

ŘÍDICÍ SYSTÉM TUNELU BLANKA A PROJEKT DOPRAVNÍHO ZNAČENÍ

BLANKA TUNNEL MANAGEMENT SYSTEM AND DESIGN FOR TRAFFIC SIGNS

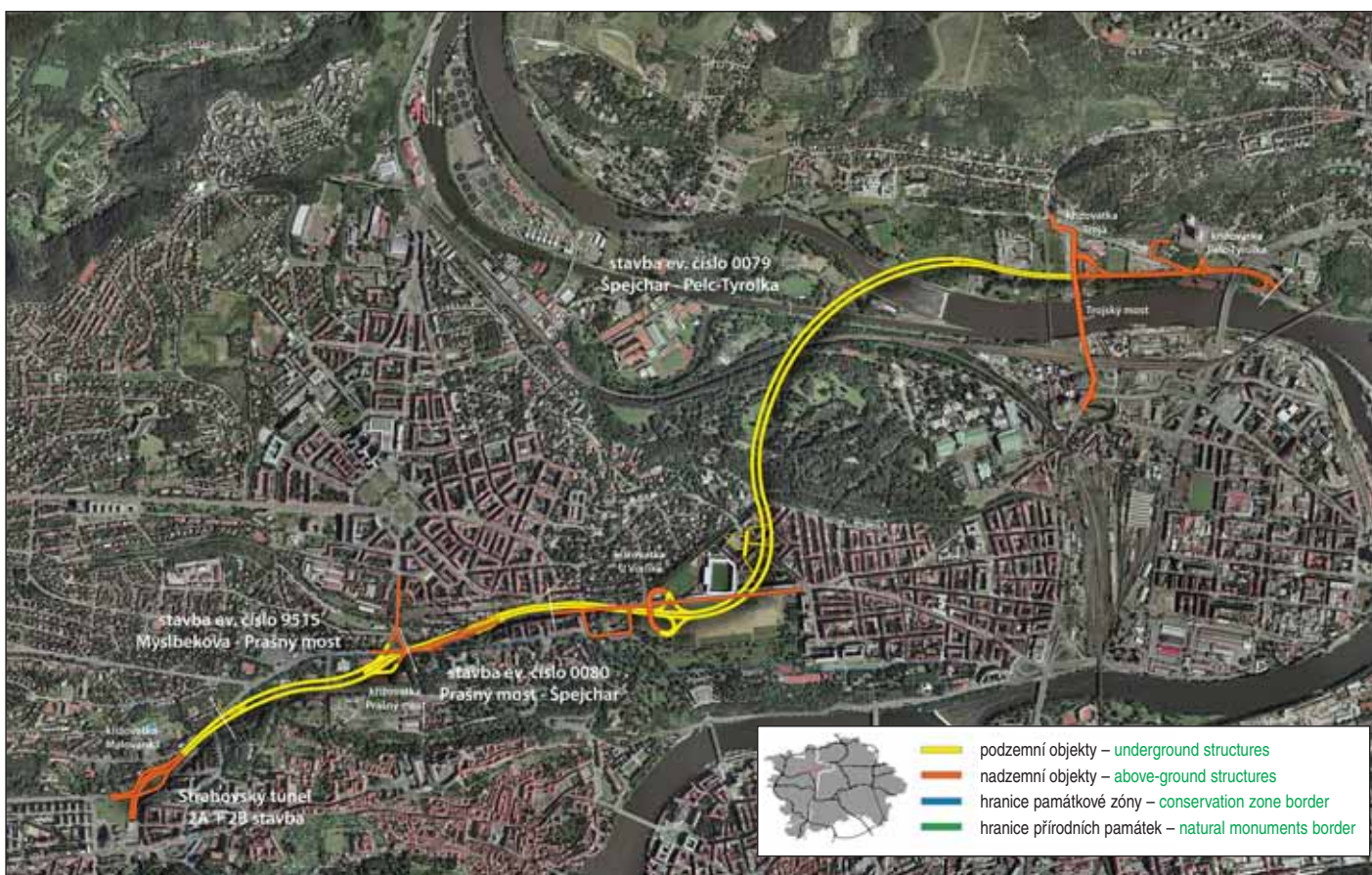
MARTIN KŇÁKAL, DUŠAN KRAJČÍR, JIŘÍ ŠTEFAN

Mezi aktuálně nejnámější silniční tunelové stavby patří tunelový komplex Blanka realizovaný v rámci severozápadní části pražského vnitřního okruhu (obr. 1). Tato tunelová stavba obsahuje velké množství technologie – osvětlení, rozsáhlou vzduchotechniku, systémy řízení dopravy, kamerový dohled s detekcí nestandardních situací, systémy radiového spojení i SOS skříně pro pomoc řidičům při nepředvídaných událostech. Koordinaci všech systémů na této rozsáhlé stavbě zajišťuje řídicí systém. Generálním projektantem tunelu Blanka je společnost SATRA, spol. s r. o., projektantem i zhotovitelem řídicího systému je skupina ELTODO.

Z výše uvedeného vyplývá, že pod zemí je, kromě železa a betonu, ukryto i značné množství technického vybavení. Pravidelně se objevují názory, že by se tato oblast dala realizovat jednodušeji a s menšími náklady. Ale průjezd tunelem už ve své podstatě znamená pro řidiče větší ohrožení než cesta po otevřené komunikaci. Možnost úniku osob v tunelu je při mimořádné situaci značně ztížena proti možnostem na volné komunikaci. V případě požáru je zvýšené ohrožení sálavým teplem či jedovatými zplodinami hoření, přičemž přístup složek integrovaného záchranného systému na místo zásahu je složitější než na volné komunikaci.

The Blanka complex of tunnels, which is being developed within the framework of the north-western section of the City Circle Road (inner circle) in Prague (see Fig. 1) belongs among currently the best known road tunnel construction projects. This tunnel structure contains lots of equipment – lighting, extensive ventilation, traffic management systems, camera surveillance with the detection of non-standard situations, wireless communication systems and SOS boxes helping drivers during unexpected events. The coordination of all systems on this extensive construction project is provided by the management system. The general designer for the Blanka tunnel is SATRA, spol. s r. o., the designer and contractor for the management system is ELTODO Group.

It follows from the text above that under the ground surface, there is even a significant amount of equipment apart from steel and concrete. Opinions regularly appear that this area could be realised in a simpler way, with lower costs. But the passage through the tunnel itself in its substance means more serious threatening of the driver than driving along an open surface road. The possibility for people to escape from the tunnel is made significantly more difficult during an extraordinary event compared with the possibilities on an open surface road. In the



Obr. 1 Schéma tunelového komplexu Blanka (zdroj: www.tunelblanka.cz)

Fig. 1 Layout of the Blanka complex of tunnels (source: www.tunelblanka.cz)

Je přinejmenším morální povinností toho, kdo stanovuje pravidla provozu, aby zajistil uživatelům komunikace v těchto problematických úsecích srovnatelnou úroveň bezpečnosti jako na volné komunikaci, nebo se k této úrovni alespoň blížil.

Proměnné dopravní značení umožní maximální kapacitní využití komunikace a při mimořádném stavu bude účastníky provozu včas varovat. V případě požáru systém požárního větrání odvede kouř ztěžující orientaci i s jedovatými zplodinami mimo stavbu, tak aby umožnil bezpečnou evakuaci osob. Uvedené předpokládá, že všechny technické systémy stavby, koordinované pomocí řídicího systému, budou pracovat způsobem, že v souhrnu přispějí k plynulému průjezdu vozidel, včasným vyhodnocením dat předejdou vzniku řady mimořádných událostí a pokud tyto události přece jen vzniknou, tak jejich následky budou značně mírnější.

Řídicí systém tunelové stavby je projekčně i realizačně zajišťován skupinou ELTODO. Rozsahu stavby odpovídá i složitost řídicího systému. Databáze fyzických vstupů do systému má přes 24 000 položek, fyzických výstupů je přes 13 000. Pro srovnání, zatím nejsložitější do provozu uváděný tunel Mrázovka (ATM) obsahuje okolo 8000 binárních vstupů. Dále se oproti předchozím tunelovým stavbám značně zvýšil počet zařízení, která si vyměňují informace po sběrnících vyšší úrovně (sériových komunikacích). Pro správu takto rozsáhlé databáze je použita vlastní aplikace skupiny ELTODO, realizovaná na databázovém systému Microsoft Access a obsahující řadu mechanismů pro automatizovanou kontrolu vkládaných údajů.

ARCHITEKTURA SYSTÉMU

Řídicí systém je pro zachování potřebné bezpečnosti a odolnosti proti poruchám navržen jako plně redundantní na všech úrovních. Veškeré hardwarové součásti řídicího systému i jejich propojení jsou zdvojeny. Na úrovni programovatelných automatů PLC je systém navržen na platformě SIMATIC S7-400 firmy SIEMENS s využitím průmyslové sběrnice PROFIBUS DP na optické a metalické fyzické vrstvě. Na vizualizační úrovni je systém navržen na platformě PROFICY CIMPLICITY firmy GE FANUC určené pro operační systémy Microsoft Windows. Jako archivační systém je použit MICROSOFT SQL SERVER. Systém je dále doplněn redundantními servery pro řízení provozního větrání, videodohledu a informačního systému ZPI. Jako převodníky průmyslových sběrnic jsou použity moduly ANYBUS Communicator firmy HMS. Systém je doplněn průmyslovými PC s aplikačním softwarem určeným pro komunikaci se systémy třetích stran připojených po sběrnících vyšší úrovně (sériové linky, Ethernet, průmyslové sběrnice).

SYSTÉM ŘÍZENÍ

Tunelový komplex Blanka nestojí samostatně na tzv. železné louce, ale bezprostředně navazuje na linii tunelových staveb Zlíčovská radiála (ZLRA), automobilový tunel Mrázovka (ATM) a Strahovský automobilový tunel (SAT). Proto v řízení provozu této tunelové stavby musí být zohledňován provoz i v sousedních lokalitách, zrovna tak jako provoz na výjezdech z tunelového komplexu a jejich nejbližším okolí.

Převážná část algoritmů řízení, zejména bezpečnostní funkce, je kvůli nutnosti vyhodnocovat výše zmíněnou sumu informací v reálném čase naprogramována v algoritmech řídicího systému. Vyhodnocování stavu

case of a fire, there is increased threatening by radiant heat or poisonous combustion products there, whilst the access of components of the integrated rescue system to the intervention spot is more complicated than the access on a free surface road.

It is at least the moral obligation of the person determining operational rules to ensure a level of safety for users of the road in these problematic sections which is comparable with the level existing on an open surface road or at least approximates this level.

Variable traffic signs will make the maximum capacity use of a road possible and will warn participants of traffic in time in the case of an extraordinary event. In the case of a fire, the fire ventilation system will evacuate smoke making orientation more difficult and poisonous combustion products outside the structure so that safe evacuation of people is possible. The above-mentioned information assumes that all technical systems of the structure, which are coordinated by the management system, will work in such the way that they will contribute as the whole to the fluent passage of vehicles and, through timely assessment of data, will prevent the origination of many extraordinary events and, if these events after all develop, their consequences will be significantly more moderate.

The management system for a tunnel structure is secured in terms of the design and installation by ELTODO Group. The complexity of the management system corresponds to the scope of the project. The database of physical inputs into the system contains over 24,000 items, whilst the number of physical outputs exceeds 13,000. For the purpose of comparison, the till now most complicated tunnel opened to traffic, the Mrázovka automobile tunnel, contains approximately 8,000 binary inputs. In addition, the number of facilities exchanging information through higher-level buses (serial communications) significantly increased in comparison with previous tunnel structures. Such the extensive database is managed using ELTODO Group's own application, which is realised on the Microsoft Access database system and contains numerous mechanisms for automatic checking of the data being inserted.

ARCHITECTURE OF SYSTEMS

The management system is designed for maintaining the necessary safety and resistance against failures as a system fully redundant at all levels. All hardware components of the management system and their connections are doubled. At the level of programmable logic control (PLC) automates the system is designed on the SIMATIC S7-400 platform developed by SIEMENS, using the PROFIBUS DP industrial bus on an optical and metallic physical layer. At the visualisation level, the system is designed on the PROFICY CIMPLICITY platform developed by GE FANUC, which is designed for Microsoft Windows operating systems. MICROSOFT SQL SERVER is used as the archival system. The system is further supplemented by redundant servers for the control of the operating ventilation, camera surveillance and the information display ID. ANYBUS Communicator modules of HMS company are used as converters of industrial buses. The system is supplemented by industrial PCs with application software designed for communication with third party systems connected through higher level buses (serial lines, Ethernet, industrial buses).

MANAGEMENT SYSTEM

The Blanka complex of tunnels does not stand independently, on a green field; it directly links the line of tunnel structures formed by tunnels on the Zlíčov Radial Road and the Mrázovka and Strahov automobile tunnels. For that reason it is necessary for the traffic management system to allow for the traffic in neighbouring locations, as well as the traffic at exits from the complex of tunnels and their closest surroundings.



Obr. 2 Vizualizace tunelové trouby s dopravním značením (zdroj: www.tunelblanka.cz)

Fig. 2 Visualisation of a tunnel tube with traffic signs (source: www.tunelblanka.cz)

dopravy v tunelových stavbách však musí počítat s tak velkou množinou událostí, že ne všechny jejich varianty lze zpracovat v uložených algoritmech. Proto stále nezastupitelným druhem řízení provozu v tunelových stavbách je dispečerské řízení, spojující sofistikované zpracování přicházejících dat se zkušenostmi dispečerů. V případě tunelového komplexu Blanka je současně projektována dostavba víceúčelového Multifunkčního operačního centra (MOS), kde se bude nacházet i dispečerské centrum řízení tunelových staveb.

TECHNIKA POUŽITÁ PRO ŘÍZENÍ

Na horní úrovni, tj. vizualizačním znázornění stavů dopravy a technologie, je použita standardní PC platforma s využitím operačních systémů Microsoft Windows v serverovém a desktopovém provedení. Jako vizualizační software je použit systém PROFICY SIMPLICITY firmy GE FANUC v konfiguraci klient – server s redundancí na úrovni SCADA a databázového serveru. V aplikační úrovni je použit, podobně jako ve všech tunelových stavbách v Praze, vlastní produkt skupiny ELTODO systém Kerberus. Dále jsou zde samostatné servery pro řízení provozního větrání a pro zpracování informací od videodohledu a systému ZPI. Jsou rovněž v redundantním provedení, a to i s potřebným aplikačním softwarem. Moderní použitá součástková základna umožní, při zachování pravidel pravidelné údržby, používat tento řídicí systém po dobu navrhovanou v ČSN 73 7507 kapitola 5, tj. více než 15 let.

SW PROJEKT DOPRAVNÍHO ZNAČENÍ

Pravidla pro umístování proměnného dopravního značení v tunelových stavbách, způsob jeho ovládání a algoritmy

The majority of management algorithms, first of all the safety function, are programmed in the management system algorithms because of the necessity of assessing the above-mentioned sum of information in real time. However, the process of assessing the state of traffic in tunnels has to be prepared for such a large set of events that not all of their variants can be processed in the stored algorithms. For that reason management by operators joining sophisticated processing of incoming data with the experience of operators is still a non-substitutable method of managing traffic in tunnels. In the case of the Blanka complex of tunnels an expansion of the multi-purpose Multifunctional Operation Centre which will even house the operator management centre for tunnel structures.

TECHNIQUE APPLIED TO MANAGEMENT

A standard PC platform using Microsoft Windows operating systems configured for a server and desktop is used at the top level, i.e. the visualisation depiction of traffic and equipment states. PROFICY SIMPLICITY of GE FANUC PLC in configuration client – a server with redundancy at the level of SCADA and a database server – is used as the visualisation server. ELTODO own product, the Kerberus system, is used at the application level, similarly to all tunnel structures in Prague. In addition, independent servers are used for the operating control of ventilation and for processing of information from the camera surveillance system and the information display system. They are also in the redundant form, even with the required application software. The state-of-the-art component base which is used will, under the condition of adhering to rules of regular maintenance, allow this system to be used for the time proposed in ČSN 73 7507, section 5, i.e. for over 15 years.

SW DESIGN FOR TRAFFIC SIGNS

Rules for positioning of variable traffic signs in tunnel structures, the method of controlling them and management algorithms interlocked with the state of other systems, form a specific area of management, which, in contrast with management systems, has no direct equivalent in industrial systems.

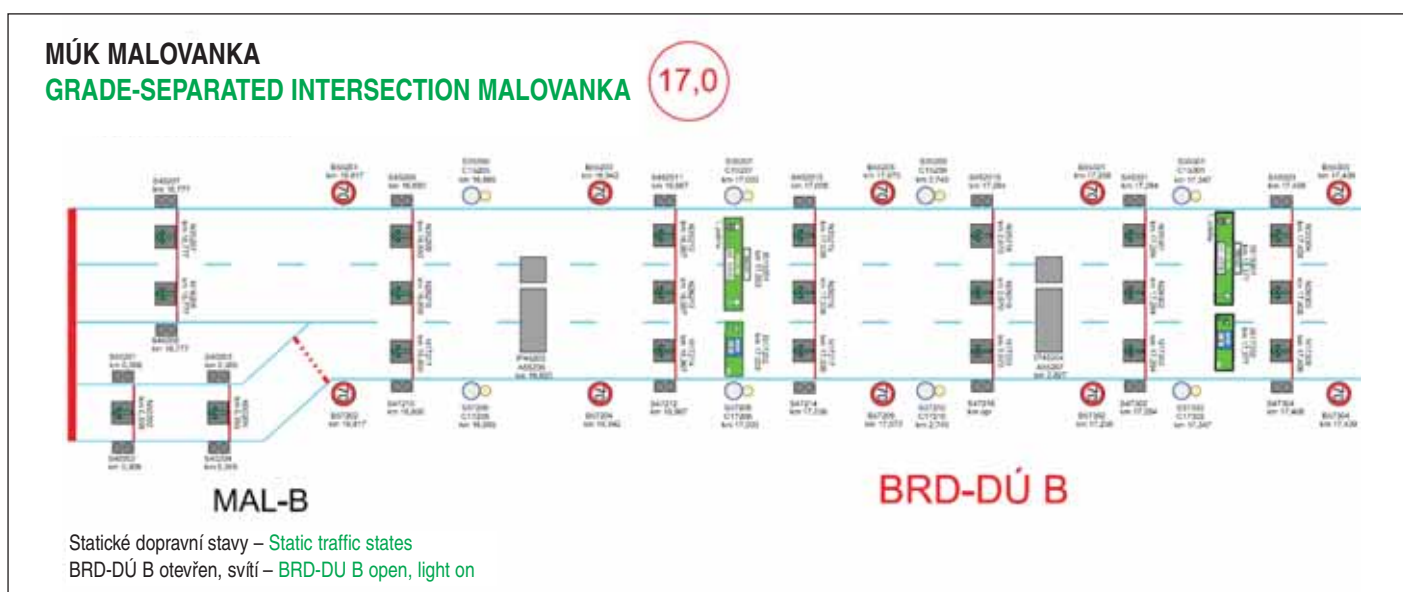
The SW design for traffic signs comprises the defining of all particulars required for the operation of traffic signs within the framework of the complex in terms of the management system. It is not only the defining of the conditions of individual traffic signs and facilities (the number of which in the tunnel amounts to about 800) for the group of tunnel traffic states, but also creating a source document for SW programmers from the aspect of transition sequences between individual static states. Dynamic states of the tunnel, which are formed by combinations of static states of the tunnel in a time sequence, are directly tied to the transition sequences. These states and their rules are subsequently implemented to the management system, the user interface of which is formed in compliance with the already



Obr. 3 Vizualizace tunelové trouby s výjezdovou rampou a tunelovou propojkou (zdroj: www.tunelblanka.cz)

Fig. 3 Visualisation of a tunnel tube with an exit ramp and a cross passage between tunnel tubes (source: www.tunelblanka.cz)





Obr. 4 Blokové schéma dopravního značení pro dopravní stav s normálním provozem
 Fig. 4 Block diagram of traffic signs for the traffic state with normal traffic

řízení provázané na stav dalších systémů tvoří specifickou oblast řízení, která, na rozdíl od řídicích systémů, nemá přímý ekvivalent v průmyslových systémech. SW projekt dopravního značení zahrnuje definování veškerých náležitostí pro provoz dopravního značení v rámci komplexu z pohledu řídicího systému. Jedná se nejen o definování stavů jednotlivých dopravních značek a zařízení (kterých je v tunelovém komplexu cca 800) pro skupinu dopravních stavů tunelu, ale také o vytvoření podkladu pro programátory SW z pohledu přechodových sekvencí jednotlivých statických stavů. Na přechodové sekvence přímo navazují dynamické stavy tunelu, které jsou tvořeny kombinacemi statických stavů tunelu v časové posloupnosti. Následně jsou tyto stavy a jejich pravidla implementovány do řídicího systému, jehož uživatelské rozhraní je vytvářeno v souladu s již provozovanými řídicími systémy pražských tunelů. To je z logického důvodu zachování stejných principů řízení tak, aby operátoři dopravy a dispečerů technologie nemuseli pracovat s rozdílnými systémy.

Celý tunelový komplex Blanka je v současném pojetí dělen do čtyř staveb a pro dva řídicí systémy. Terminologicky je označen jako tři tunely s vlastním názvem – Brusnický tunel, Dejvický tunel a Bubenečský tunel. Z pohledu terminologie je možné, že se názvy ještě budou měnit a pro realizaci dokumentace není pojmenování finální.

Pro samotné přiřazení aktuálního zobrazení na jednotlivé PDZ musely být nejdříve definovány statické stavy, pro které bude dopravní značení řešeno a přednastaveno. Tyto stavy byly definovány v rámci kooperace s ostatními zhotoviteli stavby a SW projektu dopravního značení. Pro definování statických stavů byl tunelový komplex rozdělen na samostatné dopravní úseky, které jsou rozděleny podle mimoúrovňových křižovatek. Jsou definovány tak, aby v případě zavření celého dopravního úseku vozidla mohla právě před tímto úsekem opustit tunel výjezdovou rampou (obr. 3).

Pro definované jednotlivé úseky byly navrženy statické dopravní stavy (obr. 4). To znamená například stav levý jízdní pruh uzavřen, snížení rychlosti v celé délce atd. K definovaným statickým stavům byly doplněny dynamické stavy – stavy určené pouze vzorovým výkresem a definováním podmínek, za kterých mohou nastat. Takovým

operating management systems for Prague tunnels. This means, for a logical reason, that identical principles of management are maintained so that traffic operators and equipment controllers do not have to work with different systems.

In the current conception, the entire Blanka complex of tunnels is divided into four structures for two management systems. In terms of terminology, it is marked as three tunnels entitled the Brusnice tunnel, the Dejvice tunnel and the Bubeneč tunnel. It is possible in terms of terminology that the names be still changed and that the names are not final for the execution of design documents.

It was necessary for the assigning of the current imaging system to individual variable traffic signs first of all to define the static states for which the traffic signs will be solved and pre-set. These states were defined within the framework of cooperation with other contractors for the structures and the SW design for traffic signs. The complex of tunnels was divided for the purpose of defining the static states into independent traffic sections, which are divided according to grade-separated intersections. They are defined with the intention to make it possible for vehicles to vacate the tunnel via an exit ramp in the case of the closure of the entire traffic section (see Fig. 3).

Static traffic states were proposed for the defined individual sections (see Fig. 4). It means, for example, a state where the left-hand traffic lane is closed, the speed limit throughout the lane length is reduced etc. The defined static states were supplemented by adding dynamic states to them – i.e. states determined only by a standard drawing and defining of conditions under which they can take place. An example of such the state is a floating traffic closure, which does not close the traffic lane throughout its length, but only several transverse profiles before the restriction location. Beyond this location the traffic along the lane is again permitted. The time sequence of the imaging of road signals is also considered to be a dynamic state, namely at a combination with more static states.

The 'tunnel closed' static state can be used as a demonstration example. At this state, the entrances and exits are closed and all transverse profiles with traffic signs and traffic lights activate the signal S1 a, i.e. the red light signal 'Stop'. Red crosses are activated on the lane-use signals (signal S8a – lane closed to all vehicles). This is how the 'tunnel closed' state looks in its final shape, but its activation can consist of several partial steps. At a common closure, the signal 'lane closed to all vehicles' is not switched on at all transverse profiles at the same time; it is activated gradually, from the tunnel entrance ahead down the tunnel



Obr. 5 Vizualizace MÚK Špejchar (zdroj: www.tunelblanka.cz)
Fig. 5 Visualisation of Špejchar grade-separated intersection (source: www.tunelblanka.cz)

stavem je například plovoucí uzávěra, která neuzavírá jízdní pruh v celé délce, ale pouze několik řezů před místem omezení. Za ním je jízda v pruhu opět povolena. Za dynamický stav je také považována časová posloupnost zobrazení dopravního značení, zejména při kombinaci více statických stavů.

Ukázkovým příkladem může být statický stav tunel uzavřen. Při tomto stavu jsou uzavřeny vjezdy, výjezdy a všechny řezy s dopravním značením a světelně signalizačním zařízením aktivují signál S1a – signál s červeným světlem „Stůj“. Na pruhové signalizaci nad jízdními pruhy jsou aktivovány červené křížky (signál S8a – zakázaný vjezd vozidel do jízdního pruhu). Takto stav tunel uzavřen vypadá v konečné podobě, jeho aktivace ale může být složena z dílčích kroků. Při běžném uzavření není zákaz jízdy rozsvícen na všech řezech najednou, ale aktivuje se postupně od vjezdu do tunelu ve směru jízdy tak, aby žádné vozidlo nemohlo být dopravním značením „chyceno“ v tunelu. To ale neplatí v případě mimořádných událostí, kdy je naopak zapotřebí celý dopravní proud před místem mimořádné události bezodkladně zastavit. Vozidlům za událostí ale musí být umožněno z tunelu bezpečně vyjet, takže uzavření proběhne v úseku před událostí najednou, a za ní postupně. Finální statický stav je vždy stejný – pouze jeden, ale dynamických stavů, které mu předcházejí, je velmi mnoho.

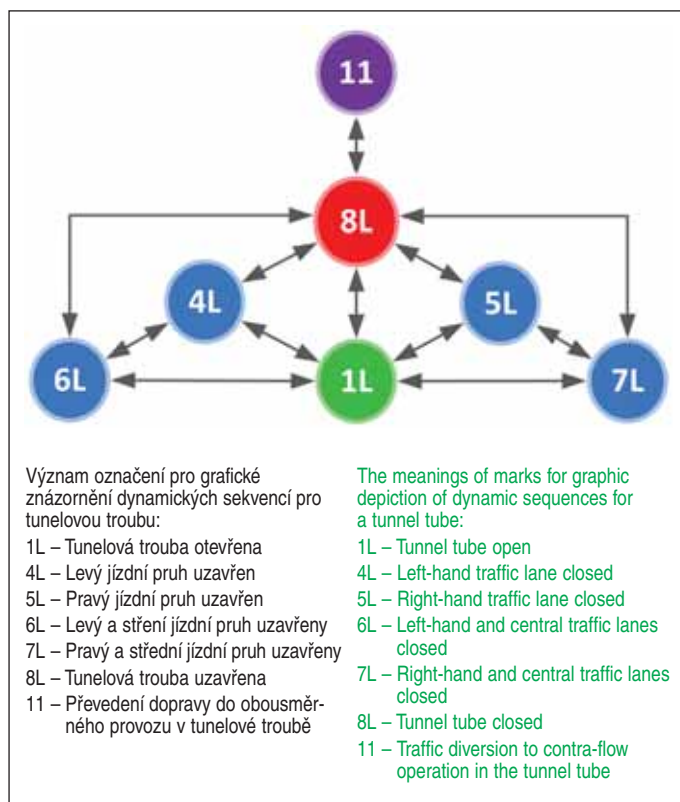
K definovaným stavům v tunelu jsou navázány stavy dopravního značení na povrchu (vjezdové rampy a přílehlé křižovatky) obr. 5.

Po definování statických stavů a dynamických stavů je třeba vytvořit dynamické sekvence – pravidla pro možné přechody mezi jednotlivými statickými stavy s možnou kombinací na dynamické stavy. V současné době jsou práce na SW projektu právě v této fázi – jsou definovány statické a dynamické stavy a probíhají práce na dynamických sekvencích (obr. 6).

Uvedení celého komplexu do provozu je plánováno k termínu duben 2014. Do té doby je v rámci tvorby řídicího systému tunelového komplexu Blanka potřeba udělat mnoho práce, ale SW projekt dopravního značení, na jehož základě bude řídicí systém značky využívat a ovládat, je na dobré cestě ke splnění termínu realizace.

ING. MARTIN KŇÁKAL, knakalm@eltodo.cz,
ING. DUŠAN KRAJČÍR, DiS., krajcird@eltodo.cz,
ING. JIŘÍ ŠTEFAN, stefanj@eltodo.cz,
ELTODO EG, a. s.

Recenzoval: Ing. Petr Bednář



Obr. 6 Příklad grafického znázornění dynamických sekvencí – povolených přechodů mezi statickými stavy

Fig. 6 An example of graphic depiction of dynamic sequences – permitted transitions between static states

in the direction of travel so that no vehicle can be ‘entrapped’ by the signals inside the tunnel. However, this rule does not apply to emergency cases, when, on the contrary, it is necessary to immediately stop the entire traffic stream before the emergency location. But the vehicles found behind the emergency location must be allowed to safely leave the tunnel. For that reason the closure event will happen at one stroke in the section before the emergency location and step-by-step behind it. The final static state is always identical, only one, but there are many preceding dynamic states.

The states of traffic signs on the surface (entry ramps and adjacent intersections) are tied to the defined states inside the tunnel (see Fig. 5).

After defining the static states and dynamic states, it is necessary to develop dynamic sequences, i.e. rules for possible transitions between individual static states with a possible combination with dynamic states. The work on the SW design is currently at this stage, i.e. the definition of static and dynamic states has been completed and the work on dynamic sequences is underway (see Fig. 6).

Bringing the entire complex into service is planned for April 2014. Till that time it is necessary to carry out lots of work within the framework of the development of the management system for the Blanka complex of tunnels. Anyway, the SW design for traffic signs on the basis of which the management system will use and control the signs is on good way to meeting the deadline for the system implementation.

ING. MARTIN KŇÁKAL, knakalm@eltodo.cz,
ING. DUŠAN KRAJČÍR, DiS., krajcird@eltodo.cz,
ING. JIŘÍ ŠTEFAN, stefanj@eltodo.cz,
ELTODO EG, a. s.