PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

277 528

ČESKÁ A SLOVENSKÁ FEDERATIVNÍ REPUBLIKA (19)

(21) Číslo přihlášky: **6735-90**

(22) Přihlášeno: 27. 12. 90

(40) Zveřejněno: 15. 07. 92

(47) Uděleno: 28. 12. 92

(24) Oznámeno udělení ve Věstníku: 17. 02. 93

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.[5]:
B 60 M 5/00
F 16 L 58/00

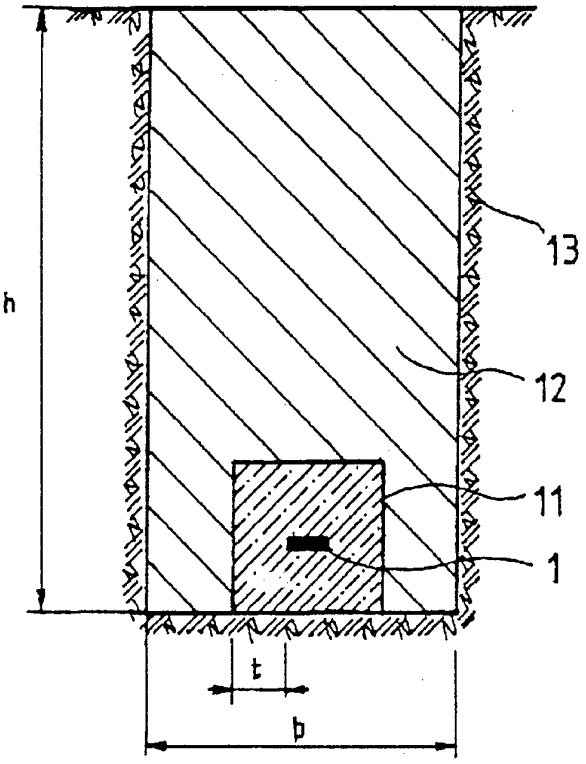
FEDERÁLNÍ ÚŘAD PRO VYNÁLEZY

(73) Majitel patentu:
Polák Josef ing. CSc., Praha, CS;

(72) Původce vynálezu:
Polák Josef ing. CSc., Praha, CS;

(54) Název vynálezu:
Zapojení ke zvýšení ochrany strojených zemničů proti korozi

(57) Anotace:
Zapojení řeší jednak eliminace korozních makročlánků, jednak a to především, podstatné snížení koroze bludnými proudy ze stejnosměrně elektrizované kolejové dopravy. V části stejnosměrného obvodu tvořeným galvanickou a iontovou proudovou cestou, na rozhraní strojený zemnič (1) - země (12, 13) je do série zapojen přídavný odpor R(O), vytvořený ze souvislého obložení (11), sestávajícího z alkalické elektrolyticky propustné hmoty, s výhodou z betonu, při čemž musí být splněna podmínka: 200 mm ≥ t ≥10 mm, s výhodou 70 mm ≥ t ≥ 30 mm, kde t je nejbližší vzdálenost od povrchu strojeného zemniče (1) k vnějšímu povrchu souvislého obložení (11).



CS 277 528 B6

Vynález se týká zapojení ke zvýšení ochrany strojených zemničů proti korozi, kterým se řeší jednak eliminace korozních makročlánků, jednak, a to především, podstatné snížení koroze bludnými proudy ze stejnosměrné elektrizované kolejové dopravy.

Uzemnění se zřizuje pro ochranu před úrazem elektřinou, pro ochranu před bleskem a přepětím nebo pro správnou činnost elektrických zařízení; podle účelu se dělí na ochranná, pracovní a hromosvodů. Uzemňovací soustava je tvořena souhrnem strojených a náhodných zemničů včetně uzemňovacích přívodů elektrického zařízení. Jako náhodné zemniče slouží kovové pláště kabelů, kovové potrubní sítě, železobetonové základy budov a dalších objektů. Strojený zemnič je vodivé těleso záměrně zřízené k vodivému spojení zařízení a předmětů se zemí. Pro účely strojených zemničů se používají pásková ocel, ocelový drát a trubka i úhelníky. Ve střední Evropě se pouze vyjímečně používají měděné zemniče, které jsou z hlediska odolnosti proti působení korozních makročlánků podstatně lepší než ocel, nicméně se tím vytváří předpoklad pro korozi ocelových zařízení v zemi (například ocelového potrubí).

Dosud se u ocelových zemničů jako určitý způsob protikorozní ochrany používá zinkový povlak v tloušťce několika desítek mikrometrů (v průměru asi 60 μm). Tento ochranný povlak anodického typu se však v půdách s měrným odporem do ρ = 50 až 100 Ωm znehodnocuje již v průběhu několika měsíců působením makročlánků, kde zinkový povlak je vždy anodou (rozpouští se). Potom koroduje vlastní ocelový podklad, takže strojené uzemnění může být úplně zničeno již v průběhu 10 let, v oblastech s bludnými proudy v podstatně kratší době. Příčinou jsou korozní makročlánky kterým nelze zabránit, protože z bezpečnostních důvodů musí být pospojovány různé materiály a konstrukce v různém korozním prostředí. Například vodivé propojení pozinkované oceli s ocelovou armaturou základového zemniče vede ke vzniku korozních proudů, kde anodou (tj. koroduje) tohoto makročlánku je pozinkovaná ocel a katodou uhlíková ocel v betonu. Hnací napětí tohoto článku (které lze zjistit zapojením vysokoohmického voltmetru mezi tyto dvě jinak nepropojené konstrukce) je $\Delta U = 0,8 \pm 0,1$ V. Po rozpuštění zinkového povlaku (do 2 let se hnací napětí sníží na hodnotu $\Delta U' = 0,4 \pm 0,2$ V. U dalších makročlánků je hnací napětí (jinak řečeno: rozdíl stacionárních korozních potenciálů) následující:

Uhlíková ocel (v betonu) - litinové potrubí (v zemi)
$\Delta U = 0,4 \pm 0,1$ V,
měď (v neutrální půdě - uhlíková ocel (v půdě) $\Delta U = 0,4 \pm 0,1$ V,
měď (v půdě) - uhlíková ocel (v betonu) $\Delta U = 0,0 \pm 0,1$ V.

Na rozdíl od uzemňovací sítě z pozinkované oceli, měděné zemniče proti uhlíkové oceli v betonu netvoří korozní anodu makročlánku. Jak je však uvedeno shora, měděné strojené zemniče se v ČSFR používají pouze vyjímečně. Z hlediska působení bludných proudů neznamená používání měděných zemničů žádnou výhodu, spíše naopak: na jednotku bludného proudu je u mědi vyšší úbytek než u uhlíkové oceli. V důsledku působení makročlánku ocel v betonu - ocel v zemi může u nízkoohmických zemničů stálý korozní proud dosáhnout hodnoty až několika ampér a tedy znehodnocení až několika desítek kg kovu za rok a sice v zastavěné nebo průmyslové

oblasti (na ploše asi 0,5 až 3 ha). V oblastech s bludnými proudy mohou být tyto ztráty až o 1 řád vyšší.

Výše uvedené nedostatky jsou odstraněny zapojením ke zvýšení ochrany strojených zemničů proti korozi, které jsou součástí uzemňovací soustavy, vytvářející tak složitý obvod stejnosměrného proudu. Podstatou tohoto zapojení podle vynálezu je, že ve stejnosměrném obvodu, tvořeným galvanickou a iontovou proudovou cestou (zemí), na rozhraní strojený zemnič - země je do série záměrně zapojen přídavný odpor R(O), vytvořený se souvislého obložení, sestávajícího z alkalické elektrolyticky propustné hmoty, s výhodou z betonu, při čemž musí být splněna podmínka: 200 mm ≥ t ≥ 10 mm, s výhodou: 70 mm ≥ t ≥ 30 mm, kde t je nejbližší vzdálenost od povrchu strojeného zemniče k vnějšímu povrchu souvislého obložení. Zapojení může být vytvořeno také tak, že souvislé obložení je uspořádáno u uzemňovacích přívodů až po výstup nad terén.

Navržené řešení vychází z některých známých skutečností a nově získaných poznatků. Jedna z antikorozních technik je založena na úpravě korozního prostředí. V daném případě jde o uložení strojených zemničů do obložení s pH ≥ 9, což znamená i posun stacionárního (korozního) potenciálu na rozhraní zemnič - elektrolyt ke kladnějším hodnotám (z termodynamického hlediska ušlechtilejším směrem), a tím dochází k podstatnému omezení korozních makročlánků. Proto byla obrácena pozornost ke zjištění možnosti využít pro tyto účely snadno dostupnou hmotu na každé stavbě, tj. betonu. Ukázalo se, že nejvýhodnější je beton na bázi portlandského cementu s obsahem minimálně 300 kg/m^3 směsi, s vodním součinitelem v/c = 0,6, kdy je optimálně spojeno hledisko dobrého zhutnění betonu a propustnosti betonu (tj. množství kapilár, trhlin, jinými slovy: pórovitosti betonu). Beton z portlandského cementu obsahuje relativně nejvíce volného oxidu vápenatého CaO, z kterého se po přidání vody vytváří hydroxid vápenatý $Ca(OH)_2$. Ten zajišťuje alkalitu betonu v hodnotě pH = 12,6 s pasivačním (ochranným) účinkem vytvořeného povlaku na povrchu oceli. Při použití pozinkované oceli v betonovém obložení působí hydroxid vápenatý tak, že se na povrchu strojeného zemniče vytvoří zinečnan vápenatý, který ještě zlepšuje pasivační účinek a posouvá ochranu proti korozi do rozmezí pH = 7 až 12,6. Tedy i po karbonizaci betonu vlivem CO_2 a po působení chloridů (NaCl) je zajištěna požadovaná životnost strojených zemničů typu FeZn.

Pro výhodné použití silikátového obložení strojených zemničů je důležité zjištění, že koroze bludnými proudy je významně zpomalována elektrochemickými reakcemi (jako je například oxidace OH^- nebo Cl^- a podobně). Na kovu uloženém v betonu je vytvořen pasivní film pokrývající jeho celý povrch, který ztěžuje přechod iontů Fe^{2+}, Zn^{2+} do elektrolytu, a tím i proces koroze. Na rozdíl od oceli uložené v půdě nebo ve vodě je v alkalickém prostředí betonového obložení vytvořena vrstva gama oxidu železa (τ-Fe_2O_3), kterou prochází stejnosměrný proud na úkor shora uvedených reakcí. Do určité hustoty korozního proudu neprobíhá koroze podle

Faradayova vztahu (tj. 9,2 kg železa na jeden ampér za rok); bylo zjištěno, že při hustotě anodického proudu $j \leq 75$ mA.m^{-2} koroze strojeného zemniče je prakticky nulová. Až do hustoty korozního proudu $j = 1\,800$ mA.m^{-2} je korozní úbytek kovu v průměru 10 x nižší. Při větší hustotě se ochranný efekt snižuje (například při $j = 5$ A.m^{-2} je asi 2 x nižší). V katodické oblasti (kde bludný proud vstupuje do uzemňovací soustavy) nehrozí pro dosahované hustoty proudu nebezpečí porušení homogenity betonového obložení: vlivem katodické polarizace popřípadě uvolněný H_2 difunduje do pórů. V této souvislosti je třeba poznamenat, že podle provedených šetření na místě, průměrná hustota bludného proudu na povrchu kovového zemniče nepřekračuje obvykle hodnotu $j = 200$ mA.m^{-2}. Tento způsob ochrany prodlužuje životnost strojeného zemniče několikrát, nejméně na dobu 40 let. Aby bylo možno doporučit betonové obložení pro praktické použití, bylo nutno prokázat, že se podstatně nezvyšuje zemní odpor strojených zemničů proti stavu bez tohoto obložení. K tomu účelu byla provedena laboratorní i provozní šetření u různých druhů betonu, jejichž pevnost v tlaku (28-denní) byla v rozmezí 13 až 47 MPa. Bylo zjištěno, že u betonu uloženého v zemi v hloubce 0,5 až 1,0 m s normální půdní vlhkostí, je měrný odpor v rozmezí $\rho = 45$ až 90 Ωm (v závislosti na druhu betonu a chemickém složení vody obsažené v půdě, případně i teploty). S ohledem na měrný elektrický odpor půdy v podmínkách ČSFR neznamená uložení strojených zemničů do betonového obložení prakticky žádné zvýšení zemního odporu. Naopak - s ohledem na větší průřez zemniče, byly zjištěny u referenčních instalací poněkud nižší hodnoty zemního odporu. Z provedených šetření však vyplynulo, že k dosažení požadovaného efektu nesmí mít betonové obložení malou tloušťku, protože ochranný účinek by byl nízký. Naopak - při velké tloušťce t se neúměrně zvýší zemní odpor a současně i pořizovací náklady.

Na připojeném výkresu je znázorněn příklad provedení zapojení podle vynálezu, kde na obr. 1 je půdorysné schéma zastavěného areálu s vyznačením obvodů stejnosměrného proudu v důsledku působení korozních makročlánků na rozhraní kov - elektrolyt (půda, beton), na obr. 2 je nakreslen řez rovinou I - I' vyznačenou na obr. 1 v místě uložení strojeného zemniče v provedení podle vynálezu, tj. pozinkovaný ocelový pásek má souvislé obložení z betonu a na obr. 3 je znázorněna část stejnosměrného obvodu mezi strojeným zemničem, zemí a úložnými konstrukcemi a sice (podle obr. 1) u uzlů A a B s vyznačením přídavného odporu R(O). Jedná se o odpor při průchodu proudu ze strojeného zemniče přes obložení do země.

Zapojení podle vynálezu je možno prakticky ukázat na příkladu, který je z různých pohledů rozveden do tří obrázků jak je uvedeno shora. Bylo nutno vybudovat uzemnění pro nové elektrické zařízení 5 v daném případě transformační stanici, která je situována v zastavěném areálu, s kolejovou dopravou elektrizovanou stejnosměrným systémem, kde vedle bludných proudů s převládajícím směrem 8 se významně projevují i kapacitní proudy, takže je nutno zřídit uzemňovací soustavu se zemním odporem $R_z < 0,5$ Ω tak, aby v průběhu času nedošlo ke zvýšení zemního odporu vlivem koroze.

V sousedství je úložná kovová konstrukce 6, v daném případě ocelové potrubí, dále jsou zde situovány úložné železobetonové konstrukce 7, základy objektů občanské a bytové výstavby. Objekty 5, 6, 7 jsou vzájemně galvanicky propojeny 3, nulovým vodičem respektive pospojováním uzemnění.

Vybudování standardního strojeného uzemnění 1 a uzemňovacích přívodů 2 z pozinkovaných ocelových pásků a drátů uložených přímo v zemi 12 by bylo neekonomické, protože by bylo nutno po cca 5 letech provést generální opravu uzemňovací soustavy a navíc by bylo nutné provádět periodické kontroly stavu uzemnění každé 2 roky. Je proto výhodné poněkud zvýšit jednorázové pořizovací náklady (na betonové obložení), a tím navíc zajistit provozní bezpečnost a technické parametry elektrického zařízení 5 v celém průběhu plánované životnosti. Standardním provedením by nebylo možno zabránit vzniku korozních perforací strojeného zemniče 1 v uzlech A, B, C, kde korozní proud I_A, I_B, I_C přechází do země 13 a iontovou proudovou cestou 4 přechází ke katodám makročlánků, tj. do úložných konstrukcí 6, 7. Odtud potom galvanickou proudovou cestou 3 teče korozní proud $I_D + I_E$ přes uzemněné elektrické zařízení 5 a uzemňovací přívody 2 zpět do strojeného zemniče 1 (do uzlů D, E), čímž je okruh uzavřen (přes podélné odpory R_1).

Nabízí se zde výhodné použití zapojení podle vynálezu: mezi přechodové odpory strojený zemnič 1 - země 13, tj. R_{14} a země 13 - úložná konstrukce 6, 7, tj. R_{46} respektive R_{47} se vloží odpor $R_4(0)$, tj. souvislé obložení 11, s výhodou beton z portlandského cementu při t = 50 mm, do hloubky h = 0,8 m. Obdobně se souvislé obložení 11 provede u uzemňovacích přívodů 2. Tímto opatřením se prakticky eliminuje vliv korozních makročlánků a řádově se omezí nepříznivý účinek bludných proudů. U části uzemňovacích přívodů 2 může být provedena pasivní ochrana (plastová izolace, trubky a podobně).

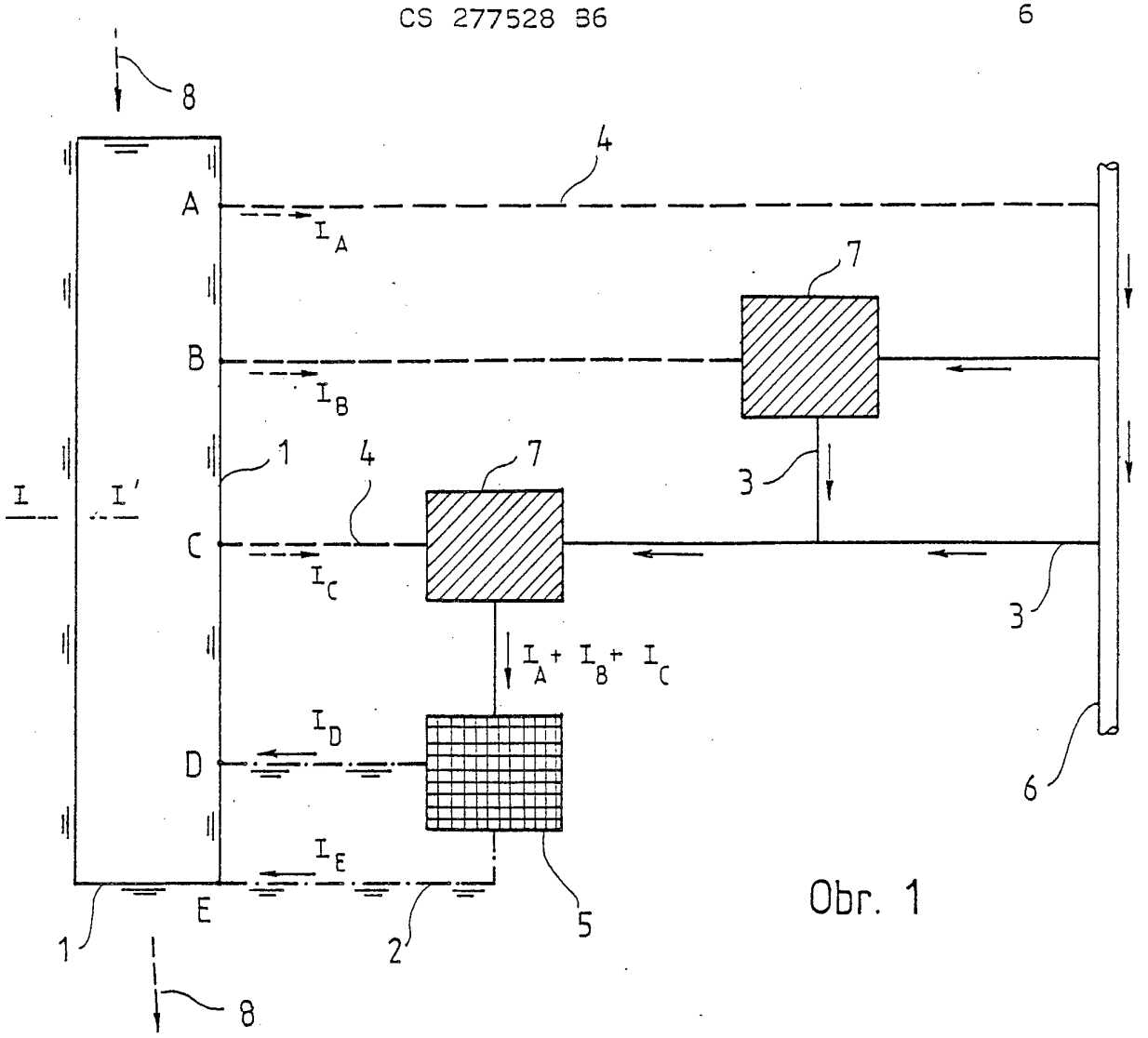
Zapojení podle vynálezu lze s výhodou využít u nově budovaných i rekonstruovaných uzemňovacích soustav v zastavěných oblastech s bludnými proudy a ve všech místech, kde je relativně nízký měrný odpor půdy $\varrho \leq 80$ Ωm. Vynález lze použít jak v průmyslových závodech, tak i u objektů občanské a další výstavby ve městech.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

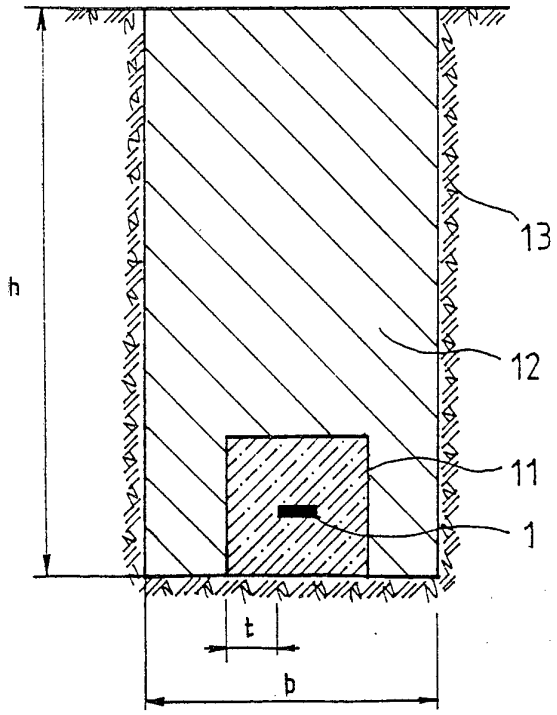
1. Zapojení ke zvýšení ochrany strojených zemničů proti korozi, které jsou součástí uzemňovací soustavy, vytvářející tak složitý obvod stejnosměrného proudu, vyznačující se tím, že ve stejnosměrném obvodu tvořeným galvanickou (3) a iontovou proudovou cestou (4), na rozhraní strojený zemnič (1) - země (12, respektive 13) je do série zapojen přídavný odpor R(O), vytvořený ze souvislého obložení (11), sestávajícího z alkalické elektrolyticky propustné hmoty, s výhodou z betonu, přičemž musí být splněna podmínka: 200 mm ≥ t ≥ 10 mm, s výhodou 70 ≥ t ≥ 30 mm, kde t je nejbližší vzdálenost od povrchu strojeného zemniče (1) k vnějšímu povrchu souvislého obložení (11).

2. Zapojení podle bodu 1, vyznačující se tím, že souvislé obložení (11) je uspořádáno u uzemňovacích přívodů (2) až po výstup nad terén.

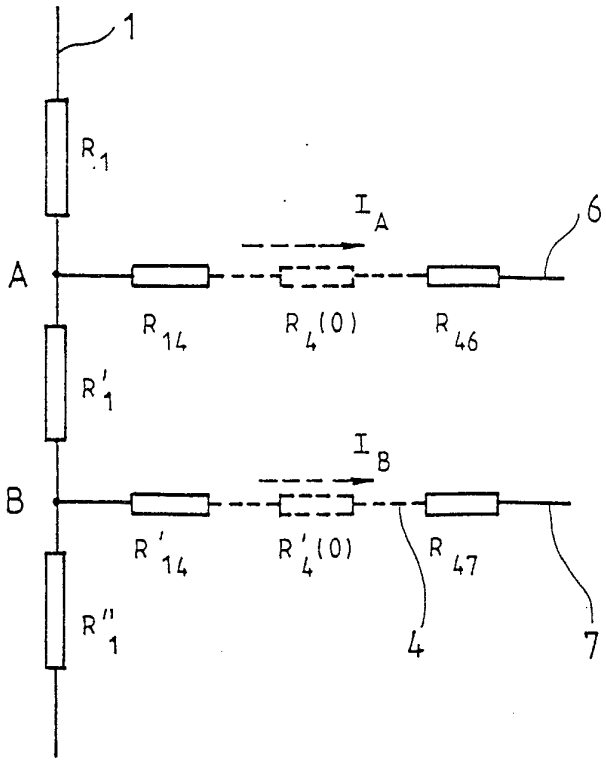
1 výkres



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3

Konec dokumentu