

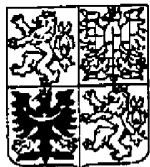
PRIHLASKA VYNALEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

3849-96

(19)

ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **29. 04. 96**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **02.05.95**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **95/9501664**

(33) Země priority: **SE**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **12. 03. 97**
(Věstník č. 3/97)

(86) PCT číslo: **PCT/SE96/00558**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 96/35128**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.⁶:

G 01 R31/02

G 01 R31/34

(71) Přihlášovatel:

ABB RESEARCH LTD., Zürich, CH;

(72) Původce:

Eriksson Thomas, Uppsala, SE;

Leijon Mats, Västerås, SE;

(74) Zástupce:

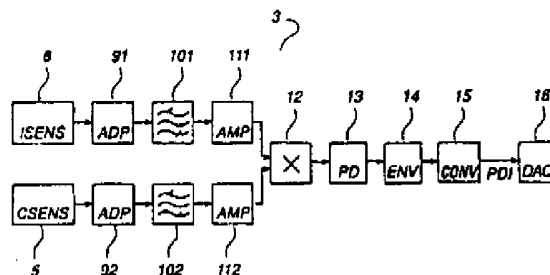
Traplová Jarmila JUDr., Přístavní 24, Praha
7, 17000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Způsob monitorování vnitřních
částecných výbojů v silovém transformá-
toru a zařízení k jeho provádění**

(57) Anotace:

Při způsobu za normálních provozních podmínek je induktivním senzorem (6), zahrnujícím alespoň jednu cívku (6a, 6b) uspořádanou při vysokonapěťové průchodce (2) na silovém transformátoru, snímáno magnetické pole při této průchodce (2) a kapacitním senzorem (5) se snímá elektrické pole při uvedené průchodce (2). Výstupní signály z uvedených senzorů (5, 6) jsou přivedeny do signálové zpracovatelské jednotky (3), ve které je každý z těchto výstupních signálů filtrován v oddělených pásmových filtrech (101, 102), načež zfiltrované výstupní signály z uvedených senzorů (5, 6) jsou vzájemně znásobeny. V závislosti na výsledku uvedeného násobení je vytvořen výstupní signál (PDI) ze signálové zpracovatelské jednotky (3) za účelem detekce vnitřních částecných výbojů v transformátoru. Rovněž je uvedeno i zařízení k provádění způsobu.



CZ 3849-96 A3

Způsob monitorování vnitřních částečných výbojů v silovém transformátoru *z důvodu jeho monitorování*

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu monitorování částečných výbojů v elektrickém silovém transformátoru za normálních provozních podmínek a zařízení k provádění tohoto způsobu.

Zařízení zahrnuje směrově reagující dvou senzorové systémy pro snímání jak elektrického tak i magnetického pole vytvořeného výbojem.

Dosavadní stav techniky

Porušení izolačního materiálu nebo jiné závady na tomto materiálu jsou příčinou nehomogenních polí v tomto materiálu, přičemž jejich intenzita je tak vysoká, že dochází v tomto materiálu k lokálním a částečným výbojům. Tento jev je obecně popsán, např. v E. Kuffel, W.S. Zaengl: High Voltage Engineering, Pergamon Press, 1984.

Částečné výboje jsou obvykle měřeny použitím kapacitního oddělení od objektu, který má být měřen, a detekční jednotky, např. můstkového nebo rychlého digitálního měniče a počítače. V IEC Publication 270: "Partial Discharge Measurements", 1981, druhé vydání, jsou popsány standardní metody měření částečných výbojů a kalibrace měřicích přístrojů.

Měření částečných výbojů za použití indukčních senzorů založených na Rogowského cívkách je popsáno ve zprávě z mezinárodní konference o vysokonapětové technice z roku 1987, svazek 2, str. 42.02, H. Borsi, M. Hartje: "Application of Rogowski coils for Partial Discharge (PD), decoupling and noise suppression".

Výskyt částečných výbojů ve vysokonapětovém zařízení

často indikuje stav, který předchází poruše na tomto zařízení.

Silový transformátor je obvykle důležitá součást energetické sítě. Rozsáhlé poruchy na transformátoru mohou způsobit dlouhotrvající přerušení energetické sítě a nákladné opravy. Je tudíž žádoucí pokud možno co nejdříve zjistit příčiny poruchy transformátoru. Silový transformátor je často opatřen kapacitní testovací odbočkou, která může být použita jako kapacitní oddělovač. Je tudíž možné provést konvenční měření částečných výbojů rovněž za normálních provozních podmínek.

Problémem, který se vyskytne během měření v transformátorové stanici, které je možné srovnat s měřením v prostředí testovací komory, je rušení, které vytváří zařízení a vedení, která obklopují transformátor. Za účelem vyřešení problému s vnějším rušením byly navrženy a vyzkoušeny různé techniky, např. technika rozpoznávání PRPDA a tvarů používající neurální sítě, která je popsána, např. ve zprávě IEE- Science Measurement and Technology, svazek 142, č. 1, leden 1995, str. 22-28, B.A. Fruth, D. W. Gross: "Partial discharge signal generation transmission and acquisition", a ve zprávě IEE-Science Measurement and Technology, svazek 142, č. 1, leden 1995, str. 69-74, H.Borsi, E. Gockenbach, Wenzel: "Separation of partial discharges from pulse-shaped noise signals with the help neural networks". Obě tyto techniky jsou založeny na zjištění typického tvaru signálu. Při analýzách podle PRPDA techniky jsou data sbírány uvnitř určité časové periody, načež se tvary náležící těmto datům porovnávají s tvary známých typů výbojů. Neurální sítě jsou používány k rozpoznání tvarů vln určitých specifických výbojů. Při obou těchto technikách je oddělení částečných výbojů provedeno konvenčním způsobem.

Podstata vynálezu

Cílem vynálezu je poskytnout zlepšený způsob monitorování částečných výbojů v silovém transformátoru, který umožňuje oddělit vnitřní částečné výboje v transformátoru od vnějšího rušení a který může být použit v jak dosud existujících, tak i v nových transformátorech, a zařízení k provádění tohoto způsobu.

Znaky způsobu a zařízení podle vynálezu budou zřejmé z připojených nároků.

Zařízení podle vynálezu je levné, spolehlivé, jednoduché a vhodné pro použití v jak existujících, tak i v nových transformátorech, přičemž může být rovněž použito společně s pokročilými systémy sběr dat, např. systémy PRPDA, jejichž provedení může zlepšit.

Stručný popis obrázků

Vynález bude v následujícím textu podrobněji vysvětlen pomocí jeho příkladných provedení spolu s odkazy na připojené výkresy, na kterých:

obr. 1 schématicky zobrazuje část silového transformátoru s vysokonapětovou průchodkou a zařízení podle vynálezu,

obr. 2 až 4 zobrazují tvary výstupních signálů ze zařízení podle vynálezu,

obr. 5 až 8 zobrazují další tvary výstupních signálů ze zařízení podle vynálezu,

obr. 9A schématicky zobrazuje část indukčního senzoru podle vynálezu,

obr. 9B schématicky zobrazuje boční pohled na vysokonapětovou průchodku s označením místa pro indukční

senzory podle vynálezu,

obr. 9C schématicky zobrazuje spodní pohled na vysokonapětovou průchodku podle obr. 9B a

obr. 10 zobrazuje blokový diagram sdružovací jednotky podle vynálezu.

Příklady provedení vynálezu

Obr. 1 zobrazuje část elektrického silového transformátoru 1 s vysokonapětovou průchodkou 2. Na transformátoru v blízkosti vysokonapětové průchodky se nalézá sdružovací jednotka, která je prostřednictvím vodiče připojena ke kapacitní testovací odbočce 5. K sdružovací jednotce je rovněž prostřednictvím vodičů 7a, 7b připojen indukční senzor 6, který bude podrobně popsán v následujícím textu a který zahrnuje dvě cívky 6a a 6a. Tento senzor je uspořádán ve spodní části vysokonapětové průchodky bezprostředně nad přírubou, skrze kterou prochází tato průchodka do transformátoru.

Indukční senzor je založen na principu Rogowského cívky, avšak je modifikována za účelem dosažení dostatečné citlivosti a usnadnění instalace a výroby. Indukční senzor zahrnuje (obr. 9a, 10b, 10c) relativně krátké cívky 6a, 6b, které jsou prostřednictvím vodiče 7c vzájemně sériově zapojeny. Každá z těchto cívek (na obr. 9a je zobrazena jedna z nich) je navinuta na magnetické jádro 61a, 61b a potom jsou obě cívky vzájemně zapojeny do série. Obr. 9a zobrazuje provedení cívek a obr. 9b a 9c zobrazují výhodné umístění těchto cívek. Za účelem potlačení rušení jsou obě cívky protilehle uspořádány na vysokonapětové průchodce a k této průchodce jsou připevněny, např. lepením.

Jako kapacitní senzor je použita kapacitní testovací odbočka na vysokonapětové průchodce.

Do signálové sdružovací jednotky (obr.10) jsou přivedeny příslušné signály z induktivního senzoru 6 a kapacitní testovací odbočky 5. Tato signálová sdružovací jednotka zahrnuje dva sdružovací obvody 91, 92 pro sdružení příslušných signálů na vzájemně společnou úroveň a pro zesílení na vhodnou úroveň signálu. Sdružení je provedeno prostřednictvím pasivních obvodových členů s odporovými, induktivními a kapacitními impedancemi. Každý z těchto výstupních signálů z příslušného sdružovacího obvodu je potom přiveden do rozdílných pásmových filtrů 101, 102, přičemž tyto filtry jsou naladěny na rezonanční kmitočet cívek. Rezonanční frekvence cívek byla zvolena za účelem dosažení nejlepšího poměru signál/šum.

Výstupní signály z pásmových filtrů jsou přivedeny do zesilovacích prostředků 111, 112 a výstupní signály z těchto prostředků jsou vedeny do násobícího prostředku 12, ve kterém jsou oba signály vzájemně znásobeny. Výstupní signál z tohoto násobiče má buď kladné nebo záporné znaménko, což závisí na původním výboji.

Princip měření je založen na stanovení polaritý částečného výboje pomocí výstupního signálu z kapacitní testovací odbočky, zatímco směr proudového impulsu spojený s výbojem je stanoven pomocí výstupního signálu z induktivního senzoru. Proto snímáním elektrického jakož i magnetického pole vytvořeného částečným výbojem může být stanoven tok výkonu výboje, přičemž výstupní signál z násobícího prostředku má buď kladnou nebo zápornou polaritu, což závisí na tom, ve kterém místě je výboj generován. Výboje vně transformátoru odpovídají signálům s kladnou polaritou, nebo naopak, což závisí na tom, jak jsou cívky induktivního senzoru navinuty. Hraniční linií pro tuto změnu polaritý je místo, ke kterému jsou cívky přiloženy, což je obvykle při základně průchodky.

Výstupní signál z násobícího prostředku je přiveden do

detektoru 13 špičkových hodnot, z kterého vystupují pouze signály z kladnou polaritou. Výstupní signál z tohoto detektoru špičkových hodnot je potom přiveden do ??? obvodu 14, který prodlouží čas doznívání pro jeho vstupní signál. Amplituda výstupního signálu ze skupinového obvodu je vztažena k úrovni vnitřního výboje, takže zvýšení úrovně vnitřního výboje vede ke zvýšení hodnoty výstupního signálu z skupinového obvodu. Tento výstupní signál je přes převodní obvod 15, který převede výstupní signál ze skupinového obvodu na odpovídající stejnosměrný proud PDI, přiveden do systému 16 pro získání dat, který je uspořádán mimo signálovou sdružovací jednotku. Stejnosměrný proud PDI, který je veden ze signálové sdružovací jednotky do systému pro získání dat, bude tudíž odpovídat rozsahu vnitřního výboje. Tento stejnosměrný proud je v jednotce pro získání dat porovnán s předem nastavenou poplachovou úrovní, která je naprogramována do jednotky pro získání dat, přičemž tato poplachová úroveň označuje nenormální stav transformátoru a tudíž stav, při kterém by se mělo provést pečlivé vyšetření transformátoru. Toto vyšetření může být provedeno, např. dostupnými diagnostickými přístroji (viz. např. Zpráva z 1995 Stockholm Power Tech Conference, C. Bengtsson: "Status and trends in Transformer Monitoring").

Popsaný senzorový systém může být rovněž zlepšen, např. diagnostickým měřením PRPDA.

Popsaný směrově reagující dvousenzorový systém pro snímání částečných výbojů vykázal během laboratorních testů dobrou schopnost rozlišení vnitřních výbojů od vnějších. Tato schopnost byla rovněž ověřena během praktického měření na 100 MVA transformátoru.

Obr. 2 až 4 a 5 až 8 zobrazují typické tvary výstupních signálů ze signálové sdružovací jednotky vynesené do grafu, kde horizontální osa znázorňuje čas t a vertikální osa

amplitudu PDI výstupního signálu.

Obr. 2 až 3 zobrazují tvary signálu pozorované v prostředí testovací komory se senzory přiloženými k oddělené vysokonapětové průchodce opatřené kapacitní testovací odbočkou. Výboje byly simulovány přivedením kladných nebo záporných kalibračních impulsů podle IEC Publication 270 na obě strany průchodky. Obr. 2 zobrazuje výstupní signál pro případ externě aplikovaného kalibračního impulsu a obr. 3 znázorňuje výstupní signál pro případ interně aplikovaného kalibračního impulsu. Jak je to zřejmé z těchto obrázků, tento systém může zřetelně rozlišit vnitřní výboje od vnějších tím, že vnější výboje způsobí záporný výstupní signál a vnitřní výboje vedou ke kladnému výstupnímu signálu.

Tato znaménková dohoda je rovněž použita v souvislosti s obr. 4 a 5 až 8.

Obr. 4 zobrazuje tvary signálu pozorované pomocí senzorů aplikovaných na laboratorní transformátor. Vnější rušení jsou simulována prostřednictvím hrotového rovinného jiskřiště připojeného k vysokému napětí, přičemž obrázek zobrazuje vnější rušení (koronu) jak pro polovinu periody (nižší horizontální osa) tak i s vyšším časovým rozlišením (horní horizontální osa).

Obr. 5 až 8 zobrazují tvary signálu pozorované senzory přiloženými na 130/50 kV, 100 MVA transformátor opatřený kapacitní testovací odbočkou na vysokonapětové průchodce. Tento transformátor předtím nejevil žádné známky částečných výbojů.

Obr. 5 zobrazuje tvary signálu pozorované senzory aplikovanými na fázi 1 a fázi 2, přičemž vnější kalibrační impuls je přiveden na fázi 2. Jak je to zřetelné z tohoto obrázku, je pozorován výstupní signál se zápornou polaritou (dolní horizontální osa). Vzhledem ke kapacitnímu spřažení mezi uvedenými fázemi, kalibrační impulsy rezultují ve

výstupní signál rovněž na fázi 1 (horní horizontální osa).

Obr. 7 až 9 zobrazují tvary signálu pozorované při použití transformátoru připojeného na 130 kV vedení a majícího nazatíženou 50 kV sekundární větev.

Obr. 7 zobrazuje s vysokým stupněm časového rozlišení typické tvary signálů pozorované na fázi 2 s množstvím výbojů.

Obr. 8 zobrazuje typické tvary signálu pozorované během celé periody na fázi 2 (horní horizontální osa) a fázi 1 (dolní horizontální osa).

Pro obě fáze je profil výboje zcela stejný a jsou detekovány pouze záporné signály. To znamená, že nedochází k žádným vnitřním výbojům a předpokládá se, že tyto pozorované výstupní signály jsou způsobeny vnějším rušením (hlavně korunou) z přívodních vedení a ze spínacích zařízení.

Paralelně s elektrickým měřením bylo provedeno akustické měření částečných výbojů PD. Žádné signály, které by indikovaly výskyt vnitřních výbojů, nebyly pozorovány.

Obr. 8 zobrazuje typické tvary signálu pozorované během provozu transformátorového přepínače. Kladné části výstupního signálu indikují vnitřní přechodové jevy. Velikost signálů způsobených provozem transformátorového přepínače je o několik řádů větší než velikost signálů způsobených částečnými výboji, které má zařízení snímat. Z tohoto důvodu jsou zesilovače satureovány a dochází k průvodnímu fázovému posunu. To je důvod pro výskyt záporných hodnot výstupního signálu na obr. 9.

Obr. 5 až 8 dokazují, že systém je schopný rozlišení mezi vnitřními a vnějšími výboji rovněž za praktických podmínek.

Vynález není limitován na zobrazená provedení, avšak je

možné v rozsahu vynálezu provést modifikace snadno realizovatelné odborníkem v daném oboru. Z tohoto důvodu induktivní senzor nemusí být nutně proveden ve formě cívek zapojených do série, nýbrž může být proveden jako jediná cívka. Jako kapacitní senzor může být výhodně použita kapacitní testovací odbočka vysokonapěťové průchodky, avšak pro snímání elektrického pole sdruženého s částečným výbojem může být použit rovněž i jiný senzor.

Výsledky uvedených testů, jednoduchost senzorového systému, nízké náklady na jeho výrobu a jednoduchost instalace senzorového systému naznačují, že vynález je vhodný pro monitorování s přímou vazbou jak nových, tak i existujících silových transformátorů.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Způsob monitorování částečných výbojů v elektrickém silovém transformátoru (1) za normálních provozních podmínek, v y z n a č e n ý t í m, že magnetické pole při vysokonapěťové průchodce (2) na silovém transformátoru je snímáno induktivním senzorem (6) zahrnujícím alespoň jednu cívku (6a, 6b) uspořádanou při této průchodce a elektrické pole při uvedené průchodce je snímáno kapacitním senzorem (5); přičemž výstupní signály z uvedených senzorů jsou přivedeny do signálové zpracovatelské jednotky (3), ve které je každý z těchto výstupních signálů filtrován v oddělených pásmových filtrech (101, 102) a zfiltrované výstupní signály z uvedených senzorů jsou vzájemně znásobeny, přičemž v závislosti na výsledku uvedeného násobení je vytvořen výstupní signál (PDI) ze signálové zpracovatelské jednotky za účelem detekce vnitřních částečných výbojů v transformátoru.

2. Způsob podle nároku 1, v y z n a č e n ý t í m, že elektrické pole je snímáno kapacitním senzorem, který zahrnuje kapacitní testovací odbočku (5) na vysokonapěťové průchodce.

3. Zařízení pro monitorování částečných výbojů v elektrickém silovém transformátoru (1) za normálních provozních podmínek, v y z n a č e n é t í m, že zahrnuje induktivní senzor (6) obsahující alespoň jednu cívku (6a, 6b) uspořádanou při vysokonapěťové průchodce (2) na silovém transformátoru, kapacitní senzor (5) uspořádaný na průchodce a signálovou zpracovatelskou jednotku (3), do které jsou přivedeny výstupní signály z uvedených senzorů, přičemž tato zpracovatelská jednotka zahrnuje pásmové filtry (101, 102) pro filtraci příslušných výstupních signálů z uvedených

senzorů a násobící prostředek (12), který vzájemně násobí signály odvozené od příslušného pásmového filtru a tato zpracovatelská jednotka vytváří v závislosti na výstupním signálu z násobícího prostředku výstupní signál (PDI) za účelem detekce vnitřních výbojů v transformátoru.

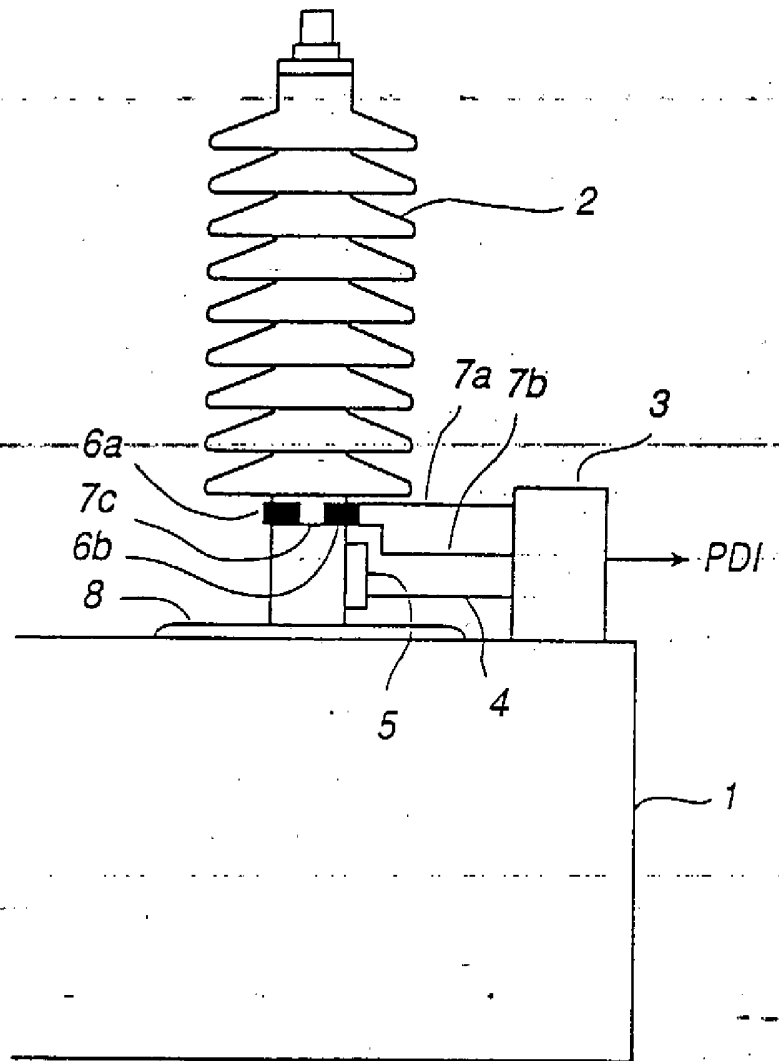
4. Zařízení podle nároku 3, v y z n a č e n é t í m, že induktivní senzor zahrnuje dvě vzájemně sériově zapojené cívky (6a, 6b) uspořádané vzájemně protilehle při vysokonapěťové cívce.

5. Zařízení podle nároků 3 až 4, v y z n a č e n é t í m, že kapacitní senzor zahrnuje kapacitní testovací odbočku (5) na vysokonapěťové průchodce.

6. Zařízení podle nároků 3 až 5, v y z n a č e n é t í m, že signálová sdružovací jednotka zahrnuje detektor (13) špičkových hodnot, ke kterému je přiveden signál, který je odvozen od násobícího prostředku, přičemž tento detektor je propustný pouze pro signály s předem zvolenou polaritou.

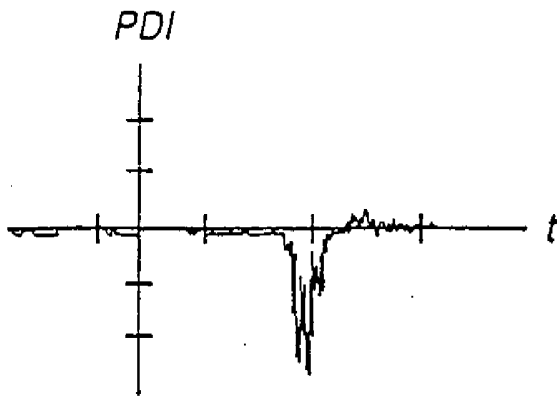
7. Zařízení podle nároků 3 až 6, v y z n a č e n é t í m, signálová sdružovací jednotka zahrnuje převodní obvod (15), který převádí signál odvozený z násobícího prostředku na stejnosměrný proud (PDI) odpovídající uvedenému signálu.

Zastupuje:

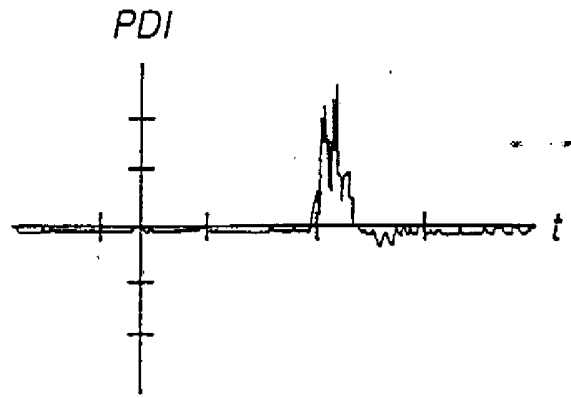


Obr. 1

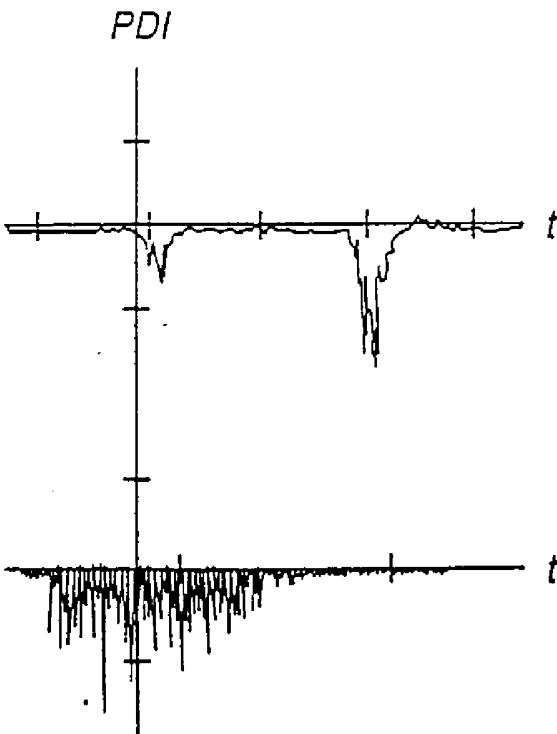
REC.
PLASTICITY
PRBMS. OVERO
URAD
30 XII 96
00510
093756
E.J.



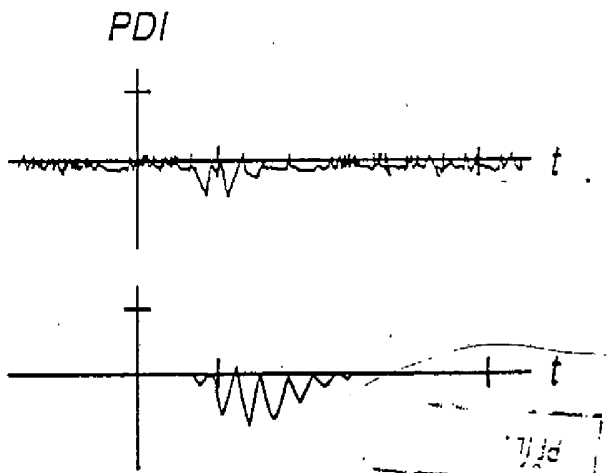
Obr. 2



Obr. 3

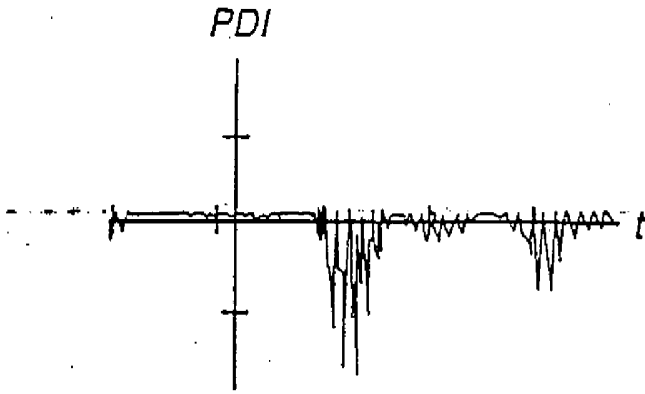


Obr. 4

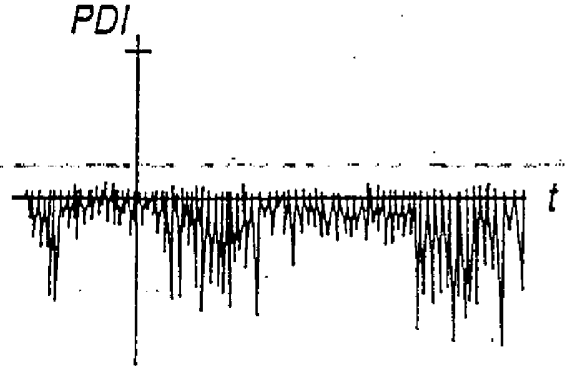
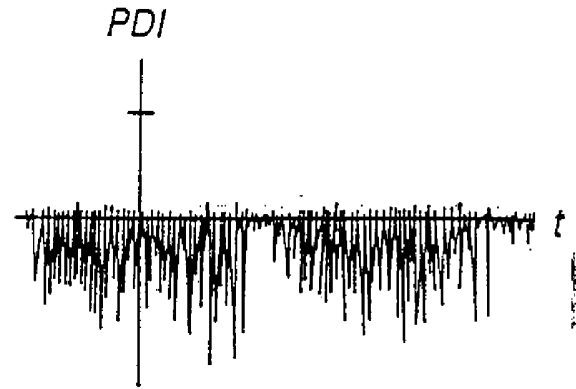


Obr. 5

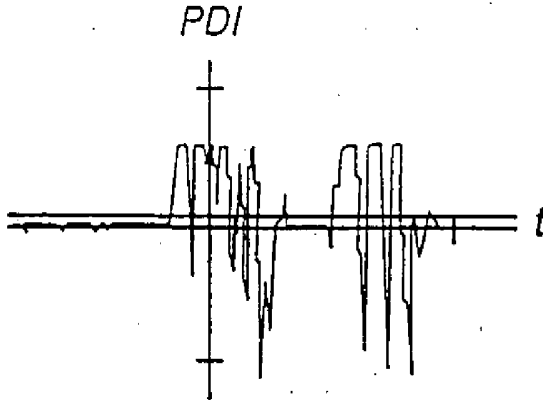
P.I.L.
 WESTINGHOUSE
 P.P.M. DIVISION
 GRAD
 30 XI 86
 00510
 4 9 5 7 5 6
 E.J.
 (mirrored text)



Obr. 6.

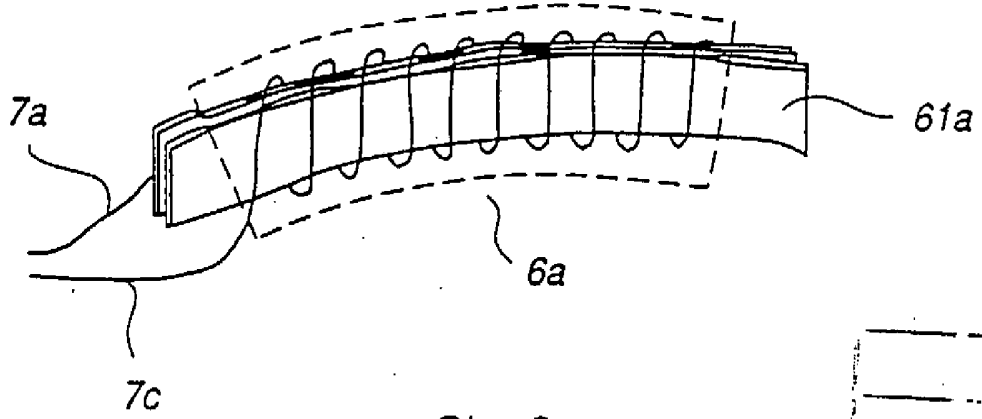


Obr. 7

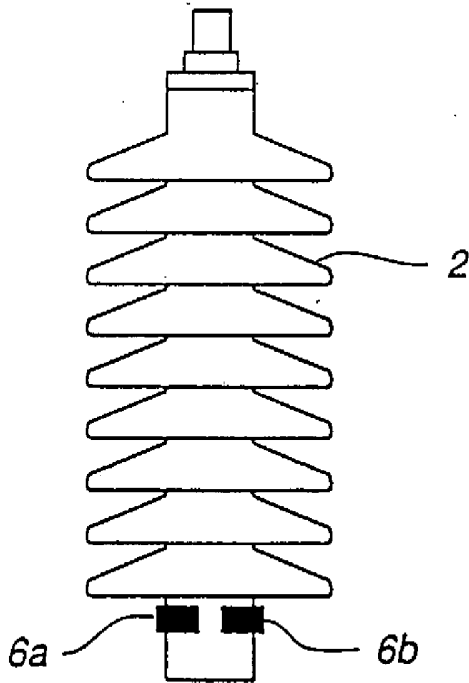
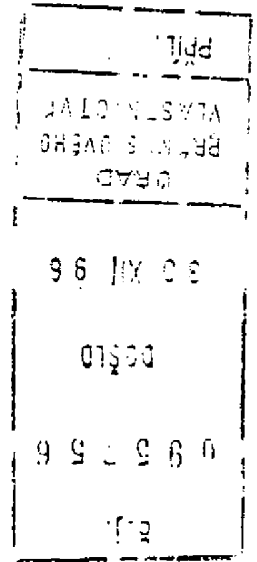


Obr. 8

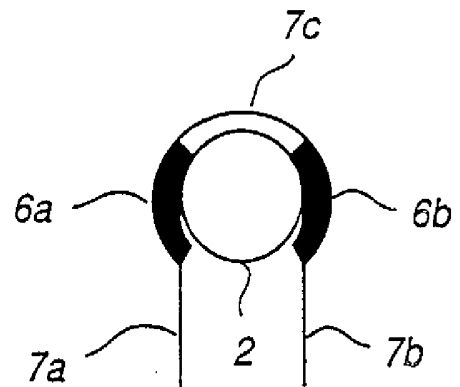
PRIL
PRAMISIBERS
VLASTNICTV
GRAD
30 XII 96
00510
09 5 7 5 6
e.j.



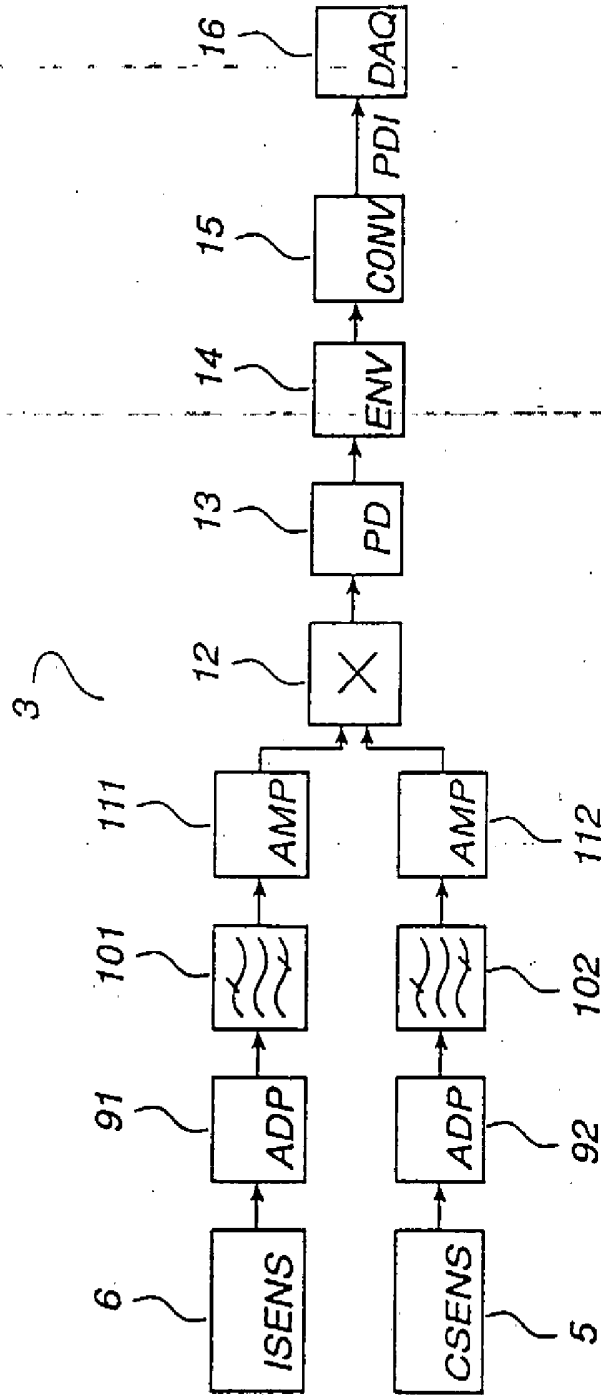
Obr. 9a



Obr. 9b



Obr. 9c



Obr. 10

090756	0310	30.XII.96	GRAD	PRIME OVERO	VLASTNICTVI	PRIL.
--------	------	-----------	------	-------------	-------------	-------