

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

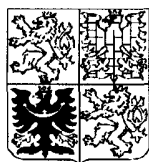
zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

3219-97

(19)

ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **12. 04. 96**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **21.04.95, 22.05.95**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **95/95870040, 95/95870058**

(33) Země priority: **EP, EP**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **14. 01. 98**
(Věstník č. 1/98)

(86) PCT číslo: **PCT/BE96/00039**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 96/33548**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.⁶:

H 02 M 1/12

(71) Přihlašovatel:

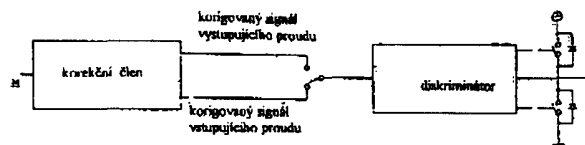
GEC ALSTHOM ACEC TRANSPORT S.A.,
Charleroi, BE;

(72) Původce:

Bou Saada Johnny, Bruxelles, BE;
Colignon Philippe, Viesville, BE;

(74) Zástupce:

PATENTSERVIS PRAHA a.s., Jivenská 1273,
Praha 4, 14021;



(54) Název přihlášky vynálezu:

Způsob korekce signálů PWM a zařízení k provádění tohoto způsobu

(57) Anotace:

Zařízení pro korekci signálů PWM řídících napěťový střídač nebo řízený napěťový usměrňovač je opatřeno alespoň jedním párem komutátorů (S1, S2) a je řízeno modulátorem a diskriminátorem. Způsob spočívá v tom, že do diskriminátoru se přivádí dva signály korigované v závislosti na směru proudu do zátěže nebo do zdroje, když korigovaný signál (M) pro výstupující proud má horní stav prodloužený o zpoždění přechodu z horního do dolního stavu a korigovaný signál (M) pro výstupující proud má dolní stav prodloužený o zpoždění přechodu z dolního do horního stavu. Horní stav je definován tím, že komutátor spojený s největším kladným nábojem je sepnutý, zatímco komutátor spojený s největším záporným nábojem je rozpojitelný a nízký stav je definován opačně.

Zařízení a způsob korekce signálů PWM a zařízení
k provádění tohoto způsobu
Oblast techniky

Vynález se týká způsobu korekce pulzně šířkově modulovaných signálů k řízení napěťového střídače nebo řízeného usměrňovače, jehož užitím lze potlačit harmonické kmitočty. Vynález se rovněž týká zařízení k provádění způsobu podle vynálezu.

Dosavadní stav techniky

Napěťové střídače jsou takové měniče, které mění stejnosměrné napětí na střídavé. Řízené usměrňovače přeměňují energii střídavé sítě nebo jiného zdroje střídavé elektrické energie na energii stejnosměrnou.

Následující popis se týká především střídačů, ale stejné problémy se vyskytují i u řízených usměrňovačů.

Střídače se používají např. k řízení otáček synchronních nebo asynchronních motorů.

Při takovém užití je nutné přivádět k zátěži, a v tomto případě ke každému vinutí synchronního nebo asynchronního motoru, třífázový systém napětí, jehož charakteristiky se co nejvíce blíží vyváženému sinusovému třífázovému systému s kolísavou frekvencí a amplitudou.

Napěťové střídače jsou známé prostředky sestavené ze součástek výkonové elektroniky, jako jsou např. tyristory, vypínací tyristory (GTO) ap., které zvláště rychle spínají.

Střídač je řízen modulátorem a diskriminátorem.

Modulátor generuje řídicí signál a diskriminátor jej rozdělí na několik signálů, které samostatně řídí komutátory.

Nejjednodušší střídače jsou dvouúrovňové. Obsahují dva komutátory (tyristory, vypínací tyristory...), které střídavě napájí zátěž. Jestliže je zátěž induktivního typu, je nutné každý komutátor paralelně spojit s tzv. "diodou v propustném směru", která při rozpojení příslušného komutátoru propustí proud zátěže.

Generovaný signál má zpravidla jednoduchý obdélníkový

průběh, což umožní přepínání komutátorů s každou náběžnou hranou střídavy pravouhlých pulzů. Tento obdélníkový signál řídí postupně spínání jednoho nebo druhého komutátoru a současně rozpojení protějščího komutátoru.

Oba komutátory však nesmí být současně sepnuty, neboť by došlo ke zkratu napájení. Proto se do obvodu vkládá diskriminátor, jehož funkcí je zpoždit sepnutí příslušných komutátorů a tím zajistit, aby při sepnutí jednoho komutátoru byl protějščí komutátor již rozpojený.

V důsledku této funkce vznikne v okamžiku, kdy jeden komutátor je rozpojený a protějščí sepnutý, krátký interval nazvaný "mrtvý čas". Obě operace nejsou tedy nikdy současné.

Následkem toho dochází ke vzniku nežádoucích harmonických frekvencí, zejména 5. a 7. harmonické na záběrových proudech a 6. harmonické v napájecím napětí ovlivňujícím výkon motoru.

Rušivým prvkem je zejména 6. harmonická, neboť pro motor napájený 1/6 frekvence užitá pro signalizaci vzniká nebezpečí interference. Například motor napájený proudem o frekvenci $8 \frac{1}{3}$ Hz může způsobit poruchy v systému signalizace, který užívá 50 Hz.

Jiný problém spočívá v tom, že různé komutátory nemohou okamžitě přepínat nulovou hodnotu (proud propustný a odpovídající sepnutí) na kladnou hodnotu napětí (proud nulový a odpovídající rozpojení) a naopak. To znamená, že v určitém velmi krátkém časovém úseku máme současně nenulové napětí a nenulový proud a v důsledku toho můžeme pozorovat při každé komutaci ztráty výkonu.

Jestliže různé součástky nemohou zaručit takovou ztrátu výkonu, doplní se zpravidla obvod pomocným článkem komutace. Příkladem takového pomocného článku může být "snubber" s kapacitou zapojenou paralelně ke každému komutátoru. Tento člen tlumící přepětí absorbuje ztráty výkonu tím, že omezuje napětí a zejména tím, že omezuje jeho nárůst při komutaci. Jiným příkladem často užívaného článku v kombinaci s tlumícím členem je článek s funkcí " di/dt ", který je opatřen tlumivkou zapojenou s komutátory do série. Při takovém zapojení různých pomocných článků komutace lze pozorovat pomalejší vzestup

napětí, což omezí ztráty výkonu v průběhu komutace.

Problém vzniku harmonických frekvencí je v podstatě stejný u střídače s pomocným článkem nebo bez pomocného článku komutace. I při užití střídače s tlumícím členem lze pozorovat výskyt 5. a 7. harmonické v záběrových proudech a 6. harmonické v napájecím napětí.

U řízených usměrňovačů se vyskytují stejné problémy s tím rozdílem, že zátěží je v tomto případě zdroj a napájením zátěž.

Podstata vynálezu

Podstatou vynálezu je způsob, kterým lze omezit až odstranit efekt mrtvých časů ve střídači nebo řízeném usměrňovači a tím potlačit nežádoucí harmonické frekvence.

Způsob podle vynálezu lze uplatnit u střídačů nebo dvouúrovňových či víceúrovňových řízených usměrňovačů s pomocnými články nebo bez pomocných článků komutace. Cílem vynálezu je navrhnout pro třífázový střídač, který napájí synchronní nebo asynchronní motor, takový způsob, jenž umožní potlačit nežádoucí harmonické frekvence, zejména 5. a 7. harmonickou, které se objevují na záběrových proudech a tím i 6. harmonickou v napájecím napětí.

Vynález se týká způsobu korekce signálů modulovaných pulzně šířkovou modulací k řízení napěťového střídače nebo řízeného napěťového usměrňovače, který je opatřen alespoň jedním párem komutátorů a je řízen modulátorem a diskriminátorem. Způsob se vyznačuje tím, že do diskriminátoru se přivádí dva signály korigované v závislosti na směru proudu do zátěže nebo do zdroje. Korigovaný signál vystupujícího proudu má horní stav prodloužený o zpoždění přechodu z horního stavu k dolnímu stavu a korigovaný signál vstupujícího proudu má dolní stav prodloužený o zpoždění přechodu z dolního stavu k hornímu stavu. Horní stav je definován tím, že komutátor spojený s nejvyšším kladným nábojem je sepnutý, zatímco komutátor spojený s nejvyšším záporným nábojem je rozpojený. Dolní stav je definována opačně.

V případě, že střídač nebo usměrňovač není osazen pomocným článkem komutace, korigované signály zavádí zpoždění odpovídající "mrtvému času", který vlastně vzniká činností diskriminátoru.

Jestliže se jedná o střídač nebo usměrňovač vybavený pomocným článkem komutace, zpoždění vložené do korigovaných signálů závisí nejen na směru proudu, ale také na jeho hodnotě.

Způsob podle vynálezu lze použít u dvouúrovňových a víceúrovňových střídačů a usměrňovačů.

Vynález se rovněž týká zařízení pro provádění tohoto způsobu.

Přehled obrázků na výkrese

Vynález bude blíže objasněn na výkrese, na kterém znázorňuje :

- ul style="list-style-type: none;">
- obr. 1 schéma zapojení konvenčního dvouúrovňového střídače,
- obr. 2 modulátorem generovaný signál (obr. 2a) k řízení střídače z obr. 1, signály na výstupu z diskriminátoru, které přímo řídí komutátory (obr. 2b a 2c) a příslušná napětí přiváděná v tomto případě na motor (obr. 2d a 2e),
- obr. 3 schéma principů zařízení pro provádění způsobu podle vynálezu,
- obr. 4 korigované signály (obr. 4b a 4c) daného řídicího signálu (obr. 4a) k řízení dvouúrovňového střídače z obr. 1 při provádění způsobu podle vynálezu a výstupní napětí přiváděná v tomto případě do motoru (obr. 4d, 4e),
- obr. 5 schéma zapojení konvenčního dvouúrovňového střídače s tlumícím členem,
- obr. 6 modulátorem generovaný signál (obr. 6a) určený k řízení střídače znázorněného na obr. 5 a výstupní napětí přicházející v tomto případě na motor při slabém nebo zvýšeném vystupujícím proudu (obr. 6b a 6c). Na obr. 6f a 6g jsou znázorněny detaily obr. 6b a 6c.

- obr. 7 obvyklý průběh záběrového proudu při užití dosavadní techniky (obr. 7a) a při provádění způsobu podle vynálezu (obr. 7b),
- obr. 8 harmonické frekvence a zejména 5. a 7. harmonická v záběrových proudech a 6. harmonická v napájecím napětí v případě užití dosavadní techniky (obr. 8a, 8b) a při provádění způsobu podle vynálezu (obr. 8c a 8d).

Příklady provedení vynálezu

Popisná část se týká dvouúrovňového střídače. Odborník v oblasti elektroniky však snadno zevšeobecní tento popis i na víceúrovňový střídač a dvouúrovňový i víceúrovňový usměrňovač.

Na obr. 1 je schématicky znázorněno zapojení konvenčního dvouúrovňového střídače, který je použit v rámci přihlašovaného vynálezu. Střídač je opatřen dvěma komutátory S1 a S2, které střídavě napájí zátěž, kterou může být např. vinutí asynchronního motoru. V tomto případě je zátěž induktivního typu a je nutné, aby každý komutátor S1 a S2 byl zapojen paralelně s diodou, tzv. "diodou v propustném směru", DR1 nebo DR2, která propustí proud zátěže při rozpojení příslušného komutátoru. Přítomnost této diody umožní snížit induktivní proud zátěže a zabránit tak destruktivnímu přetížení při rozpojování příslušného komutátoru.

Střídač je řízen modulátorem a diskriminátorem.

Na obr. 2 je znázorněn generovaný signál M, který se prezentuje posloupností pravouhlých pulzů. Při dosažení horní úrovně 1 musí být komutátor S1 sepnutý a komutátor S2 rozpojený. Naopak, při dosažení spodní úrovně 2, komutátor S2 musí být sepnutý a komutátor S1 musí být rozpojený. S každou vzestupnou nebo sestupnou hranou by se měl tedy okamžitě přepínat komutátor S1, aby se sepnul a komutátor S2, aby se rozpojil a naopak.

Stačí samozřejmě kontrolovat, aby oba komutátory (S1 a S2) nebyly nikdy současně sepnuty, což by vedlo ke zkratu napájení. Aby tato situace nenastala, zavádí se oddálení

okamžiku sepnutí jednoho komutátoru o určité zpoždění náběhu signálu. Tuto funkci provádí diskriminátor.

Na obr. 2b a 2c jsou znázorněny diskriminátorem korigované signály k řízení obou komutátorů S1 a S2. Můžeme pozorovat, že sepnutí komutátoru, umožňující propustnost zapojení, neprobíhá okamžitě, ale s určitým zpožděním, které se nazývá "mrtvý čas". Naopak rozpojení může být považováno za okamžité.

Jak je zřejmé z obr. 2b a 2c, oba komutátory S1, S2 nejsou nikdy současně sepnuty. V některých případech naopak mohou být považovány jako současně rozpojené.

Z toho v daném případě vyplývá, že nejméně jedna z obou diod DR1 nebo DR2 v průběhu mrtvých časů a v závislosti na směru proudu povede. Při vystupujícím proudu povede v průběhu mrtvého času spodní dioda DR2 a tím sníží čas horní úrovně výstupního napětí (viz křivku 2d). Naopak při vstupujícím proudu, povede v průběhu mrtvého času horní dioda DR1 a v tomto případě zvýší čas horní úrovně výstupního napětí (viz křivku 2e).

Je však třeba poznamenat, že tento jev je proměnlivý, neboť závisí na směru proudu.

Za předpokladu, že komutátory by odpovíděly na generovaný signál M okamžitě a neexistoval by mrtvý čas mezi generovaným signálem M a odpovědí komutátorů, zjistili bychom, že úrovně 5. a 7. harmonické odpovídají teorii a neruší významněji záběrové proudy.

Protože při komutaci k sepnutí vzniká mrtvý čas, můžeme pozorovat zvyšování 5. a 7. harmonické v záběrových proudech, jakož i 6. harmonickou v napájecím napětí ovlivňujícím výkon motoru. Tato harmonická je z výše uvedených důvodů zvláště rušivá.

Vynález řeší tento problém tím, že navrhuje užití dvou korigovaných řídicích signálů, jeden pro případ vystupujícího proudu a jeden pro případ vstupujícího proudu.

Na obr. 3 je schématicky znázorněn princip zařízení, které umožní řídit konvenční dvouúrovňový střídač způsobem podle vynálezu. V tomto případě je diskriminátor řízen buď korigovaným signálem pro vystupující proud nebo korigovaným

signálem pro vstupující proud. Užití jednoho nebo druhého upraveného signálu určuje směr proudu v zátěži.

Na obr. 4 je znázorněn ideální signál $\underline{M}$ (obr. 4a) a oba korigované signály pro proud vystupující (obr. 4b) a pro proud vstupující (obr. 4c). V případě korigovaného signálu pro vystupující proud je horní úroveň 1 prodloužena o čas $\underline{T_m}$ odpovídající v tomto případě mrtvému času na sestupné hraně, tzn. při přechodu z horního stavu 1 do dolního stavu 2. Tento přechod ve skutečnosti odpovídá rozpojení komutátoru $\underline{S1}$ a sepnutí komutátoru $\underline{S2}$. Korigovaný signál pro vstupující proud má horní úroveň 1 zkrácenou o čas $\underline{T_m}$ odpovídající rovněž mrtvému času na každé náběžné hraně, tj. při přechodu z dolního stavu 2 do horního stavu 1.

Na obr. 4d a 4e jsou znázorněna výstupní napětí v případě užití korigovaných signálů pro vstupující nebo vystupující proud. Můžeme pozorovat, že korekcí lze docílit v obou případech shodné výstupní napětí střídače bez mrtvého času se zpožděním $\underline{T_m}$.

Na obr. 5 je schématicky znázorněno zapojení konvenčního dvouúrovňového střídače s tlumícím členem.

Tento tlumící člen je prakticky pomocným článkem komutace a umožňuje absorbovat ztráty výkonu, které vznikají při každém přepínání komutátorů $\underline{S1}$ a $\underline{S2}$ tím, že omezí napětí a zejména nárůst napětí.

Pomocný článek na obr. 5 obsahuje kondenzátor $\underline{C1}$ (nebo $\underline{C2}$), který je paralelně spojen s každým komutátorem a seriově s odpory $\underline{R1}$ (nebo $\underline{R2}$), a druhou diodu $\underline{D1}$ (nebo $\underline{D2}$), která je umístěna v protisměru k diodě $\underline{DR1}$ (nebo $\underline{DR2}$).

Takové uspořádání umožní při rozpojení komutátoru $\underline{S1}$ (nebo $\underline{S2}$) odklonit proud k příslušnému kondenzátoru $\underline{C1}$ (nebo $\underline{C2}$), který je právě nezatížen.

Jakmile se sepne komutátor $\underline{S1}$ (nebo $\underline{S2}$), příslušný kondenzátor $\underline{C1}$ (nebo $\underline{C2}$) se přes něj vybije. V tomto případě vybíjecí proud bude omezen odporem $\underline{R1}$ (nebo $\underline{R2}$) zapojeným do serie s kondenzátorem $\underline{C1}$ (nebo $\underline{C2}$), tvořící tak obvod RC.

Při každém přepnutí tedy obecně dochází k tomu, že jeden z obou kondenzátorů se nabíjí, zatímco druhý se začíná vybíjet přes jeho přidružený odpor.

Tím nastává pomalejší zvyšování napětí a v důsledku toho se omezí ztráta výkonu při komutaci.

Na obr. 6 je znázorněn řídicí signál M (obr. 6a) a příslušná napětí vedená na motor v případě slabého vstupujícího proudu (obr. 6b), při zvýšeném vstupujícím proudu (obr. 6c), při slabém vystupujícím proudu (obr. 6d) a v případě zvýšeného vystupujícího proudu (obr. 6e).

Analyzujeme nyní podrobněji případ vstupujícího proudu při přechodu signálu M z dolního do horního stavu, tzn. v případě, kdy komutátor S1 se sepne a komutátor S2 rozpojí (obr. 6f a 6g).

V tomto případě můžeme pozorovat, že počáteční nulové výstupní napětí se nemůže zvýšit okamžitě. Ve skutečnosti je třeba nejdříve proudem nabít kondenzátor C2 spodního tlumícího členu.

Jestliže je proud značný, napětí stoupá rychle a výstupní napětí rychle dosáhne napájecího napětí. V tomto případě vede horní dioda DR1 a propustí proud směrem k napájení (obr. 6g).

Jestliže proud je malý, zůstává výstupní napětí vedené na motor nižší než napájecí napětí o díl mrtvého času. V tomto okamžiku proběhne komutace horního komutátoru S1 a kondenzátor C2 spodního tlumícího členu se prudce nabije (obr. 6f).

To znamená, že dochází k deformaci napětí vedených na motor, která závisí na směru proudu, ale také na jeho hodnotě.

Vzhledem k tomu bude výhodné korigovat signál, který bude záviset nejenom na směru proudu, ale v případě řízení střídače s pomocnými články komutace také na jeho intenzitě.

Úroveň 1 korigovaného signálu by měla být podle toho, zda se jedná o vystupující nebo vstupující proud, rozšířena nebo zkrácena o čas odpovídající tzv. "efektivnímu času", kterým se bere v úvahu hodnota proudu.

Pro určitý proud I_T je doba zatížení tlumícího členu prakticky ekvivalentní mrtvému času, tedy :

$$I_T = \frac{C \times U_0}{T_m}$$

Pro $I > I_T$ je efekt mrtvého času ekvivalentní zpoždění T_{ef} :

$$T_{ef} = T_m \left(1 - \frac{I_T}{2 |I|} \right)$$

Pro $I < I_T$ je efekt mrtvého času ekvivalentní zpoždění T_{ef} :

$$T_{ef} = T_m \frac{|I|}{2 I_T}$$

Tímto způsobem se kompenzuje skutečný efekt mrtvého času při komutaci k sepnutí a redukuje se úroveň 6. harmonické v napájecím napětí.

Je třeba poznamenat, že v některých případech lze použít nekorigované řídicí signály. Jedná se zejména o případ, kdy proud v jednom či druhém směru je malý. V takovém případě je účinek korekce poměrně omezen.

Na obr. 7 je znázorněn průběh záběrových proudů při aplikaci dosavadní techniky (obr. 7a) a v případě, kdy se prováděl způsob podle vynálezu pro střídač bez tlumivého členu (obr. 7b).

Průběh proudů je vyhlazen a je odstraněno zkreslení, které je způsobeno mrtvým časem v případě, kdy se nepoužily korigované řídicí signály způsobem podle vynálezu.

Na obr. 8 je znázorněna 5. a 7. harmonická na záběrových proudech a 6. harmonická v napájecím napětí v případě použití dosavadní techniky (obr. 8a a 8b) a v případě provádění způsobu podle vynálezu (obr. 8c a 8d).

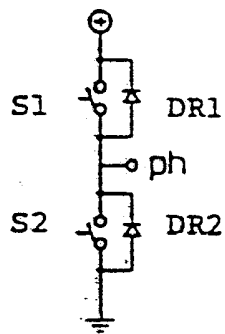
Znovu je možné pozorovat, že 5. a 7. harmonická na záběrových proudech, které jsou způsobeny mrtvým časem v průběhu přepínání, se výrazně snížily, zatímco 6. harmonická v napájecím napětí se snížila na zanedbatelné hodnoty.

Stejné výsledky byly získány v případě střídače opatřeného tlumivým členem.

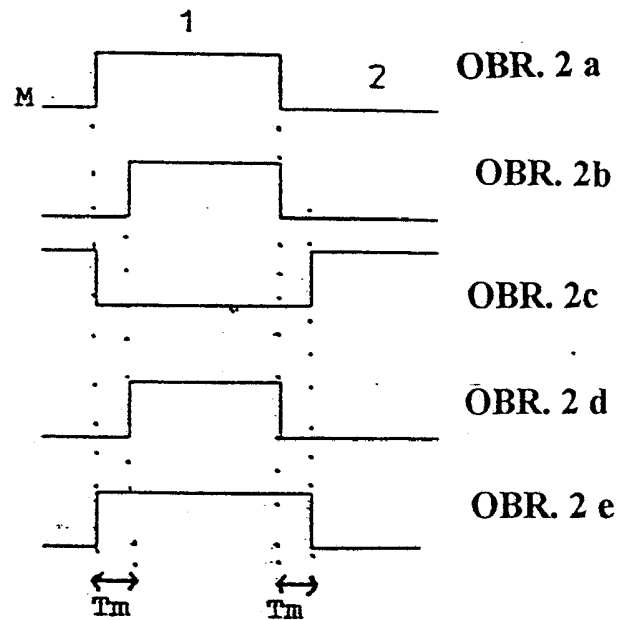
P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Způsob korekce signálů PWM řídících napěťový střídač nebo řízený napěťový usměrňovač, který je opatřen alespoň jedním párem komutátorů a je řízen modulátorem a diskriminátorem, v y z n a č u j í c í s e t í m, že do diskriminátoru se přivádí dva signály korigované v závislosti na směru proudu do zátěže nebo do zdroje, když korigovaný signál pro vystupující proud má horní stav prodloužený o zpoždění přechodu z horního do dolního stavu a korigovaný signál pro vstupující proud má dolní stav prodloužený o zpoždění přechodu z dolního do horního stavu, přičemž horní stav je definován tím, že komutátor spojený s největším kladným nábojem je sepnutý, zatímco komutátor spojený s největším záporným nábojem je rozpojený a nízký stav je definován opačně.
2. Způsob podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že v případě střídače nebo usměrňovače bez pomocného članku komutace odpovídá zpoždění vložené do korigovaných signálů mrtvému času, který vkládá diskriminátor při kroku sepnutí komutátorů.
3. Způsob podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že v případě střídače nebo usměrňovače s pomocným článkem komutace, zpoždění vložené do korigovaných signálů nezávisí pouze na směru proudu, ale také na jeho hodnotě.
4. Zařízení k provádění způsobu podle kteréhokoliv z předešlých nároků, v y z n a č u j í c í s e t í m, že jeho modulátor z řídicího signálu tvaruje dva signály korigované v závislosti na vystupujícím a vstupujícím proudu, které přichází do diskriminátoru.
5. Použití způsobu podle kteréhokoliv z nároků 1 až 3 nebo zařízení podle nároku 4 pro dvonábojový či víceúrovňový napěťový střídač nebo řízený usměrňovač s pomocným článkem nebo bez pomocného članku komutace.

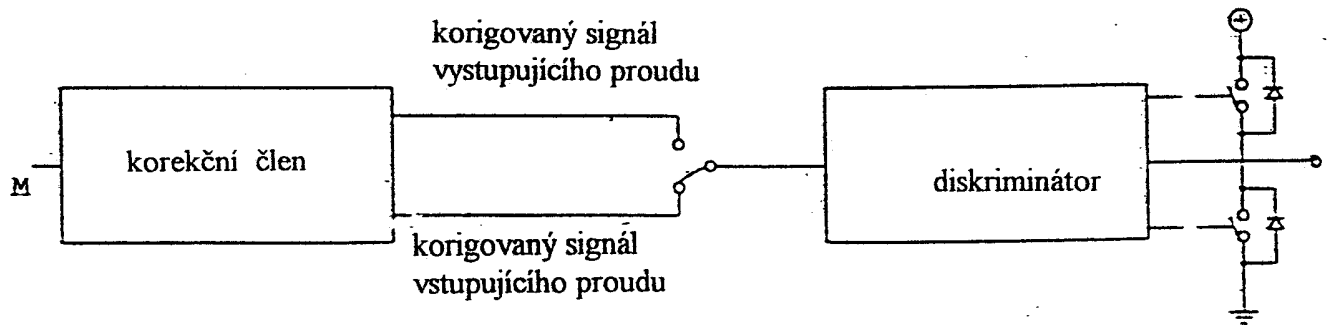
10.11.97



OBR. 1

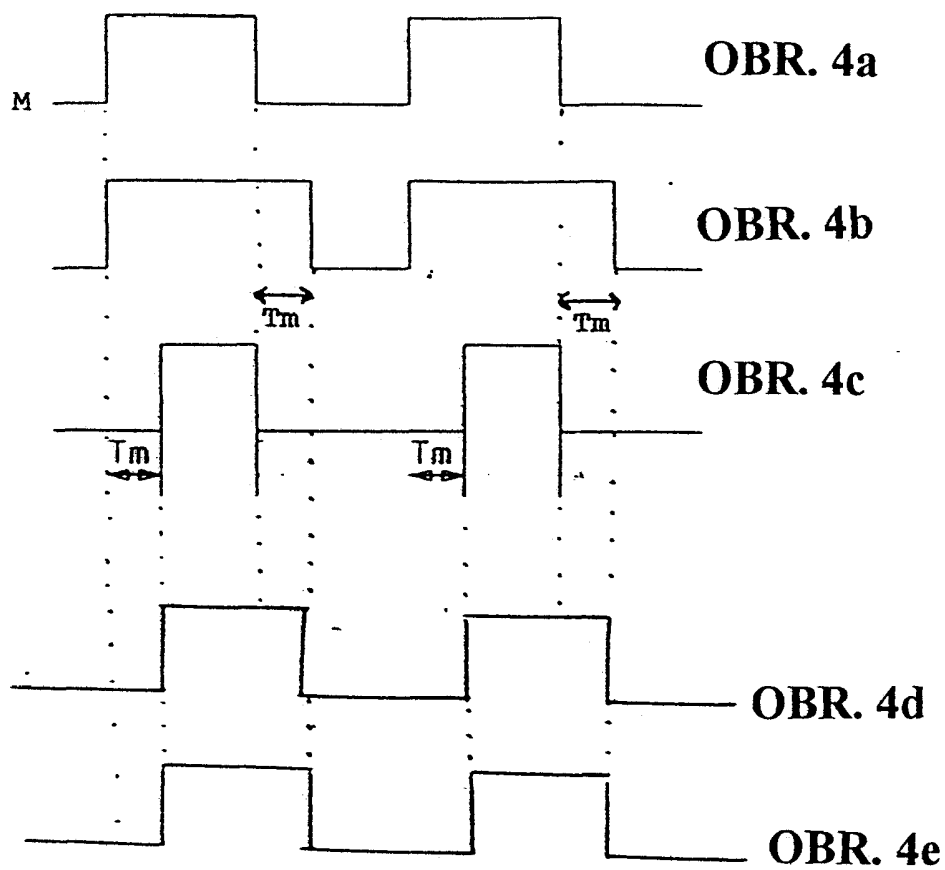


OBR. 2



OBR. 3

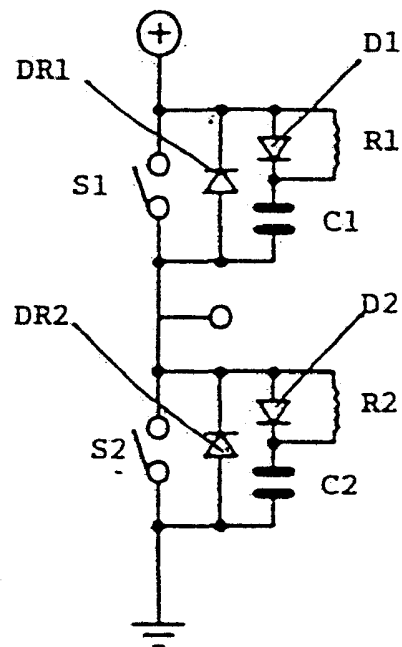
10.11.97



OBR. 4

12.11.97

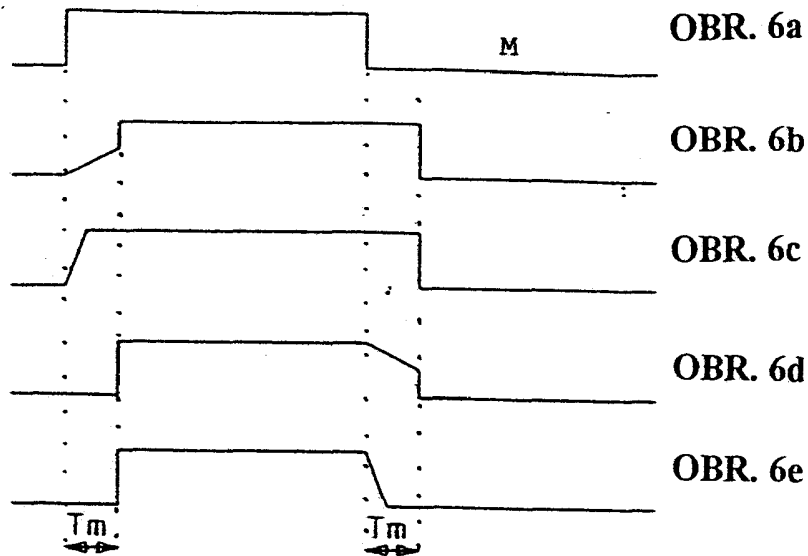
PV 3219-97



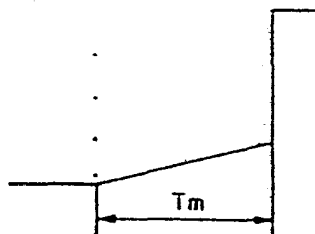
OBR. 5

10.11.97

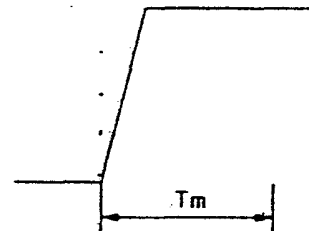
PV 3219-97



OBR. 6f



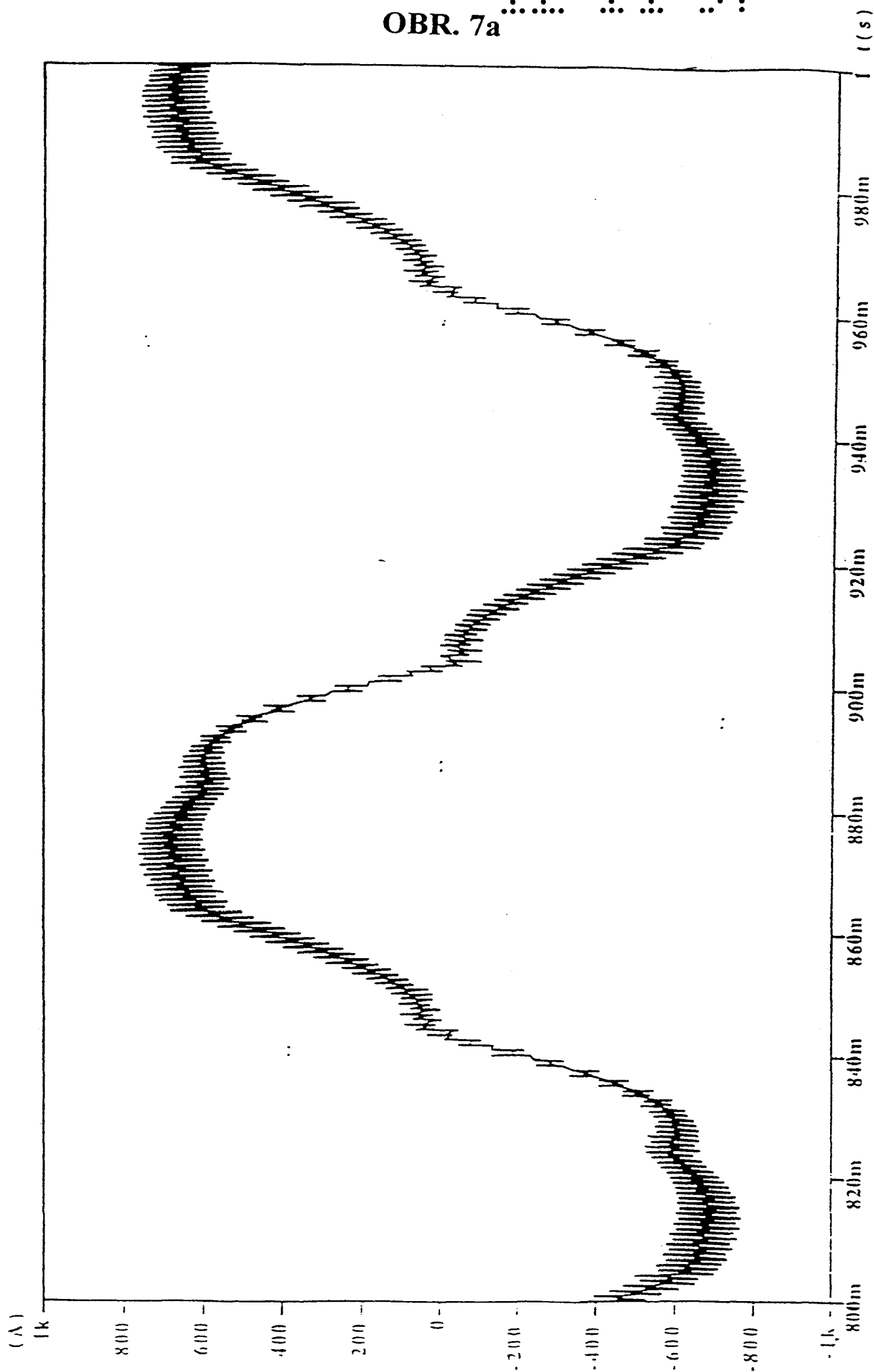
OBR. 6g



OBR. 6

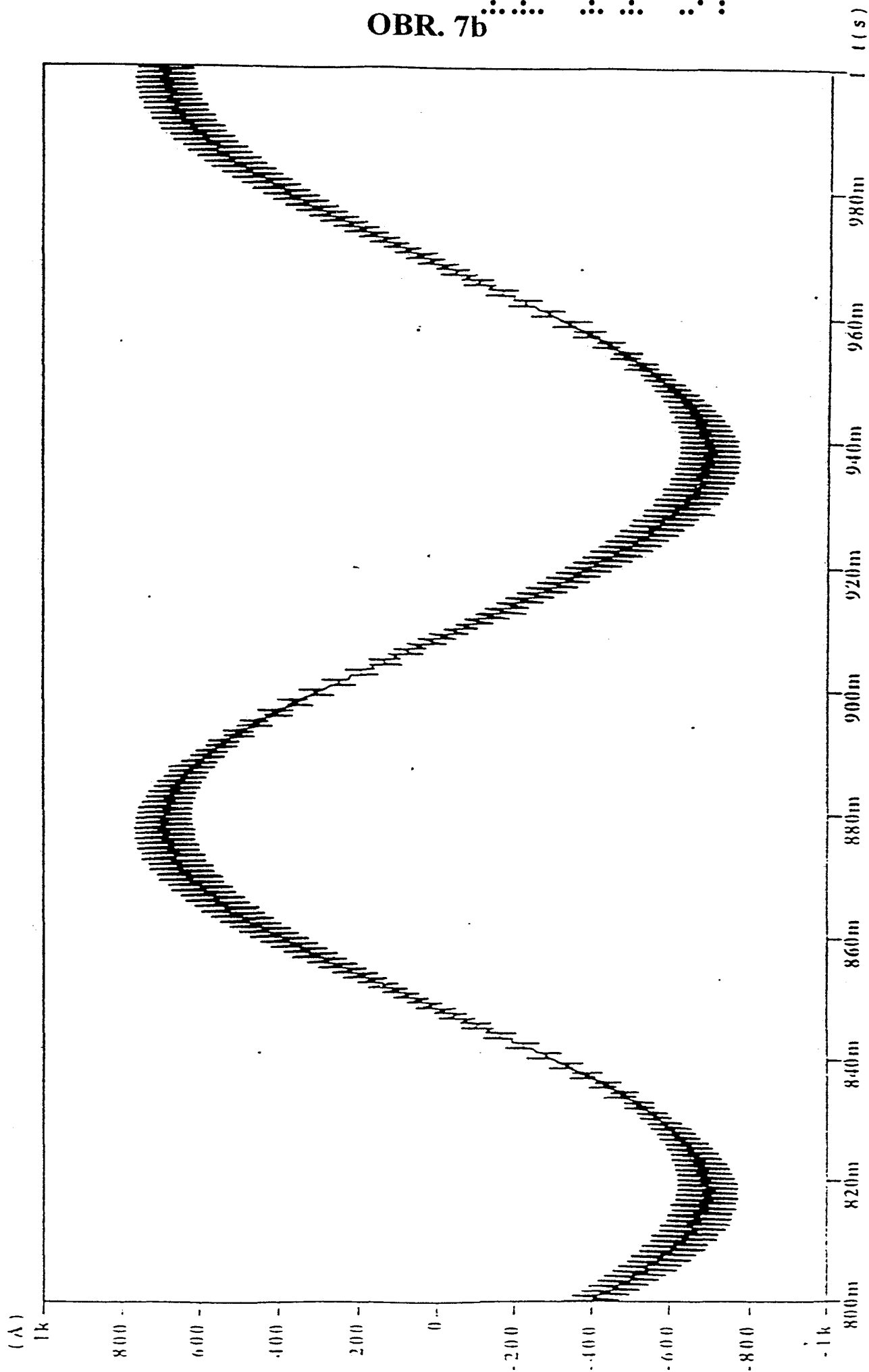
10.11.97

OBR. 7a



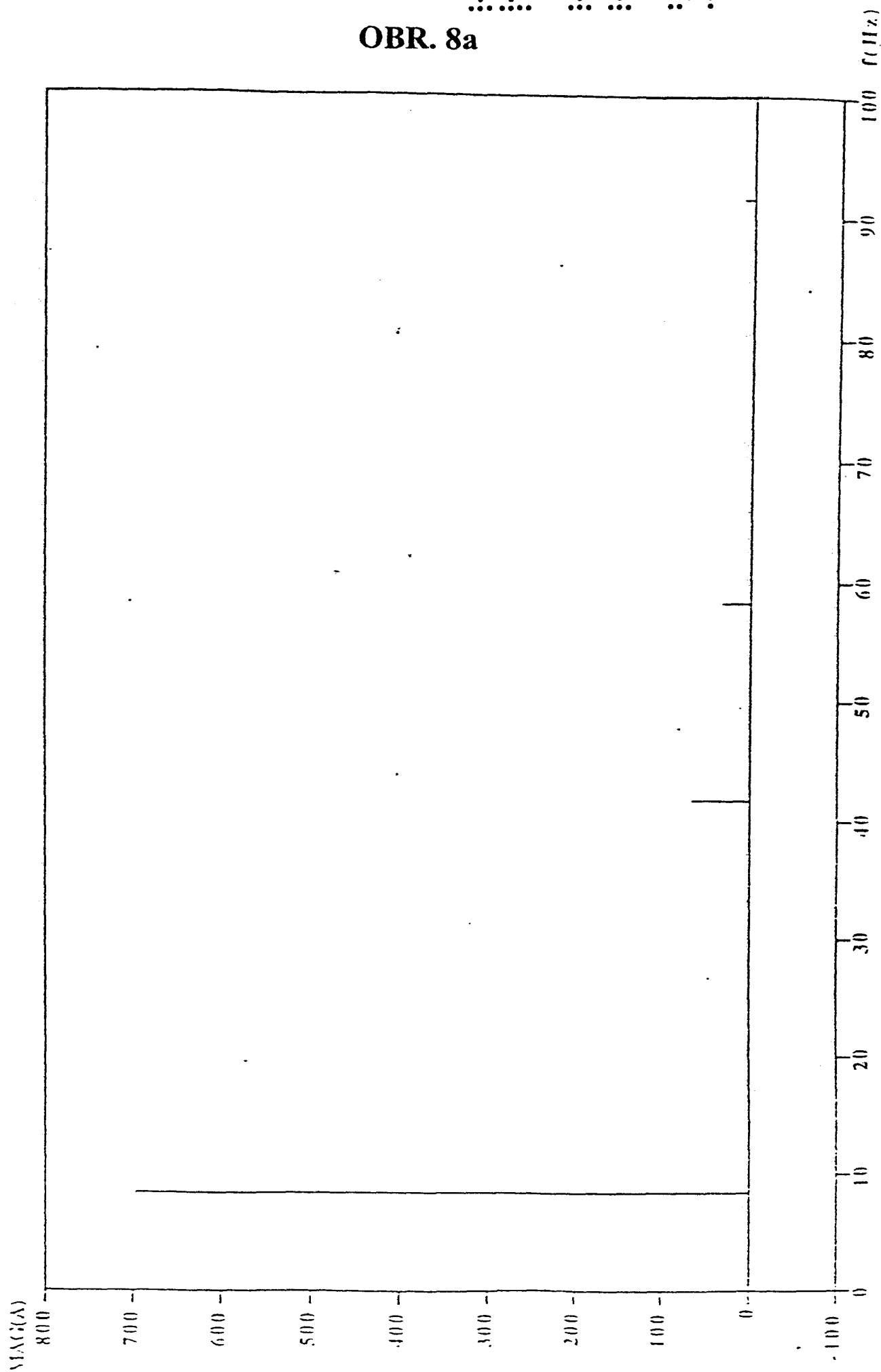
12.11.97

OBR. 7b



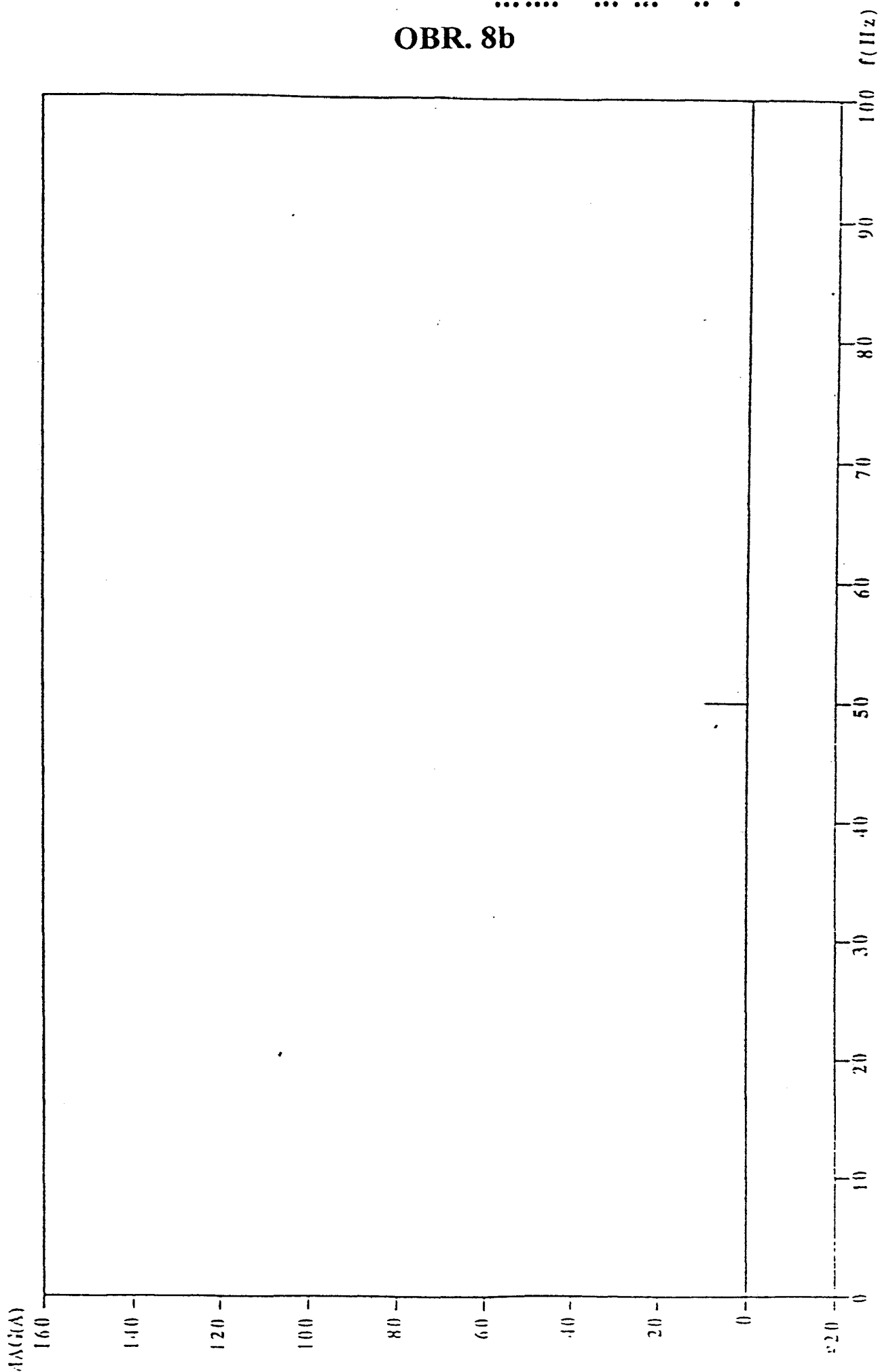
12.11.97

OBR. 8a

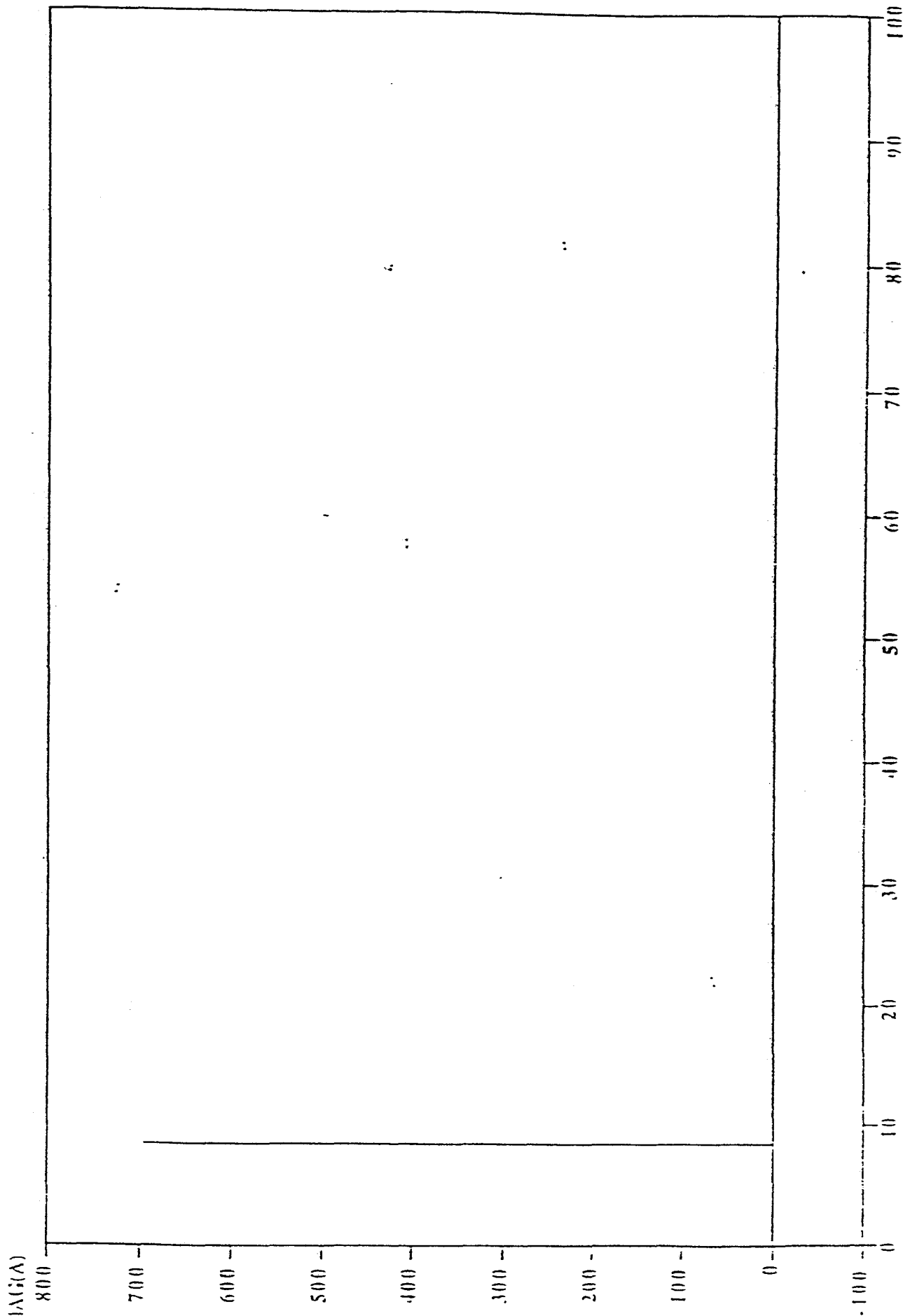


12.11.97

OBR. 8b



OBR. 80. 11. 97



12.11.97

OBR. 8d

