

Premenné dopravné značenie ako účinný nástroj na riešenie mimoriadnych udalostí v tuneloch a diaľniciach

Igor Jamnický¹

Abstrakt

Premenné dopravné značenie je základným nástrojom pre riadenie a usmerňovanie dopravy v tuneloch a na diaľniciach. Odovzdáva informácie účastníkom cestnej premávky v štandardných ako aj mimoriadnych a havarijných režimoch prevádzky tunela a diaľnice. Jeho význam narastá so zvyšujúcou sa intenzitou dopravy. Pomáha udržiavať plynulosť a bezpečnosť cestnej dopravy. Kľúčový význam zastáva v čase mimoriadnej a havarijnej situácie, kedy je nevyhnutné zabrániť ďalším škodám na majetku, zraneniam osôb a ochrániť životy ľudí. V takýchto prípadoch je nevyhnutné dostatočne včas a zrozumiteľne informovať vodičov o vzniku mimoriadnej udalosti ako je: požiar, nehoda, extrémne poveternostné podmienky a zabrániť vjazdu vozidiel do nebezpečného úseku.

Kľúčové slová

Premenné dopravné značenie, Riadenie dopravy

Abstract

Variable traffic signs are essential tool for driving and managing traffic in tunnels and motorways. Transmits information to road users in standard and abnormal and emergency operating modes of tunnel and motorway. Its importance is growing with increasing traffic intensity. It helps maintain the continuity and safety of road transport. It is of key importance at a time of extraordinary and emergency situation where it is necessary to prevent further damage to property, personal injuries and to protect people's lives. In such cases it is necessary to inform drivers in a timely and comprehensible manner about the occurrence of an extraordinary event such as: fire, accidents, extreme weather conditions and to prevent vehicles from entering to the hazardous area.

Key words

Variable traffic signs, Traffic management

1 Úvod

Riadenie dopravy v tuneloch je riešené svetelným premenným dopravným značením. V súčasnosti sa aplikujú dopravné značky a cestná svetelná signalizácia na báze LED. Premenná dopravná značka obsahuje rôzne symboly, ktoré sa prepínajú prostredníctvom centrálného riadiaceho systému. Operátor má k dispozícii preddefinované a schválené dopravno-prevádzkové stavy, ktoré mu umožňujú uzavrieť celý tunel, uzavrieť jednotlivé jazdné pruhy, znížiť maximálnu rýchlosť. Značky sa neprepínajú jednotlivo, ale po skupinách v zmysle dopravno – prevádzkových stavov definovaných dopravným inžinierom a časových prechodov medzi stavmi. Treba pripomenúť, že tunel je neoddeliteľnou súčasťou diaľnice, preto pri uzavretí tunela sa aj automaticky odkláňa doprava na najbližších križovatkách z diaľnice. Na diaľnici sú použité jednak svetelné značky na báze LED technológie a mechanické značky, na princípe rotujúcich trojbokých lamiel s retroreflexnými polepmi, ktoré sa používajú ako smerové dopravné značky.

¹ Ing. Igor Jamnický, PPA INŽINIERING, s.r.o., Vajnorská 137, 831 04 Bratislava, jamnicky@ppaza.sk

2 Druhy premenného dopravného značenia

Ako už bolo spomínané v úvode, premenné dopravné značenie sa používa v 2 základných prevedeniach:

1. **Mechanické:** otočné trojboké lamely s retroreflexnými polepmi
2. **Svetelné:** symboly na čelnej ploche značky sú vytvárané:
 - a. Pomocou svetelného zdroja a optických vlákien vyvedených cez optické šošovky na čelný panel vo forme preddefinovaných symbolov
 - b. Preddefinovanými symbolmi realizovanými LED a optickými šošovkami na čelnom paneli
 - c. Maticou LED
 - d. Maticou viacfarebných LED

V nasledovných kapitolách si detailne opíšeme jednotlivé typy premenného dopravného značenia, jeho prevedenie, funkcionality, výhody, nevýhody, spôsob pripojenia k nadradenému riadiacemu systému, konfiguráciu a programovanie.

2.1 Mechanické premenné dopravné značenie

Mechanické premenné dopravné značenie pracuje na princípe otočných trojbokých lamiel s retroreflexnými polepmi. Tento typ značenia sa používa ako informatívne smerové dopravné značky umiestnené nad vozovkou a dopravné značenie, ktoré zobrazuje výstražné, zákazové a príkazové značky umiestnené na bočných okrajoch vozovky.

Lamely môžu byť usporiadané vertikálne alebo horizontálne. Horizontálne usporiadanie lamiel sa osvedčilo v klimatických podmienkach Slovenska. V prípade vertikálne usporiadaných lamiel je riziko zamrznutia vody v spodnej časti vertikálnych lamiel, kde sa nachádzajú mechanické ústrojenstvá pre rotačný pohyb lamiel. U horizontálne usporiadaných lamiel sa mechanické časti zabezpečujúce otáčanie lamiel nachádza v bočných častiach telesa značky, kde sa voda nezhrádza.



*Obr. 1 Mechanické dopravné značenie s horizontálne usporiadanými lamelami
Mechanical traffic sign with horizontal lamellas*

Zdroj: Fotografia, autor: Ing. Marek Ivan



Obr. 2 Mechanické dopravné značenie s vertikálne usporiadanými lamelami
Mechanical traffic sign with vertical lamellas
 Zdroj: Fotografia, autor: Ing. Peter Mariňák

Riadenie mechanického dopravného značenia prebieha zadaním príkazu na aktiváciu 1 z 3 možných symbolov prostredníctvom riadiaceho systému. Značka posiela späť do riadiaceho systému informáciu o aktuálne nastavenom symbole. Nevýhodou mechanických značiek je limit pre zobrazenie maximálne 3 symbolov, čo je dané mechanickou konštrukciou značky. V súčasnosti, kedy sa sieť diaľnic na Slovensku sa postupne zahusťuje, vzniká potreba zobrazenia viac ako 3 symbolov pre potreby presmerovania dopravy v mimoriadnych situáciách. Mechanické dopravné značenie na krajoch vozovky sa dá nahradiť svetelným značením na báze LED. V prípade informatívnych smerových dopravných značiek umiestnených nad vozovkou, kde sa mení plocha celej značky, je náhrada za LED značenie problematická. Preto sa pristúpilo k realizácii mechanických dopravných značiek s viacerými premennými subplochami, z ktorých každá subplocha je schopná zobraziť 3 rôzne symboly. Tým sa dosiahlo zvýšenie počtu možných kombinácií zobraziteľných symbolov na informatívnej smerovej dopravnej značke.



Obr. 3 Mechanické dopravné značenie so subplochami a horizontálne usporiadanými lamelami
Mechanical traffic sign with subpanels and horizontal lamellas
 Zdroj: Fotografia, autor: Ing. Igor Jamnický

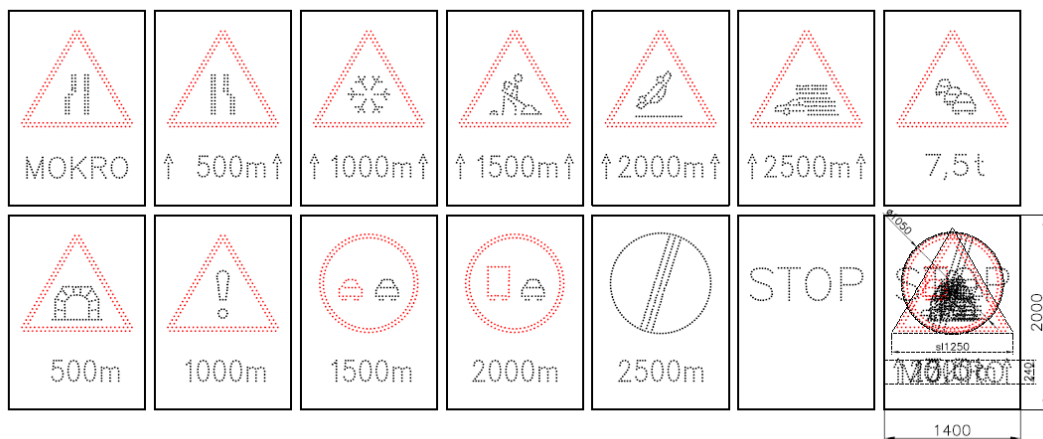
2.2 Svetelné dopravné značenie

Svetelné symboly na čelnej ploche značky sú vytvárané pomocou svetelných zdrojov. Tento typ sa najčastejšie používa pre vyobrazenie zákazových a výstražných značiek. V tuneloch a na diaľniciach zobrazuje aj symboly pre povolenie / zakázanie vjazdu vozidiel do

jazdného pruhu. Často používaným symbol je: B 31a Najvyššia dovolená rýchlosť, ktorý umožňuje dynamicky meniť rýchlosť dopravného prúdu v závislosti od aktuálnych podmienok v doprave.

Najčastejšie používané spôsoby zobrazenia symbolov na svetelnom premennom dopravnom značení:

- a) Symbol je vytváraný pomocou halogénového svetelného zdroja a optických vlákien vyvedených cez optické šošovky na čelný panel vo forme preddefinovaných symbolov. Na čelnom paneli sú v otvoroch, umiestnených v tvare požadovaných symbolov, umiestnené farebné optické šošovky, do ktorých sú vyvedené optické vlákna. Pomocou optických vlákien ja svetlo zo zdvojeného svetelného zdroja prenášané na čelný panel pre zobrazenie príslušného symbolu. Riadiaci systém prepína jednotlivé svetelné zdroje a tým sa menia zobrazované symboly na značke. V prípade poruchy primárneho svetelného zdroja, značka vyšle do riadiaceho systému signál o poruche a riadiaci systém automaticky aktivizuje sekundárny svetelný zdroj. Podobne ako na železničných návěstidlách, prebieha kontinuálna aj kontrola funkčnosti vlákna nesvietiacich žiaroviek. Nevýhodou tohto typu dopravného značenia je obmedzený počet preddefinovaných symbolov, vyššia spotreba elektrickej energie, obmedzená životnosť svetelných zdrojov a vyššia náročnosť vykonávania údržby.
- b) Preddefinované symboly realizované LED a optickými šošovkami na čelnom paneli. Neustály vývoj a zdokonaľovanie LED prinieslo možnosť ich aplikácie aj v dopravnom značení. Kľúčovým bolo dosiahnutie úrovne jasú a vyžarovacích uhlov LED potrebných pre použitie v doprave. Na čelnom paneli sú v otvoroch, realizovaných v tvare požadovaných symbolov, umiestnené optické šošovky, za ktorými sú umiestnené LED príslušnej farby. Riadiaci systém značky prijíma povely od nadradeného riadiaceho systému a vysiela spätnú informáciu o zobrazení príslušného symbolu a stave dopravnej značky. Údaje sa vymieňajú prostredníctvom komunikačnej siete, na ktorej sú k dispozícii konfiguračné a diagnostické dáta značky. Nevýhodou tohto typu dopravného značenia je obmedzený počet preddefinovaných symbolov. Výhodou je nízka spotreba elektrickej energie a veľmi dlhá životnosť svetelných zdrojov.

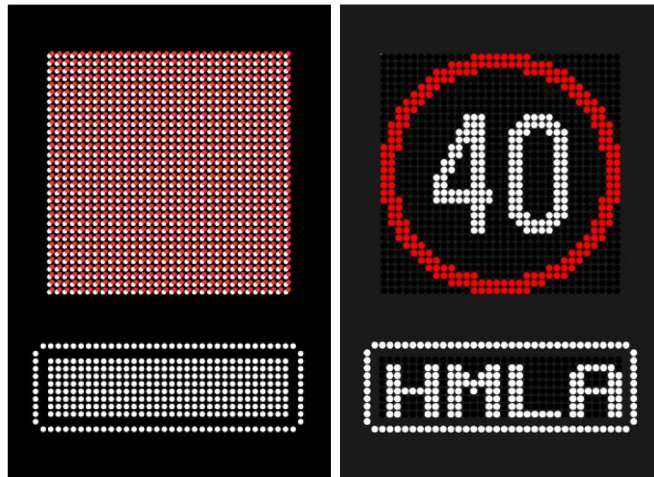


Obr. 4 Svetelné dopravné značenie na báze LED s preddefinovanými symbolmi
Light traffic sign based on LED's with predefined signs

Zdroj: Projektová dokumentácia výrobcu pre tunel Bôrik, autor: SWARCO FUTURIT

- c) Na čelnej stene je vytvorená matica LED. Matica môže byť vytvorená jednofarebnými LED alebo dvojicou LED s farbami biela a červená. Uvedenou kombináciou dokážeme zobraziť väčšinu používaných zákazových a výstražných značiek. Rozlíšenie matice, vzájomné vzdialenosti bodov a rozmerové parametre symbolov určuje norma EN 12 966.

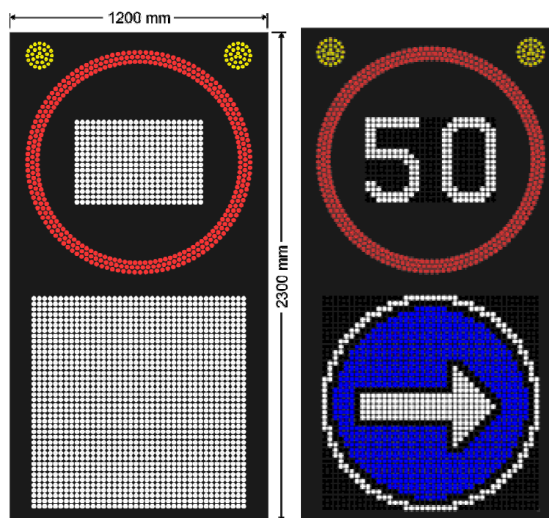
V internom riadiacom systéme značky sú vopred nahraté symboly, ktoré bude značka zobrazovať. Symboly môže kvalifikovaný pracovník dopĺňať a modifikovať. Takto prednastavené symboly sú potom aktivované z nadradeného riadiaceho systému. Riadiaci systém značky prijíma povely od nadradeného riadiaceho systému a vysiela spätnú informáciu o zobrazení príslušného symbolu a stave dopravnej značky. Údaje sa vymieňajú prostredníctvom komunikačnej siete, na ktorej sú k dispozícii konfiguračné a diagnostické dáta značky. Výhodou je prakticky neobmedzený počet preddefinovaných symbolov, nízka spotreba elektrickej energie a veľmi dlhá životnosť svetelných zdrojov.



*Obr. 5 Svetelné dopravné značenie na báze matice LED,
(v hornej časti dvojfarebná matica 32 x 32, v dolnej časti biela matica 8 x 32)
Light traffic sign based on LED matrix*

Zdroj: Projektová dokumentácia výrobcu pre tunel Považský Chlmec, autor: DMV

- d) Na čelnej stene je vytvorená matica LED. Matica je tvorená viacfarebnými RGB LED, ktoré umožňujú zobraziť minimálne 5 základných dopravných farieb: biela, žltá, zelená, červená a modrá. Uvedenou kombináciou dokážeme zobraziť väčšinu používaných dopravných značiek. Rozlíšenie matice, vzájomné vzdialenosti bodov a rozmerové parametre symbolov určuje norma EN 12 966.



*Obr. 6 Svetelné dopravné značenie na báze plnofarebnjej matice LED,
(v hornej časti pevný kruh + biela textová matica, v dolnej časti 5 farebná matica 48 x 48)
Light traffic sign based on LED full color matrix*

Zdroj: Projektová dokumentácia výrobcu pre tunel Považský Chlmec, autor: DMV, autor: DMV



*Obr. 7 Svetelné dopravné značenie na báze plnofarebnej matice LED
Light traffic sign based on LED full color matrix
Zdroj: Fotografia výrobcu, autor: DMV*

3 Použitie premenného dopravného značenia v mimoriadnych situáciách

Technologické vybavenie tunela tvorí zložitý komplex zariadení a objektov. Riadenie dopravy tunela a na príľahlých diaľničných úsekoch sa môže nachádzať v nasledujúcich režimoch prevádzkových stavov dopravy:

- Štandardný režim dopravy
- Zvláštny režim dopravy
- Mimoriadny režim dopravy
- Havarijný režim dopravy

Riadenie dopravy je špecifické tým, že v jednotlivých režimoch môžu byť aktivované len schválené dopravno-prevádzkové stavy (DPS), bez možností modifikácie jednotlivých DPS operátorom. Operátor dopravy môže len prepínať medzi jednotlivými vopred preddefinovanými a schválenými DPS podľa pravidiel stanovených v prevádzkovom predpise a operatívnych kartách. Okrem štandardného režimu dopravy, môžu nastať situácie kedy sa vyskytnú kombinácie vyššie uvedených mimoriadnych a havarijných režimov dopravy v tuneli. Vtedy platí zásada, že prioritným stavom je havarijný režim s uzavretím a evakuáciou tunela. Centrálny riadiaci systém (CRS) reaguje automaticky (tunelové reflexy) len na udalosti v závislosti od vstupov z iných technológií, operátor má povinnosť reagovať aj na situácie, ktoré CRS nedokáže snímať a tým pádom ani automaticky reagovať.

Vo všeobecnosti mimoriadne stavy vyvolajú obmedzenie dopravy a havarijné stavy okamžité uzavretie tunela a následnú evakuáciu. To však nevylučuje, že v niektorých prípadoch mimoriadny stav môže taktiež vyústiť do uzavretia tunela a naopak v niektorých prípadoch je možné prevádzkovať tunel aj v havarijnom režime, pri splnení definovaných podmienok.

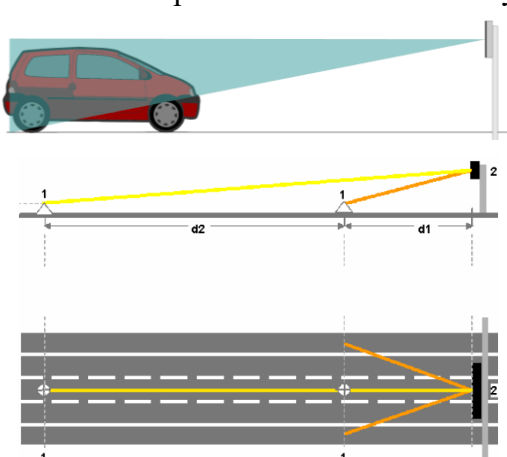
Z dôkladných analýz nehôd na cestách vyplýva, že dopravná nehoda je následok jedného alebo viacerých chybných konaní v komplexnom systéme, ktorý je určený vodičom, vozidlom ako aj stavom ciest a ich okolím. Hlavným faktorom pri nehodách v cestnej premávke je však ľudské zlyhanie, preto pri riešení bezpečnosti cestnej premávky treba počítať so psychikou ľudského správania sa v mimoriadnych situáciách. V týchto situáciách je mimoriadne dôležité upozorniť vodičov o hroziace nebezpečenstvo a zabrániť vjazdu do rizikovej zóny. Nezastupiteľnú úlohu má v týchto prípadoch premenné dopravné značenie, ktoré je jediným vizuálnym prvkom pre upozornenie a navigovanie vodičov. V stresovej situácii je veľmi dôležitá jasná, prehľadná, dobre zrozumiteľná a vhodne zvolená symbolika dopravného značenia. Vodiči si mnohokrát ani nevšimnú zmenu dopravno-prevádzkového stavu. V týchto mimoriadnych situáciách je vhodné upriamiť pozornosť na zmenu formou aktivovania výstražných blikáčov na značkách, prípadne použiť tzv. „dýchanie“ značiek, čo je periodická zmena intenzity jasu svetelného dopravného značenia. Nedochádza k vypnutiu symbolu, len preddefinovaná úroveň intenzity svietenia symbolu sa periodicky mierne zvyšuje, čo púta pozornosť vodičov.

4 Moderné trendy v oblasti premenného dopravného značenia

4.1 Zvýšenie čitateľnosti a efektívnosti zobrazenia symbolov

Výrobca premenného dopravného značenia na báze LED spoločnosť DMV sa snaží dosiahnuť čo najvyšší kontrastný pomer pre všetky farby LED. Na povrchu čelného panelu dopravnej značky sa používa matná abrazívna farba, ktorá vytvára difúzny odraz slnečného svetla, takže odraz svetla od predného panelu značky je znížený na minimum. Samostatná optická šošovka pred každou LED používa vnútornú štruktúru absorpcie svetla, ktorá znižuje odraz vonkajšieho svetla od šošovky. Celá plocha značky s optickou šošovkou je hladšia, takže na povrchu značky sa nezachytáva prach ani sneh a zobrazenie symbolov je jasné a kompletne. Unikátny dizajn optickej šošovky dokáže maximalizovať efektívne využitie svetla z LED, pričom najväčšom uhle vyžarovaného svetelného lúča. Šošovka je schopná usmerniť svetlo, ktoré prichádza z horizontálneho smeru na správne miesto, aby sa zlepšila svetelná účinnosť a znížil sa elektrický prúd odoberaný LED. Menej ako 50% nominálneho prúdu je potrebných pre každú LED rôznych farieb. Tým sa predlžuje životnosť LED diód. Konštantný prúd pretekajúci LED zaručuje stabilný jas, nezávislý od kolísania sieťového napätia.

Pre kvalitu zobrazenia a čitateľnosť je veľmi podstatná reguláciu intenzity jasu dopravného značenia v závislosti od okolitých svetelných podmienok. Značka môže byť vybavená vlastným snímačom svetelných podmienok alebo sa jas rieši centrálnou cez riadiaci systém, aby nedochádzalo k drobným odchýlkam v intenzite svietenia v skupinách značiek. V prípade zlyhania centrálnej regulácie jasu nastupuje lokálna regulácia jasu alebo regulácia podľa aktuálneho dátumu, času a časového pásma umiestnenia značky.



Obr. 8 Pozorovacie uhly svetelnej dopravnej značky na báze LED

Viewing angles of light traffic signs based on LED

Zdroj: Dokumentácia výrobcu, autor: DMV



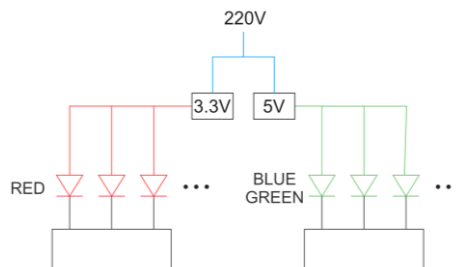
Obr. 9 Demonštrovanie pozorovacích uhlov svetelnej dopravnej značky na báze LED

Demonstration of viewing angles of light traffic signs based on LED

Zdroj: Fotodokumentácia výrobcu pre tunel Považský Chlmec, autor: DMV

5 Efektívne napájanie elektrickou energiou

Ako už bolo spomínané v predchádzajúcom texte: Unikátna optická šošovka usmerní a koncentruje svetlo z LED do vyžarovacieho kužeľ. Pri najvyššom stupni svietenia značky je potrebných menej ako 50% nominálneho prúdu pre každú LED rôznych farieb. Výrobca DMV taktiež používa rôzne napájacie napätia pre rôzne farby LED. Napájací zdroj určený pre LED zelenej farby a pre LED modrej farby je s výstupnou úrovňou 5V. LED červenej farby je napájaná 3,3V, takže celkovo sa používajú 2 rôzne úrovne napájacieho napätia DC, čím sa docieli zníženie spotreby elektrickej energie a zvýšenie efektivity LED.



Obr. 10 Princíp napájania LED rôznych farieb

Power supply of different color LED

Zdroj: Dokumentácia výrobcu, autor: DMV

6 Komunikačné možnosti

Existujú štyri základné monitorovacie a riadiace metódy založené na štyroch štandardných komunikačných kanáloch, prostredníctvom ktorých môže inteligentná dopravná značka komunikovať cez rôzne fyzické vrstvy (rozhrania). Tieto štyri základné metódy sú:

1. Monitorovanie a ovládanie cez PC / Tablet / Smartfón - pre operátorov, ktorí sú priamo pripojení k zariadeniu pomocou špeciálneho softvéru pre PC / Tablet / Smartfón. Operátor zvyčajne komunikuje iba s jedným zariadením naraz.
2. Operátori môžu používať webovú aplikáciu alebo softvér DMV Cloud Control. Cloudový systém umožňuje monitorovanie a ovládanie viacerých zariadení súčasne, spracovanie udalostí a alarmov, čítanie a nastavovanie parametrov zariadenia atď. Zariadenia sa zobrazujú na mape. Komunikačné rozhrania pre tento kanál sú: GPRS / 3G sieť alebo Ethernet.
3. Monitorovanie a ovládanie cez SCADA server - pre monitorovanie a riadenie viacerých zariadení pomocou SCADA servera. Operátori môžu používať softvér DMV Control Center. Jedná sa o systém SCADA, ktorý umožňuje simultánne monitorovanie a ovládanie viacerých zariadení, spracovanie udalostí a alarmov, čítanie a nastavenie parametrov zariadenia. Zariadenia sa zobrazujú na mape alebo na vopred definovaných paneloch rôznymi spôsobmi. Najrozšírenejšie komunikačné rozhrania pre tento kanál sú Ethernet alebo priemyselná sériová sieť RS485.
4. Monitorovanie a ovládanie prostredníctvom SMS správ - pre operátorov, ktorí majú prístup k zariadeniu pomocou mobilných telefónov. Zariadenie musí mať zabudovaný modem GPRS a platnú SIM kartu alebo čip SIM. Zariadenie pošle SMS pri niektorých udalostiach do zoznamu autorizovaných operátorov. Zariadenie môže tiež prijať niektoré požiadavky (čítanie parametrov alebo sada parametrov) od operátorov. Každý operátor má príslušné oprávnenia (povolené prijímať SMS udalosti, povolené na čítanie parametrov, povolené na nastavenie parametrov).

7 Záver

Článok sa snažil prehľadným spôsobom opísať jednotlivé druhy a typy premenného dopravného značenia. Stručne zhodnotil jeho výhody a nevýhody. Zhrnul funkciu premenného dopravného značenia počas mimoriadnych a havarijných udalostí. Predstavil nové trendy vo výrobe a vývoji svetelného dopravného značenia.

Literatúra

DMV Niš, Prezentácia spoločnosti a jej výrobného programu, 2017

DMV Niš, Produktové a katalógové listy, 2017

DMV Niš, Projektová dokumentácia premenného dopravného značenia pre tunel Považský Chlmec, 2017

PPA INŽINIERING, s.r.o. Tunel Bôrik, PREVÁDZKOVÁ DOKUMENTÁCIA CESTNÉHO TUNELA, Kapitola H: Súbor prevádzkových stavov dopravy, 2017, s. 15, 36

STN EN 19 966 *Zvislé dopravné značky. Dopravné značky s premennými symbolmi*

SWARCO FUTURIT, Projektová dokumentácia premenného dopravného značenia pre tunel Bôrik, 2009