

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

33 257

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

B61C 15/12 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2019-36506**
(22) Přihlášeno: **10.08.2019**
(47) Zapsáno: **30.09.2019**

- (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 řízení skluzu kol kolejového
vozidla**

CZ 33257 U1

Zařízení pro řízení skluzu kol kolejového vozidla

Oblast techniky

5

Technické řešení se týká zařízení pro řízení skluzu kol kolejového vozidla s elektrickým pohonem pro maximální využití adheze mezi kolem a kolejnicí během jeho provozu, přitom toto zařízení na jedné straně provoz kolejového vozidla umožňuje, na druhé straně chrání komponenty vozidla před poškozením a současně zvyšuje efektivitu a bezpečnost provozu takového vozidla.

10

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 adhezí síly dochází k jejímu poklesu a k nárůstu skluzu, tj. k roztáčení nebo brzdění poháněné nápravy, resp. kola a všech rotujících dílů mechanické části pohonu. Současně dojde ke vzniku rázů v celé vlakové soupravě.

20

25

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 adhezí 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 adhezí charakteristice. Adhezí charakteristika je závislost adhezí síly na skluzové rychlosti. Skluzová rychlost je okamžitý rozdíl obvodové rychlosti kola ve stykové ploše kola kolejového vozidla s kolejnicí a rychlosti kolejového vozidla.

30

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

35

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 adhezí podmínkám.

40

45

Předkládané technické řešení naproti tomu na základě měřené rychlosti otáčení motoru nebo poháněné nápravy nebo kola provádí regulaci momentu trakčního motoru ve vzduchové mezeře a tím i regulaci velikosti skluzu.

50

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 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 adhezí podmínkám.

55

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 spojená s mechanikou částí, přičemž vlastnosti elektrické části pohonu se mění např. podle aktuálně použité metody řízení a použité modulace a nelze tedy správně stanovit hodnotu skluzu ani zadanou, resp. mezní hodnotu skluzu.

Naproti tomu u předkládaného technického řešení je pohon rozdělen na dvě virtuální samostatné části. Dělicí hranicí je vzduchová mezeřa v motoru. To dosud známé metody nemají.

Podstata technického řešení

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

Zařízení obsahuje blok elektrické části pohonu kolejového vozidla a blok mechanické části pohonu kolejového vozidla, přičemž blok mechanické části pohonu obsahuje hřídel trakčního motoru, rotor a poháněnou nápravu a/nebo poháněné kolo s buď přímo, nebo nepřímo vloženým mechanickým přenosovým ústrojím. Podstatou zařízení je, že dále obsahuje blok modifikace žádaného momentu, mající první vstup pro přivedení vstupního parametru, druhý vstup propojený s výstupem bloku regulátoru a třetí vstup propojený s prvním výstupem bloku zdroje budicího signálu. Blok zdroje budicího signálu přitom obsahuje první generátor pro generování periodického budicího signálu, přičemž výstup tohoto prvního generátoru je propojen s prvním výstupem bloku zdroje budicího signálu. Blok modifikace žádaného momentu je dále svým výstupem propojen se vstupem bloku elektrické části pohonu, jehož první výstup je spojen se vstupem bloku mechanické části pohonu. Zařízení dále obsahuje blok žádaného mezního sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě a blok odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě s alespoň dvěma vstupy, přičemž výstup tohoto bloku odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě je připojen k pozitivnímu vstupu odečítacího bloku, k jehož negativnímu vstupu je připojen výstup bloku žádaného mezního sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě. Výstup odečítacího bloku je připojen ke vstupu bloku regulátoru, jehož výstup je připojen ke druhému vstupu bloku modifikace žádaného momentu.

Ve výhodném provedení blok mechanické části pohonu obsahuje snímač pro měření úhlové rychlosti otáčení hřídele trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo poháněného kola, přičemž výstup tohoto snímače je propojen s výstupem bloku mechanické části pohonu. Výstup bloku mechanické části pohonu je připojen ke vstupu bloku žádaného mezního sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě.

Výstup bloku mechanické části pohonu je s výhodou připojen také k prvnímu vstupu bloku odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě. Blok elektrické části pohonu má s výhodou také druhý výstup, který je spojen s druhým vstupem bloku odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě.

Je rovněž výhodné, má-li blok zdroje budicího signálu i druhý výstup a blok odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě má i třetí vstup, k němuž je připojen druhý výstup bloku zdroje budicího signálu.

Je možné provedení, v němž blok zdroje budicího signálu obsahuje také druhý generátor pro generování synchronizačního signálu se stejnou frekvencí jako periodický budicí signál z prvního generátoru, přičemž výstup tohoto druhého generátoru je propojen s výstupem zdroje budicího signálu.

5

Ve výhodném provedení blok elektrické části pohonu obsahuje zařízení pro zjištění odhadovaného momentu ve vzduchové mezeře trakčního motoru, přičemž výstup tohoto zařízení je propojen s druhým výstupem bloku elektrické části pohonu.

10

V jiném možném provedení blok odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě obsahuje zařízení pro měření přenosové funkce, která je podílem Laplaceova obrazu úhlové rychlosti otáčení k Laplaceovu obrazu odhadovaného momentu a pro provedení zpětné Laplaceovy transformace z této přenosové funkce. Výstup tohoto zařízení připojen k výstupu bloku odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě a udává jeho výstupní signál.

15

Je také možné provedení, v němž je bloku odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě předřazeno zařízení pro měření přímo měřitelných veličin vybraných ze skupiny obsahující přímo měřená napětí elektrického pohonu, přímo měřené proudy elektrického pohonu, rychlost otáčení trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo poháněného kola, zrychlení trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo kola. Blok odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě obsahuje zařízení pro provádění odhadu z těchto přímo měřitelných veličin, kde výsledkem tohoto odhadu je výstupní signál bloku odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě, který je přiveden k výstupu bloku odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě.

25

Objasnění výkresů

Příklady provedení zařízení pro řízení skluzu kol kolejového vozidla jsou uvedeny v příložených
obrázcích.

30

V obr. 1. je znázorněno jedno z jednodušších provedení technického řešení, v němž má blok 2 elektrické části pohonu pouze jeden první výstup 2.2.

35

V obr. 2 je znázorněno o něco složitější provedení, v němž má blok 2 elektrické části pohonu navíc i druhý výstup 2.3, který je propojen s druhým vstupem 6.2 bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě. Navíc je přítomno i propojení výstupu 3.2 bloku 3 mechanické části pohonu s dalším, tj. prvním, vstupem 6.1 bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě.

40

V obr. 3 je pak znázorněno nejvýhodnější provedení technického řešení, kde je navíc přítomen ještě třetí vstup 6.3 bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě.

V obr. 4 je příklad adhezní charakteristiky kolejového vozidla.

45

Příklady uskutečnění technického řešení

Rozumí se, že dále popsané a zobrazené konkrétní příklady uskutečnění technického řešení jsou představovány pro ilustraci, nikoli jako omezení příkladů provedení technického řešení na uvedené případy. Odborníci znalí stavu techniky najdou nebo budou schopni zjistit za použití rutinního experimentování větší či menší počet ekvivalentů ke specifickým uskutečněním technického řešení, která jsou zde speciálně popsána. I tyto ekvivalenty jsou zahrnuty v rozsahu následujících nároků na ochranu.

55

Důležitým pojmem, který budeme v popisu technického řešení používat, je adhezní charakteristika kolejového vozidla. Ta je definovaná jako závislost mezi skluzovou rychlostí a součinitelem tření neboli součinitelem adheze, případně pomocí jiných podobných veličin (např. adhezní síla, adhezní moment). Jeden z možných průběhů takové charakteristiky je znázorněn v obr. 4. Skutečný tvar křivky může být v různých situacích různý, vždy se ale ve směru vodorovné osy zleva doprava vyznačuje nejprve strmějším náběhem, následně maximum a od něj následujícím pozvolným poklesem. Na vodorovné ose může být při obdobném průběhu místo skluzové rychlosti v libovolných jednotkách (obvykle v m/s nebo km/h) vynesena také veličina, která je ze skluzové rychlosti odvozena.

Skluzová rychlost je definovaná jako rozdíl rychlosti obvodu kola a rychlosti vozidla. Obě rychlosti jsou měřeny v místě styku kola a kolejnice. Adhezní charakteristika má tvar křivky dle obrázku 4, který je charakteristický tím, že má pouze jeden vrchol - maximum. Stabilní pracovní oblast leží mezi počátkem a vrcholem - maximum 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 s dostatečnou přesností předem určit.

V rámci celé této přihlášky jsou termíny „skluzová rychlost“ a „skluz“ používány jako synonyma, pojem skluz tedy značí totéž, co výše definovaná skluzová rychlost.

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 různými způsoby, jak bude popsáno níže. Vždy se tak děje v bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě, viz obr. 1, 2, 3. Velikost sklonu adhezní charakteristiky v určitém bodě je monotónní funkcí vzdálenosti tohoto bodu od vrcholu - maxima adhezní charakteristiky. Tato odhadnutá hodnota sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě nebo veličina, která je monotónní funkcí odhadovaného sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě, je zpětnovazebním signálem pro blok 7 regulátoru, který funguje jako regulátor skluzu a v případě překročení nastavené hodnoty sklonu začne provádět regulační zásah snižováním žádané hodnoty momentu prostřednictvím korekčního faktoru K_T odesílaného do bloku 1 modifikace žádaného momentu. Na výstupu bloku 1 je pak modifikovaný žádaný moment T_{EO} ve vzduchové mezeře trakčního motoru. Tím dojde k zabránění překročení vrcholu - maxima adhezní charakteristiky, a tedy k potřebnému řízení skluzu. Blok 7 regulátoru tedy reaguje na změnu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě a snaží se, aby nebyla překročena uživatelem nebo nadřazeným systémem nastavená hodnota tohoto sklonu.

Technické řešení využívá toho, že závislost součinitele adheze mezi kolem a kolejnicí během provozu na skluzu kol kolejového vozidla je nelineární, a proto při provozu technické řešení umožňuje udržovat adhezi mezi kolem a kolejnicí v nastavených mezích. Termínem „moment“ všude v rámci tohoto popisu rozumíme moment ve vzduchové mezeře trakčního motoru kolejového vozidla. Pod termíny „úměrná, úměrný, úměrně“ se v rámci celé této přihlášky rozumí přímá úměrnost.

V celé této přihlášce se termínem úhlová rychlost ω otáčení míní úhlová rychlost otáčení kteréhokoli prvku ze skupiny rotor trakčního motoru, poháněná náprava nebo poháněné kolo kolejového vozidla, podle toho, na kterém z těchto prvků je umístěn snímač rychlosti. Otáčením trakčního motoru míníme otáčení jeho rotoru či hřídele.

5

Odborníkovi je zřejmé, že mnoho veličin použitých v této přihlášce je závislých na čase. Speciálně jde o veličiny s písmenným označením v seznamu vztahových značek. Tuto závislost pro jednoduchost nebudeme v této přihlášce explicitně zdůrazňovat s výjimkou míst, kde je to důležité pro pochopení prováděných operací (Laplaceova operace u přenosové funkce).

10

Zařízení obsahuje blok 2 elektrické části pohonu kolejového vozidla a blok 3 mechanické části pohonu kolejového vozidla. Blok 3 mechanické části pohonu obsahuje trakční motor s hřídelem, rotorem a s poháněnou nápravou a/nebo poháněným kolem s buď přímo, nebo nepřímo vloženým mechanickým přenosovým ústrojím. Důležité je, že blok 2 elektrické části pohonu je virtuálně oddělen vzduchovou mezerou od bloku 3 mechanické části pohonu, a v něm je generován hnací nebo brzdý moment $T_{\delta r}$ v této vzduchové mezeře trakčního motoru. Nové a podstatné je také to, že zařízení dále obsahuje blok 1 modifikace žádaného momentu, blok 4 žádaného mezního sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě, blok 5 zdroje budicího signálu, blok 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě a blok 7 regulátoru, přičemž uvedené bloky 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 jsou zapojeny podle obr. 1 až 3.

20

V obr. 1 je zakresleno jedno z jednodušších provedení zařízení pro řízení skluzu kol kolejového vozidla.

25

V tomto provedení má blok 1 modifikace žádaného momentu první vstup 1.1 pro přivedení vstupního parametru T_R , druhý vstup 1.2, kam se přivádí korekční faktor K_T z výstupu 7.2 bloku 7 regulátoru, a třetí vstup 1.3, kam se přivádí periodický budicí signál ΔT_{ER} z prvního výstupu 5.1 bloku 5 zdroje budicího signálu 5. Blok 5 zdroje budicího signálu je uspořádán tak, že obsahuje první generátor pro generování periodického budicího signálu ΔT_{ER} , přičemž výstup tohoto prvního generátoru je propojen s prvním výstupem 5.1 zdroje budicího signálu. Periodický budicí signál ΔT_{ER} má přitom frekvenci f_{ER} vhodnou k analýze systému tvořenému mechanickou částí pohonu v bloku 3. Vhodná frekvence f_{ER} se vybírá podle vlastností mechanické části pohonu a frekvence i amplituda se upřesňují experimentálně.

30

Vstupním parametrem T_R přiváděným na první vstup 1.1 bloku 1 modifikace žádaného momentu je přitom žádaná hodnota momentu trakčního motoru ve vzduchové mezeře zadaná buď uživatelem, nebo nadřazeným systémem, nebo hodnota veličiny tomuto parametru úměrná.

35

Hodnota korekčního faktoru K_T je při prvním průběhu cyklu podle šipek v obr. 1, 2 i 3 rovna 1 a při každém dalším průběhu cyklu je rovna hodnotě na výstupu 7.2 bloku 7 regulátoru. Hodnota korekčního faktoru K_T nabývá ve všech cyklech typicky hodnot od nuly do jedné, případně dle přání zákazníka hodnot od jím stanoveného minima do jedné.

40

V bloku 1 modifikace žádaného momentu se tedy typicky v násobícím bloku provede násobení vstupního parametru T_R korekčním faktorem K_T , který nabývá hodnot od nuly do jedné, a poté ve sčítacím bloku přičtení periodického budicího signálu ΔT_{ER} , který nabývá kladných i záporných hodnot, k výsledku předchozí operace násobení, čímž se získá modifikovaný žádaný moment T_{EO} ve vzduchové mezeře trakčního motoru, který není nikdy vyšší než vstupní parametr T_R . Tento modifikovaný žádaný moment T_{EO} ve vzduchové mezeře trakčního motoru se přivede na výstup 1.4 bloku modifikace žádaného momentu. Tento výstup 1.4 je dále propojen se vstupem 2.1 bloku 2 elektrické části pohonu, jehož vnitřní řídicí obvody na základě modifikovaného žádaného momentu T_{EO} ve vzduchové mezeře trakčního motoru a dalších měřených veličin dle použité metody řízení trakčního motoru (např. velikost a fáze napájecího napětí, napájecí frekvence, velikost a fáze napájecího proudu apod.) generují řídicí signály, které dále generují výkonové napájecí napětí pro trakční motor, které potom generuje hnací nebo brzdý moment $T_{\delta r}$ ve

50

55

vzduchové mezeře trakčního motoru, jehož hodnota se přivádí na první výstup 2.2 bloku 2 elektrické části pohonu a odtud na vstup 3.1 bloku 3 mechanické části pohonu.

- Blok 2 elektrické části pohonu je obvykle realizován tak, že obsahuje střídavý elektrický trakční motor obvykle třífázový, výkonový polovodičový měnič s čidly analogových veličin a řídicími obvykle digitálními řídicími obvody, jejichž vstupem je modifikovaný žádaný moment T_{EO} ve vzduchové mezeře trakčního motoru, který je elektrickou částí pohonu v provedeních dle obr. 2 a 3 přenášen do odhadovaného momentu T_{δ} ve vzduchové mezeře elektrického trakčního motoru. V provedení dle obr. 1 blok 2 elektrické části pohonu neodhaduje odhadovaný moment T_{δ} , protože ho blok 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě nepotřebuje. Naproti tomu je ve všech provedeních dle obr. 1, 2 i 3 na jednom z výstupů bloku 2 elektrické části pohonu vždy reálná hodnota hnacího nebo brzdného moment $T_{\delta r}$ ve vzduchové mezeře trakčního motoru.
- V bloku 3 mechanické části pohonu probíhá přenášení hnacího nebo brzdného momentu $T_{\delta r}$ ve vzduchové mezeře trakčního motoru na rotor tohoto motoru tak, že hnací nebo brzdný moment $T_{\delta r}$ přes hřídel trakčního motoru a/nebo další díly roztáčí nebo brzdí poháněnou nápravu a/nebo poháněné kolo.
- V bloku 3 mechanické části pohonu je obsažen také snímač pro měření úhlové rychlosti otáčení ω trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo poháněného kola nebo pro měření veličiny, která je na tuto úhlovou rychlost otáčení ω převoditelná, přičemž výstup tohoto snímače je propojen s výstupem 3.2 bloku 3 mechanické části pohonu.
- Výstup 3.2 bloku 3 mechanické části pohonu je připojen ke vstupu 4.1 bloku 4 žádaného mezního sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě. V tomto bloku 4 se generuje žádaná hodnota b_{lim} mezního sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě, která je buď konstantní, nebo je funkcí úhlové rychlosti otáčení ω . Generováním v případě nekonstantní hodnoty b_{lim} se rozumí určení žádané hodnoty b_{lim} mezního sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě podle okamžité hodnoty úhlové rychlosti otáčení ω . Jak je řečeno výše, v některých případech může být žádaná hodnota b_{lim} mezního sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě konstantní, nezávislá na okamžité hodnotě ω . Žádaná hodnota b_{lim} mezního sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě se přivádí na výstup 4.2 bloku 4 žádaného mezního sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě.
- Zařízení dále obsahuje blok 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě s alespoň dvěma vstupy.
- Blok 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě je realizován tak, aby na základě veličin na vstupech tohoto bloku 6 odhadoval vlastnosti systému, tvořeného mechanickou částí pohonu v bloku 3 tak, aby výstupní signál b_{est} bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě dával hodnotu, která je monotónní funkcí odhadovaného sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě. Specifickým příkladem této monotónní funkce je přitom přímá úměrnost, výstupní signál b_{est} bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě je pak monotónní funkcí odhadovaného sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě. Zahrnuta je rovněž varianta, kdy je koeficient této přímé úměrnosti roven jedné a výstupní signál b_{est} bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě je tedy roven odhadovanému sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě.
- Blok 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě může být v jednom provedení technického řešení, které odpovídá obr. 1, realizován např. následujícím způsobem: je mu předřazeno zařízení pro měření přímo měřitelných veličin vybraných ze skupiny obsahující přímo měřená napětí elektrického pohonu, přímo měřené proudy elektrického pohonu, rychlost otáčení trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo poháněného kola, zrychlení trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo kola. Blok 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním

bodě má alespoň dva vstupy, přičemž na každý z nich je přiváděna jedna z těchto přímo měřitelných veličin. Blok 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě pak obsahuje zařízení pro provádění odhadu z těchto přímo měřitelných veličin, kde výsledkem tohoto odhadu je určení výstupního signálu b_{est} bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě, kde tento výstupní signál b_{est} je monotónní funkcí odhadovaného sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě a je přiveden k výstupu 6.4 bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě.

Další možná provedení bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě budou popsána u obrázků 2 a 3.

Výstup 6.4 tohoto bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě s hodnotou výstupního signálu b_{est} je připojen k pozitivnímu vstupu odečítacího bloku, k jehož negativnímu vstupu je připojen výstup 4.2 bloku 4 žádaného mezního sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě s žádanou hodnotou b_{lim} mezního sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě. Výstup odečítacího bloku $\Delta b = b_{est} - b_{lim}$ je dále připojen ke vstupu 7.1 bloku regulátoru 7, jehož výstup 7.2 s hodnotou korekčního faktoru K_T je připojen ke druhému vstupu 1.2 bloku 1 modifikace žádaného momentu. S touto hodnotou korekčního faktoru K_T přivedenou do bloku 1 modifikace žádaného momentu pak znovu probíhá cyklus znázorněný v obr. 1 šipkami, dokud uživatel nebo nadřazený systém nedají povel k vypnutí řízení skluzu kol kolejového vozidla.

Blok 7 regulátoru je realizován jako regulátor, který zajišťuje stabilitu a takové dynamické vlastnosti, které zaručují kvalitní regulaci sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě při změnách adheze.

Kdykoli v průběhu cyklu znázorněného v obr. 1 šipkami se přitom prostřednictvím uživatele nebo nadřazeného systému může změnit vstupní parametr T_R, přičemž cyklus poté dále pokračuje v nezměněném pořadí kroků ve směru šipek s touto změněnou hodnotou vstupního parametru T_R. Totéž platí i pro provedení znázorněná v obr. 2 a 3, kde je směr průběhu cyklu rovněž znázorněn šipkami.

Příkladné provedení v obr. 2 se liší od provedení v obr. 1 tím, že výstup 3.2 bloku 3 mechanické části pohonu nesoucí hodnotu úhlové rychlosti otáčení ω je připojen také k prvnímu vstupu 6.1 bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě a že blok 2 elektrické části pohonu má navíc také druhý výstup 2.3, který je spojen s druhým vstupem 6.2 bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě. Blok 2 elektrické části pohonu přitom obsahuje zařízení pro zjištění odhadovaného momentu T_δ ve vzduchové mezeře trakčního motoru, přičemž výstup tohoto zařízení je propojen s druhým výstupem 2.3 bloku 2 elektrické části pohonu.

Další části a funkce zařízení jsou stejné jako ve výše popsaném provedení dle obr. 1, cyklus probíhá tak, jak je v obr. 2 znázorněno šipkami.

Blok 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě v provedení dle obr. 2 může obsahovat zařízení pro měření přenosové funkce, která je podílem Laplaceova obrazu úhlové rychlosti otáčení $\omega(t)$ k Laplaceovu obrazu odhadovaného momentu $T_{\delta}(t)$, kde t značí čas, a pro provedení zpětné Laplaceovy transformace z této přenosové funkce. kde výstup tohoto zařízení s hodnotou zpětné Laplaceovy transformace přenosové funkce je připojen k výstupu 6.4 bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě a udává jeho výstupní signál b_{est}, který je monotónní funkcí odhadovaného sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě.

Fungování zařízení znázorněných v jednodušších variantách dle obr. 1 a obr. 2 bude více objasněno až poté, co objasníme nejvýhodnější provedení dle obr. 3.

U provedení znázorněno v obr. 3 je patrné, že blok 5 zdroje budicího signálu zde má oproti provedení dle obr. 1 a 2 navíc i druhý výstup 5.2 a blok 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky

v pracovním bodě má i třetí vstup 6.3, k němuž je připojen druhý výstup 5.2 bloku 5 zdroje budicího signálu. Blok 5 zdroje budicího signálu přitom obsahuje také druhý generátor pro generování synchronizačního signálu Sync se stejnou frekvencí f_{ER} jako periodický budicí signál ΔT_{ER} z prvního generátoru, přičemž výstup tohoto druhého generátoru je propojen s výstupem 5.2 zdroje budicího signálu.

V provedení dle obr. 3 blok 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě na základě svých vstupních veličin, kterými jsou úhlová rychlost otáčení ω a odhadovaný moment T_{δ} odhaduje vlastnosti systému tvořeného mechanickou částí pohonu v bloku 3 tak, aby výstupní signál b_{est} bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě dával hodnotu, která je monotónní funkcí odhadovaného sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě.

Výstupní signál b_{est} se získá odhadem z okamžité hodnoty fázového posuvu mezi odezvou injektovaného periodického budicího signálu ΔT_{ER} v okamžité hodnotě odhadovaného momentu T_{δ} ve vzduchové mezeře a odezvou tohoto injektovaného periodického budicího signálu ΔT_{ER} v okamžité hodnotě úhlové rychlosti ω otáčení trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo poháněného kola. Dvě periodicky se měnící složky periodického budicího signálu ΔT_{ER} a signálu okamžité hodnoty odhadovaného momentu T_{δ} mají mezi sebou fázový posuv, který se mění podle sklonu adhezní charakteristiky a s tím se mění i výstupní signál b_{est} . Takto získaný výstupní signál b_{est} se opět přivede na výstup 6.4 bloku odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě.

Pro přehlednost ještě uvedme souhrnně přehled jednotlivých bloků zařízení a jejich typická provedení:

Blok 1 modifikace požadovaného momentu je realizován v digitální podobě následujícím způsobem. Vstupní parametr T_R je pomocí násobícího bloku násoben s korekčním faktorem K_T , přitom korekční faktor K_T nabývá hodnot od nuly do jedné. Výstup násobícího bloku je veden do sčítacího bloku, ve kterém je přičítán periodický budicí signál ΔT_{ER} , který nabývá obou polarit. Výstup sčítacího bloku, tj. modifikovaný žádaný moment T_{EO} ve vzduchové mezeře trakčního motoru, je současně výstupním signálem celého bloku 1 modifikace požadovaného momentu.

Blok 2 elektrické části pohonu je obvykle realizován tak, že obsahuje stator třífázového asynchronního trakčního motoru, výkonový polovodičový třífázový střídač s IGBT tranzistory a s čidly analogových veličin a digitální řídicí obvody, jejichž vstupem je modifikovaný žádaný moment T_{EO} . Digitální řídicí obvody na základě vstupního modifikovaného žádaného momentu T_{EO} a dalších měřených veličin generují řídicí signály pro výkonové IGBT tranzistory měniče, který generuje výkonové třífázové napájecí napětí pro asynchronní trakční motor, který potom generuje hnací nebo brzdňý moment $T_{\delta r}$ ve vzduchové mezeře asynchronního trakčního motoru. V provedeních dle obr. 2 a 3 řídicí obvody současně generují aktuální hodnotu odhadovaného momentu T_{δ} pro blok 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě.

Blok 3 mechanické části pohonu obvykle obsahuje rotor asynchronního trakčního motoru, převodovku, poháněnou nápravu se všemi pružnými a tlumicími prvky. Hnací nebo brzdňý moment $T_{\delta r}$ ve vzduchové mezeře je přenášen na rotor asynchronního motoru a přes jeho hřídel a převodovku roztáčí nebo brzdí poháněnou nápravu. Na hřídeli trakčního motoru je v příkladném provedení umístěno zubové čidlo a pomocí snímačů je měřena úhlová rychlost otáčení ω .

Blok 4 žádaného mezního sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě je typicky realizován v digitální podobě. Tento blok generuje žádanou hodnotu mezního sklonu b_{lim} adhezní charakteristiky v pracovním bodě, přitom y-souřadnice na adhezní charakteristice je typicky úměrná součiniteli adheze a x-souřadnice potom typicky odpovídá řízenému skluzu. Generovaná

žádaná hodnota mezního sklonu b_{lim} adhezní charakteristiky v pracovním bodě je typicky funkcí úhlové rychlosti otáčení ω .

5 Blok 5 zdroje budicího signálu je typicky realizován v digitální podobě a generuje periodický sinusový budicí signál ΔT_{ER} o vhodné frekvenci f_{ER} a amplitudě. Současně je v provedení dle obr. 3 v bloku 5 zdroje budicího signálu generován i synchronizační signál Sync, který se přivádí na třetí vstup 6.3 bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě o shodné frekvenci f_{ER} jako periodický budicí signál ΔT_{ER} . Synchronizační signál Sync může být případně generován i v samostatném bloku mimo blok 5, funkce zařízení ale zůstává stejná.

10 Blok 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě je typicky realizován v digitální podobě, různá jeho možná provedení byla popsána výše. Blok 7 regulátoru je typicky realizován jako diskretní PS regulátor s omezením na výstupu. Parametry regulátoru jsou zvoleny tak, aby zajišťovaly stabilitu a takové dynamické parametry, které zaručují kvalitní regulaci sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě při změnách součinitele adheze. Sklon adhezní charakteristiky v pracovním bodě se mění povětrnostními a adhezními podmínkami. Blok 7 regulátoru se snaží udržovat hodnotu výstupního signálu b_{est} bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě větší nebo rovnou žádané hodnotě b_{lim} mezního sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě tím, že mění hodnotu korekčního faktoru K_T a tím v bloku 1 modifikace žádaného momentu i hodnotu modifikovaného žádaného momentu T_{EO} ve vzduchové mezeře trakčního motoru. Tímto způsobem je řízen skluz kol kolejového vozidla podle aktuálních adhezních a povětrnostních podmínek.

25 V zařízení podle obr. 3 je prováděn způsob řízení skluзу kol kolejového vozidla, při němž se pro řízení skluзу kol kolejového vozidla:

- v prvním kroku načte hodnota vstupního parametru T_R , kde tímto vstupním parametrem T_R je žádaná hodnota momentu trakčního motoru ve vzduchové mezeře zadaná buď uživatelem, nebo nadřazeným systémem, nebo hodnota veličiny tomuto parametru úměrná,

30 - a dále probíhá cyklus, při němž jsou prováděny následující kroky:

a. přivedení korekčního faktoru K_T do bloku 1 modifikace žádaného momentu tak, že hodnota tohoto korekčního faktoru K_T je při prvním průběhu cyklu rovna 1 a při každém dalším průběhu cyklu je rovna hodnotě na výstupu bloku 7 regulátoru,

b. přivedení vstupního parametru T_R do bloku 1 modifikace žádaného momentu,

40 c. přivedení periodického budicího signálu ΔT_{ER} z bloku 5 zdroje budicího signálu do bloku 1 modifikace žádaného momentu,

d. po provedení kroků a, b a c proběhne v bloku 1 modifikace žádaného momentu nejprve násobení vstupního parametru T_R korekčním faktorem K_T a poté přičtení periodického budicího signálu ΔT_{ER} k výsledku předchozí operace násobení, čímž se získá modifikovaný žádaný moment T_{EO} ve vzduchové mezeře trakčního motoru,

50 e. následuje přivedení tohoto modifikovaného žádaného momentu T_{EO} ve vzduchové mezeře trakčního motoru získaného v kroku d do bloku 2 elektrické části pohonu, jehož vnitřní řídicí obvody na základě modifikovaného žádaného momentu T_{EO} ve vzduchové mezeře trakčního motoru a dalších měřených veličin dle použité metody řízení trakčního motoru generují řídicí signály, které dále generují výkonové napájecí napětí pro trakční motor, které potom generuje hnací nebo brzdný moment T_{dr} ve vzduchové mezeře trakčního motoru, jehož hodnota se přivádí do bloku 3 mechanické části pohonu, přičemž řídicí obvody bloku 2 elektrické části pohonu generují také hodnotu odhadovaného

momentu T_δ ve vzduchové mezeře trakčního motoru, která se přivádí do bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě,

- 5 f. po kroku e v bloku 3 mechanické části pohonu probíhá přenášení hnacího nebo brzdného momentu $T_{\delta r}$ ve vzduchové mezeře trakčního motoru na rotor tohoto motoru tak, že hnací nebo brzdný moment $T_{\delta r}$ přes hřídel trakčního motoru a/nebo další díly roztáčí nebo brzdí poháněnou nápravu a/nebo poháněné kolo, přičemž se měří úhlová rychlost ω otáčení hřídele motoru nebo poháněné nápravy nebo poháněného kola,
- 10 g. přivádění této úhlové rychlosti ω měřené v kroku f do bloku 4 žádaného mezního sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě a do bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě, přičemž ve zmíněném bloku 4 se generuje žádaná hodnota b_{lim} mezního sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě jako funkce úhlové rychlosti otáčení ω ,
- 15 h. přivádění synchronizačního signálu (Sync) z bloku 5 zdroje budicího signálu do bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě,
- 20 i. v bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě dojde po provedení kroků e, g, h nebo při provádění těchto kroků e, g, h na základě úhlové rychlosti otáčení ω , odhadovaného momentu T_δ ve vzduchové mezeře trakčního motoru a synchronizačního signálu Sync k provedení odhadu vlastností mechanické části pohonu, z něhož se určí výstupní signál b_{est} bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě, přičemž tento výstupní signál b_{est} je monotónní funkcí
- 25 odhadovaného sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě,
- j. v odečítacím bloku se následně provede odečtení žádané hodnoty b_{lim} mezního sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě od výstupního signálu b_{est} bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě, přičemž touto odečítací operací se získá hodnota Δb , která se přivede do bloku 7 regulátoru, kde se vypočte korekční faktor K_T , jehož hodnota se přivede na výstup bloku 7 regulátoru a odtud do bloku 1 modifikace
- 30 žádaného momentu, načež jsou s touto hodnotou korekčního faktoru K_T přivedenou do bloku 1 modifikace žádaného momentu opakovány kroky a až j,
- 35 dokud uživatel nebo nadřazený systém nedají povel k vypnutí řízení skluzu kol kolejového vozidla.

Při tomto způsobu řízení skluzu kol kolejového vozidla lze v kterémkoli z kroků od a do j cyklu prostřednictvím uživatele nebo nadřazeného systému změnit vstupní parametr T_R , přičemž cyklus obsahující kroky od a do j poté dále pokračuje v nezměněném pořadí kroků s touto změněnou hodnotou vstupního parametru T_R .

V provedeních dle obr. 1 a 2 lze provádět způsob řízení skluzu kol kolejového vozidla obdobným způsobem, jen s vynecháním či modifikací některých kroků. V provedení dle obr. 1 je tak

- 45 vynechána následující část kroku e: řídicí obvody bloku 2 elektrické části pohonu generují také hodnotu odhadovaného momentu T_δ ve vzduchové mezeře trakčního motoru, která se přivádí do bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě. V provedení dle obr. 1 je také vynechána následující část kroku g: přivádění této úhlové rychlosti ω měřené v kroku f do bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě.

50 V provedení dle obr 1 a 2 je vynechán krok h.

Krok i je v provedení podle obr. 1 nahrazen následujícím postupem: v bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě dojde po provedení kroků e, g, h nebo při provádění

- 55 těchto kroků e, g, h na vstupů k provedení odhadu vlastností mechanické části pohonu, z něhož se

určí výstupní signál b_{est} bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě, přičemž tento výstupní signál b_{est} je monotónní funkcí odhadovaného sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě.

- 5 V provedení dle obr. 2 je krok i nahrazen v bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě tak, že po provedení kroků e, g, h nebo při provádění těchto kroků e, g, h na základě úhlové rychlosti otáčení ω a odhadovaného momentu T_δ ve vzduchové mezeře trakčního motoru se provede odhad vlastností mechanické části pohonu, z něhož se určí výstupní signál b_{est} bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě, přičemž tento výstupní signál
- 10 b_{est} je monotónní funkcí odhadovaného sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě.

Průmyslová využitelnost

- 15 Výše popsané zařízení lze využít ve všech kolejových vozidlech s elektrickým motorem. Použití výše popsaného zařízení umožňuje provozovat kolejová vozidla s větším zatížením, tj. větším momentem motoru bez prokluzu kol. Tím se dosáhne většího využití kolejového vozidla a menšího opotřebení kol a kolejnic.

20

NÁROKY NA OCHRANU

1. Zařízení pro řízení skluzu kol kolejového vozidla obsahující blok (2) elektrické části pohonu
- 25 kolejového vozidla a blok (3) mechanické části pohonu kolejového vozidla, přičemž blok (3) mechanické části pohonu obsahuje trakční motor s hřídelem, rotorem a s poháněnou nápravou a/nebo poháněným kolem s buď přímo, nebo nepřímo vloženým mechanickým přenosovým ústrojím, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje blok (1) modifikace žádaného momentu, mající první vstup (1.1) pro přivedení vstupního parametru (T_R), druhý vstup (1.2) propojený
- 30 s výstupem (7.2) bloku (7) regulátoru a třetí vstup (1.3) propojený s prvním výstupem (5.1) bloku (5) zdroje budicího signálu, když tento blok (5) zdroje budicího signálu obsahuje první generátor pro generování periodického budicího signálu (ΔT_{ER}), přičemž výstup tohoto prvního generátoru je propojen s prvním výstupem (5.1) zdroje budicího signálu, když blok (1) modifikace žádaného momentu je dále svým výstupem (1.4) propojen se vstupem (2.1) bloku (2) elektrické části
- 35 pohonu, jehož první výstup (2.2) je spojen se vstupem (3.1) bloku (3) mechanické části pohonu, když tento blok (3) mechanické části pohonu obsahuje snímač pro měření úhlové rychlosti (ω) otáčení trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo poháněného kola nebo pro měření veličiny, která je na tuto úhlovou rychlost otáčení (ω) převoditelná, přičemž výstup tohoto snímače je propojen s výstupem (3.2) bloku (3) mechanické části pohonu, který je připojen ke
- 40 vstupu (4.1) bloku (4) žádaného mezního sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě, a zařízení dále obsahuje blok (6) odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě s alespoň dvěma vstupy, přičemž výstup (6.4) tohoto bloku (6) odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě je připojen k pozitivnímu vstupu odečítacího bloku, k jehož negativnímu vstupu je připojen výstup (4.2) bloku (4) žádaného mezního sklonu adhezní
- 45 charakteristiky v pracovním bodě, a přičemž dále výstup odečítacího bloku je připojen ke vstupu (7.1) bloku (7) regulátoru, jehož výstup (7.2) je připojen ke druhému vstupu (1.2) bloku (1) modifikace žádaného momentu.

2. Zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že výstup (3.2) bloku (3) mechanické části
- 50 pohonu je připojen také k prvnímu vstupu (6.1) bloku (6) odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě a že blok (2) elektrické části pohonu má také druhý výstup (2.3), který je

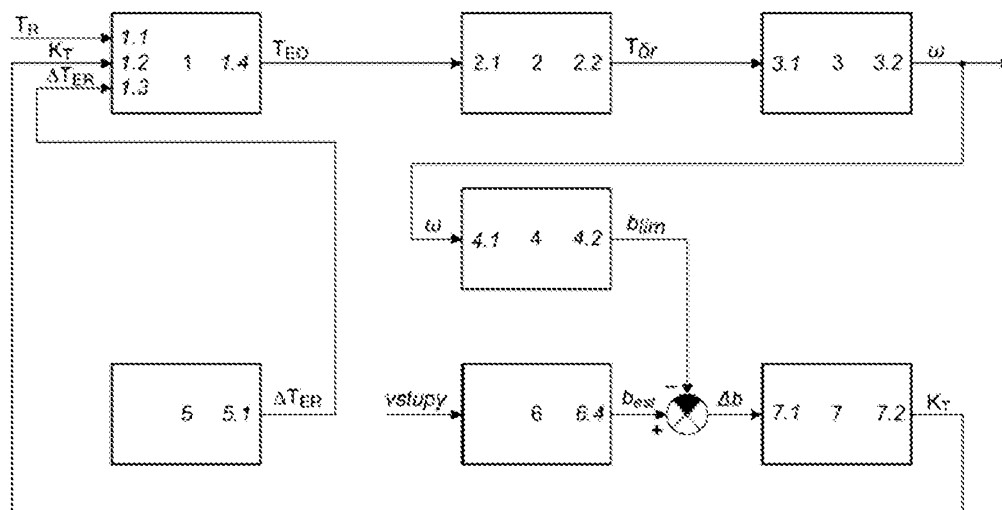
spojen s druhým vstupem (6.2) bloku (6) odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě.

3. Zařízení podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že blok (5) zdroje budicího signálu má i druhý výstup (5.2) a blok (6) odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě má i třetí vstup (6.3), k němuž je připojen druhý výstup (5.2) bloku (5) zdroje budicího signálu.
4. Zařízení podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že blok (5) zdroje budicího signálu obsahuje také druhý generátor pro generování synchronizačního signálu (Sync) se stejnou frekvencí jako periodický budicí signál (ΔT_{ER}) z prvního generátoru, přičemž výstup tohoto druhého generátoru je propojen s výstupem (5.2) zdroje budicího signálu.
5. Zařízení podle kteréhokoli z nároků 2 až 4, **vyznačující se tím**, že blok (2) elektrické části pohonu obsahuje zařízení pro zjištění odhadovaného momentu (T_δ) ve vzduchové mezeře trakčního motoru, přičemž výstup tohoto zařízení je propojen s druhým výstupem (2.3) bloku (2) elektrické části pohonu.
6. Zařízení podle nároku 5, **vyznačující se tím**, že blok (6) odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě obsahuje zařízení pro měření přenosové funkce, která je podílem Laplaceova obrazu úhlové rychlosti otáčení (ω) k Laplaceovu obrazu odhadovaného momentu (T_δ), a pro provedení zpětné Laplaceovy transformace této přenosové funkce, kde výstup tohoto zařízení je připojen k výstupu (6.4) bloku (6) odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě.
7. Zařízení podle kteréhokoli z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že bloku (6) odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě je předřazeno zařízení pro měření přímo měřitelných veličin vybraných ze skupiny obsahující přímo měřená napětí elektrického pohonu, přímo měřené proudy elektrického pohonu, rychlost otáčení trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo poháněného kola, zrychlení trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo kola, přičemž blok (6) odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě obsahuje zařízení pro provádění odhadu z těchto přímo měřitelných veličin, jehož výstup je připojen k výstupu (6.4) bloku (6) odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě.

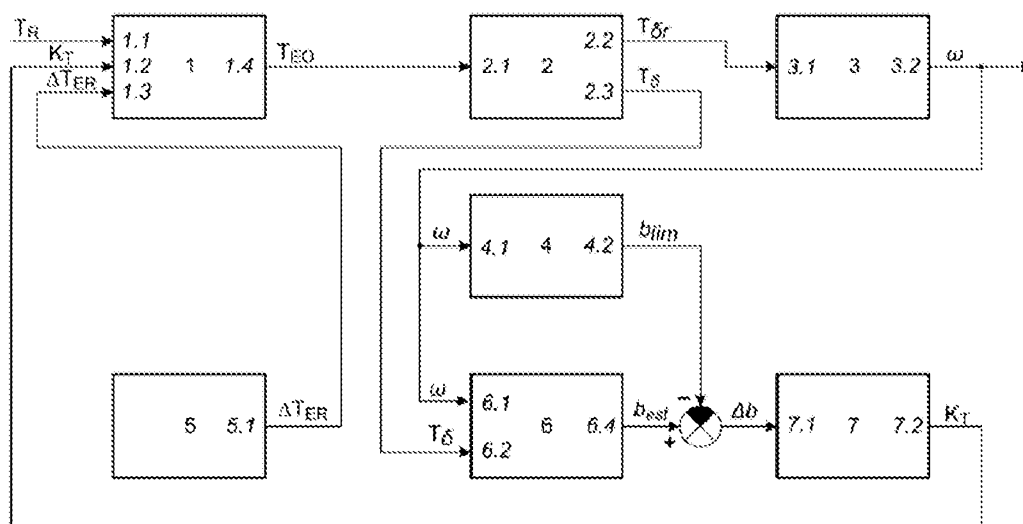
2 výkresy

Seznam vztahových značek:

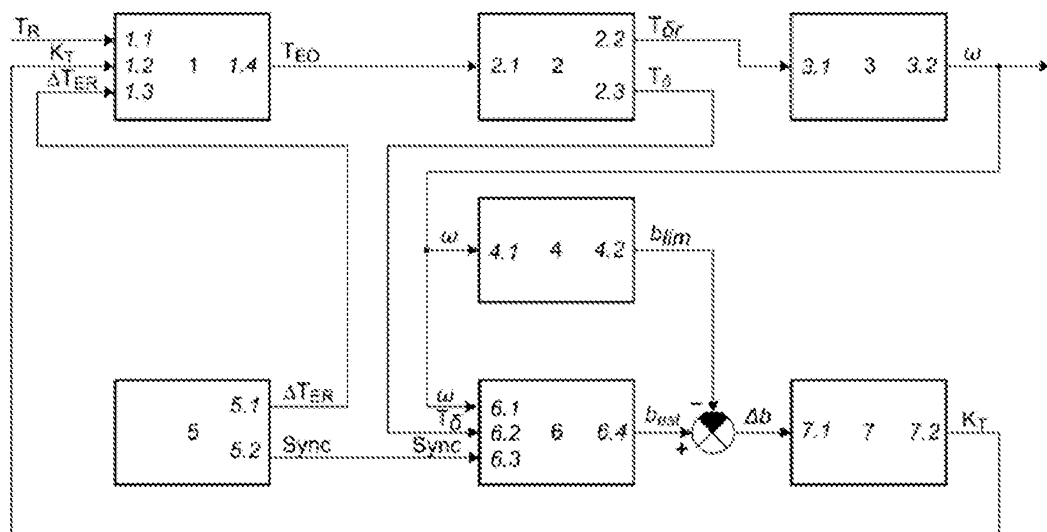
- 1 – blok modifikace žádaného momentu
- 1.1 – první vstup bloku 1 modifikace žádaného momentu
- 1.2 – druhý vstup bloku 1 modifikace žádaného momentu
- 1.3 – třetí vstup bloku 1 modifikace žádaného o momentu
- 1.4 – výstup bloku 1 modifikace žádaného momentu
- 2 – blok elektrické části pohonu
- 2.1 – vstup bloku 2 elektrické části pohonu
- 2.2 – první výstup bloku 2 elektrické části pohonu
- 2.3 – druhý výstup bloku 2 elektrické části pohonu
- 3 – blok mechanické části pohonu
- 3.1 – vstup bloku 3 mechanické části pohonu
- 3.2 – výstup bloku 3 mechanické části pohonu
- 4 – blok žádaného mezního sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě
- 4.1 – vstup bloku 4 žádaného mezního sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě
- 4.2 – výstup bloku 4 žádaného mezního sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě
- 5 – blok zdroje budicího signálu
- 5.1 – první výstup bloku 5 zdroje budicího signálu
- 5.2 – druhý výstup bloku 5 zdroje budicího signálu
- 6 – blok odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě
- 6.1 – první vstup bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě
- 6.2 – druhý vstup bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě
- 6.3 – třetí vstup bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě
- 6.4 – výstup bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě
- 7 – blok regulátoru
- 7.1 – vstup bloku 7 regulátoru
- 7.2 – výstup bloku 7 regulátoru
- b_{lim} – žádaná hodnota mezního sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě
- b_{est} – výstupní signál bloku 6 odhadu sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě, tj. hodnota, která je monotónní funkcí odhadovaného sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě. Ve specifických případech je tato hodnota odhadovanému sklonu adhezní charakteristiky v pracovním bodě přímo úměrná nebo je mu rovna.
- Δb – hodnota na vstupu 7.1 bloku 7 regulátoru (odpovídající rozdílu ($b_{est} - b_{lim}$))
- T_R – vstupní parametr (tedy žádaná hodnota momentu trakčního motoru ve vzduchové mezeře zadáná buď uživatelem, nebo nadřazeným systémem, nebo hodnota veličiny tomuto parametru úměrné)
- K_T – korekční faktor
- ΔT_{ER} – periodický budicí signál
- T_{EO} – modifikovaný žádaný moment ve vzduchové mezeře trakčního motoru
- $T_{\delta r}$ – hnací nebo brzdový moment ve vzduchové mezeře trakčního motoru
- T_{δ} – odhadovaný moment (jde o odhadovaný aktuální moment ve vzduchové mezeře trakčního motoru)
- ω – úhlová rychlost otáčení (trakčního motoru nebo poháněné nápravy nebo poháněného kola)
- Sync – synchronizační signál.



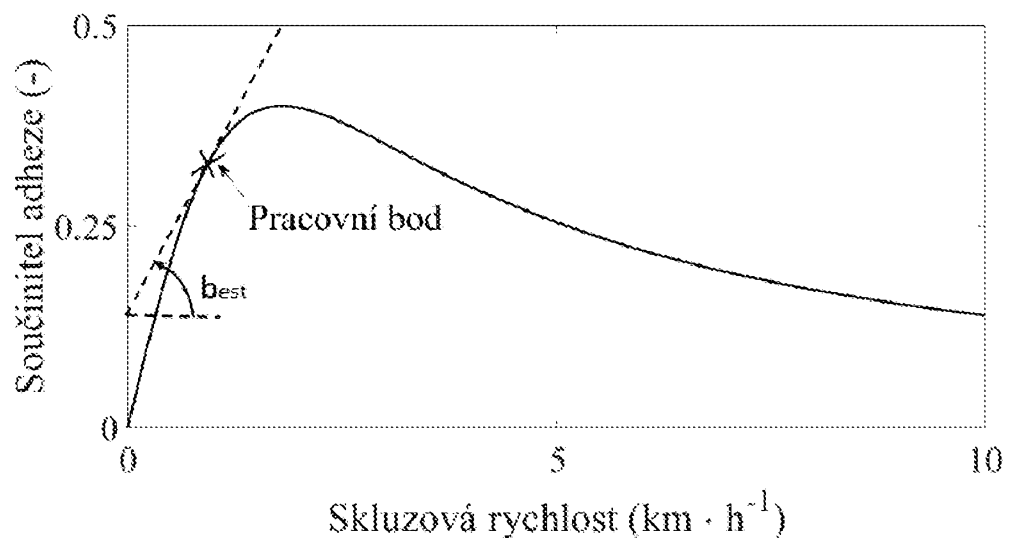
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4