

PROBLEMATIKA TAKTOVÝCH JÍZDNÍCH ŘÁDŮ

THE PROBLEMS OF INTERVAL TIMETABLES

Zdeněk Píšek¹

Anotace: Příspěvek pojednává o základních aspektech a prvcích plánování taktových jízdních řádů a metod, kterých se při plánování využívá. Uvedené metody tvoří součást vědeckého zkoumání uvedené problematiky

Klíčová slova: čas symetrie, graf, kružnice, takt.

Summary: The article deals with basic aspects and element of planning of interval timetable and methods, that are used. These methods builds part of science research of this problems.

Key words: symmetry time, graph, circle, interval.

1. ÚVOD

Problematika taktových jízdních řádů je disciplína, které je věnována pozornost již řadu let a která nabývá neustále na významu zejména v železniční osobní dopravě. Uvedený příspěvek uvádí aspekty, které tvoří nedílnou součást problematiky taktové dopravy na železnici.

2. ČAS SYMETRIE

Čas symetrie je parametr charakteristický pro taktové jízdní řady veřejné železniční osobní dopravy. V tomto časovém okamžiku se setkává vlak jedoucí v taktu s vlakem opačného směru stejné linky. Přestupní časy mezi linkami s identickými časy (osami) symetrie jsou pro oba směry stejné.

Na času symetrie je jízdní řád odrazem směru a opačného směru. U konečných bodů linek se shoduje polovina doby obratu s časem symetrie. Při dvouhodinovém nebo i kratším taktu se opakuje čas symetrie každou hodinu ke stejné minutě. Čas symetrie dokumentuje případ uvedený v tabulce 1.

Tab. 1 – Čas symetrie lokální železnice Wien – Baden, stanice Inzersdorf Personenbahnhof

Neu Erlaa		5:18	5:33	5:48	6:03	6:18	6:33	6:48	6:56	7:03	7:11	7:18
Inzersdorf Personenbf.		5:21	5:36	5:51	6:06	6:21	6:36	6:51	6:59	7:06	7:14	7:21
Gutheil-Schoder-Gasse		5:23	5:38	5:53	6:08	6:23	6:38	6:53	7:01	7:08	7:16	7:23
Gutheil-Schoder-Gasse	5:04	5:19	5:34	5:49	6:04	6:19	6:34	6:49	6:56	7:04	7:11	7:19
Inzersdorf Personenbf.	5:06	5:21	5:36	5:51	6:06	6:21	6:36	6:51	6:58	7:06	7:13	7:21
Neu Erlaa	5:09	5:24	5:39	5:54	6:09	6:24	6:39	6:54	7:01	7:09	7:16	7:24

Zdroj: [3]

¹ Ing. Zdeněk Píšek, GŘ ČD, Odbor provozu osobní dopravy, Nábřeží L.Svobody 1222/12, 110 15 Praha 1, Tel.: 972 232 322, E-mail: zdenek.pisek@centrum.cz

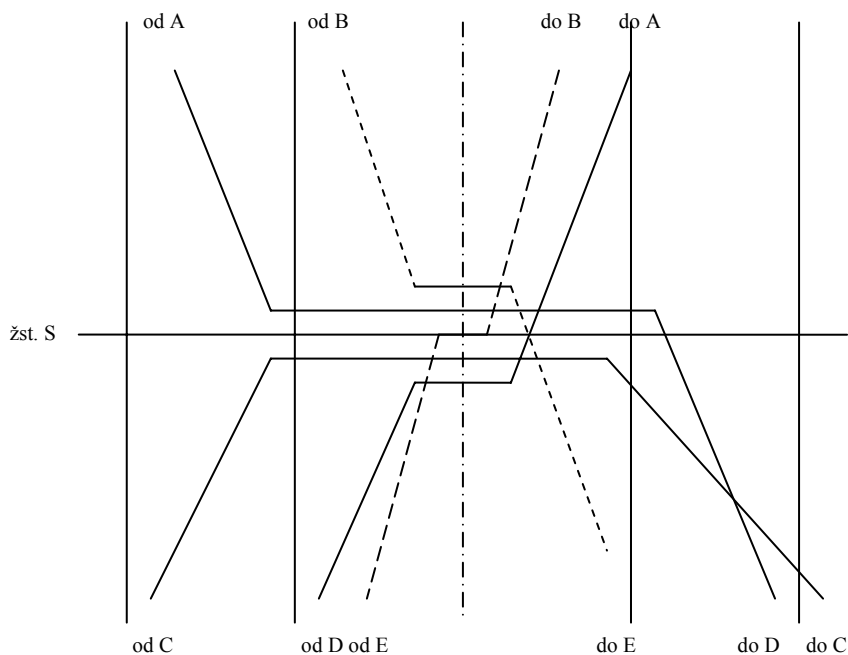
Z principu může být křižování stanoveno v každém časovém okamžiku, ze zásady je však použit u všech linek jednotný čas symetrie.

3. PŘESTUPOVÉ MOŽNOSTI

Optimální přestupové možnosti jsou takové, kdy se všechny vlaky sjíždějí ke stejnému časovému okamžiku do železničních stanic. K tomuto okamžiku je potřebné obsluhovat tuto stanicí dopravními prostředky. Tak je možné s minimálními náklady z celé plochy atrakčního obvodu svázat cestující k vlakům. O několik minut později tytéž dopravní prostředky ze stejné stanice odjíždí.

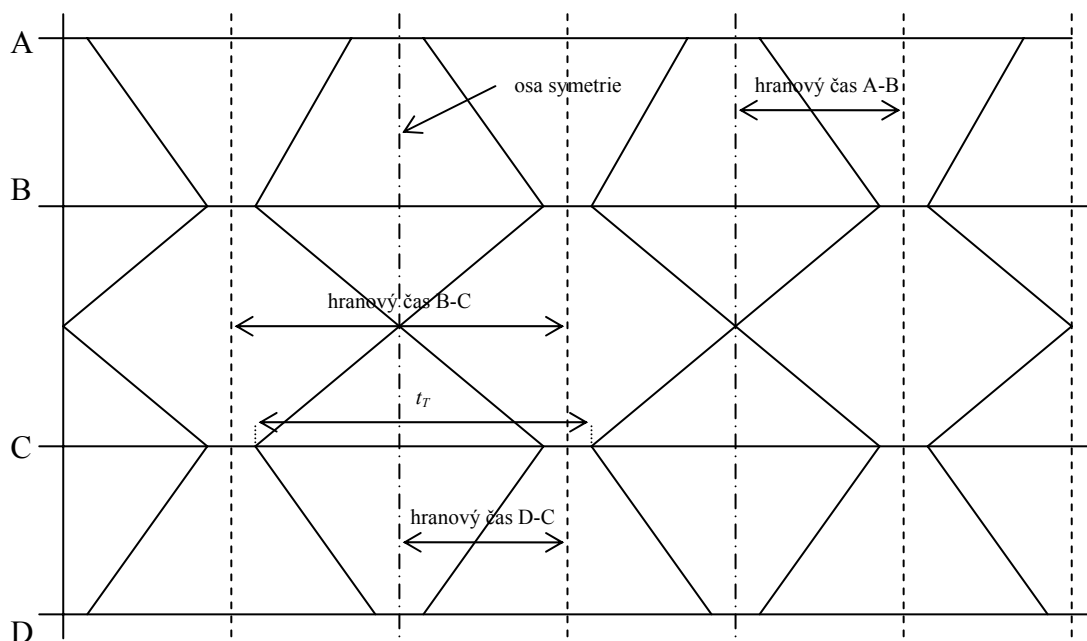
Tímto způsobem vzniká pro železniční stanici místního atrakčního obvodu schéma tras, které má tvar pavouka jízdního řádu (viz. obrázek 1). Každý takový pavouk má svou časovou osu, která reprezentuje časový interval pro uskutečnění přestupů v dané železniční stanici. Tato **časová osa** určuje tzv. taktový čas. Situace znázorněná pavouky jízdního řádu se pravidelně opakuje vždy po uplynutí jednoho taktu.

Určení hodnoty času symetrie je dáno podmínkou, že k přestupním vazbám dochází v uzlech vždy po uplynutí taktového intervalu t_T . Časový odstup mezi osami symetrie dvou sousedních uzlů se nazývá hranový čas (viz. obrázek 2). Ten je roven celočíselnému násobku poloviny taktového intervalu t_T .



Obr. 1 – Pavouk jízdního řádu

Zdroj: [2]



Obr. 2 – Hranový čas a osa symetrie

Zdroj: [2]

Tento hranový čas se skládá z těchto složek:

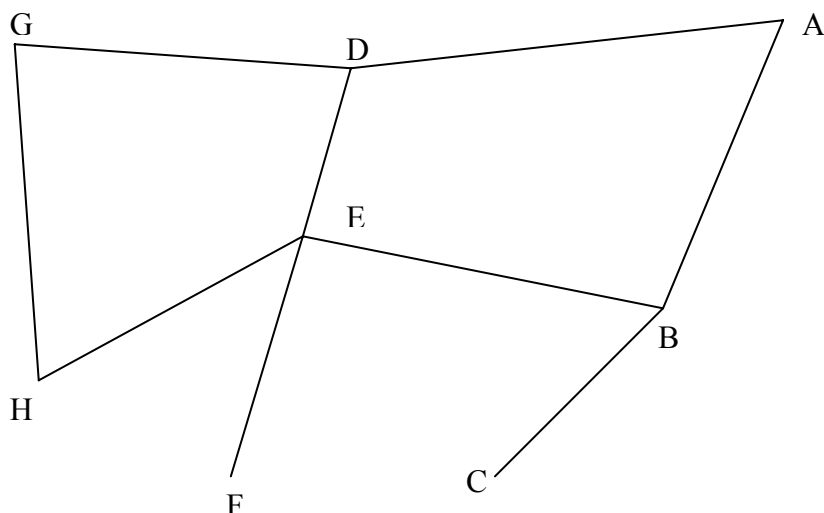
- z jízdnicích dob, kde dílčí doby mohou být:
 - čisté jízdnicí doby,
 - přírážky k jízdnicím dobám,
 - časové zálohy.
- z dob pobytů na nástup a výstup ve stanicích,
- z přestupových dob ve stanicích,
- čekacích dob při přestupování, které jsou vyšší než minimálně potřebné doby na přestup.

Cílem je dostat se v dopravní síti z jednotlivých bodů do co největšího počtu bodů bez větších časových ztrát vznikajících z důvodu čekání na přípoje. Tato možnost musí být dána i pro tzv. okružní jízdu zpět k výchozímu bodu tak, aby končila v časové ose pavouka jízdnicího řádu.

Z uvedených zákonitostí vyplývá, že pro konstrukci taktového jízdnicího řádu jsou nutné určité jízdnicí doby od stanice ke stanici. Proto není třeba vždy vycházet ze snahy po maximálních hodnotách traťových rychlostí, protože potřebné cestovní rychlosti nemusí být vždy minimální např. z důvodu dodržení hranového času.

4. ZNÁZORNĚNÍ ZÁVISLOSTÍ POMOCÍ TEORIE GRAFŮ

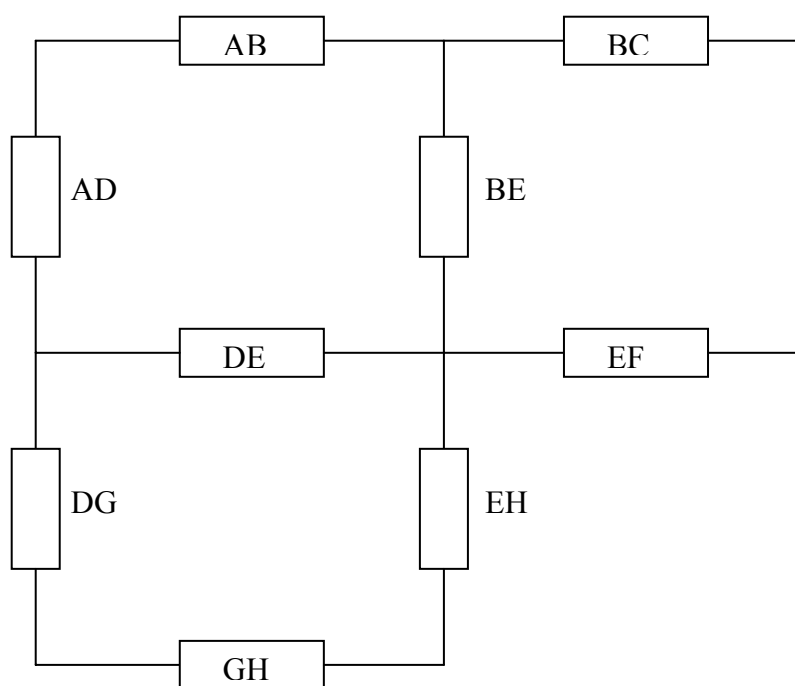
Na obrázku č. 3 je znázorněna železniční síť, přičemž uzly grafu představují stanice, hrany traťové úseky.



Obr. 3 – Graf železniční sítě

Zdroj: [1]

Pro praxi blízkému znázornění vlastností taktového dopravního systému se dá definovat dopravní řetězový graf (viz. obrázek 4). Na rozdíl od způsobu zobrazení uvedeného na obr. 3, uzly grafu reprezentují tratě od „taktového uzlu“ k „taktovému uzlu“, hrany poté přestupové možnosti v těchto uzlech.



Obr. 4 – Dopravní řetězový graf

Zdroj: [1]

Z takto zkonstruovaného grafu se určí počet kružnic, který je dán vztahem:

$$\mu = n_{\text{úseků}} - n_{\text{uzlů}} + 1 \quad [-]$$

kde: $n_{\text{úseků}}$...jednotlivé události (jízda, přestup, zastavení) [-]

$n_{\text{uzlů}}$...časové okamžiky příjezdu nebo odjezdu [-]

Termínem kružnice se rozumí neorientovaná uzavřená cesta. Uzavřená cesta je uzavřený sled, v němž se neopakují vrcholy ani hrany a počáteční a koncový bod splývají. Všechny kružnice daného grafu mohou být určeny pomocí matice sousednosti, matice cest a s nimi souvisejících algoritmů. Časové závislosti v dané kružnici jsou matematicky jednoznačně popsitelné.

Uvedených kružnic se v současné době využívá při optimalizaci jízdních řádů, především pak s využitím výpočetní techniky.

5. OPTIMALIZACE SÍŤOVĚ PODMÍNĚNÝCH ČEKACÍCH DOB

Všeobecný cíl optimalizace spočívá v tom, že všechny úsekové časy, pro které je to z dopravního a provozního hlediska možné, mají být začleněny do jízdního řádu s jejich minimálními hodnotami. Síťově podmíněné čekací doby jsou přitom definovány jako rozdíl mezi plánovanými a minimálními hodnotami jednotlivých úsekových časů.

$$t_{\text{ček},j} = t_{\text{úseku},p\ln j} - t_{\text{úseku},\min j} \quad [\text{min}]$$

kde: $t_{\text{ček},j}$...síťově provázaná čekací doba úseku j [min]

$t_{\text{úseku},p\ln j}$...hodnota jízdního řádu úsekového času úseku j [min]

$t_{\text{úseku},\min j}$...minimální hodnota (pravidelná hodnota) úsekového času úseku j [min]

Mezikrokem pro optimalizaci síťově podmíněných čekacích dob je připuštění těchto síťově podmíněných čekacích dob, a to až na všech hranách grafu. Optimalizace velikosti a rozdělení síťově podmíněných čekacích dob nastává s ohledem na co nejnižší celkové projevy v síti. Zpravidla je přitom minimalizována vážená suma všech síťově podmíněných čekacích dob. Cílová funkce má tedy tvar:

$$\sum_{\forall j} I_j \cdot t_{\text{ček},j} \rightarrow \text{minimalizována}$$

Pro každou kružnici musí být splněna rovnost kružnic. K tomu může být úsekový čas každého libovolného úseku, popř. orientovaného uzlu zatížen síťově podmíněnou čekací dobou. Pro uvedenou rovnost budeme uvažovat, že možnost síťově podmíněných čekacích dob je zohledněna jen pro úseky dopravního grafu, zejména pro zastavení a pro přestupy. Pro každou kružnici vyplývá poté rovnost kružnic, která má tvar:

$$\sum_{i=1}^p x_i \cdot t_{přep,i} + \sum_{j=1}^k y_j \cdot (t_{úseku,min,j} + t_{ček,j}) = 0 = n \cdot t_T \quad \text{pro } n \dots \text{celočíslné}$$

kde: $t_{přep,i}$ pravidelná přepravní doba pro směrový uzel i

P počet uzlů v kružnici

x_i +1, jestliže je uzel i orientován ve směru kružnice

-1, v ostatních případech

$t_{úseku,min,j}$ minimální hodnota pro úsekový čas na úseku j , např. minimální doba pobytu,
minimální doba na přestup, minimální doba obratu, minimální následné mezidobí

K počet úseků v kružnici

y_j +1, jestliže je uzel j orientován ve směru kružnice

-1, v ostatních případech

$t_{ček,j}$ síťově podmíněná čekací doba na úseku j

Pravidelné přepravní časy a minimální úsekové časy (viz. výše) vstupují do optimalizace jízdního řádu jako předem dané hodnoty – konstanty.

6. ZÁVĚR

Uvedená problematika se dá využít na železničních tratích, kde dochází vlivem křížování k co nejnižšímu počtu kolizních bodů. S tímto zjednodušujícím požadavkem bude přistoupeno i k řešení v samotné disertační práci (minimálně částečně dvoukolejné tratě) a to i za pomoci využití metod operačního výzkumu.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Lukšů, V. *Vybrané kapitoly z dopravního provozu*, Žilina: Vysoká škola dopravy a spojů v Žilině, Fakulta provázky a ekonomiky dopravy a spojov, 1999, s. 26, 28 – 31.
- [2] Píšek, Z. *Optimalizace regionální osobní dopravy ve vazbě k dálkové taktové dopravě*, Písemná zpráva k disertační práci, Pardubice: Univerzita Pardubice, 2005, s. 5, 8.
- [3] *Projekt Symetrieminute* [online].
Dostupné z: <http://de.wikipedia.org/wiki/Symmetrieminute>.