



## **СИСТЕМИ ЗА КОМУНИКАЦИИ И КОНТРОЛ НА ВЛАКОВОТО ДВИЖЕНИЕ ПРИ РАЗШИРЕНИЕ НА 3-ТА ЛИНИЯ НА СОФИЙСКИЯ МЕТРОПОЛИТЕН ПО БУЛЕВАРД ВАЗОВ**

**Светослав Томов, Емилия Димитрова**

[stomov@vtu.bg](mailto:stomov@vtu.bg), [edimitrova@vtu.bg](mailto:edimitrova@vtu.bg)

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”  
София, ул. „Гео Милев” № 158  
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

**Ключови думи:** Система за телекомуникационно управление на влаковото движение (CBTC - Communication Based Train Control), влаков контрол, SCADA, Inspiro, метро транспорт.

**Резюме:** Проектът за разширение на Линия 3 на Софийския метрополитен в участъка ж.к. „Хаджи Димитър” - ж.к. „Левски” е част от общ план, предназначен за осигуряване на устойчива транспортна свързаност на основните направления в столицата чрез реализиране на безопасен, бърз и екологичен масов градски транспорт. Той включва тунелен участък с дължина 3 км и 3 метростанции.

Този доклад обхваща обособената позиция за системи за управление и безопасност, както следват: Система за телекомуникационно управление на влаковото движение (CBTC - Communication Based Train Control), Транспортно-комуникационна система, Интегрирана радио-комуникационна система, SCADA система за централизиран контрол и управление на електрозахранването, Система за автоматични перонни преградни врати.

Прогнозните ползи след реализирането на проекта са: увеличен брой на превозваните пътници с метрото при запазване на безопасността, комфорта и удобството; гарантирана максимална скорост на движение до 80 км/ч без да се влияе от трафика на повърхността и атмосферните условия; намаляване на вредните газове - фини прахови частици, оловни аерозоли и др. в града и региона.

### **ВЪВЕДЕНИЕ**

Населението на София, отчитайки живеещите и временно пребиваващите, надхвърля 1,6 млн. Транспортната и екологичната обстановка в столицата са изключително тежка и сложна. Ежедневно в нея се формират големи задръствания от лични и обществени превозни средства. От една страна това води до ниски скорости на пътуванията, а от друга води до влошена екологична и транспортна обстановка в града и околностите. Въпреки различните мерки за ограничаване на замърсяването на въздуха, в отделни дни замърсяването в някои райони значително превишава санитарните норми. Практиката и опитът в другите страни показва, че една от най-ефективните мерки се явява развитие на подземен скоростен масов метротранспорт [1].

Контролът и управлението на влаковото движение на линия 3 се използва непрекъсната комуникация между подвижния състав и центъра за управление, което прави възможно използването на принципа на разделяне на влаковете посредством „подвижен блок“ участъци. Това позволява максимално сближаване на влаковете, движението им в енергийно ефективен режим и постигане на интервал на попътно следване от 90s (по спецификация). СВТС технологията позволява автоматично целево спиране на пероните на станциите (с точност до 30см), както и реализиране на автоматичен влакооборот на крайните станции. Максималната скорост на основната линия е 80km/h [2].

Обществените ползи от изпълнените до момента етапи от строителството на Линия 3 на метрото в София са:

- 133 206 хил.пътници ежедневно ползват линия 3;
- интермоделни връзки с основни входни артерии в града, с националната ж.п. мрежа, а чрез връзките с останалите линии на метрото - аерогара София и Централна ж.п. гара;
- спестено време от пътувания – 17 хил.часа дневно;
- намаление на трафика по трасето до 50%;
- намаление на броя на автомобилите в движение – 7,75 хил.автомобила дневно;
- намаление на изхвърляните вредни газове – над 11 хил.тона годишно.

Следващият етап от развитието на Линия 3 в София, предназначен за осигуряване на устойчива транспортна свързаност на основните направления в града чрез реализиране на екологичен и скоростен масов градски транспорт, ще включва два участъка обособени в следните лотове:

- Лот 1 - участък МС ”Хаджи Димитър” (по бул.Вазов) - ж.к. „Левски“ с дължина 3 км и 3 метростанции;
- Лот 2 - участък ул. Шипка - кв. „Гео Милев“ – ж.к.“Слатина“ - Зала „Арена армеец“/Техпарк София - бул. Цариградско шосе с дължина 6 км и 6 метростанции.

Предмет на настоящия доклад е разширението на линията по продължението на булевард „Иван Вазов“, което се очаква да бъде изпълнено до края на 2025 г. В по-голямата си част трасето е разположено под южното платно на бул. Владимир Вазов или успоредно на него (виж Фиг.1).



**Фиг. 1. Ситуационен план на разширението на трета линия на метрото в София  
(Снимка: Метрополитен ЕАД)**

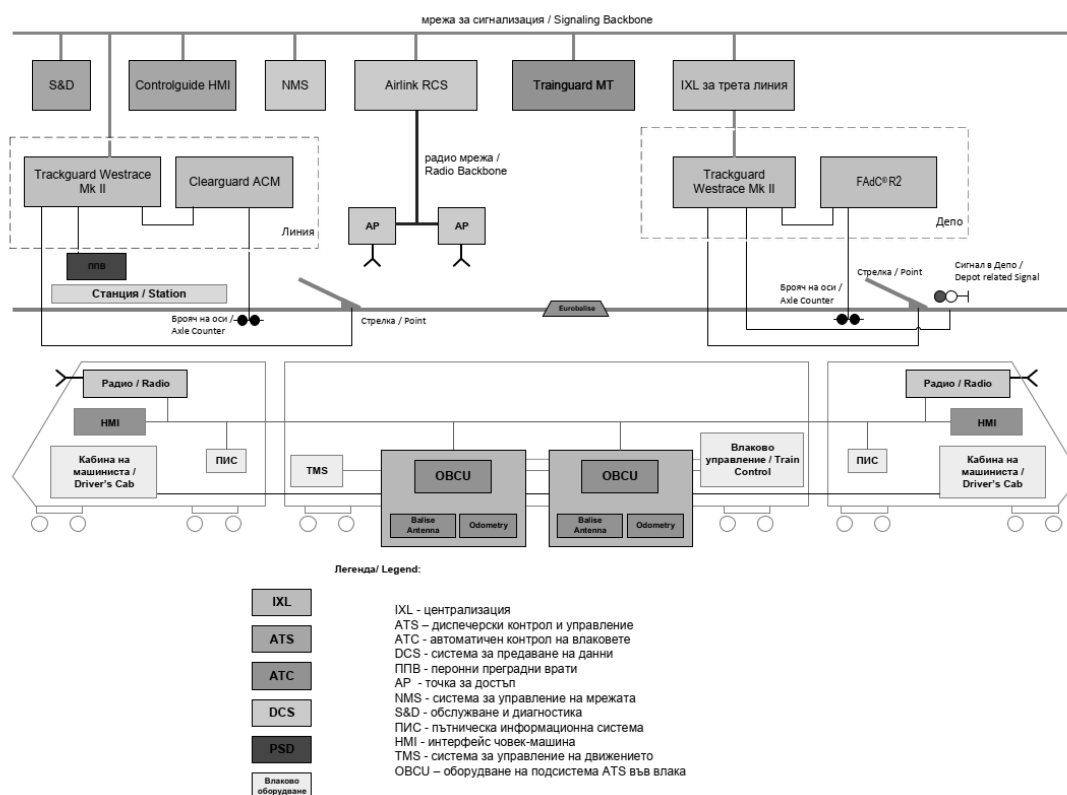
Плановите са с изграждането на цялата трета линия Софийското метро да заеме над 50% от градския транспорт на София и да превозва дневно над 650 хил. пътника.

## СИСТЕМИ ЗА КОМУНИКАЦИИ И КОНТРОЛ НА ВЛАКОВОТО ДВИЖЕНИЕ НА ЛИНИЯ 3

Съгласно обявените поръчки за изпълнение, към системите за контрол и управление на влаковото движение на метро линия 3 спадат:

- Система за телекомуникационно управление на влаковото движение (CBTC - Communication Based Train Control)
- Транспортно-комуникационна система
- Интегрирана радио-комуникационна система
- SCADA система за централизиран контрол и управление на електрозахранването
- Система за автоматични перонни преградни врати.

В обхвата на *CBTC системата* са включени подсистеми като Централизация, Диспечерски контрол, Влаков контрол, Пътническа информационна система, Цифрова комуникационна система и др. (виж Фиг.2).



Фиг. 2. Системи за комуникации и контрол на влаковото движение на трета метро линия [2]

Продуктовото наименование на системата за влаков контрол е **Trainguard MT** - иновативно и ориентирано към бъдещето решение на Сименс Мобилити за масов транспорт. Тя е индивидуално пригодена за нуждите на Метрополитен и внедрена на линия 3 [3].

Характерно за **Trainguard MT** е значителното минимизиране на полевите компоненти за сметка на бордовото (влаковото) оборудване. По основната линия няма физически сигнали. Участъците, по които се следи свободността на железния път, са виртуално скъсени и се именуват логически елементи от пътя. Заетостта/свободността по линията се основава на безопасно разстояние за спиране на влаковете. Влаковете на метро линия 3 в София сами определят местоположението си. В бордовия компютър на влака се зарежда цифрова карта с база данни за пътя, включваща скоростния профил, наклоните, точките на спиране на пероните и др. Влаковете регистрират преминаването

си през предварително разположени прецизни маркерни точки (бализи), а след това изчисляват отместването си по линията от дадена маркерна точка до достигане на следваща такава. Информацията за местоположението периодично се предава по специално предназначена радиовръзка **Airlink** от влака към диспечерския център. Там информацията се анализира автоматично от централния компютър на системата за влаков контрол, след което по обратния път към подвижния състав се изпращат команди за управление. Комуникацията между диспечерския център и влаковете е първостепенна (жизненоважна) и е свързана с безопасността. При загуба на комуникация, влакът автоматично спира аварийно [4].

Диспечерската система контрол и управление е **Controlguide**.

Като вторична (резервираща) система за следене на свободността на пътя, се използва система за броене на оси **Clearguard ACM 200** (Siemens Mobility). **Trackguard Westrace Mk II** (Siemens Mobility) е съвременна компютъризирана централизация, чрез която се осъществява дистанционния контрол и управление на стрелките, нареждане на маршрути и издаване на разрешения за движение на влаковете при съблюдаване на всички условия за безопасност.

На всяка станция има монтирани табла на пътническата информационна система. Чрез тях се предава информация както за времето оставащо до пристигането на следващия влак, така и разнообразна по обем буквено-цифрова информация, която се въвежда от работно място в центъра за управление.

Характерна особеност на трета линия е, че диспечерския център е напълно резервиран от работното място в депо. Във всеки един момент цялото управление на третата линия (зоната на депо и зоната на основната линия) могат да бъдат предоставени или на дежурния ръководител в депо, или на влаковия диспечер в централния диспечерски пункт [2].

Подвижният състав Inspiro на третата линия е съвместно производство на фирмите Siemens Mobility и NEWAG. Използват се три вагонни състави с горно токоснемане (влакове с пантограф). Бордовата апаратура в подвижния състав работи съвместно с крайпътната такава [5].

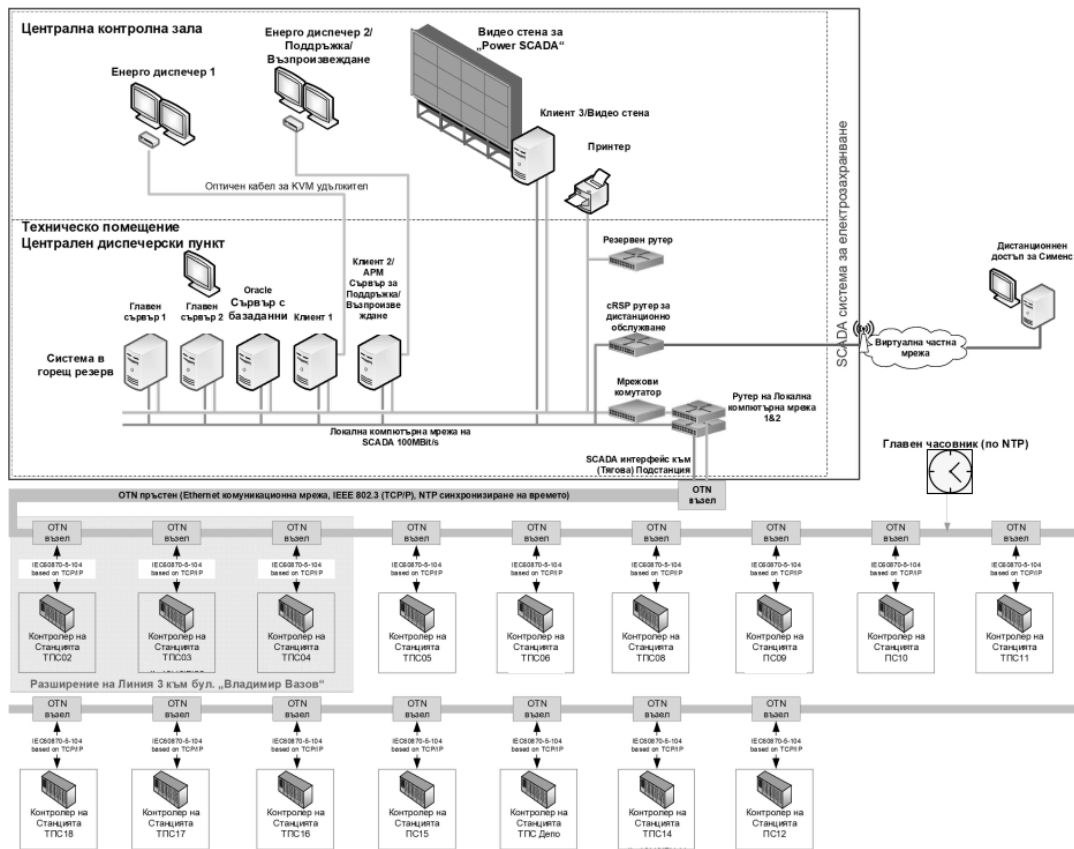
Системите за управление на влаковото движение и перонните преградни врати са пригодни за работа и с четири вагонни състави, с възможност за движение на влакове и в смесен режим. Перонните преградни врати на линия 3 са „полувисоки“ - 1,6m и затварят пероните на станциите изцяло. По този начин възпрепятстват попадане на пътници върху железния път и намаляват буталния ефект при приближаващ се влак.

SCADA система за централизиран контрол и управление на електрозахранването на Siemens Mobility - **Sitras RSC Power SCADA** предоставя улеснен обмен на данни и удобство на оперативния персонал (виж Фиг.3). Тя обхваща телеуправление на трето ниво.

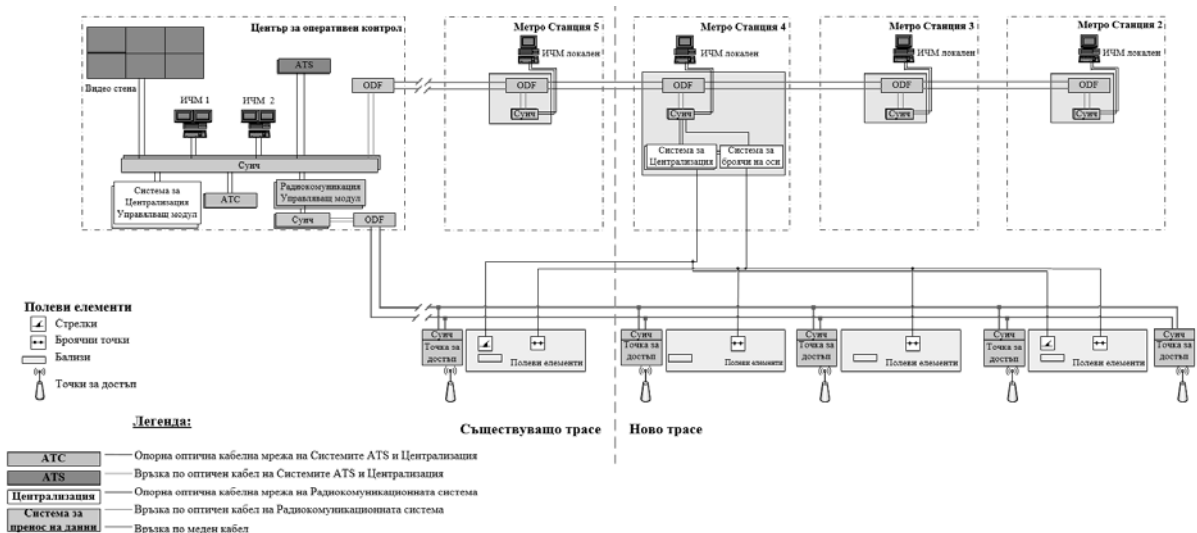
Транспортно-комуникационната система и Интегрираната радио-комуникационна система са от второстепенно значение, тъй като не са свързани с осигуряването на безопасността по линията. Функцията им е да предоставят канали за връзка между станциите и центъра за управление, както и към подвижния състав и оперативния персонал.

Модулната и скалируема архитектура на отделните системи дава възможност за включване на нови станции в състава на линия 3 само чрез промяна на конфигурационните им файлове, без добавяне на нов хардуер във влаковете или в центъра за управление (виж. Фиг.4). Въпреки това, за присъединяването на новите три станции по продължението на линия по булевард Вазов трябва да се извърши съответния инженеринг. Това касае както ключовите параметри за линията - наклони на пътя, ограничения на скоростта, начало и край на перони, дължини на коловозите за

влакооборот и др., така и междините на контактната мрежа, радио сянка в тунела, точките на спиране на влака на перона (свързано е с разположението на структурата на перонните врати).



Фиг.3. Системна конфигурация на SCADA с добавени новите станции за разширението по булевард Вазов



Фиг. 4 Блокова схема на допълнителната апаратура за контрол на влаковото движение на трета метро линия с разширението по булевард Вазов

Финансовото изражение на проекта за разширението на трета метро линия по булевард Вазов общо - работно проектиране, строителство и независим надзор, възлиза на 217 млн.лв., като частта на системите за комуникации и влаков контрол се равнява на около 30 млн.лв. от тях [1].

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

При присъединяването на новите три станции по продължението по бул. Вазов към линия 3, ще се използва възможността за разширение на вече инсталираните системи за комуникации и влаков контрол без добавяне на нов хардуер във влаковете или в центъра за управление. Новата архитектура на системите запазва възможността за бъдещото използване на четири вагонни състави, възможността за движение на влаковете в смесен режим, както и евентуалния преход от ниво на автоматизация GoA3 към GoA4.

По предварителен анализ на Метрополитена, ползите от реализацията на двата на проекта - разширението на трета линия по бул. Вазов заедно с отклонението по бул. Цариградско шосе, ще са:

- Увеличаване на броя на превозените пътници с метрото до 26 милиона пътника годишно
- Намаляване на вредните газове - парникови, фини прахови частици, оловни аерозоли и др. в града и региона
- Намаляване на броя на автомобилите в движение в града с 13 202 автомобила дневно
- Намаляване на трафика и пътнотранспортните произшествия по направление на участъците с около 25%
- Гарантирана максимална скорост на движение 80 км/ч без да се влияе от трафика на повърхността и атмосферните условия при несравними комфорт и удобства
- Увеличаване на средната скорост на придвижване с градския транспорт с над 2,5 пъти. При надземния транспорт в пиковите часове тя е 10-14 км/ч, а с метрото 38 км/ч/
- Поради значително по-високата скорост на придвижване с метрото в сравнение с останалия транспорт, жителите на града ще спестят допълнително 12 830 човекочаса дневно. Този ефект ще нарасне значително при отчитане влиянието на намаления брой автомобили.

### **ЛИТЕРАТУРА:**

[1] Статев. С „Проект за разширение на Линия 3 на метрото в София, участък „МС” Хаджи Димитър” - ж.к. Левски“ и участък „ул. Шипка - кв. Гео Милев -жк. Слатина - Зала Арена армеец/Тех.парк София - бул. Цариградско шосе“

[2] Николов Н., „ВИСОКОТЕХНОЛОГИЧНИ СИСТЕМИ ЗА КОНТРОЛ И УПРАВЛЕНИЕ НА ВЛАКОВОТО ДВИЖЕНИЕ НА ЛИНИЯ 3 НА СОФИЙСКОТО МЕТРО “, Научно-технически съюз по минно дело, геология и металургия. София, ISBN 978-619-90939-9-3, 2023. стр. 176-183.

[3] Томов С., Доменил Ф., “ TRAINGUARD MT – ИНОВАТИВНА СИСТЕМА ЗА АВТОМАТИЧЕН ВЛАКОВ КОНТРОЛ ЗА ЛИНИЯ 3 НА СОФИЙСКИЯ МЕТРОПОЛИТЕН“, Научно-технически съюз по минно дело, геология и металургия. София, ISBN 978-619-90939-9-3, 2023. стр. 159-167.

[4] Dimitrova E., Tomov S., Algorithm for Positioning of Metro Trains under Communications-Based Train Control, 12th Electrical Engineering Faculty Conference

Bulef 2020 (IEEE Conference), IEEE Xplore Digital Library, 2021, ISBN: 978-1-7281-9439-4; IEEE Catalog Number CFP20BUL-ART, Scopus DOI: 10.1109/Bulef51036.2020.9326061 <https://ieeexplore.ieee.org/document/9326061>

[5] Дешев С., Ангелов. С, Ранкл, Т., INSPIRO-ИНТЕЛИГЕНТНИ РЕШЕНИЯ НА ПОДВИЖНИЯ СЪСТАВ НА ЛИНИЯ 3 НА СОФИЙСКИЯ МЕТРОПОЛИТЕН“, Научно-технически съюз по минно дело, геология и металургия. София, ISBN 978-619-90939-9-3, 2023. стр. 201-207.

## **COMMUNICATION AND TRAIN CONTROL SYSTEMS FOR THE EXTENSION OF THE 3<sup>RD</sup> LINE OF THE SOFIA METRO ALONG VAZOV BOULEVARD**

**Svetoslav Tomov, Emiliya Dimitrova**  
[stomov@vtu.bg](mailto:stomov@vtu.bg), [edimitrova@vtu.bg](mailto:edimitrova@vtu.bg)

***Todor Kableshkov University of transport  
Sofia, 158 Geo Milev Str.  
THE REPUBLIC OF BULGARIA***

**Key words:** *CBTC - Communication Based Train Control, train control, SCADA, Inspiro, metro transport.*

**Abstract:** *The project for the extension of Line 3 of the metro in Sofia in the "Hadji Dimitar" - "Levski" section is part of a general plan designed to ensure sustainable transport connectivity of the main directions in the capital through the implementation of safe, fast and ecological urban mass transport. It includes a 3 km long tunnel section and 3 metro stations.*

*This report considers the dedicated position for control and safety systems as: Communication Based Train Control (CBTC), Transport Communication System, Integrated Radio Communication System, SCADA System for power supply, Platform Screen Doors System.*

*The estimated benefits after the implementation of the project are increased number of passengers traveling by metro while maintaining the safety, comfort and convenience; guaranteed maximum travel speed of 80 km/h without being affected by traffic and atmospheric conditions; reduction of harmful gases - fine dust particles, lead aerosols, etc. in the city and the region.*