

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

33 352

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

B61C 15/12 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2019-36507**
(22) Přihlášeno: **10.08.2019**
(47) Zapsáno: **05.11.2019**

- (73) Majitel:
České vysoké učení technické v Praze, Praha 6,
Dejvice, CZ
- (72) Původce:
Ing. Miroslav Lev, Praha 4, Záběhlice, CZ
Ing. Jiří Zdeněk, CSc., Praha 5, Stodůlky, CZ
Ing. Jan Bauer, Ph.D., Čelákovice, CZ
Ing. Lubomír Koucký, Družec, CZ
prof. Ing. Jiří Pavelka, DrSc., Praha 10, Malešice,
CZ
Ing. Petr Pichlík, Mirotice, CZ
Ing. Ondřej Zoubek, Praha 4, Braník, CZ
- (74) Zástupce:
RNDr. Silvie Dokulilová, Ph.D., Bašného 279/51,
623 00 Brno, Kohoutovice

- (54) Název užitého vzoru:
**Zařízení pro provádění odhadu sklonu
adhezní charakteristiky kolejového vozidla
v pracovním bodě**

CZ 33352 U1

Zařízení pro provádění odhadu sklonu adhezní charakteristiky kolejového vozidla v pracovním bodě

5 Oblast techniky

Technické řešení se týká zařízení pro provádění odhadu sklonu adhezní charakteristiky kolejového vozidla v pracovním bodě, přičemž jde o vozidlo s elektrickým pohonem. Cílem je maximální využití adheze mezi kolem a kolejnicí během jeho provozu, přitom toto zařízení umožňuje efektivní činnost skluzové regulace nebo ochrany i při neznámých a rychle se měnících adhezních podmínkách.

Dosavadní stav techniky

15

U kolejových vozidel dochází k přenosu síly v jízdním i brzděném režimu za pomoci adheze ve stykové ploše kola a kolejnice. Adheze jakožto fyzikální veličina je závislá na mnoha okolnostech, je velmi proměnná v závislosti na chemickém složení stykové plošky, na místě, na čase a na povětrnostních podmínkách. Při překročení aktuálně maximálně přípustné adhezní síly dochází k jejímu poklesu a k roztáčení nebo brzdění poháněné nápravy, resp. kola a všech rotujících dílů mechanické části pohonu. Současně dojde ke vzniku rázů v celé vlakové soupravě.

U kolejových vozidel se od počátku používala zařízení, která měla za úkol chránit vozidlo před poškozením při výrazném překročení meze adheze, tj. aktuálně maximálně přípustné adhezní síly. Později se přidávala zařízení, která měla za úkol omezovat maximální skluz, a ještě později se začala používat zařízení, která se snaží udržovat polohu pracovního bodu ve stabilní oblasti před vrcholem meze adheze na adhezní charakteristice. Adhezní charakteristika je závislost adhezní síly na skluzu. Skluz je okamžitý rozdíl obvodové rychlosti kola a rychlosti kolejového vozidla ve stykové ploše kola kolejového vozidla s kolejnicí.

30

Dosud známé metody pro řízení skluzu kol kolejového vozidla lze rozdělit do tří skupin:

První skupinou jsou metody, které využívají přímo měřitelné veličiny pohonu kolejového vozidla, jako jsou rychlost otáčení motoru nebo poháněné nápravy nebo kola a případně zrychlení motoru nebo poháněné nápravy nebo kola. Tyto metody z těchto měřených veličin stanovují skluz poháněné nápravy nebo kola případně zrychlení poháněné nápravy nebo kola a na základě porovnání se zadanou hodnotou skluzu omezují nebo snižují moment pohonu a tím i omezují skluz poháněné nápravy nebo kola. Nevýhodou těchto metod je, že nedokáží správně stanovit okamžitou hodnotu skluzu, neboť potřebná posuvná rychlost vozidla není přesně známa, a především nelze stanovit správnou zadanou, resp. mezní hodnotu skluzu, která by odpovídala aktuálním a rychle se měnícím adhezním podmínkám.

Druhou skupinou jsou metody, které využívají další přímo měřitelné veličiny elektrického pohonu, jako jsou měřená napětí nebo proudy elektrického pohonu. Z těchto veličin již nelze přímo stanovit skluz poháněné nápravy nebo kola, ale pouze lze usuzovat na jejich skluzové chování. Tyto metody mohou také pouze omezovat skluz poháněné nápravy nebo kola. Nevýhodou těchto metod je, že měřené veličiny nemají jednoznačný vztah ke skluzu poháněné nápravy a též, jako u první skupiny, nelze správně stanovit zadanou resp. mezní hodnotu porovnávaných veličin, která by odpovídala aktuálním a rychle se měnícím adhezním podmínkám.

Třetí skupinou jsou metody, které využívají metody odhadu neměřitelných veličin na základě znalosti struktury a parametrů soustavy a měření dostupných veličin, jako jsou rychlost otáčení trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo kola, zrychlení trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo kola, dále měřená napětí nebo proudy elektrického pohonu. Je odhadována hodnota

skluzu poháněné nápravy nebo kola nebo hodnota sklonu adhezní charakteristiky. Nevýhodou těchto metod je, že do struktury soustavy je zahrnuta elektrická část pohonu, jejíž vlastnosti se mění např. podle aktuálně použité metody řízení a použité modulace a nelze tedy správně stanovit hodnotu skluzu ani zadanou, resp. mezní hodnotu skluzu.

5

Podstata technického řešení

Výše uvedené nedostatky odstraňuje zařízení pro odhad sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě, které z okamžitých hodnot momentu, resp. jiné veličiny úměrné momentu na hřídeli trakčního motoru a z okamžitých hodnot rychlosti otáčení trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo kola kolejového vozidla odhadne sklon adhezní charakteristiky v pracovním bodě bez rušivého vlivu neznámých nebo měnících se parametrů elektrické části pohonu.

15

Pohon kolejového vozidla je tvořen napájecí částí, řídicí částí a trakčním motorem, poháněnou nápravou nebo poháněným kolem. Kolejové vozidlo obsahuje snímač rychlosti otáčení trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo poháněného kola. Trakční motor je tvořen statorem a rotorem, které svým vzájemným působením vytvářejí moment ve vzduchové mezeře. Trakční motor je napájen elektrickou částí pohonu trakčního motoru. V dalším textu termínem moment rozumíme právě moment trakčního motoru ve vzduchové mezeře.

20

Podstatou předkládaného zařízení je, že v jeho druhé větvi je zapojen zdroj synchronizačního signálu a v jeho první větvi je zapojen blok vzorkovače odhadovaného momentu, jehož vstup je propojen s řídicími částmi obvodů elektrické části pohonu trakčního motoru a jehož výstup je přiveden ke vstupu bloku první pásmové propusti. Výstup bloku první pásmové propusti je připojen k prvnímu vstupu bloku prvního estimátoru, přičemž ke druhému vstupu bloku prvního estimátoru je připojen výstup zdroje synchronizačního signálu. Zařízení obsahuje také třetí větev, v níž je zapojen blok vzorkovače úhlové rychlosti otáčení, k jehož vstupu je připojen výstup snímače rychlosti otáčení trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo poháněného kola a jehož výstup je přímo nebo přes další bloky připojen ke vstupu bloku druhé pásmové propusti. Výstup bloku druhé pásmové propusti je připojen k prvnímu vstupu bloku druhého estimátoru, přičemž ke druhému vstupu bloku druhého estimátoru je připojen výstup zdroje synchronizačního signálu. Dále jsou propojeny první a třetí větev tak, že druhý výstup bloku prvního estimátoru je připojen k pozitivnímu vstupu druhého odečítacího bloku, přičemž k negativnímu vstupu tohoto druhého odečítacího bloku je připojen druhý výstup bloku druhého estimátoru, když výstup tohoto druhého odečítacího bloku je propojen s prvním vstupem bloku ověření odhadu. První výstup bloku prvního estimátoru je přitom přiveden ke vstupu bloku porovnání hodnoty odhadnutého modulu momentu, jehož výstup je přiveden k druhému vstupu bloku ověření odhadu. První výstup bloku druhého estimátoru je připojen ke vstupu bloku porovnání hodnoty modulu úhlové rychlosti otáčení, jehož výstup je přiveden ke třetímu vstupu bloku ověření odhadu, přičemž blok ověření odhadu má také výstup pro odhadovaný sklon adhezní charakteristiky v pracovním bodě nebo pro hodnotu monotónní funkce tohoto odhadovaného sklonu v pracovním bodě.

45

Je výhodné, když je blok vzorkovače úhlové rychlosti otáčení svým výstupem propojen se vstupem bloku střední hodnoty, jehož výstup je připojen k negativnímu vstupu prvního odečítacího bloku. Výstup bloku vzorkovače úhlové rychlosti otáčení je současně připojen také k pozitivnímu vstupu prvního odečítacího bloku. Výstup prvního odečítacího bloku je pak dále připojen ke vstupu bloku druhé pásmové propusti.

50

Ve výhodném provedení blok prvního estimátoru blok i druhého estimátoru obsahují stejné vnitřní zapojení.

Přitom první hlavní vstup tohoto vnitřního zapojení odpovídá prvnímu vstupu bloku prvního estimátoru nebo prvnímu vstupu bloku druhého estimátoru, druhý hlavní vstup tohoto vnitřního zapojení odpovídá druhému vstupu bloku prvního estimátoru nebo druhému vstupu bloku druhého estimátoru a první hlavní výstup tohoto vnitřního zapojení odpovídá prvnímu výstupu bloku prvního estimátoru nebo prvnímu výstupu bloku druhého estimátoru a podobně druhý hlavní výstup tohoto vnitřního zapojení odpovídá druhému výstupu bloku prvního estimátoru nebo druhému výstupu bloku druhého estimátoru.

Toto vnitřní zapojení obsahuje blok vzorků referenční funkce A, který je svým výstupem připojen k prvnímu vstupu bloku prvního kruhového zásobníku délky n , k jehož dalším třem vstupům jsou jednotlivě připojeny signály resetovací, synchronizační a taktovací, přičemž vstup, k němuž je připojen synchronizační signál, je propojen s druhým hlavním vstupem vnitřního zapojení.

Dále toto vnitřní zapojení obsahuje blok vzorků referenční funkce B, jehož výstup je připojen ke vstupu bloku druhého kruhového zásobníku délky n , k jehož dalším třem vstupům jsou jednotlivě připojeny signály resetovací, synchronizační a taktovací, přičemž vstup, k němuž je připojen synchronizační signál, je propojen s druhým hlavním vstupem vnitřního zapojení.

Vnitřní zapojení obsahuje také blok posuvného registru délky $n/2$, jehož první vstup je propojen s prvním hlavním vstupem a k jehož druhému vstupu je připojen taktovací signál a jehož výstup je připojen k negativnímu vstupu třetího odečítacího bloku, zatímco pozitivní vstup třetího odečítacího bloku je propojen s prvním hlavním vstupem.

Výstup třetího odečítacího bloku je přitom propojen s prvními vstupy dvou násobících bloků.

Druhý vstup prvního násobícího bloku je propojen s výstupem prvního kruhového zásobníku délky n , na němž je signál b_1 . Výstup prvního násobícího bloku se signálem m_1 je dále propojen s prvním vstupem bloku prvního posuvného registru délky n , k jehož dalším dvěma vstupům jsou jednotlivě přivedeny resetovací signál a taktovací signál. Výstup prvního posuvného registru délky n se signálem q_1 je propojen s negativním vstupem čtvrtého odečítacího bloku, přičemž pozitivní vstup čtvrtého odečítacího bloku je propojen s výstupem prvního násobícího bloku se signálem m_1 . Výstup čtvrtého odečítacího bloku s rozdílovým signálem c_1 je připojen k prvnímu vstupu prvního sumačního bloku, k jehož dalším vstupům dvěma vstupům jsou jednotlivě přivedeny resetovací signál a taktovací signál.

Druhý vstup druhého násobícího bloku je propojen s výstupem bloku druhého kruhového zásobníku délky n se signálem b_2 . Výstup druhého násobícího bloku se signálem m_2 je přiveden k prvnímu vstupu bloku druhého posuvného registru délky n , k jehož dalším dvěma vstupům jsou jednotlivě přivedeny resetovací signál a taktovací signál. Výstup bloku druhého posuvného registru délky n se signálem q_2 je propojen s negativním vstupem pátého odečítacího bloku, přičemž pozitivní vstup pátého odečítacího bloku je propojen s výstupem druhého násobícího bloku se signálem m_2 a výstup pátého odečítacího bloku s rozdílovým signálem c_2 je připojen k prvnímu vstupu druhého sumačního bloku. K dalším dvěma vstupům tohoto druhého sumačního bloku jsou jednotlivě přivedeny resetovací signál a taktovací signál.

Výstup se signálem s_1 prvního sumačního bloku je dále přiveden k prvnímu vstupu bloku výpočtu modulu a k prvnímu vstupu bloku výpočtu fáze.

Výstup se signálem s_2 druhého sumačního bloku je přiveden k druhému vstupu bloku výpočtu modulu a k druhému vstupu bloku výpočtu fáze.

Blok výpočtu modulu má přitom výstup, který je propojen s prvním hlavním výstupem vnitřního zapojení.

Obdobně blok výpočtu fáze má výstup, který je propojen s druhým hlavním výstupem vnitřního zapojení.

5 Objasnění výkresů

Příklad zařízení pro odhad sklonu adhezní charakteristiky kolejového vozidla v pracovním bodě je dále popsán za pomoci přiložených výkresů.

10 V obr. 1 je uvedeno celkové schéma zařízení.

V obr. 2 je uvedeno vnitřní zapojení bloku prvního nebo druhého estimátoru. Toto vnitřní zapojení je pro oba estimátory stejné.

15 V obr. 3 je uveden příklad adhezní charakteristiky kolejového vozidla.

Příklady uskutečnění technického řešení

20 Kolejové vozidlo, pro které je navrženo předkládané zařízení, má trakční motor a poháněnou nápravu nebo poháněné kolo a obsahuje snímač rychlosti otáčení trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo poháněného kola, přičemž trakční motor je napájen z elektrické části pohonu. Příklad adhezní charakteristiky takového vozidla je znázorněn v obr. 3. Jde pouze
25 o jeden z možných příkladů průběhu, skutečný tvar křivky může být v různých situacích různý, vždy se ale ve směru vodorovné osy zleva doprava vyznačuje nejprve strmějším náběhem, následně maximem a od něj následujícím pozvolným poklesem. Na vodorovné ose může být při obdobném průběhu místo skluzové rychlosti vynesena také jiná veličina odvozená od skluzové rychlosti, např. poměr skluzové rychlosti ku rychlosti vozidla. V rámci tohoto popisu i přiložených nároků používáme termíny „skluzová rychlost“ a „skluz“ jako synonyma.

30 Z rychlosti měřené snímačem rychlosti otáčení se získají okamžité hodnoty úhlové rychlosti ω otáčení, přičemž tato úhlová rychlost ω otáčení je úhlovou rychlostí otáčení trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo poháněného kola. V celé této přihlášce se termínem úhlová rychlost ω otáčení míní úhlová rychlost otáčení kteréhokoli prvku ze skupiny trakční motor, poháněná
35 náprava nebo poháněné kolo, podle toho, na kterém z těchto prvků je umístěn snímač rychlosti.

Termínem „moment“ všude v rámci této přihlášky rozumíme moment ve vzduchové mezeře trakčního motoru kolejového vozidla. Pod termíny „úměrná, úměrný, úměrné“ se v rámci celé
40 této přihlášky rozumí přímá úměrnost.

Adhezní charakteristika je definovaná jako závislost mezi skluzovou rychlostí a součinitelem tření neboli součinitelem adheze, případně pomocí jiných podobných veličin (např. adhezní síla, adhezní moment). Skluzová rychlost je definovaná jako rozdíl rychlosti obvodu kola a rychlosti
45 vozidla. Obě rychlosti jsou měřeny v místě styku kola a kolejnice. Adhezní charakteristika má tvar křivky dle obrázku 3, který je charakteristický tím, že má pouze jeden vrchol - maximum. Stabilní pracovní oblast leží mezi počátkem a vrcholem - maximem adhezní charakteristiky. Tvar adhezní charakteristiky závisí na okamžitých adhezních podmínkách tj. vlhkosti povrchu koleje, nečistotách na koleji apod. Dále je adhezní charakteristika také závislá na okamžité rychlosti vozidla. Z výše uvedeného je zřejmé, že okamžitý průběh adhezní charakteristiky nelze prakticky
50 s dostatečnou přesností předem určit.

Pro dosažení stabilní tažné síly vozidla je třeba, aby v každém okamžiku měl součinitel adheze hodnotu menší, než je maximální součinitel adheze okamžité adhezní charakteristiky a skluzová rychlost byla menší, než je skluzová rychlost pro maximální součinitel adheze okamžité adhezní

charakteristiky. Tuto podmínku lze také vyjádřit požadavkem, že sklon, tj. derivace okamžité adhezní charakteristiky musí být kladný.

Z výše uvedeného vyplývá, že okamžitý pracovní bod na okamžité adhezní charakteristice je dán velikostí okamžité skluzové rychlosti a okamžité hodnoty součinitele adheze. Společným znakem těchto pracovních bodů na různých adhezních charakteristikách je stejná hodnota sklonu, tedy jinak řečeno stejná hodnota derivace adhezní charakteristiky. Sklon nebo jinak řečeno derivaci v pracovním bodě lze odhadnout z okamžité hodnoty fázového posuvu mezi odezvou injektovaného periodického budícího signálu ΔT_{ER} v okamžité hodnotě odhadovaného momentu T_δ ve vzduchové mezeře a odezvou tohoto injektovaného periodického budícího signálu ΔT_{ER} v okamžité hodnotě úhlové rychlosti ω otáčení trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo poháněného kola. Velikost sklonu v bodě adhezní charakteristiky je úměrná vzdálenosti bodu od vrcholu - maxima adhezní charakteristiky. Tato odhadnutá hodnota sklonu je zpětnovazebním signálem pro regulátor skluзу, který v případě překročení nastavené hodnoty začne provádět regulační zásah snižováním žádané hodnoty momentu. Tím dojde k zabránění překročení vrcholu - maxima adhezní charakteristiky.

Tento princip je základem předkládaného technického řešení a bude níže popsán podrobněji. K odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě nebo k odhadu monotónní funkce tohoto odhadovaného sklonu v pracovním bodě se dle předkládaného technického řešení využívá postup zahrnující níže uvedené kroky. Přitom místo odhadovaného sklonu b_{est} adhezní charakteristiky kolejového vozidla v pracovním bodě se může ve všech provedeních tohoto technického řešení zjišťovat také veličina, která je monotónní funkcí tohoto odhadovaného sklonu v pracovním bodě. Ve specifickém případě může být uvedenou monotónní funkcí přímá úměrnost a místo odhadovaného sklonu b_{est} adhezní charakteristiky kolejového vozidla v pracovním bodě se tedy zjišťuje veličina tomuto sklonu přímo úměrná.

Celkové uspořádání zařízení pro odhad sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě je ukázáno na obr. 1.

Při odhadování sklonu adhezní charakteristiky kolejového vozidla v pracovním bodě jsou v předkládaném zařízení prováděny následující kroky:

Krok a): poskytnutí synchronizačního signálu Sync,

Krok b): poskytnutí periodického budícího signálu ΔT_{ER} pro měření přenosové funkce mechanické soustavy kolejového vozidla. Periodický budící signál má konstantní periodu, jeho časový průběh může být libovolný, ale musí splňovat podmínku nulové střední hodnoty. Periodický budící signál ΔT_{ER} se vytváří v bloku zdroje budícího signálu, který je externě přímo nebo přes další bloky připojen k popisovanému systému.

Krok c): zadání vstupního parametru T_R , kde tímto vstupním parametrem je žádaná hodnota momentu v rozmezí specifikovaném výrobcem pohonu vozidla a zadaná buď uživatelem, nebo nadřazeným systémem, nebo hodnota veličiny tomuto parametru úměrné, a injektování periodického budícího signálu ΔT_{ER} do vstupního parametru T_R . Periodický budící signál ΔT_{ER} se injektuje v bloku modifikace žádaného momentu, který je externě přímo nebo přes další bloky připojen k popisovanému systému. Injektovaný signál prochází celým sledovaným systémem a bloky 2, 7 pásmových propustí propouští tento injektovaný signál. V blocích 2, 7 pásmových propustí se odstraňují pouze nežádoucí signály, vzniklé činností elektrické části pohonu, jak bude popsáno níže.

Krok d): generování okamžitých hodnot odhadovaného momentu T_δ trakčního motoru ve vzduchové mezeře řídicími obvody elektrické části pohonu motoru. Signál odhadovaného momentu T_δ se generuje pomocí výsledků kroků b) a c) tak, že tento odhadovaný moment T_δ má stejnosměrnou složku úměrnou vstupnímu parametru T_R a střídavou složku, úměrnou

periodickému budicímu signálu ΔT_{ER} . Dále obsahuje náhodný šum a odchylky v důsledku přechodových dějů v systému.

Dále v rámci první posloupnosti e) kroků jsou zahrnuty kroky:

5

e1) krok vzorkování okamžitých hodnot odhadovaného momentu T_δ s konstantní periodou vzorkování na synchronní vzorky $T_{\delta s}$ odhadovaného momentu T_δ .

10

e2) krok jejich filtrování první pásmovou propustí, při němž je dále propouštěna pouze vyfiltrovaná složka $T_{\delta sf}$ synchronních vzorků $T_{\delta s}$ odhadovaného momentu T_δ nebo vyfiltrovaná složka hodnot od těchto vzorků odvozených s frekvencí, která je rovna frekvenci periodického budicího signálu ΔT_{ER} injektovaného do vstupního parametru T_R nebo se od ní liší maximálně o polovinu šířky propustného pásma použité první pásmové propusti,

15

e3) krok určení hodnoty odhadnutého modulu M_{Test} momentu a hodnoty odhadnutého fázového posuvu P_{Test} momentu vůči synchronizačnímu signálu Sync na základě vyfiltrované složky $T_{\delta sf}$ synchronních vzorků $T_{\delta s}$ odhadovaného momentu T_δ ve vzduchové mezeře a synchronizačního signálu Sync.

20

Přitom paralelně s první posloupností e) kroků probíhá druhá posloupnost f) kroků zahrnující:

25

f1) krok získání okamžitých hodnot úhlové rychlosti ω otáčení ze snímače rychlosti otáčení, přičemž tato úhlová rychlost ω otáčení je úhlovou rychlostí otáčení trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo poháněného kola, a vzorkování těchto okamžitých hodnot úhlové rychlosti ω otáčení s konstantní periodou vzorkování na synchronní vzorky ω_s úhlové rychlosti ω otáčení,

30

f2) krok filtrování synchronních vzorků ω_s úhlové rychlosti ω otáčení nebo hodnot od těchto vzorků odvozených druhou pásmovou propustí, při němž je dále propouštěna pouze vyfiltrovaná složka ω_{sf} synchronních vzorků ω_s úhlové rychlosti ω otáčení nebo vyfiltrovaná složka hodnot od těchto vzorků odvozených s frekvencí, která je rovna frekvenci periodického budicího signálu ΔT_{ER} injektovaného do vstupního parametru T_R nebo se od ní liší maximálně o polovinu šířky propustného pásma použité druhé pásmové propusti. Šířky propustných pásem první a druhé pásmové propusti jsou s výhodou identické.

35

f3) krok určení hodnoty odhadnutého modulu $M_{\omega est}$ úhlové rychlosti ω otáčení a odhadnutého fázového posuvu $P_{\omega est}$ úhlové rychlosti ω otáčení vůči synchronizačnímu signálu Sync na základě vyfiltrované složky ω_{sf} synchronních vzorků ω_s úhlové rychlosti ω otáčení nebo vyfiltrované složky hodnot od těchto vzorků odvozených a synchronizačního signálu Sync.

40

Konstantní perioda vzorkování v krocích e1) a f1) je v obou těchto krocích stejná a je úměrná periodě taktovacího signálu Clk s celočíselnou konstantou úměrnosti. Zároveň musí splňovat podmínku Shannon-Nyquist-Kotělnikova teorému vzhledem k periodě injektovaného periodického budicího signálu ΔT_{ER} . Taktovací signál Clk je s výhodou jednotný pro celý systém.

45

Na základě výsledků získaných v první posloupnosti e) kroků a druhé posloupnosti f) kroků je pak provedena skupina kroků se souhrnným označením g), které zahrnují:

50

g1) krok odečtení odhadnutého fázového posuvu $P_{\omega est}$ úhlové rychlosti ω otáčení, získaného v druhé posloupnosti kroků f), od odhadnutého fázového posuvu P_{Test} momentu, získaného v první posloupnosti kroků e), čímž je získán rozdíl ΔP fázových posuvů,

55

g2) krok porovnání hodnoty odhadnutého modulu M_{Test} momentu, získané v první posloupnosti kroků e), s uživatelem nebo nadřazeným systémem nastavenou mezní hodnotou modulu momentu, a pokud hodnota odhadnutého modulu M_{Test} momentu tuto mezní hodnotu modulu

momentu překročí, generování prvního signálu M_{Trdy} povolujícího zjištění odhadovaného sklonu b_{est} adhezní charakteristiky kolejového vozidla v pracovním bodě nebo zjištění veličiny, která je monotónní funkcí tohoto odhadovaného sklonu v pracovním bodě. Mezní hodnota modulu momentu je konstantní hodnota, která se typicky nastaví při uvádění do provozu. Jedná se o
 5 pojistku pro případ, že by během provozu došlo k poklesu signálu odhadnutého modulu M_{test} modulu pod nastavenou hodnotu a tím k chybné funkci zařízení. První signál M_{Trdy} je dvojúrovňový logický signál povoleno / není povoleno.

g3) krok porovnání hodnoty odhadnutého modulu M_{oest} úhlové rychlosti ω otáčení, získané
 10 v druhé posloupnosti kroků f), s uživatelem nebo nadřazeným systémem nastavenou mezní hodnotou modulu úhlové rychlosti ω otáčení a pokud hodnota odhadnutého modulu M_{oest} úhlové rychlosti ω otáčení tuto mezní hodnotu modulu úhlové rychlosti ω otáčení překročí, generování druhého signálu M_{ordy} povolujícího zjištění odhadovaného sklonu b_{est} adhezní charakteristiky kolejového vozidla v pracovním bodě nebo zjištění veličiny, která je monotónní funkcí tohoto
 15 odhadovaného sklonu v pracovním bodě. Mezní hodnota modulu úhlové rychlosti ω otáčení je konstantní hodnota, která se typicky nastaví při uvádění do provozu. Jedná se o pojistku pro případ, že by během provozu došlo k poklesu odhadnutého modulu M_{oest} úhlové rychlosti ω otáčení pod nastavenou hodnotu a tím k chybné funkci zařízení. Druhý signál M_{ordy} je dvojúrovňový logický signál povoleno/není povoleno.

g4) krok vyhodnocení aktivity signálů M_{Trdy} , M_{ordy} povolujících zjištění odhadovaného sklonu b_{est} adhezní charakteristiky kolejového vozidla v pracovním bodě nebo zjištění veličiny, která je monotónní funkcí tohoto odhadovaného sklonu v pracovním bodě, při němž se provedou tyto
 20 podkroky:

g4.1) jsou-li současně aktivní oba signály M_{Trdy} , M_{ordy} povolující zjištění odhadovaného sklonu b_{est} adhezní charakteristiky kolejového vozidla v pracovním bodě nebo zjištění veličiny, která je monotónní funkcí tohoto odhadovaného sklonu v pracovním bodě, je na výstup udávající
 25 odhadovaný sklon b_{est} adhezní charakteristiky kolejového vozidla v pracovním bodě nebo udávající hodnotu monotónní funkce tohoto odhadovaného sklonu v pracovním bodě přivedena hodnota rozdílu ΔP fázových posuvů. To, že odhadovaný sklon b_{est} adhezní charakteristiky kolejového vozidla v pracovním bodě je roven rozdílu ΔP fázových posuvů, se dá dovodit, popíšeme-li přenosový řetězec přenosu momentu systémem prostřednictvím ekvivalentní přenosové funkce. Výše uvedená rovnost plyne z průběhu této funkce.

g4.2 pokud je aktivní jen jeden ze signálů M_{Trdy} , M_{ordy} povolujících zjištění odhadovaného sklonu b_{est} adhezní charakteristiky kolejového vozidla v pracovním bodě nebo zjištění veličiny, která je monotónní funkcí tohoto odhadovaného sklonu v pracovním bodě nebo pokud není
 35 aktivní žádný z nich, je na výstup udávající odhadovaný sklon b_{est} adhezní charakteristiky v pracovním bodě nebo udávající hodnotu monotónní funkce tohoto odhadovaného sklonu v pracovním bodě přivedena konstantní přednastavená hodnota. Tato hodnota se typicky přednastaví při uvádění do provozu.

Je výhodné, když se v kroku f2) filtrování synchronních vzorků ω_s úhlové rychlosti ω otáčení
 45 nebo hodnot od těchto vzorků odvozených se použijí hodnoty odvozené od synchronních vzorků ω_s úhlové rychlosti ω otáčení, přičemž tyto hodnoty se získají provedením následujících kroků:

Krok h): generování klouzavé střední hodnoty ω_{AV} synchronních vzorků ω_s úhlové rychlosti ω otáčení, přičemž počet vzorků pro výpočet klouzavé střední hodnoty je úměrný periodě
 50 injektovaného periodického budícího signálu ΔT_{ER} .

Krok g): odečtení aktuální klouzavé střední hodnoty ω_{AV} od synchronních vzorků ω_s úhlové rychlosti ω otáčení, přičemž výsledkem této odečítací operace jsou rozdíly ω_{se} .

Tyto rozdíly ω_{se} se pak použijí jako hodnoty odvozené od synchronních vzorků ω_s úhlové rychlosti ω v kroku f2).

5 Celkové uspořádání zařízení, které je předmětem předkládaného technického řešení, je zřejmé z blokového schématu na obr. 1.

10 Zařízení pro odhad sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě má v levé části obr. 1 tři vstupy – vstup odhadovaného momentu T_δ , vstup úhlové rychlosti ω otáčení a vstup synchronizačního signálu Sync. Odhadovaný moment T_δ a úhlová rychlost ω otáčení přitom obsahují také periodické signály. Mezi místy, kde se snímá odhadovaný moment T_δ a úhlová rychlost ω otáčení, se nachází mechanická část pohonu kolejového vozidla, která svým nelineárním charakterem ovlivňuje modul a fázi periodického signálu úhlové rychlosti ω otáčení. Zařízení pro odhad sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě porovnává a vyhodnocuje vstup odhadovaného momentu T_δ , vstup úhlové rychlosti ω otáčení a vstup synchronizačního signálu Sync.

20 V horní části obr. 1 jsou pak znázorněny další dva vstupy zařízení pro odhad sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě: vstup taktovacího signálu Clk a vstup resetovacího signálu Reset.

Ze vstupů v levé části obrázku vycházejí tři větve zařízení.

V druhé větvi zařízení je zapojen zdroj synchronizačního signálu Sync.

25 V první větvi zařízení je zapojen blok 1 vzorkovače odhadovaného momentu T_δ , na jehož vstup 1.1 jsou přivedeny okamžité hodnoty odhadovaného momentu T_δ . Okamžité hodnoty odhadovaného momentu T_δ trakčního motoru ve vzduchové mezeře jsou přitom generovány řídicími obvody elektrické části pohonu motoru. Vstup 1.1 bloku 1 vzorkovače odhadovaného momentu T_δ je proto propojen s řídicími obvody elektrické části pohonu motoru. Blok 1 vzorkovače odhadovaného momentu T_δ je propojen se zdrojem taktovacího signálu Clk. V bloku 1 vzorkovače odhadovaného momentu T_δ dochází ke vzorkování přicházejících okamžitých hodnot odhadovaného momentu T_δ s konstantní periodou vzorkování na synchronní vzorky $T_{\delta s}$ odhadovaného momentu.

35 Výstup 1.2 bloku 1 vzorkovače odhadovaného momentu T_δ se synchronními vzorky $T_{\delta s}$ odhadovaného momentu T_δ je pak přiveden ke vstupu 2.1 bloku 2 první pásmové propusti. Blok 2 první pásmové propusti je propojen se zdrojem taktovacího signálu Clk s konstantním kmitočtem. V bloku 2 první pásmové propusti dochází k filtrování, při němž je dále na výstup 2.2 tohoto bloku propouštěna pouze vyfiltrovaná složka $T_{\delta sf}$ synchronních vzorků $T_{\delta s}$ odhadovaného momentu T_δ nebo vyfiltrovaná složka hodnot od těchto vzorků odhadovaného momentu odvozených s frekvencí, která je určena mimo zařízení pro odhad sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě. Tato frekvence je rovna frekvenci periodického budícího signálu ΔT_{ER} injektovaného do vstupního parametru T_R nebo se od ní liší maximálně o polovinu šířky propustného pásma použité první pásmové propusti. Hodnoty odvozené od hodnot odhadovaného momentu T_δ lze získat např. pomocí zobrazení ve formě fyzikálních jednotek nebo poměrných jednotek ve formátu reálných čísel nebo poměrných jednotek ve formátu celých čísel. Pro celá čísla lze použít různé normalizace. V každém případě mezi hodnotami odvozenými od odhadovaného momentu T_δ a odhadovaným momentem T_δ lineární úměrnost.

50 Okamžité hodnoty odhadovaného momentu T_δ ve vzduchové mezeře trakčního motoru, které se přivádí na vstup 1.1 bloku 1 vzorkovače odhadovaného momentu T_δ , se určují mimo vlastní zařízení pro odhad sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě. Mimo vlastní zařízení pro odhad sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě dojde za tímto účelem k zadání vstupního parametru T_R , kde tímto vstupním parametrem je žádaná hodnota momentu zadaná

bud' uživatelem, nebo nadřazeným systémem, nebo hodnota veličiny tomuto parametru úměrné, a injektování periodického budicího signálu ΔT_{ER} do vstupního parametru T_R . Okamžité hodnoty odhadovaného momentu T_δ jsou pak mimo vlastní zařízení pro sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě generovány řídicími obvody elektrické části pohonu motoru tak, že odhadovaný moment T_δ má stejnosměrnou složku úměrnou vstupnímu parametru T_R a střídavou složku úměrnou periodickému budicímu signálu ΔT_{ER} ,

Výstup 2.2 bloku 2 první pásmové propusti je připojen k prvnímu vstupu 3.1 bloku 3 prvního estimátoru. K druhému vstupu 3.2 bloku 3 prvního estimátoru je připojen vnější synchronizační signál Sync. V bloku 3 prvního estimátoru dojde na základě vyfiltrované složky $T_{\delta sf}$ synchronních vzorků $T_{\delta s}$ odhadovaného momentu T_δ ve vzduchové mezeře a synchronizačního signálu Sync k určení hodnoty odhadnutého modulu M_{Test} momentu, která je přivedena na první výstup 3.3 tohoto bloku, a k určení hodnoty odhadnutého fázového posuvu P_{Test} momentu vůči synchronizačnímu signálu Sync, která je přivedena na druhý výstup 3.4 tohoto bloku. Modulem M_{Test} momentu přitom rozumíme velikost vektoru tohoto momentu vybuzeného prostřednictvím injektovaného periodického budicího signálu ΔT_{ER} .

Zařízení obsahuje také třetí větev, v níž je zapojen blok 5 vzorkovače úhlové rychlosti ω otáčení a k jehož vstupu 5.1 je připojen jeden ze vstupních signálů zařízení pro odhad sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě, který je získán jako výstup snímače rychlosti ω otáčení trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo poháněného kola kolejového vozidla, přičemž tento snímač se nachází mimo vlastní zařízení pro odhad sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě. Blok 5 vzorkovače úhlové rychlosti ω otáčení je propojen se zdrojem taktovacího signálu Clk. V tomto bloku dochází ke vzorkování těchto přicházejících okamžitých hodnot úhlové rychlosti ω otáčení s konstantní periodou vzorkování na synchronní vzorky ω_s úhlové rychlosti ω otáčení.

Výstup 5.2 bloku 5 vzorkovače úhlové rychlosti ω otáčení se synchronními vzorky ω_s úhlové rychlosti ω otáčení je přímo nebo přes další bloky připojen ke vstupu 7.1 bloku 7 druhé pásmové propusti, který je propojen se zdrojem taktovacího signálu Clk. Zde dochází k filtrování synchronních vzorků ω_s úhlové rychlosti ω otáčení nebo hodnot od těchto vzorků odvozených druhou pásmovou propustí, při němž je dále na výstup 7.2 bloku 7 druhé pásmové propusti propuštěna pouze vyfiltrovaná složka ω_{sef} synchronních vzorků ω_s úhlové rychlosti ω otáčení nebo vyfiltrovaná složka hodnot od těchto vzorků odvozených s frekvencí, která je určena mimo zařízení pro odhad sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě. Tato frekvence je typicky rovna frekvenci periodického budicího signálu ΔT_{ER} injektovaného do vstupního parametru T_R nebo se od ní liší maximálně o polovinu šířky propustného pásma použité druhé pásmové propusti. Přitom v rámci této přihlášky se pod úhlovou rychlostí ω otáčení, která se přivádí na jeden ze vstupů zařízení pro odhad sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě, konkrétně na vstup 5.1 bloku 5 vzorkovače úhlové rychlosti ω otáčení, rozumí hodnota úhlové rychlosti trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo poháněného kola, která je úměrná aktuální rychlosti trakčního vozidla, která je měřena snímačem rychlosti otáčení umístěným na trakčním motoru, poháněné nápravě nebo poháněném kole. Snímání úhlové rychlosti ω otáčení tedy probíhá mimo vlastní zařízení pro odhad sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě. Zmíněný snímač rychlosti otáčení měří jedinou skutečnou úhlovou rychlost ω , která je v čase ovlivněna vlastnostmi mechanické soustavy. Pokud odhadovaný moment T_δ na vstupu mechanické soustavy kolejového vozidla obsahuje injektovaný periodický budicí signál ΔT_{ER} , potom se tento periodický signál, ovlivněný vlastnostmi mechanické soustavy, objeví i v měřené úhlové rychlosti ω otáčení. Úhlová rychlost ω otáčení je tedy veličina, která může obsahovat několik složek. V případě, že je využito injektování periodického budicího signálu ΔT_{ER} do vstupního parametru T_R , jak bylo popsáno výše, obsahuje úhlová rychlost ω otáčení také složku úměrnou hodnotě injektovaného periodického budicího signálu ΔT_{ER} a zohledňující aktuální podmínky v kontaktní ploše kolo-kolejnice. Injektáž periodického budicího signálu ΔT_{ER} se provádí mimo zařízení pro odhad sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě.

Výstup 7.2 bloku 7 druhé pásmové propusti je připojen k prvnímu vstupu 8.1 bloku 8 druhého estimátoru. Ke druhému vstupu 8.2 bloku 8 druhého estimátoru je připojen výstup zdroje synchronizačního signálu Sync. Na základě vyfiltrované složky ω_{sef} synchronních vzorků ω_s úhlové rychlosti ω otáčení nebo vyfiltrované složky hodnot od těchto vzorků odvozených a synchronizačního signálu Sync se v bloku 8 druhého estimátoru provede určení hodnoty odhadnutého modulu M_{oest} úhlové rychlosti ω otáčení, která je přivedena na první výstup 8.3 tohoto bloku, a odhadnutého fázového posuvu P_{oest} úhlové rychlosti ω otáčení, která je přivedena na druhý výstup 8.4 tohoto bloku, vůči synchronizačnímu signálu Sync. Modulem M_{oest} úhlové rychlosti ω otáčení rozumíme velikost amplitudy této úhlové rychlosti ω otáčení, vybuze-
 10 prostřednictvím injektovaného periodického budícího signálu ΔT_{ER} .

Bloky 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 pracují synchronně, a proto mají přiveden stejný taktovací signál Clk. Bloky 3 a 8 jsou uváděny do počátečního stavu resetovacím signálem Reset. Resetovací signál
 15 Reset je aktivní pouze při inicializaci systému do počátečního definovaného stavu, např. při startu.

Za bloky estimátorů 3 a 8 jsou propojeny první a třetí větve celého zapojení tak, že druhý výstup 3.4 bloku 3 prvního estimátoru s odhadnutým fázovým posuvem P_{Test} momentu je připojen
 20 k pozitivnímu vstupu druhého odečítacího bloku O2, přičemž k negativnímu vstupu tohoto druhého odečítacího bloku O2 je připojen druhý výstup 8.4 bloku 8 druhého estimátoru s odhadnutým fázovým posuvem P_{oest} úhlové rychlosti ω otáčení. V druhém odečítacím bloku O2 tedy dojde k odečtení odhadnutého fázového posuvu P_{oest} úhlové rychlosti ω otáčení od odhadnutého fázového posuvu P_{Test} momentu, přičemž oba tyto fázové posuny jsou určeny vůči
 25 synchronizačnímu signálu Sync, čímž je získán rozdíl ΔP fázových posuvů na výstupu druhého odečítacího bloku O2.

Výstup tohoto druhého odečítacího bloku O2 je dále propojen s prvním vstupem 10.1 bloku 10 ověření odhadu.

První výstup 3.3 bloku 3 prvního estimátoru s hodnotou odhadnutého modulu M_{Test} momentu je přiveden ke vstupu 4.1 bloku 4 porovnání hodnoty odhadnutého modulu M_{Test} momentu, kde se provede porovnání hodnoty odhadnutého modulu M_{Test} momentu s uživatelem nebo nadřazeným systémem nastavenou mezní hodnotou modulu momentu, a pokud hodnota odhadnutého modulu
 35 M_{Test} momentu tuto mezní hodnotu překročí, dojde na výstupu 4.2 bloku 4 ke generování prvního logického signálu M_{Trdy} povolujícího zjištění odhadovaného sklonu b_{est} adhezní charakteristiky kolejového vozidla v pracovním bodě nebo zjištění veličiny, která je monotónní funkcí tohoto odhadovaného sklonu v pracovním bodě.

Výstup 4.2 bloku 4 porovnání hodnoty odhadnutého modulu M_{Test} momentu, na který může být přiveden první signál M_{Trdy} , je přiveden k druhému vstupu 10.2 bloku 10 ověření odhadu.

Analogicky je první výstup 8.3 bloku 8 druhého estimátoru nesoucí hodnotu odhadnutého modulu M_{oest} úhlové rychlosti ω otáčení připojen ke vstupu 9.1 bloku 9 porovnání hodnoty
 45 modulu M_{oest} úhlové rychlosti ω otáčení, kde se provede porovnání hodnoty odhadnutého modulu M_{oest} úhlové rychlosti ω otáčení s uživatelem nebo nadřazeným systémem nastavenou mezní hodnotou modulu úhlové rychlosti, a pokud hodnota odhadnutého modulu M_{oest} úhlové rychlosti ω otáčení tuto mezní hodnotu překročí, dojde na výstupu 9.2 bloku 9 ke generování druhého logického signálu M_{ordy} povolujícího zjištění odhadovaného sklonu b_{est} adhezní charakteristiky
 50 kolejového vozidla v pracovním bodě nebo zjištění veličiny, která je monotónní funkcí tohoto odhadovaného sklonu v pracovním bodě.

Výstup 9.2 bloku 9 porovnání hodnoty modulu M_{oest} úhlové rychlosti ω otáčení, na nějž může být přiveden druhý signál M_{ordy} , je přiveden ke třetímu vstupu 10.3 bloku 10 ověření odhadu.

Tento blok 10 ověření odhadu má také výstup 10.4 pro odhadovaný sklon b_{est} adhezní charakteristiky v pracovním bodě nebo pro hodnotu monotónní funkce tohoto odhadovaného sklonu v pracovním bodě, který je současně hlavním výstupem celého zařízení. V bloku 10 ověření odhadu se provádí vyhodnocení aktivity signálů M_{Trdy} , M_{ordy} . Jsou-li současně aktivní oba signály M_{Trdy} , M_{ordy} povolující zjištění odhadovaného sklonu b_{est} adhezní charakteristiky kolejového vozidla v pracovním bodě nebo zjištění veličiny, která je monotónní funkcí tohoto odhadovaného sklonu v pracovním bodě, je na výstup udávající odhadovaný sklon b_{est} adhezní charakteristiky kolejového vozidla v pracovním bodě nebo udávající hodnotu monotónní funkce tohoto odhadovaného sklonu v pracovním bodě přivedena hodnota rozdílu ΔP fázových posuvů zjištěná v druhém odečítacím bloku O2. Pokud je aktivní jen jeden ze signálů M_{Trdy} , M_{ordy} nebo není aktivní žádný z nich, je na výstup udávající odhadovaný sklon b_{est} adhezní charakteristiky v pracovním bodě nebo udávající hodnotu monotónní funkce tohoto odhadovaného sklonu v pracovním bodě přivedena konstantní přednastavená hodnota.

Ve výhodném provedení je mezi bloky 5 a 7 vloženo zapojení pro určení střední hodnoty. V tomto případě je blok 5 vzorkovače úhlové rychlosti ω otáčení svým výstupem 5.2 propojen s vstupem 6.1 bloku 6 střední hodnoty. V bloku 6 střední hodnoty se generuje klouzavá střední hodnota ω_{AV} synchronních vzorků ω_s úhlové rychlosti, která je přivedena na výstup 6.2 bloku střední hodnoty, jenž je připojen k negativnímu vstupu prvního odečítacího bloku. K pozitivnímu vstupu prvního odečítacího bloku O1 je přiveden výstup 5.2 bloku 5 vzorkovače úhlové rychlosti ω otáčení, přičemž na tomto výstupu 5.2 jsou synchronní vzorky ω_s úhlové rychlosti. V prvním odečítacím bloku O1 pak dojde odečtení této klouzavé střední hodnoty ω_{AV} od synchronních vzorků ω_s úhlové rychlosti ω otáčení, přičemž výsledkem této odečítací operace jsou rozdíly ω_{se} . Tyto rozdíly ω_{se} se použijí jako hodnoty odvozené od synchronních vzorků ω_s úhlové rychlosti ω . Výstup prvního odečítacího bloku O1 nesoucí rozdíly ω_{se} je připojen ke vstupu 7.1 bloku 7 druhé pásmové propusti.

Pro větší jasnost ještě uvádíme přehled funkcí jednotlivých bloků zařízení a podrobnosti k vnitřnímu zapojení estimátorů 3 a 8:

Blok 1 vzorkovače odhadovaného momentu T_δ je ve výhodném provedení realizován v digitální podobě a vzorkuje s konstantní periodou vzorkování přicházející okamžité hodnoty odhadovaného momentu T_δ a generuje synchronní vzorky momentu $T_{\delta s}$. Podobně 5 vzorkovače úhlové rychlosti ω otáčení vzorkuje s konstantní periodou vzorkování přicházející okamžité hodnoty úhlové rychlosti ω a generuje synchronní vzorky úhlové rychlosti ω_s .

Blok 2 první pásmové propusti je ve výhodném provedení realizován v digitální podobě jako filtr vyššího řádu, jehož úkolem je odfiltrovat ze synchronních vzorků $T_{\delta s}$ momentu všechny rušivé složky a propustit pouze složku kolem frekvence periodického budícího signálu ΔT_{ER} injektovaného do vstupního parametru T_R . Podobně Blok 7 druhé pásmové propusti je realizován jako filtr vyššího řádu, jehož úkolem je odfiltrovat ze synchronních vzorků ω_s úhlové rychlosti nebo z hodnot od těchto vzorků odvozených všechny rušivé složky a propustit pouze složku kolem frekvence periodického budícího signálu ΔT_{ER} injektovaného do vstupního parametru T_R .

Blok 3 prvního estimátoru je ve výhodném provedení realizován v digitální podobě a na základě vstupního signálu, kterým je vyfiltrovaná složka $T_{\delta sf}$ synchronních vzorků $T_{\delta s}$ odhadovaného momentu T_δ nebo vyfiltrovaná složka hodnot od těchto vzorků odvozených, a synchronizačního signálu Sync generuje odhadnutý modul M_{Test} momentu a fázový posuv P_{Test} momentu vůči synchronizačnímu signálu Sync. Podobně blok 8 druhého estimátoru je ve výhodném provedení realizován v digitální podobě a na základě vstupního signálu, kterým je vyfiltrovaná složka ω_{sef} synchronních vzorků ω_s úhlové rychlosti ω otáčení nebo vyfiltrovaná složka hodnot od těchto vzorků odvozených, a synchronizačního signálu Sync generuje odhadnutý modul $M_{\omega est}$ úhlové

rychlosti ω otáčení a fázový posuv P_{cest} úhlové rychlosti ω otáčení vůči synchronizačnímu signálu Sync.

5 Vnitřní blokové schéma i vnitřní zapojení bloku 3 prvního estimátoru a bloku 8 druhého estimátoru je shodné a je nakresleno na obr. 2.

Pokud jde o blok 3 prvního estimátoru, první hlavní vstup x.1 vnitřního zapojení podle obr. 2 odpovídá prvnímu vstupu 3.1 bloku 3 prvního estimátoru s vyfiltrovanou složkou T_{osf} synchronních vzorků T_{ds} odhadovaného momentu T_{d} nebo vyfiltrovanou složkou hodnot od těchto vzorků odvozených. Pokud jde o blok 8 druhého estimátoru, první hlavní vstup x.1 vnitřního zapojení podle obr. 2 odpovídá prvnímu vstupu 8.1 bloku 8 druhého estimátoru s vyfiltrovanou složkou ω_{sef} synchronních vzorků ω_s úhlové rychlosti ω otáčení nebo vyfiltrovanou složkou hodnot od těchto vzorků odvozených. Podobně v obr. 2 druhý hlavní vstup x.2 vnitřního zapojení, k němuž je připojen synchronizační signál Sync, odpovídá druhému vstupu 3.2 bloku 3 prvního estimátoru nebo druhému vstupu 8.2 bloku 8 druhého estimátoru. První hlavní výstup x.3 vnitřního zapojení v obr. 2 odpovídá prvnímu výstupu 3.3 bloku 3 prvního estimátoru nebo prvnímu výstupu 8.3 bloku 8 druhého estimátoru v obr. 1. A konečně, podobně druhý hlavní výstup x.4 vnitřního zapojení dle obr. 2 odpovídá druhému výstupu 3.4 bloku 3 prvního estimátoru nebo druhému výstupu 8.4 bloku 8 druhého estimátoru.

20 Toto vnitřní zapojení obsahuje blok 101 vzorků referenční funkce A, který je svým výstupem 101.1 připojen k prvnímu vstupu 103.1 bloku 103 prvního kruhového zásobníku délky n , k jehož dalším vstupům 103.2, 103.3 a 103.4 jsou v tomto pořadí připojeny signály resetovací Reset, synchronizační Sync a taktovací signál Clk, přičemž vstup 103.3 je propojen s druhým hlavním vstupem x.2. Referenční funkci A definuje uživatel a funkce musí splňovat následující podmínky: musí se jednat o periodickou funkci, střední hodnota této funkce musí být nulová.

Dále toto vnitřní zapojení obsahuje blok 102 vzorků referenční funkce B, jehož výstup 102.1 je připojen ke vstupu 104.1 bloku 104 druhého kruhového zásobníku stejné délky n , jako má blok 103 prvního kruhového zásobníku. K dalším vstupům 104.2, 104.3 a 104.4 bloku 104 druhého kruhového zásobníku jsou v tomto pořadí připojeny signály resetovací Reset, synchronizační Sync a taktovací signál Clk, přičemž vstup 104.3 je propojen s druhým hlavním vstupem x.2 vnitřního zapojení. Referenční funkci B definuje uživatel a funkce musí splňovat následující podmínky: musí se jednat o periodickou funkci, střední hodnota této funkce musí být nulová.

35 Vnitřní zapojení obsahuje také blok 105 posuvného registru délky $n/2$, jehož první vstup 105.1 je propojen s prvním hlavním vstupem x.1 a k jehož druhému vstupu 105.2 je připojen taktovací signál Clk a jehož výstup 105.3 se signálem y je připojen k negativnímu vstupu třetího odečítacího bloku O3, zatímco pozitivní vstup třetího odečítacího bloku O3 je propojen s prvním hlavním vstupem x.1 vnitřního zapojení. Výstup třetího odečítacího bloku O3 je pak propojen s prvními vstupy dvou násobících bloků N1, N2.

Všechny posuvné registry fungují obvyklým způsobem, obsahují posloupnost hodnot uložených v paměti a při každém taktu se časově nejnovější hodnota na vstupu posuvného registru do paměti uloží a časově nejstarší hodnota v paměti se přesune na výstup posuvného registru. Počet těchto uložených hodnot v posuvném registru odpovídá délce registru.

50 První násobící blok N1 má také druhý vstup, který je propojen s výstupem 103.5 se signálem b1 bloku 103 prvního kruhového zásobníku délky n . Výstup prvního násobícího bloku N1 se signálem m1 je propojen s prvním vstupem 106.1 bloku 106 prvního posuvného registru délky n , k jehož dalším vstupům 106.2 a 106.3 jsou v tomto pořadí přivedeny signály Reset a taktovací signál Clk, a jehož výstup 106.4 se signálem q1 je propojen s negativním vstupem čtvrtého odečítacího bloku O4. Pozitivní vstup čtvrtého odečítacího bloku O4 je přitom propojen s výstupem prvního násobícího bloku N1 se signálem m1 a výstup čtvrtého odečítacího bloku O4 s rozdílovým signálem c1=m1-q1 je připojen k prvnímu vstupu 108.1 prvního sumačního bloku

108. K dalším vstupům 108.2 a 108.3 tohoto prvního sumačního bloku 108 jsou v tomto pořadí přivedeny resetovací signál Reset a taktovací signál Clk.

Druhý násobící blok N2 má také druhý vstup, který je propojen s výstupem 104.5 se signálem b2 bloku 104 druhého kruhového zásobníku délky n. Výstup druhého násobícího bloku N2 se signálem m2 je přiveden k prvnímu vstupu 107.1 bloku 107 druhého posuvného registru délky n, k jehož dalším vstupům 107.2 a 107.3 jsou v tomto pořadí přivedeny resetovací signál Reset a taktovací signál Clk a jehož výstup 107.4 se signálem q2 je propojen s negativním vstupem pátého odečítacího bloku. Pozitivní vstup pátého odečítacího bloku O5 je přitom propojen s výstupem druhého násobícího N2 bloku se signálem m2 a výstup pátého odečítacího bloku O5 s rozdílovým signálem $c2 = m2 - q2$ je připojen k prvnímu vstupu 109.1 druhého sumačního bloku 109. K dalším vstupům 109.2 a 109.3 tohoto prvního sumačního bloku 109 jsou v tomto pořadí přivedeny resetovací signál Reset a taktovací signál Clk.

Výstup 108.4 se signálem s1 prvního sumačního bloku 108 je přiveden k prvnímu vstupu 110.1 bloku 110 výpočtu modulu a k prvnímu vstupu 111.1 bloku 111 výpočtu fáze. První sumační blok 108 funguje způsobem v oboru známým, tzn. v každém taktu Clk připočte časově nejnovější hodnotu na vstupu k hodnotě předchozího součtu uložené v paměti a tento nový součet se objeví na výstupu prvního sumačního bloku 108.

Přitom v případě, že jde o vnitřní zapojení prvního estimátoru 3, se v bloku 110 výpočtu modulu provede výpočet odhadnutého modulu M_{Test} momentu a v bloku 111 výpočtu fáze se provede výpočet hodnoty odhadnutého fázového posuvu P_{Test} momentu vůči synchronizačnímu signálu Sync. V případě, že jde o vnitřní zapojení druhého estimátoru 8, se v bloku 110 výpočtu modulu provede výpočet hodnoty odhadnutého modulu M_{oest} úhlové rychlosti ω otáčení a v bloku 111 výpočtu fáze se provede výpočet odhadnutého fázového posuvu P_{oest} úhlové rychlosti ω otáčení vůči synchronizačnímu signálu Sync.

Výstup 109.4 se signálem s2 druhého sumačního bloku 109 je přiveden k druhému vstupu 110.2 bloku 110 výpočtu modulu a k druhému vstupu 111.2 bloku 111 výpočtu fáze. Druhý sumační blok 109 funguje opět způsobem v oboru známým, tzn. v každém taktu Clk připočte časově nejnovější hodnotu na vstupu k hodnotě předchozího součtu uložené v paměti a tento nový součet se objeví na výstupu prvního sumačního bloku 108.

Blok 110 výpočtu modulu má výstup 110.3, který je propojen s prvním hlavním výstupem x.3, na kterém je v případě, že jde o blok 3 prvního estimátoru, hodnota odhadnutého modulu M_{Test} momentu, a v případě, že jde o blok 8 druhého estimátoru, hodnota odhadnutého modulu M_{oest} úhlové rychlosti ω otáčení.

Blok 111 výpočtu fáze má výstup 111.3, který je propojen s druhým hlavním výstupem x.4, na kterém je v případě, že jde o blok 3 prvního estimátoru, hodnota odhadnutého fázového posuvu P_{Test} momentu vůči synchronizačnímu signálu Sync, a v případě, že jde o blok 8 druhého estimátoru, hodnota odhadnutého fázového posuvu P_{oest} úhlové rychlosti ω otáčení vůči synchronizačnímu signálu Sync.

Číselné hodnoty vzorků referenční funkce A v počtu n vzorků jsou pevně uloženy v bloku 101 vzorků referenční funkce A. Podobně číselné hodnoty vzorků referenční funkce B ve stejném počtu n vzorků jsou pevně uloženy v bloku 102 vzorků referenční funkce B. Na resetovací signál Reset, přivedený na vstup 103.2 bloku prvního kruhového zásobníku délky n, jsou hodnoty z bloku 101 vzorků referenční funkce A přeneseny do bloku 103 prvního kruhového zásobníku délky n přes jeho vstup 103.1. Podobně na resetovací signál Reset, přivedený na vstup 104.2 bloku druhého kruhového zásobníku délky n jsou hodnoty z bloku 102 vzorků referenční funkce B přeneseny do bloku 104 druhého kruhového zásobníku délky n přes jeho vstup 104.1. Vstupní signál x, přivedený na první hlavní vstup x.1 vnitřního zapojení bloku 3 prvního estimátoru nebo bloku 8 druhého estimátoru, je přiveden ke vstupu 105.1 bloku 105 posuvného registru délky n/2,

jehož výstupní signál y je ve třetím odčítacím bloku $O3$ odečten od vstupního signálu x , odečtený signál z je přiveden ke dvěma násobícím blokům $N1$, $N2$. V prvním násobícím bloku $N1$ je signál vynásoben výstupním signálem $b1$ bloku 103 prvního kruhového zásobníku délky n , součin $m1$ je přiveden ke vstupu 106.1 bloku 106 prvního posuvného registru délky n , jehož dalšími vstupy jsou resetovací signál $Reset$, přivedený na vstup 106.2 a taktovací signál Clk , přivedený na vstup 106.3 . Výstupní signál $q1$ bloku 106 prvního posuvného registru délky n je ve čtvrtém odčítacím bloku $O4$ odečten od vstupního signálu $m1$, rozdílový signál $c1$ je přiveden ke vstupu 108.1 prvního sumačního bloku 108 , k jehož dalšímu vstupu 108.2 je přiveden resetovací signál $Reset$ a k jehož vstupu 108.3 je přiveden taktovací signál Clk . V druhém násobícím bloku $N2$ je vynásoben signál z s výstupním signálem $b2$ bloku 104 druhého kruhového zásobníku délky n a součin $m2$ je přiveden ke vstupu 107.1 bloku 107 druhého posuvného registru délky n , k jehož dalšímu vstupu 107.2 je přiveden resetovací signál $Reset$ a k jehož vstupu 107.3 je přiveden taktovací signál Clk . Výstupní signál $q2$ bloku 107 druhého posuvného registru délky n je v pátém odčítacím bloku $O5$ odečten od vstupního signálu $m2$, rozdílový signál $c2$ je přiveden ke vstupu 109.1 druhého sumačního bloku 109 , k jehož dalšímu vstupu 109.2 je přiveden resetovací signál $Reset$ a k jehož vstupu 109.3 je přiveden taktovací signál Clk . Výstupní signál $s1$ prvního sumačního bloku 108 je přiveden ke vstupu 110.1 bloku 110 -výpočtu modulu a ke vstupu 111.1 bloku 111 výpočtu fáze. Výstupní signál $s2$ druhého sumačního bloku 109 je přiveden ke vstupu 110.2 bloku 110 výpočtu modulu a ke vstupu 111.2 bloku 111 výpočtu fáze. Blok 110 výpočtu modulu generuje první výstupní signál připojený k prvnímu hlavnímu výstupu $x.3$ vnitřního zapojení bloku prvního estimátoru 3 nebo vnitřního zapojení bloku druhého estimátoru 8 . Jde-li o blok prvního estimátoru 3 , je na prvním hlavním výstupu $x.3$ signál M_{Test} , tj. odhadnutý modul momentu. Jde-li o blok druhého estimátoru 8 , je na prvním hlavním výstupu $x.3$ signál M_{oest} , tj. odhadnutý modul úhlové rychlosti ω otáčení.

Blok 111 výpočtu fáze generuje druhý výstupní signál, připojený k druhému hlavnímu výstupu $x.4$ vnitřního zapojení bloku prvního estimátoru 3 nebo vnitřního zapojení bloku druhého estimátoru 8 . Jde-li o blok prvního estimátoru 3 , je signál P_{Test} druhým hlavním výstupem $x.4$, tj. odhadnutý fázový posuv momentu vůči synchronizačnímu signálu $Sync$. Jde-li o blok druhého estimátoru 8 , je signál P_{oest} druhým hlavním výstupem $x.4$, tj. odhadnutý fázový posuv úhlové rychlosti ω otáčení vůči synchronizačnímu signálu $Sync$.

Blok 6 střední hodnoty je ve výhodném provedení realizován v digitální podobě a generuje aktuální klouzavou střední hodnotu ω_{AV} synchronních vzorků ω_s úhlové rychlosti z n vzorků a slouží pro snížení vlivu změny střední hodnoty úhlové rychlosti ω otáčení na funkci bloku 8 druhého estimátoru.

První odčítací blok $O1$ je realizován v digitální podobě, od synchronních vzorků ω_s úhlové rychlosti ω otáčení na pozitivním vstupu odečítá aktuální klouzavou střední hodnotu ω_{AV} od synchronních vzorků ω_s úhlové rychlosti ω otáčení na negativním vstupu a vypočtené rozdíly ω_{se} jsou na výstupu prvního odečítacího bloku $O1$.

Blok 4 porovnání hodnoty modulu M_{Test} momentu je ve výhodném provedení realizován v digitální podobě jako komparátor, který pokud hodnota odhadnutého modulu momentu M_{Test} překročí mezní hodnotu modulu momentu nastavenou v tomto bloku, generuje první signál M_{Trdy} povolující zjištění odhadovaného sklonu b_{est} adhezní charakteristiky kolejového vozidla v pracovním bodě nebo zjištění veličiny, která je monotónní funkcí tohoto odhadovaného sklonu v pracovním bodě. Podobně blok 9 porovnání hodnoty modulu M_{oest} úhlové rychlosti ω otáčení je realizován jako komparátor, který pokud hodnota odhadnutého modulu M_{oest} úhlové rychlosti ω otáčení překročí mezní hodnotu modulu úhlové rychlosti nastavenou v tomto bloku, generuje druhý signál M_{ordy} povolující zjištění odhadovaného sklonu b_{est} adhezní charakteristiky kolejového vozidla v pracovním bodě nebo zjištění veličiny, která je monotónní funkcí tohoto odhadovaného sklonu v pracovním bodě.

Druhý odečítací blok O2 je realizován v digitální podobě. Od odhadnutého fázového posuvu P_{Test} momentu vůči synchronizačnímu signálu Sync odečítá odhadnutý fázový posuv P_{oest} úhlové rychlosti ω otáčení vůči synchronizačnímu signálu Sync a generuje rozdíl ΔP fázových posuvů.

5

Blok 10 ověření odhadu je ve výhodném provedení realizován v digitální podobě a propouští na svůj výstup 10.4 se signálem b_{est} rozdíl ΔP fázových posuvů ze svého vstupu 10.1 v případě, že oba povolovací signály M_{Trdy} na druhém vstupu 10.2 a M_{ordy} na třetím vstupu 10.3 bloku 10 ověření odhadu jsou aktivní. V opačném případě je na výstupu b_{est} konstantní hodnota, která je v bloku 10 ověření odhadu přednastavena.

10

Průmyslová využitelnost

15

Výše popsané zařízení lze využít při řízení skluzu resp. smyku ve všech kolejových vozidlech s pohonem elektrickým motorem a s měřením otáčivé rychlosti trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo kola.

20

NÁROKY NA OCHRANU

1. Zařízení pro provádění odhadu sklonu adhezní charakteristiky kolejového vozidla v pracovním bodě, kde toto kolejové vozidlo má trakční motor a poháněnou nápravu nebo poháněné kolo a obsahuje snímač rychlosti (ω) otáčení trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo poháněného kola, přičemž trakční motor je napájen z elektrické části pohonu trakčního motoru a termínem moment je rozuměn moment ve vzduchové mezeře trakčního motoru, **vyznačující se tím**, že v jeho druhé větvi je zapojen zdroj synchronizačního signálu (Sync) a že v jeho první větvi je zapojen blok (1) vzorkovače odhadovaného momentu (T_θ), jehož vstup (1.1) je propojen s řídicími obvody elektrické části pohonu trakčního motoru a jehož výstup (1.2) je přiveden ke vstupu (2.1) bloku (2) první pásmové propusti, jehož výstup (2.2) je připojen k prvnímu vstupu (3.1) bloku (3) prvního estimátoru, přičemž ke druhému vstupu (3.2) bloku (3) prvního estimátoru je připojen výstup zdroje synchronizačního signálu (Sync), přičemž zařízení obsahuje také třetí větev, v níž je zapojen blok (5) vzorkovače úhlové rychlosti (ω) otáčení, k jehož vstupu (5.1) je připojen výstup snímače rychlosti (ω) otáčení trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo poháněného kola a jehož výstup (5.2) je propojen se vstupem (7.1) bloku (7) druhé pásmové propusti, jehož výstup (7.2) je připojen k prvnímu vstupu (8.1) bloku (8) druhého estimátoru, přičemž ke druhému vstupu (8.2) bloku (8) druhého estimátoru je připojen výstup zdroje synchronizačního signálu (Sync), když k bloku (1) vzorkovače odhadovaného momentu, k bloku (5) vzorkovače úhlové rychlosti, k bloku (2) první pásmové propusti, k bloku (7) druhé pásmové propusti, k bloku (3) prvního estimátoru i k bloku (8) druhého estimátoru je připojen taktovací signál (Clk), a dále jsou propojeny první a třetí větev tak, že druhý výstup (3.4) bloku (3) prvního estimátoru je připojen k pozitivnímu vstupu druhého odečítacího bloku (O2), přičemž k negativnímu vstupu tohoto druhého odečítacího bloku (O2) je připojen druhý výstup (8.4) bloku (8) druhého estimátoru, když výstup tohoto druhého odečítacího bloku (O2) je propojen s prvním vstupem (10.1) bloku (10) ověření odhadu a tak, že první výstup (3.3) bloku (3) prvního estimátoru je přiveden ke vstupu (4.1) bloku (4) porovnání hodnoty modulu (M_{Test}) momentu, jehož výstup (4.2) je přiveden k druhému vstupu (10.2) bloku (10) ověření odhadu a že a první výstup (8.3) bloku (8) druhého estimátoru je připojen ke vstupu (9.1) bloku (9) porovnání hodnoty modulu (M_{oest}) úhlové rychlosti (ω) otáčení, jehož výstup (9.2) je přiveden ke třetímu vstupu (10.3) bloku (10) ověření odhadu, přičemž blok (10) ověření odhadu má také výstup

50

(10.4) pro odhadovaný sklon (b_{est}) adhezní charakteristiky v pracovním bodě nebo pro hodnotu monotónní funkce tohoto odhadovaného sklonu v pracovním bodě.

2. Zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že blok (5) vzorkovače úhlové rychlosti (ω) otáčení je svým výstupem (5.2) propojen s vstupem (6.1) bloku (6) střední hodnoty, jehož výstup (6.2) je připojen k negativnímu vstupu prvního odečítacího bloku, přičemž k pozitivnímu vstupu prvního odečítacího bloku (O1) je přiveden výstup (5.2) bloku (5) vzorkovače úhlové rychlosti (ω) otáčení a výstup prvního odečítacího bloku (O1) je připojen ke vstupu (7.1) bloku (7) druhé pásmové propusti.
3. Zařízení podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že blok (3) prvního estimátoru i blok (8) druhého estimátoru obsahují stejné vnitřní zapojení, přičemž:
- první hlavní vstup (x.1) tohoto vnitřního zapojení odpovídá prvnímu vstupu (3.1) bloku (3) prvního estimátoru nebo prvnímu vstupu (8.1) bloku (8) druhého estimátoru, druhý hlavní vstup (x.2) tohoto vnitřního zapojení odpovídá druhému vstupu (3.2) bloku (3) prvního estimátoru nebo druhému vstupu (8.2) bloku (8) druhého estimátoru a první hlavní výstup (x.3) tohoto vnitřního zapojení odpovídá prvnímu výstupu (3.3) bloku (3) prvního estimátoru nebo prvnímu výstupu (8.3) bloku (8) druhého estimátoru a podobně druhý hlavní výstup (x.4) tohoto vnitřního zapojení odpovídá druhému výstupu (3.4) bloku (3) prvního estimátoru nebo druhému výstupu (8.4) bloku (8) druhého estimátoru
 - toto vnitřní zapojení obsahuje blok (101) vzorků referenční funkce A, který je svým výstupem (101.1) připojen k prvnímu vstupu (103.1) bloku (103) prvního kruhového zásobníku délky n, k jehož dalším vstupům (103.2), (103.3) a (103.4) jsou v tomto pořadí připojeny resetovací signál (Reset), synchronizační signál (Sync) a taktovací signál (Clk), přičemž vstup (103.3) je propojen s druhým hlavním vstupem (x.2),
 - a dále toto vnitřní zapojení obsahuje blok (102) vzorků referenční funkce B, jehož výstup (102.1) je připojen ke vstupu (104.1) bloku (104) druhého kruhového zásobníku délky n, k jehož dalším vstupům (104.2), (104.3) a (104.4) jsou v tomto pořadí připojeny resetovací signál (Reset), synchronizační signál (Sync) a taktovací signál (Clk), přičemž vstup (104.3) je propojen s druhým hlavním vstupem (x.2),
 - přičemž vnitřní zapojení obsahuje také blok (105) posuvného registru délky $n/2$, jehož první vstup (105.1) je propojen s prvním hlavním vstupem (x.1) a k jehož druhému vstupu (105.2) je připojen taktovací signál (Clk) a jehož výstup (105.3) se signálem (y) je připojen k negativnímu vstupu třetího odečítacího bloku (O3), zatímco pozitivní vstup třetího odečítacího bloku (O3) je propojen s prvním hlavním vstupem (x.1),
 - přičemž výstup třetího odečítacího bloku (O3) je propojen s prvními vstupy dvou násobících bloků (N1,N2),
 - přičemž druhý vstup prvního násobícího bloku (N1) je propojen s výstupem (103.5) se signálem (b1) bloku (103) prvního kruhového zásobníku délky n a výstup prvního násobícího bloku (N1) se signálem (m1) je propojen s prvním vstupem (106.1) bloku (106) prvního posuvného registru délky n, k jehož dalším vstupům (106.2) a (106.3) jsou v tomto pořadí přivedeny resetovací signál (Reset) a taktovací signál (Clk), a jehož výstup (106.4) se signálem (q1) je propojen s negativním vstupem čtvrtého odečítacího bloku (O4), přičemž pozitivní vstup čtvrtého odečítacího bloku (O4) je propojen s výstupem prvního násobícího bloku (N1) se signálem (m1) a výstup čtvrtého odečítacího bloku (O4) s rozdílovým

signálem (c1) je připojen k prvnímu vstupu (108.1) prvního sumačního bloku (108), k jehož dalším vstupům (108.2) a (108.3) jsou přivedeny resetovací signál (Reset) a taktovací signál (Clk)

- 5 - a přičemž druhý vstup druhého násobícího bloku (N2) je propojen s výstupem (104.5) se signálem (b2) bloku (104) druhého kruhového zásobníku délky n a výstup druhého násobícího bloku (N2) se signálem (m2) je přiveden k prvnímu vstupu (107.1) bloku (107) druhého posuvného registru délky n , k jehož dalším vstupům (107.2) a (107.3) jsou přivedeny resetovací signál (Reset) a taktovací signál (Clk) a jehož výstup (107.4) se
- 10 signálem (q2) je propojen s negativním vstupem pátého odčítacího bloku (O5), přičemž pozitivní vstup pátého odečítacího bloku (O5) je propojen s výstupem druhého násobícího (N2) bloku se signálem (m2) a výstup pátého odečítacího bloku (O5) s rozdílovým signálem (c2) je připojen k prvnímu vstupu (109.1) druhého sumačního bloku (109), k jehož dalším vstupům (109.2) a (109.3) jsou přivedeny resetovací signál (Reset) a taktovací signál (Clk),
- 15 - přičemž dále výstup (108.4) se signálem (s1) prvního sumačního bloku (108) je přiveden k prvnímu vstupu (110.1) bloku (110) výpočtu modulu a k prvnímu vstupu (111.1) bloku (111) výpočtu fáze,
- 20 - a výstup (109.4) se signálem (s2) druhého sumačního bloku (109) je přiveden k druhému vstupu (110.2) bloku (110) výpočtu modulu a k druhému vstupu (111.2) bloku (111) výpočtu fáze,
- 25 - přitom blok (110) výpočtu modulu má výstup (110.3), který je propojen s prvním hlavním výstupem (x.3),
- a blok (111) výpočtu fáze má výstup (111.3), který je propojen s druhým hlavním výstupem (x.4).

2 výkresy

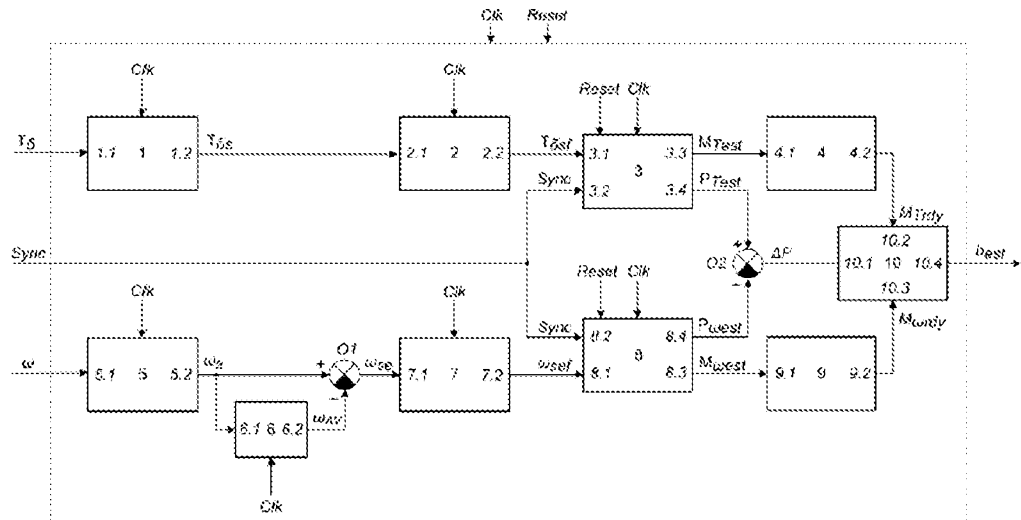
Seznam vztahových značek:

- 1 - blok vzorkovače odhadovaného momentu T_{δ} ,
 - 1.1 – vstup bloku 1 vzorkovače odhadovaného momentu T_{δ} ,
 - 1.2 – výstup bloku 1 vzorkovače odhadovaného momentu T_{δ} ,
- 2 - blok první pásmové propusti,
 - 2.1 – vstup bloku 2 pásmové propusti,
 - 2.2 – výstup bloku 2 pásmové propusti,
- 3 - blok prvního estimátoru,
 - 3.1 – první vstup bloku 3 prvního estimátoru,
 - 3.2 – druhý vstup bloku 3 prvního estimátoru,
 - 3.3 – první výstup bloku 3 prvního estimátoru,
 - 3.4 – druhý výstup bloku 3 prvního estimátoru,
- 4 - blok porovnání hodnoty modulu M_{Test} momentu,
 - 4.1 – vstup bloku 4 porovnání hodnoty modulu M_{Test} momentu,
 - 4.2 – výstup bloku 4 porovnání hodnoty modulu M_{Test} momentu,
- 5 - blok vzorkovače úhlové rychlosti ω otáčení,
 - 5.1 – vstup bloku 5 vzorkovače úhlové rychlosti ω otáčení,
 - 5.2 – výstup bloku 5 vzorkovače úhlové rychlosti ω otáčení,
- 6 - blok střední hodnoty,
 - 6.1 – vstup bloku 6 střední hodnoty,
 - 6.2 – výstup bloku 6 střední hodnoty,
- 7 - blok druhé pásmové propusti,
 - 7.1 – vstup bloku 7 druhé pásmové propusti,
 - 7.2 – výstup bloku 7 druhé pásmové propusti,
- 8 - blok druhého estimátoru,
 - 8.1 – první vstup bloku 8 druhého estimátoru,
 - 8.2 – druhý vstup bloku 8 druhého estimátoru,
 - 8.3 – první výstup bloku 8 druhého estimátoru,
 - 8.4 – druhý výstup bloku 8 druhého estimátoru,
- 9 - blok porovnání hodnoty modulu M_{est} úhlové rychlosti ω otáčení,
 - 9.1 – vstup bloku 9 porovnání modulu M_{est} úhlové rychlosti ω otáčení,
 - 9.2 – výstup bloku 9 porovnání modulu M_{est} úhlové rychlosti ω otáčení,
- 10 - blok ověření odhadu,
 - 10.1 – první vstup bloku 10 ověření odhadu,
 - 10.2 – druhý vstup bloku 10 ověření odhadu,
 - 10.3 – třetí vstup bloku 10 ověření odhadu,
 - 10.4 – výstup bloku 10 ověření odhadu,
- O1 – první odečítací blok,
- O2 – druhý odečítací blok,
- Sync – synchronizační signál,
- Clk – taktovací signál,
- Reset – resetovací signál,
- ΔT_{ER} – periodický budící signál,
- T_{R} – vstupní parametr,
- T_{δ} – odhadovaný moment,
- $T_{\delta\text{s}}$ – synchronní vzorky odhadovaného momentu T_{δ} ,
- $T_{\delta\text{sf}}$ – vyfiltrovaná složka synchronních vzorků $T_{\delta\text{s}}$ odhadovaného momentu T_{δ} , nebo vyfiltrovaná složka hodnot od těchto vzorků odvozených
- M_{Test} – odhadnutý modul momentu,
- M_{Trdy} – první signál povolující zjištění odhadovaného sklonu b_{est} adhezní charakteristiky kolejového vozidla v pracovním bodě,
- P_{Test} – odhadnutý fázový posuv momentu (vůči synchronizačnímu signálu Sync),

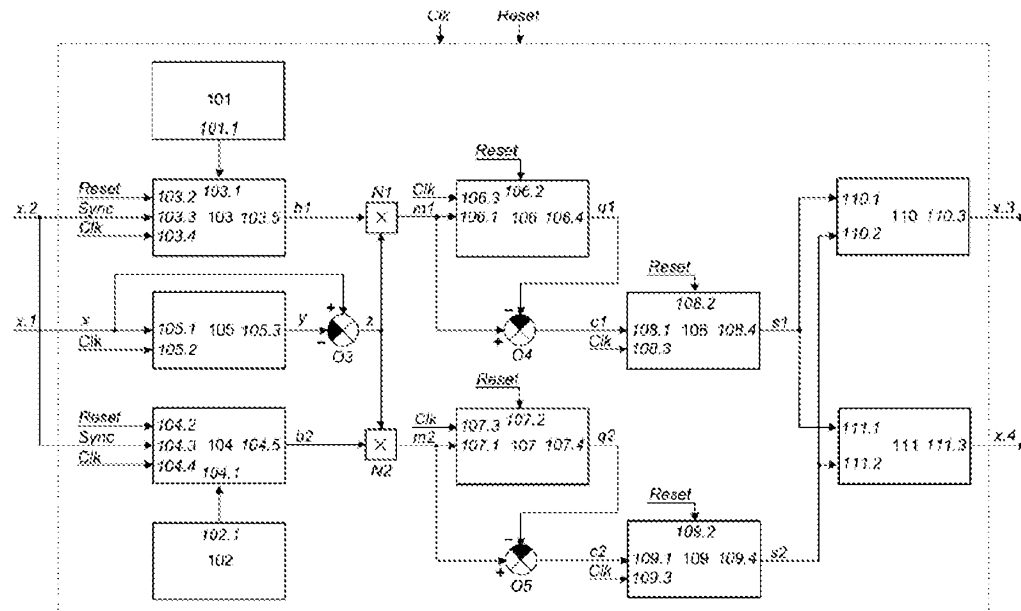
- ω – úhlová rychlost otáčení (trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo poháněného kola),
- ω_{sef} – vyfiltrovaná složka synchronních vzorků ω_s úhlové rychlosti ω otáčení nebo vyfiltrovaná složka hodnot od těchto vzorků odvozených, tedy rozdílů ω_{se} ,
- ω_s – synchronní vzorky úhlové rychlosti otáčení,
- ω_{AV} – klouzavá střední hodnota úhlové rychlosti otáčení ω ,
- ω_{se} – rozdíl ($\omega_{se} = \omega_s - \omega_{AV}$),
- $M_{\omega est}$ – odhadnutý modul úhlové rychlosti ω otáčení,
- M_{ordy} – druhý signál povolující zjištění odhadovaného sklonu b_{est} adhezní charakteristiky kolejového vozidla v pracovním bodě,
- $P_{\omega est}$ – odhadnutý fázový posuv úhlové rychlosti ω otáčení (vůči synchronizačnímu signálu Sync),
- b_{est} – odhadovaný sklon adhezní charakteristiky v pracovním bodě,
- x.1 – první hlavní vstup vnitřního zapojení bloku 3 prvního estimátoru nebo bloku 8 druhého estimátoru,
- x.2 – druhý hlavní vstup vnitřního zapojení bloku 3 prvního estimátoru nebo bloku 8 druhého estimátoru,
- x.3 – první hlavní výstup vnitřního zapojení bloku 3 prvního estimátoru nebo bloku 8 druhého estimátoru,
- x.4 – druhý hlavní výstup vnitřního zapojení bloku 3 prvního estimátoru nebo bloku 8 druhého estimátoru,
- 101 – blok vzorků referenční funkce A,
101.1 – jeho výstup,
- 102 – blok vzorků referenční funkce B,
102.1 – jeho výstup,
- 103 – blok prvního kruhového zásobníku délky n,
103.1, 103.2, 103.3, 103.4 – jeho vstupy,
103.5 – jeho výstup,
- 104 – blok druhého kruhového zásobníku délky n,
104.1, 104.2, 104.3, 104.4 – jeho vstupy,
- 105 – blok posuvného registru délky n/2,
105.1, 105.2 – jeho vstupy,
105.3 – jeho výstup,
- O3 – třetí odečítací blok,
- O4 – čtvrtý odečítací blok,
- O5 – pátý odečítací blok,
- N1 – první násobící blok,
- N2 – druhý násobící blok,
- 106 – blok prvního posuvného registru délky n,
106.1, 106.2, 106.3 – jeho vstupy,
106.4 – jeho výstup,
- 107 – blok druhého posuvného registru délky n,
107.1, 107.2, 107.3 – jeho vstupy,
107.4 – jeho výstup,
- 108 – první sumační blok,
108.1, 108.2, 108.3 – jeho vstupy,
108.4 – jeho výstup,
- 109 – druhý sumační blok,
109.1, 109.2, 109.3 – jeho vstupy,
109.4 – jeho výstup,
- 110 – blok výpočtu modulu,
110.1, 110.2 – jeho vstupy,
110.3 – jeho výstup,
- 111 – blok výpočtu fáze,
111.1, 111.2 – jeho vstupy,

111.3 – jeho výstup,

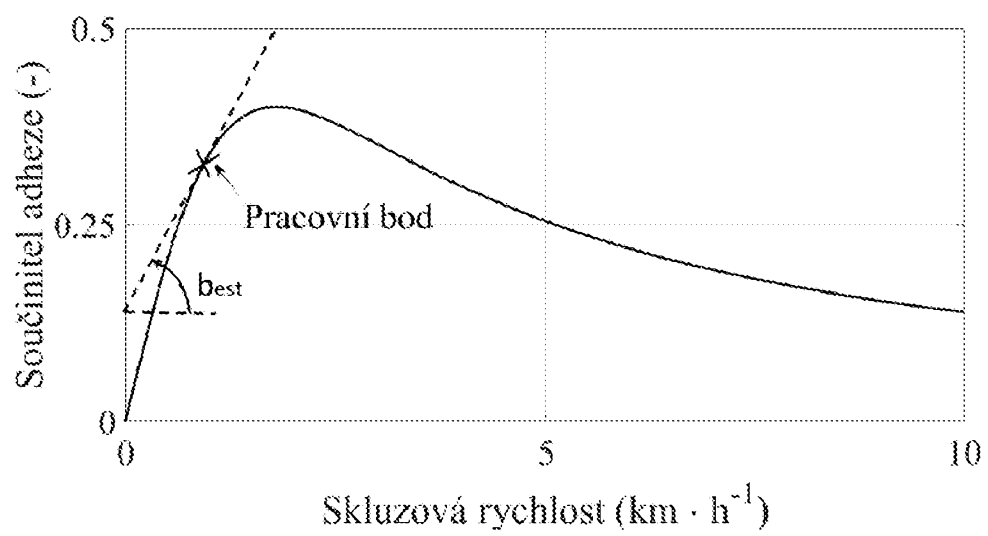
- x vstupní signál přivedený na první hlavní vstup x.1 vnitřního zapojení bloku 3 prvního estimátoru nebo bloku 8 druhého estimátoru
- y výstupní signál bloku 105 posuvného registru délky $n/2$
- z výstupní signál třetího odečítacího bloku O3
- b1 výstupní signál bloku 103 prvního kruhového zásobníku délky n
- b2 výstupní signálem bloku 104 druhého kruhového zásobníku délky n
- m1 výstupní signál prvního násobícího bloku N1
- m2 výstupní signál druhého násobícího bloku N2
- q1 výstupní signál bloku 106 prvního posuvného registru délky n
- q2 výstupní signál bloku 107 druhého posuvného registru délky n
- c1 výstupní signál čtvrtého odčítacího bloku O4
- c2 výstupní signál pátého odčítacího bloku O5
- s1 výstupní signál s1 prvního sumačního bloku 108
- s2 výstupní signál druhého sumačního bloku 109



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3