изход 1, изходът се установява в състояние логическа 1. След изтичане на предварително указано време, състоянието му се възстановява. Започва процес на очакване на нова команда. Към изходите на контролера могат да бъдат свързани както транзисторни, така и релейни изходи. В конкретният случай, изходите се превключват далеч по-бавно от комутационната способност на релетата, затова е допустимо и използването им.

За проектиране на печатната платка е използвана безплатна версия на програмата Proteus. Софтуерът позволява изчертаване на схеми, симулирането им и проектиране на Printed Circuit Board (PCB) платка (*Фигура 3*).



Фигура 3 (,) Разположение на контролерите върху драйверната платка

в). *Анализ и изводи към втора глава*

Така изграденото практическо решение предоставя универсален операторски панел, който може да бъде използван за управление на различни електрически апарати в индустриална среда. Като потребителски интерфейс може да бъде използвано както native (стандартно) приложение за Android, така и WEB<sup>12</sup> приложение. Практическото решение позволява възползване от предимствата на BLE<sup>1</sup>, като намалена консумация на енергия, и възможност устройството да бъде управлявано от много потребители почти едновременно. Това е възможно поради изменението на работата на Bluetooth устройствата при новия протокол. При класическата версия, устройствата трябва да се свържат едно с друго установявайки комуникационен канал, който винаги се поддържа активен. Това означава, че ще се изразходва значително количество енергия за поддръжката му и ще е трудно свързването на повече от едно устройство. При новия протокол обаче, устройствата се свързват и си комуникират само когато е необходимо. Така не се изразходва енергия за постоянно поддържане на комуникационния канал и BLE<sup>1</sup> приемникът на драйверната платка разполага с свободно време да обслужи заявки от други потребители. Сравнителен анализ на предимствата на BLE<sup>1</sup> пред старта версия на Bluetooth е представен в литературния обзор.

Използването на Native (стандартно) приложение обаче обвързва практическото решение с използване само на устройства с операционна система Android.

Това е успешно поправено с използване на WEB<sup>12</sup> приложението. То може да се стартира на всяка операционна система разполагаща с браузър с градени плъгини за това.

В крайна сметка, така изградената система позволява разширяване на възможностите на съществуващи инсталации чрез управлението им през мобилни устройства или изграждане на нови такива. Освен това BLE<sup>1</sup> е проектиран така, че да се намали до минимум интерференцията с WIFI<sup>13</sup>, което позволява на практическото решение да работи добре в зони с усилено използване на въпросните мрежи. Също така, поради многобройните проверки на получените по BLE<sup>1</sup> данни, се оказва че интерференцията е проблем по-скоро за скоростта на предаване на данни отколкото за

правилното им пристигане. В случая обемът от данни е нищожен, затова интерференцията не е проблем.

#### **IV. Глава 3. Автоматизиране процеса на свързване при WIFI<sup>13</sup> мрежи.**

Тук е разгледан горния пример. Вместо BLE<sup>1</sup> управление обаче е реализирано управление през WIFI<sup>13</sup>. Идеята е възможност за използване на практическото решение в места с ограничен или липсващ GSM<sup>5</sup> обхват или достъп до интернет, тъй като зареждането на WEB<sup>12</sup> приложението е обвързано с достъп до глобалната мрежа. За да се обезпечи практическото решение, апаратът създава своя собствена WIFI<sup>13</sup> мрежа. Така всеки компютър, таблет или телефон в обсег могат да се свържат с нея и да управляват апарата. Основният проблем тук обаче е необходимостта персонала да знае:

1. към коя мрежа да се свърже, както и паролата ѝ
2. адреса на сървъра на който се намира WEB<sup>12</sup> интерфейса.

##### ***а). Основни идеи***

Във последните версии на операционната система Android, е добавена възможността да се записва информация за WIFI<sup>13</sup> мрежа на пасивен NFC<sup>10</sup> маркер. При следващо сканиране на маркера от друго устройство, то може автоматично да се свърже към мрежата, ако тя е в обхват. За обезпечаване на това, не е необходимо допълнително приложение. Така на пасивен маркер може да се запише информация за WIFI<sup>13</sup> мрежата, която излъчва апарата. Този маркер трябва да се постави на подходящо достъпно място на повърхността на апарата. При желание за управление на въпросния, операторът трябва да сканира маркера с телефона/таблета си. При сканиране устройството ще бъде свързано с желаната мрежа автоматично. Единственото действие необходимо от страна на оператора, е да потвърди извършването на операцията. С това се обезпечават условията за автоматично свързване към мрежата на апарата, но остава проблемът с намирането на адреса на сървъра на който се намира интерфейса за управление. Това може да се обезпечи чрез пренасочване на всички потребители в мрежата към този адрес.

Това практическо решение надгражда предното, като му позволява управление през WIFI<sup>13</sup>

##### ***б). Принципа на работа:***

Добавеният към практическото решение контролер ESP-1, създава WIFI<sup>13</sup> мрежа с името на апарата. Така потребителите могат да се свържат към нея чрез сканиране на съответния NFC<sup>10</sup> маркер. След свързване, потребителите трябва да въведат произволен адрес в брауъра на устройството си. Тъй като мрежата няма достъп до интернет се очаква устройството да върне информация, че адреса не е намерен. В практическото решение обаче тази информация не се изпраща. На нейно място потребителят получава WEB<sup>12</sup> страницка с интерфейса за управление. Така всяко търсене в брауъра води до вече споменатия отговор. При някои версии на операционните системи, пренасочването към WEB<sup>12</sup> интерфейса се осъществява автоматично веднага след свързване към мрежата. При това операторът просто трябва да сканира NFC<sup>10</sup> маркера и автоматично телефона му ще се свърже с необходимата мрежа с необходимата парола и на дисплея ще се зареди страницата с потребителския интерфейс. При натискане на някой от бутоните, се изпраща команда през серийния порт на ESP-1 към контролера обезпечаваш превключването на изходите (ATmega328).



**в).** *Изпълнение.*

Тъй като това практическо решение е разновидност на практическото решение с BLE<sup>1</sup>. Тук ATmega328, програмата му, както и периферията не са променени. Заменен е само модул HC10 със модул ESP-1, изграден на база System on a Chip (SoC) ESP8266. За реализиране на практическото решение, въпросният модул е програмиран да обезпечава основната идея, а именно:

- Да създава WIFI<sup>13</sup> мрежа към която да се свързват потребителите при управление
- Да следи за направените заявки за посещения на WEB<sup>12</sup> сайтове от всички потребители в мрежата
- Да отговаря на всички заявки, със интерфейса за управление
- При избрана команда от интерфейса, да информира контролера за това.

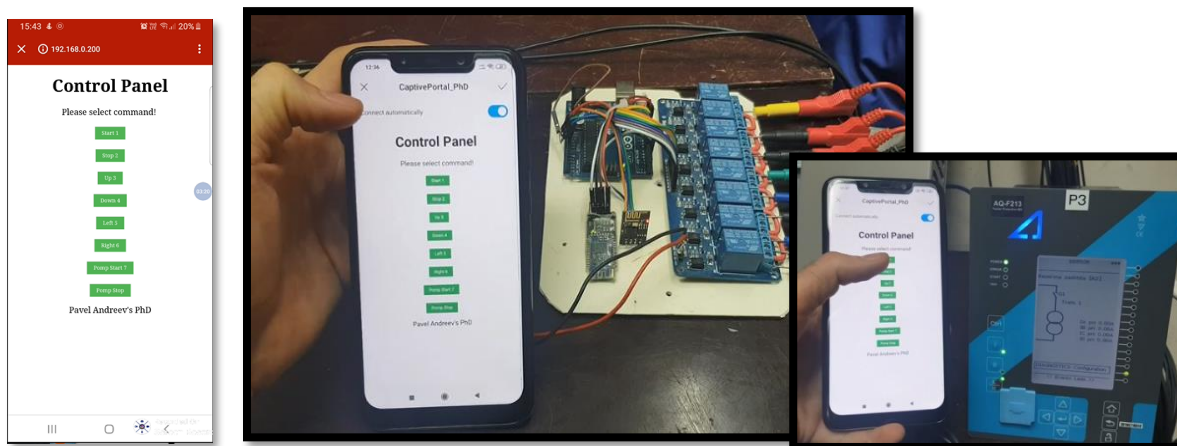
Направена е също и преходна платка за да е възможно използването на платката от предходното практическо решение.

Външният вид на потребителският интерфейс е показан на **Фигура 4.**

С това е обезпечено изобразяването на HTML (HyperText Markup Language) страницата позволяваща управлението на електрическия апарат. При натискане на някой от бутоните се прави следната заявка:

192.168.0.200/“номера на натиснатия бутон“.

При това, трябва да се изпрати команда през серийния порт към контролер Arduino nano.



**Фигура 4(,) Външен вид на потребителския интерфейс**

**г).** *Анализ и изводи към трета глава*

С така направените промени се постига надграждане на предходното практическо решение, като новото позволява автоматизирано управление през WIFI<sup>13</sup>. За целта са използвани всички предимства на NFC<sup>10</sup> и QR<sup>11</sup> за облекчаване на свързването към мрежата. След свързване е използван Captive portal за да бъде пренасочен потребителя автоматично към контролния панел за управление. По този начин се елиминира нуждата операторът да знае името и паролата на WIFI<sup>13</sup> мрежата и адреса на сървъра на който се намира WEB<sup>12</sup> интерфейса. Заявките за управление могат да бъдат направени и от външни устройства. Освен това, на грешни заявки ще бъде отговорено с актуалния контролен панел за управление. Ако е необходимо, заявките могат да бъдат записани на QR<sup>11</sup> или NFC<sup>10</sup> маркери, което ще позволи активиране на съответния бутон след сканирането им. С това се

обезпечават част от целите поставени в началото на дисертацията. На практическото решение несъмнено би оказала влияние интерференция с други WiFi<sup>13</sup> мрежи и индустриални машини смущаващи целия ISM<sup>7</sup> обхват с работата си. На първия проблем може да се противодейства с използване на различни канали за различните мрежи. На втория обаче няма как да се противодейства адекватно. Трябва все пак да се отбележи, че това не е проблем, тъй като в основата на тази безжична комуникация има заложен многобройни проверки за коректност на изпратената информация. Така тя не може да се загуби или изкриви. Просто ще пристигне със закъснение. Закъснението ще е толкова по-голямо, колкото по-голямо е влиянието от интерференцията. Освен това са подробно описани стъпките по създаването на подобни практически решения и могат да бъдат използвани при създаване на други такива. Недостатък тук е, че имената на каналите за управление трябва да бъдат предварително дефинирани. Това от своя страна става елементарно и може да бъде изпълнено лесно. За бъдеще, може да се предвидят решения в които този проблем е отстранен с използване на HTML (Hyper Text Markup Language) страничка с позволяващ това код. Тъй като използван самостоятелно HTML не позволява това, а другите езици биха утежнили работата на контролера, то може да се използват променливи за съхраняване на заявките с нови имена на каналите. Въпросните променливи могат ATmega328 да се съхраняват в паметта на контролера. В следствие те могат да бъдат опреснявани с всяко ново изпращане на потребителския интерфейс.

В крайна сметка може да се каже, че практическото решение обезпечават поставените цели в началото на дисертацията.

## **V. Глава 4. Управление на електрически апарати с използване на разширена реалност (Augmented reality<sup>1</sup>)**

### ***a). Основна идея***

При този вариант се използва разширена реалност за да се покаже на дисплея на устройството на оператора, контролен панел в зависимост от това, до кое устройство се намира. За целта операторът трябва да използва камерата на мобилното устройство или Bluetooth очила за разширена реалност. Въпросните очила представляват камера и малък монитор пред очите на оператора. Върху всяко от устройствата обект на управление е необходимо да се принтира картинка (маркер), която е триггер за стартиране на визуализацията на разширената реалност. След попадане на картинката в кадър и успешното и разпознаване, то софтуерно може да се определи ориентацията ѝ в пространството и да се визуализира 3D модел на контролен панел за управление до нея или върху нея. При промяна на ъгъла на заснемане с камерата, автоматично се коригира и визуализацията на панела за управление, за да се запази предварително указаната ориентация спрямо бийкън картинката. След, кликане на оператора върху някой от бутоните за управление, следва изпращане на съответната команда към устройството. В случай, че се използват очила за разширена реалност, операторът трябва да направи жест с ръката си докато я държи върху бутона за управление или да използва допълнителен хардуер. Така софтуерът може да разпознае кой от бутоните трябва да се активира и се елиминира използването на тъч дисплей.

Вариантите за комуникация на смартфона с управлявания апарат са:

1. **Bluetooth:**

Независимо от това дали ще се използва Bluetooth LE или Bluetooth Classic, идеята е следната: Бийкън картинката може да е QR<sup>11</sup> маркер, който да съдържа името или адреса на устройството, като след попадане на маркера в обсег, софтуерът ще знае до кое устройство се намира и как да се свърже с него.

2. **WIFI<sup>13</sup>:**

Тук по подобен начин QR<sup>11</sup> маркера от картинката може да съдържа информация за името на WIFI<sup>13</sup> мрежата на апарата и паролата за достъп. Така след появяването на картинката в кадър ще може да се стартира свързване към въпросната мрежа и визуализация на менюто за управление. А адреса на сървъра и командите за всеки от бутоните могат да останат еднакви за всички устройства.

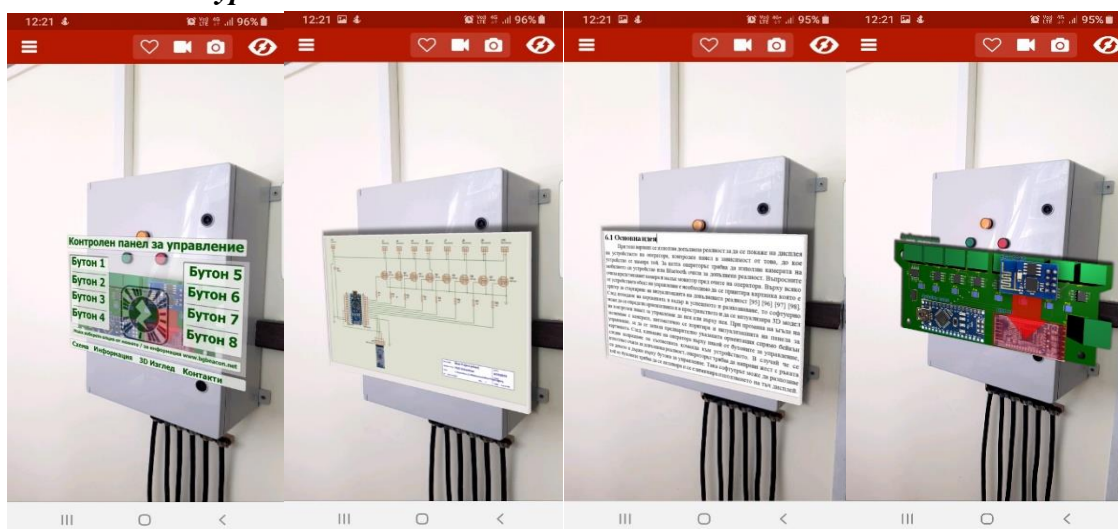
Текущото практическо решение усъвършенства предходното, като му придава нови възможности. Тук за част от решенията се предвижда смяна на основния контролер изпълняващ операциите.

б). **Изпълнение:**

За обезпечаването на практическото решение е направено следното:

Управляваният електрически апарат излъчва в пространството своя собствена WIFI<sup>13</sup> мрежа. Така операторът може лесно да сканира маркер картинката и да свърже устройството си със мрежата. Също така, въпросната картинка е NFC<sup>10</sup> маркер, който също присъединява към мрежата всяко сканирало го устройство. След свързване на смартфона към въпросната мрежа, е необходимо стартиране на приложението осъществяващо сканиране и визуализация на разширената реалност.

За целта е използвана платформата Zapper. Тя позволява създаване на разширена реалност с използване на WEB<sup>12</sup> интерфейс. Така практическите решения се създават във въпросната платформа от всяка точка на планетата и без необходимост от допълнителен софтуер. За визуализация на практическото решение, е необходимо инсталирането на приложение Zapper, което е достъпно за използване с повечето операционни системи за мобилни устройства. Крайният вариант на създадения интерфейс е показан на **Фигура 5**.





**Фигура 5, Снимки на изобразяването на готовия контролен панел за практическото решение с разширена реалност**

**1. Създаване на програма за контролера**

Разгледани са два варианта, позволяващи отработването на HTML заявките:

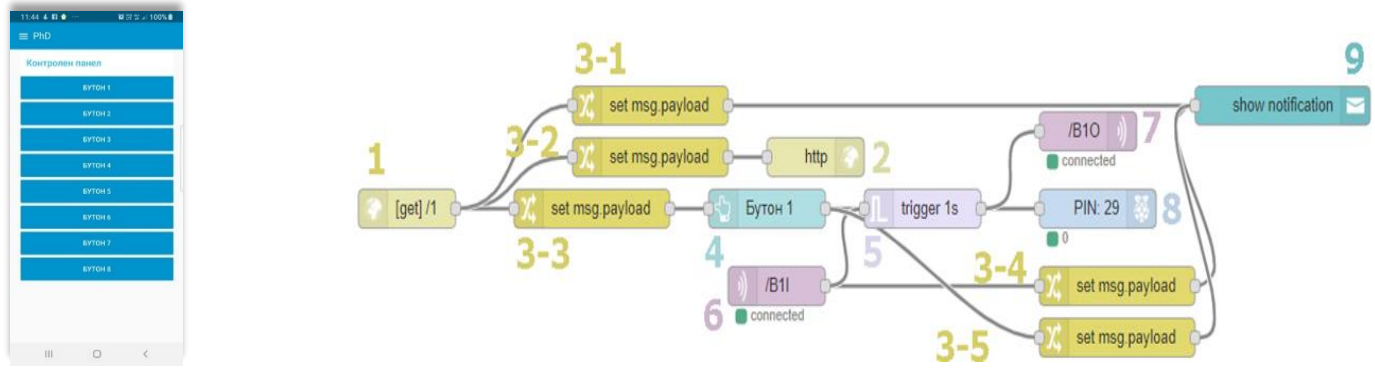
- Използване на програмата от предходното практическо решение. (Контролера сам създава безжична мрежа към която да се свърже телефона).
- Използване на контролер, който се свързва към съществуваща WIFI<sup>13</sup> мрежа.

**1.1** [Вариант 1 \(Контролерът сам създава безжична мрежа\)/Esp8266/](#)

Тук се използва контролера и програмата използвани в предходното практическо решение. Както е описано там. Контролерът създава WIFI<sup>13</sup> мрежа, към която да се свърже потребителя. Името ѝ е същото като името на мрежата настроена в QR<sup>11</sup> маркера от публикуван в дисертацията. Така при сканиране на картинката, потребителят ще бъде насочен към правилната мрежа. След като веднъж се осъществи свързване, телефонът ще запомни мрежата и ще се свързва с нея автоматично, когато е в обхват. В последствие получените заявки от интерфейса с разширена реалност ще се обработят по описания вече начин.

**1.2** [Вариант 2 \(Контролерът се свързва към съществуваща Безжична мрежа\)/Raspberry pi3 + Node Red/](#)

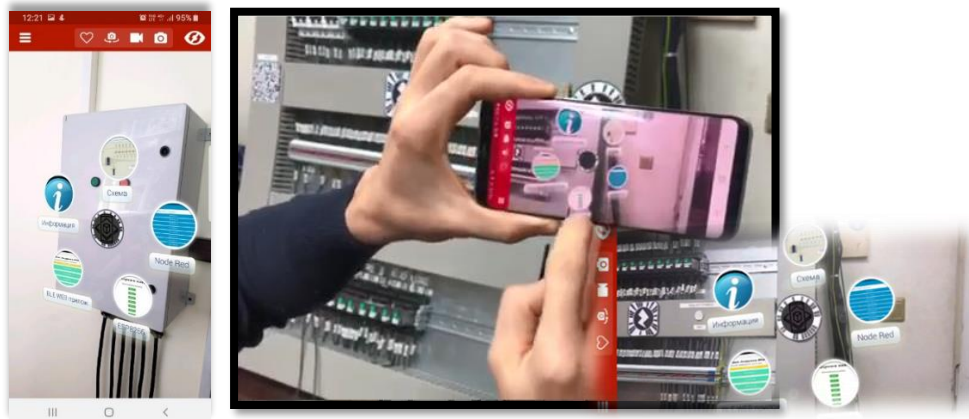
При реализиране на този вариант е използван контролера Raspberry Pi 3. (Въпросният) представляващ микро-компютър. Raspberry Pi 3 може да работи под редица операционни системи, като в случая е използвана дистрибуцията на Linux - Debian с Raspberry Pi Desktop. За програмно обезпечаване е използван софтуерът Node Red. Той позволява създаване на програми, управляващи хардуера на Raspberry Pi 3 с помощта на графичен WEB<sup>12</sup> интерфейс. (Изграденият контролен панел е показан на **Фигура 6.**)



**Фигура 6, Операторски панел изграден с Node Red и основна част от програмата**

1.3 Управление на група контролери от една контролна точка

Чисто с експериментална цел, са оставени контролерите от двата разгледани варианта да работят едновременно. За да се обезпечи избора на интерфейс за управление е създадена контролна точка, която позволява избора му. За целта е създаден нов проект в програмата Zapworks, който да предоставя на потребителя информация за схемата на драйверната платка, текстова информация за практическото решение, както и достъп до различните интерфейси за управление. При това е използван режим widgets. Външният му вид е показан на **Фигура 7**.



**Фигура 7, Контролен панел - разширена реалност 2,**

в). **Анализ и изводи към четвърта глава**

При така изградена система става възможно използване на разширена реалност за управление на електрически апарати, както и изобразяване на съпътстваща информация за тях. Когато енергийното стопанство разполага с много машини поддържащия персонал трябва да пренася много документация със себе си за да е адекватен и да отстрани бързо появилата се авария. С използване на решението, предложено в тази точка от дисертацията, тази необходимост се елиминира, тъй като персоналят може да получи информация за всяка една от машините само чрез сканиране на маркера принтиран до нея. Без да е необходимо да губи време за ровене във бази данни или пък хартиена документация. Също така, възможността за управление на машината през мобилно устройство и най-вече през очила за разширена реалност позволяват намаляване на разходите за скъпи човекомашинни интерфейси. Освен това се елиминира риска от механични повреди при използване на контролни панели с физически бутони за управление. Благодарение на съчетаването на NFC<sup>10</sup> и QR<sup>11</sup> в

практическото решение, процесът на свързване към интерфейса за управление на електрическите апарати се улеснява значително. Огромно предимство е и, че може да се използва едно единствено приложение за работа с цялото разнообразие от машини в енергийното стопанство.

Като недостатък може да се сметне зависимостта от доставчика на услугата за разширена реалност, както и необходимостта от интернет свързаност на мобилното устройство, за да зареди практическото решение. Този недостатък може да се елиминира с използване на софтуер за създаване на проекти с разширена реалност, като в [1].

## VI. Глава 5. Автоматично препращане на потребителя към WEB<sup>12</sup> интерфейс за контрол или информация за най-близкия електрически апарат в енергийното стопанство.

### *а). Основна идея*

Обезпечаването на тази цел е възможно със създаване на приложение, позволяващо изобразяване на необходимата информация и предоставяне на контролен панел за управление. Освен това е хубаво приложението да бъде универсално. В противен случай ще са необходими различни приложения за различните енергийни стопанства. Изпълнението на конкретната цел може да бъде обезпечено по следния начин:

До всяко устройство трябва да има маркер, позволяващ регистриране на близост до устройството и информация за WEB<sup>12</sup> адреса на който може да се намери информация за него. Всяка група устройства, трябва да има собствен поддомейн<sup>16</sup>, всяко устройство трябва да има своя директория със съответните информационни файлове и файлове за настройка. При стартиране на приложението, въпросното ще започва да сканира за признаци, до кое устройство се намира. Когато признаците бъдат намерени, ще се зареди съответният WEB<sup>12</sup> адрес и директорията на апарата. Ще бъдат показани файлове, съответстващи на настройката на оператора в приложението.

### *б). Изпълнение*

В практиката често се налага работа на оперативния персонал с огромен брой схеми на различни съоръжения. Това изисква пренасяне на голяма по обем документация или голям електронен архив. При това е възможно объркване, както и забавяне в отстраняването на аварията поради излишно ровене в документацията. С използване на различни по вид BLE<sup>1</sup> излъчватели е постигнато автоматизиране на процеса и показване на необходимата документация на база локацията на потребителя в пространството. За целта се появява необходимостта от създаване на WEB<sup>12</sup> или NATIVE (стандартно) приложение и поставяне на съответния хардуер за уточняване на местоположението на потребителя.

#### *1. Използване на BLE<sup>1</sup>:*

С използване на BLE<sup>1</sup> всеки таблет, способен да работи с технологията може да показва съдържание на база близостта си до определен бийкън. Необходимо е на таблета да има инсталиран софтуер позволяващ сканиране на ефира за сигнали от BLE<sup>1</sup> устройства. За удобство е желателно да се използва Eddystone<sup>4</sup> URL. При тази технология бийкънът излъчва в ефира не само информация за себе си, но и WEB<sup>12</sup> адрес. Въпросният WEB<sup>12</sup> адрес може да бъде използван като част от пълен адрес с определено съдържание. При това се предлага следният принцип на работа:

Поведението на програмата ще е както следва. Потребителят е стартирал изработената в практическото решение програма и започва да се движи из помещението. От контролният панел той

избира дали да получава информация за принципа на работа на устройството, схеми, указания за експлоатация, указания за поддръжка и прочие. Програмата сканира ефира за наличие на маркери. Получената информация се обработва, преглежда се мощността, с която излъчва всяко от устройствата, след което се калкулира кое е най-близо разположеното устройство. В последствие се прочита адреса, който то излъчва в пространството. Този адрес трябва да съответства на домейна<sup>15</sup> на който се съхраняват файловете. Тук програмата проверява избора на оператора за желана информация и добавя съответен текст в края на адреса от маркера, за да се зареди необходимия файл с информация.

## 2. *Използване на NFC<sup>10</sup>*

Практическото решение успешно е реализирано и с алтернативен метод на локализиране на таблета. Този метод е използване на NFC<sup>10</sup>. Тук, до всяка точка на интерес (всяка машина) на видимо и достъпно място е залепен пасивен NFC<sup>10</sup> маркер. Маркерът е програмиран да предоставя WEB<sup>12</sup> адрес, подобно на практическото решение с BLE<sup>1</sup>. Така, когато операторът се доближи до маркера с таблета си и стартирано приложение, на дисплея се зарежда желаната информация по методика идентична на вече споменатата.

## 3. *Използване на QR<sup>11</sup> code*

Ако средата позволява, практическото решение може да работи и с QR<sup>11</sup> маркер. За обезпечаване на това, са принтирани съответните QR<sup>11</sup> маркери на видима част от машината. Така операторът може да ги сканира и да бъде пренасочен към съответния адрес. Тук подобно на вариантите с NFC<sup>10</sup> и BLE<sup>1</sup>, е интегриран основния WEB<sup>12</sup> адрес в RQ<sup>11</sup> маркера, а към него се добавя стринг в зависимост от избора на оператора за желана информация за представяне. Има огромен брой софтуер за генериране на подобни маркери. Всеки може да бъде използван успешно.

NFC<sup>10</sup> и QR<sup>11</sup> code могат са комбинирани в един проект. За целта е осъществено принтиране на QR<sup>11</sup> маркера върху NFC<sup>10</sup> маркера. Така и двете технологии стават достъпни за използване. При това могат да бъдат използвани абсолютно всички таблети и смартфони предлагащи се на пазара.

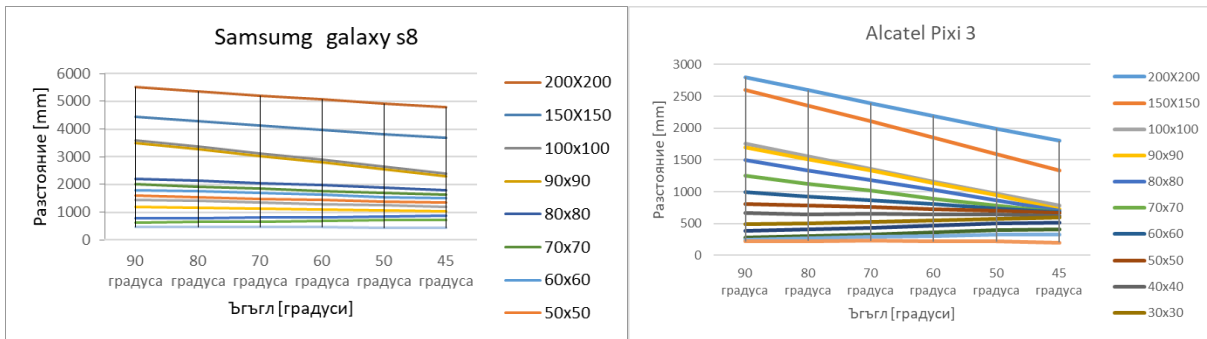
## в). *Анализ и изводи към пета глава*

При така изграденото практическо решение софтуерното обезпечаване е универсално, то няма нужда от промяна при добавяне или премахване на устройства в практическото решение. С използването на поддомейни<sup>16</sup>, приложението може да бъде използвано за много на брой енергийни стопанства или групи машини. В случай на необходимост от добавяне на машина към практическото решение, то към всяка точка на интерес (нова машина), трябва да се добави маркер, който да излъчва съответния уникален WEB<sup>12</sup> адрес и/или NFC<sup>10</sup>/QR<sup>11</sup> code маркери. Необходимо е и добавяне на файловете за съответната точка на интерес в използвания WEB<sup>12</sup> сървър. Недостатък е необходимостта от интернет достъп на таблета на оператора, както и необходимостта от наемане на WEB<sup>12</sup> хост и домейн<sup>15</sup>. В днешни дни обаче тези неща са задължителна част от ежедневието на една фирма. Недостатък е и ограничената дължина на адреси, които могат да се ползват с Eddystone<sup>4</sup> URL. При избора на таблет използващ практическото решение трябва да се има в предвид, че повечето модели на фирма Apple към момента са със заключен NFC<sup>10</sup> чип и не могат да използват NFC<sup>10</sup> за друго освен за безконтактно плащане. В случай че е наложително, вместо интернет може да се

използва локална мрежа, но тогава в нея трябва да има стартиран сървър обезпечаващ нуждите на практическото решение.

В съответните глави са направени и практически експерименти. Експерименти с QR<sup>11</sup> code

В обобщение на направените експерименти може да се каже, че благодарение на предоставените графики (*Фигура 8*), може да се определи с достатъчна точност какво максимално разстояние на сканиране може да се очаква при различни размери QR<sup>11</sup> маркери.



**Фигура 8, Резултати представени във вид удобен за подбор на размер на QR в зависимост от разстоянието от което ще се сканира и ъгъла на сканиране**

Опитно се потвърждава теорията, че с увеличаване на размера на маркера се увеличава и максималното разстояние за сканиране. Ценното тук, е че има предоставени конкретни стойности за прогнозиране. Така при работа, знаейки че ще се използва маркер с размери 100mm x 100mm и устройство подобно на Samsung Galaxy S8, може да се проследи графиката и да се направи прогноза че максимално разстояние за сканиране ще бъде не по-голямо от 2,5m. От експериментите се потвърждава и, че телефоните с по-ниска разделителна способност позволяват по-малки разстояния за сканиране. Благодарение на експеримента, направен с другото устройство вече може да се прецени как би могло да се промени въпросното разстояние. От експериментите могат да се направят и изводи за това как се променя разстоянието за сканиране при промяна на ъгъла. Оказва се че ъгли под 45 градуса са практически неизползваеми. При нужда от сканиране при такива ъгли, се препоръчва използване на допълнителен маркер с адекватна ориентация в пространството. Експериментите дават информация също и за значението на дължината на символите на маркера. Благодарение на графиките могат да бъдат направени съответните прогнози.

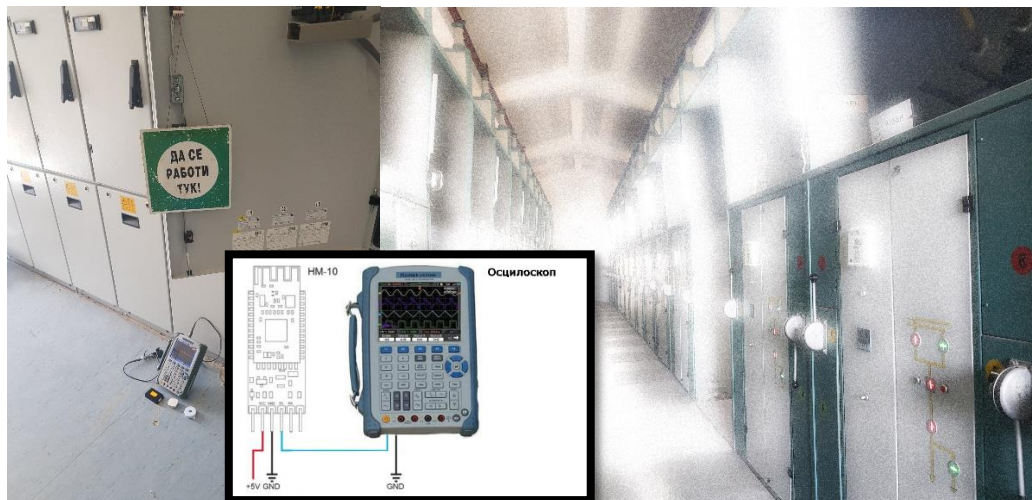
## г). Експерименти с BLE<sup>1</sup>

### 1. Проверка за смущения в индустриална среда

Освен описаните експерименти са направени и редица експерименти с различни устройства за установяване на влиянието на разстоянието върху обхвата на тези устройства. За съжаление обаче ясен модел на изменението на обхвата не бе открит. Причината за това вероятно са многобройните фактори влияещи върху обхвата им. Поради тази причина, данни не са публикувани. При опита за установяване на наличието на грешки при предаване се установи, че няма грешно предавани информация във всички от случаите, както и при всички разстояния. Това би трябвало да се дължи на многобройните проверки за коректност на предаваната информация. Изводът естествено се отнася



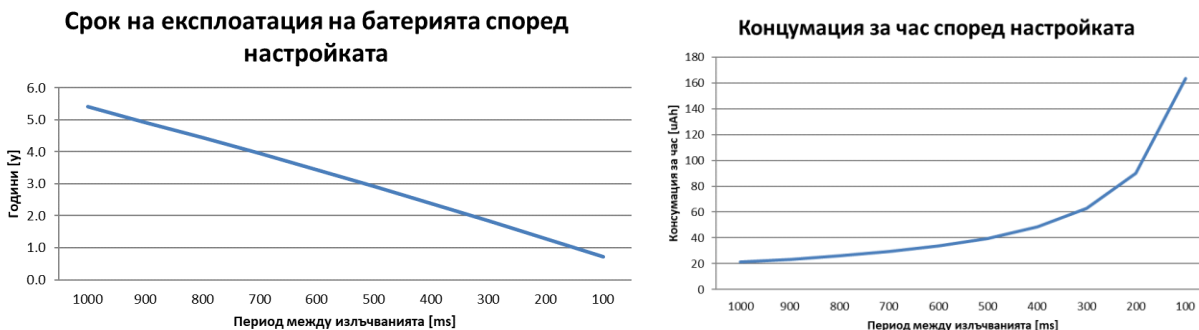
за получената информация на изхода на НМ-10. Забелязва се обаче значително забавяне на информацията във края на обхвата. Това най-вероятно се дължи на грешно получени от НМ-10 команди, които той е отхвърлил и поискал за повторно предаване. Поради това, комуникацията се забавяла до получаване на коректната информация. Като генерален извод може да се каже, че с използване на тази технология в индустриална среда могат да се използват приемливи разстояния на комуникация с липса на грешки при предаване на информацията до крайното устройство. Налице е забавяне на пакетите с информация при наличие на силна интерференция или друг тип смущения, но това не е проблем в конкретния случай, тъй като обема на предаваната информация е много малък. Снимки от експериментите за проверка за смущения в индустриална среда са показани на **Фигура 9**.



**Фигура 9, Проверка за смущения в индустриална среда**

2. **Експерименти за определяне на консумацията на енергия при промяна на режимите на работа с използване на Edydystone URL.**

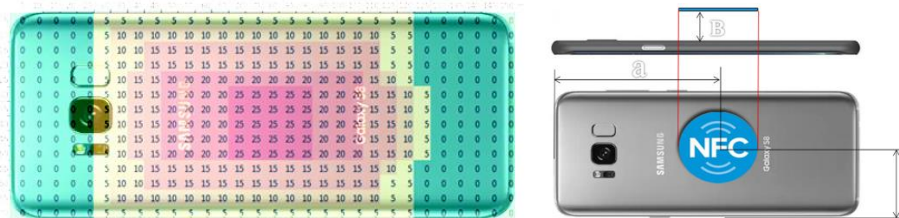
В обобщение може да се каже, че след проведените експерименти се установява, че промяната на интервала между излъчванията има голямо влияние върху очаквания срок на експлоатация на батерията на устройството. Върху този фактор влияе и мощността на излъчване. След експеримента ясно се вижда как би могла да се измени въпросната продължителност (**Фигура 10**). С това става възможно предвиждането на максималния очакван срок на експлоатация на батерията, като се има в предвид типа и настройките на устройството. Върху срока на експлоатация на батерията не влияят фактори като обкръжаващите устройства например.



**Фигура 10, Резултати от експерименти с използвания в практическото решение Eddystone URL бийкърн ако използва пълния капацитет на батерията**

**д). Експерименти с NFC<sup>10</sup>**

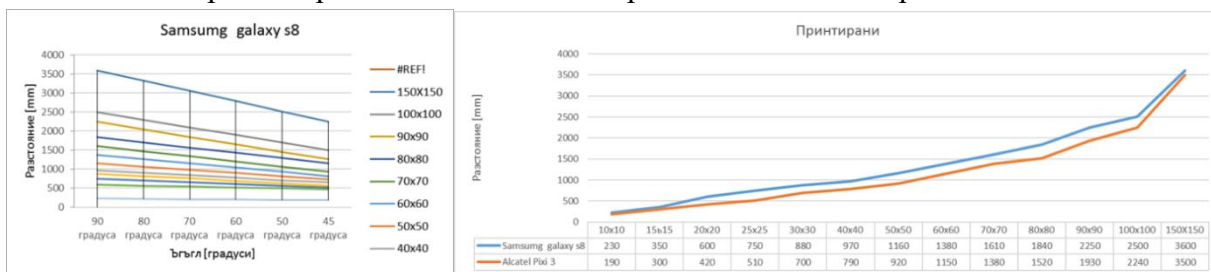
След разглеждане и анализиране на данните от експеримента става ясно, че максимално измереното разстояние за сканиране е 25mm. То е валидно за маркерите, използвани в експеримента, с телефона, използван в експеримента. С промяна на позицията на маркера под телефона това разстояние се изменя. Изменението в конкретния случай е показано в резултатите (**Фигура 11**). На въпросното разстояние оказва влияние и наличието на метални обекти, които екранират полето. Експериментите показват, че това не е проблем, стига предметът да не е между телефона и маркера или разстоянието от предмета до маркера да е повече от 6 mm.



**Фигура 11, Експериментални резултати при нормални условия нанесени върху устройството [mm]**

**е). Експерименти с разширена реалност**

Тук изводите са подобни на експериментите с QR<sup>11</sup> маркер. Зависимостта между размера на маркера и максималното разстояние за сканиране е почти линейна, като ъгъла на сканиране оказва голямо влияние (**Фигура 12**). При намаляването му, максималното разстояние за сканиране се променя отрицателно, а при ъгли по-малки от 45 градуса сканирането е силно затруднено. За разлика от QR<sup>11</sup> маркерите, все пак е възможно, но максималното разстояние за сканиране намалява експоненциално. От предоставените графики могат да се направят прогнози за размера на маркера според необходимото разстояние и ъгъл на сканиране. Както се вижда обаче на тези параметри влияе и разделителната способност на камерата. Влияние оказва също и околната светлина, както и отблясъци, породени от нея. Въпреки това, данните получени от експериментите позволяват сравнително точно прогнозиране на максималното разстояние за сканиране.



**Фигура 12, Промяна на максималното разстояние за използване на Zappan код в зависимост от ъгъла на заснемане както и изменението му в зависимост от големината на стикера (За Samsung Galaxy S8 )**

*ж). Експерименти за тестване на коректната работа на устройството.*

Оказва се, че така изградените практически решения работят коректно. Всички команди се отработват от крайното устройство. Не е установено отработване на грешни команди, но е регистрирано забавяне с непредвидими кратки времеви интервали в зоната на граничен обхват. Такива забавяния има и в зони със силна интерференция. Опитните резултати показват, че обхвата на WIFI<sup>13</sup> мрежата, е значително по-голям и по-устойчив на външни смущения.

Така изградените практически решения значително улесняват процеса на управление на електрическите апарати, облекчавайки процеса по свързване към интерфейсите за управление. Снимки от провеждането на експериментите на *Фигура 13*.



*Фигура 13, Снимки от провеждането на експериментите*

*з). Практически експерименти със системата за показване на информация и контролни панели за управление.*

В крайна сметка, практическото решение изпълнява целите си коректно и успява да предостави необходимата информация и контролни панели за управление на база най-близкото устройство. Не се наблюдават смущения в работата на системата. Забелязва се обаче затруднение при използване на BLE<sup>1</sup> за определяне на локацията и еднаква отдалеченост до две устройства. Този проблем може да се отстрани. За щастие обаче това не е проблем, тъй като обикновено изискуемата информация е необходима само в непосредствена близост до машината обект на управление или на някакви други действия. И все пак, при използване на този вариант, е препоръчително отделните машини да се отдалечени на повече от един метър и половина една от друга, за да се гарантира елиминиране на неприятния феномен.

## VII. Основни изводи

В така изградения дисертационен труд е направено проучване на текущото състояние на науката към момента на писане на дисертацията. Разгледани са приложимите технологии за контрол на електрически апарати. Разгледани са и възможните варианти за комуникация между смартфоните и електрическите апарати. Разгледани са също и използваните варианти за управление и е направен коментар за техните предимства и недостатъци. Направени са и предложения за подобряване процеса на управление на апаратите. По нататък е направен коментар относно избора на Bluetooth технология, когато се налага имплементирането и в процеса на управление. Освен това е направено сравнение между Basic rate<sup>3</sup> и BLE<sup>1</sup>. В последствие са разгледани съществуващите Bluetooth LE бийкъни. Наблегнато е на параметри като broadcast интервал, консумация, обхват, устойчивост на

интерференция, основни технологии, производители, хардуер за създаване на устройствата и прочие. Разгледани са също и възможности за създаване на Native (стандартно) и WEB<sup>12</sup> приложения, както и възможности за използване на WEB<sup>12</sup> платформи. В края на литературния обзор са формулирани целите и задачите на дисертационния труд.

За решаването им са изградени две системи за управление като втората е постепенно надграждана за да се обезпечат поставените цели и задачи. Първата изградена система предоставя на персонала информация за контролните панели за управление на апаратите, както и за информация за схемите им на свързване, методика за диагностика и ремонт, и прочие. Системата е така изградена, че позволява лесно добавяне на нови данни в системата. Единственото което е необходимо, е принтиране на коректно записани маркери за машината и добавяне на файловете за нея в съответния хост, където се съхранява практическото решение. Направени са анализи и изводи.

В последствие е създаден универсален операторски панел, с който могат да бъдат управлявани до 8 изхода. Той може да бъде използван като преход към вече съществуващи проекти, или директно да управлява нови такива. Изградено е Native (стандартно) приложение, което позволява управлението му през BLE<sup>1</sup>. При това телефонът се свързва към Bluetooth модула, само когато изпраща команда. Благодарение на това се пести енергия и се оставя възможност апаратът да бъде управляван и от друг телефон през времето, когато първия не изпраща команди. Приложението дава възможност да се избере колко от изходите ще се използват и скрива неактивните такива, освен това позволява преименуването им по желание на потребителя. Информацията за направените промени се съхранява на паметта на телефона. При повторно пускане приложението изпраща команди към предходното устройство, което е било настроено за управление. Ако е необходима смяна на устройството, то въпросното може да бъде променено по няколко начина. Може да се избере устройство от списъка на сдвоените устройства, да се сканира QR<sup>11</sup> маркер с MAC<sup>8</sup> адреса на устройството или да се сканира NFC<sup>10</sup> маркер, който също съдържа информация за MAC<sup>8</sup> адреса му. Изграден е и вариант за управление на устройството през WEB<sup>12</sup> приложение. Благодарение на него на телефона на оперативния персонал трябва да има само едно приложение, което може да работи с всички типове машини в енергийното стопанство. Използвайки технологиите упоменати в дисертацията е постигнато и автоматизиране на процеса по зареждане на WEB<sup>12</sup> приложението. Направени са и съответните анализи и изводи.

По нататък е разгледан вариант на управление на тази преходна платка през WIFI<sup>13</sup>. Така изграденото решение позволява да, се автоматизира процеса достъпване на контролния панел. Тук след сканиране на QR<sup>11</sup> маркер или NFC<sup>10</sup> маркер телефона се свързва автоматично към необходимата WIFI<sup>13</sup> мрежа и след това на екрана се появява контролният панел за управление без оператора да прави каквото и да е. Предимството тук е, че на оперативния персонал не се налага да знае името и паролата на мрежата или пък адреса на контролера, което значително облекчава процеса по свързване. В края на тази точка също са направени съответните анализи и изводи.

След това е изградена система използваща разширена реалност за управление на същата платка. След сканиране с подходящо приложение на екрана на устройството се изчертава графичен интерфейс с бутони за управление и информация относно принципа на работа и схемата на устройството. Управлението се осъществява през WIFI<sup>13</sup>, като за автоматизиране на свързването се използва едновременно NFC<sup>10</sup> и QR<sup>11</sup> маркер. За покриване на целите и задачите на дисертацията е

изграден и вариант, при който контролерът се свързва към съществуваща мрежа. При него е използван друг контролер и е разгледано друго програмно обезпечаване. Предвидена е и възможност за управление през MQTT<sup>9</sup>. Направен е и нов интерфейс с разширена реалност, съчетаващ двата варианта за управление.

Така изградените устройства покриват поставените цели и задачи на дисертацията. Описани са максимално подробно за да послужат са пример при създаване на подобни решения от четящите дисертационния труд. Разгледани са различни варианти за управление, както и различни контролери и техните програмни среди. Обърнато е внимание на синтаксиса на езиците и програмите са подробно обяснени. Обяснено е и как да се качат файлове на WEB<sup>12</sup> хостинг, както и как се ползва FTP (File Transfer Protocol) клиент за това

В следствие са направени експерименти, чиято цел е да предоставят информация за не-проучвани досега теми.

Поради използването на QR<sup>11</sup> маркери в изградените решения възниква въпросът каква е зависимостта между размера на маркерите и максималното разстояние за сканиране, както и обвързаността му с ъгъла на сканиране. Освен това е проверено и как се изменя максималното разстояние за сканиране при увеличаване на символите в маркера за едни и същи размери.

В следствие са направени и експерименти за определяне консумацията на енергия на BLE<sup>1</sup> излъчватели при промяна на advertising интервала (интервала между излъчванията).

Направени са също и експерименти с цел определяне на максималното разстояние за сканиране на NFC<sup>10</sup> маркерите, използвани в дисертационния труд, както и минималното им разстояние от метални обекти, при което ще е възможно успешно прочитане на информацията.

Направени са и експерименти с цел проверка на максималното разстояние, на което могат да бъдат използвани маркер картинки с определени размери при практическите решения с разширена реалност разчитащи на системата използвана в дисертацията. Експериментите са повторени за различни ъгли.

Проверена е и възможността за предаване на грешни команди през BLE<sup>1</sup> в индустриална среда. Данните са публикувани в съответния раздел.

Направени са също експерименти с цел проверка на работата на реализираните решения в дисертационния труд.

### **VIII. Приноси по дисертационния труд:**

**От проведените във дисертационния труд изследвания могат да бъдат формулирани следните научно-приложни приноси:**

1, Получени са нови факти за очаквания срок на експлоатация на батериите на голяма група BLE<sup>1</sup> устройства според данни от производителите им. Гореспоменатите устройства са сравнени според обхвата и консумацията.

2, Получени са потвърдителни факти чрез направена представителна извадка на най-често използваните чипове за изработка на такива устройства. Получени са потвърдителни факти чрез направена представителна извадка за най-често използваните батерии. Направен е сравнителен анализ между Bluetooth classic и BLE<sup>1</sup>. Направен е сравнителен анализ на бийкън технологиите.

Създадена е нова класификация на методите за управление на електрически апарати чрез мобилни устройства

3, Разработена е нова система за автоматизирано изобразяване на информация и контролни панели за управление на база локацията в енергийни стопанства. Предложена е нова идея за методиката на работа на системата от практическото решение. Тази методика прави възможно използване на едно единствено приложение за контрол на различни решения и улеснява значително редакцията и създаването на нови такива. Създадена е нова методика за реализация на практическото решение за да може да бъде използвана от трети заинтересовани лица.

4, Разработен е подобрен универсален операторски панел възползващ се от предимствата на BLE<sup>1</sup> за комуникация с намален разход на енергия. Предложена е нова методика за построяване на практическото решение. Предложено е как да се създаде Native (стандартно) приложението. Предложено е как да се създаде WEB<sup>12</sup> приложението. Предложено е как да се програмира модула за BLE<sup>1</sup> комуникация. Предложено е как да се програмира контролера. Предложено е как софтуерно да се проектира печатната платка.

5, Предложено е как на практическото решение позволяващо управление през BLE да се придаде възможност за управление през WIFI<sup>13</sup>. Предложен и изследван е нов подход как да се използват споменатите технологии, за да се автоматизира свързването на потребителя към мрежата, както и как да се автоматизира свързването към сървър за управление. Създадена е нова методика за изработване на практическото решение. Изследвано е как свързването към контролния панел и управлението на практическото решение с WIFI управление да се автоматизира с използване на разширена реалност. Направени са два типа операторски панели. Разработено е и друго практическо решение, в което апаратът сам създава мрежата за безжична комуникация. Изследвано е как да се използва специфичен вид контролер за създаване и обслужване на операторския панел.

6, Получени са потвърдителни данни от експериментални изследвания, за това как размера и ъгъла на сканиране на QR<sup>11</sup> маркер влияят върху максималното разстояние за успешното му сканиране. Показани са данни от реални експерименти с цел проверка как различният брой символи при еднакви размери на QR<sup>11</sup> маркерите влияе на максималното разстояние за сканиране. Получени са потвърдителни данни от експериментални изследвания за определяне влиянието на промяната на advertising интервала върху срока на експлоатация на специфичен вид URL бийкън. Получени са потвърдителни данни от експериментални изследвания относно максималното разстояние за сканиране на NFC<sup>10</sup> маркерите използвани в практическите решения от дисертационния труд. Получени са нови данни чрез създадени диаграми показващи зависимостта между положението на маркера под телефона и максималното разстояние за сканиране. Изследвано е колко да бъде минималното отстояние на маркера от метална повърхност, за да е възможно сканирането. Показани са нови данни от реални експерименти с цел определяне на влиянието на размера и ъгъла на сканиране на маркер картинките от практическите решения със допълнена реалност върху максималното разстояние за сканирането им. Потвърдена е работоспособността на предложените практически решения, като те са комбинирани в едно общо устройство, управляващо честотен инвертор, свързан към асинхронен двигател с кафезен ротор.

## **IX. Резюме на Английски език**

### **Application of modern technologies for control of electric apparatus through mobile devices**

Despite the rapid development of technology, currently there are still problems remaining to solve regarding the management and control of electrical devices. A main issue is the requirement for personnel to know how to connect to the wireless network, in which the control interface of the electrical device is located, the network password, as well as the network address of the device.

The present dissertation work reviews the different options for dealing with those issues. Technologies such as NFC<sup>10</sup>, QR<sup>11</sup> code, Augmented reality, BLE<sup>1</sup> and others are utilized for their resolution. Practical solutions have been created for providing information about schemes, repair methodology, prophylaxis, as well as automated access to control interfaces based on personnel proximity to a specific device. A universal operator's panel has been created, which can control the electrical device through WIFI<sup>13</sup> and BLE<sup>1</sup>. A proposal has been made on how to automate the connection process of the user to the control panel and the control capability with the use of Augmented reality has been added. A detailed description is provided on how the practical solutions have been designed.

A number of experiments have also been carried out with the purpose of establishing the maximum distance for scanning of QR<sup>11</sup> codes with different sizes, different contents and under varying angles and surfaces. The experiments have also been repeated for Augmented reality. Testing was performed on how the change of the Advertising interval affects the operational life of the BLE<sup>1</sup> device battery, as well as on the capability for transfer of incorrect information packages within an environment with strong interference. Testing was carried out in order to check the maximum distance for scanning of the NFC<sup>10</sup> stickers used for the dissertation purposes. Testing was also done in order to check experimentally the work performance of the designed practical solutions.

## **X. Резюме на Руски език**

### **Применение современных технологий управления электроприборами с помощью мобильных устройств.**

Несмотря на стремительное развитие технологий, на данный момент все еще существуют нерешенные проблемы касательно управления электрическими аппаратами. Проблема состоит в необходимости персонала знать, каким образом подсоединиться к беспроводной сети, в которой находится интерфейс управления электрическим аппаратом, пароль сети, а также сетевой адрес устройства.

В настоящей диссертационной работе рассмотрены различные варианты преодоления этих проблем. Для их решения использованы такие технологии как NFC<sup>10</sup>, QR<sup>11</sup> code, Augmented reality,

BLE<sup>1</sup> и прочие. Разработаны практические решения для предоставления информации о схемах, методике ремонта, профилактике, а также автоматизированный доступ к интерфейсам управления, исходя из близости персонала к конкретному устройству. Также создана универсальная операторская панель, которая может управлять электрическим аппаратом через WIFI<sup>13</sup> и BLE<sup>1</sup>. Предлагается автоматизировать процесс подсоединения потребителя к контрольной панели, добавлена возможность управления с помощью Augmented reality. Подробно объясняется как построены практические решения.

Проведен ряд экспериментов на определение максимального расстояния для сканирования QR<sup>11</sup> code разных по размеру, с различным содержанием и при разных углах и поверхностях. Эксперименты проведены также для Augmented reality. Проверено каким образом влияет изменение Advertising interval на срок эксплуатации батареи BLE<sup>1</sup> устройств, а также возможность передачи неверных пакетов информации в среду с сильной интерференцией. Проверено максимальное расстояние для сканирования NFC<sup>10</sup> наклеек, использованных для целей диссертации. Также опытным путем была проверена работоспособность разработанных практических решений.

## **XI. БЛАГОДАРНОСТИ**

За ценното ръководене в процеса на писане на текущата дисертация, както и цялостната помощ за успешното завършване на докторантурата, бих искал да изкажа благодарности на моите ръководители доц. д-р инж. Бохос Рупен Апрахамян и доц. д-р инж. Марин Славов Маринов.