

Новица Михаић, дипл. инж. ел.  
Пупин Телеком АД  
Војислав Бабић, дипл. инж. техн.  
ДОС Београд

## **СВЕТЛОСНА СИГНАЛИЗАЦИЈА У САОБРАЋАЈУ**

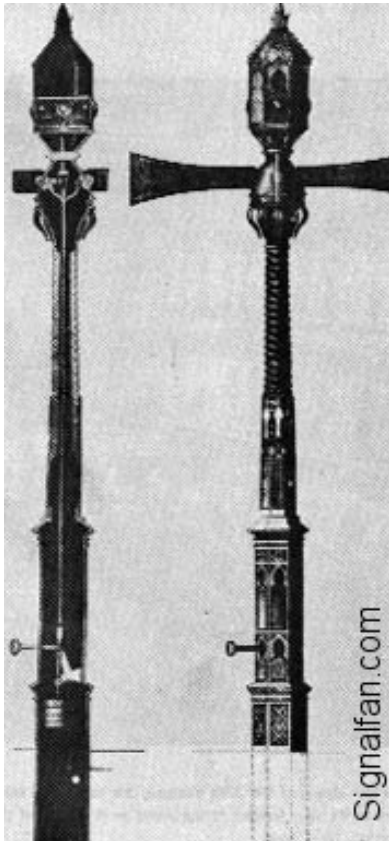
### **УВОД**

Свакодневно, као учесници у саобраћају, сусрећемо се са семафорима и семафорском сигнализацијом. Све то данас делује тако обично и мало ко се пита како то функционише и шта стоји иза свега тога. Не приметимо када неко од ревносих сервисера постави нове светлосне изворе или промени пластике које све то окружују и носе.

У овом раду ћемо у кратким цртама заједно проћи кроз историју саобраћајне светлосне сигнализације, њену промену кроз време, постојеће трендове и могуће будуће смерове кретања на овом пољу технике.

### **ПОЧЕЦИ**

С појавом саобраћаја, настала је потреба и за управљањем над њим. У почетку су то били полицајци који су својим гестикулацијама одређивали право приоритета. Прво забележено управљање саобраћајем било је 1722. године на Лондонском мосту. У дневним условима ова опција је била прихватљива, али проблем је настајао у условима смањене видљивости када се команде саобраћајца нису виделе. Већ крајем 19. века, тачније 1868, појавила се прва светлосна сигнализација испред зграде Британског парламента у Лондону. То је био 6,5 метара висок стуб (слика 1) који је имао гасну лампу и померајуће краке које је полицајац постављао у хоризонталан или подигнут положај и тиме одређивао права пролаза. Исти уређај је у ноћним сатима зеленом светлошћу давао право пролаза, а црвена светлост је значила забрану. Несрећним случајем, овај први семафор је већ након месец дана употребе експлодирао, али то није зауставило историју па су овакви и слични уређаји у наредних четрдесетак година коришћени широм Америке, с тим да су државе имале свој сопствени дизајн семафора који су користиле. Амерички дизајн је углавном имао текст STOP и GO постављен под углом од 90 степени а на врху је била гасна лампа која је оветљавала знакове и повећавала ноћну видљивост (слика 2).



Слика 1. Први семафор



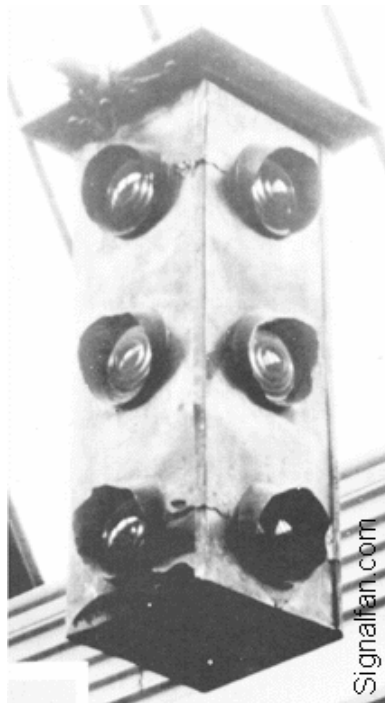
Слика 2. Примери америчког семафора

Двадесетих година 20. века, појавили су се семафори у облику торњева, с различитим дизајном осветљења на делу куле предвиђеном за то. Неки примери кула се налазе на слици 3.



Слика 3. Примери семафора у облику торња

Почетком следеће фазе у развоју светлосне сигнализације у саобраћају, можемо сматрати 1914. годину када је у Кливленду (Охајо, САД), први пут инсталирана електрична сијалица. Затим је 1920. године у Детроиту у САД први пут инсталиран четворосмерни семафорски торањ с три боје (слика 4). Следећа новина је био тајмер за аутоматску промену сигнала и први пут је употребљен 1922. године у Хјустону, САД.



Слика 4

Из изложеног се може видети да су скоро 50 година као светлосни извори коришћене гасне лампе и да се за то време начин њиховог контролисања знатно унапредио од ручног до аутоматског.

Ни са електричним сијалицама неће бити ништа боља слика историјског прегледа. Од прве сијалице са жарном нити до данас, прошло је скоро 80 година а оне су и данас, бар код нас, и даље најмасовнији светлосни извор у саобраћајној сигнализацији.

## ***КАСНИЈИ РАЗВОЈ***

Током 80 година експлоатације сијалица са жарном нити, промењене су генерације контролера. Кренуло се с простим релејним уређајима у аналогној техници, преко кола у дискретној полупроводничкој електроници и дигиталних електричних кола, да би се данас дошло до моћних микропроцесорских уређаја.

С појавом електричних контролера, појавиле су се и нове могућности. С растом броја семафоризованих раскрсница и густине саобраћаја, појавила се потреба међусобне синхронизације контролера па су се тако појавили и први „зелени таласи”. Велика процесорска снага омогућила је поред умрежавања међу контролерима и додатне могућности.

Први детектори возила који су мерили тежину и на основу тога давали контролеру

информацију о возилу које чека на сигналу, појавили су се када и електрични семафорски контролери почетком 50-их година 20. века. У међувремену, детектори су се усавршили преко индуктивних петљи, доплер детектора и других облика детектора возила и разних облика детектора пешака, а процесорска снага уређаја за контролу је знатно повећана па смо тако добили интелигентне контролере који су у стању да, у зависности од саобраћајне потребе у датом тренутку и искуства из ранијих периода, врше аутоматско продужавање или скраћивање појединих фаза унутар циклуса. Могућност умрежавања кроз различите медијуме отворила је пут ка даљинским управљањима над контролерима и даљинским надзором ради откривања потенцијалних извора загушења. Најновији трендови у развоју контролера крећу се у смеру подизања интелигенције контролера подизањем броја детектора уз могућност комплетне промене начина рада групе контролера у циљу отклањања саобраћајних загушења, а све то без ремећења координације са осталим уређајима ван групе. Овако сложене уређаје има само неколико фирми у свету од којих неке ту интелигенцију не држе у контролеру него у патентираним софтверима за управљање који се налази у неком центру одакле се врши управљање над свим повезаним раскрсницама.

За све ово време „напредовања“ контролера, светлосни извори су се развили од обичних сијалица са жарном нити до оних с повећаним бројем носача жарне нити и променом њиховог имена у „семафорска сијалица“ с вишеструким повећањем цене.

Из свега изложеног, може се закључити о минорности развоја светлосних извора у односу на набројане новине у контролеру.

Оно што је са становишта возача, за то време, урађено на светлосном извору јесте дефинисање спољних димензија светлосног извора и то у две димензије 210 мм (8”) и 300 мм (12”), где су сходно величини видљивог дела сочива у боји дефинисане и различите снаге сијалица те су тако коришћени извори снаге од 60 до 100 вати.

## **РАЗВОЈ СВЕТЛОСНИХ ИЗВОРА**

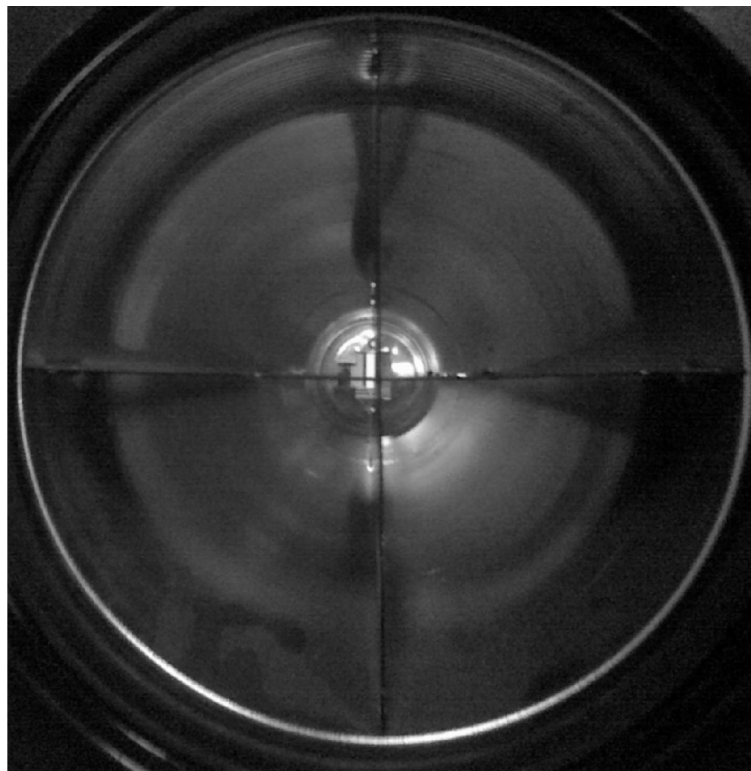
У горепоменутом делу текста речено је да су у почетку коришћене гасне лампе. Након њих су у употребу дошле сијалице са жарном нити. Због карактеристичне неусмерености светлосних извора са жарном нити насупрот потреби за великом уочљивошћу, за израду светлосне лантерне било је неопходно конструисати рефлектор који ће усмерити светлост и повећати спољну видљивост светлосног извора. Рефлектори су израђивани од материјала који има рефлекторске карактеристике, а најчешће је то алуминијум с посебно технолошки обрађеном рефлектујућом страном (слика 5).



Слика 5

Након неколико генерација контролера, појавиле су се и новине на пољу светлосних извора.

Прва новина су халогени извори светлости. Због карактеристика светлости овог типа извора, повећана је уочљивост извора с тим да је поново дошло до промене конструкције рефлекторског дела лантерни маскирањем лампе због велике уочљивости жарне нити и потенцирањем коришћења рефлектованог снопа који је ка гледаоцу био усмераван посебно дизајнираним рефлекторима и преламајућим сочивима као и у случају обичне сијалице (слика 6).



Слика 6

Појефтињењем технологије израде LED светлосних извора и повећањем снаге LED извора, 90-их година 20. века, стекли су се услови за њихово коришћење као светлосних извора у саобраћајној светлосној сигнализацији. Стицање услова није значило и аутоматско коришћење. И овде је требало направити квалитетна усмерења светлосног снопа као и код сијалица са жарном нити, али оно што је био додатни захтев у прелазу на ову технологију светлосних извора била је неопходност пројектовања претварача напона који ће заштитити LED изворе од флукуације спољног напона, а с друге стране да буде довољно робусно да може да истрпи континуална укључења и искључења која захтева семафорски режим рада.

Забележено је да се користе напонски стабилисани извори с линеарним трансформаторима, али је много масовнија употреба прекидачких извора напајања с константном струјом и улазним делом тако дизајнираним (избачене компоненте из улазног дела претварача осетљиве на честа укључења) да буде робусно према спољном свету са становишта флукуације радног напона и честим укључењима и искључењима, што се показало као добар избор са становишта експлоатације.

Употреба LED извора се показала као добар избор и са становишта одржавања јер је с наведеним дизајном век коришћења светлосног извора продужен на више година па чак и деценију, за разлику од сијалица са жарном нити где је период замене улавном два или више пута на годишњем нивоу.

Поред почетног проблема цене LED-а, проблема с конструкцијом напајања, пре масовне употребе овог светлосног извора требало је решити и проблем усмерења ка возачу што такође није био једноставан проблем због цене и ограничености простора где се све уграђује.

## **ТЕХНИКЕ УСМЕРАВАЊА СВЕТЛОСНОГ СНОПА КОД ЛЕД ИЗВОРА**

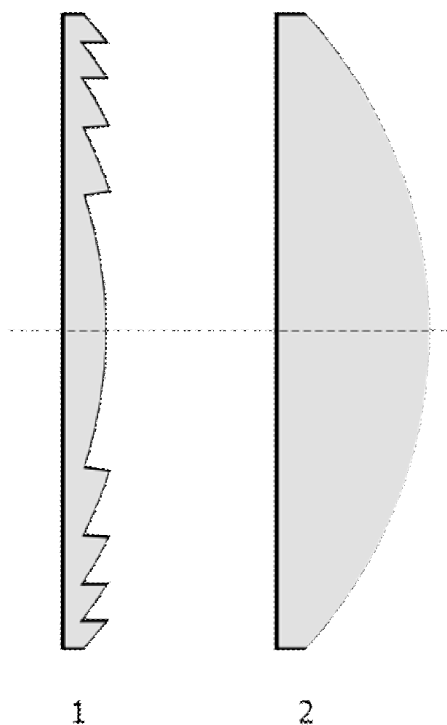
Код сијалица са жарном нити поред гореприказаних рефлектора за додатно усмеравање и хомогенизацију осветљености спољњег сочива, коришћена је техника „храпавости“ сочива са унутрашње стране, чиме се светлосни сноп расипао равномерније на спољну површину сочива и тако избегавао видљив ефекат ужарене нити код ових извора светлости (слика 7).

Наведена техника није се могла искористити код LED извора из више разлога. LED извори су по својој природи већ делимично усмерени самим дизајном кућишта извора тако да у старту више нису потребни рефлектори које смо имали у претходном случају. Због наведене усмерености, храпавост сочива не би дала ефекат који смо имали код обичне сијалице, него би се у том случају искоришћавао само део светлости која је усмерена из LED наниже ка возачу а остатак би просијавао и не би имао визуелну искористивост са становишта возача.

Да би се тај проблем решио, прибегло се коришћењу сочива које је цео сноп светлости које емитује LED сакупљало и усмеравало ка возачу. Међутим, ту се појавио нови проблем а то су димензије сочива. Коначно решење је нађено у коришћењу посебног типа сочива које је по свом конструктору Августину Фреснелу названо Фреснелово сочиво.

Карактеристика овог сочива је што је равно а даје ефекат сабирања светлости као и обично сочиво.

Тајна је у специјалном дизајну концентричних удубљења које је математичким путем доказао његов творац (слика 7).



Слика 7

Коришћење Фреснеловог сочива омогућило је да се цео светлосни извор заједно с напајањем и оптиком смести у херметички затворено кућиште које се уграђује на место где се некад налазио рефлектор и обична сијалица.

Међутим, поред тога што је сочиво искоришћено за постизање униформности осветљења, отворила се и нова могућност да се цео светлосни сноп усмерава према доласку возача и тако с мањом снагом извора постигну бољи светлосни ефекти.

Да би се постигла униформисаност на глобалном нивоу, дефинисан је и међународни стандард са ознаком EN-12368 који формулише све карактеристике семафорске опреме па и употребљеног светлосног извора.

## ***КАРАКТЕРИСТИКЕ КОЈЕ ДЕФИНИШЕ СТАНДАРД***

У овом стандарду дефинисане су све механичке, електричне и светлосне карактеристике LED модула, који се користе као светлосни извори у саобраћајној светлосној сигнализацији.

Дефинишу се:

1. механичка отпорност на удар;
2. температурна стабилност;
3. класе „фантомског светла” и
4. усмереност светлосног снопа.

Механичка отпорност на удар у пракси дефинише отпорност спољњег сочива на ударе прштећег камења испод точкава аутомобила и класификује се ознакама IR1, IR2 и IR3, где већи број дефинише већу отпорност.

Температурна стабилност оптичких извора дефинише опсег температура у којима је предвиђено да LED модул ради. Дефинисана температура се односи на стабилност електронског и механичког дела LED модула. Ова карактеристика се класификује словима А (-15 — +60), В (-25 — +55) и С (-40 — +40).

Класа фантомског светла у пракси представља могућност разликовања извора који је укључен од извора који услед сунчевих зрака делује као да је укључен. Класификација се ради у опсегу 1–5, а већи број представља бољу карактеристику.

Усмереност светлосног снопа је најкомпликованија категорија за класификацију. У комбинацији ознака које дефинишу неки извор, налази се информација да ли је светлосни сноп узак или широк као и однос вертикалне и хоризонталне усмерености.

Стандардом дефинисане карактеристике налазе се у наредним табелама.

У табели 1 су дате минималне и максималне вредности јачине светлости за оба типа лантерни.

Ниво перформансе	1	2	3
$I_{\min}$	100 cd	200 cd	400 cd
$I_{\max}$ klasa 1	400 cd	800 cd	1000 cd
$I_{\max}$ klasa 2	1100 cd	2000 cd	2500 cd

Табела 1 — Јачине светлости ( $I$ ) за црвене, жуте и зелене светлосне сигнале на референтним осама

Поред дефиниције јачине светлости у оси светлосног извора, стандард дефинише и различите ширине светлосног снопа које излазе из модула. Тако су дефинисане 4 различите ширине снопа које су одређене словима Е (врло широк), W (широк), М (средњеширок) и N (уски сноп).

Словима А и В се дефинише референца на основу које се рачуна расподела и то:

А – као проценат измерених вредности под углом од  $0^\circ$  на хоризонталној и  $0^\circ$  на вертикалној оси (референтна оса);

В – као проценат најмањих вредности, онако како је то дефинисано у табели 1, које су потребне на  $0^\circ$  хоризонталне и  $0^\circ$  вертикалне осе (референтне осе).

$\alpha_{\text{хориз}}$	$0^\circ$	$\pm 2,5^\circ$	$\pm 5^\circ$	$\pm 10^\circ$	$\pm 15^\circ$	$\pm 20^\circ$	$\pm 30^\circ$
$\alpha_{\text{верт}}$							
$0^\circ$	100	-	85	80	-	60	40
$-1,5^\circ$	-	-	-	-	-	-	-
$-3^\circ$	80	-	75	-	-	-	-
$-5^\circ$	60	-	-	45	-	-	-
$-10^\circ$	50	-	-	-	-	20	-
$-20^\circ$	20	-	-	-	-	-	10
- означава да нису потребне никакве посебне вредности.							

Табела 2 – Екстрашироки сноп сигнала (тип Е), могуће комбинације В 1/1, В 2/2

$\alpha_{\text{хориз}}$	$0^\circ$	$\pm 2,5^\circ$	$\pm 5^\circ$	$\pm 10^\circ$	$\pm 15^\circ$	$\pm 20^\circ$	$\pm 30^\circ$
$\alpha_{\text{верт}}$							
$0^\circ$	100	-	85	55	-	3	1
$-1,5^\circ$	-	-	-	-	-	-	-



-3°	80	-	75	-	-	-	-
-5°	60	-	-	35	-	-	-
-10°	50	-	-	-	-	8	-
-20°	2	-	-	-	-	-	2

- означава да нису потребне никакве посебне вредности.

Табела 3 – Широки сноп сигнала (тип W), могуће комбинације  
A 1/1; A 2/1; A 3/1; B 1/2; B 2/1; B 2/2; B 3/2

$\alpha_{\text{хориз}}$	0°	$\pm 2,5^\circ$	$\pm 5^\circ$	$\pm 10^\circ$	$\pm 15^\circ$	$\pm 20^\circ$	$\pm 30^\circ$
$\alpha_{\text{верт}}$							
0°	100	-	75	40	10	1	*
-1,5°	-	-	-	-	-	-	*
-3°	75	-	60	-	-	-	*
-5°	50	-	-	20	-	-	*
-10°	12,5	-	-	-	-	6	*
-20°	1,5	-	-	-	-	-	1

- означава да нису потребне никакве посебне вредности.  
\* означава да нема захтева.

Табела 4 – Средњешироки сноп сигнала (тип M), могуће комбинације A 2/1; A 3/1 A 2/2; A 3/2

$\alpha_{\text{хориз}}$	0°	$\pm 2,5^\circ$	$\pm 5^\circ$	$\pm 10^\circ$	$\pm 15^\circ$	$\pm 20^\circ$	$\pm 30^\circ$
$\alpha_{\text{верт}}$							
0°	100	75	65	15	1,5	*	*
-1,5°	95	90	-	-	-	*	*
-3°	70	-	45	-	-	*	*
-5°	40	-	-	10	-	*	*
-10°	6	-	-	-	5	*	*
-20°	*	*	*	*	*	*	*

- означава да нису потребне никакве посебне вредности.  
\* означава да нема захтева.

Табела 5 – Уски сноп сигнала (тип N), могуће комбинације A 2/1; A 3/1 B 2/2; B 3/2

Снага светлосног извора није дефинисана посебно и одређује се индиректно из светлосних захтева и конструкције, тако да се снаге LED извора за модуле 210 мм крећу између 6 и 9 вати док се за модуле 300 мм крећу у опсегу 9 и 13 вати.

## ЗАКЉУЧАК

Цео рад није писан на основу истраживања него као један историјски преглед употребе светлости у једном битном сегменту наших живота. Из свега изложеног може се закључити да су трендови различитих извора светлости који су нас пратили кроз време били примењени и у овој за све нас битној области.

Из последњег поднаслова, где су детаљно дате класификација и карактеристике LED модула, може се закључити да нам је LED технологија у симбиози са оптиком омогућила

да LED модуле прилагођавамо различитим условим експлоатације. Тако се добрим избором модула и његових карактеристика простирања светлости може додатно порадити и на енергетској ефикасности семафорских система која је знатно повећана самим увођењем LED извора.

Избор различитих модула обавља се на основу више критеријума међу којима су најважнији:

- висина монтаже ланterne на раскрсници;
- положај извора према сунцу;
- географска ширина раскрснице и сл.

Иако су ово врло битне карактеристике модула, због недовољног познавања ове теме, тендери за набавку модула обично не дефинишу ове карактеристике па се надамо да ће овај рад бар мало допринети да они који одлучују о коришћењу ових модула начине најбољи избор.