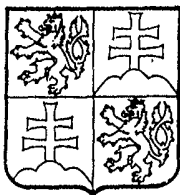


ČESKÁ A SLOVENSKÁ
FEDERATIVNÍ
REPUBLIKA
(19)



FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

271 644

(11)

(13) B1

(51) Int. Cl.⁵
G 01 F 23/26

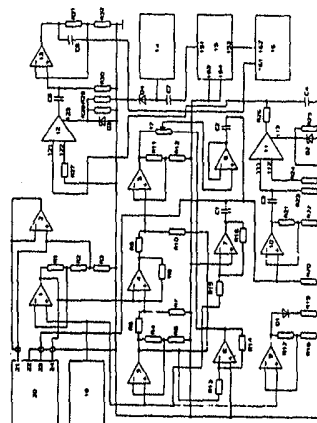
(21) PV 360-89.B
(22) Přihlášeno 19 01 89

(40) Zveřejněno 12 02 90
(45) Vydáno 09 09 91

(75) Autor vynálezu KUNERT MICHAEL ing., UHERSKÉ HRADIŠTĚ

(54) Zapojení kapacitního olejoměru s dvojitou
teplotní kompenzací, pracujícího na vyso-
ké frekvenci

(57) Podstata zapojení spočívá v tom, že velikost kapacity vysílače (20), která je závislá jednak na výšce zanoření, tak i na teplotě, se měří pomocí kapacitního můstku tvořeného kondenzátory (C 1) a (C 2). Velikosti napětí, kterými se napájí můstek, jsou řízeny pomocí teplotního čidla - termistoru, který je umístěn v hlavě kapacitního vysílače. Změny těchto napětí v závislosti na teplotě jsou zvoleny tak, aby se kompenzovala teplotní závislost dielektrických vlastností měřeného média.



Vynález se týká zapojení kapacitního olejoměru s dvojitou teplotní kompenzací, pracujícího na vysoké frekvenci, pro objemové měření hladin olejů v teplotním rozmezí - 20 až + 125 °C.

Dosavadní způsob řešení kapacitních olejoměrů pracuje na principu mŕstkové autokompenzační metody na frekvenci 400 Hz. Kapacita běžně používaných kapacitních vysílačů je v rozmezí 150 pF až 800 pF, což při uvažovaném kmítočtu 400 Hz představuje značnou impedanci se všemi negativními jevy, jako je rušení, citlivost na parazitní vodivost, svody a na délku přívodních vodičů. Také teplotní závislost permitivity měřeného oleje je značná a pro teplotní interval - 20 až + 125 °C, který je běžný u motorových leteckých přístrojů, vychází taková změna permitivity, a tím i výsledné kapacity vůči hodnotě při teplotě 25 °C, že neumožňuje plnit požadované parametry přesnosti olejoměru. Dále s teplotou narůstá i parazitní vodivost oleje, a to při teplotě + 125 °C se vodivost zvýší přibližně o dva řády vůči vodivosti při 25 °C. Při měření oleje, který je již používán v motoru a je tím znečištěn, také naroste parazitní vodivost, a to přibližně o dva řády oproti novému atestovanému oleji. Tímto způsobem je funkce běžného kapacitního mŕstku porušena a měřicí systém indikuje zcela chybné hodnoty nebo se neustále protáčí stejným směrem. Z těchto uvedených faktů vyplývá, že dosud používaný kapacitní autokompenzační systém, pracující na frekvenci 400 Hz, může vyhovovat pouze v laboratorních podmínkách při měření čistých olejů při pokojové teplotě. Takové řešení nevyhovuje praktickým podmínkám, zejména leteckého provozu. Další podmínkou, kterou je nutno plnit při výrobě měřicího systému, je vzájemná zaměnitelnost jednotlivých komponentů soupravy. S tím přímo souvisí otázka stabilní dvoubodové kalibrace soupravy. V zapojení, pracujícím na frekvenci 400 Hz s mŕstkovým transformátorem, je realizace dvoubodové kalibrace, která vyhovuje přísným požadavkům leteckého provozu, obtížná.

Uvedené nevýhody odstraňuje zapojení kapacitního olejoměru s dvojitou teplotní kompenzací, pracující na vysoké frekvenci, pro objemové měření hladin olejů v teplotním rozmezí - 20 až 125 °C podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že výstup oscilátoru je připojen jednak na neinvertující vstup prvního operačního zesilovače, třetího operačního zesilovače a devátého operačního zesilovače a jednak přes odpor na invertující vstup sedmého operačního zesilovače. Výstup prvního operačního zesilovače je spojen jednak koaxiálním kabelem, jehož stínění je uzemněno, s vnější elektrodou kapacitního vysílače, jednak přes odpor s výstupem čtvrtého operačního zesilovače, jednak s invertujícím vstupem čtvrtého operačního zesilovače a jednak s trojicí sériově zapojených odporů spojených se zemí. Spoj prvního a druhého odporu je spojen s invertujícím vstupem prvního operačního zesilovače zatímco spoj druhého a třetího odporu je připojen jednak na neinvertující vstup druhého operačního zesilovače a jednak přes stíněný koaxiální vodič na jeden konec termistoru umístěného v hlavě kapacitního vysílače a majícího druhý konec spojen se zemí. Stínění koaxiálního vodiče, připojeného na konec termistoru je spojeno s výstupem a s invertujícím vstupem operačního zesilovače. Výstup čtvrtého operačního zesilovače je přes odpor spojen s neinvertujícím vstupem pátého operačního zesilovače, na který je dále připojen přes odpor výstup třetího operačního zesilovače, který je současně připojen přes odpor na neinvertující vstup čtvrtého operačního zesilovače spojený přes odpor se zemí a přes odpor s invertujícím vstupem šestého operačního zesilovače. Výstup pátého operačního zesilovače je spojen se začátkem potenciometru autokompenzačního systému, jehož konec je spojen s výstupem šestého operačního zesilovače a jehož běžec je spojen s neinvertujícím vstupem osmého operačního zesilovače, který má svůj výstup spojen jednak se svým invertujícím vstupem a jednak přes kondenzátor s neinvertujícím vstupem desátého operačního zesilovače spojeným přes odpor se zemí, na který jsou dále připojeny jednak přes kondenzátor výstup sedmého operačního zesilovače a jednak vnitřní elektroda kapacitního vysílače pomocí koaxiálního vodiče s uzemněným stíněním. Šestý a sedmý operační

CS 271644 B1

zesilovač má vždy spojen svůj invertující vstup přes odpor se svým výstupem a neinvertující vstup se zemí. Třetí, pátý, devátý a desátý operační zesilovač má vždy svůj invertující vstup spojen jednak přes odpor se svým výstupem a jednak přes odpor se zemí. Výstup desátého operačního zesilovače je přes kondenzátor připojen na první vstup prvního vzorkujícího zesilovače spojený přes odpor se zemí a jehož druhý vstup je spojen přes odpor se zemí. Přepínací vstup prvního vzorkujícího zesilovače je spojen jednak přes odpor s katodou diody, jejíž anoda je spojena s výstupem devátého operačního zesilovače, jednak s katodou Zenerovy diody, jejíž anoda je spojena se zemí a jednak přes odpor se zemí. Výstup prvního vzorkujícího zesilovače je spojen přes odpor s prvním vstupem druhého vzorkujícího zesilovače spojeným přes kondenzátor se zemí, zatímco druhý vstup druhého vzorkujícího zesilovače je přes odpor spojen se zemí a přepínací vstup druhého vzorkujícího zesilovače je spojen jednak s katodou Zenerovy diody, jejíž anoda je spojena se zemí, jednak přes odpor se zemí a jednak přes odpor s katodou diody, jejíž anoda je spojena se zdrojem napětí. Výstup druhého vzorkujícího zesilovače je spojen přes kondenzátor s neinvertujícím vstupem jedenáctého operačního zesilovače, uzemněným přes odpor, zatímco výstup má jedenáctý operační zesilovač připojen přes odpor na svůj invertující vstup spojený přes odpor se zemí a jednak přes kondenzátor na vstup koncového stupně, jehož výstup je spojen se začátkem řídicího vinutí motorku autokompensačního systému, zatímco začátek jeho budicího vinutí je spojen přes kondenzátor se zdrojem napětí, přičemž konec budicího vinutí a konec řídicího vinutí motorku autokompensačního systému je spojen se zemí.

Výhodou uvedeného zapojení je ta skutečnost, že se eliminují teplotní změny měřeného oleje a jeho znečištění se vzrůstem parazitní vodivosti. Dále je možné celou měřicí soupravu přesně kalibrovat bez nutnosti několikanásobného opakování nastavování, protože kalibrace maxima a minima je nezávislá, a to za toho předpokladu, že jako první je nastavováno maximum měřeného rozsahu. Další výhodou uvedeného zapojení je ta skutečnost, že integrace fázově usměrněného napětí na výstupu jedenáctého vzorkujícího zesilovače eliminuje malé nahodilé změny, a tak se prodlužuje životnost potenciometru, a tím i celého přístroje. Praktická realizace tohoto zapojení ukázala, že teplotní změny u leteckého oleje B3V, které jsou až 34% pro uvažovaný teplotní rozsah - 20 až + 125 °C, lze použitím uvedeného zapojení eliminovat a tak měřit hladinu oleje v celém teplotním rozmezí s výslednou přesností lepší než 2 %.

Příklad provedení je schematicky znázorněn na připojeném výkrese.

Výstup oscilátoru 18 je připojen jednak na neinvertující vstupy prvního operačního zesilovače 1, třetího operačního zesilovače 3 a devátého operačního zesilovače 9 a jednak přes odpor R 15 na invertující vstup sedmého operačního zesilovače 7. Výstup prvního operačního zesilovače 1 je spojen jednak koaxiálním kabelem, jehož stínění je uzemněno, s vnější elektrodou 24 kapacitního vysílače 20, jednak přes odpor R 8 s výstupem čtvrtého operačního zesilovače 4, jednak s invertujícím vstupem čtvrtého operačního zesilovače 4 a jednak s trojicí sériově zapojených odporů R 1, R 2, R 3 spojených se zemí. Spoj prvního a druhého odporu R 1, R 2 je spojen s invertujícím vstupem prvního operačního zesilovače 1, zatímco spoj druhého a třetího odporu R 2, R 3 je připojen jednak na neinvertující vstup druhého operačního zesilovače 2 a jednak přes stíněný koaxiální vodič na jeden konec 21 termistoru umístěného v hlavě kapacitního vysílače 20 a majícího druhý konec 22 spojen se zemí. Stínění koaxiálního vodiče, připojeného na konec 21 termistoru je spojeno s výstupem a s invertujícím vstupem operačního zesilovače 2, přičemž výstup čtvrtého operačního zesilovače 4 je přes odpor R 9 spojen s neinvertujícím vstupem pátého operačního zesilovače 5, na který je dále připojen přes odpor R 10 výstup třetího operačního zesilovače 3, který je současně připojen přes odpor R 6 na neinvertující vstup čtvrtého operačního zesilovače 4 spojený přes odpor R 7 se zemí a přes odpor R 13 s invertujícím vstupem šestého operačního zesilovače

6. Výstup pátého operačního zesilovače 5 je spojen se začátkem potenciometru 17 autokompenzačního systému, jehož konec je spojen s výstupem šestého operačního zesilovače 6 a jehož běžec je spojen s neinvertujícím vstupem osmého operačního zesilovače 8, který má svůj výstup spojen jednak se svým invertujícím vstupem a jednak přes kondenzátor C 2 s neinvertujícím vstupem desátého operačního zesilovače 10 spojeným přes odpor R 20 se zemí, na který jsou dále připojeny jednak přes kondenzátor C 1 výstup sedmého operačního zesilovače 7 a jednak vnitřní elektroda 23 kapacitního vysílače 20 pomocí koaxiálního vodiče s uzemněným stíněním. Šestý a sedmý operační zesilovač 6, 7 má vždy spojen svůj invertující vstup přes odpor R 14, R 16 se svým výstupem a neinvertující vstup se zemí, zatímco třetí, pátý, devátý a desátý operační zesilovač 3, 5, 9, 10 má vždy svůj invertující vstup spojen jednak přes odpor R 4, R 11, R 17, R 21 se svým výstupem a jednak přes odpor R 5, R 12, R 18, R 22 se zemí. Výstup desátého operačního zesilovače 10 je přes kondenzátor C 3 připojen na první vstup 111 prvního vzorkujícího zesilovače 11 spojený přes odpor R 23 se zemí a jehož druhý vstup 112 je spojen přes odpor R 24 se zemí, zatímco přepínací vstup 113 prvního vzorkujícího zesilovače 11 je spojen jednak přes odpor R 19 s katodou diody D 1, jejíž anoda je spojena s výstupem devátého operačního zesilovače 9, jednak s katodou Zenerovy diody D 2, jejíž anoda je spojena se zemí a jednak přes odpor R 25 se zemí. Výstup prvního vzorkujícího zesilovače 11 je spojen přes odpor R 26 s prvním vstupem 121 druhého vzorkujícího zesilovače 12 spojeným přes kondenzátor C 4 se zemí, zatímco druhý vstup 122 druhého vzorkujícího zesilovače 12 je přes odpor R 27 spojen se zemí a přepínací vstup 123 druhého vzorkujícího zesilovače 12 je spojen jednak s katodou Zenerovy diody D 3, jejíž anoda je spojena se zemí, jednak přes odpor R 28 se zemí a jednak přes odpor R 29 s katodou diody D 4, jejíž anoda je spojena se zdrojem napětí 14. Výstup druhého vzorkujícího zesilovače 12 je spojen přes kondenzátor C 5 s neinvertujícím vstupem jedenáctého operačního zesilovače 13, uzemněným přes odpor R 30, zatímco výstup má jedenáctý operační zesilovač 13 připojen přes odpor R 31 na svůj invertující vstup spojený přes odpor R 32 se zemí a jednak přes kondenzátor C 6 na vstup 161 koncového stupně 16, jehož výstup 162 je spojen se začátkem 153 řídicího vinutí motorku 15 autokompenzačního systému, zatímco začátek 151 jeho budicího vinutí je spojen přes kondenzátor C 7 se zdrojem napětí 14, přičemž konec 152 budicího vinutí a konec 154 řídicího vinutí motorku 15 autokompenzačního systému je spojen se zemí.

Oscilátor 18 vyrábí pracovní frekvenci můstku 50 kHz až 100 kHz, kterou se účinně potlačí vliv parazitních vodivostí olejů, délky přívodních vodičů a svodů v kabeláži. Teplotní závislost změny permitivity oleje je lineární. Při vzrůstu teploty klesá permitivita, a tím i kapacita vysílače. Tato teplotní závislost permitivity oleje, a tím i vlastní kapacity vysílače 20 se kompenzuje teplotním čidlem - termistorem, které řídí velikosti dvou můstkových napětí. Odpory R 2 a R 3 je linearizován teplotní průběh termistoru a odporem R 1 je dosaženo požadované teplotní závislosti napětí na výstupu prvního operačního zesilovače 1. Z toho napětí je odvozeno napětí na výstupu pátého operačního zesilovače 5.

Teplotní závislost obou napětí je taková, že napětí na výstupu prvního operačního zesilovače 1 se zvyšující teplotou roste a napětí na výstupu pátého operačního zesilovače 5 klesá a že změna prvního napětí je větší než změna druhého napětí pro stejný teplotní interval. Dvojitá kompenzace je nutná proto, že velikost změny kapacity vysílače v závislosti na teplotě je také funkcí výšky zanoření, a proto je nutné samostatně kompenzovat proti sobě maximální i minimální hodnoty z měřeného rozsahu. Tak se účinně potlačí vliv výšky zanoření vysílače, a tím i této chyby pro celé teplotní rozmezí. Velikosti kondenzátorů C 1 a C 2 určují základní měřicí rozsah olejoměru a jejich velikosti se získají výpočtem podle parametrů měřeného oleje. Také hodnoty odporů R 1 až R 12, které určují charakteristiky teplotně závislých napětí se získají výpočtem

CS 271644 B1

podle vlastností měřeného oleje. Pro kalibraci soupravy, to je pro seřízení vysílače s vlastním olejoměrem, se využívá změna napětí na výstupu operačního zesilovače 5 a napětí na výstupu operačního zesilovače 7. Napětí na výstupu sedmého operačního zesilovače 7 se získá zesílením signálu z oscilátoru 18 v operačním zesilovači 7, který pomocí zpětnovazebního odporu R 16 umožňuje měnit jeho zesílení, a tím i velikost výstupního napětí. Velikostí odporu R 16 se tak nastavuje správná výchylka olejoměru na maximální pracovní hodnotě. Napětí na výstupu operačního zesilovače 6 realizuje elektrickou nulu na běžci potenciometru autokompenzačního systému 17 při indikaci maximální hodnoty z pracovního rozsahu. Tímto opatřením se dosáhne nezávislosti kalibrací minima a maxima. Velikost napětí na výstupu šestého operačního zesilovače je závislá na konstrukčním uspořádání přístroje. Toto napětí je realizováno operačním zesilovačem 6 se zpětnovazebními odpory R 13 a R 14, jejichž velikostmi lze získat požadovanou hodnotu napětí. Velikostí odporu R 5 lze měnit zesílení operačního zesilovače 3, a tím i velikost napětí na výstupu pátého operačního zesilovače 5, a v závislosti na tom i nastavování olejoměru v oblasti minimální výchylky. Operační zesilovač 2 je zapojen jako napěťový sledovač a jeho funkcí je potlačit vliv kapacity koaxiálního vodiče, kterým se napájí termistor umístěný v hlavě kapacitního vysílače 20. Operační zesilovač 2 udržuje nulový napěťový rozdíl mezi vnitřním vodičem a jeho stíněním, a proto nemá tato kapacita vliv na zesílení operačního zesilovače 1. Výstupní signál z běžce potenciometru autokompenzačního systému 17 je oddělen pomocí operačního zesilovače 8, aby nedocházelo ke vzniku nelinearity uprostřed pracovního rozsahu olejoměru. Při rozvážení můstku tvořeného kapacitami C 1 a C 2 změnou kapacity vysílače 20 vznikne rozdílový signál, který se zesílí operačním zesilovačem 10. Dále se tento signál zpracuje ve fázovém usměrňovači, tvořeném vzorkujícím zesilovačem 11, který je řízen ze základního oscilátoru 18 přes ořezávač tvořený operačním zesilovačem 9. Výstupní signál ze vzorkujícího zesilovače se dále zintegruje pomocí odporu R 26 a kondenzátoru C 4, a tím se získá stejnosměrné napětí. Toto napětí se v dalším fázovém usměrňovači realizovaném vzorkujícím zesilovačem 12 v rytmu 400 Hz řídicího kmitočtu srovnává s nulovou hodnotou napětí. Vzniklý signál se zesílí v operačním zesilovači 13 a dále v koncovém stupni. Tímto napětím se napájí řídicí vinutí 153, 154 motorku autokompenzačního systému 15, který pomocí potenciometru 17 nastaví takovou výchylku, aby napětí z můstku, tj. napětí na neinvertující vstupu operačního zesilovače 10 bylo opět nulové. Napětí pro budící vinutí 151, 152 motorku autokompenzačního systému 15 je pro dosažení potřebného fázového rozdílu 90 stupňů mezi řídicím a budícím vinutím napájeno přes kondenzátor C 7.

Navrhané zapojení je možné využít pro přesné objemové měření hladin oleje, kapalných paliv a jím podobných médií s podobnými dielektrickými vlastnostmi, v širokém teplotním rozmezí.

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

Zapojení kapacitního olejoměru s dvojitou teplotní kompenzací, pracujícího na vysoké frekvenci pro objemové měření hladin olejů v teplotním rozmezí -220 až + 125 °C, vyznačující se tím, že výstup oscilátoru (18) je připojen jednak na neinvertující vstup prvního operačního zesilovače (1), třetího operačního zesilovače (3) a devátého operačního zesilovače (9) a jednak přes odpor (R 15) na invertující vstup sedmého operačního zesilovače (7), přičemž výstup prvního operačního zesilovače (1) je spojen jednak koaxiálním kabelem, jehož stínění je uzemněno, s vnější elektrodou (24) kapacitního vysílače (20), jednak přes odpor (R 8) s výstupem čtvrtého operačního zesilovače (4),

jednak s invertující vstupem čtvrtého operačního zesilovače (4) a jednak s trojicí sériově zapojených odporů (R 1, R 2, R 3) spojených se zemí, přičemž spoj prvního a druhého odporu (R 1, R 2) je spojen s invertující vstupem prvního operačního zesilovače (1) zatímco spoj druhého a třetího odporu (R 2, R 3) je připojen jednak na neinvertující vstup druhého operačního zesilovače (2) a jednak přes stíněný koaxiální vodič na jeden konec (21) termistoru umístěného v hlavě kapacitního vysílače (20) a majícího druhý konec (22) spojen se zemí, přičemž stínění koaxiálního vodiče, připojeného na konec (21) termistoru je spojeno s výstupem a s invertující vstupem operačního zesilovače (2), přičemž výstup čtvrtého operačního zesilovače (4) je přes odpor (R 9) spojen s neinvertující vstupem pátého operačního zesilovače (5), na který je dále připojen přes odpor (R 10) výstup třetího operačního zesilovače (3), který je současně připojen přes odpor (R 6) na neinvertující vstup čtvrtého operačního zesilovače (4) spojený přes odpor (R 7) se zemí a přes odpor (R 13) s invertující vstupem šestého operačního zesilovače (6), přičemž výstup pátého operačního zesilovače (5) je spojen se začátkem potenciometru (17) autokompenzačního systému, jehož konec je spojen s výstupem šestého operačního zesilovače (6) a jehož běžec je spojen s neinvertující vstupem osmého operačního zesilovače (8), který má svůj výstup spojen jednak se svým invertující vstupem a jednak přes kondenzátor (C 2) s neinvertující vstupem desátého operačního zesilovače (10) spojeným přes odpor (R 20) se zemí, na který jsou dále připojeny jednak přes kondenzátor (C 1) výstup sedmého operačního zesilovače (7) a jednak vnitřní elektroda (23) kapacitního vysílače (20) pomocí koaxiálního vodiče s uzemněným stíněním, přičemž šestý a sedmý operační zesilovač (6, 7) má vždy spojen svůj invertující vstup přes odpor (R 14, R 16) se svým výstupem a neinvertující vstup se zemí, zatímco třetí, pátý, devátý a desátý operační zesilovač (3, 5, 9, 10) má vždy svůj invertující vstup spojen jednak přes odpor (R 4, R 11, R 17, R 21) se svým výstupem a jednak přes odpor (R 5, R 12, R 18, R 22) se zemí, přičemž výstup desátého operačního zesilovače (10) je přes kondenzátor (C 3) připojen na první vstup (111) prvního vzorkujícího zesilovače (11) spojený přes odpor (R 23) se zemí a jehož druhý vstup (112) je spojen přes odpor (R 24) se zemí zatímco přepínací vstup (113) prvního vzorkujícího zesilovače (11) je spojen jednak přes odpor (R 19) s katodou diody (D 1), jejíž anoda je spojena s výstupem devátého operačního zesilovače (9), jednak s katodou Zenerovy diody (D 2), jejíž anoda je spojena se zemí a jednak přes odpor (R 25) se zemí, přičemž výstup prvního vzorkujícího zesilovače (11) je spojen přes odpor (R 26) s prvním vstupem (121) druhého vzorkujícího zesilovače (12) spojeným přes kondenzátor (C 4) se zemí, zatímco druhý vstup (122) druhého vzorkujícího zesilovače (12) je přes odpor (R 27) spojen se zemí a přepínací vstup (123) druhého vzorkujícího zesilovače (12) je spojen jednak s katodou Zenerovy diody (D 3), jejíž anoda je spojena se zemí, jednak přes odpor (R 28) se zemí a jednak přes odpor (R 29) s katodou diody (D 4), jejíž anoda je spojena se zdrojem napětí (14), přičemž výstup druhého vzorkujícího zesilovače (12) je spojen přes kondenzátor (C 5) s neinvertující vstupem jedenáctého operačního zesilovače (13), uzemněným přes odpor (R 30), zatímco výstup má jedenáctý operační zesilovač (13) připojen přes odpor (R 31) na svůj invertující vstup spojený přes odpor (R 32) se zemí a jednak přes kondenzátor (C 6) na vstup (161) koncového stupně (16), jehož výstup (162) je spojen se začátkem (153) řídicího vinutí motorku (15) autokompenzačního systému, zatímco začátek (151) jeho budicího vinutí je spojen přes kondenzátor (C 7) se zdrojem napětí (14), přičemž konec (152) budicího vinutí a konec (154) řídicího vinutí motorku (15) autokompenzačního systému je spojen se zemí.

CS 271644 B1

